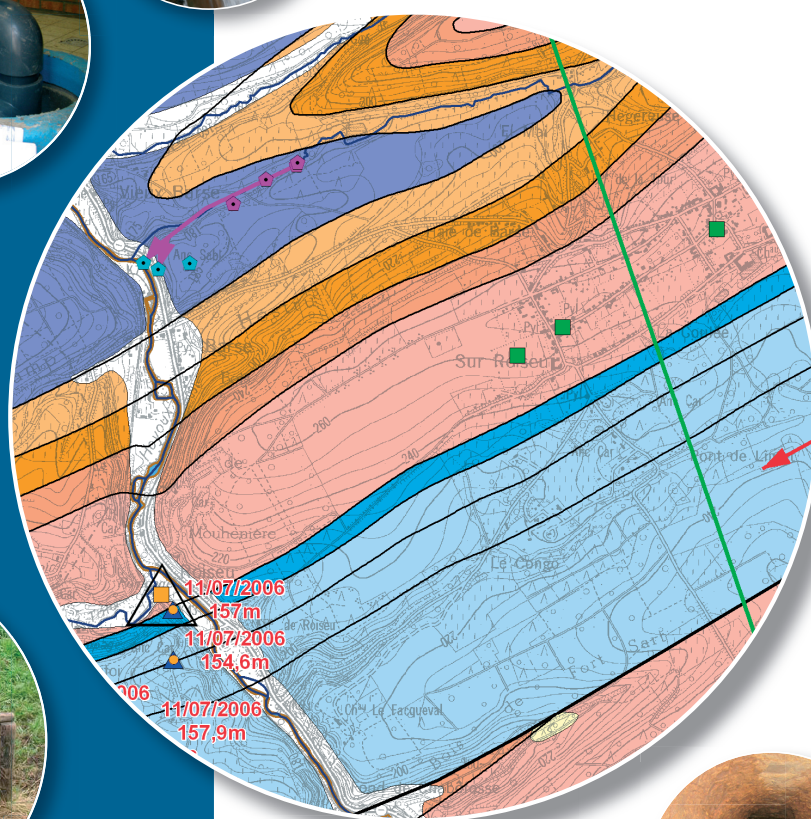


Notice explicative

CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE WALLONIE

Echelle : 1/25 000



Photos couverture © SPW-DGARNE(DGO3)

Fontaine de l'ours à Andenne

Forage exploité

Argillère de Celles à Houyet

Puits et sonde de mesure de niveau piézométrique

Emergence (source)

Essai de traçage au Chantoir de Rostenne à Dinant

Galerie de Hesbaye

Extrait de la carte hydrogéologique de Huy - Nandrin



HUY - NANDRIN

48/3-4

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

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



NOTICE EXPLICATIVE

2011

Première édition : Août 2005
Actualisation partielle : Mars 2011

Dépôt légal – D/2011/12.796/3 - ISBN : 978-2-8056-0081-4

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

| | |
|---|-----------|
| AVANT - PROPOS | 4 |
| I. INTRODUCTION..... | 6 |
| II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE | 7 |
| III. CADRE GEOLOGIQUE..... | 14 |
| III.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL..... | 14 |
| III.2 CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE..... | 16 |
| III.2.1 Cadre litho-stratigraphique | 16 |
| III.2.1.1 Les formations du Paléozoïque | 17 |
| III.2.1.2 Les formations du Mésozoïque et du Cénozoïque..... | 22 |
| III.2.2 Cadre structural..... | 23 |
| IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE..... | 26 |
| IV.1 DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES | 27 |
| IV.1.1 Unités hydrogéologiques du Cambro-silurien | 27 |
| IV.1.2 Aquiclude du socle cambro-silurien | 27 |
| IV.1.3 Unités hydrogéologiques du Dévonien..... | 27 |
| IV.1.3.1 Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur..... | 27 |
| IV.1.3.2 Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur | 27 |
| IV.1.3.3 Aquitard de l'Eifelien | 28 |
| IV.1.3.4 Aquifère des calcaires du Givetien et du Frasnien | 28 |
| IV.1.3.5 Aquicludes du Frasnien et du Famennien..... | 28 |
| IV.1.3.6 Aquitard du Famennien | 29 |
| IV.1.3.7 Aquifère des grès du Famennien | 29 |
| IV.1.4 Unités hydrogéologiques du Carbonifère | 30 |
| IV.1.4.1 Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien..... | 30 |
| IV.1.4.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère..... | 30 |
| IV.1.4.3 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller | 31 |
| IV.1.5 Unités hydrogéologiques de Cénozoïque | 33 |
| IV.1.5.1 Aquifère des sables de remplissage | 33 |
| IV.1.5.2 Aquitard limoneux..... | 33 |
| IV.1.5.3 Aquifère alluvial..... | 33 |
| IV.2 DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE REGIONALE..... | 34 |
| IV.2.1 Aquifère alluvial de la Meuse | 34 |
| IV.2.2 Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien | 42 |
| <i>Synclinorium de Namur</i> | 42 |
| <i>Synclinorium de Dinant</i> | 45 |
| <i>Phénomènes karstiques</i> | 63 |
| IV.2.3 Aquifère des grès famenniens..... | 66 |
| IV.2.4 Autres unités hydrogéologiques | 69 |
| <i>Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller</i> | 69 |
| <i>Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur</i> | 69 |
| IV.2.5 Coupe hydrogéologique..... | 71 |
| IV.2.6 Piézométrie de la carte Huy-Nandrin..... | 72 |

| | |
|--|------------|
| V.CADRE HYDROCHIMIQUE | 74 |
| V.1 CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX..... | 76 |
| V.1.1 Aquifère alluvial de la Meuse..... | 76 |
| V.1.2 Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien..... | 78 |
| V.1.3 Aquifère grès du Famennien..... | 80 |
| V.1.4 Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur..... | 81 |
| V.2 PROBLEMATIQUE DES NITRATES..... | 82 |
| V.3 QUALITE BACTERIOLOGIQUE..... | 86 |
| V.4 PESTICIDES | 88 |
| VI.EXPLOITATION DES AQUIFERES | 90 |
| VI.1 AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE | 90 |
| VI.2 AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE | 91 |
| VI.3 AQUIFERE DES GRES DU FAMENNIEN | 92 |
| VI.4 AUTRES UNITES HYDROGEOLOGIQUES..... | 92 |
| VI.4.1 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller..... | 92 |
| VI.4.2 Aquifère des calcaires du Frasnien..... | 92 |
| VI.4.3 Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur..... | 93 |
| VII.PARAMETRES D'ECOULEMENT ET DE TRANSPORT | 94 |
| VII.1 AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE..... | 94 |
| VII.2 AQUIFERES DES CALCAIRES DU CARBONIFERE ET DU DEVONIEN | 95 |
| VII.3 AQUIFERE DES GRES DU FAMENNIEN..... | 97 |
| VII.4 AQUITARD A NIVEAUX AQUIFERES DU DEVONIEN INFERIEUR | 97 |
| VIII.ZONES DE PREVENTION | 98 |
| VIII.1 CADRE LEGAL | 98 |
| VIII.2 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE LA SWDE | 101 |
| VIII.3 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DU CAPTAGE DE VIVAQUA | 101 |
| VIII.4 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE LA CILE | 101 |
| VIII.5 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE L'IDEN..... | 102 |

IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE... 105

| | |
|--|------------|
| IX.1 ORIGINE DES INFORMATIONS | 105 |
| IX.1.1 Données géologiques et connexes | 105 |
| IX.1.2 Données météorologiques et hydrologiques | 106 |
| IX.1.3 Données hydrogéologiques..... | 106 |
| IX.1.3.1 Localisation des ouvrages | 106 |
| IX.1.3.2 Données piézométriques..... | 106 |
| IX.1.3.3 Données hydrochimiques et tests sur le puits | 107 |
| IX.1.4 Autres données | 107 |
| IX.2 BANQUE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES | 108 |
| IX.3 POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE..... | 108 |
| IX.3.1 Carte hydrogéologique principale..... | 109 |
| IX.3.2 Carte des informations complémentaires et du caractère des nappes | 109 |
| IX.3.3 Carte des volumes d'eau prélevés | 110 |
| IX.3.4 Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie' | 111 |
| IX.3.5 Coupes hydrogéologiques..... | 111 |

X. BIBLIOGRAPHIE

| | |
|---|------------|
| ANNEXE 1: LISTE DES ABRÉVIATIONS..... | 118 |
| ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS | 120 |
| ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION | 122 |
| ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE..... | 123 |
| ANNEXE 5: RAPPEL THÉORIQUE RELATIF AU BILAN HYDROLOGIQUE..... | 125 |

Avant - propos

La carte hydrogéologique Huy-Nandrin 48/3-4 a été commandée par le Service public de Wallonie. Cette carte hydrogéologique a été réalisée par l'unité 'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement' du secteur GEO³ du département ArGEnCo de l'Université de Liège. Le projet a été supervisé par le professeur Alain Dassargues et la carte réalisée par Ingrid Ruthy. La première édition de cette carte date d'août 2005. Une actualisation partielle a été finalisée en mars 2011 (données 2010). Cette actualisation prend uniquement en compte les données disponibles dans la base de données "BD-Hydro", outil de travail commun aux équipes universitaires et à l'administration wallonne (DGARNE, Direction des eaux souterraines). Ainsi les données concernées sont les zones de prévention, les volumes prélevés, les nouveaux ouvrages déclarés, des données piézométriques récentes encodées dans la base de données.

Les auteurs de la carte hydrogéologique remercient vivement Eric Goemaere (Service Géologique de Belgique), Jean-Michel Compère (CILE), Jean-Marc Marion (ULg) et Samantha Rekk (FUNDP) pour leur relecture attentive, minutieuse et constructive de la première version de carte et sa notice. Nous remercions pour la fourniture de nombreuses données les bureaux d'études actifs dans le domaine de l'environnement, et plus particulièrement GEOLYS, les compagnies d'eau (IDEN, SWDE, CILE), les services administratifs (communaux et régionaux) ainsi que diverses sociétés. Un remerciement particulier à messieurs Philippe Gaspard, Jean-Charles Delalleau (Centrale Nucléaire de Tihange; Electrabel), Emmanuel Bolland (Carrières et Fours à Chaux Dumont-Wautier s.a., groupe Lhoist), Jean-Marc Marion et Bernard Mottequin (géologues-cartographes, ULg) pour les nombreux échanges (discussions, données) ayant permis d'améliorer notre compréhension du contexte géologique et hydrogéologique de la carte Huy-Nandrin.

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

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

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

Les données utilisées pour la réalisation de la carte ont été encodées dans une base de données sous 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 carte 48/3-4 Huy-Nandrin est située, à mi-parcours, entre Liège et Namur (figure I.1). Les principales ressources en eau souterraine de la région sont logées dans les aquifères calcaires du Carbonifère (et du Dévonien), dans les aquifères gréseux du Famennien et dans la nappe alluviale de la Meuse. Les nappes logées dans les terrains du Dévonien inférieur et du Silurien sont localement exploitées par des particuliers et des industries.

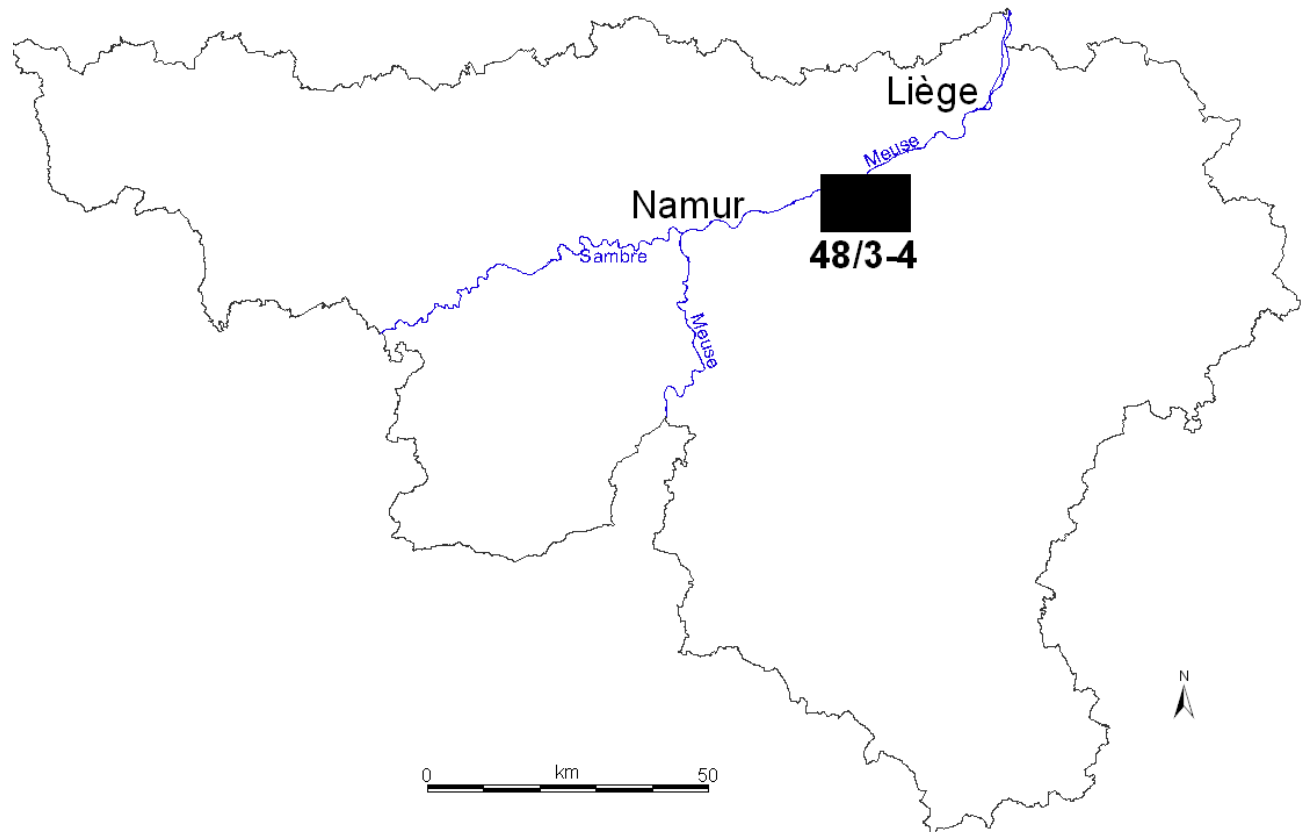


Figure I.1: Plan de situation de la carte Huy-Nandrin (48/3-4)

II. CADRES GEOGRAPHIQUE, HYDROGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET PEDOLOGIQUE

La région de Huy-Nandrin est située à l'ouest de la Province de Liège. Huy en est la principale agglomération avec ses 20 000 habitants. Les autres localités de cette carte sont Tinlot, Marchin, Nandrin, Fraiture, Villers-le-Temple. L'activité économique de la région hutoise est axée sur l'industrie et le secteur tertiaire (dont le tourisme) dans la vallée mosane et est plutôt tournée vers l'agriculture sur le plateau du Condroz et sur le plateau de Hesbaye (rive gauche de la Meuse). Parmi les entreprises de la vallée, on compte la centrale nucléaire de Tihange¹. Le Pays de Huy se caractérise aussi par ses carrières de grès ou de calcaire qui rythment le paysage.

Deux ensembles paysagers² se distinguent sur la zone cartographiée (figure II.1): l'Ensemble mosan et l'Ensemble du moyen plateau condruzien (Droeven *et al.*, 2004). Le premier est représenté, ici, par la vallée de la Moyenne Meuse et la bordure mosane du bas plateau hesbignon. Celle-ci est jalonnée de promontoires agricoles entre des vallées incisées aux versants boisés. Le second ensemble est divisé en trois territoires: le moyen plateau du vrai Condroz³, les versants forestiers du bord nord du vrai Condroz et la vallée du Hoyoux. Celle-ci est marquée par l'activité extractive. Quelques carrières y sont encore actives. Les traits paysagers sont intimement liés à la géologie (érosion différentielle selon la nature des roches). Le Condroz se caractérise par une succession de crêtes topographiques (*Tiges*) et de dépressions (*Chavées*) orientées approximativement selon un axe NE-SW. Cette structure est coupée transversalement par la vallée du Hoyoux.

¹ A titre indicatif, les trois unités de production de Tihange sont équipées de chaudières nucléaires à eau pressurisée. La puissance totale nette est de 3024 MW, soit une production annuelle d'environ 23 milliards de kWh, soit près de 30 % de la production électrique belge (<http://www.electrabel.com>).

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

³ Définition du vrai Condroz: région de moyen-plateau où alternent les crêtes gréseuses et les dépressions creusées dans les calcaires. Partie centrale du Condroz (au sens large), le vrai Condroz présente les paysages les plus typés (tôle ondulée)(DGRNE, 1997)

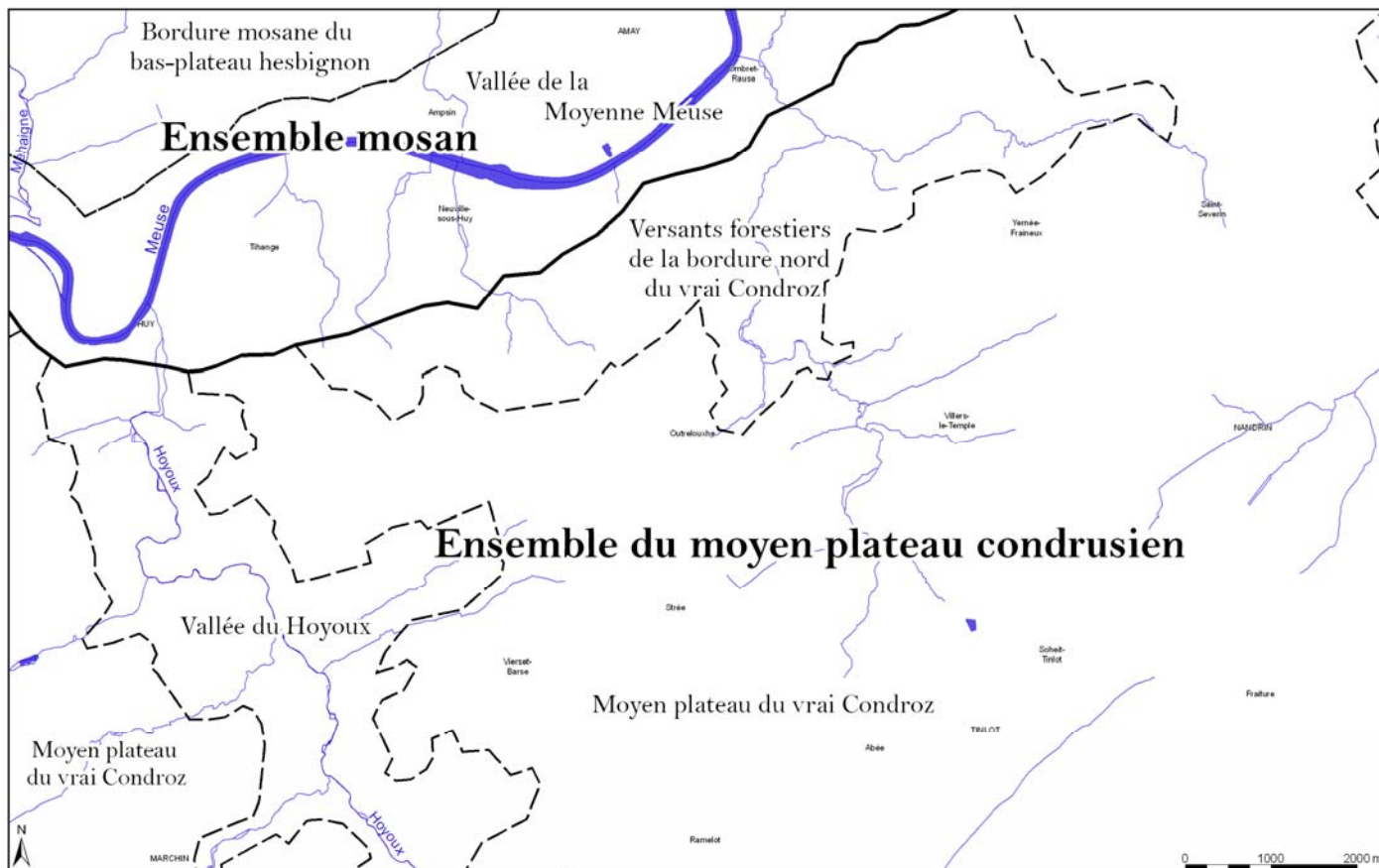
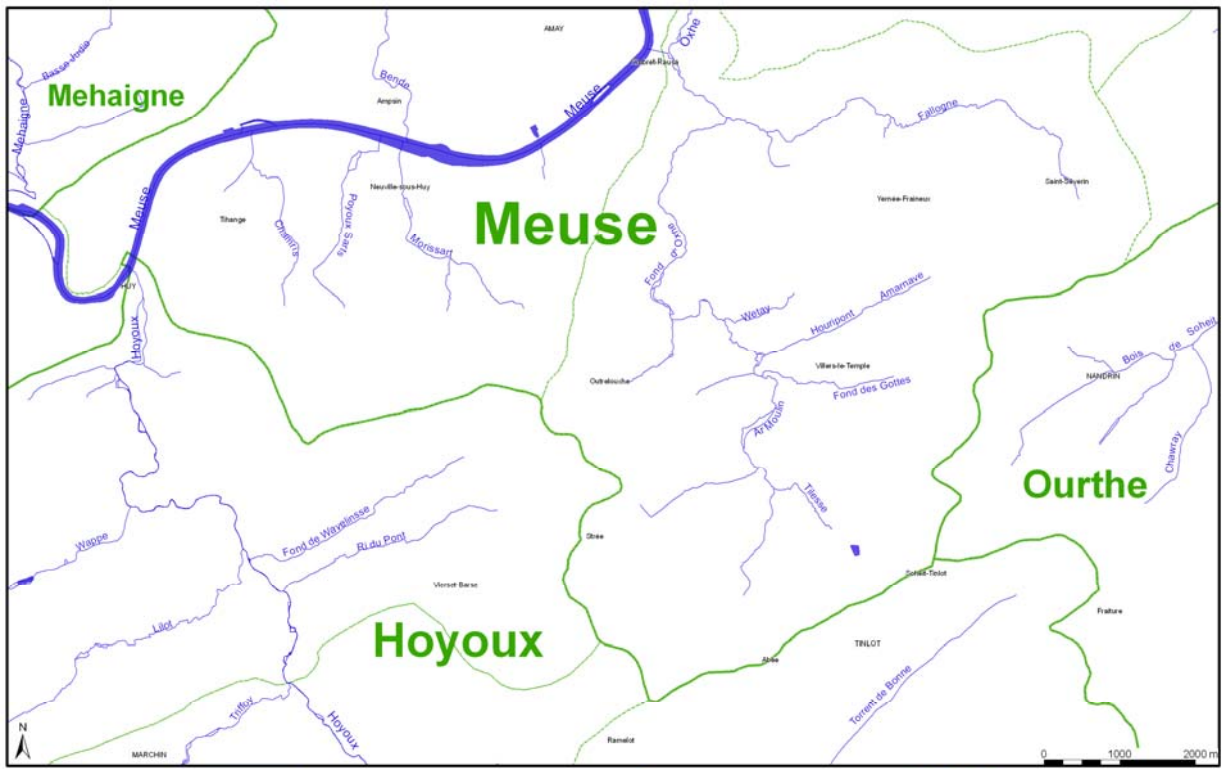


Figure II.1: Ensembles et territoires paysagers –Huy-Nandrin

Le réseau hydrographique de la carte Huy-Nandrin est dominé par la Meuse s'écoulant dans le quart nord-ouest. Celle-ci marque la transition entre les plateaux condruzien et hesbignon. Le dénivelé maximal observé entre le plateau et la plaine est de l'ordre de 100 m. Dès Huy, la vallée mosane s'élargit. Ses principaux affluents, la Mehaigne et le Hoyoux, la rejoignent au niveau de Huy. Les bassins hydrographiques majeurs de la carte sont (figure II.2):

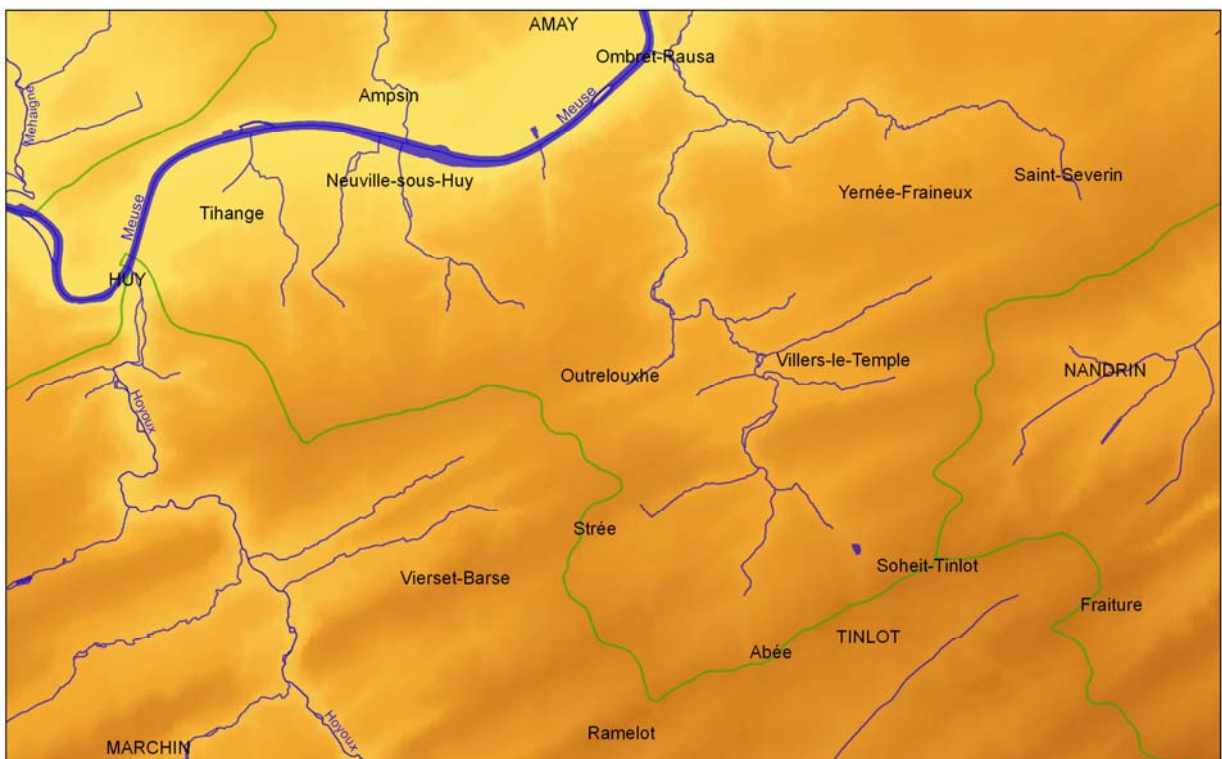
- le bassin de la Meuse occupant environ 84 km² (soit 52,5 % de la carte);
- le bassin du Hoyoux, au sud-ouest, couvre ± 53 km² (soit 33,12 % de la carte);
- le bassin de l'Ourthe, à l'est, s'étend sur 17 km² (soit 10,63 % de la carte);
- le bassin de la Mehaigne, au nord-ouest, occupe environ 6 km² (soit 3,75 % de la carte).

L'altitude maximale observée sur le territoire couvert par la carte Huy-Nandrin est de 302 m aux alentours de Frature, au sud-est de la carte étudiée (figure II.3). Le plateau condruzien est légèrement incliné vers le nord. La plaine alluviale de la Meuse se situe à environ 70 m d'altitude. La bordure méridionale de la Hesbaye culmine, sur la carte étudiée, à environ 180 m.



Réseau hydrographique Bassin versant principal Bassin versant secondaire

Figure II.2: Bassins hydrographiques - Huy-Nandrin



— Réseau hydrographique Altitudes
 — Principaux bassins hydrographiques Z max : 305 m
 Z min : 70 m

source: SPW, MNT (maille carrée: 30m)

Figure II.3: Carte du relief – Huy-Nandrin

Les figures II.5 et II.4 présentent, respectivement, la carte d'occupation du sol de la région de Huy-Nandrin et la répartition selon les 6 classes du niveau 1. Ces données sont extraites de la carte numérique de l'occupation du sol wallon⁴. On constate que les surfaces agricoles occupent la majeure partie de la carte (> 50 %). Au sein de cette catégorie, la répartition entre terres arables et prairies est plus ou moins égale. Les zones boisées s'observent essentiellement dans la vallée de la Meuse (versants forestiers du vrai Condroz), ainsi que dans la vallée du Hoyoux. Les territoires artificialisés comportent principalement les zones résidentielles et les espaces d'activité économique, ainsi que les bâtiments communautaires et équipements collectifs (scolaires, militaires, santé...). Le site de la centrale nucléaire de Tihange est également repris dans cette catégorie. La plaine alluviale de la Meuse est marquée par une urbanisation très dense, la proximité de la ville de Liège se faisant de plus en plus sentir avec un accroissement et une densification des zones d'habitats mais aussi des parcs industriels. Cette urbanisation contraste assez bien avec la partie amont de la vallée mosane. Sur le plateau condruzien, l'habitat est regroupé en villages et hameaux s'étendant, initialement, selon l'axe des "tiges". Ce schéma est de plus en plus bousculé par l'urbanisation croissante (Droeven *et al.*, 2004).

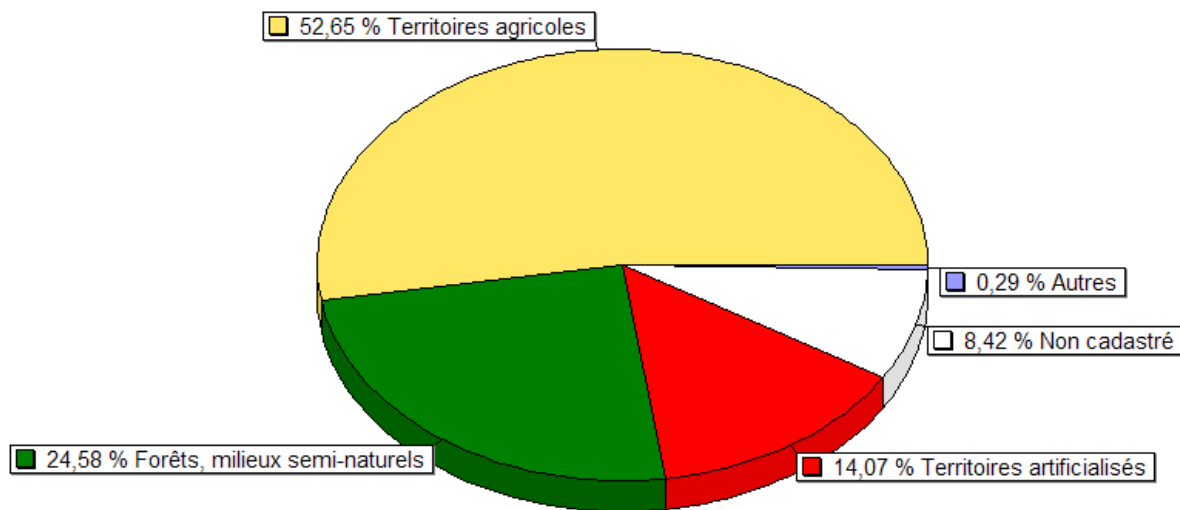
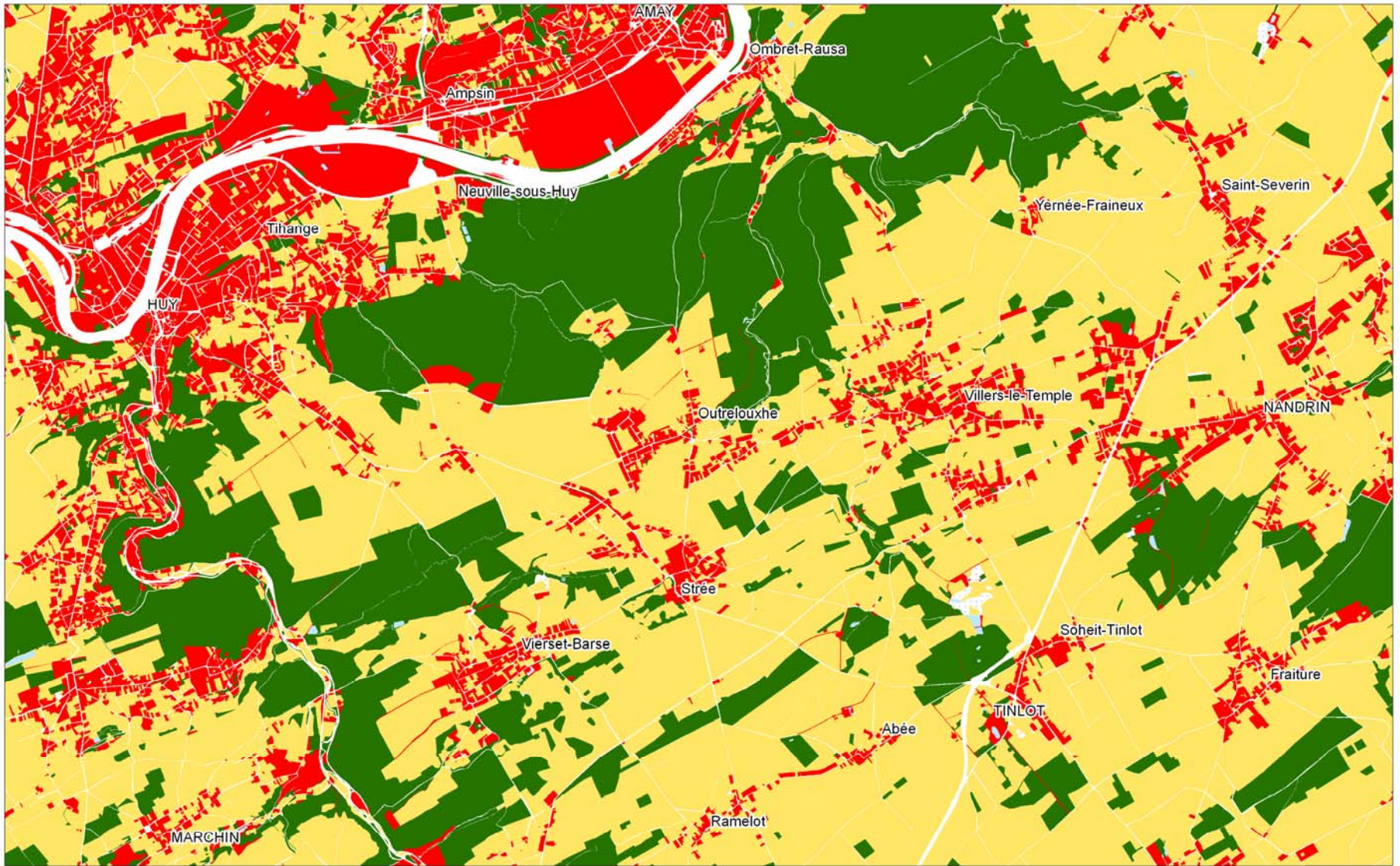


Figure II.4 : Répartition de l'occupation du sol - Niveau 1 – Huy-Nandrin

⁴ La Carte de l'Occupation du Sol en Wallonie (COSW) est dressée au 1/10 000. Elle est basée sur les données cartographiques vectorielles à la Région wallonne. La couche de base est le PLI (Plan de Localisation Informatique – 1/10.000). On peut considérer en effet qu'il couvre l'ensemble du territoire régional, même si une partie de ce dernier n'est pas « cadastrée » (5 % du territoire wallon). La légende de la COSW est hiérarchisée en 5 niveaux de détails. Le niveau 1, le plus global, comporte 6 classes d'occupation du sol et le niveau 5, le plus détaillé, en contient 97. Pour plus d'informations: <http://cartographie.wallonie.be>



Légende - COSW - Niveau 1

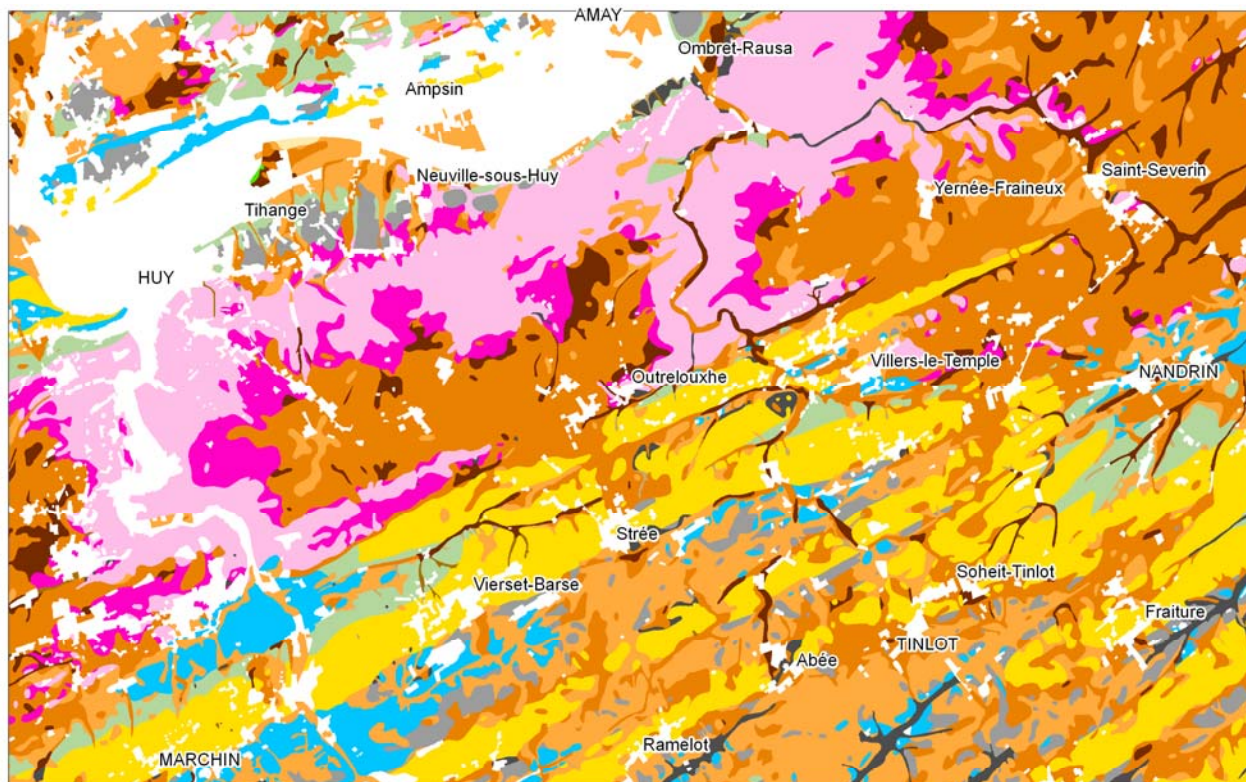
- | | | | |
|--|--|---|---|
| Territoires artificialisés | Forêts et milieux semi-naurels | Surfaces en eau | Non cadastré |
| Territoires agricoles | Zones humides | Non classé | |

source : PCNOSW (GW VIII/2005/doc.1022/28.04/B.L.)(DGA,SPW), couverture : Wallonie



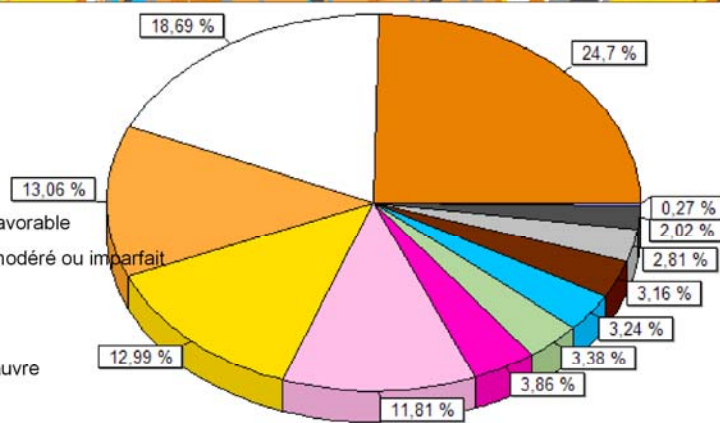
Figure II.5 : Carte de l'occupation du sol – Huy-Nandrin

La répartition des différents types de sol de la carte Huy-Nandrin est présentée à la figure II.6. La carte des sols reflète assez bien la complexité de la géologie de la région étudiée. De nombreux types de sols sont répertoriés avec un morcellement parfois important. La nature des sols est, par essence, liée au substrat qui les forment. Ainsi, on retrouve les grandes structures géologiques orientées NE-SW qui caractérisent la région. La majorité des sols de la carte étudiée sont des sols limoneux ou limono-caillouteux. La nature de la charge est directement liée à la roche-mère. Ainsi, sur les terrains du Silurien et du Dévonien inférieur (occupant une partie de la moitié nord de la carte), la charge est schisto-gréseuse. La nature de la charge sur les terrains du Dévonien supérieur est majoritairement psammitique. La lecture de la carte des types de sols permet, aussi, de localiser les zones d'affleurement des formations carbonatées, via les sols à charge calcaire (zones en teinte bleue et grise clair). Un autre paramètre qualifiant un sol est l'état du drainage naturel, également lié à la lithologie sous-jacente. Ainsi on retrouvera davantage des sols à drainage favorable sur les roches calcaires du Carbonifère que sur les schistes du Dévonien (drainage modéré à imparfait). La catégorie 'sols artificiels ou non cartographiés' occupe environ 20 % du territoire cartographié. Cette classe comprend principalement les zones bâties, le réseau hydrographique, et les infrastructures de transport.



Légende - CNSW

- Sols sablo-limoneux à drainage naturel principalement favorable
- Sols sablo-limoneux à drainage naturel principalement modéré ou imparfait
- Sols limoneux à drainage naturel favorable
- Sols limoneux à drainage naturel modéré ou imparfait
- Sols limoneux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre
- Sols argileux à drainage naturel favorable à imparfait
- Sols argileux à drainage naturel assez pauvre à très pauvre
- Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel favorable
- Sols limoneux peu caillouteux à drainage naturel principalement modéré à assez pauvre
- Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel favorable
- Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse ou gréseuse et à drainage naturel modéré à assez pauvre
- Sols limono-caillouteux à charge schisteuse et à drainage naturel principalement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge psammitique ou schisto-psammitique et à drainage naturel principalement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge calcaire ou contenant du calcaire et à drainage naturel quasi-exclusivement favorable
- Sols limono-caillouteux à charge de silexite ou de gravier ou de conglomérat et à drainage naturel principalement favorable
- Regroupement de complexes de sols de textures différentes ou sur fortes pentes et de sols de fonds de vallons limoneux ou rocailleux
- Sols artificiels ou non cartographiés



source : PCNSW (GW VIII/2007/doc.58.12/12.07/B.L. & GW VII/2000/doc. 1331/07.12/JH)(DGA,SPW), couverture : Wallonie

Figure II.6: Carte des types de sols – Huy-Nandrin

III. CADRE GEOLOGIQUE

III.1 CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL

La carte Huy-Nandrin est située sur plusieurs unités géologiques majeures. Du nord au sud, on a le Synclinorium de Namur⁵, la Bande Sambre-et-Meuse et le Synclinorium de Dinant (figure III.1).

Le Synclinorium de Namur, qui vient buter contre le Massif du Brabant par l'intermédiaire de la Faille Bordière, est formé de terrains dévono-carbonifères. Sa partie centrale est jalonnée par les bassins houillers de l'axe Haine-Sambre-Meuse. Son allure générale est asymétrique et déversée vers le nord avec un flanc nord d'allure monoclinale et un flanc sud en position inverse. Cette unité structurale est affectée de failles longitudinales de direction NE-SW. Il s'approfondit dans le Hainaut occidental et à l'est où lui succède le Synclinal de Liège et le Massif de Herve.

Les formations de l'Ordovicien-Silurien, déformées une première fois lors de l'orogénèse calédonienne à la fin du Silurien et une seconde fois lors de l'orogénèse varisque, constituent les couches de la bande ordovico-silurienne du Condroz (ou Bande calédonienne du Condroz ou encore Bande Sambre-et-Meuse). Celle-ci est découpée par des failles qui permettent de considérer la Faille du Midi et la Faille Eifélienne comme un seul accident tectonique majeur. La bande du Condroz, de largeur n'excédant pas 2 km, est comprise entre le Synclinorium de Namur au nord et le Synclinorium de Dinant au sud.

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

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 quelques dépôts (poches résiduelles). Au Quaternaire, une ultime surrection voit l'Ardenne définitivement émergée que l'érosion façonne en une nouvelle pénéplaine en même temps que l'approfondissement du lit de la Meuse répondant aux différents niveaux de base dont les terrasses étagées sont les témoins. Enfin, la couverture superficielle est formée de limon et de dépôts éoliens (loess) d'épaisseur variable (Boulvain & Pingot, 2008).

⁵ Désormais, le Synclinorium de Namur est appelé Parautochtone de Namur. Travaillant avec l'ancienne carte géologique, nous avons cependant conservé l'ancienne appellation dans le texte de la notice.

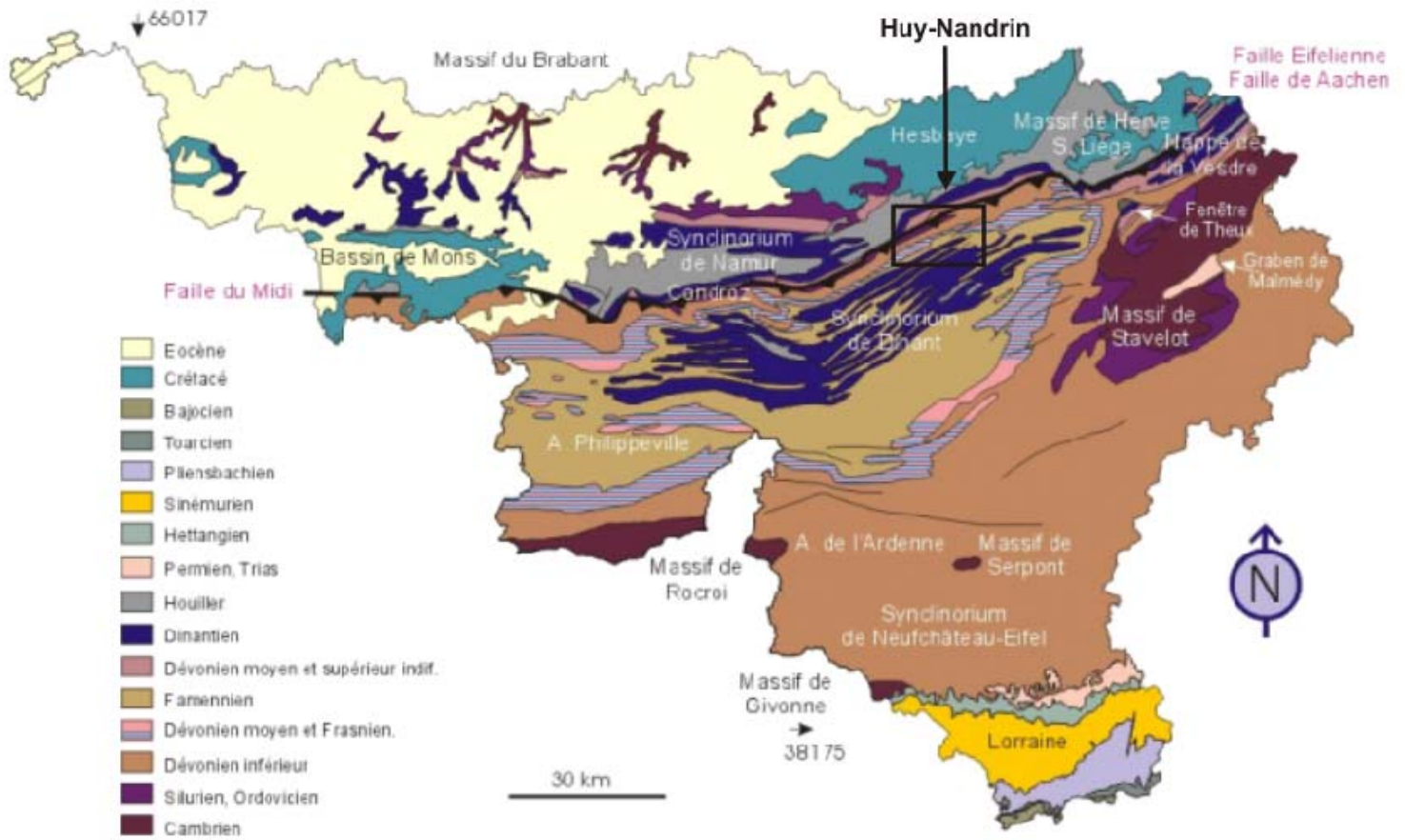


Figure III.1 : Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2008; modifiée)

III.2 CADRE GEOLOGIQUE DE LA CARTE

Les formations géologiques rencontrées sur la carte de Huy-Nandrin sont constituées de roches datant du Silurien au Houiller affectées par la tectonique calédonienne et/ou hercynienne. Il subsiste également des placages de sables du Paléogène.

La partie méridionale de la carte Huy-Nandrin appartient au flanc nord du Synclinorium du Dinant. La partie septentrionale de la carte est occupée par le Synclinorium de Namur. Comprise entre ces deux structures, se trouve la Bande ordovico-silurienne du Condroz.

III.2.1 Cadre litho-stratigraphique

A l'heure de la finalisation de l'actualisation de la carte hydrogéologique Huy-Nandrin (mars 2011), la nouvelle carte géologique n'est pas encore éditée. Les tracés sont réalisés mais ils ne sont pas encore validés par les comités de pilotage et de lecture de la carte géologique de Wallonie. Ainsi, la description lithologique des formations fait référence à la carte n°146 de Delwalque et *al.* dressée en 1898. Cette carte sert de fond à la carte hydrogéologique, utilisant ainsi les anciennes dénominations. Cependant, suite aux travaux de levé de la carte géologique, il s'avère que les données de la carte de 1898, pour certains étages, sont obsolètes. Cela concerne essentiellement le Givetien et le Frasnien. Ce sera mentionné dans les paragraphes adéquats.

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).

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

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

III.2.1.1 Les formations du Paléozoïque

III.2.1.1.1 Silurien

Les roches du Silurien (SI1) sont principalement composées de schistes quartzeux, de quartzites et de phyllades, avec quelques bancs d'arkose, des nodules calcaires et des bancs ferrugineux. Son épaisseur est de l'ordre de 300 mètres.

Le Silurien affleure dans la Bande de Sambre-et-Meuse, dans la vallée de la Meuse. Le toit du bed-rock est compris entre 59,5 et 61 m à Tihange (Monjoie, 1969) et entre 58 et 60 m à Amay (Peters, 1996). Ce système affleure également dans le Fond d'Oxhe (partie nord de la carte). Il constitue le soubassement calédonien du Dévonien inférieur du Synclinorium de Dinant (Michot, 1934).

III.2.1.1.2 Dévonien

Sur la carte Huy-Nandrin, les terrains du Dévonien⁶ sont représentés par les étages allant du Gedinnien au Famennien. Structuralement, ils sont localisés soit dans le Synclinorium de Namur, soit dans le Synclinorium de Dinant.

Gedinnien (Lochkovien)

Le Gedinnien (G) est composé de grès micacés et de schistes généralement bigarrés, souvent à nodules calcaires ou cellulés (Fooz). A la base, on observe un conglomérat, le "poudingue d'Ombret" et des grès arkosiques, l'"Arkose de Dave". Sur le flanc nord du Synclinorium de Dinant, cet étage peut atteindre 150 à 200 m d'épaisseur. Sur la carte de Huy-Nandrin, il affleure au sud de la Meuse, dans le Synclinorium de Dinant.

Coblencien (Emsien-Siegenien)

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

- Cb1: grès du bois d'Ausse, quartzites, siltites vert olive (100 à 360 m)
- Cb2: grès à ciment détritique (grauwacke), grès micacés souvent rouges et grès d'Acoz (100 à 400 m);
- Cb3: grès de Wépion avec des schistes souvent gris bleu (200 à 400 m).

⁶ Dans la nouvelle nomenclature de l'échelle lithostratigraphique de la Belgique (*in* Bultynck & Dejonghe eds, 2001), la désignation de certains étages du Dévonien a été modifiée: Gedinnien → Lochkovien; Cb2 + Cb1 = Siegenien ≈ Praguien; Burtonien (Bt) + Coblencien Cb3 = Emsien; Couvinien → Eifelien.

Burnotien (Emsien)

Le Burnotien (Bt) est caractérisé par des barres de conglomérats rouges séparés par des passées de shales et de siltites. Son épaisseur est comprise entre 200 et 535 m (Boulvain & Pingot, 2008). Comme l'étage précédent, il affleure dans le bord nord du Synclinorium de Dinant, sur une bande orientée NW-SE, allant de Yernée-Fraineux vers la vallée du Hoyoux.

Couvinien (Eifelien)

Sur la carte Huy-Nandrin, le Couvinien (Co) est composé essentiellement de schistes rouges, de grès micacés, de grès accompagnés d'un conglomérat à ciment rouge ("Poudingue de Tailfer").

Givetien

Sur le flanc nord du Synclinorium de Dinant, le Givetien (Gv) est principalement constitué de calcaire et de dolomie gréseuse attribués aux formations de Nèvreumont et du Roux; certains bancs calcaires sont fossilifères (coraux et brachiopodes [e.a. stringocephalides]). Dans la vallée du Hoyoux, la base du Givetien se situe au sein du Membre du Poudingue de Marchin (Formation de Pépinster) correspondant à un poudingue essentiellement formé de cailloux de quartz qui fut localement l'objet d'une intense exploitation. Les travaux menés dans le cadre de la nouvelle carte géologique Huy-Nandrin ont permis de mettre en évidence quelques lacunes de l'ancien fond géologique. Ainsi, il s'avère que les formations givetiennes sont nettement moins importantes qu'elles n'ont été figurées en 1898 sur la carte au 1/40.000 de Delwalque et *al.* (Mottequin & Marion, sous presse); ainsi, le Gvb représenté sur l'ancienne carte correspond, en tout ou en partie selon les endroits sur la carte, aux calcaires de la Formation de Lustin qui sont rangés au sein du Frasnien moyen. Gva (en partie ou en tout) correspond probablement à la Formation de Nèvreumont, tandis qu'une partie de Gvb correspondrait à la Formation de Roux dans la nouvelle nomenclature lithostratigraphique.

Dans la région hutoise (Ecailles Haine-Sambre-Meuse⁷), les calcaires givetiens font défaut, mais le Givetien serait représenté par du poudingue pugilaire de teinte rougeâtre, des grès ferrugineux, grossiers et parfois graveleux ainsi que par des siltites rouges. L'âge de ces dépôts est toutefois imprécis (Eifelien-Givetien).

⁷ Ecailles Haine-Sambre-Meuse: nouvelle dénomination qui correspond au flanc sud renversé du "Synclinorium de Namur", constitué d'une imbrication d'écailles tectoniques.

Frasnien

Les indications de l'ancienne carte géologique Huy-Nandrin (Delwalque et *al*, 1898, n°146, 1/40.000) concernant le Frasnien sont obsolètes. Cette carte sous-estime largement l'importance de cet étage, et plus particulièrement des calcaires frasniens, entre autres dans la vallée du Hoyoux (voir ci-dessus).

Au bord nord du Synclinorium de Dinant, la base du Frasnien est soulignée par un ensemble épais de 2 à 3 m d'épaisseur comprenant des schistes au sein desquels s'intercalent de minces bancs de calcaire et de dolomie (Formation de Presles) (Mottequin & Marion, sous presse). Viennent ensuite les calcaires en gros bancs de la Formation de Lustin (environ 80 m d'épaisseur dans la vallée du Hoyoux) qui sont surmontés par les calcaires et les schistes de la Formation d'Aisemont dont l'épaisseur avoisine une trentaine de mètres. Les derniers calcaires de la Formation d'Aisemont sont coiffés par les schistes de la Formation de la Famenne dont seule une partie est d'âge frasnien supérieur, le reste étant rangé dans le Famennien inférieur. L'épaisseur de la Formation de la Famenne est de l'ordre d'une centaine de mètres. Tenter d'établir une correspondance entre l'ancienne et la nouvelle nomenclature pour le Frasnien de la carte Huy-Nandrin est hasardeux. Les calcaires massifs de la vallée du Hoyoux ne sont pas reconnus sur l'ancienne carte. Frd peut être associé au niveau schisteux de la Formation d'Aisemont. Quant à Frm, également une assise schisteuse, établir la correspondance avec la nouvelle nomenclature est plus délicat. Frm peut être attribuée tant à la Formation de Presles qu'à la base de la Formation d'Aisemont ("intercalaire" schisteux entre les calcaires de Lustin et ceux d'Aisemont), ou encore aux schistes frasniens qui sont au-dessus du calcaire d'Aisemont (schistes qui, dans la nouvelle carte, sont repris sous les schistes de la Famenne)(Marion, communication personnelle).

Dans la partie NW de la carte (Ecailles Haine-Sambre-Meuse), la succession frasnienne est similaire à celle observée au bord septentrional du Synclinorium de Dinant, mais les épaisseurs des formations y sont moindres. Notons également la très faible puissance des shales frasniens rangés dans la Formation de Falisolle qui surmontent le dernier membre carbonaté de la Formation d'Aisemont. Dans cette partie de la zone étudiée, Frc et Frd de l'ancienne carte correspondraient aux Formations de Presles, Lustin et Aisemont et sans doute de Falisolle.

Famennien

Cet étage marque un épisode régressif. La sédimentation terrigène s'étale sur une plate-forme peu profonde en voie de comblement (Boulvain & Pingot, 2008). Le Famennien est constitué des séries gréso-pélitiques avec du plus ancien au plus jeune:

- Assise de Mariembourg (Fa1b): surtout schistes violacés et grès micacés (50 à 160 m);
- Assise d'Esneux (Fa1c): grès micacés stratoïdes et schistoïdes (100 à 150 m);
- Assise de Souverain-Pré (Fa2a): grès à ciment calcaire ou schistes noduleux, avec grès micacés et schistes vers le haut (environ 100 m);
- Assise de Montfort (Fa2b): grès micacés massifs à pavés vers le haut, avec couches stratoïdes vers le bas (environ 150 m);
- Assise d'Evieux (Fa2c): grès micacés et schistes à végétaux avec schistes noduleux ou grès à ciment calcaire (120 à 200 m);
- Assise de Comblain-au-Pont (Fa2d): alternance de calcaire, de schistes, de grès à ciment calcaire et de grès micacés (faible puissance).

Lors de l'étude régionale sur les aquifères gréseux de la partie orientale du Condroz (LGIH, 1989), une vaste campagne de prospection géophysique a été menée. Elle a permis la détermination de l'épaisseur des couches altérées en différents points. Au-dessus des schistes et des grès, elle atteint 20 m.

III.2.1.1.3 Carbonifère

Le Carbonifère est constitué des étages du Tournaisien, Viséen et Houiller. Le Tournaisien et le Viséen sont essentiellement carbonatés, tandis que le Houiller est terrigène détritique.

Tournaisien

Deux assises représentent cet étage, dont l'épaisseur est comprise entre 95 et 170 m:

- Hastière (T1):
 - calcaire noir et bleu à crinoïdes, calcaire avec schistes intercalés (T1a);
 - schistes foncés (T1b) (épaisseur: ± 12 m);
 - calcaire à crinoïdes de Landelies (T1c);
 - dolomie (Ty), peu épaisse dans le Synclinorium de Dinant, par contre, représente la totalité du Tournaisien dans le Synclinorium de Namur.

- Ecaussines et Waulsort (T2):
 - calcaire d'Yvoir à crinoïdes sporadiques avec cherts noirs (T2a);
 - calcaire à crinoïdes et à débris de paléchinides, sans cherts (petit granit de l'Ourthe et des Ecaussines) (T2b).

Viséen)

Deux assises représentent cet étage dont l'épaisseur varie entre 180 et 400 m.. De bas en haut, on observe :

- Dinant (V1):
 - "marbre" noir avec cherts (V1a), dolomitisé dans le Synclinorium de Namur;
 - dolomie à crinoïdes (V1by)(Synclinorium de Namur).
- Visé (V2):
 - calcaire gris à grains cristallins, calcaire oolithique ou compact (V2a);
 - calcaire gris souvent très compact parfois grenu (V2b);
 - calcaire avec lits d'anthracite, grande brèche (V2cx).

L'ancienne carte géologique Huy-Nandrin (Delwalque et *al*, 1898, n°146, 1/40.000) sous-estime l'extension du synclinal calcaire de Tinlot. L'étude de prospection géophysique réalisée lors de l'étude régionale sur les aquifères gréseux (LGIH, 1989) et les levés de terrain liés à la nouvelle carte géologique (Mottequin & Marion, sous presse) ont permis d'en préciser les limites. Ce synclinal se prolonge vers l'Est dans le bois de Fraiture. Ces investigations ont également permis de mieux définir l'épaisseur de la zone altérée. Sur les calcaires, la couche altérée peut atteindre 13 m avec certaines surépaisseurs locales, notamment à Grand Lou (23 m).

Houiller

Le Houiller est constitué de deux principaux niveaux (H1 & H2). Il affleure essentiellement dans la partie NW de la carte, en rive gauche de la Meuse. L'épaisseur des terrains du Houiller peut atteindre 1500 m. Il est formé par des alternances de schistes plus ou moins gréseux, de grès micacés et de grès avec intercalations de veines de charbon. A la base du Houiller inférieur (H1), on trouve de l'ampélite (schiste noir à rayure brunâtre ou grise rempli de minuscules cristaux de pyrite et renfermant des fossiles marins). Sur les bords de la vallée de la Meuse, les schistes alunifères furent exploités dès 1540 jusque vers le milieu du 19^{ième} siècle pour la fabrication de l'alun.

III.2.1.2 Les formations du Mésozoïque et du Cénozoïque

III.2.1.2.1 Crétacé

Ce système n'est présent sur la carte Huy-Nandrin qu'à l'état de traces résiduelles. Il s'agit de lambeaux de silex roulés (galets) localisés, de manière très éparse, sur les crêtes du Condroz. On en trouve notamment au sud de Tinlot. A l'est de Fraiture, dans une tranchée creusée par VIVAQUA, travaux d'adduction, 09/2009), des cailloutis de silex et des traces de craies ont été observées (Mottequin & Marion, sous presse). Ces dépôts, très peu présents sur la carte étudiée, ne sont ni cartographiés, ni repris dans le tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'.

III.2.1.2.2 Paléogène

Il subsiste quelques lambeaux de dépôts oligocènes comblant les paléokarsts affectant les calcaires carbonifères. Il en existe aussi sur les terrains gréseux du Famennien et schisto-gréseux du Houiller. Ces dépôts, assez hétérogènes, sont composés de sables quartzeux, fins et pailletés, d'amas de cailloux, et de glaises plastiques (Om, Ona, Onx, Ong). Ces poches n'ont, en général, qu'une faible extension et leur épaisseur, très variable, n'est pas déterminée.

III.2.1.2.3 Quaternaire

Les roches du Paléozoïque sont recouvertes sur les plateaux par des limons éoliens (loess) d'épaisseur variable (de quelques décimètres à plusieurs mètres). On observe également des limons de pente dont l'épaisseur varie entre 0 et 8 m, pouvant atteindre 15 m en pied de versant sur le bord de la plaine alluviale de la Meuse (Drevet et *al.*, 2009).

Quelques terrasses fluviales ou lambeaux de terrasses ont été identifiés dans la vallée de la Meuse, et accessoirement dans la vallée du Hoyoux (Mottequin & Marion, sous presse). Ces terrains ne sont pas cartographiés sur la carte géologique de Delwalque et *al.* (1898).

Des dépôts alluvionnaires récents graveleux (alm) sont observés dans le fond des vallées (Meuse, Hoyoux, Mehaigne et Fond d'Oxhe notamment). Les alluvions de la Meuse sont composées de limons fluviaux d'épaisseur variable (3 à 8 m) surmontant des sables et graviers roulés d'une puissance comprise entre 2 et 10 m.

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

III.2.2 Cadre structural

Le cadre tectonique de la carte Huy-Nandrin est relativement complexe. La région est intensément plissée et faillée. La direction des couches est approximativement NE-SW. Cette carte est traversée par plusieurs unités structurales d'importance régionale (figure III.2) avec du nord au sud:

- le Synclinorium de Namur (Parautochtone de Namur). Cette structure, à l'allure asymétrique, est déversée vers le nord avec un flanc septentrional d'allure monoclinale et un flanc sud en position inversée. Cette unité structurale est affectée de failles longitudinales de direction NE-SW. Seul le flanc sud du Synclinorium de Namur affleure dans la partie NW de la carte;
- la Bande ordovico-silurienne du Condroz (ou Bande calédonienne de Sambre-et-Meuse) s'étend de Châtelet à Clermont-sur-Meuse (sur la carte voisine Jehay-Bodegnée – St-Georges) sur une largeur n'excédant pas 2 km. Elle est découpée par un réseau de failles en relation avec le charriage du Condroz sous-jacent;
- la faille Eifélienne (Hance et *al*, 1991);
- le Synclinorium de Dinant, et plus précisément sa bordure septentrionale, charrié vers le nord lors de l'orogénèse hercynienne.

Au sein du Synclinorium de Namur, la faille de Seraing, reconnue au nord sur la carte Jehay-Bodegnée – St-Georges, longe la vallée de la Meuse et constitue un des accidents tectoniques majeurs. D'autres failles, orientées perpendiculairement à la direction des couches et présentant un faible rejet, ont été observées. Dans la carrière d'Ampsin, la direction des couches est N070°E avec un pendage moyen de 60° vers le sud (Tractebel Development Engineering, 1997). Les couches sont donc en position stratigraphique renversée, ce qui est caractéristique de la bordure méridionale du Synclinorium de Namur.

Le flanc septentrional du Synclinorium de Dinant est marqué par des plis secondaires à faible ennoyage. Sur la carte Huy-Nandrin, les couches géologiques ont des directions N060°-075°E avec des pendages compris entre 40° et 86°S. Deux types de failles sont présents dans la région:

- les failles longitudinales, subparallèles à la stratification (e.g.: Faille de Goesnes);
- les failles transversales, plus ou moins perpendiculaires à la direction des plis. Elles présentent généralement de faibles rejets et ne correspondent parfois qu'à des trains de fractures.

Les campagnes de prospection géophysique menées lors de l'étude des aquifères gréseux (LGIH, 1983-1989) ont permis de préciser le cadre structural de la région en ajoutant une faille longitudinale à Soheit-Tinlot en direction de La Bouhêye et en allongeant le synclinal calcaire de Tinlot-Grand Lou.

Le Hoyoux, qui traverse la carte Huy-Nandrin du sud vers le nord, recoupe l'ensemble des terrains dévono-carbonifères du bord septentrional du Synclinorium de Dinant et constitue ainsi une coupe remarquable pour décrire la géologie régionale (figure III.3). De Modave (au sud de la carte étudiée) à Huy, l'ensemble de la succession stratigraphique présente un pendage S-SE constituant les flancs nord de trois synclinaux, imbriqués par l'action de deux failles de même direction que l'axe des plis. Ces failles font en sorte que la succession des dépôts viséens, tournaisiens et famenniens est répétée à trois reprises dans la coupe du Hoyoux. En surface, cette succession se traduit par des bandes allongées NE-SW d'unités stratigraphiques similaires. L'extension longitudinale de ces bandes peut être très importante et dépasser 30 km. Les failles de Goesnes ('Sur Hayes') et de Pont de Bonne ('Bois de Malplaquée') sont des failles inverses, de direction N075°E et d'inclinaison sud. Elles mettent en contact le Famennien à pendage sud, au sud, et le Viséen à pendage sud, au nord. Le rejet est estimé à plusieurs centaines de mètres.

La nouvelle interprétation géologique de cette région est davantage orientée vers une tectonique cassante que ductile. Ainsi, quelques plis de l'ancienne carte géologique ne sont plus reproduits intégralement mais tronqués par un ou des failles. Des failles non relevées sur l'édition de 1898 sont cartographiées sur la nouvelle version. En outre, certaines des failles déjà observées sur l'ancien fond géologique présentent une extension plus grande (Marion & Mottequin, communication personnelle).

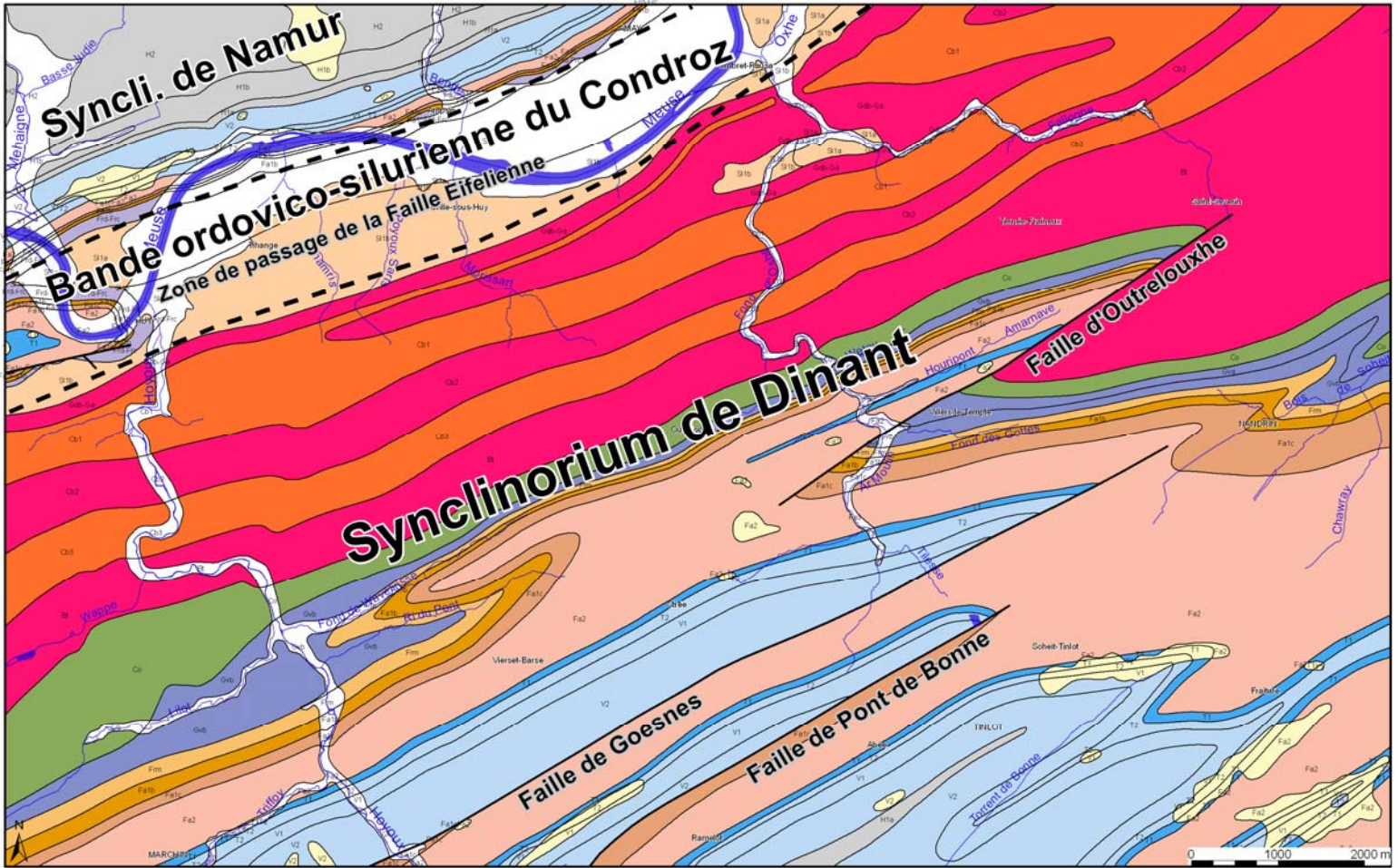


Figure III.2: Cadre structural de la région de Huy-Nandrin (d'après Dewalque et al, 1898)

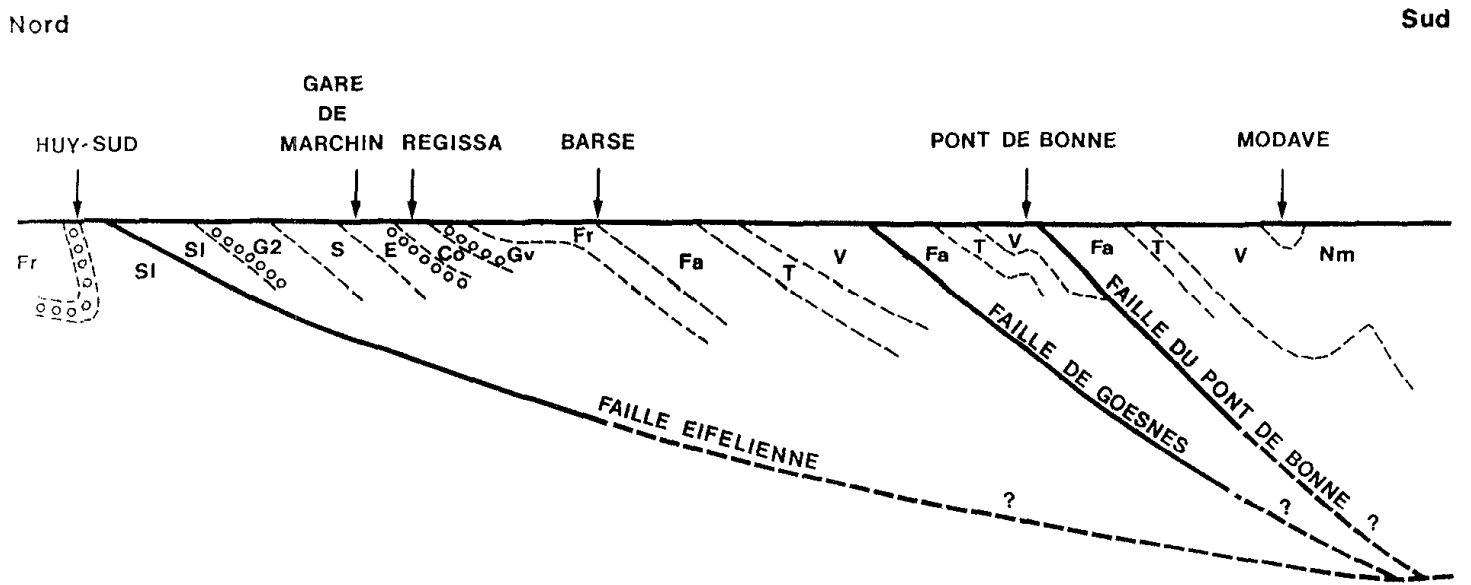


Figure III.3: Coupe géologique schématique de la vallée du Hoyoux (LGIH, 2001)

IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE

Plusieurs unités hydrogéologiques se distinguent sur la carte de Huy-Nandrin. Les principaux aquifères sont logés dans les alluvions graveleuses de la Meuse, dans les calcaires du Carbonifère et dans les grès du Famennien. L'aquifère des calcaires du Dévonien ne représente pas, sur la carte étudiée, une ressource en eau souterraine importante. Dans les formations gréseuses du Houiller, dans les grès, poudingues et quartzites du Dévonien moyen et inférieur, se trouvent des aquifères locaux, généralement exploités par des particuliers (faible débit).

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

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

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

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

IV.1 DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

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

IV.1.1 Unités hydrogéologiques du Cambro-silurien

IV.1.1.1 Aquiclude du socle cambro-silurien

Cette unité hydrogéologique est composée par les Assises du Silurien inférieur essentiellement schisteuses. Elle est donc définie en termes d'aquiclude. Les bancs de quartzites observés localement dans l'Assise inférieure peuvent, lorsque les fissures sont ouvertes, contenir de l'eau récupérable. Il s'agit de la seule unité hydrogéologique du Cambro-Silurien⁸ de la carte Huy-Nandrin.

IV.1.2 Unités hydrogéologiques du Dévonien

IV.1.2.1 Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique, composée de grès micacés (psammites), de schistes, de poudingues, de siltites ou grès fossilifères décalcifiés (grauwackes) et de niveaux de grès, présente des potentialités aquifères intéressantes à l'échelle locale, justifiant son appellation en termes d'aquitard à niveaux aquifères. Dans la région étudiée, le Gedinnien (G), le Burnotien (Bt) ainsi que le Coblencien moyen (Cb2) sont regroupés dans cette unité. Le poudingue d'Ombret (Gedinnien) peut localement contenir un niveau aquifère, selon la nature du ciment qui le compose.

IV.1.2.2 Aquifère à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

Formée par les Assises inférieure et supérieure du Coblencien, cette unité hydrogéologique présente une alternance de niveaux aquifères (grès) et de niveaux aquicludes (schistes). Les horizons gréseux, fracturés et altérés, peuvent présenter, très localement, des caractéristiques hydrogéologiques intéressantes.

⁸ Le terme générique 'Cambro-Silurien' est utilisé même si, dans le cas de cette carte, les Formations du Cambrien et de l'Ordovicien sont absentes.

IV.1.2.3 Aquitard de l'Eifelien

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

IV.1.2.4 Aquifère des calcaires du Givetien et du Frasnien

Les formations carbonatées du Dévonien présentent des potentialités aquifères intéressantes, avec une conductivité hydraulique et une porosité de fissures élevées, liées à la fracturation intense et à la karstification. Les aquifères des calcaires du Frasnien et du Givetien sont séparées par un mince aquitard (ou aquiclude). Ce niveau moins perméable n'a pu être cartographié vu sa faible épaisseur (2-3 m). Cet horizon continu peut néanmoins être recoupé par des failles, permettant ainsi des connexions entre les deux systèmes aquifères calcaires du Dévonien.

Comme mentionné dans le [chapitre III.2](#), les descriptions concernant le Givetien et le Frasnien sont obsolètes en regard des nouvelles investigations menées (Mottequin & Marion, sous presse). Contrairement à ce qu'annonce la carte de 1898, des calcaires massifs frasniens sont bien reconnus dans la vallée du Hoyoux et les formations givetiennes sont bien moins importantes que figurées sur ce fond géologique ancien. De ce fait, telles que présentés sur la carte hydrogéologique, l'aquifère des calcaires du Givetien est très surestimé et celui des calcaires du Frasnien largement sous-estimé.

En utilisant les désignations de la nouvelle nomenclature, l'aquifère des calcaires du Givetien est donc composé des Formations de Névremont et de Roux. L'aquifère des calcaires du Frasnien est représenté par les Formations de Lustin et d'Aisemont. La circulation des eaux souterraines peut être localement réduite en présence de passées plus schisteuses de cette dernière formation (définie davantage en tant qu'aquitard). Le niveau intercalaire schisteux entre ces deux unités hydrogéologiques est la Formation de Presles.

IV.1.2.5 Aquicludes du Frasnien et du Famennien

Tel que défini sur la carte de 1898, le Frasnien comporte deux assises schisteuses: Frm et Frd. En termes d'unité hydrogéologique, elles sont définies en tant qu'aquiclude. Il faut noter que Frd n'est pas dissocié, cartographiquement, de l'assise calcaire Frc et constitue donc un horizon aquiclude au sein de l'aquifère des calcaires du Frasnien. Les niveaux peu perméables formés par l'aquiclude Frm vont jouer le rôle de seuil hydrogéologique et compartimenter les aquifères calcaires du Dévonien, mais aussi marquer une barrière entre les unités hydrogéologiques du Frasnien et du Famennien.

L'Assise de Mariembourg (Fa1b, Famennien) est dominée par des schistes et contient par endroit des grès micacés. Cette lithologie justifie donc l'appellation d'aquiclude. Cette unité hydrogéologique sépare les aquifères calcaires du Dévonien (Frasnien) de l'aquifère gréseux du Famennien.

IV.1.2.6 Aquitard du Famennien

Les Assises d'Esneux et de Souverain-Pré constituent un niveau aquitard. Ces formations alternant les grès et grès micacés avec des horizons schisteux et schisto-gréseux peuvent présenter des potentialités intéressantes mais locales, lorsque le degré d'altération et de fissuration le permet. Cependant, l'Assise de Souverain-Pré, étant cartographiée avec l'ensemble du Famennien supérieur, est associée sur cette carte à l'aquifère des grès du Famennien.

IV.1.2.7 Aquifère des grès du Famennien

Les assises du Famennien supérieur (Fa2), formées principalement de grès micacés et de grès quartzitiques, peuvent contenir un aquifère relativement important. La porosité des grès assure une capacité importante à cette nappe, mais son exploitabilité dépend fortement de la perméabilité influencée essentiellement par la fracturation. Elle est qualifiée de «nappe de fissures» dans les grès fracturés. Dans la frange sous-jacente à la pénéplanation post-paléozoïque, l'altération des grès en sable génère une porosité d'interstices conférant à l'aquifère un potentiel accru et un pouvoir de filtration efficace assurant une eau de bonne qualité.

Les Assises de Comblain-au-Pont et d'Evieux sont caractérisées par des épisodes carbonatés et par quelques intercalations de shales et siltites. Les grès carbonatés vont influencer sur la minéralisation des eaux issues de cette nappe (augmentation de la conductivité électrique et de la dureté, pH plus basique). Les horizons plus schisteux, moins perméables, vont localement isoler l'aquifère des grès du Famennien de l'aquifère calcaire du Tournaisien.

L'Assise de Souverain-Pré (Fa2a) a davantage les caractéristiques d'un aquitard. En effet, à côté des autres terrains du Famennien supérieur, cette assise présente des potentialités aquifères moindres (conductivité hydraulique moins élevée). Cependant, étant donné le regroupement cartographique avec l'ensemble du Famennien supérieur, cette assise est incluse dans l'aquifère des grès du Famennien.

L'aquifère des grès du Famennien, souvent en position topographique haute, alimente les nappes calcaires du Carbonifère situées en contrebas, via les écoulements de surface, le manteau d'altération, les zones de fracturation transversale aux couches. Une ligne de sources marque souvent le contact entre ces deux unités hydrogéologiques aux perméabilités différentes.

IV.1.3 Unités hydrogéologiques du Carbonifère

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

Vu l'hétérogénéité des formations présentes au Tournaisien inférieur (Assise d'Hastière) et leur regroupement cartographique, une unité hydrogéologique globale a dû être définie: "Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien" (Aquifère indifférencié d'Hastière).

La carte au 1/40.000 scinde le Tournaisien inférieur en trois:

- T1a peut être considéré comme aquifère, voire aquitard selon l'importance des niveaux schisteux intercalés. Cette sous-assise est intercalée entre les couches schisto-gréseuses du Famennien supérieur et les schistes de T1b (que l'on peut associer à la Formation de Pont d'Arcole). L'extension de ce niveau aquifère est limitée en raison de sa faible épaisseur et de la présence d'un toit peu perméable.
- T1b, composé de schistes, constitue un seuil hydrogéologique au sein de l'aquifère des calcaires carbonifères (pris dans sa globalité). Cet aquiclude forme un niveau peu perméable isolant l'aquifère sis dans T1a des autres unités hydrogéologiques calcaires du Carbonifère.
- T1c (calcaires de Landelies) à dominante carbonatée, est aquifère. Hydrogéologiquement, il forme un continuum avec l'aquifère logée dans les terrains du Tournaisien supérieur et du Viséen. Cependant, puisque cartographiquement il est regroupé dans l'Assise d'Hastière, le T1c est intégré, comme T1a et T1b, à l'unité hydrogéologique dénommée 'Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien'.

IV.1.3.2 Aquifère des calcaires du Carbonifère

Les calcaires du Tournaisien et du Viséen (de l'Assise d'Ecaussines et Wauslort à celle de Visé) forment un aquifère de fissures, pouvant être localement karstifié, comme en témoignent les phénomènes karstiques observés dans la région. Les calcaires viséens, globalement plus purs que les calcaires tournaisiens, sont souvent plus karstifiés. En raison du regroupement cartographique des terrains du Tournaisien inférieur en une seule assise, l'unité hydrogéologique 'Aquifère des calcaires du Carbonifère' sensu stricto ne comprend, sur la carte étudiée, que les assises du Tournaisien supérieur et du Viséen.

La nappe des calcaires carbonifères est souvent sur-alimentée par le débordement de la nappe des grès du Famennien. Les eaux des grès du Famennien décalcifiés, sont agressives vis-à-vis

des calcaires générant des poches de dissolution dans les zones de débordement préférentiel de la nappe des grès, généralement associées aux axes de fissuration transverse.

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

- par infiltration diffuse et retardée des eaux météoriques à travers la couverture de limons;
- par infiltration concentrée via les nombreuses pertes. L'eau de ces pertes a pour origine, d'une part les sources de débordement de la nappe des grès du Famennien au contact avec les schistes de la base du Tournaisien, d'autre part le ruissellement sur les terrains schisto-gréseux du Famennien (Meus, 1993).

Dans le Synclinorium de Namur (partie NW de la carte), l'alimentation de l'aquifère des calcaires du Carbonifère peut également provenir des eaux logées dans les terrains du Houiller. Ces eaux présentent aussi un caractère agressif (pH acide).

Les nappes logées dans les calcaires du Carbonifère sont libres. Cependant, sous les dépôts du Houiller, elles peuvent être localement et/ou temporairement captives.

IV.1.3.3 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 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. Aucune indication à ce sujet n'est disponible pour les terrains du Houiller situés sur la carte Huy-Nandrin.

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.

Monjoie et Polo-Chiapolini ont distingué trois "zones" (1973):

- zones non exploitées en terrains schisteux ou gréseux compacts : la perméabilité est faible ou nulle : 0 à 10 unités Lugeon (0 à 2×10^{-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 à 4×10^{-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 à 10×10^{-6} m/s), principalement dans les plis et les murs de couches de charbon.

IV.1.4 Unités hydrogéologiques du Cénozoïque

IV.1.4.1 Aquifère des sables de remplissage

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

IV.1.4.2 Aquitard limoneux

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

IV.1.4.3 Aquifère alluvial

Les alluvions de la Meuse 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 des interactions variables entre la nappe et la rivière.

Comme mentionné précédemment ([chapitre III.2.1.2.3](#)), l'hétérogénéité des alluvions de la Meuse, selon que l'on se trouve au droit d'anciens îlots de graviers, d'anciens bras remblayés ou de chenaux fluviaux, induit des caractéristiques hydrogéologiques très variables. La conductivité hydraulique des graviers et sables de la nappe alluviale de la Meuse est de l'ordre de 2 à 4×10^{-3} m/s, avec des axes de drainage où K vaut 9 à 10×10^{-3} m/s et des secteurs peu perméables (plus limoneux) où elle tombe à $0,4 \times 10^{-3}$ m/s (Calembert et al., 1974).

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

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

IV.2 DESCRIPTION DE L'HYDROGEOLOGIE REGIONALE

Toutes les unités hydrogéologiques de la carte Huy-Nandrin ne sont pas connues avec le même degré de détails. Certaines unités hydrogéologiques ne seront d'ailleurs pas développées dans ce chapitre. La nappe logée dans les alluvions de la Meuse constitue un important réservoir en eau souterraine ainsi que les calcaires du Carbonifère et les grès du Famennien. Les autres unités hydrogéologiques présentent des potentialités aquifères intéressantes à l'échelle locale. Quelques phénomènes karstiques sont observés dans les formations calcaires. Ils seront détaillés dans ce chapitre.

Au sein des roches cohérentes, le degré de fissuration et d'altération influence fortement les perméabilités. L'altération et la fracturation des roches induisent des changements de propriétés différents selon la lithologie. Trois cas typiques se présentent.

- Les roches sont des carbonates: l'altération entraîne une dissolution de la roche et un agrandissement du réseau de fractures existant. La perméabilité est augmentée.
- Les roches sont des grès ou quartzites: l'altération donne du sable, ce dernier présente une plus grande porosité efficace et la perméabilité est augmentée. Les fractures peuvent agir comme des drains.
- Les roches sont des shales/schistes: l'altération donne une argile qui colmate le réseau de fractures. La perméabilité est diminuée. Les fractures peuvent agir comme des écrans peu perméables.

Une carte simplifiée et un tableau, présentés en annexe, reprennent l'ensemble des puits, des piézomètres, des sources et autres points d'accès à la nappe cités dans le texte.

IV.2.1 Aquifère alluvial de la Meuse

La nappe alluviale de la Meuse, sur la carte de Huy-Nandrin, est exploitée principalement d'une part à Amay par la SWDE pour la distribution publique d'eau potable et, d'autre part, à Tihange par Electrabel dans le cadre de la production d'électricité.

Le site de captage d'Amay (SWDE) comprend 10 ouvrages: 2 puits en service (P1 & P2), 2 puits à l'arrêt (réserve, P3 & P4), 2 puits de reconnaissance (PR) et 4 piézomètres (PZ) (figure IV.1). La profondeur des ouvrages est de l'ordre de 10 m (sauf P3 et P4: 15 m). Tous atteignent le socle paléozoïque (sur quelques décimètres) et sont crépinés dans les alluvions et graviers (puits complets). L'épaisseur des alluvions varie de 5 à 8,5 m, localement surmontées de 2 à 3 m de limons.

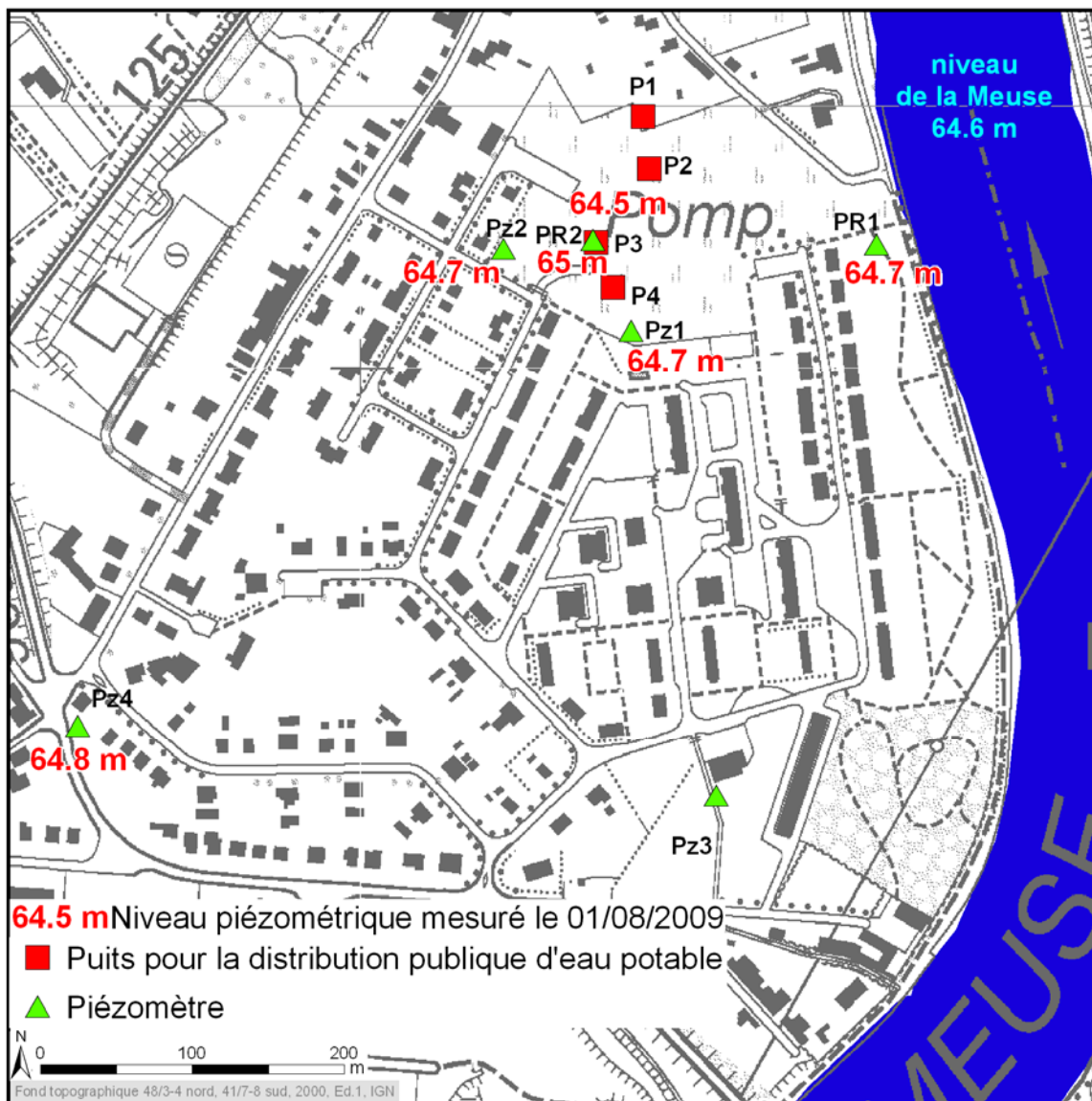


Figure IV.1: Site de captage de la SWDE à Amay – Situation piézométrique du 1^{er} août 2009

L'alimentation de cette nappe provient de deux sources principales: l'impluvium direct et l'apport des versants. L'aménagement des berges de la Meuse suite à la construction de l'écluse de Neuville-sous-Huy a considérablement modifié la zone d'alimentation du captage, les berges perturbant les échanges d'eau entre la nappe et le fleuve. Il semblerait que l'écoulement de la nappe dans la zone du captage s'effectuerait depuis les versants vers la Meuse (SWDE, 1984; Peters, 1996). Cependant, les niveaux piézométriques (figures IV.1 & IV.2), relativement proches, ne permettent pas de lever cette ambiguïté. En outre, il est constaté une diminution continue de la minéralisation, de la dureté totale et du chlore lorsque l'on passe progressivement du versant vers la Meuse (Haddouchi, 1987).

Les niveaux d'eau sont suivis régulièrement par la SWDE depuis 1989. Quelques-uns sont présentés sur la figure IV.2. Le niveau d'eau de la nappe varie peu. La cote piézométrique moyenne se situe entre 64,3 et 65,1 m. L'altitude moyenne du plan d'eau de la Meuse est située aux environs de la cote de 64,6 m⁹, niveau relativement constant dans le temps (hors des périodes de crue). L'amplitude des fluctuations piézométriques est relativement faible, de l'ordre de quelques décimètres (sauf pour PR1 où l'écart maximum absolu peut atteindre 2,9 m). Sur ces courbes, on observe en général que les périodes des basses eaux se situent en été-début de l'automne et les périodes de hautes eaux vers la fin de l'hiver-début du printemps.

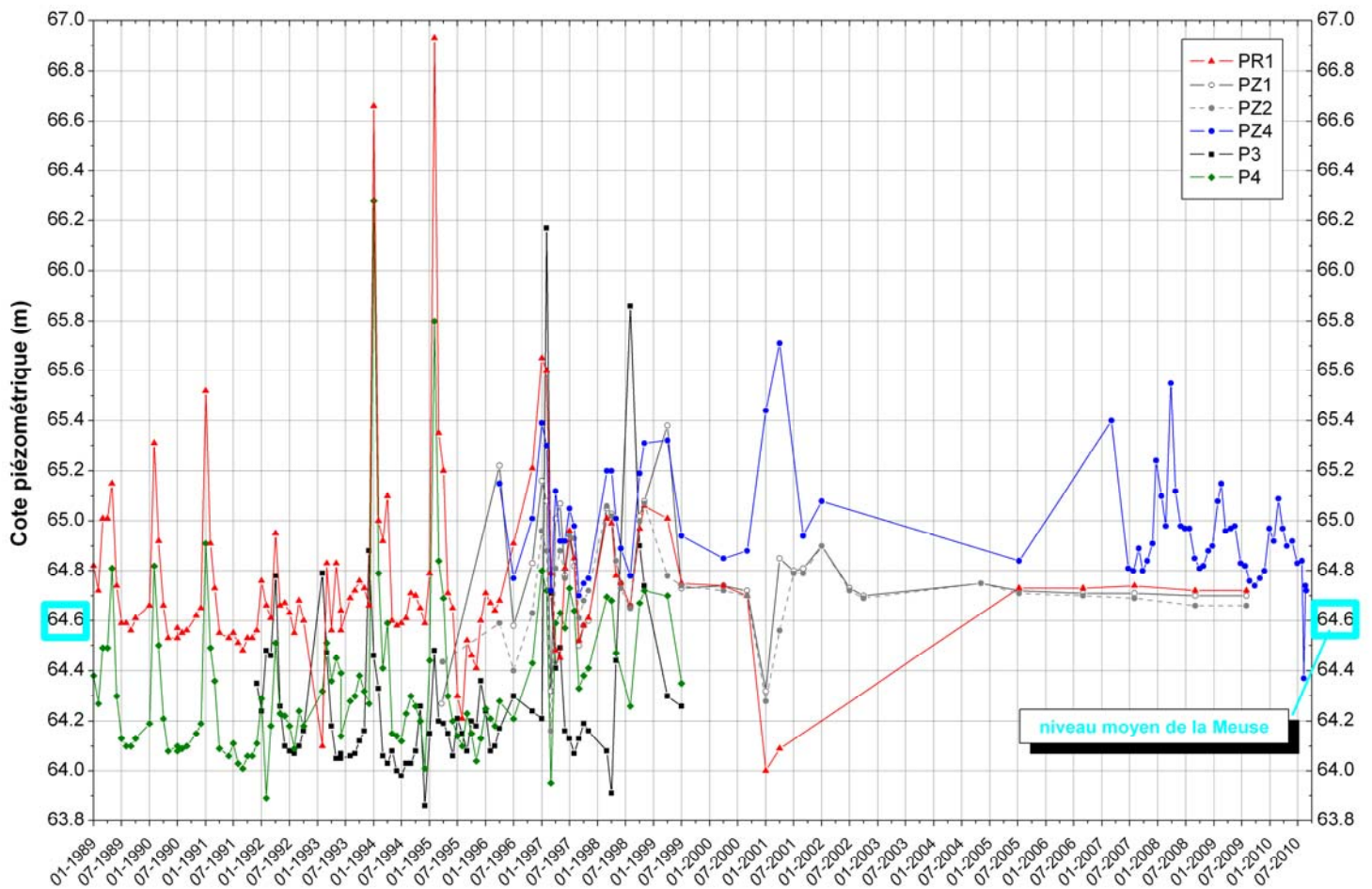


Figure IV.2: Fluctuations piézométriques de la nappe alluviale de la Meuse. Site SWDE à Amay

⁹ Le SETHY (SPW) a une station limnimétrique à Neuville (Neuville-Bief Aval)(X:216632 m, Y:136114 m, Zref:63,01 m). Cette station se situe environ 2500 m en amont du site de captage de la SWDE. En aval, la station la plus proche est celle d'Ivoz-Ramet, distante d'environ 10 km du site.

Dans le cadre de la construction de la centrale nucléaire à Tihange, le site a fait l'objet d'investigations poussées, entre autres dans le domaine de l'hydrogéologie (Monjoie, 1969). L'eau est une ressource majeure pour la centrale électrique; elle y est employée selon trois circuits distincts (Electrabel, 2003):

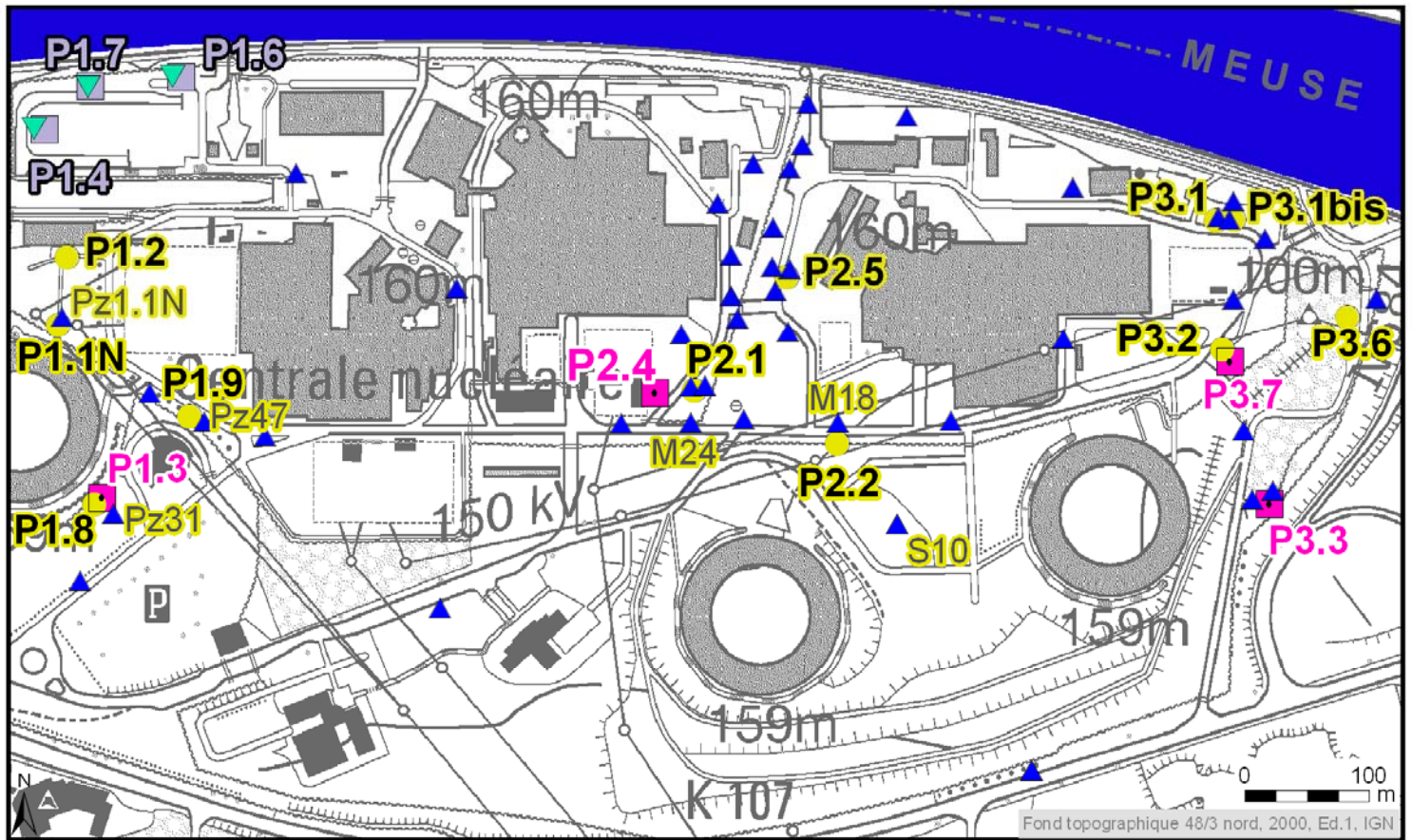
- le circuit primaire récupère la chaleur dégagée par la fission de l'uranium;
- le circuit secondaire, indépendant du premier, reçoit cette chaleur et produit la vapeur d'eau nécessaire pour faire tourner la turbine;
- le circuit tertiaire utilise de l'eau froide pour condenser à nouveau la vapeur du circuit secondaire. Cette eau est refroidie, ensuite, dans les tours de réfrigération par des courants d'air frais ascensionnels.

Ces trois circuits opèrent des échanges thermiques entre eux tout en restant indépendants, ce qui évite toute dispersion de substance radioactive à l'extérieur de la centrale. Les circuits primaire et secondaire utilisent de l'eau souterraine. Elle est pompée via des puits puis traitée dans une station de déminéralisation avant d'être envoyée soit vers le bâtiment du réacteur, soit vers la salle des machines. Cette eau déminéralisée est en circuit fermé avec des prélèvements réguliers et à divers endroits afin de vérifier la qualité de l'eau. Le circuit tertiaire utilise de l'eau de surface, pompée directement dans la Meuse. Après avoir été refroidie dans les tours, elle est rejetée dans le fleuve. L'autorisation de déversement délivrée à l'exploitant stipule que la valeur d'échauffement journalier doit être inférieure à 4 ou 5°C selon les conditions et que la température maximale de la Meuse en aval de la centrale ne peut dépasser 29°C. A titre indicatif, en 2002, 1,54 milliard de m³ d'eau ont été prélevés dans le fleuve et environ 63 millions ont été évaporés.

Le site de la centrale électrique de Tihange compte 68 forages (situation au 1^{er} janvier 2011)(figure IV.3). La majorité est implantée dans la nappe alluviale de la Meuse. Les puits P1.4, P1.6 et P1.7, et leur piézomètre associé, ont été forés dans l'aquifère des calcaires du Frasnien sous les dépôts alluvionnaires. A côté des puits 'Eau déminéralisée' utilisés en permanence, plusieurs puits assurent donc une fonction de sûreté. La capacité de ces puits est vérifiée périodiquement avec essais de pompages de durée différente (test mensuel, annuel et décennal). Les autres forages sont utilisés comme piézomètres. Initialement réalisés pour aider à la description de contexte hydrogéologique du site lors des premières investigations, plusieurs d'entre eux servent, aujourd'hui, de piézomètres de contrôle.

A titre indicatif, les puits forés dans l'aquifère des calcaires du Frasnien seront utilisés pour alimenter la nouvelle unité de déminéralisation (mise en service prévue vers fin 2011-début 2012). Ceci permettra de réserver la nappe alluviale uniquement à la fonction d'ultime secours

(puits liés à la sûreté des installations). Les puits 'Eau déminéralisée – Nappe alluviale' seront convertis en piézomètres de surveillance (excepté P2.4 qui sera conservé en tant que puits de réserve).



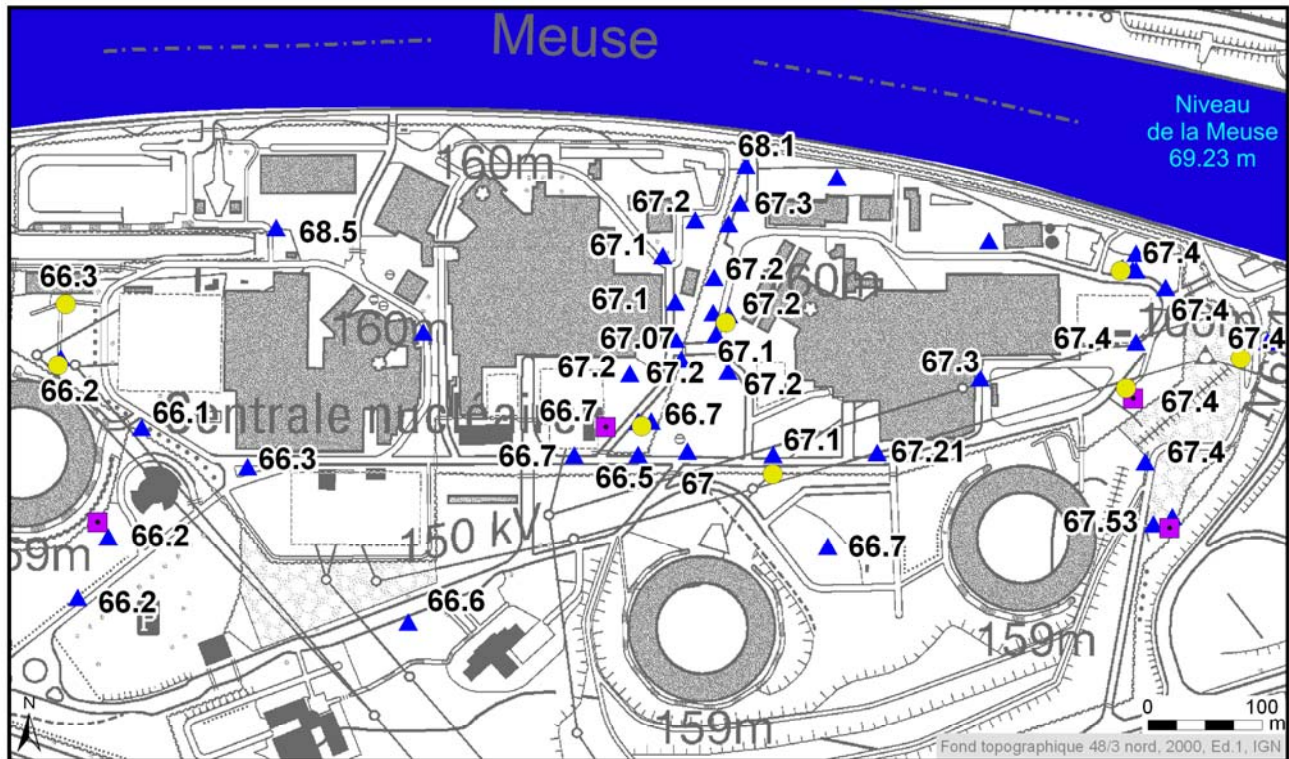
- Puits 'Eau Déminéralisée' (Aquifère alluvial)
- Puits 'Eau Déminéralisée' (Aquifère des calcaires du Fasnien)
- Puits de sûreté (Aquifère alluvial)
- Piézomètre (Aquifère des calcaires du Fasnien)
- Piézomètre (Aquifère alluvial)

Etat des lieux: 01/2011

Figure IV.3: Puits et piézomètres du site de la centrale nucléaire de Tihange (Electrabel)

Tracer les isopièzes s'avère assez délicat, étant donné le caractère complexe de l'aquifère sous le site de la centrale. En effet, la présence de nombreux bâtiments dont les fondations descendent jusqu'au socle paléozoïque et de murs emboués délimitant les différentes unités de la centrale perturbe l'écoulement naturel des eaux souterraines. Pour permettre une meilleure circulation des eaux souterraines, des ouvertures ont été pratiquées dans certains murs emboués. D'une manière générale, la nappe alluviale présente une surface piézométrique sensiblement horizontale avec une légère remontée en bordure de Meuse. On observe néanmoins un léger gradient inverse, de l'aval vers l'amont. Il est peut-être dû à des pompages importants en amont du site (hypothèse non validée), combiné au compartimentage de l'aquifère par les ouvrages de génie civil. Ainsi, les niveaux piézométriques mesurés seraient relativement indépendants d'une unité à l'autre, les murs emboués formant des barrières hydrauliques dans le sous-sol. Des essais de pompage menés sur le site semblent confirmer ces observations (Tractebel Development Engineering, 2003). Sur les figures IV.4 et IV.5 sont présentées les situations piézométriques, respectivement, de février 2005 et janvier 2009. L'altitude moyenne du plan d'eau de la Meuse est située aux environs de la cote de 69,24 m¹⁰, niveau relativement constant (maintenu par le barrage en aval) en dehors des périodes de crue. La surface de la nappe alluviale est donc légèrement plus basse que la Meuse. Des flux d'eau en provenance de la Meuse sont donc probables.

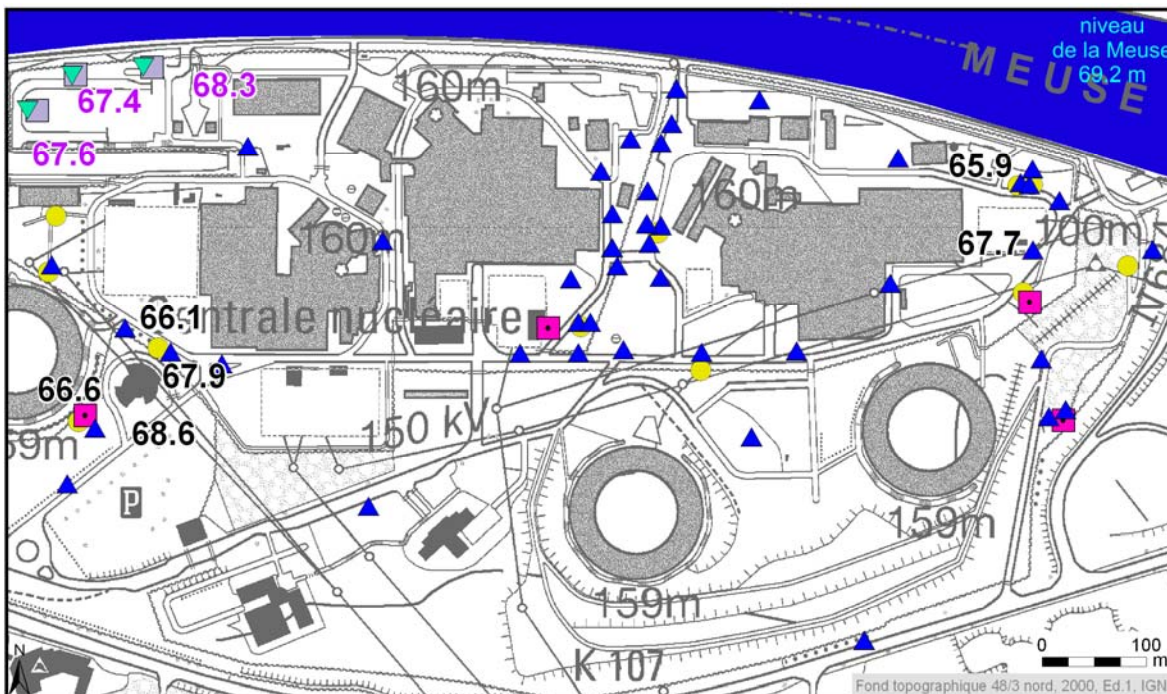
¹⁰ Le SETHY (SPW) a une station limnimétrique à Ampsin (n° 71371011, Ampsin Amont Barrage-Ecluse) (X:215208 m, Y:136490 m, Zref:67.26 m). Cette station se situe environ 500 m en aval du site de la centrale électrique de Tihange.



- Puits 'Eau Déminéralisée' (Aquifère alluvial)
- Puits de sûreté (Aquifère alluvial)
- ▲ Piézomètre (Aquifère alluvial)

Date du levé piézométrique: 07/02/2005
Unité de mesure: m

Figure IV.4: Situation piézométrique de la nappe alluviale de la Meuse, sur le site de Tihange - Février 2005



- Puits 'Eau Déminéralisée' (Aquifère des calcaires du Frasnien)
- ▼ Piézomètre (Aquifère des calcaires du Frasnien)
- Puits 'Eau Déminéralisée' (Aquifère alluvial)
- Puits de sûreté (Aquifère alluvial)
- ▲ Piézomètre (Aquifère alluvial)

Date du levé piézométrique: 21/01/2009
Unité de mesure: m

Figure IV.5: Situation piézométrique de la nappe alluviale de la Meuse, sur le site de Tihange - Janvier 2009

Lors de la réalisation de la carte hydrogéologique Huy-Nandrin (1^{ère} édition – 2005), Tractebel Development Engineering avait fourni les niveaux d'eau mesurés dans certains puits et piézomètres lors d'études menées sur le site de Tihange. Les relevés piézométriques se faisant de façon ponctuelle, il n'est pas possible d'établir des courbes piézométriques fiables. A titre indicatif, le graphe de la figure IV.6 représente quelques mesures prises de 1988 à 2005. La figure IV.7 présente les fluctuations piézométriques mesurées au droit de puits P1.8 et P1.9 et leur piézomètre associé, de 2008 à 2011. Ces ouvrages forés dans les graviers de Meuse (décembre 2006) sont destinés à remplacer les puits P1.1N et P1.2.

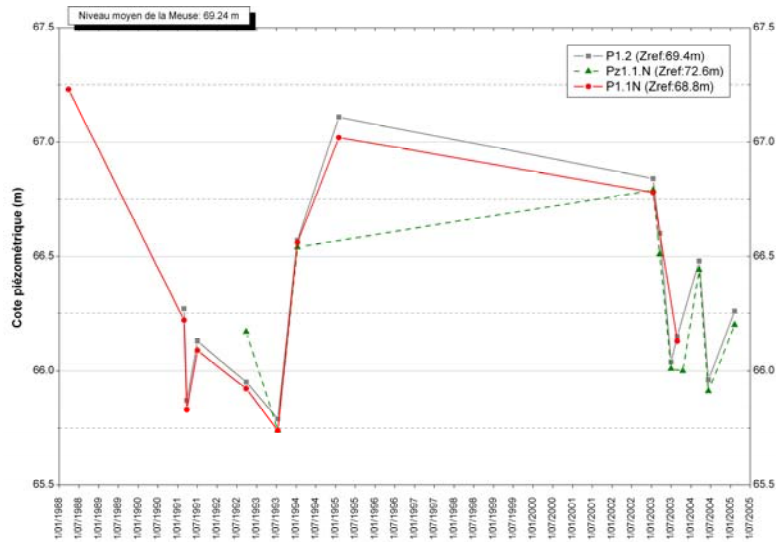


Figure IV.6: Fluctuations piézométriques de la nappe alluviale de la Meuse. Site de Tihange. Période 1988 à 2005

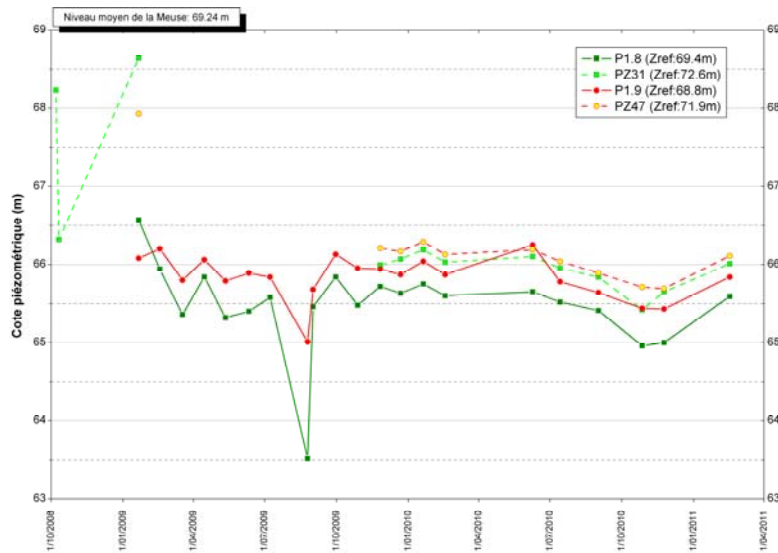


Figure IV.7: Fluctuations piézométriques de la nappe alluviale de la Meuse. Site de Tihange. Période 2008 à 2011

IV.2.2 Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien

Sur la carte Huy-Nandrin, les calcaires du Carbonifère (Dinantien) sont davantage présents que les calcaires du Dévonien (Frasnien et Givetien). Ces derniers ne sont dès lors que brièvement abordés et concernent essentiellement le Synclinorium de Namur.

Les synclinaux calcaires du Carbonifère (et les anticlinaux gréseux du Famennien) du Synclinorium de Dinant, constituant l'une des importantes réserves en eau souterraine de la Wallonie, ont fait l'objet de plusieurs études régionales et locales. Ces aquifères calcaires sont alimentés par l'infiltration des eaux météoriques à travers les terrains de couverture mais aussi par le l'éventuel débordement diffus ou concentré des nappes gréseuses voisines vers les dépressions calcaires et le ruissellement des précipitations sur les terrains schisto-gréseux du Famennien. Ces synclinaux sont généralement drainés par les rivières qui les recourent. Une vaste étude de caractérisation hydrogéologique d'importantes masses d'eau souterraine wallonne a été entreprise par le SPW (Brouyère et al, 2009, Leroy et al, 2010). La portion du Synclinorium de Dinant localisée sur la carte Huy-Nandrin fait partie de la zone couverte par cette étude, nommée "Projet Synclin'EAU". Quelques unes des conclusions les plus pertinentes seront présentées dans ce chapitre.

Les phénomènes karstiques sont également abordés dans ce chapitre. Ils se situent essentiellement dans la vallée du Hoyoux. Il n'y a pas de grands réseaux karstiques développés sur la carte Huy-Nandrin.

Synclinorium de Namur

Les *calcaires et dolomies du Carbonifère* du bord sud du Synclinorium de Namur forment une bande épaisse d'environ 300-400 m. Ils ont été exploités en tant que ressource minérale plutôt que pour leur qualité aquifère. Cette bande est coïncée entre, au nord, les schistes et grès du Houiller et, au sud, une série schisto-gréseuse du Famennien. En rive gauche de la Meuse, les Carrières et Fours à Chaux Dumont-Wautier (groupe Lhoist) exploitaient ces calcaires à Amspin (Amay). Afin d'extraire la roche dans de bonnes conditions, le niveau d'eau dans la carrière était rabattu par un pompage d'exhaure. Ce dernier a été définitivement approuvé par arrêté ministériel en mai 2001. Néanmoins, le puits était resté en activité limitée pour alimenter la station de lavage de la carrière. Sporadiquement, des niveaux d'eau y ont été mesurés (tableau IV.1.). Depuis 2008, ce site est classé en réserve naturelle domaniale et plus aucune activité extractive n'a lieu.

L'eau pompée présentait de fortes teneurs en sulfates (± 1000 à 1500 mg/l). D'anciennes alunières ont été exploitées dans la région. Les ampélites¹¹ se trouvent à la base du Namurien, sur une épaisseur d'environ 15 m, au contact des calcaires du Viséen. Ainsi directement au nord de la carrière d'Ampsin, les schistes alunifères étaient exploités dans une mine située approximativement entre le ruisseau de Bende et le Wahairon, pour la fabrication de l'alun.

Tableau IV.1: Cotes piézométriques de la nappe des calcaires carbonifères (carrière d'Ampsin)

| Date | Cote piézométrique |
|------------|---------------------------------|
| 11/03/1995 | 75,6 m |
| 04/05/1997 | 73,8 m (Q:15m ³ /h) |
| 04/04/2000 | 75 m |
| 03/08/2000 | 76,05 m (Q:10m ³ /h) |
| 06/07/2001 | 74,4 m (Q:6m ³ /h) |
| 31/03/2004 | 74.8 m |

Sur le site de la centrale nucléaire de Tihange, six ouvrages ont été forés dans les calcaires et dolomies du Frasnien: 3 puits destinés à l'alimentation d'une unité centralisée de déminéralisation et 3 piézomètres de surveillance de la nappe (figure IV.8). Le puits P1.7 est foré dans les dolomies, tandis que les puits P1.4 et P1.6 dans les calcaires. Cependant, l'essai de pompage simultané sur les 3 ouvrages n'a produit que de faibles rabattements dans ces puits. Les niveaux dynamiques se stabilisent très vite et les deux nappes restent captives en phase de pompage simultané. D'après ces résultats, Tractebel Development Engineering estime que *le puits P1.7 est hydrauliquement isolé et que les calcaires et les dolomies constituent deux nappes séparées. La présence de dolomies sèches dans le haut du forage P1.7 noterait la présence de couches peu perméables (des roches compactes et peu fracturées) entre la série de dolomies et le série des roches calcaires* (Tractebel Development Engineering, 2007b).

¹¹ Ampélite: shale argileux noir, riche en matières organiques (charbonneuses, bitumeuses) et en pyrite. Roche utilisée jadis pour la fabrication de l'alun (sulfate double de potassium et d'aluminium hydraté)

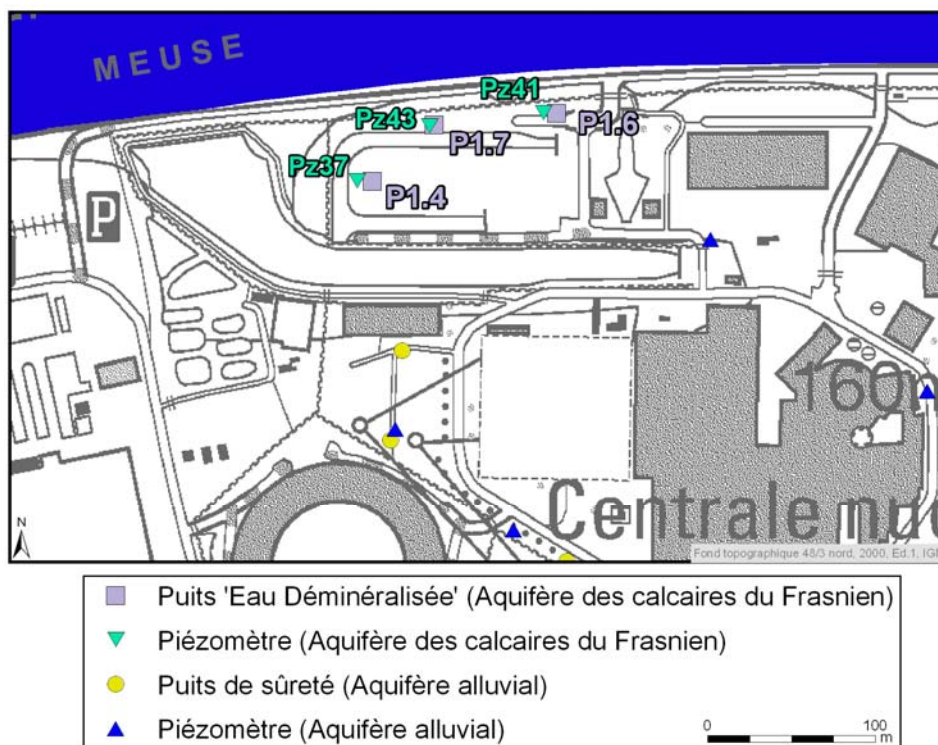


Figure IV.8: Ouvrages forés dans l'aquifère des calcaires du Frasnien – Site de Tihange (Electrabel)

Sur la figure IV.9, sont repris, à titre indicatif, quelques niveaux d'eau mesurés dans les puits implantés dans l'aquifère des calcaires du Frasnien. D'après les renseignements fournis par le titulaire des ouvrages, il s'agit généralement de relevés dynamiques (effectués avec les pompes de puits en fonctionnement).

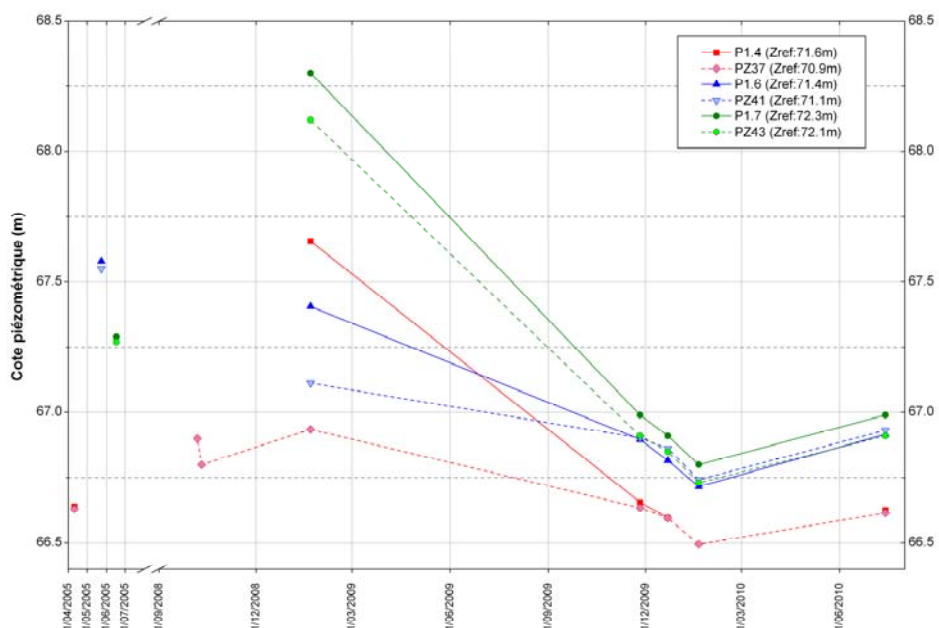


Figure IV.9: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Frasnien. Site de Tihange.

Synclinorium de Dinant

Sur la carte Huy-Nandrin, les aquifères calcaires du Synclinorium de Dinant appartiennent majoritairement au Système carbonifère. Traversant la carte d'ouest en est, une bande de calcaires dévoniens présente un certain intérêt hydrogéologique (deux systèmes aquifères séparés par un mince horizon moins perméable). Cependant, sa faible étendue ne constitue pas à l'échelle de la carte des potentialités intéressantes, en tant que ressource en eau souterraine. Quelques captages privés y sont répertoriés.

Assurément, ce sont les synclinaux calcaires dinantiens, dont le cœur est parfois constitué de schistes et grès houillers, qui représentent les potentialités aquifères du Synclinorium de Dinant sur la carte Huy-Nandrin. Les terrains du Houiller mis à part, deux unités hydrogéologiques sont cartographiées pour caractériser ce réservoir souterrain: Aquifère des calcaires du Carbonifère et Aquifère-Aquitard-Aquiclude de l'Hastarien. Ces deux unités peuvent être considérées comme un seul système aquifère marqué, à sa base, par la présence d'horizons moins perméables que sont les schistes T1b (Tournaisien inférieur – Assise d'Hastière).

Le Synclinorium de Dinant est constitué d'une succession de synclinaux calcaires du Carbonifère et d'anticlinaux gréseux du Famennien. Sur la carte Huy-Nandrin, du nord au sud, on a le schéma suivant (figure IV.10):

- le synclinal faillé de Marchin;
- le synclinal faillé de Limet;
- le synclinal de Modave-Tinlot, structure complexe présentant un double ennoyage, se compose de trois synclinaux:
 - le synclinal de Ramelot-Tinlot, à cœur houiller;
 - le synclinal de Fraiture;
 - le synclinal de Seny, situé au SE de la carte.

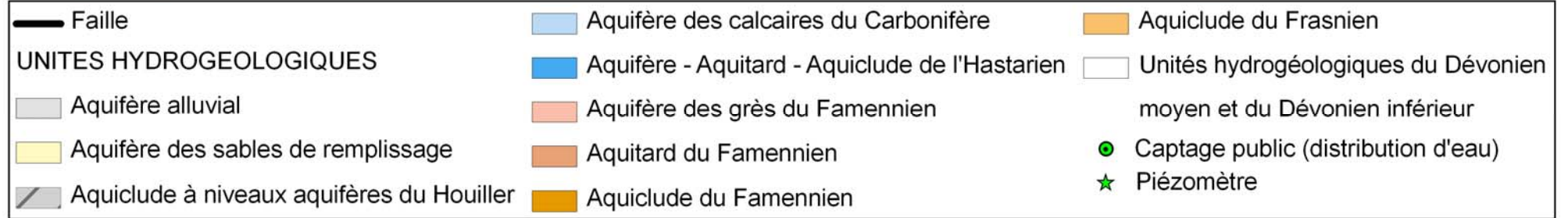
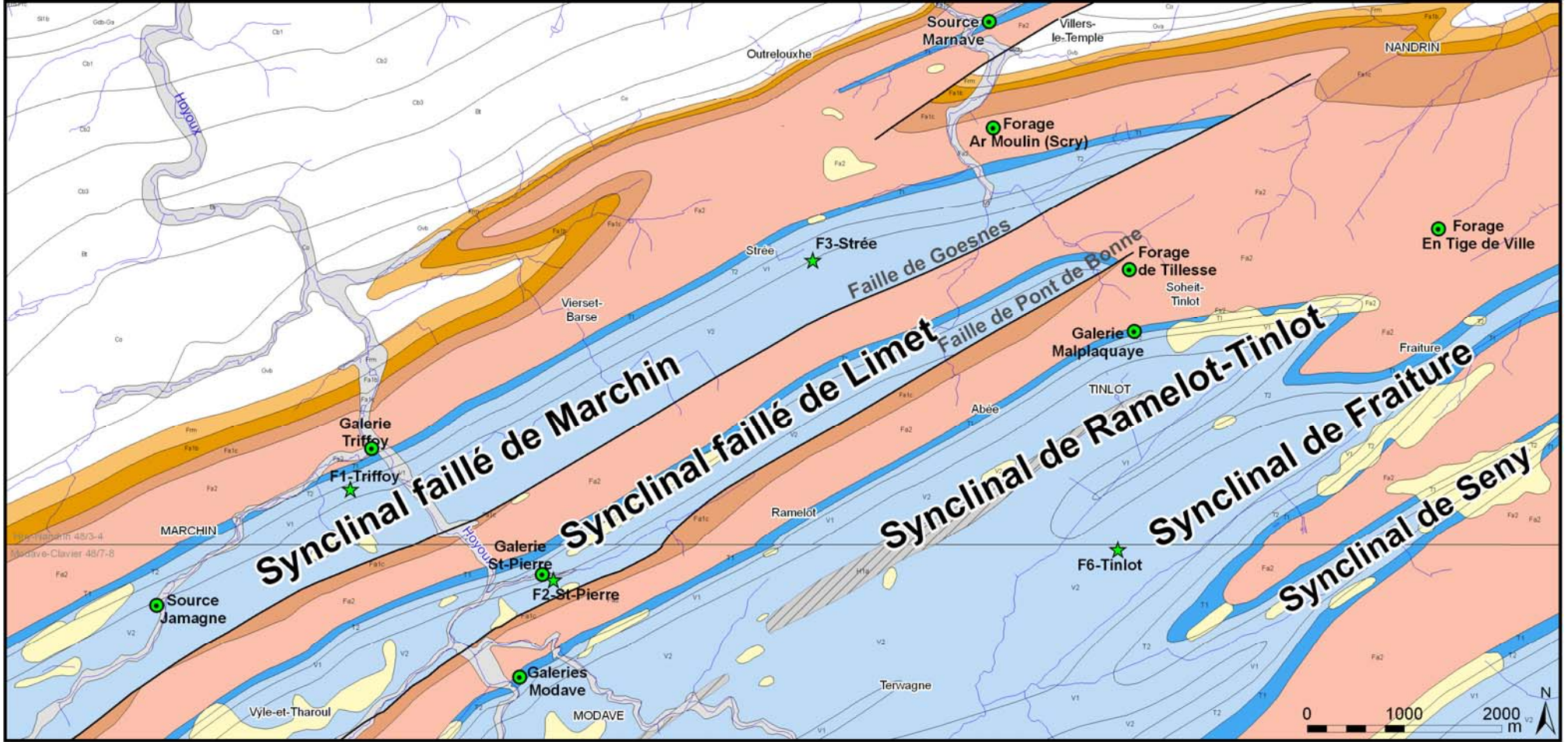


Figure IV.10: Schéma hydrogéologique des calcaires carbonifères du flanc nord du Synclinorium de Dinant – Partie méridionale de la carte Huy-Nandrin (+ nord de la carte Modave-Clavier)

Le synclinal faillé de Marchin est drainé par le Hoyoux qui s'écoule du sud vers le nord. La nappe est limitée au sud par la faille de Goesnes et au nord par les terrains calcschisteux de l'Assise d'Hastière. Ces derniers recoupent la vallée transversalement et jouent le rôle de seuil hydrogéologique. A l'est du Hoyoux, la faille de Goesnes est probablement perméable car elle met en contact les calcaires viséens (V2) et les grès fameniens (Fa2). De ce fait, elle peut éventuellement drainer les eaux souterraines des grès vers les calcaires carbonifères.

Dans la partie nord-est du synclinal, un forage a été réalisé, F3-Strée, dans le cadre du projet "Synclin'Eau" (Brouyère et al, 2009). Profond de 72 m, ce piézomètre recoupe les calcaires carbonifères dès 3 m de profondeur (GEOLYS, 2008b). Depuis 2009, le niveau d'eau est suivi mensuellement par la Direction des Eaux Souterraines (DESO-SPW)(figure IV.11). Bien que la période d'observation soit relativement courte, ce point fournit d'intéressantes indications sur le comportement de la nappe des calcaires du Carbonifère. Cet ouvrage en tant que piézomètre de surveillance, ne subit aucun prélèvement régulier et important d'eau. Les hautes eaux se situent au printemps, tandis que les basses eaux ont lieu en périodes hivernales. Outre cette cyclicité saisonnière, il est très probable que la nappe présente également une cyclicité pluriannuelle, dont la périodicité pourra être établie dans le futur (lorsque la chronique de mesures sera suffisamment longue).

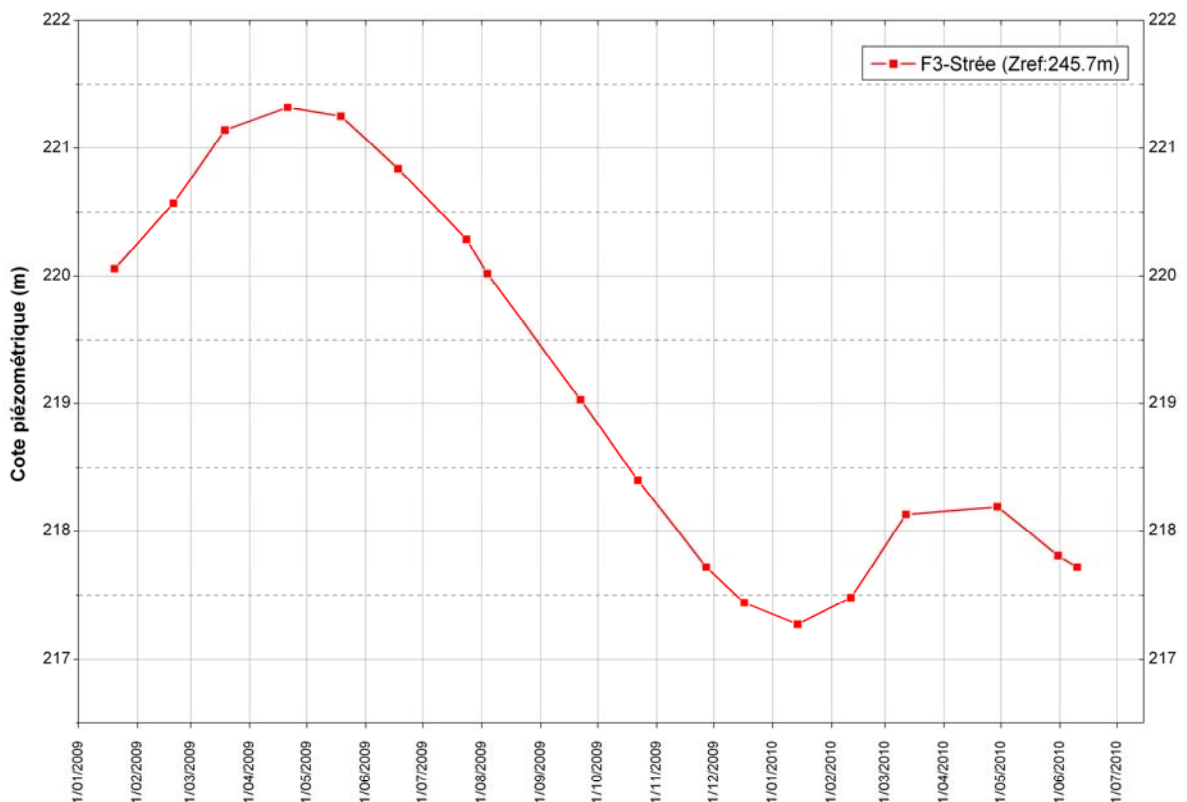


Figure IV.11: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère - Synclinal faillé de Marchin- F3-Strée

En rive droite du ruisseau de Triffoiy (drainant partiellement les calcaires du SW vers le NE), à la confluence avec le Hoyoux, une galerie a été creusée. Traversant d'abord les grès fameniens, elle s'enfonce dans les calcaires carbonifères (Laurent et Ghysel, 1981). La galerie, dont le radier est environ à la cote 147 m et longue de 135 m, draine essentiellement l'eau des calcaires. Les niveaux piézométriques mesurés dans les forages situés à proximité du captage montrent un écoulement vers le centre du synclinal ainsi qu'en direction du Hoyoux (figure IV.12). D'après les résultats d'essais de pompage, le piézomètre foré à proximité de la rivière semble nettement influencé par celle-ci (LGIH, 2004a). Le niveau d'eau mesuré au piézomètre F6, implanté dans les formations carbonatées du Tournaisien inférieur semble être décroché par rapport aux autres niveaux mesurés. Cette observation est sans doute à mettre en lien avec la nature plus argileuse de cette zone de l'aquifère. Cette hypothèse est néanmoins à valider sur base d'un jeu de données plus conséquent.

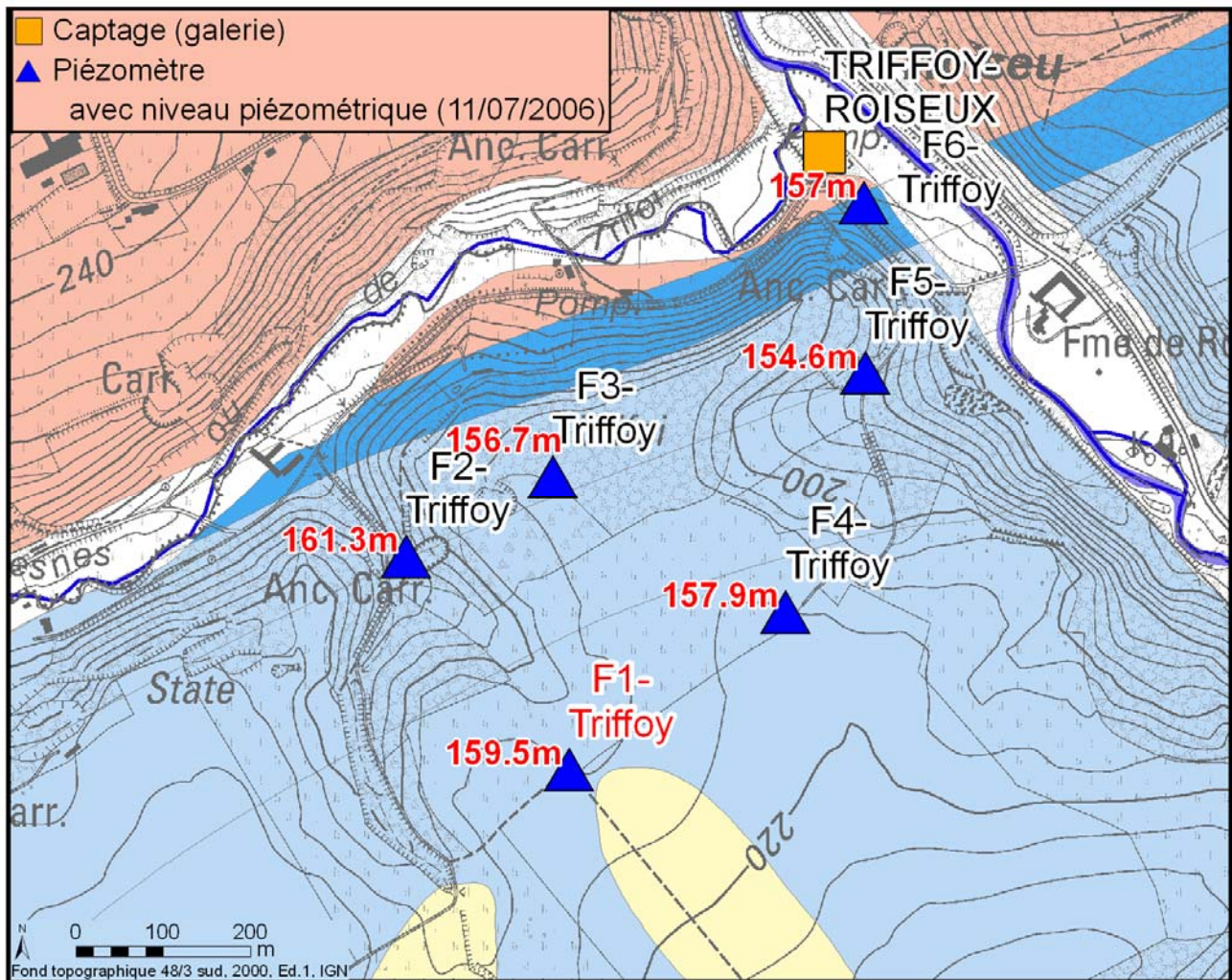


Figure IV.12: Site du captage de la CILE à Triffoiy (Marchin) - Localisation de la galerie et des piézomètres, avec niveau d'eau

La CILE mesure régulièrement le niveau d'eau dans le piézomètre F1 (figure IV.13). Sur la période de juillet 2006 à février 2011, le battement maximal observé est d'une dizaine de mètres. La période de basses eaux démarre fin de l'été et s'étend sur l'automne. Les hautes eaux commencent fin de la période hivernale. La chronique, trop courte à ce jour, ne permet pas de définir s'il existe une cyclicité pluriannuelle.

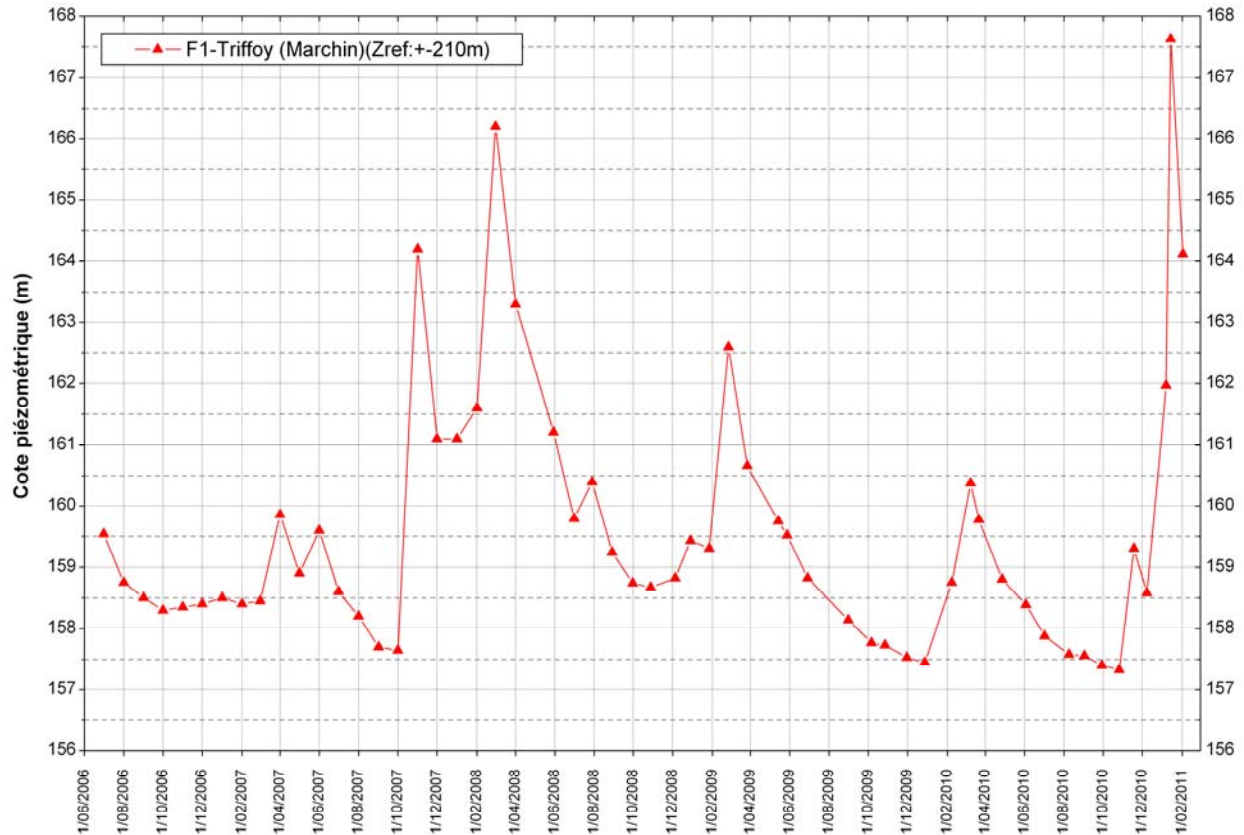


Figure IV.13: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère Synclinal faillé de Marchin- F1-Triffoy – Période 2006- 2011

Le synclinal faillé de Limet est, également, drainé par le Hoyoux. La nappe est aussi délimitée par une faille au sud, la faille de Pont-de-Bonne, et au nord par les terrains calcschisteux de l'Assise d'Hastière qui jouent le rôle de seuil hydrogéologique. Le ruisseau Saint-Pierre, affluent de rive droite du Hoyoux et dont l'essentiel du parcours est sur la carte de Modave-Clavier, occupe l'axe du synclinal et s'écoule parallèlement à la stratification (NE-SW). La faille de Pont-de-Bonne mettant en contact les calcaires viséens avec les roches schisto-gréseuses de l'Assise d'Esneux est probablement peu perméable (nature du remplissage). L'alimentation de la nappe est dès lors limitée à la zone d'affleurement des calcaires et au ruissellement sur les schistes. Cet aquifère est aussi alimenté au nord par la nappe des grès du Famennien.

En rive gauche du ruisseau St-Pierre, une galerie a été creusée dans les calcaires carbonifères (code ouvrage: 48/7/3/001). Ce site de captage est situé, au sud, sur la carte Modave-Clavier. Il est repris sur la figure IV.10. Plusieurs piézomètres ont été forés aux alentours du site, lors des études de délimitation des zones de prévention. La CILE, exploitant du captage, mesure mensuellement le niveau d'eau dans le piézomètre F2-St Pierre (code ouvrage: 48/7/3/014). La figure IV.14 présente l'évolution du niveau piézométrique au droit de ce forage, depuis 2006. Les hautes eaux ont lieu au printemps, tandis que les basses eaux se situent généralement en automne-hiver.

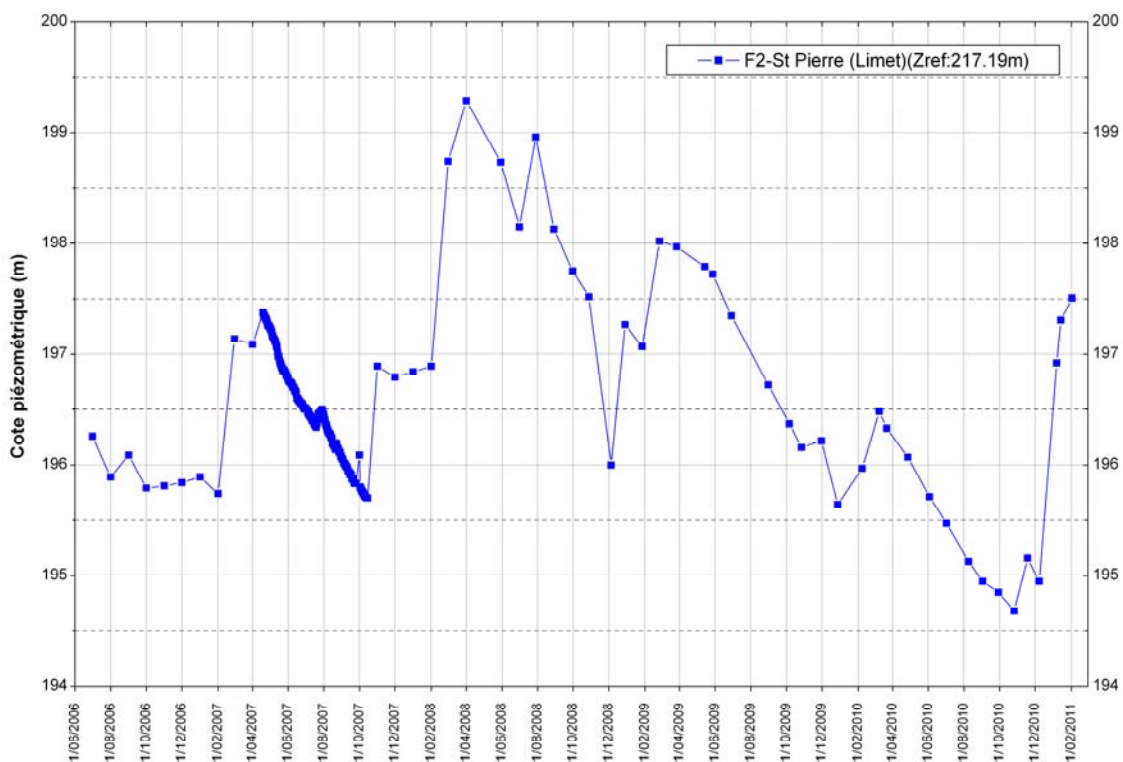


Figure IV.14: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère Synclinal faillé de Limet - F2-St-Pierre – Période 2006-2011

Le synclinal de Modave-Tinlot est drainé comme les précédents par le Hoyoux. Cet exutoire naturel des calcaires est surtout alimenté surtout de manière diffuse. Ce synclinal présente une structure complexe, structure brachysynclinale ce qui implique l'interconnexion des synclinaux calcaires (figure IV.10). Pour rappel, du nord au sud, se succèdent:

- le synclinal de Ramelot-Tinlot, à cœur houiller;
- le synclinal de Fraiture;
- le synclinal de Seny, situé au SE de la carte.

Les formations schisto-gréseuses du Houiller, présentes au cœur du synclinal de Ramelot-Tinlot, sont peu perméables et elles peuvent dès lors jouer le rôle de seuil hydrogéologique. Ces terrains vont, souvent, induire un retard temporel dans l'alimentation de la nappe sous-jacente des calcaires du Carbonifère.

Dans la partie nord-est du synclinal de Ramelot-Tinlot, se trouve le site de captage 'En Tige de Ville' de l'IDEN. Contrairement à ce qu'indique la carte géologique n°146 du SGB (Delwalque et al, 1898), ces forages recoupent bien les roches calcaires du Dinantien (Swinnen, 1989; GEOLYS, 2007b). Le puits a été foré en 1989 et les piézomètres en 2006. Ces 3 ouvrages se trouvent dans la partie amont du bassin du ruisseau de Chawtai, qui prend sa source à moins d'1 km au nord-est du captage (figure IV.15). Cette source, jaugée de juin à août 2007, présente un débit moyen de 1,6 m³/h et un débit médian de 0,27 m³/h. Sur cette période, on compte deux averses estivales très importantes (provoquant une surévaluation du débit moyen de la source)(GEOLYS, 2007b). En 1989, le niveau statique au puits s'équilibrait environ 7 m sous la surface topographique, soit une cote piézométrique de ≈ 253 m. En 2007, le niveau d'eau se situe une quinzaine de mètres plus bas. Il ne s'agit pas du niveau statique stabilisé (l'arrêt du pompage d'une durée suffisamment longue permettant d'observer une remontée complète du niveau d'eau n'est pas réalisable pour des questions de continuité de production). Les niveaux d'eau mesurés à la même époque indiquent un gradient très faible dirigé vers le sud-ouest (figure IV.15). Cette situation piézométrique peut engendrer une alimentation de la nappe par le ruisseau (GEOLYS, 2007b). Un suivi des niveaux d'eau et de la source sur, au moins, une année hydrologique complète permettrait de mieux définir le comportement de la nappe aquifère en ce lieu.

Dans ce synclinal, au nord de Tinlot, la CILE exploite une galerie drainante, site de Maplaquaye (figure IV.10). Cet ouvrage capte les eaux logées dans l'unité hydrogéologique de l'Hastarien. Nous ne disposons pas de données plus détaillées sur cette prise d'eau.

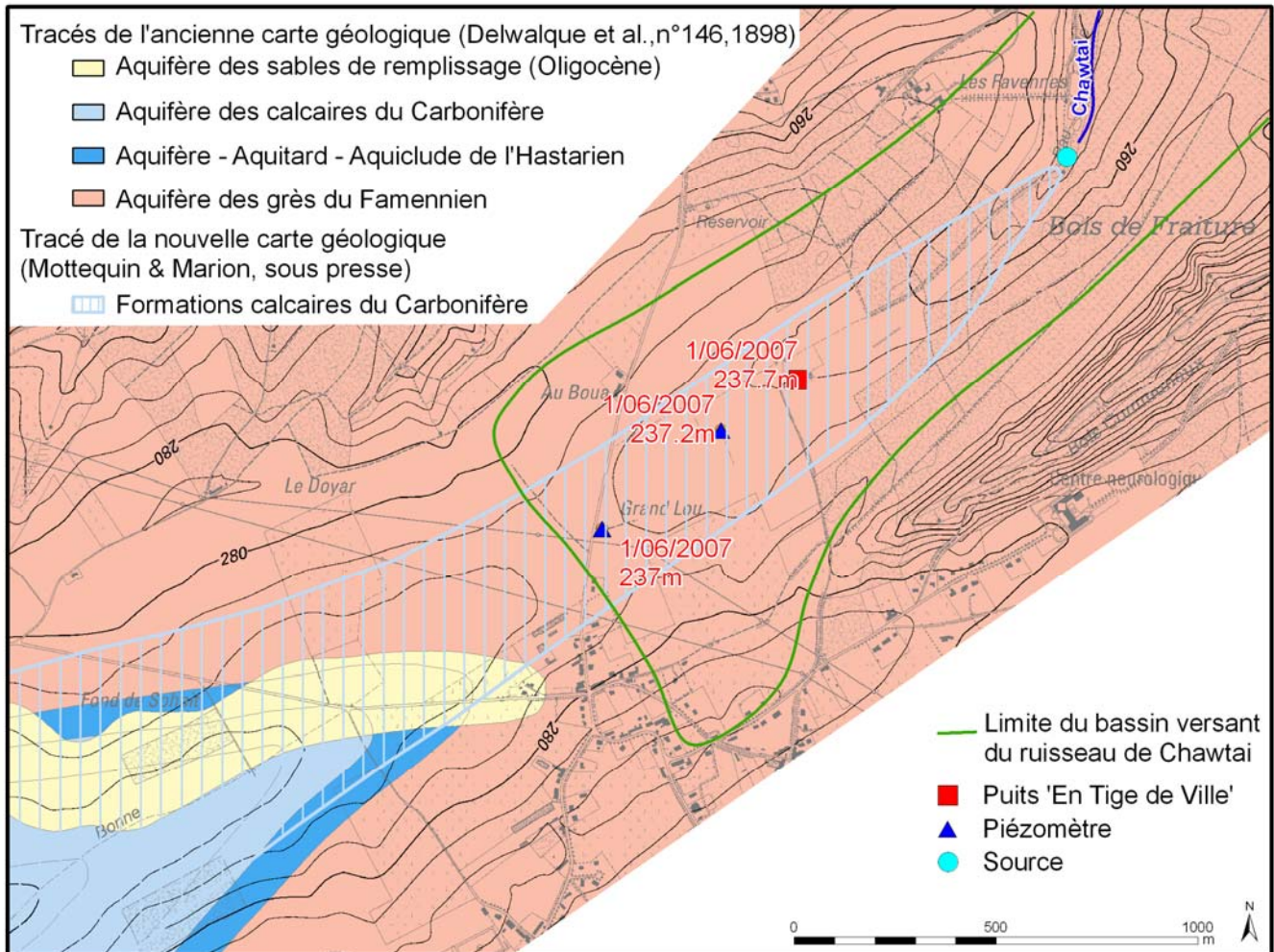


Figure IV.15: Site 'En Tige de Ville' (IDEN) - Aquifère des calcaires du Carbonifère - Synclinal de Ramelot-Tinlot

Directement au sud de la carte Huy-Nandrin, dans le synclinal de Fraiture, se trouve le piézomètre F6-Tinlot (projet "Synclin'eau", Brouyère et al, 2009). Ce puits (48/8/2/002) est situé sur la carte Modave-Clavier (figure IV.10). Ce forage, de 75 m de profondeur, recoupe les calcaires carbonifères après avoir traversé 15 m de limon (GEOLYS, 2008b). Depuis 2009, le niveau d'eau y est mesuré mensuellement par la Direction des Eaux Souterraines (DESO-SPW) (figure IV.16). Sur cette courte chronique, on peut observer que les hautes eaux ont lieu au printemps (et au début de l'été), les basses eaux se situent en période hivernale. L'amplitude de ces variations piézométriques atteint une dizaine de mètres.

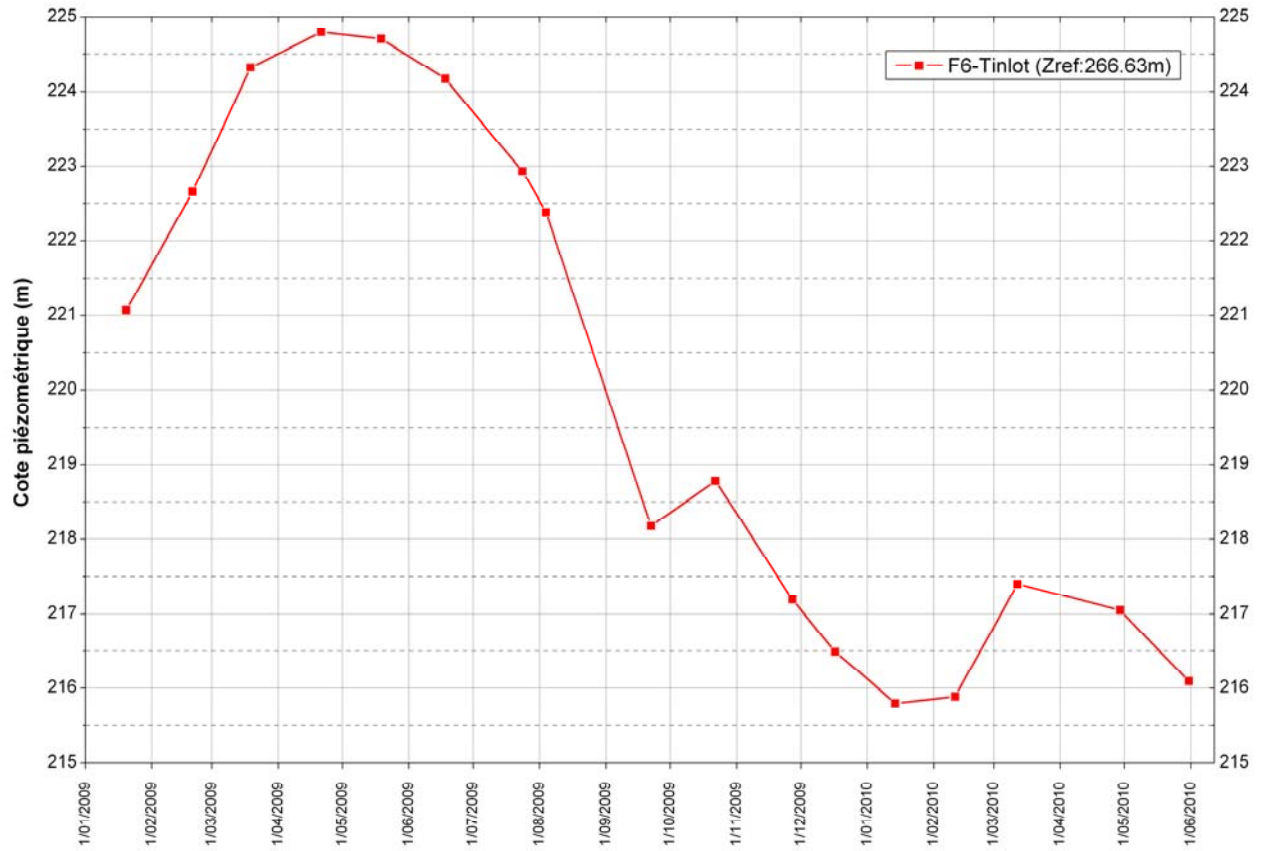


Figure IV.16: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère - Synclinal de Fraiture- F6-Tinlot

A l'ouest de Villers-le-Temple, au nord des trois synclinaux présentés ci-dessous, une étroite bande de calcaires carbonifère affleure dans le thalweg du ruisseau de Houripont. Au lieu-dit Neufmoulin, l'IDEN exploite cet aquifère via un drain (source aménagée), captage de Marnave (figures IV.10 & IV.17).

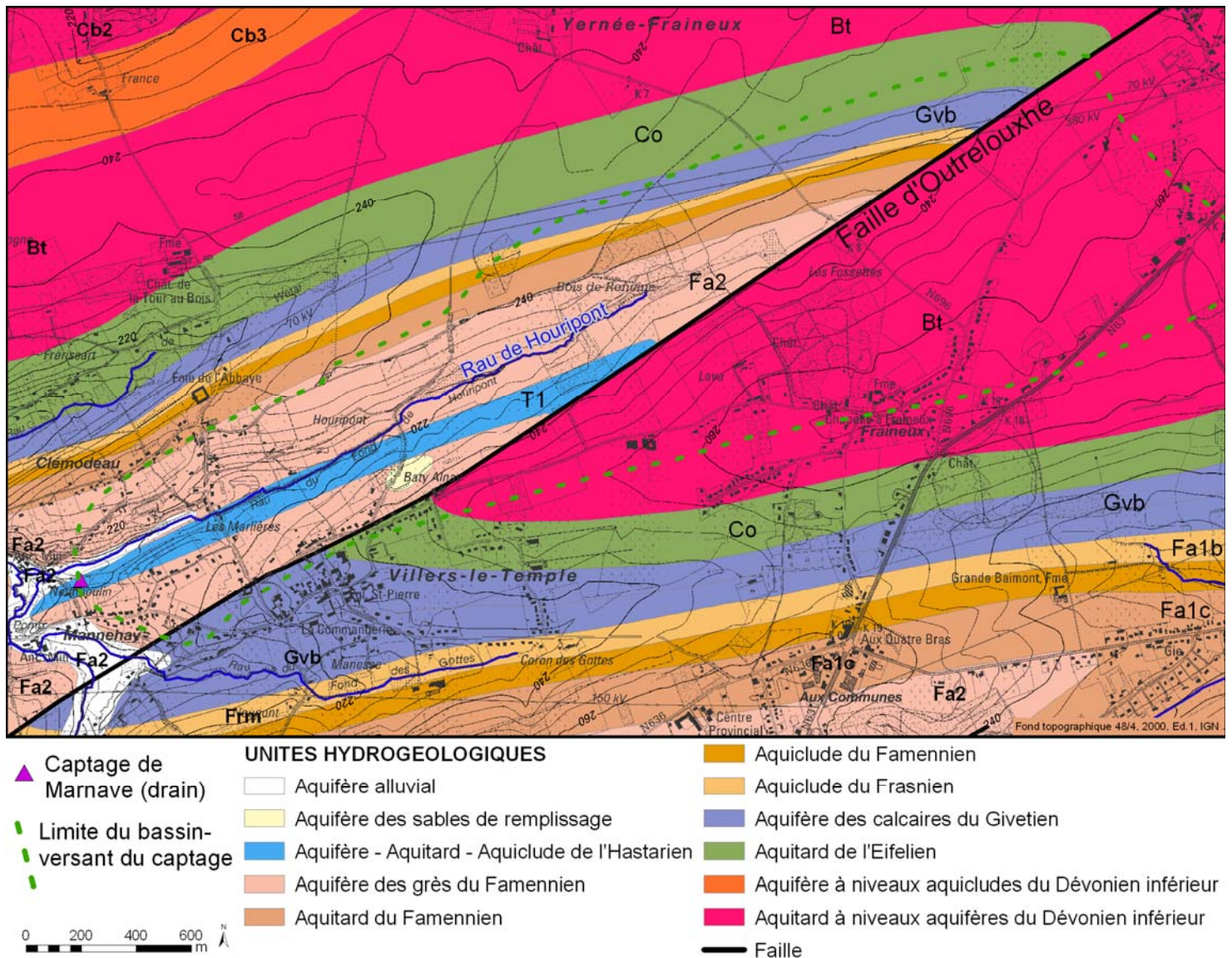


Figure IV.17: Site 'Marnave' (IDEN) - Aquifère des calcaires du Carbonifère – Outrelouxhe – Villers le Temple

Une étude hydrogéologique est en cours dans le cadre de l'établissement des zones de prévention du captage (GEOLYS, 2011). Un bilan hydrologique a été établi pour le bassin-versant du captage (superficie: 4,08 km²) pour la période du 1^{er} avril au 31 août 2009 (tableau IV.2).

Tableau IV.2: Bilan hydrologique du captage de Marnave (01/04/2009 au 31/08/2009) (GEOLYS, 2011)

| Termes du bilan | Précipitation (P) | Evapotranspiration Réelle (ETR) | Volume écoulé (Ve) ¹² | Q _{captage} | △Res | △Stock hydrique Sol | ε (erreur de fermeture) | |
|-----------------|-------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|------|---------------------|-------------------------|----|
| | | | | | | | mm | % |
| Unité: mm | 241,3 | 341 | 11 | 35 | 2 | -100 | 47 | 16 |

Le bilan hydrologique montre un apport d'eau extérieur de l'ordre de 16 % du total des eaux prises en compte dans le bilan. Cet apport est du probablement à une différence entre le bassin hydrogéologique et le bassin hydrologique. En considérant la topographie et la géologie du site, il est vraisemblable que les eaux excédentaires proviennent de l'aquifère des schistes et grès du Burnotien et de l'aquifère des grès du Famennien. Ce bilan a été élargi à l'ensemble du ruisseau de Houripont, où 4 déversoirs ont été placés. Les conclusions sont similaires. Tout le long du ruisseau, le bilan hydrique montre la présence d'eau excédentaire. Des zones d'infiltrations sont mises en évidence. L'infiltration se fait vraisemblablement via des fractures ou des phénomènes karstiques dans les calcaires du Tournaisien (GEOLYS, 2011).

¹² Dans cette étude, le volume d'eau écoulé correspond au ruissellement de surface et aux écoulements hypodermique et souterrain.

L'étude de caractérisation hydrogéologique de la masse d'eau souterraine RWM021 (Brouyère et al, 2009) a conduit à l'établissement des bilans hydrologiques des bassins-versants de cette zone. En annexe, est présenté un rappel théorique relatif au bilan hydrologique. Sur les 8 stations limnimétriques disponibles dans le bassin du Hoyoux, 3 se situent sur la carte Huy-Nandrin. Directement au sud de la carte étudiée, les stations Limet et Torrent de Bonne permettent également de caractériser le contexte hydrologique de la carte Huy-Nandrin (figure IV.18). Les stations Roiseu, Marchin et Limet sont implantées sur le Hoyoux, les stations Triffooy et Torrent de Bonne caractérisent l'écoulement des ruisseaux du même nom.

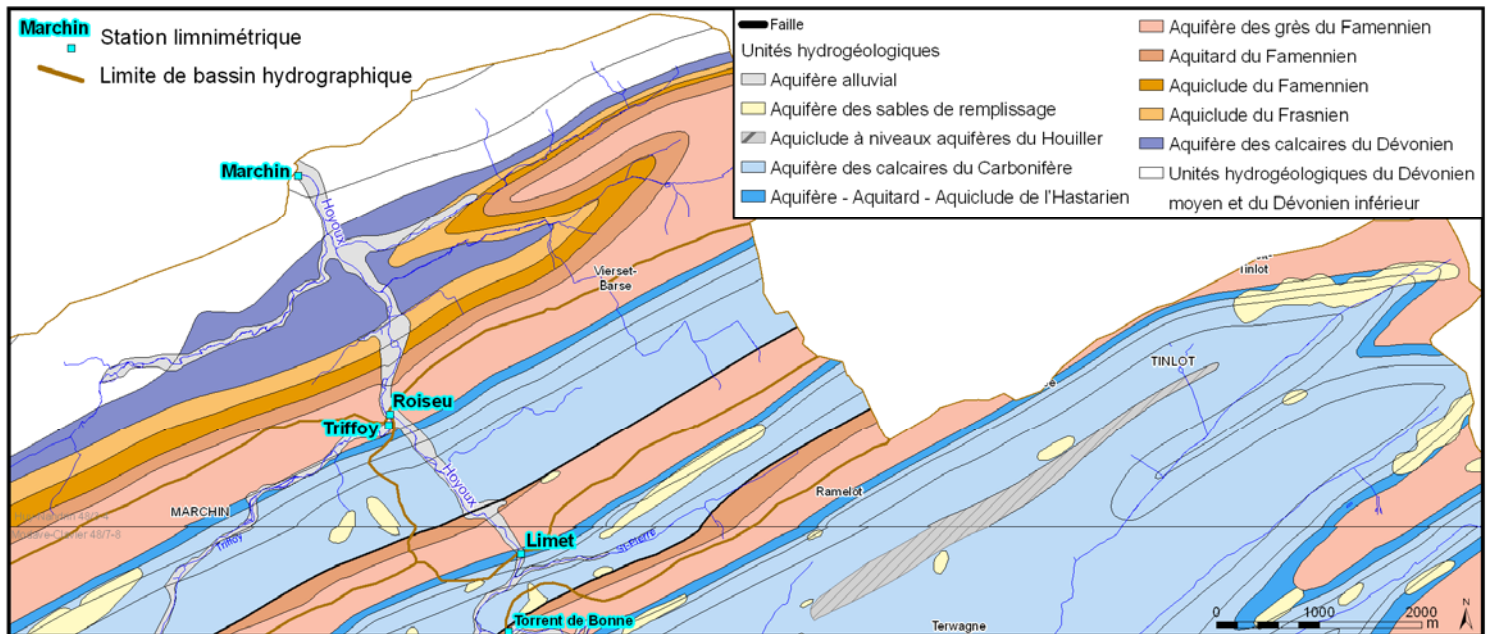


Figure IV.18: Bassin hydrographique du Hoyoux (aval) avec indication des stations limnimétriques

Les conclusions générales de l'étude des bilans hydrologiques sont reprises ci-dessous. Les précipitations annuelles sur l'ensemble de la masse d'eau RWM021 varient entre 550 et 1150 mm entre 1970 et 2008. L'évapotranspiration est le terme le plus important du bilan car elle retourne près de 60% de l'eau à l'atmosphère, laissant au bassin 40% pour le ruissellement et l'infiltration (« eau utile »). De mai à septembre, l'évapotranspiration potentielle est supérieure aux précipitations suite aux fortes températures et à la présence d'une végétation en pleine croissance. La disponibilité en « eau utile » se limite à la période automne – hiver (soit d'octobre à avril). C'est durant cette période que les nappes sont rechargées et que le ruissellement est observé. De mai à septembre, le débit des rivières (écoulement de base) est principalement assuré par la vidange des nappes lorsque ces dernières sont drainées par les cours d'eau. Notons que certains évènements tels que des orages ou des mois d'été particulièrement pluvieux peuvent générer, de manière sporadique, du ruissellement. L'écoulement total, qui comprend le ruissellement et l'écoulement de base, représente, selon la nature plus ou moins

perméable du substratum, de l'occupation du sol, de la géomorphologie, ... 15 à 30% des précipitations annuelles (Brouyère et al., 2009).

Le tableau IV.3 présente le détail des différents termes du bilan hydrologique à l'échelle pour les sous-bassins situés dans la zone de la carte Huy-Nandrin. Le terme de bouclage du bassin du Torrent de Bonne (37 %) met en évidence qu'un important flux sort du bassin via l'écoulement souterrain vers le Hoyoux. Il faut cependant noter que le débit ruisselé semble avoir été sous-estimé¹³. Le bilan du sous-bassin de Triffoy est déficitaire. Un flux d'eau souterraine quitte donc le bassin vers les bassins adjacents. Une partie s'écoule en direction du Hoyoux, une autre (sans doute plus faible) est dirigée vers le sud-ouest en direction du bassin du Samson. L'examen des bilans du bassin du Hoyoux met également en évidence un flux d'eau souterraine entre le bassin du Hoyoux et les bassins du Samson et du Bocq vers le sud-ouest (cartes Modave-Clavier et Gesves-Ohey). Ces transferts d'eau souterraine ont lieu, essentiellement, via les synclinaux calcaires de Marchin-Triffoy et de Vyle. Des flux vers le bassin du Néblon sont également supposés mais semblent très faibles. A l'échelle de l'ensemble du bassin du Hoyoux, les échanges d'eau avec les bassins adjacents sont faibles. Les termes de bouclage (ϵ) des bilans couvrant tout le bassin du Hoyoux sont de faible amplitude, compris entre 2 et 8 % (tableau IV.3).

Tableau IV.3: Bilans du bassin du Hoyoux et de 2 sous-bassins pour l'année hydrologique allant d'octobre 2006 à septembre 2007

| Station | Superficie | P | ETR | Δ Stock | Q_{riv} (Q à la station limni) | $Q_{exporté}$ | ΔR | $\epsilon_{fermeture}$ |
|---------------------|-----------------------|-----------|----------|----------------|----------------------------------|---------------|------------|------------------------|
| Torrent de Bonne | 51,3 km ² | 1046,6 mm | 594,2 mm | 47,3 mm | 12,1 mm | | | 392,9 mm |
| | | 100 % | 57 % | 4 % | 1 % | | | 37 % |
| Limet | 173 km ² | 1061,8 mm | 604,4 mm | 48,4 mm | 175,9 mm | 147 mm | 4,3 mm | 81,7 mm |
| | | 100 % | 57 % | 5 % | 17 % | 14 % | <1 % | 8 % |
| Roiseu | 180,5 km ² | 1062,6 mm | 604,8 mm | 48,5 mm | 184,3 mm | 160,3 mm | 2,5 mm | 62,2 mm |
| | | 100 % | 57% | 5 % | 17 % | 15 % | <1 % | 6 % |
| Triffoy | 30,5 km ² | 994,1 mm | 607 mm | 54 mm | 188,5 mm | 62,4 mm | 4,6 mm | 77,5 mm |
| | | 100 % | 61 % | 5 % | 19 % | 6 % | <1 % | 8 % |
| Marchin | 211,5 km ² | 1042,5 mm | 605,5 mm | 50,2 mm | 242,3 mm | 136,9 mm | -13,2 mm | 19,8 mm |
| | | 100 % | 58 % | 5 % | 23 % | 13 % | -1 % | 2 % |
| Marchin (1983-2007) | 211,5 km ² | 923,8 mm | 528,7 mm | | 240,5 mm | 115,3 mm | | 37,9 mm |
| | | 100 % | 57 % | | 26 % | 13 % | | 4 % |

¹³ Le caractère torrentiel de ce ruisseau provoque des difficultés à mesurer son débit avec précision. Ceci a engendré des incertitudes importantes concernant le terme 'débit ruisselé' de ce bilan. Ce dernier semble en effet légèrement sous-estimé. Ce qui signifie que le volume d'eau exporté du bassin du Torrent de Bonne peut être faiblement surestimé lorsqu'il est calculé sur base de ce bilan (Brouyère et al., 2009).

L'étude de la dynamique des échanges entre les eaux souterraines et les eaux de surface présente un intérêt tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif, et particulièrement dans le cadre de la gestion intégrée d'un bassin hydrographique. Une typologie mettant en évidence 4 mécanismes d'échanges différents a été développée (Brouyère et al, 2009):

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

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

La figure IV.19 reprend la cartographie des interactions ESU-ESO pour la masse d'eau souterraine RWM021 sur la carte Huy-Nandrin. Ces données sont issues des travaux du projet "Synclin'Eau". Une centaine de km de cours d'eau y sont cartographiés selon la typologie décrite ci-dessus. La majorité des cours d'eau est évaluée comme étant drainant (56 %). A l'instar des

résultats observés sur l'ensemble de la masse d'eau RWM021, ils sont surtout localisés au droit des unités hydrogéologiques les moins perméables, à savoir l'aquifère des grès du Famennien, l'aquitard du Famennien, les aquicludes du Famennien et du Frasnien. Ensuite, 30,6 % des cours d'eau sont définis comme étant perdants. Ils s'écoulent majoritairement au droit des synclinaux calcaires carbonifères. Ces sections de rivières constituent des systèmes "à risques". D'un point de vue qualitatif, en cas de pollution des eaux de surface, celles-ci peuvent, en s'infiltrant, contaminer les eaux souterraines. D'un point de vue quantitatif, les systèmes perdants ne sont pas soutenus par un apport en eau souterraine (diminution du débit du cours d'eau pouvant aller jusqu'à l'assèchement en période d'étiage). Le système Perte-Résurgence regroupe 11,4 % des cours d'eau de la carte Huy-Nandrin. Tout comme les tronçons perdants, ces sections de rivières sont localisées au droit des calcaires et constituent des points vulnérables aux pollutions. Une très faible proportion des cours d'eau a été classée selon le type de "pseudo-équilibre", témoignant d'une dynamique des échanges variable au cours du temps.

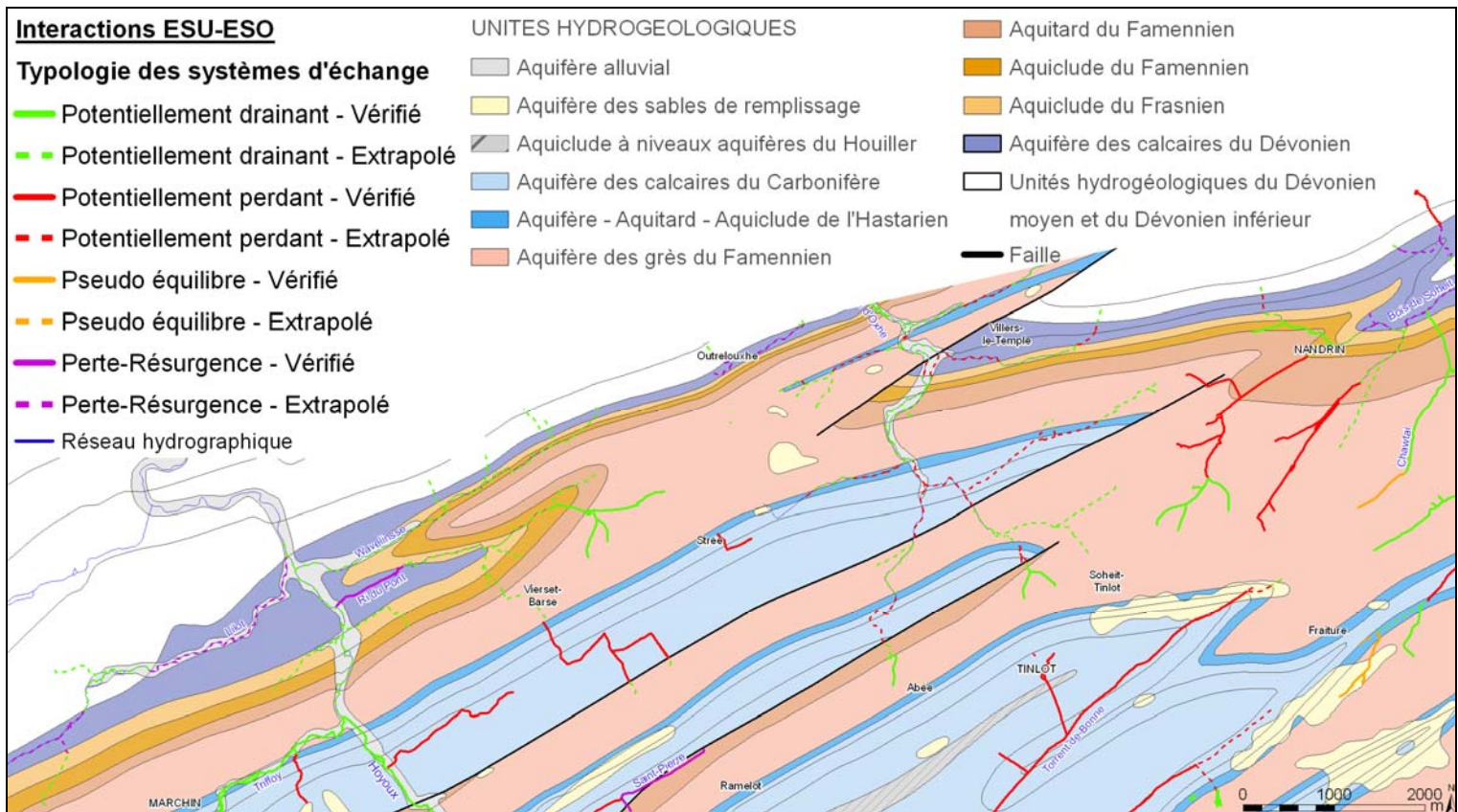


Figure IV.19: Interactions entre eaux de surface et eaux souterraines – MESO RWM021 sur la carte Huy-Nandrin (d'après Brouyère et al, 2009)

Tant en rive droite qu'en rive gauche, la nappe des calcaires s'écoule souterrainement jusqu'au Hoyoux, qui peut donc être qualifié de drainant. De nombreuses sources historiques sont maintenant captées dans la vallée, avant d'atteindre le Hoyoux (Modave, Triffois...). Dans le

synclinal de Marchin, en rive gauche, le tronçon du ruisseau de Triffooy s'écoulant sur les grès famenniens et les terrains de la base du Tournaisien, est drainant. Les cours d'eau en rive droite du Hoyoux dans ce synclinal sont généralement secs. Plus au nord, quelques cours d'eau s'écoulent sur les calcaires dévoniens tels que le Ri du Pont et le Wavelinne en rive droite et, le Lilot en rive gauche du Hoyoux. Ces ruisseaux prennent leurs sources sur les formations moins perméables du Dévonien (schistes et grès) où ils sont considérés comme drainants. Ensuite ils se perdent au droit des terrains calcaires.

La masse d'eau souterraine RWM021 a fait l'objet d'une modélisation régionale sur base des données collectées lors de la phase de caractérisation hydrogéologique du projet "Synclin'Eau" (Leroy et al, 2011). Quelques résultats pertinents sont présentés ci-après. La figure IV.20 présente la piézométrie calculée, pour l'année 2006, en régime permanent (les sollicitations sont moyennées pour la période choisie). La calibration du modèle est basée sur les hauteurs piézométriques et les débits de base observés au droit de différents points de mesures répartis sur l'ensemble de la masse d'eau. Les résultats de cette modélisation sont à considérer à titre indicatif. En effet, la piézométrie présentée à la figure IV.20 est basée sur un calcul réalisé à l'échelle régionale. Le modèle reproduit le drainage de la nappe par le Hoyoux. Il reproduit également les vallées sèches des synclinaux de Marchin-Triffoy et de Limet-Vyle, en rive droite du Hoyoux. La piézométrie y est largement inférieure à la topographie. Les flux d'eau souterraine mis en évidence lors de l'étude des bilans sont reproduits. Ils concernent la partie amont du bassin du Hoyoux (carte Modave-Clavier).

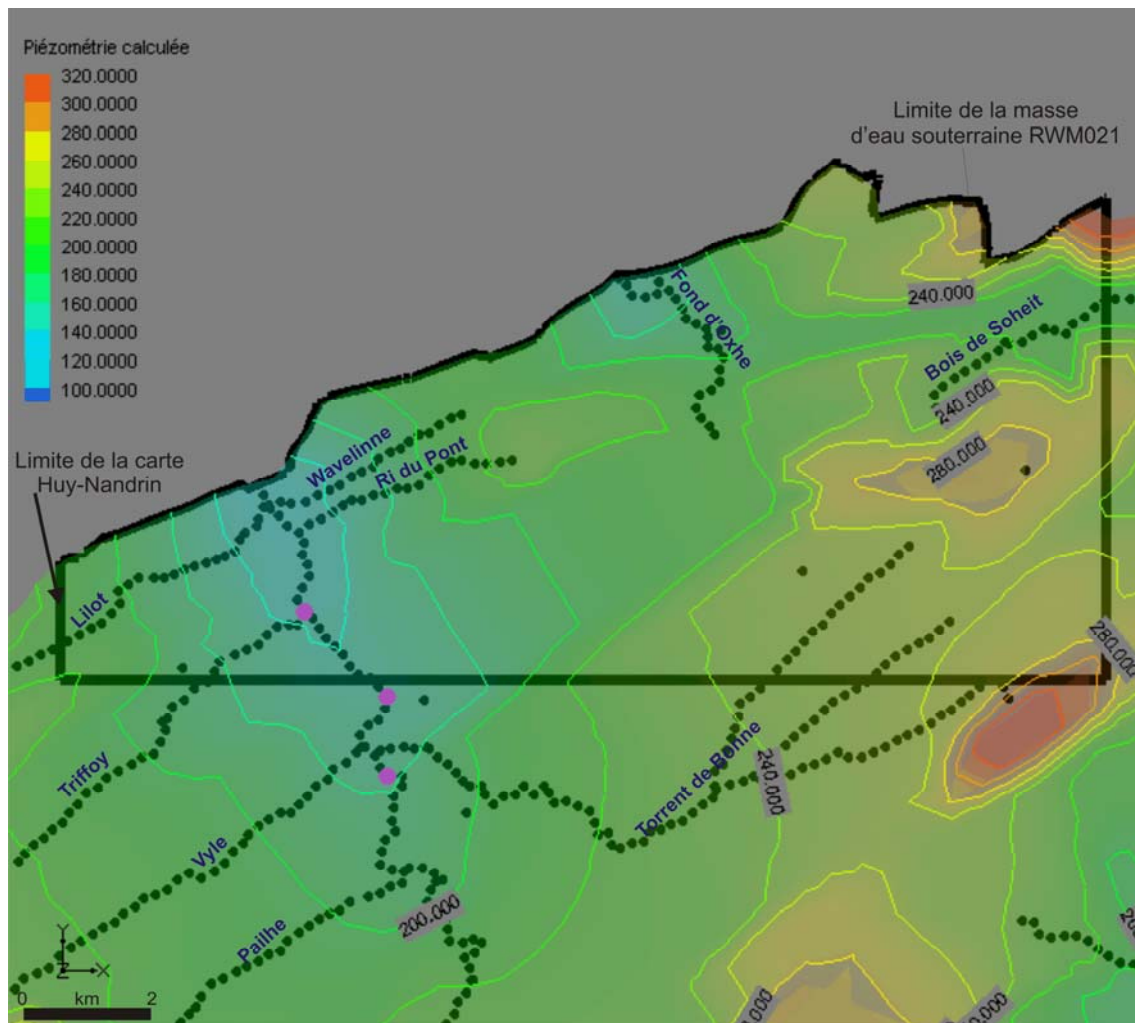


Figure IV.20: Piézométrie calculée (résultats du modèle calibré pour l'année 2006, d'après Leroy et al, 2010)

Sur la figure IV.21, sont repris les flux échangés entre bassins hydrographiques, résultats donnés par le modèle calibré, également, sur l'année 2006. Déjà avancée dans l'étude de caractérisation, l'hypothèse de flux d'eau souterraine entre sous-bassins est confirmée par le modèle. Il valide aussi la non-correspondance entre les bassins hydrographiques et les bassins hydrogéologiques au sein des synclinaux calcaires. Les limites des bassins versants recoupent perpendiculairement l'axe de ces synclinaux. Il faut également noter que la position des crêtes de partage entre bassins hydrogéologiques, au sein d'un même synclinal calcaire, peut varier dans le temps car dépendante des conditions piézométriques.

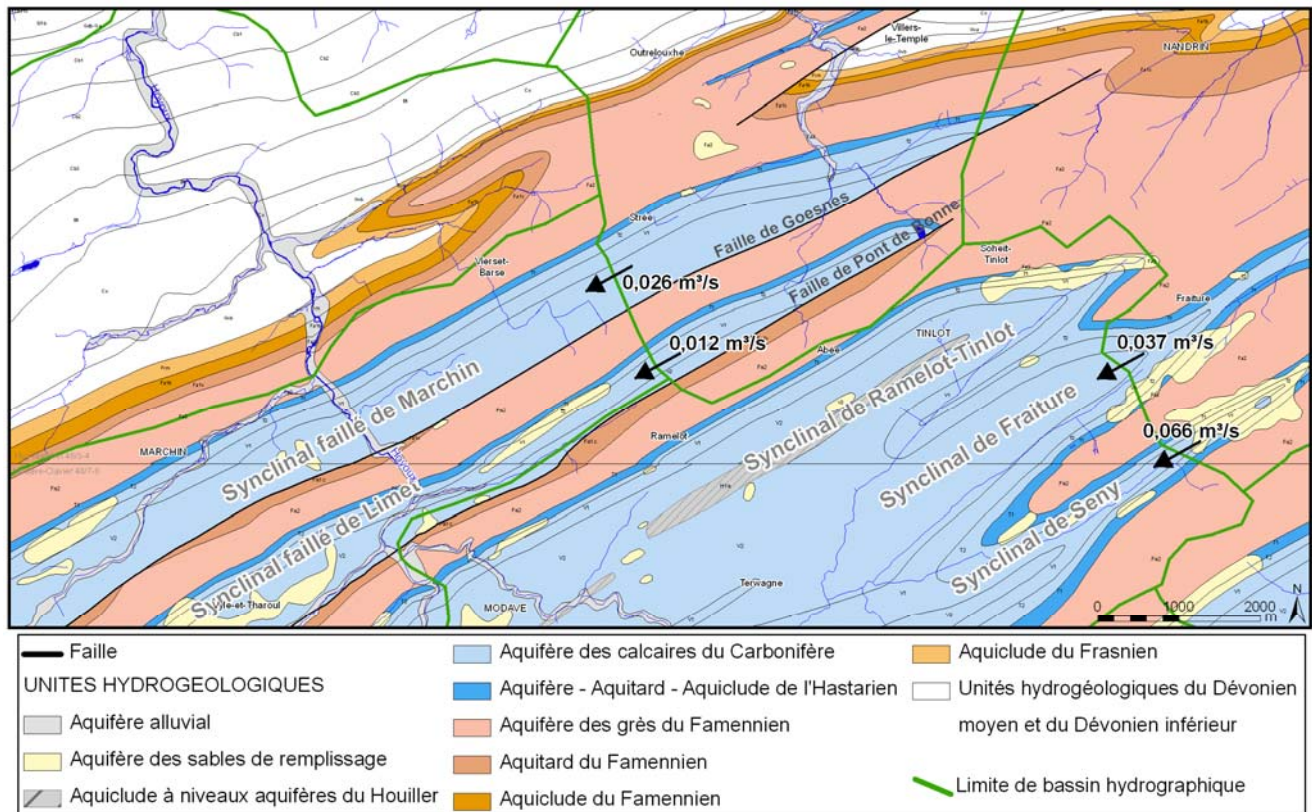


Figure IV.21: Flux échangés entre bassins (résultats du modèle calibré pour l'année 2006, d'après Leroy et al, 2010)

Phénomènes karstiques

Sur la carte Huy-Nandrin, une trentaine de phénomènes karstiques sont recensés (CWE PSS, 1996 & 2006; CWE PSS, FPMs, ULg, 1995-2005). Ils se situent tant dans les calcaires du Carbonifère que dans ceux du Dévonien (figure IV.22). Les phénomènes karstiques répertoriés dans la région sont, outre les pertes-chantoirs et les résurgences, des dolines et des dépressions paléokarstiques, des abris-sous-roche et des cavités.

Il existe deux grands types de réseaux spéléologiques (Quinif, 1977):

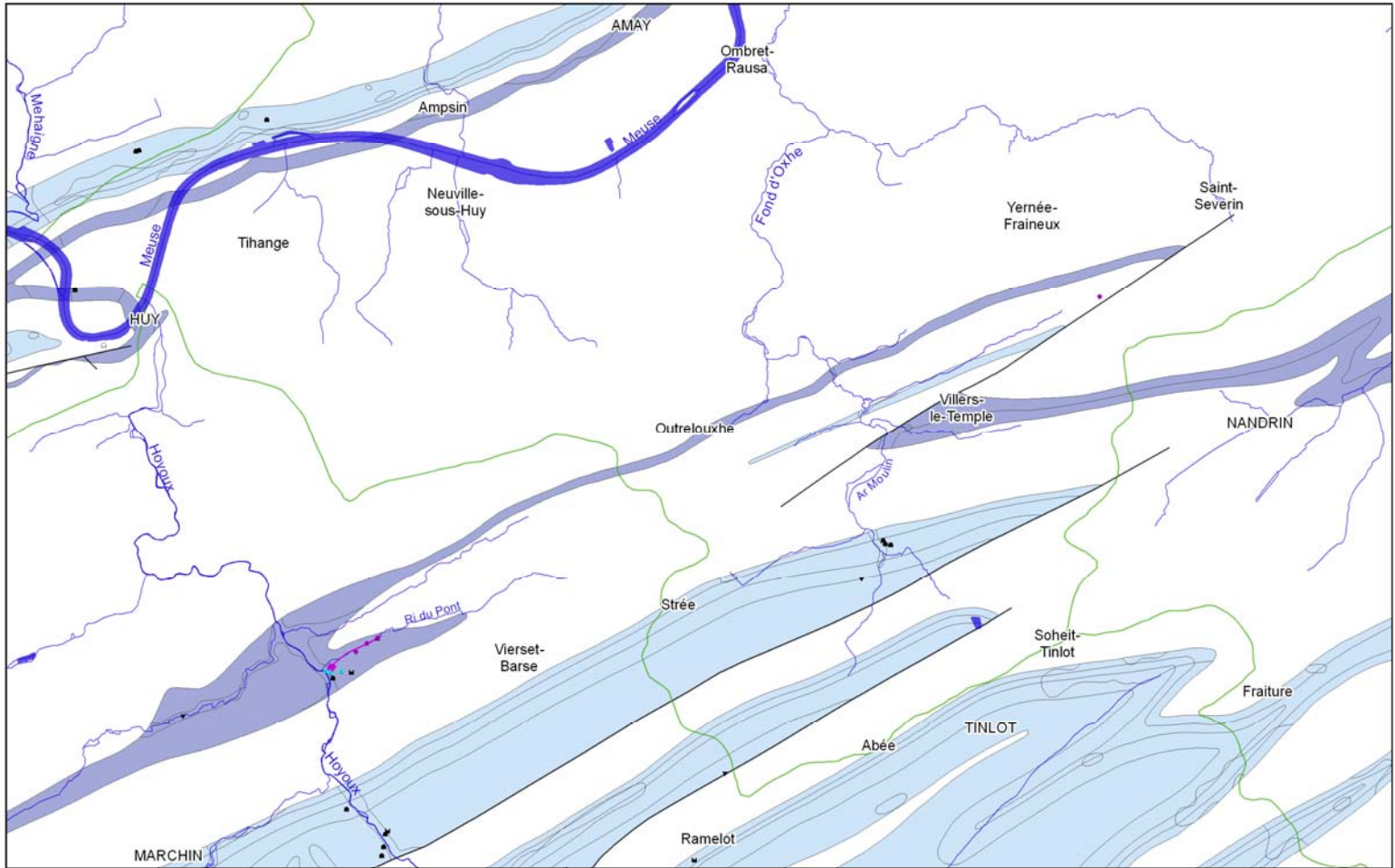
- le réseau de recouplement souterrain de méandre. Il consiste à relier les deux bras en amont et en aval d'un ou plusieurs méandres par un réseau souterrain phréatique. Une partie ou toute la rivière se perd en amont du méandre en rive ou dans le lit du cours d'eau. En aval, une ou des résurgences vaclusiennes débouchent sur les berges ou dans le lit de la rivière, en rejetant une partie ou toute l'eau emmagasinée.
- le réseau de chantoir-résurgence. Ce type de réseaux est généralement lié aux affluents subséquents¹⁴ des rivières principales et est faiblement encaissé.

Parmi les données mises à disposition par le SPW sur son portail cartographique, se trouvent les phénomènes karstiques. Il s'agit de la version vectorielle de l'Atlas du karst wallon. Il comprend les sites karstiques ponctuels ainsi que les écoulements souterrains. A chaque élément géographique est liée une fiche descriptive. Toute la Wallonie est couverte. Ces données sont consultables via l'application environnementale WebGIS 'OGEAD' (Outil Géo-Environnemental d'Aide à la Décision): <http://environnement.wallonie.be/cartosig/ogead/>








Au sein des *calcaires carbonifères* du Synclinorium de Dinant, les principales zones où se sont développés des phénomènes karstiques sont localisées dans le synclinal de Marchin (figure IV.22). Dans la vallée du Hoyoux, à hauteur de Triffoy-Roiseu, on observe quelques dolines et cavités sur les versants abrupts. Vers le nord-est, au lieu-dit Béhé, dans la vallée de l'Ar Moulin, au sud de Villers-le-Temple, quelques petites cavités étroites sont observables, ainsi qu'un effondrement circulaire dans un champ. Sur ce site, de nombreux remblais et déblais sont visibles. Néanmoins, la dépression était encore visible en janvier 2002 (environ 10×7 m) (CWE PSS, FPMs, ULg, 1995-2005).

En rive gauche de la Meuse, dans le Synclinorium de Namur, quelques cavités sont observées aux lieux-dits Corphalie (Amay) et Falhise (Huy), au sein de la bande calcaire du Carbonifère.

¹⁴ Rivière subséquente: cours d'eau de 2^o génération, développé perpendiculairement au pendage des couches



PHENOMENES KARSTIQUES

-  Perte (Chantoir)
-  Résurgence
-  Cavité
-  Abri sous roche
-  Doline
-  Dépression paléokarstique
-  Ecoulement karstique reconnu par traçage



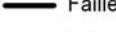


-  Aquifères des calcaires du Carbonifère (inclus l'Hastarien)
-  Aquifères des calcaires du Dévonien (Frasnien & Givetien)
-  Faille
-  Réseau hydrographique
-  Principaux bassins hydrographiques



Figure IV.22: Phénomènes karstiques - Carte Huy-Nandrin

Dans la bande de *calcaires dévoniens*, sur le bord nord du Synclinorium de Dinant, un réseau karstique de faible étendue s'est développé dans la vallée du Ri du Pont, affluent du Hoyoux à Vieux-Barse (figure IV.23). Il s'agit du seul écoulement karstique reconnu sur le territoire de la carte Huy-Nandrin. Il a été établi suite à des tests de traçage, entre la perte du Trou du Blanc et, les résurgences de la Route (au sud) et de Vierset (600 m en 9h30 pour 40 m de dénivellation). Les deux pics de restitution bien distincts démontrent la présence de 2 réseaux souterrains distincts (*in* CWEPESS, 1996 & 2006).

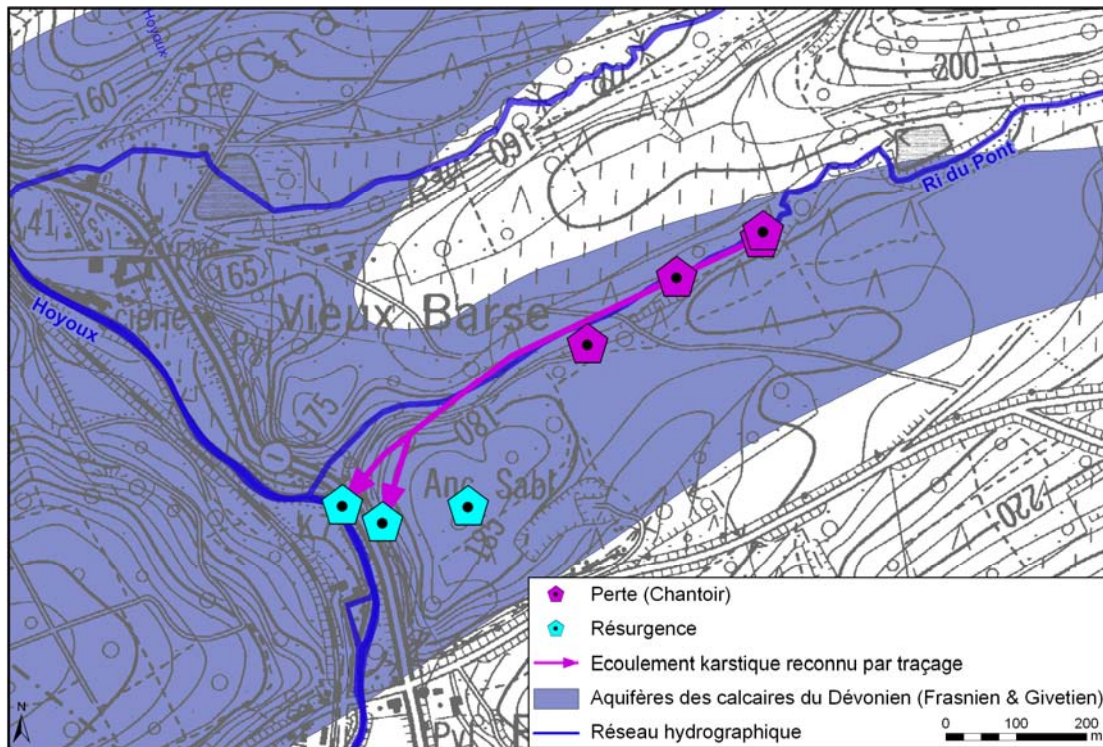


Figure IV.23: Système karstique du Ri du Pont (Vieux-Barse)

IV.2.3 Aquifère des grès fameniens

S'ils sont suffisamment altérés ou fissurés les grès fameniens peuvent constituer un bon aquifère. La perméabilité de ces terrains est de deux types: une perméabilité de pores, développée dans la frange altérée et une perméabilité de fissures correspondant aux réseaux de fracturation, en profondeur. Ainsi, on y distingue deux types de nappes: la nappe d'altération du sommet sous la pénélaine et la nappe de fissures sous-jacente. L'importance de la première est liée au taux d'altération différentielle des schistes, shales et siltites ainsi que des grès et grès carbonatés. Les grès s'altérant en sables peuvent contenir un aquifère intéressant. Par contre, les schistes, qui s'altèrent en argile, sont très peu perméables. Sur ces terrains pénéplanés, l'épaisseur de cette frange altérée peut varier, généralement, de quelques mètres à une vingtaine de mètres. La seconde est due à la phase tectonique hercynienne induisant un taux de fissuration élevé, particulièrement intéressant dans les niveaux gréseux et dans une moindre mesure dans les horizons silteux, moins perméables. Le rôle des failles est sans doute non négligeable surtout lorsque celles-ci affectent les passées plus gréseuses. Elles permettent alors de stocker et/ou drainer des quantités d'eau importantes.

Les écoulements souterrains au sein des grès sont généralement dépendants de la topographie. Une étude régionale sur les potentialités des aquifères gréseux (LGIH, 1989) a mis en évidence un axe d'écoulement préférentiel des eaux souterraines suivant l'axe des plis, vers les points bas, avec un déversement latéral par débordement au contact avec les schistes peu perméables et vers les rivières qui recoupent les anticlinaux gréseux. Ainsi, l'écoulement souterrain au sein des anticlinaux gréseux de la carte Huy-Nandrin (voir figure IV.10) présente une composante orientée vers le Hoyoux suivant la stratification des bancs (vers l'ouest en rive droite, vers l'est en rive gauche) et avec une composante orientée vers le sud (rabattement lié à la présence du synclinal calcaire). En période de non-alimentation, le niveau piézométrique descend sous la cote de débordement, ce qui tarit les sources. L'écoulement principal E-W continue et il subsiste une bonne capacité de réserve d'eau dans la zone axiale de l'anticlinal gréseux.

L'entité gréseuse comprise entre Scry, Soheit-Tinlot, La Bouheye et Nandrin a fait l'objet d'une étude détaillée (LGIH, 1989). Des bilans ont été établis sur la période allant du 1^{er} juin 1988 au 21 février 1989. Les données hydrométéorologiques proviennent d'une station IRM, située à Scry (inactive aujourd'hui, remplacée par celle de Strée). L'estimation de l'évapotranspiration (E_p) et du stock d'humidité du sol (ΔS , variation du stock), et la mesure des précipitations (P) ont permis de déterminer la quantité d'eau disponible (ED) pour l'écoulement de surface et les fluctuations des réserves d'eau souterraine, soit 173,7 mm. Cependant, au cours de cette période, à plusieurs reprises la quantité d'eau disponible a été nulle ou très faible et donc il n'y a pas eu de recharge vers les aquifères. Des bilans hydrologiques ont été dressés sur plusieurs

des sous-bassins gréseux dans la zone étudiée. Il semble exister de nombreuses relations souterraines entre ces différents bassins, avec des migrations de crêtes hydrogéologiques et des drainages via les failles vers les calcaires et les bassins voisins non mesurés. Des pertes d'eau par infiltration dans les ruisseaux entre les sources de l'amont et les exutoires des ruisseaux du Fond du Bois de Soheit et de Bienegotte, probablement au droit de failles longitudinales (non cartographiées sur la carte géologique n°146, 1898), ont été observées (figure IV.24).

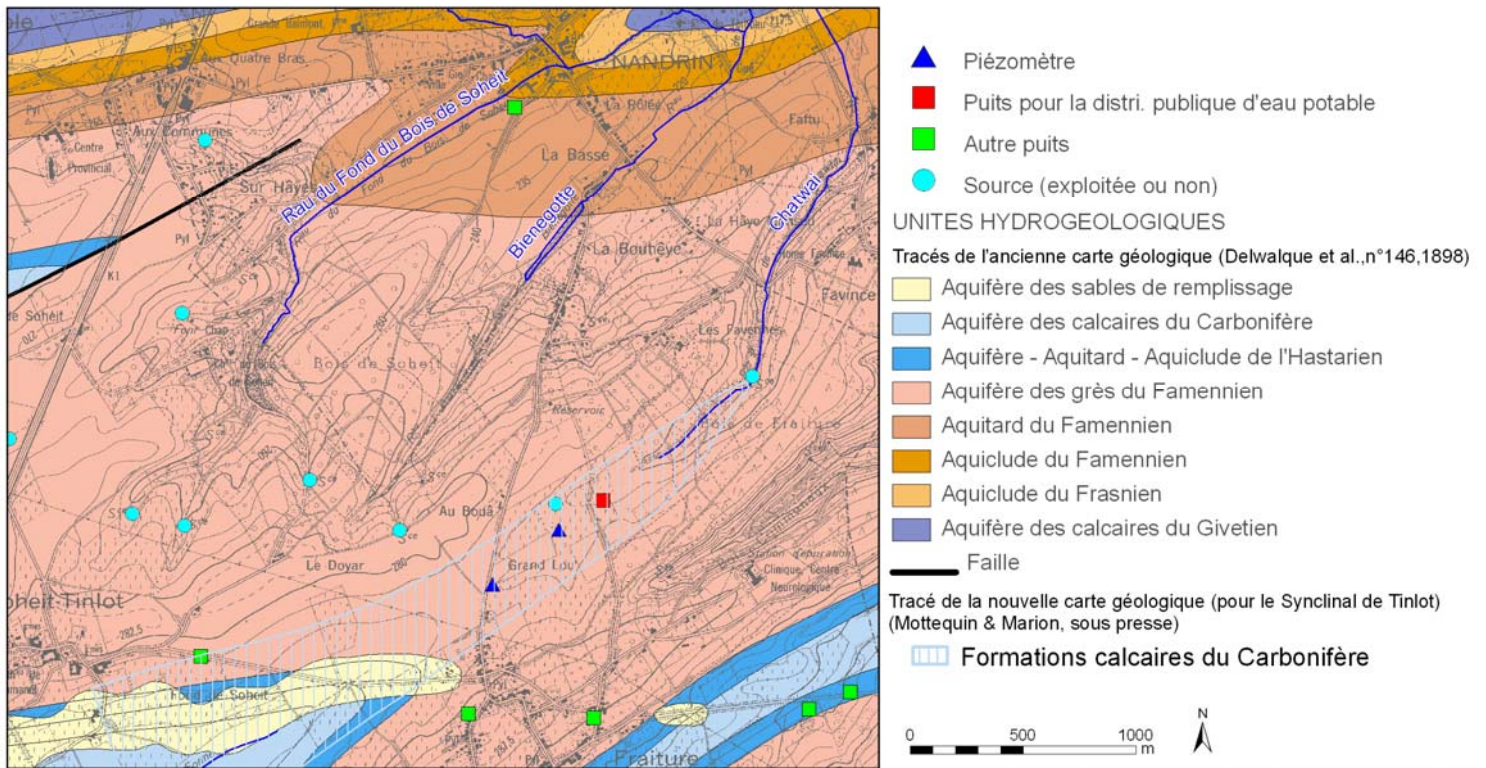


Figure IV.24: Région Nandrin - Fraiture - Soheit-Tinlot - Aquifère des grès du Famennien

Afin d'améliorer son réseau de production d'eau, l'IDEN a foré un nouveau puits et un piézomètre à Scry, au sud de Villers-le-Temple, dans l'aquifère des grès du Famennien (figures IV.10 & IV.25). Ces ouvrages font respectivement 98 m et 70 de profondeur. Topographiquement, ils se situent sur un plateau (altitude: ≈ 255 m). Divers tests et mesures ont été menés sur ces forages (GEOLYS, 2007a & 2008a). Quelques sources diffuses sont observées dans un rayon de 300 m autour de captage (cote approximative: 240 m). En combinaison avec les profondeurs d'eau relevées en mai 2007, les eaux souterraines s'écoulent vers l'ouest et l'ouest-nord-ouest, avec un gradient compris entre 3 et 6 %. Elles se dirigent vers le réseau hydrographique. Il faut noter que durant toute la phase des essais de pompage, ces deux sources ne se sont jamais tarées. Ces essais ont montré que les transmissivités diminuent avec la profondeur, vraisemblablement lié à une limite moins perméable (schistes, grès moins fracturés) ou à un biseautage de l'aquifère. La conductivité hydraulique est estimée à 4×10^{-6} m/s.

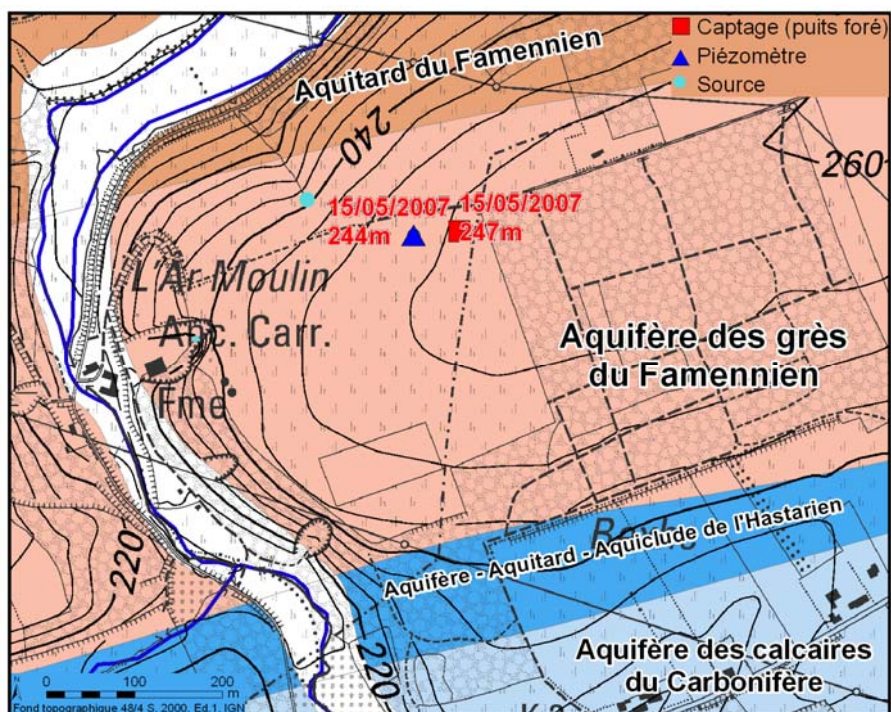


Figure IV.25: Site de captage d'Ar Moulin, Scry – IDEN

Au nord-ouest de Tinlot, la CILE exploite un puits foré, Forage de Tillesse (figure IV.10). Cet ouvrage, d'une profondeur de 70 m, sollicite les eaux de la nappe des grès du Famennien. Nous ne disposons pas de données plus détaillées sur cette prise d'eau.

IV.2.4 Autres unités hydrogéologiques

A l'échelle de la carte Huy-Nandrin, les aquifères logés dans les terrains du Houiller, de l'Eifelien (Dévonien moyen), du Dévonien inférieur et du Silurien ne constituant pas des ressources en eau souterraine intéressante (vu les autres ressources aquifères déjà disponibles), ils sont, par conséquent, peu étudiés et peu connus.

Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Peu de données sont disponibles concernant les aquifères locaux schisto-gréseux du Houiller de la carte de Huy-Nandrin. Les nappes situées dans les terrains schisto-gréseux du Houiller, nappes de fissures, libres et généralement perchées, se déversent vers les calcaires carbonifères soit de manière diffuse au droit de failles, soit par débordement au contact des niveaux plus schisteux.

A titre indicatif, à Wanze, le niveau d'eau mesuré dans le puits traditionnel 'P-Reine' est d'environ 5 m sous la surface du sol, soit une cote piézométrique de 95 m.

Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique présente des potentialités aquifères dans les niveaux gréseux, quartzitiques et psammitiques. Les intercalations schisteuses diminuent la perméabilité transversale (compartimentage de l'aquifère).

Dans la région de Saint-Séverin, des niveaux piézométriques ont été mesurés dans quelques puits (figure IV.26). Quelques ouvrages de faible profondeur (maximum 10 m) sollicitent le manteau d'altération. Les profondeurs de l'eau sont relativement faibles, entre 1,5 et 2 m. Deux puits sont plus profonds, P-Gotte (42 m) et P-Halleux (109 m). En juillet 2005, la cote piézométrique au P-Gotte se situe vers 244 m (l'eau est à une vingtaine de mètres sous la surface topographique). Le niveau d'eau du P-Halleux est situé, lors de l'été 1997, aux alentours de la cote 255 m, soit une profondeur d'eau à 5 m. Entre 0 et 12 m, le forage traverse le colluvium et le manteau d'altération (bed-rock très altéré), ensuite il atteint le bed-rock fissuré. Divers tests de pompage y ont été effectués (LGIH, 1997b, 1998). Les transmissivités obtenues lors de l'essai de pompage de longue durée (Q: 4 m³/h, durée: 23 jours + 29 jours de suivi de la remontée) indiquent une fissuration diminuant en profondeur et une faible alimentation du puits. Les valeurs de transmissivité calculées sont comprises entre 1,5×10⁻⁴ m²/s et 0,35×10⁻⁴ m²/s. Ainsi, avec une épaisseur d'aquifère de 88 m (hauteur crépinée), la conductivité hydraulique moyenne varierait entre 1,7×10⁻⁶ m/s à 4×10⁻⁷ m/s. Depuis ces essais, ce puits de reconnaissance de l'IDEN a été remblayé (Q trop faible; teneurs en Fe et Mn trop élevées).

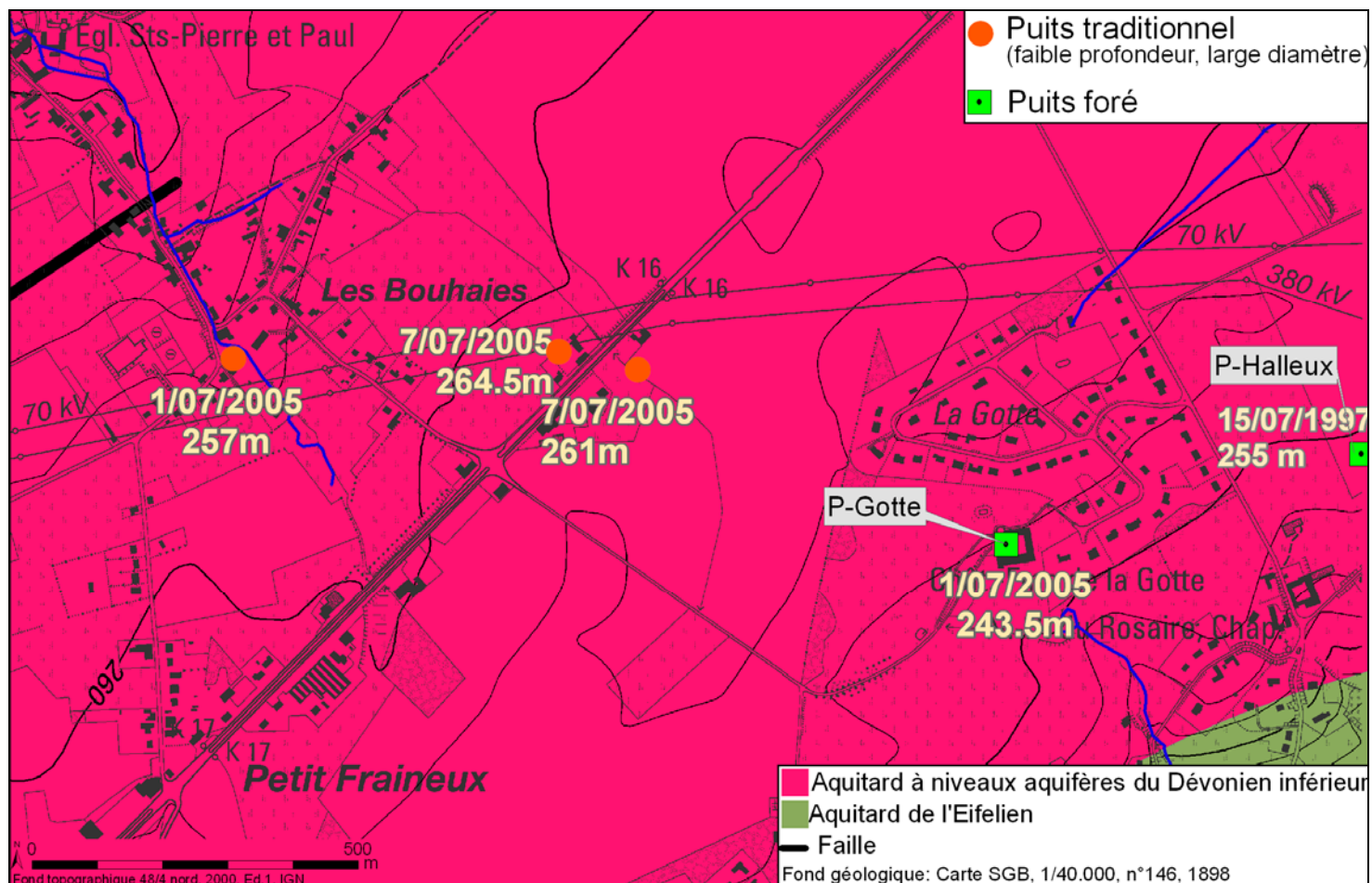


Figure IV.26: Zone de St-Séverin - Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur - Piézométrie

IV.2.5 Coupe hydrogéologique

Deux coupes ont été dressées, sur le même axe mais avec une échelle des hauteurs différente. L'échelle horizontale des coupes est au 1/25.000, l'échelle verticale est de 1/25.000 pour la première coupe et de 1/5.000 pour la seconde coupe où un facteur d'exagération de 5 a été appliqué à l'axe Z. La coupe est orientée perpendiculairement à l'axe des structures, approximativement NNW-SSE, Elle recoupe la plupart des formations géologiques rencontrées sur la carte. Le but de cette coupe est de donner au lecteur un meilleur aperçu de la géologie et de l'hydrogéologie de la région (coupe illustrative). Le pendage des couches n'a pu être observé qu'en quelques points. Les niveaux piézométriques disponibles sont reportés sur la coupe hydrogéologique.

Les grandes structures géologiques sont facilement repérables sur cette coupe. Ainsi du nord au sud, on observe le flanc sud du Synclinorium de Namur, en position inverse (déversé vers le nord), relayé par les terrains siluriens de la Bande calédonienne de Sambre-et-Meuse. Ensuite, on a le flanc nord du Synclinorium de Dinant débutant avec les terrains du Dévonien inférieur et moyen. Suit une succession de synclinaux calcaires carbonifères et d'anticlinaux schisto-gréseux famenniens. Cette structure, caractérisant le Condroz, est marquée dans la zone étudiée par la présence de failles de charriage de grande extension à pendage sud mettant en contact des terrains de nature différente (failles longitudinales NW-SE).

D'un point de vue hydrogéologique, sur le tracé de la coupe, très peu de cotes piézométriques ont pu être reportées, étant donné la disponibilité des données. Les quelques niveaux présentés illustrent mieux le contexte hydrogéologique. Ainsi, la coupe traversant le site de Tihange, dans la vallée de la Meuse, des niveaux tant de la nappe alluviale que de l'aquifère des calcaires du Frasnien sont indiqués, mettant en évidence le décrochage entre les deux nappes. En octobre 2008, l'eau logée dans les calcaires est environ 1,5 m plus basse que celle logée dans l'aquifère alluvial (niveau reporté sur la coupe). Les essais de pompage menés sur les puits forés dans le Frasnien montrent que la nappe des calcaires est captive au droit du site ([chapitre IV.2.2](#) & [chapitre VII.2](#)). La partie méridionale de la coupe expose les aquifères calcaires du Carbonifère et les aquifères gréseux du Famennien. Les eaux de ces derniers se déversent vers les dépressions calcaires par différents modes (écoulement souterrain diffus, sources de débordement...). Les eaux souterraines s'écoulent vers le cœur des synclinaux calcaires. Les écoulements souterrains ont également lieu selon l'étirement des synclinaux calcaires. Les niveaux d'eau observés dans la nappe des grès du Famennien sont assez proches de la surface topographique (quelques décimètres à quelques mètres), contrairement à ceux dans les calcaires (plus profonds, souvent au-delà de 20 m).

IV.2.6 Piézométrie de la carte Huy-Nandrin

Pour plusieurs raisons, il n'a pas été possible de dessiner des courbes isopièzes pour les aquifères de la carte hydrogéologique Huy-Nandrin. Tout d'abord, si de longues chroniques piézométriques existent pour certains forages, relevons la faiblesse du jeu de données d'un point de vue de leur répartition spatiale (faible densité). Les ouvrages accessibles sont localisés de manière éparse ne permettant pas d'établir une corrélation entre leur niveau d'eau. Localement, là où les données sont disponibles en suffisance, c'est le contexte hydrogéologique local qui ne permet pas de tracer les isopièzes (e.a. la nappe alluviale au droit du site de Tihange). En outre, la structure géologique régionale engendre des discontinuités géologiques (succession d'anticlinaux gréseux et de synclinaux calcaires), séparant les aquifères et empêchant d'établir une piézométrie globale. Ainsi, seules quelques directions générales de l'écoulement souterrain sont indiquées. Cette information est complétée sur la carte principale (1/25.000) par des niveaux d'eau ponctuels.

Les nappes alluviales sont en relation directe avec le réseau hydrographique. La rivière constituant l'exutoire de la nappe alluviale, les écoulements souterrains sont dirigés vers le cours d'eau. Néanmoins, en fonction de conditions locales particulières (pompages, barrage, crues...), la situation inverse peut parfois avoir lieu temporairement. Tout changement du niveau de l'eau dans la rivière induit une modification de l'équilibre rivière-nappe alluviale et une variation de l'épaisseur saturée des graviers et sables de la plaine alluviale. Cependant, dans le cas de l'aquifère alluvial de la Meuse, cette situation générale est perturbée par les aménagements des berges, par les constructions de génie civil présentes dans la plaine. L'hydrogéologie aux alentours du site de la centrale nucléaire de Tihange est fortement perturbée par les nombreux soubassements des bâtiments, comme présenté au [chapitre IV.2.1](#).

Dans les aquifères calcaires, la nappe est susceptible d'être plus rabattue que dans les autres unités hydrogéologiques, présentant ainsi des niveaux d'eau relativement profonds. Dans les aquifères moins perméables, la surface piézométrique est souvent proche de la surface topographique et est davantage influencée par la topographie. Dans les unités hydrogéologiques de nature gréseuse, schisto-gréseux, quartzitique ou quartzo-phylladeuse, on rencontre généralement deux types de nappes: nappe superficielle et nappe profonde.

D'une manière générale, les écoulements souterrains au sein des aquifères des grès du Famennien sont orientés vers les calcaires du Carbonifère. La base de cet aquifère calcaire présente des niveaux peu perméables (schistes, shales, calcschistes) favorisant l'apparition d'alignements de sources au contact entre les formations famenniennes et carbonifères. Ces sources alimentent de nombreux ruisseaux qui se perdent fréquemment au sein des calcaires carbonifères. Le centre des synclinaux calcaires est généralement occupé par un cours d'eau

plus important qui collecte les eaux provenant de ces ruisseaux ou de leur écoulement souterrain. Ces rivières ont alors une orientation globale W-E, parallèle aux structures géologiques et viennent se jeter dans la Meuse ou dans un de ses affluents principaux (e.a. le Hoyoux). Le projet 'Synclin'Eau' dont l'un des objectifs était la caractérisation hydrogéologique de la masse d'eau souterraine RW021 (calcaires et grès du Condroz, où se situe partiellement la carte Huy-Nandrin, a mis en évidence diverses observations sur le comportement hydrodynamiques des aquifères calcaires (Brouyère et al, 2009). Ainsi, *le niveau d'eau des masses calcaires dans l'est de la masse d'eau varie annuellement avec des amplitudes de 1 à 6 m (excepté pour le bassin du Néblon). L'amplitude des fluctuations piézométriques mesurée au niveau des piézomètres est fonction de l'emplacement de ceux-ci dans le bassin hydrogéologique. C'est en tête de bassin, au niveau des zones de crête piézométrique, que l'amplitude est maximale. A l'inverse les piézomètres situés à proximité de captages ou de ruisseaux drainants ou encore implantés dans un réseau karstique important ne montrent que de faibles variations de niveau d'eau. La dynamique de la nappe est assez rapide. En effet, celle-ci montre une augmentation de son niveau d'eau quasi synchrone avec les pics d'eau utile¹⁵. Seuls les piézomètres atteignant les nappes calcaires recouvertes de dépôts terrigènes du Houiller montrent un décalage entre eau utile et haut niveau piézométrique. Cette couverture peu perméable a comme effet de retarder l'élévation du niveau piézométrique par rapport aux valeurs d'eau utile. La seconde explication de ce décalage pourrait également être due à l'éloignement de la zone de recharge.*

Le sens d'écoulement a également été abordé: Ainsi, les conclusions des observations de terrains ont conduit à la description suivante. *Les directions d'écoulement de l'eau souterraine au sein des synclinaux calcaires ne dépendent pas exclusivement de la topographie mais sont aussi influencées par l'orientation des couches géologiques voire des directions préférentielles de diaclases et autres réseaux de fracturation. Les limites hydrographiques des bassins versants (de la partie orientale de la masse d'eau souterraine RWM021) recoupent perpendiculairement l'axe des synclinaux calcaires carbonifères ce qui autorise les décalages avec les limites hydrogéologiques. Dans le bassin du Hoyoux, les écoulements souterrains se font dans deux sens. L'un vers le Hoyoux qui détermine le niveau de base local des aquifères (le niveau de base régional étant dicté par la Meuse) et comme le prouve les nombreuses sources le long de sa berge. L'autre sens, aux extrémités occidentales du bassin, est dirigé vers les bassins du Samson et du Bocq et ne vaut que pour les bassins en rive gauche du Hoyoux et ne concerne que des quantités d'eau limitées. La position des crêtes de partage entre bassins hydrogéologiques, au sein d'un même synclinal calcaire, peut ainsi varier dans le temps.*

¹⁵ Eau utile = Précipitation – Evapotranspiration Réelle (ETR). L'eau utile représente donc théoriquement la quantité d'eau disponible pour le ruissellement et l'infiltration

V. CADRE HYDROCHIMIQUE

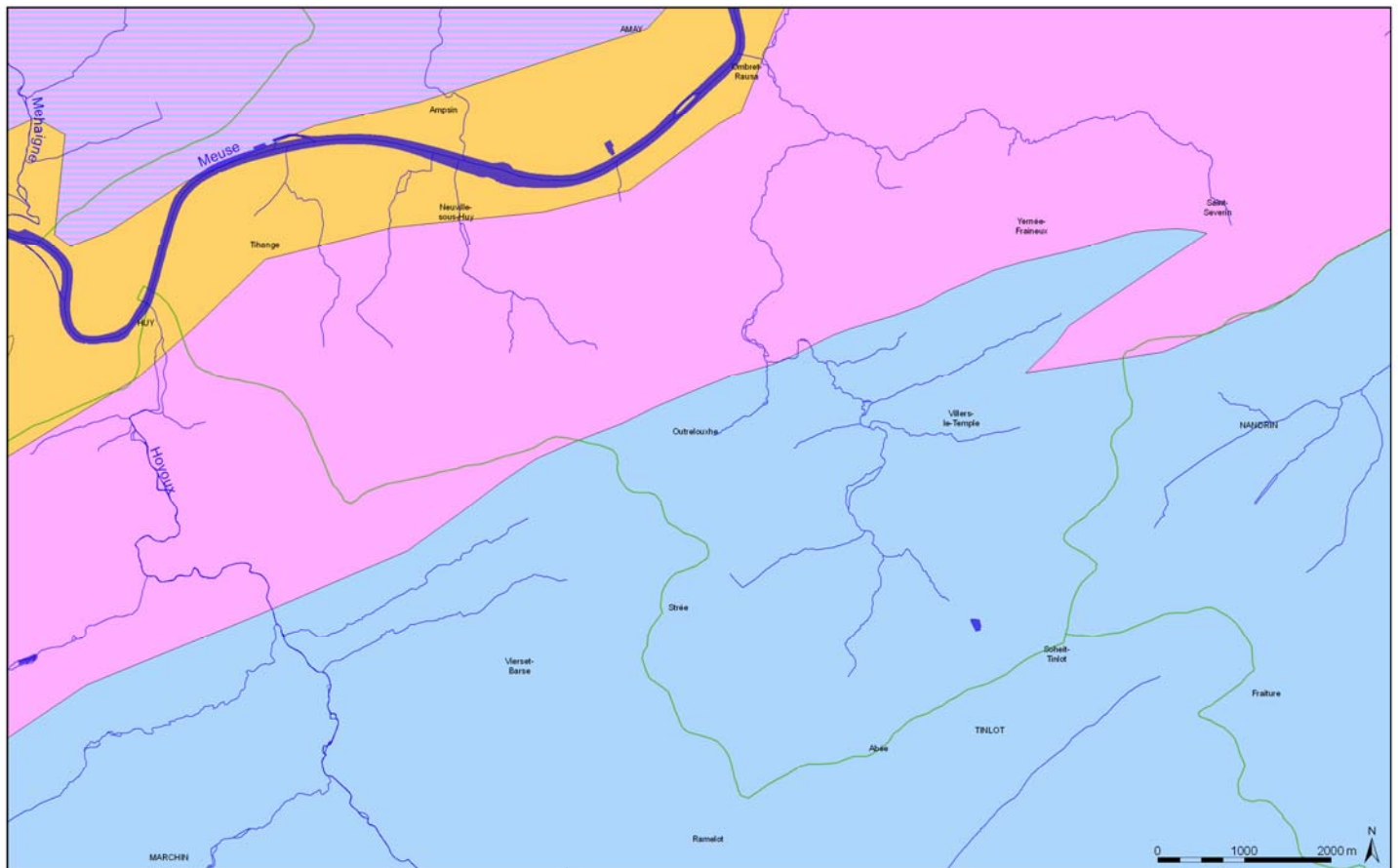
En Région wallonne, depuis l'entrée en vigueur du Code de l'Eau (3 mars 2005), toute la législation relative à l'eau a intégré les anciens textes réglementaires (décrets et articles). L'arrêté relatif aux valeurs paramétriques applicables aux eaux destinées à la consommation humaine (Arrêté du Gouvernement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

Plusieurs excavations ont jadis été réalisées (calcaires, sables, grès, argiles...). Ces anciens sites d'extraction abandonnés et parfois remblayés avec des déchets et matériaux divers sont des points d'infiltration privilégiée 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 recensés dans une banque de données, WALSOLS, consultable sur <http://www.walsols.be/>. Sur la carte étudiée, trois sites sont répertoriés. A Huy, le site de Felon-Lange est une ancienne fonderie, située en rive gauche, dans la partie NW de la ville (LG4002-05). Aucune pollution des eaux souterraines n'a été détectée. En vue d'y créer des commerces et logements, ce site est en cours de réhabilitation (démantèlement des infrastructures et assainissements des sols). A Amay (Ampsin), le site "Usine céramique et Centrale électrique" ne semble faire l'objet d'aucune contamination majeure, ni au niveau des eaux souterraines, ni dans les eaux de surface, ni dans les sols. Un suivi environnemental de la qualité des eaux souterraines est néanmoins en cours (Lg0101-01). A Marchin, les anciennes papeteries Godin installées dans la vallée du Hoyoux sont également en cours de réhabilitation (Lg5001-01) (SPAQuE, 2006).

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau (Directive 2000/60/CE), le Service Public de Wallonie a établi un programme de surveillance des 33 masses d'eau souterraine définies en Wallonie (http://environnement.wallonie.be/directive_eau). Au niveau des eaux souterraines, un réseau de surveillance de l'état quantitatif et qualitatif a été élaboré et finalisé en décembre 2006. Plusieurs masses d'eau souterraine sont définies sur la carte Huy-Nandrin (figure V.1). Cependant la masse d'eau RWM016 (schistes houillers) n'a pas été définie en tant que masse d'eau souterraine au sens de la Directive cadre sur l'Eau tant pour des raisons quantitatives que qualitatives. Cette masse d'eau ne représente pas une ressource en eau souterraine aisément mobilisable. De plus, son état chimique naturel peut être défini de

médiocre en raison de la nature des formations géologiques et de l'activité industrielle passée (charbon et houille) (DGARNE-DESO et Protectis-Cellule DCE, 2010).



source: http://environnement.wallonie.be/directive_eau/

Masse d'eau souterraine (code et nom)

- RWM016/011: Schistes houillers (masse d'eau virtuelle)/Calcaires du bassin de la Meuse bord Nord
- RWM072: Alluvions et graviers de Meuse (Namur - Lanaye)
- RWM016: Schistes houillers (masse d'eau virtuelle)
- RWM021: Calcaires et grès du Condroz
- Réseau hydrographique
- Principaux bassins hydrographiques

Figure V.1: Carte des masses d'eau souterraine de la région de Huy-Nandrin

V.1 CARACTERISTIQUES HYDROCHIMIQUES DES EAUX

Le but de ce chapitre est de dresser un aperçu de l'hydrochimie des eaux des nappes rencontrées dans la carte Huy-Nandrin. Néanmoins, toutes les unités hydrogéologiques ne seront pas caractérisées chimiquement par manque d'information. Les données hydrochimiques proviennent essentiellement des captages destinés à la distribution publique. Les analyses reprises ici ont été effectuées sur les eaux brutes, à la sortie directe du captage. Il faut noter que ces eaux brutes subissent, en général, un léger traitement avant leur mise à disposition sur le réseau de distribution publique (chloration, mélange avec des eaux issues d'autres captages, déférisation...). Ainsi, l'eau distribuée au robinet du consommateur répond parfaitement aux normes de potabilité.

V.1.1 Aquifère alluvial de la Meuse

Dans la plaine alluviale de la Meuse, la qualité de l'eau souterraine est déterminée en grande partie par la composition de l'eau d'infiltration (eau météorique) et les flux en provenance des couches sous-jacentes (influence du bed-rock paléozoïque). Les autres facteurs qui peuvent influencer la qualité de l'aquifère peu profond de la vallée de la Meuse sont : la qualité de l'eau du fleuve, la nature des matériaux de remblais utilisés dans la construction de nombreux talus et plates-formes, et enfin les contaminations locales liées à l'activité industrielle.

Le tableau V.1 reprend quelques analyses d'eau prélevée dans la nappe logée dans les alluvions de la Meuse sur la carte Huy-Nandrin. La dureté de l'eau et sa conductivité sont assez variables d'un puits à l'autre, de même que les teneurs en nitrates, sulfates, chlorures et fer-manganèse. Les eaux des puits proches du versant ou atteignant le bed-rock seront en général plus minéralisées que les eaux des puits proches du fleuve qui subissent une dilution par l'eau de la Meuse moins chargée. Ces concentrations élevées sont aussi les témoins d'une influence anthropique marquée.

Tableau V.1: Caractéristiques hydrochimiques des eaux de la nappe alluviale de la Meuse

| Élément | Unité | Niveau-guide | P2-Amay | P2-Justice | Tihange Pz8 pour P3.1bis | Tihange P1.9 |
|-------------------|-----------------------|---------------|--------------|------------|--------------------------|--------------|
| | | Code de l'eau | 11/02/2010 | 27/11/1987 | 07/10/2008 | 22/12/2006 |
| pH | unités pH | 6,5 à 9,5 | 7,31 | 7,55 | 5,7 | 7,44 |
| Conductivité | μS/cm à 20°C | 2100 | 884 | 422,2 | 378 | 563 |
| Dureté totale | ° français | 67,5 | 50,6 | - | 7,28 | 28,7 |
| Alcalinité totale | ° français | 25 | 31,7 | - | 26,5 | |
| Calcium | mg/l | 270* | 177,6 | 99,4 | 77 | 97,5 |
| Magnésium | mg/l | 50* | 15,3 | 6,8 | 7,1 | 10,5 |
| Sodium | mg/l | 150 | 28,5 | 31,2 | 23 | 29 |
| Potassium | mg/l | 12 | 4,4 | 1 | 3,7 | 4,1 |
| Strontium | μg/l | 750** | 254,1 | - | 200 | - |
| Fer total dissous | μg/l | 200* | 25 | - | 2300 | 15 |
| Manganèse | μg/l | 50* | 0,2 | - | 1700 | 21 |
| Sulfates | mg/l | 250 | <u>106,3</u> | 24 | 14 | 56,9 |
| Chlorures | mg/l | 200 | 42,6 | 41 | 34 | 48,7 |
| Nitrates | mg/l | 50 | <u>45,5</u> | 83 | 0,2 | 2 |
| Nitrites | mg/l | 0,1 | <0,04 | - | 0,1 | 0,23 |
| Ammonium | mg/l | 0,5 | <0,02 | - | 3,4 | 0,25 |
| Cuivre | μg/l | 100 | <0,4 | - | 5 | - |
| Zinc | μg/l | 200 | 10 | - | 44 | - |
| Cadmium | μg/l | 5 | <0,05 | - | 0,4 | - |
| Nickel | μg/l | 20 | 3,8 | - | 10 | - |
| Plomb | μg/l | 10 | 0,2 | - | 10 | - |
| Silice | mg/l SiO ₂ | - | 11,3 | 11,5 | 14 | 13 |

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

Le tronçon de la nappe alluviale de la Meuse présent sur le territoire de la carte Huy-Nandrin fait partie de la masse d'eau souterraine: RWM072 (Amont). Le puits P2-Amay fait partie du réseau de surveillance (volet qualitatif). Le diagnostic posé en 2009 sur l'état chimique de ces masses d'eau, basé sur des résultats disponibles depuis 2002 est défini comme bon. La masse d'eau est localement altérée par de l'azote d'origine urbaine, sans toutefois excéder la norme (DGARNE-Direction des Eaux souterraines et Protectis-Cellule DCE, 2010).

V.1.2 Aquifères des calcaires du Carbonifère et du Dévonien

Les eaux des **calcaires carbonifères** de la région de Huy-Nandrin présentent un faciès bicarbonaté calcique de dureté et de conductivité élevées. Dans le tableau V.2, sont repris les résultats d'analyses d'eau issue de la galerie de Triffooy et la galerie de Malplaquaye (CILE), le drain de Marnave et le puits foré 'En Tige de Ville' (IDEN) et deux captages privés situés dans les calcaires du flanc septentrional du Synclinorium de Dinant. Il s'agit d'eau brute, excepté pour Marnave qui a subi une légère chloration. On peut y observer que les teneurs en nitrates et sulfates sont localement élevées, indicateurs d'une pollution anthropique. Les eaux de Malplaquaye présentent une minéralisation beaucoup moins marquée.

Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques des eaux de la nappe des calcaires du Carbonifère

| Elément | Unité | Niveau-guide | Galerie Triffooy | Drain Marnave | Galerie Malplaquaye | Puits En Tige de Ville | P-Limet | Coenhez |
|-------------------|-----------------------|---------------|------------------|---------------|---------------------|------------------------|-------------|--------------|
| | | Code de l'eau | 01/03/2010 | 13/07/2010 | 21/12/2010 | 13/07/2010 | 06/03/2003 | 05/03/2003 |
| pH | unités pH | 6,5 à 9,5 | 7,5 | 7,8 | 6,33 | 7,8 | 8,07 | 7,81 |
| Conductivité | μS/cm à 20°C | 2100 | 583 | 653 | 383 | 551 | 601 | 582 |
| Dureté totale | ° français | 67,5 | 33,7 | 37,4 | 17,8 | 32,2 | 35 | 34,3 |
| Alcalinité totale | ° français | 25 | 26,9 | - | 9,3 | - | 26,3 | 23,9 |
| Calcium | mg/l | 270* | 99,7 | 92,7 | 49,1 | 99,3 | 100,9 | 99 |
| Magnésium | mg/l | 50* | 21,4 | 31,5 | 13,6 | 13,5 | 23,8 | 23,2 |
| Sodium | mg/l | 150 | 7,6 | 11,8 | 10 | 7,39 | 6,87 | 6,95 |
| Potassium | mg/l | 12 | 1,7 | 1,62 | 4,1 | 0,85 | 1,12 | 1,12 |
| Strontium | μg/l | 750** | 154 | - | 119 | - | - | - |
| Fer total dissous | μg/l | 200* | <20 | 6 | <20 | 6 | - | - |
| Manganèse | μg/l | 50* | <0,5 | <4 | 6,1 | <4 | <30 | <30 |
| Sulfates | mg/l | 250 | 38,6 | 46,6 | 54,9 | 35,9 | <u>50,8</u> | <u>50,07</u> |
| Chlorures | mg/l | 200 | 22,8 | 29,1 | 24,6 | 18,1 | 25,4 | 24,9 |
| Nitrates | mg/l | 50 | 21,1 | 23,8 | 15,5 | <u>34,7</u> | 16,8 | <u>40,91</u> |
| Nitrites | mg/l | 0,1 | <0,01 | <0,025 | <0,01 | <0,025 | <0,05 | <0,05 |
| Ammonium | mg/l | 0,5 | <0,01 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Cuivre | μg/l | 100 | <10 | 7 | <10 | <4 | - | - |
| Zinc | μg/l | 200 | <25 | 126 | 110 | 125 | - | - |
| Cadmium | μg/l | 5 | <0,1 | <1 | <0,1 | <1 | - | - |
| Nickel | μg/l | 20 | <1 | <4 | 5,4 | <4 | - | - |
| Plomb | μg/l | 10 | <0,5 | <4 | 1,2 | <4 | - | - |
| Silice | mg/l SiO ₂ | - | 4,3 | - | 7,3 | - | 9,5 | 8,5 |
| Bicarbonates | mg/l | - | 327 | - | 113 | - | 316 | 289 |

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

Quelques valeurs de paramètres hydrochimiques sont disponibles pour l'aquifère des calcaires carbonifères du flanc méridional du Synclinorium de Namur. En juin 1996, les eaux du puits de la

carrière d'Ampsin avaient un pH de 6,6, des teneurs en chlorures de 30,1 mg/l, en nitrates de 1,77 mg/l et de sulfates en 1449 mg/l. Cette dernière valeur extrêmement élevée est due à la présence d'anciennes mines de sulfates (alunifères).

Parmi les nombreux ouvrages implantés sur le site de la centrale nucléaire de Tihange, quelques uns, plus profonds, sont forés dans l'**aquifère des calcaires du Frasnien (Dévonien)** du Synclinorium de Namur. Des analyses chimiques sont disponibles et reprises dans le tableau V.3. Ces résultats présentent une eau douce avec un pH alcalin, une minéralisation faible à moyenne. Les concentrations en fer et manganèse ne sont pas négligeables et dépassent les normes. Les teneurs en certains métaux sont également élevées (Pb, Ni, Zn).

Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques des eaux de la nappe des calcaires du Frasnien

| Elément | Unité | Niveau-guide | P1.7 Tihange | Pz37 pour P1.4 Tihange |
|-------------------|-----------------------|---------------|--------------|------------------------|
| | | Code de l'eau | 14/07/2005 | 07/10/2008 |
| pH | unités pH | 6,5 à 9,5 | 7,68 | 7,7 |
| Conductivité | µS/cm à 20°C | 2100 | 590 | 391 |
| Dureté totale | ° français | 67,5 | 23,8 | 7,84 |
| Alcalinité totale | ° français | 25 | - | 28 |
| Calcium | mg/l | 270* | 77,7 | 77 |
| Magnésium | mg/l | 50* | 10,6 | 10 |
| Sodium | mg/l | 150 | 34,7 | 26 |
| Potassium | mg/l | 12 | 5,31 | 4,6 |
| Strontium | µg/l | 750** | - | 200 |
| Fer total dissous | µg/l | 200* | <u>170</u> | 210 |
| Manganèse | µg/l | 50* | 478 | 1700 |
| Sulfates | mg/l | 250 | 35,1 | 31 |
| Chlorures | mg/l | 200 | 50,6 | 40 |
| Nitrates | mg/l | 50 | <0,01 | 0,2 |
| Nitrites | mg/l | 0,1 | 0,01 | 0,1 |
| Ammonium | mg/l | 0,5 | 2,23 | 1,5 |
| Cuivre | µg/l | 100 | - | 5 |
| Zinc | µg/l | 200 | - | 68 |
| Cadmium | µg/l | 5 | - | 0,4 |
| Nickel | µg/l | 20 | - | 10 |
| Plomb | µg/l | 10 | - | <u>10</u> |
| Silice | mg/l SiO ₂ | - | - | 11 |
| Bicarbonates | mg/l | - | 280,6 | - |

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

Les anciennes carrières abandonnées, et parfois remblayées avec des déchets divers, sont des zones d'infiltration privilégiées vers les eaux souterraines. Tout comme le sont les dolines, chantoirs (pertes) et autres phénomènes karstiques. Ces sources potentielles de pollution sont donc des lieux à surveiller.

V.1.3 Aquifère grès du Famennien

L'aquifère gréseux du Famennien est caractérisé par une eau douce et moyennement minéralisée, et un pH, en général, basique (tableau V.4). Les teneurs, parfois importantes, du calcium, du magnésium et du bicarbonate peuvent être dues au ciment carbonaté et/ou dolomitique présent dans les grès. Les teneurs en nitrates, sulfates et chlorures ne sont pas négligeables (pollution anthropique). Les analyses des échantillons d'eau prélevés dans les puits 'Vieille Forge' et 'Fond du Moulin' semblent confirmer leur implantation dans des formations nettement carbonatées ([chapitre IV.2](#)).

Tableau V.4:Caractéristiques hydrochimiques des eaux de l'aquifère des grès du Famennien

| Elément | Unité | Niveau-guide | Ar Moulin Scry | Tillesse | St-Vitu | Notre-Dame | Vieille-Forge | Fond du Moulin |
|-------------------|-----------------------|---------------|----------------|--------------|------------|--------------|---------------|----------------|
| | | Code de l'eau | 28/11/2006 | 31/01/2011 | 05/03/2003 | 05/03/2003 | 05/03/2003 | 05/03/2003 |
| pH | unités pH | 6,5 à 9,5 | 7,45 | 7,21 | 7,14 | 7,07 | 7,22 | 7,27 |
| Conductivité | µS/cm à 20°C | 2100 | 312 | 698 | 367 | 536 | <u>799</u> | <u>836</u> |
| Dureté totale | ° français | 67,5 | 15,2 | 39,1 | 21,2 | 29,4 | 43,9 | 53,5 |
| Alcalinité totale | ° français | 25 | 3,08 | 24 | 19,6 | 18,9 | 32,4 | 43,8 |
| Calcium | mg/l | 270* | 38 | 88,2 | 54,76 | 67,7 | 144 | 160 |
| Magnésium | mg/l | 50* | 14 | 41,6 | 18,23 | 30,7 | 18,5 | 33,1 |
| Sodium | mg/l | 150 | 8,6 | 9,1 | 6,35 | 10,8 | 14,4 | 3,09 |
| Potassium | mg/l | 12 | 1,4 | 1,9 | 2,92 | 1,72 | 17,6 | <0,05 |
| Strontium | µg/l | 750** | 14 | 141 | - | - | - | - |
| Fer total dissous | µg/l | 200* | <75 | 790 | - | - | - | - |
| Manganèse | µg/l | 50* | 265 | 178,7 | <30 | <30 | <30 | <30 |
| Sulfates | mg/l | 250 | 11 | 69,9 | 17,07 | <u>52,58</u> | <u>53,8</u> | 26,17 |
| Chlorures | mg/l | 200 | 5,5 | 80,4 | 8,11 | 27,05 | <u>55,14</u> | 26,19 |
| Nitrates | mg/l | 50 | <1 | 0,6 | <0,05 | <u>46,27</u> | <u>38,88</u> | <u>40,84</u> |
| Nitrites | mg/l | 0,1 | <0,05 | <0,01 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Ammonium | mg/l | 0,5 | <0,02 | 0,01 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Cuivre | µg/l | 100 | <20 | <10 | - | - | - | - |
| Zinc | µg/l | 200 | 45 | <25 | - | - | - | - |
| Cadmium | µg/l | 5 | <0,5 | <0,1 | - | - | - | - |
| Nickel | µg/l | 20 | <5 | <1 | - | - | - | - |
| Plomb | µg/l | 10 | <5 | <0,5 | - | - | - | - |
| Silice | mg/l SiO ₂ | - | 14 | 9,10 | 18,7 | 20,6 | 12,3 | 8,2 |
| Bicarbonates | mg/l | - | - | 293 | 238 | 230 | 394 | 533 |

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

Dans le cadre de l'étude régionale sur les aquifères gréseux de l'extrémité est du Condroz, une vingtaine de sources ont été suivies chimiquement (LGIH, 1989). Il ressort de ces études que les eaux des grès famenniens sont principalement caractérisées par leur teneur en carbonates. Celle-ci dépend d'une part de l'altitude des sources et d'autre part du degré de fracturation des

roches. Les sources les moins minéralisées sont situées dans des zones fortement tectonisées. La minéralisation de la majorité des sources diminue en janvier, peut-être suite à une remontée générale des nappes à cette période et au drainage des roches plus lessivées. Les concentrations en silice augmentent en septembre et diminuent en janvier. A l'inverse des teneurs en nitrates diminuent légèrement en septembre et augmentent en janvier suite aux épandages agricoles d'automne. L'influence humaine sur le chimisme de l'eau se marque entre autres par les teneurs en chlorures, en nitrates, en sulfates et en potassium.

V.1.4 Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

L'intercommunale de Distribution d'eau de Nandrin, Tinlot et environs (IDEN) avait foré un puits à Saint-Séverin à la fin des années '90 afin de diversifier ses ressources en eau. Ce puits a été rebouché vu les teneurs en certains éléments nécessitant un traitement préalable avant toute consommation. Le tableau V.5 reprend une analyse chimique de l'eau issue de ce forage. L'eau est légèrement bicarbonatée calcique. Les concentrations en fer et manganèse sont importantes, caractéristiques de la nature schisto-gréseuse des roches dans lequel ce puits avait été foré.

Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

| Élément | Unité | Niveau-guide | Puits Halleux |
|-------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| | | Code de l'eau | 18/10/1997 |
| pH | unités pH | 6,5 à 9,5 | 6,82 |
| Conductivité | µS/cm à 20°C | 2100 | 280,6 |
| Dureté totale | ° français | 67,5 | 13,6 |
| Alcalinité totale | ° français | 25 | 9,3 |
| Calcium | mg/l | 270* | 41,8 |
| Magnésium | mg/l | 50* | 7,6 |
| Sodium | mg/l | 150 | 7,2 |
| Potassium | mg/l | 12 | 0,9 |
| Strontium | µg/l | 750** | - |
| Fer total dissous | µg/l | 200* | 2006 |
| Manganèse | µg/l | 50* | 530 |
| Sulfates | mg/l | 250 | 19,79 |
| Chlorures | mg/l | 200 | 19,8 |
| Nitrates | mg/l | 50 | 9,67 |
| Nitrites | mg/l | 0,1 | <0,05 |
| Ammonium | mg/l | 0,5 | 0,1 |
| Cuivre | µg/l | 100 | - |
| Zinc | µg/l | 200 | - |
| Cadmium | µg/l | 5 | - |
| Nickel | µg/l | 20 | - |
| Plomb | µg/l | 10 | - |
| Silice | mg/l SiO ₂ | - | 10,8 |
| Bicarbonates | mg/l | - | 113 |

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

V.2 PROBLEMATIQUE DES NITRATES

Pour protéger les eaux contre la pollution par les nitrates, plusieurs "zones vulnérables" ont été désignées par arrêtés ministériels (figure V.2). Elles ont pour objet la protection des eaux souterraines contre la pollution par les nitrates à partir de sources agricoles. Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans le code de "bonne pratique agricole". Pour plus d'informations, voir www.nitrawal.be.

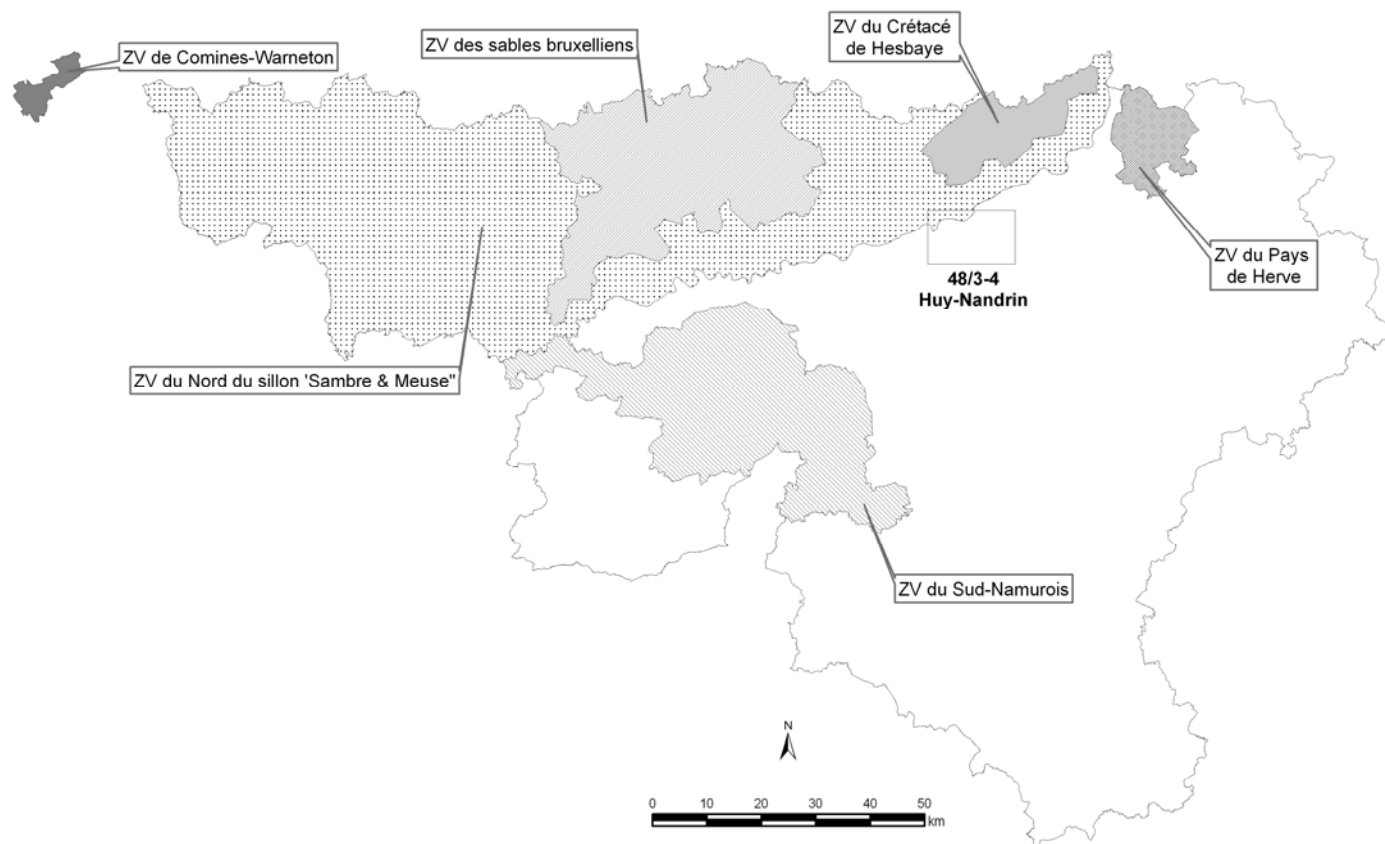


Figure V.2: Zones vulnérables en Région wallonne

Depuis plusieurs années, les teneurs des composés azotés, plus particulièrement les nitrates, font l'objet d'un suivi régulier de la part des compagnies d'eau et de l'administration de la Région Wallonne (DGARNE-DESO). Nous ne disposons pas de données suffisantes pour présenter l'évolution des concentrations des nitrates dans les eaux souterraines en fonction du temps pour l'ensemble des unités hydrogéologiques présentes sur la carte de Huy-Nandrin.

Les concentrations en nitrates des eaux de la nappe alluviale de la Meuse à Amay sont quasi systématiquement au-dessus de la norme de potabilité (50 mg/l) définie par la Région wallonne. La figure V.3 présente un historique de l'évolution de la teneur en nitrates au droit des captages d'Amay, de 1984 à 2010. L'eau pompée sur le site d'Amay est traitée et mélangée à l'eau traitée des barrages d'Eupen et de la Gileppe avant distribution.

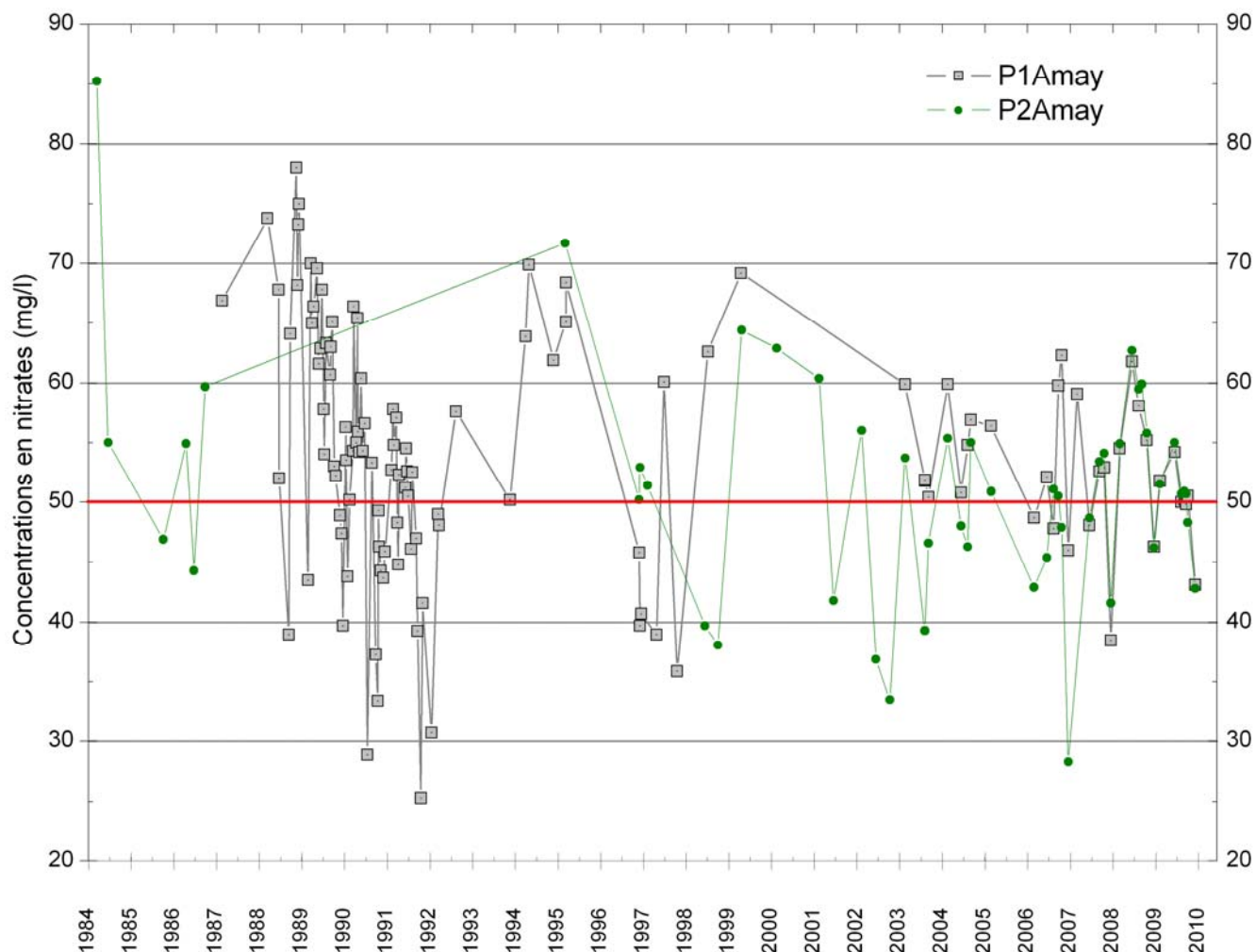


Figure V.3: Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux de la nappe alluviale de la Meuse à Amay

La figure V.4 présente l'évolution des concentrations en nitrates, de 1988 à 2010, des eaux issues de l'aquifère des calcaires du Carbonifère. Ces données sont fournies dans le cadre du suivi de la qualité des eaux destinées à la distribution publique. Les teneurs en nitrates ne dépassent pas la norme de potabilité (50 mg/l). Néanmoins, une augmentation progressive est constatée, surtout pour le puits 'En Tige de Ville'. Depuis 2004, les teneurs en nitrates de cette prise d'eau sont systématiquement supérieures à 30 mg/l et semblent présenter une cyclicité bisannuelle.

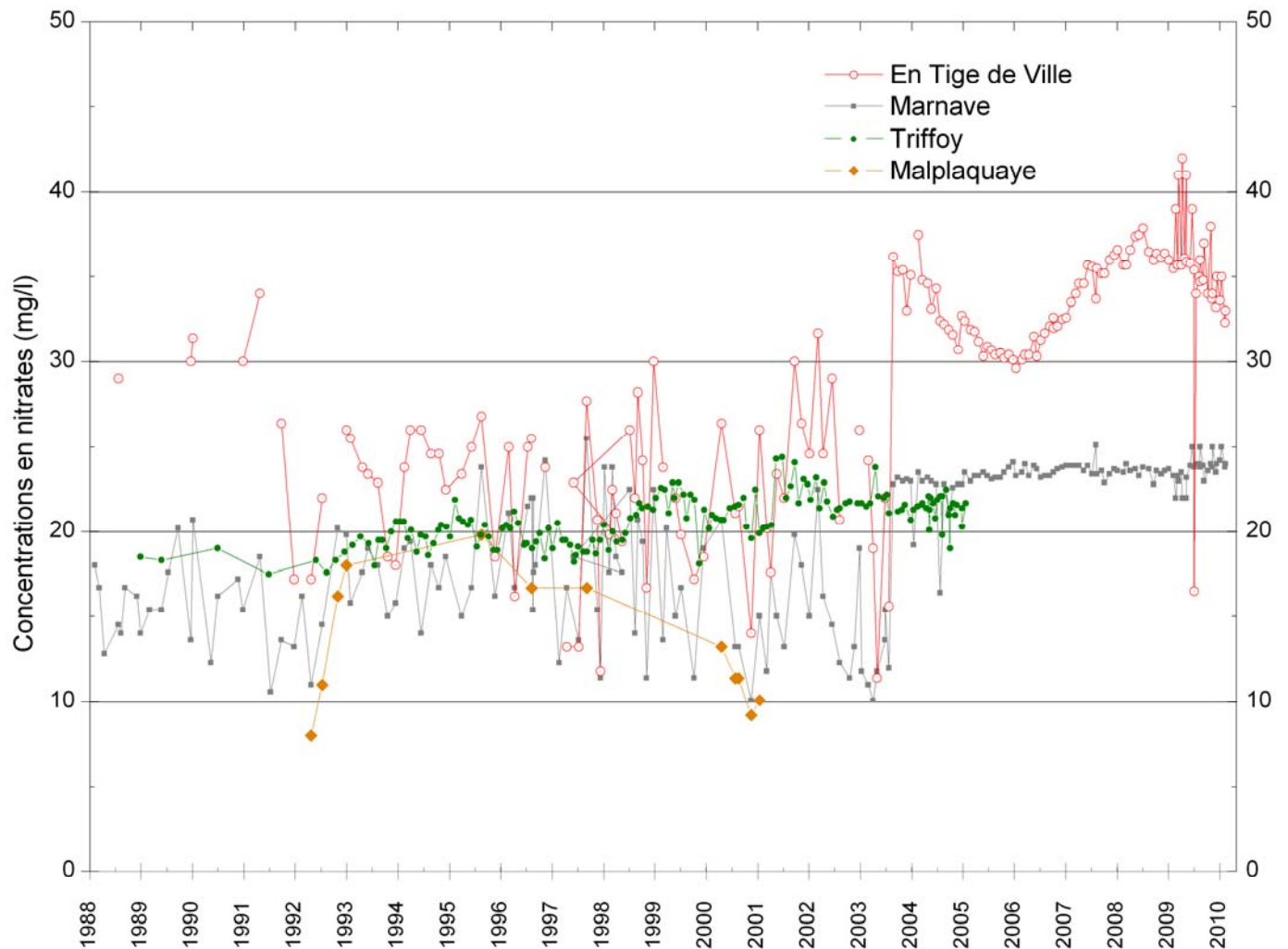


Figure V.4: Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux de la nappe des calcaires du Carbonifère

Quelques données sont aussi disponibles pour l'aquifère des grès du Famennien. La figure V.5 présente l'évolution des concentrations en nitrates depuis 1996 pour le forage de Tillesse. Les teneurs en nitrates ne dépassent pas 20 mg/l.

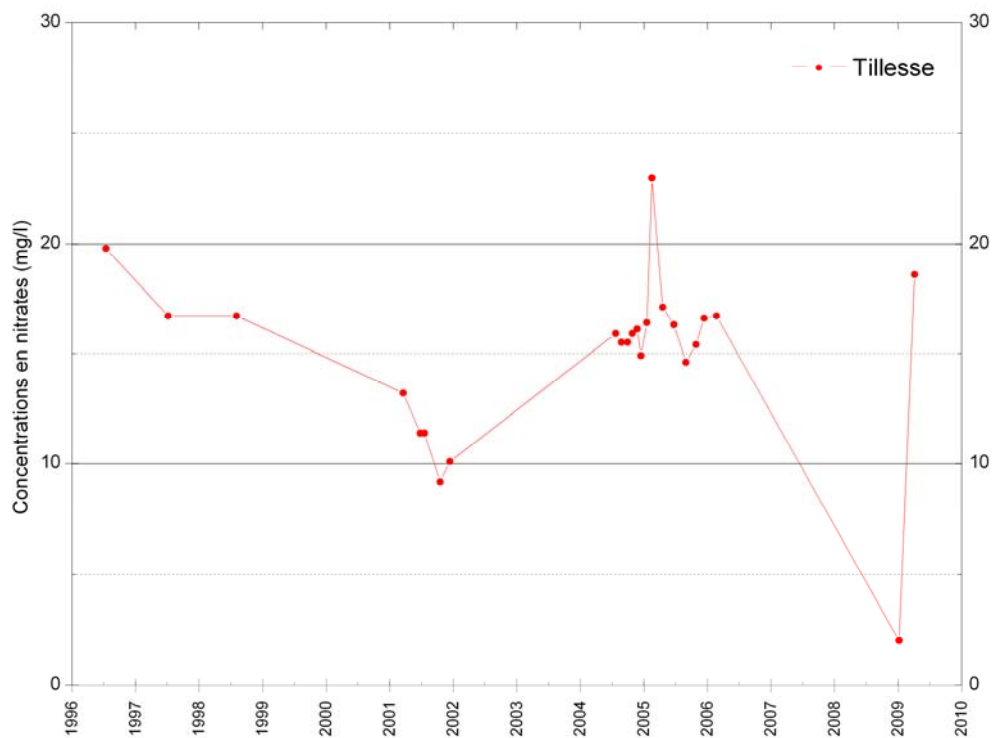


Figure V.5: Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux de la nappe des grès du Famennien

V.3 QUALITE BACTERIOLOGIQUE

Les paramètres microbiologiques des eaux destinées à la distribution publique sont régulièrement mesurés par les compagnies d'eau. D'après les données disponibles, les eaux souterraines des prises d'eau de la carte Huy-Nandrin présentent une bonne qualité microbiologique. Les tableaux V.6 à V.9 reprennent, à titre indicatif, les analyses bactériologiques pour des prises d'eau publiques (eau brute avant tout traitement). Une légère chloration, à titre préventif, est opérée avant la distribution de l'eau sur le réseau. Ainsi, l'eau distribuée au robinet du consommateur répond parfaitement aux normes de potabilité.

Tableau V.6: Paramètres microbiologiques – Aquifère alluvial de la Meuse - Carte Huy-Nandrin

| Paramètre | Unité | Niveau-guide | P2-Amay | Tihange - Pz8 pour P3.1bis |
|----------------------|-------------------|---------------|------------|----------------------------|
| | | Code de l'eau | 11/02/2010 | 07/10/2008 |
| Germes totaux à 22°C | nombre par ml | 100 | 309 | 1 |
| Germes totaux à 37°C | nombre par ml | 10 | 1 | - |
| Coliformes totaux | nombre par 100 ml | 0 | 0 | 0 |
| Coliformes fécaux | nombre par 100 ml | 0 | 0 | - |
| Entérocoques | nombre par 100 ml | 0 | 0 | 0 |
| Escherichia Coli | nombre par 100 ml | 0 | 0 | 0 |

Les données reprises au tableau V.7 caractérisent les eaux logées dans les formations calcaires du Carbonifère du bord nord du Synclinorium de Dinant.

Tableau V.7: Paramètres microbiologiques – Aquifère des calcaires du Carbonifère - Carte Huy-Nandrin

| Paramètre | Unité | Niveau-guide | Triffoy | Marnave | En Tige de Ville |
|----------------------|-------------------|---------------|------------|------------|------------------|
| | | Code de l'eau | 10/03/2008 | 13/07/2010 | 13/07/2010 |
| Germes totaux à 22°C | nombre par ml | 100 | 1 | 3 | <1 |
| Germes totaux à 37°C | nombre par ml | 10 | - | <1 | <1 |
| Coliformes totaux | nombre par 100 ml | 0 | 20 | 0 | 0 |
| Coliformes fécaux | nombre par 100 ml | 0 | - | - | - |
| Entérocoques | nombre par 100 ml | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Escherichia Coli | nombre par 100 ml | 0 | -0 | 0 | 0 |

Les eaux captées dans la galerie de la CILE à Triffoy sont naturellement très pures. Elles ne nécessitent aucun traitement à l'exception d'une légère chloration afin de se garantir contre la présence de germes dans le réseau de distribution (Hodiaumont et al, 1999).

Tableau V.8: Paramètres microbiologiques – Aquifère des calcaires du Frasnien - Carte Huy-Nandrin

| Paramètre | Unité | Niveau-guide | Pz37 pour P1.4 Tihange |
|----------------------|-------------------|---------------|-------------------------------|
| | | Code de l'eau | 07/08/2010 |
| Germes totaux à 22°C | nombre par ml | 100 | 180 |
| Germes totaux à 37°C | nombre par ml | 10 | - |
| Coliformes totaux | nombre par 100 ml | 0 | 0 |
| Coliformes fécaux | nombre par 100 ml | 0 | - |
| Entérocoques | nombre par 100 ml | 0 | 0 |
| Escherichia Coli | nombre par 100 ml | 0 | 0 |

Le piézomètre Pz37 pour P1.4 de Tihange est foré dans les calcaires frasniens (Dévonien) du Synclitorium de Namur.

Tableau V.9: Paramètres microbiologiques – Aquifère des grès du Famennien - Carte Huy-Nandrin

| Paramètre | Unité | Niveau-guide | Ar Moulin -Scry |
|----------------------|-------------------|---------------|------------------------|
| | | Code de l'eau | 28/11/2006 |
| Germes totaux à 22°C | nombre par ml | 100 | - |
| Germes totaux à 37°C | nombre par ml | 10 | - |
| Coliformes totaux | nombre par 100 ml | 0 | 0 |
| Coliformes fécaux | nombre par 100 ml | 0 | - |
| Entérocoques | nombre par 100 ml | 0 | 0 |
| Escherichia Coli | nombre par 100 ml | 0 | 0 |

V.4 PESTICIDES

La présence de pesticides dans les eaux potabilisables devient, au même titre que les nitrates, relativement préoccupante. Depuis plusieurs années, une centaine de pesticides sont recherchés dans les eaux souterraines destinées à la consommation humaine. Les herbicides font partie des micropolluants les plus problématiques, qu'ils soient d'usage agricole ou non agricole, dans le sens où ils impliquent des traitements de potabilisation spécifiques et parfois très coûteux (D GARNE-DESO & DEE, 2010; TBE, 2010).

La figure V.6 montre l'impact des pesticides sur la qualité des eaux souterraines wallonnes. Cette carte illustre l'indicateur 'eau 8' de l'analyse des composantes de l'environnement présentée dans le tableau de bord de l'environnement wallon 2010 (TBE, 2010). Cet indicateur rend compte de manière simplifiée et globale de la qualité des eaux souterraines wallonnes par rapport aux pesticides. Les indices¹⁶ de qualité révèlent que les aquifères de la région de Huy-Nandrin sont classés en catégorie 'Bonne' pour l'altération 'Pesticides'.

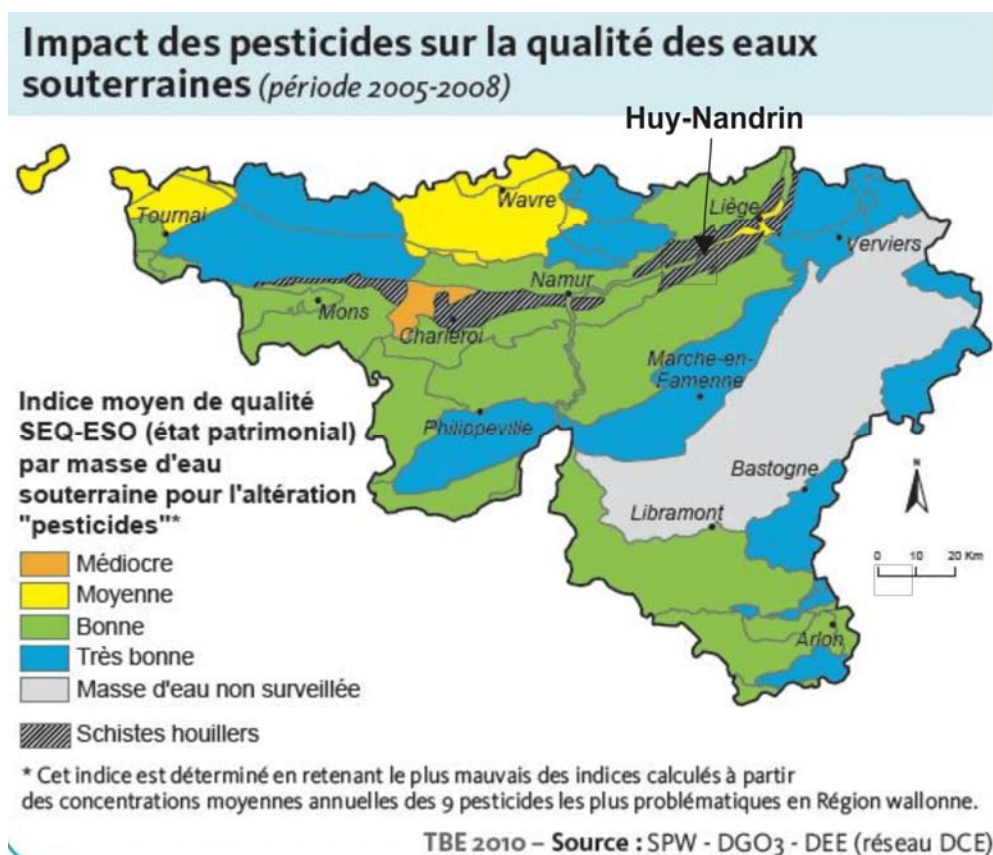


Figure V.6: Pesticides en Région wallonne (TBE, 2010; fig EAU 8-1 modifiée)

¹⁶ Indice calculé à partir des concentrations moyennes annuelles en atrazine, déséthylatrazine, simazine, diuron, isoproturon, chlortoluron, bromacile, bentazone et 2,6-dichlorobenzamide (BAM)

En Région wallonne, 9 pesticides (famille des herbicides) ont été épinglés comme les plus problématiques. Le tableau V.10 est dressé sur cette base. Actuellement, la pollution des aquifères de la carte de Huy-Nandrin par les produits phytosanitaires 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 régulière d'atrazine et de ses produits de dégradation (déséthyl atrazine) dans les eaux captées est à surveiller. L'utilisation de cet herbicide est définitivement interdite depuis septembre 2005. D'autres substances deviennent problématiques comme le bentazone (herbicide utilisé en substitut de l'atrazine) et le 2,6-dichlorobenzamide (produit utilisé principalement dans le désherbage des voiries, parcs et jardins).

Tableau V.10: Principaux pesticides dans les eaux souterraines - Carte Huy-Nandrin

| Pesticide | Niveau-guide Code de l'eau | P2-Amay | Triffoy | Puits En Tige de Ville | Pz37 pour P1.4 Tihange | Ar Moulin Scry |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| | | Alluvions de la Meuse 12/02/2010 | Calcaires carbonifères 13/02/2008 | Calcaires carbonifères 13/07/2010 | Calcaires frasniens 07/10/2008 | Grès famenniens 28/11/2006 |
| Atrazine (ng/l) | 100 | 7 | 3 | 31,8 | 4,4 | <0,05 |
| Déséthyl Atrazine (ng/l) | 100 | 18 | 6 | 60,2 | 6,5 | <0,05 |
| Simazine (ng/l) | 100 | <3 | 3 | <1 | 1 | <0,05 |
| Diuron (ng/l) | 100 | <1 | 1 | <1 | 14,8 | <0,05 |
| Isoproturon (ng/l) | 100 | <1 | 1 | <1 | 16,8 | <0,05 |
| Chlortoluron (ng/l) | 100 | <1 | 1 | 2,3 | 4,9 | <0,05 |
| Bromacile (ng/l) | 100 | 36 | 1 | <1 | 9,9 | <0,05 |
| Bentazone (ng/l) | 100 | <2 | 2 | 15,7 | 20,3 | <0,05 |
| 2,6-dichlorobenzamide (BAM) (ng/l) | 100* | 6 | 5 | <1 | 129 | <0,05 |

* norme de potabilité à défaut de valeur-guide

VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES

Les ressources en eaux souterraines de la carte Huy-Nandrin sont logées principalement dans les alluvions de la plaine mosane, dans les formations carbonatées du Carbonifère (Dinantien) et dans les grès du Famennien. Les niveaux aquifères du Houiller, du Dévonien moyen et inférieur, et du Silurien sont également localement exploités.

Les données présentées dans ce chapitre sont extraites de la base de données du Service Public de Wallonie. L'encodage des volumes d'eau prélevés n'est cependant pas complet. Ceci concerne principalement les petits exploitants et donc les petits volumes (< 3000 m³/an). En effet, les puits des particuliers ou des agriculteurs ne sont pas encore tous pourvus d'un compteur. Quelques données ont été aussi directement fournies par les exploitants d'ouvrages de prise d'eau.

VI.1 AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE

La nappe alluviale de la Meuse sur la carte de Huy-Nandrin est essentiellement exploitée par la SWDE à Amay et par Electrabel à Tihange (centrale nucléaire).

La SWDE prélève environ 700 à 1000 m³/j (moyenne établie depuis 1997) via ses deux puits de production (P1 & P2-Amay). Deux autres puits sont placés en réserve. Sur la période 1999-2009, le volume moyen prélevé sur le site est de l'ordre de 314 000 m³/an.

Pour les besoins de fonctionnement de la centrale nucléaire de Tihange, Electrabel sollicite la nappe alluviale via une quinzaine de puits. A cela, il faut ajouter quelques puits forés dans l'aquifère des calcaires du Frasnien. Les quatre puits "Eau déminéralisée" sont utilisés en permanence ([chapitre IV.2.1](#)). En 2009, le volume total prélevé était légèrement inférieur à 800 000 m³. Le volume moyen sur les 10 dernières années (1999-2009) est de l'ordre de 895 000 m³ (min: ± 750 000 m³ en 2008; max: ± 1 115 000 m³ en 2000). Le site nucléaire de Tihange est certifié EMAS¹⁷. Ainsi dans le but d'améliorer leurs performances environnementales, un effort est fait au niveau de la consommation d'eau. A titre indicatif, cette amélioration continue porte aussi sur les déchets, les rejets (gazeux et liquides), le bruit. Une dizaine d'autres puits du site de Tihange assurent une fonction de sûreté. Des essais de pompage y sont effectués régulièrement. Les volumes prélevés varient d'une année à l'autre.

¹⁷ [Eco-Management and Audit Scheme](#) = Système de Management Environnemental (SME) accompagné d'audits périodiques afin d'évaluer les performances environnementales d'un site. Pour plus d'informations: <http://europa.eu.int/comm/environment/emas>

Sur la période 1999-2009, le volume moyen annuel de l'ensemble de ces puits a varié entre 30 000 m³ et 107 000 m³. A titre indicatif, pour l'ensemble de ces ouvrages, en 2009 environ 50 000 m³ d'eau ont été pompés.

Quelques particuliers et industries prélèvent aussi de l'eau de la nappe alluviale de la Meuse. Les volumes sont fort variables d'une année à l'autre et d'un titulaire à l'autre. En 2008, les volumes pompés sont compris entre 100 m³ et 32 500 m³. Les gros consommateurs d'eau (> 10 000 m³/an) sont, d'après les informations disponibles, Galvametaux s.a. et la station d'aquaculture CEFRA-ULg.

VI.2 AQUIFERE DES CALCAIRES DU CARBONIFERE

Flanc sud du Synclinorium de Namur

Très peu de captages sollicitent l'aquifère des calcaires carbonifères du flanc sud du Synclinorium de Namur sur la carte Huy-Nandrin. Peu de données sont disponibles sur les volumes prélevés.

Quelques données sont disponibles au droit de la carrière d'Ampsin (Dumont-Wautier, Groupe Lhoist). Avant 2001 et l'arrêt définitif de l'exhaure, le volume annuel était compris entre 130 000 et 400 000 m³.

Flanc nord du Synclinorium de Dinant

La CILE exploite deux sites de captages sur la carte Huy-Nandrin, exploitant les aquifères carbonatés du Carbonifère (y compris l'unité hydrogéologique de l'Hastarien). A Marchin, la galerie de Triffoy est le captage le plus important exploitant les calcaires carbonifères du Synclinorium de Dinant sur la carte de Huy-Nandrin. En moyenne (1999-2009), 1700 à 2250 m³ d'eau sont prélevées par jour et destinées aux localités voisines (Huy, Modave, Marchin). En 2009, le volume prélevé était de l'ordre de 630 000 m³. A Tinlot, la galerie drainante 'Malplaquaye' a été reprise à la CILE, le 1^{er} janvier 2009. En 2009, environ 18 500 m³ d'eau ont été prélevés. Antérieurement, les volumes prélevés étaient relativement variables d'une année à l'autre (entre 10 000 et 24 000 m³/an, soit entre 30 et 50 m³/j).

L'IDEN possède également deux captages sollicitant les eaux logées dans les formations carbonatées du Carbonifère (y compris l'unité hydrogéologique de l'Hastarien). A Villers-le-Temple, le drain 'Marnave' est exploité à raison de 900 à 1075 m³/j (période 1999-2009). En 2009, le volume prélevé était de l'ordre de 330 000 m³. A Tinlot (Fraiture), le volume pompé par jour au puits 'En Tige de Ville' est compris entre 60 et 250 m³ (période 1999-2009). Le volume prélevé à ce captage a nettement augmenté cette décennie (en 1999: 22 500 m³; en 2004:

74 000 m³; en 2009: 93 500 m³). Pour rappel, ce forage est implanté dans les calcaires carbonifères (et non dans les grès famenniens d'après la carte géologique de 1898).

A titre indicatif et puisque leurs zones de prévention sont situées partiellement sur la carte Huy-Nandrin, nous citerons les captages de Limet - Saint-Pierre (CILE) et de Jamagne à Marchin (VIVAQUA). Ces deux ouvrages de prise d'eau, situés sur la carte Modave-Clavier, exploitent l'aquifère des calcaires carbonifères avec un débit, respectivement, de l'ordre de 900 m³/j et d'environ 7 500 m³/j.

Quelques puits de particuliers sont implantés dans cette unité hydrogéologique. Les volumes pompés annuellement sont compris entre 150 et 1800 m³ (essentiellement usage agricole).

VI.3 AQUIFERE DES GRES DU FAMENNIEN

La CILE possède le forage de Tillesse (reprise du 1^{er} janvier 2009). En 2009, 22 500m³ d'eau ont été prélevé sur ce captage. Auparavant, le volume pompé était variable d'une année à l'autre, oscillant entre 10 500 et 23 500 m³/an (soit entre 30 et 65 m³/j).

A Scry, l'IDEN a réalisé un puits (98 m de profondeur) sollicitant les eaux logées dans les formations gréseuses du Famennien, le puits Ar Moulin. Ce captage devrait entrer en service au cours de l'année 2011.

Quelques particuliers possèdent des ouvrages implantés dans l'aquifère des grès du Famennien. Les volumes pompés annuellement varient entre 20 et 1600 m³. Ils sont essentiellement destinés à l'usage agricole.

VI.4 AUTRES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

VI.4.1 Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller

Peu de puits sont forés dans les formations schisto-gréseuses du Houiller. D'après les données disponibles, le volume prélevé par captage oscille entre 60 et 20 m³/an.

VI.4.2 Aquifère des calcaires du Frasnien

Electrabel possède quelques puits sollicitant cette unité hydrogéologique sous les alluvions mosanes sur le site de la centrale nucléaire à Tihange. Ces puits ont été forés pour alimenter la nouvelle unité centralisée de déminéralisation (mise en service prévue pour fin 2011-début 2012). Quelques tests de pompage y ont déjà été effectués afin de s'assurer que les débits minimums requis sont atteints.

VI.4.3 Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur

Quelques particuliers (usages domestiques et agricoles) possèdent un puits sollicitant les horizons aquifères des formations schisto-gréseuses du Dévonien inférieur. Les volumes prélevés sont relativement faibles compris entre 20 et 4000 m³ (seulement 15 % prélèvent plus de 1500 m³/an).

VII. PARAMETRES D'ÉCOULEMENT ET DE TRANSPORT

Les paramètres hydrodynamiques et hydrodispersifs présentés dans ce chapitre ont été mesurés au droit de sites de captage de la carte Huy-Nandrin. Ils reflètent donc les conditions locales d'écoulement et de transport au sein de l'aquifère étudié. Cependant, toutes les unités hydrogéologiques ne seront pas caractérisées par manque d'information.

VII.1 AQUIFERE ALLUVIAL DE LA MEUSE

Dans le cadre de l'élaboration des zones de prévention autour des captages d'Amay, la SWDE a réalisé plusieurs études (forages, essais de pompage, tests de traçage). Les transmissivités calculées sont de l'ordre de 1 à 2×10^{-1} m²/s, en pompage comme en remontée, sauf dans les zones plus argileuses où des valeurs sont de l'ordre de 10^{-3} m²/s. L'épaisseur de l'aquifère est comprise entre 6,5 et 8,5 m. Les puits sont complets, c'est-à-dire qu'ils traversent toute l'épaisseur de l'aquifère. Ils pénètrent de quelques décimètres dans le socle paléozoïque. L'épaisseur saturée est de l'ordre de 5 m. Ainsi, déduite des transmissivités calculées, on obtient des valeurs de conductivité hydraulique moyenne comprise entre 2 et 4×10^{-2} m/s, voire 2×10^{-4} m/s au niveau des passées plus argileuses. Ces valeurs reflètent un milieu très perméable. Les coefficients d'emmagasinement, calculés au droit des piézomètres du site, sont compris entre 0,5 % et 7,1 % ce qui montre que la nappe est localement captive sous les limons fluviatiles (SWDE, 1997; Peters, 1996). Lors des essais de traçage menés en février et septembre 1996, 6 traceurs ont été injectés. Seuls deux sont réapparus dans le puits de récupération (LiCl et éosine). Les taux de restitution sont de 59 % pour le lithium et de 39 % pour l'éosine. Les vitesses maximales sont de 2,4 m/h (LiCl) et de 1,06 m/h (éosine). Les vitesses modales sont respectivement de 1,37 m/h et 0,52 m/h. L'interprétation analytique des courbes de restitution avec le logiciel CATTI a donné les résultats suivants: une porosité efficace de 7,6 % (LiCl) et 8,2 % (éosine) et, une dispersivité longitudinale de 2,5 m (LiCl) et 3,8 m (éosine), avec une valeur de l'épaisseur saturée de l'aquifère égale à 5 m (SWDE, 1984, 1997; Peters, 1996).

Le site de la centrale nucléaire de Tihange a été étudié en détails. Des essais de pompage (paliers, longues durées) réalisés avant la construction de la centrale ont donné une conductivité hydraulique moyenne des graviers alluvionnaires de l'ordre de 1×10^{-2} m/s. De faibles coefficients d'emmagasinement sont observés suite au fait que la nappe est localement captive (Monjoie, 1969). Régulièrement les puits de sûreté sont testés, à différents débits, afin de définir les débits d'exploitation maximum de chacun d'eux. Les conductivités hydrauliques, calculées au droit des différentes unités de production par les méthodes de Theis et de Cooper-Jacob, sont synthétisées au tableau VII.1. La plage des valeurs de conductivité hydraulique calculées sur le site de Tihange est relativement grande (K varie fortement d'un puits à l'autre). Ceci n'est pas nécessairement lié à des hétérogénéités locales modifiant les paramètres hydrodynamiques de

l'aquifère, mais peut être expliqué simplement par la présence des murs emboués qui forment des barrières hydrauliques dans le sous-sol entre le point de pompage et le point de mesure (Tractebel Development Engineering, 2003; 2007a).

Tableau VII.1: Synthèse des valeurs de conductivité hydraulique de la nappe alluviale sur le site de Tihange

| Unité 1 | | Unité 2 | | Unité 3 | |
|---------------|---|-------------|--|-------------|---|
| Puits | janvier 2003 | Puits | septembre 2002 | Puits | février 2003 |
| P1.1.N | 8×10^{-4} à $1,5 \times 10^{-2}$ m/s | P2.1 | $6,5 \times 10^{-3}$ à $1,9 \times 10^{-2}$ m/s | P3.1 | $1,7 \times 10^{-3}$ à $9,4 \times 10^{-3}$ m/s |
| P1.2 | $4,6 \times 10^{-4}$ à $5,7 \times 10^{-2}$ m/s | P2.2 | $3,9 \times 10^{-3}$ à $7,65 \times 10^{-3}$ m/s | P3.3 | $3,3 \times 10^{-3}$ à $8,7 \times 10^{-2}$ m/s |
| P1.8 | mars 2007 | P2.5 | $1,2 \times 10^{-3}$ à $7,21 \times 10^{-3}$ m/s | P3.6 | $1,7 \times 10^{-3}$ à $8,3 \times 10^{-3}$ m/s |
| P1.9 | 5×10^{-3} à 6×10^{-3} m/s | | | | |

VII.2 AQUIFERES DES CALCAIRES DU CARBONIFERE ET DU DEVONIEN

Aquifère des calcaires du Carbonifère

A la carrière d'Ampsins de Dumont-Wautier s.a. (groupe Lhoist), un essai de pompage de courte durée a été réalisé fin mai 1997 (Tractebel Development Engineering, 1997). Les résultats indiquent des valeurs de transmissivité comprises entre $8,4 \times 10^{-4}$ m²/s et $6,95 \times 10^{-6}$ m²/s, soit une transmissivité moyenne de $4,33 \times 10^{-4}$ m²/s (épaisseur saturée non communiquée). Ces forages n'existent plus suite aux travaux d'excavation dans la carrière.

A Marchin, dans la vallée du Hoyoux, des essais de pompage et d'injection ainsi que des tests de traçage ont été réalisés dans les piézomètres forés à proximité de la galerie Triffooy de la CILE (LGIH, 2004). Les conductivités hydrauliques sont assez variables. Le forage le plus perméable présente des valeurs de K de 2,8 à $5,5 \times 10^{-5}$ m/s ($Q_{\text{pompage}} = 6$ à 12 m³/h). Ce piézomètre, proche du Hoyoux, semble influencé par la rivière. D'autres forages, plus éloignés du Hoyoux, ont des conductivités hydrauliques comprises entre 1 et $2,7 \times 10^{-5}$ m/s ($Q_{\text{pompage}} = 2,5$ à 5 m³/h). Un forage, situé dans une zone peu fissurée, présente des conductivités hydrauliques comprises entre 0,4 et $0,7 \times 10^{-5}$ m/s ($Q_{\text{pompage}} < 1$ m³/h). Les tests d'injection ont été effectués sur des puits se vidant rapidement lors des pompages. Les conductivités hydrauliques obtenues sont de l'ordre de 0,05 à $5,4 \times 10^{-5}$ m/s. Afin de définir les vitesses de circulation des eaux souterraines au droit du site de Triffooy, un traceur a été injecté dans chacun des 6 piézomètres. Les vitesses de première arrivée (vitesse maximale) varient entre 30 et 83 m/h.

A Fraiture-Tinlot (Grand Lou), des essais de pompage de longue durée ont été menés sur le puits 'En Tige de Ville' (LGIH, 1989; Swinnen, 1989). Les conductivités hydrauliques obtenues varient entre 2,3 et $5,8 \times 10^{-3}$ m²/s et les conductivités hydrauliques moyennes sont de l'ordre de 1×10^{-4} m/s. Cette valeur de K a été évaluée en considérant une épaisseur d'aquifère de 45 m, épaisseur probablement sous-estimée. Le débit critique de ce puits semble supérieur à 50 m³/h.

De nouveaux essais de pompage ont été réalisés, en juillet 2007, avec suivi du niveau d'eau dans les piézomètres Pz1-Champ et Pz2-Route (site de captage de l'IDEN). Les transmissivités, en rabattement et en remontée, sont relativement élevées et du même ordre de grandeur. Elles sont comprises entre $1,66 \times 10^{-3}$ et $3,36 \times 10^{-3}$ m²/s (Theis-Jacobs). La conductivité hydraulique déduite est d'environ $3,7 \times 10^{-5}$ m/s, pour une hauteur théorique d'aquifère de 45 m. Cette épaisseur est sans doute sous-estimée et la valeur de la perméabilité surévaluée. Par la formule de Dupuit, la conductivité hydraulique calculée est de $0,4 \times 10^{-5}$ m/s (GEOLYS, 2007b).

Dans la cadre du projet 'Synclin'Eau', en septembre 2008, un essai de pompage par paliers enchainés avec remontée en fin de test a été réalisé sur le forage F3-Strée, à l'ouest de Tinlot. *Les transmissivités en rabattement sont comprises entre $1,23 \times 10^{-2}$ et $1,38 \times 10^{-2}$ m²/s et la transmissivité en remontée est de $2,83 \times 10^{-2}$ m²/s. Vu les faibles rabattements observés, cette interprétation des résultats est à prendre avec prudence (le régime transitoire n'est pas établi). En considérant une hauteur supposée de l'aquifère de 100 m, les valeurs de coefficient K sont de l'ordre de 10^{-4} m/s (GEOLYS, 2008b).*

La grande gamme de valeurs obtenues lors de ces différents essais, tant au niveau écoulement que transport, démontre une fois de plus la très grande hétérogénéité des milieux calcaires, hétérogénéité influençant fortement la délimitation des zones de prévention.

Aquifère des calcaires du Dévonien

Sur le site de la centrale nucléaire du Tihange, quelques forages ont été implantés dans l'aquifère des calcaires frasniens. Des essais de pompage ont été réalisés afin de déterminer les caractéristiques des puits, celles de l'aquifère et l'influence de ces pompages sur l'aquifère alluvial (Tractebel Development Engineering, 2007b). Des essais de courte durée (2 h) à différents paliers et un essai de longue durée (29 h) avec suivi du niveau d'eau dans les piézomètres proches ont été menés entre avril et juillet 2005. Les paramètres hydrodynamiques calculés (formules de Cooper-Jacob) sont synthétisés au tableau VII.2. Les valeurs du coefficient d'emménagement indiquent un aquifère captif.

Tableau VII.2: Paramètres hydrodynamiques de la nappe des calcaires du Frasnien sur le site de Tihange

| Puits (Unité 1) | Transmissivité (m ² /s) | Conductivité hydraulique K (m/s) | Coefficient d'emménagement | Débit d'exploitation envisageable (m ³ /h) |
|-----------------|---|---|---|---|
| P1.4 | 3×10^{-4} à $2,5 \times 10^{-3}$ | 7×10^{-6} à 8×10^{-8} | 10^{-5} à 10^{-6} | 32 |
| P1.6 | $1,7 \times 10^{-3}$ à $2,2 \times 10^{-2}$ | 6×10^{-5} à 3×10^{-3} | 9×10^{-4} à 2×10^{-6} | 45 |
| P1.7 | $1,7 \times 10^{-3}$ à $2,2 \times 10^{-2}$ | 3×10^{-5} à 2×10^{-3} | 2×10^{-6} | 35 |

Un essai de pompage simultané dans les trois puits a aussi été mené. Les puits P1.4 et P1.6 sont implantés dans les calcaires frasniens, le puits P1.7 dans les dolomies frasniennes. Le débit total pompé était de 105 m³/h dont 30 m³/h au P1.4, 45 m³/h au P1.6 et 30 m³/h au P1.7. L'essai

a duré 17 jours. Cet essai a montré que les puits peuvent capter sans problèmes les futurs débits opérationnels (Tractebel Development Engineering, 2007b).

VII.3 AQUIFERE DES GRES DU FAMENNIEN

Les essais de pompage réalisés sur plusieurs puits lors de l'étude régionale des aquifères gréseux ont montré que les paramètres hydrodynamiques sont assez variables d'un site à l'autre, liés au degré de fracturation et à l'importance de la couche altérée. Les transmissivités fluctuent entre $0,3 \times 10^{-4}$ et $3,4 \times 10^{-3}$ m²/s, localement elles peuvent atteindre des valeurs de $2,4 \times 10^{-2}$ m²/s. Les conductivités hydrauliques ont des valeurs moyennes de 1 à 3×10^{-5} m/s mais peuvent varier entre 0,25 et 19×10^{-5} m/s (LGIH, 1989).

VII.4 AQUITARD A NIVEAUX AQUIFERES DU DEVONIEN INFERIEUR

A Saint-Séverin (Nandrin), l'IDEN avait réalisé un forage de reconnaissance, le puits 'Halleux' (rebouché depuis). Des pompages d'essai y ont été réalisés (LGIH, 1997; 1998). L'interprétation des courbes de rabattement et de remontée donne des transmissivités en pompage et en remontée de même ordre, à savoir entre 0,3 et 3×10^{-4} m²/s (épaisseur saturée non communiquée). Mais la diminution avec le temps des transmissivités en remontée indique une faible réalimentation du puits, avec une surexploitation de l'aquifère pour les débits testés (Q_{max} : 10 m³/h – longue durée: 14 jours). Les transmissivités sont plus faibles aux débits plus élevés, montrant des perméabilités plus faibles latéralement ou en profondeur. Par la suite, un essai de plus longue durée avec un débit plus faible a été réalisé (4 m³/h pendant 23 jours). Les résultats obtenus sont semblables à ceux des premiers tests. Au-delà de 4 m³/h, l'alimentation du puits est nettement insuffisante.

VIII. ZONES DE PREVENTION

VIII.1 CADRE LEGAL

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

Afin de limiter les risques de contamination des captages, des périmètres de prévention doivent être mis en place. La législation wallonne¹⁸ définit quatre niveaux de protection à mesure que l'on s'éloigne du captage : zones de prise d'eau (Zone I), de prévention (Zones IIa et IIb) et de surveillance (Zone III).

1° Zone de prise d'eau ou zone I

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

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

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

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

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

- la zone de prévention rapprochée (zone IIa) : zone comprise entre le périmètre de la zone I et une ligne située à une distance de l'ouvrage de prise d'eau correspondant à un temps de transfert de l'eau souterraine jusqu'à l'ouvrage égal à 24 heures dans le sol saturé.

¹⁸ 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 (M.B. du 12/04/2005, p. 15068).

A défaut de données suffisantes permettant de définir la zone IIa selon le critère des temps de transfert, la législation suggère de délimiter la zone IIa par une ligne située à une distance horizontale minimale de 35 mètres à partir des installations de surface, dans le cas d'un puits, et par deux lignes situées à 25 mètres au minimum de part et d'autre de la projection en surface de l'axe longitudinal dans le cas d'une galerie. En milieu karstique, tous les points préférentiels de pénétration (doline et pertes) donc la liaison avec le captage est établie sont classés en zone IIa.

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

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

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

3° Zone de surveillance ou zone III

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

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

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 2009¹⁹.

La Société publique de Gestion de l'Eau²⁰ 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/).

¹⁹ 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).

²⁰ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

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

Les zones de prévention autour des captages de la SWDE à Amay ont été déterminées sur base des temps de transfert suite à l'élaboration d'un modèle mathématique d'écoulement et de transport (Peters, 1996). Les limites du modèle ont été localement déplacées pour correspondre avec des limites matérialisables sur le terrain (figure VIII.1). Cette zone de prévention s'étend en partie sur la carte de Jehay-Bodegnée-Saint-Georges.

Ces zones de prévention ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon, en date du 23 août 2002; *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée des ouvrages de prise d'eau souterraine dénommés Ecluse-P1 et Ecluse-P2, sis sur le territoire de la commune d'Amay* (Mention au M.B. 14.09.2002).

VIII.3 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DU CAPTAGE DE VIVAQUA

A Jamagne (Marchin), VIVAQUA exploite la nappe des calcaires carbonifères via une source située sur la carte de Modave-Clavier (X:211550; Y:127550; code RW:48/7/1/001). La zone de prévention autour de ce captage s'étend en partie de sur la carte de Huy-Nandrin. Les zones de prévention rapprochée et éloignée ont été déterminées sur base des distances fixes, de critères géologiques et topographiques ainsi que des limites cadastrales et urbanistiques, matérialisables sur le terrain (figure VIII.1).

Ces zones de prévention ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon, en date du 25 mars 1999; *Arrêté du Gouvernement wallon relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine dénommé "Captage de Marchin" sis Chemin de Jamagne à Marchin* (Mention au M.B. 06.05.1999).

VIII.4 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE LA CILE

La CILE exploite la galerie 'St-Pierre' à Limet sur la carte de Modave-Clavier (X:215580; Y:127882; code RW:48/7/3/001). Cet ouvrage capte les eaux de la nappe des calcaires carbonifères. La zone de prévention éloignée s'étend en partie sur la carte de Huy-Nandrin. Les zones de prévention ont été déterminées sur base des temps de transfert suite à la réalisation d'un modèle mathématique (LGIH, 2002). Les limites ont ensuite été localement déplacées pour correspondre avec des limites matérialisables sur le terrain (figure VIII.1).

Ces zones de prévention ont été arrêtées par le Gouvernement Wallon, en date du 13 octobre 2004; *Arrêté ministériel relatif à l'établissement des zones de prévention rapprochée et éloignée de l'ouvrage de prise d'eau souterraine dénommé "Saint-Pierre", sis au hameau de Limet, sur le territoire de la commune de Modave* (Mention au M.B. 10.11.2004).

La CILE possède d'autres prises d'eau toujours en exploitation sur la carte Huy-Nandrin. Les zones de prévention de ces captages ne sont pas encore arrêtées (figure VIII.1). Des études hydrogéologiques ont été réalisées au droit de certains sites ou vont l'être prochainement (prospection géophysique, forages, essais de pompage, traçages). Ces zones sont symbolisées par le triangle vide (zone à définir). Les captages concernés sont:

- En rive gauche du Hoyoux, la CILE exploite la nappe logée dans le synclinal calcaire du Carbonifère via une galerie drainante de Triffoy-Roiseux.
- A Soheit-Tinlot, deux sites de captages ont été repris par la CILE, au 1^{er} janvier 2009 (ancien titulaire: IDEN). La prise d'eau de Malplaquaye capte les eaux logées dans les calcaires du Carbonifère. Le captage de Tillesse sollicite l'aquifère des grès du Famennien.

VIII.5 ZONES DE PREVENTION AUTOUR DES CAPTAGES DE L'IDEN

Les zones de prévention autour des captages de l'Intercommunale de Distribution d'Eau de Nandrin-Tinlot et environs (IDEN) sont en cours d'étude (études scientifiques avec prospection géophysique, essai de pompage, bilan hydrologique...). Ainsi à ce jour aucune zone n'a été arrêtée par le Gouvernement Wallon. Ces zones sont donc symbolisées par le triangle vide (zone à définir). Les captages concernés sont:

- Sur la commune de Tinlot, le puits 'En Tige de Ville' sollicite l'aquifère des calcaires du Carbonifère.
- Sur la commune de Nandrin, la source aménagée (drains) 'Marnave' exploite les eaux logées dans les calcaires du Carbonifère. Le puits 'Ar Moulin' à Scry sollicite l'aquifère des grès du Famennien. Ce puits n'est pas encore en exploitation (mise en service prévue en 2011).

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.

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

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

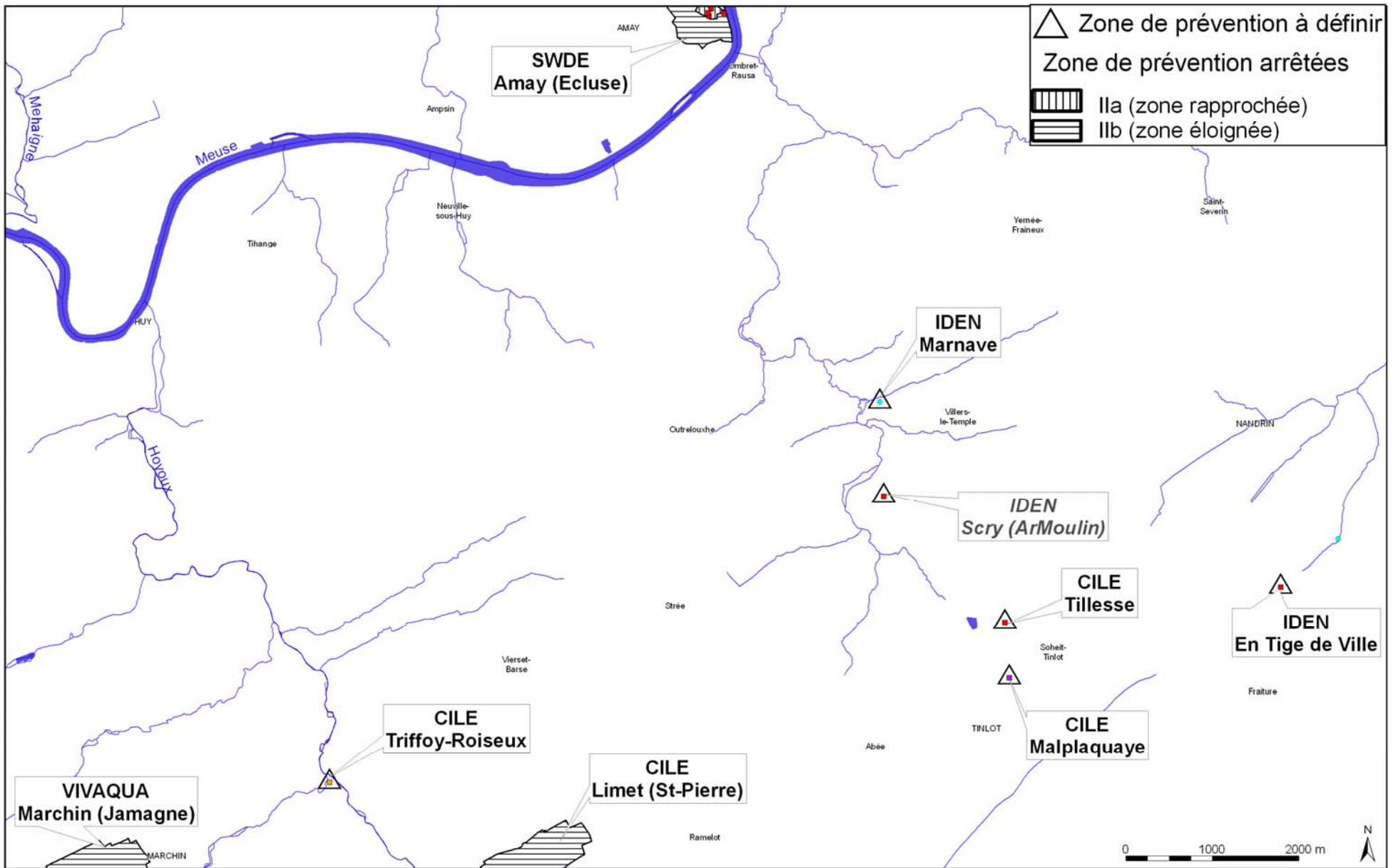


Figure VIII.1 : Zones de prévention des captages de la carte de Huy-Nandrin

IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

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

IX.1 ORIGINE DES INFORMATIONS

IX.1.1 Données géologiques et connexes

Les données géologiques proviennent essentiellement de la carte géologique levée et tracée par G.Dewalque et *al* (1898) a été digitalisée par nos soins. Les formations géologiques ont ensuite été regroupées en unités hydrogéologiques. Des descriptions de forages sont également disponibles auprès du Service Géologique de Belgique, des sociétés de distribution d'eau ou encore dans les déclarations des particuliers (archives DGARNE-SPW).

Des données concernant les calcaires carbonifères et dévoniens sont essentiellement issues de l'atlas du karst wallon (CWEPSS, 1996, 2006).

Sur la carte étudiée, quelques sites 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. Ces investigations ont permis de préciser le contexte géologique de la zone prospectée (lithologie et structural) dans le but de déterminer au mieux l'emplacement pour des forages ou encore de définir la nature et l'épaisseur du sous-sol (terrains meubles, roches consolidées).

- Site de Neufmoustier (Huy) (LGIH,1987): 20 sondages électriques, 14 sondages sismiques.
- Site de Tihange (Monjoie, 1969; LGIH): 29 sondages électriques.
- Site d'Amay (Haddouchi, 1987): 29 sondages électriques.
- Site de Triffoy (Laurent & Ghysel, 1981; LGIH, 2001; Mkahli, 2002): 15 sondages électriques, 6 traînés électriques.
- Site de Limet (LGIH, 1994): 25 sondages électriques, 10 traînés électriques, 4 sondages sismiques.
- Site de Soheit-Tilnlot–Nandrin–Villers-le-Temple (LGIH,1983,1996,1997; Swinnen, 1989, GEOLYS, 2006): 62 sondages électriques, 13 sondages sismiques, 31 traînés électriques et profils VLF

IX.1.2 Données météorologiques et hydrologiques

Sur le territoire couvert par la carte Huy-Nandrin, on dénombre deux stations climatiques et cinq stations limnimétriques. Leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau IX.1.

Tableau IX.1: Stations climatiques et limnimétriques – Carte Huy-Nandrin

| Nom | Code | Type | Mise en service | | Titulaire |
|--------------------|--------|---------------|-----------------|--------------|------------|
| | | | Précipitations | Températures | |
| Strée | K 6 | climatique | Précipitations | 07/1996 | IRM |
| | | | Températures | 07/1996 | |
| Tihange | GV 50 | climatique | Précipitations | 10/1962 | IRM |
| Mehaigne | L 5820 | limnimétrique | 01/1979 | | SPW-DGARNE |
| Hoyoux | L 5990 | limnimétrique | 01/1982 | | SPW-DGARNE |
| Amay | 7132 | limnimétrique | 28/11/1995 | | MET-SETHY |
| Neuville Bief Aval | 7133 | limnimétrique | 26/06/1967 | | MET-SETHY |
| Huy | 7141 | limnimétrique | 27/05/1982 | | MET-SETHY |

IX.1.3 Données hydrogéologiques

IX.1.3.1 Localisation des ouvrages

Dans la base de données, 216 ouvrages sont encodés dont 127 puits, 69 piézomètres, 2 puits sur galerie, 1 drain (système de drains), 12 sources exploitées ou non et 5 sondes géothermiques. Ils sont répertoriés comme prise d'eau ou point d'accès à la nappe. Seuls les ouvrages qui existent toujours (non rebouchés) sont repris sur la carte hydrogéologique.

3 résurgences et 5 pertes sont encodées dans la base de données. Ces informations proviennent de l'Atlas du karst wallon (1996, 2006). Une perte a fait l'objet d'un essai de traçage et la direction de l'écoulement souterrain a ainsi pu être déterminée.

Ces données proviennent des sociétés de distribution d'eau (CILE, SWDE, IDEN), d'Electrabel et Tractebel Development Engineering (centrale nucléaire de Tihange), des carriers, de divers rapports techniques (voir liste bibliographique), d'agriculteurs, de particuliers et des bases de données du Service Public de Wallonie (10-sous: <http://carto1.wallonie.be/10SousInt>, BD-Hydro...) de campagnes de terrain.

Le tracé des galeries de captage n'est pas connu avec certitude. Seuls les puits de sortie figurent sur la carte hydrogéologique.

IX.1.3.2 Données piézométriques

Environ 1400 mesures piézométriques sont disponibles au droit de 120 puits et piézomètres (essentiellement ceux appartenant aux compagnies d'eau et ceux du site nucléaire de Tihange). Les données les plus anciennes datent de 1987. Lors de la réalisation de la carte hydrogéologique (1^{ière} édition), une campagne de mesures piézométriques avait été réalisée durant le printemps et l'été 2005.

IX.1.3.3 Données hydrochimiques et tests sur le puits

Les données hydrochimiques ont été fournies par le service des eaux souterraines (DGARNE) du SPW, par les sociétés de distribution d'eau, par des industries, par quelques particuliers et par divers rapports scientifiques et techniques.

Environ 6000 valeurs de paramètres chimiques sont encodées dans la base de données sur une cinquantaine de puits, galeries, piézomètres et sources.

Ces analyses caractérisent surtout les eaux logées dans l'aquifère alluviale de la Meuse, l'aquifère des calcaires carbonifères et l'aquifère des grès du Famennien. Ces points, où des données chimiques sont disponibles, sont reportés sur la carte thématique des informations complémentaires et caractères des nappes. Le [chapitre V](#) décrit, plus en détails, le cadre hydrochimique des unités hydrogéologiques rencontrées sur la carte 48/3-4.

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

IX.1.4 Autres données

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

Autour des sites de captage de la SWDE, de la CILE, de l'IDEN, de VIVAQUA de la carte Huy-Nandrin, figurent des zones de prévention. Ces informations sont reportées sur la carte 1/25.000 selon leur type et leur statut. Ainsi sur la carte étudiée, on a des zones de prévention rapprochée IIa et éloignée IIb arrêtées par le Gouvernement Wallon, et des zones de prévention à définir. Le contour de ces zones a été fourni par le Service Public de Wallonie. Le [chapitre VIII](#) présente ces zones en détails.

Plusieurs zones vulnérables aux nitrates ont été définies en Région Wallonne. La carte Huy-Nandrin est couverte, sur 17 km² (soit environ 10 % de la superficie de la carte), par la zone vulnérables du "Nord du sillon de la Sambre et de la Meuse". Des plus amples renseignements sont repris [au chapitre V, paragraphe V.2.](#)

IX.2 BANQUE DE DONNEES HYDROGEOLOGIQUES

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

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

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

IX.3 POSTER DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE

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

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

IX.3.1 Carte hydrogéologique principale

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

- le fond topographique de la carte IGN 1/10 000;
- le réseau hydrographique;
- les unités hydrogéologiques;
- les failles;
- les piézomètres;
- les puits des sociétés de distribution d'eau ;
- les puits privés exploités et déclarés à la Région wallonne ;
- les puits sur galerie;
- les sources exploitées ou non;
- les sondes géothermiques;
- les pertes et résurgences connues;
- les stations climatiques et limnimétriques;
- le sens probable de l'écoulement des eaux souterraines;
- à défaut de carte piézométrique, des valeurs de niveau dans quelques unités hydrogéologiques, avec la date de la mesure;
- les écoulements karstiques reconnus par traçage;
- les zones de prévention IIa et IIb arrêtées par le Gouvernement Wallon;
- les zones de prévention à définir;
- le trait localisant le tracé de la coupe hydrogéologique.

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

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

Le caractère des nappes rencontrées est spécifié : nappe libre, nappe semi-captive (semi-libre) ou nappe captive. Il est à noter que c'est la première nappe rencontrée (nappe à l'affleurement, sous la couverture limoneuse) qui est caractérisée. Sur la carte Huy-Nandrin, la majorité des

unités hydrogéologiques sont définies comme libres sous les limons éoliens et/ou les sables cénozoïques. La nappe sise dans les graviers de Meuse est libre à semi-captive sous les limons fluviatiles. Dans les terrains du Houiller, la nappe peut se retrouver en charge sous les couches plus argileuses (shales, "phtanites", argile d'altération) et sous certaines alluvions. Les nappes logées dans les horizons schisto-gréseux du Houiller sont ainsi caractérisées comme semi-captives. Les autres unités hydrogéologiques sont considérées comme des nappes libres. Il faut cependant nuancer cette caractéristique. Dans les formations du Dévonien inférieur et du Silurien, les niveaux plus schisteux peuvent également rendre localement captives les nappes logées dans les terrains fracturés gréseux/quartzitiques.

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

Une petite partie de la superficie de la carte 48/3-4 (17 km² sur 160) est classée en zone vulnérable aux nitrates. Cette désignation implique l'application d'un programme d'action précis dont les mesures ont été arrêtées dans un code de « bonne pratique agricole ». Plus d'informations sur les nitrates sont disponibles au [paragraphe V.2](#).

IX.3.3 Carte des volumes d'eau prélevés

Sur cette carte thématique, sont reportés l'ensemble des points hydrogéologiques (forages, drains, sources, résurgences/pertes) classés selon l'unité hydrogéologique sollicitée. Cette information est basée sur les logs géologiques des puits et/ou sur la carte géologique. La nouvelle carte géologique nous a également permis de compléter ce jeu de données. Ainsi, pour certains puits, il est probable que l'attribution de l'unité hydrogéologique ne correspondent pas exactement au fond géologique utilisé (pour rappel, ancienne carte géologique). En outre, 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 également les volumes d'eau prélevés annuellement, informations extraites de la base de données du SPW "10-sous" (DGARNE). Les volumes représentés sont les volumes déclarés par les titulaires à l'administration wallonne. Deux catégories de volumes sont répertoriées sur la carte Huy-Nandrin: les volumes d'eau destinés à la distribution publique d'eau potable et les autres volumes, c'est-à-dire les volumes "privés" (particuliers, agriculteurs, industries...). Les données présentées sur cette carte datent de 2009

pour les volumes 'Eau de distribution' et de 2008 pour les autres volumes prélevés (selon les déclarations des titulaires).

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine est soumise à de nombreux aléas et donc, peut être variable. Les contraintes techniques de l'ouvrage, l'activité économique, liée à ce captage, et l'évolution des conditions hydrogéologiques de la nappe sollicitée, peuvent perturber les capacités de production. La présentation, sur cette carte thématique, des volumes moyens prélevés, correspond à la moyenne des cinq dernières années (2004-2008) (basés sur les déclarations des titulaire de prise d'eau). Ils illustrent de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la carte étudiée. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq années considérées. Parmi ces dernières, il se peut que certaines d'entre elles soient des années sans prélèvement. Le [chapitre VI](#) consacré à l'exploitation des aquifères reprend l'historique des principaux captages de la carte.

IX.3.4 Tableau de correspondance 'Géologie-Hydrogéologie'

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

IX.3.5 Coupes hydrogéologiques

Deux coupes sont présentées sur le poster de la carte hydrogéologique Huy-Nandrin. Elles sont dessinées sur le même trait, mais avec des échelles verticales différentes. Ceci permet de mieux visualiser les niveaux d'eau souterraine observés dans la région. L'axe de la coupe est orienté NNW-SSE. La majorité des terrains rencontrés sur la carte 48/3-4 est recoupée par la coupe. Une analyse détaillée de la coupe hydrogéologique est présentée au [chapitre IV.2.6](#).

X. BIBLIOGRAPHIE

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. ; Gesels, J. ; Goderniaux, P. ; Jamin, P. ; Robert, T. ; Thomas, L. ; Dassargues, A. ; Bastien, J. ; Van Wittenberge, F. ; Rorive, A. ; Dossin, F. ; Lacour, J.-L. ; Le Madec, D. ; Nogarède, P. ; Hallet, V. (2009) : Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin'Eau), délivrables D.2.22 et D.3.12 – partie RWM021 (caractérisation: synthèse), D3.52 & D4.52 (interactions ESU-ESO). Convention RW et SPGE-Aquapole.

Bultynck, P. & Dejonghe, L. (2001): Guide to a revised lithostratigraphic scale of Belgium. *In Bultynck & Dejonghe, eds, Geologica Belgica*, Brussels, 4/1-2,168 pp.

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.

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

CWEPSS (de Broyer C., Delaby S., Michel G., Thys G.), **FPMs** (Avron C., Delaby S., Geuse A., Kaufmann O., Michelon S., Quinif Y.), **ULg** (Bonino E., Closson D., Ek C., Jaspar A., Ozer A., Salmon M., Schyns J-C.) (1995-2005). Etude cartographique numérique des périmètres de contraintes physiques inhérentes au karst wallon. *Convention subsidiée par la DGATLP (Région Wallonne)*

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

Dewalque, G., Forir, H., Lohest, M., Malaise, C., de la Vallée Poussin, Ch., Renard, A. (1898): Carte géologique de Belgique (1/40.000) – Planchette 146, *Service Géologique de Belgique*

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

http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/GuideFichesMESO_v1_20.pdf
http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M011.pdf
http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M021.pdf
http://environnement.wallonie.be/directive_eau/edl_ssb/ficheso/fiche_EDL_MESO_M072.pdf

DGARNE DESO & DEE (2010): Etat des nappes d'eau souterraine de la Wallonie, 9^e année, Décembre 2010, <http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/>

MINISTERE DE LA REGION WALLONNE - **DGRNE** (1997): Etat de l'environnement wallon 1996. Paysage. Jambes, *MRW: DGRNE*. 129p.

Drevet, J.-P., Dingelstadt, C. & Veschkens, M. (2009): Arrêté de Subvention du Service Public de Wallonie pour l'étude des conséquences de l'après-mine, en particulier sur la gestion des eaux souterraines et des risques. Mission 2008-2009 : Rapport final, 232 pp, ISSeP, Liège

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

Electrabel s.a. (2003): Centrale nucléaire de Tihange – Déclaration environnementale 2003

GEOLYS (2006): Etude géophysique pour l'implantation d'un nouveau puits à Scry, IDEN, Rapport D204/1, pp 6 + annexes, mars 2006

GEOLYS (2007a): Suivi de forage et interprétation d'essais de pompage - Captage de l'«Ar Moulin» (Scry), IDEN, Rapport D204/2, pp 22 + annexes, septembre 2007

GEOLYS (2007b): Compilations Données – IDEN – Fraiture – Captage 'En Tige de Ville", Draft D205/2, pp 32 + annexes, novembre 2007

GEOLYS (2008a): Dossier administratif de demande de périmètres des zones de prévention – Captage de l'«Ar Moulin» (Scry), IDEN, Rapport D204/3, pp 23 + annexes, octobre 2008

GEOLYS (2008b): Suive technique et administratif de forage de piézomètres dans le cadre de l'étude dénommée "Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive européenne 2006/60 sur les masses d'eau souterraine en Région wallonne" – Zone est - Rapports techniques du forage "ULg 3 – Strée" et du forage "ULg 6- Tinlot", Rapports D470, pp 5 + annexes, novembre 2008

GEOLYS (2011): Captage de Marnave - Lieux-dit Neufmoulin - Villers-le-temple – Etude hydrologique et étude géophysique. Draft D206/2, pp15 + annexes, janvier 2011

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

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

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

Hallet, V., Ruthy, I, Peters, V. Gogu, R., (2000): Carte hydrogéologique prototype de Modave-Clavier et notice explicative, DGRNE-RW, ULg

Hance, L., Steemans, P., Goemaere, E., Somers, Y., Vandeven, G., Vanguestaine, M., Verniers, J. (1991): Nouvelles données sur la Bande de Sambre-et-Meuse à Ombert (Huy, Belgique), *Annales de la Société Géologique de Belgique*, T.114, Fascicule 1, pp 253-264

Hodiaumont, A., Cantillana, R., Compère, J-M. (1999): Les eaux souterraines de la CILE: contexte, captage et qualité, *Tribune de l'eau*, 600-601/4-5, pp.31-50.

Laurent, E. et Ghysel, P. (1981): Zones de protection du captage de Triffroy-Commune de Huy, *La Technique de l'eau et de l'assainissement*, n°409, pp. 21-35.

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

Leroy, M., Couturier, J., Orban, Ph., Brouyère, S., Dassargues, A. (2010) : Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne (Projet Synclin'EAU), livrable D.6.2 – Travaux de calibration et validation des modèles d'écoulement et de transport de solutés développés pour les trois masses d'eau souterraine RWM021, RWM012 et RWM011. Convention RW et SPGE-Aquapole.

LGIH (1983): Secteur "Au Boua – Grand Lou – La Bouhayé" : étude géophysique et hydrogéologique, Intercommunale de Distribution d'Eau de Nandrin-Tinlot. INTM/831

LGIH (1987a): Nouveau palais de justice de Huy – Etude hydrogéologique, Régie des bâtiments. RB/871

LGIH (1987b): Nouveau palais de justice de Huy – Etude hydrogéologique: deuxième puits, Régie des bâtiments. RB/872

LGIH (1989): Aquifères gréseux-Zone prototype, MRW-DGRNE-ESO. RW/892

LGIH (1994): Captage Saint-Pierre à Limet – Etude hydrogéologique. CILE/941

LGIH (1996): Première phase de la prospection géophysique du site de Scry. Intercommunale Nandrin-Tinlot et environs. INTM/961.

LGIH (1997a): Captage d'Amay - Etude des zones de prévention : essais de traçage et modélisation. SWDE/972-973

LGIH (1997b): Intercommunale de distribution d'eau de Nandrin-Tinlot et environs, Puits 'Le Halleux': suivi du forage et pompages d'essai. INTE/971

LGIH (1998): Intercommunale de distribution d'eau de Nandrin-Tinlot et environs, Puits 'Le Halleux': pompage complémentaire. INTE/981

LGIH (2001): Captage de Triffoy – Prospection géophysique. CILE/2001-01

LGIH (2003): Bassin du Triffoy – Hydrologie en amont du captage. CILE/2003-01

LGIH (2004a): Captage de Triffoy - Tests de pompage. CILE/2004-04

LGIH (2004b): Captage de Triffoy-Tests de traçage-Extension des zones IIa et IIb. CILE/2004-05

Meus, Ph. (1993): Hydrogéologie d'un aquifère karstique du calcaire carbonifère en Belgique (Néblon - Anthisnes). Apport des traçages à la connaissance des milieux fissurés et karstifiés. *Thèse de doctorat, Sciences, Université de Liège.*

Michot, P. (1934): Le massif ordovicien du Fond d'Oxhe, *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 57/4: B59-B65.

Mkahli, K. (2002): Etude hydrogéologique de la région de Triffoy-Captage de Triffoy, *Travail de fin d'études, Sciences appliquées, Université de Liège.*

Monjoie, A. (1969): Etude de la nappe alluviale de la Meuse à Tihange, *C.E.R.E.S, ULg*, n°29, pp 93-115.

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.

Mottequin, B. & Marion, J.-M. (sous presse). Carte géologique de Wallonie à 1: 25.000, Huy-Nandrin n° 48/3-4. Namur, *Service Public de Wallonie, DGARNE*, 1 notice explicative

Paproth, E., Conil, R., Bless, M.J.M., Boonen, P., Bouckaert, J., Carpentier, N., Coen, M., Delcambre, B., Deprijck, Ch., Deuzon, S., Dreesen, R., Groessens, E., Hance, L., Hennebert, M., Hibo D., Hahn, G.&R., Hislair, O., Kasig, W., Laloux, M., Lauwers, A., Lees, A., Lys M., Op de Beek, K., Overlau, P., Pirlet, H., Poty, E., Ramsbottom, W., Streel, M., Swennen, O., Thorez, J., Vanguetaine, M., Van Steenwinkel, M., Vieslet, J.L. (1983): Bio- and lithostratigraphic subdivision of the Dinantian in Belgium, A review; *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T. 106., pp 185-239.

Peters, V. (1996): Etude hydrogéologique du site de captage d'Amay. Essais de traçage et modélisation du transport de polluant pour la détermination des zones de protection, *Travail de fin d'études, Sciences appliquées, Université de Liège*.

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

Quinif, Y. (1977): Essai d'étude synthétique des cavités karstiques de Belgique, *Revue Belge de Géographie*, Fascicules 1 à 3, 116-173.

SPAQuE (2006): Fiche d'information du site "Fonderie Felon Lange" à Huy, Lg4002-05 & Fiche d'information du site "Usine céramique et Centrale électrique" à Amay, Lg0101-01, <http://www.walsols.be/>

SWDE (1984): Exécution de deux puits d'exploitation P3 et P4 à Amay, Service Protection des Ressources et Captage. Rapport Technique

SWDE (1997): Réalisation de quatre piézomètres à Amay. Service Protection des Ressources et Captage. Rapport Technique

Swinnen, S. (1989): Hydrogéologie de la région de Nandrin – Fraiture – Soheit-Tinlot, *Travail de fin d'études, Sciences appliquées, Université de Liège*.

TBE (2010): Tableau de bord de l'environnement wallon 2010 *SPW-DGARNE-DEMNA-DEE*, Cellule Etat de l'environnement wallon, 230p, ISBN : 978-2-8056-0017-3
<http://etat.environnement.wallonie.be>

Tractebel Development Engineering (1997): Dumont-Wautier – Carrière d'Ampsin – Etude hydrogéologique (rapport extrait de l'étude d'incidences sur l'environnement, 1998). Dossier P_85023.521 (Août 1997). 12p + annexes

Tractebel Development Engineering (2003): Révisions décennales communes: Tihange-Doel – Sujet B8: Essais de puits de type court réalisés dans le cadre de la réévaluation du débit de nappe phréatique disponible – Sujet B8, 20/11/2003, 22p + annexes

Tractebel Development Engineering (2007a): Réalisation des forages et des essais de pompage sur les puits P1.8 et P1.9, Electrabel – Centrale de Tihange CNT1, Rapport technique détaillé (30.03.2007) – Projet 94441.009 – Document n° DTE/NTE – 10p + annexes

Tractebel Development Engineering (2007b): Rapport des essais de pompage sur les puits P1.4, P1.6 et P1.7, Electrabel – Centrale de Tihange CNT1 (06.06.2007) – Projet 94441 – Document n° DTE-Permis unique: annexe 6

Essais de pompage d'avril et juillet 2005 sur le puits P1.4

Essais de pompage de mai et juillet 2005 sur le puits P1.6

Essais de pompage de juin et juillet 2005 sur le puits P1.7

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

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

ANNEXE 1: LISTE DES ABRÉVIATIONS

- **AIDE**: Association Intercommunale pour le Démergement et l'Épuration des communes de la Province de Liège.
Rue de la Digue, 25 à 4420 SAINT-NICOLAS (Liège)
<http://www.aide.be/>
- **CEFRA-ULg**: Centre de Formation et de Recherches en Aquaculture (CEFRA)
Chemin de la Justice 10 à 4500 Tihange
<http://www.cefra.ulg.ac.be>
- **CILE** : Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux
Rue du Canal de l'Ourthe, 8 à 4031 LIEGE (Angleur)
<http://www.cile.be/>
- **CWEPSS** : Commission Wallonne d'Etude et de Protection des sites Souterrains, asbl
Avenue Gilbert, 20 à 1050 Bruxelles
<http://www.cwepss.org>
- **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>
- **IDEN**: Intercommunale de Distribution d'eau de Nandrin, Tinlot et environs
rue de Dinant, 51 à 4557 TINLOT
<http://www.iden-eau.be/>
- **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, ULg.
Suite la succession du Professeur A.Monjoie, les activités sont poursuivies au sein d'ArGEnCo, GEO³. <http://www.argenco.ulg.ac.be/geo3>
- **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**: Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement

Boulevard d'Avroy, 38/6 à 4000 LIEGE

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

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

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

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

Département de l'Environnement et de l'Eau

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

Avenue Prince de Liège, 15 à 5100 Jambes

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

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

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

Boulevard du Nord, 8 à 5000 NAMUR

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

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

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

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

- **SWDE** : Société Wallonne des Eaux

Rue de la Concorde, 41 à 4800 VERVIERS

<http://www.swde.be>

- **VIVAQUA** : anciennement CIBE (Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux)

70, rue aux Laines à 1000 Bruxelles

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

ANNEXE 2: TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

| | |
|---|----|
| <i>Figure I.1: Plan de situation de la carte Huy-Nandrin (48/3-4)</i> | 6 |
| <i>Figure II.1: Ensembles et territoires paysagers –Huy-Nandrin</i> | 8 |
| <i>Figure II.2: Bassins hydrographiques - Huy-Nandrin</i> | 9 |
| <i>Figure II.3: Carte du relief – Huy-Nandrin</i> | 9 |
| <i>Figure II.4 : Répartition de l'occupation du sol - Niveau 1 – Huy-Nandrin</i> | 10 |
| <i>Figure II.5 : Carte de l'occupation du sol – Huy-Nandrin</i> | 11 |
| <i>Figure II.6: Carte des types de sols – Huy-Nandrin</i> | 13 |
| <i>Figure III.1 : Carte géologique de la Wallonie (Boulvain & Pingot, 2008; modifiée)</i> | 15 |
| <i>Figure III.2: Cadre structural de la région de Huy-Nandrin (d'après Dewalque et al, 1898)</i> | 25 |
| <i>Figure III.3: Coupe géologique schématique de la vallée du Hoyoux (LGIH, 2001)</i> | 25 |
| <i>Figure IV.1: Site de captage de la SWDE à Amay – Situation piézométrique du 1^{er} août 2009</i> | 35 |
| <i>Figure IV.2: Fluctuations piézométriques de la nappe alluviale de la Meuse. Site SWDE à Amay</i> | 36 |
| <i>Figure IV.3: Puits et piézomètres du site de la centrale nucléaire de Tihange (Electrabel)</i> | 38 |
| <i>Figure IV.4: Situation piézométrique de la nappe alluviale de la Meuse, sur le site de Tihange - Février 2005</i> | 40 |
| <i>Figure IV.5: Situation piézométrique de la nappe alluviale de la Meuse, sur le site de Tihange - Janvier 2009</i> | 40 |
| <i>Figure IV.6: Fluctuations piézométriques de la nappe alluviale de la Meuse. Site de Tihange. Période 1988 à 2005</i> | 41 |
| <i>Figure IV.7: Fluctuations piézométriques de la nappe alluviale de la Meuse. Site de Tihange. Période 2008 à 2011</i> | 41 |
| <i>Figure IV.8: Ouvrages forés dans l'aquifère des calcaires du Frasnien – Site de Tihange (Electrabel)</i> | 44 |
| <i>Figure IV.9: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Frasnien. Site de Tihange.</i> | 44 |
| <i>Figure IV.10: Schéma hydrogéologique des calcaires carbonifères du flanc nord du Synclinorium de Dinant – Partie méridionale de la carte Huy-Nandrin (+ nord de la carte Modave-Clavier)</i> | 46 |
| <i>Figure IV.11: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère -Synclinal faillé de Marchin- F3-Strée</i> | 47 |
| <i>Figure IV.12: Site du captage de la CILE à Triffoy (Marchin) - Localisation de la galerie et des piézomètres, avec niveau d'eau</i> | 48 |
| <i>Figure IV.13: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère Synclinal faillé de Marchin- F1-Triffoy – Période 2006- 2011</i> | 49 |
| <i>Figure IV.14: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère Synclinal faillé de Limet - F2-St-Pierre – Période 2006-2011</i> | 50 |
| <i>Figure IV.15: Site 'En Tige de Ville' (IDEN) - Aquifère des calcaires du Carbonifère -Synclinal de Ramelot-Tinlot...</i> | 52 |
| <i>Figure IV.16: Fluctuations piézométriques de la nappe des calcaires du Carbonifère - Synclinal de Fraiture- F6-Tinlot</i> | 53 |
| <i>Figure IV.17: Site 'Marnave' (IDEN) - Aquifère des calcaires du Carbonifère – Outrelouxhe – Villers le Temple</i> | 54 |
| <i>Figure IV.18: Bassin hydrographique du Hoyoux (aval) avec indication des stations limnimétriques</i> | 56 |
| <i>Figure IV.19: Interactions entre eaux de surface et eaux souterraines – MESO RWM021 sur la carte Huy-Nandrin (d'après Brouyère et al, 2009)</i> | 59 |
| <i>Figure IV.20: Piézométrie calculée (résultats du modèle calibré pour l'année 2006, d'après Leroy et al, 2010)</i> | 61 |
| <i>Figure IV.21: Flux échangés entre bassins (résultats du modèle calibré pour l'année 2006, d'après Leroy et al, 2010)</i> | 62 |
| <i>Figure IV.22: Phénomènes karstiques - Carte Huy-Nandrin</i> | 64 |
| <i>Figure IV.23: Système karstique du Ri du Pont (Vieux-Barse)</i> | 65 |
| <i>Figure IV.24: Région Nandrin - Fraiture - Soheit-Tinlot - Aquifère des grès du Famennien</i> | 67 |
| <i>Figure IV.25: Site de captage d'Ar Moulin, Scry – IDEN</i> | 68 |
| <i>Figure IV.26: Zone de St-Séverin - Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur - Piézométrie</i> | 70 |
| <i>Figure V.1: Carte des masses d'eau souterraine de la région de Huy-Nandrin</i> | 75 |
| <i>Figure V.2: Zones vulnérables en Région wallonne</i> | 82 |

| | |
|---|-----|
| <i>Figure V.3: Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux de la nappe alluviale de la Meuse à Amay</i> | 83 |
| <i>Figure V.4: Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux de la nappe des calcaires du Carbonifère</i> | 84 |
| <i>Figure V.5: Evolution des teneurs en nitrates dans les eaux de la nappe des grès du Famennien</i> | 85 |
| <i>Figure V.6: Pesticides en Région wallonne (TBE, 2010; fig EAU 8-1 modifiée)</i> | 88 |
| <i>Figure VIII.1 : Zones de prévention des captages de la carte de Huy-Nandrin</i> | 104 |

Liste des tableaux

| | |
|---|-----|
| <i>Tableau IV.1: Cotes piézométriques de la nappe des calcaires carbonifères (carrière d'Ampsin)</i> | 43 |
| <i>Tableau IV.2: Bilan hydrologique du captage de Marnave (01/04/2009 au 31/08/2009) (GEOLYS, 2011)</i> | 55 |
| <i>Tableau IV.3: Bilans du bassin du Hoyoux et de 2 sous-bassins pour l'année hydrologique allant d'octobre 2006 à septembre 2007</i> | 57 |
| <i>Tableau V.1: Caractéristiques hydrochimiques des eaux de la nappe alluviale de la Meuse</i> | 77 |
| <i>Tableau V.2: Caractéristiques hydrochimiques des eaux de la nappe des calcaires du Carbonifère</i> | 78 |
| <i>Tableau V.3: Caractéristiques hydrochimiques des eaux de la nappe des calcaires du Frasnien</i> | 79 |
| <i>Tableau V.4:Caractéristiques hydrochimiques des eaux de l'aquifère des grès du Famennien</i> | 80 |
| <i>Tableau V.5: Caractéristiques hydrochimiques de l'aquitard à niveaux aquifères du Dévonien inférieur</i> | 81 |
| <i>Tableau V.6: Paramètres microbiologiques – Aquifère alluvial de la Meuse - Carte Huy-Nandrin</i> | 86 |
| <i>Tableau V.7: Paramètres microbiologiques – Aquifère des calcaires du Carbonifère - Carte Huy-Nandrin</i> | 86 |
| <i>Tableau V.8: Paramètres microbiologiques – Aquifère des calcaires du Frasnien - Carte Huy-Nandrin</i> | 87 |
| <i>Tableau V.9: Paramètres microbiologiques – Aquifère des grès du Famennien - Carte Huy-Nandrin</i> | 87 |
| <i>Tableau V.10: Principaux pesticides dans les eaux souterraines - Carte Huy-Nandrin</i> | 89 |
| <i>Tableau VII.1: Synthèse des valeurs de conductivité hydraulique de la nappe alluviale sur le site de Tihange</i> | 95 |
| <i>Tableau VII.2: Paramètres hydrodynamiques de la nappe des calcaires du Frasnien sur le site de Tihange</i> | 96 |
| <i>Tableau IX.1: Stations climatiques et limnimétriques – Carte Huy-Nandrin</i> | 106 |

ANNEXE 3: CARTE DE LOCALISATION

ANNEXE 4: COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE

| Nom | Code RW | Identifiant RW | X (m) | Y (m) | Z _{sol} (m) | Type | Prof (m) |
|--------------------|------------|----------------|--------|--------|----------------------|--------------------|----------|
| P1-Amay | 48/4/1/003 | 8182 | 218187 | 138166 | 68,925 | Puits foré | 9,06 |
| P2- Amay | 48/4/1/002 | 6036 | 218191 | 138132 | 68,97 | Puits foré | 10,06 |
| P3- Amay | 48/4/1/004 | 2005 | 218156 | 138083 | 68,98 | Puits foré | 15 |
| P4- Amay | 48/4/1/001 | 3877 | 218167 | 138054 | 69,01 | Puits foré | 15 |
| PZ1-Amay | 48/4/1/007 | 22220 | 218179 | 138025 | 68,5 | Puits foré | 11,7 |
| PZ2- Amay | 48/4/1/008 | 22221 | 218095 | 138079 | 69,05 | Puits foré | 9,65 |
| PZ3- Amay | 48/4/1/009 | 22222 | 218235 | 137718 | 68,14 | Puits foré | 10 |
| PZ4- Amay | 48/3/3/022 | 22223 | 217814 | 137764 | 147 | Puits foré | 11 |
| PR1-Amay | 48/4/1/005 | 4172 | 218341 | 138082 | 280 | Puits foré | 11 |
| PR2-Amay | 48/4/1/006 | 6332 | 218154 | 138085 | 265 | Puits foré | 12 |
| TRIFFOY-ROISEUX | 48/3/8/001 | 807 | 213780 | 129170 | 265 | Galerie | L: 116m |
| MALPLAQUAYE | 48/4/8/002 | 221 | 221640 | 130380 | 68,8 | Galerie | |
| TILLESSE | 48/4/8/003 | 2376 | 221590 | 131025 | 100 | Puits foré | 70 |
| EN TIGE DE VILLE | 48/4/9/001 | 2008 | 224780 | 131440 | 68 | Puits foré | 52,5 |
| MARNAVE | 48/4/4/001 | 7284 | 219900 | 136620 | 259 | Drain | |
| AR MOULIN (Scry) | 48/4/4/004 | 33471 | 220187 | 132490 | 255 | Puits foré | 98 |
| P-Reine | 48/3/1/018 | 12167 | 211241 | 138133 | 68 | Puits traditionnel | 10 |
| Vieille Forge | 48/4/9/004 | 11816 | 224570 | 130150 | 280 | Puits foré | 50 |
| Saint-Vitu | 48/4/7/001 | 11239 | 220075 | 131090 | 242 | Puits foré | 60 |
| Notre Dame | 48/4/9/006 | 11738 | 224740 | 130480 | 280 | Puits traditionnel | 9 |
| Fond du Moulin | 48/4/9/005 | 12405 | 225879 | 130593 | 242 | Puits foré | 42 |
| P-Limet | 48/3/9/001 | 12316 | 216305 | 128438 | 282 | Puits foré | 48 |
| P-Coenhez | | | 224750 | 128290 | 71 | Puits foré | 50 |
| P2-Justice | 48/3/1/007 | 2903 | 211995 | 135593 | 70,34 | Puits foré | 13,4 |
| Carrière d'Ampsin | 48/3/2/018 | 2527 | 215206 | 137507 | 69,7 | Puits en carrière | - |
| P-Gotte | 48/4/3/003 | 12333 | 225457 | 135175 | 265 | Puits foré | 42 |
| F1-Triffoy | | | 213488 | 128459 | 210 | Puits foré | 71 |
| F2-Triffoy | | | 213301 | 128704 | 185 | Puits foré | 41 |
| F3-Triffoy | | | 213469 | 128796 | 212 | Puits foré | 70 |
| F4-Triffoy | | | 213736 | 128640 | 217 | Puits foré | 72 |
| F5-Triffoy | | | 213827 | 128916 | 183 | Puits foré | 39 |
| F6-Triffoy | | | 213826 | 129112 | 155 | Puits foré | 12 |
| P-HALLEUX | | | 226000 | 135315 | 259 | Puits foré | 109 |
| Pz-Champs | | | 224587 | 131313 | 265 | Puits foré | 54 |
| Pz-Route | | | 224292 | 131070 | 270 | Puits foré | 54 |
| Pz-Ar Moulin | | | 220135 | 132485 | 255 | Puits foré | 70 |
| F3-Strée | 48/4/7/003 | 34276 | 218308 | 131106 | 245,7 | Puits foré | 72,8 |
| F6-Tinlot | 48/8/2/002 | | 221473 | 128177 | 266,63 | Puits foré | |
| F2-St Pierre Limet | 48/7/3/014 | | 215672 | 127982 | 217,19 | Puits foré | |
| St-Pierre – Limet | 48/7/3/001 | | 215580 | 127882 | | Galerie | |
| P1.4 | 48/3/2/023 | 32111 | 213708 | 136510 | 71,65 | Puits foré | 74 |

| | | | | | | | |
|---------|-------------|-------|--------|--------|-------|------------|------|
| P1.6 | 48/3/2/024 | 32113 | 213818 | 136551 | 71.4 | Puits foré | 51 |
| P1.7 | 48/3/2/025 | 32114 | 213745 | 136544 | 72.3 | Puits foré | 67 |
| P1.8 | 48/3/2/029 | 33976 | 213748 | 136211 | 69.44 | Puits foré | 12 |
| P1.9 | 48/3/2/030 | 33991 | 213824 | 126281 | 68.76 | Puits foré | 12 |
| P1.1N | 48/3/2/001 | 2196 | 213719 | 136354 | | Puits foré | 10.4 |
| P1.2 | 48/3/2/002 | 4382 | 213726 | 136408 | | Puits foré | 12.3 |
| P1.3 | 48/3/2/003 | 6533 | 213754 | 136217 | | Puits foré | 10.8 |
| P2.1 | 48/3/2/004 | 357 | 214229 | 136301 | | Puits foré | 12.7 |
| P2.2 | 48/3/2/005 | 2513 | 214344 | 136259 | | Puits foré | 14.1 |
| P2.4 | 48/3/2/006 | 4708 | 214198 | 136300 | | Puits foré | 14.0 |
| P2.5 | 48/3/2/007 | 6836 | 214303 | 136392 | | Puits foré | 15.2 |
| P3.1 | 48/3/2/008 | 661 | 214648 | 136437 | | Puits foré | 12.3 |
| P3.2 | 48/3/2/009 | 2811 | 214653 | 136334 | | Puits foré | 16.0 |
| P3.3 | 48/3/2/010 | 1916 | 214691 | 136212 | | Puits foré | 11.5 |
| P3.6 | 48/3/2/011 | 4073 | 214753 | 136360 | | Puits foré | 13.2 |
| P3.7 | 48/3/2/012 | 6241 | 214659 | 136325 | | Puits foré | |
| P3.1bis | 48/3/2/031 | 39071 | 214662 | 136438 | 69.85 | Puits foré | |
| Pz1.1N | | | 213722 | 136361 | | Puits foré | |
| Pz 47 | 48/3/2/033 | 40493 | 213836 | 136277 | 71.92 | Puits foré | 11.5 |
| Pz 31 | 48/3/2/0/32 | 40492 | 213763 | 136204 | 72.63 | Puits foré | |

ANNEXE 5: RAPPEL THÉORIQUE RELATIF AU BILAN HYDROLOGIQUE

Le bilan en eau d'un bassin hydrologique est la balance comptable des débits d'entrées et des débits de sorties et peut s'écrire :

$$P - ETR + Q_{in} = Q_{capt} + Q_{out} + Q_{Ruis} + Q_w + \Delta Res + \Delta Stock + \varepsilon_{Fermeture}$$

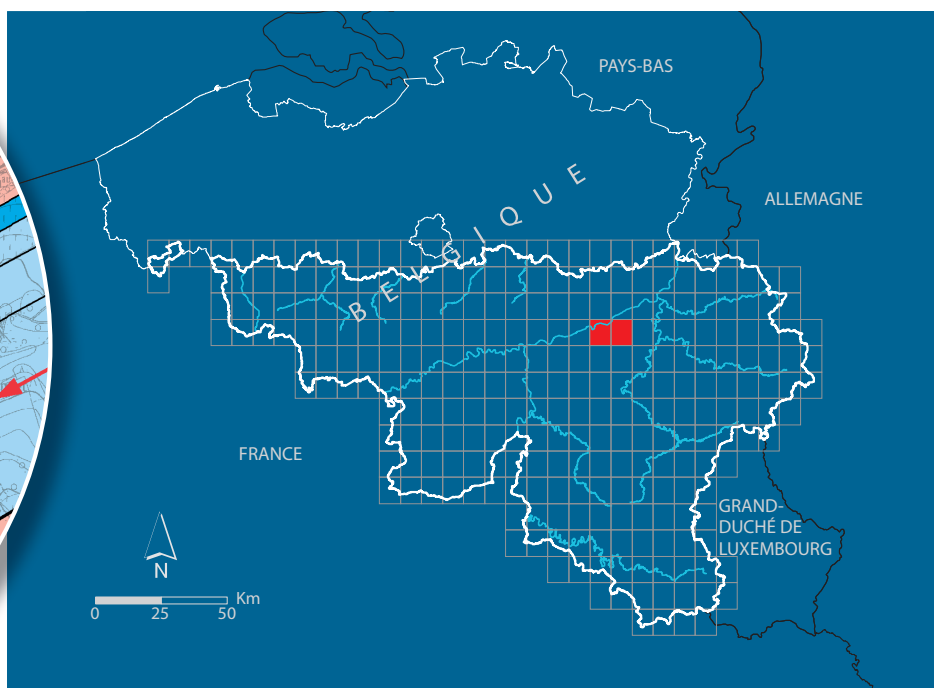
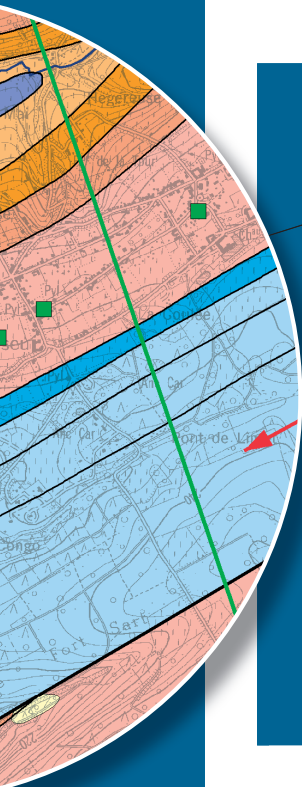
avec:

- P : Précipitation
- ETR : Evapotranspiration réelle
- Q_{Ruis} : Ruissellement
- Q_{capt} : Débits pompés
- Q_{in} : Débits échangés avec les aquifères contigus (entrant)
- Q_{out} : Débits échangés avec les aquifères contigus (sortant)
- Q_w : Débit d'écoulement souterrain dans l'aquifère appelé aussi débit de base
- ΔRes : Variation de la réserve d'eau souterraine (zone saturée)
- $\Delta Stock$: Variation de stock d'eau du sol (zone non saturée)
- $\varepsilon_{Fermeture}$: Erreur de fermeture du bilan
- QT : Ecoulement total à l'exutoire (= $Q_w + Q_{Ruis}$)
- EU : Eau utile (= $P - ETR$)

Les termes P et ETR sont calculés sur la surface du bassin en fonction des données disponibles des stations climatiques. Les débits captés Q_{capt} sont fournis par les producteurs d'eau concernés. L'écoulement total ($Q_w + Q_{Ruis}$) est une donnée provenant du MET-SETHY, d'Aqualim ou des stations limnimétriques placées dans le cadre du projet. Dans le cadre de cette étude, ΔRes n'est calculé que pour les bilans effectués sur base d'années hydrologiques. La méthode de Maillet est utilisée afin de déterminer un coefficient de récession sur base des hydrogrammes à l'exutoire. Ce coefficient de récession est ensuite utilisé dans le calcul de ΔRes pour l'année hydrologique du bilan. Toutefois, si le niveau d'eau de la nappe est stable dans le temps, la valeur moyenne sur un nombre suffisant d'années est voisine de zéro. $\Delta Stock$ représente la variation de la quantité d'eau dans le sol qui peut soit s'infiltrer pour recharger la nappe soit retourner à l'atmosphère en période sèche. Ce terme n'est calculé que pour les bilans établis sur base d'années hydrologiques. Q_{in} et Q_{out} sont à priori inconnus et sont des termes à discuter à la lumière du terme de bouclage du bilan en fonction des conditions hydrogéologiques (gradients piézométriques, conductivités hydrauliques) dans les zones frontières du bassin hydrographique (écart de fermeture, cf. ci-après). L'écart de fermeture $\varepsilon_{Fermeture}$ donne une fourchette d'imprécision et est fonction des erreurs de mesures et de la précision des calculs et estimations. Un écart de fermeture inférieur à 10% peut dans certains cas (imprécisions sur les données, ...) signifier que le bilan est globalement admissible. Néanmoins, pour certains bassins étudiés en détail, un terme de fermeture inférieur à 10% sera interprété comme étant significatif d'échanges

non pris en compte dans le bilan. Si l'écart de fermeture est positif et supérieure à 10%, le bilan présente un caractère déficitaire (le débit mesuré à l'exutoire du bassin présente un déficit d'écoulement, signifiant qu'une « sortie d'eau » n'est pas pris en compte dans le calcul). La logique est similaire dans le cas où le terme est négatif et supérieur à 10% (écoulement excédentaire, une entrée d'eau n'est pas considérée dans le calcul du bilan). Différentes méthodes de calcul ont été utilisées afin d'évaluer la valeur des différents termes du bilan. Le traitement et l'extrapolation des données climatiques à l'ensemble de la zone s'effectuent grâce à la méthode des polygones de Thiessen, l'évapotranspiration potentielle et la recharge sont calculées sur base de la formule de Thornthwaite. Le terme « eau utile » sera utilisé de nombreuses fois dans ce rapport. Il désigne en réalité la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration réelle ($EU = P - ETR$). L'eau utile représente donc théoriquement la quantité d'eau disponible pour le ruissellement et l'infiltration.

Source: Brouyère et al, 2009 - Délivrable D3.12 –partie MESO RWM021 (§ 2.2.1)



Dépôt légal : D/2011/12.796/3 – ISBN : 978-2-8056-0081-4

Editeur responsable : Claude DELBEUCK, D GARNE,

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