

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 Haut-Fays - Redu



HAUT-FAYS - REDU

64/1-2

Mohamed **BOUEZMARNI**, Pierre **DENNE**, Vincent **DEBBAUT**

Université de Liège - campus d'Arlon
Avenue de Longwy, 185 - B-6700 Arlon (Belgique)



NOTICE EXPLICATIVE

2012

Première édition : Septembre 2008
Actualisation partielle : Mai 2012

Dépôt légal – **D/2012/12.796/4** - ISBN : **978- 2-8056-0105-7**

SERVICE PUBLIC DE WALLONIE

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

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

Table des matières

AVANT-PROPOS	7
I. INTRODUCTION	9
II. CADRE GEOGRAPHIQUE, GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE	11
II.1. CADRE GEOGRAPHIQUE	11
II.2. CADRE GEOMORPHOLOGIQUE	11
II.3. CADRE HYDROGRAPHIQUE	11
II.3.1. Bassin de la Mache ou ruisseau de Gembes	12
II.3.2. Bassin de la Lesse	13
II.3.3. Bassin de l'Our	14
III. CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL	15
III.1. CADRE GEOLOGIQUE REGIONAL.....	15
III.2. GEOLOGIE DE LA PLANCHE DE HAUT-FAYS – REDU	19
III.2.1. Paléozoïque	20
III.2.1.1. Dévonien inférieur	20
III.2.1.1.1 Gedinnien inférieur (G1).....	20
III.2.1.1.2 Gedinnien supérieur, assise d'Oignies (G2a).....	21
III.2.1.1.3 Gedinnien supérieur, assise de Saint Hubert (G2b).....	22
III.2.2. Quaternaire	22
III.2.3. Zones fortement altérées – gisement de kaolin	23
III.3. CADRE STRUCTURAL.....	25
IV. CADRE HYDROGEOLOGIQUE	28
IV.1. HYDROGEOLOGIE REGIONALE	28
IV.1.1. L'aquifère du manteau d'altération.....	29
IV.1.2. L'aquifère profond	30
IV.1.3. Remarque générale	30
IV.2. HYDROGEOLOGIE LOCALE.....	31
IV.2.1. Description des principaux aquifères.....	33
IV.2.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	33
IV.2.1.2. Aquiclude du Dévonien inférieur	33
IV.2.1.2.1 Nappes supérieures.....	33
IV.2.2. Piézométrie	35
IV.2.3. Coupe hydrogéologique.....	37
V. HYDROCHIMIE	38
V.1. CARACTERISATIONS HYDROCHIMIQUES DES EAUX	38
V.2. CARACTERISTIQUES PHYSICOCHEMIQUES.....	38
V.3. CARACTERISTIQUES MINERALES	40
V.4. NITRATES, PHOSPHATES ET PESTICIDES	40
V.5. CARACTERISTIQUES BACTERIOLOGIQUES	42
VI. EXPLOITATION DES AQUIFERES	43
VII. CARACTERISATION DE LA COUVERTURE ET PARAMETRES HYDRAULIQUES DES NAPPES	46
VII.1. CARACTERISATION DE LA COUVERTURE DES NAPPES	46
VII.2. PARAMETRES D'ECOULEMENT.....	47
VII.2.1. Puits la Justice	47
VII.2.2. Ferme Belle-Vue Puits 1	47
VII.2.3. Ferme Belle-Vue Puits 2	49

VII.2.4. La Faloige	49
VII.2.5. Les Speches ou Maladrerie P6.....	49
VII.2.6. Au Quartier Gimbrai Puits 10.....	50
VIII. ZONES DE PROTECTION	51
VIII.1. CADRE LEGAL.....	51
VIII.2. MESURES DE PROTECTION.....	53
VIII.3. ZONE DE PREVENTION REPRISE SUR LA CARTE	54
IX. METHODOLOGIE DE L'ELABORATION DE LA CARTE HYDROGEOLOGIQUE.....	56
IX.1. COLLECTE DE DONNEES	57
IX.1.1. Données géologiques	57
IX.1.2. Données hydrogéologiques	58
IX.1.2.1. Localisation des ouvrages et sources	58
IX.1.2.2. Données piézométriques	58
IX.1.3. Données hydrochimiques	58
IX.2. <i>CAMPAGNE SUR LE TERRAIN</i>	59
IX.3. <i>METHODOLOGIE DE CONSTRUCTION DE LA CARTE</i>	59
IX.3.1. Encodage dans une banque de données.....	59
IX.3.2. Construction de la carte hydrogéologique	60
X. BIBLIOGRAPHIE.....	63
XI. ANNEXES.....	65
LISTE DES PRINCIPALES ABREVIATIONS	65
LISTE DES FIGURES	66
LISTE DES TABLEAUX	67
COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES OUVRAGES CITES DANS LA NOTICE.....	67

Avant-propos

La carte hydrogéologique de Haut-Fays - Redu 64/1-2 a été réalisée dans le cadre du projet de la carte hydrogéologique de Wallonie, commandé et financé par le Ministère de la Région wallonne (D.G.A.R.N.E.)¹. Quatre équipes universitaires collaborent à ce projet : la Faculté Polytechnique de Mons, les Départements ArGEnCO et Sciences et Gestion de l'Environnement (ex Fondation Universitaire Luxembourgeoise) de l'Université de Liège et les Facultés Universitaires de Namur.

Le projet a été supervisé au sein du Département des Sciences et Gestion de l'Environnement par V. Debbaut et la carte a été réalisée par M. Bouezmarni et P. Denne. Les concepts généraux de la banque de données "*BDHYDRO*" ont été élaborés dans un premier temps par R. Gogu (Gogu, 2000 / Gogu et al. 2001). La conception de la *BDHYDRO* a été profondément modifiée pour aboutir à une seule banque de données centralisée régulièrement mise à jour.

La carte hydrogéologique est basée sur un maximum de données géologiques, hydrogéologiques, hydrochimiques et autres disponibles auprès de divers organismes ou récoltées sur le terrain. 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 eau.

Par un choix délibéré, la carte veut éviter toute superposition outrancière d'informations conduisant à réduire sa lisibilité. Dans ce but, outre la carte principale, deux cartes thématiques, une coupe hydrogéologique et un tableau de correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques sont présentés. Le projet cartographique a été réalisé sous ArcGIS-ESRI.

Les données utilisées pour la réalisation de la carte ont été encodées dans une banque de données sous format Access-Microsoft qui a été remise au Service des Eaux Souterraines du Ministère de la Région wallonne.

La carte hydrogéologique de Haut-Fays - Redu 64/1-2 sera publiée gratuitement sur Internet : en version papier (fichiers PDF téléchargeables), mais aussi sous forme interactive via une application WebGIS (<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo>).

¹ Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3). Avenue Prince de Liège, 15. 5100 NAMUR.

Remerciements

Merci à Monsieur Eric Goemaere du Service géologique de Belgique pour la mise à disposition de la carte de l'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines (Asselberghs, 1946) et des archives hydrogéologiques du Service ainsi que pour la révision de cette notice et de la carte correspondante.

Merci à Monsieur Eric Urbain du Service des Eaux Souterraines du centre de Marche-en-Famenne pour la mise à disposition des dossiers de captages d'eau souterraine. Ces données nous ont permis de compléter les informations reçues de la Région wallonne et de mieux préparer les campagnes de terrain.

Merci à l'administration communale de Bièvre, la S.W.D.E. et l'ESA (Agence spatiale européenne) qui ont eu l'amabilité de nous accueillir dans leurs services respectifs et de mettre à notre disposition de nombreuses informations.

Merci à Monsieur George Arnould de l'entreprise de forage Arnould qui a eu l'amabilité de nous transmettre de nombreuses notes de forage. Ces notes comprennent des descriptions lithologiques détaillées des terrains rencontrés, des données d'équipements de puits, des niveaux statiques des nappes et d'autres remarques intéressantes.

Merci à Monsieur Schaul de la Division des eaux souterraines et des eaux potables, Administration de la gestion de l'eau du Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg et à Monsieur Alain Hanson du Département des Sciences et Gestion de l'Environnement (Campus d'Arlon), Université de Liège pour la lecture de ce livret et de la carte correspondante et pour leurs remarques et leurs suggestions.

Merci enfin à tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de cette carte.

I. INTRODUCTION

La carte hydrogéologique de Haut-Fays – Redu 64/1-2 couvre une zone ardennaise située principalement en province de Luxembourg. La partie ouest à sud-ouest (commune de Gedinne et de Bièvre) se trouve en province de Namur (Figure I-1).

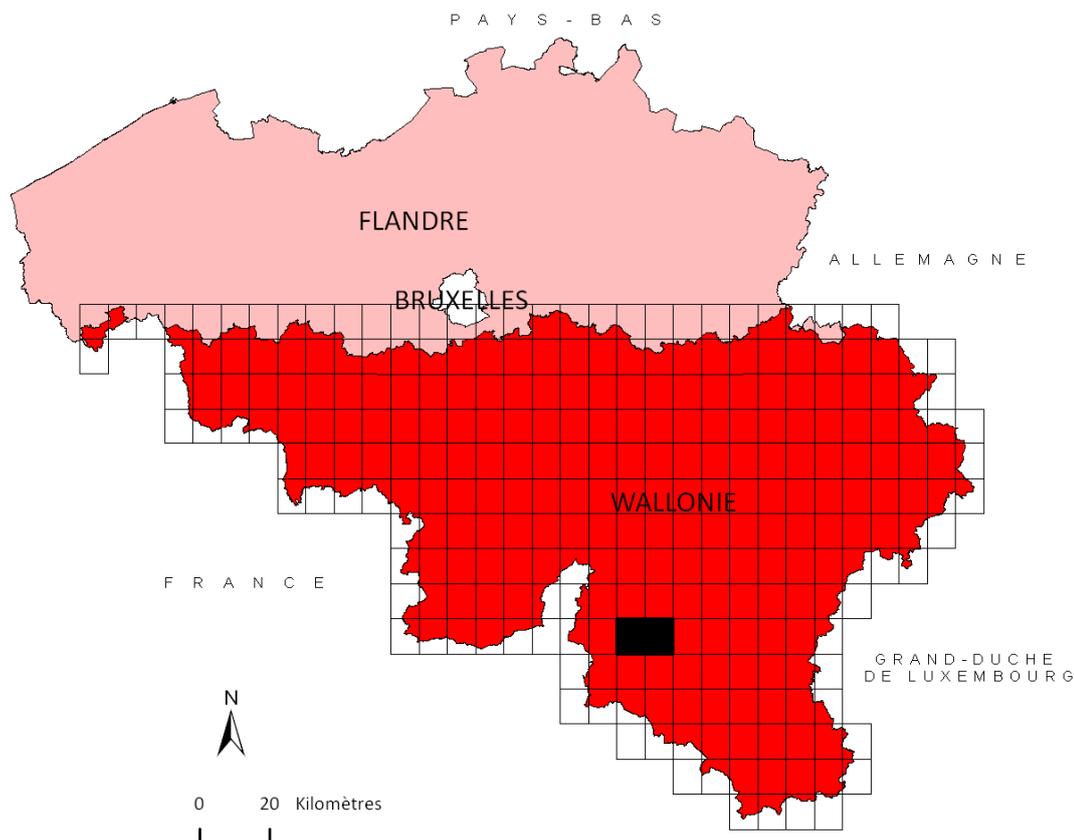


Figure I-1 . Localisation de la carte de Haut-Fays – Redu 64/1-2

Outre les limons et les alluvions, les terrains rencontrés dans la région datent du Dévonien inférieur (Gedinnien). Ils sont principalement schisteux et phylladeux avec des intercalations plus ou moins fréquentes de bancs gréseux et/ou quartzitiques. Le manteau d'altération peut atteindre 30 m de profondeur. Les couches sont plissées et coupées par la faille d'Opont et probablement par d'autres failles non encore identifiées.

Dans un tel contexte géologique, notamment lithologique, il ne peut exister que des aquifères² d'extension locale limitée. Le schéma hydrogéologique sur la planche de Haut-Fays – Redu reflète le cadre hydrogéologique généralement rencontré dans les terrains du Dévonien inférieur en Ardenne. Les unités hydrogéologiques seront déterminées de manière assez nuancée, en se basant sur la proportion relative des teneurs gréseuses et

² Aquifère : formation perméable contenant de l'eau en quantités exploitables

quartzitiques des couches géologiques. Il faudra en revanche distinguer deux types de nappes comme c'est le cas souvent en Ardenne. Les nappes de surface contenues dans la couche d'altération ont une double porosité (fissures et interstices), un caractère libre (nappe libre), une faible capacité d'emmagasinement et elles sont assez vulnérables à la pollution. Les nappes plus profondes sont logées dans les bancs de grès et de quartzites ainsi que dans les zones de failles. Elles ont une porosité de fissures, un caractère captif (nappe captive) et une assez bonne capacité d'emmagasinement par rapport à la nappe de surface en général. Etant entourée par une masse schisteuse et/ou phylladeuse, ce type de nappe est généralement moins vulnérable à la pollution de surface.

La notice commence par un bref aperçu géographique, géomorphologique et hydrographique qui sera suivi d'une partie géologique. Celle-ci sera traitée d'abord dans le contexte régional du domaine calédonien puis hercynien (le Dévonien inférieur en particulier). Ensuite, la description lithologique, la zone d'affleurement et l'épaisseur de chaque unité stratigraphique seront systématiquement présentées à l'échelle de la planche. Ces descriptions sont basées sur la carte de l'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines (Asselberghs, 1946). Enfin, un cadre structural régional et local sera dressé, notamment sur base des travaux de Beugnies (1983, 1985).

Comme pour la géologie, l'hydrogéologie sera d'abord traitée à l'échelle régionale pour montrer le contexte hydrogéologique des terrains dévoniens en Ardenne. A l'échelle locale de la planche de Haut-Fays – Redu, les unités hydrogéologiques seront définies principalement sur base des descriptions lithologiques d'Asselberghs (1946).

D'autres aspects comme l'hydrochimie, l'exploitation des nappes et les paramètres d'écoulement seront également présentés dans ce livret.

La notice explicative finit par une présentation sommaire du poster de la carte hydrogéologique et par une exposition de la méthodologie suivie pour l'élaboration du projet de la carte hydrogéologique de Wallonie.

Une liste des abréviations citées dans ce livret explicatif est présentée en annexe.

II. CADRE GÉOGRAPHIQUE, GÉOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE

II.1. CADRE GÉOGRAPHIQUE

La carte hydrogéologique de Haut-Fays – Redu 64/1-2 couvre une superficie de 160 km² au nord de l'Ardenne occidentale. Elle concerne un territoire situé à cheval sur la province de Namur (partie ouest) et sur la province de Luxembourg (partie est). La première est représentée par les communes de Bièvre et de Gedinne de l'arrondissement de Dinant. La seconde est représentée par les communes de Bertrix, Paliseul, Daverdisse et Libin de l'arrondissement de Neufchâteau.

Le territoire est parsemé de plusieurs petites localités à caractère rural dont la plus importante est Bièvre. Nombre de ces localités ne sont connectées que par des routes secondaires. C'est le cas de Gembes, Porcheresse, Graide et Opont. D'autres localités sont par contre desservies par le réseau routier national relié à l'autoroute E411 : Bruxelles - Luxembourg. C'est le cas de Bièvre, Haut-Fays, Redu et Maissin.

II.2. CADRE GÉOMORPHOLOGIQUE

Le paysage s'inscrit dans la pénéplaine ardennaise caractérisée par un relief relativement calme formé de grands plateaux à larges dépressions particulièrement dans la partie sud. Néanmoins, les vallées se creusent assez fortement vers le nord notamment en direction de la vallée de la Lesse et du ruisseau de Gembes (affluent de la Lesse). La ligne de partage des eaux entre les deux cours d'eau culmine à environ 400 m d'altitude. Les points les plus élevés sur la planche sont notés en plusieurs endroits ; à proximité de la barrière de Transinne (445 m), autour du village de Haut-Fays et dans l'angle sud-est de la carte (440 m), etc. Les altitudes les plus basses correspondent à l'extrémité nord de la vallée de la Lesse (240 m) et de la vallée du ruisseau de Gembes (280 m). Les crêtes et les vallées encaissées sont boisées alors que les cultures et les prairies se développent essentiellement autour des villages situés dans les larges dépressions.

II.3. CADRE HYDROGRAPHIQUE

La Lesse, la Meuse amont et la Semois - Chiers sont les trois bassins hydrographiques présents sur la planche. Les deux derniers ne sont représentés que par des percés de têtes de vallées humides à l'extrême est de la carte. La quasi-totalité de la superficie de la planche est couverte par le bassin de la Lesse. Ses principaux sous-bassins sont l'Our, la Mache et la Lesse en amont du confluent avec la Mache (Figure II-1).

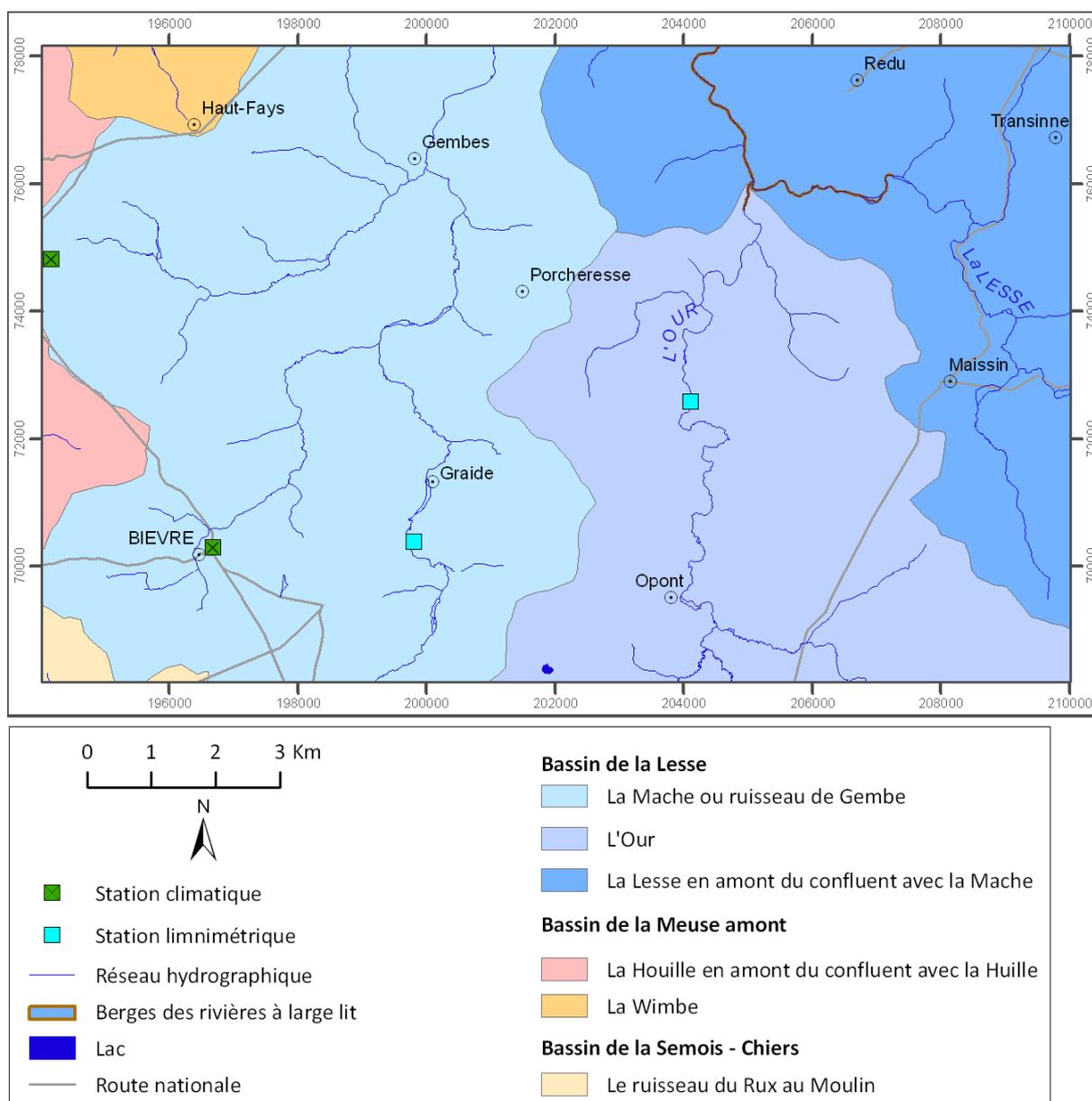


Figure II-1. Carte hydrographique de Haut-Fays – Redu

II.3.1. Bassin de la Mache ou ruisseau de Gembes

Le bassin de La Mache ou du ruisseau de Gembes fait 87 km² de superficie dont 70 km² sur la carte. Les eaux sont collectées par le ruisseau de Gembes large de 2 à 4 m. Celui-ci prend naissance à la confluence entre les ruisseaux des Rives et de Graide au nord-ouest de Graide. Son trajet reçoit une série de cours d'eau dont le principal est le ruisseau de Ranwenne. Le débit du ruisseau de Gembes est fort influencé par les précipitations. L'étiage commence à la fin de l'hiver et se prolonge en printemps et en été. Ceci s'explique par l'évapotranspiration et la rétention importantes des feuillages en été. Les débits observés

durant l'année 2011 à la station limnimétrique dénommée « L5540 (Graide)³ », sont présentés sur la Figure II-2. Les mesures montrent que la contribution du ruissellement superficiel et hypodermique est importante. Par contre, le faible débit de base durant les autres saisons montre que la capacité de stockage des nappes phréatiques est faible.

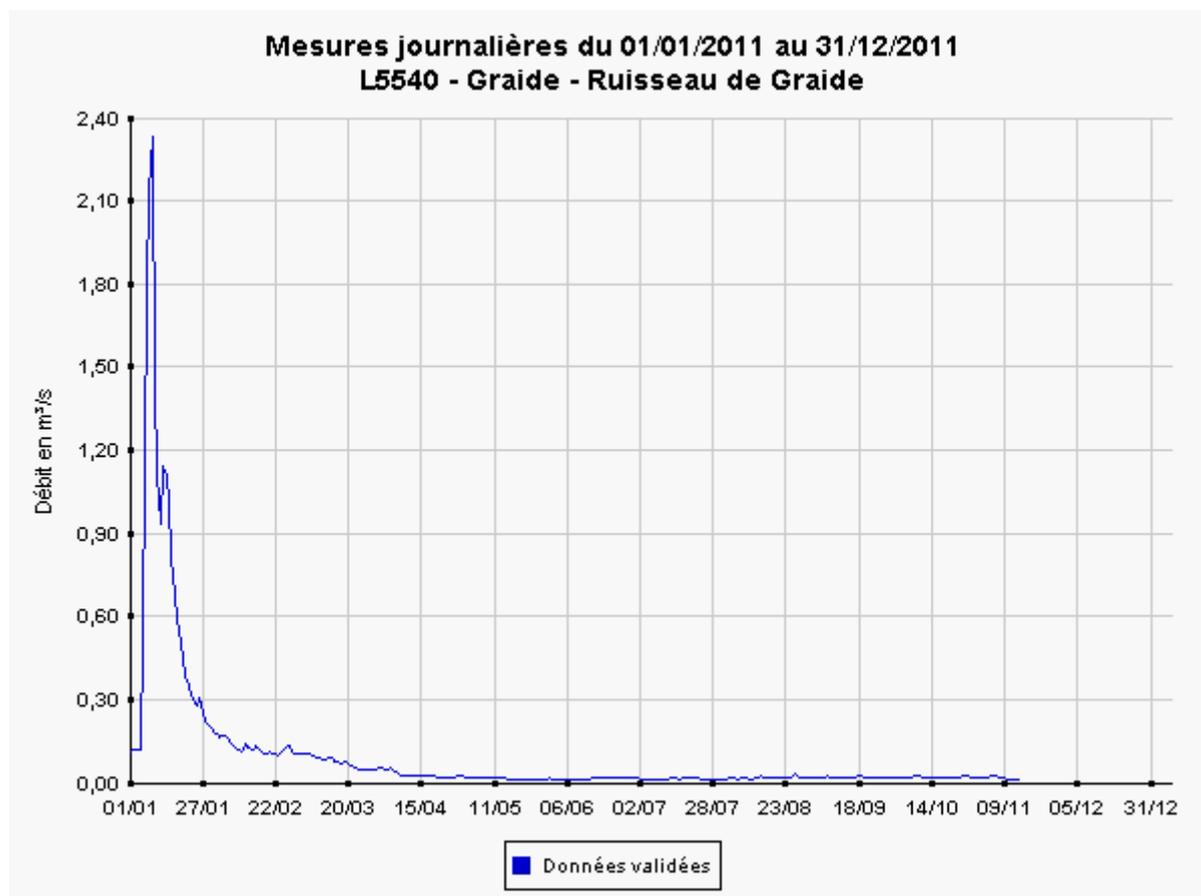


Figure II-2. Evolution des débits journaliers observée en 2011 au niveau de la station limnimétrique L5540 (Graide) du Service Public de Wallonie (SPW) –Direction des cours d'eau non navigables. Source : <http://aqualim.environnement.wallonie.be>

II.3.2. Bassin de la Lesse

Le bassin de la Lesse en amont du confluent avec la Mache occupe 36 km² dans la partie nord-est de la planchette de Redu. A son entrée dans la planchette, la Lesse a une largeur d'environ 2 m. D'abord assez large, sa vallée devient rapidement profonde et encaissée dans son cours inférieur. Ses principaux affluents sur la carte sont Le Wezerin et les ruisseaux de Prairie et de Vivier sur sa rive droite ainsi que le ruisseau de Tchenes sur sa rive gauche.

³ X = 199.808 et Y = 70.379 coordonnées Lambert belge 1972

II.3.3. Bassin de l'Our

Le bassin de l'Our couvre une superficie d'environ 70 km² dont 44 km² sur la carte, principalement dans la partie sud de la planchette de Redu. Il est drainé par le ruisseau du même nom qui traverse la planchette du sud vers le nord pour rejoindre la Lesse au sud-ouest du village de Redu. Cette confluence est située à 250 m d'altitude. L'Our prend naissance au sud du village d'Opont à la confluence entre deux ruisseaux ; Frêne et Framont (ou ruisseau de Brou). Sa vallée est assez large et peu profonde. Son cours est assez sinueux dans une plaine alluviale large de 100 m maximum. La vallée se rétrécit et s'encaisse de plus en plus vers le nord et la plaine alluviale tend à disparaître. L'Our reçoit le ruisseau du Roli sur sa rive droite et le ruisseau de Planchette sur sa rive gauche. Son débit est fort influencé par les précipitations (Figure II-3). L'évolution des débits journaliers observés au niveau de la station est caractérisée par de faibles débits en étiage pendant l'été et des crues pendant les autres périodes pluviales pour les mêmes raisons évoquées précédemment pour la station de Graide.

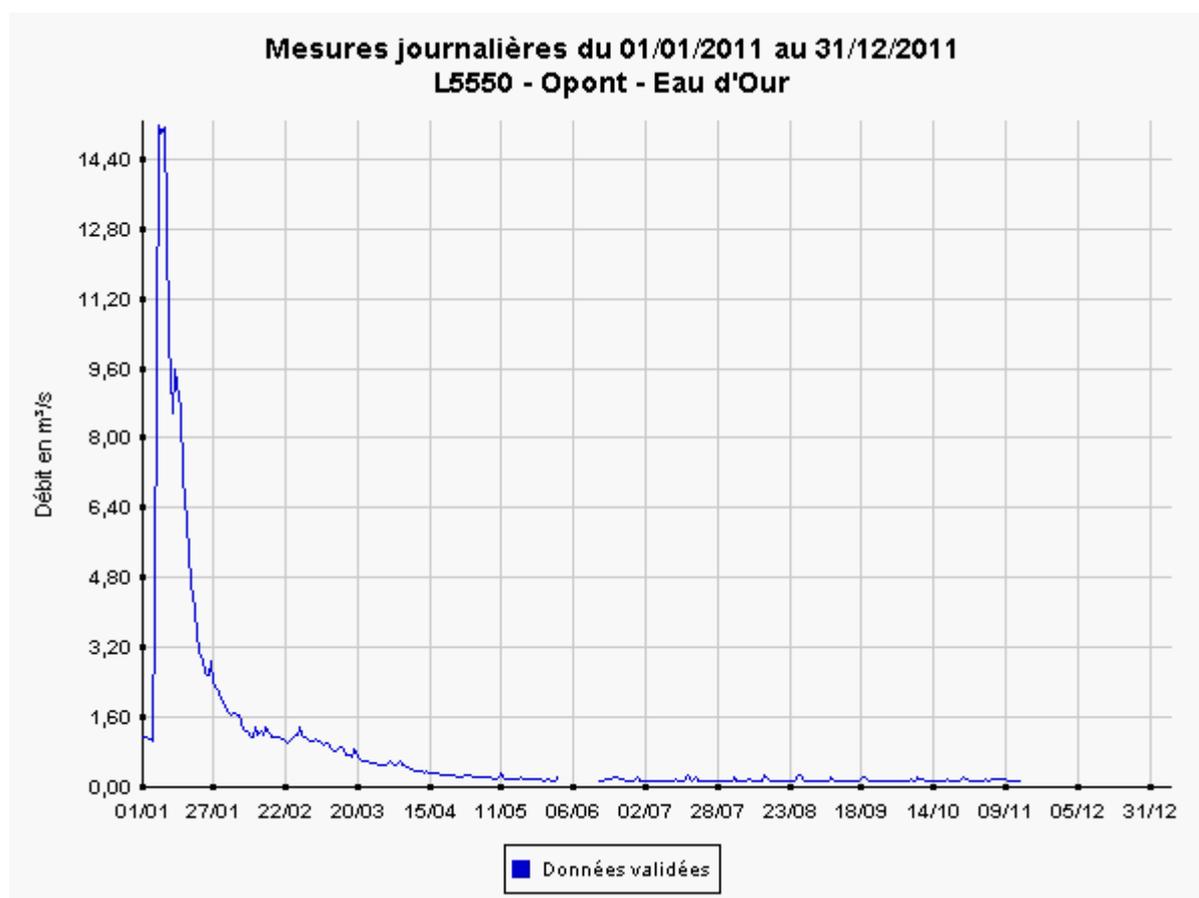


Figure II-3. Evolution des débits journaliers observée en 2011 au niveau de la station limnimétrique L5550 (Opont)⁴ du Service Public de Wallonie (SPW) –Direction des cours d'eau non navigables. Source : <http://aqualim.environnement.wallonie.be>

⁴ X = 204.130 et Y = 72.555 coordonnées Lambert belge 1972

III. CADRE GÉOLOGIQUE ET STRUCTURAL

III.1. CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL

Le cadre géologique sera développé dans un premier temps à l'échelle régionale restreinte à la Haute Ardenne avant d'étudier, plus en détail, la géologie de la zone couverte par la planche de Haut-Fays – Redu.

Dans ses grandes lignes, l'histoire géologique de la Wallonie se résume de la manière suivante :

- dépôt d'une série sédimentaire du Cambrien, de l'Ordovicien et du Silurien ;
- plissement calédonien suivi d'une pénéplanation ;
- dépôt en discordance sur le socle calédonien d'une série sédimentaire dévono-carbonifère ;
- plissement hercynien suivi d'une pénéplanation ;
- dépôt discontinu de séries sédimentaires méso-cénozoïques discordantes sur le substrat hercynien.

La structuration durant l'orogénèse hercynienne a consisté en un raccourcissement du sud vers le nord par plissement des formations rocheuses en une suite de synclinoria et d'anticlinoria coupés par une multitude de failles de charriage. Les formations du Dévonien inférieur couvrent plus de 5500 km² en Wallonie; elles sont essentiellement schisteuses et gréseuses (Boulvain et Pingot, 2012). Asselberghs, (1946) a étudié systématiquement la stratigraphie du Dévonien inférieur et a cartographié ses affleurements sur l'ensemble de l'Ardenne et des régions voisines (Figure III-1).

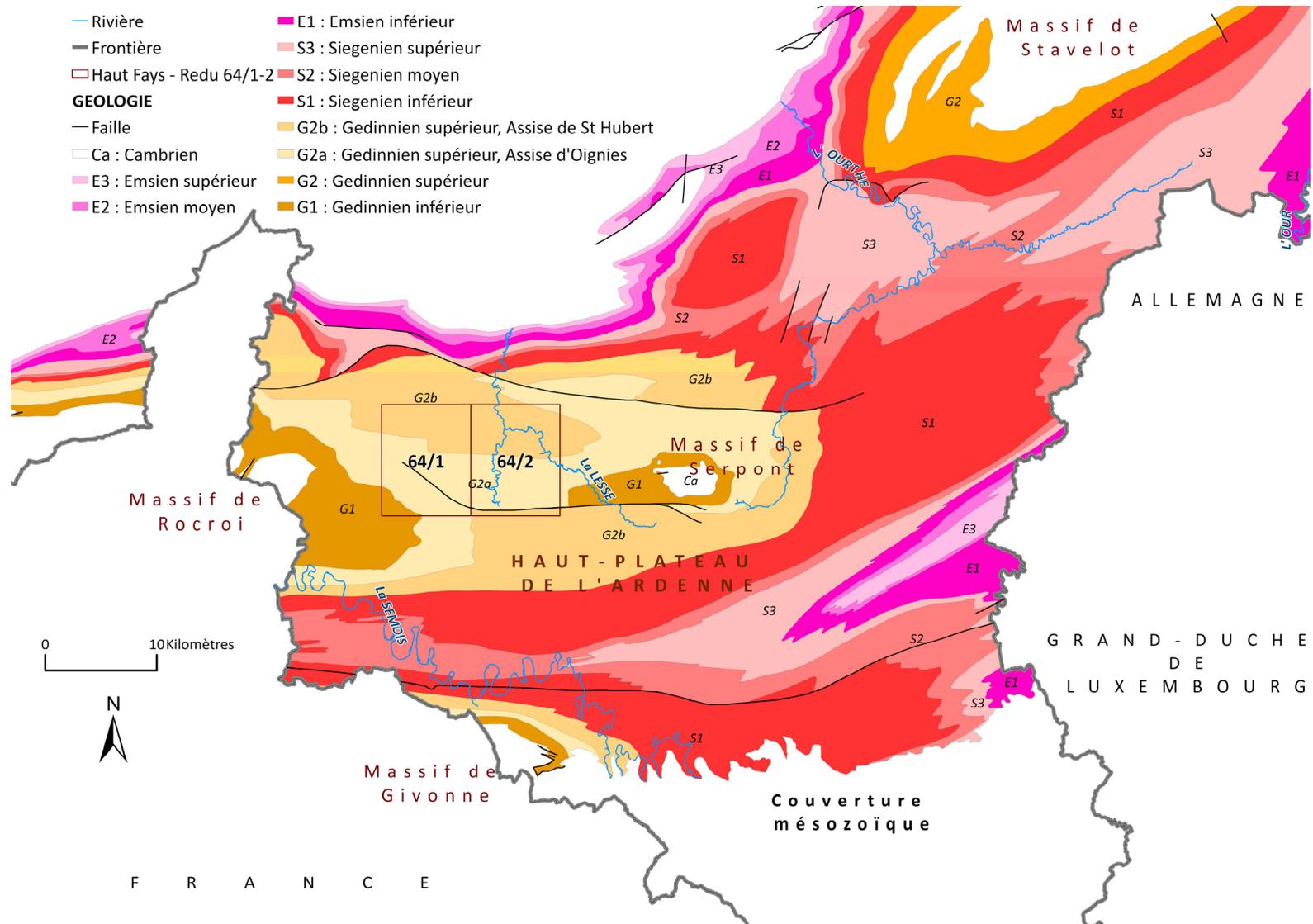


Figure III-1. Cadre géologique et structural de la Haute Ardenne avec la localisation de la carte de Haut-Fays – Redu encadrée (64/1-2), (Extrait de la carte géologique de l'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines (Asselberghs, 1946, adaptée)

La stratigraphie du Dévonien inférieur a été revue et mise à jour par la commission nationale de stratigraphie du Dévonien (Godefroid *et al.*, 1994) dont la terminologie se limite au bord sud du synclinorium de Dinant, hors contexte de la carte qui nous concerne. C'est la raison pour laquelle, dans un souci de clarté et de cohérence, nous utiliserons la terminologie stratigraphique, plus précisément les assises et les faciès, établie par Asselberghs (1946) et adaptée à sa carte géologique de l'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines. C'est la carte géologique la plus récente qui couvre tout le Dévonien inférieur de l'Ardenne et qui convient le mieux au cadre géologique régional.

Le synoptique présenté au Tableau III.1 permet de corrélérer la nomenclature stratigraphique ancienne et nouvelle. La Figure III-2 donne une vision synthétique plus élargie des formations qui composent le bassin sédimentaire éodévonien et leur corrélation dans les deux synclinoria de Dinant et de Neufchâteau. Ces formations terrigènes sont arénacées, voire conglomératiques dans la partie septentrionale du Synclinorium de Dinant, alors que plus au sud, les faciès pélitiques dominent et les épaisseurs augmentent (Boulvain et Pingot, 2012).

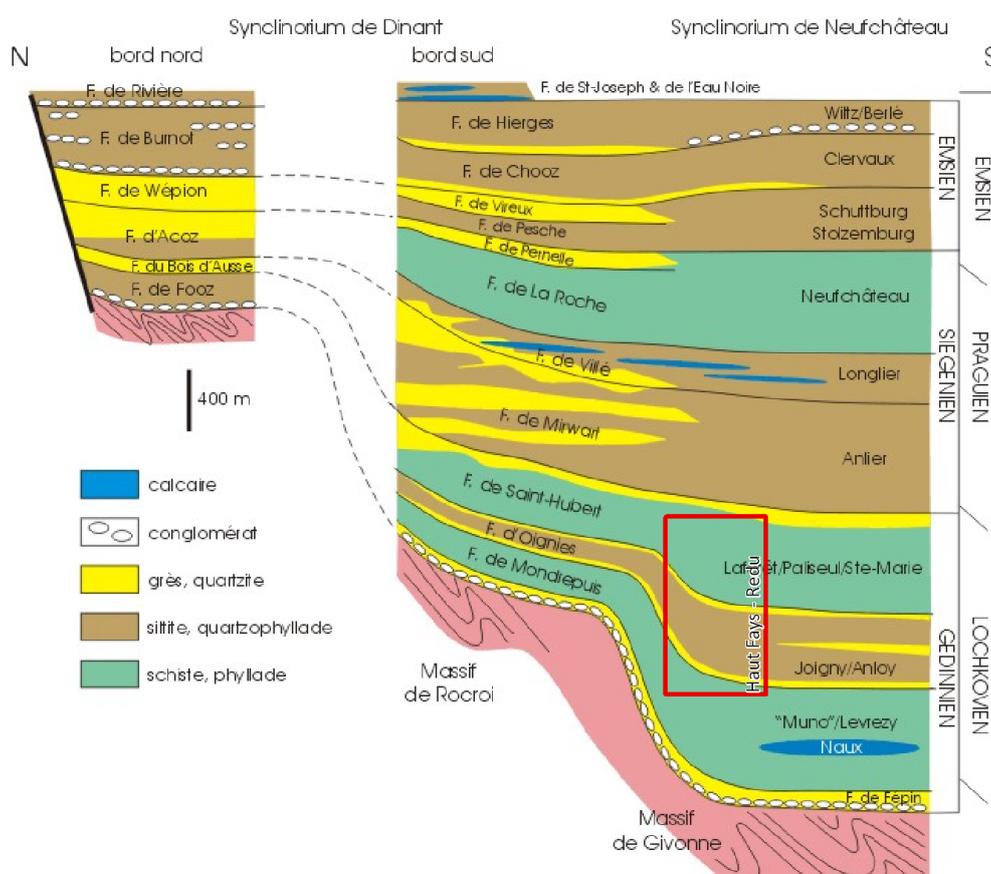


Figure III-2. Transect Nord-Sud dans les Synclinoria de Dinant et de Neufchâteau, durant le dépôt du Dévonien inférieur (Boulvain et Pingot, 2012). Le contexte de la carte de Haut-Fays – Redu est encadré

La Haute Ardenne ou Ardenne s.s. se définit comme un plateau vallonné compris entre la bande mésodévonienne de la Calestienne au nord et les séries monoclinales (non plissées) du Mésozoïque situées en bordure du Bassin de Paris au sud. Ce plateau est composé d'un socle « calédonien » et d'une couverture essentiellement éodévonienne.

Le socle « calédonien » expose des terrains du Paléozoïque inférieur (Cambrien, Ordovicien et Silurien) sous forme de massifs inscrits dans les boutonnières de Rocroi, Serpont, Stavelot et Givonne. Les matériaux, principalement schisteux, ont été déformés une première fois lors de l'orogénèse calédonienne au cours du Silurien supérieur et repris ensuite dans une seconde déformation au cours de l'orogénèse hercynienne à la fin du Westphalien. Ces boutonnières affleurent principalement dans les zones culminantes des grands anticlinoria hercyniens de l'Ardenne et de Givonne.

La couverture éodévonienne expose une série sédimentaire discordante sur le socle calédonien. La sédimentation s'échelonne de manière continue sur un temps qui couvre le Pridoli, le Gedinnien, le Siegenien et l'Emsien. Les matériaux sont constitués par un conglomérat de base surmonté par des faciès en majorité schisteux incompetents. Ils sont déformés en un train de plis serrés et affectés par une schistosité, tous deux contemporains de l'orogénèse hercynienne. Cette couverture se structure autour des grands anticlinoria de l'Ardenne et de Givonne, ce dernier étant découpé du synclinorium de Neufchâteau-Eifel par la faille de charriage d'Herbeumont.

III.2. GÉOLOGIE DE LA PLANCHE DE HAUT-FAYS – REDU

En l'absence d'une carte géologique plus récente, c'est la carte de l'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines (Asselberghs, 1946) qui sera adoptée pour réaliser la carte hydrogéologique de Haut-Fays – Redu. Cette carte a l'intérêt d'être plus précise que les fonds géologiques plus anciens et représente aussi l'avantage de couvrir l'entièreté de la planche (Figure III-1). De plus, sa subdivision lithostratigraphique est plus proche de la nouvelle nomenclature du Dévonien inférieur (Godefroid, et *al.*, 1994) préconisée dans le cadre du renouvellement de la carte géologique de Wallonie (Tableau III.1).

La description lithologique, la zone d'affleurement et l'épaisseur de chaque unité stratigraphique seront brièvement présentées principalement sur base des travaux d'Asselberghs (1946). Pour de plus amples informations, le lecteur est prié de consulter cette référence. Faut-il souligner que la planche s'intègre dans le pays des hauts plateaux, caractérisé par la rareté des affleurements et l'altération rapide des roches.

III.2.1. Paléozoïque

III.2.1.1. Dévonien inférieur

En dehors des terrains quaternaires, notamment les limons sur les plateaux, les alluvions dans les fonds de vallées et les colluvions sur les pentes, le sous-sol est formé par le Gedinnien (Figure III-3) où les « arkoses » sont assez fréquentes. Dans la nouvelle nomenclature des subdivisions lithostratigraphiques, préconisée dans le cadre du renouvellement des cartes géologiques de Wallonie, le Gedinnien correspond actuellement à l'étage Lochkovien mais sa base est située dans le Pridoli (Tableau III.1).

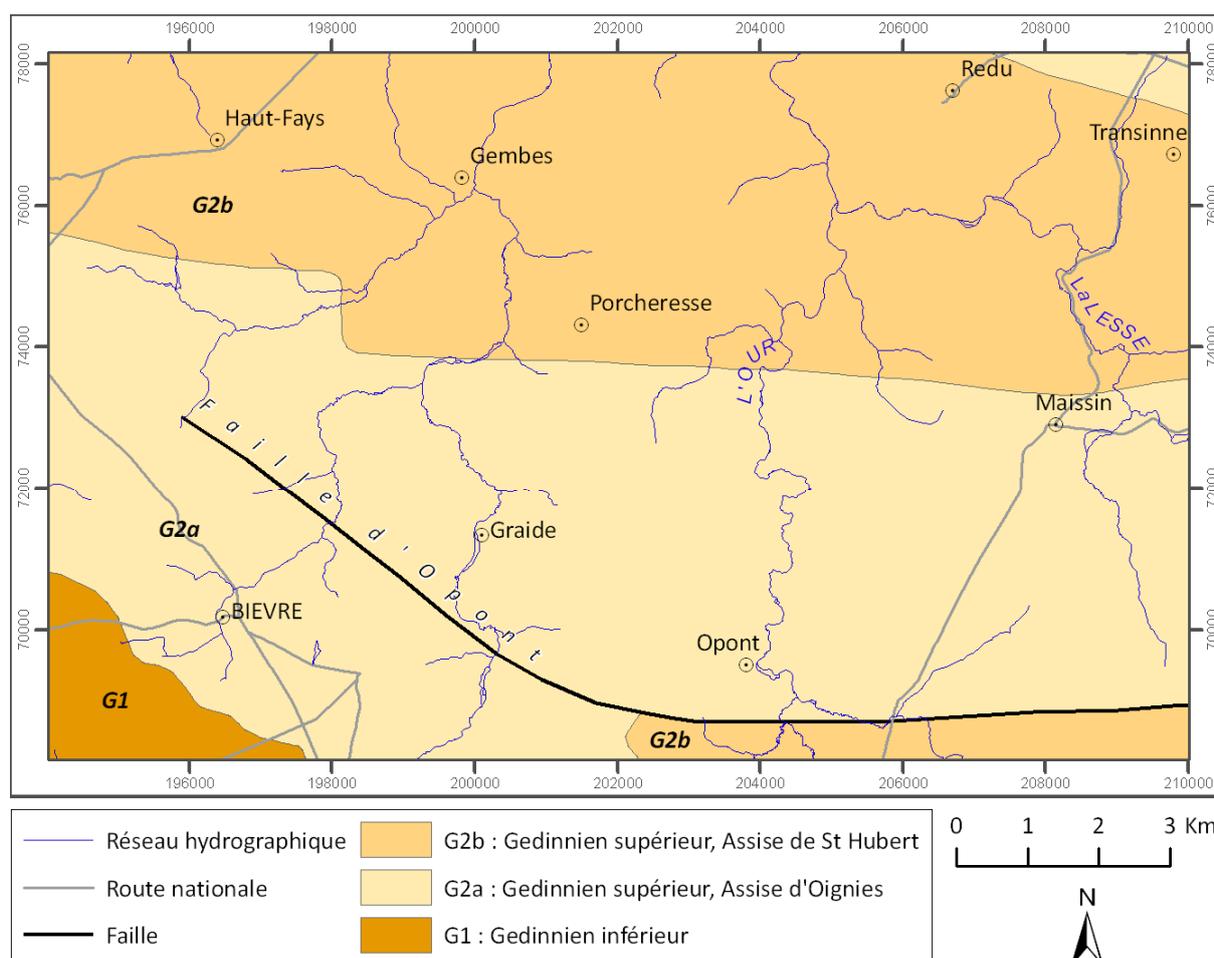


Figure III-3. Extrait de la carte géologique de l'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines couvrant la planche de Haut-Fays – Redu (Asselberghs, 1946)

III.2.1.1.1 Gedinnien inférieur (G1)

Le Gedinnien inférieur ou l'assise de Mondrepuis (G1) correspond à la Formation de Mondrepuis. Au contact des massifs cambriens de Rocroi et de Serpont, la base du Gedinnien est constituée de sédiments grossiers : poudingue et « arkose » (Fourmarier, 1911) et quartzite. Le niveau supérieur du G1 est représenté par un ensemble schisteux.

- ✓ *Le niveau de base (G1a)*, en contact discordant avec les roches cambriennes, est caractérisé par un poudingue surmonté par un niveau «d'arkose» et de quartzite grossier. Le poudingue est composé généralement de gros éléments liés par un ciment siliceux. Toutefois, il se peut que ce niveau de base ne soit représenté localement que par le poudingue ou par les éléments arkosiques et quartzitiques.
- ✓ *L'ensemble schisteux (G1b)*, constitue l'essentiel du Gedinnien inférieur. Il est composé de phyllades renfermant quelques strates calcaires, des quartzophyllades et des quartzites. C'est le faciès de Levrézy qui est représenté au sud et au sud-est du massif de Rocroi. Une concentration de roches quartzieuses est observée au sommet de l'assise marquant la transition vers l'assise d'Oignies.

L'assise de Mondrepuis affleure sur une bande très restreinte dans le coin sud-ouest de la planche au sud-ouest de Bièvre. Sa zone d'affleurement s'épanouit en dehors de la carte jusqu'au contact avec le massif de Rocroi (Figure III-1).

La puissance des terrains du Gedinnien inférieur est maximale au sud du Massif de Rocroi (715 m) et diminue vers le nord pour être minimale autour du Massif de Serpont (450 m au sud et 200 m au nord). Il est difficile d'évaluer l'épaisseur de l'assise au niveau de la carte de Haut-Fays – Redu. Toutefois, la puissance des poudingues de base varie de 10 à 40 m autour du massif de Rocroi.

III.2.1.1.2 *Gedinnien supérieur, assise d'Oignies (G2a)*

Le G2a correspond à la Formation d'Oignies. Le G2a est composé principalement de schistes et de phyllades à nodules carbonatés avec de nombreuses intercalations quartzitiques. Il y a lieu de distinguer deux faciès sur base de la teinte des roches, liée vraisemblablement à la texture. Les teintes plus variées et plus effacées reflètent généralement des phyllades alors que les teintes plus vives caractérisent les schistes.

- ✓ Le *faciès d'Oignies* est caractérisé par des teintes vives, lie de vin, rouges, vertes à bigarrures bien tranchées. Il domine au nord-ouest de Bièvre.
- ✓ Le *faciès d'Anloy* comprend des nuances de couleur plus variées et plus effacées : les teintes rouges par exemple sont moins vives et tendent à disparaître pour laisser la place à des teintes bleues à violacées avec des bigarrures verdâtres. Ce faciès est rencontré à l'est de Bièvre.

L'assise d'Oignies montre plusieurs affleurements «d'arkose», souvent altérée dans la région de Bièvre. «L'arkose» forme des bancs allant de 1 à 5 m de puissance, elle est généralement riche en micas. Les intercalations quartzitiques se présentent sous forme de bancs isolés dans la partie supérieure. Elles sont plus fréquentes dans la partie inférieure où

plusieurs niveaux arkosiques et quartzitiques, atteignant jusqu'à 30 m de puissance, ont été observés. En revanche, les roches quartzitiques ou gréseuses sont relativement rares dans la région d'Anloy d'après les sondages et études sismiques (Graulich, 1968).

L'assise d'Oignies affleure sur une bande est-ouest dans la partie sud et dans le coin nord-est de la planche. Sa puissance augmente vers l'est pour atteindre 850 m à Opont, elle diminue ensuite vers le nord-est où elle est évaluée à environ 600 m à Transinne.

III.2.1.1.3 Gedinnien supérieur, assise de Saint Hubert (G2b)

Le G2b est l'équivalent de la Formation de Saint Hubert (STH) dans la nomenclature actuelle des subdivisions du Dévonien inférieur (Godefroid et *al.*, 1994).

L'assise de Saint Hubert est composée d'un ensemble de schistes et de phyllades gris-vert et verts. Des quartzites, des quartzophyllades, des psammites, des quartzites verdâtres, gris ou verts sont peu fréquents. L'abondance de paillettes de micas dans toutes les roches est caractéristique. Les schistes sont souvent chargés de nodules carbonatés qui disparaissent par dissolution pour laisser place à une poussière brune. Dans la région métamorphique de l'Ardenne, les roches sont chargées de magnétite, de biotite, d'ilménite ou de grenat.

La zone d'affleurement de l'assise de Saint Hubert est représentée sur la figure 3.3. Outre la petite languette au sud de la faille d'Opont, l'assise occupe pratiquement toute la partie nord de la carte qui forme le cœur synclinal de Redu. C'est une bande est-ouest sur laquelle se trouvent les villages de Haut-Fays, Gembes, Porcheresse, Redu et Transinne.

La puissance de l'assise de Saint Hubert est estimée à environ 600 m au sud de Redu.

III.2.2. Quaternaire

Les terrains quaternaires sont principalement formés par les alluvions modernes, par des limons homogènes (nivéo-éoliens) et surtout par des limons hétérogènes (solifluxion) ainsi que par des colluvions.

Les alluvions modernes, qui tapissent les fonds des vallées, sont constituées de matériaux issus de l'altération des roches (schistes, grès, phyllades, quartzites et quartzophyllades) présentes dans la région. Il s'agit essentiellement de limon argileux, de silt, de sable et de gravier. Elles forment des plaines alluviales assez peu développées, d'épaisseur ne dépassant généralement pas 1 m.

III.2.3. Zones fortement altérées – gisement de kaolin

Le produit d'altération qui fait la particularité de la région est incontestablement le kaolin⁵. Celui-ci a été observé à plusieurs endroits sur la carte et a fait l'objet d'exploitation à Haut-Fays, à Gembes et à Redu. Le plus important gisement d'exploitation actuelle se trouve à l'est de Transinne (carte voisine). Ces différents affleurements du kaolin (Figure III-4) ne se trouvent pas forcément au même niveau stratigraphique (Claude, 1968). D'après des datations (K-Ar) sur la hollandite et sur le cryptomelane, il apparaît que l'altération a eu lieu en plusieurs phases entre le mésozoïque et le cénozoïque (Yans et *al.*, 2003).

La formation du kaolin est favorisée par une circulation relativement profonde des eaux météoriques (acides) dans les fractures des roches schisteuses du Dévonien inférieur (Formation d'Oignies). Le lessivage du fer, du manganèse, du magnésium et d'autres éléments aboutit graduellement à un kaolin « purifié ». Cette altération semble être plus importante dans les structures synclinales, vraisemblablement grâce aux conditions anaérobiques plus prononcées. Ce phénomène de lessivage du fer et du manganèse constitue une des contraintes majeures de l'exploitation des nappes souterraines du Dévonien inférieur en Ardenne à cause des teneurs souvent trop élevées en ces deux éléments.

⁵ Le « kaolin » ardennais est une roche argileuse blanchâtre, relativement friable, composée de proportions sensiblement égales de quartz, de kaolinite et d'illite. Il ne s'agit donc pas de kaolin proprement dit qui est composé essentiellement de kaolinite. Les dépôts de kaolin sont associés à la Formation d'Oignies (Poty et Chevalier, 2004).

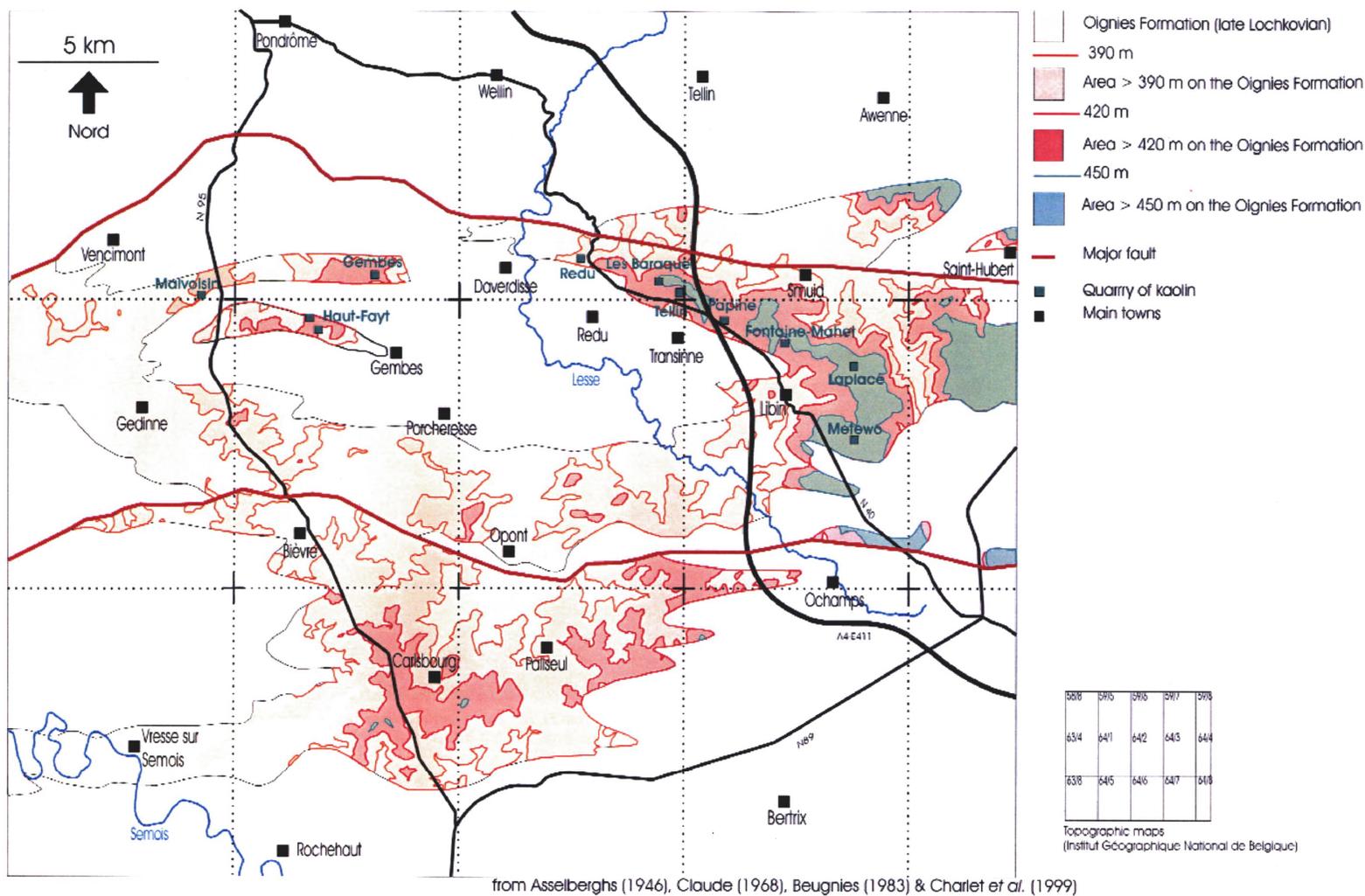


Figure III-4. Carte d'affleurement de kaolin en haute Ardenne (Yans *et al.*, 2003)

III.3. CADRE STRUCTURAL

Dans la zone anticlinale de l'Ardenne, Beugnies (1985) identifie trois unités tectoniques séparées par la faille de Vencimont (Asselberghs, 1944) et la faille d'Opont (Asselberghs, 1944 et Beugnies, 1983). L'unité de Saint-Hubert est au nord de la faille de Vencimont, l'unité d'Opont se trouve entre la faille de Vencimont et la faille d'Opont et l'unité de Carlsbourg est au sud de la faille d'Opont. La planche de Haut-Fays – Redu est située à cheval sur les deux dernières unités (Figure III-5).

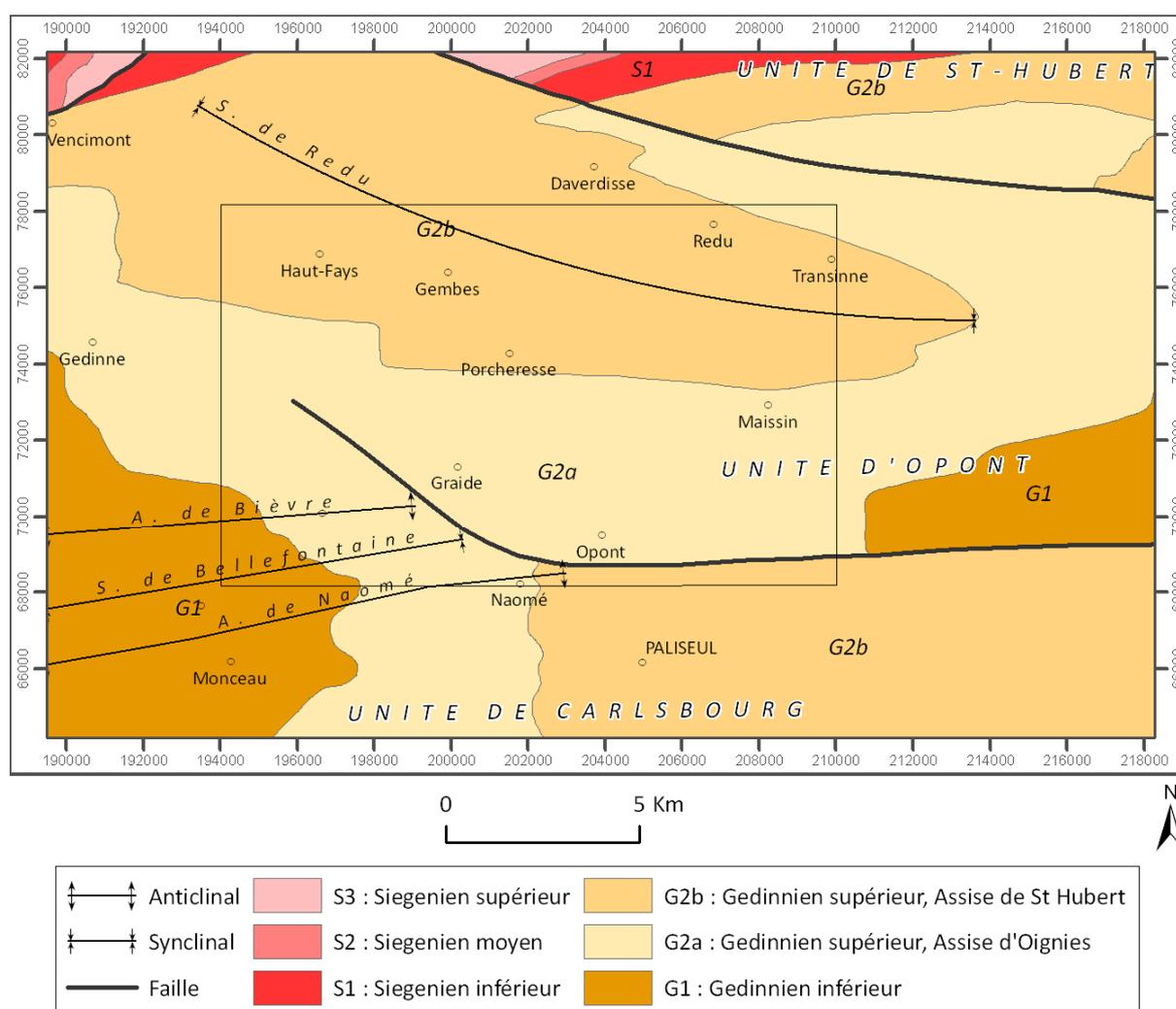


Figure III-5. Extrait du contexte structural de la carte de Haut Fays – Redu (encadrée)

La structure de l'unité d'Opont est composée de deux plis droits très ouverts de direction est-ouest. Les pendages des couches varient de 10° à 40° de part et d'autre du plan axial, (Beugnies, 1983). L'affleurement de l'assise de Saint Hubert, dans la partie nord de l'unité d'Opont, marque le synclinal de Redu. Au sud, l'affleurement de l'assise d'Oignies marque la

zone centrale de l'axe anticlinal de l'Ardenne qui relie le massif de Rocroi situé à l'ouest au massif de Serpont à l'est (cf. Figure III-1). Cette zone est interrompue par la faille d'Opont.

La structure de l'unité de Carlsbourg est caractérisée par un anticlinorium à ennoyage oriental. Beugnies (1983) y distingue entre autre l'anticlinal de Bièvre et le synclinal de Bellefontaine dont l'extension est interrompue par la faille d'Opont au méridien de Naomé. Les plis sont adoucis, d'orientation est-ouest et avec des pendages allant de 20° à 50°. L'ennoyage oriental est interrompu par la surélévation subméridienne passant par Naomé.

D'après Beugnies (1983), la faille d'Opont dont le prolongement vers l'ouest constitue ce que l'auteur appelle la « *faille de la Carbonnière-Opont* » est l'élément structural dominant dans la zone anticlinale de l'Ardenne. C'est une faille de cisaillement dextre, reconnue sur une distance de 60 km avec un rejet atteignant 15 à 18 km maximum (Figure III-1). L'accident est d'âge hercynien, antérieur à la fracturation transversale mais postérieur au métamorphisme, à la schistosité et au plissement.

Une coupe nord-sud (Asselberghs, 1946), traversant la carte de Haut Fays – Redu, résume la structure des couches rencontrées dans la région (Figure III-6). Sa localisation est donnée à la Figure III-7.

Le levé de la nouvelle carte géologique de Wallonie, basé sur les observations accumulées et sur une meilleure compréhension du schéma tectonique du massif ardennais, fera très probablement apparaître d'autres failles.

IV. CADRE HYDROGÉOLOGIQUE

Avant de développer la partie hydrogéologique de la notice, il est bon de rappeler la définition des termes aquifère, aquiclude et aquitard :

- Aquifère : formation perméable contenant de l'eau en quantités exploitables (UNESCO - OMM, 1992). Selon la Directive cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/CE), un aquifère est constitué d'une ou de plusieurs couches souterraines de roche ou d'autres couches géologiques d'une porosité et perméabilité suffisantes pour permettre, soit un courant significatif d'eau souterraine, soit le captage de quantités importantes d'eau souterraine.
- Aquitard: formation semi-perméable permettant le transit de flux à très faible vitesse et rendant la couche sous jacente semi-captive (Pfannkuch, 1990).
- Aquiclude: couche ou massif de roches saturées de très faible conductivité hydraulique et dans lequel on ne peut extraire économiquement des quantités d'eau appréciables (UNESCO - OMM, 1992);

Remarque : ces notions sont relatives et doivent s'adapter au contexte hydrogéologique tel que les terrains du Dévonien inférieur de l'Ardenne. A une échelle plus large, on peut considérer que les terrains ardennais sont plus ou moins aquicludes, comparés aux principaux aquifères de Wallonie (calcaire et craie notamment). Par contre, à l'échelle locale de la carte de Haut-Fays – Redu (1/25.000), il est intéressant de distinguer les potentiels hydrogéologiques des différentes formations géologiques.

IV.1. HYDROGÉOLOGIE RÉGIONALE

Pour rappel, les couches géologiques de l'Ardenne sont composées de roches cohérentes, fortement déformées (plis et schistosité) et fracturées. Elles sont d'âge principalement Dévonien (Lochkovien, Praguien, Emsien) en discordance sur les terrains calédoniens. La lithologie est constituée de schistes, de phyllades, de grès, de quartzites et de quartzophyllades. Le caractère aquifère du sous-sol dépend de la présence et du degré de fissuration des roches gréseuses et quartzitiques, ainsi que de l'importance et de la nature lithologique du manteau d'altération.

La carte hydrogéologique d'Haut-Fays – Redu s'inscrit principalement dans la masse d'eau RWM100 « Grès et schistes du massif ardennais : Lesse, Ourthe, Amblève et Vesdre », la plus grande masse d'eau en termes de superficie en Wallonie (Figure IV-1). Le contexte hydrogéologique régional du massif schisto-gréseux de l'Ardenne est caractérisé par l'existence de deux types d'aquifères presque indépendants de l'unité stratigraphique à laquelle la roche appartient : l'aquifère du manteau d'altération et l'aquifère profond. Une

communication entre les deux aquifères n'est pas exclue notamment à travers certaines failles.

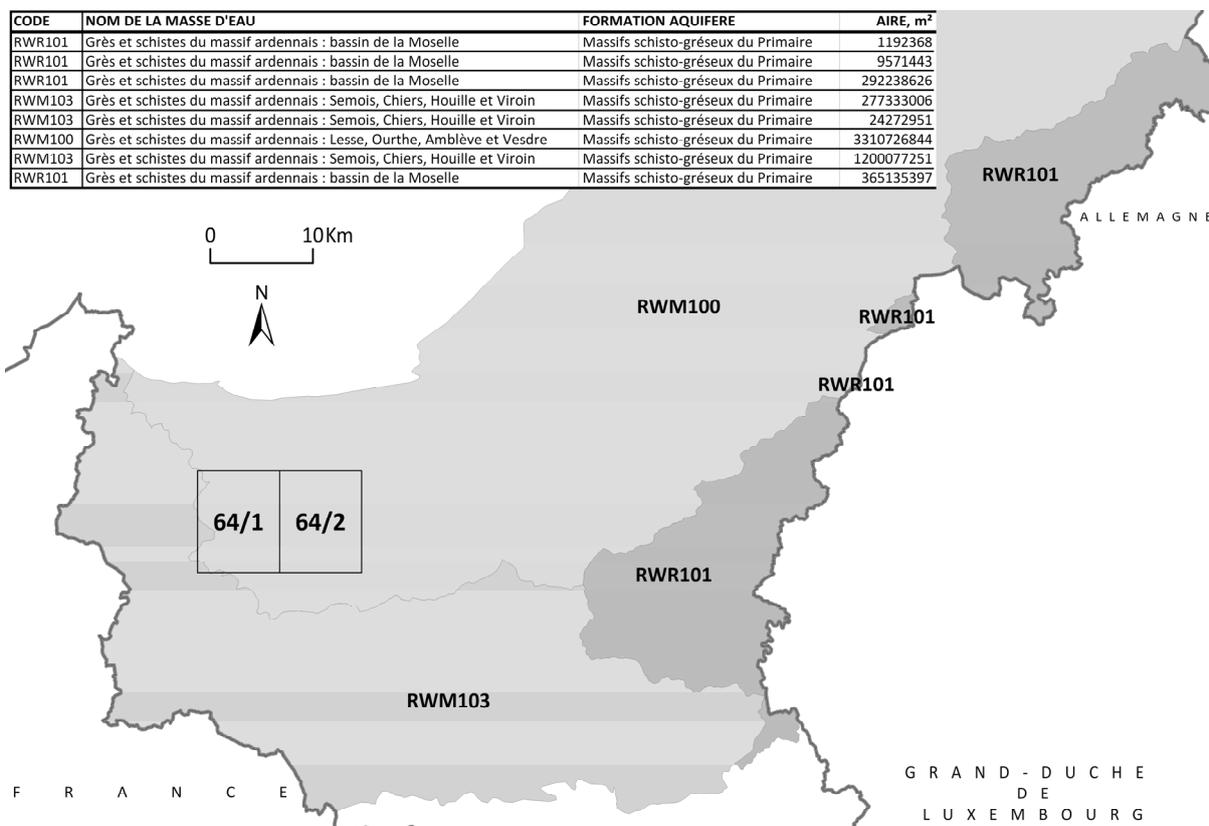


Figure IV-1. Masses d'eau souterraine en Wallonie

IV.1.1. L'aquifère du manteau d'altération

Une première nappe est contenue dans le manteau d'altération des formations paléozoïques. C'est un aquifère relativement continu mais d'extension locale. Son épaisseur peut néanmoins dépasser trente mètres en certains endroits. Le bassin hydrogéologique de telles nappes est souvent calqué sur le bassin hydrographique indépendamment des formations géologiques. Cet aquifère est caractérisé par une double porosité⁶.

La nappe est peu productive et sa capacité d'emménagement d'eau pluviale est faible. Elle est ainsi fortement influencée par le régime des précipitations. Ce phénomène peut provoquer un problème de tarissement en été alors que les besoins sont plus élevés en cette

⁶ Caractérisé à la fois d'une porosité d'interstice et d'une porosité de fissures. C'est le cas de l'aquifère du manteau d'altération où la porosité de pore peut être rencontrée dans les sables issus de l'altération des grès. La porosité de fissures peut se trouver dans les zones de fractures et dans les bancs de grès et de quartzites fissurés.

période de l'année (Figure II-2 et Figure II-3). Etant libre et peu profonde, la nappe est également vulnérable face à la pollution de surface due notamment aux pratiques agricoles et à l'élevage. Par contre, ce type de nappe est très intéressant pour les besoins d'eau peu importants comme les consommations ménagères et les puits de prairies par exemple. Les nappes sont souvent captées par drains et galeries placés en tête de vallons ou en zone d'émergence (Derycke *et al.* 1982). C'est le cas principalement des captages de distribution publique d'eau potable. Les faibles ressources de ce type de nappe d'une part et la répartition de la population d'autre part, nécessitent souvent une multiplication du nombre d'ouvrage. Ceci implique par conséquent une multiplication des zones de prévention des captages avec toutes les contraintes que ça peut engendrer.

IV.1.2. L'aquifère profond

A plus grande profondeur, les nappes peuvent être contenues dans les passages gréseux et quartzitiques fissurés et dans les zones de fractures. Ce sont des niveaux qui forment généralement des entités individualisées indépendantes et d'extension variable mais relativement limitée (Derycke *et al.* 1982). Ils peuvent toutefois être localement mis en contact par des failles. Ils sont de type fissuré et l'eau qu'ils contiennent est généralement sous pression (nappe captive). Etant profondes et de caractère captif, les nappes sont moins soumises aux pollutions de surface. Il faut souligner néanmoins que des valeurs relativement élevées de nitrate peuvent être décelées dans certains puits sollicitant ces niveaux captifs. Les nappes sont captées généralement par des puits profonds dépassant parfois les 100 m, dont le rendement est plus important et sensiblement constant durant toute l'année.

Dans les deux types d'aquifères, l'eau est généralement acide et faiblement minéralisée mais souvent ferrugineuse.

L'aquifère schisto-gréseux de l'Ardenne est de faible importance comparé aux aquifères calcaires, crayeux ou grésosableux. Il n'est cependant pas négligeable puisqu'il constitue souvent la seule ressource aquifère des communes, particulièrement en Ardenne. La dispersion de la population en petites agglomérations ou en habitations isolées difficiles d'accès au réseau de distribution est un autre élément à considérer.

IV.1.3. Remarque générale

D'après Derycke *et al.* (1982), la solution idéale pour exploiter les aquifères schisto-gréseux de l'Ardenne est d'alterner les prélèvements entre les deux types d'aquifères :

- Le captage de la nappe phréatique par drains et puits peu profonds avec mise en réserve de la circulation profonde, pendant la période de hautes eaux.

- Le captage par puits profonds de la circulation souterraine captive, au moment où la nappe phréatique est asséchée et très vulnérable à la pollution de surface pendant la période d'été.

IV.2. HYDROGÉOLOGIE LOCALE

La lithologie des formations géologiques (cf. le point 3.2) présentes sur la carte Haut-Fays – Redu ne permet pas d'identifier de grands aquifères. Il existe néanmoins des ressources hydriques d'importance variable. Ces ressources peuvent se trouver dans le manteau d'altération comme dans les passages gréseux et quartzitiques fissurés. Ces ressources aquifères, bien que limitées, sont néanmoins d'un grand intérêt non seulement pour l'alimentation du réseau hydrographique⁷, mais aussi pour répondre aux besoins de consommation locale. A l'exception de la nappe de surface, il est très difficile de localiser et de cartographier les potentiels aquifères profonds. Dans la même formation géologique la perméabilité varie entre les niveaux schisto-phylladeux et les niveaux grés-quartzitiques. Dans ces derniers, qui sont déjà difficilement cartographiables avec précision, la perméabilité dépend du degré de fissuration. En plus, toutes les fissurations et les zones de fractures telles que les failles ne sont pas potentiellement aquifères. Ceci dépend de la nature des produits de colmatage qui sont issus de l'altération des roches; les schistes altérés deviennent des argiles très peu perméables, alors que les grès deviennent des sables dont la perméabilité est plus importante.

En tenant compte de la fréquence et de l'épaisseur des bancs gréseux et quartzitiques, sur base des descriptions lithostratigraphiques, on peut cependant distinguer des potentialités aquifères différentes entre les formations géologiques. Les unités hydrogéologiques ainsi définies sont présentées dans le tableau 4.1, avec leurs correspondances géologiques respectives.

⁷ La pérennité de nombreux ruisseaux est assurée par une alimentation certes faible mais soutenue grâce aux nappes aquifères (Figure II-2 et Figure II-3).

Tableau IV.1 : Correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques sur la carte de Haut-Fays – Redu

ERE	SYSTEME	SERIE	ETAGE	ASSISE	ABREVIATION	LITHOLOGIE	UNITES HYDROGEOLOGIQUES
CENOZOÏQUE	QUATERNAIRE				al	Alluvions modernes des vallées et éboulis des pentes	Aquifère alluvial
PALEOZOÏQUE	DEVONIEN	INFÉRIEUR	GEDINIEN	SAINT HUBERT	G2b	Représentée par le faciès de Saint Hubert et par le faciès de Paliseul. Le premier est formé principalement de schistes et de schistes phylladeux, de quartzophyllades, de psammites et de quartzites. Le second est caractérisé par des schistes aimantifères renfermant de nombreuses intercalations gréseuses.	Aquiclude du Dévonien inférieur
				OIGNIES	G2a	Formée principalement de schistes et de phyllades. De nombreux bancs schisteux sont abondamment chargés de nodules carbonatés. L'assise contient aussi des "arkoses" et des quartzites.	
				MONDREPUIS	G1	La base, formée d'éléments grossiers : poudingue, "arkose" et quartzite, surmontée par un ensemble composé de schistes, de quartzophyllades et de quartzites.	Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

IV.2.1. Description des principaux aquifères

Sur la planche de Haut Fays – Redu, deux principales unités hydrogéologiques⁸ sont distinguées sur base lithologique principalement : l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur (grès et quartzites fréquents) et l'aquiclude du Dévonien inférieur (phyllade essentiellement). Cette distinction est relative puisque des niveaux aquifères se trouvent dans les deux groupes. Chaque unité hydrogéologique est composée d'un manteau d'altération (nappes supérieures) et du socle sain ou fissuré (nappes profondes). La distinction entre les nappes supérieures et les nappes profondes ne peut se faire que très localement (forage, prospection géophysique, etc.) compte tenu des variations de lithologie et de puissance du manteau d'altération. Le potentiel de l'aquifère alluvial est négligeable compte tenu des faibles épaisseur et étendue des dépôts alluviaux.

IV.2.1.1. Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

L'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur est formé par l'assise de Mondrepuis qui n'occupe qu'une partie restreinte au sud-ouest de la planche. Outre la base de l'assise, formée d'éléments grossiers, la lithologie est constituée principalement de schistes et de phyllades très peu perméables.

IV.2.1.2. Aquiclude du Dévonien inférieur

L'aquiclude du Dévonien inférieur regroupe l'assise d'Oignies et l'assise de Saint Hubert du Gedinnien supérieur qui sont formées essentiellement de schistes et de phyllades peu perméables.

Bien qu'aquiclude, cette unité peut toutefois renfermer des ressources intéressantes en particulier dans les niveaux profonds, mais aussi dans le manteau d'altération et dans la zone de la faille d'Opont. D'autres failles peuvent exister et seraient probablement le siège d'écoulements intéressants

IV.2.1.2.1 Nappes supérieures

De nombreuses sources et drains, généralement exploités pour la distribution publique d'eau potable, témoignent de l'existence d'un potentiel aquifère non négligeable du manteau d'altération. Les masses de quartzite, de grès et « d'arkose » profondément altérées ont été notées à plusieurs endroits sur la surface d'affleurement de l'assise d'Oignies en particulier (minutes de la carte géologique de Haut Fays – Redu au Service géologique de Belgique).

⁸ A ne pas confondre avec les masses d'eau souterraine de la Wallonie telles que définies sur base de la Directive cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/CE) (Figure IV-1)

Le produit d'altération se présente souvent sous forme de sable grossier ou plutôt de gravier. C'est le cas notamment dans la région de Bièvre, de Graide, d'Opont et ailleurs. Ces colluvions constituent donc des nappes superficielles à porosité essentiellement d'interstices. L'importance de telles nappes dépend principalement de la nature lithologique des produits d'altération et de l'épaisseur des colluvions. Or, ces deux paramètres sont variables. Par ailleurs, pour l'extension de ces nappes, on peut admettre que leurs bassins hydrogéologiques se calquent sur les bassins hydrographiques correspondants, compte tenu de leur caractère superficiel et de l'écoulement hypodermique qui les caractérisent.

Nappes plus profondes : L'existence de nappes plus profondes est prouvée par de nombreux forages profonds. En général, plusieurs venues d'eau sont notées lors du forage. Il s'agit le plus souvent de nappes superposées. Les niveaux d'eau correspondent à des bancs fracturés de grès, de quartzite ou «d'arkose». Ce sont donc des nappes de fissures. Dans la région, des venues d'eau profondes correspondant à des produits d'altération tels que du sable ont été notées en profondeur par la société de forage Arnould. Dans ce cas la porosité est souvent de type mixte (de fissures et d'interstices). Le rendement de ces puits est très variable mais les débits sont relativement constants et peu influencés par les précipitations. L'eau est généralement sous pression, le niveau statique qui remonte près de la surface du sol est une résultante des différentes venues d'eau. Il est très difficile sinon impossible de relier les niveaux piézométriques des différents puits. L'extension des nappes profondes est déterminée par l'existence des bancs fissurés de grès, de quartzites et «d'arkose» que l'on ne peut pas cartographier à l'échelle de la carte à cause notamment du plissement des terrains. La zone d'alimentation de ces niveaux aquifères n'est généralement pas connue. Seules des études locales approfondies peuvent apporter des réponses concernant l'alimentation, l'écoulement ou l'existence de continuités hydrauliques entre différents points étudiés.

C'est le cas par exemple dans la région de Porcheresse où une disponibilité globale d'exploitation d'eau souterraine a été évaluée à environ 27 m³/h sur un puits d'exploitation « *Au Minire – Puits 1* »⁹ et deux piézomètres « *Les Speches ou Maladrerie - P6* »¹⁰ et « *Au Quartier Gimbrai - Puits 10* »¹¹ (Derycke, 1980). Le rendement est expliqué d'une part par des terrains perméables rencontrés à plusieurs niveaux lors des forages et d'autre part par un réseau de linéaments déterminant vraisemblablement des axes d'écoulement préférentiel (Figure IV-2). La dénomination « wallonne » du puits « *Au Minire* » pourrait être liée à une exploitation minière dans cette région. Une telle activité avec des tirs d'explosifs

⁹ X = 201.175 et Y = 75.510 coordonnées Lambert belge, 1972, en mètre

¹⁰ X = 202.430 et Y = 73.265 coordonnées Lambert belge, 1972, en mètre

¹¹ X = 201.175 et Y = 75.510 coordonnées Lambert belge, 1972, en mètre

expliquerait une fracturation localement accentuée favorable à une bonne circulation d'eau et des bons rendements des ouvrages.

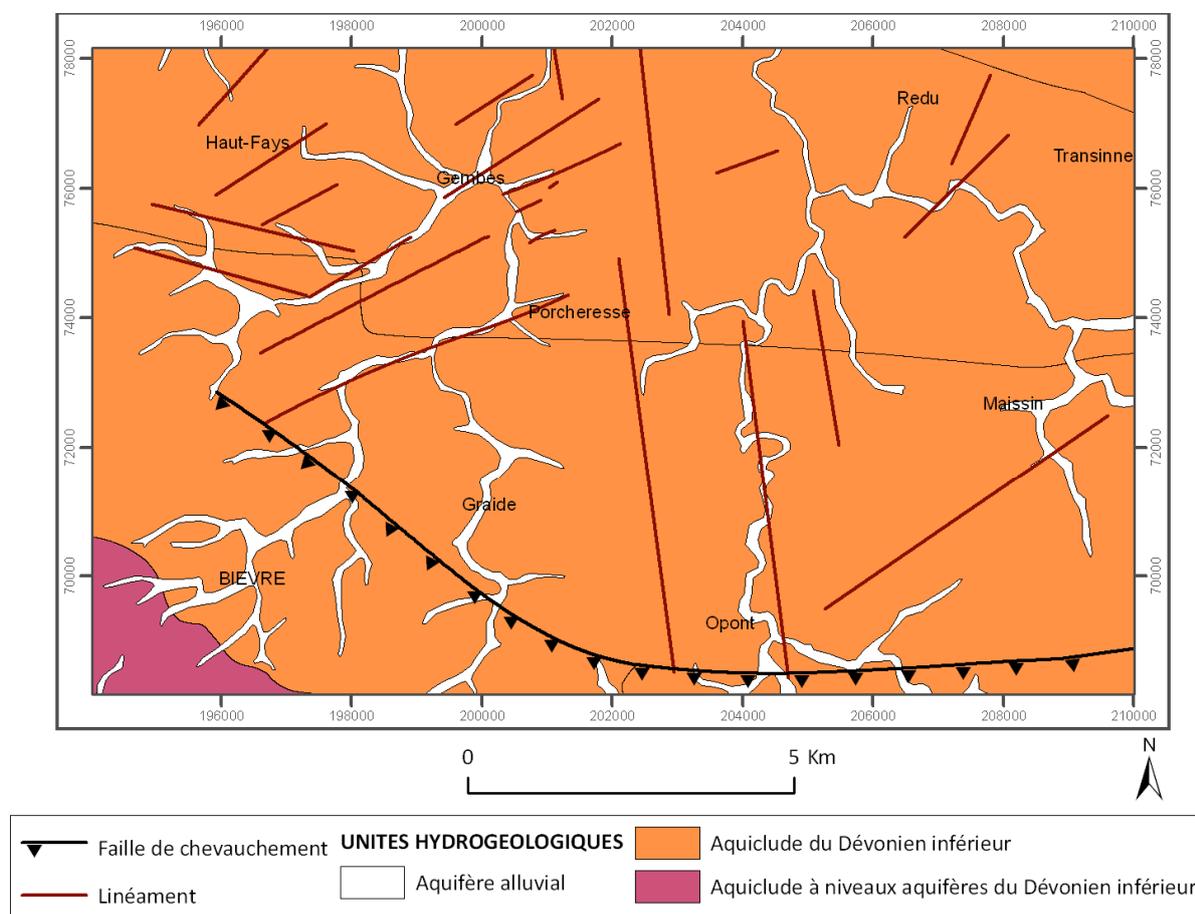


Figure IV-2 : Relevé des principaux linéaments sur la carte de Haut-Fays – Redu (Derycke, 1980)

IV.2.2. Piézométrie

La carte piézométrique ne peut être tracée pour aucune des unités hydrogéologiques définies sur la carte. En fait, dans chacune de ces unités, il peut exister une multitude de nappes superposées et souvent non connectées. Elles sont logées dans des niveaux gréseux et quartzitiques fissurés intercalés dans une masse schisteuse et phylladeuse peu perméable. Ce schéma de superposition des nappes d'importance variable dans les terrains ardennais est souvent décrit par les foreurs qui découvrent une succession de venues d'eau à différentes profondeurs. La première venue d'eau plus ou moins intéressante est généralement observée au contact du manteau d'altération avec le socle sain. Quand les niveaux plus profonds sont quantitativement suffisants pour l'exploitation, ce niveau superficiel est souvent évité afin de réduire le risque de la pollution. Par ailleurs, la structure

plissée et faillée ne permet pas de suivre un niveau de nappe même sur de courtes distances.

La piézométrie ne peut être représentée sur la carte que par des cotes ponctuelles qu'il faut prendre toutefois avec prudence pour plusieurs raisons :

- Dans la plupart des puits forés, le niveau piézométrique observé est une résultante de deux ou plusieurs nappes profondes superposées (la nappe supérieure étant souvent évitée). Vu que les potentiels aquifères en Ardenne sont souvent limités, les puits sont crépinés dans plusieurs horizons pour cumuler le plus grand nombre de ressources.
- Faute de piézomètres, les niveaux des nappes ont été mesurés dans des puits généralement exploités dont le rabattement peut fausser la mesure, d'autant plus que les rabattements provoqués dans les puits ardennais sont souvent élevés.
- Les nappes plus profondes sont généralement sous pression, et le niveau piézométrique s'équilibre près de la surface du sol. Donc le niveau piézométrique représenté ne signifie pas que l'on va rencontrer la nappe à cette profondeur. De plus la structure plissée et faillée ne permet pas d'extrapoler les niveaux des venues d'eau même sur un petit rayon.

En revanche, une continuité hydraulique peut exister localement entre différents ouvrages peu profonds sollicitant notamment une nappe superficielle. C'est le cas par exemple dans la région de l'Our où l'écoulement se fait vers le ruisseau.

Suite à la campagne sur le terrain, un puits foré non exploité au nord-ouest d'Opont « *Puits Anciaux* »¹² a été sélectionné pour un suivi piézométrique. C'est le seul puits qui a été mis à disposition pour ce suivi. L'ouvrage en question n'a pas été équipé à cause de son faible rendement. Par conséquent, le niveau piézométrique mesuré est la résultante des niveaux d'eau dans la nappe du manteau d'altération et des nappes profondes. Le but est de montrer les fluctuations saisonnières des nappes à cet endroit. Les niveaux piézométriques ont été enregistrés par une sonde automatique qui prenait des mesures chaque 6h durant une période allant du 28/08/2007 au 22/02/2008. La période n'est certainement pas suffisante pour voir le cycle annuel de la nappe. Par contre, les fluctuations rapides du niveau piézométrique, notamment en hiver, montrent l'influence de la nappe du manteau d'altération qui répond assez rapidement aux variations pluviométriques (Figure IV-3).

¹² X = 202.887 et Y = 70.171 coordonnées Lambert belge, 1972, en mètre

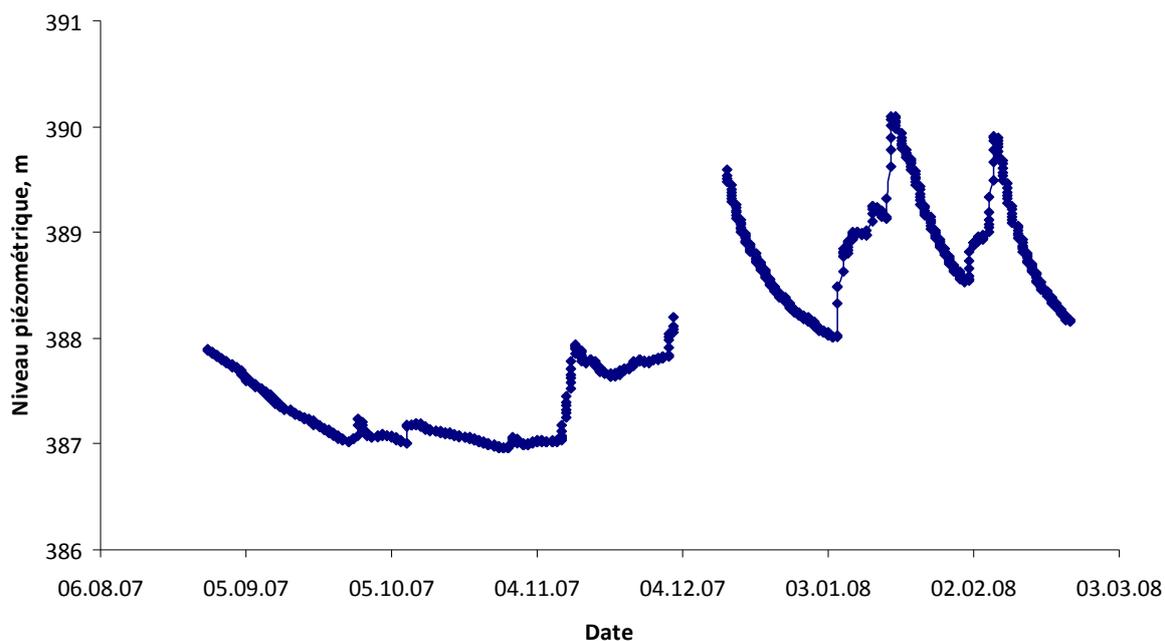


Figure IV-3 : Evolution piézométrique des nappes supérieures et profondes indifférenciées dans un puits foré au nord du village d'Opont

IV.2.3. Coupe hydrogéologique

La localisation et la direction nord-sud de la coupe hydrogéologique (cf. poster A0) sont choisies pour représenter la structure de la principale unité hydrogéologique qui est l'aquiclude du Dévonien inférieur, avec notamment le synclinal de Redu au nord et la faille d'Opont au sud. Faute d'informations précises sur la structure et les épaisseurs des couches géologiques, la coupe n'a pas pu être prolongée au delà des 100 m de profondeur, ce qui suffit pour montrer le sens du pendage des assises géologiques.

La hauteur de la coupe est exagérée 5 fois pour marquer le relief et les lignes de partage des eaux ainsi que les pendages des couches. La coupe traverse, du nord vers le sud, la vallée de la Lesse et les ruisseaux du « Roli », des « Etangs du Goré d'Our » et du « Brou ». Soulignons que le bassin hydrogéologique des nappes supérieures, caractérisées par un écoulement hypodermique, correspond au bassin hydrographique, indépendamment des considérations stratigraphiques. Pour les aquifères profonds, la seule cote piézométrique représentée sur la coupe montre que le niveau de la nappe se stabilise près de la surface du sol malgré des venues d'eau souvent profondes.

V. HYDROCHIMIE

V.1. CARACTÉRISATIONS HYDROCHIMIQUES DES EAUX

Pour compléter les données qualitatives disponibles collectées auprès de la Région wallonne, de la SWDE, des communes et autres, des mesures in situ et des échantillonnages d'eau ont été combinés avec la campagne piézométrique.

Les paramètres physico-chimiques concernés par la mesure in situ sont le pH, la conductivité, l'oxygène dissous et la température. Le but est d'avoir, entre autre, des indices sur l'origine superficielle ou profonde de la nappe sollicitée.

L'échantillonnage d'eau pour une analyse minérale est effectué quand la caractérisation qualitative de la nappe est jugée opportune. Soulignons que le contexte en Ardenne ne permet pas d'extrapoler une qualité chimique relevée à un point sur toute une unité hydrogéologique. Il est dès lors important d'avoir une représentation qualitative assez bien répartie sur la carte. C'est dans cette optique que ces analyses complémentaires ont été réalisées.

Les points où une analyse chimique est disponible, ont été reportés sur la carte thématique au 1/50.000 « **Carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes** ». On dénombre 43 points (puits, piézomètre, source et drain) pour lesquels une caractérisation qualitative est renseignée dans la base de données hydrogéologique (BDHYDRO).

V.2. CARACTÉRISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES

Les variations de la conductivité, de l'oxygène dissous et du pH sur la carte de Haut-Fays – Redu sont reportées sur la Figure V-1.

Hormis un puits à Porcheresse, les valeurs de la conductivité sont assez faibles, reflétant la nature silicatée et non carbonatée des terrains dévonien dans la région. On constate de manière générale que la conductivité est relativement plus élevée dans les puits profonds que dans les sources et les drains. Cette différence peut s'expliquer par le lessivage des éléments dans le manteau d'altération, en admettant que les sources et les drains sollicitent généralement les nappes de surface. Par ailleurs, le fer et le manganèse qui se trouvent sous forme dissoute en profondeur, s'oxydent dans la nappe superficielle.

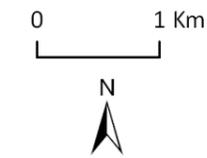
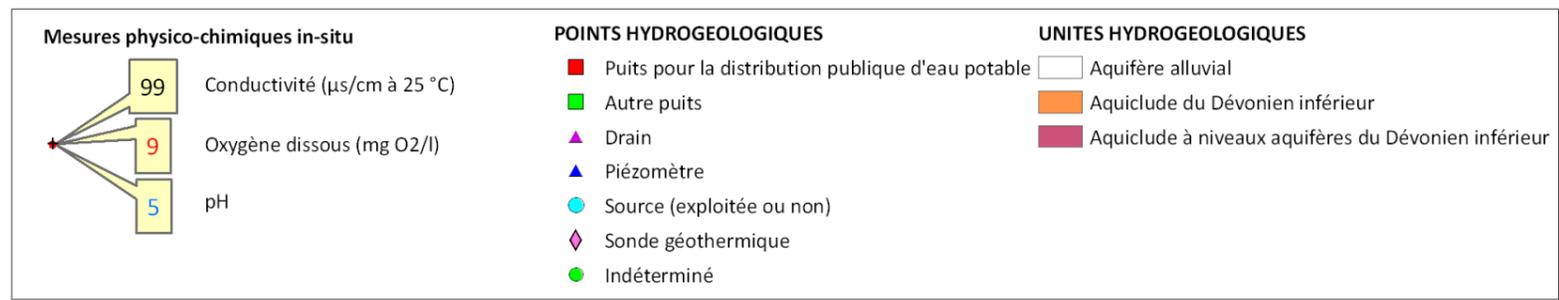
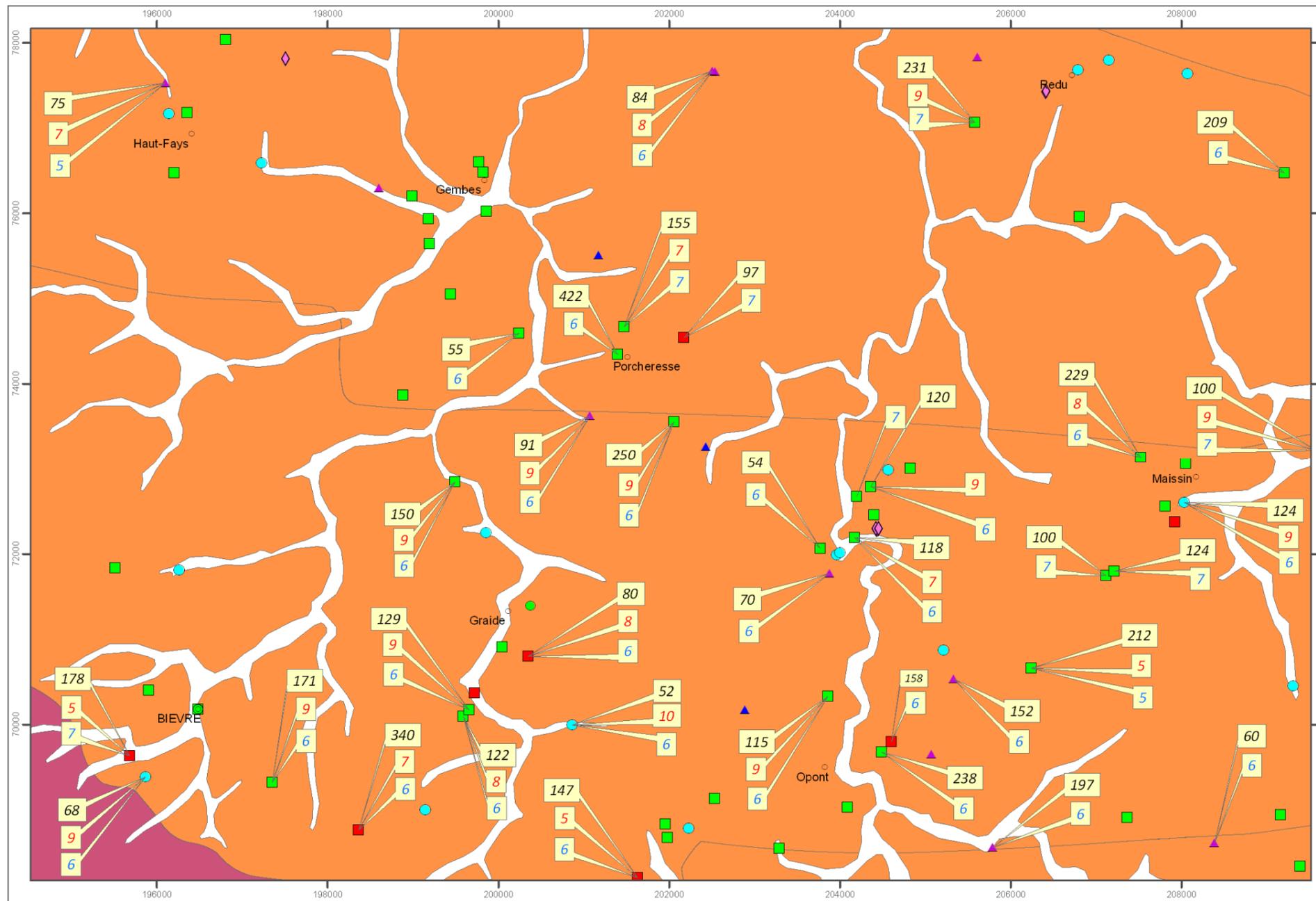


Figure V-1 : Représentation indicative des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines sur la planche de Haut-Fays – Redu

Les pH mesurés varient entre 5 et 7, indépendamment des unités hydrogéologiques. Les eaux peuvent donc être agressives pour les conduites métalliques et les appareils électroménagers. Elles nécessitent généralement un traitement préalable adéquat notamment pour la distribution publique d'eau potable. Les valeurs de l'oxygène dissous fluctuent entre 5 et 9 mg O₂/l sans que l'on puisse détecter d'influence de l'origine, profonde ou superficielle, des nappes.

Par ailleurs, les paramètres physicochimiques tels que la température, le pH et la conductivité sont très stables dans certains puits profonds. Ceci traduit probablement un temps de transfert assez lent depuis la zone d'alimentation de la nappe et le captage. C'est le cas par exemple dans le « *Puits Faloige* »¹³ où l'aquifère est relativement profond et protégé (puits artésien jaillissant) (Tromme et Cocinas, 2006).

V.3. CARACTÉRISTIQUES MINÉRALES

Les caractéristiques minérales des eaux souterraines déterminent les signatures géochimiques de l'eau. Celles-ci sont le résultat des interactions entre les eaux souterraines et les roches environnantes. Ainsi, la nature peu minéralisée des eaux dans la région reflète assez bien la lithologie essentiellement silicatée des terrains du Dévonien inférieur sur la carte de Haut Fays – Redu. Les eaux de certains puits profonds ont des teneurs trop élevées en fer dissous et en manganèse dissous. C'est le cas notamment au puits «La Faloige» exploité par l'administration communale de Bièvre. Dans ce cas, un traitement adéquat s'impose.

V.4. NITRATES, PHOSPHATES ET PESTICIDES

Au vu des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines, l'effet des pratiques agricoles sur les nappes est sensible à plusieurs endroits sur la carte (Figure V-2). Ainsi, même si les teneurs en NO₃ ne dépassent pas les normes de potabilité (50 mg/l), une surveillance de la tendance est souhaitable. L'examen de l'évolution temporelle des nitrates disponibles ne permet de dégager des tendances claires sur aucun ouvrage. Les concentrations actuelles fluctuent autour de moyennes plus élevées en environnement agricole et plus faibles ailleurs. C'est la même tendance observée pour les teneurs des eaux souterraines en pesticides. Si l'on exclu un drain de la SWDE situé au nord du village d'Haut-Fays (90 ng/l d'atrazine), les concentrations en atrazine fluctuent entre 0 et 30 ng/l, largement inférieure à la norme (100 ng/l) exigée par la Région wallonne pour les eaux souterraines. Les valeurs les plus élevées correspondent à des terrains agricoles.

¹³ X = 195.679 et Y = 69.645 coordonnées Lambert belge, 1972, en mètre

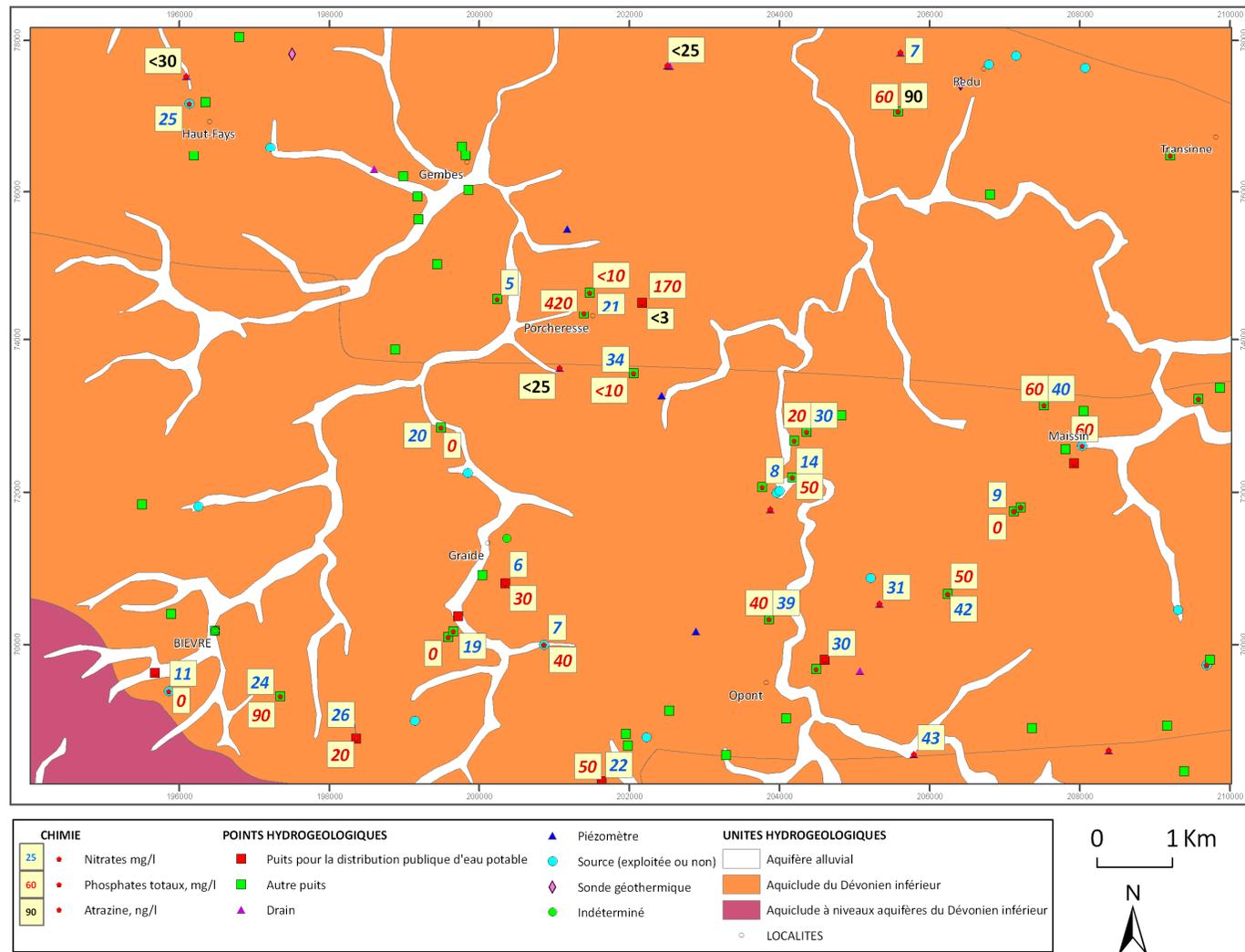


Figure V-2 : Distribution indicative des nitrates, phosphates et atrazines dans les eaux souterraines sur la carte Haut-Fays – Redu

Par ailleurs, les concentrations en phosphates totaux varient entre 0 et 190 mg/l et exceptionnellement 420 mg/l dans un puits privé.

V.5. CARACTÉRISTIQUES BACTÉRIOLOGIQUES

Les teneurs en germes et en coliformes sont généralement nulles ou faibles dans la plupart des ouvrages. Une contamination bactériologique est notée toutefois dans certains ouvrages qui sont principalement des puits de fermiers, dont certains sont des puits profonds. Il s'agit, dans la plus part des cas, de contamination de surface due aux activités à proximité immédiate du captage. Dans certains cas, les teneurs en germes totaux varient entre 10 et 260/l de germes et jusqu'à 22 :100 ml de coliformes. Pas de trace d'E. Coli.

VI. EXPLOITATION DES AQUIFÈRES

Tous les ouvrages (puits, piézomètres, sources...) recensés et existant en avril 2012, sans distinction de nature, ont été reportés sur la carte thématique intitulée « **Carte des volumes prélevés** » (1/50.000). Un symbolisme différent est attribué selon la nappe dans laquelle est établi l'ouvrage. De manière générale, les ouvrages de surface de type drains et sources ainsi que les puits peu profonds sont attribués à l'unité hydrogéologique à l'affleurement. Sa couleur correspond à celle de l'aquifère alimentant l'ouvrage (carte 1/25.000).

Pour les ouvrages de prise d'eau dont le débit est connu, des pastilles rouges (pour les sociétés de distribution d'eau) ou vertes (pour les exploitations privées ; agricoles domestiques ou autre) de diamètre proportionnel au débit prélevé ont été utilisées comme indicateur. Les données les plus récentes qui ont été déclarées et entièrement encodées par l'administration wallonne correspondent à l'année 2010.

L'exploitation d'une prise d'eau souterraine n'est pas constante pour plusieurs raisons. D'abord pour répondre à des besoins hydriques variables selon la pluviométrie, l'activité économique ou autre. Mais aussi, à cause de contraintes techniques liées à l'ouvrage ou de contraintes qualitatives et/ou quantitatives liées à la nappe. La présentation des volumes moyens prélevés correspondant aux cinq dernières années déclarées et encodées à la Région illustre de manière plus réaliste l'exploitation des eaux souterraines sur la planche. Ces valeurs moyennes ne sont pas représentatives du potentiel d'exploitation ni de l'exploitation réelle des nappes. Elles reflètent simplement, de manière indicative, l'importance d'un site d'exploitation pendant les cinq dernières années considérées. Il se peut que pendant ces années, un ouvrage d'appoint n'ait fonctionné que sur une seule année. Par ailleurs, cette présentation permet de montrer l'importance d'un ouvrage principal d'exploitation qui, pour une raison ou une autre, n'aurait pas fonctionné pendant la dernière année encodée.

Entre 2006 et 2010, les volumes moyens annuels prélevés sont principalement produits et exploités par la S.W.D.E. et par le service communal de Bièvre (Figure VI-1). Les communes de Paliseul et de Daverdisse ont cédé leurs captages respectifs à la société wallonne des eaux. Par ailleurs, en terme du nombre d'ouvrage, les exploitations privées sont assez nombreuses (Figure VI-2), mais l'ensemble des volumes prélevés par les particuliers est relativement faible. Il faut souligner toutefois que l'encodage de la plupart de ces petits volumes est suspendu à la Région pour les déclarations plus récentes que 2003. Le but est d'avancer plus rapidement au niveau de l'encodage des volumes plus importants.

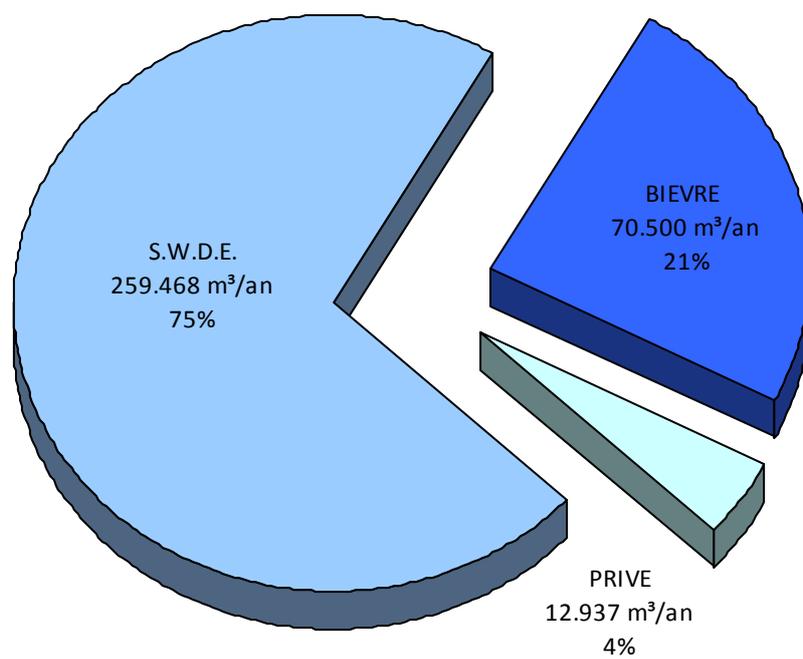


Figure VI-1 : Exploitation moyenne des volumes d'eau souterraine prélevés sur la carte de Haut-Fays – Redu entre 2006 et 2010

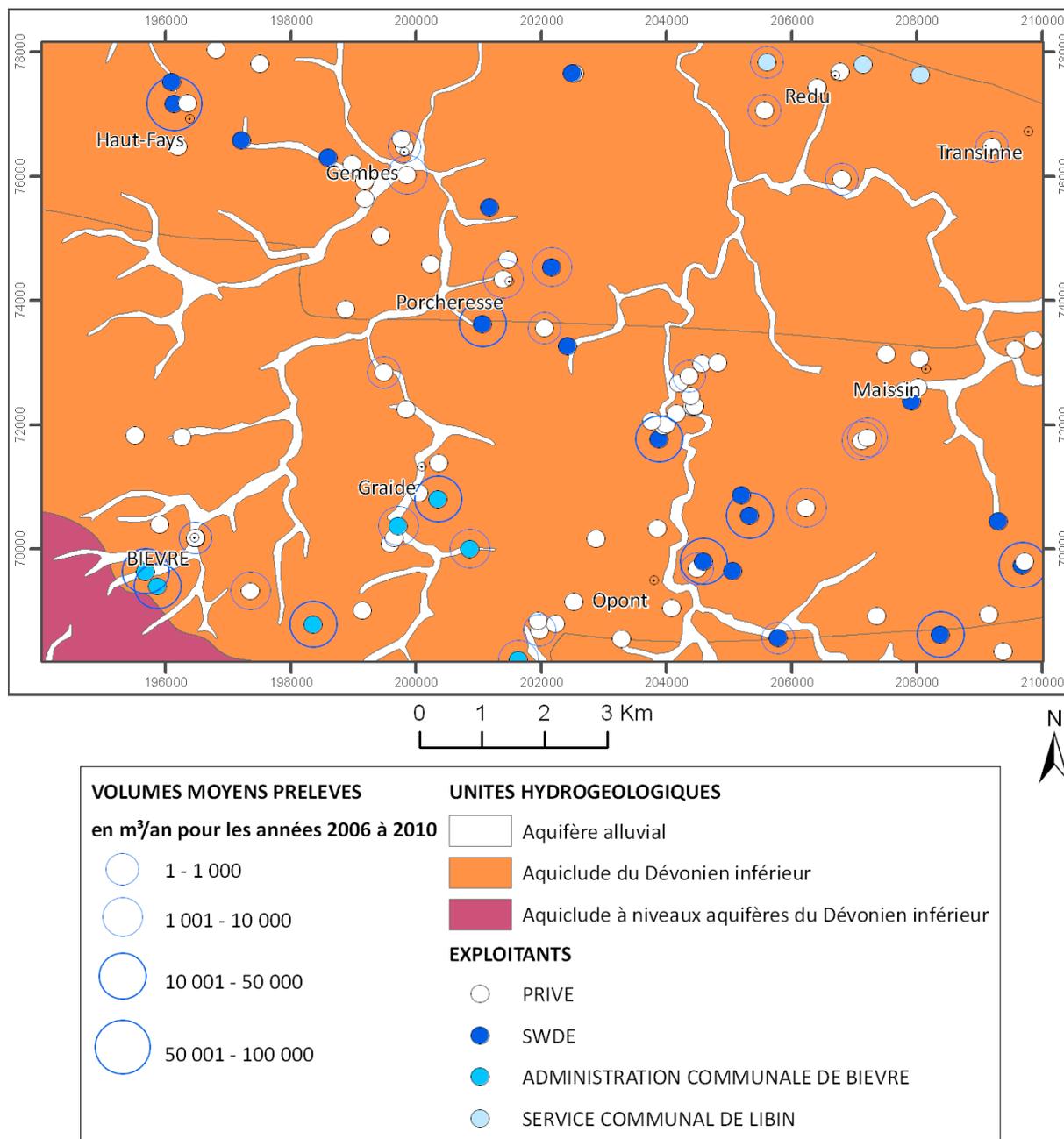


Figure VI-2 : Exploitation des ouvrages de prise d'eau sur la planche de Haut-Fays – Redu entre 2004 et 2010

VII. CARACTÉRISATION DE LA COUVERTURE ET PARAMÈTRES HYDRAULIQUES DES NAPPES

Si l'aquifère n'est pas à l'affleurement, la couverture est définie comme perméable, semi-perméable ou imperméable par rapport aux nappes sous-jacentes. Les caractéristiques de la couverture sont représentées sur la carte thématique intitulée « **Carte des informations complémentaires et des caractères de couverture des nappes** ». Sur la même carte sont représentés également les points pour lesquels des données de paramètres d'écoulement existent. Ces données sont toutefois assez rares sur la planche de Haut-Fays - Redu.

VII.1. CARACTÉRISATION DE LA COUVERTURE DES NAPPES

Il est bon de rappeler le contexte hydrogéologique qui se caractérise par deux types de nappes ; la nappe superficielle contenue dans le manteau d'altération et la nappe profonde qui est située dans les bancs fissurés de grès et de quartzites.

La première nappe peut être considérée comme étant à l'affleurement, d'où sa vulnérabilité sur l'ensemble du territoire couvert par la planche. Il faut en revanche rappeler que les nombreux affleurements du kaolin dans la région peuvent constituer une protection naturelle des nappes sous-jacentes. Soulignons toutefois que les dépôts de kaolin ont été intensément érodés et ne subsistent que sur les hauts plateaux d'environ 400 m d'altitude (Figure III-4, zones en rouge et en bleu-vert). Par ailleurs, vers la fin de la dernière glaciation, des dépôts limoneux éoliens se sont déposés notamment sur les hauts plateaux. La solifluxion et la cryoturbation, deux phénomènes liés au gel et au dégel des sols, les ont mélangés aux produits d'altération de la roche primaire (Platteborze, 1970). Le résultat est une masse limono-caillouteuse présente sur les hauteurs avec des épaisseurs variables. C'est le cas par exemple à la ferme de l'Almoine, au sud-ouest de Maissin, où l'épaisseur de la couche de limons atteint 8 m d'après les archives du Service géologique de Belgique. Ces dépôts peuvent jouer un rôle de filtre contre d'éventuelles pollutions de surface (Debbaut, 1991).

Dans le cas des nappes profondes, où la nappe se trouve généralement enrobée dans une masse schisto-phylladeuse, la couverture peut être considérée comme imperméable. Ce type de nappe est effectivement sous pression (nappe captive) dans la plupart des cas.

En revanche, les nappes de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur peuvent être considérées sous une couverture semi-perméable vu la présence plus fréquente des bancs quartzitiques. Les zones de failles peuvent par ailleurs constituer des passages relativement perméables qu'il faut surveiller. En dehors de la faille d'Opont, ces zones ne sont malheureusement pas connues sur la planche. Enfin, les alluvions peuvent former une

couverture perméable, mais ni par leurs étendues ni par leur épaisseur, elles ne peuvent avoir une influence significative sur les nappes sous-jacentes.

VII.2. PARAMÈTRES D'ÉCOULEMENT

Les paramètres hydrauliques des nappes souterraines sont généralement assez mal connus en Ardenne. Quand ils sont connus localement, on ne peut pas les généraliser sur toute l'unité hydrogéologique vu le contexte géologique et structural.

Les données de transmissivité (T) et de perméabilité (K) qui sont disponibles sur la planche de Haut-Fays – Redu sont représentées dans le Tableau VII.1. Les informations détaillées sont données dans les références citées dans le tableau. Les valeurs respectives de la perméabilité et de la transmissivité contrastent fortement avec les perméabilités extrêmement faibles des schistes et des phyllades environnants. Dans tous ces puits les principales venues d'eau correspondent à des passages gréseux et/ou quartzitiques fissurés. C'est ce qui explique ces perméabilités obtenues et le caractère captif des nappes dans ces ouvrages.

VII.2.1. Puits la Justice

Le puits est foré à 60 m de profondeur à l'est du village d'Opont. Il est équipé d'un tubage de diamètre intérieur de 115 mm dont les crépines sont situées respectivement à 24 - 28,8 ; 43,2 - 52,8 et 55,2 - 57,6 m de profondeur. La pompe a été placée à 54 m sous le niveau du sol. Les résultats de transmissivité donnés au tableau 7.1 correspondent à un essai de longue durée sur trois paliers (2,9 ; 5 et 7 m³/h). D'après la courbe de rendement, le débit critique est d'environ 6 m³/h.

VII.2.2. Ferme Belle-Vue Puits 1

Le puits, situé au sud-ouest de Maissin, a été foré en 1984 à 75 m de profondeur. Le forage est équipé d'un tubage en PVC de 125 mm de diamètre, crépiné aux profondeurs respectives suivantes : 42,8 - 47,2 m ; 57,2 - 69,2 et 71,6 - 74 m. Le débit extrait par l'injection d'air comprimé « air-lift » était de 8 m³/h en fin du forage. Les résultats donnés dans le tableau 7.1 correspondant à ce puits ont été obtenus par un essai de longue durée, avec trois paliers (2.89, 5.92 et 10.4 m³/h). Les perméabilités ont été calculées en considérant une épaisseur productive de 52 m. Le débit critique est noté entre 6 m³/h et 10 m³/h.

Tableau VII.1 : Résumé des données des paramètres hydrauliques

<i>Nom</i>	<i>Type</i>	<i>X, m</i>	<i>Y, m</i>	<i>Profondeur, m</i>	<i>Unité hydrogéologique</i>	<i>Nappe</i>	<i>Activité</i>	<i>K, 10⁻⁵ m/s</i>	<i>T, 10⁻³ m²/s</i>	<i>Date</i>	<i>Méthode</i>	<i>Référence</i>
Puits la Justice	Puits	204600	69800	60	Aquiclude du Dévonien inférieur	Profonde	Distribution		0,073 à 0,22	03/08/1981	Cooper-Jacob sur trois paliers (Q1, Q2, Q3)	Derycke <i>et al.</i> , (1981)
Ferme Belle-Vue Puits 1		207212	71800	75			Privé	2,5 à 9,2	1,3 à 4,8	15/06/1991	Cooper-Jacob sur trois paliers (Q1, Q2, Q3)	Debbaut, (1991)
Ferme Belle-Vue Puits 2		207120	71750	82				3,5 à 6,3	1,8 à 3,3	15/06/1991	Cooper-Jacob sur trois paliers (Q1, Q2, Q3)	Debbaut, (1991)
La Faloige		195679	69630	78			Distribution	0,21 à 0,74		18/08/2005		Tromme et Cocinas (2006)
Les Speches ou Maladrerie P6		202430	73265	101					0,11	22/04/1980	Méthode de Jacob - palier 3	Derycke, (1980)
Au Quartier Gimbrai Puits 10	Piézomètre	201175	75510	101			0,09 à 0,16	2/04/1980	Méthode de Jacob sur 6 paliers	Derycke, (1980)		

VII.2.3. Ferme Belle-Vue Puits 2

Le puits est situé à environ 100 m au sud-ouest du puits « *Ferme Belle-Vue Puits 1* ». Il a été foré en 1989 à 82 m de profondeur et équipé d'un tubage en PVC de 125 mm de diamètre. Le tube est crépiné sur 12 m de profondeur, sur 3 tronçons correspondant aux niveaux productifs. L'air-lift a révélé un débit de 6 m³/h à la fin des travaux de forage. Un essai de longue durée a été réalisé avec plusieurs paliers (2,19 ; 4 ; 4,91 ; 5,8 et 6,4 m³/h). Des fluctuations brutales ont été observées durant l'essai. Elles seraient dues essentiellement à l'exploitation du « *Puits 1* » voisin. Les résultats représentés au tableau 7.1 de cet essai ont été basés sur les principaux paliers (1, 3 et 5). Ces résultats doivent être considérés avec prudence vu certains paramètres inconnus tels que l'exploitation du puits voisin (débit et période d'exploitation notamment). Le calcul des perméabilités considère une épaisseur productive de 52 m. Enfin, à 6.4 m³/h, le débit critique n'a pas été atteint.

VII.2.4. La Faloige

Le puits, situé à Bièvre, est foré à 78 m de profondeur, équipé en diamètre de 200 mm et rechemisé en 150 mm, la pompe se trouve à 60 m. Une inspection caméra a montré que le puits est encombré à 42 m par de la vase et des colloïdes de fer (Tromme et Cocinas, 2006). A l'arrêt, le puits est artésien jaillissant, avec un débit de débordement de 0.2 à 1.0 m³/h en août 2005. La perméabilité a été calculée en régime transitoire parce que l'équilibre n'a pas été atteint après 4 heures de pompage.

VII.2.5. Les Speches ou Maladrerie P6

L'ouvrage est un piézomètre foré au sud-est du village de Porcheresse à 101 m de profondeur pour un diamètre de 165 mm. Il est équipé d'une pompe placée à 96 m sous le niveau du sol pour l'essai de pompage. Les descriptions lithologiques rencontrées durant le forage ont révélé un niveau de sable entre 60 et 73 m de profondeur. C'est un niveau d'altération dû à la circulation des eaux souterraines. Ce niveau correspond à un niveau aquifère renfermant une nappe à porosité d'interstice. Un essai de pompage a été réalisé au droit de ce piézomètre sur trois paliers (2,33 ; 6,26 et 8,98 m³/h). La seule valeur de transmissivité disponible correspond au troisième palier (tableau 7.1). Compte tenu du diamètre du piézomètre, la valeur de transmissivité peut être considérée comme excellente. La courbe de rendement montre que pour un débit proche de 9 m³/h, le niveau de la nappe au droit du piézomètre se stabilise rapidement au bout de trois jours de pompage. Le rendement spécifique est d'ailleurs constant : de 0,18 m³/h/m au bout de 5h à 0,16 m³/h/m après 9 jours.

La zone productive du piézomètre, qui correspond à des sables ou des grès désagrégés, montre une bonne alimentation de la nappe. Celle-ci peut assurer un débit de 9 m³/h de manière assez constante et des débits plus élevés pour des périodes relativement plus courtes.

VII.2.6. Au Quartier Gimbrai Puits 10

L'ouvrage est un piézomètre foré au nord du village de Porcheresse à 101 m de profondeur pour un diamètre de 165 mm. Il est équipé d'une pompe placée à 96 m de profondeur pour un essai de pompage. L'essai en question a été réalisé sur plusieurs paliers (3,9 ; 3,5 ; 5,8 ; 6,13 ; 7 et 12 m³/h). Les résultats sont représentés au tableau 7.1.

La courbe de rendement montre que le débit critique est situé à environ 6.5 m³/h. Une chute du débit spécifique à 0,23 m³/h/m a été notée après 10 jours de pompage sans atteindre une stabilité du rabattement.

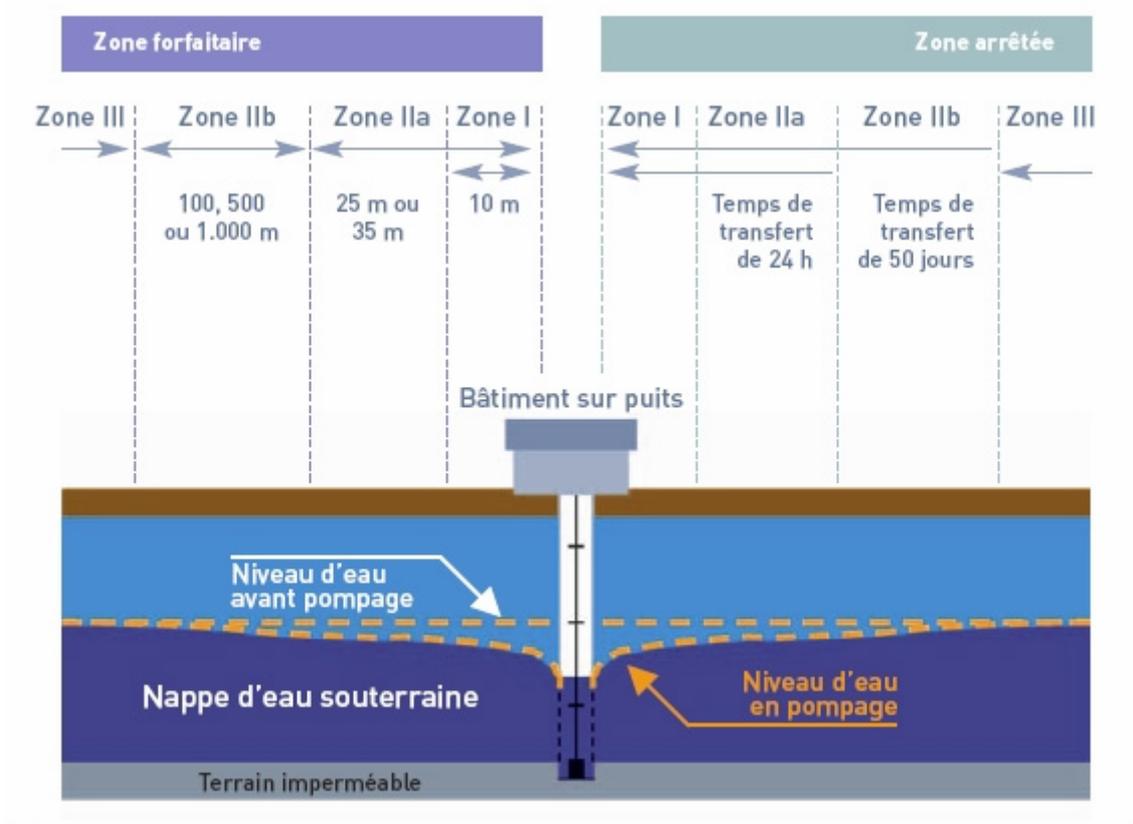
Le niveau productif au niveau du piézomètre est relativement restreint ; il correspondrait à un écoulement préférentiel lié à une fracturation des terrains. L'eau y circule assez bien, l'alimentation lointaine du niveau aquifère est apparemment assurée d'après la baisse assez lente du rabattement (Derycke, 1980).

VIII. ZONES DE PROTECTION

VIII.1. CADRE LEGAL

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

Afin de limiter les risques de contamination des captages des eaux potabilisables, des périmètres de prévention doivent être mis en place. La législation wallonne¹⁴ définit 4 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) (Figure VIII-1).



Source: d'après le site Internet de la CILE - <http://www.cile.be>

Figure VIII-1. Schéma des différentes zones de protection en Wallonie

¹⁴ 12 février 2009 - Arrêté du Gouvernement wallon modifiant le Livre II du Code de l'Environnement constituant le Code de l'Eau en ce qui concerne les prises d'eau souterraine, les zones de prise d'eau, de prévention et de surveillance (M.B. 27.04.2009), Articles R. 154 à R. 158.

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.

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

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

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

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

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

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

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

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 naturelles ou artificielles, rendant leur identification sur le terrain plus aisée.

VIII.2. MESURES DE PROTECTION

Diverses mesures de protection ont été définies par les autorités compétentes pour les différentes zones. Ces mesures concernent notamment l'utilisation et le stockage de produits dangereux, d'engrais ou de pesticides, les puits perdus, les nouveaux cimetières, les parkings,... Elles visent à réduire au maximum les risques de contamination de la nappe. Toutes ces mesures sont décrites aux articles R.162 à R.170 de l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 12 février 2009¹⁵.

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

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

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

¹⁵ 12 février 2009: AGW modifiant le Livre II du Code de l'Environnement constituant les Codes 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).

¹⁶ SPGE, instituée par le décret du 15 avril 1999

VIII.3. ZONE DE PRÉVENTION REPRISE SUR LA CARTE

Les zones de prévention approuvées par arrêtés ministériels ou à définir sur la carte de Haut-Fays – Redu sont reprises sur la Figure VIII-2. Les noms d'ouvrages concernés sont mentionnés tout en distinguant le type de la zone et le type de l'ouvrage. Les noms des zones de prévention arrêtées ou à l'enquête publique sont reportés dans Tableau VIII.1.

Tableau VIII.1. Liste des zones de prévention arrêtées sur la carte de Haut Fays – Redu

<i>CODEPROT</i>	<i>NOM DE LA ZONE DE PREVENTION</i>	<i>COMMUNE</i>	<i>STATUT</i>
AC_BIEVRE03	Gustaumont, Faloige	Bièvre	Arrêtée
AC_BIEVRE03	Gustaumont		

Les zones de prévention arrêtées ou à l'enquête publique en Wallonie peuvent être consultées directement sur le site : http://environnement.wallonie.be/zones_prevention/

Les ressources hydrogéologiques sur la planche de Haut-Fays – Redu sont assez limitées. Ainsi, les producteurs d'eau potable pour la distribution publique sont contraints de multiplier le nombre de sites d'exploitation. Vu que ces différents sites sont assez dispersés sur la carte, il est difficile de délimiter une zone de prévention pour protéger plusieurs sites à la fois. D'où la nécessité de multiplier le nombre de zones de prévention. Il faut toutefois souligner qu'un certain nombre de captages sont soit à l'arrêt ou suspendus¹⁷. C'est le cas notamment des ouvrages communaux de Paliseul et de Daverdisse qui ont été transférés à la société wallonne des eaux. Par conséquent, toutes les zones de prévention à définir (Figure VIII-2) ne seront pas forcément étudiées ni délimitées sachant qu'un certain nombre de captages seront abandonnés.

¹⁷ C'est la nature de l'autorisation qui oblige ou non une délimitation des zones de prévention. Même si un ouvrage est à l'arrêt pour des raisons techniques ou autres, il reste soumis à la loi sur la protection des captages d'eau tant qu'il est destiné à la production d'eau potabilisable.

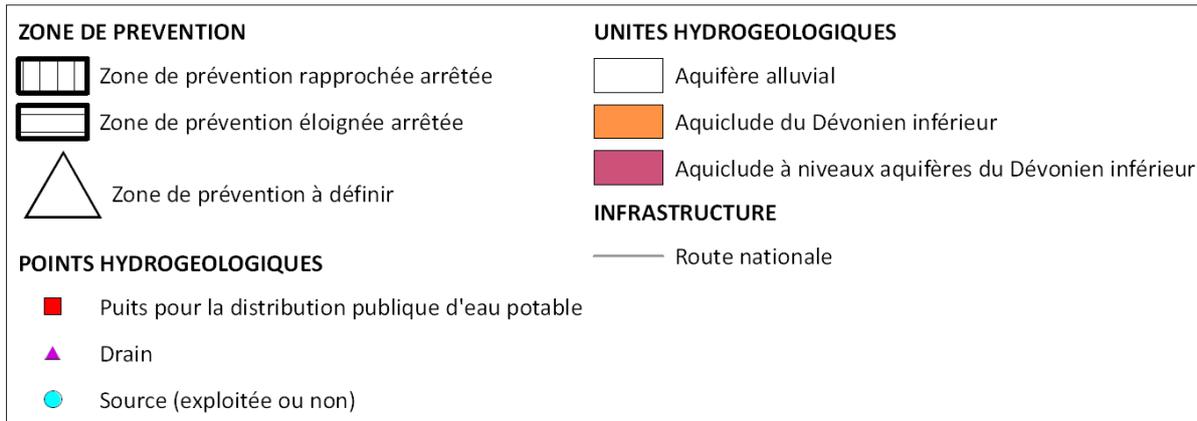
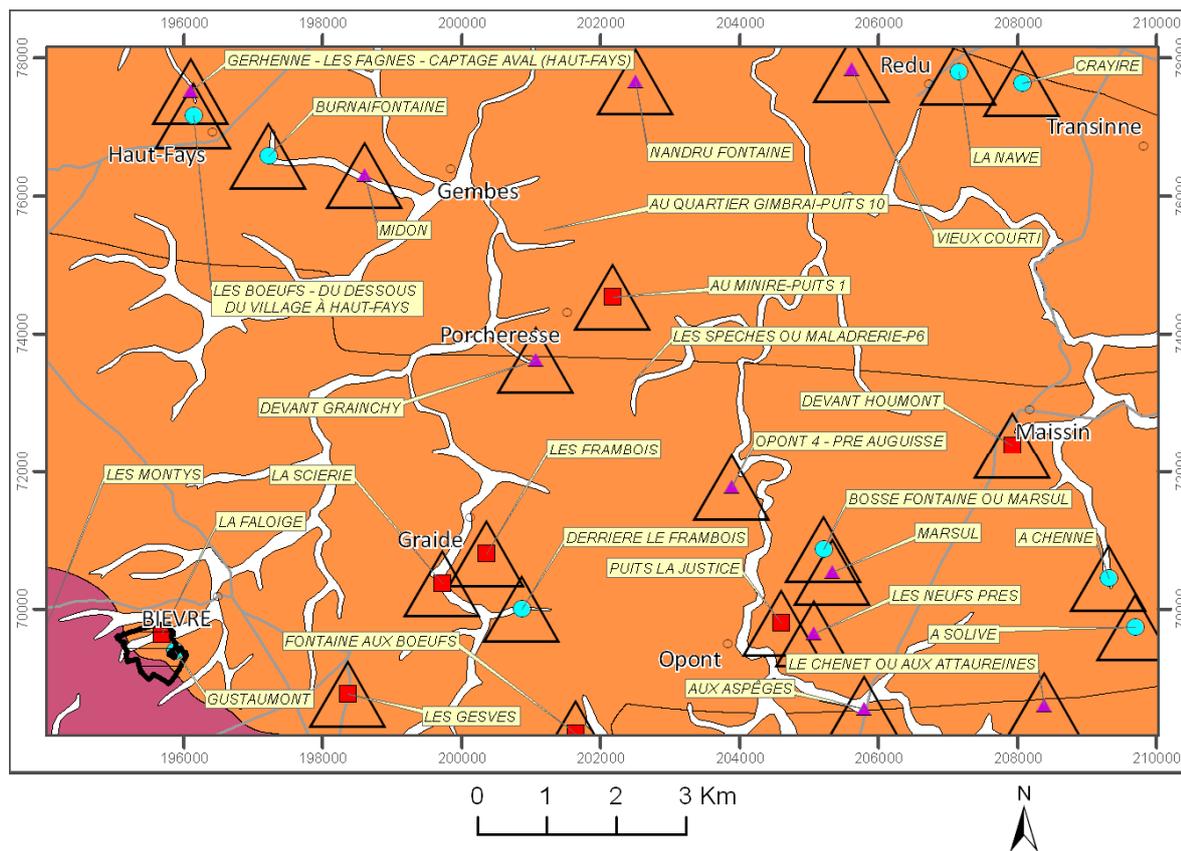


Figure VIII-2 : Zones de prévention arrêtées ou à définir sur la carte de Haut-Fays – Redu.

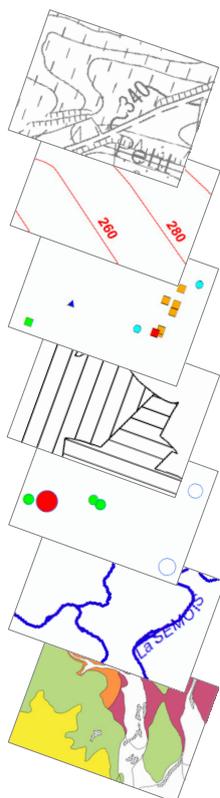
IX. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉLABORATION DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE

La réalisation de la carte hydrogéologique de la Wallonie est basée essentiellement sur un travail de synthèse des données existantes provenant de sources multiples et variées (Figure IX-1). Ces données sont en outre complétées par des campagnes de mesures et de recherches d'information sur le terrain. Les informations récoltées sont ensuite stockées dans une banque de données géorelationnelle "BDHYDRO" qui servira pour la réalisation de la carte hydrogéologique mais aussi pour d'autres utilités.

Dans le projet cartographique, développé sous ArcGIS-ESRI, toutes les données sont structurées dans une "Geodatabase" propre à la carte hydrogéologique. Les couches d'informations (layers) qui composent cette base de données sont élaborées de différentes manières.

Type d'information

Ouvrages
 Localisation
 Type
 Equipement ...
 Exploitation
 Autorisation
 Exploitants
 Usage
 Volumes
 Piézométrie
 Hydrochimie
 Tests
 Diagraphie
 Pompage
 Traçage
 Zones de prévention
 Géologie
 Géophysique
 Hydrographie
 Stations
 Limnimétrie
 Climatique
 Phénomènes karstiques
 Topographie
 Pédologie
 Autres



Sources d'information

Région wallonne
 Service Géologique de Belgique
 Sociétés de distribution publique d'eau
 Services communaux
 Associations intercommunales
 Institut Géographique National
 Institut Royal de Météorologie
 Universités
 Bureaux d'études en environnement
 Sociétés de forage
 Sociétés d'embouteillage d'eau
 Carriers
 Industries
 Particuliers
 Campagnes de terrains
 Autres

Figure IX-1 . Liste non exhaustive des différents types d'information et des sources de données utilisées dans la réalisation de la carte hydrogéologique

IX.1. COLLECTE DE DONNÉES

La première étape de la réalisation de la carte hydrogéologique est la collecte de données auprès de diverses sources. Les principales sources d'informations qui ont servi à la réalisation de la carte hydrogéologique de Haut-Fays – Redu sont :

- la base de données Dix-sous de la Région wallonne qui fournit des informations, telles que les localisations géographiques, les types d'ouvrages, les propriétaires, les exploitants, les volumes captés, les mesures piézométriques, etc., sur les ouvrages répertoriés par la Région,
- la base de données Calypso de la Région wallonne qui renseigne sur l'aspect qualitatif des eaux,
- la Division Eau de la Région wallonne - Section de Marche-en-Famenne, où sont regroupées bon nombre d'informations relatives aux prises d'eau recensées en province de Luxembourg,
- la Société Wallonne de Distribution d'Eau (S.W.D.E.) qui dispose de données hydrogéologiques et hydrochimiques notamment,
- les archives géologiques et hydrogéologiques du Service Géologique de Belgique (S.G.B.),
- la D.G.A.R.N.E. qui a fourni la couche des zones de prévention arrêtées et les zones à définir, les données de la trame commune (réseau hydrographique, limites des bassins versants, agglomérations ...).
- l'Institut Géographique National (I.G.N.) pour les fonds topographiques,
- le service communal de Bièvre qui a mis à la disposition de la carte hydrogéologique une série de données chimiques et hydrogéologiques,
- autres (particuliers entre autres).

IX.1.1. Données géologiques

La carte de l'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines (Asselberghs, 1946) a servi de base pour la réalisation de la carte hydrogéologique. Le tracé des alluvions est extrait de la carte géologique d'Haut-Fays – Redu au 1/40 000 (Malaise, 1900).

D'autres informations géologiques proviennent des minutes de la carte géologique et de données de sondages disponibles au Service géologique de Belgique. D'autres données proviennent de la S.W.D.E. concernant notamment des descriptions de forages de puits et de piézomètres. Ces renseignements ont été complétés par des notes de forages de la société Arnould de Framont.

IX.1.2. Données hydrogéologiques

IX.1.2.1. Localisation des ouvrages et sources

Dans la base de données, 110 ouvrages recensés en 2012 ont été encodés et reportés sur la carte principale au 1/25.000 (dont 60 puits : 8 pour la distribution publique d'eau potable et 52 puits privés dont la majorité sont des puits de prairie, 11 drains, 28 sources, 3 piézomètres et le reste sont des sondes géothermiques ou ouvrage indéterminé). La localisation respective de tous ces ouvrages a été vérifiée sur le terrain et reportée sur la carte principale, en distinguant le type de chaque ouvrage. Par ailleurs, on dénombre 2 stations climatiques de l'IRM et 2 stations limnimétriques de la Région wallonne, Division de l'eau, DCENN.

Les données proviennent essentiellement de la base de données Dix-sous de la Région wallonne, des sociétés de distribution d'eau, notamment la SWDE et de l'administration communale de Bièvre.

IX.1.2.2. Données piézométriques

Une petite partie des données piézométriques a été communiquée par la Région wallonne. Ces données ont été largement complétées par une campagne de relevés piézométriques sur le terrain. Les données collectées n'ont pas permis de tracer les isopièzes à cause du contexte hydrogéologique et structural de la région. Enfin pour étudier l'évolution temporelle de la piézométrie, un suivi du niveau de la nappe a été réalisé au niveau d'un puits non exploité sélectionné dans la région d'Opont.

IX.1.3. Données hydrochimiques

La plupart des données hydrochimiques proviennent de la base de données Calypso de la Région wallonne. Le reste provient des rapports techniques de la SWDE et des rapports d'études hydrogéologiques ou des rapports techniques communiqués par l'administration communale de Bièvre ou tout simplement fourni par les particuliers lors des campagnes sur le terrain. Ces données ont été complétées par une campagne de mesure in situ des paramètres physicochimiques. Durant la même campagne, un échantillonnage d'eau pour analyse chimique a été effectué pour avoir une caractérisation qualitative assez bien répartie sur la planche.

En août 2007, on comptait 43 ouvrages caractérisés par 2246 analyses chimiques au total sur l'ensemble de la carte d'Haut-Fays – Redu. Tous ces ouvrages caractérisent l'aquiclude du Dévonien inférieur avec 2246 valeurs mesurées.

IX.2. CAMPAGNE SUR LE TERRAIN

Un travail important a été mené sur le terrain en août 2007 afin de vérifier, compléter et parfois corriger les données collectées. En effet, les données reçues des administrations sont généralement d'ordre réglementaire (numéro d'exploitation, code du titulaire), avec peu d'informations techniques. Ceci s'applique principalement aux puits des particuliers.

Les tâches les plus importantes sur le terrain consistent à la localisation précise de tous les ouvrages, à la mesure piézométrique quand c'est possible et à la vérification du type d'ouvrage. Des mesures de paramètres physicochimiques ont été également effectuées ainsi qu'un échantillonnage d'eau pour les analyses minéralogiques. En plus de ce travail, d'autres données techniques (équipements des puits, diamètre des forages, etc.) sont également encodées quand elles sont disponibles.

IX.3. MÉTHODOLOGIE DE CONSTRUCTION DE LA CARTE

IX.3.1. Encodage dans une banque de données

Les données collectées ou produites sur le terrain peuvent être complexes et plus ou moins abondantes. L'exploitation de telles données nécessite une organisation structurée de manière à optimiser leur stockage, leur gestion et leur mise à jour. Ainsi une banque de données hydrogéologiques géorelationnelles a été développée sous Access (Microsoft) (Gogu, 2000 et Gogu *et al.* 2001). Cette première version de la banque de données *BDHYDRO* a été améliorée pour mieux répondre aux besoins de la carte hydrogéologique principalement (Wojda *et al.*, 2006).

Dans un souci d'homogénéité entre les équipes et d'autres institutions (dont l'administration wallonne, D.G.A.R.N.E.), la banque 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 sont actuellement disponibles dans une seule base de données centralisée sous Oracle.

Par ailleurs, le travail cartographique proprement dit a été précédé par le développement d'une « GeoDataBase » dans Arc-GIS-ESRI (GDB). Cette base de données a été structurée pour répondre au schéma de la version papier du poster sous format A0. Ainsi l'ensemble des couches d'informations qui composent le projet de la carte hydrogéologique est stocké selon un modèle unique. Les buts sont multiples :

- Tout d'abord ceci permet d'assurer l'uniformité de la structure des données dans les différentes tables attribuées respectivement à chaque couche pour toutes les cartes.

- La présentation continue entre des cartes voisines peut nécessiter des requêtes ou des fusions des couches équivalentes. Cette opération n'est possible que si les couches concernées ont une même structure. Ce type de présentation est intéressant dans le cas des zones situées sur plusieurs cartes telles que les communes, les zones de prévention, etc.
- La diffusion interactive de la carte hydrogéologique sur Internet est réalisée grâce à une application Web Gis qui ne peut fonctionner correctement que si les données sont homogènes.

IX.3.2. Construction de la carte hydrogéologique

Les couches d'information qui composent une carte hydrogéologique sont intégrées au projet cartographique par différentes manières :

1. Les données récoltées sous forme de couches numérisées (fichier vecteur) sont extraites pour chaque carte, ensuite stockées dans la GDB et enfin projetées sur la carte. C'est le cas des zones de prévention et de la trame commune. Celle-ci comporte des données hydrographiques (réseau hydrographique, berges, bassins versants et lacs) et administratives (réseau routier et autoroutier, localisation des agglomérations, etc.).
2. Les informations reçues sous forme d'image sont soit des documents papier, soit des images raster non géo-référencées soit des images raster géo-référencées. Les premières seront scannées puis géo-référencées et les secondes seront géo-référencées.

Jusqu'à présent, les *fonds IGN* sont reçus sous forme d'images raster géo-référencées qui sont simplement importées dans le projet cartographique et représentées sur la carte principale 1 : 25.000. Pour des raisons de lisibilité, c'est l'ancien fond topographique qui est utilisé pour la carte de Haut-Fays – Redu.

D'autres images géo-référencées sont digitalisées pour produire des couches numérisées qui sont directement stockées dans la *PGDB*. Dans cette catégorie se trouvent des couches d'informations comme la couche des *failles* qui se trouve sur la carte principale.

Le fond géologique vectorisé servira de base pour la réalisation de la couche des *unités hydrogéologiques* et de la couche de la *couverture des nappes*. En l'absence d'une carte géologique plus récente, c'est la carte de l'Eodévonien de l'Ardenne et des

régions voisines (Asselberghs, 1946) qui est adoptée pour réaliser la carte hydrogéologique de Haut-Fays – Redu. Cette carte a l'avantage d'être plus précise que les fonds géologiques plus anciens et représente aussi l'avantage de couvrir l'entièreté de la planche. De plus, sa subdivision lithostratigraphique est plus proche de la nouvelle nomenclature du Dévonien inférieur (Godefroid, et *al.*, 1994) utilisé dans le cadre du renouvellement de la carte géologique de Wallonie.

- La lithologie des formations géologiques présentes sur la carte ne permet pas d'identifier de véritables aquifères. Les unités hydrogéologiques ont été définies en tenant compte principalement de la fréquence et de l'épaisseur des bancs gréseux et quartzitiques, sur base des descriptions lithostratigraphiques.
- Sur la carte des unités hydrogéologiques figurent les unités à l'affleurement. Une bonne compréhension de cette carte doit tenir compte de la coupe hydrogéologique ainsi que du tableau de correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques. L'ensemble des unités hydrogéologiques, définies en Wallonie dans le cadre du projet carte des eaux souterraines, est inventorié dans un tableau récapitulatif avec le nom et la couleur respectifs de chaque unité. Les discontinuités avec les cartes voisines (au nord et au sud) entre les limites géologiques et/ou hydrogéologiques sont dues à l'utilisation de fonds géologiques de générations différentes ; la façon dont sont actuellement levées les nouvelles cartes géologiques ayant changé, des discontinuités entre les unités géologiques existent entre les différentes générations. Les cartes hydrogéologiques sont toujours réalisées avec le fond géologique le plus récent et disponible à la publication. Dès lors il se peut que des cartes réalisées avec des nouveaux fonds côtoient des cartes faites avec des anciens fonds, ce qui justifie les discontinuités. La carte hydrogéologique d'Haut-Fays – Redu (64/1-2) est réalisée sur base de la carte géologique d'Asselberghs (1946). Au nord, la carte hydrogéologique de Wellin - Daverdisse 59/5-6 est réalisée sur base de la carte géologique de Dumoulin et Blockmans (inédit). Enfin, la carte hydrogéologique de Vivy – Paliseul (64/5-6) sera réalisée sur base de la carte géologique de P. Gysel (inédit).
- Le type de la couverture d'une nappe est déterminé sur base de la lithologie des formations géologiques qui affleurent sur la carte géologique. Ainsi les nappes présentes dans l'aquiclude du Dévonien inférieur sont considérées être protégées par une couverture imperméable. Les nappes de l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur sont considérées être enveloppées dans une couverture semi-perméable.

3. Les données ponctuelles, encodées dans la BDHYDRO (base de données hydrogéologiques), sont structurées dans différentes requêtes. Celles-ci sont créées sur base du numéro de la carte et sur d'autres critères selon le type d'information. Chaque requête sera ensuite chargée dans la couche appropriée de la GDB et projetée sur la carte correspondante.

On retrouve dans cette catégorie, les points hydrogéologiques, les points nappes, les cotes piézométriques ponctuelles, les mesures (chimie, pompage, etc.), les volumes prélevés sur une année, les stations (climatiques et limnimétriques) et les zones de prévention à définir.

4. D'autres couches d'informations géographiques n'ont pas pu être créées et ajoutées dans le projet cartographique :

- **Cas des isopièzes** : Sur la carte de Haut-Fays – Redu, il y a une bonne répartition des points de mesure piézométrique mais le problème des nappes d'eau souterraines en Ardenne c'est qu'une même unité hydrogéologique, ici l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur, est composée de plusieurs nappes superposées souvent indépendantes. Par conséquent, il est très difficile de relier les puits entre eaux vu la structure plissée et faillée du sous sol. En effet, la nouvelle carte géologique de Wallonie identifie de nombreuses failles qui n'existaient pas sur la carte d'Asselberghs. Dans beaucoup de cas, ces failles cloisonnent les nappes, rendant la piézométrie discontinue. Alors, par prudence il est préférable de ne pas tracer d'isopièzes sur cette carte où seules des cotes ponctuelles sont présentées avec la mention de la date de mesure.
- **Cas des isohypses** : En raison de la structure plissée et faillée du sous sol et le manque de données sur le toit et le substratum des unités hydrogéologiques, il n'est pas possible de tracer les isohypses sur la carte hydrogéologique Haut-Fays – Redu.

X. BIBLIOGRAPHIE

- Asselberghs, E.**, 1944: Sur deux failles importantes de la zone anticlinale de l'Ardenne. BARB, 5e série, 29, pp 439-446.
- Asselberghs, E.**, 1946. *L'éodévonien de l'Ardenne et des régions voisines*. Mem. Inst. Géolog. Univ. Louvain, t. XIV, pp. 111-123.
- Beugnies A.**, 1983. Structure de l'aire anticlinale de l'Ardenne à l'ouest du méridien de Libramont. Ann. Soc. Géol. Nord, CII, pp. 165-173.
- Beugnies A.**, 1985. Structure de l'Aire anticlinale de l'Ardenne entre les méridiens de Bertrix et Morhet. Ann. Soc. Géol. Nord. CIV 87-95.
- Boulvain, F. et Pingot, J-L.**, 2004. Une introduction à la Géologie de la Wallonie. <http://www.ulg.ac.be/geolsed/geolwal/geolwal.htm>, visité en avril 2012.
- Claude, L.**, 1968. Les gisements de kaolin en Ardennes. Service géologique de Belgique, Professional Paper 1968 N°10, 19 p et figures.
- Debbaut, V.**, 1991. Ferme Belle-Vue Maissin, zones de protection des puits. Rapport du juin 1991. 14 p et annexes.
- Derycke F.**, 1980. Etude hydrogéologique de la région de Porcheresse. Rapport du Service géologique de Belgique. *A.I.V.E. – I.D.E.LUX*. Série rouge. SGB 008, Porcheresse. 20 p et annexes.
- Derycke F. Fautre R. et Karabitian E.**, 1981. Pompage d'essai – Opont – deuxième puits, administration communale. Rapport S.G.B. - 016 – HYD – 81. 5 p et annexes.
- Derycke, F., Laga, P-G. et Ney Bergh, H.**, 1982. Bilan des ressources en eau souterraine de la Belgique. Commission des Communautés Européennes. Service de l'Environnement et de la Protection des consommateurs, 260 p (inédit).
- Fourmarier, P.**, 1911. Le Gedinnien de l'anticlinal de l'Ardenne entre les massifs cambriens de Rocroy et de Serpont. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 1910/1911, vol. 38, pp 41 - 74.
- Godefroid, J., Blicck, A., Bultynck, P., Dejonghe, L., Gerrienne, P., Hance, L., Meilliez, F., Stainier, P. et Steemans, P.**, 1994. *Les formations du Dévonien inférieur du Massif de la Vesdre, de la fenêtre de Theux et du Synclinorium de Dinant (Belgique-France)*. Mem. Expli. Carte géolog. Minières Belgique, 38: 144 p. Bruxelles.

Gogu, R-C., 2000, Advances in groundwater protection strategy using vulnerability mapping and hydrogeological GIS databases. Thèse de doctorat, LGIH, Fac. Sciences Appliquées, Université de Liège., inédit.

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

Graulich J-M., 1968. Sondages et études sismiques dans la région d'Anloy. Professional Papers 1968/2, numéro 26. 10 p et figures.

Malaise, M-C., 1900. Carte géologique de la Belgique, Haut-Fays – Redu, N°188 (planchettes 3-4 de la feuille LX de la carte topographique, correspondants aux planchettes 1/10.000ème 64/1 et 64/2 de la carte IGN) à l'échelle de 1/40 000.

Pfannkuch, H-O., 1990. Elsevier's Dictionary of Environmental Hydrogeology, Elsevier.

Platteborze, A., 1970. Carte des sols de la Belgique, texte explicatif de la planchette de Redu 202 E. Centre de cartographie des sols, Dir. R. Tavernier. 70 p.

Poty E. et Chevalier E. 2004. L'activité extractive en Wallonie. Situation actuelle et perspectives. Ministère de la Région wallonne, Direction générale de l'Aménagement du territoire, du Logement et di Patrimoine, Jambes, 85 p.

Tromme O. et Cocinas, I., 2006. Commune de Bièvre, détermination des zones de prévention IIA et IIB de la prise d'eau de La Faloige. BIE/BIE/2005/04, *Ecofox*. P 7 et annexes.

UNESCO – OMM ; *Glossaire International d'Hydrologie*. 1992

Yans Y., Quesnel F. et Dupuis Ch., 2003. Meso-cenozoic paleoweathering of the Haute-Lesse area (Ardenne – Belgium). Special conference on "Paleoweathering and Paleosurfaces in the Ardenne-Eifel region" at Preizerdaul (Luxembourg) on 14 to 17 may 2003. Field trip guides, pp 3 - 10.

Wojda, P., Dachy, M., Popescu, I-C., Ruthy, I. & Gardin, N., 2006 : Manuel d'utilisation de la banque de données hydrogéologiques de la région wallonne, inédit, p. 44.

XI. ANNEXES

Liste des principales abréviations

ArGEnCO	Université de Liège, Département ArGEnCO, GEO-Hydrogeology, Bâtiment B52/3, niveau -1, Sart-Tilman, B-4000 Liège Belgique
DGARNE	Direction générale opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement (DGO3) : Département de l'Etude du Milieu naturel et agricole. Avenue Prince de Liège 15 - B-5100 Jambes, Belgique
DCENN	Direction des Cours d'eau non navigables Avenue Prince de Liège 15, 5100 - Namur (Jambes)
I.G.N.	Institut Géographique National Abbaye de la Cambre 13 à 1000 Bruxelles
R.W.	Région wallonne
SPW	Service Public de Wallonie
S.G.B.	Service géologique de Belgique. Rue Jenner 13 à 1000 Bruxelles
S.W.D.E.	Société Wallonne de Distribution d'Eau. Rue de la Concorde, 41 à 4800 Verviers
ESA	Agence spatiale européenne, Station de Redu 6890 Redu
ULg	Université de Liège Place du 20-Août, 7 à 4000 Liège

Liste des figures

Figure I-1 . Localisation de la carte de Haut-Fays – Redu 64/1-2.....	9
Figure II-1. Carte hydrographique de Haut-Fays – Redu.....	12
Figure II-2. Evolution des débits journaliers observée en 2011 au niveau de la station limnimétrique L5540 (Graide) du Service Public de Wallonie (SPW) –Direction des cours d'eau non navigables. Source : http://aqualim.environnement.wallonie.be	13
Figure II-3. Evolution des débits journaliers observée en 2011 au niveau de la station limnimétrique L5550 (Opont) du Service Public de Wallonie (SPW) –Direction des cours d'eau non navigables. Source : http://aqualim.environnement.wallonie.be	14
Figure III-1. Cadre géologique et structural de la Haute Ardenne avec la localisation de la carte de Haut-Fays – Redu encadrée (64/1-2), (Extrait de la carte géologique de l'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines (Asselberghs, 1946, adaptée).....	16
Figure III-2. Transect Nord-Sud dans les Synclinoria de Dinant et de Neufchâteau, durant le dépôt du Dévonien inférieur (Boulvain et Pingot, 2012). Le contexte de la carte de Haut-Fays – Redu est encadré.....	17
Figure III-3. Extrait de la carte géologique de l'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines couvrant la planche de Haut-Fays – Redu (Asselberghs, 1946).....	20
Figure III-4. Carte d'affleurement de kaolin en haute Ardenne (Yans et <i>al.</i> , 2003).....	24
Figure III-5. Extrait du contexte structural de la carte de Haut Fays – Redu (encadrée).....	25
Figure III-6 : Coupe géologique Chanly - Paliseul (Asselberghs, 1946).....	27
Figure III-7 : Localisation de la coupe VI représentée à la figure 3.5 (Asselberghs, 1946).....	27
Figure IV-1. Masses d'eau souterraine en Wallonie.....	29
Figure IV-2 : Relevé des principaux linéaments sur la carte de Haut-Fays – Redu (Derycke, 1980).....	35
Figure IV-3 : Evolution piézométrique des nappes supérieures et profondes indifférenciées dans un puits foré au nord du village d'Opont.....	37
Figure V-1 : Représentation indicative des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines sur la planche de Haut-Fays – Redu.....	39
Figure V-2 : Distribution indicative des nitrates, phosphates et atrazines dans les eaux souterraines sur la carte Haut-Fays – Redu.....	41
Figure VI-1 : Exploitation moyenne des volumes d'eau souterraine prélevés sur la carte de Haut-Fays – Redu entre 2006 et 2010.....	44
Figure VI-2 : Exploitation des ouvrages de prise d'eau sur la planche de Haut-Fays – Redu entre 2004 et 2010.....	45
Figure VIII-1. Schéma des différentes zones de protection en Wallonie.....	51
Figure VIII-2 : Zones de prévention arrêtées ou à définir sur la carte de Haut-Fays – Redu.....	55
Figure IX-1 . Liste non exhaustive des différents types d'information et des sources de données utilisées dans la réalisation de la carte hydrogéologique.....	56

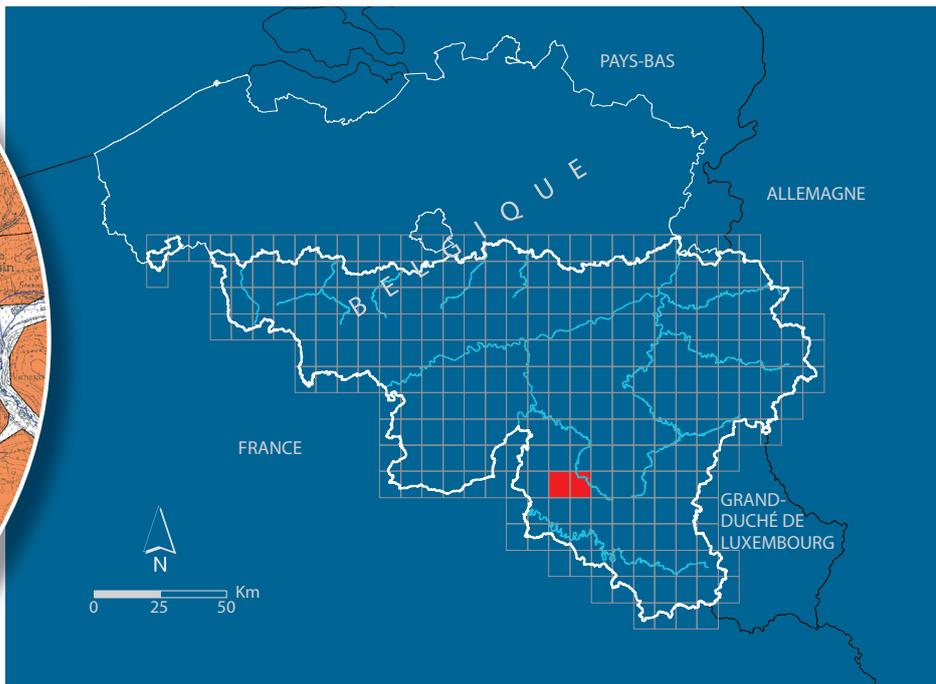
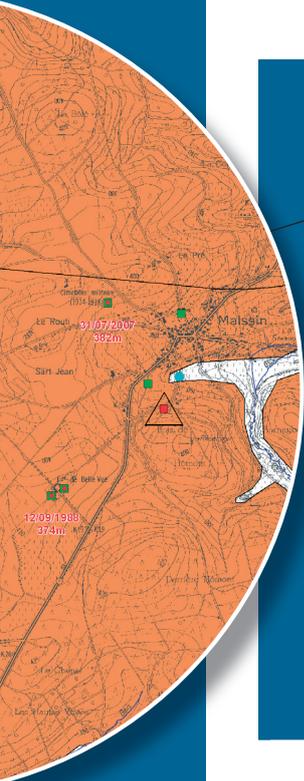
Liste des tableaux

Tableau III.1. Corrélations stratigraphiques	18
Tableau IV.1 : Correspondance entre les formations géologiques et les unités hydrogéologiques sur la carte de Haut-Fays – Redu	32
Tableau VII.1 : Résumé des données des paramètres hydrauliques.....	48
Tableau VIII.1. Liste des zones de prévention arrêtées sur la carte de Haut Fays – Redu.....	54

Coordonnées géographiques des ouvrages cités dans la notice

NOM	TYPE	X, m	Y, m	Profondeur, m
L5540 (Graide)	Station limnimétrique	199808	70 379	
L5550 (Opont)		204130	72 555	
Au Minire – Puits 1	Puits	201175	75510	101
Les Speches ou Maladrerie - P6	Piézomètre	202430	73265	101
Au Quartier Gimbrai - Puits 10	Piézomètre	201175	75510	101
Puits Anciaux	Puits	202887	70171	
Puits la Justice	Puits	204600	69800	60
Ferme Belle-Vue Puits 1	Puits	207212	71800	75
Ferme Belle-Vue Puits 2	Puits	207120	71750	100
La Faloige	Puits	195679	69630	78

Coordonnées Lambert belge 1972



SPW | Éditions, CARTES

Dépôt légal : D/2012/12.796/4 – ISBN : 978-2-8056-0105-7

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

N° Vert du SPW : 0800 11 901 - www.wallonie.be