



Geo³- Hydrogéologie - Département ArGenCo

(Architecture, Géologie, Environnement et Constructions)

Université de Liège



Département de GÉOLOGIE

Département de Géologie

Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix à Namur



Cellule d'Hydrogéologie - Département GFA

(Géologie Fondamentale et Appliquée)

Faculté Polytechnique de Mons

Convention RW et SPGE – AQUAPOLE

Caractérisation hydrogéologique et support à la mise en œuvre de la Directive Européenne 2000/60 sur les masses d'eau souterraine en Région Wallonne

Délivrable D.2.21 – Partie MESO RWM012

Rapport de caractérisation de la MESO RWM012

TABLE DES MATIERES

<u>1</u>	<u>INTRODUCTION</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>ASPECTS GEOLOGIQUES ET GEOMORPHOLOGIQUES</u>	<u>5</u>
2.1	ASPECTS GÉOMORPHOLOGIQUES	5
2.2	CADRE GEOLOGIQUE DE LA MASSE D’EAU SOUTERRAINE ET DE SA COUVERTURE	8
2.2.1	CONTEXTE TECTONIQUE	8
2.2.2	STRATIGRAPHIE	9
2.2.2.1	L’Ordovicien	12
2.2.2.2	Le Silurien	12
2.2.2.3	Le Dévonien	13
A.	Le Dévonien inférieur	13
B.	Le Dévonien moyen	14
C.	Le Dévonien supérieur	14
2.2.2.4	Le Carbonifère	15
A.	Le Dinantien	15
B.	Le Namurien	16
2.2.2.5	Terrains de couverture	16
2.2.2.6	Alluvions modernes	17
<u>3</u>	<u>HYDROGEOLOGIE</u>	<u>19</u>
3.1	DESCRIPTION DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES	19
3.1.1	COUPES HYDROGEOLOGIQUES	24
3.2	ETAT QUANTITATIF	27
3.2.1	BILANS HYDROGEOLOGIQUES	27
3.2.2	PIEZOMETRIE	31
3.2.3	HYDRODYNAMIQUE DES AQUIFERES	34
3.2.4	INTERACTIONS EAUX DE SURFACE – EAUX SOUTERRAINES	36
3.2.4.1	Introduction et typologie des interactions ESO-ESU	36
3.2.4.2	Cartographie de la masse d’eau RWM012	37
3.2.5	CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES	40
3.2.6	ESTIMATION DES RESSOURCES RENOUVELABLES	42
3.2.7	RESEAU DE SURVEILLANCE QUANTITATIVE	43
3.3	ETAT QUALITATIF DE LA MASSE D’EAU SOUTERRAINE	47

3.3.1	CARTOGRAPHIE RÉGIONALE DE LA CHIMIE DES EAUX SOUTERRAINES	47
3.3.2	ÉTABLISSEMENT D'UN RESEAU DE SURVEILLANCE QUALITATIF	49
3.3.3	APPLICATION DU SEQ-ESO ET RISQUE QUALITATIF	51

4	<u>CONCLUSIONS GENERALES SUR LA CARACTERISATION DE LA MASSE D'EAU ET SUR SON ETAT QUANTITATIF ET QUALITATIF</u>	54
----------	--	-----------

5	<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	55
----------	-----------------------------------	-----------

1 Introduction

La masse d'eau RWM 012 est dénommée « Calcaires du bassin de la Meuse bord Sud ». Elle regroupe des formations aquifères, aquitards et aquicludes disposées en une structure géométrique complexe et allongée d'Ouest en Est. Elle s'étend sur une longueur de 70 km et sur une largeur variable de 7 à 15 km, pour une superficie de 484 km². D'Ouest en Est, elle passe par Lobbes, Fosses-la Ville, le Sud de Namur pour se terminer peu avant Huy (Figure 1-1).

Elle est entourée par :

- à l'Ouest, la masse d'eau RWM022 (Calcaires et grès de la Sambre) ; la limite entre les deux masses d'eau se situe au Nord de la bande de calcaires du Givetien (Nord de la RWM022), dans les formations détritiques peu perméables du Dévonien inférieur ;
- au Sud, la masse d'eau RWM021 (Calcaire et grès du Condroz) ; la frontière entre ces deux masses d'eau correspondant grossièrement à la limite d'affleurement des calcaires dévono-carbonifères du Synclinorium de Dinant, la limite étant déplacée dans les terrains peu perméables du Dévonien inférieur, de manière à correspondre à une limite topographique de bassins versants ;
- au Nord, la masse d'eau RWM011 (Calcaires du bassin de la Meuse bord Nord) ; la limite correspond à la limite entre les calcaires du Carbonifère et les schistes du Houiller au Sud de la Sambre et en amont de Namur. En aval de Namur la limite correspond à vallée de la Meuse.

La masse d'eau RWM012 est traversée en son centre par une autre masse d'eau, la RWM 071 « Alluvions et graviers de la Meuse », dont la largeur est très limitée.

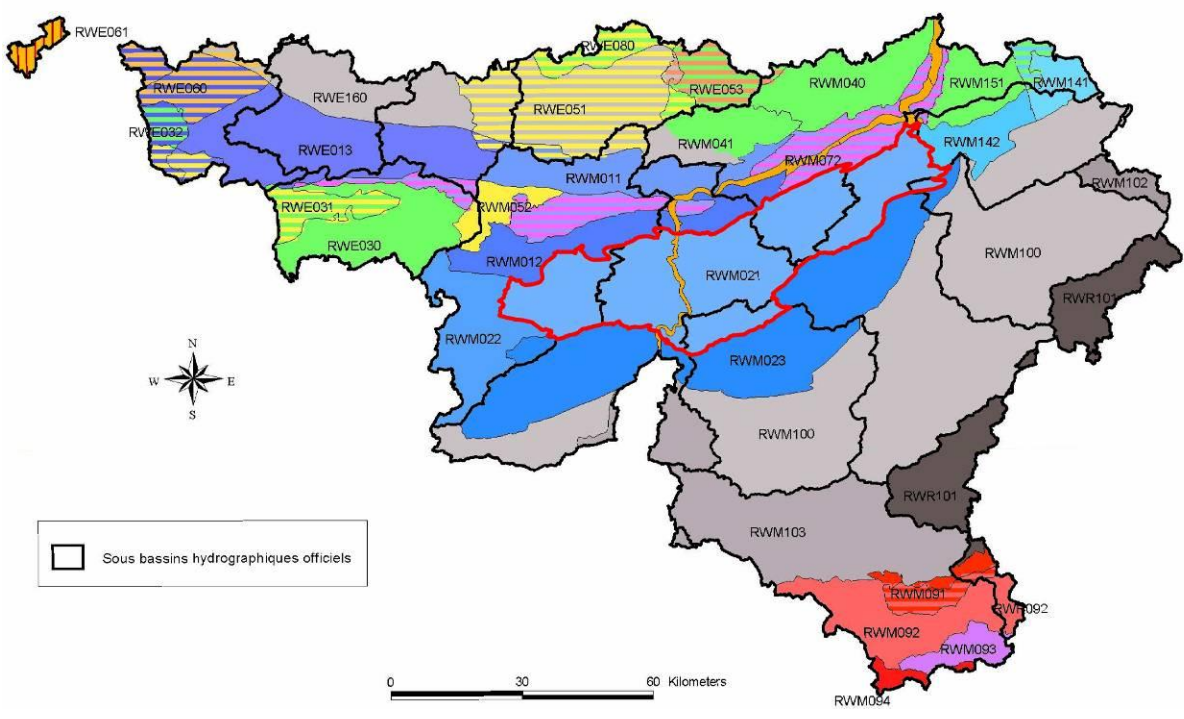


Figure 1-1 : Localisation de la masse d’eau souterraine RWM012

La masse d’eau RWM012 s’étant principalement sur les provinces du Hainaut et de Namur. Seule son extrémité Est couvre une partie de la combe de Huy, appartenant à la province de Liège. Les différentes communes situées au droit de cette masse d’eau sont présentées à la Figure 1-2.

Le volume total des prélèvements sur cette masse d'eau équivaut à 4.3% du volume total des prélèvements du district hydrographique de la Meuse en Région Wallonne, c'est-à-dire 9 millions de m³/an, correspondant à une lame d'eau équivalente de 19 mm/an, répartie uniformément sur la superficie totale de la masse d'eau RWM012.

Les aquifères les plus productifs présents dans cette masse d'eau sont les aquifères des calcaires carbonifères et givetien. Ceux-ci sont plus ou moins perméables en fonction de leur degré de fracturation et de karstification. Les aquifères calcaires du Carbonifère peuvent être libres ou recouverts de schistes du Silésien. Plusieurs captages sont ainsi implantés dans les calcaires, sous plusieurs mètres de schistes lesquels constituent une protection vis-à-vis de l'aquifère. L'aquifère local présent dans les grès dévoniens fissurés et poreux est beaucoup moins exploité.

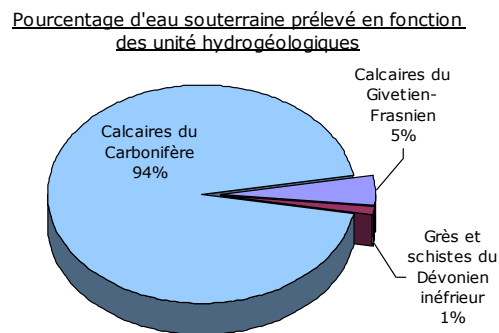


Figure 1-3 : Pourcentage des volumes prélevés dans la MESO RWM012 en fonction des unité hydrogéologiques.

2 Aspects géologiques et géomorphologiques

2.1 Aspects géomorphologiques

Du point de vue géomorphologique, la masse d'eau RWM012 correspond au flanc Sud du synclinorium Namur compris entre le synclinorium de Dinant et la Meuse (Figure 2-1). Elle est limitée au Sud par la bande calédonienne formant le « Condroz ardennais » et au Nord par les vallées constituant le sillon Sambre et Meuse.

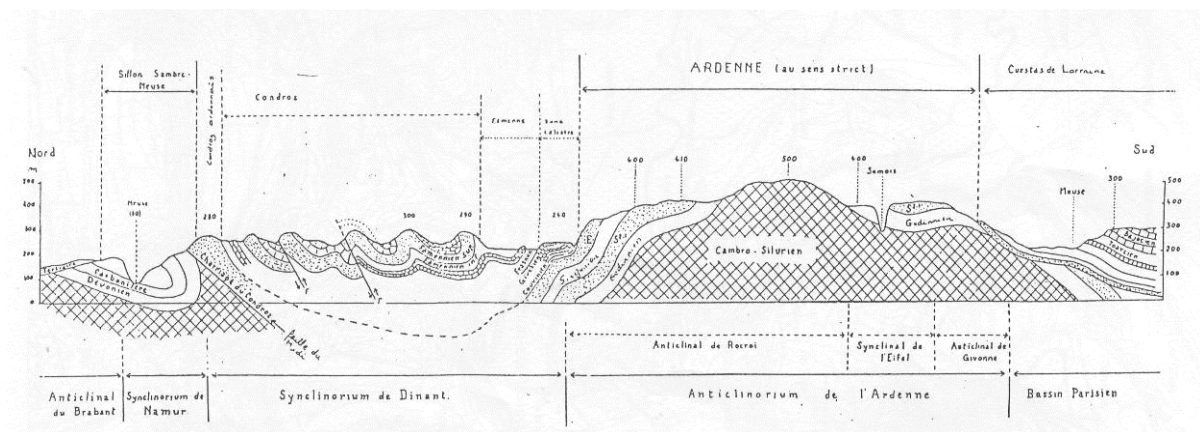


Figure 2-1 : Coupe géomorphologique schématique de la Wallonie

Le réseau hydrographique de la masse d'eau RWM012 (Figure 2-2) est situé intégralement dans le bassin versant (et donc dans le district hydrographique) de la Meuse. Le bassin versant majeur de la Meuse peut-être subdivisé, au sein de la masse d'eau, en divers bassins hydrographiques. Ces bassins sont ceux de la Sambre, de l'Eau d'Heure et de la Meuse.

Ces cours d'eau et leurs affluents découpent la masse d'eau par des écoulements globalement Nord-Sud. Parmi les principaux, on trouve d'Ouest en Est, les cours d'eau suivants : la Sambre, la Biesme l'Eau, l'Eau d'Heure, le Ruisseau d'Hanzinne, la Biesme, le ruisseau de Fosses, la Meuse et le Samson. La Meuse, la Sambre constituent les exutoires des eaux souterraines au sein de cette masse d'eau.

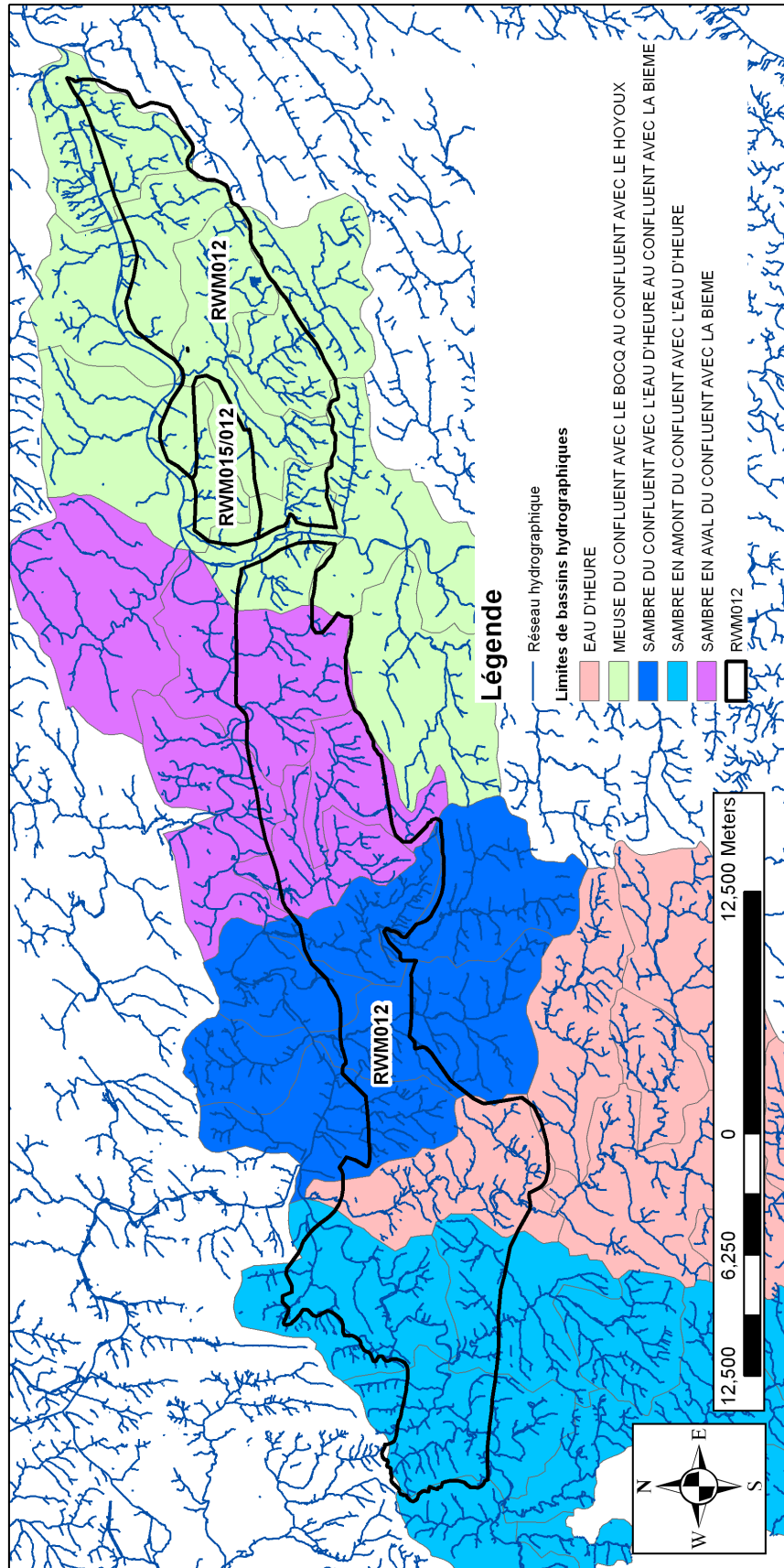


Figure 2-2 : Réseau hydrographique au droit de la RWM 012

La géomorphologie de la région située au droit de la masse d'eau est dictée à la fois par la géologie et par l'hydrographie.

Les formations géologiques ont globalement une extension Est-Ouest. Le long de la quasi-totalité de la masse d'eau RWM012, le paysage est marqué par une orientation Est-Ouest des structures topographiques. La première ligne de crête, au Sud, est constituée des formations détritiques du Dévonien inférieur. Elle culmine à une altitude d'environ 260 mètres. Elle correspond à la limite septentrionale de la masse d'eau souterraine. En remontant vers le Nord, s'étend la large dépression due à l'érosion des schistes du massif cambro-silurien où les fonds se trouvent approximativement à 160 mètres d'altitude. La seconde ligne de crête correspond à l'extension des formations détritiques du Frasnien et du Famennien qui, plus résistantes aux phénomènes d'érosion, ont donné une fine crête dont l'altitude maximum se situe aux alentours de 200 mètres. La partie Nord de la masse d'eau constituée de terrains schisteux du Houiller et de calcaires du Carbonifère montre un relief moins accentué qui descend en direction du sillon Sambre et Meuse.

Seul l'extrême Ouest de la masse d'eau RWM012 présente une structure géomorphologique différente de celle décrite ci-dessus. En effet, la géologie est constituée au Sud de formations du Dévonien inférieur et au Nord de calcaires du Carbonifère et de schistes du Houillers. Ces formations se présentent à l'affleurement sur de grandes superficies. La géomorphologie est donc essentiellement dictée par le réseau hydrographique.

Du point de vue hydrographique, la Sambre traverse la masse d'eau à l'Ouest, puis coule au Nord de celle-ci jusqu'à atteindre la Meuse à Namur. La Meuse, après avoir découpé la masse d'eau RWM012 en amont de Namur, s'écoule au Nord de celle-ci. Le flanc septentrional de la vallée de la Meuse constitue la limite de la masse d'eau. Les affluents de la Sambre et de la Meuse jouent également un rôle dans le paysage. La majorité s'écoule du Sud vers le Nord et forme des vallées relativement échanquées.

Suite à cette disposition géographique, les formations aquifères globalement orientées Est-Ouest sont scindées dans le sens Nord-Sud par les cours d'eau qui les traversent.

L'examen de la carte d'occupation du sol de la Région Wallonne montre que la grande majorité de la masse d'eau est recouverte de forêts, de pâtures et de cultures, à l'exception de deux zones : la région de Namur où un habitat discontinu couvre 5 km² et surtout la région de Charleroi, qui comporte un habitat discontinu et continu (avec beaucoup d'industries) sur 15 km².

2.2 Cadre géologique de la masse d'eau souterraine et de sa couverture

2.2.1 *Contexte tectonique*

L'histoire géologique de la Wallonie peut se résumer de manière très succincte comme une succession de grands épisodes :

- dépôt d'une série sédimentaire cambro-silurienne ;
- plissement lors de l'orogénèse calédonienne et érosion ;
- sédimentation en discordance sur le socle calédonien d'une série dévono-carbonifère ;
- plissement varisque et érosion ;
- dépôt de façon discontinue, en discordance sur le socle varisque, de sédiments méso-cénozoïques.

Lors de l'orogénèse varisque, à la fin du Westphalien, on observe un raccourcissement de direction générale Nord-Sud, marqué par le plissement des formations paléozoïques et le développement de chevauchements longitudinaux : la partie Sud de l'ensemble plissé, le Synclinorium de Dinant, a été charriée sur la partie septentrionale, l'unité para-autochtone de Namur, par l'intermédiaire d'une faille de charriage de grande importance, la Faille du Midi ou Faille eifélienne (Figure 2-3) (Figure 2-4).

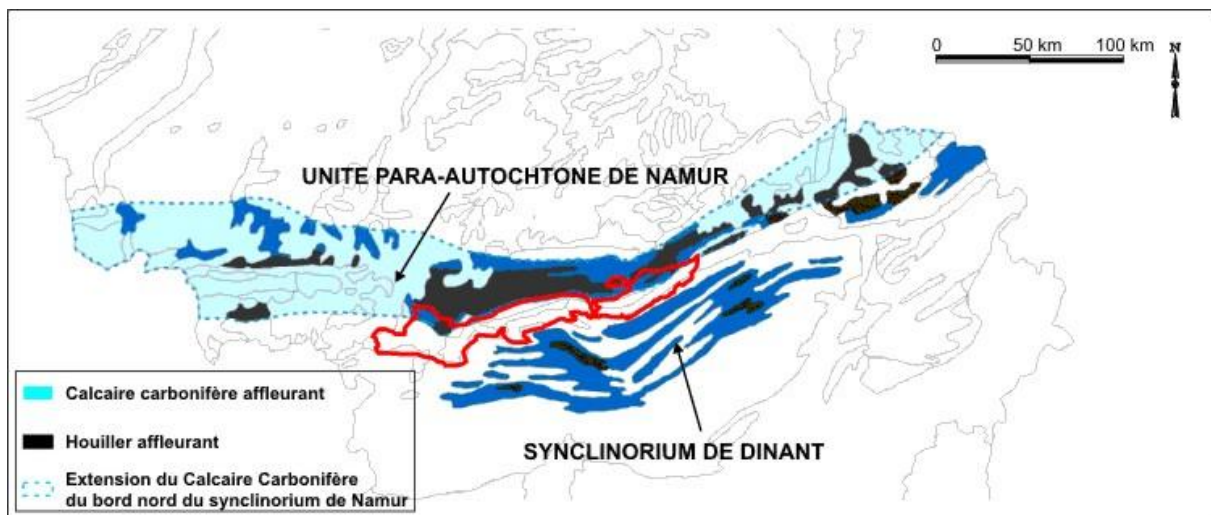


Figure 2-3 : Extension en Belgique des Calcaires Carbonifères de l'unité para-autochtone de Namur et du Synclinorium de Dinant – Superposition (en rouge) de la masse d'eau RWM012

La masse d'eau est traversée par cet accident majeur. Elle comprend, pour les terrains paléozoïques :

- au Sud de cette faille, des terrains dévoniens appartenant au flanc Nord du Synclinorium de Dinant, discordant sur le socle calédonien ;
- au Nord, des formations appartenant à l'unité para-autochtone de Namur, constituées pour l'essentiel de terrains houillers, surmontés dans sa partie Ouest d'écailles de charriage du calcaire carbonifère.

Dans la masse d'eau RWM012, le Synclinorium de Dinant est représenté par des roches dont l'âge s'étant du Cambro-Silurien jusqu'au Carbonifère tandis que l'unité para-autochtone de Namur est représentée par les roches dévoniennes et carbonifères comprises entre les roches plus anciennes du Massif du Brabant au Nord et la Faille du Midi au Sud.

2.2.2 Stratigraphie

La structure géologique de la masse d'eau RWM 012 est très complexe. D'Est en Ouest, on remarque un système de failles provenant du charriage du Synclinorium de Dinant sur le Para-autochtone de Namur (composé essentiellement de terrains westphaliens), qui ramène des terrains allant de l'Ordovicien-Silurien au Carbonifère.

La frange Nord de la masse d'eau est constituée par des calcaires carbonifères de pendage Nord, s'enfonçant sous des terrains houillers peu perméables. La limite Nord de la masse d'eau a été fixée arbitrairement dans ces terrains houillers, considérant que les calcaires restent exploitables à une profondeur de quelques centaines de mètres. La bordure Nord de la masse d'eau est donc constituée par une bande de Houiller appartenant à l'unité para-autochtone de Namur.

Vers l'Est et au Sud du bassin houiller, la bande de terrains dévono-dinantiens façonne le paysage jusqu'à la crête des grès famenniens. Dans la partie Ouest de la masse d'eau, des écailles calcaires correspondent à des fragments allochtones coincés entre l'unité para-autochtone de Namur et le Synclinorium de Dinant (Figure 8). Au Sud de ces failles de contact, on rencontre des terrains schisto-gréseux datant du Cambro-Silurien (Bande calédonienne de Sambre-et-Meuse) jusqu'au Dévonien inférieur.

La limite Sud de la masse d'eau est déterminée, à l'Ouest, par les crêtes hydrogéologiques qui passent par les terrains schisto-gréseux du Synclinorium de Dinant. En allant vers l'Est et à partir de Gougnies (Villers-Potterie), la limite passe par le contact des terrains gréseux de l'Emsien avec les terrains conglomératiques à matrice gréseuse de l'Eifelien.

La colonne lithostratigraphique des formations présentes au sein de la masse d'eau souterraine est reprise à la Figure 2-5

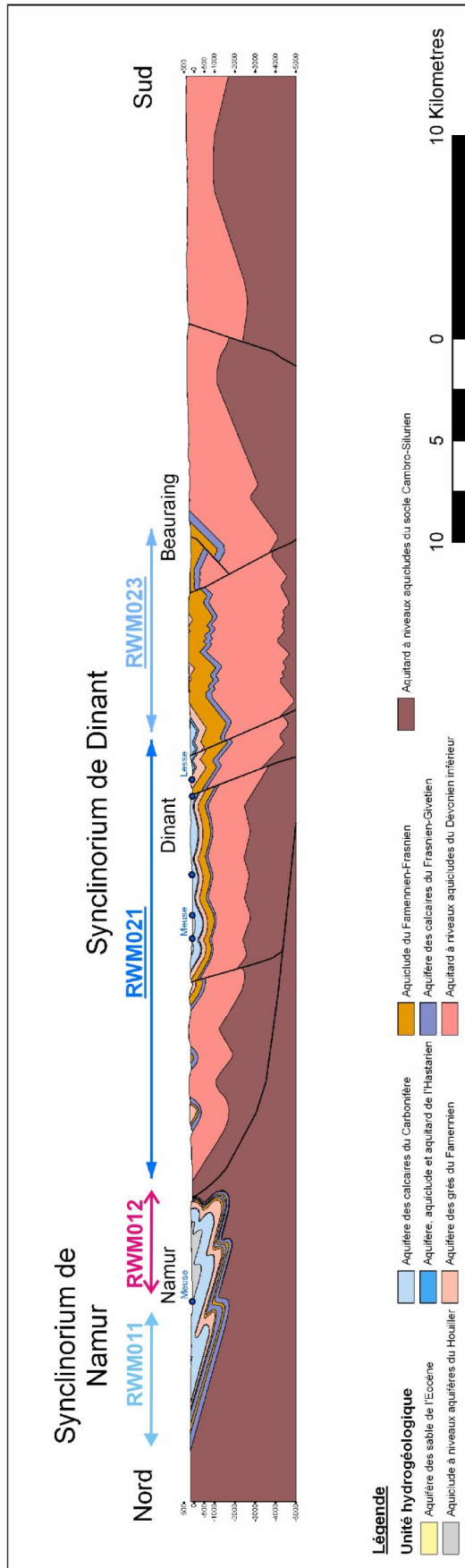


Figure 2-4 : Localisation des masses d'eau souterraine en Région Wallonne

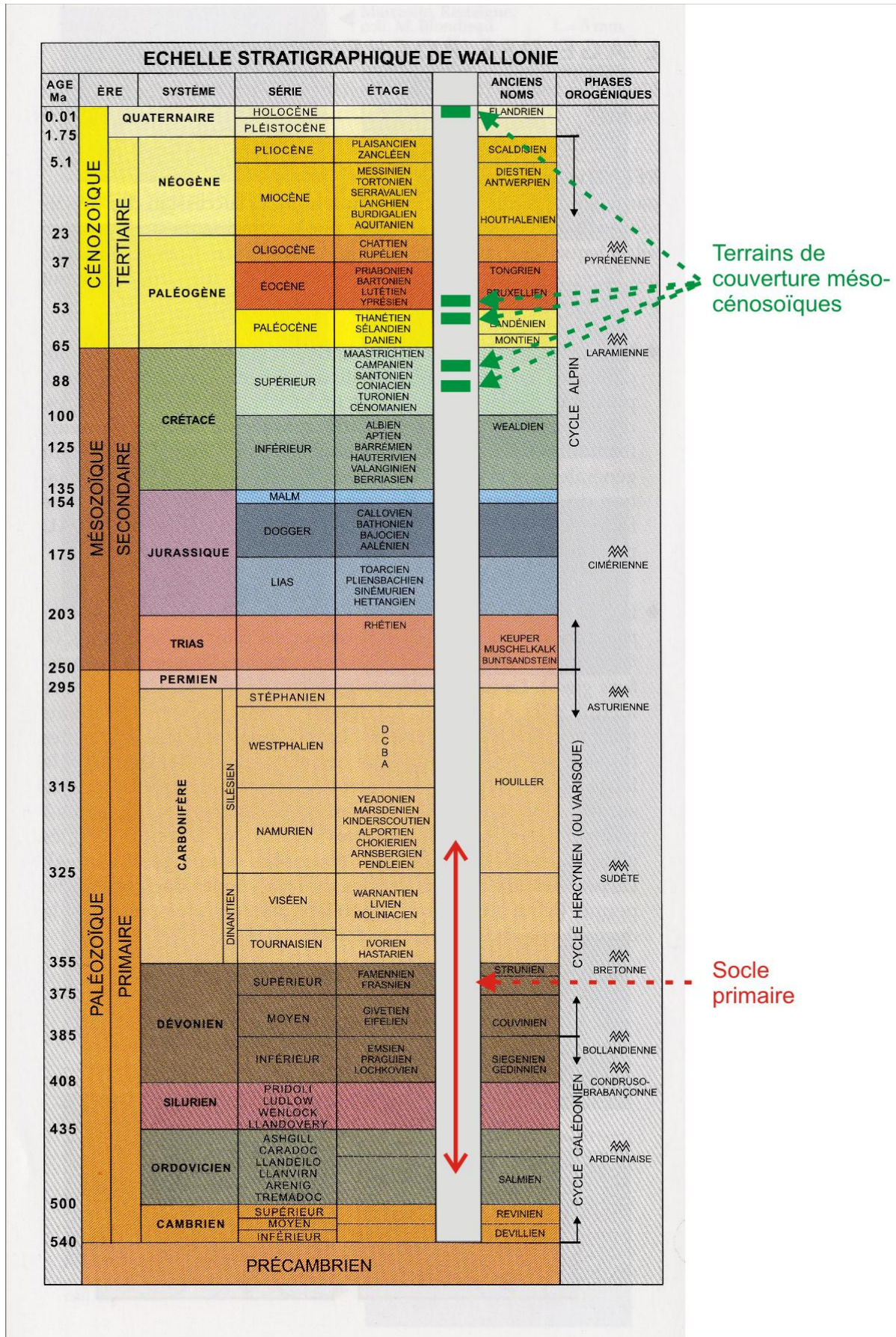


Figure 2-5 : Echelle stratigraphique de Wallonie et extension des formations géologiques dans la masse d'eau RWM012.

2.2.2.1 L'Ordovicien

L'Ordovicien est caractérisé par cinq formations composées principalement de schistes et de siltites. Ces schistes contiennent parfois des calcaires et/ou des grès. La quatrième formation de ce système est d'ailleurs composée en majorité de calcaires et dans une moindre mesure de siltites et de schistes.

La *Formation de Sart-Bernard* (SBN – Llanvirn à Llandeilo) s'observe sous forme de schistes noirs assez fins, recouverts d'une patine lustrée. Son épaisseur n'est pas connue, mais doit être supérieure à la centaine de mètres.

La *Formation de Vitriaval-Bruyère* (VTP – Llanvirn à Llandeilo) est constituée de siltites schisteuses ou gréseuses, gris à gris-vert, souvent nettement micacées, renfermant des horizons de grès sombres, parfois en gros bancs.

Au Sud de la bande calédonienne, les intercalations de grès qui caractérisent la Formation de Vitriaval-Bruyère sont absentes des terrains précédant la Formation des Fosses. Ces couches ne sont constituées que de siltites gris à gris-vert, souvent fortement micacées. Elles ont été rangées dans la *Formation de la Basse-aux-Canes* (BCN – Llanvirn à Llandeilo). Cette formation a une épaisseur estimée à 100 – 150 mètres environ.

La *Formation de Fosses* (FOS – Caradoc sup) contient des calcaires, des calcaires noduleux, des siltites carbonatées et des schistes gris-vert à gris-bleu, tous abondamment fossilifères. Son épaisseur est de 50 à 70 mètres.

La *Formation de Génicot* (GNC – Ashgill sup) est composée de siltites foncées grises à gris-vert, assez massives. A ces couches succèdent des schistes et des siltites foncées renfermant des bancs de grès et à leur sommet un horizon microconglomératique. L'épaisseur de ces bancs de grès excède rarement le décimètre. L'épaisseur de cette formation est estimée à 50 – 70 mètres.

2.2.2.2 Le Silurien

Le Silurien comporte sept formations, toutes principalement constituées de schistes. Certaines formations sont composées de couches schisto-gréseuses. La dernière formation contient même des grès sous forme de lentilles ou de barres plus épaisses.

La *Formation de Dave* (DAV – Llandovery) apparaît comme un épais ensemble de schistes et de schistes silteux à dominante sombre renfermant de gros paquets plus silteux à fines intercalations gréseuses. Son épaisseur n'est pas connue avec précision mais est de l'ordre de 200 à 300 mètres.

La *Formation du Criptia* (CRI – Llandovery) comporte un ensemble de schistes souvent très fins gris-vert à verdâtre, souvent à débit en petites paillettes. Son épaisseur est inconnue.

La *Formation de Naninne* (NAN – Wenlock) est constituée de couches schisto-gréseuses gris à gris-vert contenant de nombreuses intercalations nettement straticulées. L'épaisseur de cette formation est estimée à minimum 50 mètres.

La *Formation de Jonquoi* (JON – Wenlock) se caractérise par des schistes et des schistes silteux à dominante vert olive à vert brunâtre. Son épaisseur est inconnue mais supérieure à 100 mètres

La *Formation de Thimensart* (THM – Ludlow inférieur) est composée de schiste et de siltite gris-vert à verts. Elle est caractérisée par l'abondance des petits bancs, dans lesquelles sont intercalées de gros paquets de schiste fin gris-vert ou vert, à patine souvent brunâtre. Son épaisseur est inconnue.

La *Formation de Longues Royes* (LGR – Ludlow) est constituée de schistes verts silteux et de siltites homogènes renfermant des bandes plus foncées. Son épaisseur est inconnue.

La *Formation de Moncheret* (MCH – Silurien) expose des schistes silteux verdâtres, contenant des grès sous forme de lentilles ou de barres plus épaisses. Ils sont séparés de la Formation de Sart-Bernard par la Faille du Midi.

2.2.2.3 Le Dévonien

Le Dévonien est formé d'un ensemble de quatorze formations allant du Dévonien inférieur jusqu'au Dévonien supérieur.

A. Le Dévonien inférieur

Le Dévonien inférieur sont formées de couches gréseuses et silteuses. La plus récente, la formation de Burnot, est différente des autres car elle est constituée de grès conglomératiques et de poudingues, auxquels succèdent des siltites et des schistes contenant quelques intercalations de grès ; elle est surmontée par une épaisse barre de poudingue à matrice argilo-silteuse. Il faut remarquer que chacune de ces formations est très épaisse et étendue (épaisseur supérieure à 100 mètres).

La *Formation de Fooz* (FOO – Dév. inférieur, Lochkovien) est composée, à sa base, de grès grossiers et graveleux. On retrouve ensuite des siltites vertes, pouvant contenir des barres métriques de grès grisâtres. Son épaisseur est d'environ 150 mètres.

La *Formation du Bois d'Ausse* (BAU – Dév. inférieur, Lochkovien à Praguien) se caractérise par des grès gris, pouvant contenir des intercalations de schistes et de siltites. Ces grès, assez fins et bien stratifiés, sont divisés en bancs décimétriques. Son épaisseur, dans la Vallée de Tréko, est de 100 mètres.

La *Formation d'Acoz* (ACO – Dév. inférieur, Praguien) est constituée par des siltites rouges auxquelles sont nettement subordonnées des couches gréseuses. A Acoz, son épaisseur est de 300 mètres.

La *Formation de Wépion* (WEP – Dév. inférieur, Emsien) est constituée de grès quartzitiques, en gros bancs, renfermant des intercalations de siltites. Vers le sommet, les grès prennent un caractère nettement graveleux. Son épaisseur est estimée à maximum 200 mètres.

La *Formation de Burnot* (BUR – Dév. inférieur, Emsien) débute par des grès conglomératiques et des poudingues, auxquels succèdent des siltites et des schistes contenant quelques intercalations de grès. La série se termine en prenant un faciès de plus en plus arénacé, avec l'apparition de lentilles de grès graveleux et de poudingue. Cette formation est surmontée par une épaisse barre de poudingue à matrice argilo-silteuse. Son épaisseur est de 200 mètres environ.

B. Le Dévonien moyen

Le Dévonien moyen reprend les formations de l'Eifelien et du Givetien. Les deux formations de l'Eifelien sont très différentes, la première, la formation de Bois Godiau, montre un conglomérat à galets de quartz et de schistes dans une matrice de grès et de grès schisteux, la seconde, la formation de Rivière, regroupe une série fort hétérogène de siltites et de schistes à la base, passant à des calcaires gréseux, des grès et des calcaires bioclastiques au fur et à mesure que l'on remonte dans la formation. Les deux formations du Givetien sont par contre beaucoup plus homogènes, il s'agit de calcaires, stratifiés et souvent argileux. Des couches de schistes, de calcschistes, et de dolomie sont présentes.

La *Formation de Bois Godiau* (BGD – Dév. moyen, Eifelien) montre un conglomérat à galets pluricentimétriques de quartz et de schistes dans une matrice de grès et de grès schisteux.

La *Formation de Rivière* (RIV – Dév. moyen, Eifelien) regroupe une série fort hétérogène de siltites et de schistes à la base, passant à des calcaires gréseux, des grès et des calcaires bioclastiques au fur et à mesure que l'on remonte dans la formation. Son épaisseur est estimée à 80 – 90 mètres.

La *Formation de Névremont* (NEV – Dév. moyen, Givetien) regroupe, au Nord-est de la planche, les différentes formations divisant les calcaires givetiens plus au Sud. Il s'agit de calcaires foncés, stratifiés et souvent argileux. Vu l'absence d'affleurements significatifs, la transition entre la Formation de Névremont et les trois Formations distinctes de Trois Fontaines, Terre d'Haus et Mont d'Haus est peu évidente. Son épaisseur est de 55 mètres à Névremont.

La *Formation du Roux* (ROU – Dév. moyen, Givetien) débute par des schistes, surmontés ensuite de calcschistes, de dolomie et enfin de calcaires stratifiés. Ces couches ont une épaisseur de plus de 20 mètres.

C. Le Dévonien supérieur

Le Dévonien supérieur reprend les formations du Frasnien et du Famennien. Il s'agit pour les quatre premières formations, d'une gamme allant des schistes aux calcaires, avec des niveaux de nature intermédiaire. La cinquième et dernière formation est, quand à elle, formée de grès, de siltites et de schistes.

La *Formation de Presles* (PRE – Dév. supérieur, Frasnien) n'est pas observée sur cette planchette mais sa présence est toutefois fortement supposée. Il s'agit de schistes ferrugineux. Son épaisseur est estimée à une dizaine de mètres.

La *Formation de Lustin* (LUS – Dév. supérieur, Frasnien) se distingue par une alternance de calcaires stratifiés et construits, ces derniers pouvant être partiellement dolomités. Quelques fins niveaux schisteux séparent ces deux types de calcaires. L'épaisseur totale est de 75 à 80 mètres.

La *Formation d'Aisemont* (AIS – Dév. supérieur, Frasnien) est assez hétérogène, faite d'une série de schistes et de calcaires, noduleux ou pas. Sa base est schisteuse, surmontée de gros bancs de calcaires. Le sommet présente également un caractère nettement plus schisteux. Son épaisseur est de 22 mètres à Aisemont.

La *Formation de Falisolle* (FLS - Dév. supérieur, Frasnien à Famennien) est composée de schistes fins ou silteux, qui se chargent vers le sommet d'intercalations silteuses de plus en plus nombreuses. On peut y apercevoir quelques rares bancs gréseux. L'épaisseur de cette formation est au maximum de 50 mètres.

Le *Groupe du Condroz* (CDZ – Famennien supérieur) rassemble les terrains du Famennien supérieur. Ces couches sont formées de grès, de siltites et de schistes. Les premiers grès sont divisés en petits bancs. Ils sont surmontés de bancs pluridécimétriques de grès à patine ocre entre lesquels sont intercalées des plaquettes de siltite. Au-dessus de ce premier terme, la série devient régulièrement plus silteuse quoique des barres gréseuses y figurent encore. La formation contient aussi quelques bancs de grès rouge. L'épaisseur totale de la formation s'élève à 200 mètres.

2.2.2.4 Le Carbonifère

Le Carbonifère peut-être divisé en deux grandes parties. La première (la plus ancienne) reprend les terrains du Dinantien (Tournaisien et Viséen). Les treize formations de cette série sont principalement formées de calcaires. Les premières comprennent des intercalaires calcschisteux, des dolomies, et des calcaires dolomitiques. La seconde partie (la plus récente) reprend les terrains du Silésien (Namurien et Wesphalien), principalement formés de schistes et de grès contenant des couches de charbon.

A. Le Dinantien

Le *Groupe d'Anseremme* (ANS – Tournaisien, Hastarien) associe deux formations peu épaisses en une seule unité : Hastière et Pont d'Arcole. La Formation d'Hastière montre des calcaires crinoïdiques en bancs métriques, à intercalation calcschisteuses au sommet, tandis que la Formation du Pont d'Arcole est nettement schisteuse. Son épaisseur est de 20 mètres tout au plus.

De manière identique, le *Groupe de la Station de Gendron* (SGD – Tournaisien, Hastarien) réunit les formations de Landelies et de Maurenne. La première est composée de calcaires crinoïdiques en bancs pluridécimétriques tandis qu'on observe pour la deuxième des calcschistes avec quelques bancs de calcaires grossiers à la base. L'épaisseur totale est de 25 à 30 mètres maximum.

La *Formation de Namur* (NMR – Tournaisien, Ivorien) regroupe plusieurs unités que la dolomitisation empêche de distinguer correctement. On y retrouve de manière générale des dolomies ou des calcaires dolomitiques à intercalations de cherts. Dans la vallée de l’Eau d’Heure (Ouest de la carte), cette formation passe latéralement aux deux formations suivantes. Ces couches ont une épaisseur totale d’environ 130 mètres.

La *Formation de Pont-à-Nole* (PNL – Tournaisien, Ivorien) est constituée de calcaires gris, dolomitiques, stratifiés en bancs décimétriques, avec de nombreux cherts à la base.

La *Formation de Mont-sur-Marchienne* (MSM – Tournaisien, Ivorien) comprend des calcaires clairs, divisés en gros bancs. C’est cet éclaircissement de teinte, ainsi que la présence de faciès algaire, qui marque la transition avec la formation de sous-jacente.

La *Formation de Terwagne* (TER – Viséen, Molinacien) est formée essentiellement de bancs de calcaires, fins à la base à plus grenus au sommet. Ces bancs ont une épaisseur d’environ 70 mètres.

La *Formation de Neffe* (NEF – Viséen, Molinacien) est divisée en gros bancs calcaires de plusieurs mètres d’épaisseur. Ces calcaires sont clairs sur la rive droite de la Sambre et prennent une couleur habituelle, plus foncée, sur la rive gauche. Cette formation a une épaisseur de 50 à 60 mètres.

La *Formation de Lives* (LIV – Viséen, Livien) peut être séparée en trois membres, avec de bas en haut :

- des calcaires stratifiés rythmiques ;
- une brèche d’épaisseur inégale, de couleur grise ou rouge ;
- des calcaires massifs contenant des traces évaporitiques manifestes.

L’épaisseur totale est de 150 à 180 mètres.

B. Le Namurien

Le *Groupe du Hoyoux* (HOY – Viséen, Warnantien) rassemble les séries calcaires des formations de Thon-Samson, Poilvache et Anhée, ainsi que les derniers bancs calcaires correspondant au V3c (Viséen supérieur) des anciens auteurs. Il s’agit de calcaires stratifiés foncés, riches en cherts dans la partie supérieure. L’épaisseur totale est de 100 à 120 mètres.

Le *Groupe Houiller* (HOU – Namurien à Westphalien) est composé de schistes et de grès contenant des couches de charbon dont la puissance varie d’un demi-mètre à deux mètres. Divisé en quatre formations distinctes, son épaisseur totale peut être estimée à plus de 1500 mètres.

2.2.2.5 Terrains de couverture

La lithologie des terrains de couverture est détaillée ci-après. Cette couverture n’est pas présente sur l’ensemble de la masse d’eau.

Le Crétacé est composé de craies et marnes, de sables glauconieux et des faciès d'altération. Toutes ces lithologies sont de faible épaisseur, et forment des placages résiduels étendus, probablement en remplissage de poches karstiques. Tous ces terrains ont été regroupés sous le terme de *Groupe de Marbaix* (MBX)

Le Paléogène reprend cinq formations. La première et la dernière sont composées de sables avec, ça et là, des intercalations d'argiles silteuses, elles occupent principalement des poches karstiques. La deuxième reprend des sédiments argileux à argilo-sableux de teinte grise. La troisième et la quatrième formation sont identiques, ce sont des sables où sont intercalés quelques bancs continus de grès carbonatés.

La *Formation d'Erquelines* (ERQ – Paléocène, Thanétien) n'a pas été observée mais sa présence est connue par d'anciennes exploitations de sablières et par sondages. Ce sont des sables assez fins, argileux, avec ça et là des intercalations d'argiles silteuses. Ils occupent principalement des poches karstiques.

La *Formation de Carnières* (CAR - Eocène, Yprésien) est composée de sédiments argileux à argilo-sableux de teinte grise. Elle disparaît vers le Nord-est de la carte.

La *Formation de Couillet* (CLL – Eocène, Yprésien) est formé de sables, avec un gravier à la base et quelques plaquettes de grès en lits discontinus au sommet. Ils sont différenciés des sables bruxelliens sur critère paléontologique. L'épaisseur est inconnue.

La *Formation de Bruxelles* (BXL – Eocène, Lutétien) présente des lithologies légèrement différentes à l'Ouest et à l'Est de la carte. Dans la partie occidentale, on observe des sables clairs, fins dans lesquels sont intercalés des bancs continus de grès carbonatés, tandis que les sables sont plus grossiers et jaunâtres dans le coin oriental. Une épaisseur de 10 à 15 mètres a été reconnue, mais leur sommet n'est pas atteint.

La *Formation de l'Entre-Sambre-et-Meuse* (ESM – Oligocène) se présente sous forme de remplissage de poches karstiques développées dans les calcaires carbonifères et dévoniens. Ce sont des sables blancs à grisâtres fins souvent micacés et parfois argileux. Ces couches semblent assez homogènes et dépourvues de structures. A Fosses, l'épaisseur de ces couches est de 8 mètres.

2.2.2.6 Alluvions modernes

Le Quaternaire reprend d'une part les limons et alluvions, et d'autre part les terrils et remblais.

Les alluvions sont constituées d'un matériau sablo-graveleux dans le lit mineur de la Sambre. Dans la plaine d'inondation, les dépôts sont plus fins et sont formés de sables, de limons et d'argiles.

Des dépôts alluviaux plus anciens couvrent une vallée sèche, ancien méandre de la Sambre, le fond de la vallée contient des sédiments graveleux et sableux, tandis que la butte est couverte de dépôts de terrasse, avec des fragments de silex provenant vraisemblablement des craies crétacées.

Un manteau limoneux (limons éoliens) recouvre les plateaux bordant au nord et au sud la vallée de la Sambre.

3 Hydrogéologie

3.1 Description des unités hydrogéologiques

Les formations géologiques sont regroupées selon leurs caractéristiques hydrodynamiques en unités hydrogéologiques. Les regroupements choisis et leurs appellations sont celles utilisées pour la Carte Hydrogéologique de Wallonie. Chaque unité est qualifiée d'aquifère, d'aquitard ou d'aquiclude en fonction de la perméabilité des formations :

- Aquifère : formation perméable contenant de l'eau en quantité exploitable;
- Aquitard : formation semi-perméable permettant le transit de flux à très faible vitesse ;
- 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.

Pour la masse d'eau RWM012, cette classification conduit au regroupement des formations géologiques selon le schéma repris au Tableau 3-1 et détaillé par la suite

Ere	Système	Série	Etage	Groupes	Formation	Membre	Abréviation	Lithologie	Hydrogéologie			
CENOZOÏQUE	Quaternaire	Holocène					AMO	Alluvions modernes	Aquifère			
		Oligocène			Entre-Sambre-et-Meuse		ESM	Sable	Aquifère			
	Paléogène	Eocène	Lutétien		Bruxelles		BXL	Sable, Grès	Aquifère			
			Couillet		Couillet		CLL	Sable	Aquifère			
		Yprésien		Carnières		CAR	Argile sableuse	Aquiclude				
Paléocène	Thanétien			Erquelinnes		ERQ	Sable, Argile	Aquifère				
MESO.	Crétacé				Marbaix		MBX	Sable, craie, argile	Aquifère			
PALEOZOÏQUE	Carbonifère	Westphalien	B	Houiller	Charleroi	Quaregnon	HOU	Schiste, Grès, Charbon	Aquiclude à niveaux aquifères			
			A		Châtelet	Mons		Schiste, Grès, Charbon				
		Namurien	Yeadonien		Andenne			Schiste, Grès, Charbon				
			Marsdenien									
			Kinderscoutien									
			Alportien									
			Chokiérien									
		Viséen	Warnantien		Warnant	Hoyoux		Warnant		HOY	Calcaire à cherts	Aquifère des Calcaires du Carbonifère
					Anhée			Calcaire				
					Poivache			Calcaire				
	Thon - Samson			Calcaire								
	Livien		Lives	Bouffioux	LIV		Calcaire					
				Brèche			Brèche calcaire					
	Molinacien			Neffe	NEF		Calcaire					
				Terwagne	TER		Calcaire					
				Mont-sur-Marchienne	MSM		Calcaire, Calcaire dolomitique					
				Pont-à-Nôle	PNL		Calcaire, Calcaire dolomitique					
	Tournaisien	Ivoirien		Station de Gendron	Maurenne	SGD	Calcaire argileux					
					Landelies		Calcaire					
		Hastarien		Anseremme	Pont d'Arcole	ANS	Schiste					
					Hastièrre		Calcaire					
	Dévonien	Supérieur	Famennien		Condroz	CDZ	Grès, Calcaire, Siltite	Aquifère des grès du Famennien				
					Falissolle	FLS	Schiste	Aquiclude				
			Frasnien		Aisemont	AIS	Schiste, Calcaire	Aquitard à niveaux aquifères				
					Lustin	LUS	Calcaire	Aquifère des calcaires du Frasnien				
		Moyen	Givetien			Presle	PRE	Schiste	Aquiclude			
						Roux	ROU	Schiste, Grès, Calcaire	Aquifère des calcaires du Givetien			
			Eifelien			Nèvreumont	NEV	Calcaires	Aquifère de l'Eifelien			
						Rivière	RIV	Poudingue, Grès				
		Inférieur	Emsien			Bois Godiau	BGD	Conglomérat à matrice gréseuse	Aquifère de l'Eifelien			
						Burnot	BUR	Siltite, Grès, Poudingue				
			Wépion				Wépion	WEP	Grès	Aquitard à niveaux aquifères du Dévonien Inf		
							Acoz	ACO	Siltite, Grès	Aquiclude à niveaux aquifères		
							Bois d'Ausse	BAU	Grès	Aquifère à niveaux aquicludes		
							Fooz	FOO	Siltite, Grès			
			Silurien	Pridoli			Moncheret	MCH	Schiste, Grès	Aquifère à niveaux aquifères du socle cambro-silurien		
				Ludlow			Longues Royes	LGR	Schiste			
					Thimensart	THM	Schiste, Siltite					
					Joncquoï	JON	Schiste					
	Wenlock					Nanine	NAN	Schiste, Grès				
					Criptia	CRI	Schiste					
					Dave	DAV	Schiste					
Llandovery				Génicot	GNC	Siltite, Schiste						
Ordovicien	Ashgill				Fosses	FOS	Calcaire, Siltite, Schiste					
	Caradoc				Basse-aux-Canes	BCN	Schiste					
				Vitival-Bruyère	VTB							
	Llanvirn			Sart-Bernard	SBN	Schiste						

Tableau 3-1 : Tableau Stratigraphique - Hydrogéologique de la zone centrale de la MESO RWM012 (Extrait de la notice de la carte hydrogéologique de Biesmes-Mettet)

Au sein de la masse RWM012, les unités hydrogéologiques suivantes peuvent être distinguées (des unités géologiques les plus anciennes au plus jeunes) :

- Aquitard à niveaux aquicludes du socle Cambro-Silurien

L'aquitard à niveaux aquifères de socle Cambro-Silurien est situé au centre de la masse d'eau. Il affleure de l'Ouest de Sart-Eustache à l'Est de Fosses-la-Ville, sur une largeur moyenne de 1,5 km (Figure 4-9).

Les formations schisteuses de cet aquitard sont très peu perméables. Il présente toutefois des potentialités aquifères locales dans certains niveaux gréseux. Ces potentialités sont généralement mises à profit pour le prélèvement de quantités réduites (usage local).

On peut distinguer deux types de nappes dans les niveaux aquifères du socle cambro-silurien : la nappe d'altération du sommet et la nappe des fissures sous-jacentes (cf. carte hydrogéologie Fontaine l'Evêque-Charleroi).

- Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien Inférieur

Le Dévonien Inférieur reprend quatre unités hydrogéologiques de qualité hydraulique fort variable : aquifère à niveaux aquicludes, aquiclude à niveaux aquifères, aquitard à niveaux aquicludes et aquitard à niveaux aquifères. Ces couches de nature principalement silteuse et gréseuse sont globalement très peu perméables. Ces formations présentent toutefois des potentialités aquifères locales, dans certains niveaux gréseux. Ces potentialités sont généralement mises à profit pour le prélèvement de quantités réduites (usage local).

Ces terrains affleurent sur la majorité de la masse d'eau, principalement au centre et au Sud, sous forme de couches d'extension Est-Ouest, sur une largeur allant de 1,5 – 2 km à l'Est jusqu'à 7 km à l'Ouest, soit plus de 350 km².

- Aquitard de l'Eifelien

Cette unité est constituée de conglomérats à matrice gréseuse, de poudingues et de grès. Elle se présente sous la forme d'une couche étroite (70 mètres) et très étendue surmontant le socle silurien sur quelques mètres. Cet aquifère est très peu exploité à cause de sa structure.

- Aquifère des calcaires du Givetien et du Frasnien

Les formations calcaires du Givetien et du Frasnien contiennent une nappe de fissures à caractère fortement karstique. Cet aquifère est limité, au Sud, par les formations schisteuses de l'Eifelien. Il est également séparé hydrauliquement des calcaires carbonifères vers le Nord par les formations schisteuses d'Aisemont et de Falisolle. Toutefois, localement, en raison des

nombreuses failles de charriage, il repose directement sur ces mêmes calcaires. A l’affleurement, cet aquifère forme une bande d’extension Est-Ouest, d’une largeur de 250 mètres. Il est très peu exploité.

- Aquiclude du Famennien-Frasnien :

La formation d’Aisemont est composée de calcaires, de calcaires fort argileux et de schistes et est donc peu perméable. Elle présente toutefois des potentialités d’aquifères locales, dans certains niveaux calcaires. La formation de Falisolle est constituée de schistes et est donc très peu perméable. Elle joue le rôle de barrière hydraulique entre les formations aquifères.

- Aquifère des grès du Famennien:

Ces couches, formées principalement de grès, mais également de siltite et de schistes, sont perméables. Elles forment une bande Est-Ouest d’une largeur de 300-350 mètres. Ces grès sont exploités entre autres au Sud de Floreffe et à Aisemont.

- Aquifère aquitard et aquiclude de l’Hastarien :

La formation d’Hastière, de nature calcaire, est présente au Nord de l’aquifère des grès du Famennien. Elle s’étend d’Ouest en Est sur une largeur de 50 mètres environ. Vu sa structure en bande peu large, cet aquifère est peu exploité.

La formation de Pont d’Arcole est composée majoritairement de schistes et est donc peu perméable. Elle est présente entre les calcaires de la formation d’Hastière et l’aquifère des calcaires du Carbonifère. Elle pourrait donc former un intercalaire schisteux entre ces deux formations. Cependant, son rôle hydrogéologique exact n’est pas clairement déterminé au droit de la masse d’eau RWM012.

- Aquifère des calcaires du Carbonifère :

Les formations du Tournaisien, excepté celles d’Hastière et du Pont d’Arcole, et les formations du Viséen sont groupées en une seule unité hydrogéologique. Ces formations contiennent l’aquifère principal de la masse d’eau RWM012. Celui-ci appartient à l’unité para-autochtone de Namur.

A l’Ouest, les calcaires sont présents sous forme d’écailles. A l’Est, ils forment une bande d’extension Est-Ouest et d’une largeur moyenne de 700-800 mètres, allant du Sud de Châtelet à Huy. Les captages de la masse d’eau sont établis en majorité dans cet aquifère calcaire (Falisolle, Ermitage,...). Il est peu drainé sauf par quatre grandes rivières qui le traversent : la Meuse, la Biesme, le Ruisseau des Fosses et le Samson.

Les limites d'extension de la nappe des calcaires sont, au Nord, les terrains houillers (toutefois, les couches calcaires continuent sous le Houiller) et au Sud, les terrains schisteux de l'Hastarien.

- Aquiclude à niveaux aquifères du Houiller :

Les formations schisto-gréseuses du Houiller, présentes au Nord de la masse d'eau, affleurent sous forme d'une bande Est-Ouest d'une largeur moyenne de 500 mètres, excepté à l'Ouest de la masse d'eau où cette formation affleure sur une largeur de 2 km. Cette délimitation sous forme de frange bordière considère que les calcaires sont sous une couverture de terrains silésiens dont l'épaisseur ne compromet pas l'exploitation de l'aquifère calcaire sous-jacent. Toutefois, la plupart des puits domestiques exploitent les petites nappes du Houiller. Seuls quelques puits plus profonds atteignent les calcaires.

Les nappes des formations schisto-gréseuses du Houiller sont des nappes de fissures, libres et perchées. Elles se déversent vers les calcaires carbonifères soit au droit de failles, soit par débordement au contact de niveaux plus schisteux.

- Aquiclude des marnes du Campanien :

Cette formation, constituée principalement de sables, de craies et d'argiles, est partiellement perméable. Ces terrains ne se retrouvent qu'en remplissage de poches karstiques.

- Aquifère des sables de remplissage:

Les sables paléocènes ne constituent pas une réserve aquifère à proprement parler car on ne les retrouve pas en couche continue, mais uniquement dans des remplissages de poches karstiques.

La formation de Carnières est formée par des argiles sableuses de l'Eocène. Elle est donc très peu perméable. Cette formation n'est pas présente à l'Est puisqu'elle a été érodée par la transgression des sables bruxelliens.

Les sables éocènes s'étendent dans la région de Gozée-Nalines. Ils se trouvent, soit en discordance sur le terrain houiller, soit en discordance sur les formations du Dévonien Inférieur. Ils contiennent alors des nappes perchées.

La formation de l'Entre-Sambre-et-Meuse est composée de sables parfois argileux. Elle semble assez homogène et dépourvue de structures. Ces sédiments marins et continentaux ont été retrouvés dans des poches karstiques développées dans les calcaires carbonifères et dévoniens. Ils ne constituent donc pas à proprement parler un aquifère car on ne les retrouve pas en couche continue.

- Aquifère alluvial:

Les premières nappes rencontrées dans les vallées, toujours superficielles, sont celles respectivement des alluvions des cours d'eau et des limons. Les alluvions de la Sambre sont aquifères mais leurs eaux sont de piètre qualité. Des captages industriels implantés dans ces couches superficielles y pompent de gros débits.

3.1.1 Coupes hydrogéologiques

Une coupe géologique et hydrogéologique a été réalisée dans le cadre du projet Synclin'EAU, pour la zone centrale des Masses d'eau souterraine RWM011, RWM012, RWM021 et RWM023 (Figure 3-1, trait de coupe n°1). Cette coupe (Figure 3-2) permet de visualiser aisément les limites de la RWM012.

La limite Sud de cette masse d'eau coïncide avec des limites de bassins versants hydrographiques et hydrogéologiques. C'est le cas pour la limite Nord du bassin du Hoyoux et pour la limite Nord du bassin du Burnot. Par contre Les bassins du Samson et du ruisseau d'Yves sont traversés par la limite Sud de la MESO 012. Toutefois, cette limite se trouve au droit des formations géologiques du Dévonien inférieur, constituant un seuil hydrogéologique.

La limite Nord de la masse d'eau souterraine 012 jouxte la plaine alluviale du sillon Sambre et Meuse. Elle ne correspond pas nécessairement à des limites de bassins versants ni à limites hydrogéologiques. Le tracé de la limite Nord de la masse d'eau 012 suit grossièrement la limite entre les schistes houillers et les calcaires carbonifères avec un décalage vers le Nord.

Dans la partie centrale de la Masse d'eau RWM012, la grande structure synclinale du synclinorium de Namur permet la continuité de l'aquifère des calcaires carbonifères. L'épaisseur de la couverture de schistes du Houiller varie et peut atteindre 300 mètres au droit du flanc Sud de la vallée de la Meuse. Cette coalescence des bandes des synclinaux calcaires karstifiés entraîne une incertitude quant aux limites des bassins hydrogéologiques, ceux-ci pouvant alors différer des limites des bassins hydrographiques. C'est le cas notamment pour la limite Nord du bassin du Samson.

La partie Ouest de la masse d'eau, c'est-à-dire en amont de Namur, la structure géologique est d'avantage constituée de formations du Dévonien, et du Cambro-Silurien.

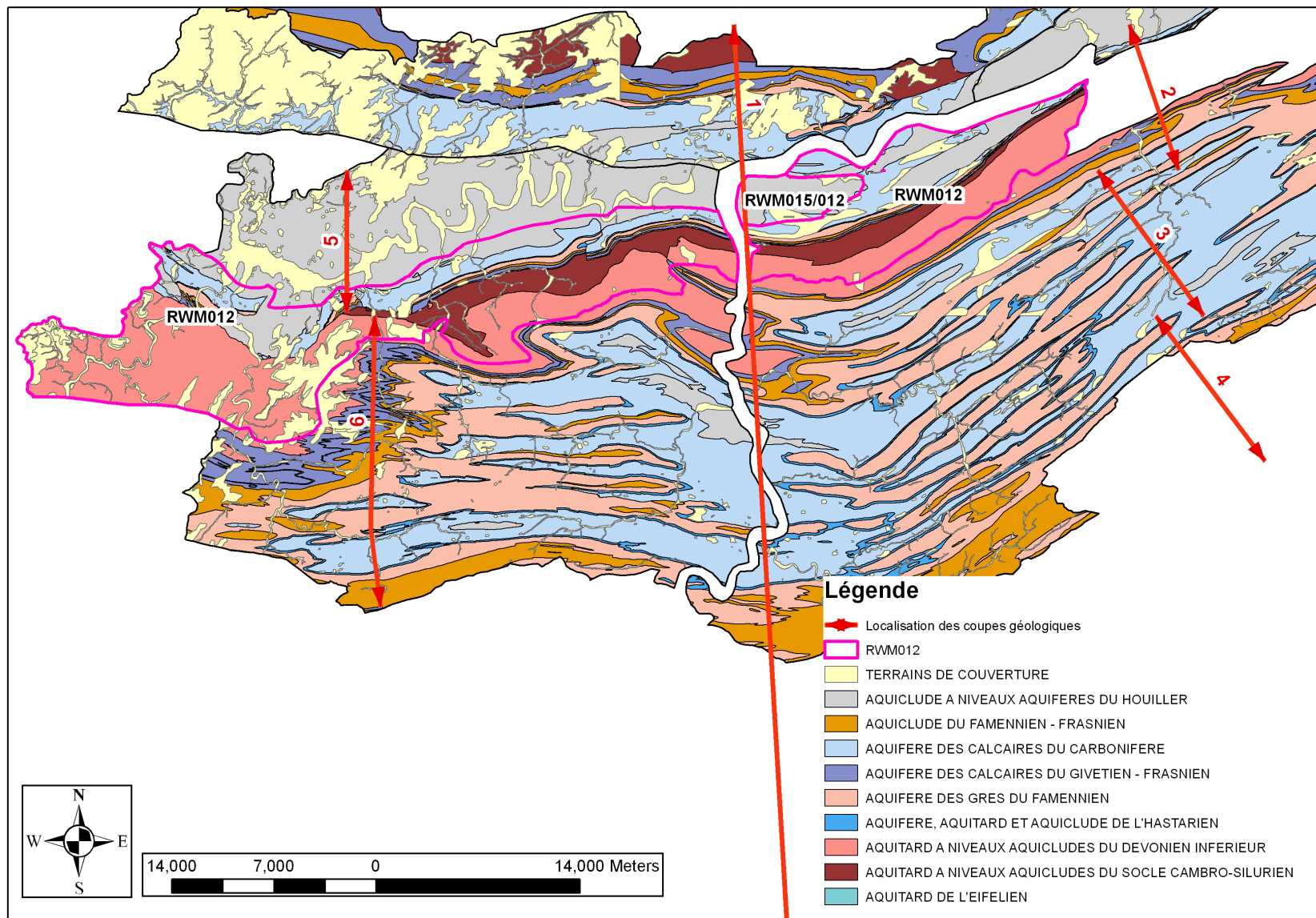


Figure 3-1 : Localisations des coupes hydrogéologiques

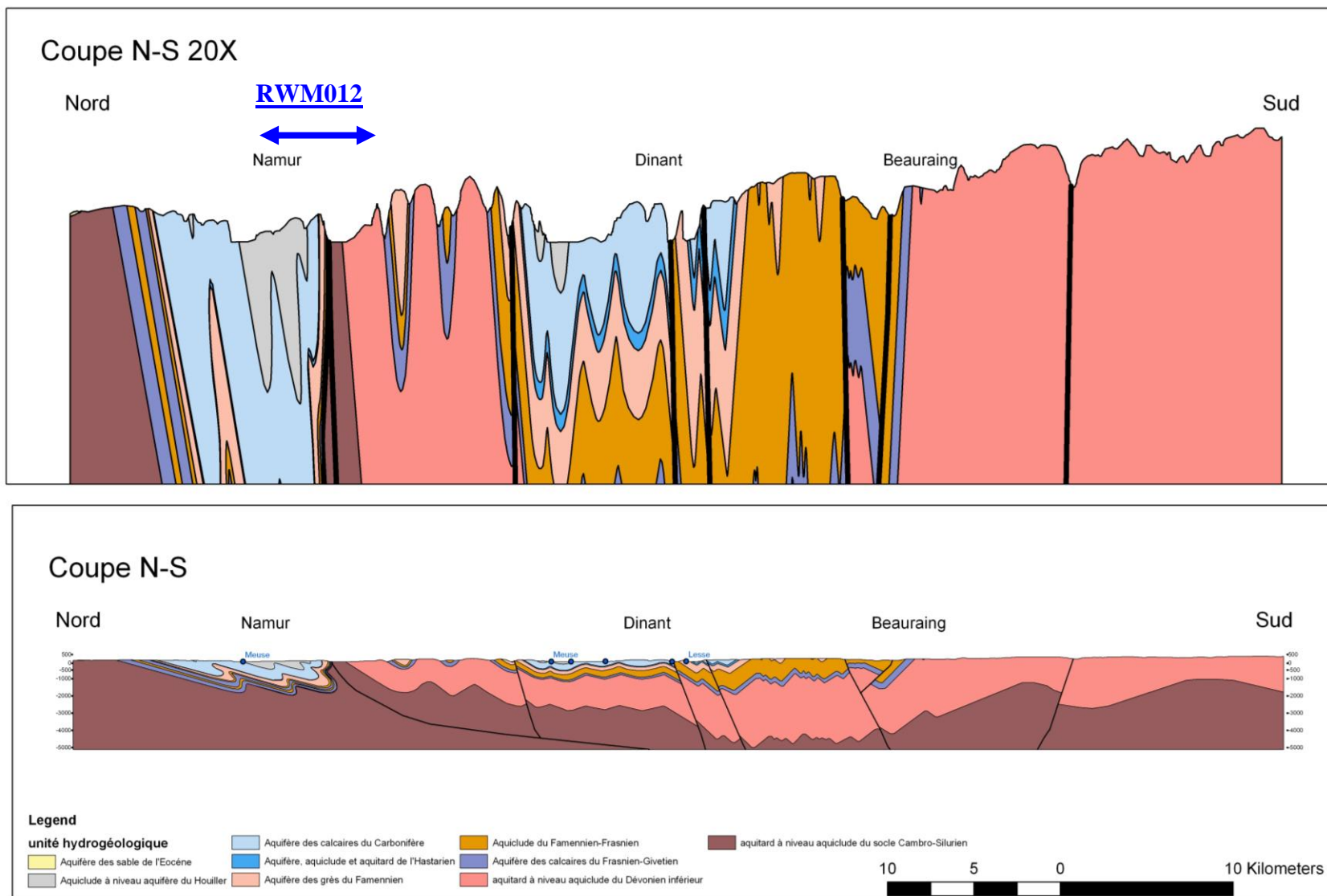


Figure 3-2 : Coupe géologique et hydrogéologique de la zone centrale des masses d'eau RWM011, RWM012, RWM021 et RWM023 (n°1)

3.2 Etat quantitatif

3.2.1 *Bilans hydrogéologiques*

Afin de pouvoir mettre en évidence des éventuels échanges d'eaux souterraines entre bassins versants, des bilans hydrogéologiques ont été réalisés dans le cadre du projet Synclin'EAU. Les résultats de ces bilans sont repris en détails dans le rapport D.3.12 Caractérisation hydraulique de la masse d'eau RWM012.

Dans un premier temps, les bilans ont été réalisés pour les stations limnimétriques du réseau Aqualim (DGRNE) et du réseau Sathy (MET) situées au droit des masses d'eau étudiées. Les données de débit de ces stations ont été fournies par ces deux services, pour toute la durée d'activité des stations. Leur intégration dans le temps a permis de calculer les volumes mensuels sortant du bassin versant par écoulement de surface. Les précipitations et l'évapotranspiration potentielle ont été calculées mensuellement à partir des données de précipitations et de températures des stations de l'IRM et du MET. Les données de chaque station ont été interpolées et pondérées pour les différents bassins versants en utilisant la méthode des polygones de Thiessen. L'évapotranspiration réelle ainsi que l'eau utile ont été calculées en utilisant la méthode modifiée de Thornthwaite, sur base des données climatologiques pondérées. Les éventuels exportations et importations d'eau réalisées par les captages entre les bassins versants ont été calculées sur base des données fournies par les producteurs d'eau (Figure 3-4). La localisation des différentes stations climatologiques et de mesures de débits est reprise à la Figure 3-3.

Ces bilans calculés sur base de données historiques ont permis de tirer des premières conclusions sur les échanges d'eau souterraine entre bassins hydrographiques. Une seconde série de bilans a ensuite été réalisée pour l'année hydrologique allant d'octobre 2006 à septembre 2007 pour ces mêmes stations ainsi que pour de nouvelles stations mises en place spécifiquement pour le projet Synclin'EAU (Figure 3-3). Les bassins sur lesquels ont été établis des bilans hydrologiques sont repris à la Figure 3-5.

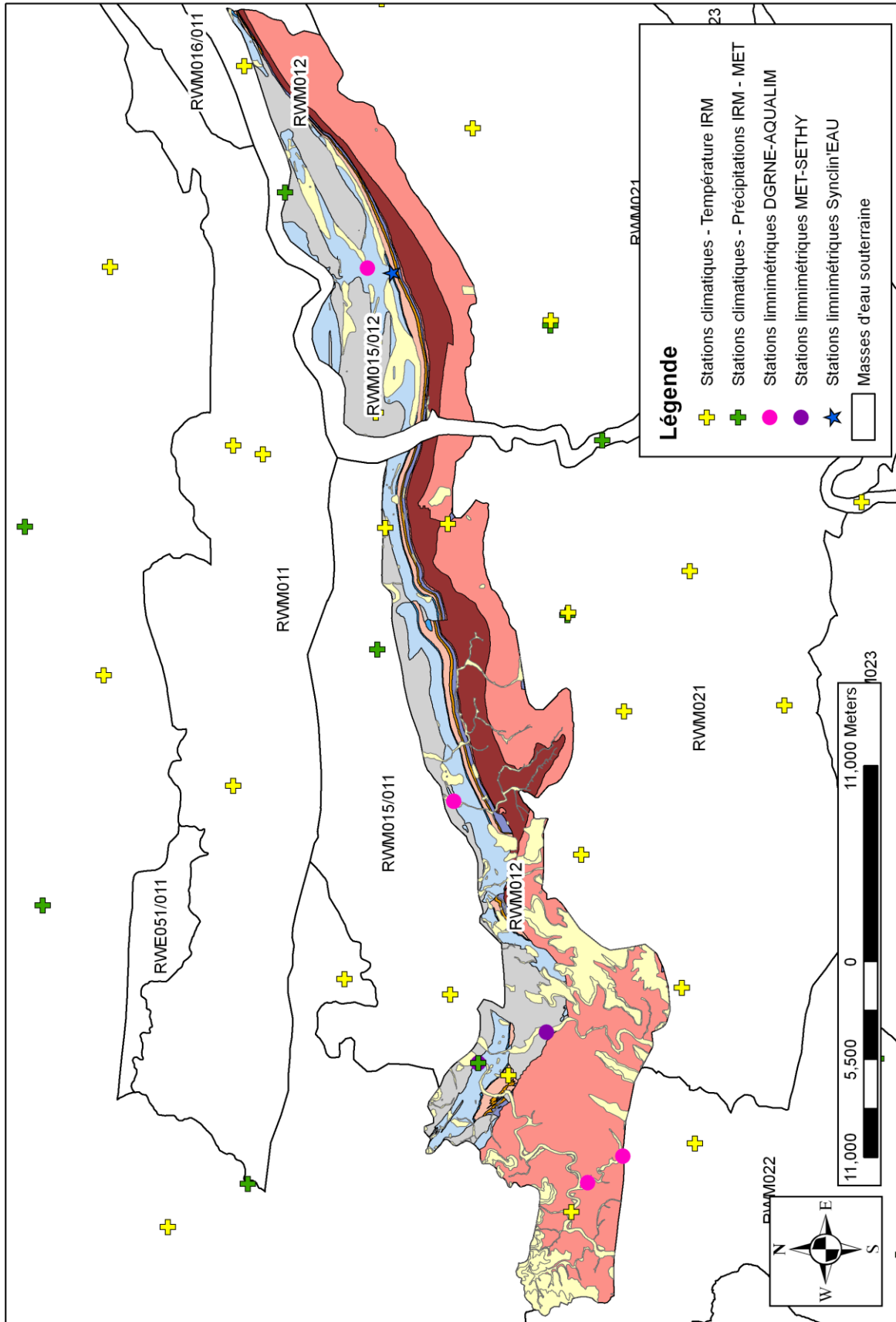


Figure 3-3 : Stations de mesure (débit, pluviométrie, température et ETR) de la MESO RWM012

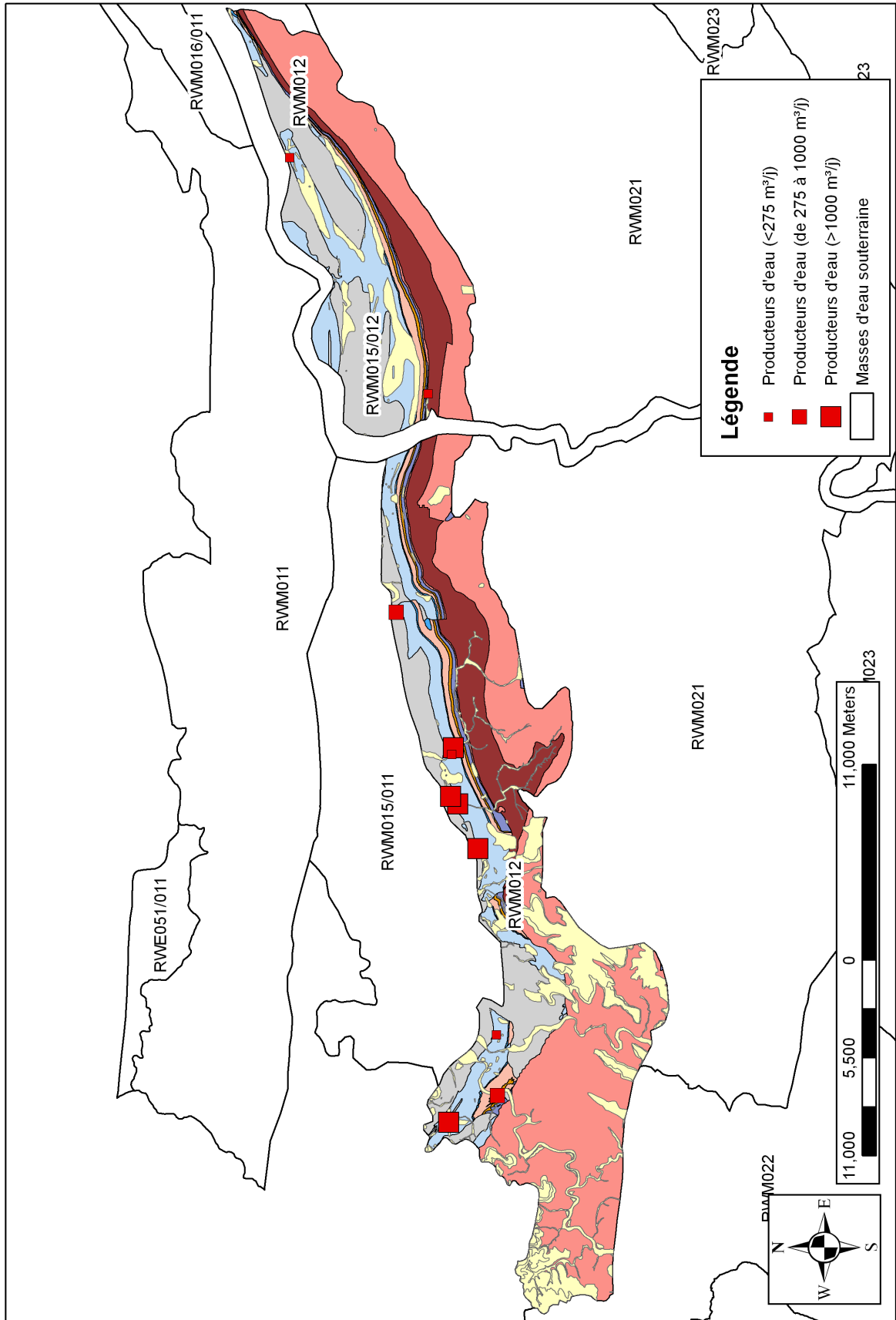


Figure 3-4 : Captages de la MESO RWM012

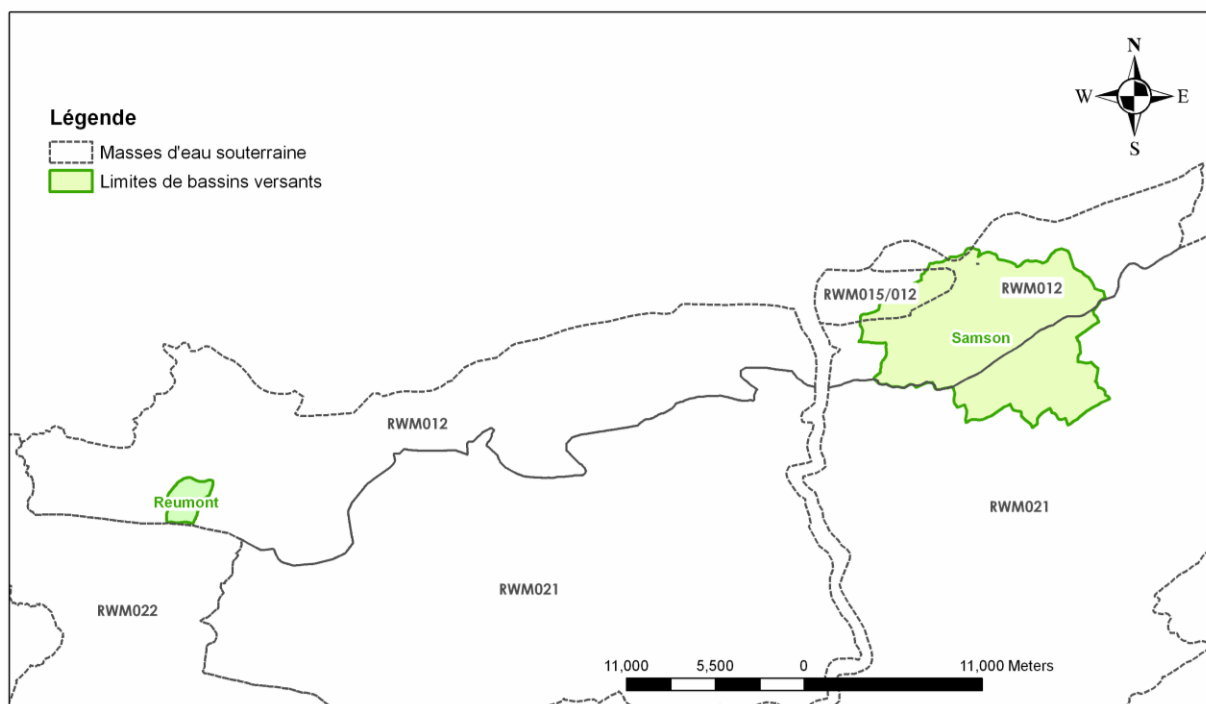


Figure 3-5 : Localisation des bassins étudiés.

Le bilan établi sur base d'années calendrier grâce aux données historiques récoltées sur le bassin du Samson présente un caractère moyen légèrement déficitaire. Le bilan effectué sur une année hydrologique est quant à lui faiblement excédentaire. Les termes de bouclage ont cependant des valeurs assez faibles ne laissant présager que des échanges restreints d'eau souterraine avec les bassins adjacents. De tels échanges avaient été suspectés vers la plaine alluviale de la Meuse par le biais de la masse de calcaires carbonifère située au Nord du bassin. Cette hypothèse n'a pas pu être confirmée de manière évidente par les bilans hydrologiques et le sens de ces échanges reste incertain. Par contre il semble qu'une faible quantité d'eau transite par les synclinaux calcaires du sous bassin S1_Vaux (cf. délivrable D3.12 RWM021 et RWM012) à partir du bassin du Hoyoux. Cette affirmation s'appuie sur la direction générale d'écoulement de la nappe à cet endroit, imposée par le gradient piézométrique.

Le bilan effectué sur le bassin du Reumont présente donc un caractère légèrement déficitaire qui, malgré une erreur de fermeture de 10% imputée aux incertitudes inhérentes au calcul des différents termes du bilan, exclu d'importants transferts d'eau souterraine en dehors des limites hydrographiques du bassin. Ce bilan a néanmoins servi à estimer un coefficient d'infiltration sur le bassin à travers les grès et schistes du Dévonien inférieur. Ce coefficient d'infiltration représente la quantité d'eau qui s'infiltré dans le sous-sol pour alimenter la nappe par rapport à « l'eau utile »

définie comme la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration. Le coefficient calculé est de 19.3 %.

3.2.2 Piézométrie

Un inventaire des données piézométriques existantes a été effectué. Peu de longues chroniques piézométriques existent. Vu le manque de données historiques et la structure fortement allongée Est-Ouest de la masse d'eau, il est impossible de définir à l'échelle de la masse d'eau, une piézométrie globale et sa dynamique.

En vue de définir au mieux les conditions d'écoulement de la nappe, un réseau de suivi a été mis en place par les équipes Synclin'EAU (Figure 3-7). Celui-ci couvre l'ensemble de la masse d'eau et a été élaboré en tenant compte des différents aquifères présents. Il comprend 36 puits et piézomètres, relevés mensuellement. Certains piézomètres sont équipés de sondes de pression afin de suivre les fluctuations du niveau de la nappe à un pas de temps horaire.

Grâce à ce réseau de caractérisation piézométrique, il est possible de décrire une dynamique générale pour les nappes situées au sein des calcaires du Carbonifère en aval de Namur. Le niveau d'eau dans ces nappes varie annuellement avec des amplitudes relativement faibles de 1 à 3 mètres. Ces faibles amplitudes de variations s'expliquent par la situation de la nappe : à proximité d'un cours d'eau drainant, en l'occurrence la Meuse. En effet l'aquifère des calcaires trouve son exutoire dans les alluvions mosanes. Les variations du niveau de la nappe calcaire s'en trouvent ainsi tamponnées. La dynamique de la nappe est en général assez rapide. Le niveau de la nappe augmente de manière quasi instantanée par rapport à la recharge. Une exception est toutefois notée pour la partie des nappes recouvertes de dépôts terrigènes du Houiller. Les variations piézométriques enregistrées aux ouvrages implantés dans les calcaires carbonifères recouverts de schistes houillers montrent un décalage entre hauts niveaux piézométrique et période de recharge. Le retard de l'élévation du niveau de la nappe par rapport à la recharge est due au fait que l'eau des précipitations doit parcourir des formations schisteuses peu perméable avant d'arriver à la nappe des calcaires ou que l'eau qui alimente ces nappes provient de zones de recharge plus éloignées. A cause de l'important rabattement induit par la Meuse, la nappe des calcaires peut garder localement un caractère libre malgré la présence des formations aquicludes sus-jacente (Figure 3-6).

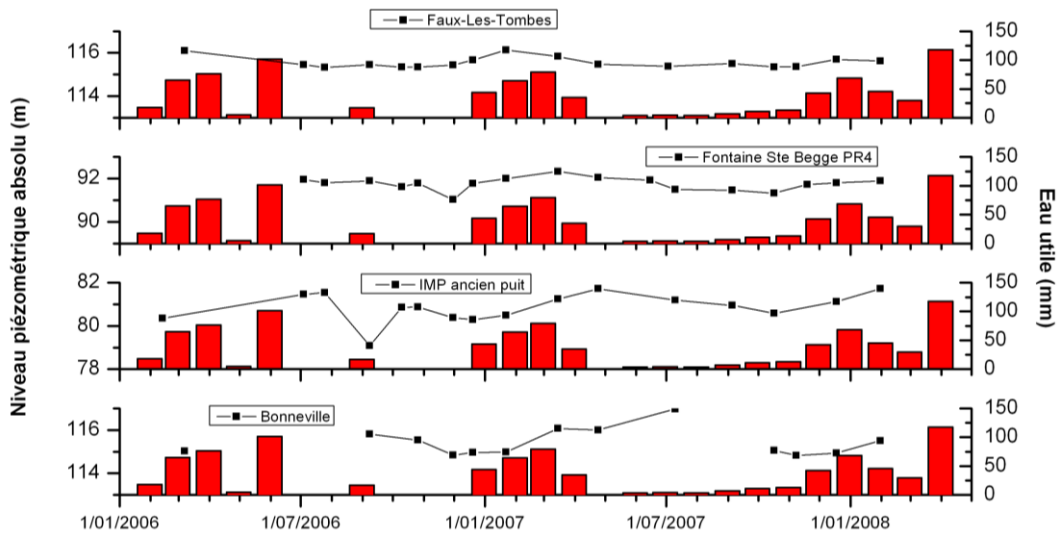


Figure 3-6 : Mise en relation des variations de niveau piézométrique mesurées avec l'eau utile mensuelle calculée pour les piézomètres du bord sud du synclinorium de Namur, en rive droite de la Meuse, entre Namur et Huy (Puits Faux-les Tombes et Fontaine Ste Begge implantés dans les calcaires du Carbonifère, Puits IMP et Bonneville également implantés dans les calcaires mais sous couvert de terrains schisto-gréseux du Houiller).

Certains piézomètres, en particulier ceux implantés dans les formations détritiques du Dévonien inférieur ne présentent que de faibles fluctuations de niveau piézométrique.

Le reste de la géologie (Formation détritiques du Famennien et socle cambro-silurien et formations calcaires de l'Hastarien) n'étant couverte d'aucun ouvrage, les conditions de piézométrie restent inconnues à ce jour. Il est néanmoins raisonnable de penser que l'eau souterraine présente dans ces formations s'écoule en direction du Nord vers la Meuse.

De manière générale, les fluctuations sont d'autant plus fortes que les piézomètres se situent en tête de bassin versant et dans des aquifères de forte conductivité hydraulique (aquifère des calcaires carbonifères). L'amplitude des fluctuations piézométriques saisonnières augmente avec l'éloignement du piézomètre par rapport au niveau de base régional imposé par les rivières drainantes. Le suivi de l'évolution quantitative des nappes doit donc se faire préférentiellement à partir de piézomètres localisés en tête de bassin versant.

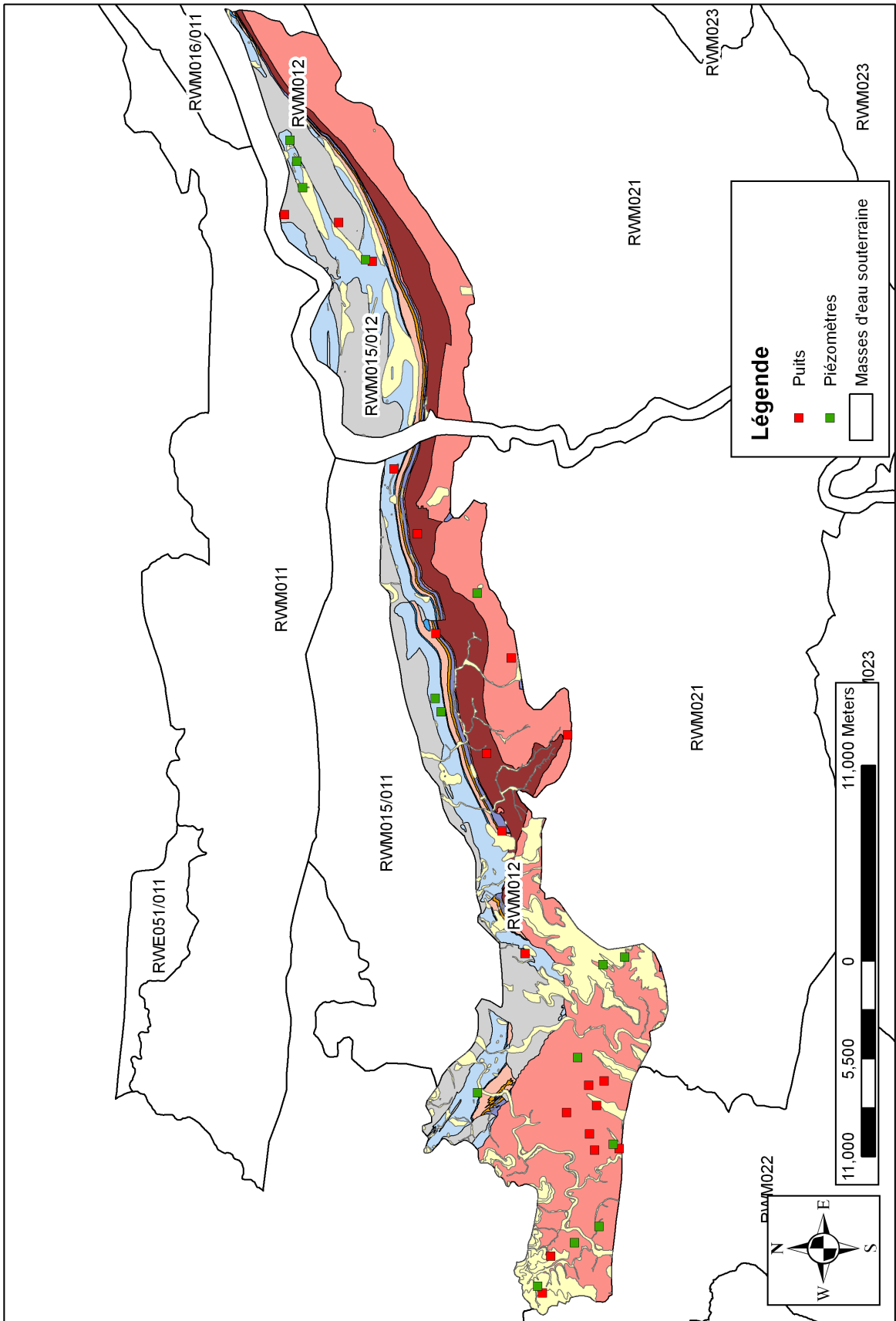


Figure 3-7 : Réseau de caractérisation de la masse d'eau RWM012

3.2.3 Hydrodynamique des aquifères

L'interprétation des profils piézométrique et l'analyse des bilans hydrogéologique ont permis de déterminer les principaux sens d'écoulements souterrains de la masse d'eau RWM012.

Les directions d'écoulement des eaux sur les substrats géologiques du Dévonien et du Houiller sont influencées par l'hydrographie. Quantitativement, la composante de ruissellement de surface domine largement car la faible perméabilité des terrains ne permet pas d'écoulements souterrains importants (Figure 3-8).

Les écoulements souterrains sont par contre beaucoup plus importants dans les calcaires du Carbonifère. A l'Ouest de la masse d'eau, ces écoulements sont orientés NO-SE, donc parallèlement au réseau hydrographique secondaire et en direction de la Sambre qui impose le niveau hydrogéologique de base (Figure 3-8).

Au centre de la masse d'eau, une zone très étroite est drainée par la Meuse, en amont de Namur. Les écoulements souterrains y sont orientés selon une direction O-E, parallèlement à l'orientation des couches géologiques (Figure 3-8 et Figure 3-9). Les limites Est et Ouest de cette zone drainée directement par la Meuse sont assez floues, les limites des bassins versants hydrogéologiques pouvant différer fortement des limites des bassins hydrographiques.

A l'Est de la masse d'eau, l'examen des données de piézométrie et les conclusions des bilans hydrologiques montrent que l'écoulement souterrain suit une direction Nord-Sud (Figure 3-9), vers la plaine alluviale de la Meuse. Toutefois, dans ces calcaires, les directions d'écoulement peuvent être localement influencées par la direction de fracturation des roches ou par l'orientation du réseau karstique. Les écoulements dans la partie Sud ont également lieu selon une direction Est-Ouest, vers le Samson. Ce dernier draine la nappe des calcaires du Synclinorium de Namur.

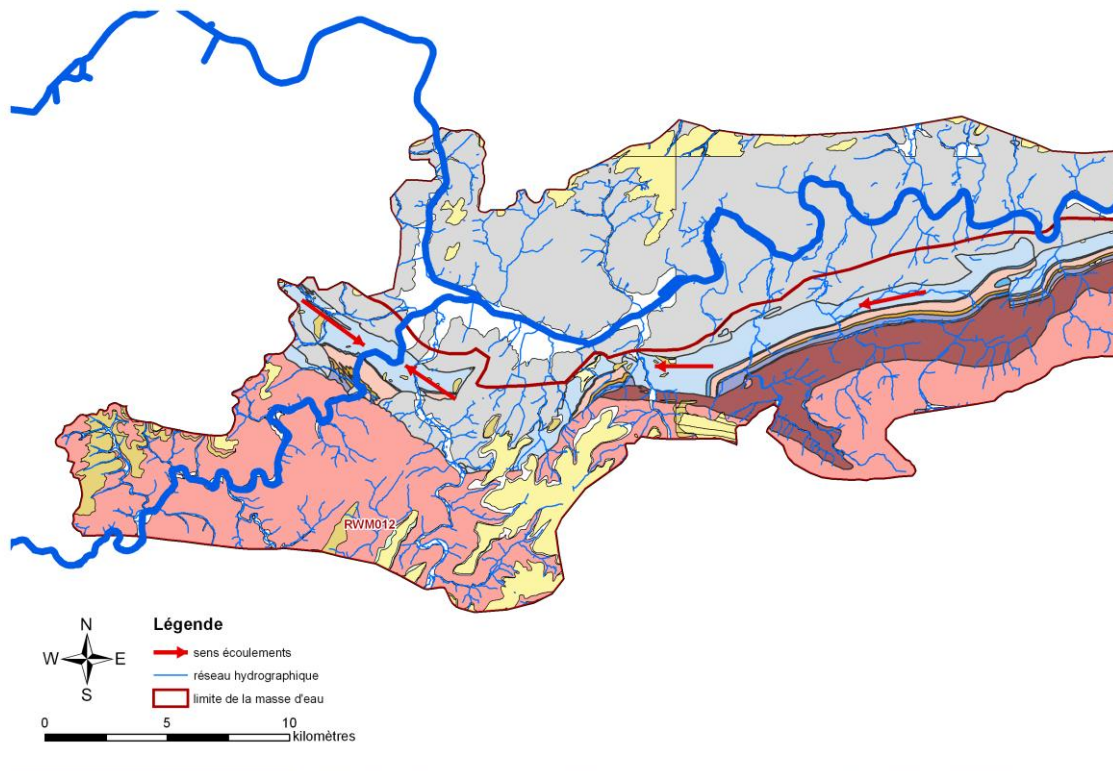


Figure 3-8 : Principales directions d'écoulements des nappes aquifères au sein de la masse d'eau RWM012, partie occidentale.

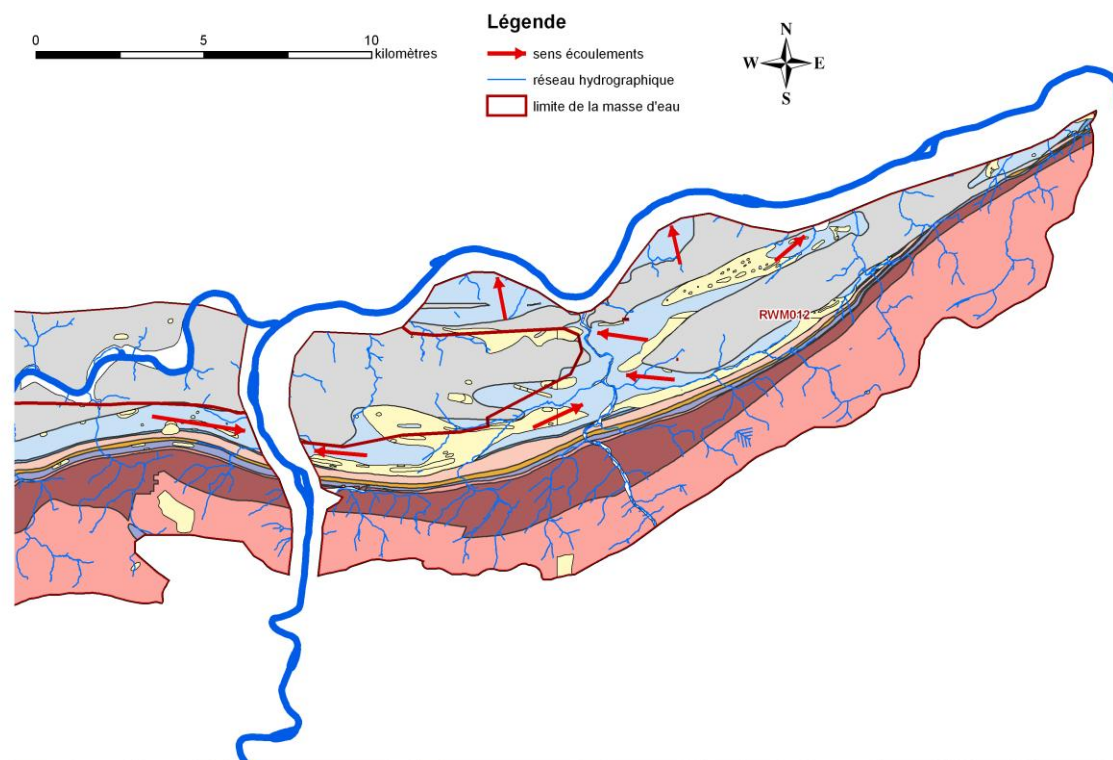


Figure 3-9. Principales directions d'écoulements des nappes aquifères au sein de la masse d'eau RWM012, partie orientale.

3.2.4 Interactions eaux de surface – eaux souterraines

3.2.4.1 Introduction et typologie des interactions ESO-ESU

Au regard de la DCE, le travail de caractérisation détaillée des masses d'eau souterraine recensées comme courant un risque doit, entre autres, comprendre un « *inventaire des systèmes de surface associés, et les masses d'eau de surface auxquels la masse d'eau souterraine est dynamiquement liée* » complété d'une estimation « *des directions et taux d'échange de l'eau entre la masse d'eau souterraine et le système de surface associé* ». Dans le cadre du projet Synclin'EAU, les recherches menées à ce niveau, ont été abordées sous deux approches :

- une approche régionale visant à déterminer la direction des échanges entre les eaux souterraines et les eaux de surface pour l'ensemble des masses d'eau de surface. Le résultat majeur est une cartographie des interactions ESO-ESU offrant une vision d'ensemble des flux échangés entre les eaux de surface et les eaux souterraines.
- Une approche locale, dans laquelle, différentes méthodes d'études des mécanismes d'échange entre les ESO ESU ont été investiguées.

Dans le présent livrable, seul un résumé des résultats de l'approche régionale est repris. La cartographie des interactions est décrite ci-dessous pour la RWM021. L'étude complète des interactions ESO-ESU, constitue un livrable à part entière (D3.52 – D4.52).

Afin de cartographier les différents types d'échange ayant lieu entre les eaux souterraines et les eaux de surface, une typologie mettant en évidence 4 mécanismes d'échange différents, a été développée. Chacun de ces systèmes a ses caractéristiques qui lui sont propres, et met en évidence l'influence qu'il a sur les eaux souterraines et les eaux de surface, quantitativement et qualitativement. La cartographie permet alors d'évaluer les risques potentiels qu'une pression qualitative ou quantitative peut avoir sur les eaux de surface ou/ et sur les eaux souterraine. Les 4 systèmes d'échange sont les suivants :

- 1) Système potentiellement drainant : dans ce cas, l'aquifère alimente le cours d'eau et contribue à maintenir un « niveau de base ». La qualité des eaux du cours d'eau est influencée, entre autre, par la qualité des eaux souterraines.
- 2) Système potentiellement perdant : dans ce cas, le cours d'eau alimente l'aquifère et la qualité des eaux souterraines est influencée, entre autre, par la qualité des eaux de surface.

- 3) Système en pseudo-équilibre : les fluctuations de la nappe (hautes eaux – basses eaux) et du ruisseau (crues ou étiages) font en sorte que le sens des échanges peut être variable, de l'aquifère vers le cours d'eau (ESO->ESU) ou du cours d'eau vers l'aquifère (ESU->ESO).
- 4) Système perte-résurgence : dans les zones karstiques, un cours d'eau peut présenter des sections où l'essentiel des écoulements sont souterrains et d'autres sections où ces écoulements ont lieu à la surface du sol. Les pertes correspondent aux points d'entrée des eaux de surface dans le milieu souterrain et les résurgences correspondent à leur réapparition en surface.

3.2.4.2 Cartographie de la masse d'eau RWM012

La Figure 3-10 reprend la cartographie des interactions ESO-ESU et des unités hydrogéologiques de la masse d'eau RWM012. Les cours d'eau¹ se répartissent principalement dans le système drainant. La majorité des cours d'eau (73%) ont été évalués comme étant drainants. Ils sont localisés au droit des unités hydrogéologiques les moins perméables de la masse d'eau, à savoir, l'aquifère des grès du Famenien, l'aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur, et l'aquiclude du Frasnien-Famenien. Ils se situent également à l'aval des bassins versants des rivières, sur les calcaires du Carbonifère. A peu près 12% des cours d'eau sont cartographiés comme perdant. Ils s'écoulent principalement sur les terrains des calcaires carbonifères. En terme d'impact potentiel en cas de pression, cela signifie que 12% des cours d'eau de la masse d'eau RWM021, soit 95 km de cours d'eau, en cas de pollution qualitative ne bénéficient pas d'un effet de dilution par les eaux souterraines, et de ce fait le polluant se retrouve concentré dans les eaux de surface, et peut de plus contaminer la nappe. Une faible partie des masses d'eau de surface (2,5%) fonctionnent selon un mécanisme « perte-résurgence ». On retrouve celui également pour la majorité des cas dans les calcaires carbonifères et frasnien. D'un point de vue qualitatif, en cas de pollution par un polluant, les transferts se font des eaux de surface vers les eaux souterraines et cela de manière très rapide. Une très faible proportion des masses d'eau de surface (1,6%) a pu être caractérisé comme étant en pseudo-équilibre, témoignant d'une évolution des échanges au cours du temps. Enfin sur 11,4% des cours d'eau les échanges n'ont pu être évalués.

¹ Sont considérés ici, les cours d'eau constituant le réseau secondaire, c'est-à-dire tout le réseau hydrographique excepté la Meuse.

Au vu de la cartographie, il apparaît donc clairement que les cours d'eau drainants sont concentrés au droit des terrains les moins perméables (l'aquifère des grès du Famennien, l'aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur, et l'aquiclude du Frasnien-Famennien). Tandis qu'on retrouve au droit des calcaires carbonifères beaucoup de cours d'eau perdants, ainsi que des cours d'eau de type perte-résurgence. La potentialité d'une contamination de l'eau souterraine au sein de cette unité hydrogéologique vulnérable (porosité de fissure) est donc importante. Rappelons que c'est l'unité qui présente le plus important potentiel aquifère, et qui est la plus exploitée.

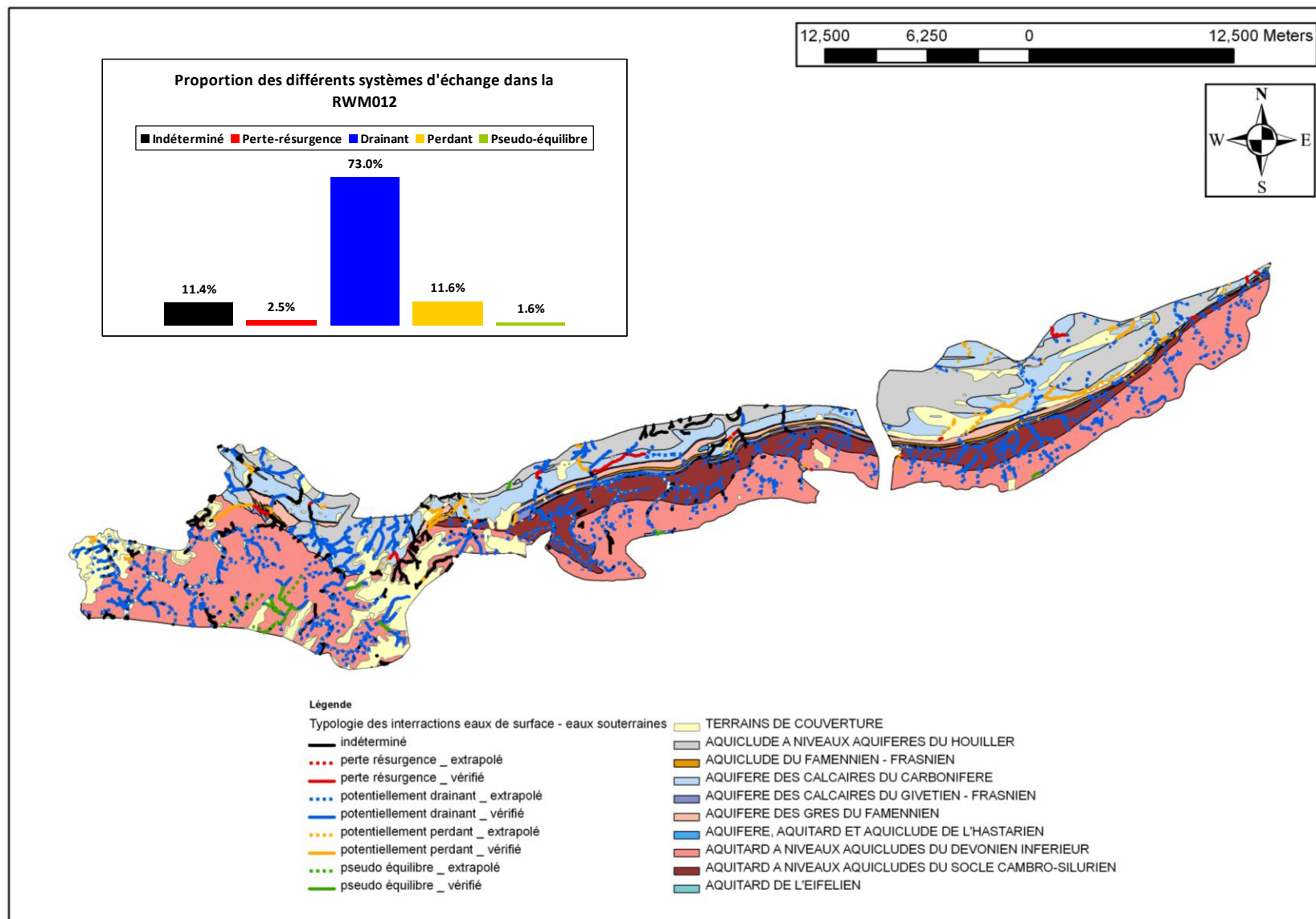


Figure 3-10 : Cartographie des interactions ESO-ESU à l'échelle de la masse d'eau RWM012. Les proportions correspondent au pourcentage de la longueur cumulée des différents systèmes d'échange par rapport à la longueur totale du réseau hydrographique de la masse d'eau, excepté la Meuse

3.2.5 *Caractéristiques hydrauliques*

La caractérisation hydraulique a pour but de mieux comprendre les écoulements au sein des différents types d'aquifères rencontrés dans la région étudiée. Ces écoulements sont imposés par les propriétés hydrauliques du réservoir, d'une part, et par les conditions aux limites géologiques et hydrodynamiques de l'autre (Castany, 1982).

Les propriétés hydrauliques sont identifiées, sur le terrain, grâce aux essais de traçage et aux essais de pompage. Une synthèse des données relatives aux paramètres hydrauliques des principales formations aquifères (conductivité hydraulique, transmissivité) a été réalisée sur base d'informations provenant d'études antérieures, mais également sur base de données récoltées dans le cadre du projet. Une synthèse (non exhaustive) des données relatives à la perméabilité (conductivité hydraulique et transmissivité) des principales méga-unités hydrogéologiques de la masse d'eau a été réalisée. La plupart des données proviennent de la Banque de Données Hydrologique (BDHydro). D'autres informations, issus des essais de pompage des forages Synclin'EAU ou fournies par des sociétés de distribution d'eau (SWDE), viennent compléter ce set de données.

Les paramètres d'écoulements sont estimés à partir d'essais de pompage. Les méthodes de calcul utilisées dans la détermination de ces paramètres varient selon la nature de la nappe aquifère (captive, libre, semi-captive). La nappe de la RWM012 étant généralement libre, la méthode de calcul la plus couramment utilisée est celle de Theis-Jacob, où la transmissivité (T) est directement déduite à partir d'un graphique semi-logarithmique du rabattement en fonction du temps de pompage. La valeur de T retenue est la moyenne de toutes les valeurs de transmissivité calculées à chaque étape de l'essai de pompage (paliers et remontées, les valeurs « aberrantes » sont écartées).

La conductivité hydraulique est ensuite estimée en divisant T par l'épaisseur du réservoir aquifère. Dans de nombreux cas, la conductivité hydraulique n'est pas répertoriée. Ne disposant pas d'informations quant à l'épaisseur de l'aquifère au droit de chaque ouvrage, nous avons alors estimé K en divisant T par la hauteur des crépines dans l'ouvrage.

Les données de perméabilité répertoriées dans cette masse d'eau ne concernent que l'aquifère des calcaires carbonifères et l'aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien Inférieur. La variabilité des valeurs de conductivités hydrauliques des ces unités hydrogéologiques est représentée par la Figure 3-11.

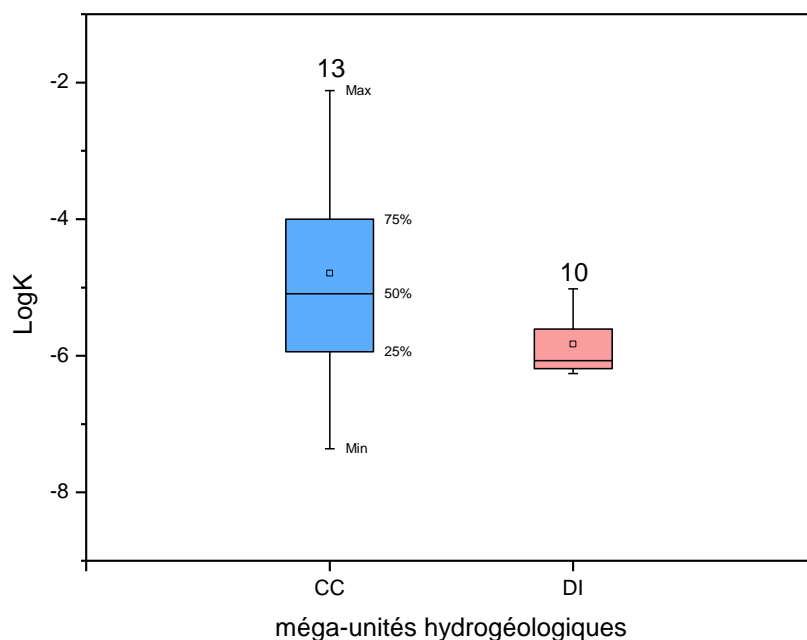


Figure 3-11 : Variabilité des valeurs de conductivité hydraulique (exprimées en logarithmes) au sein des méga-unités de la RWM012. Les chiffres indiquent le nombre d'échantillons disponibles par méga-unités. CC= aquifère des calcaires carbonifères ; DI = aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien Inférieur

L'examen visuel de la Figure 3-11 montre que la gamme de valeurs de perméabilité répertoriées dans les calcaires est assez étendue. Elle s'étend sur quatre ordres de grandeurs ($7,5 \times 10^{-3}$ à $6,6 \times 10^{-7}$ m/s), avec une moyenne de $1,4 \times 10^{-3}$ m/s. Cette grande variabilité est caractéristique des aquifères de fissure. En effet, la porosité primaire des calcaires carbonifères est très faible, mais la présence de failles et diaclases améliore très fort la conductivité hydraulique du réservoir. De plus, ces zones fracturées peuvent être altérées et karstiques. Par conséquent, les perméabilités calculées sont variables en fonction de la nature lithologique des roches traversées (calcaire, dolomie,...), mais surtout de la présence de fractures et du degré d'altération et de karstification qui en découle.

Malgré sa grande surface d'affleurement dans la masse d'eau RWM012 (48%), l'aquitard à niveau aquiclude du Dévonien Inférieur est mal représenté en terme d'échantillonnage (2 mesures répertoriées seulement). C'est bien évidemment lié au faible potentiel aquifère de cette méga-unité hydrogéologique qui est essentiellement composée de grès et de shales. Afin de constituer un groupe de valeurs statistiquement plus représentatif, quelques valeurs de perméabilité d'ouvrages appartenant à la masse d'eau voisine (RWM016) ont été incluses dans l'interprétation. Comme l'indique la Figure 3-11, les perméabilités mesurées dans le Dévonien Inférieur sont nettement plus faible que ce qui est observé dans les calcaires. La dispersion des valeurs l'est également, malgré

l'hétérogénéité de cette méga-unité, tant du point de vue lithologique (présence de grès, siltites, shales, poudingues,...), que sur le plan de l'hydrogéologie (alternance d'aquifères, aquitards et aquicludes). Un plus grand nombre de données serait toutefois nécessaire afin de mieux représenter les unités hydrogéologiques.

3.2.6 Estimation des ressources renouvelables

Une méthode « exploratrice » visant à estimer les ressources renouvelables de la masse d'eau a été développée dans le cadre du projet Synclin'EAU. A partir de données acquises lors de l'étude des bilans, la méthode tente d'établir des coefficients d'infiltration globaux propres aux unités hydrogéologiques pour l'ensemble de la masse d'eau. Ces coefficients d'infiltration sont ensuite utilisés pour estimer les ressources renouvelables à l'échelle de la masse d'eau.

Les difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre de cette approche indiquent l'inhomogénéité des coefficients d'infiltration à l'échelle de la masse d'eau, d'autres facteurs que le substratum conditionnant l'infiltration, par exemple la topographie ou l'occupation du sol. De ce fait l'application de la méthode reste affectée par une incertitude importante, l'estimation fournie étant accompagnée d'une marge d'imprécision assez importante (un intervalle d'incertitude de 37% autour de l'estimation a été défini). Pour la masse d'eau RWM012, l'estimation des ressources renouvelables est de 52 (+/- 19) millions de m³ par an.

L'aquifère des calcaires carbonifères génère la plus grande partie des ressources renouvelables avec un volume de 20 (+/- 7,4) millions de m³ par an, ce qui représente 39% des ressources renouvelables totales. Cette prédominance est due au coefficient d'infiltration élevé des calcaires carbonifères (80%) malgré une superficie qui représente seulement 17% de la masse d'eau (Figure 3-12). L'aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur engendre 29% des ressources renouvelables totales, et cela malgré une prédominance dans la masse d'eau (48%). L'essentiel des prélèvements (94%) de la masse d'eau sont concentrés dans l'unité hydrogéologique des calcaires carbonifères. Ces volumes représenteraient 55% (selon l'estimation basse, -37%) des ressources renouvelables engendrées au droit calcaires carbonifères. L'aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien est très faiblement exploité (1.6% selon une estimation basse des ressources renouvelables). L'aquifère des calcaires givetiens-frasnien est faiblement exploité (13.3% des ressources renouvelables selon une estimation basse). A ce niveau, il paraît bon de rappeler que les ressources renouvelables ne constituent pas les ressources exploitables.

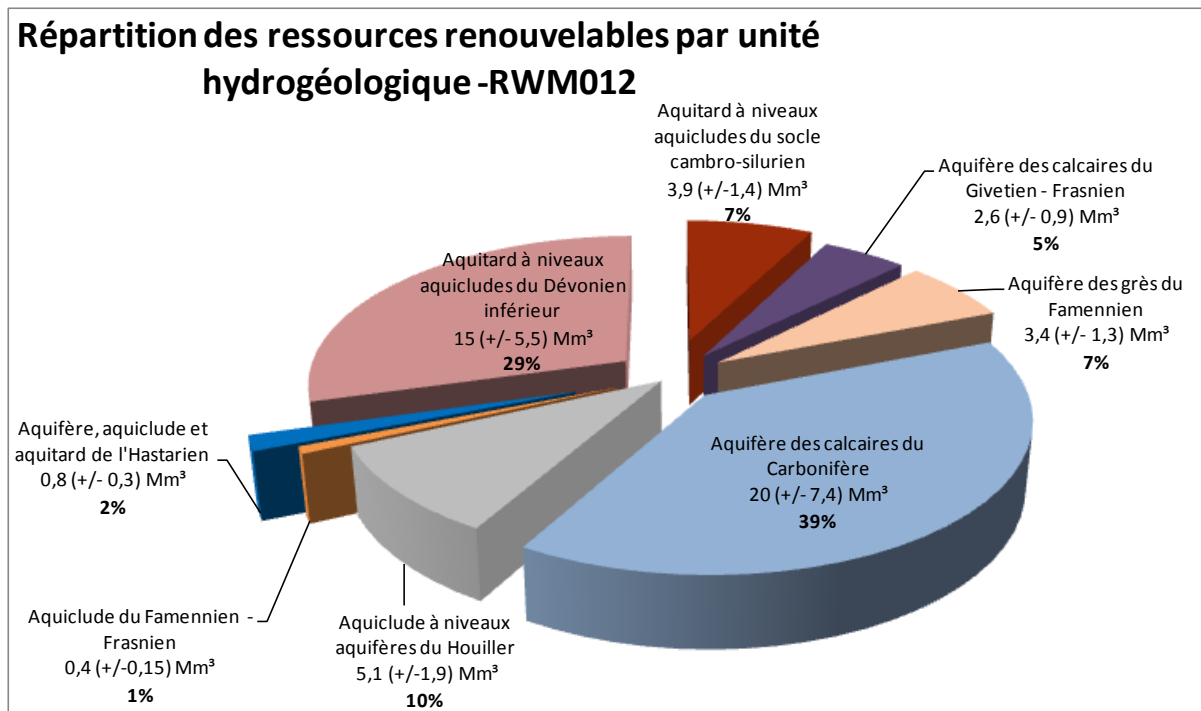


Figure 3-12 : Ressources renouvelables par unité hydrogéologique en millions de m³ (Mm³) et pourcentage que cela représente par rapport aux ressources renouvelables totales de la RWM012.

3.2.7 Réseau de surveillance quantitative

La directive européenne 2000/60/CE indique que le réseau de surveillance quantitatif doit être conçu de manière à fournir une estimation fiable de l'état quantitatif de toutes les masses ou tous les groupes de masses d'eau souterraine, y compris une évaluation des ressources disponibles en eau souterraine. Pour les masses d'eau souterraine recensées comme risquant de ne pas répondre aux objectifs de bon état, il faut de surcroît assurer une fréquence suffisante de surveillance afin d'évaluer l'impact des activités anthropiques, captages et rejets sur le niveau de l'eau souterraine. Différentes méthodes d'évaluation de l'état quantitatif de la masse d'eau ont été appliquées à la masse d'eau souterraine RWM021. Elles ont été présentées et discutées dans le livrable D 3.41 relatif à l'établissement d'indicateurs quantitatifs.

Un réseau de surveillance provisoire de la Masse d'eau souterraine RWM012 a été proposé fin septembre 2006, sur base des connaissances et de points de mesures existants où à établir (nouveaux piézomètres) à cette date. Ce réseau de surveillance provisoire a ensuite été modifié en cours de convention au fur et à mesure de l'évolution des connaissances sur cette masse d'eau et son fonctionnement hydraulique. La méthodologie suivie pour réaliser ce réseau de surveillance quantitatif est détaillée dans le livrable D3.31 (Détermination d'un réseau quantitatif provisoire).

Le réseau de surveillance proposé intègre trois types de points : (1) suivi piézométrique, (2) suivi de sources et émergences, (3) suivi limnimétrique de seuils hydrogéologiques. Le schéma représenté à la Figure 3-13 permet globalement de conceptualiser la démarche suivie pour la sélection des points intégrés dans le réseau de surveillance. Cette figure représente cependant une démarche idéale, de laquelle il a parfois fallu s'éloigner pour tenir compte des contraintes imposées sur le terrain.

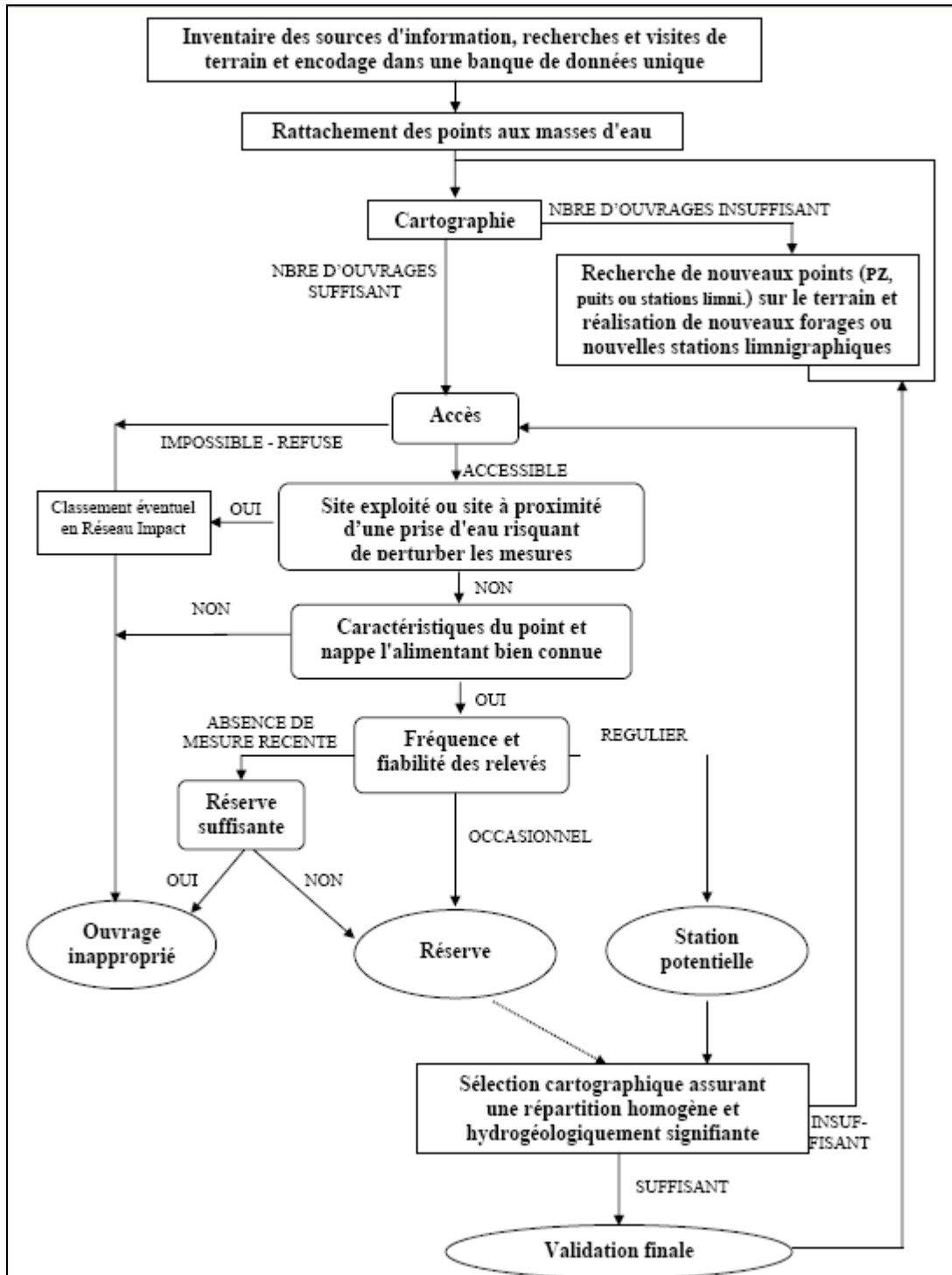


Figure 3-13 : Déroulement idéal du processus de rationalisation des points d'observation.

La Figure 3-14 présente le réseau de caractérisation quantitatif final, au terme de ce premier volet de la convention Synclin'EAU. Les aquifères productifs étant situés au droit des synclinaux calcaires, la majorité des points de surveillance piézométriques retenus sont implantés dans les formations calcaires du carbonifères. Cependant, plusieurs ouvrages implantés dans les grès ont été également été retenus dans ce réseau afin d'assurer une surveillance plus globale des variation piézométrique au sein de la Masses d'eau. Plusieurs stations limnimétriques, implantées en queue de bassin versant ou au niveau de seuils hydrogéologiques, à l'aval de masses calcaires constituant d'importantes réserves en eau, figurent également dans ce réseau de surveillance afin de multiplier les types d'informations.

Certaines zones relativement étendues ne présentaient pas de points d'accès à la nappe de qualités. Pour cette raison, 28 nouveaux forages ont été implantés dans le cadre de cette convention afin de figurer dans le réseau de surveillance quantitatif (Figure 3-14).

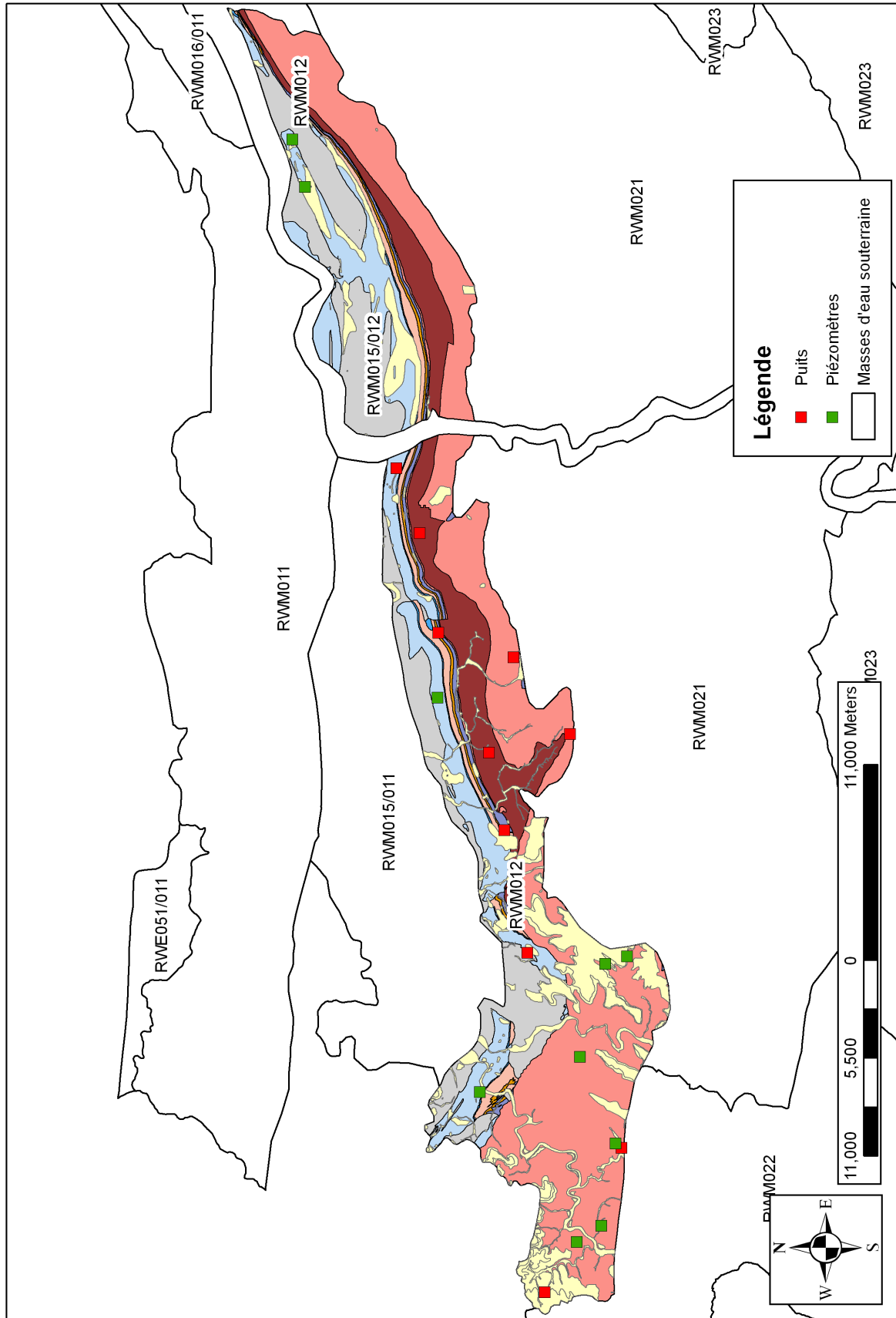


Figure 3-14 : Réseau de surveillance quantitatif pour la masse d'eau souterraine RWM012.

3.3 Etat qualitatif de la masse d'eau souterraine

Afin de caractériser au mieux les masses d'eau souterraine du point de vue de leur hydrochimie générale, un réseau de caractérisation qualitatif a été établi dans ce sens. D'autre part, en support à la mise en œuvre de la Directive cadre 2000/60/CE, un réseau de surveillance qualitatif a été mis en place, susceptible d'être amélioré par la suite, à la lumière des données et des connaissances acquises dans le cadre des travaux de caractérisation.

3.3.1 *Cartographie régionale de la chimie des eaux souterraines*

Afin de (1) caractériser l'hydrochimie des trois masses d'eaux souterraines RWM011, RWM012 et RWM021 à travers les unités hydrogéologiques qui les composent ; (2) identifier les variations saisonnières de la chimie des eaux souterraines et (3) identifier d'éventuelles pollutions dans les eaux souterraines, deux campagnes d'échantillonnages ont été réalisées en 2007, la première en juillet-août et la seconde en novembre. Une approche multi méthodes a été utilisée pour le traitement des résultats d'analyses chimiques. Elle fait l'objet d'un livrable intitulé « D4.1. Rapport relatif aux échantillonnages complémentaires des éléments majeurs ».

Les échantillons, prélevés principalement dans les calcaires carbonifères, dans des puits domestiques et des sources, ont été analysés sur les paramètres physico-chimiques suivants :

Conductivité, résistivité, pH, pHs, indice de Langelier, dureté, titre alcalimétrique ;

Cations : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{3+} , Fe total, Mn^{2+} ;

Anions : Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , F^- , $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$, CO_3^{2-} , HCO_3^{2-} , CO_2 libre, SiO_2 .

L'étude statistique et cartographique a permis de montrer que les eaux souterraines des différentes MESO ne présentaient pas de différences significatives au niveau de leur qualité. Les unités hydrogéologiques composant ces MESO sont en effet globalement de même caractère. Cependant, une distinction peut être faite entre les eaux originaires d'une part, de formations calcaires et gréseuses (Famennien) et d'autre part, des formations gréseuses du Dévonien et du socle Cambro-silurien du Massif de Brabant, ces dernières étant moins minéralisées. La différence principale entre ces deux groupes est la concentration en calcium logiquement plus importante pour les unités calcaires par rapport aux eaux des unités schisto-gréseuses. Au sein de la RWM012, la différenciation des eaux souterraines provenant des différents aquifères est malaisée par des approches classiques type diagrammes de Piper (Figure 3-15 et Figure 3-16).

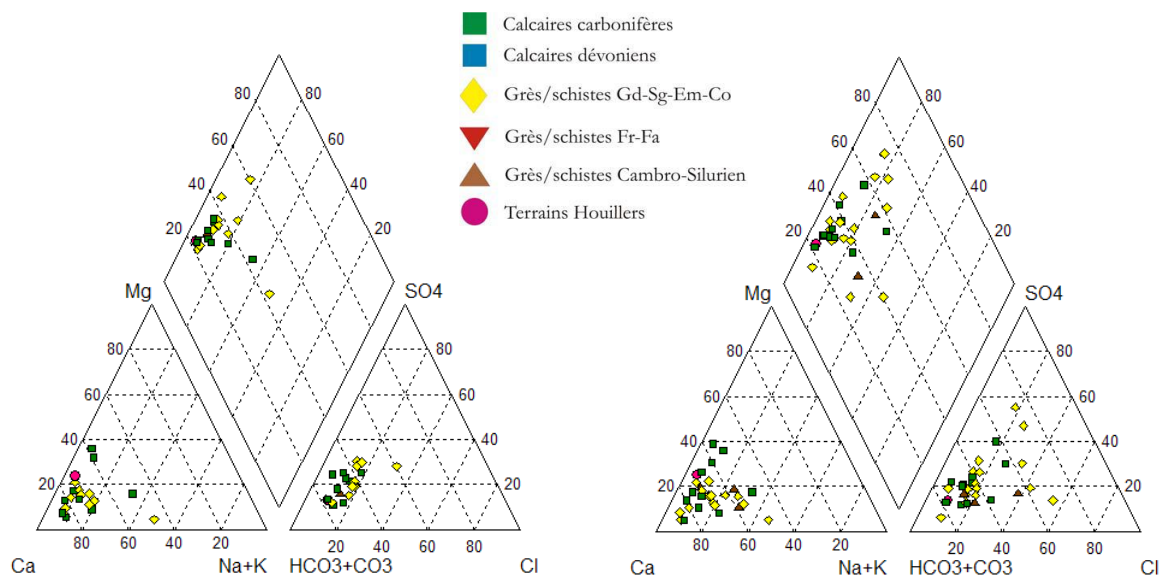


Figure 3-15 : Diagramme de Piper été RWM012

Figure 3-16 : Diagramme de Piper hiver RWM012

Les diagrammes de dispersion été – hiver n’ont pas mis en évidence de variations temporelles importantes dans la qualité des eaux souterraines. De même, l’étude des histogrammes nous a permis de constater que peu de pollutions pouvaient être détectées. Il s’agit la plupart du temps de problèmes ponctuels d’origine anthropique.

L’utilisation des matrices auto-organisantes a permis de définir une composition chimique « type » de chaque unité hydrogéologique étudiée dans ce livrable. L’utilisation de cette méthode, plus robuste que le calcul d’une valeur moyenne ou médiane pourrait être poussée sur l’entièreté des MESO de la Région Wallonne.

	Calcaires dévoniens		Calcaires carbonifères		Grès/schistes cambrosiluriens		Grès/schistes Fr/Fa		Grès/schistes dévonian inf/moy		
	KMEAN	MEDIANE	KMEAN	MEDIANE	KMEAN	MEDIANE	KMEAN	MEDIANE	KMEAN	MEDIANE	
Conductivité	695	589	674	650	531	550	442	473	535	537	µS/cm
Langelier	0.37	0.55	0.35	0.78	-0.36	-0.04	-0.65	0.06	-0.35	-0.18	Unités pH
Dureté totale	33.5	28.7	34.5	35.1	27.7	29.0	20.8	22.0	26.4	25.9	°fr
Ca ⁺⁺	104.3	92.8	112.6	115.2	97.0	103.4	60.2	66.1	88.7	84.5	mg/L
HCO ₃ ⁻	297.8	297.4	308.2	312.7	221.5	212.8	185.9	179.9	206.8	196.8	mg/L

Figure 3-17 : Paramètres physico-chimiques discriminants entre les eaux des différentes unités hydrogéologiques basée sur l’examen de leurs distributions de valeurs.

3.3.2 *Etablissement d'un réseau de surveillance qualitatif*

Le réseau de surveillance qualitatif mis en place est constitué de deux types de sites : « points producteurs » et « points patrimoniaux ». Les analyses des « points producteurs » ont été transmises aux équipes concernées via la DGRNE par les sociétés de distribution d'eau publique. L'échantillonnage et l'analyse de l'eau prélevée dans les « points patrimoniaux » sont pris en charge par l'ISSeP. La liste des paramètres analysés est celle définie dans le cadre de la mise en œuvre du Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines en Région wallonne (SEQ-ESO).

L'ensemble du réseau de surveillance qualitatif de la masse d'eau est décrit à la figure suivante (Figure 3-18).

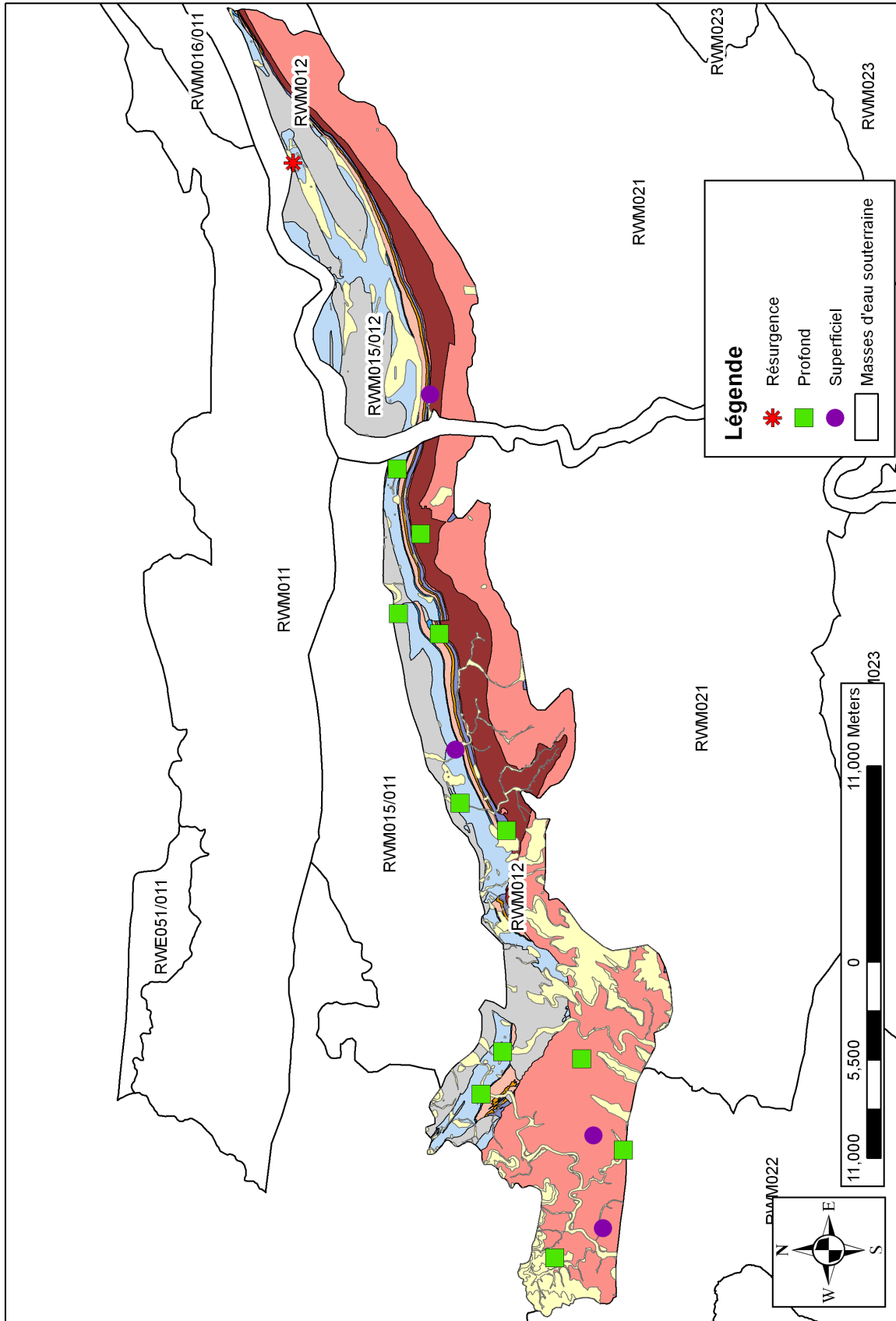


Figure 3-18 : Réseau de surveillance qualitatif de la masse d'eau RWM012.

3.3.3 Application du SEQ-ESO et risque qualitatif

Le principal outil mis en œuvre pour apprécier l'état chimique des masses d'eau souterraine de Wallonie et répondre ainsi aux objectifs de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau est le Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux Souterraines (SEQ-ESO) développé par la DGRNE – DESO du Ministère de la Région Wallonne (Delloye & Rentier, 2004). Ce système, qui repose sur le SEQ – Eaux Souterraines développé par les Agences de l'Eau françaises, utilise une échelle d'appréciation générale de la qualité des eaux souterraines élaborée à partir de l'étude des usages et autres fonctions de celles-ci (notamment le concept d'état patrimonial des réserves en eau souterraine). A l'aide d'indices adimensionnels, tous les paramètres sont traités sur un pied d'égalité en les regroupant sous forme d'altérations (substances appartenant à une même famille chimique ou présentant des comportements similaires). Moyennant certaines règles d'agrégation, cet outil permet de qualifier l'état général d'une masse d'eau souterraine à partir des données issues d'un réseau de sites de surveillance représentatif notamment (1) de la géologie et de l'hydrogéologie de la masse d'eau et (2) de l'ensemble des fonctions et usages qui sont faits des réserves en eau souterraine de cette masse d'eau.

Dans le cadre de l'évaluation de la qualité des eaux souterraines de la masse d'eau RWM012, le réseau de surveillance qualitative a fait l'objet d'un traitement par l'outil SEQ-ESO. Une évaluation de la qualité des eaux souterraines prélevées dans la période 2000 – 2007 sur chaque site de surveillance de ces deux masses d'eau a été réalisée selon les critères du SEQ-ESO. Les résultats de cette analyse, illustrés à la Figure 3-19, montrent que les principaux problèmes de qualité rencontrés dans les eaux souterraines de la masse d'eau RWM012 relèvent presque exclusivement des apports anthropiques que constituent les nitrates et les pesticides. Les couleurs sont attribuées aux différents sites en fonction de la classe de qualité SEQ-ESO tandis que le paramètre le plus limitant est repris en label du site.

Ces résultats ont été agrégés de manière à obtenir une évaluation globale de la qualité pour l'ensemble de la masse d'eau RWM012. Cette évaluation est synthétisée à la Figure 3-20 sous forme d'une fiche qualité. Celle-ci montre qu'à l'échelle de la masse d'eau RWM012, la qualité des eaux souterraines doit être considérée comme moyenne (classe jaune du système SEQ-ESO). La problématique des nitrates y est bien visible. Les pesticides apparaissent également comme paramètres limitant mais dans une moindre mesure.

A ce titre, la masse d'eau souterraine RWM021 doit être considérée comme étant '*A Risque*' d'un point de vue qualitatif et devra faire l'objet d'une surveillance étroite notamment pour les nitrates et les pesticides.

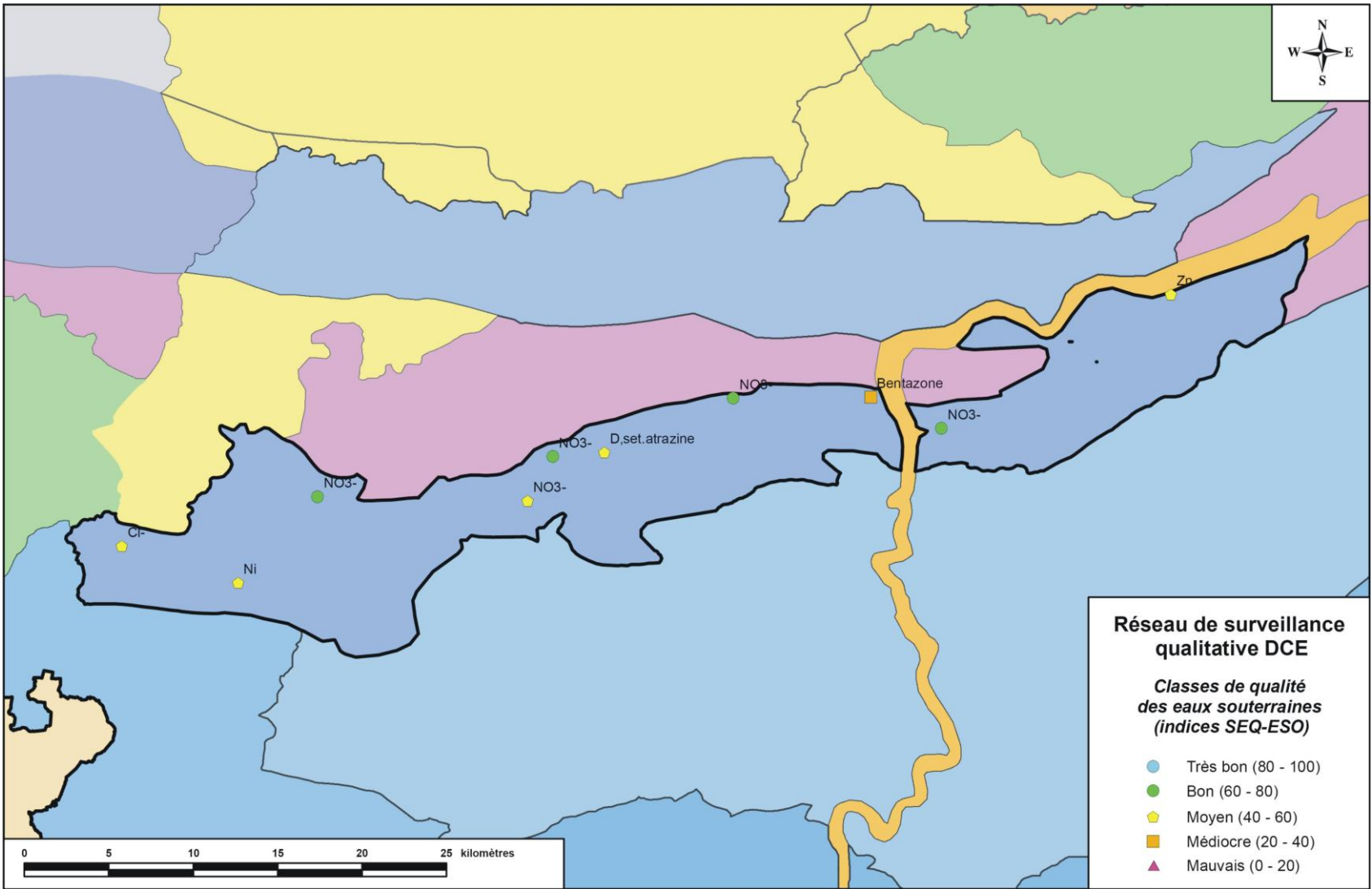


Figure 3-19. Evaluation de la qualité des eaux souterraines de la masse d'eau RWM012 à l'aide de l'outil SEQ-ESO (période 2000 – 2007)

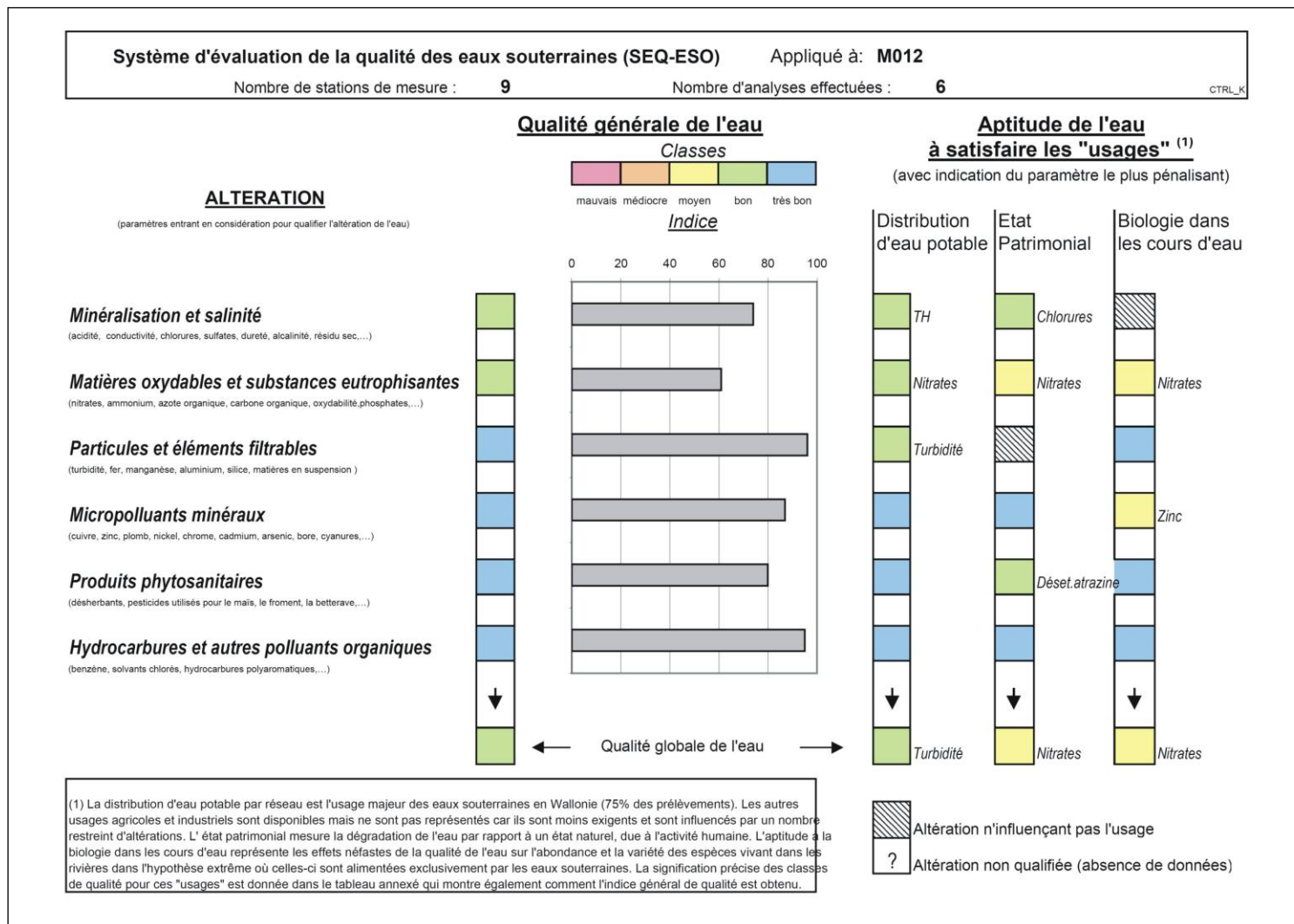


Figure 3-20. Fiche SEQ-ESO d'évaluation de la qualité des eaux souterraines de la masse d'eau RWM012

4 Conclusions générales sur la caractérisation de la masse d'eau et sur son état quantitatif et qualitatif

Lors de la convention Synclin'EAU, la masse d'eau souterraine RWM012, calcaires et grès du Condroz a fait l'objet d'une caractérisation géologique, hydrologique et hydrogéologique approfondie.

L'étude de bassins hydrographiques par bilan hydrologique a permis de mettre en lumière des transferts d'eau souterraine entre bassin et entre sous bassins, principalement via les synclinaux calcaires.

L'étude de la piézométrie et des interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines a mené à une précision de l'hydrodynamique globale de la masse d'eau souterraine. Elle est décrite par rapport à la structure géologique. L'écoulement de l'eau souterraine au sein des aquifères calcaires du Carbonifère suit deux directions distinctes. La première est orientée Est-Ouest et vaut pour la moitié Sud de la masse d'eau RWM012 où les exutoires de la nappe sont la Sambre, l'Orneau, la Meuse et le Samson. Par contre, dans la partie Nord de la masse d'eau, l'eau souterraine s'écoule du Sud vers le Nord, en direction de la Meuse qui impose le niveau de base régional des aquifères. L'hydrodynamique sur les substrats géologiques détritiques du socle Cambro-silurien, du Dévonien inférieur et du Houiller est essentiellement gouvernée par le ruissellement de surface car la faible perméabilité des terrains ne permet pas d'écoulements souterrains importants. Les rivières et ruisseaux sont drainants sur ces substrats géologiques peu perméables. Les calcaires du Givetien-Frasniens ont, eux, été reconnus pour leur potentialité à présenter des réseaux karstiques très développés.

Du point de vue de l'état quantitatif de la masse d'eau, les volumes prélevés restent inférieurs à la ressource renouvelable qui a été estimée. Il est une fois de plus nécessaire de rappeler la précaution avec laquelle doivent être utilisés les résultats de l'estimation des ressources renouvelables.

L'état qualitatif de la masse d'eau souterraine RWM012 est relativement bon. Toutefois certains paramètres physico-chimiques sont à surveiller comme le contenu en nitrates et en produits phytosanitaires.

Le suivi de l'état quantitatif et qualitatif des eaux souterraines de la masse d'eau RWM012 est désormais assuré grâce à des réseaux de suivi qui ont été mis en place au cours de projet.

5 Bibliographie

Bernard Delcambre et Jean-Louis Pingot, 2000, Carte Géologique de Wallonie, Planche 52/3-4 Gozée-Nalinnes, Notice explicative, 106p.

Bernard Delcambre et Jean-Louis Pingot, 2004, Carte Géologique de Wallonie, Planche 53/1-2 Biesme-Mettet, Notice explicative, 82p.

Delcambre, Notes sur la carte géologique Tamines-Fosses-la-Ville 47/5-6

Delloye F. & Rentier C. (2004). Système d'évaluation de la qualité des eaux en Région wallonne. Tribune de l'eau.

DGRNE (Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement) & CWPSS (Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains asbl), 1996, Atlas du karst wallon, Inventaire cartographique et descriptif des sites karstiques et rivières souterraines de Wallonie.

Faculté Polytechnique de Mons & Ministère de la Région Wallonne, 2005, Carte Hydrogéologique de Wallonie Planche 46/7-8 Fontaine l'Evêque-Charleroi, Notice explicative, 16p.

Faculté Polytechnique de Mons & Ministère de la Région Wallonne, 2005, Carte Hydrogéologique de Wallonie Planche 46/7-8 Fontaine l'Evêque-Charleroi, Carte.

SWDE, 1999, Rapport technique SWDE, Service de Production d'eau, Fosses-la-Ville (Aisemont, Falisolle et le Roux), 15p+Annexes.