Geo³-Hydrogéologie - Département ArGEnCo
(Architecture, Géologie, Environnement & Constructions)
Université de Liège

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

Annexe 5-1

Délivrable 5.11

Rapport de caractérisation géologique et hydrogéologique des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

Convention RW et SPGE – AQUAPÔLE

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

Projet Synclin'EAU

Rapport d'avancement à mi-parcours

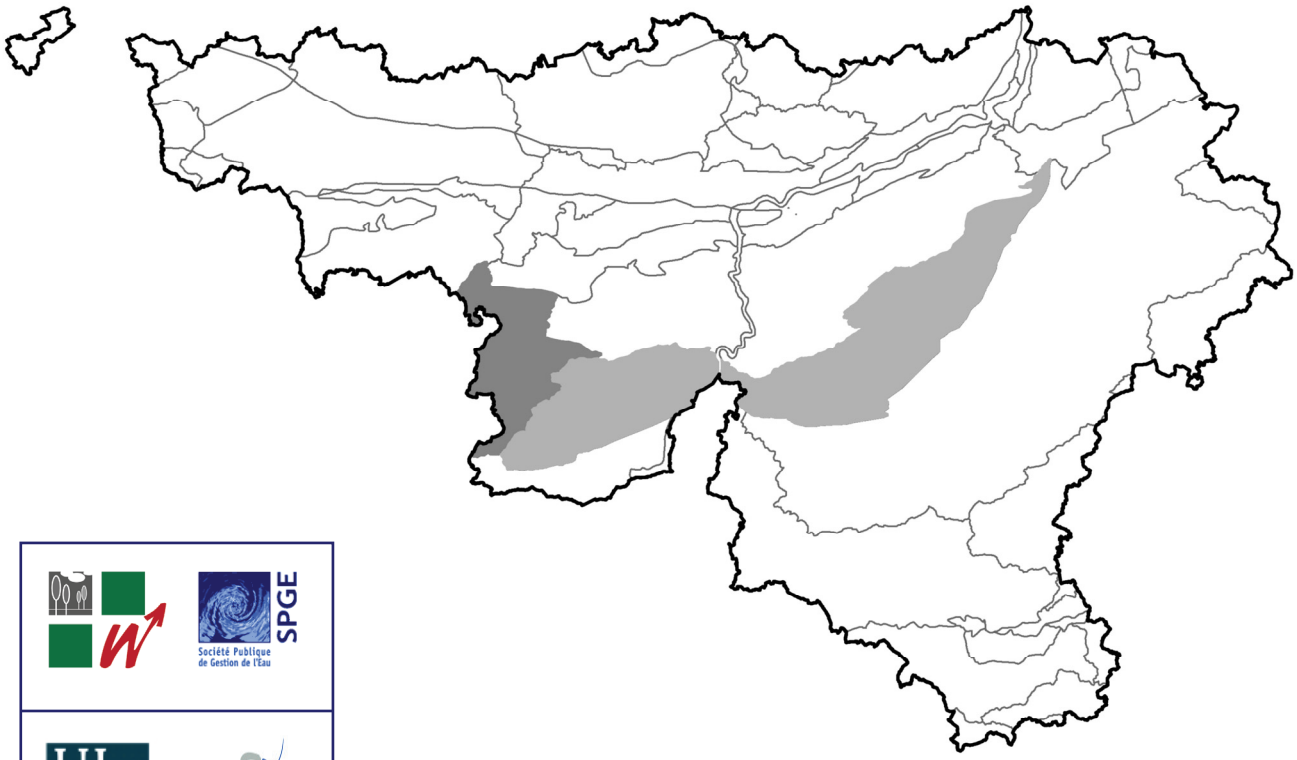
Période du 01-12-2005 au 31-05-2007

CARACTÉRISATION DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE DE WALLONIE

Projet Synclin'EAU – WP5

Masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 Calcaires, grès et schistes dévoniens du bassin de la Sambre, de la Fagne – Famenne et de la Calestienne

Délivrable 5.11



Janvier 2007

Ministère de la Région wallonne

Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement

Direction des Eaux Souterraines

Convention RW/SPGE - AQUAPOLE

TABLE DES MATIERES

1. ETAT DES CONNAISSANCES DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE RWM022 ET RWM023 3

1.1 CADRE GEOGRAPHIQUE 3

1.2 CADRE GEOMORPHOLOGIQUE 4

1.2.1 Relief 4

1.2.2 Hydrographie 7

1.3 CADRE GEOLOGIQUE 10

1.3.1 Situation géologique et tectonique générale 10

1.3.2 Géologie des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 13

1.3.2.1 Stratigraphie 13

1.3.2.2 Structuration géologique et tectonique 24

1.4 CADRE HYDROGEOLOGIQUE 28

1.4.1 Définition des unités hydrogéologiques 28

1.4.2 Phénomènes karstiques 33

1.4.3 Hydrodynamique des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 35

1.4.3.1 Données climatiques et recharge des nappes d'eau souterraine 35

1.4.3.2 Description générale de l'hydrogéologie régionale par unité morpho-structurale 39

1.4.3.3 Piézométrie 42

1.4.3.4 Paramètres hydrodynamiques 45

1.4.4 Hydrogéochimie des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 48

1.4.4.1 Typologie, faciès hydrochimiques et domaines de composition chimique 49

1.4.4.2 Principaux apports anthropiques 57

1.4.4.3 Réseau de surveillance qualitative 63

1.4.4.4 Application du SEQ-ESO et risque qualitatif 65

1.4.5 Exploitation des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 67

1.4.5.1 Volumes prélevés 67

1.4.5.2 Evaluation du risque quantitatif 70

1.4.5.3 Réseau et monitoring de surveillance quantitative 78

1.4.5.4 Evaluation de la ressource disponible en eau souterraine 81

BIBLIOGRAPHIE 110

ANNEXES 115

1. ETAT DES CONNAISSANCES DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE RWM022 ET RWM023

1.1 CADRE GEOGRAPHIQUE

Les masses d'eau souterraine RWM022 (calcaires et grès dévoniens du bassin de la Sambre) et RWM023 (calcaires et grès dévoniens de la Dépression de la Fagne-Famenne et de la Calestienne) s'étendent, depuis la Botte du Hainaut à l'Ouest jusqu'au Condroz liégeois à l'Est, sur plus de 130 km pour une superficie totale de près de 2000 km².

Elles sont localisées au sein du territoire wallon à la **figure 1-1** ci-dessous.

Situées en Haute Belgique, au Sud du sillon Sambre et Meuse, elles couvrent, du Nord au Sud, les régions géographiques du Condroz (pour sa bordure méridionale et son prolongement occidental), de la Fagne – Famenne et de la Calestienne et sont limitées au Sud par les premiers contreforts de l'Ardenne *sensu stricto*.

La masse d'eau RWM022 (443 km²) est presque entièrement située en Province du Hainaut (Botte du Hainaut) et pour une petite partie seulement en Province de Namur. Elle comprend en tout ou en partie et du Nord vers le Sud les communes de Merbes-le-Château, Thuin, Erquelinnes, Beaumont, Walcourt, Sivry-Rance, Froidchapelle, Cerfontaine, Chimay et Momignies. Elle est frontalière avec l'Avesnois français sur toute sa limite Ouest.

D'Ouest en Est, la masse d'eau RWM023 (1504 km²) se situe quant à elle en Province du Hainaut pour son extrémité occidentale, en provinces de Namur et de Luxembourg pour sa partie centrale et en Province de Liège pour son extrémité orientale. Elle couvre, en tout ou en partie et d'Ouest en Est, les communes de Chimay, Froidchapelle, Cerfontaine, Couvin, Philippeville, Viroinval, Doische, Hastière, Beauraing, Houyet, Rochefort, Wellin, Tellin, Nassogne, Ciney, Havelange, Somme-Leuze, Marche-en-Famenne, Hotton, Durbuy, Erezée, Hamoir, Ferrières, Aywaille et Sprimont. Elle est frontalière avec la France au niveau de la Botte de Givet.

Les principales masses d'eau souterraines voisines en territoire belge sont, au Nord, les masses d'eau RWM021 (calcaires et grès du Condroz) et RWM012 (calcaires du bassin de la Meuse bord Sud) et au Sud les masses d'eau RWM100 (grès et schistes du massif ardennais : Lesse, Ourthe, Amblève et Vesdre) et RWM103 (grès et schistes du massif ardennais : Semois, Chiers, Houille et Viroin).

En territoire français, les masses d'eau souterraine voisines sont, à l'Ouest de la RWM022, la masse d'eau FR-1016 (calcaires de l'Avesnois) et au Sud de la RWM023 (Botte de Givet) la masse d'eau FR-2019 (socle ardennais).

Enfin, la masse d'eau souterraine RWM023 est traversée de part en part, à hauteur de Givet, par la masse d'eau RWM071 (alluvions et graviers de Meuse : Givet – Namur) qui s'y superpose.

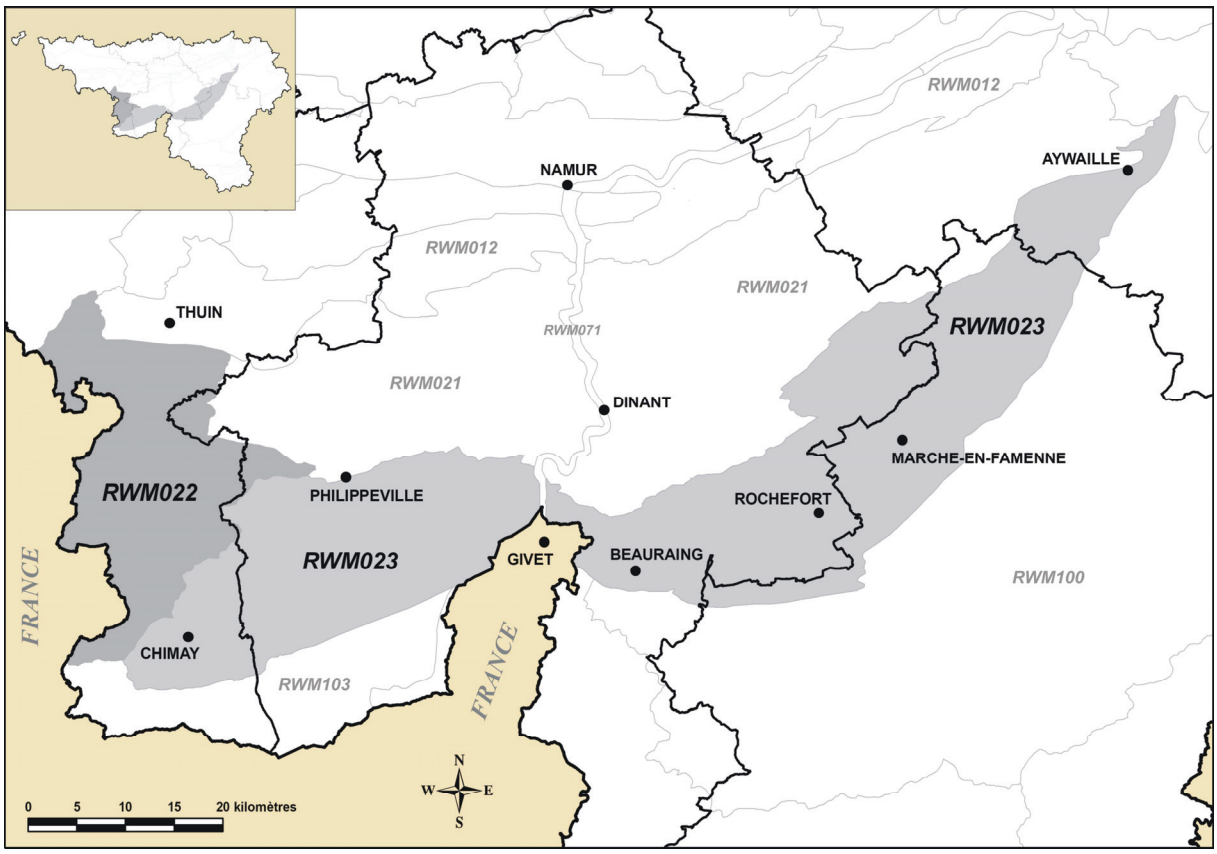


Figure 1-1. Localisation des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 au sein du territoire wallon

1.2 CADRE GEOMORPHOLOGIQUE

1.2.1 Relief

D'un point de vue géomorphologique, les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 sont assez similaires. Elles présentent une morphologie de plateau en voie de démantèlement. Les cours d'eau y ont creusé leurs vallées, souvent encaissées et l'érosion différentielle, responsable d'un relief assez marqué et contrasté, y a formé de larges dépressions là où affleurent les roches les moins résistantes. Trois principales unités morpho-structurales distinctes peuvent être identifiées. Elles sont continues d'Ouest en Est au sein de ces deux masses d'eau et sont calquées sur les régions géographiques naturelles. Ces trois unités sont, du Nord vers le Sud :

- la bordure méridionale du Condroz (ou bordure septentrionale de la Dépression de la Fagne – Famenne) et le prolongement occidental de celui-ci ;
- la Dépression de la Fagne – Famenne ;
- la Calestienne et les premiers contreforts de l'Ardenne *sensu stricto*.

La **figure 1-2** positionne ces trois unités morpho-structurales au sein des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023.

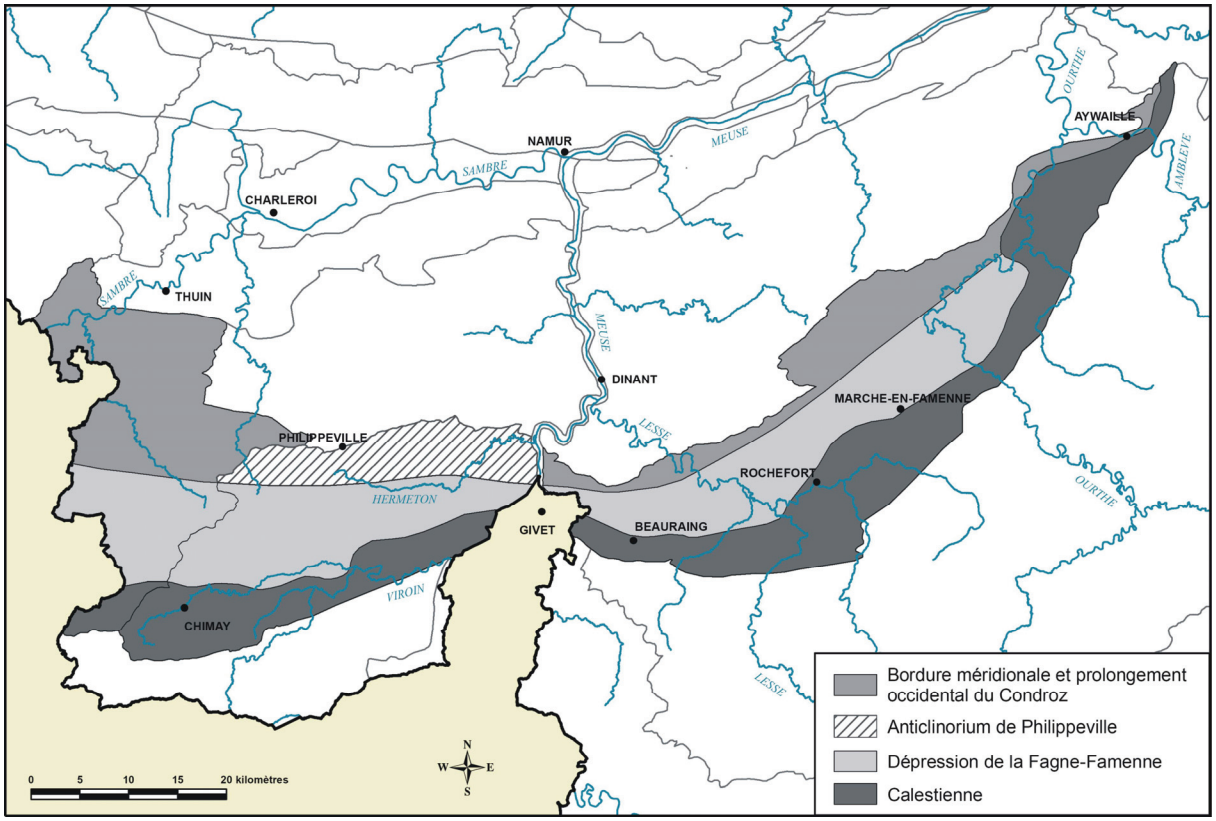


Figure 1-2. Unités morpho-structurales au sein des masses d'eau souterraines RWM022 et RWM023

La bordure méridionale du Condroz (ou bordure septentrionale de la Dépression de la Fagne – Famenne) constitue une zone de transition entre d'une part, au Nord et dans la masse d'eau souterraine RWM021, le Condroz *sensu* stricto, caractérisé par des plateaux ondulés alternant crêtes topographiques (ou tiges) associées à un substratum schisto-gréseux famenniens et dépressions (ou chavées) correspondant aux synclinaux calcaires carbonifères et d'autre part, au Sud, la Dépression de la Fagne – Famenne à proprement parlé.

Cette zone de transition se caractérise, dans la masse d'eau souterraine RWM023, par un relief bien marqué constitué de plateaux et collines dont l'altitude varie généralement entre 200 m et 350 m avec des vallées souvent bien encaissées. Le bedrock de cette zone est majoritairement constitué de terrains schisto-gréseux famenniens. Seule la région de Philippeville fait exception à cette règle. En effet, un dôme anticlinal complexe, traditionnellement appelé *Massif ou Anticlinorium de Philippeville*, y permet l'affleurement de calcaires et dolomies du Dévonien moyen et supérieur. Bien que n'ayant pas d'incidence significative sur le relief par rapport à la zone de transition qui l'encadre, le Massif de Philippeville constitue une importante ressource en eau souterraine qui, d'un point de vue hydrogéologique, le distingue nettement des terrains schisto-gréseux au sein desquels il est circonscrit.

Plus à l'Ouest, dans la moitié Nord de la masse d'eau souterraine RWM022, cette première unité morpho-structurale se poursuit pour former le « Condroz de l'Entre-Sambre-et-Meuse occidental ». Le relief y est similaire à la zone de transition telle que décrite ci-dessus dans la masse d'eau RWM023 bien que les altitudes maximales n'y dépassent plus guère 260 m. Son substratum est caractérisé par une alternance de structures plissées constituées de niveaux schisto-gréseux famenniens pour les synclinaux et de calcaires et schistes frasniens et givétiens pour les anticlinaux. Ces derniers

présentent, au même titre que le Massif de Philippeville, un potentiel hydrogéologique important. L'extrémité Nord de la masse d'eau RWM022 montre des altitudes qui décroissent pour ne plus dépasser 175 m dans la région d'Erquelinnes, Merbes-le-Château et Thuin, correspondant, dans cette zone, au passage vers la Moyenne Belgique et les plateaux limoneux de la région hennuyère.

La Dépression de la Fagne – Famenne, seconde unité morpho-structurale, s'étire d'Ouest en Est au sein des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 sur une centaine de kilomètres de longueur. Elle en constitue la partie centrale. Classiquement appelée Fagne en rive gauche (Ouest) de Meuse et Famenne en rive droite (Est) de Meuse, elle se caractérise par un relief moins contrasté, aux ondulations plus ou moins prononcées, dont l'altitude est le plus souvent inférieure à 200 m, pouvant cependant localement atteindre 250 m. Cette dépression, au substratum à dominante nettement schisteuse, est le résultat d'un aplanissement lié au ruissellement et autres processus périglaciaires datant du Pléistocène supérieur (Pissart, 1976).

Particulièrement bien exprimée dans le relief d'une part en Famenne entre les localités de Beauraing et Marche-en-Famenne, d'autre part en Fagne entre les localités de Doische et Lompret, où la largeur maximale de sa partie la plus déprimée atteint 3 à 4 km, elle a tendance à s'estomper vers l'Ouest dans la masse d'eau souterraine RWM022. En effet, l'augmentation de la composante silto-gréseuse dans le bedrock de cette dernière engendre une élévation des altitudes, comprises dans cette zone entre 190 et 280 m. Les cours d'eau très peu encaissés de la dépression schisteuse s'incisent alors dans ces terrains plus résistants, donnant naissance à un relief plus marqué portant de ce fait moins bien son nom de « Dépression » de la Fagne.

Cette unité morpho-structurale disparaît, dans la masse d'eau RWM023, au Nord-Est de la ville de Durbuy, faute d'affleurement suffisant des schistes et shales famenniens responsables de sa formation. Elle laisse alors la place à une zone de transition directe entre le Condroz liégeois au Nord et la Calestienne au Sud.

La Calestienne, troisième et dernière unité morpho-structurale, constitue la bordure Sud des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023. Cette bande de terrains essentiellement calcaires sépare la Dépression de la Fagne – Famenne au Nord du massif de l'Ardenne au Sud.

D'une longueur totale de plus de 130 km pour une largeur variant le plus souvent entre 2 et 4 km pour les terrains carbonatés, elle présente une morphologie de plateau dont l'altitude varie entre 200 m et 350 m avec une altitude moyenne de l'ordre de 250 m. Elle est régulièrement et profondément incisée par des vallées encaissées parcourues par les cours d'eau drainant les terrains ardennais globalement du Sud vers le Nord en direction de la Dépression de la Fagne – Famenne. D'Ouest en Est, elle passe notamment par les localités de Momignies, Chimay, Couvin, Givet, Beauraing, Rochefort (où elle forme un important plateau calcaire appelé Plateau du Gerny), Marche-en-Famenne, Hotton, Hamoir et Aywaille, pour se terminer à Louveigné près de Sprimont.

Si elle ne se distingue pas fortement, en terme de relief, par rapport d'une part à la « Dépression » de la Fagne dans la région de Macon, Salles et Saint-Remy, près de Chimay, d'autre part au Condroz liégeois dans la région de Aywaille, elle constitue par contre une unité morphologiquement plus contrastée dans la partie centrale de la masse d'eau RWM023, surplombant localement de plus d'une centaine de mètres la dépression presque parfaitement plane de la Famenne entre Beauraing et Rochefort et formant, dans le paysage, un seuil topographique marquant nettement les premiers contreforts de l'Ardenne *sensu stricto*.

1.2.2 Hydrographie

D'Ouest en Est, les grands bassins versants concernés par les masses d'eau souterraines RWM022 et RWM023 sont les bassins de la Sambre, du Viroin, de l'Hermeton, de quelques affluents directs de la Meuse regroupés en un ensemble dénommé ci-dessous Meuse Amont (qui reprend notamment les bassins de la Houille, de la Molignée, du Bocq et du Samson), de l'Ourthe et de l'Amblève (**figure 1-3**). Ces bassins font tous partie du district hydrographique de la Meuse.

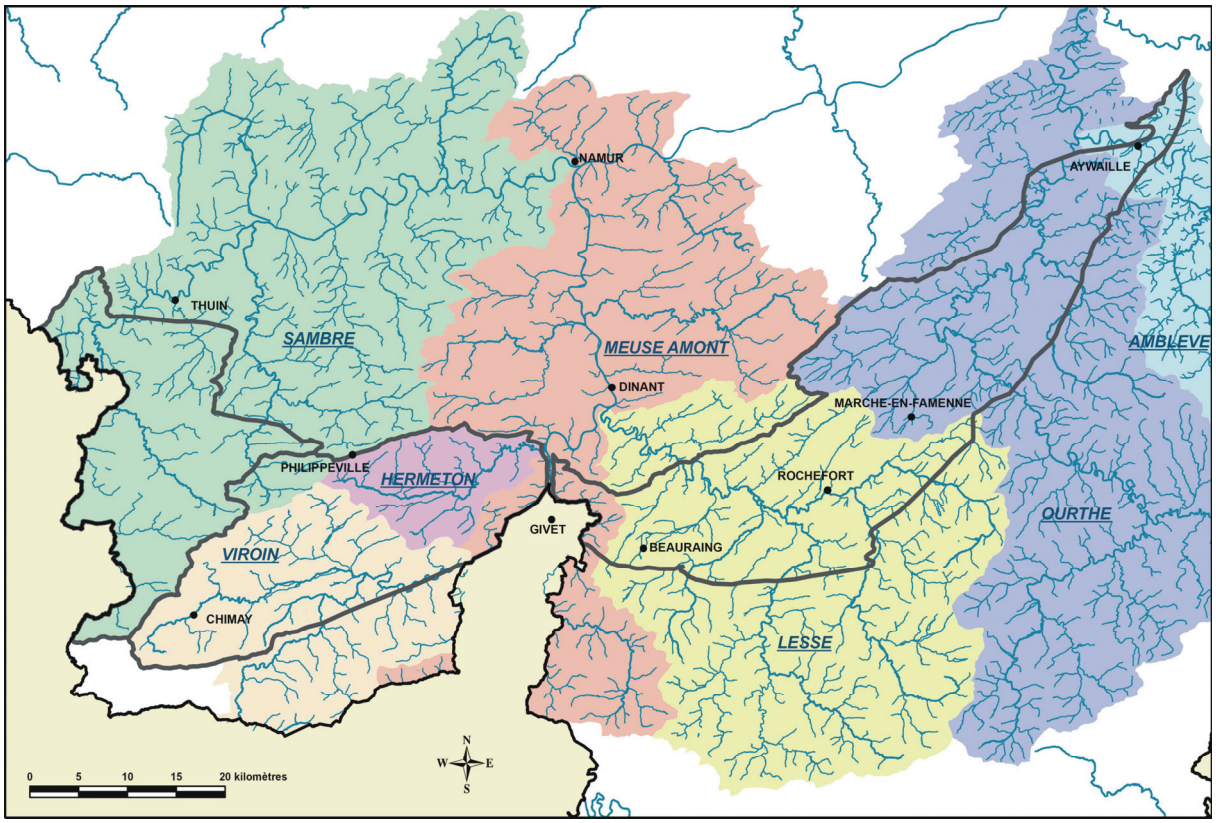


Figure 1-3. Grands bassins hydrographiques concernés par les masses d'eau souterraines RWM022 et RWM023

Le **tableau 1-1** ci-dessous synthétise, pour la Wallonie, les superficies occupées par ces 7 bassins hydrographiques en territoire belge d'une part et dans les deux masses d'eau étudiées d'autre part.

Bassins	Surpeficie en territoire belge (km²)	Superficie en territoire belge (%)	Superficie au sein des masses d'eau RWM022 et/ou RWM023 (km²)	Superficie au sein des masses d'eau RWM022 et/ou RWM023 (%)
Sambre	1704	100,0	484	28,4
Viroin	537	100,0	330	61,4
Hermeton	166	100,0	166	100,0
Meuse amont	1192	100,0	64	5,4
Lesse	1343	100,0	424	31,6
Ourthe	1843	100,0	443	24,0
Amblève	1077	100,0	37	3,4

Tableau 1-1. Superficies occupées par les grands bassins versants concernés par les masses d'eau souterraines RWM022 et RWM023

La carte détaillée du réseau hydrographique reprise en **annexe I** de ce rapport montre qu'à l'échelle des deux masses d'eau souterraine, le réseau hydrographique peut être subdivisé en deux types distincts de structuration des cours d'eau selon l'unité morpho-structurale dans laquelle ils s'écoulent.

Le premier type se caractérise par une densité de drainage assez élevée et présente généralement une structure dendritique avec de nombreuses ramifications. Il se retrouve principalement dans les zones dont le sous-sol est de nature schisteuse, silteuse et/ou gréseuse. En effet, ces lithologies modérément à peu perméables et peu voire pas du tout solubles par les eaux d'infiltration favorisent les écoulements de surface. Ce premier type de réseau hydrographique se rencontre notamment et essentiellement dans la bordure méridionale du Condroz et son prolongement occidental (pour les zones non carbonatées), dans la Dépression de la Fagne – Famenne ainsi que dans les terrains schisto-gréseux qui bordent le Sud de la Calestienne et qui constituent les premiers terrains de l'Ardenne *sensu stricto*.

Le second type de structuration du réseau hydrographique se rencontre au droit des zones dont le sous-sol se compose principalement de lithologies carbonatées (calcaires et dolomies). Il s'y caractérise par une densité de drainage nettement plus faible et des ramifications beaucoup moins nombreuses. Ce fait est lié à la dissolution, par les eaux d'infiltration, des carbonates, principaux à seuls constituants des calcaires et dolomies qui affleurent dans ces zones. Cette dissolution élargit les fissures présentes dans la roche et favorise considérablement les écoulements souterrains, aboutissant parfois à la formation de systèmes karstiques 'pertes – résurgences'. Ceux-ci absorbent partiellement ou totalement et de manière temporaire ou pérenne les écoulements de surface, laissant comme seules traces de leur existence éphémère ou passée des vallées sèches. Ce second type de structuration du réseau hydrographique est particulièrement bien visible au droit des terrains carbonatés qui constituent la Calestienne et le Massif ou Anticlinorium de Philippeville.

Les directions d'écoulement des cours d'eau sont généralement fortement influencées par la structure du sous-sol et suivent souvent les axes d'anisotropie des terrains sous-jacent constitués soit par l'orientation des couches géologiques elles-mêmes, soit par la fracturation de celles-ci à petite échelle (diaclases, fissures,...) ou à grande échelle (failles). Elles s'en démarquent cependant dans certaines zones dans lesquelles les cours d'eau s'incisent au sein de terrains résistants indépendamment de leur géométrie et de leur structure (soit par surimposition, soit par antécédence).

De manière un peu plus détaillée, les principaux axes de drainage de surface des masses d'eau souterraines RWM022 et RWM023 sont passés en revue ci-dessous d'Ouest en Est et par grand bassin hydrographique.

D'une superficie totale de 2800 km², le **bassin de la Sambre** inclus dans sa partie amont belge l'entièreté de la masse d'eau souterraine RWM022. Il couvre également une petite partie de la masse d'eau RWM023 entre Philippeville et les lacs de l'Eau d'Heure. Pour sa partie concernée par les deux masses d'eau étudiées, il est principalement drainé par quatre cours d'eau qui sont, du Sud vers le Nord, l'Eau d'Eppe, la Hantes, l'Eau d'Heure et la Biesmelle ou Biesmes l'Eau. L'Eau d'Eppe draine d'Est en Ouest une partie du tiers Sud de la masse d'eau RWM022 et se jette dans l'Helpe Majeure à Eppe-Sauvage en France. L'extrémité Sud de la masse d'eau est drainée quant à elle par une série de petits affluents directs de l'Helpe Majeure. Cette dernière s'écoule exclusivement en territoire français, parallèlement à la frontière entre Momignies et Eppe-Sauvage pour ensuite bifurquer vers l'Ouest et se jeter dans la Sambre à une dizaine de kilomètres à l'Ouest d'Avesnes-sur-Helpe. La Hantes et l'Eau d'Heure constituent pour leur part deux affluents directs de la Sambre qu'elles rejoignent en territoire belge respectivement à

Merbes-le-Château et Monceau-sur-Sambre. Entre la Hantes à l'Ouest et l'Eau d'Heure à l'Est s'écoule la Biesmelle, petite rivière qui se jette dans la Sambre à Thuin. Enfin, l'extrémité Nord de la masse d'eau RWM022 est drainée directement par la Sambre qui s'y écoule en passant par les localités d'Erquelinnes, Solre-sur-Sambre, Merbes-le Château et Labuissière.

Les grands axes de drainage du **bassin du Viroin** s'écoulent d'Ouest en Est et sont au nombre de trois. Il s'agit de l'Eau Blanche, de l'Eau Noire et du Viroin, ce dernier résultant de la confluence des deux premiers à proximité du village de Nismes, dans la commune de Viroinval. L'Eau Blanche, qui prend sa source sur la Calestienne à Seloignes près de Chimay, est majoritairement alimentée par un réseau hydrographique dense et ramifié qui draine la « Dépression » de la Fagne au Nord de son cours et dont l'affluent le plus important est la Brouffe. L'Eau Noire collecte quant à elle la quasi-totalité des cours d'eau du bassin du Viroin qui drainent, du Sud vers le Nord et depuis la masse d'eau souterraine RWM103, les terrains schisto-gréseux du massif ardennais *sensu stricto* ainsi que la bande calcaire de la Calestienne. Une fois formé, le Viroin continue à méandrer au travers de cette dernière pour aller se jeter dans la Meuse à hauteur de Vireux-Molhain dans la Botte de Givet française.

Le **bassin de l'Hermeton** est entièrement inclus dans la masse d'eau souterraine RWM023, en rive gauche (Ouest) de Meuse. D'une superficie de 166 km², il ne comporte qu'un seul grand collecteur constitué par l'Hermeton lui-même. S'écoulant d'Ouest en Est sur plus de 30 km depuis les villages de Neuville et Samart en tête de bassin, il est alimenté en rive droite (Sud) par une série d'affluents drainant dans cette zone la Dépression de la Fagne et en rive gauche (Nord) par les écoulements issus majoritairement du drainage du Massif ou Anticlinorium de Philippeville. En effet, hormis pour son extrémité occidentale drainée par l'Eau d'Heure (bassin de la Sambre), le Massif de Philippeville est presque entièrement inclus dans le bassin de l'Hermeton, dont il constitue le sous-sol de la moitié Nord. Recoupant selon une direction SW-NE l'extrémité orientale du Massif de Philippeville entre Surice et Vodelée, assurant alors un drainage direct de celui-ci, l'Hermeton se jette ensuite dans la Meuse à hauteur d'Hermeton-sur-Meuse.

Les quelques bassins affluents directs de la Meuse et regroupés sous la dénomination **Meuse Amont** à la figure 3 ne sont que peu représentés dans la masse d'eau souterraine RWM023. En rive gauche de Meuse, l'affluent le plus important est constitué par le ruisseau de la Jonquière qui passe par la localité de Doische et se jette dans la Meuse à Aubrives, en France. En rive droite de Meuse, le principal affluent de la Meuse qui draine cette petite partie de la masse d'eau souterraine RWM023 est la Houille et ses affluents. Celle-ci prend sa source au cœur des Ardennes belges, longe la frontière Est de la Botte de Givet et traverse la Calestienne française pour venir se jeter dans la Meuse à Givet même.

Le **bassin de la Lesse** occupe près de la moitié de la superficie de la masse d'eau souterraine RWM023 pour sa partie située en rive droite de Meuse. Prenant sa source dans le Massif ardennais entre les villages de Ochamps et Recogne près de Libramont-Chevigny, la Lesse s'écoule vers le Nord-Ouest sur 93 km en traversant les Ardennes Belges, la Calestienne, la Dépression de la Famenne et rentre dans la partie méridionale du Condroz pour aller se jeter dans la Meuse à Anseremme. La masse d'eau souterraine RWM023 couvre la partie moyenne du bassin de la Lesse (tronçon de la Lesse situé entre Chanly au Sud et Houyet au Nord). En rive droite de celle-ci, les principaux et plus importants axes de drainage qui l'alimentent sont d'amont en aval la Wamme et la Lhomme, la Wamme étant tributaire de la Lhomme qu'elle rejoint à Jemelle. A l'aval de la confluence entre la Lhomme et la Lesse à Eprave, le Vachau constitue un affluent d'importance moyenne qui rejoint la Lesse à Villers-sur-Lesse. En rive gauche de la Lesse, les principaux affluents, d'importance

moyenne, sont, d'amont en aval, le Ry d'Ave, la Wimbe, le Biran et l'Ilewe ou Hilau qui rejoignent la Lesse respectivement à Han-sur-Lesse, Villers-sur-Lesse, Wanlin et Houyet.

Avec le bassin de la Lesse, le **bassin de l'Ourthe** occupe la presque totalité de la moitié Est de la masse d'eau souterraine RWM023, en rive droite de Meuse. Comme la Lesse, l'Ourthe prend naissance au cœur des Ardennes belges et traverse du Sud vers le Nord et sur 130 km la Calestienne, la Dépression de la Famenne et le Condroz liégeois pour aller se jeter dans la Meuse à Liège. La masse d'eau souterraine RWM023 couvre la partie moyenne de son bassin (tronçon de l'Ourthe situé entre Rendeux au Sud et Comblain-au-Pont au Nord). En rive droite de l'Ourthe, les principaux affluents sont, d'amont en aval, l'Aisne et la Lembrée qui rejoignent l'Ourthe respectivement à Bomal et Vieuxville. En rive gauche, l'Ourthe compte trois affluents principaux dans la masse d'eau RWM023. D'amont en aval, il s'agit de la Marchette, de la Somme et du Néblon dont les confluences avec l'Ourthe se situent respectivement à Noiseux, Petit-Han et Hamoir.

Enfin, l'extrémité orientale de la masse d'eau souterraine RWM023 appartient à la partie avale du **bassin de l'Amblève**, affluent de l'Ourthe qui se jette dans celle-ci à Comblain-au-Pont. Elle y est drainée directement par l'Amblève et quelques-uns de ses affluents de moindre importance.

Ces sept grands axes de drainage de surface, dont les bassins sont décrits ci-dessus, imposent un niveau de base aux nappes d'eau souterraine contenues dans leur sous-sol. Le niveau de base le plus important et le plus bas est constitué par la Meuse dont l'altitude, à Hermeton-sur-Meuse, à la limite entre les masses d'eau souterraine RWM021 et RWM023, est de 100 m.

1.3 CADRE GEOLOGIQUE

1.3.1 Situation géologique et tectonique générale

Par rapport aux grandes unités structurales géologiques qui constituent le sous-sol de la Belgique et comme le montre la **figure 1-4**, les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 font partie du Synclinorium de Dinant. Cette importante entité structurale constitue un des éléments majeurs du Massif Allochtone de l'Ardenne (composé du Synclinorium de Dinant et du Massif ou Anticlinorium de l'Ardenne) qui a été charrié lors de l'orogenèse varisque (de 360 à 290 Ma environ) sur le Massif Parautochtone Brabançon (constitué du Synclinorium de Namur et du Massif du Brabant). Cette translation s'est opérée du Sud vers le Nord le long d'un niveau de décollement majeur appelé Faille du Midi dans le Hainaut et Faille Eifelienne en région liégeoise. La ligne d'affleurement de cette zone intensément faillée, qui sépare le Synclinorium de Dinant au Sud du Synclinorium de Namur au Nord, traverse la Wallonie d'Ouest en Est depuis la région de Mons jusqu'au Pays de Herve et se prolonge en Allemagne sous la dénomination de Faille d'Aachen. D'un point de vue paléogéographique, la phase compressive responsable de cet important charriage (phase asturienne de l'orogenèse varisque) est directement associée à la fermeture des océans Rhéique et Proto-Téthys et, de manière plus générale, à la suture progressive des continents Gondwana (Europe du Sud, Afrique et Amérique du Sud) et Laurasia (Europe du Nord et Amérique du Nord) qui vont former, au Permien, un super-continent appelé Pangée.

La **figure 1-5** illustre, sous forme d'une coupe géologique équilibrée, les grandes unités géologiques wallonnes présentes au droit du méridien de la Meuse. Cette coupe montre bien l'important niveau de décollement le long duquel le Synclinorium de Dinant (Allochtone de l'Ardenne) a été charrié vers le Nord sur le Synclinorium de Namur (Parautochtone Brabançon). La profondeur de cette surface de charriage sous le Synclinorium de Dinant varie selon les interprétations entre 5 et 10 km.

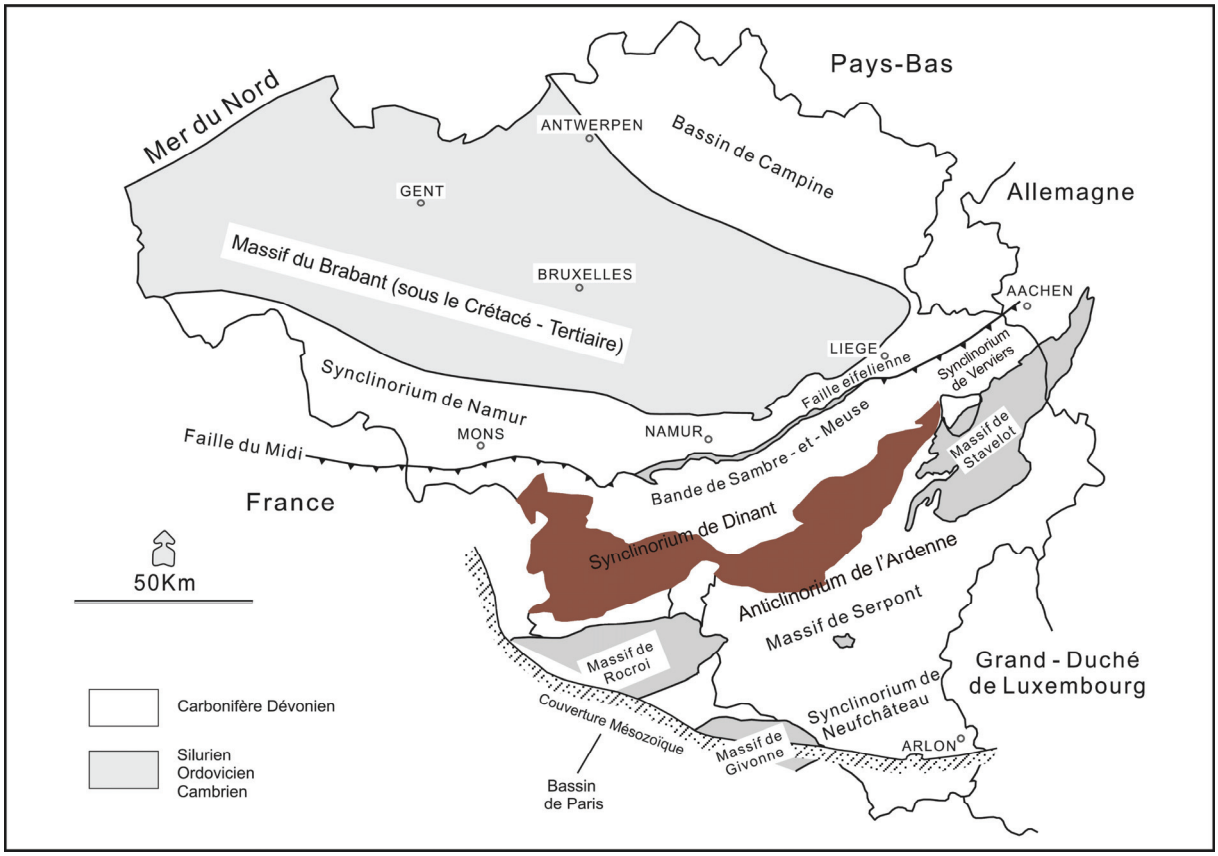


Figure 1-4. Localisation des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 par rapport aux grandes unités structurales géologiques belges (DGRNE, 1999, modifié)

La position des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 est représentée sur la **figure 1-5**. La masse d'eau souterraine RWM022 constitue l'extrémité occidentale belge du Synclinorium de Dinant dans sa partie frontalière avec l'Avesnois français. Elle concerne dans cette zone presque toute l'extension Nord – Sud de cette entité structurale. La masse d'eau souterraine RWM023 couvre pour sa part la bordure méridionale du Synclinorium de Dinant depuis son extrémité Ouest dans la région de Chimay jusqu'aux limites de la Fenêtre de Theux à l'Est où celui-ci laisse place à son prolongement oriental qu'est le Synclinorium de Verviers (masses d'eau souterraines RWM141 et RWM142 ; calcaires et grès des bassins de la Gueule et de la Vesdre).

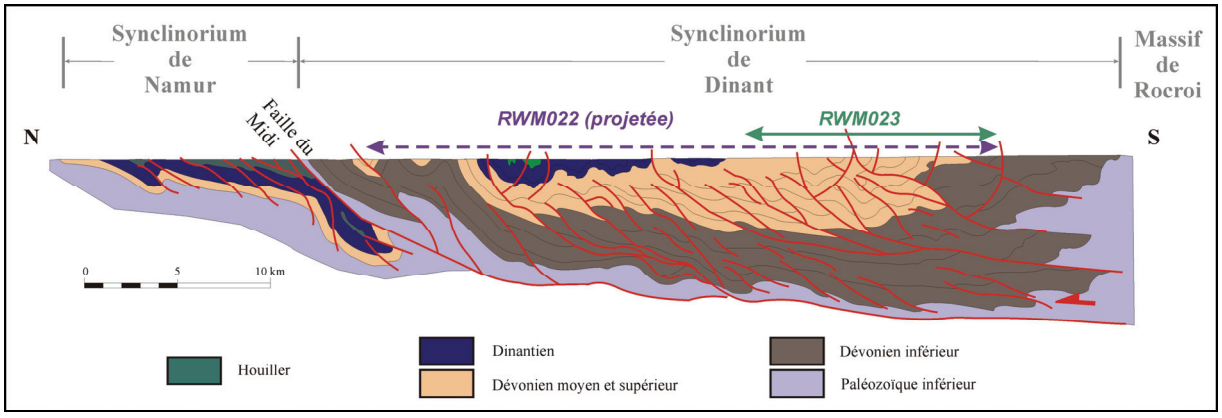


Figure 1-5. Position des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 par rapport aux grandes unités structurales géologiques wallonnes ; coupe équilibrée réalisée le long du méridien de la Meuse (Adams & Vandenberghe, 1999, modifié)

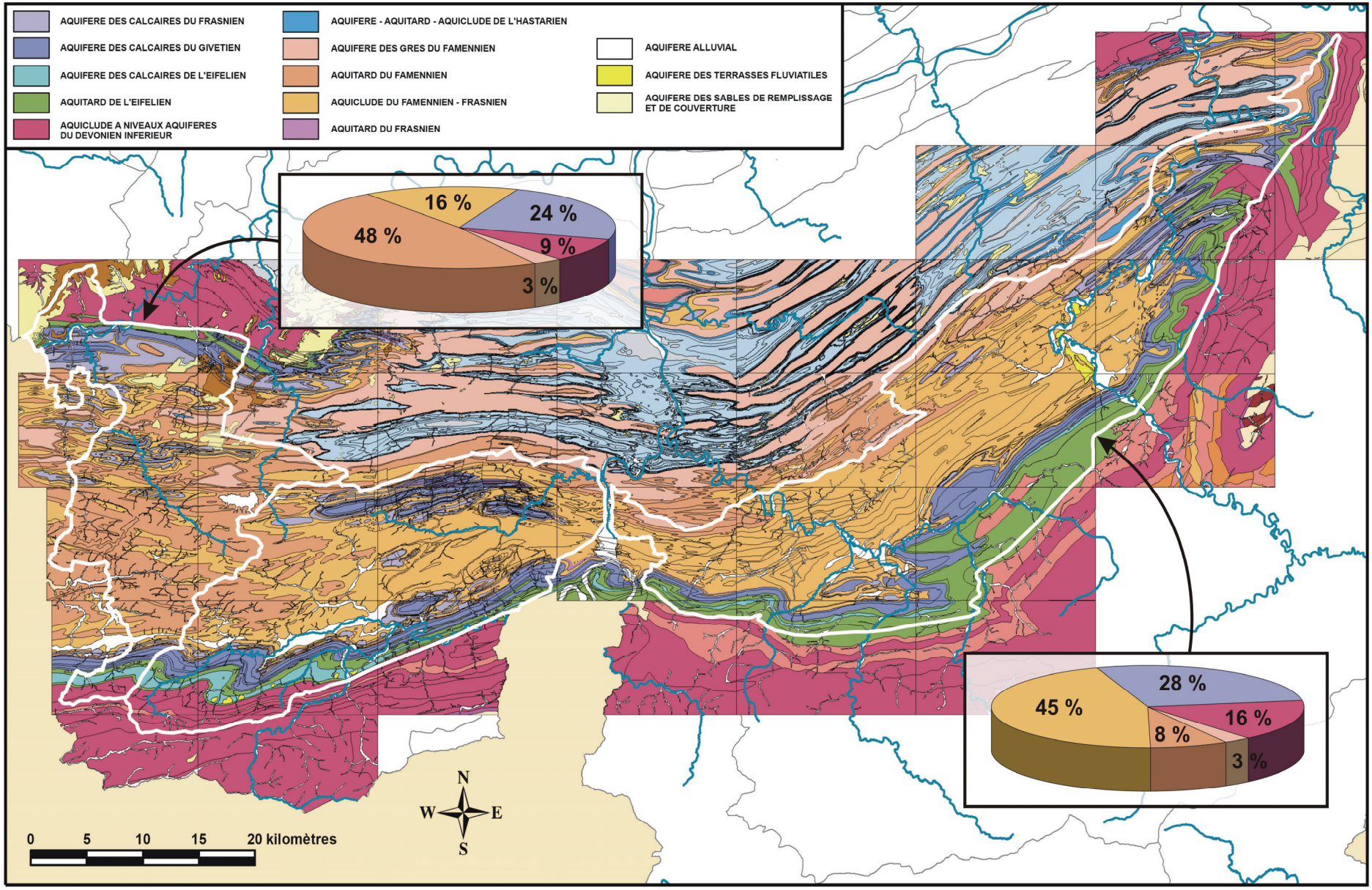


Figure 1-6. Carte géologique (avec regroupement des formations et assises en unités hydrogéologiques) des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 Répartition des superficies à l'affleurement occupées par les principales unités hydrogéologiques (aquitard de l'Eifelien regroupé avec le Dévonien inférieur)

1.3.2 Géologie des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

Sous une couverture de dépôts généralement très localisés et peu épais d'alluvions modernes et anciennes, de limons quaternaires ou de sables tertiaires, les terrains qui constituent le sous-sol des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 sont presque exclusivement constitués de formations géologiques sédimentaires marines d'âge dévonien inférieur à dévonien supérieur (400 à 355 Ma environ). Les formations calcaires de la base du Dinantien n'affleurent que de manière très limitée dans le cœur d'une structure synclinale du Nord de la masse d'eau souterraine RWM022. La carte géologique (et hydrogéologique) détaillée de ces deux masses d'eau est reprise à la **figure 1-6** ainsi qu'à l'**annexe II** de ce rapport.

A une échelle plus vaste, ces dépôts paléozoïques sont le résultat d'une importante transgression dévono-dinantienne dont la base se marque en Ardennes par une discordance majeure exprimant l'évolution de la transgression sur le socle calédonien érodé (non visible dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023) qui affleure dans les massifs de Rocroi et de Stavelot (voir **figure 1-4**).

Cette transgression, constituée en réalité d'une succession de phases transgressives et régressives d'ordres inférieurs, a progressé au cours des temps géologiques du Sud vers le Nord. Elle est responsable de la mise en place de dépôts caractérisés par une certaine rythmicité, un diachronisme parfois très prononcé et surtout d'importantes variations latérales de faciès susceptibles d'influencer plus ou moins fortement le comportement et les caractéristiques des nappes d'eau souterraine contenues dans des niveaux géologiques d'âges identiques mais de lithologies différentes.

1.3.2.1 Stratigraphie

Les formations géologiques qui constituent le sous-sol des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 sont décrites ci-dessous dans l'ordre stratigraphique, de la plus ancienne à la plus récente. Cette description fait directement et uniquement référence aux unités lithologiques (formations géologiques) définies dans le cadre de la nouvelle campagne de cartographie géologique réalisée à l'échelle de la Wallonie. Démarrée en 1990 sur commande du Ministère de la Région Wallonne, cette campagne est toujours en cours actuellement. La continuité et l'évolution des formations géologiques étant connues au sein des zones non encore couvertes par la nouvelle campagne de cartographie géologique au stade actuel de son avancement, il ne sera plus fait appel à l'ancienne nomenclature (assises géologiques) sauf si cela s'avère nécessaire à la bonne compréhension de la géologie des masses d'eau souterraine étudiées. La liste des nouvelles cartes géologiques disponibles ou en cours de réalisation au moment de la rédaction de ce document est reprise dans la bibliographie en fin de rapport.

Les unités lithologiques définies au sein des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 sont classées dans l'ordre stratigraphique et décrites de manière synthétique au **Tableau 1-2** ci-dessous.

a) Formations géologiques du Dévonien inférieur

Les formations du Dévonien inférieur affleurent au Sud de la Calestienne en bordure méridionale des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, d'une part à l'Ouest entre Momignies et Couvin, d'autre part à l'Est entre Villers-Sainte-Gertrude et Xhoris.

De nature essentiellement schisteuse et gréseuse (sédimentation détritique) mais à dominante pélitique en bordure méridionale du Synclinorium de Dinant (dépôts marins plus

ou moins profonds), elles sont associées à une phase principalement transgressive du Sud vers le Nord initiée au ***Lochkovien*** et qui s'est poursuivie durant le ***Praguien*** et jusqu'au début de l'***Emsien***. Ce dernier étage correspond pour sa part au passage à un régime régressif marqué (dépôts moins profonds à littoraux) qui se prolongera jusqu'à la fin du Dévonien inférieur. De ces trois étages qui constituent le Dévonien inférieur, seuls le ***Praguien*** et l'***Emsien*** sont représentés dans les deux masses d'eau souterraine étudiées. La succession des formations géologiques du Dévonien inférieur du Synclinorium de Dinant est illustrée à la **figure 1-7**.

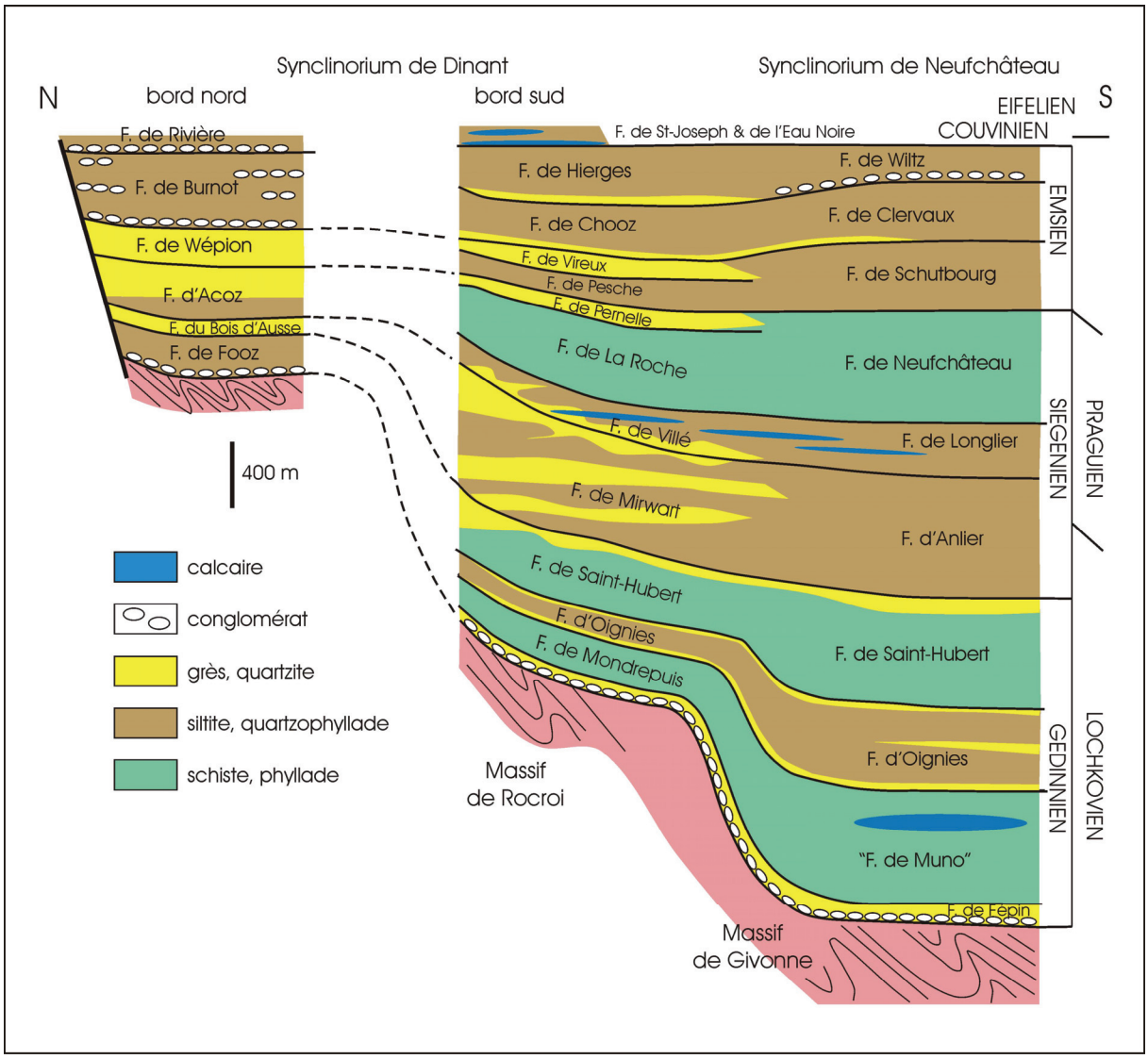


Figure 1-7. Succession lithostratigraphique des formations géologiques du Dévonien inférieur du Synclinorium de Dinant et du Synclinorium de Neufchâteau (Boulvain, 2006)

Praguien

D'un point de vue lithostratigraphique, le ***Praguien*** du bord Sud du Synclinorium de Dinant se compose de trois formations géologiques. La première et plus ancienne est la **Formation de Mirwart** dont l'épaisseur varie de 300 à près de 1000 m et qui se compose principalement d'épaisses séquences de grès et quartzites verdâtres, bleus ou blanchâtres séparés par des bancs de shales ou siltites. Elle est surmontée par la **Formation de Villé**, d'épaisseur très variable (30 à 500 m) et constituée de quartzophyllades, de grès et de schistes à niveaux de grès carbonatés souvent cariés.

Enfin, la troisième et dernière formation datée exclusivement du Praguien est la **Formation de La Roche**. D'une épaisseur de 215 à 450 m, sa lithologie très monotone, caractéristique d'un milieu marin relativement profond, comprend essentiellement des schistes phylladeux et phyllades quartzeux avec de rares petits niveaux de grès et de quartzite.

Emsien

L'***Emsien*** affleurant au bord Sud du Synclinorium de Dinant comprend sept unités lithologiques. Dans l'ordre chronologique, il s'agit des formations de Pernelle, Pesche, Vireux, Chooz, Hierges, Saint-Joseph et Eau Noire (**figure 1-6** ci-dessus).

Diachronique sur la limite Praguien – Emsien, la **Formation de Pernelle** (40 à 60 m près de Couvin et jusqu'à 600 m dans la région de Hotton) se compose de grès et quartzites bleu vert avec une intercalation médiane de shales et siltites foncés. La **Formation de Pesche** (160 à 700 m) la surmonte avec des shales et siltites interstratifiés de minces bancs et lentilles de grès dont quelques bancs coquilliers à ciment carbonaté. Les quartzites et grès plus ou moins pélitiques de la **Formation de Vireux** (100 à 400 m) s'organisent en masses épaisses séparées les unes de autres par des niveaux argilo-silteux gris foncés à verdâtres. La **Formation de Chooz**, d'une épaisseur de 320 à 800 m, se compose de masses de grès pélitiques à quartzitiques avec des intercalations de shales et siltites dans sa partie inférieure tandis que la majeure partie supérieure de la formation comprend des shales et siltites dans lesquelles s'intercalent des bancs et lentilles gréseuses pouvant atteindre 10 à 14 m d'épaisseur. Surmontant la Formation de Chooz, les lithologies de la **Formation de Hierges** (170 à 330 m) comprennent majoritairement des argilo-siltites contenant par endroits des plages de ciment calcaire et dans lesquelles s'intercalent de nombreux bancs de grès et de grès calcaire souvent fossilifères. La **Formation de Saint-Joseph**, d'une épaisseur d'environ 45 m, se compose de siltites gréseuses et de siltites carbonatées à intercalations de bancs de calcaire coquiller. Sa base correspond au premier banc de calcaire coquiller massif qui suit la Formation de Hierges. Enfin, la **Formation de l'Eau Noire** (60 à 100 m), diachronique sur la limite *Emsien* – *Eifelien* (limite Dévonien inférieur / Dévonien moyen), se caractérise par des calcaires silteux à intercalations de bancs pluricentimétriques de calcaire argileux.

Par leur composante carbonatée, ces deux dernières formations géologiques se démarquent assez bien du caractère détritique qui caractérise la sédimentation du Dévonien inférieur. Les premiers bancs calcaires observés au sommet de l'*Emsien* constituent des prémices concrètes à un régime transgressif plus radical qui va s'installer au Dévonien moyen.

En bordure orientale du Synclinorium de Dinant, depuis la région de Hampteau (près de Hotton) jusqu'au voisinage de la faille de Xhoris, la **Formation de Hampteau**, constituée de grès graveleux, conglomérats, siltites et shales, s'intercale entre les formations de Saint-Joseph et de Chooz. Elle constitue donc un équivalent latéral de la Formation de Hierges (variation latérale de faciès ayant peu d'incidence d'un point de vue hydrogéologique). Sa puissance maximale varie entre 500 et 1000 m.

Enfin, l'*Emsien* affleure également en bordure Nord de la masse d'eau souterraine RWM022 (et donc du Synclinorium de Dinant) où il est représenté par la **Formation de Burnot**. Celle-ci s'y compose de grès conglomératiques et de poudingues à galets de tourmalinite dans sa partie inférieure, de schistes rouge brique à intercalations de grès dans sa partie médiane et se termine par une épaisse barre de poudingue à galets ovaires et matrice argilo-silteuse. Son épaisseur totale y avoisine les 250 m.

b) Formations géologiques du Dévonien moyen

Les formations du Dévonien moyen, qui appartiennent aux étages ***Eifelien*** et ***Givetien***, affleurent en bordure méridionale des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 sur toute leur extension Ouest – Est où elles forment en partie l'unité morpho-structurale communément appelée Calestienne. Elles sont également représentée (pour le *Givetien* seul) au sein du Massif ou Anticlinorium de Philippeville, à proximité de la ville du même nom. Enfin, elles affleurent également dans la moitié Nord de la masse d'eau souterraine RWM022, dans la région du « Condroz de l'Entre-Sambre-et-Meuse occidental ». La **figure 1-8** synthétise et corrèle l'ensemble des formations du Dévonien moyen de la Belgique.

La transition du Dévonien inférieur au Dévonien moyen se marque par le passage du régime nettement régressif qui caractérise l'*Emsien* (Dévonien inférieur) à un régime transgressif très marqué qui se met progressivement en place à l'***Eifelien*** et qui se prolonge de manière encore plus prononcée durant le ***Givetien***. Comme lors de la première pulsation transgressive du Dévonien inférieur (*Lochkovien* – *Praguien*), la progression du littoral se fait du Sud vers le Nord. Elle permet à la mer de franchir le seuil que constituait la bande calédonienne du Condroz (Bande de Sambre-et-Meuse de la **figure 1-4**) et d'envahir la partie méridionale du futur Synclinorium de Namur. Concrètement, cette seconde grande transgression dévonienne se marque dans les lithologies par une disparition progressive des faciès terrigènes au profit de faciès argilo-calcaires et par l'apparition des premiers calcaires construits.

De par le principe même d'une sédimentation marine en régime transgressif ou régressif (dépôts proximaux à distaux) ainsi qu'en raison d'un compartimentage en petits blocs tectoniques dont les effets se font sentir en bordure Sud du Synclinorium de Dinant (Bultynck *et al.*, 1991), des variations latérales de faciès parfois très importantes sont observées. Déjà bien présentes au Dévonien inférieur, elles s'accentuent au Dévonien moyen et au Dévonien supérieur dans les deux masses d'eau souterraines étudiées. Ces variations, susceptibles d'influencer significativement le comportement des nappes d'eau souterraine, seront décrites au fur et à mesure qu'elles apparaîtront dans l'ordre stratigraphique.

Eifelien

En bordure Sud du Synclinorium de Dinant, la lithostratigraphie de l'Eifelien de la Calestienne comprend quatre formations géologiques. A la base de l'Eifelien, la **Formation de Couvin** se caractérise par des calcaires crinoïdiques et des calcaires à stromatopores et coraux avec une intercalation de calcaires argileux. D'une épaisseur de 380 m à Couvin (stratotype), cette formation s'amincit considérablement entre Nismes et Givet pour disparaître complètement à l'Est de cette dernière localité au profit de la **Formation de Jemelle** (variation latérale de faciès aux implications hydrogéologiques potentiellement importantes et qui est illustrée à la **figure 1-9**). Cette seconde formation de l'Eifelien, d'une épaisseur maximale de 600 m, présente une lithologie composée de shales et siltites souvent carbonatés à rares nodules ou lentilles calcaires qui précède une alternance de bancs minces de calcaires et de shales nodulaires. Le sommet de la Formation de Jemelle comprend des édifices de calcaires construits notamment dans les régions de Macon, Couvin, Nismes et Wellin.

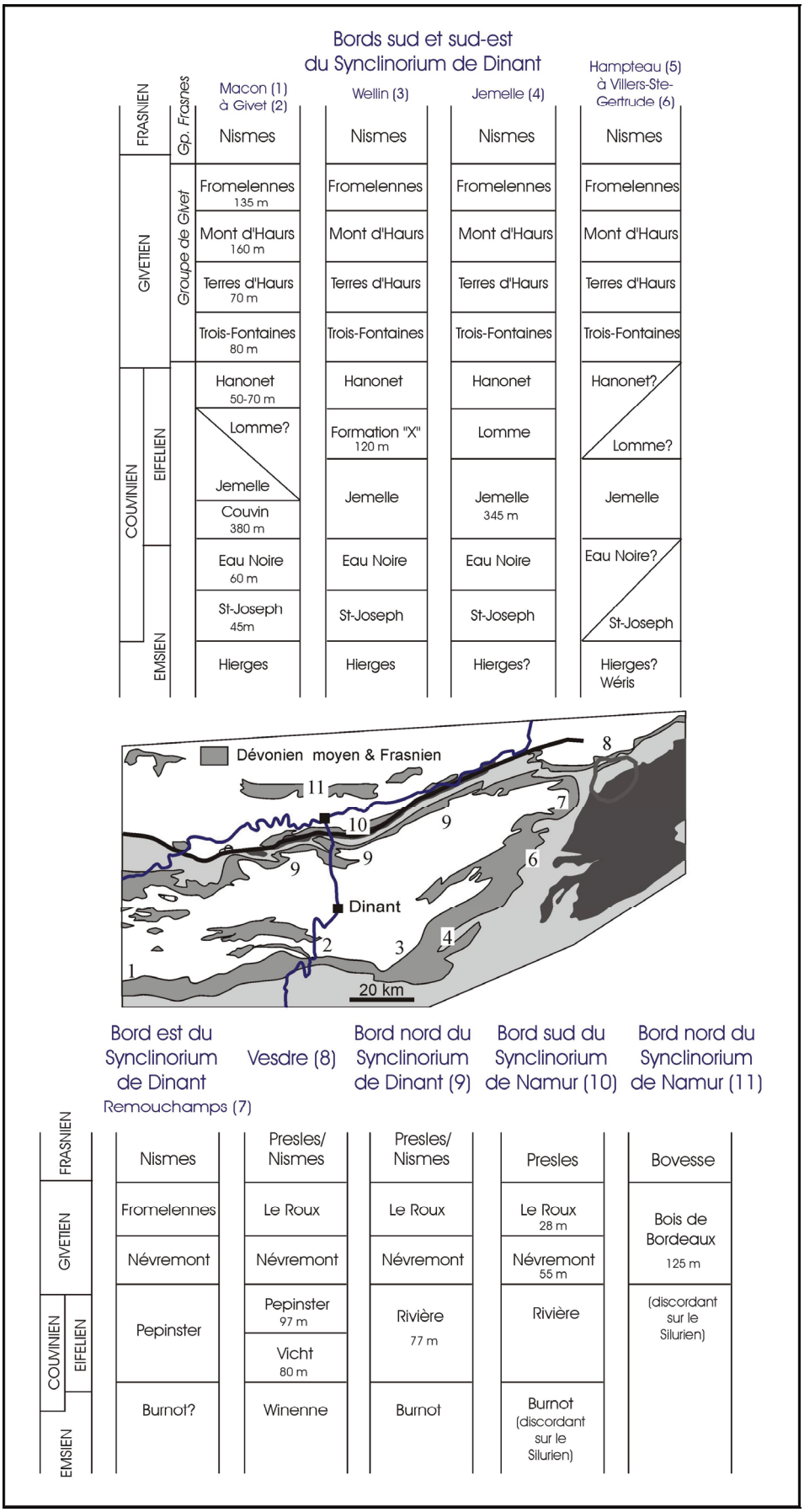


Figure* 1-8. *Formations géologiques du Dévonien moyen de la Belgique (Bultynck et al., 1991, modifié par Boulvain, 2006)

A l'Est de la localité de Tellin, la partie supérieure de la Formation de Jemelle laisse place à un équivalent latéral qui est la **Formation de la Lomme**. D'une épaisseur pouvant atteindre 160 à 190 m, cette formation se caractérise par un retour à une sédimentation nettement détritique et se compose essentiellement de shales et siltites gréseuses à faible composante carbonatée encadrés à la base et au sommet par des niveaux de grès et quartzite à ciment légèrement carbonaté. Le sommet de la formation montre la réapparition de bancs de calcaires dolomitiques parfois gréseux qui correspondent au retour à une sédimentation franchement carbonatée qui caractérise la **Formation d'Hanonet**, dernière unité lithologique de l'*Eifelien*, diachronique sur la limite avec le *Givetien*. La Formation d'Hanonet (50 à 70 m) se compose de calcaires argileux alternant avec des niveaux de calcshales qui confèrent à l'ensemble un aspect noduleux.

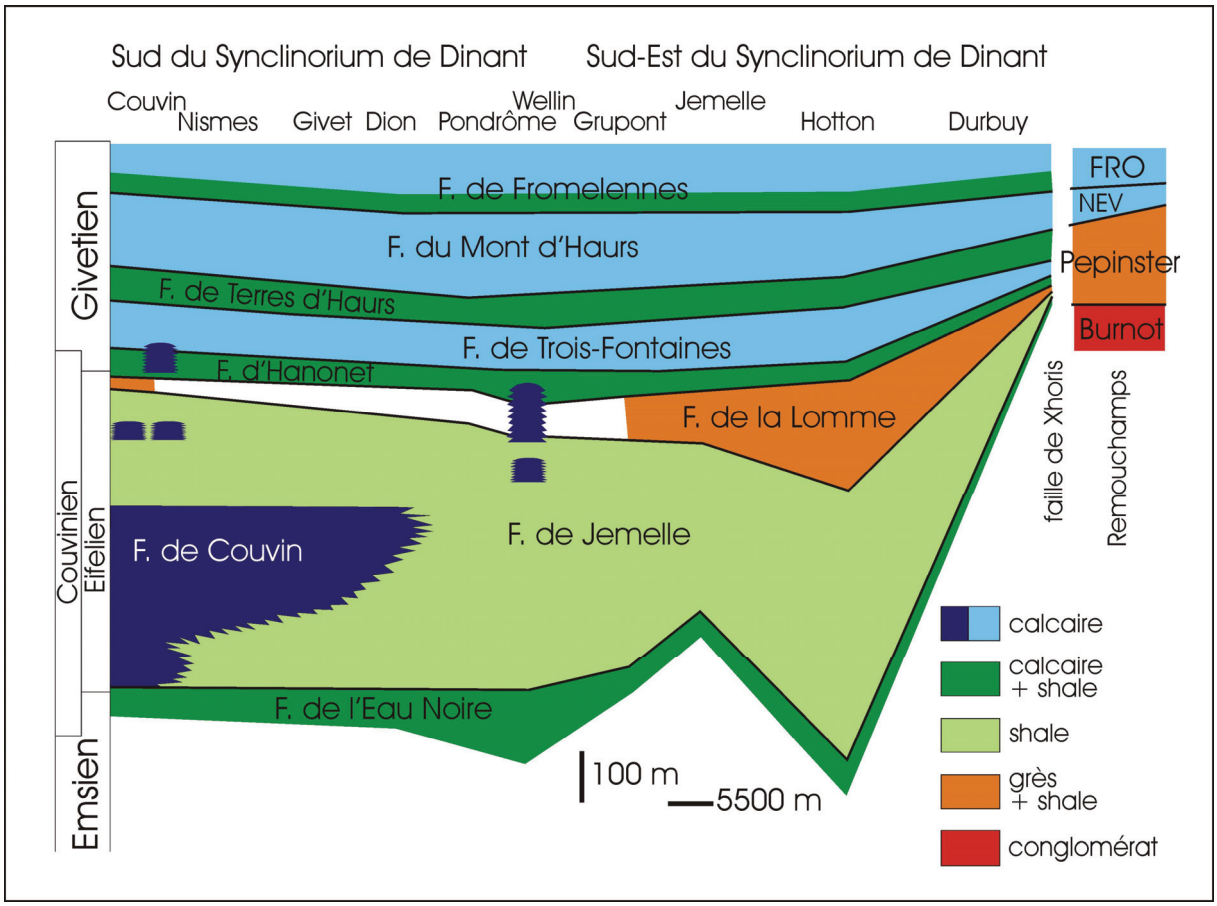


Figure 1-9. Relations géométriques schématisées des formations du Dévonien moyen au Sud du Synclinorium de Dinant (Bultynck et Dejonghe, 2001, modifié par Boulvain, 2006)

En bordure Nord du Synclinorium de Dinant, dans la masse d'eau souterraine RWM022, l'*Eifelien* n'est représenté que par la **Formation de Rivière**. D'une épaisseur de 90 à 120 m, elle s'y compose d'une série hétérogène de shales, de grès et de calcaires qui surmonte l'épaisse barre sommitale de poudingue de la Formation de Burnot.

Givetien

Surmontant l'*Eifelien*, les quatre formations géologiques (Trois-Fontaines, Terres d'Haurs, Mont d'Haurs et Fromelennes) qui font partie du ***Givetien*** montrent bien le caractère très prononcé de la seconde grande pulsation transgressive dévonienne entamée au cours de l'*Eifelien*. Elles se caractérisent par une forte diminution des apports terrigènes et une nette dominance des lithologies calcaires.

La **Formation de Trois-Fontaines** comprend dans sa partie inférieure des calcaires crinoïdiques francs surmontés d'un biostrome plurimétrique tandis que sa partie supérieure se compose principalement de calcaires fins laminaires localement bioclastiques. Son épaisseur varie d'environ 30 à 100 m. La **Formation des Terres d'Haurs** (70 m), qui surmonte la Formation de Trois-Fontaines, se compose principalement de calcaires argileux (parfois calcshales) foncés. La composante nettement plus argileuse témoigne d'une ouverture du milieu de sédimentation avec mise en place de dépôts marins à plus grande profondeur (dépôts subtidaux). L'unité lithologique suivante est la **Formation du Mont d'Haurs**. D'une épaisseur de 160 à 200 m, elle est caractérisée par une alternance, en bancs épais, de calcaires biostromaux et de calcaires fins localement argileux typiques d'un milieu de sédimentation plus confiné. Enfin, la **Formation de Fromelennes** (110 à 200 m) montre un épisode régressif mineur avec, à sa base, des calcaires argileux noduleux avec des passées de shales, dans sa partie médiane une alternance de calcaires fins parfois dolomitiques et de calcaires construits biostromaux pour se terminer par des calcaires argileux parfois coquillers de faciès pré-évaporitique.

Dans la partie orientale du Synclinorium de Dinant, dans la région de Remouchamps, le trinôme Trois-Fontaines, Terres d'Haurs et Monts d'Haurs passent latéralement à la **Formation de Névremont**, constituée de calcaires fins organoclastiques et de calcaires grenus et oolithiques. Cette formation est surmontée dans cette zone par la Formation de Fromelennes.

Enfin, en bordure Nord du Synclinorium de Dinant (masse d'eau souterraine RWM022), la Formation de Fromelennes passe latéralement à la **Formation du Roux**. Caractérisée par des shales, des dolomies et des calcaires gréseux, son épaisseur maximale est de l'ordre de 85 m.

c) Formations géologiques du Dévonien supérieur

Les formations géologiques du Dévonien supérieur se répartissent sur deux étages qui sont le ***Frasnien*** et le ***Famennien***. La zone d'affleurement du ***Frasnien*** est étroitement associée à celle du *Givetien* à savoir la Calestienne en bordure méridionale des deux masses d'eau étudiées, l'Anticlinorium de Philippeville et le « Condroz de l'Entre-Sambre-et-Meuse ». Le ***Famennien*** complète la couverture d'affleurement des terrains qui constituent le sous-sol des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023. Il occupe principalement les parties centrale et septentrionale de celles-ci (Dépression de la Fagne – Famenne, bordure méridionale du Condroz et « Condroz de l'Entre-Sambre-et-Meuse occidental »).

La seconde grande pulsation transgressive entamée à l'*Eifelien* (Dévonien moyen) se poursuit au *Frasnien*. La mer progresse encore plus loin vers le Nord et recouvre totalement le Massif du Brabant pour atteindre le Bassin de Campine. Les faciès sédimentaires évoluent vers des lithologies mixtes calcaro-détritiques. Cet important épisode transgressif prend fin au *Famennien* au cours duquel un important mouvement régressif s'amorce, marqué principalement par le retour progressif de faciès littoraux terrigènes liés à un relèvement des domaines continentaux à mettre en relation avec l'orogenèse varisque.

Frasnien

La base transgressive du Frasnien est caractérisée par des shales avec localement quelques faciès carbonatés à la base qui constituent la **Formation de Nismes** (**figure 1-10**). D'une épaisseur variant entre 27 et 44 m en bordure Sud du Synclinorium de Dinant, elle est également observée dans l'Anticlinorium de Philippeville ainsi qu'en bordure Nord du Synclinorium de Dinant dans la masse d'eau souterraine RWM022 où sa puissance est

cependant réduite à moins de 20 m. Localement, la Formation de Nismes peut montrer quelques faciès calcaires à hématite oolithique clairsemée caractéristiques de la **Formation de Presles** (notamment dans la région de Hotton). Cette formation n'existe normalement qu'aux bords Nord du Synclinorium de Dinant et Sud du Synclinorium de Namur.

En bordure Sud du Synclinorium de Dinant ainsi que dans la partie orientale de l'Anticlinorium de Philippeville, la suite de la lithostratigraphie du *Frasnien*, illustrée à la **figure 1-10**, repose principalement sur la superposition de trois niveaux de monticules récifaux carbonatés, curiosités géologiques de réputation mondiale par leur abondance dans cette zone de la Wallonie.

L'unité lithologique associée au premier niveau récifal est la **Formation du Moulin Liénaux** qui se compose de trois membres. A la base, le Membre de Chalon (5 à 10 m) est constitué de calcaires schisteux gris alternant avec de petits bancs de calcaire argileux et noduleux gris. Il évolue vers un calcaire franc bien stratifié lorsqu'il constitue la semelle d'un bioherme sus-jacent. Le niveau récifal, qui constitue le Membre de l'Arche, se compose de lentilles biohermales d'épaisseur hectométrique pour un diamètre plurihectométrique formées de calcaires massifs fins. Ces lentilles sont envasées dans le troisième membre, le Membre de l'Ermitage (jusqu'à 115 m à Boussu-en-Fagne), composé de shales fins gris-vert foncé riches en niveaux de nodules calcaires et en bancs minces pluricentimétriques de calcaires argileux. L'épaisseur totale de la Formation du Moulin Liénaux atteint 100 à 150 m.

Le niveau récifal intermédiaire fait partie de la **Formation des Grands Breux**. Les trois membres qu'elle comprend sont, à sa base, le Membre de Bieumont (10 à 40 m), formé de calcaires fins argileux foncés stratifiés avec localement des intercalations de shales dans la partie supérieure et, à son sommet, le Membre de Boussu-en-Fagne (jusqu'à 80 m) composé de shales à nodules calcaires et rares bancs pluricentimétriques de calcaire argileux. Latéralement, le niveau récifal (Membre du Lion) vient s'intercaler entre les deux premiers membres de la formation (en se substituant parfois presque entièrement à ceux-ci) sous forme de lentilles biohermales de grandes dimensions (puissance pouvant atteindre 150 m pour un diamètre kilométrique). Ces lentilles sont constituées de calcaires massifs fins à grossiers. D'une grande pureté chimique, les calcaires du Membre du Lion sont notamment exploités dans la masse d'eau souterraine RWM023 à Frasnes (société CARMEUSE) et à Rochefort (société LHOIST). L'épaisseur totale de la Formation des Grands Breux varie entre 80 et 150 m.

La **Formation de Neuville** (25 à 110 m), enfin, clôture l'épisode récifal du *Frasnien*. Constituée de shales verts et bruns à nodules calcaires allongés, sa base est souvent caractérisée par la présence de quelques bancs décimétriques à pluridécimétriques de calcaires argileux. Le niveau récifal (Membre du Petit-Mont) consiste en des lentilles biohermales relativement peu différenciées formées de calcaire massif rouge et gris, d'épaisseur pluridécamétrique et de diamètre hectométrique.

L'étage *Frasnien* est typiquement caractérisé par des variations latérales de faciès très importantes qui ont des implications hydrogéologiques non négligeables sur les nappes d'eau souterraine contenues dans les formations géologiques qui le composent. Ces variations latérales sont illustrées à la **figure 1-10**.

Ainsi, au bord occidental de l'Anticlinorium de Philippeville, dans la partie orientale du Synclinorium de Dinant au-delà de Durbuy et dans l'Entre-Sambre-et-Meuse, la succession lithostratigraphique est significativement modifiée. La Formation du Moulin Liénaux passe latéralement à la **Formation du Pont de la Folle**, exempte d'édifices récifaux et constituée à sa base par plusieurs dizaines de mètres de calcaires bien stratifiés (Membre de la Fontaine Samart) et à son sommet par des shales plus ou moins noduleux (Membre des Machenées).

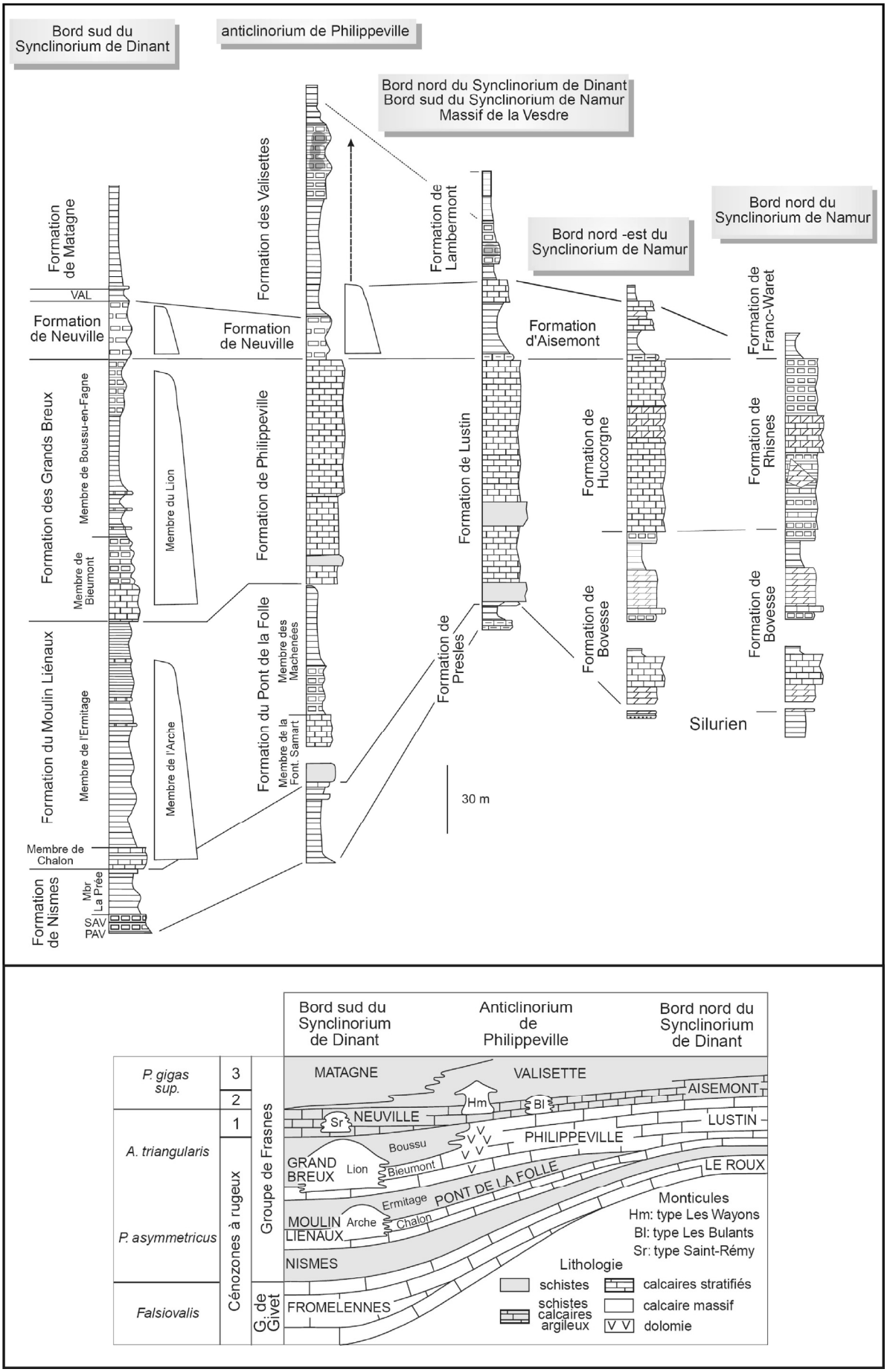


Figure 1-10. Corrélations lithostratigraphiques et relations géométriques des formations géologiques du Frasnien (Boulvain et al., 1999)

L'épaisseur de la Formation du Pont de la Folle varie de 80 à 100 m. Surmontant cette dernière, les trois membres de la Formation des Grands Breux évoluent latéralement vers la **Formation de Philippeville**. Principal niveau carbonaté du *Frasnien* dans cette zone, la Formation de Philippeville se compose de calcaires d'allure massive à bien stratifiée incluant, selon les endroits, un à deux complexes biostromaux. Une dolomitisation peut l'affecter en tout ou en partie (dolomies exploitées à Merlemont par la société Lhoist). La Formation de Neuville persiste mais avec une épaisseur moindre (10 à 20 m). Elle est surmontée par les shales fins finement feuilletés à nodules calcaires de la **Formation des Valisettes**. Son épaisseur varie d'environ 40 m dans l'Entre-Sambre-et-Meuse à au moins une centaine de mètres dans l'Anticlinorium de Philippeville. Le troisième et dernier niveau récifal du *Frasnien* (Membre du Petit-Mont), particulièrement bien exprimé dans l'Anticlinorium de Philippeville, se répartit alors sur ces deux dernières formations (Neuville et Valisettes).

Dans la région d'Aywaille, les shales du Membre des Machenées s'effacent progressivement et les calcaires construits et stratifiés des Formations du Pont de la Folle et de Philippeville ne forment plus qu'une seule unité lithologique appelée **Formation de Lustin** (50 à 110 m). La Formation de Neuville y passe latéralement à la **Formation d'Aisemont** constituée d'un vingtaine de mètres de calcaires argileux, shales nodulaires et calcaires ou dolomies.

La fin du *Frasnien* se caractérise par une généralisation de la sédimentation terrigène avec la mise en place de la **Formation de Matagne** en bordure sud du Synclinorium de Dinant. Son épaisseur y varie d'environ 40 à 120 m et elle se compose de shales vert foncé à noirs contenant quelques nodules aplatis de calcaire et de rares bancs lenticulaires carbonatés. Dans l'Anticlinorium de Philippeville, la Formation de Matagne est très réduite et surmonte la Formation des Valisettes. Dans l'Est du Synclinorium de Dinant, dans la région de Barvaux et jusqu'à Aywaille, la Formation de Matagne passe latéralement à la **Formation de Barvaux**, constituée d'une centaine de mètres de shales violacés à lumachelles de brachiopodes.

Famennien

L'importante régression qui suit le *Frasnien* se marque dès la base du *Famennien*. Les cinq principales formations géologiques à dominante détritique qui constituent cet étage dans les deux masses d'eau souterraine étudiées (Famenne, Aye, Esneux, Souverain-Pré et Ciney) montrent une nette tendance au passage de faciès distaux et profonds à des faciès proximaux peu profonds et ce dans un contexte de sédimentation régressif et progradant. Bien que caractérisées par des variations latérales de faciès, ces formations se succèdent de manière relativement uniforme sur l'ensemble du territoire couvert par les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023.

La première unité lithologique famennienne correspond à la **Formation de la Famenne**. Composée d'un ensemble homogène de shales silteux et micacés de couleur variable, son épaisseur varie d'environ 50 à 100 m. Elle est surmontée par la **Formation d'Aye** (100 à 200 m) qui consiste en une alternance de shales, siltites et grès très fins argileux bien stratifiés. Ces deux formations, souvent cartographiées ensemble, reflètent des conditions de sédimentation infratidales. Sus-jacente à la Formation d'Aye, la **Formation d'Esneux** (100 à 250 m) montre une composition lithologique constituée de grès fins micacés en bancs pluricentimétriques à décimétriques interstratifiés de siltites et de shales en niveaux centimétriques à pluricentimétriques. Cette formation s'est mise en place en milieu subtidal, dans la zone d'action des vagues. Traduisant une faible pulsation transgressive, la **Formation de Souverain-Pré** comprend, à sa base, des shales et grès

calcareux micacés en bancs décimétriques à pluridécimétriques passant rapidement à des calcaires argileux noduleux. Son épaisseur varie de 35 à 140 m. Au *Famennien* supérieur, la sédimentation devient principalement gréseuse et la **Formation de Ciney** se met en place. D'une épaisseur variant d'environ 100 à plus de 200 m, elle se compose de grès à grains fins souvent calcareux et de siltites gréseuses avec des intercalations de siltites fines et argileuses.

Latéralement, dans la région de Sivry – Rance (masse d'eau souterraine RWM022), les formations famenniennes postérieures à la Formation de Souverain-Pré ne sont plus comparables aux dépôts essentiellement gréseux de la Formation de Ciney. Ainsi, comme le montre la **figure 1-11**, le Famennien supérieur de l'extrémité occidentale du bord Sud du Synclinorium de Dinant montre des faciès beaucoup plus argileux avec une nette dominance de shales. Ceux-ci y constituent la **Formation de Sains**, équivalent latéral de la Formation de Ciney (psammites de Montfort de la **figure 1-11**) qui surmonte alors directement les calcaires noduleux et shales à nodules calcaires de la Formation de Souverain-Pré.

La fin du *Famennien* est caractérisée par la reprise d'un mouvement transgressif significatif qui repousse le littoral vers le Nord et auquel correspond la **Formation d'Etroeungt**. Cette dernière, d'épaisseur fort variable et pouvant atteindre 200 m, montre des alternances de shales et de grès argileux dans lesquels s'intercalent progressivement des shales calcareux, des grès à ciment calcaire et des calcaires crinoïdiques. Ces derniers deviennent prépondérants au sommet de la formation, annonçant le caractère franchement carbonaté de la sédimentation de l'Hastarien (grande pulsation transgressive marine d'origine méridionale qui caractérise le Dinantien).

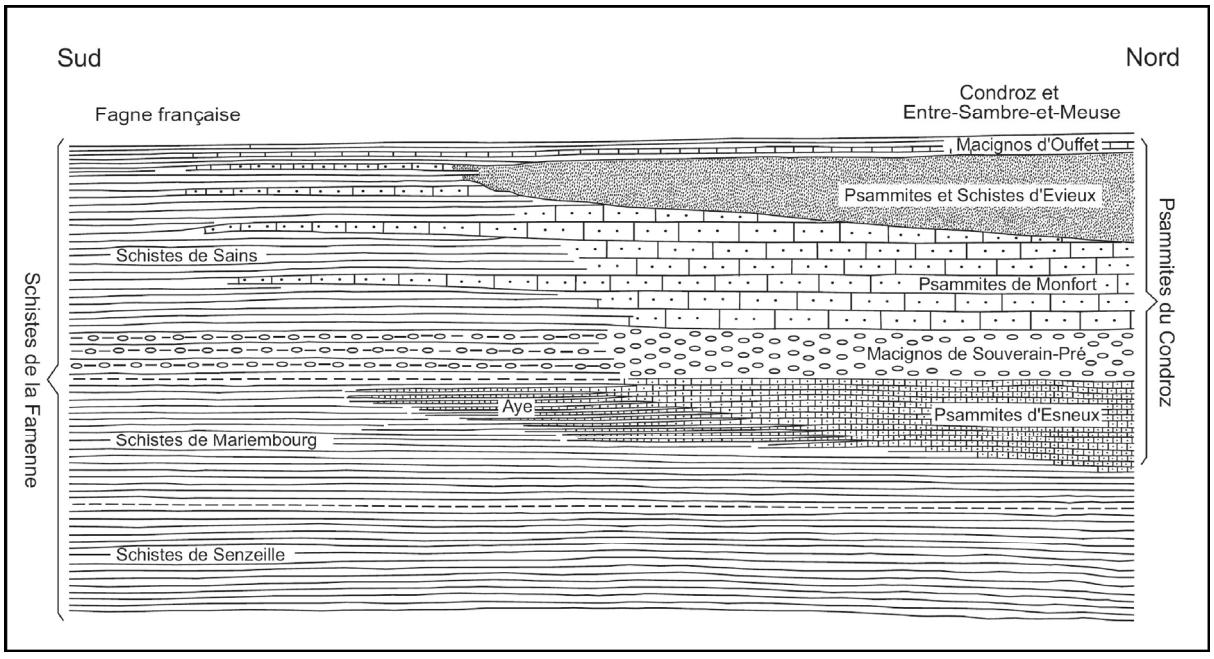


Figure 1-11. Coupe schématique montrant les relations entre les différents faciès du Famennien du bord occidental du Synclinorium de Dinant – ancienne nomenclature (Leriche, 1929)

d) Formations géologiques du Tournaisien (Carbonifère inférieur - Dinantien)

Les formations carbonatées des étages *Hastarien* et *Ivorien* ne sont représentées que de manière très limitée dans la masse d'eau souterraine RWM022. Elles ne sont observées que très localement dans le cœur d'une structure synclinale au Sud de la localité de Strée, depuis la **Formation d'Hastière** (*Hastarien*) jusqu'à la **Formation de Leffe** (*Ivorien*).

Au vu du caractère très restreint de leur affleurement et étant donné le rôle très limité qu'elles jouent d'un point vue hydrogéologique, ces formations essentiellement calcaires ne seront pas décrites de manière détaillée dans ce document. Le lecteur soucieux d'avoir plus d'informations à leur sujet est invité à consulter les notices explicatives des cartes géologiques Silenrieux – Walcourt (52/7-8 ; Dumoulin & Marion, 1997) et Philippeville - Rosée (53/5-6 ; Boulvain & Marion, 1994).

e) Formations géologiques de couverture post – paléozoïques (Secondaire – Tertiaire – Quaternaire)

Bien qu'omniprésents au sein des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, les terrains de couverture du Secondaire, du Tertiaire et du Quaternaire y affleurent généralement de manière localisée et peu épaisse.

Les dépôts datant du Mésozoïque (Secondaire) ne sont représentés que dans la moitié Nord de la masse d'eau souterraine RWM022. Les rares affleurements visibles appartiennent au **Groupe de Marbaix**. Daté du Crétacé, il comprend à sa base une unité lithologique constituée d'argile compacte verte et à son sommet une seconde unité crayeuse glauconieuse dans sa partie inférieur et à silex dans sa partie supérieure. Cette seconde unité s'altère localement en marne ou en argile.

La couverture tertiaire est représentée de manière beaucoup plus large mais ponctuelle sur l'ensemble du territoire couvert par les deux masses d'eau étudiées. Elle consiste d'une part en des dépôts argilo-sableux indifférenciés en placages et lambeaux sur le socle dévonien et d'autre part en des dépôts argilo-sableux piégés dans des poches de dissolution karstique développées au sein des calcaires eifelien, givetien et frasnien. Ces dépôts sont généralement regroupés sous l'abréviation '**SBL**' (pour sables).

Les dépôts quaternaire peuvent être répartis en trois catégories. D'abord, les **limons et loess** (limons d'origine éolienne) constituent une couverture d'épaisseur variable (pouvant atteindre plusieurs mètres) en placages plus ou moins étendus sur les plateaux. Ensuite, les **alluvions anciennes** se distribuent en niveaux de terrasses plus ou moins proches du tracé actuel des grands cours d'eau que sont notamment la Meuse et l'Ourthe. Enfin, les **alluvions modernes** s'étalent plus ou moins largement en fond de vallée et correspondent aux dépôts associés à l'écoulement et aux crues des cours d'eau actuels. Les alluvions anciennes et modernes sont composées de sables, limons, graviers et galets résultant de l'érosion passée et présente du substrat local et régional.

1.3.2.2 Structuration géologique et tectonique

De manière simplifiée, l'histoire géologique des terrains qui constituent le sous-sol des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 peut se décrire en une succession de plusieurs grands épisodes :

(1) Depuis le Cambrien jusqu'au Silurien (530 à 400 Ma), une importante série sédimentaire se dépose sur l'ensemble de ce qui constitue la Wallonie actuelle ;

(2) Cette pile sédimentaire cambro-silurienne est plissée et faillée lors des différentes phases de l'orogenèse calédonienne. Cette dernière provoque la surrection des massifs calédoniens ardennais belges et, de manière plus large, le soulèvement d'une importante chaîne de montagne qui s'étend, sur des domaines à l'époque contigus, depuis le Nord-Est des Etats-Unis et du Canada jusqu'en Norvège en passant par le Groenland, l'Irlande, l'Ecosse et le Pays de Galles (420 à 380 Ma) ;

(3) Les massifs calédoniens, qui ont été érodés et aplanis, sont recouverts par une série sédimentaire épaisse discordante d'âge dévonien à carbonifère (transgression dévono-dinantienne) qui les recouvre complètement (400 à 290 Ma) ;

(4) Lors de l'orogenèse varisque (tectonique hercynienne), la pile sédimentaire dévono-carbonifère subit une importante phase compressive qui a consisté en un raccourcissement général orienté SSE – NNW avec plissement des formations paléozoïques en une série de synclinoria et anticlinoria découpés par de multiples failles longitudinales de chevauchement (360 à 290 Ma) ;

(5) Après une seconde phase d'érosion et de pénéplanation, le socle paléozoïque est l'objet, lors d'une nouvelle phase transgressive, d'une sédimentation discordante généralement meuble d'âge méso-cénozoïque (Secondaire et Tertiaire) ;

(6) Depuis la fin du Tertiaire, le soulèvement de la pénéplaine épivarisque, qui se poursuit encore actuellement, a entraîné la genèse du relief que nous connaissons et l'érosion complète de la couverture méso-cénozoïque dont il ne subsiste plus que des témoins localisés sous forme de lambeaux ou placages résiduels sur les plateaux ou de remplissage de poches de dissolution karstique.

Les traits structuraux majeurs qui caractérisent le sous-sol des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 se sont dessinés au Paléozoïque supérieur pendant l'orogenèse varisque (épisode **(4)** ci-dessus) et plus particulièrement pendant la phase asturienne de ce cycle orogénique. Les événements tectoniques post-paléozoïques (comme par exemple l'orogenèse alpine ou l'ouverture du graben du Rhin) affecteront dans une moindre mesure la structure paléozoïque du Synclinorium de Dinant.

Le raccourcissement de direction SSE – NNW qui résulte de l'orogenèse varisque (ou hercynienne) a entraîné la formation d'une importante chaîne de montagne dont les vestiges affleurent depuis le Portugal jusqu'à la Bohême en passant par les Vosges, la Forêt Noire, le Massif central, l'Ardenne, le sud de l'Irlande et les Cornouailles (Matte, 1986, 1991). L'extension de cette chaîne, classiquement citée sous le nom de Variscides, atteint en Europe près de 3000 km pour une largeur moyenne de 700 km. Plusieurs domaines tectonométamorphiques y ont été distingués. Parmi ceux-ci, le domaine Rhénohercynien, en position externe Nord au sein des Variscides (**figure 1-12**) est l'unité tectonométamorphique qui inclus le Massif Allochtone de l'Ardenne dont le Synclinorium de Dinant fait partie. C'est à cette époque que le charriage du Condroz provoque la translation vers le nord du Synclinorium de Dinant et de l'Ardenne le long d'un niveau de décollement majeur constitué pour rappel par la succession Faille du Midi, Faille Eifelienne et Faille d'Aachen. Cette zone intensément faillée constitue donc non seulement la limite entre le Synclinorium de Dinant au Sud et le Synclinorium de Namur au Nord mais, à une plus large échelle, elle sépare également les deux domaines tectonométamorphiques que sont la zone Rhénohercynienne au Sud et le Massif du Brabant – Londres au Nord.

Au sein du Synclinorium de Dinant, le raccourcissement du Massif Allochtone de l'Ardenne, constitué d'une succession de formations géologiques compétentes (calcaires, grès,...) et incompétentes (siltites, shales,...), s'exprime d'abord par des déformations internes (association de plis, de failles, de surfaces de glissement interbancs) puis, par des mouvements de translation nord-sud matérialisés par des chevauchements (failles de charriage et rétro-charriage) responsables de la duplication de certaines séries lithologiques ou au contraire, de leur disparition.

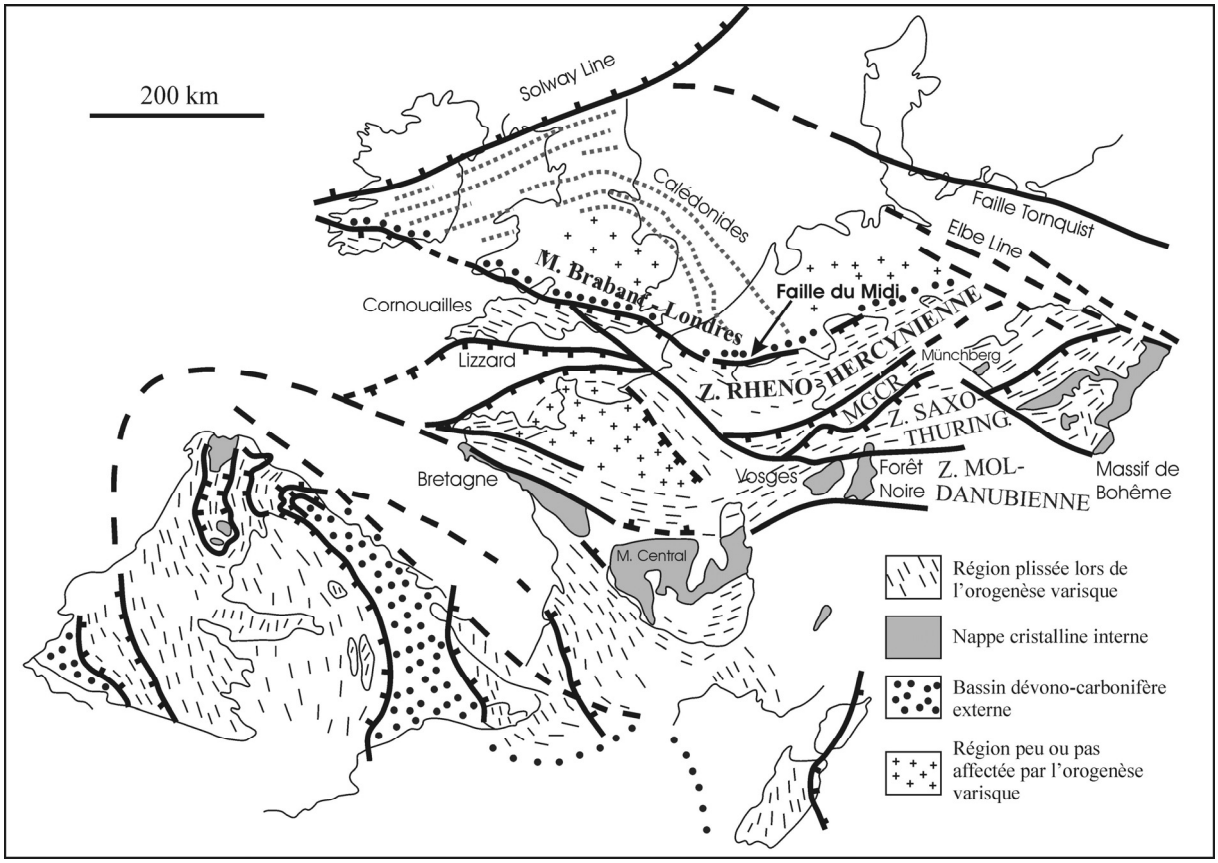


Figure 1-12. Domaines tectonométamorphiques des Variscides en Europe de l'Ouest lors de l'orogenèse varisque (Matte, 1986, modifié par Boulvain, 2006)

Les structures plissées liées à la propagation du front de la déformation varisque se sont développées suivant des ordres de grandeur distincts. Les plis d'**ordre 1**, d'échelle pluridécakilométrique, correspondent, pour les deux masses d'eau étudiées, au Synclinorium de Dinant et à l'Anticlinorium de Philippeville. Ces deux entités structurales d'ordre 1 sont bordées à leurs limites Nord par d'importantes failles frontales de charriage à pente Sud pour le Synclinorium de Dinant (Faille du Midi – Faille Eifelienne) et de rétro-charriage à pente Nord pour l'Anticlinorium de Philippeville.

Le Synclinorium de Dinant et l'Anticlinorium de Philippeville peuvent être décomposés en structures plissées d'**ordre 2**. D'échelle plurikilométrique, ces plis correspondent typiquement à la succession des synclinaux calcaires carbonifères et anticlinaux gréseux famenniens qui caractérise le Condroz, des synclinaux schisto-gréseux et des anticlinaux à cœurs calcaires dévoniens de son prolongement occidental (« Condroz occidental de l'Entre-Sambre-et-Meuse ») et des 6 grands anticlinaux et synclinaux qui structurent l'Anticlinorium de Philippeville (carte géologique Sautour – Surice 58/1-2 ; Dumoulin & Marion, 1997). Il s'agit également des structures plissées qui affectent la série d'apparence « monoclinale » assez redressée de la Calestienne sur toute la bordure Sud du Synclinorium de Dinant. Ces structures caractéristiques correspondraient dans chaque cas à la succession d'un anticlinal et d'un synclinal d'ordre 2 à ennoyage faible vers le Nord-Est associés à une composante tectonique post-hercynienne et qui, vus en plan, font apparaître des structures typiques en forme de 'Z' (**figure 1-13**).

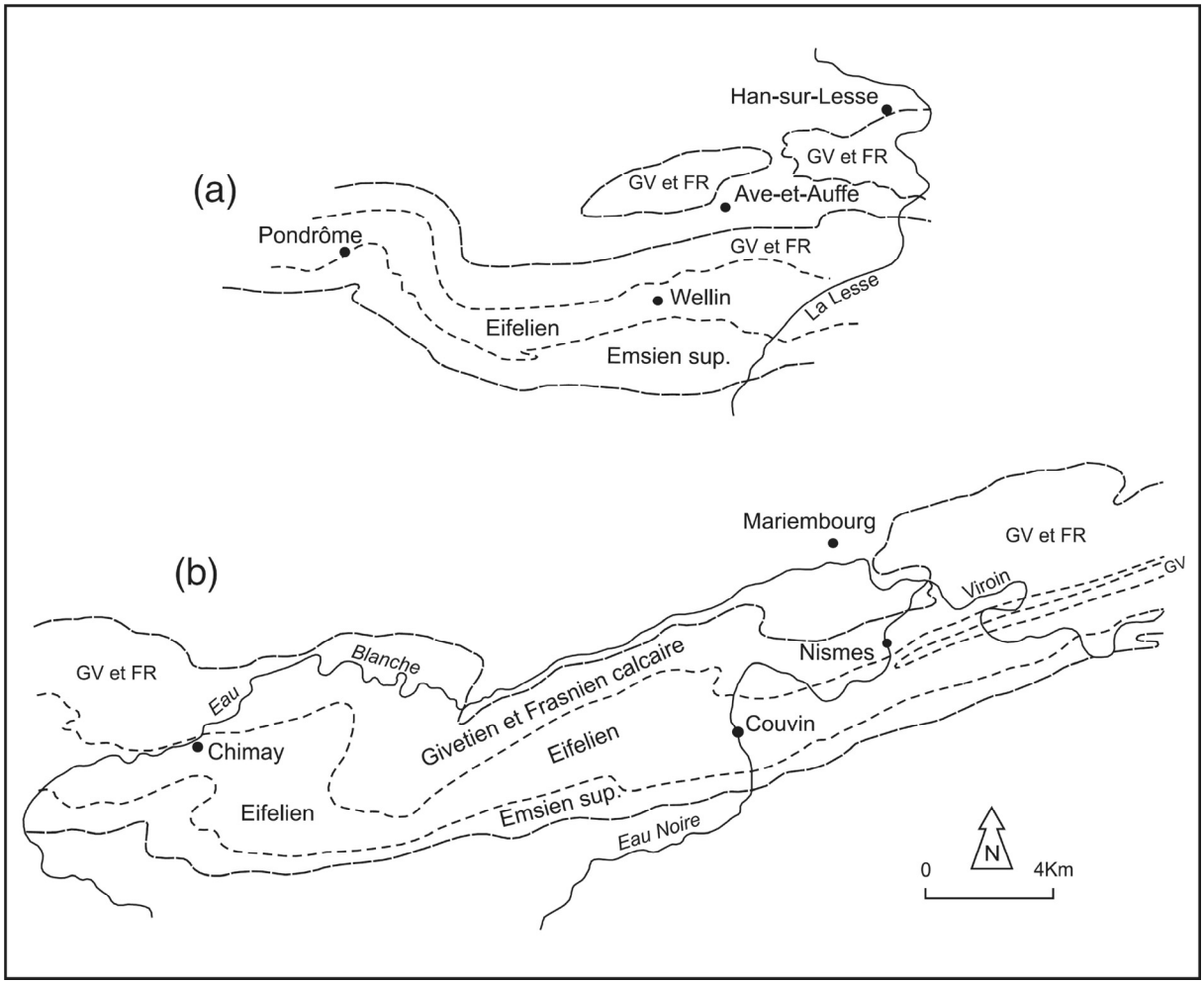


Figure 1-13. Comparaison entre les structures en 'Z' de Revogne (a) et de Chimay (b) (Marion & Barchy, 1999)

Les plis d'ordre 2 peuvent eux-mêmes être décomposés en structures d'**ordre 3**. D'échelle pluridécamétrique à hectométrique, les plis d'ordre 3 sont généralement visibles en carrière et constituent les témoins qui étayent les structurations d'ordres supérieurs.

Les séries plissées d'ordre 2 et 3 (et d'ordres inférieurs par extension) sont affectées de manière ubiquiste par des failles longitudinales plus ou moins importantes de faible pente à pendage Sud (charriage) ou Nord (rétro-charriage) liées au charriage de l'Allochtone Ardennais sur le Parautochtone brabançon et au raccourcissement Nord-Sud qui y est associé. Perpendiculairement à ces failles longitudinales, un réseau de failles transversales fréquemment minéralisées se développe. Selon les lithologies qu'elles affectent, ces failles peuvent constituer des zones de circulation préférentielle des eaux souterraines (calcaires) ou au contraire former des écrans de moindre perméabilité par rapport aux massifs rocheux des compartiments de la faille (terrains argilo-silteux).

En fonction de leur position au sein du Massif Allochtone de l'Ardenne, les séries plissées présentent des styles structuraux différents. En bordure Sud du Synclinorium de Dinant, les plis sont déjetés à déversés à vergence Nord. Les flancs inverses sont cisaillés par des failles subhorizontales et la schistosité y est à pendage Sud. Dans la partie centrale et septentrionale du Synclinorium de Dinant, les plis sont droits à déjetés et caractérisés par une schistosité subverticale ou en éventail au cœur des plis. L'Anticlinorium de Philippeville est quant à lui caractérisé par des plis déversés vers le Sud associés à des failles inverses à pendage Nord (rétro-charriages).

Comme cela sera abordé plus en détail dans la suite de ce document, la structure des terrains qui constituent le sous-sol des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 va considérablement influencer le comportement des nappes d'eau souterraine qui y sont présentes.

1.4 CADRE HYDROGEOLOGIQUE

1.4.1 Définition des unités hydrogéologiques

Toutes les formations géologiques qui constituent le sous-sol des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 sont potentiellement porteuses de réserves en eau souterraine. Leur comportement et leur productivité sont cependant fortement conditionnés par la nature et la structure des roches qui les constituent. C'est la raison pour laquelle les unités lithologiques décrites ci-dessus ont été regroupées ou subdivisées en unités hydrogéologiques caractérisées par un comportement hydrodynamique d'ensemble qui leur est propre.

Afin de renseigner sur le caractère plus ou moins perméable de ces unités hydrogéologiques, trois termes sont classiquement utilisés pour les qualifier :

- **Aquifère** : unité hydrogéologique perméable susceptible de permettre l'exploitation de grandes quantités d'eau souterraine ;
- **Aquitard** : unité hydrogéologique semi-perméable au sein de laquelle les écoulements se font à vitesse plus réduite que dans un aquifère, permettant cependant généralement l'exploitation de quantités modérées mais appréciables d'eau souterraine ;
- **Aquiclude** : unité hydrogéologique à caractère imperméable (très faibles conductivités hydrauliques) de laquelle on ne peut extraire des quantités d'eau économiquement appréciables.

Ces définitions assez subjectives sont à manipuler avec précautions. Elles permettent néanmoins d'attribuer de manière globale et relative un caractère perméable, semi-perméable ou imperméable à un ensemble de couches géologiques. Basées sur des critères lithologiques et structuraux, elles fournissent une indication du potentiel économique que représentent les unités hydrogéologiques ainsi définies.

Seule sera abordée dans ce chapitre l'argumentation nécessaire à la définition des unités hydrogéologiques présentes au sein des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023. Pour une description des ensembles lithologiques qui les composent, le lecteur est invité à se référer au point 1.3.2.

Les unités lithologiques et hydrogéologiques des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 sont classées dans l'ordre stratigraphique et décrites de manière synthétique au **Tableau 1-2**. Par souci de lisibilité de celui-ci, certaines unités de moindre importance n'y ont pas été reprises. Leurs caractéristiques lithologiques sont cependant décrites au point 1.3.2 tandis que leur intégration à l'une ou l'autre unité hydrogéologique est développée en détail ci-dessous.

La liste des cartes hydrogéologiques disponibles ou en cours de réalisation au moment de la rédaction de ce document est reprise dans la bibliographie en fin de rapport.

ERE	SYSTEME	SERIE	ETAGE	Formation et *Membre*				Lithologie		Abréviation de la carte géologique		Caractéristiques hydrogéologiques	
CENOZOIQUE	QUATERNAIRE	HOLOCENE		Alluvions modernes et anciennes				Graviers et sables		AMO/ALA		Localement aquifère	
	TERTIAIRE	OLIGOCENE						Sables et argiles		SBL		Localement aquifère	
MESOZOIQUE	CRETACE			Groupe de Marbaix				Unité crayeuse supérieure / Unité argileuse inférieure		MBX		Aquifère local / Aquiclude local	
PALEOZOIQUE	DEVONIEN	DEVONIEN SUPERIEUR	FAMENNIEN	Etroeungt				Shales et grès argileux à intercalation progressive de shales calcareux, grès à ciment calcaire et calcaires		ETR		Aquitard	
				Ciney		Sains		Grès fins et siltites gréseuses	Shales silteux	CIN	SNS	Aquifère	Aquiclude
				Souverain-Pré				Shales et grès calcareux - calcaires argileux noduleux		SVP		Aquitard	
				Esneux				Grès fins interstratifiés de siltites et de shales		ESN		Aquitard	
				Aye				Shales, siltites et grès très fins argileux		AYE		Aquitard	
				Famenne				Shales silteux et micacés		FAM		Aquiclude	
			FRASNIEN	Matagne		Barvaux		Shales à rares nodules et bancs de calcaire	Shales	MAT	BAR	Aquiclude	Aquiclude
				Valisettes				Shales fins à nodules calcaires		VAL		Aquiclude	
				Neuville		Aisemont		Shales à nodules calcaires et rares bancs de calcaires à sa base - Monticules micritiques	Calcaires argileux, shales nodulaires et calcaires ou dolomies	NEU	AIS	Aquiclude	
				Grand Breux	*Boussu-en-Fagne*	Philippeville		Shales à nodules et rares minces bancs de calcaires argileux	Calcaires localement dolomitisés	GBR *BOU*	PHV	Aquiclude	Aquifère
					Lion			Biohermes de calcaire		GBR *LIO*	PHV	Aquifère	
					Bieumont			Calcaires argileux à intercalations locales de shales au sommet		GBR *BMT*	PHV	Aquifère	
				Moulin Liénaux	*Ermitage*	Pont de la Folle	*Machenée*	Shales fins à nodules et bancs minces de calcaire	Shales noduleux	MLX *ERM*	FOL *MAC*	Aquiclude	Aquiclude
					Arche			Biohermes de calcaire		MLX *ARC*	FOL	Aquifère	
					Chalon		*Fontaine Samart*	Calcaires argileux et shales à nodules calcaires	Calcaires	MLX *CHA*	FOL *FSA*	Aquitard	Aquifère
				Nismes				Shales localement carbonatés à la base		NIS		Aquiclude	
		DEVONIEN MOYEN	GIVETIEN	Fromelennes				Calcaires et calcaires argileux avec niveaux de calcshales à la base		FRO		Aquifère	
				Mont d'Haurs		Nèvremont		Calcaires avec niveaux de calcaires argileux	Calcaires	MHR	NEV	Aquifère	Aquifère
				Terres d'Haurs				Calcaires argileux		THR		Aquifère	
				Trois Fontaines				Calcaires		TRF		Aquifère	
			EIFELIEN	Hanonet				Calcaires argileux à niveaux de calcshales		HNT		Aquitard	
				Jemelle		Lomme		Shales et siltites souvent carbonatés avec minces bancs de calcaire	Shales et siltites gréseuses avec niveaux de grès et de quartizite à la base et au sommet	JEM	LOM	Aquitard	Aquitard
						Jemelle			Shales et siltites souvent carbonatés avec minces bancs de calcaire	JEM		Aquitard	
				Couvin				Calcaires		CVN		Aquifère	
		DEVONIEN INFERIEUR	EMSIEN	Eau Noire				Calcaires silteux à intercalations de bancs de calcaires argileux		ENR		Aquiclude à niveaux aquifères	
				St-Joseph				Siltites gréseuses à intercalations de bancs de calcaires		STJ		Aquiclude à niveaux aquifères	
				Hierges		Hampteau		Argilo-siltites à intercalations de bancs gréseux	Grès graveleux, conglomérats, siltites et shales	HIE	HAM	Aquitard à niveaux aquicludes	Aquitard à niveaux aquicludes
				Chooz				Argilo-siltites et siltites avec niveaux gréseux à la base		CHO		Aquiclude à niveaux aquifères	
				Vireux				Grès et quartzites à intercalations de shales et de siltites		VIR		Aquitard à niveaux aquicludes	
				Pesche				Shales et siltites interstratifiés de minces bancs et lentilles de grès		PES		Aquiclude à niveaux aquifères	
				Pernelle				Grès et quartzites à minces intercalations de shales et siltites		PER		Aquitard à niveaux aquicludes	
				La Roche				Schistes phylladeux et phyllades quartzeux avec quelques bancs de grès		LAR		Aquiclude à niveaux aquifères	
			PRAGUIEN	Villé				Quartzophyllades, grès et shales		VIL		Aquitard à niveaux aquicludes	
				Mirwart				Grès et quartzites séparés par des bancs de shales et de siltites		MIR		Aquitard à niveaux aquicludes	

Tableau 1-2. Tableau synthétique des principales unités lithologiques et hydrogéologiques des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

a) Unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur

Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur

Les formations de Mirwart et de Villé ont été regroupées en un seul ensemble globalement caractérisé par l'alternance de séries gréso-quartzitiques séparées les unes des autres par des niveaux silto-argileux. Bien que ces derniers limitent et cloisonnent probablement les circulations d'eau souterraine, les séquences gréso-quartzitiques parfois assez épaisses sont susceptibles, lorsqu'elles sont suffisamment fissurées et/ou altérées, de contenir des réserves modestes mais non négligeables en eau souterraine. Celles-ci sont exploitées, notamment en Ardennes, pour l'alimentation de toute une série de localités souvent relativement isolées et éloignées des grands axes d'adduction en eau potable.

Pour ces mêmes raisons, les formations de Pernelle, Vireux, Hierges, Hampteau et Burnot font également partie de l'*aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur*.

Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur

Cette unité hydrogéologique comprend les formations du Dévonien inférieur dont la lithologie est dominée par des shales et des siltites. Le caractère argileux de ces lithologies confère à l'ensemble une perméabilité globalement très faible et donc peu propice à une productivité significative.

Cependant, la présence de nombreux niveaux gréseux ou quartzitiques de faibles extension et/ou épaisseur est susceptible de permettre, pour autant qu'ils soient suffisamment altérés et fissurés, d'y exploiter des quantités d'eau souterraine le plus souvent limitées et destinées à un usage local.

Les formations géologiques qui font partie de l'*aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur* sont les formations de La Roche, Pesche, Chooz, Saint-Joseph et Eau Noire.

b) Unités hydrogéologiques du Dévonien moyen

Aquifère de l'Eifelien

L'*aquifère de l'Eifelien* correspond à la Formation de Couvin seule. Cette dernière présente en effet des lithologies calcaires franches qui, de par leur fissuration et une éventuelle karstification plus ou moins poussée, favorisent des circulations d'eau souterraine très efficaces associées à des perméabilités souvent élevées. Les réserves en eau souterraine de l'*aquifère de l'Eifelien* sont bien exploitées dans la région de Chimay et de Couvin, là où l'épaisseur de cette unité hydrogéologique est la plus importante.

Aquitard de l'Eifelien

Les lithologies détritiques mixtes argilo-silteuse à gréseuse légèrement à significativement carbonatées qui constituent les formations de Jemelle et de la Lomme justifient leur regroupement en une seule unité hydrogéologique appelée *aquitard de l'Eifelien*. Bien que comprenant localement des niveaux gréseux à ciment carbonaté voire des niveaux franchement calcaires, la composante argileuse importante qui les caractérisent ne permet a priori pas le développement d'une circulation efficace des eaux souterraines.

La Formation d'Hanonet, composée de calcaires argileux alternant avec des niveaux de calcshales, est également incluse dans cette unité hydrogéologique.

Aquifère du Givetien

Bien que présentant quelques passées plus argileuses, les formations géologiques qui font partie du *Givetien* montrent une composition lithologique relativement homogène d'un point de vue hydrogéologique, constituées presque exclusivement de calcaires francs massifs ou stratifiés. La fissuration et l'éventuelle karstification de ces calcaires en font de très bons réservoirs d'eau souterraine. Ceux-ci, caractérisés par des conductivités hydrauliques souvent élevées, sont d'ailleurs fortement sollicités dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023.

L'*aquifère du Givetien* comprend les formations de Trois-Fontaines, des Terres d'Haurs, du Mont d'Haurs et de Fromelennes. Dans la partie orientale et en bordure Nord du Synclinorium de Dinant, les formations latéralement équivalentes de Névremont et du Roux, essentiellement calcaires, conservent ce caractère aquifère.

c) Unités hydrogéologiques du Dévonien supérieur

Aquiclude du Frasnien et du Famennien

Les lithologies mixtes calcaro-détritiques qui constituent le *Frasnien* peuvent être subdivisées, comme décrit ci-dessus au point 1.3.2, en unités lithologiques (formations ou membres) essentiellement à exclusivement soit calcaires, soit argileuses.

L'*aquiclude du Frasnien et du Famennien* regroupe l'ensemble des unités lithologiques frasniennes à dominante argileuse et qui présentent de ce fait de faibles réserves en eau souterraine difficilement sollicitables (colmatage des vides et fissures par l'importante composante argileuse qui entraîne une très forte réduction des circulations en eau souterraine). Cette unité hydrogéologique inclus également le *Famennien* inférieur argileux.

Les unités lithologiques qui composent l'*aquiclude du Frasnien et du Famennien* sont donc, dans l'ordre stratigraphique, la Formation de Nismes, le Membre de l'Ermitage (Formation du Moulin Liénaux), le Membre de Boussu-en-Fagne (Formation des Grands-Breux), la Formation de Neuville, la Formation des Valisettes et la Formation de Matagne. Font également partie de cette unité hydrogéologique les équivalents latéraux que sont le Membre des Machenées et la Formation de Barvaux. Le *Famennien* inférieur y est représenté par la Formation de la Famenne.

Aquitard du Frasnien

Le Membre de Chalon (base de la Formation du Moulin Liénaux) se compose de calcaires argileux et de calcshales. La composante argileuse non négligeable le rend donc potentiellement moins productif qu'un calcaire franc. Cette unité lithologique sera donc considérée comme aquitard. Pour les mêmes raisons, la Formation d'Aisemont (bord Nord du Synclinorium de Dinant) fait également partie de l'*aquitard du Frasnien*.

Aquifère des calcaires du Frasnien

L'*aquifère des calcaires du Frasnien* regroupe l'ensemble des unités lithologiques frasniennes à dominante calcaire franche. Ces calcaires, massifs ou stratifiés et localement dolomitisés, sont en effet susceptibles de contenir d'importantes réserves en eau souterraine aisément mobilisables grâce à une fissuration et une karstification plus ou moins importantes.

Sont inclus dans cette unité hydrogéologique le Membre de Bieumont (base de la Formation des Grands Breux) et les 3 niveaux d'édifices récifaux que sont les membres de l'Arche, du Lion et du Petit-Mont. Les équivalents latéraux calcaires font également partie de l'*aquifère des calcaires du Frasnien*. Il s'agit du Membre de la Fontaine Samart (base de la Formation du Pont de la Folle) et des formations de Philippeville et de Lustin.

Une nuance doit cependant être apportée en ce qui concerne les potentialités aquifères des monticules récifaux et plus particulièrement ceux du Membre du Petit-Mont (formations de Neuville et des Valisettes). En effet, ces édifices calcaires d'épaisseur pluridécamétrique et de diamètre hectométrique sont généralement complètement enchâssés dans une matrice argileuse (shales) peu perméable qui limite fortement leur réalimentation. De plus, et c'est notamment ce qui a permis leur exploitation comme pierres ornementales (marbres « Griotte », « Royal » ou « Gris »), les calcaires qui les constituent sont typiquement caractérisés par leur aspect très massif et une faible densité de fissuration de la roche. Pour ces deux raisons, les monticules micritiques du Membre du Petit-Mont constituent a priori de médiocres réservoirs ne permettant qu'une exploitation locale et à faible débit des réserves en eau souterraine qu'ils contiennent.

Aquitard du Famennien

Les lithologies des formations d'Aye et d'Esneux (*Famennien* inférieur) présentent une composante silto-gréseuse non négligeable qui ne permet pas de les considérer comme aquiclude. Les shales plus ou moins abondants qui sont observés dans ces deux formations limitent cependant la perméabilité de celles-ci et justifient leur intégration dans un aquitard.

Bien que présentant une importante composante carbonatée qui la distingue nettement des unités lithologiques détritiques famenniennes qui l'encadrent, la Formation de Souverain-Pré comprend également des shales et des calcshales qui limitent sa productivité en eau souterraine. Sus-jacente aux formations d'Aye et d'Esneux, elle est également intégrée à l'*aquitard du Famennien*.

Aquifère des grès du Famennien

La composante nettement gréseuse qui caractérise les lithologies de la Formation de Ciney permet de définir celle-ci comme aquifère. Les sables d'altération développés au sommet des niveaux gréseux (nappe de manteau d'altération) procurent à cette unité hydrogéologique une bonne capacité de filtration et une importante porosité de pores. La combinaison de cette dernière avec une porosité de fissure plus ou moins bien développée (fracturation des niveaux gréseux sains) confère à l'*aquifère des grès du Famennien* une perméabilité généralement assez élevée.

d) Unités hydrogéologiques post – paléozoïques

De manière générale, le caractère local et peu épais des affleurements des terrains post-paléozoïques leur confère un rôle hydrogéologique le plus souvent très limité.

Dans la masse d'eau souterraine RWM022, l'unité supérieure crayeuse du Groupe de Marbaix peut éventuellement voir se développer, là où son épaisseur est la plus importante, des nappes locales perchées sur l'unité de base argileuse aquiclude. Les réserves ainsi constituées, a priori peu importantes, ne devraient cependant pas permettre une exploitation significative. Lorsque son extension est suffisante, le niveau argileux aquiclude de base peut quant à lui assurer un rôle de protection vis-à-vis des réserves en eau souterraine contenues dans le socle paléozoïque sous-jacent.

Représentés de manière ponctuelle mais ubiquiste au sein des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, les dépôts tertiaires argilo-sableux seront considérés, d'un point de vue hydrogéologique, comme terrains de couverture localement aquifères. Les faibles réserves en eau souterraine qu'ils sont susceptibles de contenir ne font actuellement l'objet d'aucune exploitation connue dans les deux masses d'eau étudiées.

Enfin, les alluvions modernes et, dans une moindre mesure, les alluvions anciennes (terrasses fluviatiles) contiennent les principales ressources en eau souterraine des terrains post – paléozoïques. Considérées également comme terrains de couverture localement aquifères, leur conductivité hydraulique est fonction de la granulométrie des sédiments qui les composent, les zones sablo-graveleuses étant plus perméables que les zones limoneuses. Les alluvions modernes sont notamment particulièrement bien développées dans les vallées de l'Eau Blanche, de la Lesse et de l'Ourthe où elles font l'objet d'une exploitation locale parfois significative.

1.4.2 Phénomènes karstiques

Comme la plupart des formations géologiques carbonatées qui constituent le sous-sol de la Wallonie, les calcaires dévoniens qui affleurent dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 présentent un degré de karstification plus ou moins poussé. La lente dissolution des minéraux carbonatés qui les constituent, associée à une fracturation plus ou moins intense liée à l'orogenèse varisque, a permis le développement d'importantes circulations d'eau souterraine responsables de la formation de réseaux de dolines, de pertes et de cavités souterraines au développement parfois plurikilométrique. Les plus connues de ces cavités, toutes situées en Calestienne, sont les grottes de Neptune (Couvin), de Nichet (Fromelennes), de Han-sur-Lesse, de Lorette (Rochefort), des Milles et une Nuits (Hotton) et de Remouchamps (**figure 1-14**).

Les formations calcaires affectées par ces phénomènes karstiques sont généralement caractérisées par des porosités et des perméabilités de fissures élevées qui y permettent l'exploitation de grandes quantités d'eau souterraine. Ainsi, la majeure partie des volumes captés en vue d'alimenter les réseaux de distribution publique d'eau potable dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 provient de ces aquifères calcaires karstifiés.

De manière assez paradoxale étant donné l'usage principal qui en est fait, les réserves en eau souterraine contenues dans ces aquifères à composante karstique sont particulièrement vulnérables aux pollutions diffuses et ponctuelles d'origine anthropique. Malgré le rôle de filtre joué par la mince couverture tertiaire et quaternaire, des écoulements de surface potentiellement contaminés sont susceptibles d'atteindre très rapidement les nappes d'eau souterraine en empruntant notamment les réseaux karstiques dont les pertes constituent les principaux points d'alimentation. Une attention toute particulière doit donc être prêtée à ces points névralgiques des aquifères calcaires.

De nombreux travaux de recherche ont été mené jusqu'à ce jour sur le karst des calcaires dévoniens des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 (principales références : Van Den Broeck *et al.,* 1910 ; Gevaerts, 1970 ; De Broyer *et al*., 2002). Ils ont permis d'établir un inventaire relativement complet (mais non exhaustif) des phénomènes karstiques qui affectent les formations calcaires de la Calestienne, de l'Anticlinorium de Philippeville et du « Condroz de l'Entre-Sambre-et-Meuse occidental». Comme le montre la **figure 1-14**, la répartition géographique de ces phénomènes karstiques illustre, de manière logique, leur étroite association avec les zones d'affleurement des unités lithologiques carbonatées.

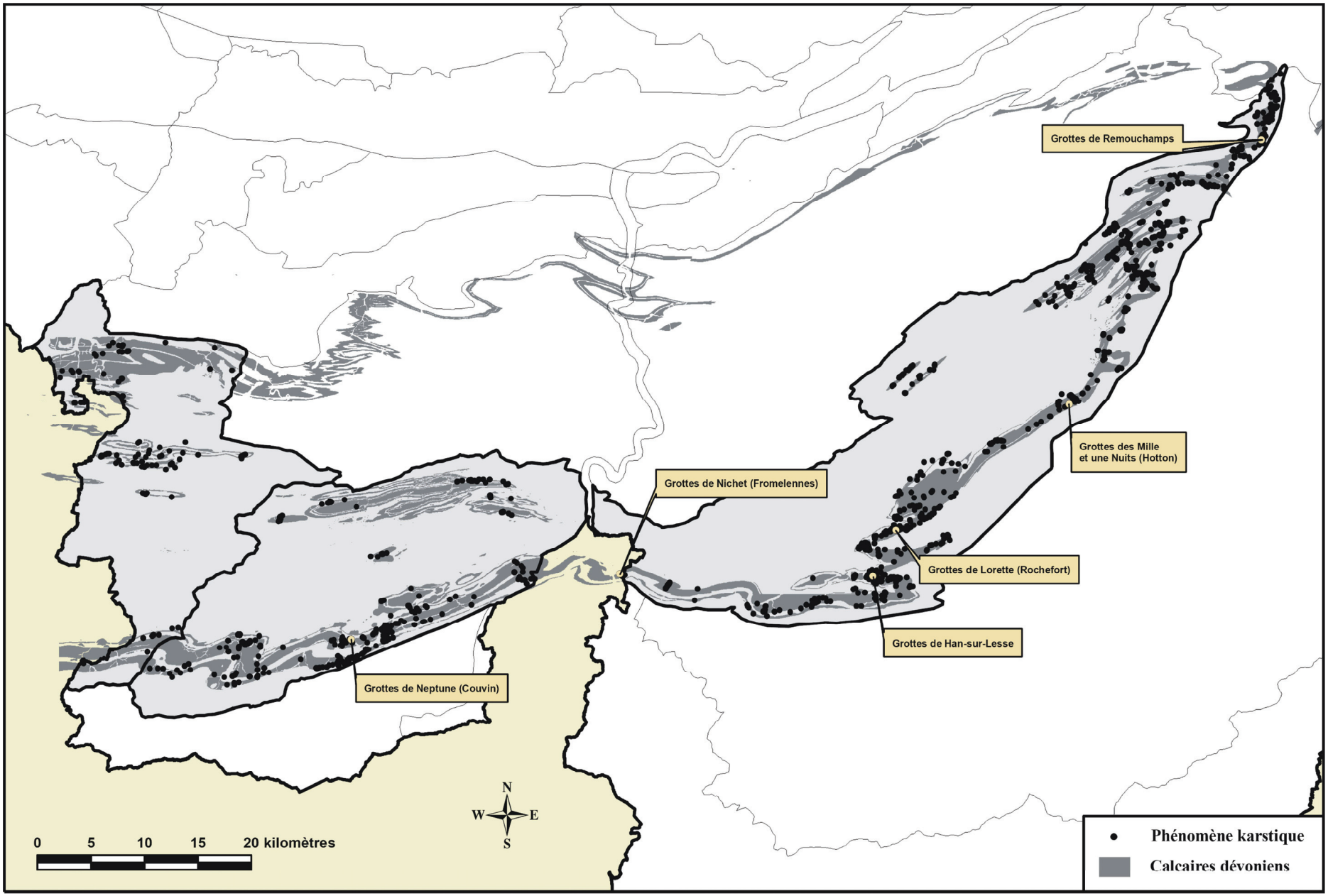


Figure 1-14. Distribution géographique des phénomènes karstiques répertoriés au sein des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 par rapport aux zones d'affleurement des calcaires dévoniens (Source : Atlas du Karst Wallon, De Broyer et al., 2002)

1.4.3 Hydrodynamique des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

Pour essayer de comprendre le fonctionnement hydrodynamique global et local des nappes d'eau souterraine contenues dans le sous-sol des masses d'eau RWM022 et RWM023, il est nécessaire d'en étudier autant que possible les deux composantes principales que sont **(1)** la profondeur de la surface piézométrique par rapport à la topographie et sa variabilité dans le temps et dans l'espace et **(2)** la direction et l'importance des écoulements souterrains (flux naturels ou induits).

Ces deux composantes, très étroitement liées, dépendent de plusieurs facteurs dont :

- le relief ;
- l'hydrographie ;
- la nature, la structure et le caractère plus ou moins perméable des roches-réservoirs et des terrains sus-jacents ;
- le climat (principalement précipitations et températures) ;
- l'exploitation faite par l'Homme des réserves en eau souterraine.

Les trois premiers facteurs, déjà abordés dans leur ensemble ci-dessus, conditionnent fortement le comportement des nappes d'eau souterraine. A la lumière des données climatiques, la description de celui-ci se fera donc logiquement selon une subdivision calquée sur les unités morpho-structurales décrites au point **1.2.1**.

1.4.3.1 Données climatiques et recharge des nappes d'eau souterraine

Les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 jouissent, comme l'ensemble de la Wallonie, d'un climat tempéré maritime. Les températures normales annuelles y sont comprises entre 8,1°C et 9,2°C tandis que les précipitations, fréquentes et régulières, montrent des normales annuelles comprises entre 782 mm (Houyet) et 1044 mm (Chimay) (source : Institut Royal Météorologique de Belgique).

Le devenir de ces précipitations peut se résumer en trois composantes. Une première partie, appelée Evapotranspiration, soit s'évapore directement, soit contribue à l'alimentation immédiate en eau de la couverture végétale qui la restitue par transpiration. Une seconde partie reconstitue le stock d'humidité du sol (eau retenue par capillarité dans les horizons pédologiques et disponible soit pour la végétation, soit pour une simple évaporation) lorsque celui-ci n'est pas saturé. Enfin, le solde non utilisé, appelé 'Eau Utile' (**EU**) dans la suite de ce chapitre, représente la part des précipitations qui reste disponible pour alimenter d'une part le réseau hydrographique (Ruissellement **R** en surface et subsurface) et d'autre part les nappes d'eau souterraine (Infiltration Efficace **I** au travers des terrains non saturés).

A une échelle mensuelle à pluriannuelle, le rapport **R/I** pour une zone d'étude définie peut être considéré comme relativement constant. A défaut de données quantifiées sur l'Infiltration Efficace **I**, le suivi au cours du temps de l'Eau Utile constitue donc un outil précieux pour comprendre les fluctuations du niveau des nappes d'eau souterraine et du débit des émergences naturelles, principaux indicateurs de l'état et de la recharge des réserves en eau souterraine.

La **figure 1-15** illustre, pour les stations météorologiques de Houyet et de Chimay (extrêmes pluviométriques), la répartition des normales mensuelles des précipitations et de l'Eau Utile durant une année hydrologique type (normales saisonnières). L'Eau Utile y est calculée par la méthode de Thornthwaite (Thornthwaite et Mather, 1955).

Les précipitations normales mensuelles se répartissent de manière relativement uniforme tout au long de l'année tandis que l'Evapotranspiration Réelle (**ETR**) normale mensuelle varie beaucoup plus et ce en fonction des températures normales mensuelles.

L'Eau Utile moyenne mensuelle (**EU** = **R** + **I**) suit une évolution inverse à celle de **ETR**. En effet, plus les températures normales mensuelles sont basses, plus l'évaporation directe des pluies et la transpiration de la végétation sont faibles. La part des précipitations disponible pour réalimenter les cours d'eau et les nappes d'eau souterraine est alors plus importante. En conséquence et comme cela sera montré dans la suite de ce rapport, l'état et la recharge des réserves en eau souterraine (et leurs indicateurs) suivent généralement une évolution aisément corrélable à l'Eau Utile.

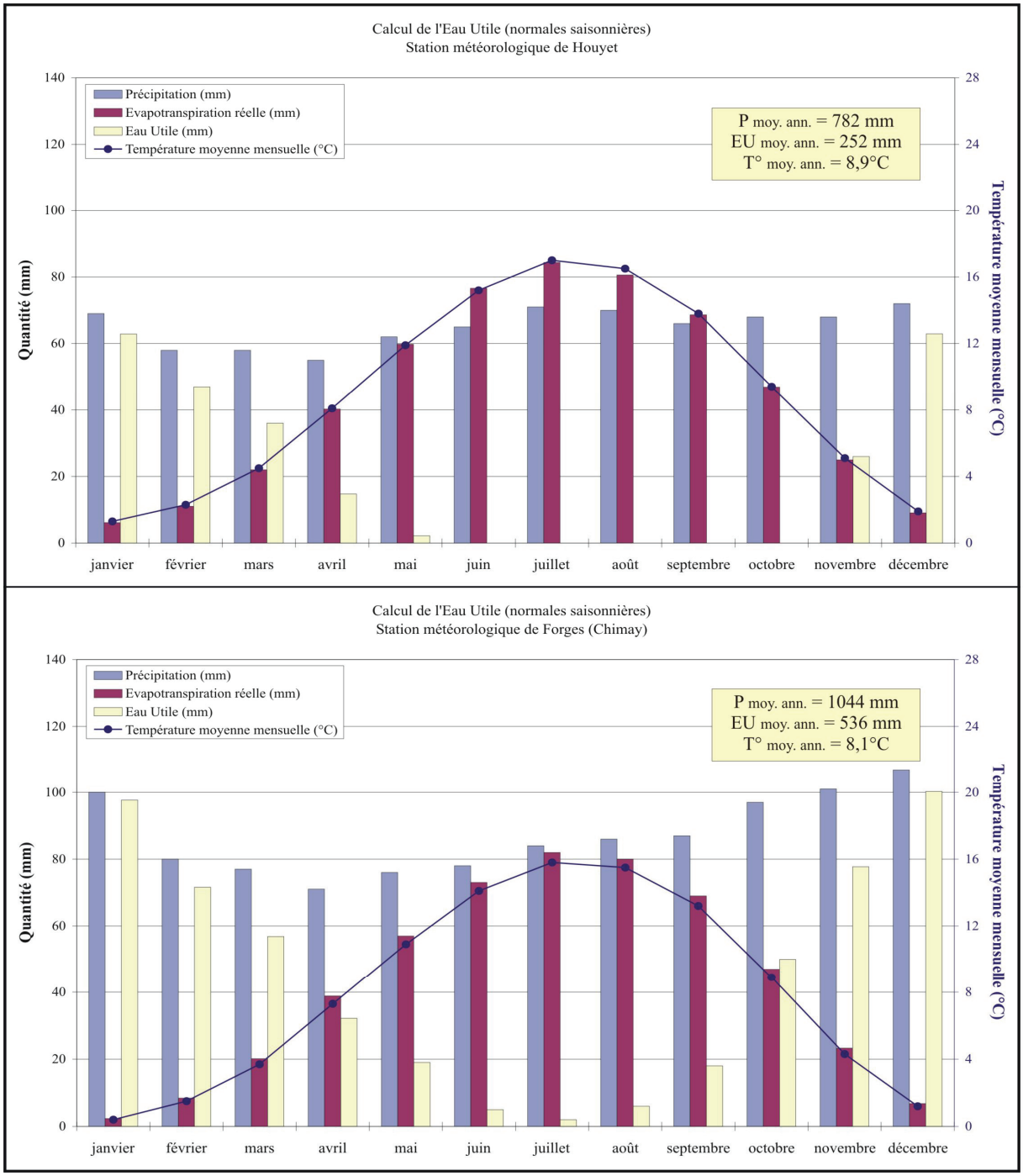


Figure 1-15. Répartition des normales mensuelles des précipitations et de l'Eau Utile durant une année hydrologique type

La **figure 1-16** localise les 12 stations météorologiques qui seront utilisées dans la suite de ce rapport pour évaluer la réalimentation des nappes d'eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023. Cette carte permet notamment de constater que la répartition spatiale moyenne de l'Eau Utile est assez hétérogène. Les extrêmes pluviométriques dont les climatogrammes sont illustrés à la **figure 1-15** y sont bien visibles avec la région de Houyet qui est relativement mal desservie en pluies tandis que la région de Forges (Chimay) montre des précipitations (et donc une Eau Utile Moyenne Annuelle) bien plus importantes permettant a priori une meilleure réalimentation des réserves en eau souterraine.

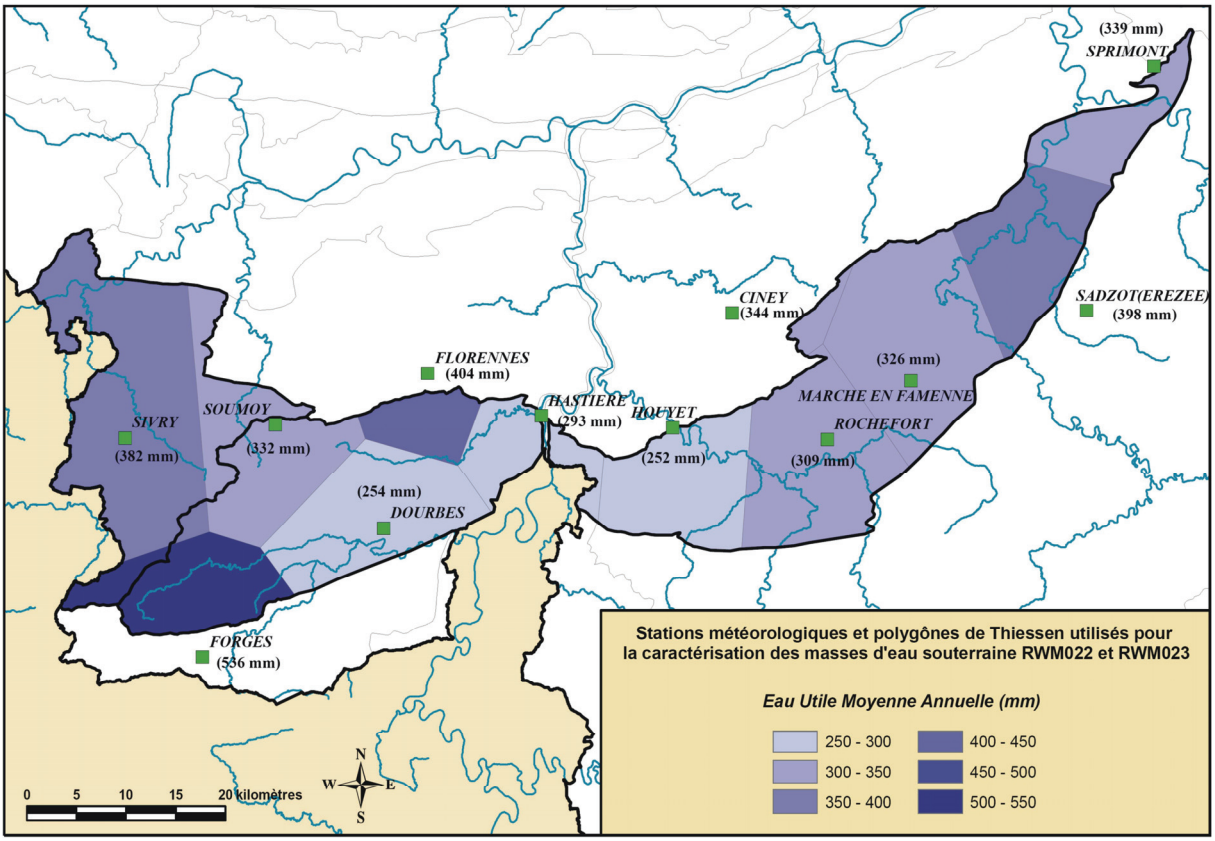


Figure 1-16. Stations météorologiques et polygones de Thiessen utilisés pour la caractérisation des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 Eau Utile Moyenne Annuelle calculée sur base des valeurs climatiques normales mensuelles

L'Eau Utile Moyenne Annuelle des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, calculée à partir des valeurs normales mensuelles climatiques de chaque polygone de Thiessen et pondérée par les superficies occupées par ceux-ci dans les deux masses d'eau, est de 345 mm/an.

Les climatogrammes établis sur base des valeurs climatiques normales mensuelles pour l'ensemble des stations localisées à la **figure 1-16** sont repris en **annexe IIIa** de ce rapport.

L'observation des valeurs climatiques normales mensuelles et annuelles montre que celles-ci sont significativement différentes des moyennes mensuelles et annuelles de précipitations et de températures établies pour la période 1986 – 2005. Pour les 12 stations utilisées dans ce rapport, la pluviométrie annuelle moyenne pour cette période est systématiquement supérieure aux valeurs normales annuelles. La hausse de la pluviométrie se marque plus particulièrement en hiver (période propice à la recharge des nappes d'eau souterraine). Les températures moyennes annuelles pour la période 1986 – 2005 sont également plus élevées de l'ordre de 0,5 à 1,0 °C que les températures normales annuelles.

Le **tableau 1-3** reprend les valeurs normales annuelles de pluviométrie, température et Eau Utile pour chacune des 12 stations météorologiques ainsi que les moyennes annuelles établies pour la période 1986 – 2005.

Station	Pluviométrie (mm)		Température (°C)		Eau Utile (mm)	
	Normales	1986 - 2005	Normales	1986 - 2005	Normales	1986 - 2005
Sivry	910	1004	8,6	9,4	382	449
Forges (Chimay)	1044	1229	8,1	9,0	536	692
Soumoy	852	975	8,4	9,8	332	408
Dourbes	781	827	8,6	9,5	254	271
Florennes	919	944	8,2	9,5	404	387
Hastière	835	892	9,2	9,9	293	323
Houyet	782	899	8,9	9,8	252	334
Ciney	869	960	8,5	9,4	344	407
Rochefort	818	857	8,1	9,3	309	308
Marche-en-Famenne	860	987	8,8	10,0	326	418
Sadzot (Erezée)	930	1038	8,8	9,0	398	496
Sprimont	875	1014	8,9	9,4	339	464

Tableau 1-3. Comparaison des valeurs climatiques annuelles normales et moyennées sur la période 1986 - 2005 pour les 12 stations météorologiques utilisées

Les valeurs climatiques normales de précipitations et de températures sont basées sur une distribution de ces paramètres issue d'un traitement géostatistique qui exploite l'intégralité des données climatiques disponibles sur le territoire belge de 1833 à 1975 pour les précipitations et de 1901 à 1979 pour les températures (Dupriez *et al*., 1982 ; Sneyers *et al.*, 1985).

Etant donné les différences observées entre les valeurs normales et les moyennes sur la période 1986 – 2005 et dans la mesure où les données de prélèvements en eau souterraine et de débits des cours d'eau utilisées dans la suite de ce rapport sont presque exclusivement mesurées dans la période 1986 – 2005, les comparaisons établies avec l'Eau Utile exploiteront non pas les valeurs climatiques normales mais bien les moyennes climatiques disponibles sur la période 1986 – 2005.

Dès lors, l'Eau Utile Moyenne Annuelle des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, calculée non plus à partir des valeurs normales mensuelles climatiques mais bien à partir des moyennes mensuelles établies pour la période 1986 – 2005, est de 413 mm/an contre 345 mm en utilisant les valeurs climatiques normales mensuelles.

Enfin, d'une année à l'autre, la pluviométrie et l'Eau Utile annuelles peuvent varier très fortement, conditionnant ainsi l'importance de la recharge des nappes d'eau souterraine. L'**annexe IIIb** reprend, pour chacune des 12 stations météorologiques mentionnées ci-dessus, les graphiques d'évolution de la pluviométrie annuelle et de l'Eau Utile Annuelle pour la période 1986 – 2005. Comme cela sera évoqué dans la suite de ce rapport, ces fluctuations ont un impact significatif sur les fluctuations piézométriques interannuelles et donc sur l'évolution dans le temps de la ressource disponible en eau souterraine.

1.4.3.2 Description générale de l'hydrogéologie régionale par unité morpho-structurale

a) Bordure méridionale du Condroz

En rive droite (Est) de Meuse (masse d'eau souterraine RWM023), la bordure méridionale du Condroz (ou bordure septentrionale de la dépression de la Fagne – Famenne) consiste principalement en l'alternance de plis synclinaux et anticlinaux affectant les formations silto-gréseuses à argileuses du Frasnien supérieur et du Famennien. Les principales unités hydrogéologiques représentées dans cette zone sont l'aquifère des grès du Famennien et l'aquitard du Famennien. L'aquiclude du Frasnien et du Famennien y affleure également mais de manière plus limitée, au cœur des structures anticlinales.

Les nappes d'eau souterraine des zones silto-gréseuses à argileuses de cette unité morpho-structurale représentent des réserves potentiellement intéressantes grâce à la combinaison d'une porosité de pores parfois élevée (manteau d'altération) et d'une porosité de fissures du bedrock sain. Principalement alimentées par l'infiltration des précipitations (Infiltration Efficace **I**), elles sont drainées soit ponctuellement (sources), soit par écoulement diffus (déversement de la nappe) par un réseau hydrographique relativement dense et distribué de manière homogène. Le gradient hydraulique (sens d'écoulement de la nappe) est souvent élevé et suit généralement relativement bien la topographie (équivalence des bassins hydrologiques et hydrogéologiques) pour s'équilibrer avec le réseau hydrographique. Cependant, la structure et les contrastes importants de perméabilité des formations géologiques qui constituent le sous-sol de cette zone (shale <> grès), de même que les failles qui les affectent, sont susceptibles d'améliorer localement les circulations d'eau souterraine et peuvent a priori modifier significativement ce schéma d'écoulement simplifié.

La piézométrie est connue de manière ponctuelle là où des ouvrages, exploités ou non, permettent un accès à la nappe. Les mesures actuellement disponibles dans cette zone ainsi que la connaissance générale de la piézométrie dans des contextes hydrogéologiques similaires proches montrent que la profondeur de la surface piézométrique par rapport à la surface du sol varie d'une vingtaine de mètres sur les hauteurs topographiques à une nappe subaffleurante en pied de versant et dans le fond des vallées.

En rive gauche (Ouest) de Meuse, la bordure méridionale du Condroz et son prolongement vers l'Ouest (« Condroz de l'Entre-Sambre-et-Meuse occidental » ; moitié Nord de la masse d'eau souterraine RWM022) comporte également des séries plissées silto-gréseuses à argileuses où sont représentées les mêmes unités hydrogéologiques qu'en rive droite de la Meuse. Ces zones suivent alors un schéma hydrogéologique similaire à celui décrit ci-dessus.

Par contre, la partie de cette première unité morpho-structurale située en rive gauche de Meuse se distingue de son homologue de rive droite par l'affleurement, en proportions beaucoup plus importantes, de calcaires et dolomies du Givetien et du Frasnien. Ceux-ci, qui appartiennent aux aquifères du Givetien et du Frasnien, se répartissent en deux grands ensembles morpho-structuraux qui sont d'une part le Massif ou Anticlinorium de Philippeville (masse d'eau souterraine RWM023) et d'autre part le « Condroz de l'Entre-Sambre-et-Meuse occidental » (masse d'eau souterraine RWM022). Les zones d'affleurement de ces aquifères s'organisent en une alternance d'unités argilo-carbonatées sous forme d'une succession d'anticlinaux et de synclinaux au sein desquels les niveaux aquifères calcaro-dolomitiques sont séparés les uns des autres par des niveaux aquicludes argileux (shales et schistes). Cette structuration induit en toute vraisemblance dans les niveaux aquifères carbonatés un écoulement préférentiel des nappes d'eau souterraine parallèle à la direction

des couches géologiques. Une mise en communication hydraulique entre plusieurs niveaux aquifères distincts à l'affleurement peut exister à la faveur d'ennoyages longitudinaux des structures plissées et/ou de failles transversales ou longitudinales qui peuvent constituer, lorsqu'elles affectent des calcaires ou des dolomies, des axes d'écoulement préférentiel.

La porosité de fissure, combinée à une karstification plus ou moins poussée, confère à ces niveaux aquifères carbonatés des perméabilités globalement élevées et donc un potentiel hydrogéologique important. La dolomitisation des calcaires ajoute également une porosité interstitielle qui accroît localement ce potentiel.

Ces réserves en eau souterraine sont drainées par un réseau hydrographique relativement moins développé et moins dense que dans les zones schisto-gréseuses. En effet, les perméabilités plus importantes des lithologies carbonatées et leur karstification favorisent les écoulements souterrains par infiltration non seulement des eaux météoriques mais également des eaux de surface (ruissellement et cours d'eau) lorsque ceux-ci ont lieu au droit des niveaux carbonatés. Au même titre que bon nombre d'aquifères carbonatés de Wallonie, ces réserves d'intérêt stratégique à une échelle régionale (les plus gros captages des masses d'eau RWM022 et RWM023 y sont implantés) sont donc particulièrement vulnérables à des contaminations anthropiques de surface (agricoles, domestiques, accidentelles,...).

Les contrastes importants de perméabilité entre les niveaux aquifères calcaro-dolomitiques et les niveaux aquicludes argileux engendrent une piézométrie discontinue allant d'une nappe subaffleurante dans les niveaux argileux jusqu'à un niveau piézométrique rabattu, grâce aux perméabilités plus élevées et donc à un drainage plus efficace par le réseau hydrographique, à une trentaine de mètres de la surface du sol sur les hauteurs topographiques situées au droit des bandes aquifères bien perméable.

b) Dépression de la Fagne – Famenne

La Dépression de la Fagne – Famenne est largement dominée, dans la masse d'eau souterraine RWM023, par les lithologies argileuses à silto-argileuses de l'aquiclude du Frasnien et du Famennien tandis que son extrémité occidentale (masse d'eau souterraine RWM022) expose essentiellement les formations silteuses à silto-gréseuses de l'aquitard du Famennien. Ces unités hydrogéologiques y sont structurées en séries plissées au sein desquelles les contrastes de lithologie et donc de perméabilité sont beaucoup moins prononcés que dans les deux autres unités morpho-structurales des deux masses d'eau étudiées.

Globalement caractérisées par des conductivités hydrauliques assez faibles, les nappes d'eau souterraine contenues dans le sous-sol de cette zone constituent de médiocres réserves d'ailleurs faiblement exploitées. Les écoulements souterrains relativement lents sont drainés ponctuellement ou de manière diffuse par un réseau hydrographique dense et ramifié auquel viennent s'ajouter, dans les zones les plus planes et déprimées, un grand nombre de drains mis en place lors du remembrement des terres agricoles au début des années 1980.

Les données piézométriques disponibles montrent que la morphologie de la surface de la nappe suit étroitement celle de la surface topographique. La profondeur du niveau de la nappe varie d'une nappe subaffleurante à des niveaux situés au maximum à une dizaine de mètres de la surface du sol sur les hauteurs topographiques. Le sens des écoulements souterrains naturels est quant à lui imposé par le relief et le réseau hydrographique, les bassins hydrographiques et hydrogéologiques étant donc a priori bien concordants. L'amplitude de battement de la surface piézométrique dépend quant à elle du relief et du caractère plus ou moins silteux ou argileux des lithologies.

c) Calestienne

La Calestienne constitue la bordure méridionale des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023. Les formations géologiques qui en constituent le sous-sol forment une structure d'apparence monoclinale à pendage Nord localement perturbée par des plissements secondaires (plis en 'Z' de Chimay et Revogne, Plateau du Gerny,...). Les unités hydrogéologiques les plus importantes qui y sont représentées sont les aquifères des calcaires eifeliens, givétiens et frasniens. Sont également inclus dans cette unité morpho-structurale l'aquiclude argileux du Frasnien et du Famennien (bordure Nord de la Calestienne) et les aquitards et aquicludes argileux à silto-gréseux du Dévonien inférieur et moyen (bordure Sud de la Calestienne).

La Calestienne est régulièrement et profondément entaillée par des vallées encaissées parcourues par les cours d'eau qui drainent les terrains schisto-gréseux du Massif ardennais du Sud vers le Nord en direction de la Dépression de la Fagne – Famenne et du Condroz. Lorsqu'ils recoupent les bandes aquifères carbonatées, ces cours d'eau assurent généralement un drainage efficace des nappes d'eau souterraine qu'elles contiennent, y induisant de ce fait un rabattement souvent important de la surface piézométrique par rapport à la surface du sol. L'écoulement de ces nappes se fait alors préférentiellement selon la direction des couches géologiques et vers ces cours d'eau.

Lorsque le drainage par le réseau hydrographique des nappes contenues dans les niveaux aquifères carbonatés n'est pas suffisant, celles-ci se déversent ponctuellement (sources) ou de manière diffuse (déversement de la nappe) vers le Nord au contact des shales et schistes de la Dépression de la Fagne – Famenne. Ces derniers jouent alors un rôle de seuil hydrogéologique.

Au même titre que les calcaires dévoniens du Massif ou Anticlinorium de Philippeville et du « Condroz de l'Entre-Sambre-et-Meuse occidental », les aquifères calcaires de la Calestienne sont caractérisés par une importante porosité de fissure liée à la fracturation de la roche. Cette porosité de fissure est associée à une karstification globalement importante et ce sur toute l'extension Ouest-Est de cette bande de terrains carbonatés. Les perméabilités élevées qui en découlent permettent d'y exploiter d'importants volumes d'eau souterraine. Cependant, l'intense karstification qui affecte ces calcaires leur confère également une grande vulnérabilité aux contaminations anthropiques de surface (agricoles, domestiques, accidentelles,...) étant donnés les infiltrations plus importantes des écoulements superficiels (ruissellement et cours d'eau).

Bien que l'ensemble des nappes d'eau souterraine de la Calestienne fassent l'objet d'une exploitation, seuls les aquifères calcaires y présentent un réel potentiel hydrogéologique ainsi que des réserves en eau souterraine importantes. Les plus gros captages de la Calestienne y sont d'ailleurs logiquement implantés.

Les données piézométriques disponibles en Calestienne montrent qu'au sein des niveaux aquifères carbonatés, la profondeur de la surface de la nappe peut aller, sur les hauteurs topographiques, d'environ 20 m jusqu'à plus de 100 m là où les vallées sont les plus encaissées par rapport aux collines et plateaux voisins. La surface piézométrique s'équilibre ensuite progressivement avec le réseau hydrographique là où celui-ci est drainant (cas des principaux cours d'eau comme l'Eau Blanche, l'Eau Noire, le Viroin, la Sambre, la Meuse, la Lesse, l'Ourthe et l'Amblève, qui constituent des niveaux de base majeurs).

Les nappes contenues dans les terrains argileux à silto-gréseux qui constituent les bordures Nord et Sud de la Calestienne présentent des comportements similaires à ceux décrit, pour des lithologies identiques, dans la bordure méridionale du Condroz et dans la Dépression de la Fagne – Famenne.

1.4.3.3 Piézométrie

Pour l'ensemble des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, les données piézométriques disponibles sont relativement nombreuses. Il faut cependant signaler (1) le manque de chroniques suffisamment longues que pour permettre une interprétation à une échelle pluriannuelle de l'évolution du niveau des nappes d'eau souterraine et (2) l'inégale répartition spatiale des 557 points où, à ce jour, au moins une mesure piézométrique est disponible (**figure 1-17**).

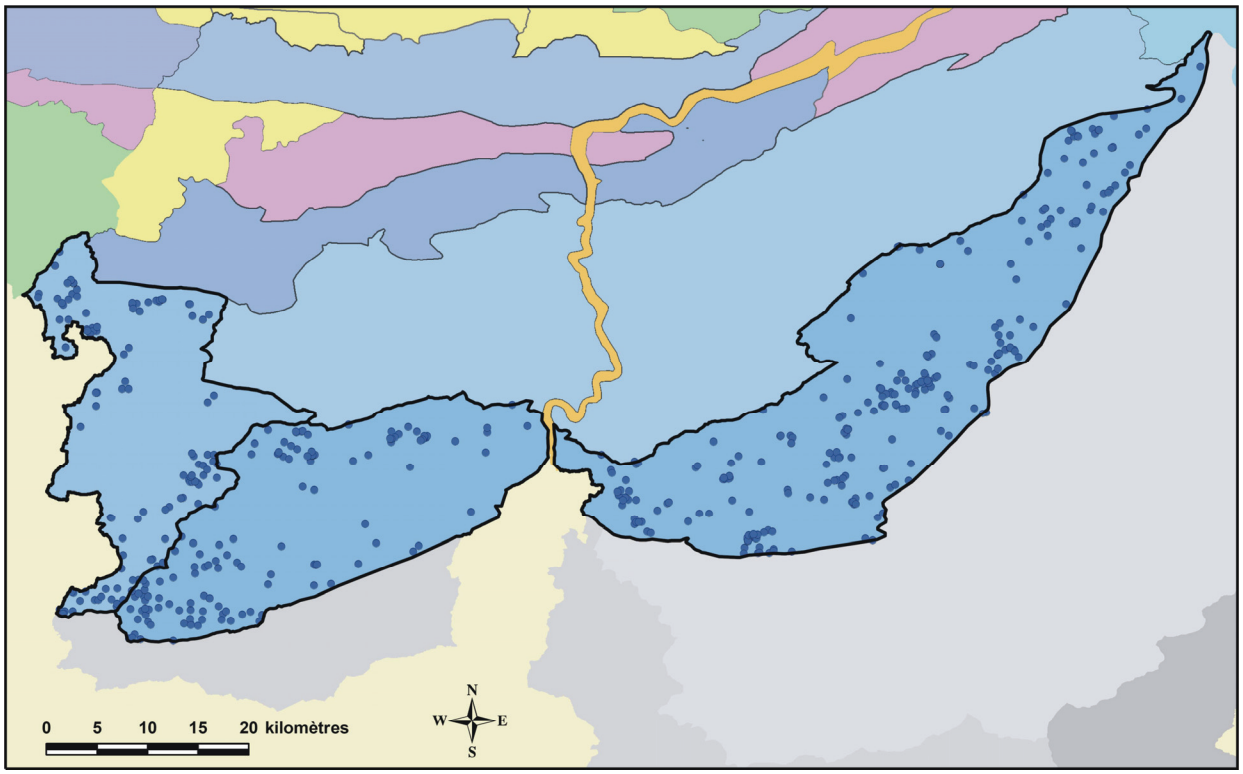


Figure 1-17. Répartition spatiale des mesures piézométriques actuellement disponibles au sein des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

Etant donné cette distribution hétérogène et de par leur caractère ponctuel, ces données ne permettent généralement l'élaboration de cartes piézométriques qu'à une échelle locale (kilométrique à plurikilométrique au maximum). De plus, la compartimentation complexe des nappes d'eau souterraine en nombreuses « cellules d'écoulement » distinctes, délimitées par la nature, la structure et les caractéristiques hydrodynamiques des formations géologiques ainsi que par le réseau hydrographique globalement assez dense, y rend l'élaboration de cartes piézométriques à plus grande échelle très compliquée et peu instructive.

Les mesures piézométriques réalisées dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 (**figure 1-18** et **annexe IX**) montrent que les fluctuations dans le temps du niveau des nappes y sont caractérisées par une cyclicité à deux composantes. La première et plus évidente composante est une cyclicité annuelle et saisonnière tandis que la seconde est une cyclicité interannuelle de périodicité plus variable.

La cyclicité annuelle des niveaux piézométriques découle directement des considérations émises au point **1.4.3.1**. La recharge des réserves en eau souterraine par l'Infiltration Efficace **I** (et donc la hausse du niveau des nappes) dépend en effet uniquement de l'Eau Utile (**EU**) disponible. Bien que la répartition réelle des précipitations tout au long d'une année soit généralement hétérogène (dans le temps et dans l'espace) et imprévisible,

la quantité d'Eau Utile est généralement plus élevée en automne et en hiver (notamment grâce aux températures plus basses qui limitent l'évapotranspiration) qu'au printemps et en été. Les fluctuations piézométriques suivent donc le plus souvent une évolution similaire caractérisée par une période de hautes eaux (maximum piézométrique en mars – avril) et une période de basses eaux (minimum piézométrique en octobre – novembre).

La **figure 1-18** illustre ce comportement dans deux contextes hydrogéologiques radicalement différents. Ces deux sites de mesure montrent des fluctuations similaires des niveaux piézométriques. Ils se distinguent cependant par une nette différence de la réactivité de la nappe aux précipitations ainsi que de l'amplitude de battement du niveau de la nappe entre les basses eaux de novembre 2006 et les hautes eaux de mars 2007 (0,95 m pour le PZ1 à Wanlin contre 15 m pour le PZ2 à Chimay).

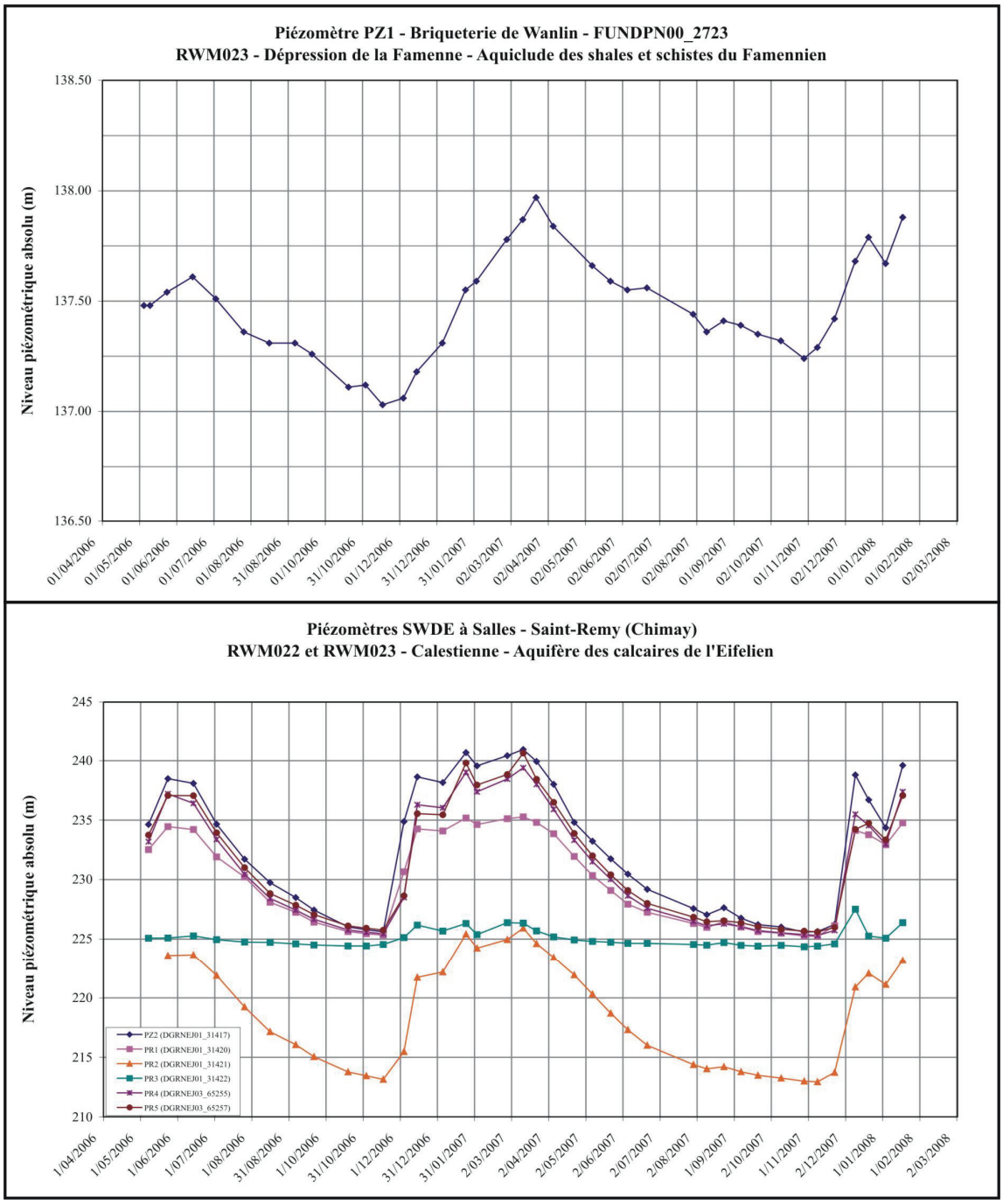


Figure 1-18. Cyclicité annuelle des fluctuations piézométriques dans deux contextes hydrogéologiques contrastés

Cette différence importante de comportement s'explique non seulement par le contraste de perméabilité entre les shales et schistes de la Dépression de la Famenne (très faibles perméabilités) et les calcaires eifeliens de la Calestienne (perméabilités élevées) mais également par une différence importante de relief et de distance par rapport au réseau hydrographique. En effet, la différence d'altitude entre les niveaux piézométriques et les niveaux de base locaux en période de hautes eaux est de moins de 2 m avec un niveau de base imposé à une distance d'environ 500 m pour le PZ1 à Wanlin (partie la plus plane et la plus déprimée de la Dépression de la Fagne – Famenne) alors que pour le PZ2 à Chimay, la différence d'altitude est de plus de 25 m pour un niveau de base imposé à environ 3 km. La proximité du niveau de base et le relief très faible limitent les fluctuations piézométriques au droit du PZ1 à Wanlin. Le PZ2 à Chimay occupe quant à lui une position proche d'une crête hydrogéologique et dispose, de par la distance à son niveau de base local, d'une fourchette de battement du niveau de la nappe beaucoup plus importante.

Bien qu'aucune chronique piézométrique suffisamment longue ne permette de l'étayer dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, les mesures ponctuelles d'une année à l'autre et la connaissance régionale des fluctuations piézométriques dans des contextes hydrogéologiques similaires proches permettent d'affirmer que le niveau des nappes d'eau souterraine y varie également selon une cyclicité pluriannuelle de période plus variable. En effet, comme le montre la **figure 1-19**, l'Eau Utile (et donc l'Infiltration Efficace) disponible annuellement est susceptible de varier très fortement d'une année à l'autre. Ces variations sont à mettre en relation avec le caractère relativement plus sec ou plus humide d'une année par rapport aux années précédentes (principalement en fonction de la pluviométrie annuelle) ainsi qu'avec les températures plus ou moins élevées d'une année à l'autre. La recharge des nappes d'eau souterraine par l'Infiltration Efficace se fera donc a priori plus efficacement durant une année « humide » que durant une année « sèche ». De même, la succession de plusieurs années à caractère relativement plus sec (cas des années 2003 à 2005) peut entraîner des problèmes d'alimentation des réseaux d'adduction d'eau potable (principalement aux niveaux des captages gravitaires) par manque de réalimentation suffisante des réserves en eau souterraine.

Sur l'ensemble du territoire couvert par les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 et à une échelle de temps mensuelle à pluriannuelle, le niveau des nappes varie partout de manière similaire et les fluctuations piézométriques sont typiquement caractérisées par la double cyclicité (annuelle et interannuelle) décrite ci-dessus. Lorsque l'on descend à une échelle de temps horaire à hebdomadaire et à un niveau géographique plus local, des différences de comportement notables peuvent apparaître. La répartition hétérogène dans le temps et dans l'espace des précipitations induit une distribution identique de l'Eau Utile et la recharge à court terme des nappes est alors susceptible de présenter les mêmes hétérogénéités. Le temps de réaction des nappes aux épisodes pluviométriques est également très variable. Il dépend notamment des caractéristiques des précipitations (pluie fine étalée dans le temps ou averse soudaine), du caractère peu à très perméable de l'unité hydrogéologique concernée, des terrains de couverture sus-jacents et de l'épaisseur de terrains non saturés (zone vadose). Ce temps de réaction peut varier de quelques heures seulement dans un aquifère calcaire à composante karstique à près d'un mois dans des terrains silto-argileux à zone vadose épaisse (une dizaine de mètres).

Enfin, si la structuration tectonique en plis et failles des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 peut engendrer localement un caractère captif de la nappe (niveau bien perméable en position sous-jacente par rapport à un niveau de moindre perméabilité, les fluctuations de la surface de la nappe étant alors physiquement limitées), la majeure partie des nappes d'eau souterraine y présentent un caractère libre.

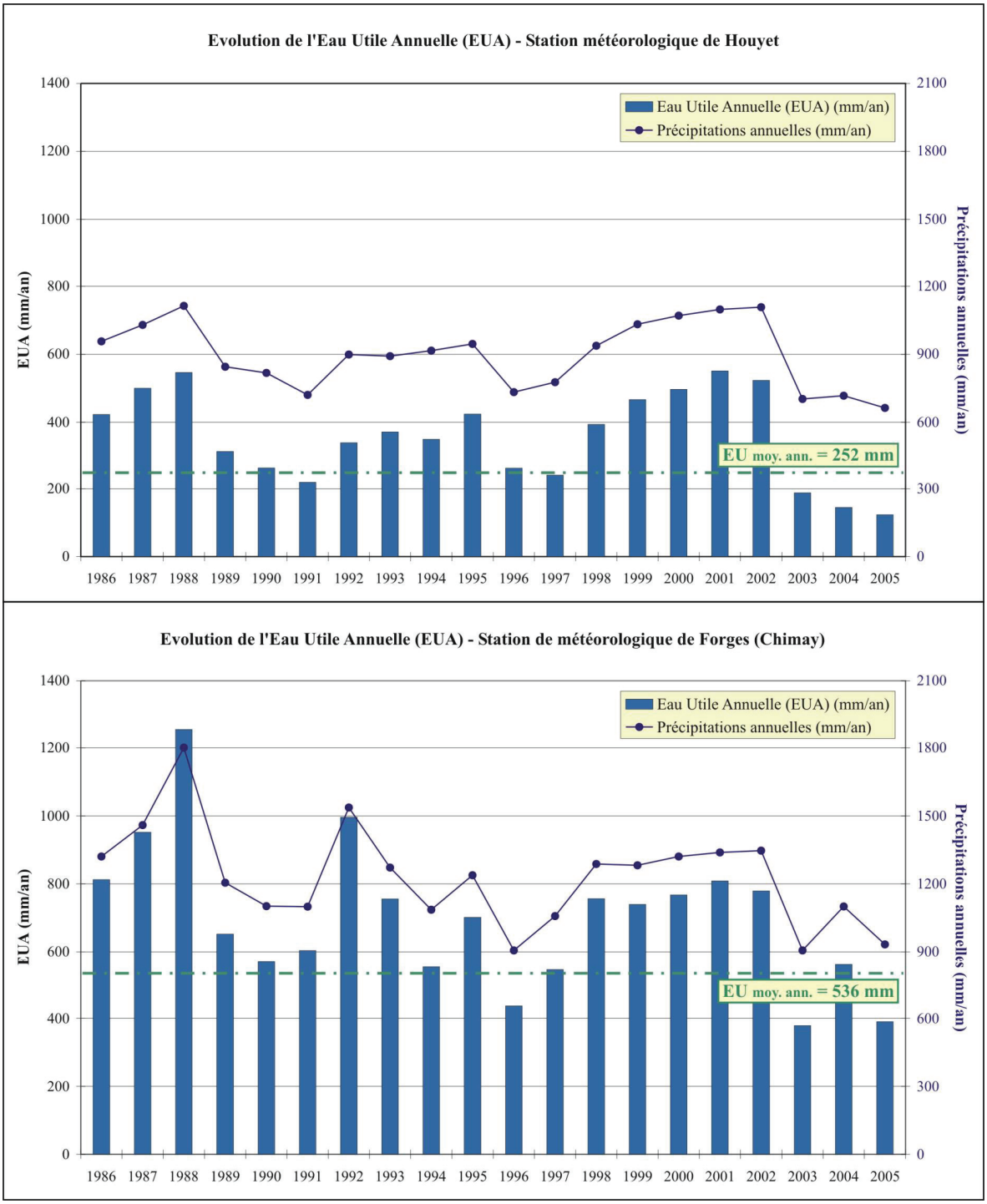


Figure 1-19. Evolution de l'Eau Utile Annuelle disponible pour les stations météorologiques de Houyet et de Chimay (extrêmes pluviométriques)

1.4.3.4 Paramètres hydrodynamiques

Les paramètres hydrodynamiques sont des valeurs issues d'essais hydrogéologiques réalisés sur le terrain (pompages d'essai et essais de traçage). Ils caractérisent l'écoulement et les potentialités des nappes d'eau souterraine. Les essais réalisés se répartissent en deux grands groupes qui s'intéressent **(1)** à la quantification de l'importance et de l'efficacité des écoulements souterrains (pompages d'essai ponctuels avec éventuel suivi dans des piézomètres de contrôle) et **(2)** au transport (vitesses de déplacement, caractère convectif ou dispersif,...) par ces mêmes écoulements souterrains de substances présentes naturellement ou introduites sciemment ou accidentellement dans la nappe (essais de traçage).

Au même titre que beaucoup de mesures piézométriques, les valeurs de paramètres issues des **pompages d'essai** (perméabilité, transmissivité, coefficient d'emmagasinement, porosité efficace) présentent la plupart du temps un caractère très ponctuel dans l'espace. Cependant, contrairement à la relative continuité de la piézométrie généralement observée au sein d'une même unité hydrogéologique, l'étude des paramètres hydrodynamiques des nappes d'eau souterraine dans les masses d'eau RWM022 et RWM023 (ainsi que dans des contextes hydrogéologiques similaires proches) révèle une variabilité spatiale de ceux-ci beaucoup plus importante et bien moins prévisible que celle du niveau des nappes. Le domaine de stabilité et de validité des valeurs obtenues sur le terrain est le plus souvent limité aux environs immédiats des sites de pompage. Une valorisation directe de ces données ponctuelles est alors envisageable au cas par cas et à une échelle locale (par exemple pour préciser les volumes qui peuvent raisonnablement être exploités dans un puits de production ou encore pour élaborer le champ de perméabilité d'un modèle mathématique de faible extension) mais devient très délicate voire biaisante à l'échelle d'une masse d'eau souterraine. Pour cette raison et dans la mesure où les paramètres hydrodynamiques disponibles pour les deux masses d'eau étudiées sont relativement peu nombreux au regard de leur superficie totale (2000 km²), aucune valeur ponctuelle de paramètre d'écoulement mesurée lors de pompages d'essai ne sera fournie dans ce rapport. Des fourchettes de conductivités hydrauliques couramment rencontrées dans les masses d'eau RWM022 et RWM023, de même que dans des contextes hydrogéologiques similaires proches, sont présentées à la **figure 1-20**.

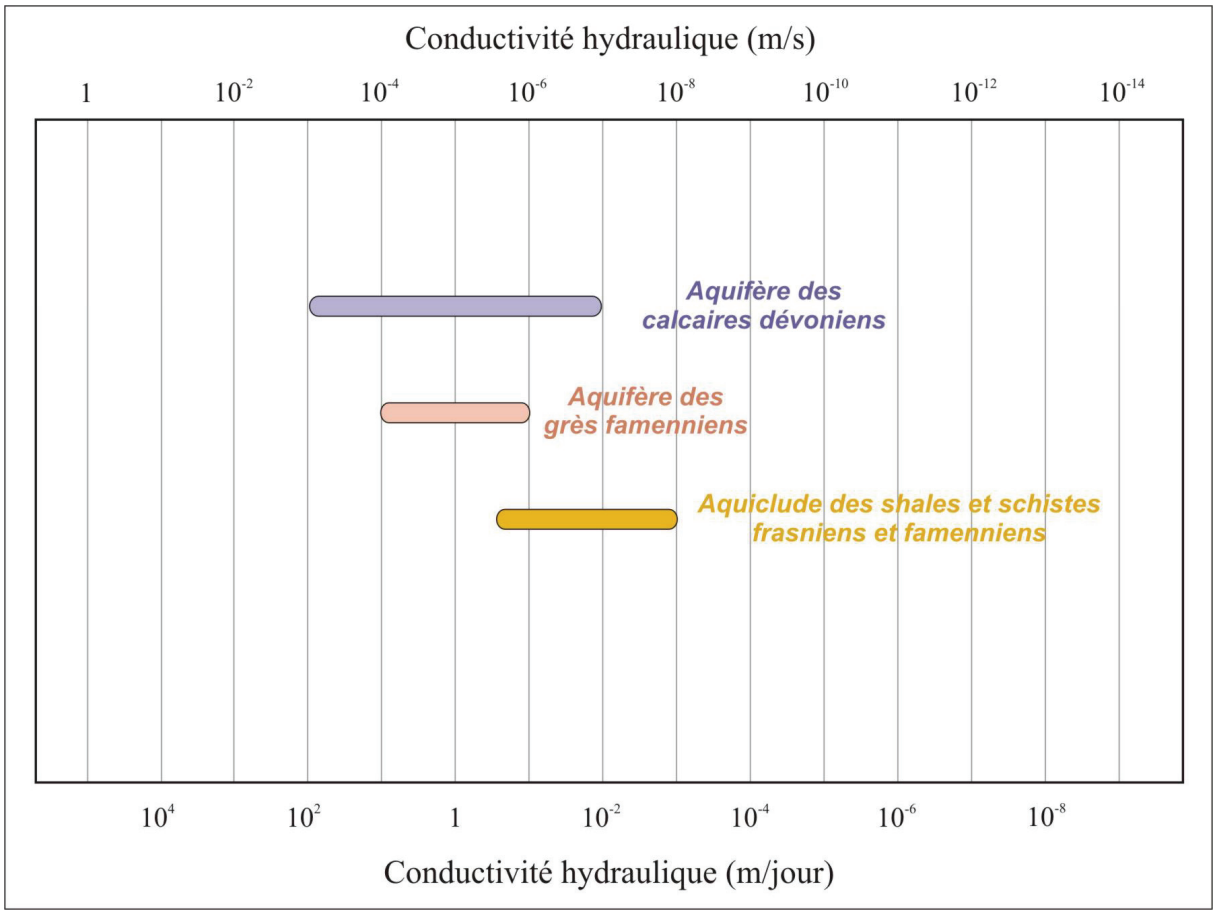


Figure 1-20. Fourchettes de conductivités hydrauliques couramment rencontrées dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 ainsi que dans des contextes hydrogéologiques similaires proches

La gamme de conductivité hydraulique de l'aquifère des calcaires dévoniens est plus étendue que dans les grès et les shales. Cela peut s'expliquer par la plus grande variabilité spatiale de fracturation des calcaires (en ouverture et en densité des fissures) par rapport aux lithologies détritiques du Dévonien. Typiquement, les calcaires massifs (biostromes et biohermes) peu fissurés montreront de faibles conductivités hydrauliques tandis que les calcaires bien stratifiés et diaclasés seront associés à des perméabilités plus élevées. L'élargissement des fissures par dissolution des carbonates (karstification) est susceptible d'améliorer considérablement les circulations d'eau souterraine, conférant alors à ces aquifères calcaires des perméabilités parfois très élevées ($K > 10^{-3}$ m/s).

Enfin, les conductivités hydrauliques mesurées dans les grès sont assez logiquement bien supérieures à celles couramment rencontrées dans des lithologies plus argileuses (shales et schistes). Les formations géologiques détritiques de granulométrie intermédiaire entre ces deux extrêmes (lithologies silto-gréseuses à silto-argileuses) présenteront a priori des gammes de conductivité hydraulique également intermédiaires.

Les **essais de traçage** consistent en l'injection dans la nappe d'eau souterraine, en quantité bien déterminée, de substances (appelées traceurs) non toxiques, de composition chimique et de propriétés physico-chimiques connues. Le déplacement de ces traceurs dans le sous-sol depuis le(s) point(s) d'injection (puits/piézomètre ou perte karstique) est suivi à l'aide d'un échantillonnage régulier des eaux souterraines en un ou plusieurs points de restitution situés à l'aval-gradient des points d'injection (pompage sur puits/piézomètre, source, résurgence,...). L'évolution au cours du temps de la concentration en traceur(s) au(x) point(s) de reprise (courbes de restitution) permet de comprendre et de quantifier les modalités d'écoulement et de transport du (des) traceur(s) dans la nappe d'eau souterraine.

Les courbes de restitution observées permettent de déterminer les temps de transfert des traceurs entre les points d'injection et de restitution. Dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 ainsi que dans des contextes hydrogéologiques similaires proches, les vitesses d'écoulement associées à ces temps de transfert varient typiquement de quelques centimètres par jour dans les lithologies argileuses de type shales ou schistes à plus d'une centaine de mètres par heure dans des calcaires fortement karstifiés. D'autres paramètres de transport peuvent également être calculé par modélisation mathématique (2D ou 3D) à partir des courbes de restitution observées. Il s'agit de la porosité efficace et des dispersivités longitudinale et transversale.

Une fois établis, les paramètres hydrodynamiques fournis par les essais de traçage sont notamment utilisés en modélisation mathématique pour traiter des cas avérés de pollution (migration et comportement d'un panache de polluant, choix et dimensionnement d'un dispositif d'assainissement,...), réaliser des simulations prédictives de pollution fictive, délimiter des zones de prévention autour des captages,...

Des essais de traçage ont été réalisés dans toutes les unités hydrogéologiques des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023. Ils ont cependant pour la grande majorité d'entre eux été implantés dans l'aquifère des calcaires du Dévonien. C'est en effet dans cette unité hydrogéologique que sont situés les plus gros captages dont l'importance des volumes prélevés justifie, dans le cadre de la délimitation de leurs zones de prévention, la réalisation d'études hydrogéologiques poussées incluant ce type d'expérimentation. De plus, beaucoup d'essais de traçage ont été réalisés, à des fins fondamentales ou appliquées, dans le karst qui affecte les formations géologiques carbonatées aquifères des deux masses d'eau étudiées. Cela implique donc que les paramètres hydrodynamiques de transport disponibles dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 concernent presque exclusivement l'aquifère des calcaires dévoniens, les autres unités hydrogéologiques y étant très peu documentées dans ce domaine.

1.4.4 Hydrogéochimie des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

De manière générale, la composition chimique des nappes d'eau souterraine résulte de la combinaison d'un grand nombre de facteurs naturels et anthropiques dont les fluctuations dans le temps et dans l'espace engendrent une variabilité parfois très importante du chimisme des réserves en eaux souterraines.

Les principaux paramètres qui influencent la composition chimique des eaux souterraines peuvent se répartir en cinq groupes relatifs **(1)** aux apports atmosphériques naturels, **(2)** à l'influence des sols (rôle de filtre physique et physico-chimique + acidification par dégradation de la matière organique et respiration des systèmes racinaires), **(3)** à la nature lithologique et la géométrie du réservoir (physico-chimie et minéralisation des eaux souterraines), **(4)** au temps de séjour de l'eau dans le réservoir (équilibre physico-chimique avec le réservoir) et **(5)** aux apports anthropiques. La combinaison des quatre premiers groupes confère aux nappes d'eau souterraine une composition chimique qui peut être qualifiée de fond hydrogéochimique naturel. Les apports anthropiques (agriculture, industrie, salage des routes, rejets d'eaux usées, activités domestiques, pollutions accidentelles,...) viennent altérer ce fond hydrogéochimique naturel de manière plus ou moins significative selon les régions.

Les données hydrochimiques disponibles pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 sont nombreuses et permettent non seulement d'y déterminer les caractéristiques mais également d'y évaluer la qualité des réserves en eaux souterraines. 1127 analyses réparties sur 146 sites de prélèvement sont actuellement disponibles (**figure 1-21**). Ces analyses sont majoritairement issues des contrôles réglementaires relatifs à la distribution publique d'eau potable mais proviennent également d'organismes privés (industrie, agriculture, particuliers, bureaux d'études,...) ainsi que du réseau de surveillance patrimoniale de la qualité des eaux souterraines du Ministère de la Région Wallonne.

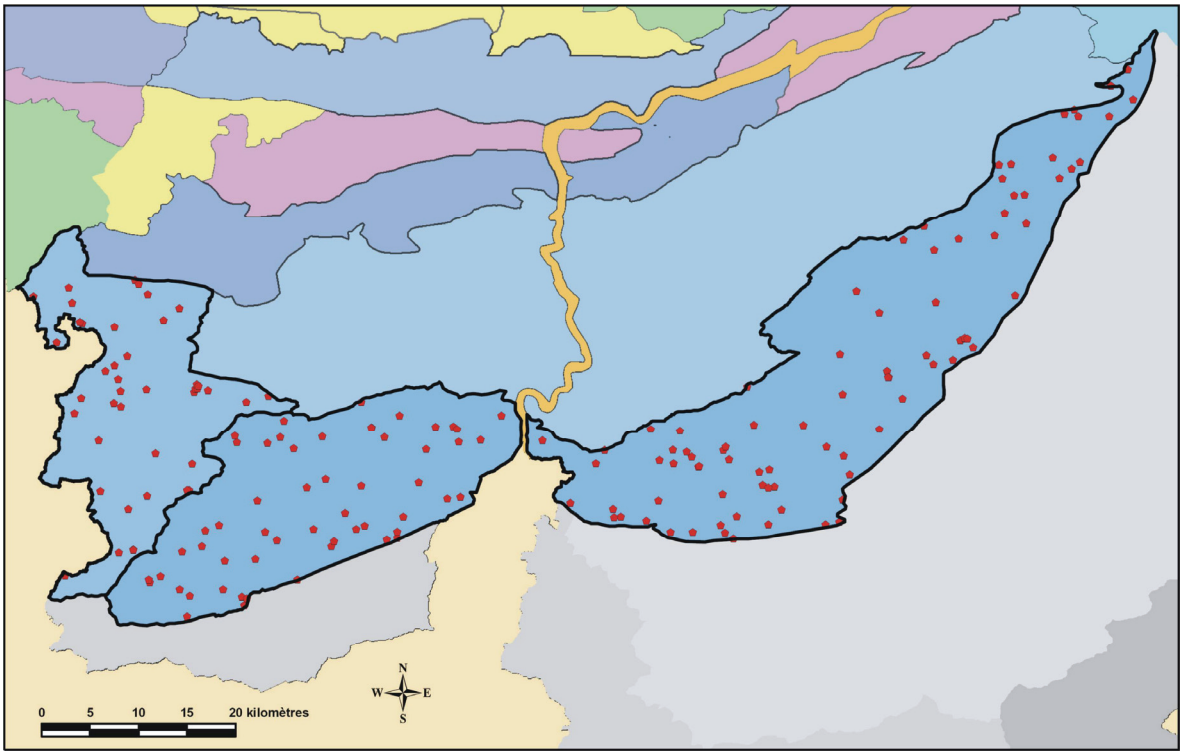


Figure 1-21. Répartition spatiale des sites de prélèvement où au moins une analyse chimique des eaux souterraines est disponible au sein des masses d'eau RWM022 et RWM023

Comme cela sera développé ci-dessous et sans que cela ne soit nécessairement préjudiciable à l'usage qui en est fait, les données hydrochimiques disponibles pour les masses d'eau RWM022 et RWM023 montrent une influence systématique et parfois très importante des activités humaines sur la composition chimique des nappes d'eau souterraine. Bien que certains paramètres restent représentatifs d'une situation naturelle, il est réaliste de considérer que dans ces deux masses d'eau, le fond hydrogéochimique naturel ne peut actuellement plus être observé. Si nécessaire, notamment dans le cadre de l'établissement des valeurs seuils et de la définition du « bon état » à atteindre à l'horizon 2015 (Directive Cadre Européenne sur l'Eau), des méthodes prédictives ou soustractives pourraient permettre de l'approcher au mieux.

1.4.4.1 Typologie, faciès hydrochimiques et domaines de composition chimique

Le premier outil mis en œuvre pour caractériser le chimisme des nappes d'eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023 est le diagramme ternaire de Piper (Piper, 1944) (**figure 1-22**). Cette représentation graphique utilise les concentrations relatives, exprimées en meq/l, des principaux éléments majeurs (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-} et Cl^{-}) pour établir le faciès hydrochimique des eaux souterraines au sein des deux masses d'eau étudiées.

Le diagramme ternaire de Piper se compose d'un triangle pour les cations (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} + K^{+}), un triangle pour les anions (HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, Cl^{-}) et un losange adjacent aux deux triangles et qui représente la répartition synthétique des ions majeurs (composition de l'eau totale en anions et cations). Chacun des deux triangles est subdivisé en quatre sous-triangles dont trois sont associés aux faciès des pôles respectifs, la zone centrale correspondant à un domaine de composition sans faciès hydrochimique dominant. La représentation synthétique des ions d'un échantillon dans le losange est obtenue à l'intersection des deux droites parallèles aux côtés du losange et qui passent par les compositions relatives dans les deux triangles. Le losange peut ainsi lui-même être subdivisé en quatre classes ou familles d'eaux associées à chacun de ses sommets, à savoir :

- au sommet du losange : faciès sulfaté/chloruré, calcique/magnésien ;
- à la base du losange : faciès bicarbonaté, sodique ;
- à la pointe droite du losange : faciès sulfaté/chloruré, sodique
- à la pointe gauche du losange : faciès bicarbonaté, calcique/magnésien.

Comme le montre la **figure 1-22**, la quasi-totalité des échantillons d'eau souterraine analysés dans les masses d'eau RWM022 et RWM023 ainsi que dans des contextes hydrogéologiques similaires proches présentent, toutes unités hydrogéologiques confondues, un faciès bicarbonaté calcique. Ce faciès hydrochimique est typique des réservoirs calcaro-dolomitiques ainsi que de lithologies à composante carbonatée suffisante que pour induire une signature hydrochimique bicarbonatée calcique (grès, siltites et shales plus ou moins fortement carbonatés). Certains échantillons s'écartent significativement d'un faciès bicarbonaté calcique franc soit vers le pôle magnésien (cations), soit vers le pôle sodico-potassique (cations) et chloruré (anions). Ces échantillons sont généralement caractérisés par une plus faible minéralisation (notamment par une composante carbonatée peu présente voire absente de la roche-réservoir) et/ou par une influence anthropique évidente et significative (salage du réseau routier au NaCl et $CaCl_2$). La conséquence en est alors une modification des rapports de concentrations et donc de la position de l'échantillon sur le diagramme. Ceux-ci restent cependant très proches du faciès bicarbonaté calcique qui domine largement dans ces deux masses d'eau souterraine.

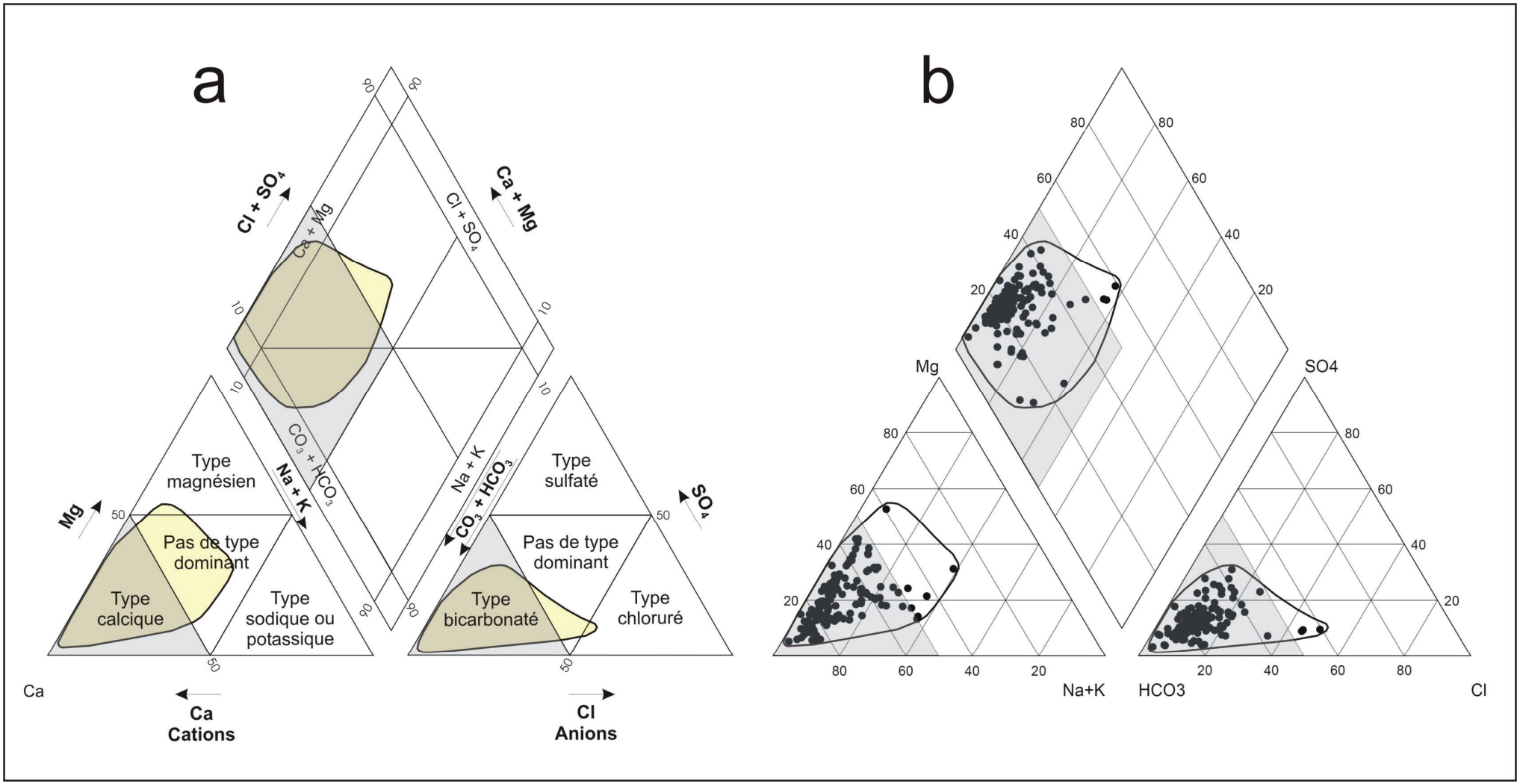


Figure 1-22. (a) Répartition des faciès hydrochimiques des eaux souterraines sur un diagramme ternaire de Piper (Piper, 1944) - (b) Domaine de composition chimique et distribution d'analyses des eaux souterraines réalisées dans les masses d'eau RWM022 et RWM023 ainsi que dans des contextes hydrogéologiques similaires proches (source : Banque de Données Hydrochimiques CALYPSO du Ministère de la Région Wallonne – DGRNE)

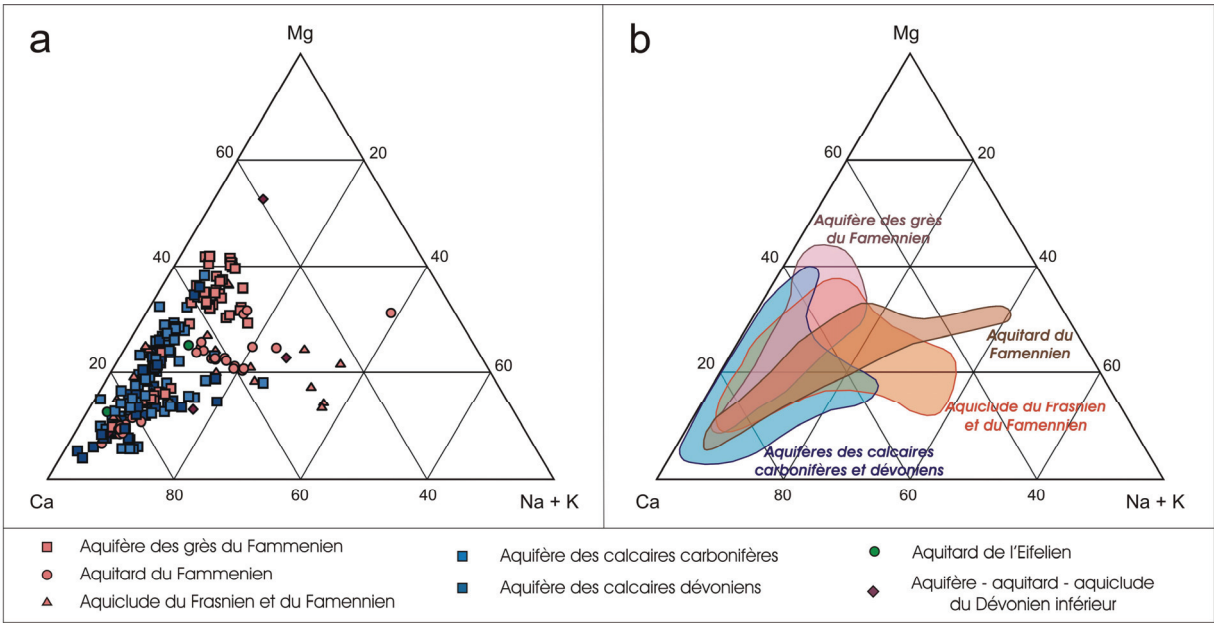


Figure 1-23. (a) Distribution, dans le triangle des cations et par unité hydrogéologique, des analyses d'eau souterraine réalisées dans les masses d'eau RWM022 et RWM023 ainsi que dans des contextes hydrogéologiques similaires proches et (b) domaines de composition chimique des principales unités hydrogéologiques

De manière un peu plus détaillée, la **figure 1-23** montre la répartition, par unité hydrogéologique, des analyses d'eau souterraine représentées à la figure 1-20 dans le triangle des cations du diagramme ternaire de Piper. Bien que les domaines de composition chimique propres à chaque unité hydrogéologique se recouvrent assez bien, la distribution des analyses dans le triangle des cations montre de manière assez évidente une concentration des échantillons prélevés dans les aquifères calcaires parallèle à l'axe Ca – Mg et qui s'étire vers le pôle magnésien. L'augmentation relative de la composante magnésienne est vraisemblablement à mettre en relation avec un caractère calcaro-dolomitique à dolomitique franc des lithologies qui constituent le réservoir dans lequel l'échantillon a été prélevé. Les échantillons prélevés en aquifères calcaires et qui s'écartent de l'axe Ca – Mg pour évoluer vers le pôle sodico-potassique correspondent soit à une eau souterraine influencée de manière plus ou moins significative par des activités humaines (bonne corrélation généralement observée avec des teneurs élevées en Cl^-, SO_4^{--} et NO_3^-), soit à certaines résurgences karstiques qui, sous l'influence d'une dilution des eaux souterraines par les eaux de surface, montrent une diminution significative du rapport de concentration [Ca + Mg]/[Na + K] avec, généralement, une baisse simultanée et importante de la minéralisation et, corollairement, de la conductivité électrique.

Certains échantillons prélevés dans l'aquifère des grès du Famennien présentent une signature hydrochimique très similaire à celle des calcaires. Celle-ci peut s'expliquer aisément par l'occurrence assez fréquente de niveaux gréseux à cimentation calcaire ou dolomitique dans cette unité hydrogéologique. Pour les niveaux peu voire pas carbonatés, la plupart des analyses se situent, dans le triangle des cations, dans un domaine de composition relative dont les limites approximatives sont Ca [50-65 %], Mg [30-42 %] et Na + K [5-20 %] et qui se distinguent relativement bien du domaine de composition des aquifères calcaires.

Le chimisme des nappes d'eau souterraine de l'aquitard du Famennien et de l'aquiclude du Frasnien et du Famennien est assez similaire. Une partie des échantillons prélevés dans des niveaux plus carbonatés présentent, sur un diagramme de Piper, une signature identique à celle d'un calcaire (cas des shales et schistes frasniens à nodules et niveaux carbonatés) tandis que les autres échantillons, prélevés dans des niveaux

détritiques plus siliceux (cas des shales et schistes famenniens), se situeront dans un domaine de composition plus distinct de celui des aquifères calcaires.

En considérant les teneurs absolues en éléments majeurs dans les eaux souterraines, il est possible de les représenter sur un diagramme de Shoeller – Berkaloff (**figure 1-24**). Les concentrations, exprimées en mg/l, y sont reportées sur une échelle semi-logarithmique. Chaque échantillon est alors représenté par une ligne brisée qui permet une lecture directe et aisée non seulement des concentrations absolues mais également des rapports de concentration entre échantillons. Dans les principaux aquifères des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 (ainsi que dans des contextes hydrogéologiques similaires proches) ces rapports de concentrations suivent typiquement l'ordre suivant :

- Cations : [Ca] > [Mg] ≥ [Na + K]
- Anions : $[HCO_3] > [SO_4] > [Cl]$

La plupart des échantillons qui dérogent à ces rapports de concentrations présentent généralement soit un mélange avec des eaux au chimisme radicalement différent (par exemple dilution par des eaux de surface moins minéralisées), soit une contamination évidente et importante par des apports anthropiques.

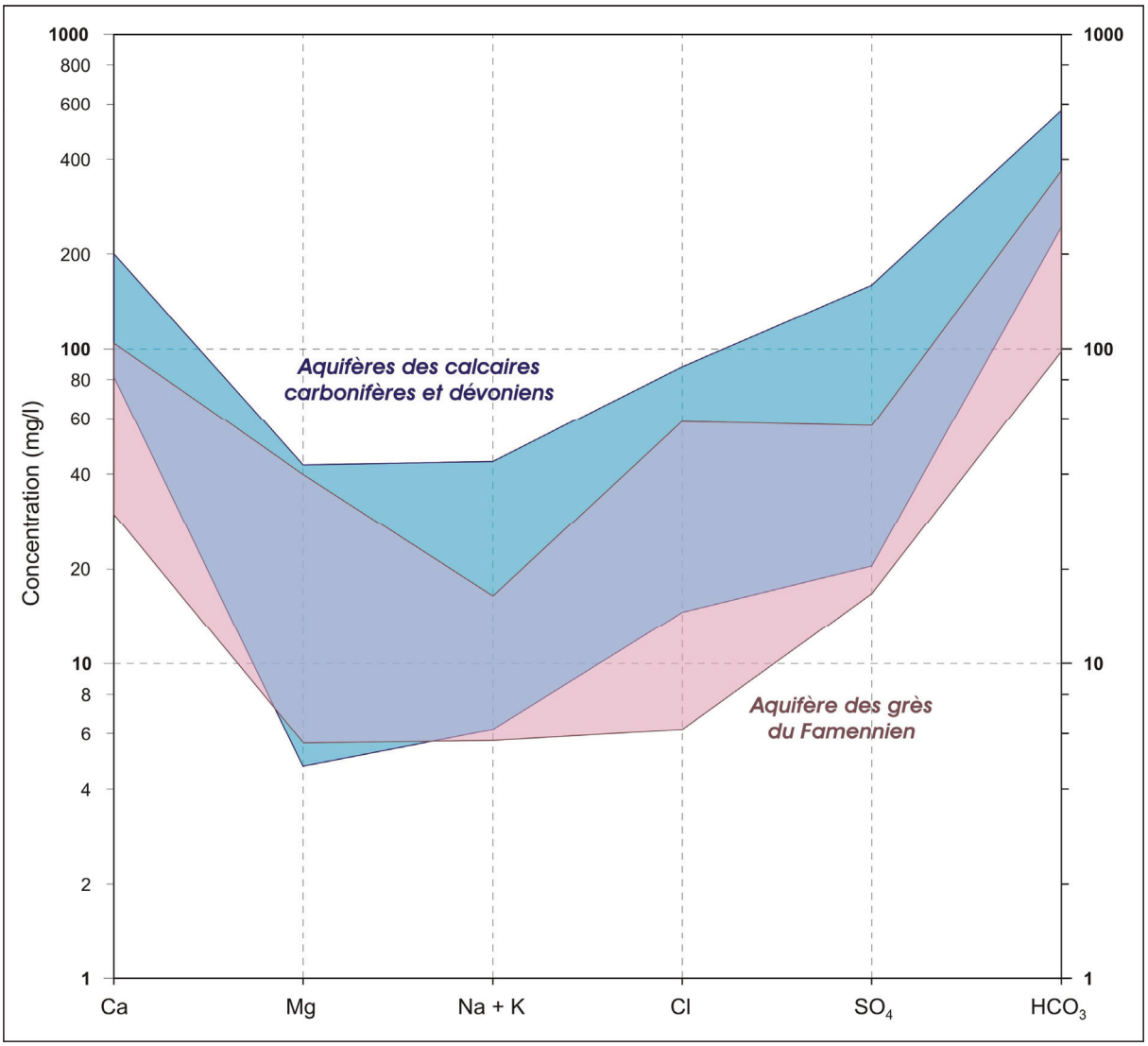


Figure 1-24. Diagramme semi-logarithmique de Shoeller- Berkaloff - Domaines de composition chimique des principaux aquifères dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 ainsi que dans des contextes hydrogéologiques similaires proches

La relation entre la composition chimique des eaux souterraines et la nature des lithologies qui composent les principaux réservoirs des masses d'eau RWM022 et RWM023 peut également être mise en évidence de manière plus nette grâce à un diagramme ternaire basé sur les concentrations molaires de Ca, Mg et Si (**figure 1-25**). Sur ce diagramme, plus la minéralisation (et donc la conductivité électrique) des eaux souterraines est faible, plus celles-ci se situeront proche du pôle Si (diminution de l'importance relative de Ca par rapport à Si). Deux domaines de composition peuvent aisément être distingués sur ce diagramme. Le premier est associé aux échantillons prélevés dans les aquifères calcaires dévoniens et carbonifères. Les eaux qui y sont situées se distinguent de manière évidente et logique des autres unités hydrogéologiques par des teneurs en Ca relativement plus élevées. Au sein de ce premier domaine, et comme dans le triangle des cations du diagramme de Piper (**figure 1-23**), l'enrichissement relatif en Mg est vraisemblablement à mettre en relation avec une augmentation de la composante dolomitique. Le second domaine de composition comprend la majorité des échantillons prélevés dans les unités hydrogéologiques famenniennes. Ces eaux sont globalement caractérisées par des teneurs en Ca plus faibles que dans les calcaires, augmentant significativement l'importance relative de Si.

Le léger recouvrement visible entre ces deux domaines de composition se justifie de la même manière que dans le triangle des cations du diagramme de Piper ci-dessus (émergences karstiques diluées par des eaux de surface ; shales, siltites et grès à composante carbonatée plus ou moins importante). Une composante siliceuse plus importante dans certains calcaires (silicifications, cherts) pourrait également être responsable de teneurs plus élevée en Si dans certains échantillons prélevés dans les aquifères calcaires.

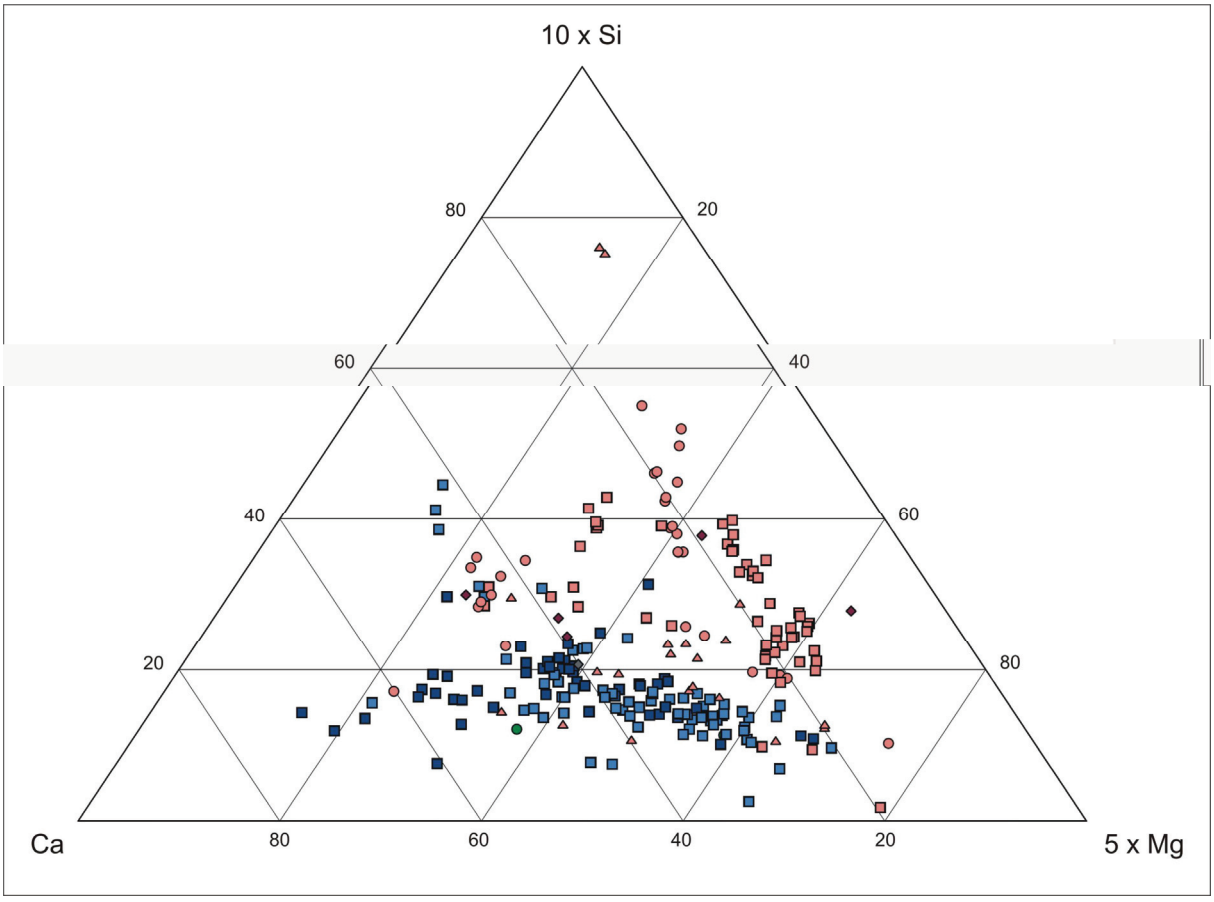


Figure 1-25. Diagramme ternaire Ca – 5 Mg – 10 Si (molaires) pour des eaux souterraines prélevées dans les masses d'eau RWM022 et RWM023 ainsi que dans des contextes hydrogéologiques similaires proches (voir légende de la figure 1-23)

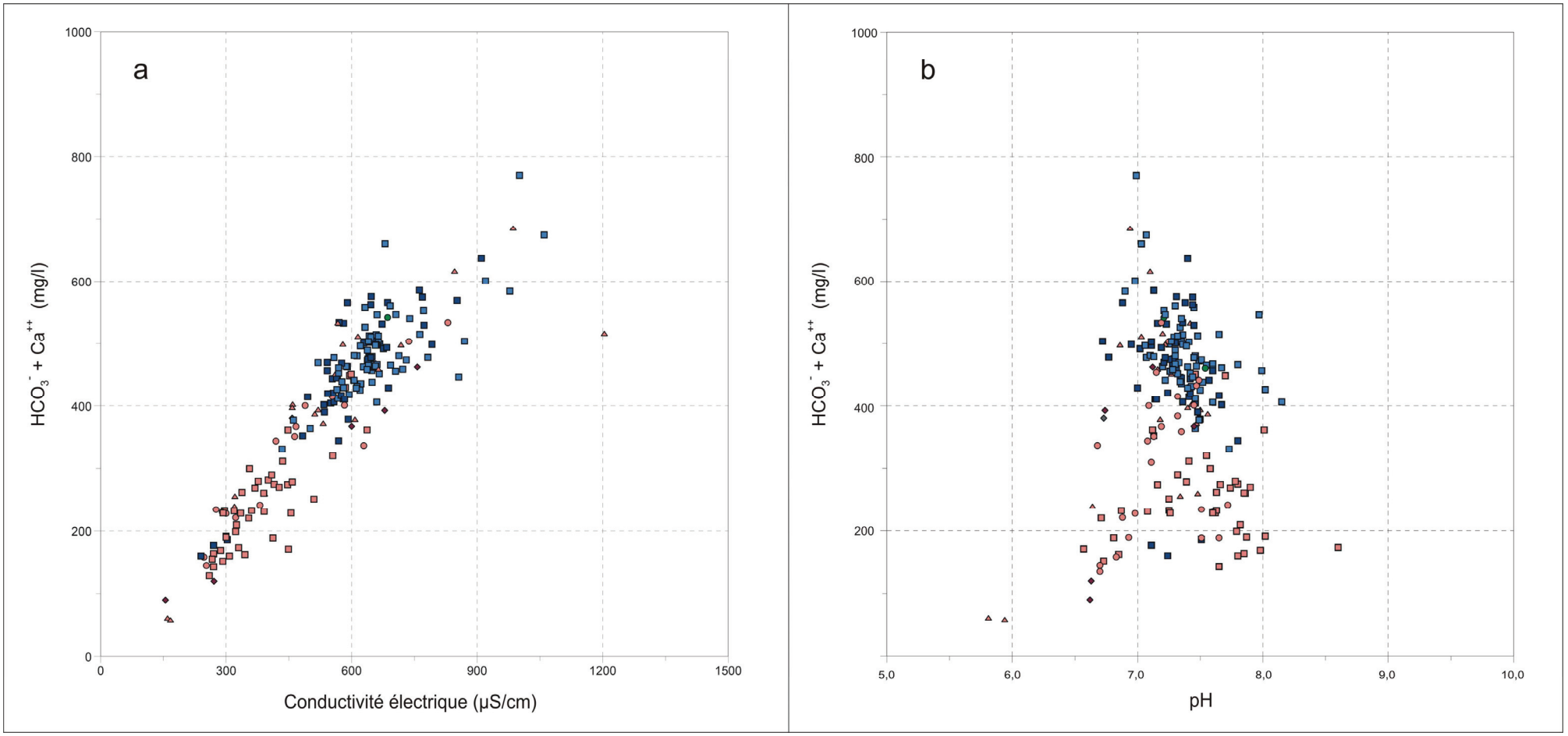


Figure 1-26. Evolution des principaux paramètres physico-chimique (conductivité électrique et pH) en fonction de la minéralisation des eaux souterraines exprimée par la somme [HCO_3 + Ca] (voir légende de la figure 1-23)

Comme évoqué ci-dessus dans le diagramme ternaire Ca-Mg-Si, il existe une relation étroite entre la minéralisation des eaux souterraines (charge totale dissoute) et leur conductivité électrique. Cette relation s'exprime particulièrement bien dans le diagramme binaire de la **figure 1-26a**. Celui-ci reprend la somme des principaux éléments majeurs (HCO_3 et Ca) en fonction de la conductivité électrique. Une distinction assez nette apparaît entre les unités hydrogéologiques famenniennes et les aquifères calcaires dévoniens et carbonifères. Ces derniers présentent le plus souvent des conductivités électriques supérieure à 450 µS/cm tandis que les nappes d'eau souterraine associée aux lithologies détritiques siliceuses sont caractérisées par des conductivités comprises entre 150 et 450 µS/cm. Tous les échantillons dont la conductivité électrique est supérieure à 850 µS/cm présentent systématiquement des concentrations en [Cl + SO_4] > 150 mg/l qui, bien que restant le plus souvent en deçà des normes de potabilité en vigueur en Wallonie, sont très souvent symptomatiques d'importants apports anthropiques. La gamme de conductivité électrique qui peut être considérée comme représentative des eaux souterraines peu à modérément influencées par les activités humaines varie donc de 150 à 850 µS/cm.

Une relation étroite et logique existe également entre la conductivité électrique et la dureté totale des eaux souterraines en question. Pour la gamme de conductivité électrique allant de 150 à 850 µS/cm, la dureté totale fluctue sur une large fourchette allant de 6 °F (eau très douce) dans les lithologies détritiques siliceuses exemptes de carbonates jusqu'à 48 °F (eau très dure) dans les aquifères calcaires.

Enfin, comme le montre la **figure 1-26b**, le pH des eaux souterraines dans les masses d'eau RWM022 et RWM023 ainsi que dans des contextes hydrogéologiques similaires proches varie, le plus souvent et toutes unités hydrogéologiques confondues, dans une fourchette de 6,5 à 8,2 avec une nette dominance des pH légèrement basiques (effet tampon des minéraux carbonatés sur la charge acide des eaux souterraines ; **figure 1-27**). Hormis pour quelques échantillons prélevés dans les lithologies détritiques siliceuses exemptes de carbonates, pour lesquels les pH sont plus souvent légèrement à modérément acides, aucune relation évidente n'existe apparemment entre la nature lithologique de la roche-réservoir et le pH. L'explication des fluctuations de ce paramètre doit a priori être cherchée ailleurs (chimisme des précipitations, influence des sols, particularité géochimique ou minéralogique de la roche-réservoir, apports anthropiques,...).

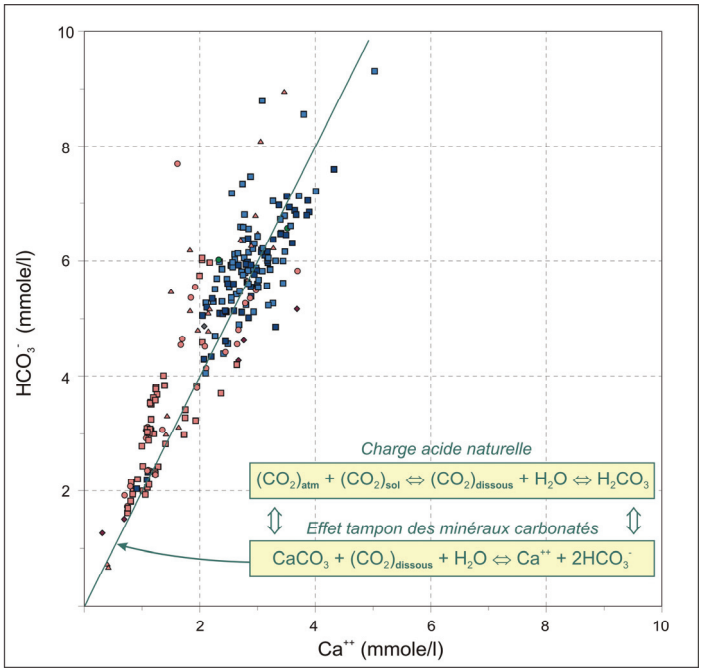


Figure 1-27. Effet tampon des minéraux carbonatés sur la charge acide des eaux souterraines (voir légende de la figure 1-23)

A titre d'exemples, les tableaux ci-dessous reprennent des compositions chimiques typiques et représentatives des eaux souterraines des principales unités hydrogéologiques représentées au sein des masses d'eau RWM022 et RWM023.

Nom		Tamizon E1	Moulin de Bourges	Pechet I	Fontaine à Moiny	Source Tridaine	Pont Romain P3
Code ouvrage		*58/4/9/001*	*57/5/6/001*	*49/5/6/001*	*58/1/2/003*	*59/3/1/004*	*52/5/3/001*
pH	unités pH	7,02	7,21	7,57	7,30	7,00	7,19
Conductivité	µs/cm à 20°C	676	542	605	645	688	684
Dureté totale	° français	35,5	32,3	34,2	40,7	35,4	37,2
Calcium	mg/l	127,5	118,0	99,6	135,0	132,8	127,1
Magnésium	mg/l	8,8	6,9	22,7	16,9	5,4	13,1
Sodium	mg/l	11,4	6,0	7,3	10,6	6,5	12,6
Potassium	mg/l	3,1	1,3	0,8	2,1	1,3	2,5
Aluminium	µg/l	18	0	10	< 6	< 6	45
Fer (sur filtré 0,4 µ)	µg/l	7	7	0	19	< 12	9
Manganèse	µg/l	3	1	0	0	0	2
Chlorures	mg/l	29,5	14,6	20,5	29,0	16,1	35,4
Sulfates	mg/l	37,5	25,8	26,9	38,3	98,0	46,2
Nitrites	mg/l NO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitrates	mg/l NO_3	31,0	25,5	20,0	30,8	22,5	35,6
Ammonium	mg/l NH_4	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
Ortho-Phosphates	mg/l PO_4	0,00	0,00	-	0,02	0,00	0,01

Tableau 1-4a. Analyses chimiques des eaux souterraines de l'aquifère des calcaires du Dévonien

Nom		Brusson G1	Bois de Borlon G1	Chevenière E1	Focroule P3	Lince P5
Code ouvrage		*49/3/5/001*	*54/4/3/001*	*54/4/2/001*	*49/2/6/001*	*49/2/5/005*
pH	unités pH	7,00	7,87	7,63	7,85	7,41
Conductivité	µs/cm à 20°C	237	300	401	390	578
Dureté totale	° français	11,4	14,8	20,7	20,4	31,5
Calcium	mg/l	29,3	49,3	70,4	45,7	75,1
Magnésium	mg/l	9,8	5,9	7,5	21,7	31
Sodium	mg/l	7,5	6,1	6,7	9,3	7,9
Potassium	mg/l	2,2	0,9	0,9	1,6	1,6
Aluminium	µg/l	11	9	31	37	10
Fer (sur filtré 0,4 µ)	µg/l	3	0	25	27	0
Manganèse	µg/l	10	0	1	12	0
Chlorures	mg/l	9,5	12,7	29,2	8,3	14
Sulfates	mg/l	29,3	26,3	31,7	34,2	48,8
Nitrites	mg/l NO_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitrates	mg/l NO_3	14,5	23,3	26,5	4,5	6,3
Ammonium	mg/l NH_4	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortho-Phosphates	mg/l PO_4	0,06	0,03	0,04	0,01	0,11

Tableau 1-4b. Analyses chimiques des eaux souterraines de l'aquifère des grès du Famennien

Nom		Les Menus	Puits Fronville	Puits Jamagne	Grange aux Papillons	Romerée Route de Matagne	Puits Mongauthier
Code ouvrage		*52/6/1/001*	*54/4/9/002*	*54/7/5/006*	*57/7/4/286*	*58/2/7/003*	*59/3/4/008*
pH	unités pH	5,94	7,48	7,28	7,20	7,48	7,59
Conductivité	µs/cm à 20°C	167	495	430	598	481	356
Dureté totale	° français	6,1	25,6	26,6	32,9	25,1	20,3
Calcium	mg/l	16,7	75,0	80,0	104,0	66,0	56,0
Magnésium	mg/l	2,7	16,7	16,0	16,9	21,0	15,4
Sodium	mg/l	13,2	2,8	5,0	21,0	15,1	12,2
Potassium	mg/l	1,5	1,5	1,7	3,6	9,7	1,4
Aluminium	µg/l	< 10	12	< 10	< 10	< 10	< 10
Fer (sur filtré 0,4 µ)	µg/l	56	< 2	4	< 2	9	< 2
Manganèse	µg/l	19	216	< 5	134	47	6
Chlorures	mg/l	28,8	28,3	14,9	18,0	6,5	27,2
Sulfates	mg/l	7,5	29,6	30,0	48,1	21,2	31,8
Nitrites	mg/l NO_2	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00
Nitrates	mg/l NO_3	8,9	12,4	25,5	1,4	< 0,1	3,3
Ammonium	mg/l NH_4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00
Ortho-Phosphates	mg/l PO_4	0,22	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00

Tableau 1-4c. Analyses chimiques des eaux souterraines de l'aquiclude du Frasnien - Famennien

1.4.4.2 Principaux apports anthropiques

L'analyse des nombreuses données chimiques disponibles dans les eaux souterraines des masses d'eau RWM022 et RWM023 montre, notamment par comparaison avec des sites de prélèvement situés dans des zones peu anthropisées de ces deux masses d'eau, que le chimisme de la majeure partie des nappes d'eau souterraine y est modérément à significativement altéré par des contaminations directement liées aux activités humaines de surface (agriculture, industrie, épandage du réseau routier, rejets d'eaux usées, activités domestiques, pollutions accidentelles,...). Ces apports anthropiques concernent essentiellement les précipitations (loin d'être chimiquement pures par dissolution et entraînement des aérosols), le lessivage des sols influencés par les activités humaines et les rejets directs dans les eaux de surface et dans les eaux souterraines. S'ils ne sont la plupart du temps pas critiques par rapport à l'usage des réserves en eau souterraine qui y est fait (principalement distribution publique d'eau potable), il convient cependant d'être conscient que, pour les substances discutées ci-dessous, les valeurs de concentration qui peuvent être considérées comme proches d'un bruit de fond géochimique naturel sont très souvent largement dépassées à une échelle régionale.

a) Cas des nitrates

Dans le contexte de nappes libres à caractère oxydant qui prévaut largement dans les masses d'eau RWM022 et RWM023, l'ion NO_3^-, forme la plus oxydée de l'azote, constitue la plupart du temps la seule espèce minérale azotée présente naturellement dans les eaux souterraines. Les principales sources naturelles de nitrates sont les précipitations et les interactions avec le sol et la végétation. A l'état naturel, les concentrations en nitrates sont généralement faibles (quelques mg/l au maximum). Des concentrations supérieures à 10 mg/l traduisent le plus souvent un apport anthropique significatif à mettre en relation, notamment, avec des épandages excessifs de lisiers et d'engrais ou encore avec des rejets d'eaux usées d'origines industrielle ou domestique.

Les nappes d'eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023 sont directement concernées par la problématique des nitrates (**figure 1-28**). Sur les 131 sites de prélèvement où des analyses NO_3^- sont disponibles dans les eaux souterraines (totalisant 5330 analyses), 54 d'entre eux présentent des concentrations moyennes en nitrates supérieures à 25 mg/l (niveau-guide européen) tandis que 12 sites dépassent la norme de potabilité de 50 mg/l. La concentration maximale mesurée est de 103 mg/l.

Cette carte reprend également la délimitation des zones vulnérables aux nitrates du Sud Namurois et du Nord du Sillon Sambre et Meuse. Par rapport au reste de la Wallonie, les territoires inclus dans ces zones vulnérables font l'objet d'un contrôle accru des pratiques agricoles (normes de stockage et d'épandage des engrais et effluents plus contraignantes) et de l'évolution des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines (Survey NO_3^-). Actuellement, près de 500 km² (25 % de la superficie totale des deux masses d'eau) sont en zone vulnérable aux nitrates.

En ramenant cette problématique des nitrates à l'usage principal qui est fait des réserves en eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023 (distribution publique d'eau potable), la répartition des volumes prélevés par tranche de concentration moyenne en nitrates dans les eaux souterraines sur les sites où des analyses NO_3^- sont disponibles (**figure 1-29**) montre que si 50 % des volumes captés présentent des concentrations moyennes supérieures à 25 mg/l, seul 1 % de ces volumes dépasse la norme de potabilité de 50 mg/l, nécessitant alors soit une mise hors service de la prise d'eau, soit un mélange avec des eaux à plus faible teneur en nitrates, soit encore un traitement (dénitratation par résines échangeuses d'ions, nanofiltration,...).

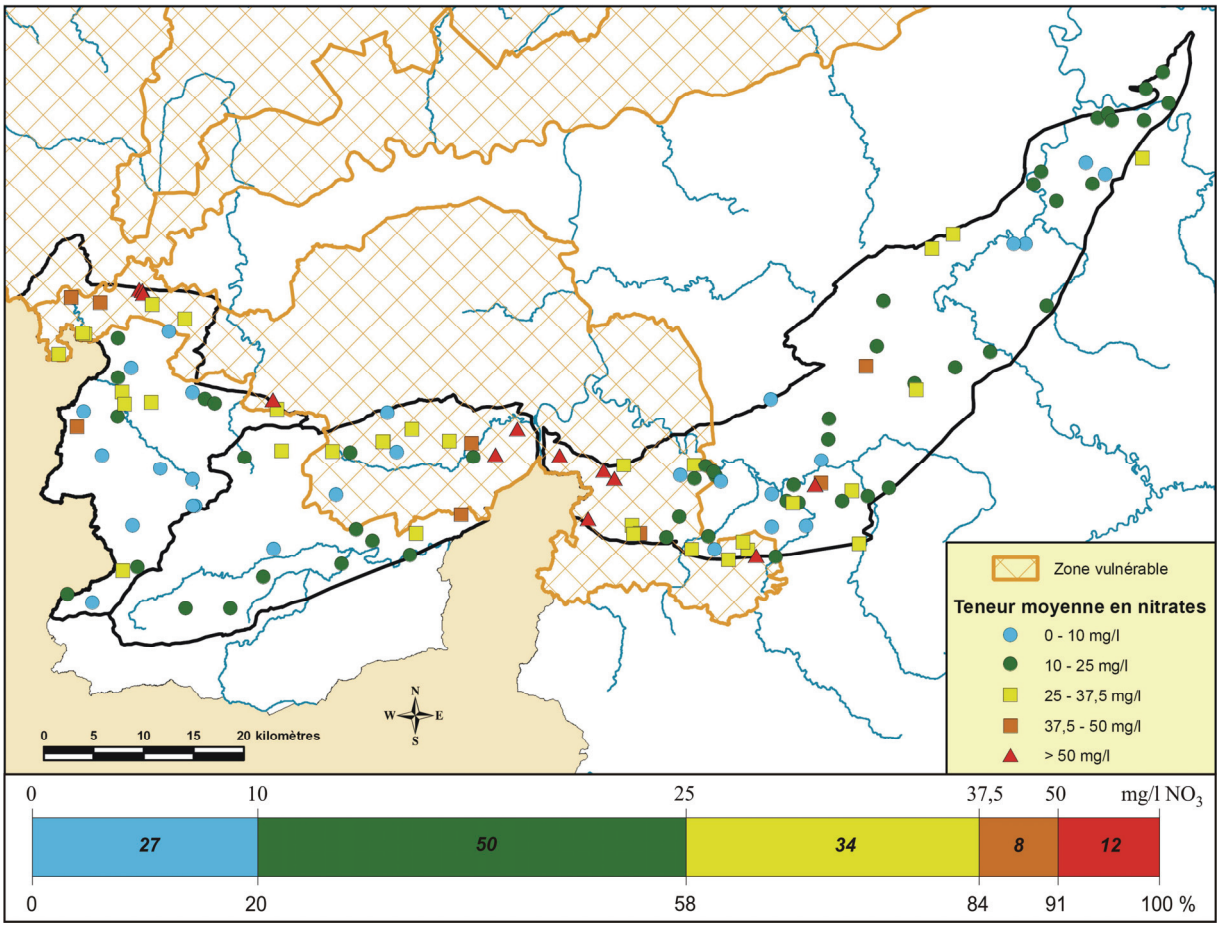


Figure 1-28. Concentrations moyennes en nitrates mesurées dans les eaux souterraines des masses d'eau RWM022 et RWM023 pour la période 2000 – 2006 ; diagramme-barre de répartition des sites de prélèvements par tranche de concentration moyenne en nitrates (nombre de sites en italique gras)

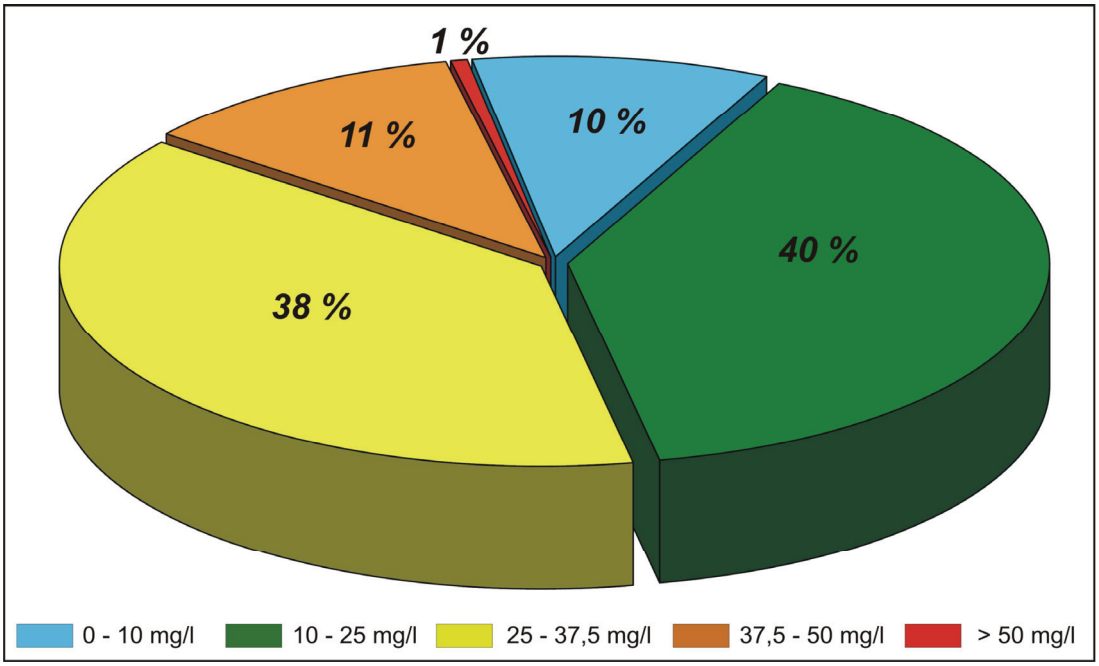


Figure 1-29. Répartition des volumes prélevés dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 par tranche de concentration moyenne en nitrates (volumes déclarés, pour l'année 2002, pour les sites où des analyses en nitrates dans les eaux souterraines sont disponibles pour la période 2000-2006)

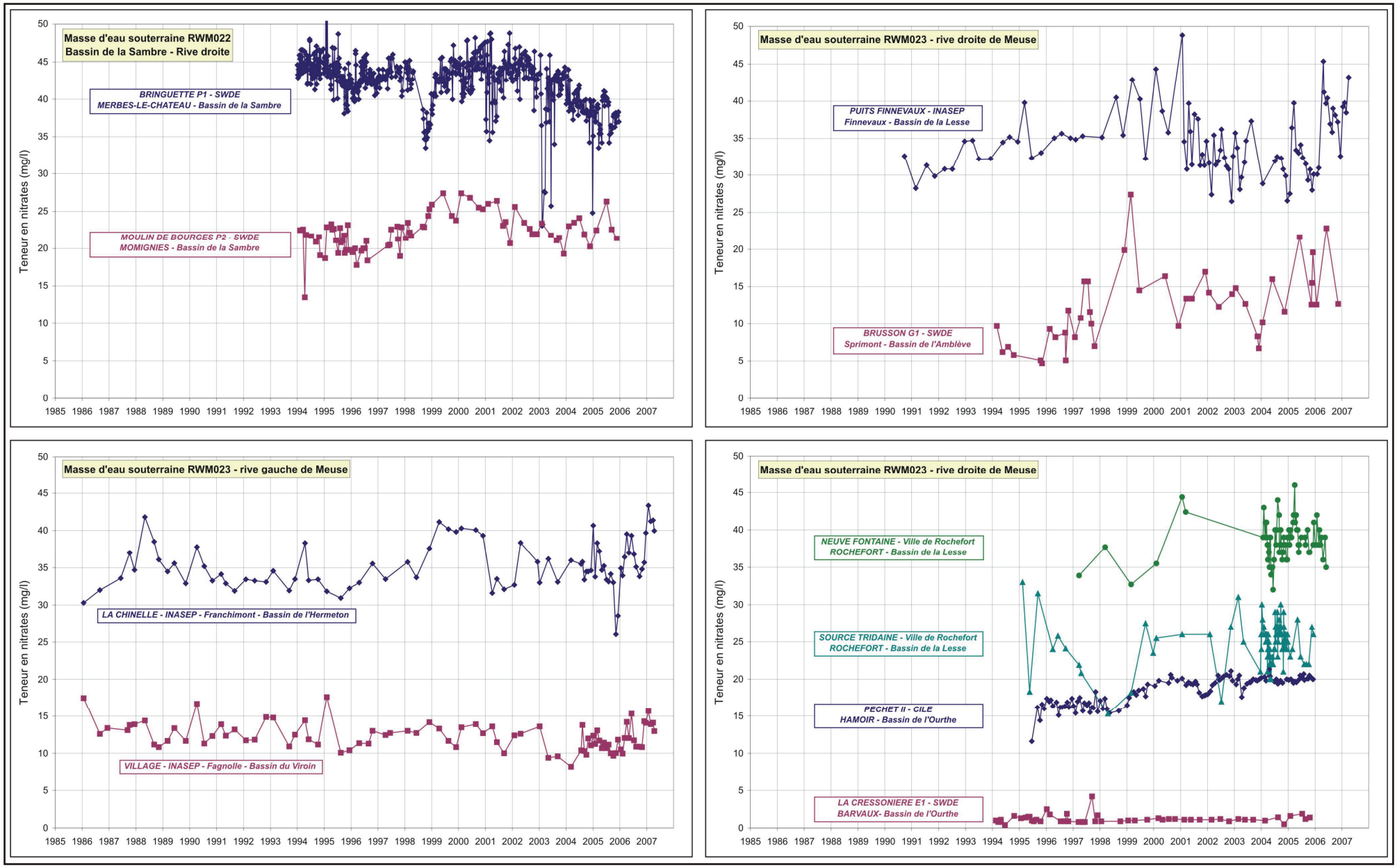


Figure 1-30. Evolution des concentrations en nitrates sur plusieurs sites de captage situés dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

De nombreuses chroniques NO_3^- sont disponibles dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023. Celles qui sont représentées à la **figure 1-30** illustrent l'évolution des concentrations en nitrates qui est généralement observée dans les eaux souterraines de ces deux masses d'eau. Dans l'ensemble, ces chroniques montrent soit une relative stabilité des teneurs en nitrates, soit une tendance à l'augmentation qui peut localement atteindre 1 mg/l.an. Hormis pour quelques rares prises d'eau (cas du captage Bringuette P1 représenté ci-dessus), aucune tendance significative à la baisse des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines n'est actuellement observée dans les masses d'eau RWM022 et RWM023.

b) Cas des pesticides

La surveillance de la qualité des eaux souterraines en Wallonie a permis la mise en évidence, depuis plus d'une quinzaine d'années, d'une contamination généralisée de nombreuses masses d'eau souterraine par des produits phytosanitaires synthétiques à usage essentiellement agricole mais également non agricole (usage domestique, entretien des voiries et des espaces verts,...). Parmi plusieurs centaines de molécules actives disponibles sur le marché, une centaine d'entre elles sont régulièrement recherchées dans les eaux souterraines destinées à la consommation humaine. La plupart des contaminations observées peuvent être attribuées à une dizaine de pesticides (et certains de leurs métabolites), tous des herbicides, dont l'analyse est désormais rendue obligatoire pour les producteurs d'eau (AGW du 3 mai 2007) et est déjà systématisée pour le réseau de surveillance patrimoniale de la qualité des eaux souterraines.

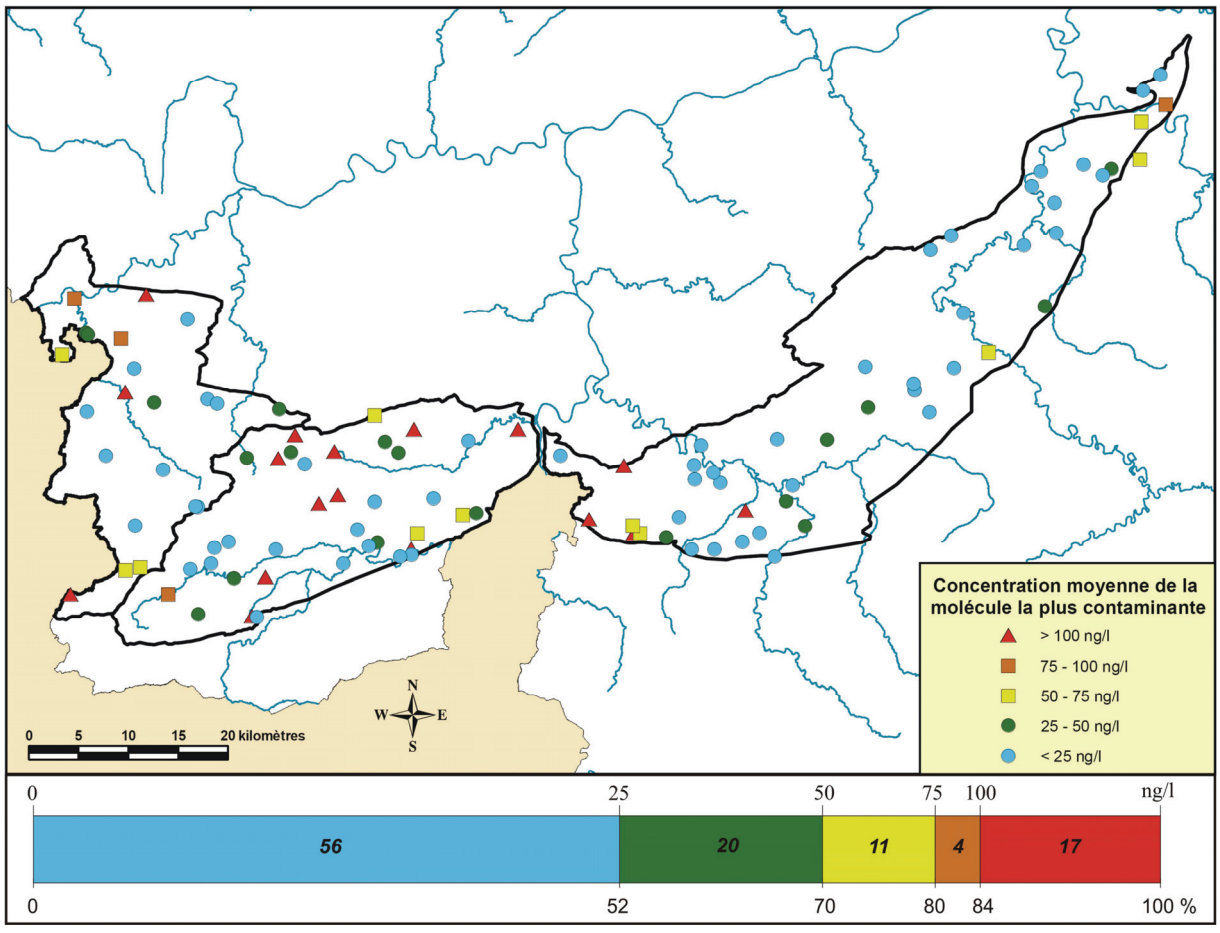


Figure 1-31. Concentrations moyennes des pesticides les plus contaminants dans les eaux souterraines des masses d'eau RWM022 et RWM023 pour la période 2000 – 2006 Diagramme-barre de répartition des sites de prélèvements par tranche de concentration moyenne du pesticide le plus contaminant (nombre de sites en italique gras)

La **figure 1-31** montre que les réserves en eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023 présentent une contamination significative en produits phytosanitaires. Sur les 108 sites où des analyses de pesticides sont disponibles pour la période 2000 - 2006 (totalisant 338 analyses), près de la moitié d'entre eux sont significativement contaminés (> 25 ng/l) par au moins une des substances listées ci-dessous (**figure 1-32**). 17 d'entre eux présentent au moins un dépassement de la norme de potabilité de 0,1 µg/l généralement admise par substance. Comme le montre la **figure 1-32**, les principales molécules incriminées sont l'atrazine, la déséthylatrazine (métabolite de l'atrazine), le 2,6-dichlorobenzamide (BAM), la bentazone, la simazine, le diuron et l'isoproturon.

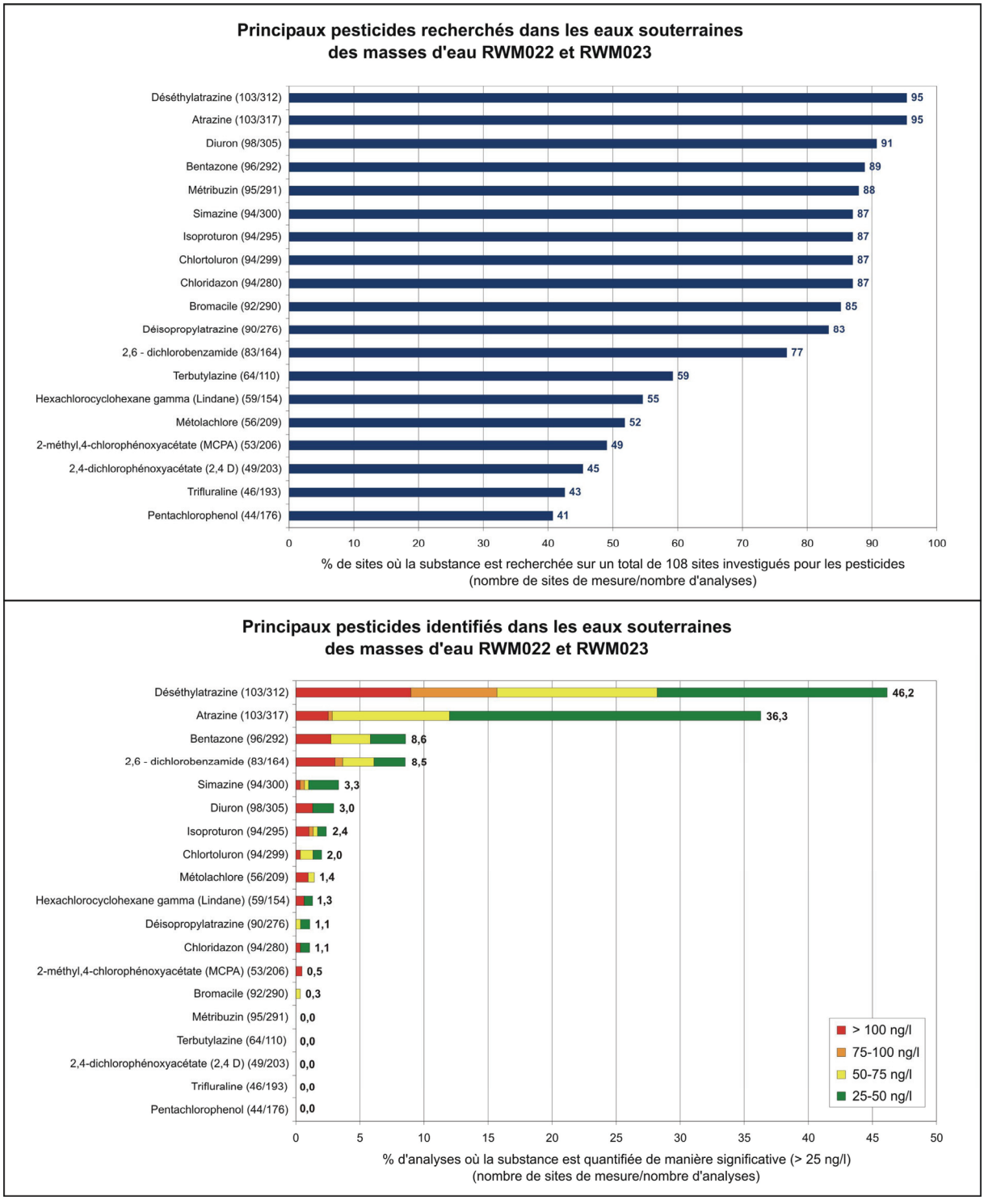


Figure 1-32. Principaux pesticides recherchés et identifiés dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 pour la période 2000 – 2006

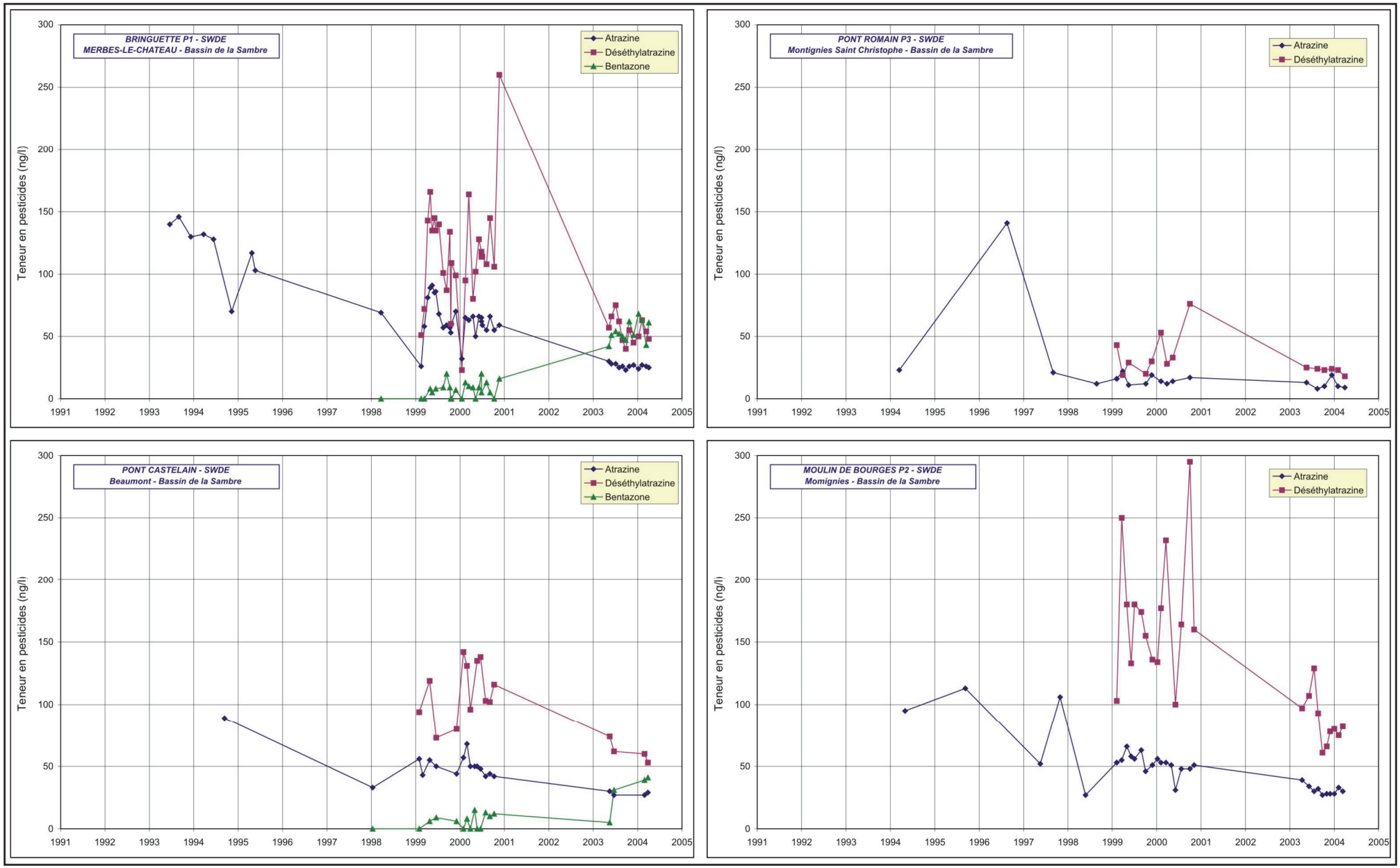


Figure 1-33. Evolution des concentrations en pesticides sur plusieurs sites de captage situés dans la masse d'eau souterraine RWM022

La **figure 1-33** illustre, à titre exemplatif, l'évolution des principaux pesticides contaminants dans quatre prises d'eau souterraine situées dans la masse d'eau RWM022. Ces quatre captage, qui totalisent à eux seuls plus du quart (± 2.300.000 m³/an) des volumes totaux prélevés pour les deux masses d'eau étudiées, font tous l'objet d'un traitement spécifique sur charbon actif afin d'abaisser au maximum la teneur en pesticides dans les eaux distribuées. Ces évolutions montrent bien la baisse significative des concentrations en atrazine (molécule interdite d'utilisation depuis 2002) et son métabolite, la déséthylatrazine. La bentazone, qui constitue un substitut à l'atrazine, montre cependant une tendance inverse avec une augmentation significative depuis quelques années. Cet herbicide total à usage agricole, de même que d'autres herbicides totaux à usage principalement non agricole (2,6-dichlorobenzamide (BAM), simazine, diuron,...) font actuellement l'objet d'une surveillance accrue destinée à prévenir tout risque de contamination supplémentaire des eaux souterraines par de nouvelles substances utilisées en substitution de pesticides désormais interdits.

1.4.4.3 Réseau de surveillance qualitative

La mise en œuvre, en Région Wallonne, de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau 2000/60CE s'est concrétisée par l'élaboration, pour le volet qualitatif, d'un réseau de surveillance qualitative des réserves en eau souterraine. Les sites de contrôle qui le constituent se répartissent en deux sous-réseaux qui sont d'une part le réseau des producteurs d'eau et d'autre part le réseau patrimonial.

Le réseau des producteurs réunit les sites sélectionnés dont le suivi est assuré réglementairement par les producteurs d'eau et dont les résultats doivent être transmis annuellement par ceux-ci à l'Administration. Ce réseau comporte des prises d'eau souterraine potabilisable d'au moins 36.500 m³/an (100 m³/j) et des prises d'eau souterraine non potabilisable d'au moins 365.000 m³/an (1000 m³/j) (AGW du 3 mai 2007).

Le réseau patrimonial comprend des sites de contrôle sélectionnés parmi les prises d'eau souterraine qui ne rentrent pas dans les critères du réseau des producteurs. Il permet ainsi d'obtenir une image cohérente et globale de l'état chimique des masses d'eau souterraine représentative de l'ensemble des usages (autres que la distribution publique d'eau potable) qui sont faits des ressources en eau souterraine.

Pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, le réseau de surveillance qualitative se compose de 70 sites de contrôle qui se répartissent en 32 sites producteurs et 38 sites patrimoniaux (densité moyenne de 28 km²/site de surveillance). Ces sites sont localisés à la **figure 1-34** et sont situés et décrits de manière plus détaillée à l'**annexe IV**.

Le suivi de la qualité des eaux souterraines sur le réseau de surveillance qualitative est géré par cycles de trois ans. Chaque cycle se compose d'une année de monitoring de surveillance complet sur tous les sites de contrôle suivie de deux années de monitoring opérationnel focalisé sur les sites et paramètres problématiques d'un point de vue qualitatif. Pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, la fréquence des échantillonnages de surveillance a été fixée à 2 campagnes par an (correspondant plus ou moins aux périodes de hautes eaux et de basses eaux décrites au point **1.4.3.3**). La fréquence du monitoring opérationnel sera au moins égale à celle du monitoring de surveillance.

Quatre campagnes de surveillance ont été effectuées en juin 2006 et janvier 2007 pour la RWM022 et en novembre 2006 et avril 2007 pour la RWM023. Le premier monitoring de surveillance est donc terminé. Les résultats de ces campagnes de surveillance sont repris dans leur intégralité à l'**annexe V**. Le monitoring opérationnel de ces deux masses d'eau est prévu pour 2007-2008. La prochaine phase de surveillance (démarrage du prochain cycle de trois ans) est planifiée pour fin 2008 – début 2009.

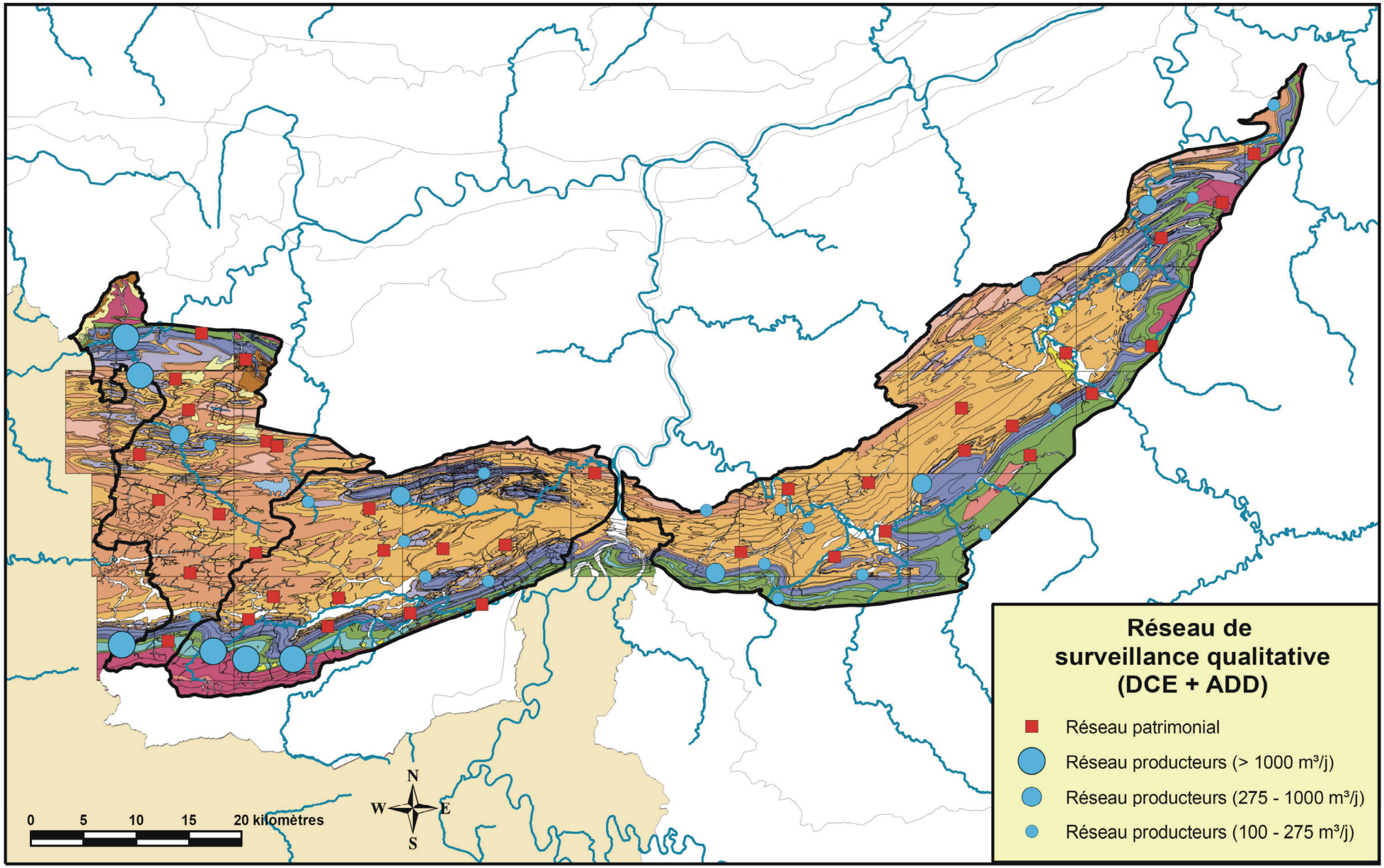


Figure 1-34. Réseau de surveillance qualitative des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

1.4.4.4 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 des masses d'eau RWM022 et RWM023, le réseau de surveillance qualitative évoqué ci-dessus au point 1.4.4.3 a fait l'objet d'un traitement par l'outil SEQ-ESO. Une première évaluation de la qualité des eaux souterraines prélevées dans la période 2000 – 2006 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 1-35**, montrent que les principaux problèmes de qualité rencontrés dans les eaux souterraines des masses d'eau RWM022 et RWM023 relèvent presque exclusivement des apports anthropiques discutés au point 1.4.4.2, à savoir 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.

Plusieurs occurrences significatives de benzo(a)pyrène (3-4 benzopyrène) sont à signaler. Associées à des émergences à caractère karstique non exploitées, elles sont systématiquement accompagnées d'un cortège de HAP symptomatique d'apports en eau de surface. Les quelques occurrences d'ammonium sont généralement et vraisemblablement associées, dans des puits forés relativement profonds, à un processus de dénitrification en milieu anaérobie.

Ces résultats ont été agrégés de manière à obtenir une évaluation globale de la qualité pour l'ensemble des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023. Cette évaluation est synthétisée à l'**annexe VI** sous forme d'une fiche qualité par masse d'eau. Les deux fiches ainsi générées montrent qu'à l'échelle des masses d'eau RWM022 et RWM023, la qualité des eaux souterraines peut être considérée comme relativement bonne (classe verte du système SEQ-ESO). Le problème des nitrates y est cependant bien visible pour les deux masses d'eau. Les pesticides apparaissent comme paramètres limitant pour la masse d'eau RWM022 mais la fiche de la masse d'eau RWM023 ne les fait pas apparaître (classe SEQ-ESO bleue pour tous les usages pour l'altération 'Produits Phytosanitaires'). Le SEQ-ESO ne prend effectivement pas encore en compte tous les pesticides identifiés dans cette masse d'eau (notamment le 2-6 dichlorobenzamide ou BAM). De plus, si la problématique des pesticides est effectivement vraisemblablement moins prononcée dans la masse d'eau RWM023 que dans la masse d'eau RWM022, la caractérisation exhaustive effectuée au point 1.4.4.2 montre qu'une contamination par des produits phytosanitaires y est bien présente. L'outil SEQ-ESO étant utilisé sur un échantillon de sites disponibles au

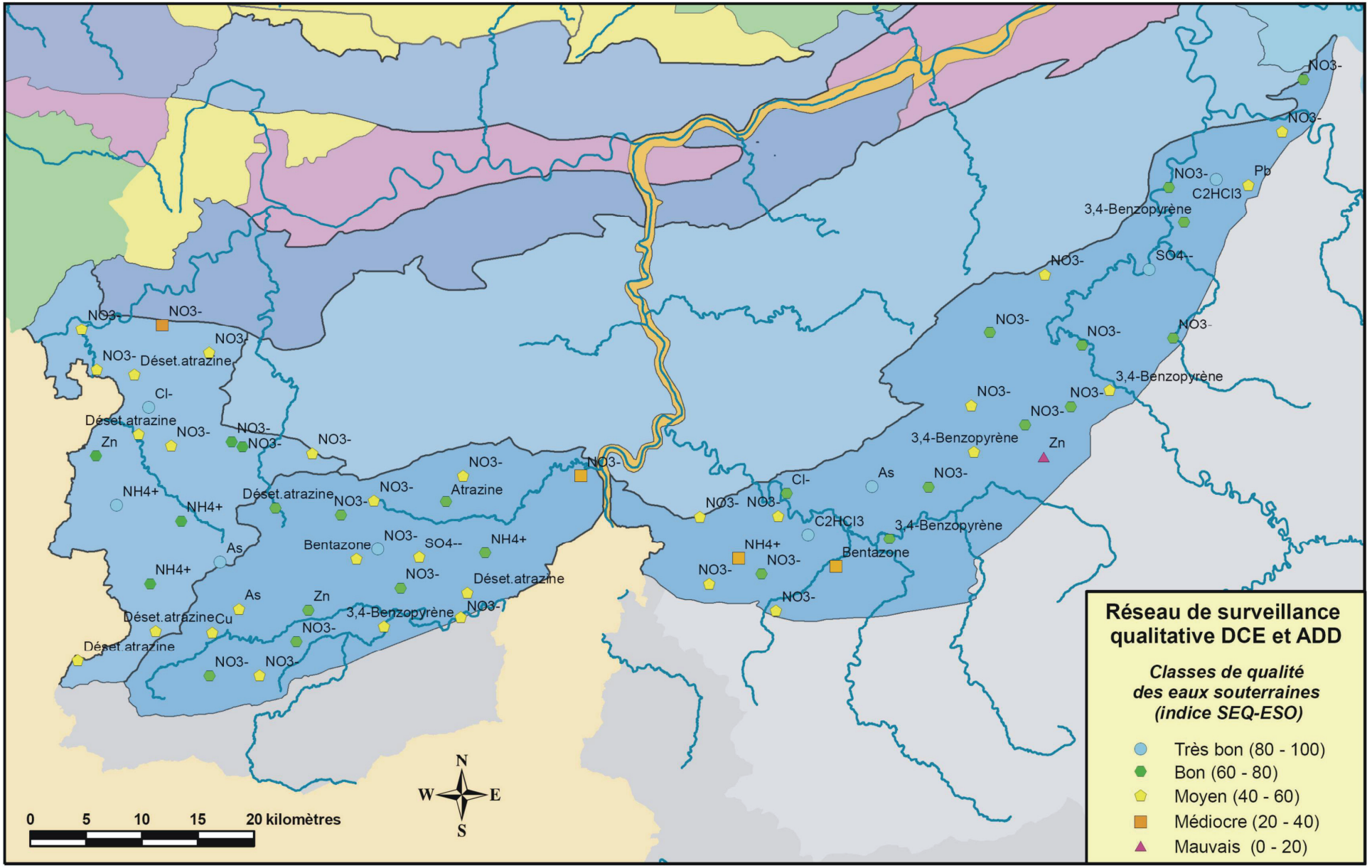


Figure 1-35. Evaluation de la qualité des eaux souterraines des masses d'eau RWM022 et RWM023 à l'aide de l'outil SEQ-ESO (période 2000 – 2006)

sein de la masse d'eau, il conviendra probablement d'adapter les premiers réseaux de surveillance proposés dans le présent rapport de manière à ce que ceux-ci soient représentatifs non seulement d'un contexte géologique/hydrogéologique/hydrogéochimique ainsi que des fonctions et usages de l'eau souterraine, mais en s'assurant également qu'ils reflètent de manière fidèle et proportionnelle les problématiques qualitatives mises en évidence par une phase de caractérisation exhaustive qui doit exploiter l'ensemble des données chimiques disponibles pour la masse d'eau.

L'évaluation relativement bonne de l'état qualitatif de ces deux masses d'eau ne doit donc pas faire oublier que la qualité des eaux souterraines s'y trouve localement fortement altérée par des apports anthropiques au point de devoir soit mettre certaines prises d'eau hors service, soit distribuer une eau potabilisée au prix de traitements parfois très coûteux.

A ce titre, les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 doivent être considérées comme étant *'A Risque'* d'un point de vue qualitatif et devront faire l'objet d'une surveillance étroite notamment pour les nitrates et les pesticides.

1.4.5 Exploitation des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

1.4.5.1 Volumes prélevés

Les réserves en eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023 font l'objet d'une exploitation localement significative mais globalement peu importante par rapport au reste de la Wallonie. Les données de prélèvements déclarés disponibles auprès du Ministère de la Région Wallonne - DGRNE (Banque de Données Dix-Sous) permettent d'établir un volume annuel prélevé pour ces deux masses d'eau qui oscille entre 7 millions de m³ en 2004 (année assez sèche) et 8,2 millions de m³ en 2002 (année à forte pluviométrie). Alors qu'elles occupent 11,5 % de la superficie régionale, l'exploitation des réserves en eau souterraine de ces deux masses d'eau représente à peine 2 % du total des prélèvements en eau souterraine pour l'ensemble de la Wallonie (environ 400 millions de m³/an). Avec une densité moyenne de prélèvement de 4000 m³/km².an (équivalent d'une lame d'eau de 4 mm), elles figurent parmi les masses d'eau souterraine les moins exploitées de Wallonie.

La **figure 1-36a et b** précise de manière un peu plus détaillée la répartition de ces volumes par masse d'eau souterraine et par type de prélèvement. Les prélèvements gravitaires, qui représentent de l'ordre de 40 à 45 % du volume prélevé dans ces deux masses d'eau, se concentrent presque exclusivement dans la masse d'eau RWM023. Les réserves en eau souterraine de la masse d'eau RWM022 sont principalement exploitées par des pompages sur puits qui sollicitent activement les nappes d'eau souterraine.

La répartition des volumes exploités par unité hydrogéologique (**figure 1-36c**) montre, de manière assez logique, que la majeure partie des prélèvements en eau souterraine sont effectués dans l'aquifère des calcaires du Dévonien. Les unités hydrogéologiques qui constituent cet important réservoir (aquifères des calcaires de l'Eifelien, du Givetien et du Frasnien) sont en effet globalement les plus perméables et les plus productives qui sont représentées dans ces deux masses d'eau. Il est intéressant de constater qu'après les calcaires du Dévonien, l'unité hydrogéologique la plus exploitée est l'aquiclude du Frasnien – Famennien. Malgré les faibles perméabilités qui le caractérisent, celui-ci est en effet particulièrement bien représenté en terme de superficie à l'affleurement (surtout dans la masse d'eau souterraine RWM023) et constitue bien souvent à une échelle locale la seule ressource en eau souterraine qui peut actuellement raisonnablement être exploitée. Enfin, par ordre d'importance décroissante, les principales autres unités hydrogéologiques exploitées sont l'aquitard de l'Eifelien et l'aquifère des grès du Famennien.

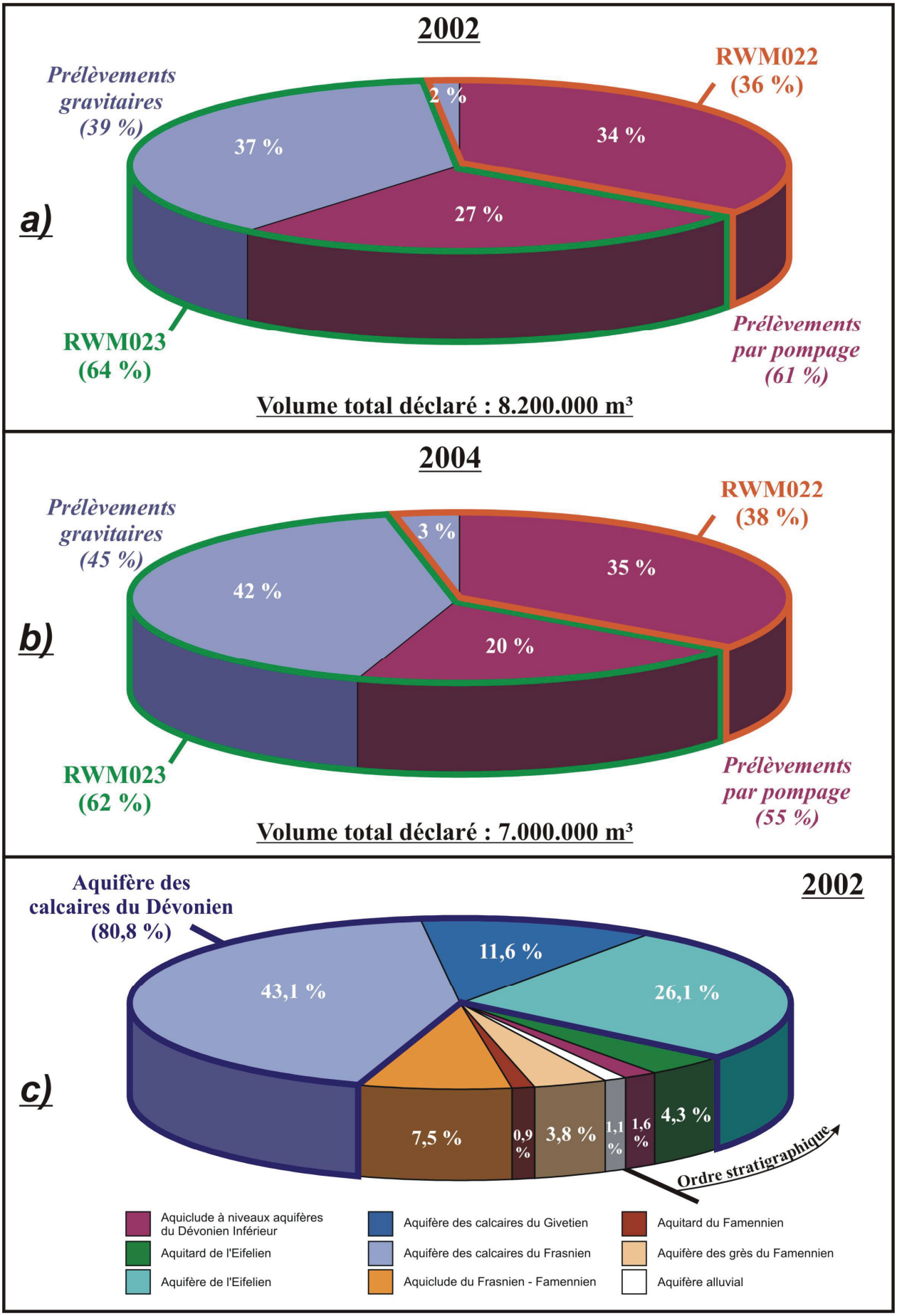


Figure 1-36. Répartition des prélèvements d'eau souterraine déclarés par masse d'eau souterraine, par type de prélèvement et par unité hydrogéologique

La **figure 1-37** reprend, pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, les zones de prélèvement et de distribution des producteurs publics d'eau potable ainsi que la localisation des principales prises d'eau souterraine (> 10.000 m³/an). Au nombre de 69, celles-ci totalisent environ 90 % des prélèvements totaux en eau souterraine déclarés dans les deux masses d'eau. La répartition de ces 90 % (**figure 1-37**) montre que si la Société Wallonne Des Eaux (SWDE) est le principal producteur d'eau potable, les services communaux de Chimay (Régie des Eaux de Chimay) et de Rochefort en prélèvent près du tiers. Bien qu'occupant 34 % de la superficie des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, l'Intercommunale Namuroise de Services Publics (INASEP) et l'Association Intercommunale des Eaux du Condroz (AIEC) n'y prélève qu'environ 10 % du volume total exploité (12,1 % du volume prélevé par les principales prises d'eau souterraine).

12 des 69 prises d'eau souterraine qui dépassent 10 000 m³/an sont des captages privés (carrières, industries, minéraliers, distribution privée d'eau potable,...). Ces 12 prises d'eau totalisent 8,4 % du volume exploité par les principales prises d'eau souterraine (7,6 % du volume total déclaré pour les deux masses d'eau).

Une carte de localisation et une description plus détaillées de ces 69 prises d'eau souterraine sont reprises à l'**annexe VII** de ce rapport.

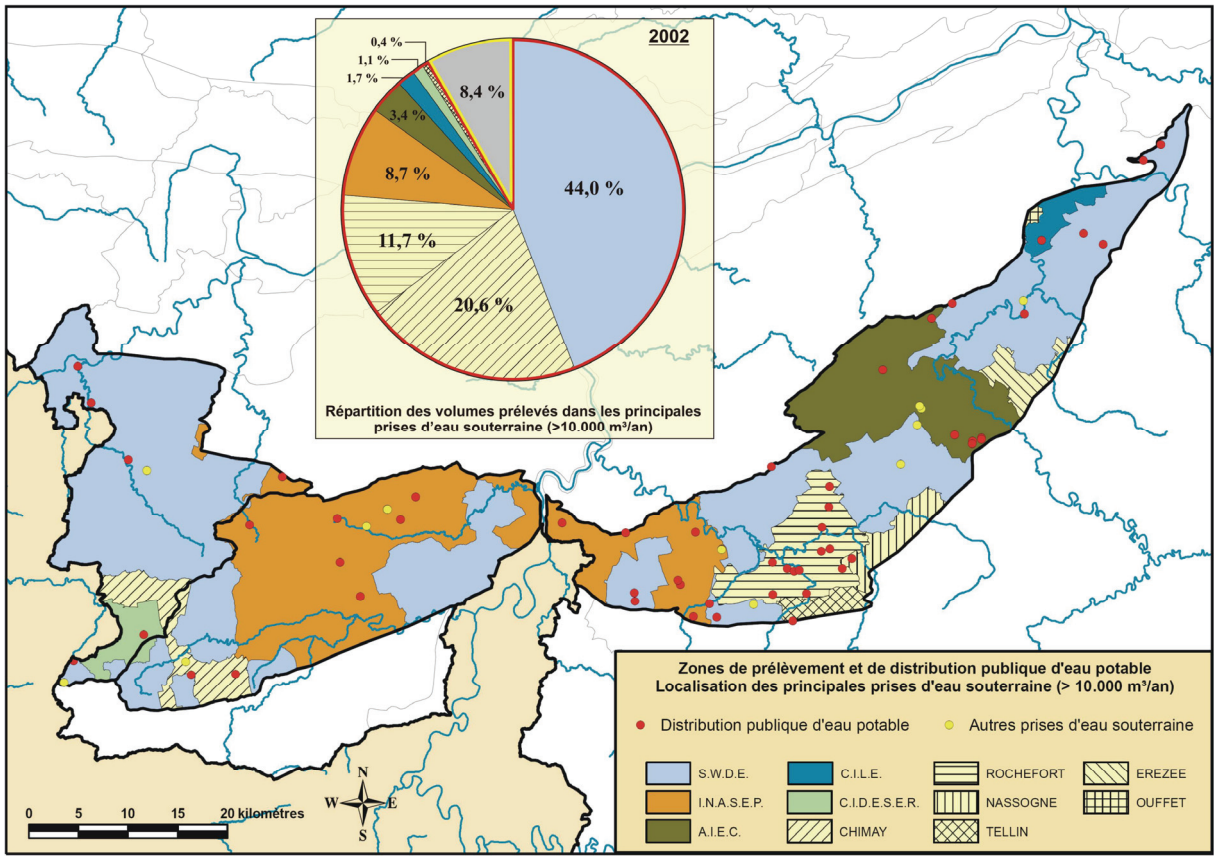


Figure 1-37. Zones de prélèvement et de distribution des producteurs publics d'eau potable et localisation des principales prises d'eau souterraine (> 10.000 m³/an) dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

Les autres prises d'eau souterraine de moindre importance (< 10.000 m³/an) représentent environ 10 % du volume total exploité dans les masses d'eau RWM022 et RWM023. Elles correspondent majoritairement à des captages privés (industries, minéraliers, collectivités, agriculture, ménages,...).

1.4.5.2 Evaluation du risque quantitatif

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau 2000/60/CE impose aux états membres de maintenir ou, si nécessaire, de rétablir un bon état quantitatif de leurs masses d'eau souterraine afin que *« ...le niveau de l'eau souterraine dans la masse d'eau souterraine soit tel que le taux moyen annuel de captage à long terme ne dépasse pas la ressource disponible de la masse d'eau souterraine... »* et que *« ...le niveau de l'eau souterraine ne soit pas soumis à des modifications anthropogéniques telles qu'elles empêcheraient d'atteindre les objectifs environnementaux déterminés au titre de l'article 4 pour les eaux de surface associées... »* (Directive Cadre 2000/60/CE, Annexe V, Tableau 2.1.2).

La *« ressource disponible en eau souterraine »* est quant à elle définie par la Directive Cadre comme étant *«...le taux moyen annuel à long terme de la recharge totale de la masse d'eau souterraine moins le taux annuel à long terme de l'écoulement requis pour atteindre les objectifs de qualité écologique des eaux de surface associées fixés à l'article 4, afin d'éviter toute diminution significative de l'état écologique de ces eaux et d'éviter toute dégradation significative des écosystèmes terrestres associés... »*.

L'évaluation du risque quantitatif encouru par les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 devra donc, dans la mesure du possible, répondre à ces critères et définitions.

a) Evaluation du risque de surexploitation

Comme dit précédemment au point 1.4.5.1, les prélèvements annuels moyens représentent, pour l'ensemble des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, une lame d'eau de 4 mm/an (soit 4 l/m².an ou encore 7 800 000 m³/an). Ces prélèvements en eau souterraine représentent à peine 1 % de l'Eau Utile Moyenne Annuelle calculée pour ces deux masses d'eau (413 mm/an ; voir point 1.4.3.1, p. 35). Bien que ne disposant, même localement, d'aucune donnée quantifiée sur la proportion de l'Eau Utile **EU** qui correspond à l'Infiltration Efficace **I** dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, il apparaît cependant que cette valeur de 1 % est très probablement significativement inférieure à l'Infiltration Efficace **I** et qu'il n'existe a priori actuellement aucun risque de surexploitation des réserves en eau souterraine à l'échelle de ces deux masses d'eau. Ceci est d'autant plus vrai que 40 à 45 % de ces prélèvements en eau souterraine se font de manière purement gravitaire et ne peuvent de ce fait pas contribuer à une surexploitation des nappes d'eau souterraine (sollicitation de la vidange naturelle des réserves en eau souterraine).

En appliquant ce raisonnement aux polygones de Thiessen définis à la **figure 1-16** (point 1.4.3.1, p. 37), un taux d'exploitation peut être calculé pour chacun d'entre eux (**figure 1-38**). Ce taux d'exploitation est défini ici comme le rapport entre la lame d'eau annuelle moyenne prélevée dans chaque polygone et l'Eau Utile Moyenne Annuelle calculée pour la station météorologique qui y est associée (période 1986 – 2005). Cette carte permet de constater que l'importance des prélèvements en eau souterraine par rapport à l'Eau Utile ne présente pas une répartition homogène sur l'ensemble des deux masses d'eau. La zone qui y apparaît la plus sollicitée est située en Calestienne, dans la région de Chimay. L'aquifère des calcaires du Dévonien, particulièrement bien représenté dans le polygone de la station météorologique de Forges (Chimay), y fait l'objet d'une exploitation modérée (taux d'exploitation de 2,2 %) mais relativement plus importante que dans le reste des deux masses d'eau. Cet aquifère est également sollicité de manière relativement plus importante dans la moitié Nord de la masse d'eau RWM022 (bassin de la Hantes) ainsi que dans le bassin de la Lesse (polygone de Rochefort). Les autres zones (polygones) de ces deux masses d'eau souterraine peuvent être considérées comme relativement moins exploitées (taux d'exploitation < 1 %). Les taux d'exploitation ainsi déterminés restent a priori tous bien inférieurs à la recharge moyenne vraisemblable des ressources en eau souterraine par l'Infiltration Efficace **I** (supposée de l'ordre de 10 à 30 % de l'Eau Utile Moyenne Annuelle).

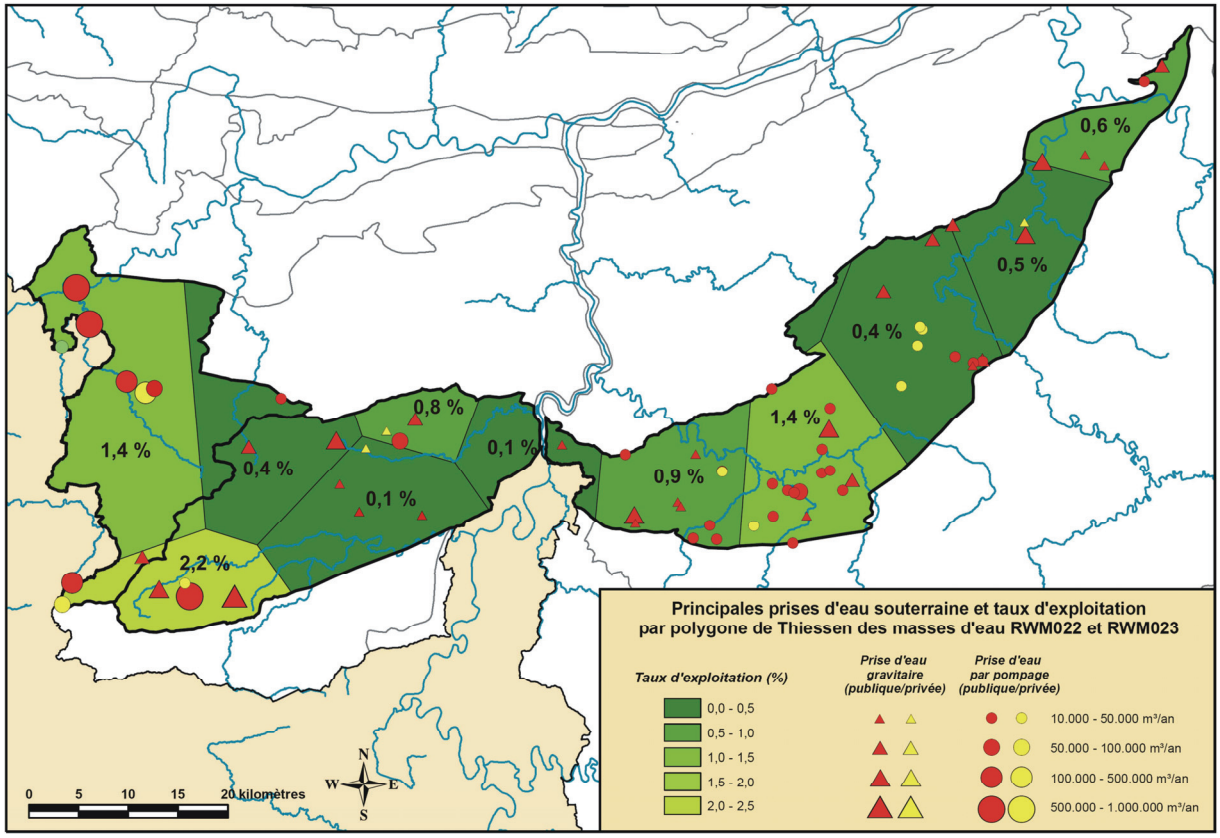


Figure 1-38. Principales prises d'eau souterraine et taux d'exploitation, par polygone de Thiessen, des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

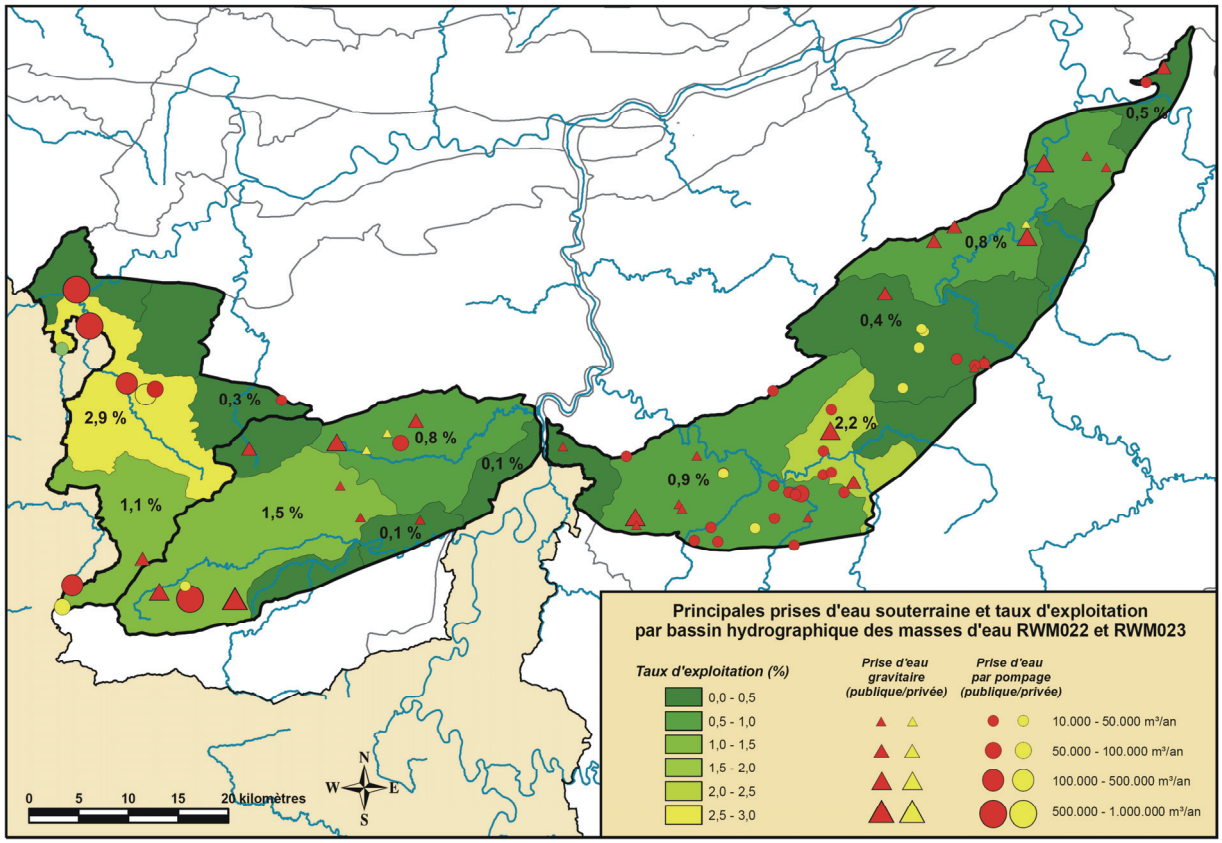


Figure 1-39. Principales prises d'eau souterraine et taux d'exploitation, par bassin hydrographique, des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

Evalués par bassin hydrographique (**figure 1-39**), les taux d'exploitation restent très similaires. Les modifications par rapport à la **figure 1-38** sont uniquement dues à la variation des superficies respectives auxquelles les prélèvements sont ramenés (bassins hydrographiques au lieu des polygones de Thiessen). Les prélèvements les plus importants restent concentrés dans l'aquifère des calcaires du Dévonien de la Calestienne (bassins de l'Helpe Majeure (RWM022), de l'Eau Blanche et de la Lhomme (RWM023)) et du Condroz de l'Entre-Sambre-et-Meuse occidental, ce dernier détenant le taux d'exploitation le plus élevé (bassin de la Hantes – RWM022 – 2,9 %).

A titre de comparaison, le même taux d'exploitation établi pour la masse d'eau souterraine RWM021, située au Nord de la masse d'eau RWM023, est d'environ 15 % pour l'ensemble de la masse d'eau et dépasse 20 % dans certains bassins hydrographiques (cas des bassins du Bocq, du Hoyoux et du Néblon).

Il faut reconnaître à ce raisonnement un caractère approximatif et certaines faiblesses non négligeables dont notamment la non prise en compte :

- des transferts d'eau souterraine entre masses d'eau souterraine et entre bassins hydrographiques ;
- de la répartition hétérogène des principales ressources exploitées et de leurs zones d'alimentation ;
- des réserves en eau souterraine effectivement disponibles et qui ne sont pas quantifiées à ce jour.

Cependant, que ce soit à l'échelle des deux masses d'eau souterraine, des polygones de Thiessen ou des principaux bassins hydrographiques, ces taux d'exploitation tels que définis et utilisés ici démontrent, de manière assez vraisemblable et à prélèvements constants, l'absence sur le long terme de tout risque de surexploitation des réserves en eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023.

b) Evaluation de l'impact quantitatif sur les eaux de surface associées

Telle que définie par la Directive Cadre Européenne sur l'Eau, la *« ressource disponible en eau souterraine »* est limitée non seulement par la réalimentation moyenne à long terme des nappes d'eau souterraine par l'Infiltration Efficace **I** mais également par *« ... le taux annuel à long terme de l'écoulement requis pour atteindre les objectifs de qualité écologique des eaux de surface associées... »*. Au sens de la Directive Cadre, la fonction *'Alimentation naturelle du réseau hydrographique'* par les réserves en eau souterraine prime donc sur tous les usages anthropiques qui peuvent en être faits (principalement distribution publique d'eau potable).

Afin d'évaluer l'impact quantitatif des prélèvements en eau souterraine sur les cours d'eau ou tronçons de cours d'eau des masses d'eau de surface qui se superposent aux masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, une première étape a consisté en une détermination du débit annuel moyen écoulé au sein du réseau hydrographique de ces deux dernières. Cette approche se base sur une circonscription la plus complète possible des débits moyens interannuels écoulés dans les principaux cours d'eau (ou tronçons de cours d'eau) qui drainent les réserves en eau souterraine de ces deux masses d'eau. 14 stations limnimétriques gérées par le Ministère de la Région Wallonne (MET–SETHY et DGRNE–DCENN) ont été sélectionnées en fonction d'une part de leur position par rapport aux limites des deux masses d'eau souterraine et d'autre part des chroniques de données disponibles (**figure 1-40**). Ces 14 stations permettent de circonscrire relativement correctement la majeure partie du débit d'eau de surface écoulé au droit des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 (**tableau 1-5**).

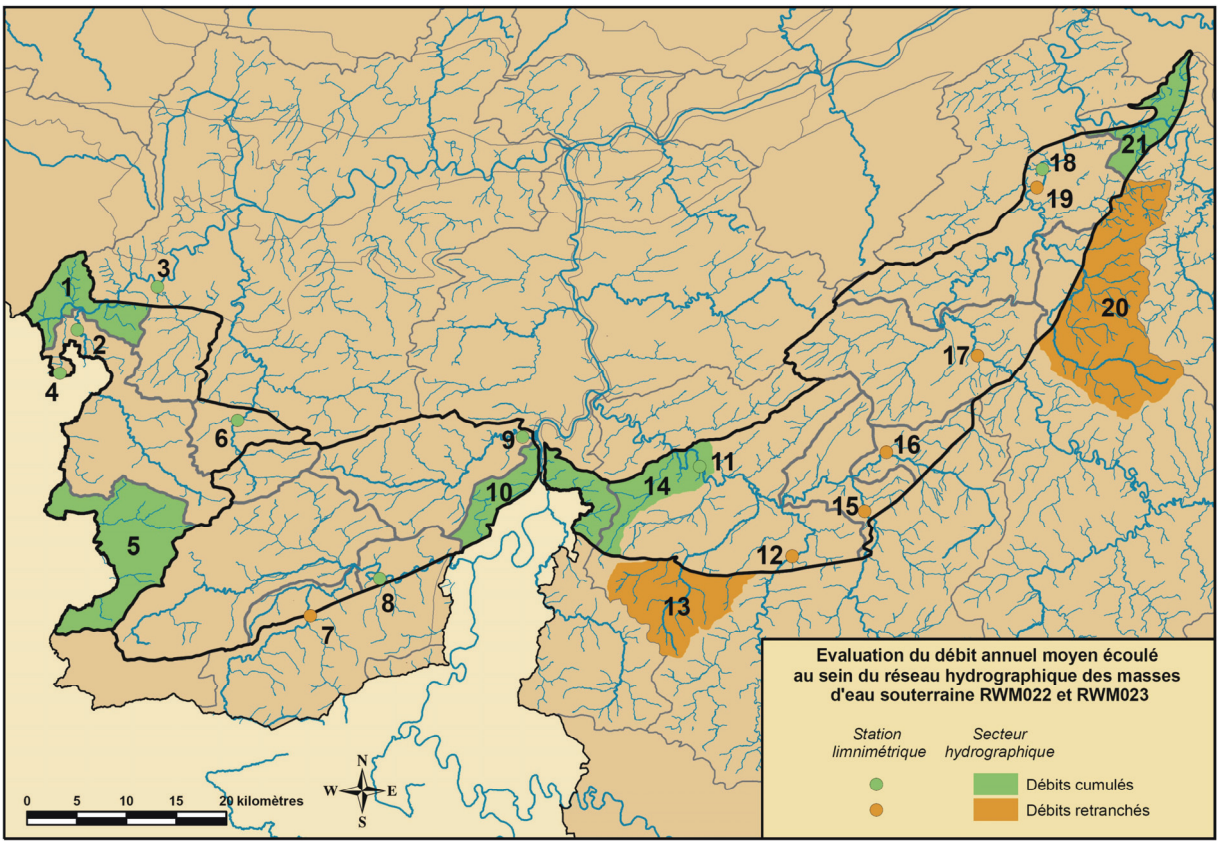


Figure 1-40. Localisation des stations limnimétriques et des secteurs hydrographiques utilisés pour évaluer le débit annuel moyen écoulé dans le réseau hydrographique des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

N° Carte	Station / Secteur hydrographique	Cours d'eau	Période de mesure	Gestionnaire	Q moyen interannuel	DCE* moyen interannuel
1	Sambre amont		1986 - 2005	CE - EUMA*	0.73 m³/s	- m³/s
2	Wihéries	Hantes	1985 - 2006	MET - SETHY	1.69 m³/s	0.23 m³/s
3	Thuin	Biesmes	1997 - 2005	AQUALIM	0.79 m³/s	0.19 m³/s
4	Bersillies - L'Abbaye	Thure	1995 - 2006	MET - SETHY	0.80 m³/s	0.12 m³/s
5	Helpe Majeure		1986 - 2005	CE - EUMA*	1.70 m³/s	- m³/s
6	Amont complexe barrages	Eau d'Heure	1984 - 2006	MET - SETHY	0.97 m³/s	0.06 m³/s
7	Couvin	Eau Noire amont	1986 - 2006	MET - SETHY	3.09 m³/s	0.29 m³/s
8	Olloy-sur-Viroin	Viroin	1995 - 2005	AQUALIM	8.42 m³/s	1.13 m³/s
9	Hastière	Hermeton	1969 - 2006	MET - SETHY	1.70 m³/s	0.22 m³/s
10	Meuse Amont		1986 - 2005	CE - EUMA*	0.67 m³/s	- m³/s
11	Hérock	Lesse aval	1997 - 2005	AQUALIM	17.96 m³/s	2.69 m³/s
12	Resteigne	Lesse amont	1998 - 2005	AQUALIM	5.92 m³/s	0.77 m³/s
13	Wimbe + Ri d'Ave amont		1986 - 2005	CE - EUMA*	0.86 m³/s	- m³/s
14	Hilau		1986 - 2005	CE - EUMA*	0.52 m³/s	- m³/s
15	Forrières	Lhomme amont	1995 - 2005	AQUALIM	4.15 m³/s	0.56 m³/s
16	Hargimont	Wamme amont (Hédrée exclue)	1997 - 2000	AQUALIM	1.20 m³/s	0.05 m³/s
17	Hotton	Ourthe amont	1994 - 2006	MET - SETHY	15.17 m³/s	1.36 m³/s
18	Tabreux	Ourthe aval	1988 - 2006	MET - SETHY	22.69 m³/s	2.67 m³/s
19	Hamoir	Néblon	1997 - 2005	AQUALIM	0.55 m³/s	0.23 m³/s
20	Aisne + Lembrée amonts		1986 - 2005	CE - EUMA*	2.83 m³/s	- m³/s
21	Amblève		1986 - 2005	CE - EUMA*	0.54 m³/s	- m³/s
	Débit moyen annuel				**25.4 m³/s**	**4.1 m³/s**
	Lame d'eau moyenne annuelle écoulée				**412 mm/an**	**-** **mm/an**
	Volume moyen annuel écoulé				**801 300 000 m³/an**	**-** **m³/an**
	CE - EUMA* globale des 7 secteurs hydrographiques				**0.5 m³/s**	**-** **m³/s**

***DCE** : Débit Caractéristique d'Etiage = Débit moyen journalier dépassé 355 jours par an

***CE - EUMA** : Contribution à l'Ecoulement basée sur l'Eau Utile Moyenne Annuelle de la période 1986 - 2005 (calculée par la méthode de Thornthwaite) ramenée à la superficie du secteur hydrographique concerné

Débits cumulés
Débits retranchés

Tableau 1-5. ***Valeurs de débits moyens interannuels utilisées pour évaluer le débit annuel moyen écoulé dans le réseau hydrographique des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 pour la période 1986 – 2005***

Certains secteurs hydrographiques n'ont pas pu être pris en compte dans cette approche limnimétrique faute de données (chroniques insuffisantes en quantité et/ou en qualité, positions inadéquates des stations limnimétriques, absence d'un monitoring continu du débit des cours d'eau concernés). Au nombre de 7, la contribution (cumulée ou retranchée) de chacun de ces secteurs au débit global d'eau de surface écoulé au droit des deux masses d'eau souterraine a été approchée en établissant un débit fictif sur base de l'Eau Utile Moyenne Annuelle (calculée par la méthode de Thornthwaite pour la période 1986 - 2005) ramenée à la superficie des secteurs en question.

L'évaluation du débit annuel moyen d'eau de surface écoulé au droit des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 est synthétisée à la **figure 1-40** tandis que le **tableau 1-5** reprend les débits moyens mesurés sur les stations limnimétriques ainsi que les débits calculés pour les secteurs hydrographiques où des données limnimétriques suffisantes font défaut.

Il est intéressant (et rassurant) de constater, au **tableau 1-5**, que la lame d'eau de surface moyenne annuelle écoulée au droit des deux masses d'eau souterraine (412 mm/an) est proche de l'Eau Utile Moyenne Annuelle calculée pour les deux masses d'eau sur base des seules données climatiques (413 mm/an pour la période 1986 – 2005).

La très forte similitude des résultats obtenus relève, dans une certaine mesure, de la coïncidence. Les approximations et erreurs de mesure potentielles sont en effet nombreuses à jalonner cette approche, dont notamment :

- le principe même du calcul de l'Eau Utile par la méthode de Thornthwaite et l'utilisation des polygones de Thiessen pour en répartir spatialement les résultats ;
- la non concordance des périodes de mesure des différentes stations limnimétriques utilisées et les erreurs mêmes de mesure du débit ;
- la prise en compte inévitable de certains tronçons de cours d'eau situés à l'extérieur des masses d'eau RWM022 et RWM023 et, inversement, l'omission involontaire de certains tronçons de cours d'eau situés à l'intérieur de celles-ci ;
- la non prise en compte des transferts d'eau souterraine entre masses d'eau souterraine.

Il est cependant d'une certaine logique que, dans le contexte hydrologique et hydrogéologique des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, l'Eau Utile Moyenne Annuelle (qui correspond pour rappel à la somme du Ruissellement **R** en surface et subsurface et de l'Infiltration Efficace **I** au travers des terrains non saturés) se retrouve tôt ou tard dans le réseau hydrographique. Sauf cas particuliers (transferts importants d'eau souterraine), l'Eau Utile Moyenne Annuelle calculée sur la base des données climatiques doit donc normalement être relativement proche de la lame d'eau de surface moyenne annuelle écoulée au droit d'une zone déterminée.

Cette première étape permet d'établir qu'à l'échelle des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 et pour la période 1986 – 2005, les prélèvements annuels en eau souterraine représentent à peine 1 % de la lame d'eau de surface moyenne annuelle écoulée au droit de celles-ci (4 mm/an d'eau souterraine prélevée contre 412 mm/an d'eau de surface écoulée).

La contribution des réserves en eau souterraine à l'alimentation du réseau hydrographique est la plus importante (voire la seule) lors des périodes d'étiage des cours d'eau. Les problématiques (quantitatives et qualitatives) rencontrées dans les eaux de

surface et directement liées à l'usage qui est fait des réserves en eau souterraine s'observent, la plupart du temps, durant ces épisodes de faible débit des cours d'eau. En période de sécheresse, les étiages les plus prononcés s'accompagnent généralement d'une concentration de la pollution présente dans les eaux de surface (rejets d'eaux usées et/ou industrielles) qui, conjuguée avec une augmentation de la température de l'eau, a des conséquences dommageables pour la faune et la flore aquatiques. De même, la réduction de la vitesse et de la profondeur de l'eau a également un impact significatif et souvent défavorable sur le transport et la dégradation de la matière organique, la sédimentation des particules et l'oxygénation de l'eau (Souchon *et al.*, 1996).

L'évaluation de l'impact quantitatif (et également qualitatif, les deux étant étroitement liés) potentiel des prélèvements en eau souterraine sur les cours d'eau ou tronçons de cours d'eau des masses d'eau de surface qui se superposent aux masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 doit donc se baser sur une comparaison des volumes d'eau souterraine prélevés pendant les périodes d'étiage aux débits d'étiage eux-mêmes qui caractérisent les écoulements de surface associés.

Cette comparaison peut aisément être réalisée en repartant de l'approche qui a permis d'établir la lame d'eau de surface moyenne annuelle écoulée au droit de ces deux masses d'eau. Comme le montre le **tableau 1-5**, les 14 stations limnimétriques utilisées permettent d'en circonscrire la majeure partie du débit moyen annuel d'eau de surface. La contribution globale à l'écoulement (CE-EUMA) des 7 secteurs hydrographiques non couverts par un monitoring limnimétrique adéquat (somme des secteurs cumulés diminuée de la somme des secteurs retranchés) est minime, représentant moins de 2 % du débit moyen annuel total calculé (0,5 m³/s contre 25,4 m³/s).

En considérant, pour chacune des stations limnimétriques, non plus le module (débit moyen) interannuel mais bien le Débit Caractéristique d'Etiage* (DCE) moyen interannuel (**tableau 1-5**), il est possible d'établir, pour les deux masses d'eau souterraine, un Débit Caractéristique d'Etiage moyen interannuel représentatif de l'importance des écoulements d'eau de surface en période d'étiage. Le rapport, à l'échelle des masses d'eau souterraine, des prélèvements en eau souterraine au DCE moyen interannuel permet d'obtenir un indicateur précieux pour apprécier l'impact quantitatif potentiel de ces prélèvements sur les masses d'eau de surface associées. Le Débit Caractéristique d'Etiage global mesuré pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 est de 4,1 m³/s (16,1 % du débit moyen interannuel d'eau de surface).

Partant de l'hypothèse de prélèvements en eau souterraine continus et réguliers (les différences entre les consommations estivale et hivernale en eau souterraine sont ici négligées), il est possible d'en établir un débit moyen annuel. Pour les masses d'eau RWM022 et RWM023, ce débit moyen d'eau souterraine prélevée est de 0,25 m³/s (équivalent pour rappel à une lame d'eau de 4 mm/an, soit 4 l/m².an ou encore 7 800 000 m³/an). En période d'étiage prononcé et à l'échelle des masses d'eau RWM022 et RWM023, le rapport entre le débit moyen d'eau souterraine prélevé et le DCE moyen interannuel est de 6,1 %.

Il n'existe donc vraisemblablement, à l'échelle des deux masses d'eau souterraine, aucun risque quantitatif vis-à-vis des eaux de surface lié à l'exploitation qui y est faite des réserves en eau souterraine.

* Débit Caractéristique d'Etiage (DCE) : Débit moyen journalier dépassé 355 jours par an

Au même titre que les taux d'exploitation établis au point 1.4.5.2.a, il est intéressant de déterminer ce rapport [$Q_{ESO\ PRELEVE}/DCE_{ESU}$] pour chaque bassin hydrographique où des données limnimétriques suffisantes le permettent. Ces rapports sont repris à la **figure 1-41**.

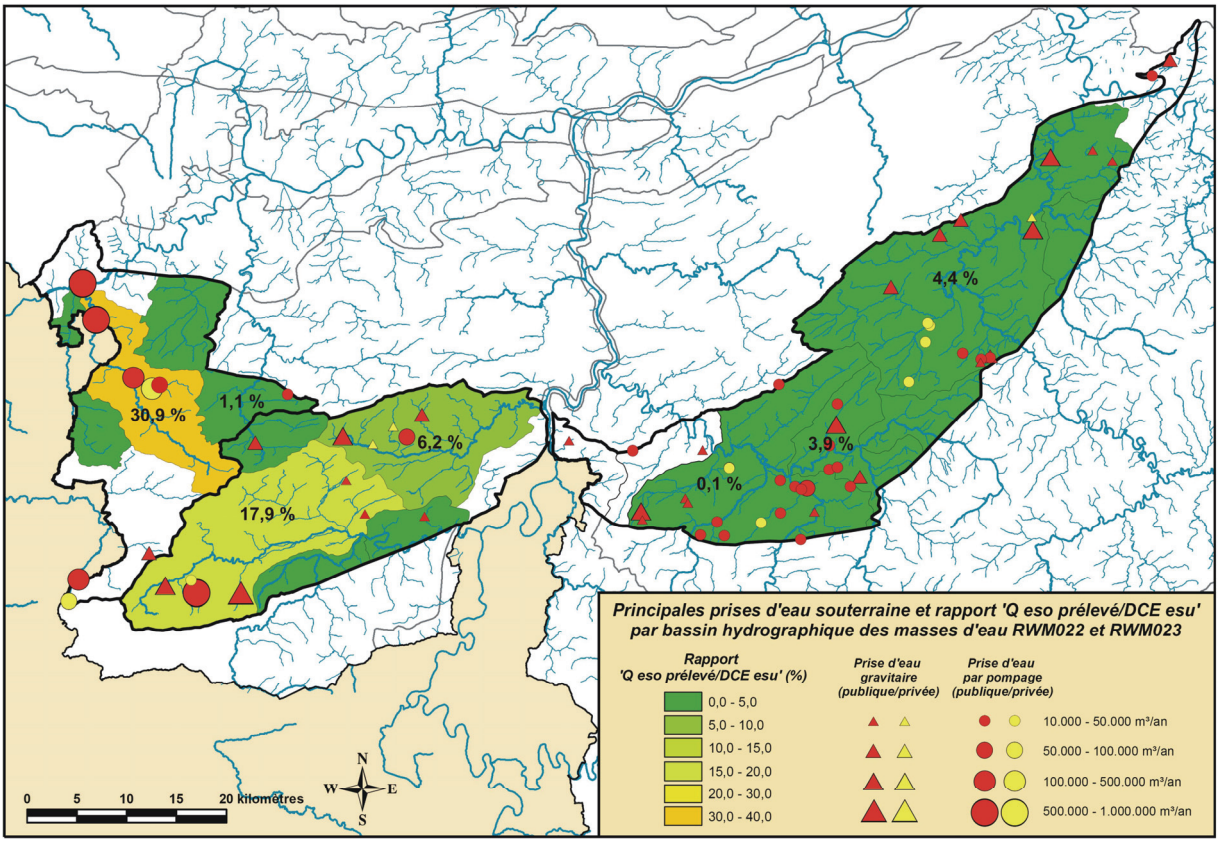


Figure 1-41. Evaluation, par bassin hydrographique, du risque quantitatif potentiel représenté par les prélèvements en eau souterraine vis-à-vis des eaux de surface associées

Cette carte d'évaluation du risque quantitatif potentiel représenté par les prélèvements en eau souterraine vis-à-vis des eaux de surface associées montre que la majeure partie de la masse d'eau souterraine RWM023 est caractérisée par des prélèvements en eau souterraine qui, en période d'étiage, restent très modérés par rapport aux DCE moyens interannuels mesurés pour les différents bassins hydrographiques.

Seul le bassin de l'Eau Blanche y présente des prélèvements en eau souterraine significativement plus importants par rapport au DCE moyen interannuel mesuré à la station limnimétrique du MET–SETHY à Nismes (juste avant la confluence avec l'Eau Noire). Ce risque quantitatif potentiel plus important par rapport au reste de la masse d'eau RWM023 est lié aux deux principales prises d'eau souterraine situées en tête du bassin de l'Eau Blanche (masse d'eau de surface MM06R) et qui sont les captages *Forges Bas Village* à Forges (Régie des Eaux de Chimay – 800 000 m³/an) et *Boutonville 1* à Baileux (Régie des Eaux de Chimay – 600 000 m³/an). Dans la mesure où ces deux prises d'eau souterraine sont situées à proximité immédiate de petits affluents de l'Eau Blanche (qui sont, respectivement, les ruisseaux de Bardompré et de Boutonville) et bien que la masse d'eau de surface MM06R ne soit pas considérée comme étant *'A risque'* d'un point de vue chimique et écologique (**figure 1-42**), il conviendrait d'étudier de manière détaillée et notamment en période d'étiage leur impact quantitatif vraisemblable sur ces deux affluents de même que, probablement dans une moindre mesure, sur l'Eau Blanche elle-même.

En ce qui concerne la masse d'eau souterraine RWM022, le bassin de la Hantes constitue sans aucun doute possible la zone dont la sollicitation relative des réserves en eau souterraine en période d'étiage par rapport au DCE moyen interannuel à l'exutoire du bassin (station limnimétrique du MET–SETHY à Wihéries) est la plus importante des deux masses d'eau souterraine ($Q_{ESO\ PRELEVE}/DCE_{Hantes}$ = 30,9 %). Cet état de fait est principalement lié à 3 importantes prises d'eau souterraine de la SWDE qui sont les captages *Pont Castelain* à Beaumont (250 000 m³/an), *Pont Romain P3* à Montignies-Saint-Christophe (1 000 000 m³/an) et *Bringuette P1* à Solre-sur-Sambre (550 000 m³/an).

Ces prises d'eau souterraine sont toutes trois des puits forés situés chacun à moins de 300 m du cours de la Hantes. Elles interceptent un flux d'eau souterraine a priori destiné à alimenter la Hantes. Etant donné le caractère *'A risque chimique et écologique'* de la masse d'eau de surface correspondante (masse d'eau de surface SA03R ; **figure 1-42**), il conviendrait donc d'étudier, en période d'étiage prononcé, l'influence quantitative dans le temps et dans l'espace de ces prises d'eau souterraine sur le débit d'étiage de la Hantes tout au long de son cours entre les localités de Solre-Saint-Géry en amont et la confluence de la Hantes avec la Sambre à Labuissière en aval.

D'autres prises d'eau souterraine importantes situées en tête de bassin hydrographique mériteraient également des investigations complémentaires relatives à leur impact quantitatif potentiel, en période d'étiage, sur les masses d'eau de surface associées. Il s'agit des captages *Moulin de Bourges P1* à Momignies (SWDE – 400 000 m³/an – bassin de l'Helpe Majeure – masse d'eau de surface SA01R), *Fontaine Samart* à Samart (INASEP – 200 000 m³/an – bassin de l'Hermeton – masse d'eau de surface MM18R) et *Tamizon E1* à Beauraing (SWDE – 200 000 m³/an – bassin du Biran – masse d'eau de surface LE22R).

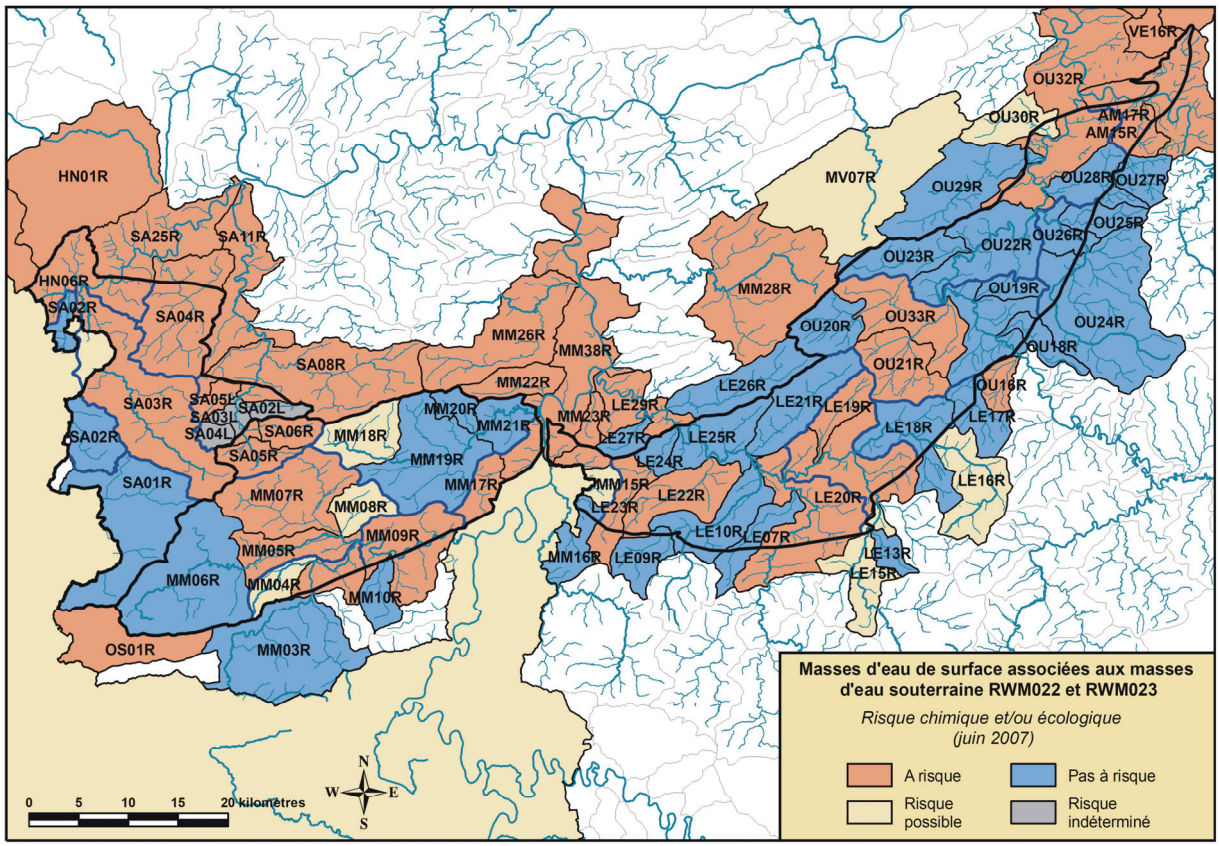


Figure 1-42. Masses d'eau de surface associées aux masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 – Evaluation du risque chimique et/ou écologique (Source : DGRNE – Observatoire des Eaux de Surface)

Il n'existe donc vraisemblablement pas, à l'échelle des principaux bassins hydrographiques des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, de risque quantitatif important vis-à-vis des eaux de surface lié à l'exploitation qui y est faite des réserves en eau souterraine.

A titre de comparaison, les mêmes rapports établis en période d'étiage entre le débit moyen d'eau souterraine prélevée et le DCE moyen interannuel pour les bassins du Bocq, du Hoyoux et du Néblon (bassins dont les réserves en eau souterraine sont les plus sollicitées dans la masse d'eau souterraine RWM021) sont respectivement de 65 %, 110 % et 95 %.

Certaines prises d'eau souterraine peuvent cependant bien entendu présenter localement et temporairement une influence sensible à significative sur le débit de certains cours d'eau. Qu'ils soient potentiels ou avérés, ces impacts quantitatifs locaux n'impliquent pas pour autant un caractère *'A risque quantitatif'* à l'échelle du bassin hydrographique et a priori encore moins à l'échelle de la masse d'eau souterraine. Ils pourront faire l'objet d'études détaillées localisées qui sortent du cadre du présent travail de caractérisation.

Une fois les éventuelles incidences quantitatives des prélèvements en eau souterraine sur les eaux de surface associées quantifiées, toute la difficulté de la démarche réside dans le fait que très peu d'études existent en Région Wallonne sur l'analyse des effets spécifiques des conditions d'étiage sur le fonctionnement et la récupération des écosystèmes aquatiques. Il est donc de ce fait très compliqué d'établir, sur une base argumentée et à diverses échelles de temps et d'espace, des seuils de prélèvements en eau souterraine à ne pas dépasser de même que des valeurs de débits minimums qui doivent être réservés aux cours d'eau. Un impact quantitatif sensible éventuel de certaines prises d'eau souterraine sur les eaux de surface associées n'entraîne en effet probablement pas nécessairement une diminution de la qualité chimique et/ou écologique de celles-ci.

1.4.5.3 Réseau et monitoring de surveillance quantitative

Dans le cadre des obligations qui incombent aux états membres de maintenir ou, si nécessaire, de rétablir un bon état quantitatif des masses d'eau souterraine (voir introduction du point 1.4.5.2, p. 70), un réseau de mesures a été mis en place dans les masses d'eau RWM022 et RWM023 afin d'assurer un suivi continu de l'état quantitatif de leurs réserves en eau souterraine.

Ce réseau de surveillance quantitative se compose actuellement de 52 sites de mesure qui se répartissent d'une part en 46 puits (peu ou pas exploités) et piézomètres et d'autre part en 6 émergences importantes à caractère karstique. La **figure 1-43** localise ces 52 sites de mesure tandis que ceux-ci sont situés et décrits de manière plus détaillée à l'**annexe VIII** de ce rapport.

Dans le cadre spécifique des travaux de caractérisation des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 (Projet Synclineau), 21 des 46 puits/piézomètres font actuellement l'objet de mesures manuelles régulières (mensuelles à bimensuelles). Les chroniques piézométriques de ces sites de mesure sont reprises en **annexe IX** de ce rapport. Au terme des travaux de caractérisation, l'ensemble des 46 puits/piézomètres feront l'objet de mesures régulières (et au minimum mensuelles) du niveau piézométrique.

Les 6 émergences à caractère karstique font toutes l'objet d'un monitoring débitmétrique continu automatisé avec un suivi simultané des principaux paramètres physico-chimiques (pH, température, conductivité, turbidité, fluorescence) destiné à mieux

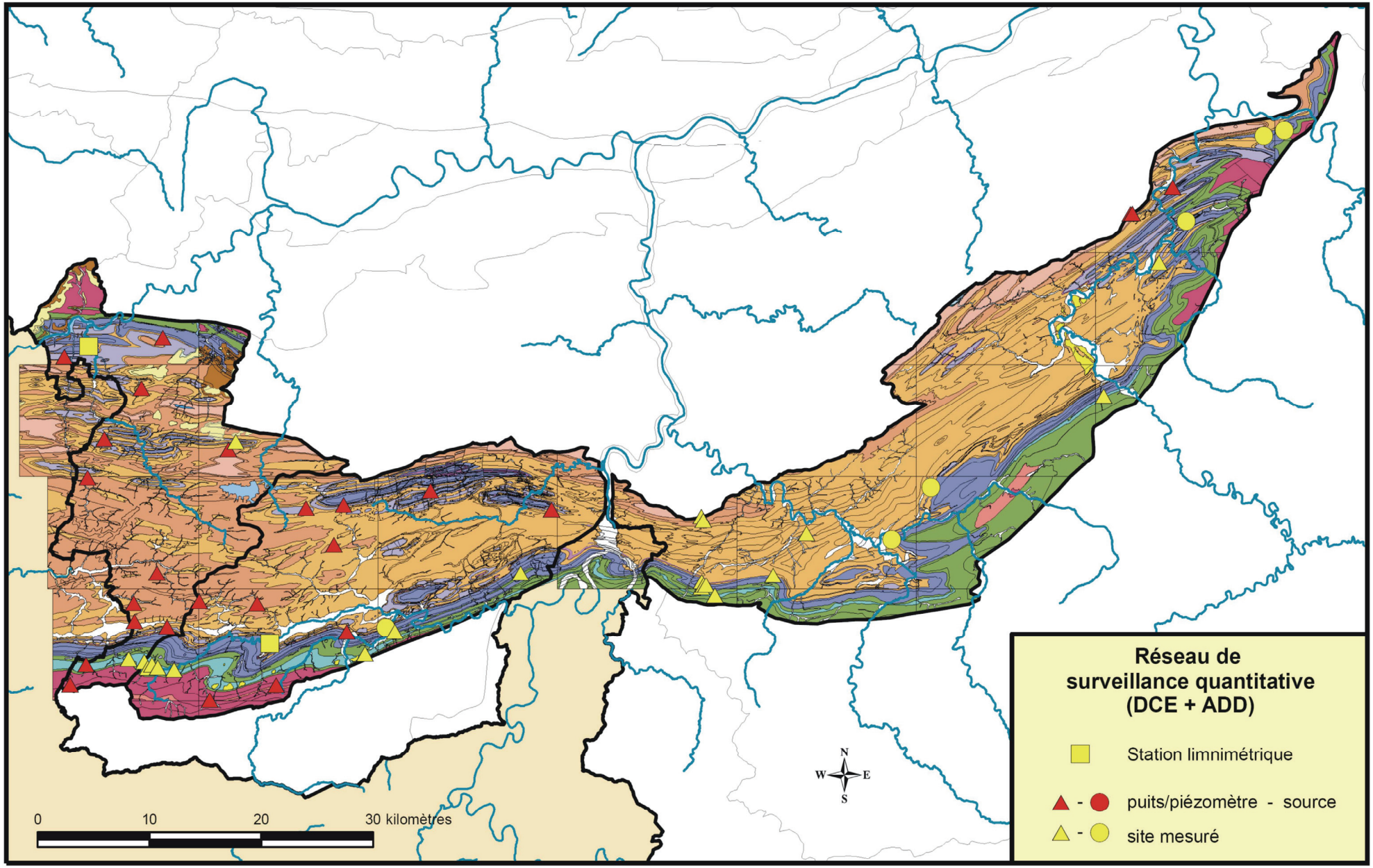


Figure 1-43. Réseau de surveillance quantitative des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

comprendre leur fonctionnement et à estimer l'importance de la contribution à leur débit des réserves en eau souterraine.

Les chroniques piézométriques acquises jusqu'à présent dans le cadre des travaux de caractérisation du projet Synclineau pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 (**annexe IX**) montrent bien la cyclicité annuelle saisonnière unimodale décrite au point 1.4.3.3 (p. 42) et caractérisée par une période de hautes eaux dont le maximum piézométrique a été observé au 12/03/2007 précédée d'une période de basses eaux dont le minimum piézométrique a été mesuré en date du 17/11/2006. Abstraction faite de la répartition hétérogène des précipitations (dans le temps et dans l'espace) et de la variabilité (en délai et en intensité) de réactivité des nappes d'eau souterraine aux épisodes pluviométriques, les niveaux piézométriques mesurés jusqu'à ce jour sur les 21 puits/piézomètres qui font l'objet d'un monitoring manuel régulier fluctuent tous de la même manière.

Les 27 sites qui font déjà l'objet d'un monitoring quantitatif régulier sont répartis sur l'ensemble du territoire occupé par les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023. Etant donné la faible exploitation qui est faite des réserves en eau souterraine de ces dernières, ils permettent déjà d'assurer un suivi tout à fait correct de leur évolution relative dans le temps et dans l'espace.

Dans la mesure où le débit des cours d'eau en période de récession (étiages) est presque exclusivement tributaire du niveau des réserves en eau souterraine, une attention toute particulière devra également être portée aux données limnimétriques acquises sur le réseau hydrographique qui se superpose aux deux masses d'eau souterraine. Les hydrogrammes de débit des cours d'eau à l'exutoire des bassins hydrologiques constituent bien souvent le seul jeu de données permettant de quantifier et d'évaluer au mieux l'état des réserves en eau souterraine contenues dans le sous-sol des bassins en question (courbes de récession, coefficients de tarissement, séparation d'hydrogrammes,...).

Il est dès lors proposé d'inclure dans le réseau de surveillance quantitative certaines stations limnimétriques existantes (MET-SETHY et DGRNE-DCENN) judicieusement positionnées au sein du réseau hydrographique de ces deux masses d'eau et ce au minimum pour tous les bassins hydrologiques pour lesquels une pression quantitative (relativement plus) importante en terme d'exploitation des réserves en eau souterraine et/ou en terme d'impact quantitatif potentiel ou avéré sur les eaux de surface associées a été mise en évidence lors des travaux de caractérisation.

Concrètement, 2 stations limnimétriques sont actuellement proposées comme points supplémentaires de surveillance quantitative des réserves en eau souterraine situées à l'amont hydrologique. Il s'agit des stations de Wihéries, sur la Hantes (MET-SETHY – RWM022) et d'Aublain, sur l'Eau Blanche (DGRNE-DCENN – RWM023). Ces deux stations, localisées à la **figure 1-43**, permettront de mieux surveiller et contrôler, dans ces bassins ou parties de bassins, l'exploitation relativement plus importante qui y est faite des réserves en eau souterraine et l'impact quantitatif de cette exploitation sur les eaux de surface associées.

1.4.5.4 Evaluation de la ressource disponible en eau souterraine

La Directive Cadre Européenne sur l'Eau exige que le réseau de surveillance quantitative soit conçu *« ... de manière à fournir une estimation fiable de l'état quantitatif de toutes les masses d'eau ou tous les groupes de masses d'eau souterraine, y compris une évaluation des ressources disponibles en eau souterraine... »* (Directive Cadre 2000/60/CE, Annexe V, Point 2.2.1).

Or, tel que défini ci-dessus (et par extension tels qu'élaborés actuellement pour toutes les masses d'eau souterraine de Wallonie), le réseau de surveillance quantitative (46 puits/piézomètres, 6 émergences karstiques et 2 stations limnimétriques sur cours d'eau) ne peut en aucun cas permettre de quantifier, même grossièrement, la ressource disponible en eau souterraine dans les masses d'eau RWM022 et RWM023. Il ne peut fournir qu'un simple suivi de l'évolution relative (à la hausse ou à la baisse) des réserves en eau souterraine sans donner aucune indication précise d'une part sur la capacité de la ressource disponible en eau souterraine à satisfaire la demande actuelle (notamment en période de sécheresse prolongée) et d'autre part sur la capacité à moyen et long terme (bien au-delà de l'horizon 2015) de cette même ressource à satisfaire les fonctions naturelles qui lui incomberont et les usages anthropiques qui en seront faits, le tout dans une perspective de changements climatiques (augmentation des températures, accentuation des excédents et déficits pluviométriques entraînant un accroissement des ressources en eau au cours du semestre hivernal et favorisant un stress hydrique parfois sévère en été et en automne ; Drogue *et al., 2005*) et d'évolution démographique (augmentation de 5 % d'ici 2050 pour atteindre, pour la Belgique, une population de 11 millions d'individus ; Cheruy, 2001).

L'objectif du présent chapitre sera donc d'approcher au mieux, pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, une quantification de la ressource moyenne disponible en eau souterraine (selon sa définition proposée par la Directive Cadre et rappelée en introduction du point 1.4.5.2, p. 70). Cette approche exploitera uniquement des données mesurées sur le terrain, dont l'acquisition est déjà en cours depuis parfois plusieurs décennies (réseau de stations limnimétriques sur les cours d'eau, réseau de stations météorologiques, réseau de surveillance quantitative) et qui peuvent être facilement et rapidement exploitées (excluant de ce fait toute modélisation mathématique de même que tout traitement statistique complexe, jugés fastidieux et peu utiles dans le cadre appliqué d'une gestion pragmatique et rationnelle des ressources en eau souterraine de ces deux masses d'eau).

a) Evaluation qualitative du potentiel hydrogéologique à l'aide des Débits Caractéristiques d'Etiage (DCE)

Les principaux cours d'eau qui se superposent aux masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 font tous l'objet, depuis plus ou moins longtemps, d'un monitoring continu de leur débit à l'aide d'un réseau assez dense de stations limnimétriques gérées par le Ministère de la Région Wallonne (MET-SETHY et DGRNE-DCENN). Les objectifs de ce réseau de mesure sont nombreux dont notamment l'établissement des statistiques hydrologiques (percentiles, débits caractéristiques,...), la surveillance des crues et des étiages, la réalisation d'études hydrologiques et hydrauliques, les autorisations de navigation, la gestion des prises d'eau de surface et le dimensionnement d'ouvrages d'art.

Comme le montre la **figure 1-44**, pour l'ensemble de la Wallonie et plus particulièrement pour les masses d'eau RWM022 et RWM023, les cours d'eau sont caractérisés par un régime hydrologique simple (unimodal) pluvio-évaporal océanique typique des régions tempérées sans neige et de faible à moyenne altitude. La répartition des modules mensuels des trois bassins sélectionnés à titre d'exemples présente une période de

hautes eaux en hiver (maximum limnimétrique en janvier) et une période de basses eaux en été (minimum limnimétrique en septembre). D'une année à l'autre, la position des maxima et minima limnimétriques peut varier significativement en fonction des « caprices » des précipitations.

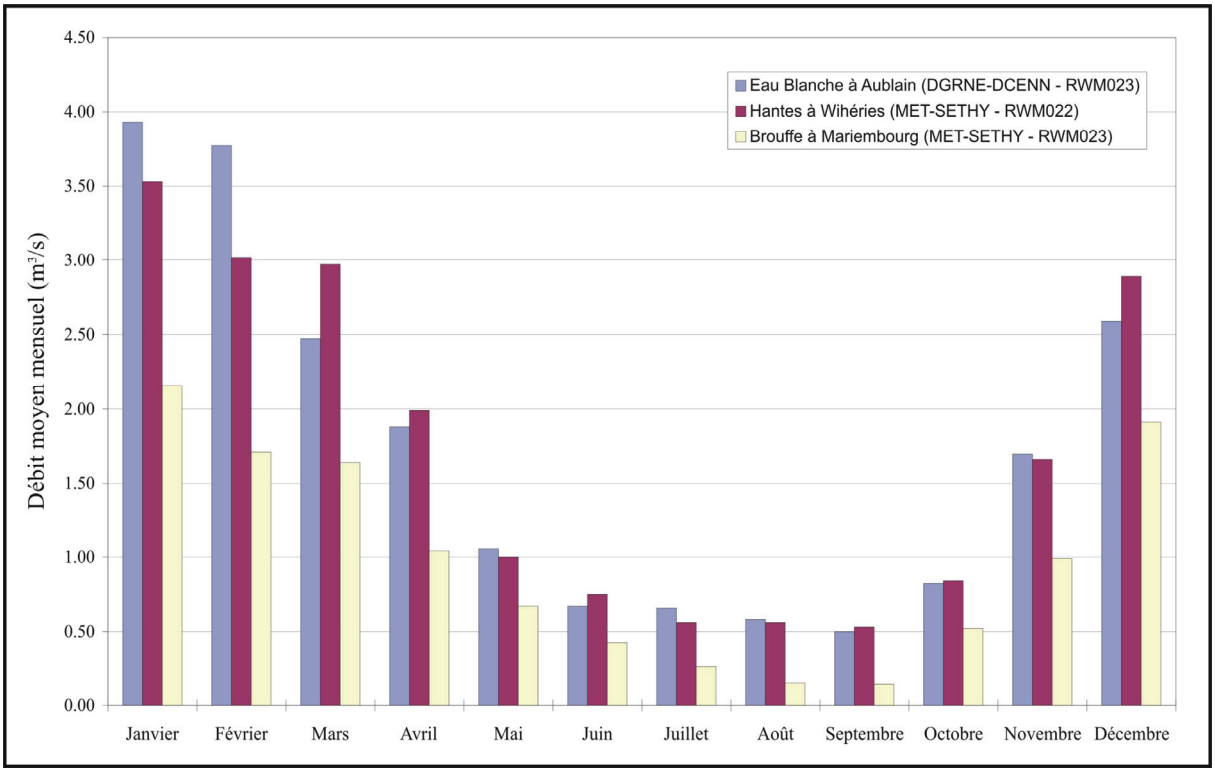


Figure 1-44. Répartition des modules (débits moyens) mensuels pour trois bassins hydrographiques des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

En l'absence de précipitations et plus particulièrement en période de basses eaux, le débit écoulé au sein du réseau hydrographique est exclusivement tributaire de la vidange naturelle (ponctuelle et diffuse) des réserves en eau souterraine contenues dans le sous-sol des masses d'eau RWM022 et RWM023. Les capacités d'infiltration et de stockage des eaux précipitées étant, entre autres paramètres, fonction des caractéristiques du sol et du sous-sol (et notamment de la structure et du caractère aquifère, aquitard ou aquiclude des roches-réservoirs), l'importance des débits d'étiage restitués au réseau hydrographique en période de récession y est également logiquement et étroitement associée.

Parmi les variables hydrologiques classiquement établies à partir des données limnimétriques, l'une d'entre elles reflète directement l'importance des débits d'étiage en période de récession des cours d'eau. Il s'agit du Débit Caractéristique d'Etiage (DCE), défini comme le débit moyen journalier dépassé 355 jours par an et qui peut généralement être assimilé au débit minimum mesuré chaque année en période de basses eaux durant les étiages les plus prononcés. La signification graphique du DCE est illustrée à la **figure 1-45** à partir des données limnimétriques mesurées, pour l'année 2004, sur la Hantes à la station du MET-SETHY à Wihéries.

Etant donné les faibles valeurs d'écoulement qui caractérisent le DCE, il convient d'être attentif aux paramètres susceptibles de l'influencer, comme l'évaporation au niveau des surfaces d'eau libre calme (lacs de l'Eau d'Heure, étang de Virelles,...), les phénomènes de retenues et de lâchers d'eau de surface (complexe des barrages de l'Eau d'Heure, jeux de vannes de l'étang de Virelles, barrage du Ry de Rome,...) et bien sûr les prélèvements d'eau de surface et d'eau souterraine.

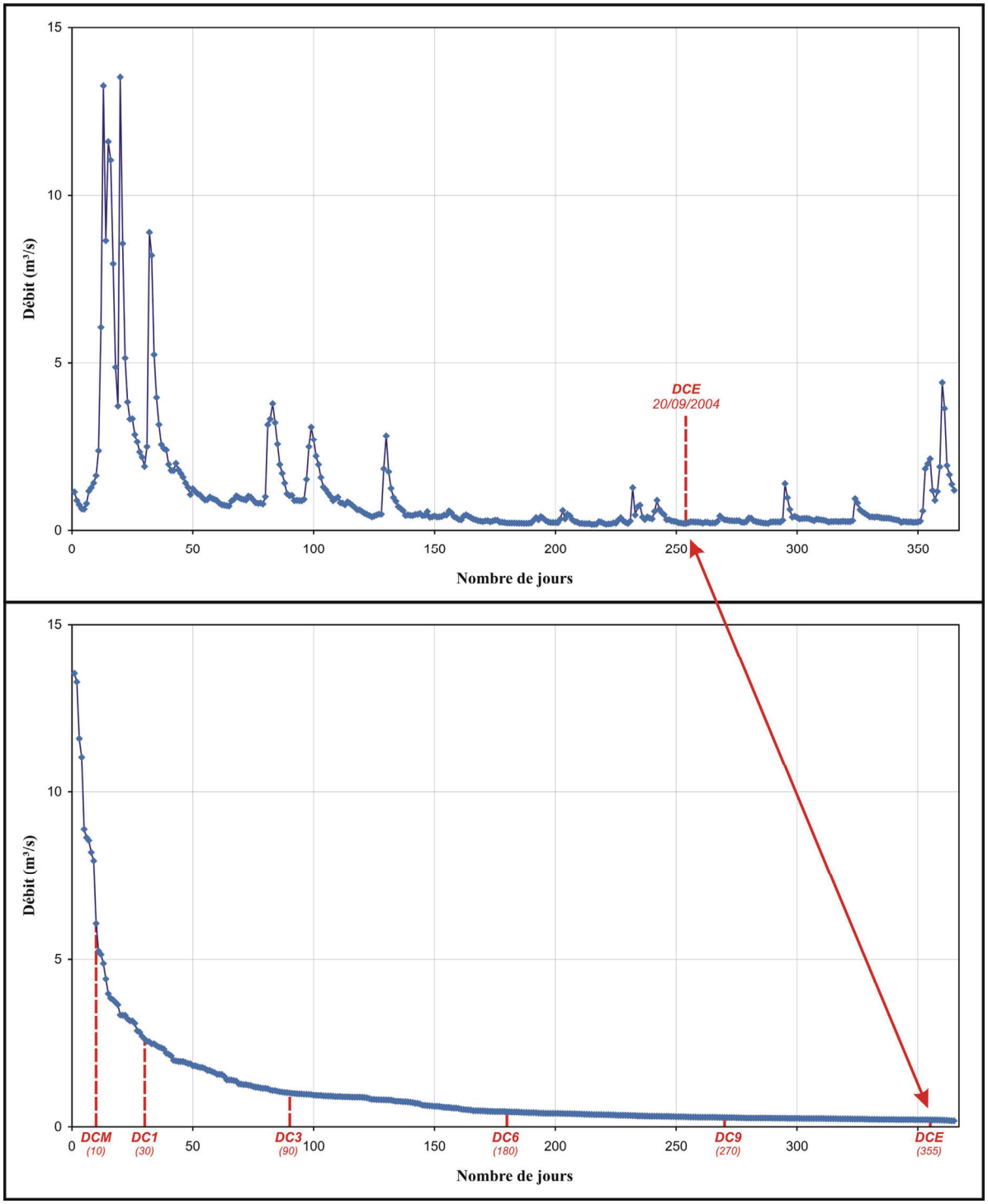


Figure 1-45. Signification graphique du DCE – Hydrogramme des débits mesurés et courbe des débits classés en 2004 sur la Hantes – Station limnimétrique du MET-SETHY à Wihéries

La **figure 1-46a** reprend les DCE interannuels établis pour quelques principaux bassins hydrographiques des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 et, à titre de comparaison, de la masse d'eau souterraine RWM021. Ces bassins sont localisés à la **figure 1-47**. Cet histogramme montre bien, d'un bassin hydrographique à l'autre, l'importante variabilité du DCE. Il permet notamment d'observer les débits d'étiage élevés des bassins du Bocq, du Hoyoux et de la Molignée, qui traduisent, dans le réseau hydrographique, l'importance (absolue) des réserves en eau souterraine encore contenue dans leur sous-sol. Un DCE interannuel élevé caractérise également la Lhomme à Eprave. Ce débit d'étiage élevé est justifié ci-dessous de manière logique mais différente de celle des bassins du Bocq, du Hoyoux et de la Molignée.

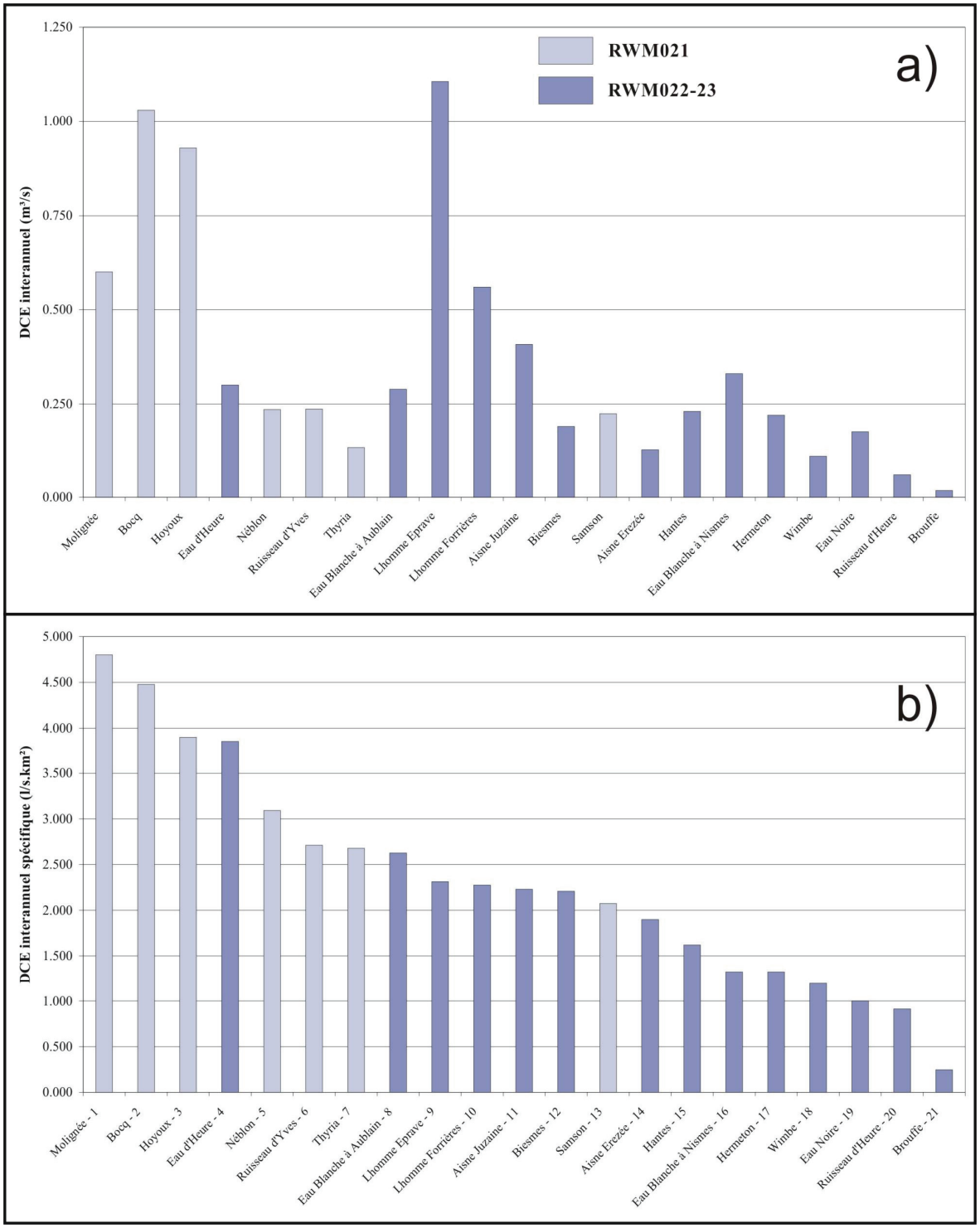


Figure 1-46. DCE interannuels et DCE interannuels spécifiques de quelques principaux bassins hydrographiques des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 et, à titre de comparaison, de la masse d'eau souterraine RWM021

Abstraction faite des paramètres (naturels et anthropiques) cités ci-dessus et qui l'influencent et en l'absence de précipitations, le DCE dépend essentiellement d'une part de la taille et de la physiographie du bassin versant et d'autre part des caractéristiques lithologiques, structurales et hydrodynamiques de son substratum. Il est donc intéressant d'analyser les DCE interannuels à la lumière de ces deux principaux facteurs.

Les DCE interannuels spécifiques (**figure 1-46b**), rapportés à la superficie des bassins versants et exprimés en l/s.km², permettent, en s'affranchissant de l'influence de leur surface, de comparer ces bassins entre eux en fonction de leur capacité à assurer un

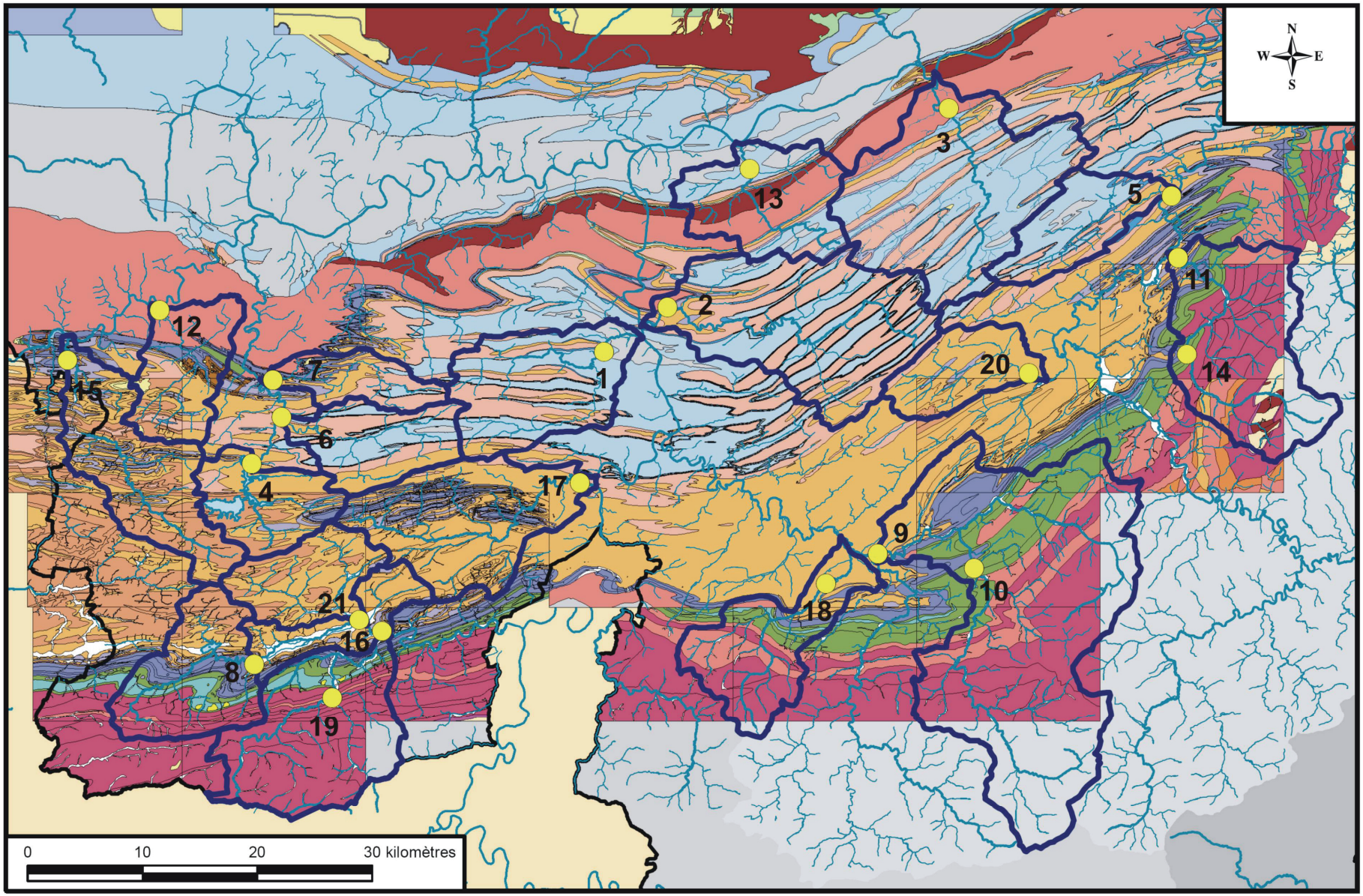


Figure 1-47. Localisation des bassins hydrographiques et des stations limnimétriques retenus pour l'évaluation du potentiel hydrogéologique à l'aide des Débits Caractéristiques d'Etiage (DCE) interannuels (voir figure 1-46b pour la numérotation des bassins)

soutien plus ou moins important des débits d'étiage en période de récession. Ils constituent ainsi un indicateur de l'importance relative des réserves en eau souterraine contenues dans le sous-sol de ces bassins par rapport à la dimension de ceux-ci et reflètent ce que l'on pourrait qualifier de « densité » des réserves en eau souterraine. Il est important de garder à l'esprit que cette approche utilise des débits très faibles qui, pour certains, sont déjà considérablement influencés par des prélèvements en eau souterraine (cas des bassins du Bocq, du Hoyoux et du Néblon). L'évaluation qui est réalisée ici ne porte donc pas sur l'entièreté de la réserve en eau souterraine mais uniquement sur la part de cette réserve encore disponible en l'état actuel de l'exploitation qui en est déjà faite. Il faut également préciser, par rapport aux considérations émises ci-après, qu'une réserve en eau souterraine jugée importante (bon potentiel hydrogéologique) ne peut pas nécessairement être exploitée à la hauteur de son évaluation (fonctions naturelles primant, au sens de la Directive Cadre, sur les usages anthropiques, qualité chimique,...).

La conversion des DCE bruts en DCE spécifiques entraîne une modification radicale de l'importance relative entre les bassins hydrographiques repris à la **figure 1-46**. Alors que le DCE brut de la Molignée est significativement inférieur à celui du Bocq, le DCE spécifique de la Molignée lui est légèrement supérieur car le bassin de la Molignée est presque deux fois plus petit que celui du Bocq (125 km² contre 230 km²). Avec le Hoyoux et malgré l'exploitation déjà importante qui y est faite des réserves en eau souterraine (contenues principalement dans l'aquifère des calcaires du Carbonifère), ces trois bassins présentent des DCE bruts et spécifiques très élevés garants de ressources en eau souterraine encore importantes.

Les DCE brut et spécifique de l'Eau d'Heure constituent un cas particulier d'influence anthropique. En effet, ces données proviennent de la station limnimétrique du MET-SETHY située à Silenrieux, en aval du complexe des barrages de l'Eau d'Heure (bassin versant de 78 km²). Une des vocations principales de ce complexe étant d'assurer un débit d'étiage suffisant à la Sambre, les lâchers d'eau ont principalement lieu en période de basses eaux et perturbent donc fortement (à la hausse) les écoulements naturels pendant la période d'occurrence des DCE. L'approche basée sur l'analyse des débits d'étiage ne peut donc pas aisément être appliquée à ce bassin et le DCE de la station limnimétrique de Silenrieux n'est pas représentatif des réserves en eau souterraine qu'il contient.

Si les bassins du Néblon, du Ruisseau d'Yves, de la Thyria et du Samson présentent des DCE bruts assez peu élevés, c'est notamment parce qu'ils sont relativement petits mais également (particulièrement pour le Néblon) parce qu'ils font l'objet d'une exploitation importante de leurs réserves en eau souterraine. Les DCE spécifiques montrent cependant des valeurs assez élevées témoignant d'un potentiel hydrogéologique qui reste important.

L'Eau Blanche est un cas intéressant dans la mesure où deux stations limnimétriques y sont mesurées en continu, la première à Aublain (bassin versant de 118 km²) et la seconde à Nismes, à l'exutoire du bassin (à proximité de la confluence avec l'Eau Noire – bassin versant de 249 km²). Bien que la superficie drainée prise en compte à la station aval représente plus du double de celle liée à la station amont, l'augmentation d'amont en aval du DCE interannuel brut entre ces deux stations est très faible (+ 12 %). Le DCE interannuel spécifique de la station limnimétrique d'Aublain est par contre deux fois plus élevé (2,63 l/s.km²) que celui de la station limnimétrique de Nismes (1,33 l/s.km²). Ceci permet de constater que les réserves en eau souterraine du bassin hydrographique de l'Eau Blanche sont majoritairement situées à l'amont de la station limnimétrique d'Aublain et qu'en période d'étiage, l'apport en eau souterraine entre ces deux stations est très faible. Cette répartition hétérogène des réserves en eau souterraine au sein du bassin de l'Eau Blanche s'explique d'ailleurs aisément par la répartition spatiale des principaux aquifères calcaires qui sont concentrés dans la partie amont du bassin.

Le DCE brut du bassin de la Lhomme à Eprave est le plus élevé de tous les bassins repris à la **figure 1-46**, principalement en raison de ses dimensions importantes (478 km² à l'exutoire du bassin, à proximité de la confluence de la Lhomme avec la Lesse). Le DCE interannuel brut significativement inférieur qui caractérise la station limnimétrique de Forrières (à l'entrée de la Lhomme dans la masse d'eau souterraine RWM023) est cohérent avec le rapport des superficies respectives liées à ces deux stations (478 km² à Eprave contre 246 km² à Forrières). Cependant, et comme cela sera évoqué ci-dessous, le bassin de la Lhomme à l'amont de Forrières ne recoupe aucun aquifère calcaire (qui, dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 contiennent les plus importantes réserves en eau souterraine) tandis que la Lhomme à Eprave est notamment alimentée par la vidange de l'aquifère des calcaires du Dévonien de la Calestienne entre Eprave et Marloie (dont le Plateau du Gerny). Il serait donc logique d'observer, à la station d'Eprave, un DCE interannuel spécifique sensiblement plus élevé qu'à la station de Marloie. Or les DCE interannuels spécifiques de ces deux stations sont quasi identiques. Ces considérations sur la Lhomme amènent à deux conclusions. D'une part le DCE interannuel spécifique de la station de Forrières n'est pas négligeable et témoigne de réserves en eau souterraine peu exploitées mais d'importance significative, contenues dans les terrains schisto-gréseux des contreforts de l'Ardenne septentrionale (masse d'eau souterraine RWM100). D'autre part, la vidange de l'aquifère des calcaires du Dévonien situé dans le bassin de la Lhomme entre Forrières et Eprave se marque très peu sur le DCE interannuel spécifique de la station d'Eprave. L'explication la plus plausible de cette faible influence est une vidange rapide des réserves en eau souterraine contenue dans cette partie de la Calestienne carbonatée (faible inertie à l'écoulement). En période d'occurrence des DCE (étiages prononcés), ces réserves sont vraisemblablement déjà revenues à un niveau relativement bas, leur débit de base étant alors limité. Cette vidange rapide peut d'ailleurs s'expliquer par l'intense karstification qui affecte cette partie de la Calestienne (système karstique de On – Jemelle – Rochefort – Eprave).

La configuration du bassin de l'Aisne est fort similaire à celle du bassin de la Lhomme, à plus petite échelle. Deux stations limnimétriques ont été retenues, l'une à Erezée (bassin versant de 67 km² - pas d'aquifère carbonaté) et la seconde à Juzaine (Bomal), à proximité de la confluence de l'Aisne avec l'Ourthe (bassin versant de 183 km² - présence d'un aquifère carbonaté). Comme pour la Lhomme, le DCE interannuel spécifique de la station d'Erezée montre, de manière moins prononcée mais quand même significative, la présence de réserves en eau souterraine non négligeables et peu exploitées dans les terrains schisto-gréseux du massif ardennais. Par contre, ce qui distingue nettement l'Aisne de la Lhomme, c'est l'augmentation plus significative, d'amont en aval, du DCE interannuel spécifique (+ 17,5 % pour l'Aisne entre Erezée et Juzaine contre seulement + 1,5 % pour la Lhomme entre Forrières et Eprave). Alors que l'aquifère des calcaires du Dévonien est représenté, dans la partie avale de ces deux bassins, en proportions similaires (en terme de superficie à l'affleurement), la vidange des réserves en eau souterraine qu'il contient se marque de manière beaucoup plus nette sur le débit d'étiage de l'Aisne que sur celui de la Lhomme, montrant une vidange vraisemblablement plus progressive (plus grande inertie à l'écoulement) dans le bassin de l'Aisne.

Les autres bassins représentés à la **figure 1-46** et non encore discutés (Biesmes l'Eau, Hantes, Hermeton, Wimbe, Eau Noire, Ruisseau d'Heure et Brouffe) présentent tous des DCE interannuels bruts inférieurs à 0,25 m³/s et des DCE interannuels spécifiques modérés à très faibles (de 2,21 l/s.km² pour le bassin de la Biesmes l'Eau à 0,25 l/s.km² pour le bassin de la Brouffe) traduisant des réserves en eau souterraine encore assez élevée pour le bassin de la Biesmes l'Eau tandis que le bassin de la Brouffe présente des réserves en eau souterraine très faibles associées à un substratum presque exclusivement silto-argileux.

L'utilisation des DCE interannuels et plus particulièrement des DCE interannuels spécifiques permet donc de comparer entre eux des bassins hydrographiques en fonction de l'importance (absolue et relative) des réserves en eau souterraine qu'ils contiennent. Cette approche permet notamment de constater qu'une des zones les plus prometteuses en terme de potentialité hydrogéologique dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 se situe dans le bassin de l'Eau Blanche (aquifère des calcaires du Dévonien de la Calestienne à l'amont de la station limnimétrique d'Aublain). Elle confirme également les très faibles réserves en eau souterraine qui sont contenues dans les bassins dont le substratum est à dominante silto-argileuse (cas du bassin de la Brouffe et, par extension, des zones schisteuses de la Dépression de la Fagne – Famenne). La comparaison des DCE observés dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 avec les quelques principaux bassins de la masse d'eau souterraine RWM021 montre bien l'importance des réserves en eau souterraine contenue dans cette dernière (DCE interannuels spécifiques > 2,50 l/s.km²). S'il est également non négligeable, le potentiel hydrogéologique des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 est cependant bien inférieur à celui de la masse d'eau souterraine RWM021 (DCE interannuels spécifiques < 2,50 l/s.km², à l'exception de l'Eau Blanche à l'amont d'Aublain).

La vidange des réserves en eau souterraine présentant, en période de basses eaux, une forte hétérogénéité spatiale, il sera intéressant de cartographier d'amont en aval, par sous-bassins versants élémentaires (une dizaine de km² maximum), les rendements hydrologiques d'étiage (débits spécifiques) et d'établir des profils hydrologiques de manière à obtenir, en l'absence de l'influence des précipitations, une image plus précise des modalités d'interaction entre les cours d'eau d'une part et les nappes d'eau souterraine d'autre part (Esteves, 1989 ; François *et al*., 1994 ; Lejeune *et al*., 2004).

Dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, le potentiel hydrogéologique de l'aquifère des calcaires du Dévonien est sans équivoque bien supérieur à celui des autres unités hydrogéologiques qui y sont représentées. La répartition des volumes exploités par unité hydrogéologique (**figure 1-36c**, p. 68) l'illustre clairement. Dans la mesure où le DCE interannuel est étroitement lié à l'importance des réserves en eau souterraine, la relation entre la représentation plus ou moins importante des aquifères calcaires dans les différents bassins cités ci-dessus et leur DCE interannuel devient évidente. Cette relation est illustrée à la **figure 1-48** par une très bonne corrélation entre les DCE interannuels spécifiques et la superficie à l'affleurement (en % de la surface totale des bassins hydrographiques) occupée par les aquifères calcaires.

Sans surprise et malgré l'exploitation déjà importante qui y est faite des réserves en eau souterraine, les bassins de la Molignée, du Bocq, du Hoyoux et du Néblon (Condroz - masse d'eau souterraine RWM021) se retrouve en haut du classement, leurs DCE interannuels spécifiques élevés y étant associés à une très bonne représentation de l'aquifère des calcaires du Carbonifère. Dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, c'est dans le bassin de l'Eau Blanche, à l'amont d'Aublain, que l'aquifère des calcaires du Dévonien de la Calestienne présente les meilleures potentialités hydrogéologiques. Les autres bassins hydrographiques retenus pour cette approche voient leur DCE interannuel spécifique diminuer de manière logique et assez régulière avec l'importance décroissante de la superficie relative occupée par les aquifères calcaires.

Le graphique de la **figure 1-48** fournit également une indication de l'importance des prélèvements en eau souterraine en période d'étiage (débit prélevé instantané en m³/s rapporté au DCE interannuel écoulé, également exprimé en m³/s). L'évaluation et la prise en compte des volumes en eau souterraine captés (qui, pour les bassins de la Molignée, du Bocq, du Hoyoux et du Néblon, le sont essentiellement de manière gravitaire à proximité immédiate du réseau hydrographique) permet d'imaginer ce que pourraient être les DCE interannuels bruts et spécifiques en l'absence de ces prélèvements.

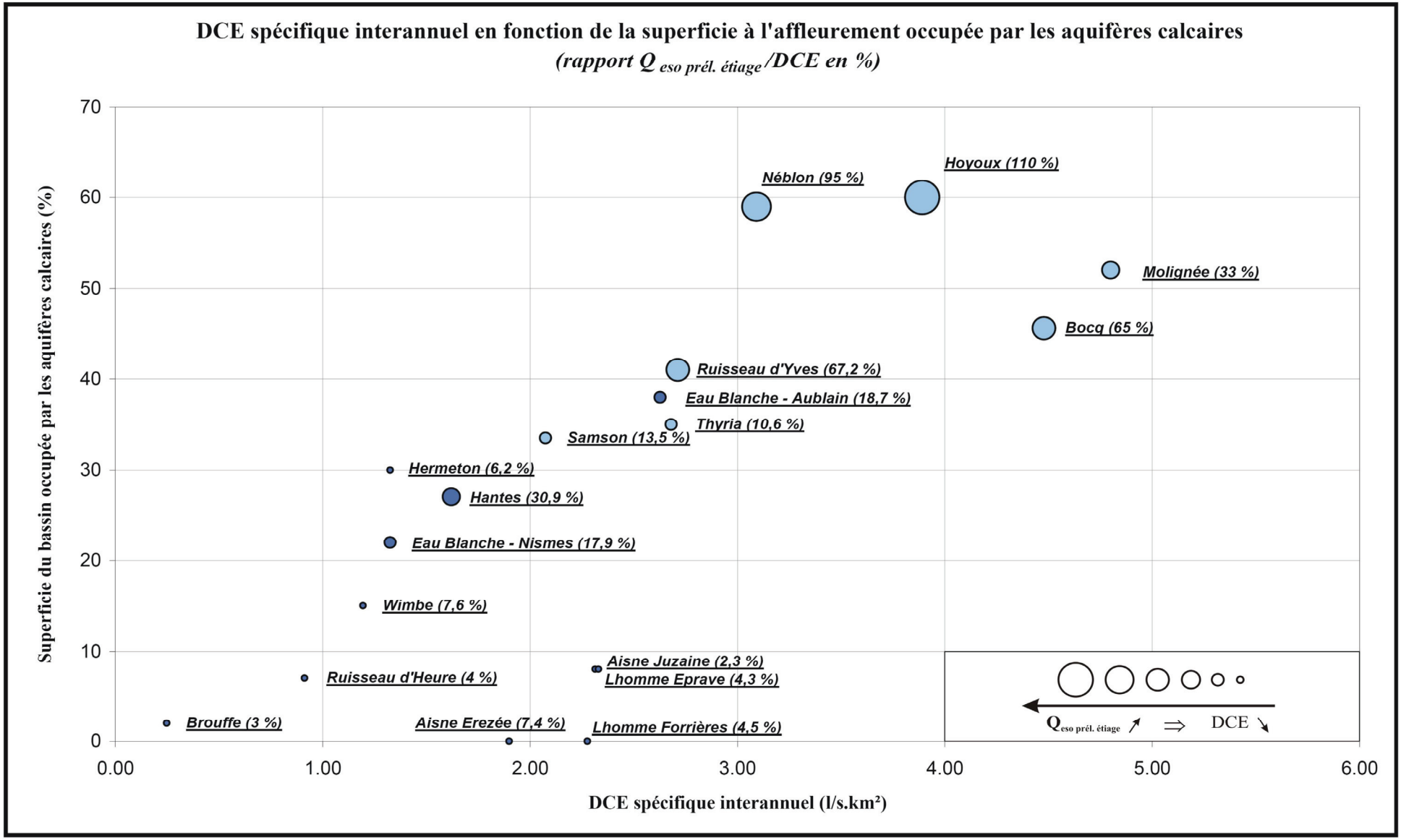


Figure 1-48. Corrélation entre le DCE interannuel spécifique et la superficie à l'affleurement occupée par les aquifères calcaires

Quelques comparaisons intéressantes peuvent être établies à partir du graphique de la **figure 1-48**. Les bassins de la Wimbe et de l'Hermeton présentent des DCE interannuels spécifiques très proches (respectivement 1,19 et 1,33 l/s.km²) alors que l'aquifère des calcaires du Dévonien est bien mieux représenté dans le bassin de l'Hermeton que dans celui de la Wimbe (30 % de la superficie pour l'Hermeton contre 15 % pour la Wimbe). Ce fait peut notamment s'expliquer par la présence importante, dans la partie amont du bassin de la Wimbe, d'un substratum schisto-gréseux qui appartient aux contreforts de l'Ardenne et qui contient des réserves en eau souterraine moyennes mais significatives capables d'assurer un soutien modéré mais non négligeable des débits d'étiage en période de récession. Par contre, hormis l'aquifère des calcaires du Dévonien (Anticlinorium de Philippeville), le reste du sous-sol du bassin de l'Hermeton est presque exclusivement constitué par les lithologies silto-argileuses de l'aquiclude du Frasnien – Famennien dont les réserves en eau souterraine sont très faibles et ne peuvent augmenter significativement le DCE.

Une autre comparaison intéressante peut être faite entre le bassin de l'Eau Blanche à l'amont de la station limnimétrique d'Aublain et le bassin du Bocq. Alors que ce dernier fait déjà l'objet d'une exploitation importante de ses réserves en eau souterraine, son DCE interannuel spécifique à Yvoir est beaucoup plus élevé que celui de l'Eau Blanche à Aublain. Dans la mesure où les aquifères calcaires présentent, dans ces deux bassins, une importance relative similaire (38 % de la superficie pour l'Eau Blanche à Aublain et 45 % pour le Bocq à Yvoir), l'explication de cette différence importante se trouve vraisemblablement dans l'aquifère des grès du Famennien, absent du bassin de l'Eau Blanche mais particulièrement bien représenté dans le bassin du Bocq (45 % de sa superficie). En effet, l'altération superficielle et la fissuration plus ou moins importante des niveaux gréseux confèrent à cette unité hydrogéologique une capacité de stockage importante, certes bien inférieure à celle des calcaires carbonifères mais cependant largement suffisante que pour contribuer de manière significative à l'alimentation du Bocq et de ses affluents en période d'étiage.

Les bassins de l'Aisne et de la Lhomme à leur exutoire (respectivement à Juzaine et Eprave) présentent des caractéristiques identiques en terme de potentiel hydrogéologique (DCE interannuels spécifiques très proches) et de représentation de l'aquifère des calcaires du Dévonien dans leur partie avale (8 % de la superficie totale pour chacun des deux bassins). Les DCE spécifiques interannuels à leur entrée dans la masse d'eau souterraine RWM023 (respectivement à Erezée et Forrières) sont cependant assez élevés (notamment supérieurs à ceux des bassins de l'Hermeton et de la Hantes). Dans la mesure où ces deux cours d'eau ne sont alimentés, à l'amont de ces deux stations amont, que par le drainage des terrains schisto-gréseux des contreforts de l'Ardenne septentrionale (régions de Saint-Hubert et de Manhay – Dochamps), les DCE interannuels spécifiques élevés témoignent de réserves en eau souterraine qui, bien que très peu exploitées, y restent encore importantes.

Enfin et de manière générale, si la corrélation entre les DCE interannuels spécifiques et la superficie occupée par les aquifères calcaires est bien marquée, d'autres paramètres, non pris en considération ici, sont susceptibles d'influencer les débits d'étiage. D'une part, la structuration des aquifères calcaires modifie très probablement leur capacité de stockage et les modalités de leur vidange (aquifère des calcaires carbonifères structuré en synclinaux dans la masse d'eau souterraine RWM021 ; aquifère des calcaires dévoniens organisé en structures anticlinales et monoclinales dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023). D'autre part, l'importance de la vidange des réserves en eau souterraine dépend probablement plus de la charge hydraulique au-dessus des niveaux de base imposés par le réseau hydrographique (et donc du volume d'aquifère saturé situé à une altitude supérieure à ces niveaux de base) que de la superficie occupée à l'affleurement par les principaux réservoirs d'eau souterraine. Le relief qui caractérise les différents bassins versants et

notamment l'encaissement plus ou moins important des cours d'eau par rapport aux hauteurs topographiques est donc susceptible d'influencer significativement la vidange des réserves en eau souterraine contenues dans leur sous-sol.

b) Estimation de l'Infiltration Efficace **I**

Si l'Infiltration Efficace **I** (part de l'Eau Utile **EU** qui transite au travers de la zone vadose (non saturée) et alimente directement les nappes d'eau souterraine) constitue un paramètre essentiel à l'évaluation de la ressource disponible en eau souterraine, elle reste cependant difficile à déterminer de manière précise. Etant donné l'absence de données lysimétriques et à défaut d'une densité de mesures piézométriques suffisante dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, l'Infiltration Efficace est ici estimée à l'aide des débits de base issus des données limnimétriques mesurées sur le réseau hydrographique.

Dans le cas des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, trois bassins tests représentatifs des contextes climatiques et hydrogéologiques de ces deux masses d'eau ont été utilisés pour estimer, à l'aide des débits de base, des valeurs d'infiltration efficace pour les différentes unités hydrogéologiques qui y sont représentées. Il s'agit des bassins de la Hantes (RWM022), de l'Eau Blanche (à l'amont d'Aublain, en tête de bassin) et de la Brouffe (RWM023). Ces trois bassins sont localisés à la **figure 1-47** (p.85 – respectivement bassins n°15, 8 et 21).

La sélection de ces bassins tests se justifie notamment par le contraste très important qui les caractérisent en terme de représentation à l'affleurement des différentes unités hydrogéologiques. Comme le montre la **figure 1-49**, le bassin de la Brouffe présente une nette dominance de l'aquiclude du Frasnien – Famennien, l'aquifère des calcaires du Dévonien n'y affleurant que de manière très limitée (2 % de la superficie du bassin). A l'opposé, le bassin de l'Eau Blanche à l'amont de la station limnimétrique d'Aublain est caractérisé par une bonne représentation de l'aquifère des calcaires du Dévonien (38 %). Il est également le seul où sont représentés, de manière significative (33 %), l'aquitard de l'Eifelien et les unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur qui constituent les premiers contreforts de l'Ardenne. Enfin, la répartition des unités hydrogéologiques du bassin de la Hantes est intermédiaire entre les deux premiers bassins avec cependant une bonne représentation de l'aquitard du Famennien (42 %) ainsi que de l'aquifère des calcaires du Dévonien (26 %). Le bassin de la Hantes se distingue également du bassin de l'Eau Blanche par un style structural assez différent de l'aquifère des calcaires du Dévonien. Celui-ci s'y organise en anticlinaux alors que sa structure dans le bassin de l'Eau Blanche est plutôt d'allure monoclinale assez redressée et affectée de plissements post-hercyniens d'ordre 2 (structures en 'Z' décrites au point 1.3.2.2, p.26).

Le contraste important de représentation des unités hydrogéologiques dans ces trois bassins a des implications hydrologiques très marquées, principalement en période d'étiage. Les **figures 1-46 et 1-48** montrent bien, en terme de soutien des débits d'étiage, l'opposition radicale qui existe entre le bassin de l'Eau Blanche à l'amont d'Aublain (DCE interannuel spécifique de 2,63 l/s.km² lié à une bonne représentation de l'aquifère des calcaires du Dévonien) et le bassin de la Brouffe (DCE interannuel spécifique de 0,25 l/s.km² associé à une nette dominance de lithologies silto-argileuses, l'aquifère des calcaires du Dévonien étant quasi absent du bassin). Le bassin de la Hantes constitue à nouveau, d'un point de vue hydrologique cette fois, un intermédiaire entre ces deux extrêmes (DCE interannuel spécifique de 1,62 l/s.km²).

Enfin, l'exploitation qui est faite des réserves en eau souterraine dans ces trois bassins reste très limitée (taux d'exploitation tels que définis au point 1.4.5.2, p.70 : < 0,1 % pour le bassin de la Brouffe, 2,3 % pour l'Eau Blanche à l'amont d'Aublain et 2,9 % pour le bassin de la Hantes) et son influence sur les débits mesurés à l'exutoire de ces bassins peut a priori être négligée.

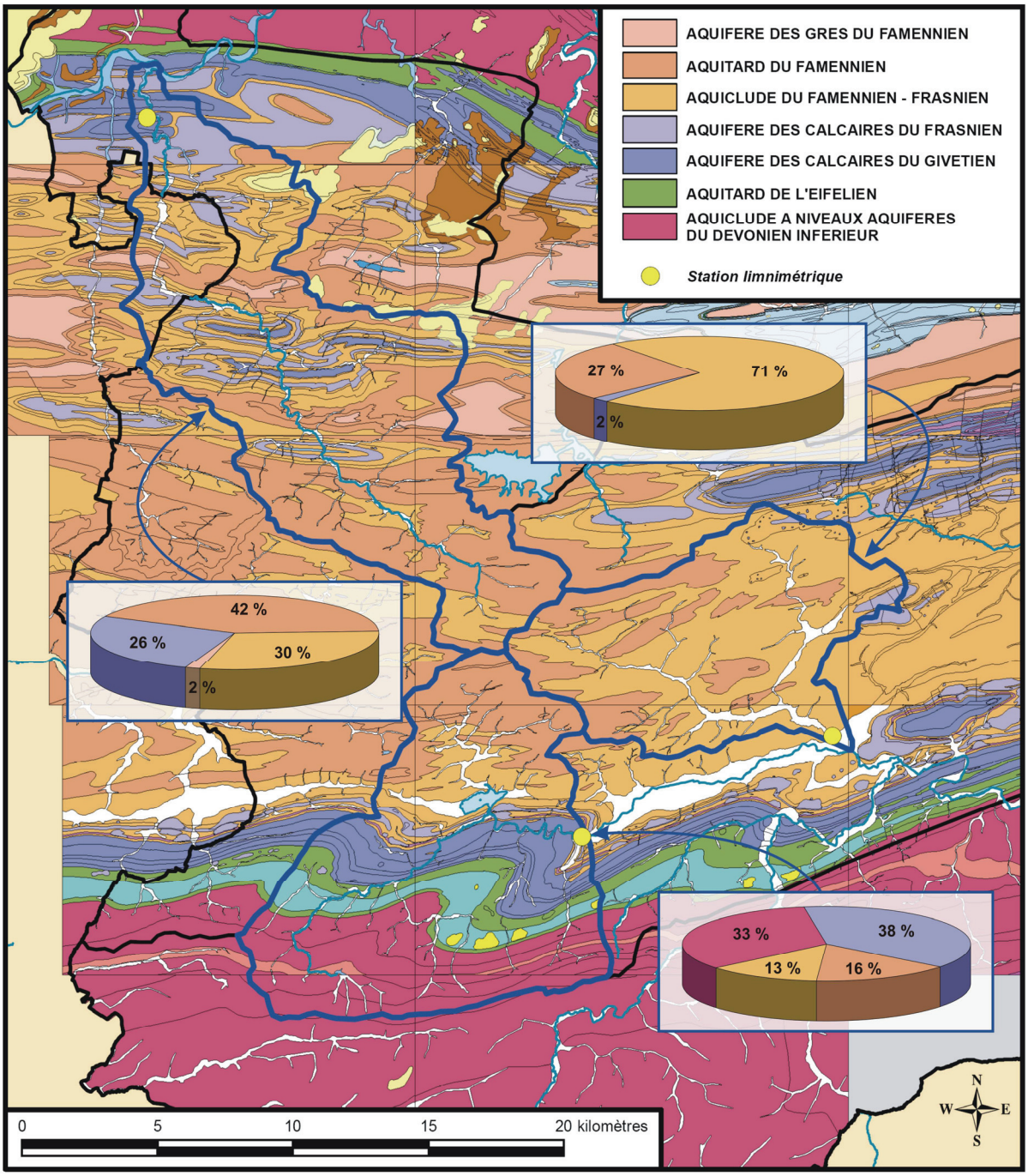


Figure 1-49. Localisation des bassins tests pour l'estimation de l'Infiltration Efficace et représentation à l'affleurement des différentes unités hydrogéologiques

De nombreuses méthodes existent pour discriminer, à partir des chroniques limnimétriques, le débit de base de la composante d'écoulement rapide (ruissellement de surface et subsurface). Ces méthodes, de complexité très variable, relèvent de techniques de séparation soit graphiques (souvent très subjectives), soit par filtrage des données limnimétriques (objectives mais souvent exemptes de toute base hydrologique et donc assez arbitraires).

Afin de simplifier au maximum le traitement des données limnimétriques, d'éviter les lourdeurs de certaines méthodes et sans choisir une méthode en particulier, l'approche adoptée pour les trois bassins tests sélectionnés dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 a consisté en une séparation graphique basée sur un échantillonnage manuel et visuel (donc subjectif) des données limnimétriques considérées comme correspondant au débit de base à partir des hydrogrammes de débits établis à l'exutoire des trois bassins tests. Cet échantillonnage a permis de construire, pour chaque bassin, une courbe enveloppe des minima limnimétriques qui correspond à une composante 'eau souterraine' réaliste. La **figure 1-50** illustre graphiquement le type d'échantillonnage effectué.

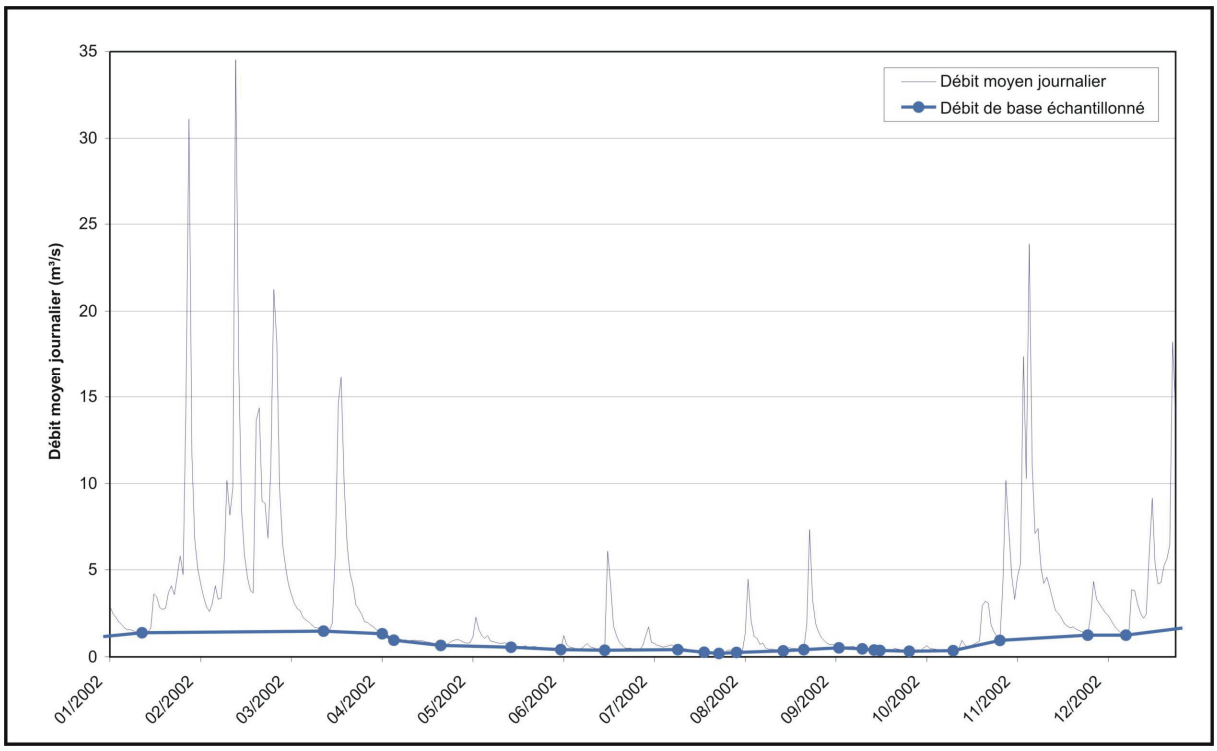


Figure 1-50. Hydrogramme des débits mesurés en 2002 sur la Hantes à la station du MET-SETHY à Wihéries - Courbe enveloppe des minima limnimétriques échantillonnés

Afin de s'affranchir au maximum du caractère subjectif de ce type d'approche et dans l'optique d'une comparaison des trois bassins tests, la sélection des minima limnimétriques considérés comme correspondant au débit de base a d'abord été réalisée sur l'ensemble de la chronique disponible sur la Hantes à la station du MET-SETHY à Wihéries. Cet échantillonnage a permis d'élaborer la courbe enveloppe du débit de base pour la Hantes, formant ainsi un premier jeu de données limnimétriques (date + débit ; **figure 1-51**).

Les trois bassins sélectionnés sont contigus (**figure 1-49**) et connaissent des conditions climatiques très similaires. La pluviométrie n'y est bien entendu pas identique (moyenne annuelle sur la période 1990-2004 : 919 mm pour le bassin de la Brouffe, 1004 mm pour le bassin de la Hantes et 1154 mm pour le bassin de l'Eau Blanche à l'amont d'Aublain) mais les principaux épisodes de précipitation et donc de crue et de récession y sont quasi simultanés, à un ou deux jours près (variabilité de la réponse hydrologique de ces bassins). Le premier jeu de données limnimétriques établi sur le bassin de la Hantes a donc été utilisé tel quel pour extraire, à partir des chroniques limnimétriques des bassins de l'Eau Blanche et de la Brouffe et de manière semi-automatisée (fonction 'RECHERCHEV' de Excel), les valeurs de débit à l'exutoire correspondant aux dates échantillonnées sur la Hantes. Les courbes enveloppe des minima limnimétriques ainsi obtenues n'ont été

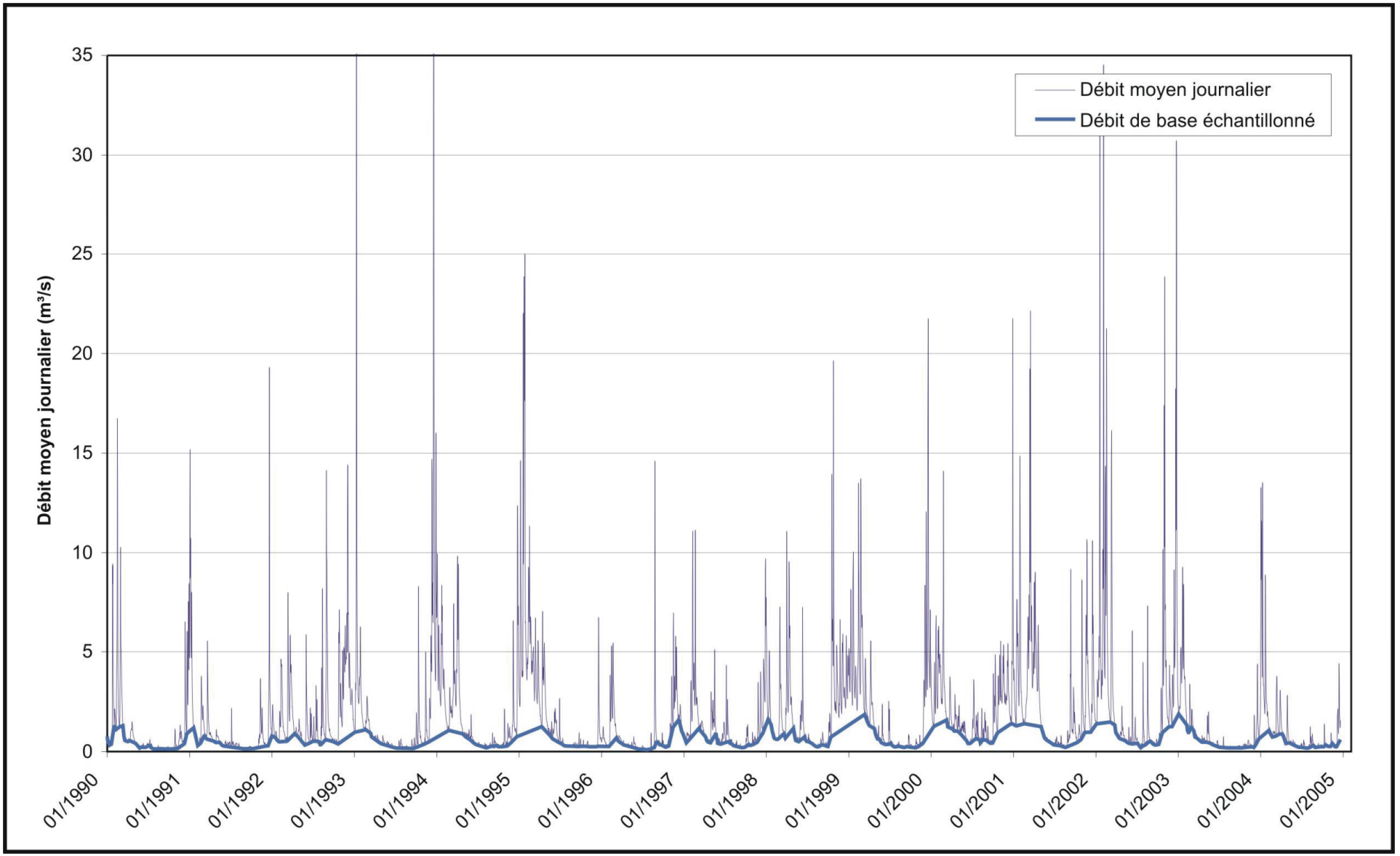


Figure 1-51. Hydrogramme des débits moyens journaliers de la Hantes et courbe enveloppe des minima limnimétriques échantillonnés - Station limnimétrique du MET-SETHY à Wihéries

retouchées que très ponctuellement afin de corriger les quelques erreurs apparues en raison d'une part des réponses hydrologiques variables de ces bassins et d'autre part de l'occurrence occasionnelle d'épisodes pluviométriques mineurs qui ne se marquaient pas simultanément sur les hydrogrammes des trois bassins tests. La **figure 1-52** reprend les hydrogrammes des débits moyens journaliers mesurés et des débits de base ainsi établis pour les bassins de l'Eau Blanche et de la Brouffe.

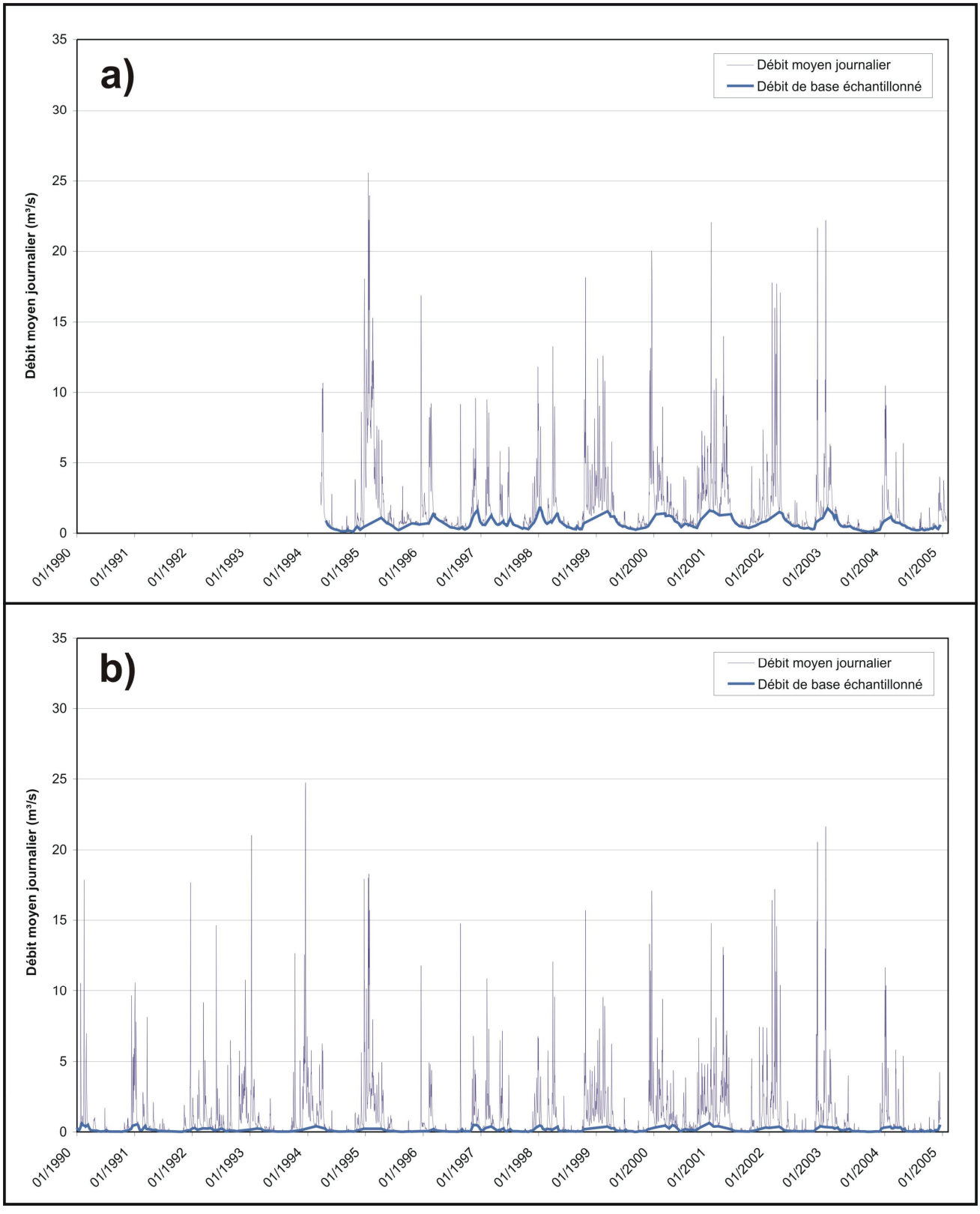


Figure 1-52. Hydrogrammes des débits moyens journaliers mesurés et courbes enveloppe des minima limnimétriques échantillonnés* a) *sur l'Eau Blanche et* b) *sur la Brouffe

Une fois le débit de base établi pour ces trois bassins tests, la détermination de l'Infiltration Efficace **I** moyenne annuelle qui y correspond est relativement aisée. L'intégration sur la période 1990-2004 du débit de base écoulé déterminé à partir des données disponibles permet de calculer un volume de base moyen annuel d'eau souterraine ayant alimenté le réseau hydrographique de ces trois bassins. L'Infiltration Efficace moyenne annuelle (exprimée en mm) est alors déduite de ce volume moyen annuel en ramenant celui-ci à la superficie des bassins tests. Enfin, les valeurs d'Infiltration Efficace ainsi obtenues permettent de calculer un coefficient d'infiltration, défini comme le rapport entre l'Infiltration Efficace et l'Eau Utile moyenne annuelle. Le **tableau 1-6** ci-dessous reprend ces différentes valeurs pour chacun des trois bassins tests.

Bassin	Superficie (km^2)	Période de mesure	Débit de base moyen* (m^3/s)	Volume de base écoulé* (m^3)	Volume de base moyen annuel* (m^3)	Infiltration Efficace moyenne annuelle* (mm)	Eau Utile moyenne annuelle* (mm)	Coefficient d'Infiltration* (%)
Hantes	139	1990-2004	0.61	287 000 000	19 100 000	137	468	29
Eau Blanche	106	1995-2004	0.74	232 000 000	23 200 000	219	618	35
Brouffe	82	1990-2004	0.15	72 000 000	4 800 000	59	382	15

Tableau 1-6. Débits de base, Infiltrations Efficaces et Coefficients d'Infiltration établis pour les trois bassins tests (* valeurs calculées sur la période de mesure renseignée)

Ces résultats montrent bien la relation étroite qui existe entre la nature lithologique du substratum d'un bassin versant et la capacité de celui-ci à infiltrer une part plus ou moins importante de l'Eau Utile. Les shales et schistes peu perméables du bassin de la Brouffe limitent considérablement la recharge (et donc le débit de base) des nappes d'eau souterraine contenues dans son sous-sol tandis que les lithologies silto-gréseuses et calcaires qui dominent dans les bassins de la Hantes et de l'Eau Blanche permettent une réalimentation beaucoup plus efficace de leurs réserves en eau souterraine.

Considérant (hypothèse de travail réaliste mais pas nécessairement réelle) que la composante 'eau souterraine' établie ci-dessus correspond bien au débit de base et connaissant, pour chaque bassin test, le coefficient d'infiltration moyen sur la période 1990-2004 (**tableau 1-6**) et la répartition à l'affleurement des unités hydrogéologiques qui y sont représentées (**figure 1-49**), il est possible de déterminer une valeur approximative de coefficient d'infiltration qui peut être associé à chaque unité hydrogéologique.

⌈ *Un bilan hydrogéologique simplifié a été réalisé pour chacun des bassins tests afin de s'assurer (même si cela apparaît évident pour le bassin de la Brouffe) de l'absence de transferts importants d'eau souterraine entrant ou sortant de ceux-ci. Les résultats de ces bilans, repris en* ***annexe X*** *de ce rapport, montrent une bonne fermeture de ces bassins, les différences entre bassins hydrologiques et bassins hydrogéologiques pouvant ici être négligées* ⌋

Les combinaisons possibles de coefficients d'infiltration pouvant être attribués aux différentes unités hydrogéologiques sont nombreuses mais cependant limitées par les résultats repris au **tableau 1-6**. La faible valeur qui caractérise le bassin de la Brouffe (15 %) permet d'attribuer un coefficient d'infiltration d'environ 10 % à l'aquiclude du Frasnien – Famennien. La composante silto-gréseuse parfois franchement carbonatée de l'aquitard du Famennien laisse supposer une capacité d'infiltration significativement plus élevée qui est ici évaluée en moyenne à environ 30 % de l'Eau Utile tandis qu'un coefficient d'infiltration moyen de 40 % est attribué à l'aquifère des grès du Famennien, faiblement représenté dans

le bassin de la Hantes. L'aquifère des calcaires du Dévonien affleure généralement en hauteurs topographiques (crêtes et plateaux) au droit desquelles l'Infiltration Efficace est vraisemblablement assez importante. Un coefficient d'infiltration moyen de 50 % lui est ainsi attribué. Enfin, moyennant l'acceptation des valeurs adoptées ci-dessus, l'ensemble qui se compose de l'aquitard de l'Eifelien et des unités hydrogéologiques du Dévonien inférieur présente un coefficient d'infiltration global d'environ 30 %.

Si cette combinaison de coefficients d'infiltration présente une certaine subjectivité, elle reste a priori assez réaliste et cohérente avec le contexte géologique et hydrogéologique des bassins testés et permet d'aborder ci-dessous et de manière concrète l'évaluation quantitative de la ressource disponible en eau souterraine dans ceux-ci et, par extension, dans l'entièreté des masses d'eau RWM022 et RWM023.

Bien que réalistes, les débits de base déterminés ci-dessus sont « entachés » par la grande subjectivité de la méthode qui a permis de les établir. C'est pourquoi une seconde méthode d'évaluation du débit de base a été testée dans le cadre des travaux de caractérisation des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023. Cette méthode exploite le VCN3, statistique hydrologique couramment utilisée par les DIREN françaises dans les bulletins hebdomadaires à mensuels de situation hydrologique des différentes régions de France. Le VCN3, défini comme le débit moyen minimum sur 3 jours consécutifs observé au cours d'une période donnée, généralement un mois calendaire (1 $\rightarrow$ 31/01, 1 $\rightarrow$ 28/02,...), est considéré comme représentatif du débit de base. Dans le raisonnement qui suit, il y sera assimilé afin de pouvoir calculer l'Infiltration Efficace et le Coefficient d'Infiltration.

Les **figures 1-53 à 1-55** illustrent le débit de base établi par la méthode des VCN3 pour les bassins tests de la Hantes, de l'Eau Blanche à l'amont d'Aublain et de la Brouffe. La comparaison avec l'échantillonnage manuel et visuel permet de constater une similitude assez importante des débits de base établis par ces deux approches. La principale différence réside dans un débit de base plus important (considéré ici comme vraisemblablement surévalué) durant les périodes de précipitations plus abondantes et plus soutenues dans le temps (bien visible dans le cas de l'hiver 1995). Le **tableau 1-7** reprend, pour les trois bassins tests, les valeurs d'Infiltration Efficace et de Coefficient d'Infiltration établis à partir de la méthode des VCN3.

Bassin	Superficie (km^2)	Période de mesure	Débit de base moyen* (m^3/s)	Volume de base écoulé* (m^3)	Volume de base moyen annuel* (m^3)	Infiltration Efficace moyenne annuelle* (mm)	Eau Utile moyenne annuelle* (mm)	Coefficient d'Infiltration* (%)
Hantes	139	1990-2004	0.71	333 900 000	22 260 000	160	468	34
Eau Blanche	106	1995-2004	0.87	273 650 000	27 365 000	258	618	42
Brouffe	82	1990-2004	0.20	94 800 000	6 320 000	77	382	20

Tableau 1-7. ***Débits de base, Infiltrations Efficaces et Coefficients d'Infiltration établis pour les trois bassins tests par la méthode des VCN3 (* valeurs calculées sur la période de mesure renseignée)***

La comparaison des résultats issus des deux méthodes d'évaluation du débit de base utilisées (**tableaux 1-6 et 1-7**) montre que la méthode des VCN3 fournit des valeurs d'Infiltration Efficace moyenne annuelle un peu plus élevées mais cependant proches et tout aussi réalistes que celles obtenues par l'échantillonnage manuel et visuel réalisé directement sur les hydrogrammes.

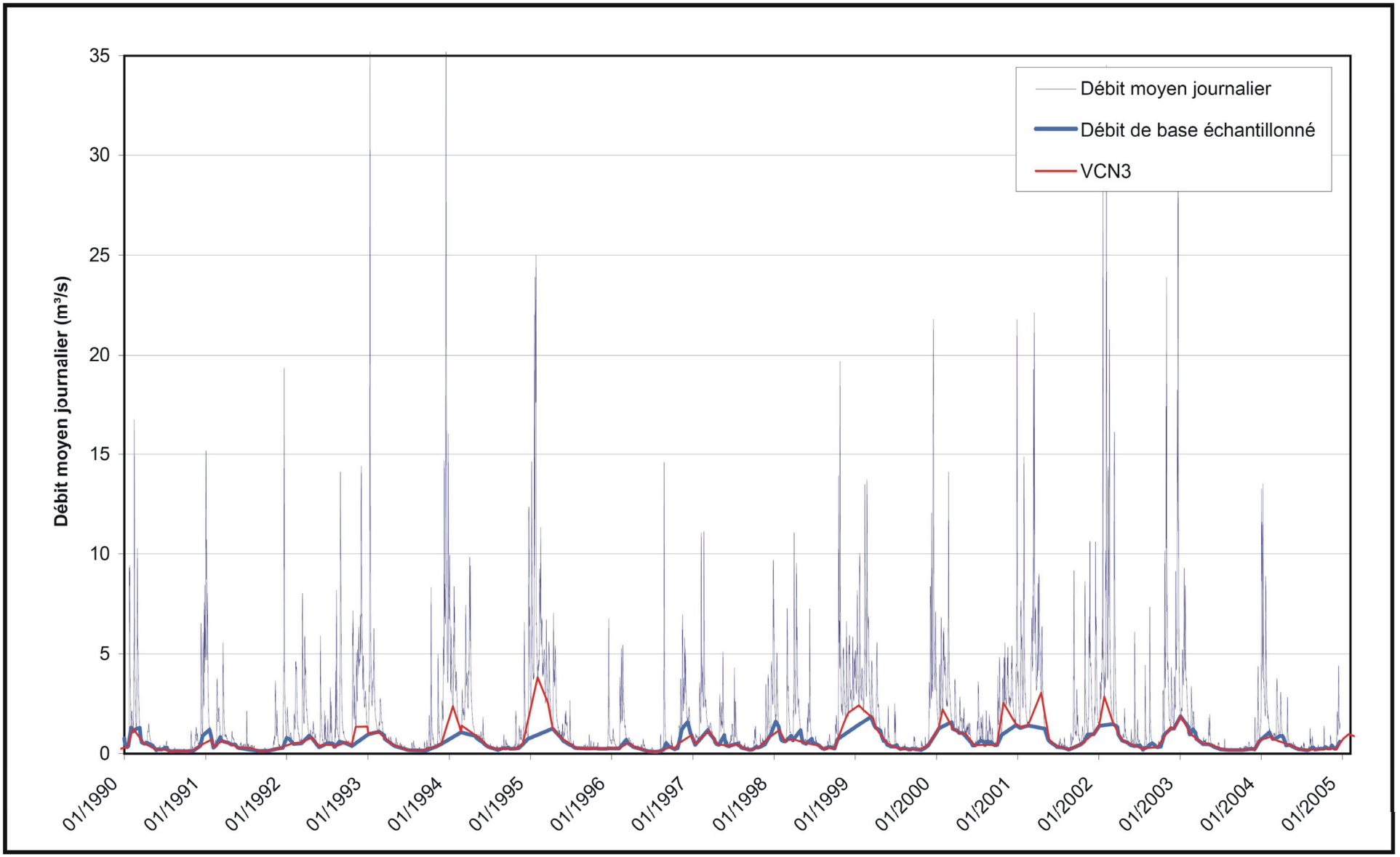


Figure 1-53. Hydrogramme des débits moyens journaliers de la Hantes et débit de base déterminé par la méthode des VCN3 – Station limnimétrique du MET-SETHY à Wihéries

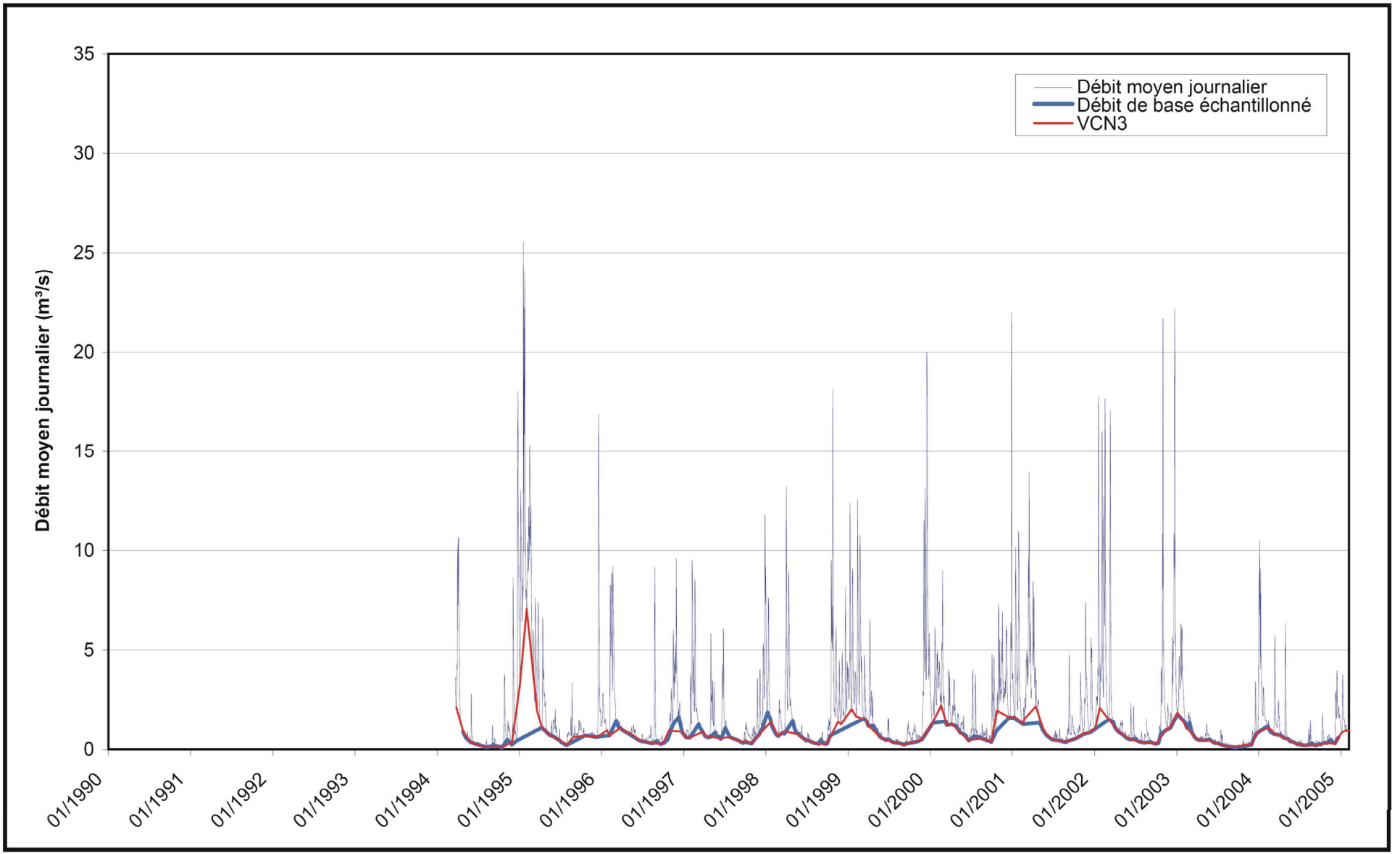


Figure 1-54. Hydrogramme des débits moyens journaliers de l'Eau Blanche et débit de base déterminé par la méthode des VCN3 – Station limnimétrique de la DGRNE-DCENN à Aublain

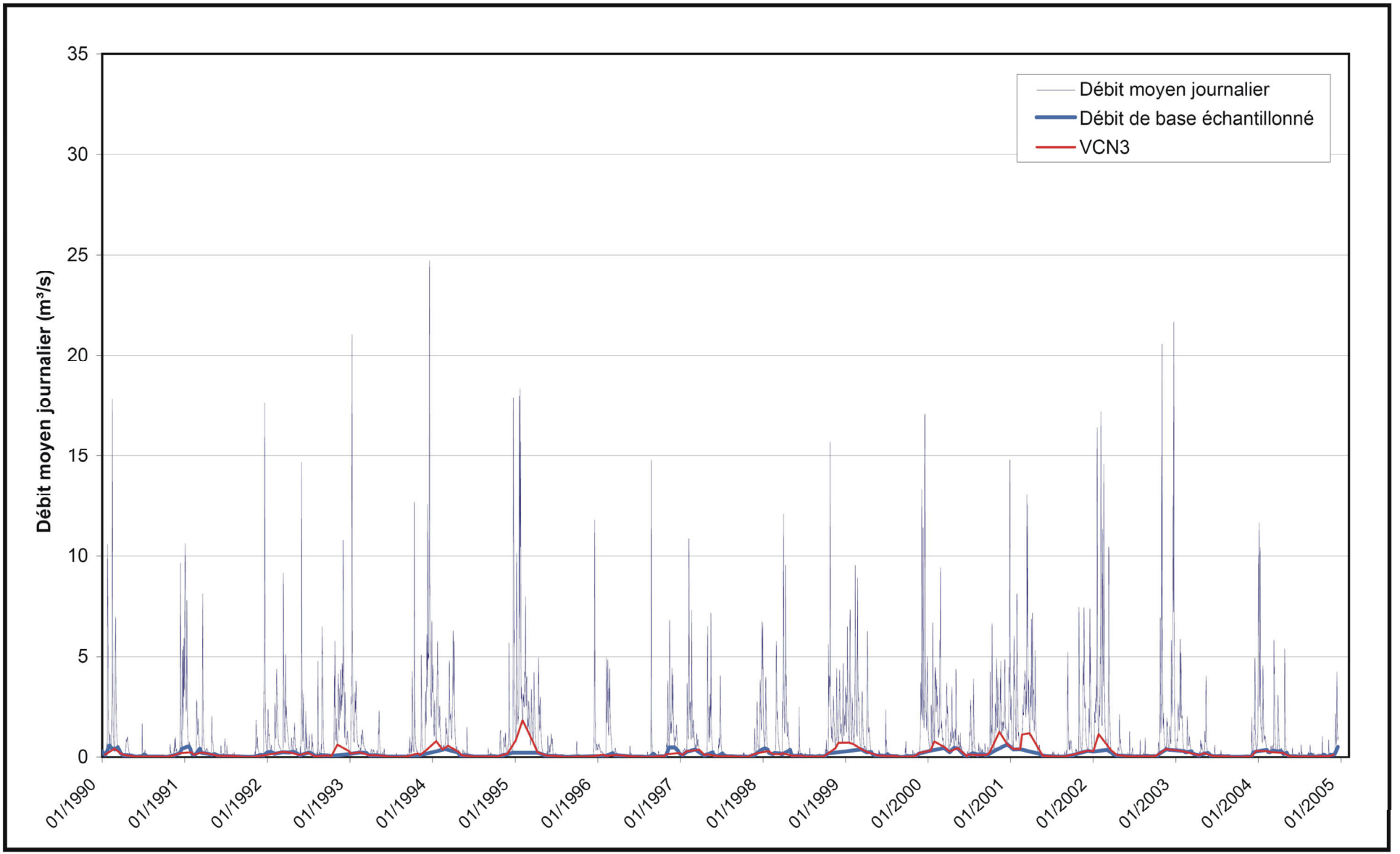


Figure 1-55. Hydrogramme des débits moyens journaliers de la Brouffe et débit de base déterminé par la méthode des VCN3 – Station limnimétrique du MET-SETHY à Mariembourg

Malgré le caractère systématique et objectif de la méthode des VCN3 par opposition au caractère subjectif et intuitif de l'échantillonnage manuel, l'évaluation de la ressource disponible en eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023 sera réalisée, de manière minimaliste et sécuritaire, à partir des débits de base plus faibles issus de la méthode manuelle et visuelle sur hydrogrammes.

c) Evaluation quantitative de la ressource disponible en eau souterraine

Grâce aux coefficients d'infiltration établis ci-dessus, il est possible de calculer une recharge moyenne annuelle des réserves en eau souterraine des trois bassins tests étudiés. Ces valeurs sont reprises ci-dessous dans les **tableaux 1-8** à **1-10**.

Unité hydrogéologique	%	Superficie (km²)	C_{inf}	EUA (mm)	Inf. eff. (mm)	Recharge moyenne annuelle (m³)
Aquifère des calcaires du Dévonien	26	36.1	0.5	468	234	8 460 000
Aquitard du Famennien	42	58.4	0.3		140	8 200 000
Aquiclude du Frasnien - Famennien	30	41.7	0.1		47	1 950 000
Aquifère des grès du Famennien	2	2.8	0.4		187	500 000
Total	**100**	**139**	-	-	-	**19 110 000**

Tableau 1-8. Evaluation de la recharge moyenne annuelle des réserves en eau souterraine du bassin de la Hantes

Unité hydrogéologique	%	Superficie (km²)	C_{inf}	EUA (mm)	Inf. eff. (mm)	Recharge moyenne annuelle (m³)
Aquifère des calcaires du Dévonien	38	40	0.5	618	309	12 450 000
Aquitard du Famennien	16	17	0.3		185	3 150 000
Aquiclude du Frasnien - Famennien	13	14	0.1		62	850 000
Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	33	35	0.3		185	6 500 000
Total	**100**	**106**	-	-	-	**22 950 000**

Tableau 1-9. Evaluation de la recharge moyenne annuelle des réserves en eau souterraine du bassin de l'Eau Blanche à l'amont d'Aublain

Unité hydrogéologique	%	Superficie (km²)	C_{inf}	EUA (mm)	Inf. eff. (mm)	Recharge moyenne annuelle (m³)
Aquifère des calcaires du Dévonien	2	1.6	0.5	382	191	310 000
Aquitard du Famennien	27	22.1	0.3		115	2 540 000
Aquiclude du Frasnien - Famennien	71	58.2	0.1		38	2 225 000
Total	**100**	**82**	-	-	-	**5 075 000**

Tableau 1-10. Evaluation de la recharge moyenne annuelle des réserves en eau souterraine du bassin de la Brouffe

Bien que l'application de ce raisonnement à l'ensemble des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 soit discutable (limitation de la représentativité des trois bassins tests, notamment en terme de relief et d'occupation du sol), elle permet cependant, de manière a priori assez fiable et réaliste, d'évaluer la recharge moyenne annuelle totale des réserves en eau souterraine de celles-ci (**tableau 1-11**). Si les valeurs ainsi obtenues ne doivent être considérées que comme des estimations basées sur un nombre important d'approximations et sur une grande subjectivité de la démarche, elles fournissent néanmoins une évaluation considérée ici comme fiable et réaliste de la réalimentation annuelle moyenne des réserves en eau souterraine de ces deux masses d'eau.

Unité hydrogéologique	%	Superficie (km²)	C_{inf}	EUA (mm)	Inf. eff. (mm)	Recharge moyenne annuelle (m³)
Aquifère des calcaires du Dévonien	27	527	0.5	413	207	108 800 000
Aquitard du Famennien	17	333	0.3		124	41 200 000
Aquiclude du Frasnien - Famennien	38	748	0.1		41	31 000 000
Aquifère des grès du Famennien	3	60	0.4		165	10 000 000
Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	14	280	0.3		124	35 000 000
Total	**100**	**1948**	**-**	**-**	**-**	**226 000 000**

Tableau 1-11. Evaluation de la recharge moyenne annuelle des réserves en eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023

Une fois la recharge annuelle moyenne totale des réserves en eau souterraine établie et comme déjà évoqué en conclusion du point 1.4.5.2b, p. 78, toute la difficulté de l'évaluation de la ressource disponible en eau souterraine (au sens de la Directive Cadre) consiste en la détermination du *« ...taux annuel à long terme de l'écoulement requis pour atteindre les objectifs de qualité écologique des eaux de surface associées... »*.

Le seul outil actuellement disponible pour approcher cette composante d'écoulement requis pour les eaux de surface associées est la notion de débit réservé qui est utilisée dans la gestion des cours d'eau. Le débit réservé, qui n'est pas une notion hydrologique mais une contrainte réglementaire, peut se définir de manière générale comme le débit minimum nécessaire au maintien, au droit (ou à l'aval) d'un ouvrage hydraulique ou d'une prise d'eau (superficielle ou souterraine), de conditions acceptables permettant la préservation des écosystèmes et une répartition adéquate de l'eau entre ses fonctions naturelles et les usages anthropiques qui en sont faits. Il constitue le plus souvent la traduction réglementaire d'un compromis, à une échelle locale, entre un contexte naturel à préserver (écosystèmes associés à un régime d'écoulement dépendant du climat, du relief, de la géologie,...) et des contraintes socio-économiques bien ancrées et en développement (démographie, industrie, agriculture, production d'énergie hydroélectrique, tourisme,...) (Garcia Bautista, 2002).

De nombreuses méthodes existent pour déterminer, pour une section ou un tronçon donné d'un cours d'eau, le débit minimum qui doit y être maintenu. Ces méthodes se répartissent en deux principaux groupes qui sont d'une part les méthodes hydrologiques pures et d'autre part les méthodes d'évaluation de l'habitat (actuellement uniquement piscicole).

Les méthodes hydrologiques présentent l'avantage d'une mise en œuvre facile et rapide et exploitent, de diverses manières (fréquences, percentiles, moyennes arithmétiques ou mobiles,...) les chroniques limnimétriques existantes. La méthode hydrologique la plus plébiscitée actuellement est sans conteste celle de Tennant, proposée pour le Middle West des USA (Tennant, 1976) et qui a aboutit à considérer qu'un débit représentant 10 % du module interannuel (établi sur l'ensemble de la chronique disponible) constitue le minimum minimorum à maintenir dans un cours d'eau. Malgré une utilisation très répandue (il a d'ailleurs été adopté dans la législation française sur l'eau et les milieux aquatiques ; voir **annexe XI**), ce seuil de débit est considéré comme peu scientifique et peu efficace du point de vue écologique. Il s'agit en effet d'une valeur de débit unique qui ne tient pas compte des fluctuations hydrologiques intra- et interannuelles (notamment des débits d'étiage naturels inférieurs au dixième du module interannuel) ni des facteurs biologiques et d'habitats (Souchon *& al.*, 1998).

Cette approche lacunaire a été comblée par l'introduction de méthodes se focalisant sur l'habitat, espace physique nécessaire à la vie des organismes. Le principe général de ces méthodes, dites des microhabitats, consiste à décrire et modéliser, pour la portion de

cours d'eau étudiée, la répartition en fonction du débit des paramètres hydrodynamiques majeurs de l'habitat que sont la hauteur d'eau, la vitesse du courant et le substrat. Ces caractéristiques physiques du cours d'eau sont ensuite confrontées aux exigences connues de certaines espèces aquatiques et de leurs stades vitaux majeurs pour en déduire une expression d'habitabilité potentielle et des seuils d'accroissement du risque en dessous desquels l'habitat potentiel n'assurerait plus la survie autonome des espèces considérées. Les principales méthodes des microhabitats couramment utilisées sont la méthode PHABSIM (Physical Habitat Simulation System ; Bovee, 1982), la méthode RHYHABSIM (River Hydraulics and Habitat Simulation System ; Jowett, 1989) et la méthode EVHA (système d'Evaluation de l'Habitat physique ; Ginot, 1998). Ces méthodes sont désormais bien admises, notamment en France où elles sont assez systématiquement utilisées dans les études d'impact, en particulier les études de renouvellement des concessions hydroélectriques. Cependant, bien que beaucoup plus complètes, elles apparaissent comme un outil assez lourd et complexe à mettre en œuvre en raison d'une part de leur caractère difficile, long et coûteux et d'autre part des compétences disciplinaires à mobiliser. De plus, elles ne prennent pas en compte la qualité des eaux de surface (naturelle d'une part, influencée par l'Homme d'autre part).

Enfin, quelle que soit la méthode utilisée pour déterminer une valeur de débit réservé, son principal inconvénient réside dans le caractère ponctuel de la zone investiguée. La détermination des débits réservés associés à des sections ou tronçons successifs de cours d'eau depuis la tête d'un bassin versant jusqu'à son exutoire peut en effet potentiellement fournir des valeurs assez contrastées qui, dans le cadre de l'évaluation de la ressource disponible en eau souterraine (au sens de la DCE) doivent être régionalisées à l'échelle (1) du bassin versant et (2) de la masse d'eau souterraine.

En dehors du cadre restreint des pisciculture intensives dont les conditions sectorielles (AGW du 10 mars 2005 ; voir **annexe XII**) imposent un débit réservé au cours d'eau équivalent au 2/3 du débit d'étiage (sans autre précision sur la méthode ayant permis d'aboutir à ce seuil ni sur la définition du débit d'étiage considéré), la législation wallonne est caractérisée par un vide juridique total sur la question des débits réservés. Les cas qui se présentent sont traités, lorsqu'ils sont déclarés, de manière ponctuelle et individualisée par l'autorité en charge de la gestion du cours d'eau concerné (DGRNE, provinces, communes).

A défaut d'autres méthodes aisées et rapides à mettre en œuvre, l'écoulement requis pour les eaux de surface associées aux masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 est évalué sur base d'une approche purement hydrologique qui respecte le seuil minimum du dixième du module interannuel.

Les prélèvements effectués directement dans les cours d'eau seront négligés pour plusieurs raisons. D'une part, aucune prise d'eau de surface importante (> 10 000 m³/an) n'est déclarée dans ces deux masses d'eau souterraine. D'autre part, aucun outil de gestion centralisée de ces prélèvements en eau de surface n'existe en Wallonie. Par opposition aux prélèvements en eau souterraine qui sont du seul ressort de la DGRNE, les autorités compétentes en matière de prélèvements en eau de surface dépendent de la catégorie des cours d'eau (MET, DGRNE, provinces, communes). L'accès aux volumes prélevés directement dans les cours d'eau en est dès lors rendu bien plus compliqué.

L'approche limnimétrique adoptée au point 1.4.5.2b a permis d'établir, en période d'étiage, un Débit Caractéristique d'Etiage global moyen interannuel de 4,1 m³/s qui s'écoule dans le réseau hydrographique des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023. Ce débit d'étiage global, considéré ici comme naturel étant donné la faible exploitation des réserves en eau souterraine de ces deux masses d'eau, représente pour rappel 16,1 % du module interannuel de celles-ci (25,4 m³/s).

Dans la mesure où ce minimum limnimétrique global moyen correspond à un régime hydrologique naturel (où tout au moins peu influencé par l'homme) et puisqu'il est bien supérieur au seuil classiquement admis du dixième du module interannuel, le Débit Caractéristique d'Etiage global moyen interannuel des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, évalué à 4,1 m³/s (soit environ 130 000 000 m³/an), est considéré ici comme la part de la recharge moyenne annuelle totale des réserves en eau souterraine de ces deux masses d'eau qui devrait, en toute circonstance (années humides comme années sèches), être réservée à l'alimentation du réseau hydrographique.

La ressource moyenne annuelle disponible en eau souterraine de ces deux masses d'eau, telle que définie par la Directive Cadre sur l'Eau, est donc ici évaluée à environ 96 000 000 m³/an (50 mm/an, soit 12 % de l'Eau Utile Moyenne Annuelle) répartis sur l'ensemble de leur territoire (près de 2000 km²).

Les réserves en eau souterraine de ces deux masses d'eau étant déjà exploitées à concurrence d'environ 8 000 000 m³/an, la ressource moyenne annuelle qui peut encore théoriquement y être prélevée est estimée à 88 000 000 m³/an.

A l'échelle du bassin versant, l'assimilation du DCE interannuel à la part de la recharge totale des nappes d'eau souterraine qui doit être réservée à l'alimentation du réseau hydrographique reste également valable mais appelle cependant à quelques commentaires en ce qui concerne les bassins dans lesquels le DCE interannuel est inférieur au dixième du module interannuel. En effet, le rapport entre le DCE interannuel et le module interannuel dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 présente une très grande variabilité, allant de près de 25 % dans le bassin de la Biesme l'Eau (masse d'eau RWM022 – station limnimétrique de Thuin – DGRNE-DCENN) à 2 % dans le bassin de la Brouffe (masse d'eau RWM023 – station limnimétrique de Mariembourg – MET-SETHY).

Tant que le DCE interannuel représente plus de 10 % du module interannuel, la règle adoptée ci-dessus à l'échelle des deux masses d'eau souterraine peut être transposée telle quelle à l'échelle du bassin (si DCE > $0,1*Q_{moy.ann.ESU}$, $Q_{ESO\ réservé}$ = DCE). Lorsque, dans certains bassins, le DCE interannuel est inférieur au dixième du module interannuel, ce seuil minimum de débit n'a bien entendu plus aucun sens dans les cours d'eau. Si les étiages sévères qui caractérisent ces bassins (pouvant parfois aboutir à une période d'assec complet plus ou moins longue, notamment en contexte karstique) font subir un stress hydrique et thermique parfois très intense aux écosystèmes associés, les communautés lotiques (biotope des eaux courantes) sont généralement adaptées à ces conditions extrêmes et se maintiennent à l'équilibre pour autant que tous les autres facteurs de structuration (quantitatifs et qualitatifs) restent proches de l'état naturel (Souchon *et al.*, 1996). A défaut d'autres arguments solides permettant de justifier un seuil différent et étant donné la méconnaissance actuelle de l'impact quantitatif réel des prélèvements en eau souterraine dans leur globalité (tous types de prises d'eau souterraine confondus) sur le débit des cours d'eau en période d'étiage, il est proposé que, pour les bassins qui présentent un DCE interannuel inférieur au dixième du module interannuel, la part de la recharge moyenne annuelle de leurs réserves en eau souterraine qui doit être réservée à l'alimentation du réseau hydrographique soit équivalente au seuil minimum du dixième de leur module interannuel à l'exutoire (si DCE < $0,1*Q_{moy.ann.ESU}$, $Q_{ESO\ réservé} = 0,1*Q_{moy.ann.ESU}$).

Appliqué aux trois bassins tests de la Hantes, de l'Eau Blanche (à l'amont d'Aublain) et de la Brouffe, ce raisonnement permet d'y évaluer la ressource moyenne annuelle disponible en eau souterraine. Les résultats repris au **tableau 1-12** confirment le bon potentiel hydrogéologique quantitatif qui caractérise la partie amont du bassin de l'Eau Blanche (principalement l'aquifère des calcaires du Dévonien). Ils mettent à nouveau également en évidence les faibles ressources en eau souterraine qui caractérisent le bassin

de la Brouffe et, par extension, l'ensemble des terrains schisteux de la Dépression de la Fagne-Famenne.

Bassin	Module interannuel (m^3/s)	DCE interannuel (m^3/s)	DCE/Module (%)	$Q_{ESO\ Réservé}$ (m^3/s)	$Q_{ESO\ Réservé}$ (m^3/an)	Recharge annuelle moyenne (m^3/an)	Ressource disponible (m^3/an)	Ressource disponible (mm)	Ressource/Recharge (%)
Hantes	1.69	0.23	13.6	0.23	7 250 000	19 110 000	11 860 000	85	62
Eau Blanche à l'amont d'Aublain	1.72	0.29	16.9	0.29	9 150 000	22 950 000	13 800 000	130	60
Brouffe	0.97	0.02	2.1	0.10	3 050 000	5 075 000	2 025 000	25	40

Tableau 1-12. Evaluation de la ressource moyenne annuelle en eau souterraine disponible dans les bassins tests de la Hantes, de l'Eau Blanche à l'amont d'Aublain et de la Brouffe

La composante de la recharge moyenne annuelle ainsi réservée aux eaux de surface se révèle être, à l'échelle des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, un seuil assez raisonnable (pour rappel 4,1 m^3/s, soit environ 130 000 000 m^3/an) même en période de sécheresse prolongée. En effet, en appliquant le raisonnement tenu ci-dessus à l'année 2003, qui a connu l'une des plus faibles pluviométries de ces vingt dernières années, la recharge des nappes d'eau souterraine y est évaluée à environ 138 000 000 m^3 (**tableau 1-13**).

Unité hydrogéologique	%	Superficie (km^2)	C_{inf}	EUA (mm)	Inf. eff. (mm)	Recharge annuelle (m^3)
Aquifère des calcaires du Dévonien	27	527	0.5	252	126	66 500 000
Aquitard du Famennien	17	333	0.3		76	25 200 000
Aquiclude du Frasnien - Famennien	38	748	0.1		25	18 850 000
Aquifère des grès du Famennien	3	60	0.4		101	6 000 000
Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur	14	280	0.3		76	21 200 000
Total	**100**	**1948**	-	-	-	137 750 000

Tableau 1-13. Evaluation de la recharge des réserves en eau souterraine des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 durant l'année 2003

De manière globale, la ressource en eau souterraine disponible en 2003 dans ces deux masses d'eau, qui n'est plus que de 8 000 000 m^3, suffit cependant à y satisfaire dans son ensemble la faible demande actuelle en eau souterraine (qui est également d'environ 8 000 000 m^3/an), a priori sans même avoir à puiser de manière significative dans les réserves précédemment emmagasinées durant les années 1998 à 2002 bien plus humides.

Dans les trois bassins tests de la Hantes, de l'Eau Blanche à l'amont d'Aublain et de la Brouffe, la ressource disponible en eau souterraine en 2003 permet également de satisfaire globalement la demande en eau souterraine (**tableau 1-14**).

Bassin	$Q_{ESO\ Réservé}$ (m^3/s)	$Q_{ESO\ Réservé}$ (m^3/an)	Recharge annuelle 2003 (m^3/an)	Ressource disponible 2003 (m^3/an)	Ressource disponible 2003 (mm/an)	Volume prélevé 2003 (m^3/an)
Hantes	0.23	7 250 000	9 950 000	2 700 000	19	2 150 000
Eau Blanche à l'amont d'Aublain	0.29	9 150 000	13 200 000	4 050 000	38	1 350 000
Brouffe	0.10	3 050 000	2 825 000	-225 000	-3	20 000

Tableau 1-14. Evaluation de la ressource en eau souterraine disponible en 2003 dans les bassins tests de la Hantes, de l'Eau Blanche à l'amont d'Aublain et de la Brouffe

La seule nuance à apporter concerne le bassin de la Brouffe qui présente en 2003 une ressource disponible négative. En effet, étant donné le maintien d'une composante de la recharge réservée au réseau hydrographique équivalente au dixième du module interannuel de la Brouffe à Mariembourg et dans la mesure où la recharge évaluée pour l'année 2003 est inférieure à ce seuil de débit, la ressource calculée apparaît déficitaire. Cette situation reste cependant naturelle et sans conséquence d'origine anthropique étant donné la très faible exploitation qui est faite des réserves en eau souterraine de ce bassin et les très faibles débits d'étiage qui le caractérisent.

Enfin, la ressource moyenne annuelle en eau souterraine disponible dans les masses d'eau RWM022 et RWM023 (évaluée pour rappel à environ 96 000 000 m³/an) ne peut en aucun cas être considérée comme un plafond de prélèvements en eau souterraine qui, même judicieusement répartis, pourrait si nécessaire être atteint.

En effet, le raisonnement suivi ci-dessus et qui a amené à une estimation de cette ressource à l'échelle des deux masses d'eau souterraine ne tient pas compte de certains éléments importants, dont notamment :

- la cinétique de la recharge et de la vidange des nappes d'eau souterraine contenues dans le sous-sol de ces deux masses d'eau (caractère plus ou moins perméable et plus ou moins capacitif des unités hydrogéologiques avec, typiquement, des aquifères carbonatés modérément à peu capacitifs en raison de la karstification plus ou moins importante qui les affecte) qui doit être confrontée à une demande en eau souterraine relativement constante dans le temps ;
- le caractère utopique (voire l'impossibilité technique) d'une sollicitation de cette ressource dans son intégralité ;

d) Utilisation du VCN3 comme indicateur quantitatif de l'état de remplissage des nappes d'eau souterraine

Le VCN3, défini pour rappel comme le débit moyen minimum sur 3 jours consécutifs établi, ici, au cours d'une période d'un mois calendaire (1 $\rightarrow$ 31/01, 1 $\rightarrow$ 28/02,...), peut a priori raisonnablement être assimilé au débit de base. Cette approche a notamment permis de déterminer (p.97) de manière assez objective et systématique des valeurs d'Infiltration Efficace **I** dans les trois bassins tests de la Hantes, de l'Eau Blanche à l'amont d'Aublain et de la Brouffe.

D'un point de vue théorique, la vidange des réserves en eau souterraine dans le réseau hydrographique est d'autant plus importante que le niveau des nappes est élevé (simple application de la loi de Darcy qui veut que, tout autre paramètre restant constant, une augmentation de la charge hydraulique au sein d'un système poreux entraîne une augmentation du débit à son exutoire). Il est donc logique de considérer qu'il doit exister une relation plus ou moins étroite entre le VCN3 et le niveau piézométrique des nappes d'eau souterraine dans les masses d'eau RWM022 et RWM023.

Le bassin de l'Eau Blanche à l'amont de la station limnimétrique d'Aublain est apparu particulièrement approprié pour mettre en évidence une telle relation et ce pour plusieurs raisons (**figure 1-56**). D'une part, les aquifères calcaires de l'Eifelien, du Givetien et du Frasnien, qui contiennent pour rappel les principales réserves en eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023, y sont particulièrement bien représentés. D'autre part, ce bassin fait l'objet à son exutoire et depuis 1994 d'un monitoring limnimétrique continu de l'Eau Blanche, à proximité de la localité d'Aublain (DGRNE – DCENN ; **figures 1-52a**, p.95

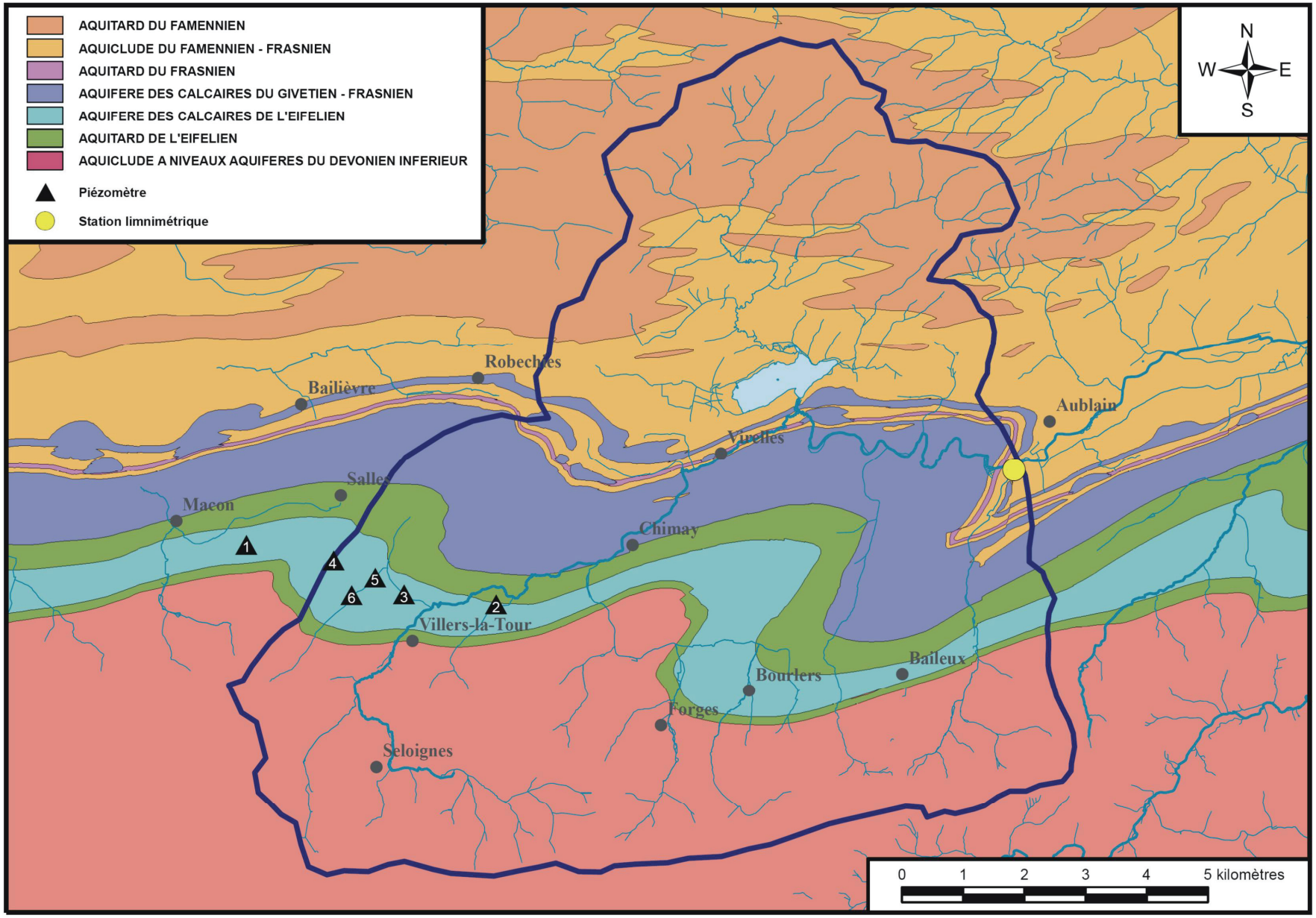


Figure 1-56. Unités hydrogéologiques et localisation des sites de monitoring piézométrique et limnimétrique au sein du bassin de l'Eau Blanche à l'amont de la localité d'Aublain

et **1-54**, p.99). Enfin, dans le cadre d'une étude de recherche de nouvelles potentialités aquifères dans la région de Chimay, la Société Wallonne Des Eaux (SWDE) a procédé en 2005 au forage de 6 piézomètres implantés dans l'aquifère des calcaires de l'Eifelien en tête du bassin de l'Eau Blanche et à cheval sur la crête hydrologique et hydrogéologique qui sépare ce dernier du bassin de l'Helpe Majeure (affluent de la Sambre en territoire français). Ces 6 piézomètres sont mesurés à une fréquence bimensuelle depuis avril 2006 dans le cadre spécifique du projet SYNCLINEAU (**figure 1-18**, p.43).

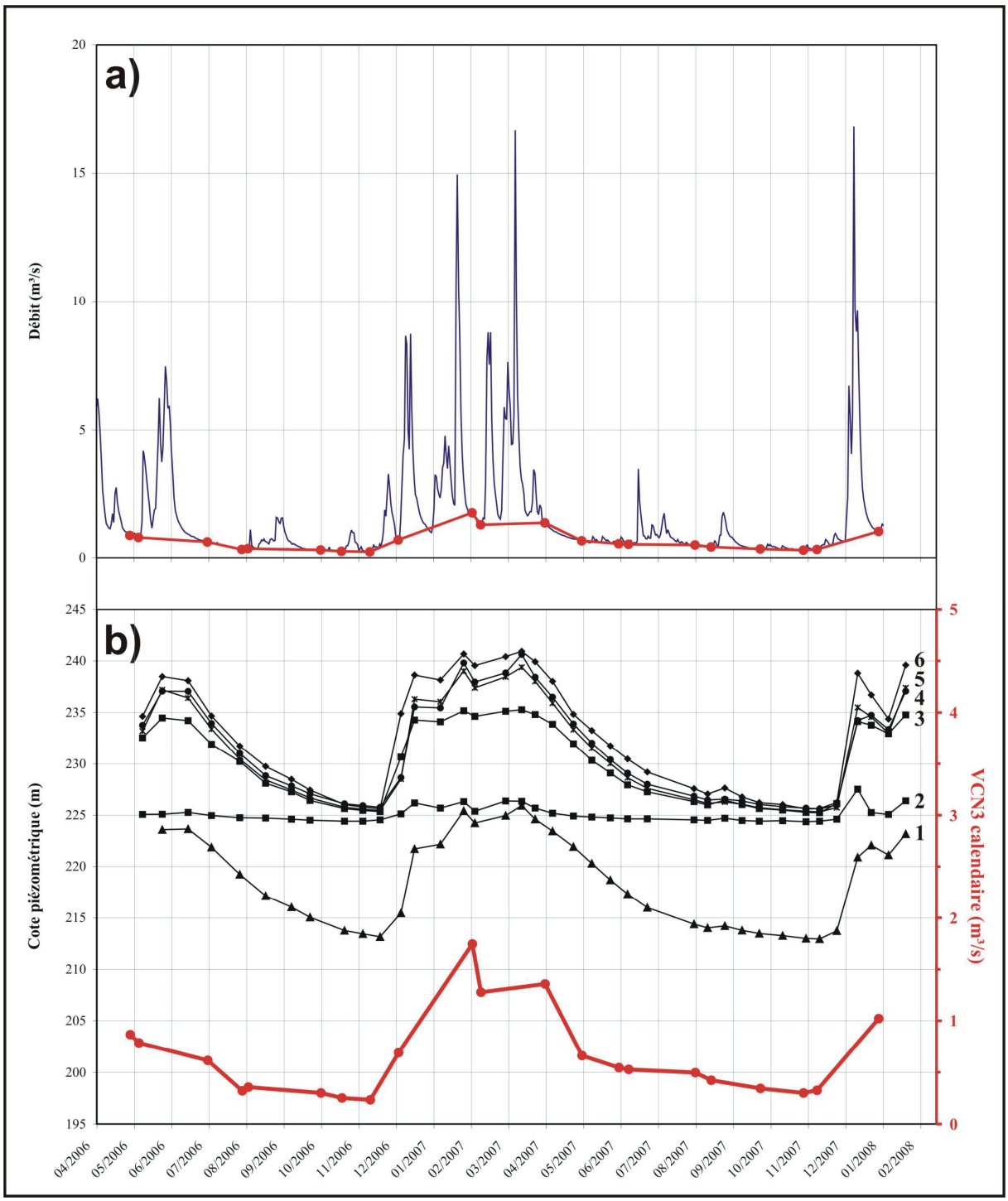


Figure 1-57. Corrélation entre* a) *le débit journalier et le débit de base (VCN3) de l'Eau Blanche à la station limnimétrique d'Aublain et* b) *les fluctuations piézométriques mesurées en tête du bassin de l'Eau Blanche dans l'aquifère des calcaires de l'Eifelien

La comparaison des données pluviométriques, limnimétriques et piézométriques acquises dans cette partie du bassin de l'Eau Blanche (**figure 1-57**) montre que la nappe des calcaires de l'Eifelien (et a priori par extension l'aquifère des calcaires du Dévonien dans son ensemble) y est très réactive aux précipitations avec des fluctuations à la hausse du niveau piézométrique qui peuvent par endroit dépasser la dizaine de mètres en à peine une semaine.

Plusieurs éléments permettent d'expliquer aisément ce type de comportement. La zone d'affleurement de l'aquifère des calcaires du Dévonien de cette partie de la Calestienne est caractérisée par une morphologie de plateau faiblement à modérément ondulé sans pente dominante ou en pente douce. Ce plateau est la plupart du temps exempt de tout écoulement de surface significatif à l'exception de l'Eau Blanche elle-même. Les terrains de couverture se révèlent peu épais (quelques dizaines de centimètres) et, en période de hautes eaux, la nappe est subaffleurante au droit des thalwegs (entraînant la réactivation d'un réseau hydrographique temporaire). Des indices de karstification sont localement bien visibles (**figure 1-58**). Tous ces éléments plaident en faveur d'une Infiltration Efficace **I** élevée et de circulations d'eau souterraine importantes.

Figure 1-58. Conduits karstiques décimétriques à métriques dans une carrière de calcaires eifeliens située à proximité immédiate du piézomètre 2 (voir figure 1-56)

Malgré le caractère discutable de l'assimilation du VCN3 mensuel calendaire au débit de base de l'Eau Blanche, la **figure 1-57** montre une très bonne corrélation entre cette statistique hydrologique établie à l'exutoire du bassin près d'Aublain et les fluctuations piézométriques qui sont observées en tête de bassin dans l'aquifère des calcaires de l'Eifelien.

BIBLIOGRAPHIE

PUBLICATIONS

ADAMS R. & VANDENBERGHE N., 1999, The Meuse section across the Condroz – Ardennes (Belgium) based on a predeformational sediment wedge, Tectonophysics, 309, pp. 179-195.

BOULVAIN F. & MARION J.-M., 1994, Carte Géologique de Wallonie, planchette 53/5-6 Philippeville – Rosée éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

BOULVAIN F. & al., 1995, Carte Géologique de Wallonie, planchette 54/5-6 Achêne – Leignon éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

BOULVAIN F., BULTYNCK P., COEN M., COEN-AUBERT M., HELSEN S., LACROIX D., LALOUX M., CASIER J.G., DEJONGHE L., DUMOULIN V., GHYSEL P., GODEFROID J., MOURAVIEFF N., SARTENAER P., TOURNEUR F. & VANGUESTAINE M., 1999, Les formations du Frasnien de la Belgique, Mem. of the Geol. Survey of Belgium, 44, 125 pp.

BOULVAIN F., 2006, Cours en ligne de Géologie de la Belgique http://www.ulg.ac.be/geolsed/geolwal/geolwal.htm, Université de Liège, Département de Géologie, Laboratoire de Pétrologie Sédimentaire.

BOVEE K.D., 1982, A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology, US Fish and Wildlife Service, Fort Collins, Colorado, Instream Flow Inf. Pap, 12.

BULTYNCK P., COEN-AUBERT M., DEJONGHE L., GODEFROID J., HANCE L., LACROIX D., PREAT A., STAINIER P., STEEMANS PH., STREEL M., TOURNEUR F., 1991, Les Formations du Dévonien moyen de la Belgique, Mém. Expl. Cartes Géol. et Minières de la Belg., 30, 106 p.

BULTYNCK P. & DEJONGHE L., 2001, Guide to a revised lithostratigraphic scale of Belgium, Geologica Belgica, 4 (1-2), 168 pp.

CHERUY C., 2001, Démographie mathématique : Perspectives de population 2000 – 2050 par arrondissement, Publications, Institut National de Statistiques, 368 pp. http://www.statbel.fgov.be/pub/d2/p231y2000-2050_fr.pdf

DE BROYER C., THYS G., FAIRON J. & MICHEL G., 2002, Atlas du Karst Wallon, Inventaire cartographique des sites karstiques et des rivières souterraines de Wallonie. Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE) - Commission Wallonne d'Etude et de Protection des Sites Souterrains asbl (CWEPSS).

DEJONGHE L., publication en cours, Carte Géologique de Wallonie, planchette 55/5-6 Hotton - Dochamps éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DELCAMBRE B. & PINGOT J.-L., 1994, Carte Géologique de Wallonie, planchette 53/7-8 Hastière – Dinant éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DELCAMBRE B. & PINGOT J.-L., 2000, Carte Géologique de Wallonie, planchette 52/3-4 Gozée – Nalinnes éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DOSSIN F., REKK S. & BONNIVERS I., 2005, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 59/3-4 Rochefort – Nassogne, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Département de Géologie - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DOSSIN F. & REKK S., 2005, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 59/7-8 Grupont – Saint-Hubert, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Département de Géologie - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DOSSIN F., REKK S. & SOREL A., 2006, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 57/7-8 Chimay – Couvin, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Département de Géologie - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DOSSIN F., REKK S. & SOREL A., 2006, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 58/5-6 Olloy-sur-Viroin – Treignes, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Département de Géologie - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DROGUE G., HOFFMANN L., MATGEN P., PFISTER L. & LEVANDIER T., 2005, Trajectoire climatique et réponse hydrologique à l'horizon 2050 : l'exemple de deux cours d'eau luxembourgeois, Ferrantia, 43, pp. 101-138.

DUMOULIN V. & MARION J.-M., 1997, Carte Géologique de Wallonie, planchette 52/7-8 Silenrieux – Walcourt éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DUMOULIN V. & MARION J.-M., 1997, Carte Géologique de Wallonie, planchette 58/1-2 Sautour – Surice éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DUMOULIN V. & MARION J.-M., 1998, Carte Géologique de Wallonie, planchette 57/3-4 Froidchapelle – Senzeille éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DUMOULIN V., 2001, Carte Géologique de Wallonie, planchette 52/5-6 Grandrieu – Beaumont éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DUMOULIN V. & COEN M., publication en cours, Carte Géologique de Wallonie, planchette 58/5-6 Olloy-sur-Viroin – Treignes éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DUMOULIN V. & BLOCKMANS S., publication en cours, Carte Géologique de Wallonie, planchette 58/7-8 Felenne – Vencimont éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DUMOULIN V. & BLOCKMANS S., publication en cours, Carte Géologique de Wallonie, planchette 59/5-6 Pondrôme – Wellin éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

DUPRIEZ G.L. & SNEYERS R., 1982, Les normales du réseau pluviométrique belge, Publications, Série A, n°101, Institut Royal Météorologique de Belgique.

ESTEVES M., 1989, Mesure des débits par intégration des cours d'eau : normalisation des méthodes de traitement des données, Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Mission Déléguée de bassin Rhin-Meuse, 15 p.

FRANCOIS D., SARY M., AUER J-C. & ZUMSTEIN J-F., 1994, Etude méthodologique des débits d'étiage, rapport Agence de l'Eau Rhin-Meuse/CEGUM.

GARCIA BAUTISTA A., 2002, La problématique des débits réservés dans le contexte de l'Union Européenne : le cas de l'Espagne, la France et le Royaume Uni, Rapport de stage, CEMAGREF, Groupement de Lyon (Rhône-Alpes), Département Gestion des milieux aquatiques, Unité de recherche Biologie des Ecosystèmes Aquatiques (BEA), Laboratoire d'Hydroécologie Quantitative (LHQ), 78 p.

GEVAERTS H., 1970, Répertoire des pertes, cavernes, résurgences dans la vallée de la Lesse et de ses affluents, Serv. Géol. Belg., Professional Paper, 14, 170 p.

GINOT V., 1998, Logiciel EVHA : Évaluation de l'habitat physique des poissons en rivière (version 2.0), CEMAGREF Lyon BEA/LHQ et Ministère de l'aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de l'Eau, Paris.

HABILS F., en cours de réalisation, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 52/1-2 Merbes-le-Château – Thuin, Faculté Polytechnique de Mons, Groupe Mines – Géologie, Service de Géologie Fondamentale et Appliquée (GEFA) - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

HABILS F., en cours de réalisation, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 52/3-4 Gozée – Nalinnes, Faculté Polytechnique de Mons, Groupe Mines – Géologie, Service de Géologie Fondamentale et Appliquée (GEFA) - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

HABILS F., en cours de réalisation, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 52/7-8 Silenrieux – Walcourt, Faculté Polytechnique de Mons, Groupe Mines – Géologie, Service de Géologie Fondamentale et Appliquée (GEFA) - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

HENNEBERT M., publication en cours, Carte Géologique de Wallonie, planchette 52/1-2 Merbes-le-Château – Thuin éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

JOWETT I.G., 1989, River hydraulic and habitat simulation, RHYHABSIM computer manual, N.Z. Fish. Misc. Rep, N° 49.

LEJEUNE O. & DEVOS A., 2004, Apports des méthodes hydrologiques dans la compréhension des écoulements en pays calcaires : exemple du haut bassin de la Marne (France), *Karstologia*, N°44 – 2/2004, pp. 15-24.

LEMONNE E. & DUMOULIN V., 1998, Carte Géologique de Wallonie, planchette 58/3-4 Agimont - Beauraing éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

LERICHE M., 1929, Les poissons famenniens de la Belgique, Les faciès du Famennien dans la région gallo-belge, Mém. Acad. roy. Belg., Cl. Sc., 2ème série, 10/5, 72 p.

MARION J.-M. & BARCHY L., 1999, Carte Géologique de Wallonie, planchette 57/7-8 Chimay – Couvin éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

MARION J.-M. & BARCHY L., 2001, Carte Géologique de Wallonie, planchette 57/5-6 Momignies – Seloignes éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

MARION J.-M. & BARCHY L., 2004, Carte Géologique de Wallonie, planchette 57/1-2 Sivry - Rance éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

MARION J.-M. & BARCHY L., publication en cours, Carte Géologique de Wallonie, planchette 54/3-4 Maffe – Grand-Han éditée par le Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

MATTE P., 1986, La chaîne varisque parmi les chaînes paléozoïques péri-atlantiques, modèle d'évolution et position des grands blocs continentaux au Permo-Carbonifère. Bull. Soc. Géol. France, 8ème série, II, 9-24.

MATTE P., 1991, Accretionary history and crustal evolution of the Variscan belt in Europe, Tectonophysics, 196, 309-337.

NOGAREDE P. & VANBRABANT Y., 2003, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 53/7-8 Hastière – Dinant, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Département de Géologie - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

NOGAREDE P. & VANBRABANT Y., 2003, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 54/5-6 Achêne - Leignon, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Département de Géologie - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

NOGAREDE P. & REKK S., 2004, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 58/1-2 Sautour – Surice, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Département de Géologie - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

NOGAREDE P. & REKK S., 2004, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 58/3-4 Agimont – Beauraing, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Département de Géologie - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

NOGAREDE P. & REKK S., 2004, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 59/1-2 Houyet – Han-sur-Lesse, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Département de Géologie - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

PIPER A.-M., 1944, A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analyses, Trans. Amer. Geophysical Union, Vol. 25, pp. 914-923.

PISSART A., 1976, Dépôts et morphologie périglaciaires. Géomorphologie de la Belgique, Hommage au Pr. P. Macar. Laboratoire de Géographie Physique, Université de Liège.

REKK S. & SOREL A., 2006, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 57/3-4 Froidchapelle - Senzeille, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Département de Géologie - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

RUTHY I., 2001, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 53/5-6 Philippeville – Rosée, Université de Liège, Département ARGENCO, Secteur GEOCUBE - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

RUTHY I., 2004, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 49/1-2 Tavier – Esneux, Université de Liège, Département ARGENCO, Secteur GEOCUBE - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

RUTHY I., 2005, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 49/5-6 Hamoir – Ferrières, Université de Liège, Département ARGENCO, Secteur GEOCUBE - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

RUTHY I., 2006, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 54/3-4 Maffe – Grand-Han, Université de Liège, Département ARGENCO, Secteur GEOCUBE - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

RUTHY I., 2006, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 54/7-8 Aye – Marche, Université de Liège, Département ARGENCO, Secteur GEOCUBE - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

RUTHY I., 2006, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 55/5-6 Hotton – Dochamps, Université de Liège, Département ARGENCO, Secteur GEOCUBE - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

RUTHY I., en cours de réalisation, Carte Hydrogéologique de Wallonie, planchette 55/1-2 Durbuy - Mormont, Université de Liège, Département ARGENCO, Secteur GEOCUBE - Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).

SNEYERS R. & VANDIEPENBEECK M., 1985, Les normales du réseau thermométrique belge, Publications, Série A, n°106, Institut Royal Météorologique de Belgique.

SOUCHON Y., PHILIPPE M., COHEN P., MARIDET L. & WASSON J.-G., 1996, Rôle et impact des étiages dans les cours d'eau – *Les sécheresses menacent-elles les communautés végétales et animales des cours d'eau*, CEMAGREF, Rapport final relatif à la commande 29/93 du Ministère de l'Environnement – Direction de l'Eau, 83 p.

SOUCHON Y., VALENTIN S. & CAPRA H., 1998, Peut-on rendre plus objective la détermination des débits réservés par une approche scientifique ?, La Houille Blanche, 8, pp. 41-45.

TENNANT D.L., 1976, Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources in : Orsbom J.F. & Allman C.H. (Eds), Instream Flow Needs, American Fisheries Society, Western Division, Bethesda, Maryland, pp. 387-399.

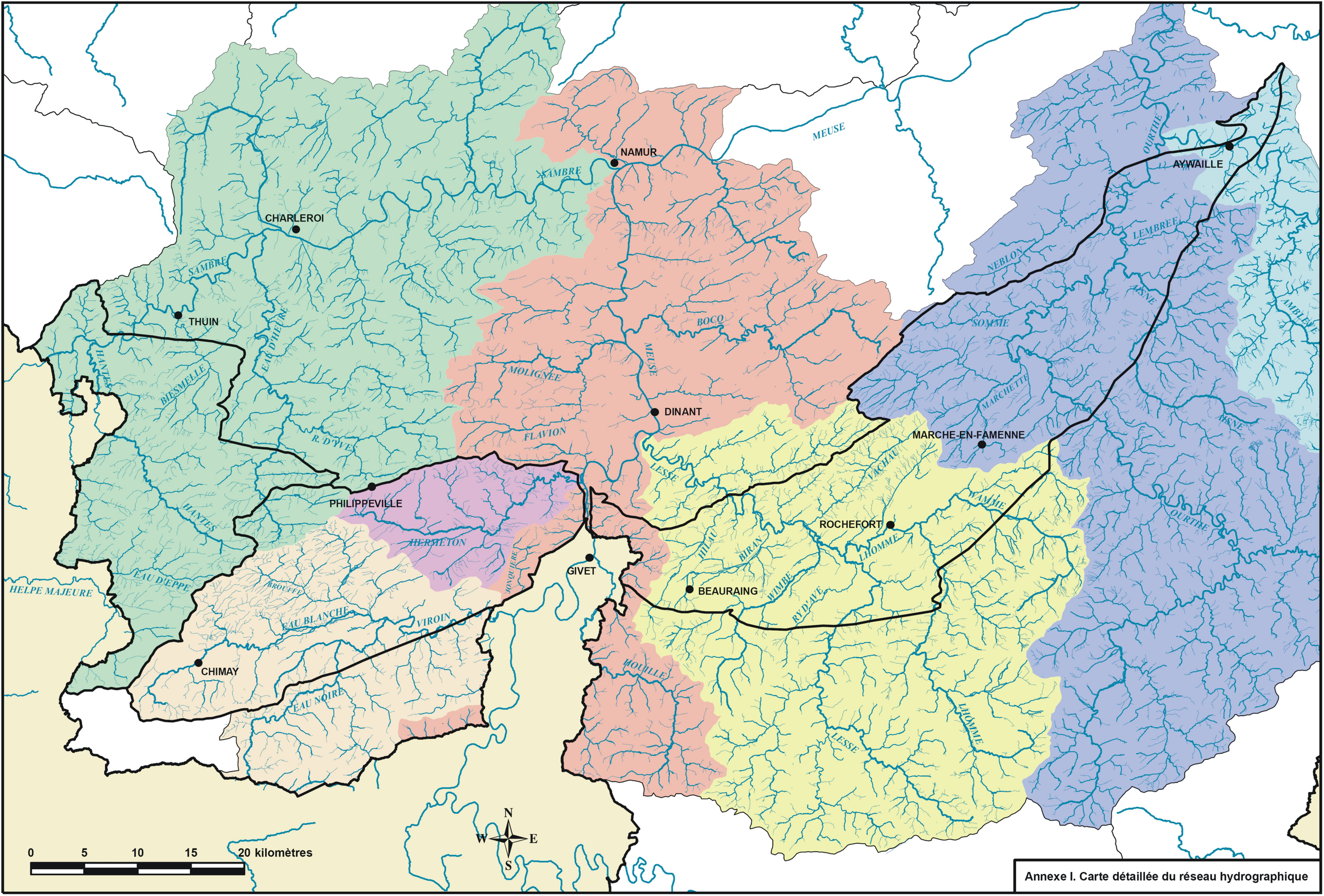
THORNTHWAITE C.W. & MATHER J.R., 1955, The water balance, Publication 8, 1-86, Centeron N.J., Laboratory of Climatology.

VAN DEN BROECK E., MARTEL E.-A. & RAHIR E., 1910, Les cavernes et rivières souterraines de la Belgique, Tome I, 800 p.

ANNEXES

Liste des annexes

Annexe I	Carte détaillée du réseau hydrographique
Annexe II	Carte géologique et hydrogéologique détaillée
Annexe IIIa	Climatogrammes des stations météorologiques retenues pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023
Annexe IIIb	Graphiques d'évolution de l'Eau Utile Annuelle des stations météorologiques retenues pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023
Annexe IV	Description du réseau de surveillance qualitative des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023
Annexe V	Résultats complets du monitoring de surveillance des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023
Annexe VI	Fiches de qualité SEQ-ESO par masse d'eau souterraine
Annexe VII	Localisation et description des principales prises d'eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023
Annexe VIII	Description du réseau de surveillance quantitative des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023
Annexe IX	Monitoring piézométrique manuel réalisé, dans le cadre du projet Synclin'EAU, dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023
Annexe X	Bilans hydrogéologiques réalisés sur les bassins tests de la Hantes, de l'Eau Blanche (à l'amont d'Aublain) et de la Brouffe
Annexe XI	Loi française n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'Eau et les Milieux Aquatiques – Extrait relatif aux débits réservés
Annexe XII	Arrêté du Gouvernement Wallon du 10 mars 2005 – Conditions sectorielles relatives aux piscicultures intensives



Annexe I. Carte détaillée du réseau hydrographique

AQUIFERE DES CALCAIRES DU FRASNIEN

AQUIFERE DES CALCAIRES DU GIVETIEN

AQUIFERE DES CALCAIRES DE L'EIFELIEN

AQUITARD DE L'EIFELIEN

AQUICLUDE A NIVEAUX AQUIFERES DU DEVONIEN INFERIEUR

AQUIFERE - AQUITARD - AQUICLUDE DE L'HASTARIEN

AQUIFERE DES GRES DU FAMENNIEN

AQUITARD DU FAMENNIEN

AQUICLUDE DU FAMENNIEN - FRASNIEN

AQUITARD DU FRASNIEN

AQUIFERE ALLUVIAL

AQUIFERE DES TERRASSES FLUVIATILES

AQUIFERE DES SABLES DE REMPLISSAGE ET DE COUVERTURE

N

W E

S

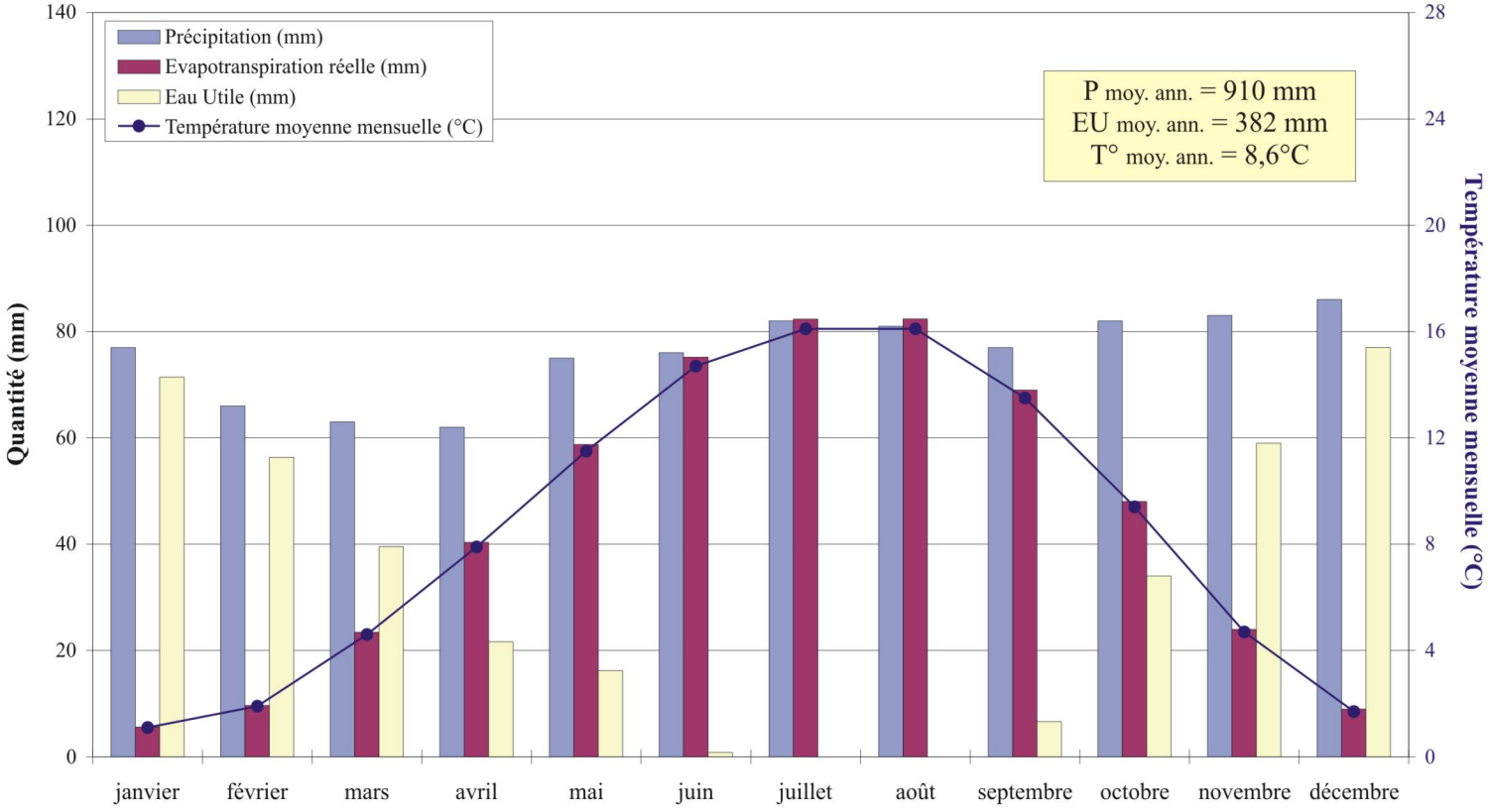
0 5 10 15 20 kilomètres

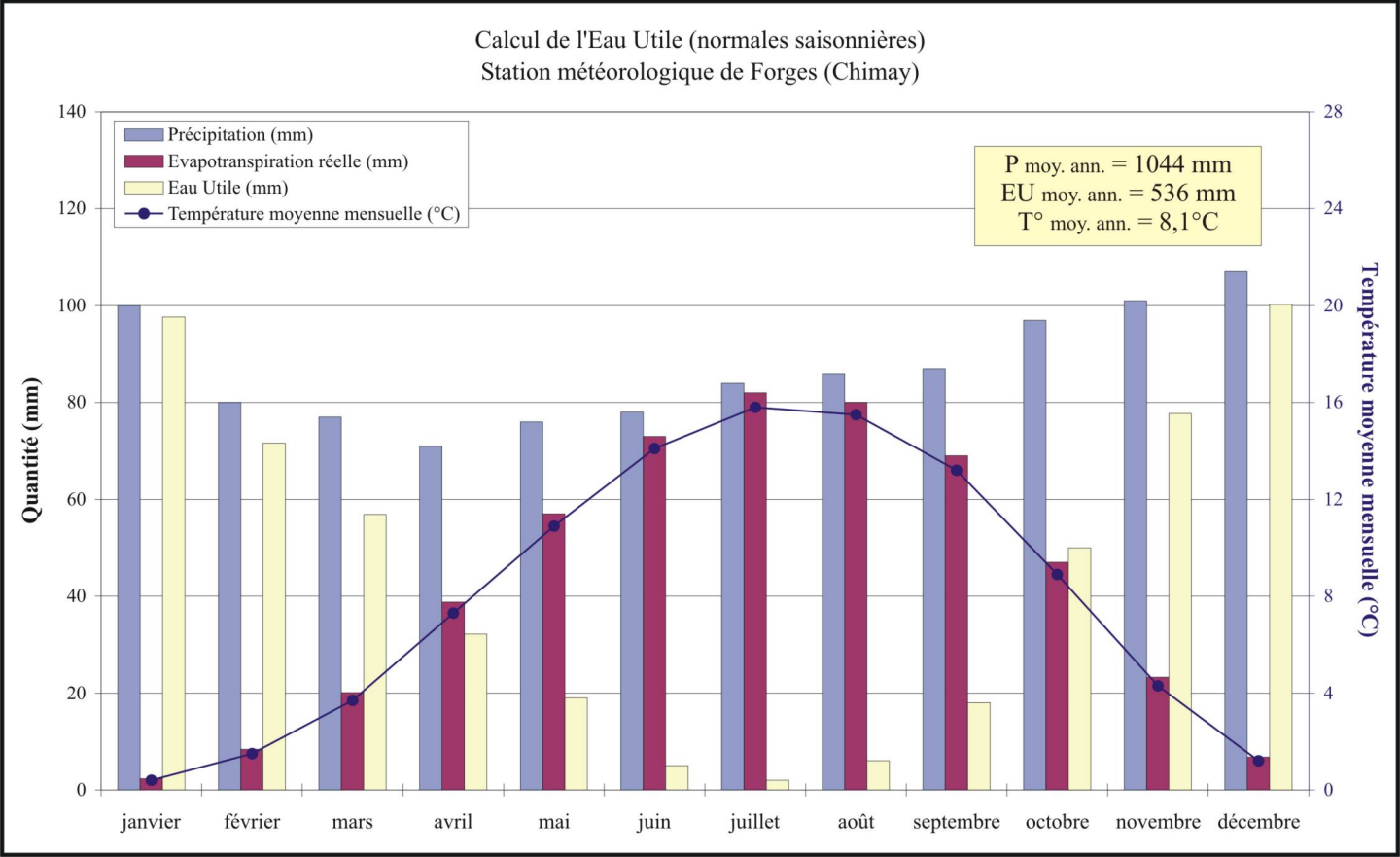
Annexe II. Carte géologique et hydrogéologique détaillée

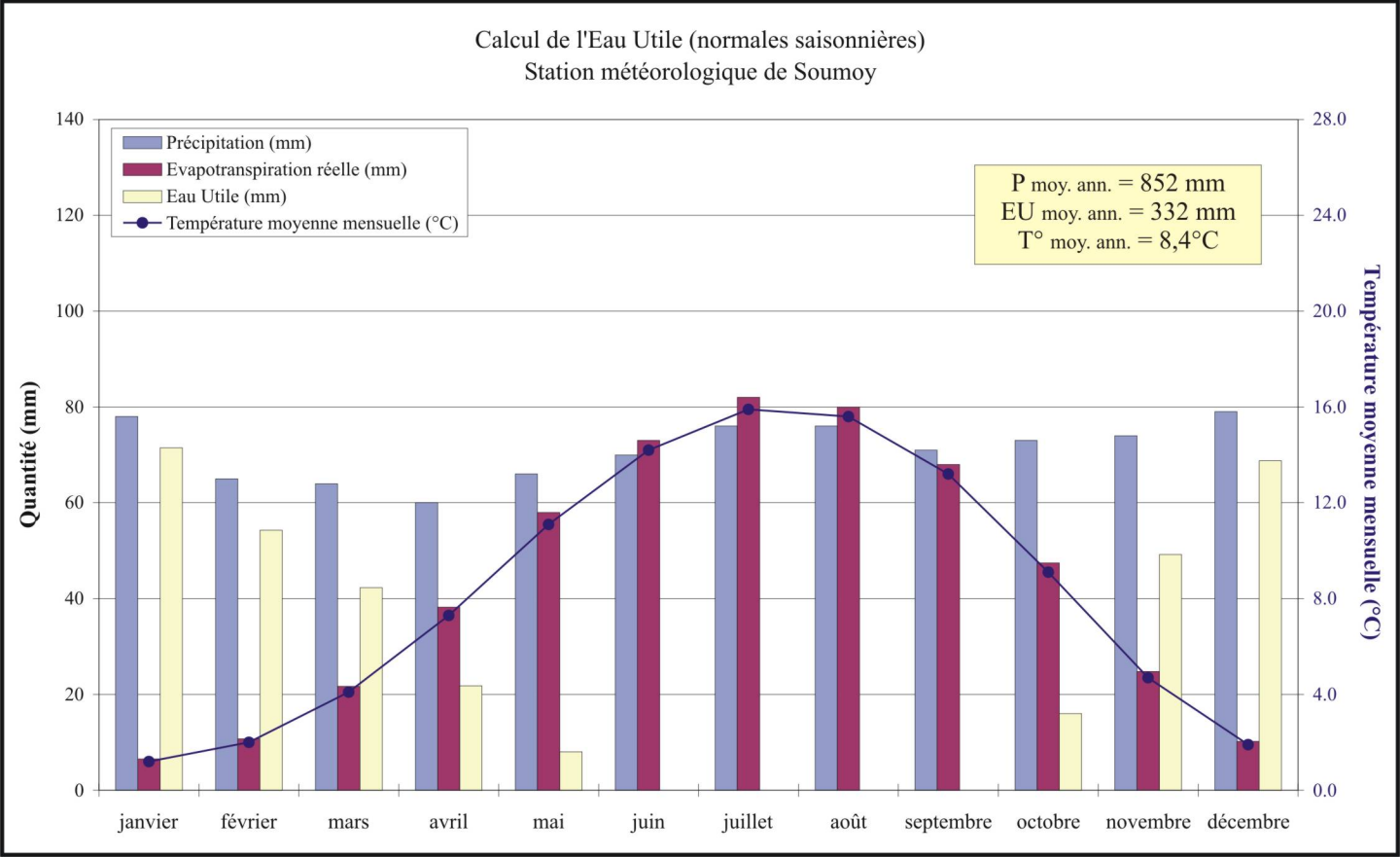
ANNEXE IIIa

Climatogrammes des stations météorologiques retenues pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

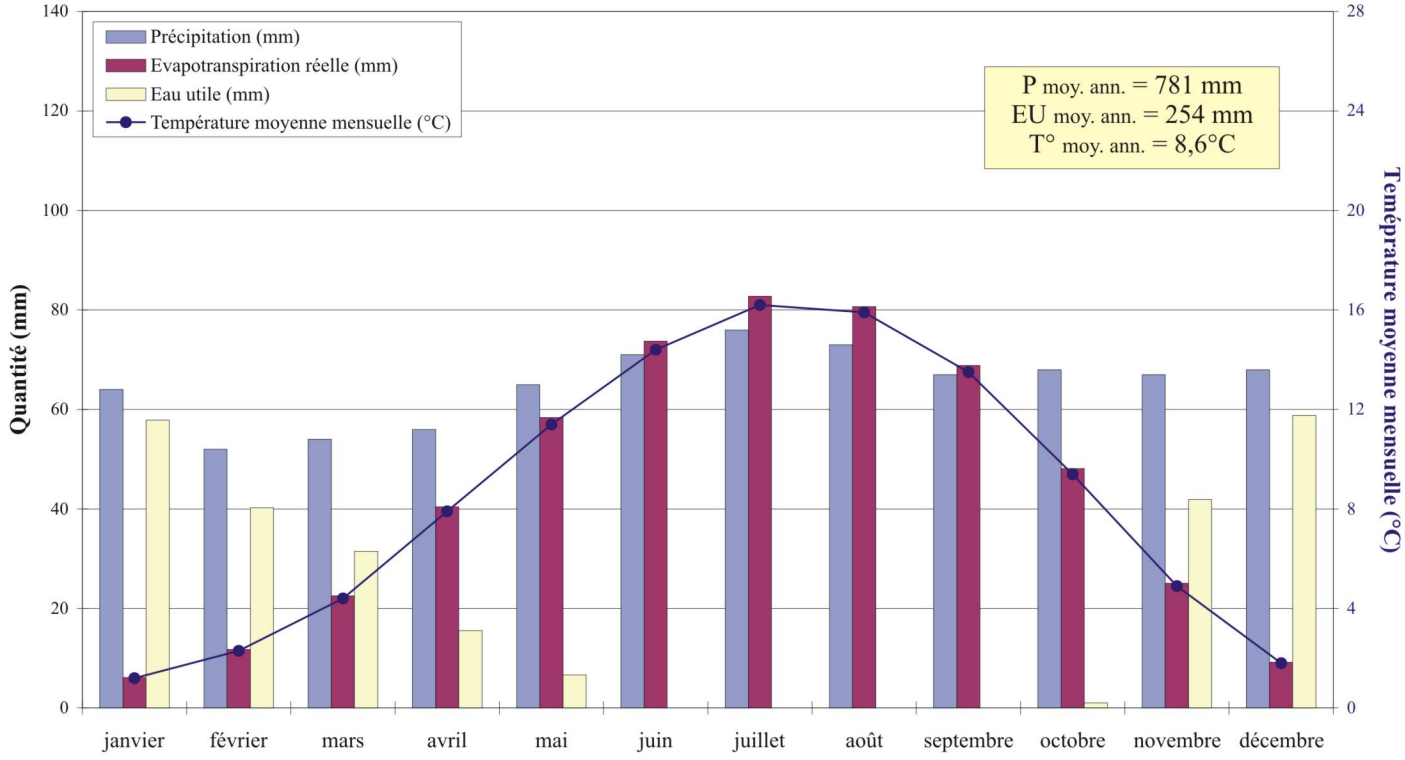
Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Sivry (Sivry-Rance)

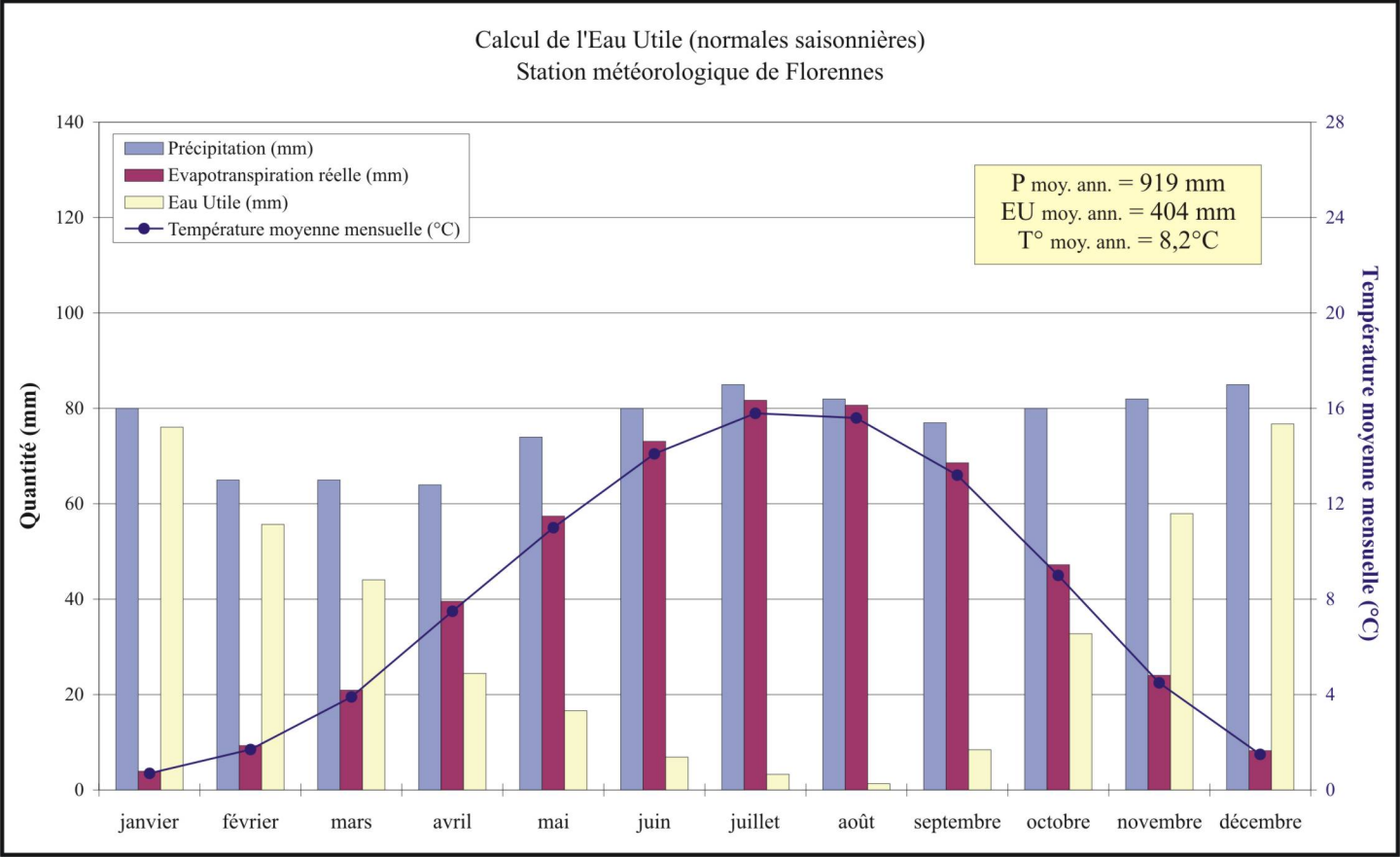


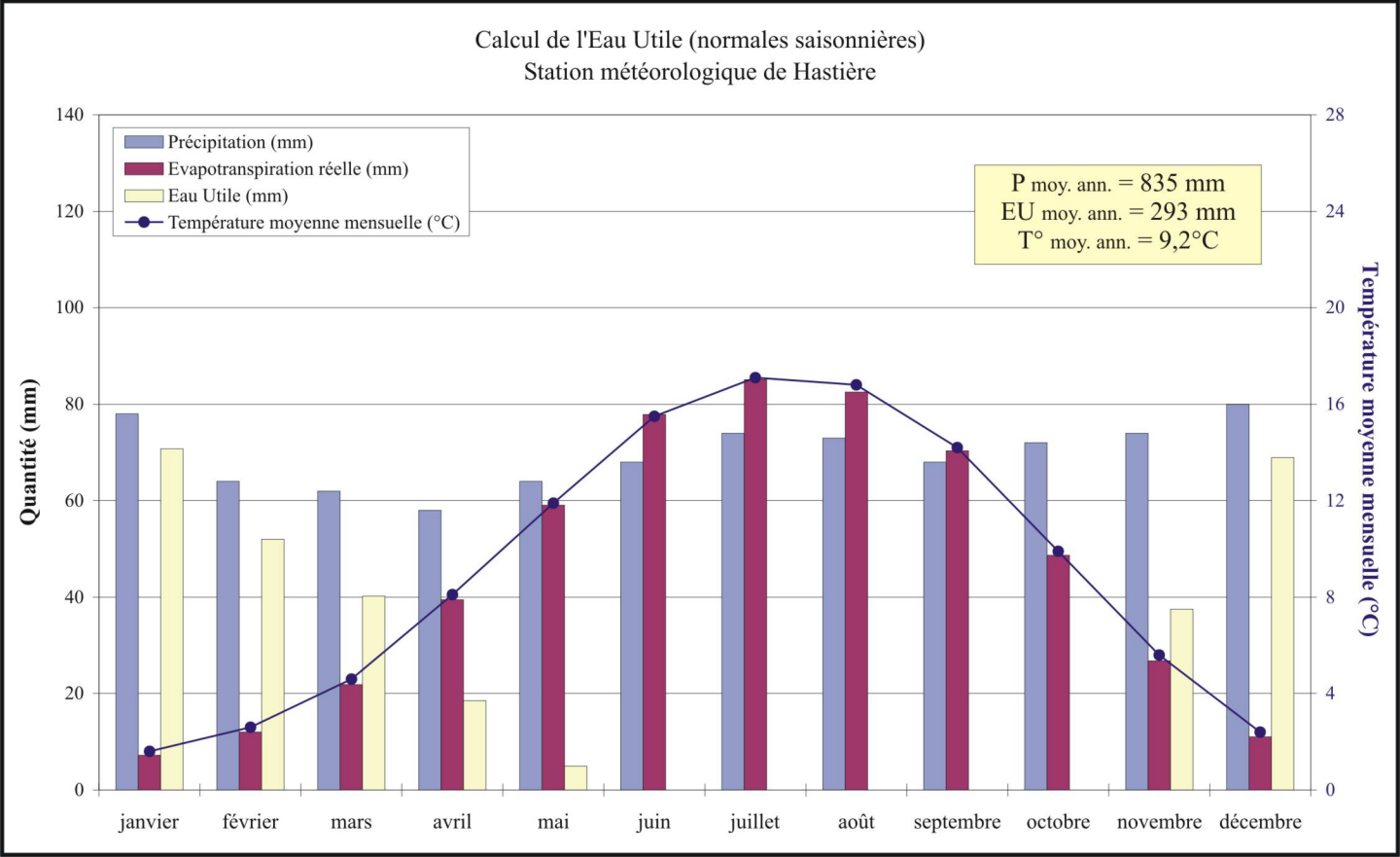

Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Forges (Chimay)
Précipitation (mm)
Evapotranspiration réelle (mm)
Eau Utile (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
P moy. ann. = 1044 mm
EU moy. ann. = 536 mm
T° moy. ann. = 8,1°C
Quantité (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
0
20
40
60
80
100
120
140
0
4
8
12
16
20
24
28
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
août
septembre
octobre
novembre
décembre

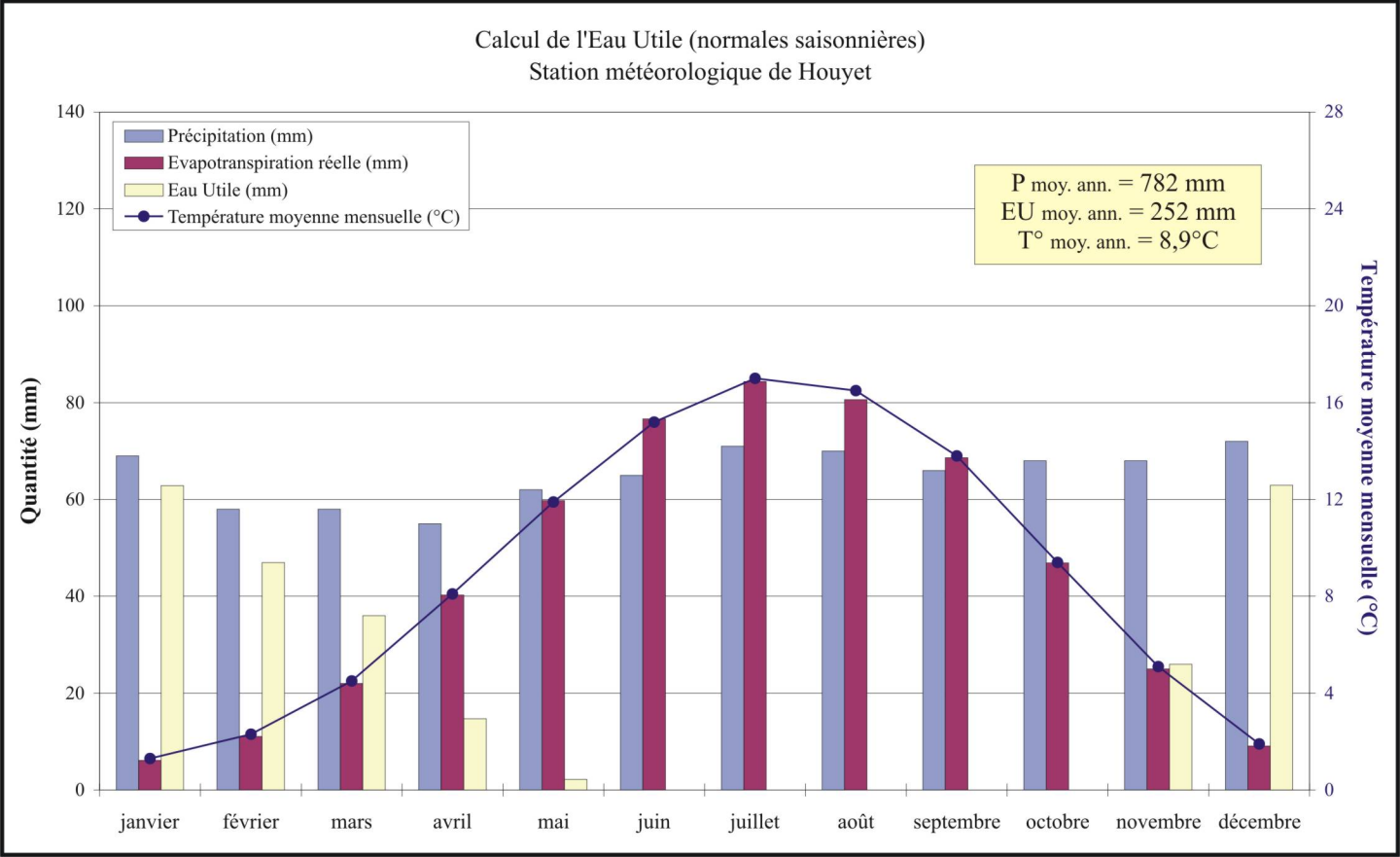

Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Soumoy
Précipitation (mm)
Evapotranspiration réelle (mm)
Eau Utile (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
P moy. ann. = 852 mm
EU moy. ann. = 332 mm
T° moy. ann. = 8,4°C
Quantité (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
0
20
40
60
80
100
120
140
0.0
4.0
8.0
12.0
16.0
20.0
24.0
28.0
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
août
septembre
octobre
novembre
décembre

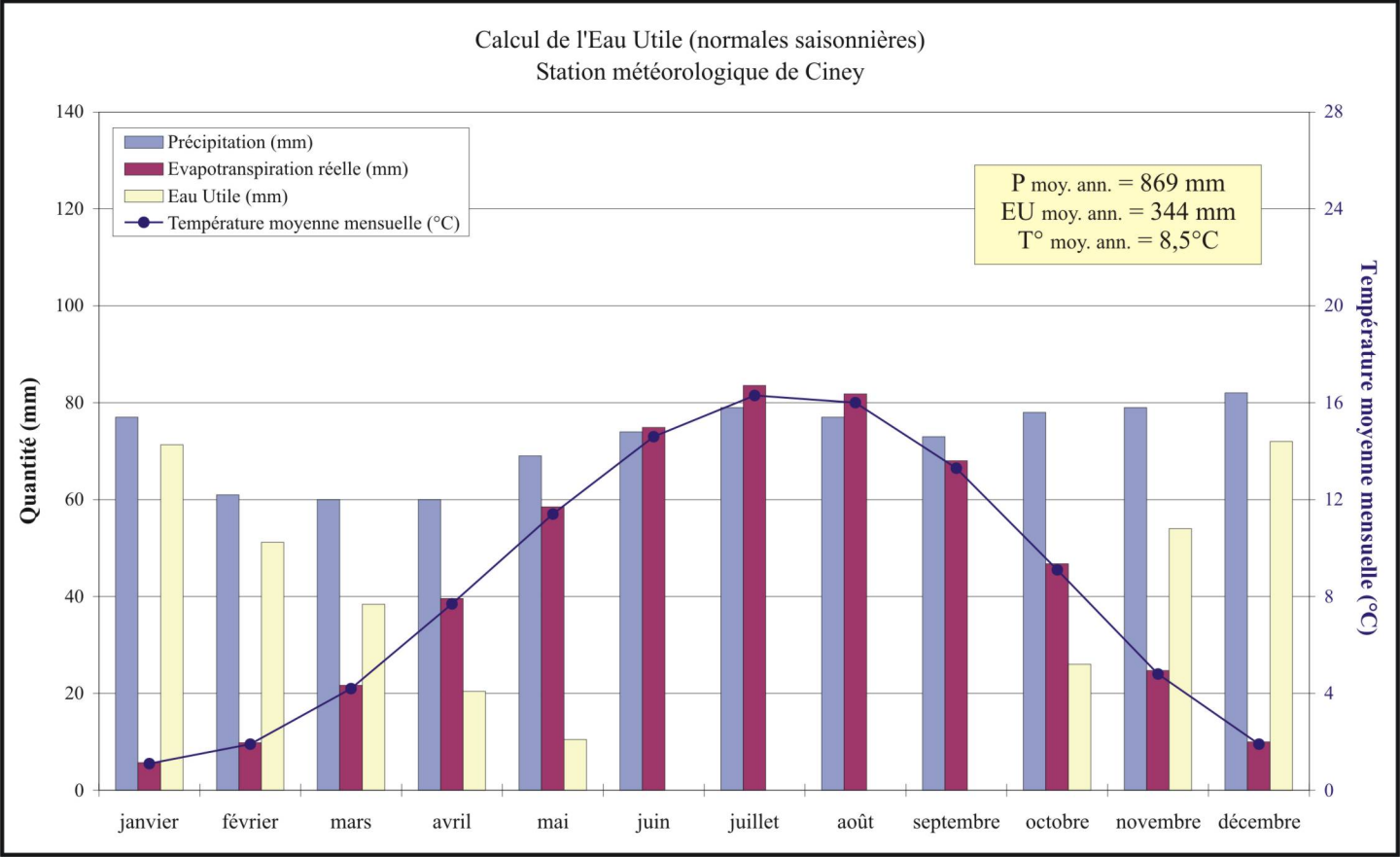
Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Dourbes (Viroinval)

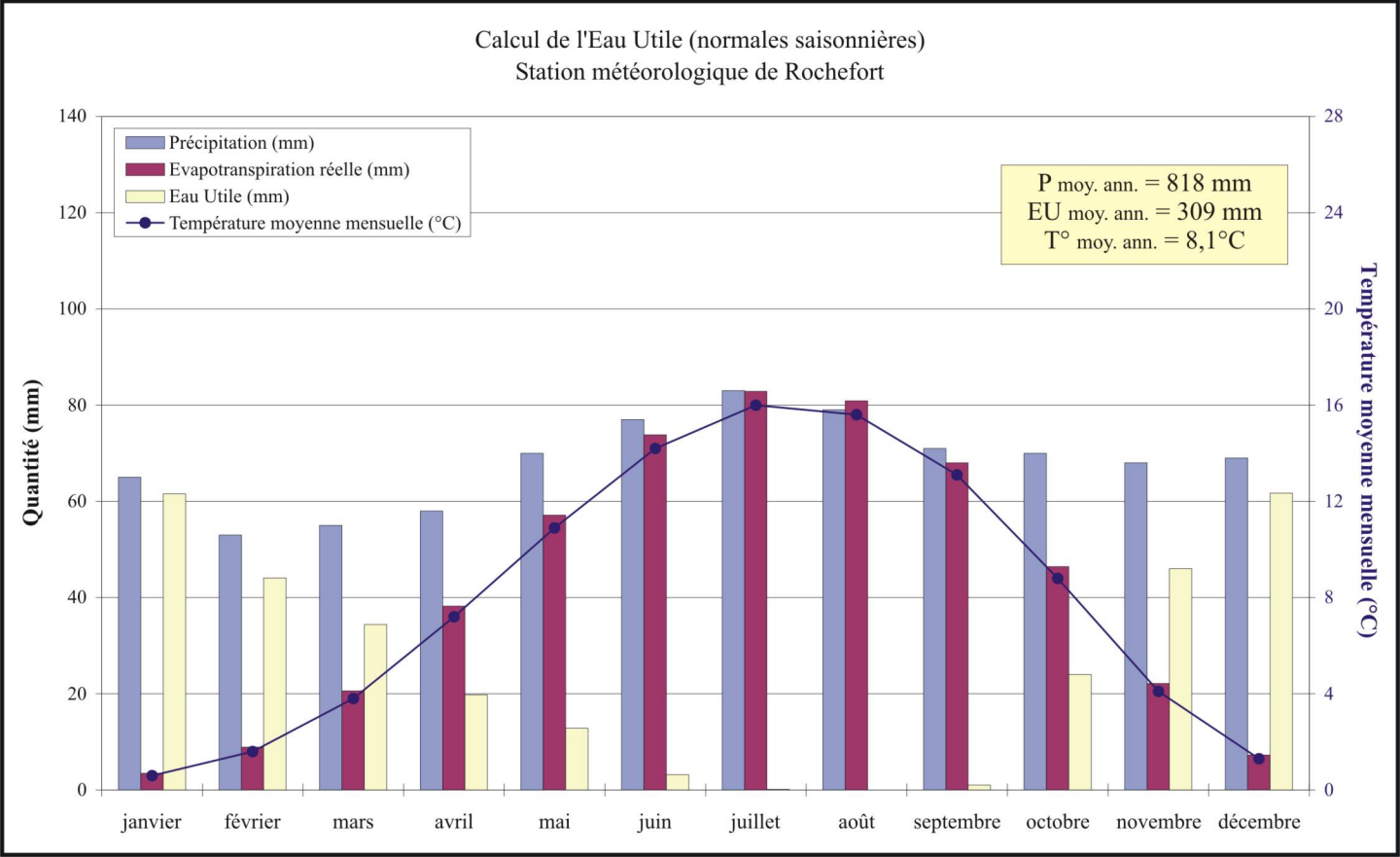


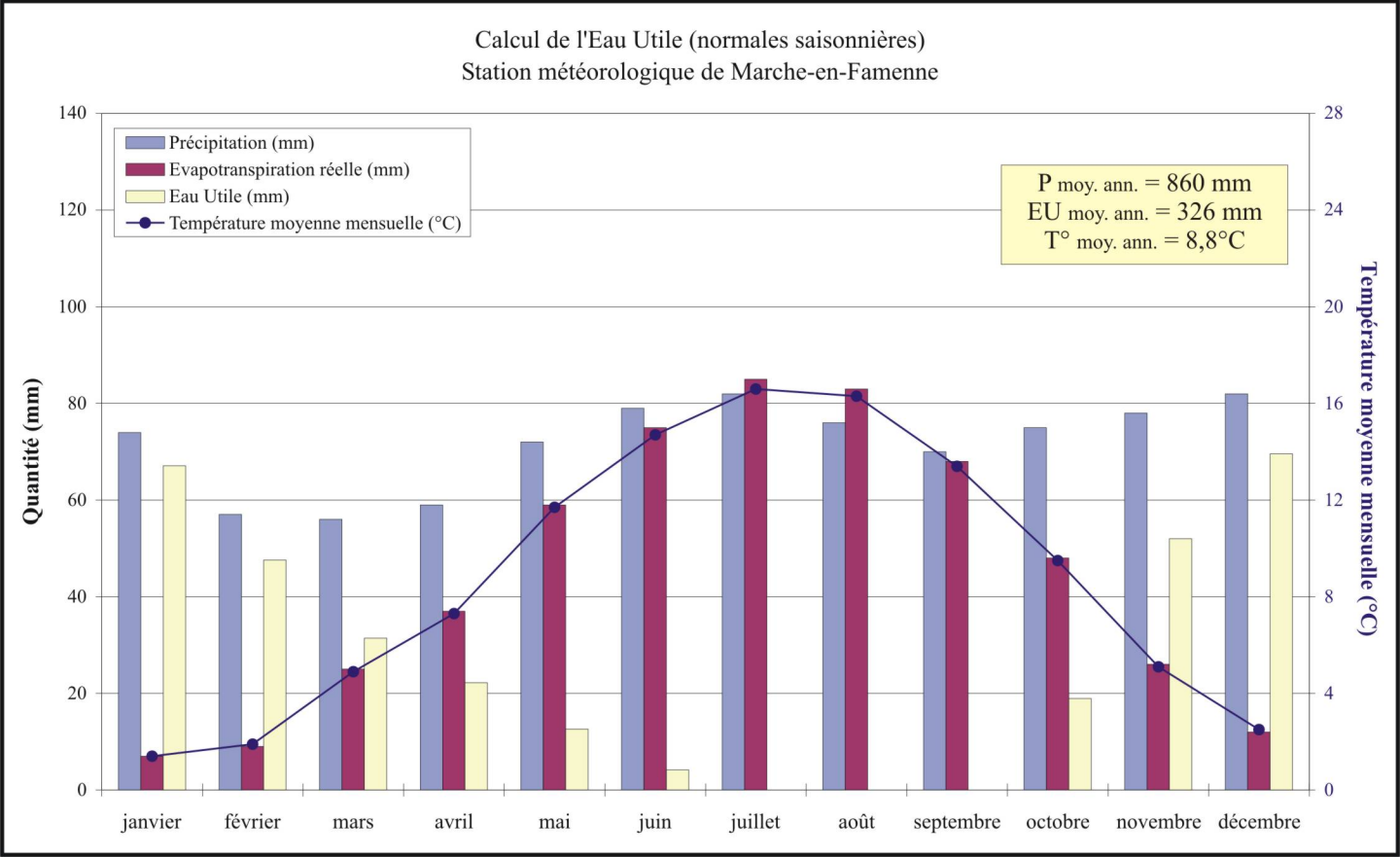

Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Florennes
Précipitation (mm)
Evapotranspiration réelle (mm)
Eau Utile (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
P moy. ann. = 919 mm
EU moy. ann. = 404 mm
T° moy. ann. = 8,2°C
Quantité (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
0
20
40
60
80
100
120
140
0
4
8
12
16
20
24
28
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
août
septembre
octobre
novembre
décembre

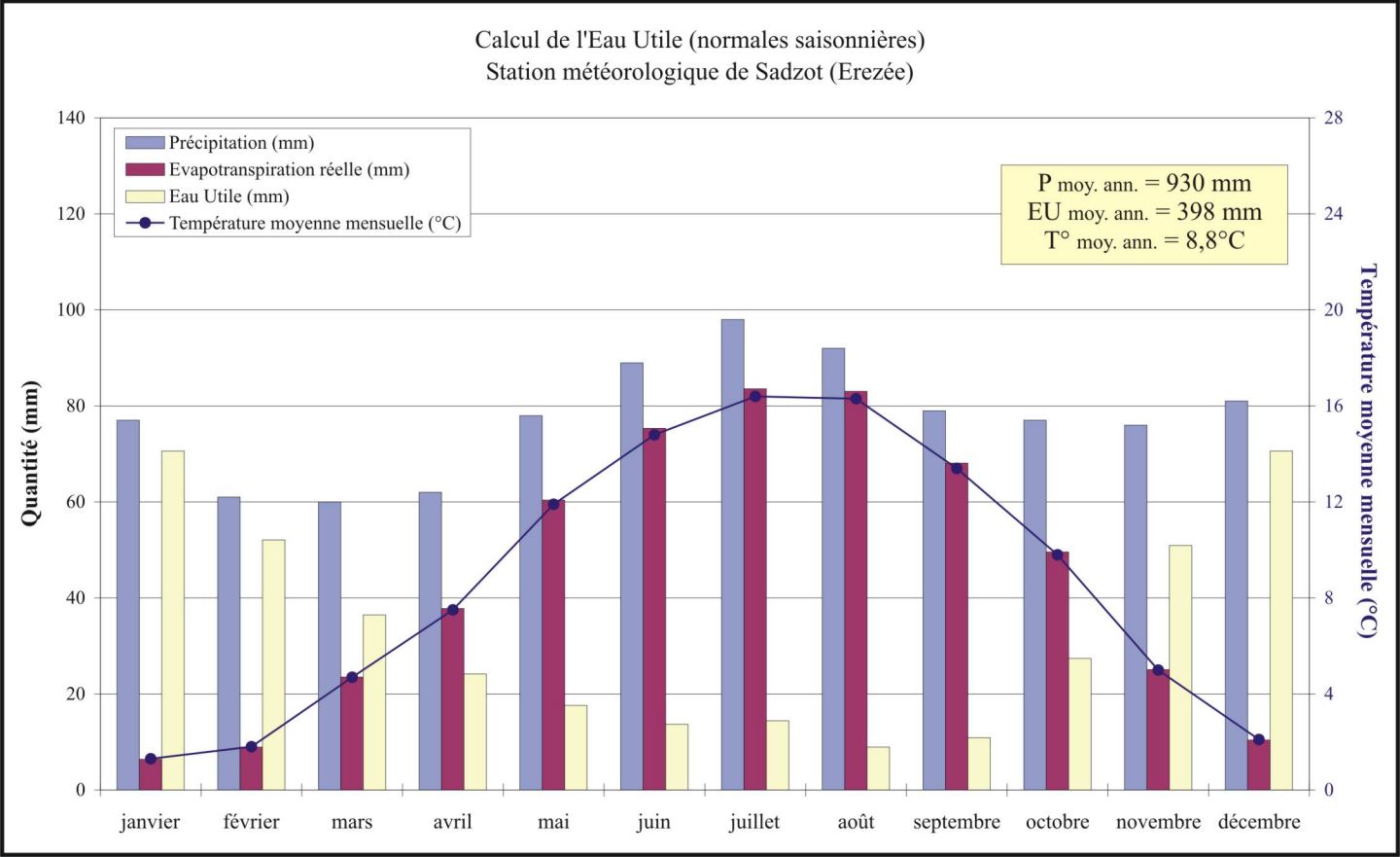

Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Hastière
Précipitation (mm)
Evapotranspiration réelle (mm)
Eau Utile (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
P moy. ann. = 835 mm
EU moy. ann. = 293 mm
T° moy. ann. = 9,2°C
Quantité (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
0
20
40
60
80
100
120
140
0
4
8
12
16
20
24
28
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
août
septembre
octobre
novembre
décembre

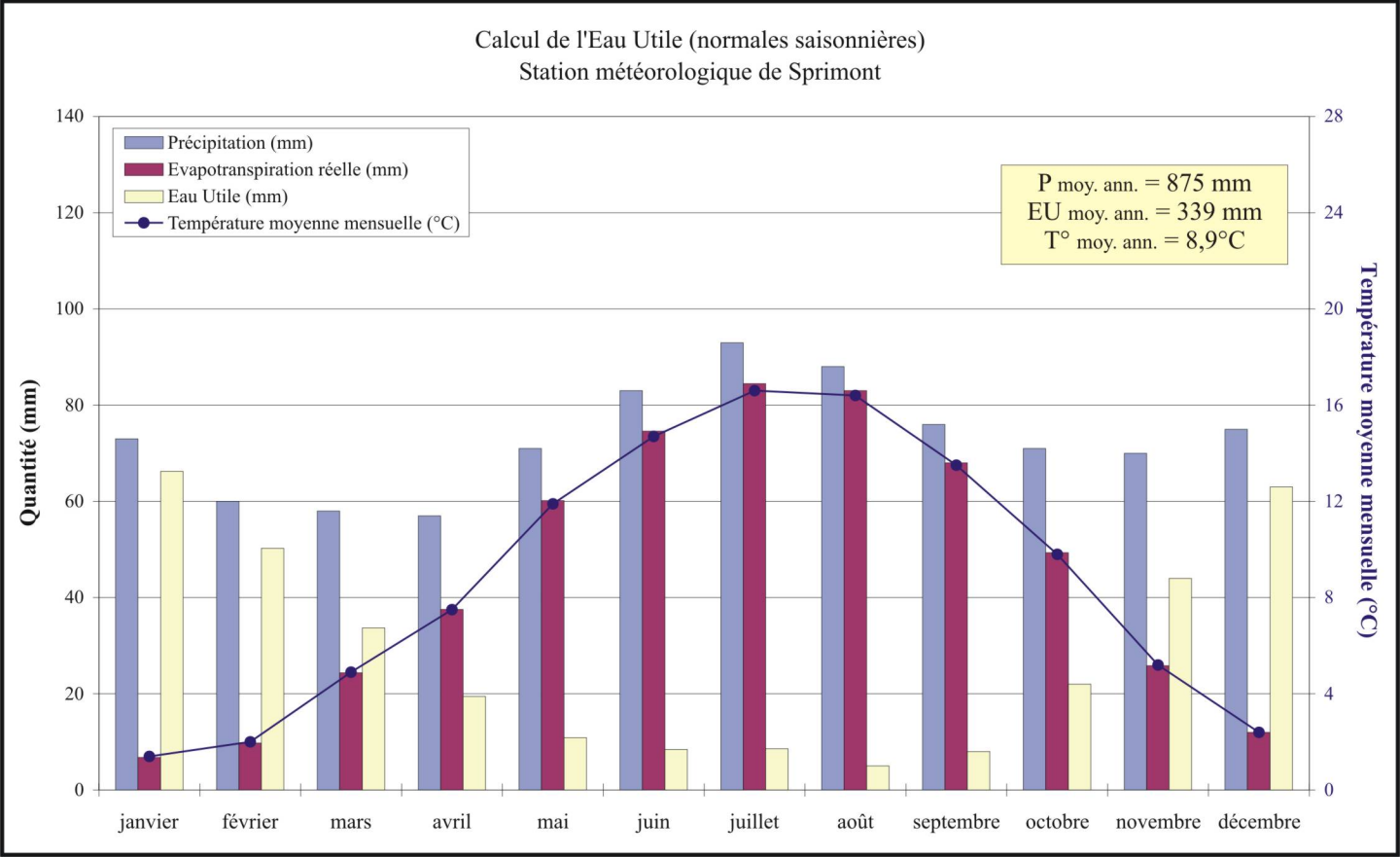

Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Houyet
Précipitation (mm)
Evapotranspiration réelle (mm)
Eau Utile (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
P moy. ann. = 782 mm
EU moy. ann. = 252 mm
T° moy. ann. = 8,9°C
Quantité (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
0
20
40
60
80
100
120
140
0
4
8
12
16
20
24
28
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
août
septembre
octobre
novembre
décembre


Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Ciney
Précipitation (mm)
Evapotranspiration réelle (mm)
Eau Utile (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
P moy. ann. = 869 mm
EU moy. ann. = 344 mm
T° moy. ann. = 8,5°C
Quantité (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
0
20
40
60
80
100
120
140
0
4
8
12
16
20
24
28
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
août
septembre
octobre
novembre
décembre


Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Rochefort
Précipitation (mm)
Evapotranspiration réelle (mm)
Eau Utile (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
P moy. ann. = 818 mm
EU moy. ann. = 309 mm
T° moy. ann. = 8,1°C
Quantité (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
0
20
40
60
80
100
120
140
0
4
8
12
16
20
24
28
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
août
septembre
octobre
novembre
décembre

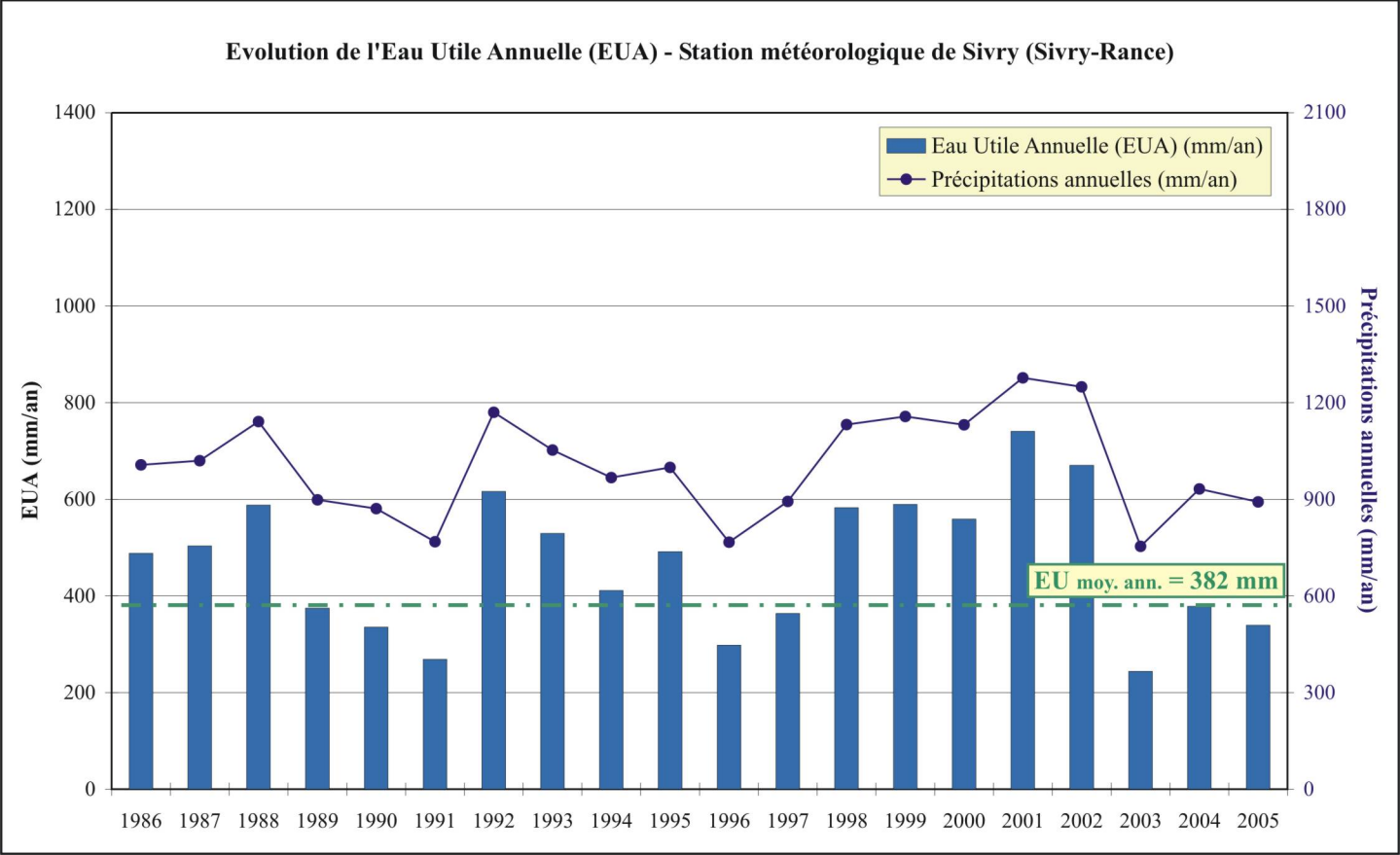

Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Marche-en-Famenne
Précipitation (mm)
Evapotranspiration réelle (mm)
Eau Utile (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
P moy. ann. = 860 mm
EU moy. ann. = 326 mm
T° moy. ann. = 8,8°C
Quantité (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
0
20
40
60
80
100
120
140
0
4
8
12
16
20
24
28
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
août
septembre
octobre
novembre
décembre

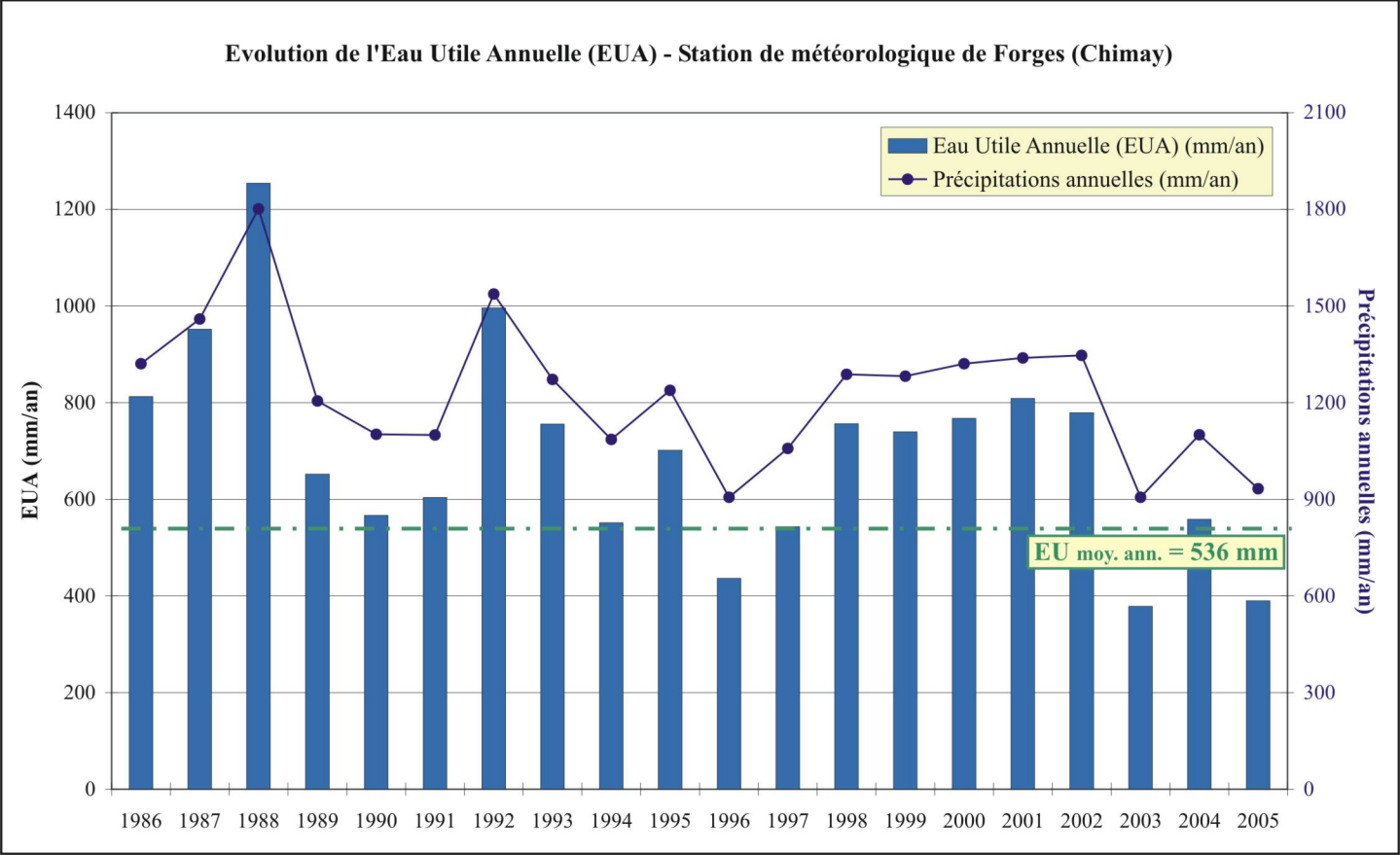

Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Sadzot (Erezée)
Précipitation (mm)
Evapotranspiration réelle (mm)
Eau Utile (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
P moy. ann. = 930 mm
EU moy. ann. = 398 mm
T° moy. ann. = 8,8°C
Quantité (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
0
20
40
60
80
100
120
140
0
4
8
12
16
20
24
28
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
août
septembre
octobre
novembre
décembre

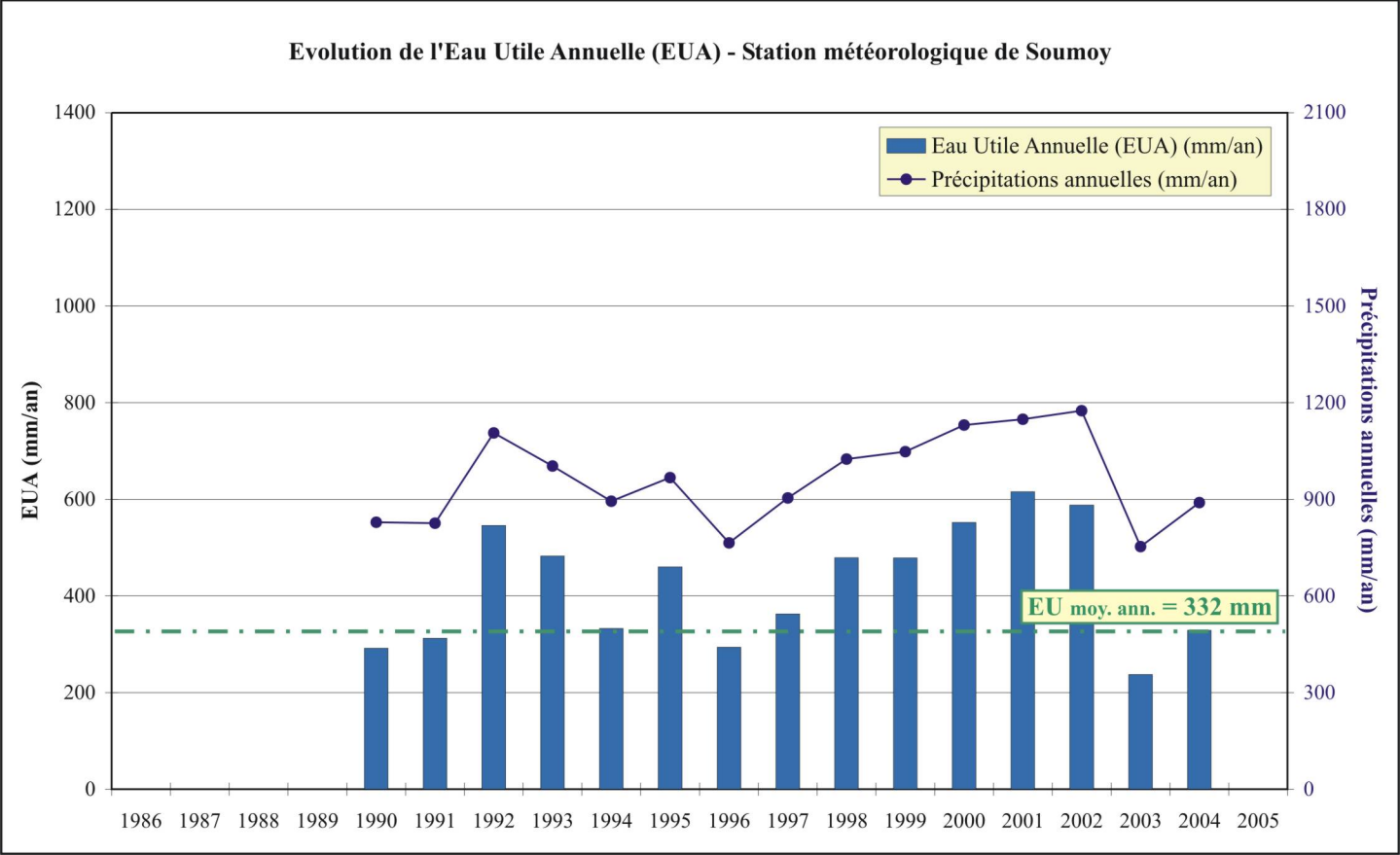

Calcul de l'Eau Utile (normales saisonnières)
Station météorologique de Sprimont
Précipitation (mm)
Evapotranspiration réelle (mm)
Eau Utile (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
P moy. ann. = 875 mm
EU moy. ann. = 339 mm
T° moy. ann. = 8,9°C
Quantité (mm)
Température moyenne mensuelle (°C)
0
20
40
60
80
100
120
140
0
4
8
12
16
20
24
28
janvier
février
mars
avril
mai
juin
juillet
août
septembre
octobre
novembre
décembre

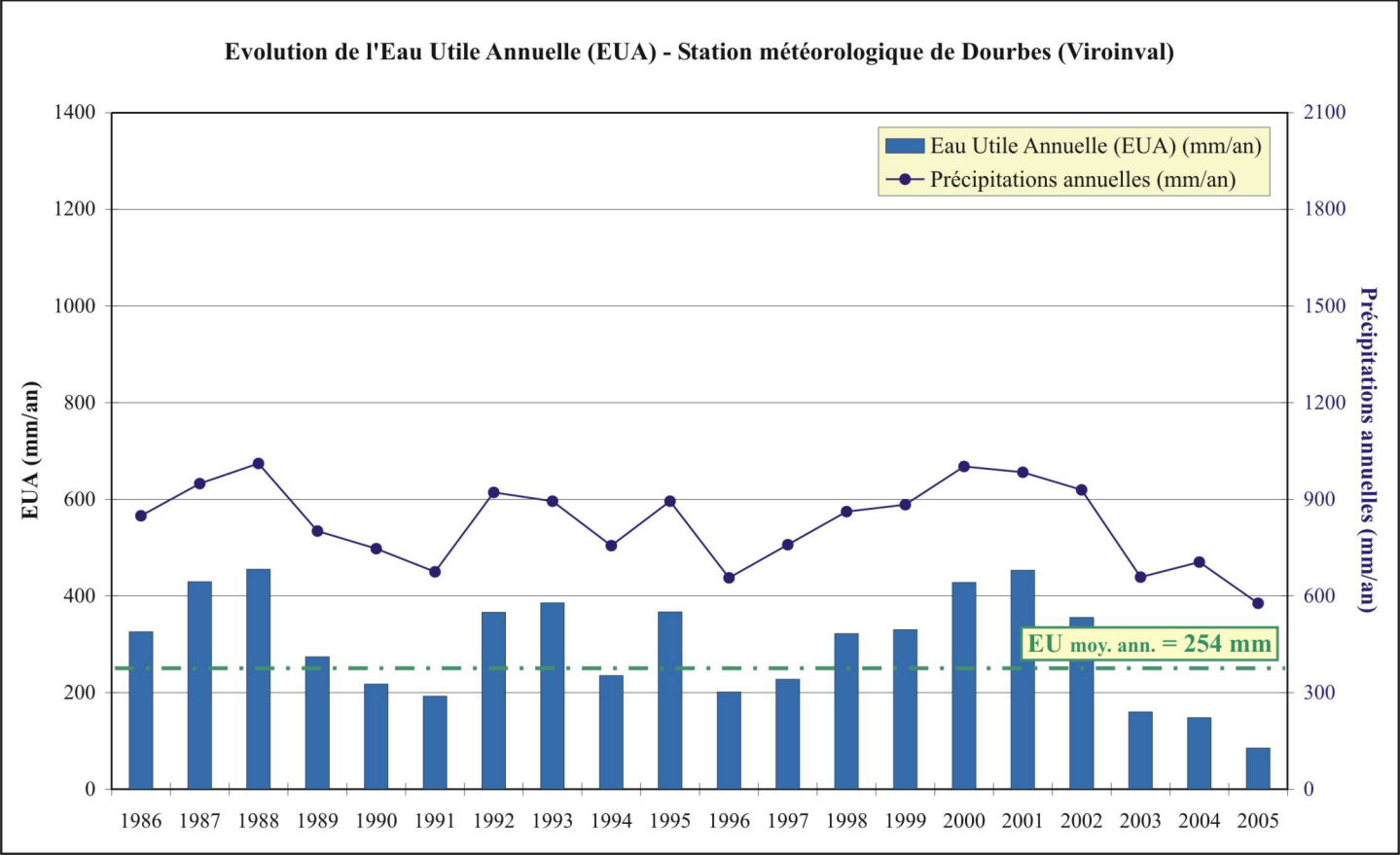
ANNEXE IIIb

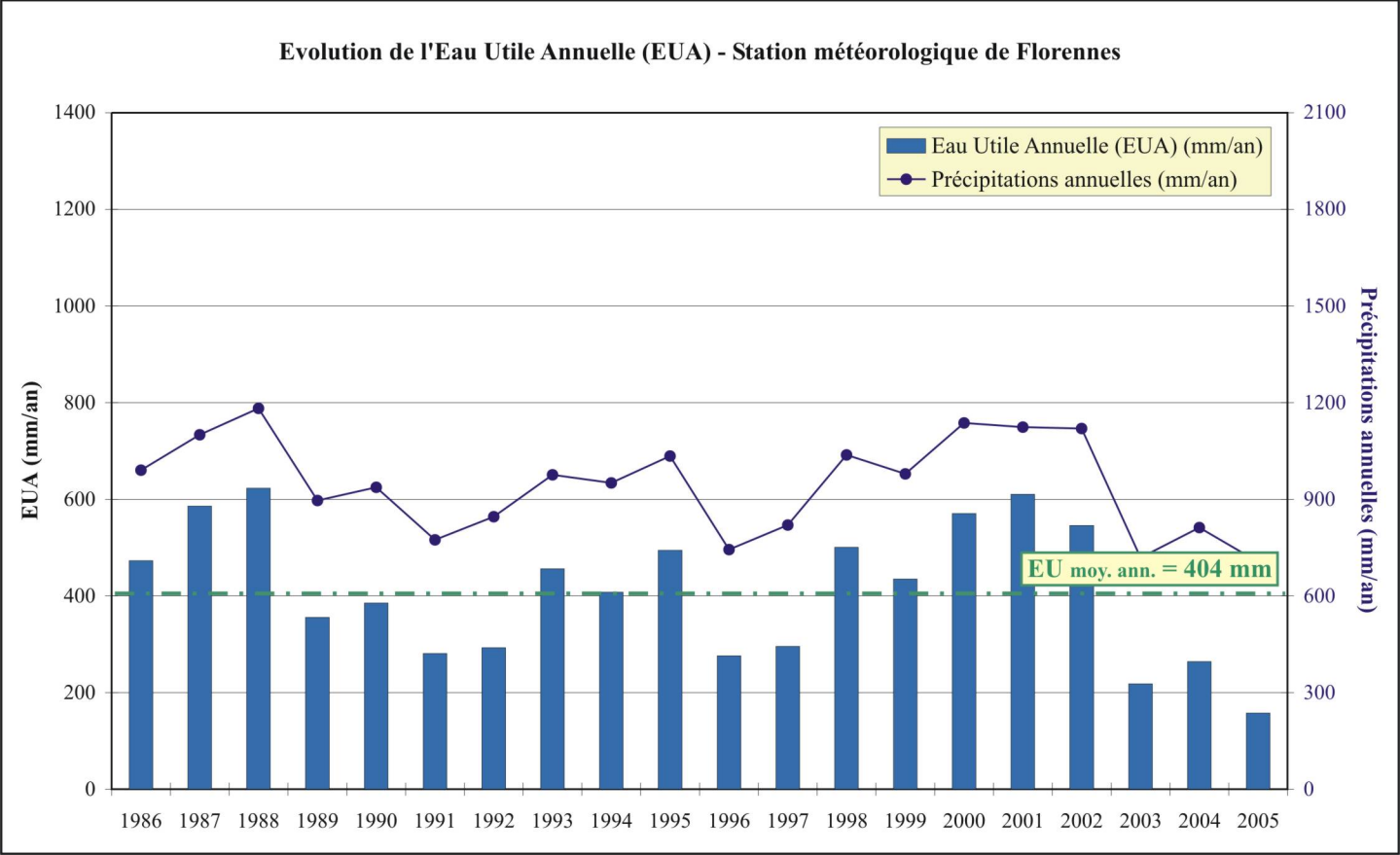
Graphiques d'évolution de
l'Eau Utile Annuelle pour les stations
météorologiques retenues

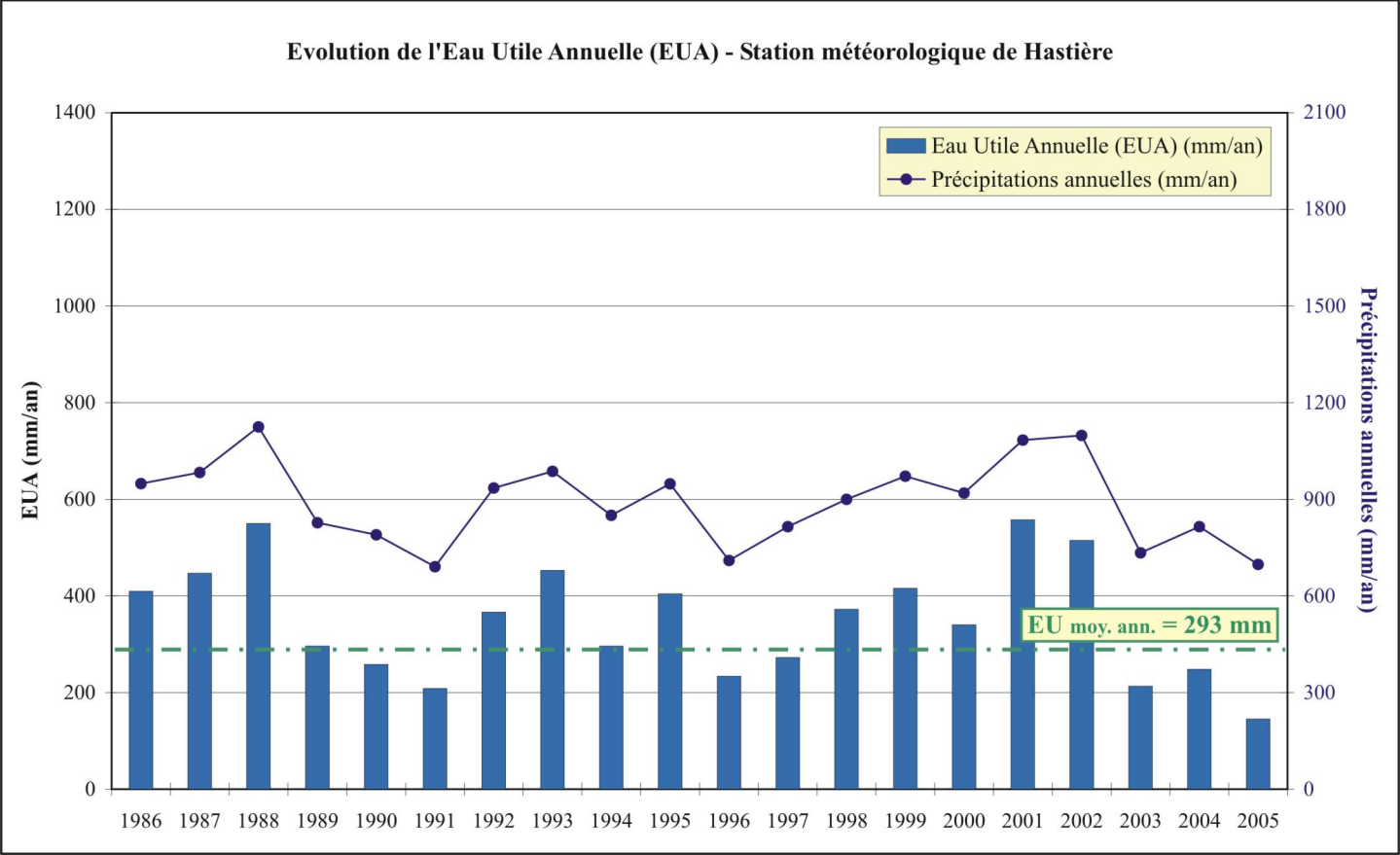

Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station météorologique de Sivry (Sivry-Rance)
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 382 mm
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
300
900
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005

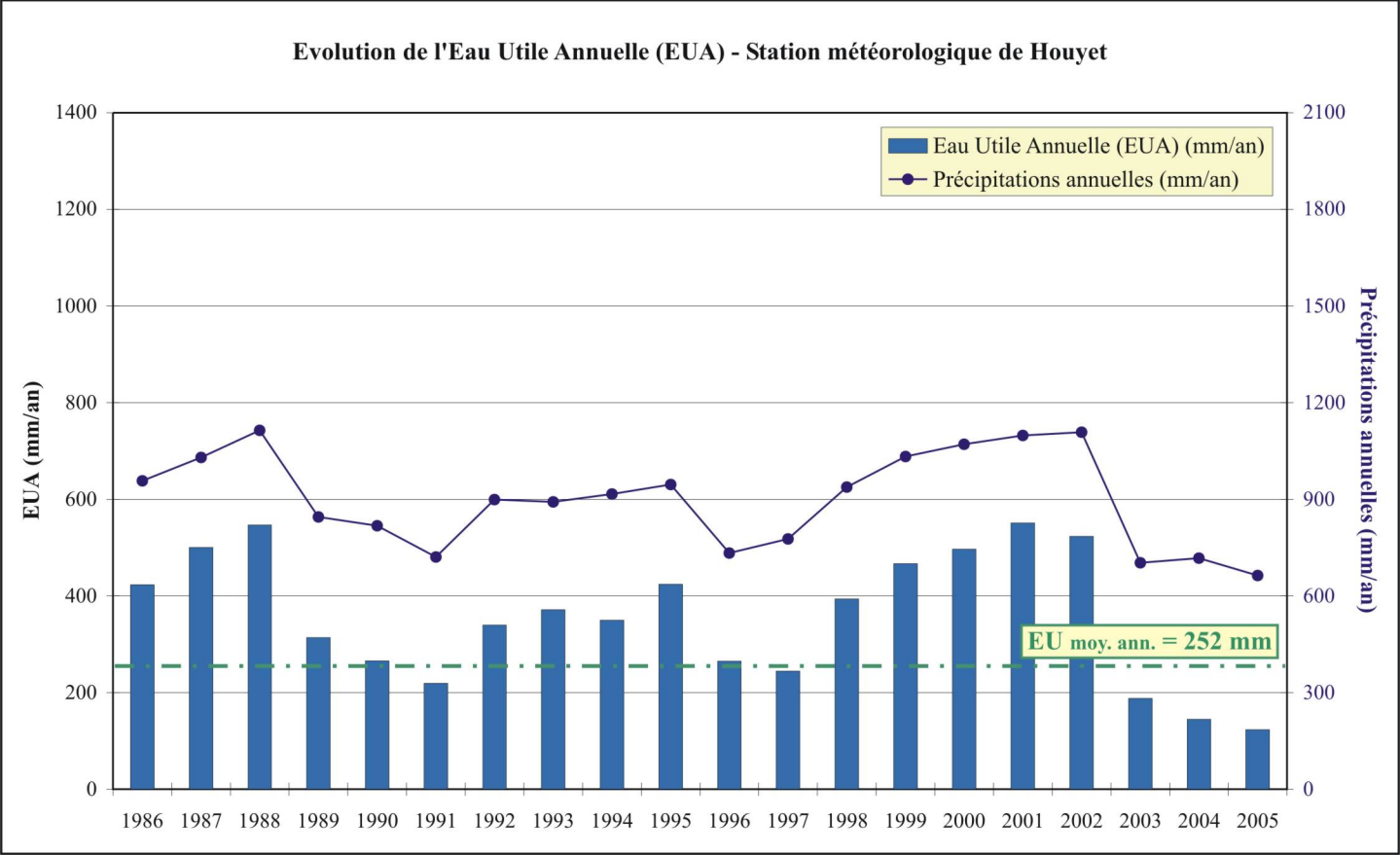

Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station de météorologique de Forges (Chimay)
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 536 mm
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
0
300
600
900
1200
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005

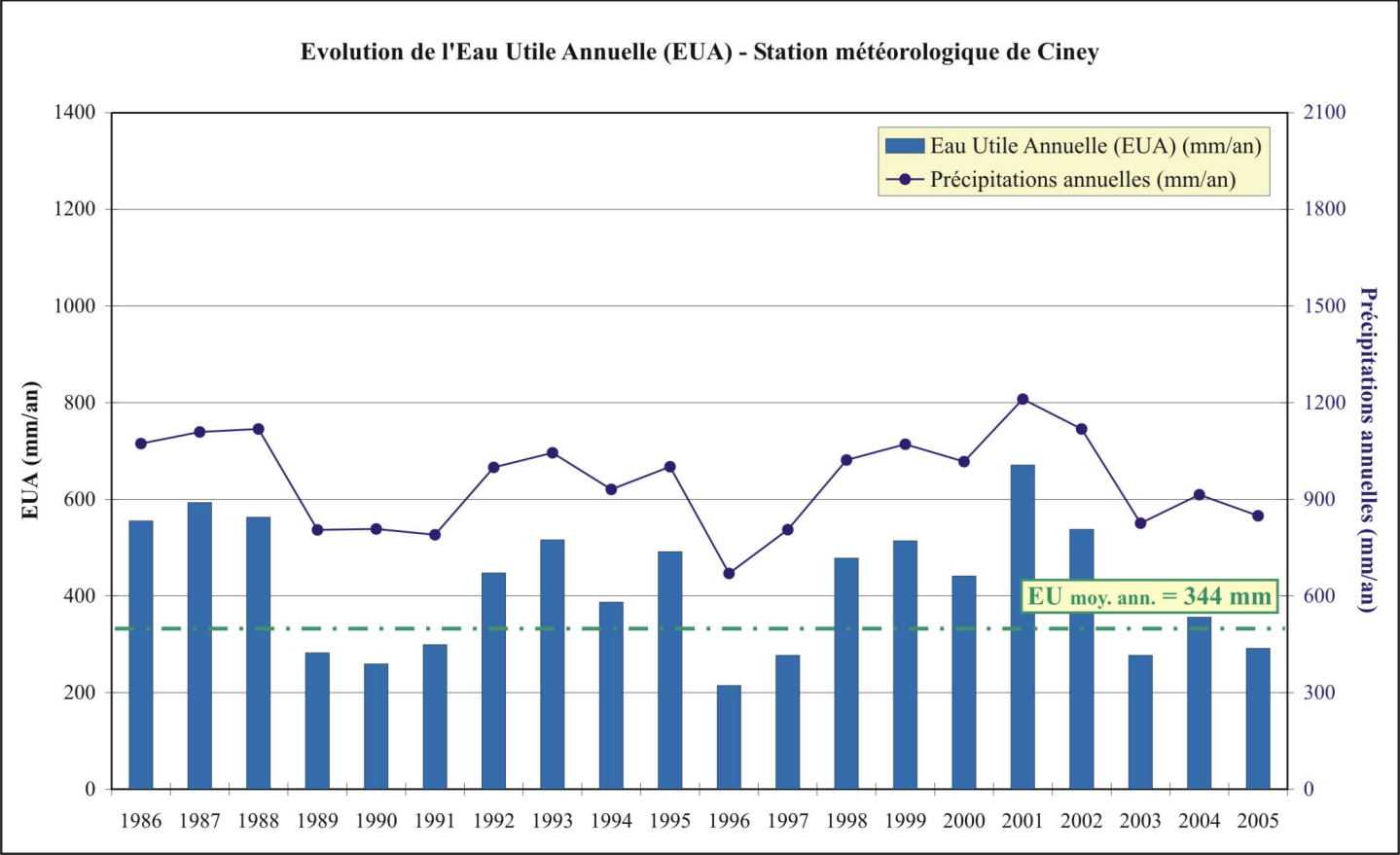

Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station météorologique de Soumoy
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 332 mm
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
300
600
900
1200
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005

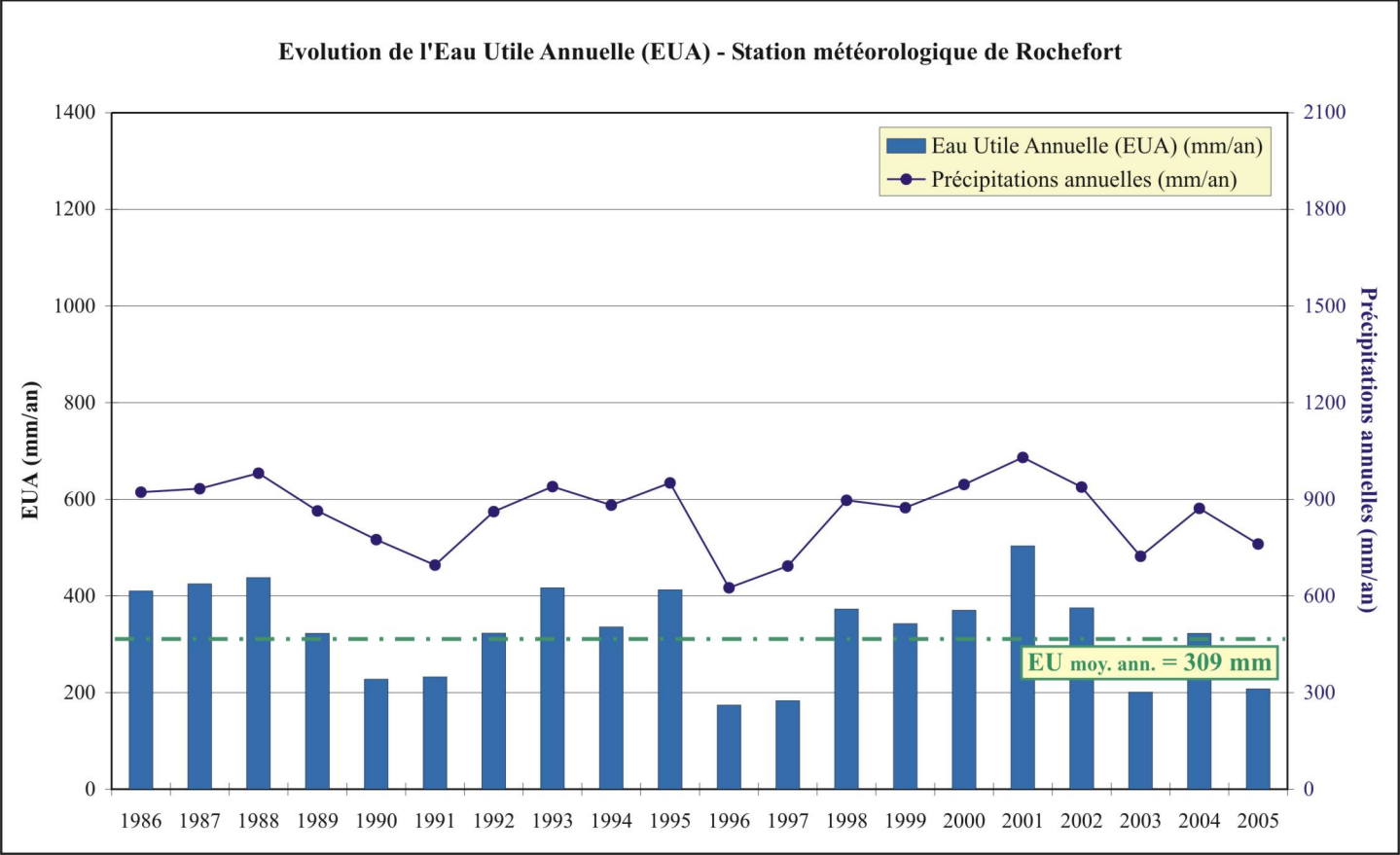

Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station météorologique de Dourbes (Viroinval)
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 254 mm
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
300
600
900
1200
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005

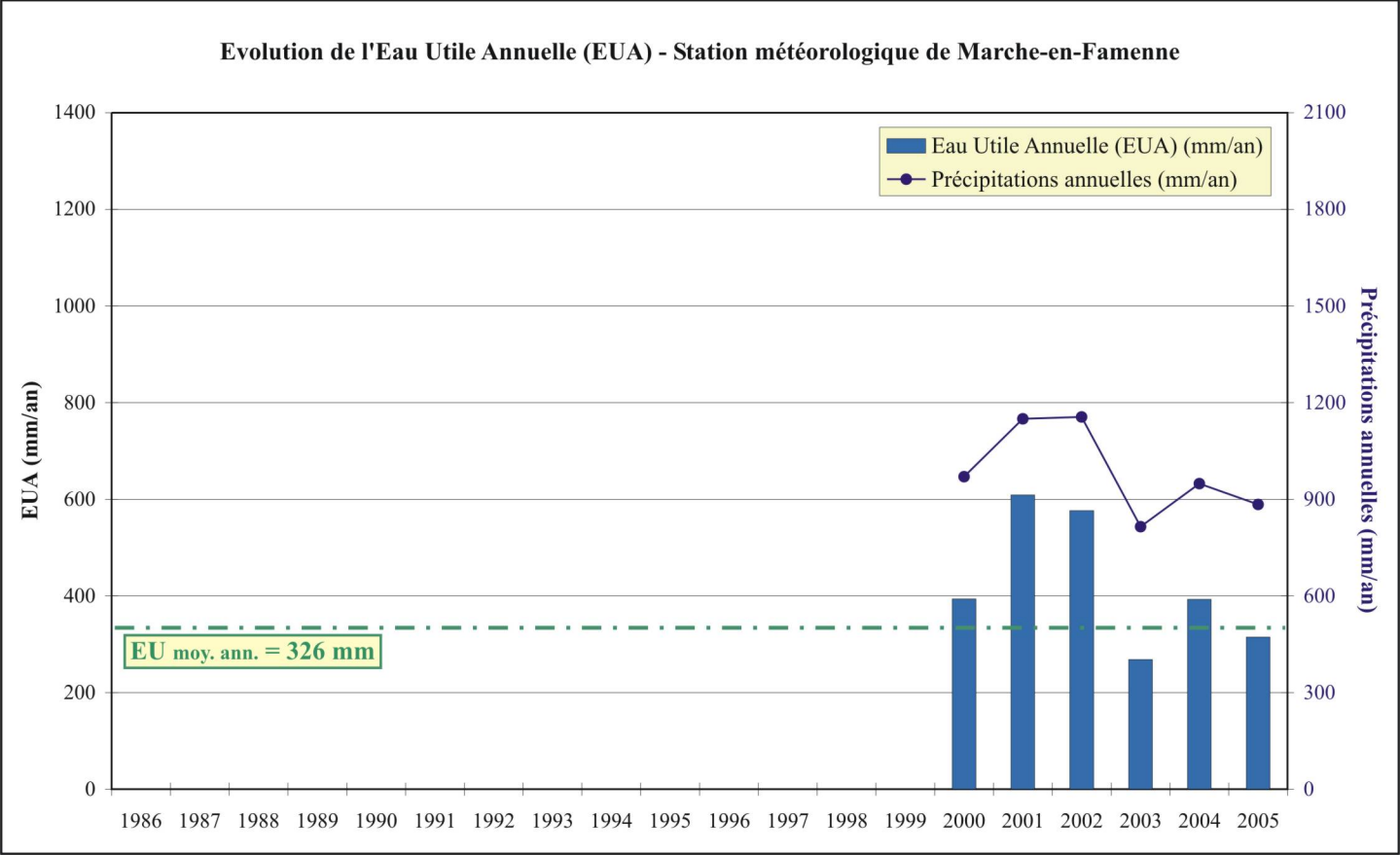

Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station météorologique de Florennes
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 404 mm
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
0
300
600
900
1200
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005

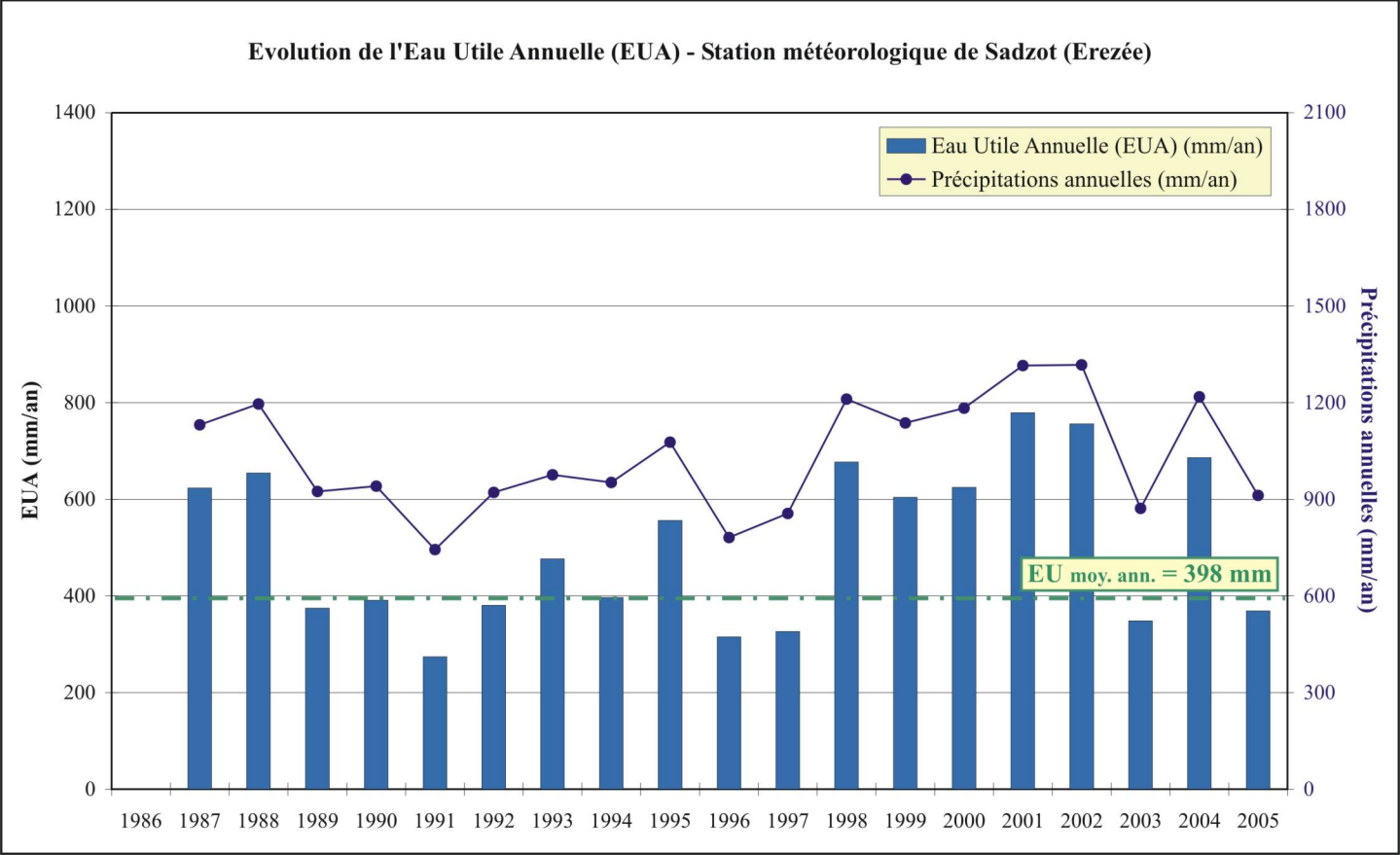

Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station météorologique de Hastière
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 293 mm
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
0
300
600
900
1200
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005

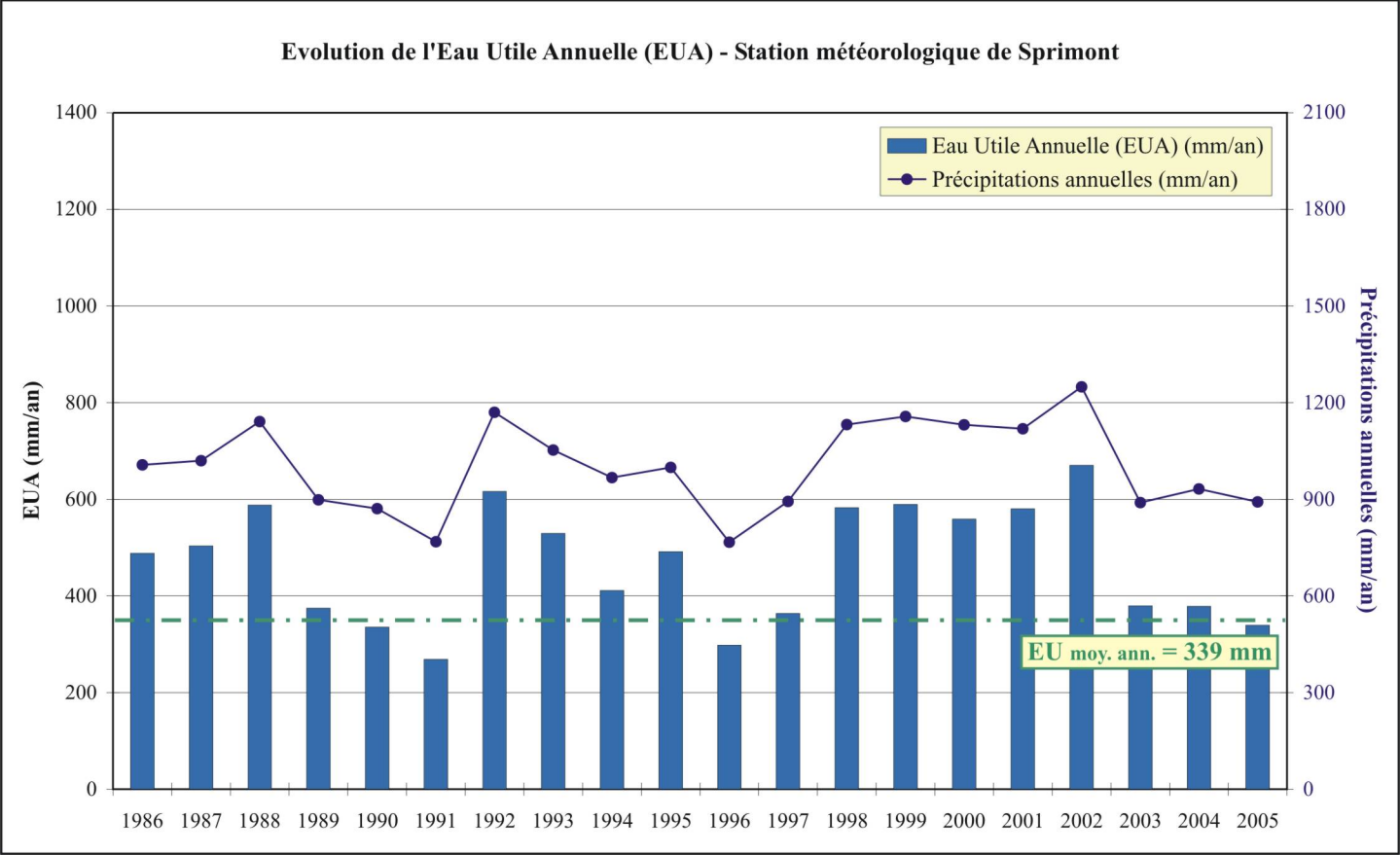

Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station météorologique de Houyet
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 252 mm
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
0
300
600
900
1200
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005


Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station météorologique de Ciney
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 344 mm
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
0
300
600
900
1200
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005


Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station météorologique de Rochefort
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 309 mm
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
300
600
900
1200
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005


Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station météorologique de Marche-en-Famenne
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 326 mm
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
300
600
900
1200
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005


Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station météorologique de Sadzot (Erezée)
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 398 mm
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
300
900
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005


Evolution de l'Eau Utile Annuelle (EUA) - Station météorologique de Sprimont
Eau Utile Annuelle (EUA) (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EUA (mm/an)
Précipitations annuelles (mm/an)
EU moy. ann. = 339 mm
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
300
600
900
1200
1500
1800
2100
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005

ANNEXE IV

Description du réseau de surveillance qualitative des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

DESCRIPTION DU RESEAU DE SURVEILLANCE QUALITATIVE DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE RWM022 ET RWM023

Dans le cadre de la mise en œuvre, pour son volet qualitatif, de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau 2000/60CE, un premier réseau de surveillance qualitative a été défini pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 sur base de critère géologiques, hydrogéologiques et logistiques et en adéquation avec les instructions, recommandations et attentes de la DGRNE – DESO du Ministère de la Région Wallonne.

Etant donné le caractère 'A Risque', d'un point de vue qualitatif, mis en évidence pour les deux masses d'eau étudiées et au vu de la compartimentation géologique et hydrogéologique relativement complexe de ces deux masses d'eau ainsi que de l'intense karstification qui en affecte les aquifères carbonatés, il a été décidé d'adopter une densité de sites de surveillance proche de celle recommandée par le rapport technique de l'Eurowaternet pour les zones 'A Risque' (1 site pour 25 km²).

Parmi les 3415 points actuellement répertoriés dans la Banque de Données Hydrogéologiques (BD HYDRO) du Ministère de la Région Wallonne pour les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023, une sélection de sites de surveillance a été effectuée de manière à assurer notamment :

1) une répartition spatiale relativement homogène des sites de prélèvement sélectionnés sur l'ensemble des deux masses d'eau ;
2) une représentativité du fonctionnement et de l'hydrochimie de chaque unité hydrogéologique exploitée dans la masse d'eau ;
3) une représentativité des fonctions et usages des réserves en eau souterraine de la masse d'eau.

70 sites ont été sélectionnés pour constituer le réseau de surveillance des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 (densité de 28 km²/site de surveillance). Ceux-ci se répartissent en deux sous-réseaux (voir point 1.4.4.3 du rapport pour la définition de ces sous-réseaux) avec 32 sites « Producteurs » et 38 sites « Patrimoniaux », ces derniers garantissant l'obtention d'une image cohérente et globale de l'état chimique des masses d'eau souterraine représentative de l'ensemble des usages (autres que la distribution publique d'eau potable) qui sont faits des ressources en eau souterraine.

Le réseau de surveillance qualitative tel qu'élaboré jusqu'à présent peut être considéré comme mixte dans la mesure où il se compose de sites de surveillance de natures diverses et qui intéressent autant les parties superficielles que profondes des réserves en eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023. Ainsi, les 70 points sélectionnés se répartissent en 37 puits forés plus ou moins profonds (20 m à 160 m), 4 puits traditionnels peu profonds, 6 pompages sur galeries, 3 drains superficiels et 20 émergences naturelles exploitées ou non. Ce réseau comporte donc 37 sites intéressants les parties plus profondes des réserves en eau souterraine et 33 sites permettant d'en investiguer les parties plus superficielles.

En ce qui concerne la représentativité des unités hydrogéologiques exploitées dans les masses d'eau RWM022 et RWM023, la répartition des 70 sites de surveillance est illustrée à la **figure 1** ci-dessous. Elle tient compte de l'ampleur de l'exploitation qui est faite des différentes unités hydrogéologiques mais également de leur représentation plus ou moins importante (notamment en terme de superficie à l'affleurement) dans ces deux masses d'eau.

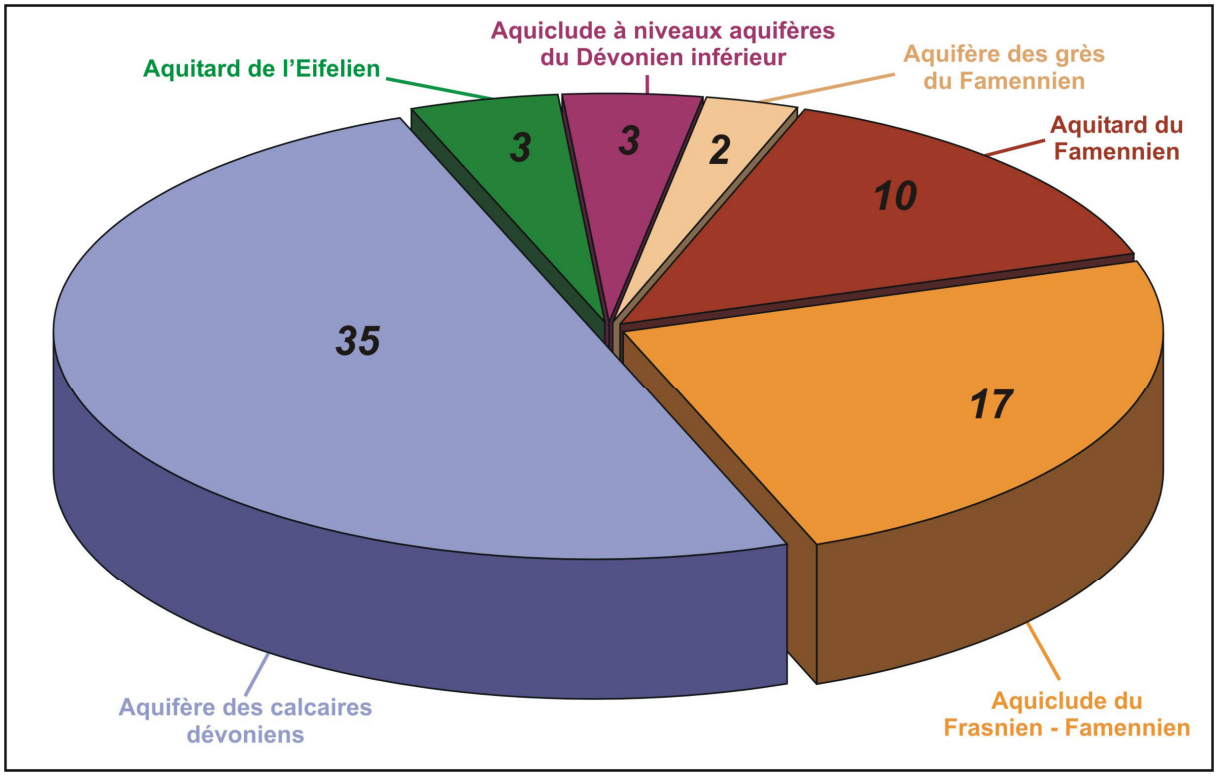


Figure 1. Répartition par unité hydrogéologique des 70 sites de surveillance qualitative des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

Une description détaillée site par site du réseau de surveillance qualitative des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 est reprise ci-après au **tableau 1** tandis que ceux-ci sont localisés au sein des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023 à la **figure 2**.

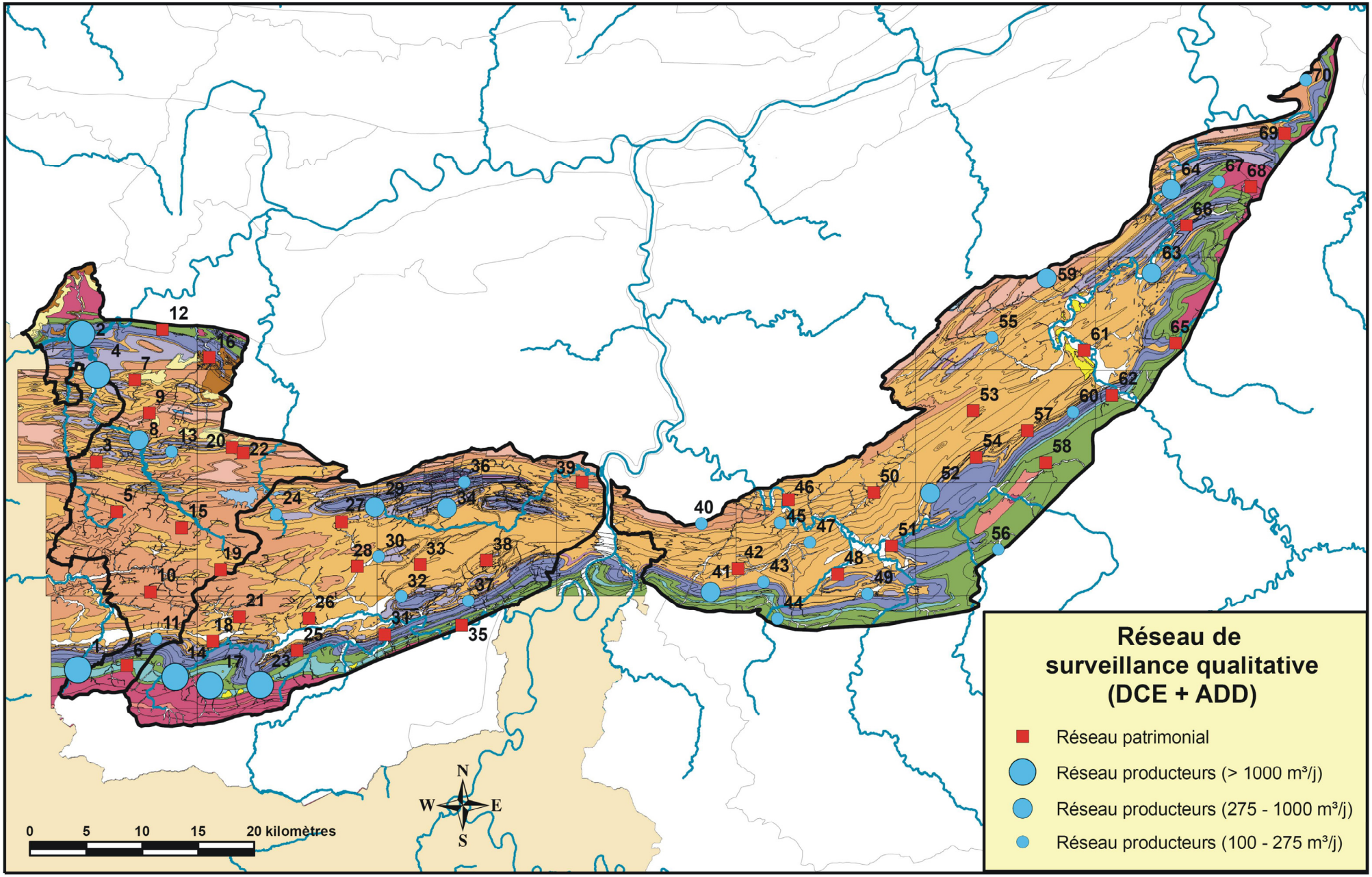


Figure 2. Carte de localisation des sites de surveillance qualitative des masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

N° Carte Figure 2	Code Ouvrage	ID BDHYDRO	Masse d'eau souterraine	Localité	X Lambert (m)	Y Lambert (m)	Nom	Nature	Profondeur (m)	Code Nappe	Unité Hydrogéologique	Réseau	Sous-réseau	Exploitation	Titulaire	Volume annuel moyen (m³/an)
1	57/5/6/001	DIXSOU00_24860	M022	MOMIGNIES	135365	81625	Moulin de Bourges P2	PF	20	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD1	OUI	SWDE	400000
2	52/1/9/001	DIXSOU00_26939	M022	SOLRE-SUR-SAMBRE	135737	111374	Bringuette P1	PF	28	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD1	OUI	SWDE	550000
3	52/5/9/007	DIXSOU00_28641	M022	SIVRY-RANCE	137008	100009	Ferme des 4 Vents	PF	32	810	Aquitard du Famennien	ADD	PATRI	OUI	Privé	1000
4	52/5/3/001	DIXSOU00_27791	M022	MONTIGNIES-SAINT-CHRISTOPHE	137094	107724	Pont Romain P3	PF	20	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD1	OUI	SWDE	1000000
5	57/2/1/003	DIXSOU00_21222	M022	SAUTIN	138854	95589	Puits Naveau	PF	24	810	Aquitard du Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	1100
6	57/6/4/003	DIXSOU02_65537	M022	MOMIGNIES	139755	81950	PR2 Chimay	PF		804	Aquifère des calcaires dévoniens	ADD	PATRI	NON	SWDE	Futur puits de production
7	52/6/1/001	DIXSOU00_21524	M022	THIRIMONT	140442	107286	Les Menus	PF	24	810	Aquitard du Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	
8	52/6/5/001	DIXSOU00_28031	M022	BEAUMONT	140827	101937	Pont Castelain	PF		804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD2	OUI	SWDE	250000
9	52/6/5/029	DIXSOU00_28255	M022	BEAUMONT	141719	104332	Long Marche	PF	21	810	Aquitard du Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	500
10	57/2/8/002	DIXSOU00_26524	M022	CHIMAY	141843	88500	Fraternité du Désert	PF	36	810	Aquitard du Famennien	ADD	PATRI	OUI	Privé	300
11	57/6/5/002	DIXSOU00_23400	M022	ROBECHIES	142340	84320	Mon Rêve	G	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD3	OUI	CIDESER	100000
12	52/2/5/011	DISOUS01_31672	M022	BIERCEE	142934	111739	Fontaine de Vieux Biercée	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PATRI	NON	-	-
13	52/6/9/002	DIXSOU00_22080	M022	BARBENCON	143714	100926	Marbriers	G	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD3	OUI	SWDE	100000
14	57/6/9/001	DIXSOU00_27523	M023	SAINT-REMY	144055	80980	Saint Remy	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD1	OUI	Régie des Eaux de Chimay	200000
15	57/2/6/004	DIXSOU00_25210	M022	FROIDCHAPELLE	144637	94191	Puits Ermitage	PF	105	810	Aquitard du Famennien	ADD	PATRI	OUI	Privé	1000
16	52/3/7/002	DISOUS01_31673	M022	THUILLIES	147118	109262	Fontaine de Thuillies	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PATRI	NON	-	-
17	57/7/7/001	FUNDPN00_3832	M023	FORGES	147152	80210	Forges Bas Village	PT	4,5	804	Aquifère des calcaires dévoniens	ADD	PROD1	OUI	Régie des Eaux de Chimay	800000
18	57/7/4/286	FUNDPN00_3789	M023	VIRELLES	147393	84104	Grange aux Papillons	PF	40	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	ADD	PATRI	OUI	Privé	
19	57/3/7/003	FUNDPN00_3761	M022	FROIDCHAPELLE	148113	90424	Puits n°1	PF	85	810	Aquitard du Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	1500
20	52/7/8/010	DIXSOU00_24899	M022	BOUSSU-LEZ-WALCOURT	149125	101270	Intersud CET PZ8	PF	40	804	Aquifère des calcaires dévoniens	ADD	PATRI	NON	INTERSUD	-
21	57/7/2/003	FUNDPN00_3792	M023	FROIDCHAPELLE	149784	86268	Ferme Lannoo	PF	60	810	Aquitard du Famennien	ADD	PATRI	OUI	Privé	
22	52/7/8/011	DISOUS01_31677	M022	BOUSSU-LEZ-WALCOURT	150095	100784	Résurgence de l'Etang Ernotte	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PATRI	NON	-	-
23	57/7/9/001	FUNDPN00_3887	M023	BAILEUX	151634	80246	Boutonville n°1	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD1	OUI	Régie des Eaux de Chimay	600000
24	57/3/3/002	FUNDPN00_3609	M023	CERFONTAINE	153062	95368	Fontaine le Cerf	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD3	OUI	INASEP	100000
25	57/8/4/002	FUNDPN00_3898	M023	DAILLY	154918	83340	Puits Hublet	PF	50	804	Aquifère des calcaires dévoniens	ADD	PATRI	OUI	Privé	100
26	57/8/1/002	FUNDPN00_3995	M023	BOUSSU-EN-FAGNE	155968	86140	Puits de Tandt	PT	3	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	

N° Carte Figure 2	Code Ouvrage	ID BDHYDRO	Masse d'eau souterraine	Localité	X Lambert (m)	Y Lambert (m)	Nom	Nature	Profondeur (m)	Code Nappe	Unité Hydrogéologique	Réseau	Sous-réseau	Exploitation	Titulaire	Volume annuel moyen (m³/an)
27	57/4/5/001	FUNDPN00_3774	M023	NEUVILLE	158863	94719	Puits Ganhy	PF	40	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	7000
28	57/4/9/002	FUNDPN00_3784	M023	ROLY	160270	90740	Ferme du Fraity P1	PF	100	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	ADD	PATRI	OUI	Privé	
29	57/4/3/002	FUNDPN00_3772	M023	SAMART	161843	96010	Fontaine Samart	G	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	ADD	PROD2	OUI	INASEP	200000
30	58/1/4/001	FUNDPN00_2420	M023	ROLY	162179	91611	Place Communale	X		804	Aquifère des calcaires dévoniens	ADD	PROD3	OUI	INASEP	20000
31	58/5/4/002	DIXSOU00_31402	M023	NISMES	162735	84708	Résurgence de l'Eau Noire	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PATRI	NON	-	-
32	58/5/1/001	FUNDPN00_4040	M023	FAGNOLLE	164193	88134	Village	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	ADD	PROD3	OUI	INASEP	10000
33	53/5/7/066	FUNDPN00_2952	M023	VILLERS-EN-FAGNE	165858	90888	Ferme du Bois Saint-Jean	PF	55	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	1500
34	58/1/3/002	FUNDPN00_2418	M023	MERLEMONT	168266	95906	Minières Produits Dolomitiques	PF		804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD2	OUI	INASEP	50000
35	58/5/3/002	FUNDPN00_4073	M023	VIERVES-SUR-VIROIN	169580	85518	Vierves E1	SE	-	805	Aquitard de l'Eifelien	DCE	PATRI	NON	SWDE	-
36	53/5/9/001	ULGGEO00_19362	M023	FRANCHIMONT	169800	98200	La Chinelle	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD3	OUI	INASEP	50000
37	58/6/1/001	FUNDPN00_4082	M023	TREIGNES	170181	87718	Treignes E1	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD3	OUI	SWDE	10000
38	58/2/7/003	FUNDPN00_2516	M023	ROMEREE	171795	91266	Puits Route de Matagne	PF	92	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	600
39	53/7/7/005	FUNDPN00_3164	M023	HERMETON-SUR-MEUSE	180300	98195	Ferme des Hauts	PF	60	810	Aquitard du Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	2500
40	58/4/5/005	FUNDPN00_2545	M023	FINNEVAUX	190914	94567	Puits Finnevaux	PF		810	Aquitard du Famennien	DCE	PROD3	OUI	INASEP	20000
41	58/4/9/001	FUNDPN00_2556	M023	BEAURAING	191777	88507	Tamizon E1	G	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD2	OUI	SWDE	200000
42	59/1/7/005	FUNDPN00_2569	M023	BEAURAING	194380	90777	Puits Gozin Jaspard	PF	60	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	2000
43	59/1/7/002	FUNDPN00_2685	M023	MARTOUZIN-NEUVILLE	196450	89375	Bois Duchy	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	ADD	PROD3	OUI	INASEP	40000
44	59/5/2/001	DIXSOU00_26512	M023	HONNAY	197717	86096	Citronnet	PF		805	Aquitard de l'Eifelien	DCE	PROD3	OUI	INASEP	20000
45	59/1/5/001	FUNDPN00_2674	M023	HOUR	197945	94645	Fontaine	DR	-	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PROD3	OUI	INASEP	25000
46	59/1/1/035	FUNDPN00_2667	M023	CIERGNON	198679	96643	Puits Ferme Dardenne Hérock	PF	51	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	ADD	PATRI	OUI	Privé	5000
47	59/1/6/005	FUNDPN00_2683	M023	WANLIN	200610	92900	Puits FINA	PF		810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	ADD	PROD3	OUI	INASEP	25000
48	59/2/7/001	FUNDPN00_2698	M023	LAVAUX-SAINTE-ANNE	203080	90050	Puits Ferme de Génimont	PF	49	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	
49	59/2/8/002	FUNDPN00_2701	M023	ROCHEFORT	205740	88340	Puits Vervaet	PF		804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD3	OUI	Adm. Comm. De Rochefort	30000
50	59/3/4/008	FUNDPN00_3030	M023	MONT-GAUTHIER	206292	97258	Puits Laloux	PF	37	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	500
51	59/2/6/002	FUNDPN00_2697	M023	EPRAVE	207872	92579	Résurgence d'Eprave	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PATRI	NON	-	-
52	59/3/1/004	FUNDPN00_3204	M023	ROCHEFORT	211350	97200	Source Tridaine	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD2	OUI	Adm. Comm. De Rochefort	400000

N° Carte Figure 2	Code Ouvrage	ID BDHYDRO	Masse d'eau souterraine	Localité	X Lambert (m)	Y Lambert (m)	Nom	Nature	Profondeur (m)	Code Nappe	Unité Hydrogéologique	Réseau	Sous-réseau	Exploitation	Titulaire	Volume annuel moyen (m³/an)
53	54/7/5/006	DIXSOU00_25308	M023	AYE	215151	104511	Puits Jamagne	PT	3	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	500
54	54/7/9/010	DIXSOU00_27657	M023	HUMAIN	215418	100391	Puits Ferme Tavy	PF	45	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	ADD	PATRI	OUI	Privé	2000
55	54/3/9/001	ULGGEO00_15912	M023	HEURE	216832	111038	Moressée	G	-	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PROD3	OUI	AIEC	80000
56	59/3/6/002	FUNDPN00_3241	M023	AMBLY	217400	92260	Puits d'Ambly	PF	50	805	Aquitard de l'Eifelien	DCE	PROD3	OUI	Adm. Comm. De Nassogne	6000
57	54/8/4/009	DIXSOU00_28025	M023	MARCHE-EN-FAMENNE	219980	102790	Source Centre Culturel et Sportif	SE	-	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PATRI	OUI	Adm. Comm. De Marche	10000
58	54/8/8/007	DIXSOU00_26070	M023	WAHA	221619	99928	Puits SOCABEL	PF	60	807	Aquiclude à niveaux aquifères du Dév. Inf.	DCE	PATRI	OUI	Privé	2000
59	54/4/2/001	ULGGEO00_15367	M023	BONSIN	221731	116278	Chevenière E1	DR	-	810	Aquifère des grès du Famennien	DCE	PROD2	OUI	SWDE	100000
60	54/8/6/001	DIXSOU00_27631	M023	MARENNE	224035	104404	Puits Bourdon	PF	79	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD3	OUI	AIEC	40000
61	54/4/9/002	DIXSOU00_27234	M023	FRONVILLE	225046	109886	Puits Ponsard	PF	45	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	DCE	PATRI	OUI	Privé	1500
62	55/5/1/010	ULGGEO02_31783	M023	HAMPTEAU	227531	105907	Grotte de Hotton	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PATRI	NON	-	-
63	55/1/2/004	DIXSOU00_25746	M023	BARVAUX	231075	116740	La Cressonnière E1	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD2	OUI	SWDE	350000
64	49/5/6/001	ULGGEO00_18890	M023	HAMOIR	232800	124150	Pêchet I	G	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PROD2	OUI	CILE	120000
65	55/1/9/001	DIXSOU00_27648	M023	SOY	233175	110530	Sources du Val d'Aisne	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PATRI	OUI	Privé	1000
66	49/6/7/010	ULGGEO00_19897	M023	VIEUXVILLE	234139	120980	Résurgence n°1 du Moulin	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PATRI	NON	-	-
67	49/6/5/021	ULGGEO00_18928	M023	FILOT	237048	124807	Filot Bénite Fontaine D1	DR	-	807	Aquiclude à niveaux aquifères du Dév. Inf.	ADD	PROD3	OUI	SWDE	40000
68	49/6/6/002	ULGGEO00_18929	M023	FERRIERES	239880	124360	Séminaire Saint Roch	PT	3	807	Aquiclude à niveaux aquifères du Dév. Inf.	DCE	PATRI	OUI	Privé	500
69	49/3/7/001	DIXSOU00_27996	M023	AYWAILLE	242911	129089	Grotte du Chalet	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	DCE	PATRI	NON	-	-
70	49/3/5/001	DIXSOU00_24853	M023	LOUVEIGNE	244799	133847	Brusson G1	G	-	810	Aquifère des grès du Famennien	DCE	PROD3	OUI	SWDE	100000

Nature : **PF** : puits foré / **PT** : puits traditionnel / **G** : galerie / **DR** : drain / **SE** : source à l'émergence

Réseau : **DCE** : Directive Cadre Eau / **ADD** : additionnel

Sous-réseau : **PATRI** : patrimonial / **PROD1, 2 ou 3** : producteurs (> 1000 m³/j, 275 - 1000 m³/j ou 100 - 275 m³/j)

ANNEXE V

Résultats complets du monitoring
de surveillance qualitative
des masses d'eau souterraine
RWM022 et RWM023

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	Fontaine de Vieux Biercée		Fontaine DE THUILLIES		FERME DES 4 VENTS	
	Code Ouvrage				*52/2/5/011*		*52/3/7/002*		*52/5/9/007*	
	ID BDHYDRO				*DISOUS01_31672*		*DISOUS01_31673*		*DIXSOU00_28641*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM022*		*RWM022*		*RWM022*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquifère des calcaires du Givetien*		*Aquifère des calcaires du Givetien*		*Aquitard du Famennien*	
	ID Analyse CALYPSO				*14778 / 14779*	*15392 / 15393*	*14780 / 14781*	*15394 / 15395*	*14794 / 14795*	*15408 / 15409*
	Date de prélèvement				*08/06/2006*	*30/01/2007*	*08/06/2006*	*30/01/2007*	*13/06/2006*	*30/01/2007*
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		-	-	-	-	4.42	4.85
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-	10286.00	10944.00	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		-	-	-	-	139.00	21.00
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	-	-	-	-	0.00	0.00
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	-	-	-	-	0.00	0.00
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	-	-	-	-	0.00	0.00
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		-	12.80	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	14.60	7.10	10.60	10.10	13.00	10.80
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	7.36	7.42	7.38	5.20	6.83	6.70
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	570.00	543.00	686.00	687.00	247.00	253.00
2103	Dureté totale	TH	° français		32.90	35.60	43.90	45.60	11.40	11.10
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		4149.00	415.00	479.00	496.00	131.00	175.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		6.40	10.00	5.50	7.03	5.70	7.30
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		20.30	20.80	28.80	29.60	9.20	8.80
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	40.00	26.40	31.00	32.50	22.00	21.90
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	33.00	47.90	68.00	70.80	10.70	9.60
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		16.70	7.80	10.50	10.60	20.00	20.00
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	140.00	114.00	146.00	139.00	32.00	28.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	7.60	6.40	14.90	14.80	8.70	8.10
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	15.30	12.50	15.10	14.50	13.90	15.50
2207	Potassium	K+	mg/l		4.70	2.60	1.20	1.40	< 1	< 1
2208	Baryum	Ba++	µg/l		171.00	38.00	21.00	29.00	148.00	113.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		235.00	195.00	235.00	237.00	88.00	84.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	3880.00	716.00	< 10	< 10	11.00	< 10
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	56.00	48.60	31.00	33.10	7.70	9.40
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	0.21	0.00	< 0.01	0.00	0.02	0.02
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	< 0.05	0.00	< 0.05	0.00	< 0.05	0.00
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		2.10	0.44	0.20	0.20	0.10	0.10
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.29	0.31	0.10	0.12	0.16	0.17
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		0.29	0.28	0.27	0.27	0.15	0.20
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	7.00	8.00	< 2	< 2	< 2	< 2
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	2010.00	73.00	< 5	< 5	157.00	145.00
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	15.20	3.10	< 2	< 2	3.60	10.00
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	84.00	< 20	< 20	< 20	163.00	79.00
3505	Bore	B	µg/l	1000	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
3601	Arsenic	As	µg/l	10	4.50	1.10	< 0.2	< 0.2	0.30	0.30
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	0.50	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	15.20	4.20	2.00	1.80	1.30	< 1
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	17.40	< 2.5	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	37.70	3.10	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	0.30	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3608	Selenium	Se	µg/l	10	3.90	1.50	0.70	0.90	< 0.5	< 0.5
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	15.00	6.50	< 0.5	1.20	< 0.5	< 0.9
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		8.10	8.40	0.40	0.60	< 0.3	< 0.3
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		< 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	< 5	< 10	-	< 10	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	< 10	12.00	< 10	< 10	< 10	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	10.00	< 10	< 10	12.00	< 10	< 10
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	10.00	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	12.00	57.00	< 10	< 10	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	57.00	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	< 10	29.00	14.00	11.00	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	1119.00	< 10	< 10	29.00	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		-	< 10	-	< 10	-	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		< 5	34.00	< 5	< 5	< 5	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 3	26.00	< 3	< 5	< 3	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 3	13.00	< 3	< 5	< 3	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	24.00	< 3	< 3	< 3	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	24.00	< 5	< 5	< 5	< 5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	19.00	< 5	< 5	< 5	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		< 5	27.00	< 5	< 5	< 5	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	Les Menus 24M		Long Marche 24M		Sept Anes Pz8 reseau	
	Code Ouvrage				*52/6/1/001*		*52/6/5/029*		*52/7/8/010*	
	ID BDHYDRO				*DIXSOU00_21524*		*DIXSOU00_28255*		*DIXSOU00_24899*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM022*		*RWM022*		*RWM022*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquitard du Famennien*		*Aquitard du Famennien*		*Aquifère des calcaires du Frasnien*	
	ID Analyse CALYPSO				*14774 / 14775*	*15388 / 15389*	*14782 / 14783*	15396 / 15397	*14786 / 14787*	15400 / 15401
	Date de prélèvement				*13/06/2006*	*30/01/2007*	*12/06/2006*	30/01/2007	*15/06/2006*	29/01/2007
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		2.45	3.95	4.15	3.71	13.42	12.02
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-	-	-	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		-	71.00	150.00	206.00	-	-
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	-	0.00	0.00	0.00	-	-
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	-	0.00	0.00	0.00	-	-
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	-	0.00	0.00	0.00	-	-
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		1.64	< 1.5	< 1.5	< 1.5	1.85	< 1.5
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	18.20	10.80	12.90	10.60	9.80	9.80
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	5.81	5.94	7.09	7.19	7.43	7.40
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	160.00	167.00	489.00	467.00	459.00	458.00
2103	Dureté totale	TH	° français		5.50	6.10	29.80	31.10	29.60	30.90
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		98.00	134.00	331.00	340.00	261.00	337.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		6.45	7.00	3.15	4.20	1.40	1.60
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		3.00	2.90	22.00	21.70	22.00	23.30
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	25.00	28.80	26.00	23.30	17.70	18.60
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	7.10	7.50	39.00	37.90	17.20	17.70
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		23.00	24.00	15.80	15.50	9.40	9.80
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	16.00	16.70	107.00	98.00	87.00	86.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	2.80	2.70	6.50	6.10	17.80	18.00
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	12.50	13.20	11.10	10.80	4.80	4.80
2207	Potassium	K+	mg/l		1.90	1.50	< 1	< 1	1.00	< 1
2208	Baryum	Ba++	µg/l		27.00	37.00	17.00	21.00	64.00	58.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		46.00	51.00	163.00	157.00	135.00	139.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	12.00	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	8.05	8.90	2.60	1.80	14.20	15.60
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	< 0.01	0.00	< 0.01	0.00	< 0.01	0.00
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	< 0.05	0.00	< 0.05	0.00	< 0.05	0.00
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		0.20	0.20	< 0.1	0.00	< 0.1	0.00
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.04	0.05	0.08	0.08	0.05	0.06
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		0.19	0.22	< 0.05	0.00	< 0.05	0.00
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	86.00	56.00	38.00	139.00	17.00	< 2
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	14.00	19.00	25.00	25.00	57.00	68.00
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	66.00	104.00	< 2	2.50	< 2	< 2
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	100.00	242.00	< 20	22.00	< 20	< 20
3505	Bore	B	µg/l	1000	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
3601	Arsenic	As	µg/l	10	< 0.2	< 0.2	0.40	0.50	2.10	2.00
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	1.40	< 1	1.10	< 1	< 1	1.10
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	2.60	< 2.5	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	1.10	1.00	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	0.40	0.40	< 0.2	< 0.2
3608	Selenium	Se	µg/l	10	< 0.5	< 0.5	1.70	1.20	< 0.5	< 0.5
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	1.00	1.10	< 0.5	1.20	< 0.5	1.20
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		< 0.3	0.40	< 0.3	0.30	0.30	0.40
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	-	-	-	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	28.00	32.00	< 10	< 10	< 10	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	63.00	87.00	< 10	< 10	< 10	< 10
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	10.00	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		-	< 10	-	< 10	-	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 3	< 5	< 3	< 5	< 3	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 3	< 5	< 3	< 5	< 3	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	Résurgence de l'étang Ernotte		Naveau 23,5M		PUITS ERMITAGE	
	Code Ouvrage				*52/7/8/011*		*57/2/1/003*		*57/2/6/004*	
	ID BDHYDRO				*DISOUS01_31677*		*DISOUS00_21222*		*DIXSOU00_25210*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM022*		*RWM022*		*RWM022*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquifère des calcaires du Frasnien*		*Aquitard du Famennien*		*Aquitard du Famennien*	
	ID Analyse CALYPSO				*14776 / 14777*	*15390 / 15391*	*14792 / 14793*	15406 / 15407	*14788 / 14789*	15402 / 15403
	Date de prélèvement				*08/06/2006*	*30/01/2007*	*13/06/2006*	30/01/2007	*12/06/2006*	30/01/2007
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		-	-	5.64	8.45	-	-
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		3600.00	4080.00	-	-	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		-	-	750.00	-	650.00	640.00
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	-	-	8.00	-	6.00	6.00
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	-	-	0.00	-	0.00	0.00
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	-	-	0.00	-	0.00	0.00
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		3.02	< 1.5	< 1.5	4.34	3.11	2.97
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	12.00	9.30	13.90	10.20	11.80	10.10
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	7.67	7.48	6.98	6.88	7.51	7.60
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	534.00	535.00	300.00	323.00	276.00	291.00
2103	Dureté totale	TH	° français		33.10	34.60	14.60	16.10	15.30	15.90
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		359.00	410.00	170.00	222.00	187.00	198.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		8.80	9.50	8.80	10.80	7.75	10.70
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		23.20	23.10	14.30	14.90	14.60	14.80
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	27.00	27.80	17.80	17.90	7.50	6.90
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	55.00	57.60	8.30	9.60	6.40	6.60
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		8.20	8.00	20.00	20.00	17.70	17.80
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	85.00	82.00	44.00	43.00	44.00	43.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	30.00	31.00	9.20	9.20	9.60	9.50
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	9.00	9.10	16.90	16.60	11.00	10.70
2207	Potassium	K+	mg/l		1.20	1.20	1.30	1.40	2.50	2.30
2208	Baryum	Ba++	µg/l		13.50	16.90	109.00	137.00	244.00	237.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		79.00	82.00	100.00	105.00	151.00	159.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	22.00	14.00	< 10	< 10	54.00	21.00
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	12.70	13.50	< 0.1	0.20	< 0.1	0.20
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	< 0.01	0.00	< 0.01	0.00	< 0.01	0.00
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	< 0.05	0.00	< 0.05	0.05	0.11	0.13
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		< 0.1	0.00	< 0.1	0.00	< 0.1	0.00
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.05	0.05	0.20	0.20	0.16	0.18
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		< 0.05	0.00	< 0.05	0.00	< 0.05	0.05
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	< 2	< 2	11.00	10.00	6.00	4.00
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	< 5	< 5	830.00	2597.00	528.00	530.00
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	< 2	< 2	< 2	10.60	4.60	18.80
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	28.00	29.00	23.00	27.00	< 20	< 20
3505	Bore	B	µg/l	1000	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
3601	Arsenic	As	µg/l	10	< 0.2	< 0.2	0.30	0.50	0.20	0.20
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	1.40	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	0.50	0.50	< 0.5	< 0.5	0.60	1.00
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3608	Selenium	Se	µg/l	10	0.70	0.90	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	< 0.5	1.50	0.70	6.80	< 0.5	1.00
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		0.60	0.40	0.70	0.80	< 0.3	0.30
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	< 10	-	-	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	< 10	11.00	< 10	< 10	< 10	< 10
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		-	< 10	-	< 10	-	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	5.00	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 3	< 5	< 3	< 5	< 3	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 3	< 5	< 3	< 5	< 3	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		< 15	< 15	< 15	< 15	34.00	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	25.00	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	Fraternité du Désert		Puits n°1		GROTTE DU CHALET HS94	
	Code Ouvrage				*57/2/8/002*		*57/3/7/003*		*49/3/7/001*	
	ID BDHYDRO				*DIXSOU00_26524*		*FUNDPN00_3761*		*DIXSOU00_27996*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM022*		*RWM022*		*RWM023*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquitard du Famennien*		*Aquitard du Famnnien*		*Aquifère des calcaires du Givetien*	
	ID Analyse CALYPSO				*14784 / 14785*	*15398 / 15399*	*14790 / 14791*	15404 / 15405	*15164 / 15165*	15522 / 15523
	Date de prélèvement				*13/06/2006*	*30/01/2007*	*13/06/2006*	30/01/2007	*09/11/2006*	02/04/2007
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		-	-	6.75	7.42	-	-
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-	-	-	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		-	-	9.00	27.00	-	-
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	-	-	0.00	0.00	-	-
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	-	-	0.00	0.00	-	-
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	-	-	0.00	0.00	-	-
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		< 1.5	< 1.5	1.61	2.68	1.80	5.07
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	12.90	9.90	11.80	10.70	10.40	9.40
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	7.32	7.45	7.08	7.13	7.41	7.06
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	554.00	583.00	419.00	464.00	495.00	446.00
2103	Dureté totale	TH	° français		28.80	30.80	21.70	24.70	29.30	24.40
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		321.00	365.00	252.00	304.00	332.00	302.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		3.87	9.70	4.64	7.60	9.43	8.24
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		26.90	26.20	21.40	22.20	20.90	19.60
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	42.00	43.40	21.00	20.50	19.80	16.70
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	13.90	13.70	15.70	15.50	24.00	23.50
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		13.90	13.40	23.00	24.00	7.40	6.50
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	77.00	74.00	67.00	68.00	88.80	80.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	27.00	27.00	15.20	15.10	12.60	10.70
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	22.00	22.00	20.00	21.00	10.00	7.90
2207	Potassium	K+	mg/l		6.20	5.80	2.00	1.90	1.80	1.60
2208	Baryum	Ba++	µg/l		148.00	150.00	320.00	294.00	33.10	33.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		750.00	751.00	134.00	138.00	109.00	97.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	< 10	< 10	22.00	< 10	29.00	62.00
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	0.40	0.40	0.60	0.00	26.00	29.80
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	< 0.01	0.00	< 0.01	0.00	0.00	0.00
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	0.16	0.19	0.05	0.00	0.00	0.00
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		< 0.1	0.00	< 0.1	0.00	0.00	0.00
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.13	0.14	0.20	0.20	0.06	0.06
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		< 0.05	0.00	< 0.05	0.00	0.00	0.10
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	< 2	3.00	674.00	882.00	< 2	2.00
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	15.00	16.00	885.00	900.00	< 5	13.00
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	22.00	25.00	< 2	14.20	< 2	< 2
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
3505	Bore	B	µg/l	1000	94.00	97.00	< 25	< 25	< 25	< 25
3601	Arsenic	As	µg/l	10	1.00	1.00	0.80	1.10	0.30	0.30
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	< 1	< 1	1.20	< 1	< 1	< 1
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0.80	< 0.5	< 0.1
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.1
3608	Selenium	Se	µg/l	10	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0.10
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	< 0.5	1.00	0.80	1.50	< 0.9	1.30
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		< 0.3	0.40	0.80	0.90	0.50	0.80
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	< 1	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	-
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	-	-	-	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	10.00	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	16.00	21.00
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	23.00	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		-	< 10	-	< 10	50.00	40.00
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 3	< 5	< 3	< 5	< 5	7.00
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 3	< 5	< 3	< 5	< 5	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	< 3	< 3	< 3	3.00	6.00
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	6.00
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	6.00
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	SEMINAIRE ST ROCH		Résurgence n°1 du Moulin		VILLERS-EN-FAGNE	
	Code Ouvrage				*49/6/6/002*		*49/6/7/010*		*53/5/7/066*	
	ID BDHYDRO				*ULGGEO00_18929*		*ULGGEO00_19897*		*FUNDPN00_2952*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM023*		*RWM023*		*RWM023*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur*		*Aquifère des calcaires du Givetien*		*Aquiclude du Frasnien - Famennien*	
	ID Analyse CALYPSO				*15174 / 15175*	*15524 / 15525*	*15166 / 15167*	15526 / 15527	*15192 / 15193*	15528 / 15529
	Date de prélèvement				*20/11/2006*	*02/04/2007*	*20/11/2006*	02/05/2007	*13/11/2006*	24/04/2007
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		2.10	2.10	-	-	9.70	5.10
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-	-	-	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		10600.00	380.00	-	-	8.00	29.00
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	600.00	90.00	-	-	1.00	1.00
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	120.00	25.00	-	-	1.00	0.00
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	390.00	68.00	-	-	0.00	0.00
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		2.97	1.65	64.23	2.21	3.07	< 1.5
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	13.30	11.50	9.50	11.10	10.50	12.20
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	6.63	6.39	7.24	7.31	7.10	7.02
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	271.00	207.00	240.00	389.00	846.00	797.00
2103	Dureté totale	TH	° français		11.50	8.00	12.90	20.90	49.10	51.20
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		136.00	162.00	178.00	467.00	570.00	622.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		8.52	3.99	9.56	8.10	4.60	3.30
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		7.40	5.60	8.50	15.50	35.20	34.80
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	32.90	22.30	16.10	19.70	26.10	29.80
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	9.20	7.90	13.50	21.30	123.00	122.00
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		10.60	9.90	8.00	5.50	14.60	12.30
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	27.70	19.00	36.40	66.00	122.40	116.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	7.50	7.80	6.50	10.80	50.70	54.00
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	14.60	9.40	9.60	9.20	25.30	17.20
2207	Potassium	K+	mg/l		3.20	2.00	2.70	2.00	4.20	4.20
2208	Baryum	Ba++	µg/l		12.50	< 10	34.70	32.00	25.70	27.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		55.00	42.00	70.00	107.00	400.00	405.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	82.00	10.00	604.00	47.00	< 10	< 10
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	8.30	10.00	13.40	19.40	7.80	12.90
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		0.10	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.11	0.09	0.07	0.07	0.04	0.06
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		0.00	0.06	0.00	0.07	0.00	0.00
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	15.00	2.00	44.00	6.00	15.00	20.00
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	< 5	< 5	242.00	8.00	92.00	71.00
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	26.80	7.50	3.20	< 2	< 2	12.00
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	84.00	< 20	27.00	< 20	< 20	31.00
3505	Bore	B	µg/l	1000	< 25	< 25	< 25	< 25	52.00	63.00
3601	Arsenic	As	µg/l	10	0.30	0.10	0.70	0.20	< 0.2	0.10
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	0.22	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	1.41	< 1	1.51	< 1	< 1	< 1
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	< 2	< 2.5	7.90	< 2.5	< 2	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	18.60	0.20	3.50	0.10	< 0.5	0.20
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1	0.20	0.30
3608	Selenium	Se	µg/l	10	< 0.5	0.30	< 0.5	< 0.1	< 0.5	< 0.1
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	< 0.9	0.90	6.10	1.80	< 0.9	1.20
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		0.90	< 0.3	8.40	0.90	0.70	0.90
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		< 1	0.00	< 1	0.00	< 1	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	-	0.50	-	0.50	-
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	-	-	-	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	17.00	< 10	< 10
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	42.00	17.00	< 10	< 10	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	52.00	17.00	< 10	< 10	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		< 10	< 10	20.00	33.00	< 10	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		< 5	< 5	43.00	< 5	< 5	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	38.00	< 5	< 5	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	19.00	< 5	< 5	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	< 3	35.00	3.00	< 3	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	< 5	34.00	< 5	< 5	< 5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	< 5	28.00	< 5	< 5	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		< 5	< 5	39.00	< 5	< 5	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		< 5	< 10	< 5	< 5	< 5	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		< 2	< 2	3.00	< 2	< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	-	0.12	-	0.01	-

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	FERME DES HAUTS		PUITS FRONVILLE		PUITS JAMAGNE	
	Code Ouvrage				*53/7/7/005*		*54/4/9/002*		*54/7/5/006*	
	ID BDHYDRO				*FUNDPN00_3164*		*DIXSOU00_27234*		*DIXSOU00_25308*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM023*		*RWM023*		*RWM023*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquitard du Famennien*		*Aquiclude du Frasnien - Famennien*		*Aquiclude du Frasnien - Famennien*	
	ID Analyse CALYPSO				*15198 / 15199*	*15530 / 15531*	*15212 / 15213*	15532 / 15533	*15176 / 15177*	15534 / 15535
	Date de prélèvement				*06/11/2006*	*24/04/2007*	*20/11/2006*	17/04/2007	*06/11/2006*	17/04/2007
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		-	0.90	2.00	-	-	-
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-	-	-	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		55.00	880.00	51.00	770.00	5100.00	2230.00
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	0.00	0.00	0.00	0.00	930.00	10.00
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	6.00
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	0.00	0.00	0.00	0.00	16.00	0.00
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5	52.91	< 1.5
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	10.90	14.10	11.00	13.60	11.40	13.50
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	7.25	7.25	7.56	7.48	6.64	7.28
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	737.00	581.00	512.00	495.00	320.00	430.00
2103	Dureté totale	TH	° français		41.70	32.30	26.80	25.60	27.10	26.60
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		517.00	430.00	296.00	352.00	723.00	296.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		8.40	7.33	7.29	6.80	6.30	8.16
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		21.20	17.20	23.00	23.30	19.80	20.90
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	57.00	40.00	23.60	28.30	10.40	14.90
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	44.00	36.90	26.20	29.60	19.80	30.00
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		8.20	6.40	11.00	10.20	5.60	5.90
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	148.00	120.00	73.40	75.00	56.70	80.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	6.80	5.60	16.20	16.70	7.40	16.00
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	9.40	8.10	30.90	2.80	5.70	5.00
2207	Potassium	K+	mg/l		1.30	1.30	1.50	1.50	2.60	1.70
2208	Baryum	Ba++	µg/l		71.90	64.00	147.80	145.00	102.50	36.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		321.00	271.00	737.00	670.00	111.00	103.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	< 10	< 10	< 10	12.00	136.00	< 10
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	92.00	103.00	9.80	12.40	23.00	25.50
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.05	0.05	0.11	0.12	0.06	0.07
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	< 2	< 2	< 2	< 2	4.00	4.00
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	< 5	< 5	190.00	216.00	123.00	< 5
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	< 2	8.20	6.70	15.40	13.80	15.70
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	< 20	< 20	< 20	36.00	110.00	75.00
3505	Bore	B	µg/l	1000	< 25	< 25	67.00	65.00	< 25	< 25
3601	Arsenic	As	µg/l	10	< 0.2	< 0.1	0.90	0.80	0.60	0.30
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	< 0.5	0.90	< 0.5	< 0.1	10.20	< 0.1
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1
3608	Selenium	Se	µg/l	10	0.70	< 0.1	< 0.5	< 0.1	< 0.5	0.40
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	< 0.9	1.40	< 0.9	< 0.9	67.40	1.10
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		0.80	1.00	< 0.3	0.40	2.80	0.90
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		< 1	0.00	< 1	0.00	< 1	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	< 0.1	0.00	0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	-	0.50	-	0.50	-
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	-	-	-	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	109.00	34.00	< 10	< 10	< 10	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	39.00	15.00	< 10	< 10	< 10	19.00
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	30.00	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	152.00	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	103.00	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	54.00	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	< 3	< 3	< 3	98.00	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	92.00	< 5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	70.00	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	125.00	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		< 15	< 15	< 15	< 15	23.00	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		< 2	< 2	< 2	< 2	6.00	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	-	0.01	-	0.32	-

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	PUITS FERME TAVY		SOURCE MARCHE		PUITS SOCABEL	
	Code Ouvrage				*54/7/9/010*		*54/8/4/009*		*54/8/8/007*	
	ID BDHYDRO				*DIXSOU00_27657*		*DIXSOU00_28025*		*DIXSOU00_26070*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM023*		*RWM023*		*RWM023*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquifère des calcaires du Frasnien*		*Aquiclude du Frasnien - Famennien*		*Aquitard de l'Eifelien*	
	ID Analyse CALYPSO				*15206 / 15207*	*15536 / 15537*	*15208 / 15209*	15538 / 15539	*15210 / 15211*	15540 / 15541
	Date de prélèvement				*06/11/2006*	*17/04/2007*	*06/11/2006*	02/05/2007	*06/11/2006*	17/04/2007
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		21.71	7.15	-	-	14.19	-
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-	1800.00	780.00	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		6.00	7.00	85.00	-	370.00	810.00
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	0.00	0.00	16.00	-	14.00	0.00
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	0.00	0.00	3.00	-	0.00	0.00
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		1.50	< 1.5	< 1.5	< 1.5	2.64	3.07
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	11.00	11.80	11.40	11.90	10.20	13.70
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	7.42	7.48	7.03	7.17	6.62	6.70
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	567.00	517.00	615.00	632.00	155.00	148.00
2103	Dureté totale	TH	° français		36.90	34.90	38.40	37.20	7.20	7.20
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		388.00	398.00	395.00	800.00	67.00	91.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		8.20	10.58	6.90	7.10	7.10	6.96
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		26.60	26.70	28.00	27.90	7.00	6.70
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	15.50	17.40	32.00	30.70	8.80	11.60
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	53.00	54.30	34.00	33.70	4.10	4.70
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		6.40	6.00	7.20	6.70	7.20	5.80
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	118.80	117.00	131.20	131.00	12.50	12.70
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	13.20	13.90	10.90	10.90	10.10	9.70
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	4.70	4.30	9.00	8.80	3.40	2.60
2207	Potassium	K+	mg/l		2.00	2.20	< 1	1.40	< 1	< 1
2208	Baryum	Ba++	µg/l		33.60	39.00	116.50	122.00	< 5	< 10
2209	Strontium	Sr++	µg/l		240.00	240.00	511.00	510.00	19.00	18.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	14.00
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	17.00	19.10	19.40	23.70	0.60	1.00
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.16	0.16	0.07	0.07	0.17	0.15
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	< 2	< 2	< 2	< 2	9.00	13.00
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	< 5	< 5	< 5	< 5	149.00	43.00
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	4.70	2.60	< 2	< 2	< 2	3.70
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	113.00	81.00	< 20	< 20	7087.00	5431.00
3505	Bore	B	µg/l	1000	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
3601	Arsenic	As	µg/l	10	< 0.2	0.30	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	19.40	4.70	< 2	< 2.5	3.30	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	< 0.5	< 0.1	< 0.5	0.10	2.00	< 0.1
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1
3608	Selenium	Se	µg/l	10	< 0.5	0.10	0.60	0.20	< 0.5	< 0.1
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9	< 0.9
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		0.70	0.80	0.50	0.70	< 0.3	< 0.3
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		< 1	0.00	< 1	0.00	< 1	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	-	0.50	< 10	0.50	-
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	-	-	-	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	17.00	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	28.00	26.00	< 10	< 10	< 10	< 10
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		< 5	18.00	< 5	< 5	< 5	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	7.00	< 5	< 5	< 5	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	4.00	< 5	< 5	< 5	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	6.00	< 3	3.00	< 3	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	5.00	< 5	< 5	< 5	< 5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		< 5	13.00	< 5	< 5	< 5	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		< 15	35.00	< 15	< 15	< 15	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		< 5	26.00	< 5	< 5	< 5	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	-	0.01	-	0.01	-

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	VAL D'AISNE		Grotte de Hotton		LES VALISETTES 40M	
	Code Ouvrage				*55/1/9/001*		*55/5/1/010*		*57/4/5/001*	
	ID BDHYDRO				*DIXSOU00_27648*		*ULGGEO02_31783*		*FUNDPN00_3774*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM023*		*RWM023*		*RWM023*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquifère des calcaires du Givetien*		*Aquifère des calcaires du Givetien*		*Aquiclude du Frasnien - Famennien*	
	ID Analyse CALYPSO				*15214 / 15215*	*15542 / 15543*	*15168 / 15169*	15544 / 15545	*15190 / 15191*	15546 / 15547
	Date de prélèvement				*20/11/2006*	*02/05/2007*	*20/11/2006*	02/05/2007	*13/11/2006*	23/04/2007
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		-	-	-	-	29.65	15.60
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-	-	-	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		830.00	-	-	-	153.00	63.00
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	22.00	-	-	-	1.00	0.00
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	4.00	-	-	-	0.00	0.00
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	1.00	-	-	-	0.00	0.00
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		< 1.5	< 1.5	31.40	3.03	< 1.5	< 1.5
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	8.40	10.50	9.70	13.60	11.80	13.60
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	7.60	7.11	7.13	7.43	7.22	7.26
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	542.00	558.00	483.00	495.00	579.00	575.00
2103	Dureté totale	TH	° français		35.80	32.60	28.70	28.20	37.10	36.70
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		283.00	639.00	297.00	803.00	401.00	398.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		6.71	6.60	9.90	9.70	1.00	9.63
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		25.30	25.60	19.20	20.20	29.00	30.00
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	20.90	24.10	20.80	18.10	26.00	35.10
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	20.40	22.10	34.40	40.40	24.00	23.00
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		7.30	6.70	8.90	5.80	6.00	5.60
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	113.00	117.00	88.10	97.00	115.90	114.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	8.20	8.20	9.50	9.60	17.50	20.00
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	7.70	8.00	10.60	7.90	6.30	6.50
2207	Potassium	K+	mg/l		2.60	2.70	5.40	2.80	1.40	1.70
2208	Baryum	Ba++	µg/l		46.40	47.00	39.40	31.00	88.60	70.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		192.00	193.00	166.00	171.00	173.00	188.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	< 10	10.00	488.00	90.00	< 10	13.00
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	18.40	19.90	20.80	22.40	13.60	14.10
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.05	0.06	0.08	0.08	0.06	0.05
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		0.00	0.00	0.06	0.12	0.00	0.00
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	< 2	< 2	30.00	6.00	< 2	< 2
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	< 5	< 5	29.00	11.00	168.00	126.00
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	< 2	< 2	15.60	53.20	4.30	11.40
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	< 20	< 20	< 20	34.00	< 20	55.00
3505	Bore	B	µg/l	1000	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
3601	Arsenic	As	µg/l	10	< 0.2	< 0.1	0.70	0.30	0.20	0.20
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	< 1	< 1	1.16	< 1	< 1	2.65
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	< 2	< 2.5	2.20	< 2.5	< 2	4.50
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	< 0.5	< 0.1	1.20	0.60	< 0.5	0.40
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1
3608	Selenium	Se	µg/l	10	< 0.5	0.10	< 0.5	< 0.1	< 0.5	< 0.1
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	< 0.9	< 0.9	3.70	1.70	< 0.9	1.10
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		0.40	0.50	4.50	1.30	0.30	0.50
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		< 1	0.00	< 1	0.00	< 1	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	-	0.50	-	0.50	-
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	-	-	-	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	31.00	17.00	176.00	< 10	47.00	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	31.00	28.00	12.00	< 10	32.00	< 10
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	12.00	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	< 10	< 10	33.00	< 10	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		20.00	19.00	< 10	< 10	< 10	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		< 5	< 5	15.00	< 5	< 5	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	19.00	< 5	< 5	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	9.00	< 5	< 5	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	< 3	17.00	4.00	< 3	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	< 5	18.00	< 5	< 5	< 5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	< 5	14.00	< 5	< 5	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		< 5	< 5	14.00	< 5	< 5	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	-	0.06	-	0.01	-

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	FERME DU FRAITY P1		FERME LANNOO 60M		GRANGE AUX PAPILLONS	
	Code Ouvrage				*57/4/9/002*		*57/7/2/003*		*57/7/4/286*	
	ID BDHYDRO				*FUNDPN00_3784*		*FUNDPN00_3792*		*FUNDPN00_3789*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM023*		*RWM023*		*RWM023*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquiclude du Frasnien - Famennien*		*Aquitard du Famennien*		*Aquiclude du Frasnien - Famennien*	
	ID Analyse CALYPSO				*15180 / 15181*	*15548 / 15549*	*15184 / 15185*	Puits à sec	*15182 / 15183*	15550 / 15551
	Date de prélèvement				*13/11/2006*	*24/04/2007*	*07/11/2006*		*07/11/2006*	02/05/2007
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		-	-	3.40	-	5.26	0.86
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-	-	-	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		162.00	239.00	310.00	-	92.00	-
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	39.00	0.00	4.00	-	1.00	-
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	8.00	0.00	1.00	-	0.00	-
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	2.00	0.00	0.00	-	0.00	-
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		< 1.5	< 1.5	4.92	-	< 1.5	< 1.5
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	12.60	11.70	10.60	-	11.30	18.60
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	6.86	6.77	7.19	-	7.27	7.20
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	718.00	694.00	830.00	-	561.00	598.00
2103	Dureté totale	TH	° français		37.10	36.40	32.90	-	27.60	32.90
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		465.00	468.00	515.00	-	345.00	581.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		8.00	4.90	6.10	-	7.30	7.00
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		25.90	26.10	36.60	-	29.70	28.50
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	57.00	57.00	45.00	-	9.90	18.00
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	39.00	41.00	72.00	-	34.00	48.10
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		12.10	10.00	8.90	-	11.90	11.30
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	108.50	103.00	64.70	-	73.30	104.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	25.80	26.00	40.70	-	15.40	16.90
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	28.70	21.00	89.30	-	51.70	21.00
2207	Potassium	K+	mg/l		1.30	1.40	10.50	-	7.20	3.60
2208	Baryum	Ba++	µg/l		227.00	223.00	50.50	-	62.50	60.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		378.00	376.00	1023.00	-	642.00	513.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	36.00	38.00	4.80	-	< 0.1	1.40
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	0.00	0.00	0.00	-	0.28	0.00
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.12	0.14	0.21	-	0.24	0.11
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3	< 3	-	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	< 2	18.00	2.00	-	5.00	< 2
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	65.00	57.00	< 5	-	132.00	134.00
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	< 2	14.10	< 2	-	38.30	213.00
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	30.00	76.00	34.00	-	< 20	43.00
3505	Bore	B	µg/l	1000	40.00	48.00	410.00	-	265.00	85.00
3601	Arsenic	As	µg/l	10	< 0.2	< 0.1	5.70	-	0.40	0.20
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	-	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	< 1	< 1	< 1	-	< 1	< 1
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	0.51	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	< 2	< 2.5	< 2	-	< 2	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	< 0.5	0.40	0.70	-	< 0.5	0.70
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	< 0.2	< 0.1	< 0.2	-	< 0.2	< 0.1
3608	Selenium	Se	µg/l	10	< 0.5	< 0.1	0.80	-	< 0.5	< 0.1
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	1.20	1.30	1.10	-	< 0.9	1.80
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		0.60	0.90	1.00	-	0.50	1.10
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3	< 0.3	-	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		< 1	0.00	< 1	-	< 1	0.30
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	-	0.00	8.20
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.20
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.10
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.40
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	-	0.50	-	0.50	-
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	-	-	-	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	178.00	166.00	< 10	-	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		< 10	< 10	< 10	-	< 10	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	-	< 5	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	-	< 5	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	-	< 5	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	< 3	< 3	-	< 3	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	< 5	< 5	-	< 5	< 5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	-	< 5	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	-	< 5	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		< 15	< 15	< 15	-	< 15	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		< 5	< 5	< 5	-	< 5	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		< 2	< 2	< 2	-	< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	-	0.01	-	0.01	-

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	BOUSSU EN FAGNE 3M		Place de Hublet 60M		ROMEREE ROUTE DE MATAGNE	
	Code Ouvrage				*57/8/1/002*		*57/8/4/002*		*58/2/7/003*	
	ID BDHYDRO				*FUNDPN00_3995*		*FUNDPN00_3898*		*FUNDPN00_2516*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM023*		*RWM023*		*RWM023*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquiclude du Frasnien - Famennien*		*Aquifère des calcaires du Givetien*		*Aquiclude du Frasnien - Famennien*	
	ID Analyse CALYPSO				*15188 / 15189*	*15552 / 15553*	*15186 / 15187*	15554 / 15555	*15196 / 15197*	15556 / 15557
	Date de prélèvement				*07/11/2006*	*23/04/2007*	*07/11/2006*	23/04/2007	*06/11/2006*	24/04/2007
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		-	0.88	-	-	-	4.30
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-	-	-	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		6600.00	69500.00	45.00	258.00	277.00	93.00
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	1090.00	34000.00	2.00	10.00	240.00	260.00
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	60.00	3500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	56.00	180.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		2.13	3.77	< 1.5	< 1.5	< 1.5	< 1.5
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	13.70	13.40	11.20	12.40	12.10	12.50
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	7.34	7.30	6.88	7.00	7.50	7.48
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	321.00	476.00	590.00	564.00	520.00	481.00
2103	Dureté totale	TH	° français		20.70	29.20	43.90	36.10	23.00	25.10
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		225.00	324.00	388.00	389.00	300.00	321.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		6.20	8.78	8.90	9.08	6.80	5.60
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		13.70	22.80	31.60	31.20	26.50	27.10
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	2.80	20.70	5.50	9.00	5.60	6.50
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	33.00	56.80	29.00	30.30	22.00	21.20
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		8.90	8.30	4.80	4.40	16.80	14.60
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	65.50	92.00	142.30	138.00	60.20	66.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	5.30	15.10	4.90	4.10	18.70	21.00
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	3.80	9.50	4.40	4.00	35.20	15.10
2207	Potassium	K+	mg/l		2.10	2.50	< 1	< 1	11.00	9.70
2208	Baryum	Ba++	µg/l		58.00	91.00	33.70	35.00	116.00	120.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		278.00	382.00	144.00	144.00	1297.00	1299.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	35.00	182.00	< 10	< 10	< 10	< 10
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	11.80	7.80	15.90	25.20	< 0.1	< 0.1
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.27
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.18	0.15	0.05	0.06	0.19	0.17
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	14.00	15.00	3.00	2.00	< 2	9.00
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	< 5	124.00	< 5	< 5	10.00	47.00
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	2.70	42.80	6.10	42.80	< 2	< 2
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	25.00	237.00	< 20	< 20	< 20	< 20
3505	Bore	B	µg/l	1000	< 25	27.00	< 25	< 25	148.00	146.00
3601	Arsenic	As	µg/l	10	0.50	0.60	< 0.2	0.10	< 0.2	< 0.1
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	< 1	< 1	< 1	2.49	< 1	< 1
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	0.60	3.50	0.60	1.40	< 0.5	0.20
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	0.50	0.40	< 0.2	< 0.1	< 0.2	< 0.1
3608	Selenium	Se	µg/l	10	< 0.5	0.10	< 0.5	0.10	< 0.5	< 0.1
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	3.80	3.60	< 0.9	1.20	< 0.9	< 0.9
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		6.30	2.90	0.80	0.80	0.60	0.50
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		< 1	0.00	< 1	0.00	< 1	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	-	0.50	-	0.50	-
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	-	-	-	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	23.00	14.00	< 10	< 10	< 10	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	16.00	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	10.00	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		< 10	< 10	150.00	112.00	< 10	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		18.00	< 5	< 5	< 5	< 5	8.00
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5.00
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		11.00	< 5	< 5	< 5	< 5	9.00
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		25.00	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		6.00	5.00	< 5	< 5	< 5	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		2.00	4.00	< 2	< 2	< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	-	0.01	-	0.01	-

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	VIERVES E1 HS98		RÉSURGENCE DE L'EAU NOIRE		PUITS HEROCK	
	Code Ouvrage				*58/5/3/002*		*58/5/4/002*		*59/1/1/035*	
	ID BDHYDRO				*FUNDPN00_4073*		*DIXSOU00_31402*		*FUNDPN00_2667*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM023*		*RWM023*		*RWM023*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquitard de l'Eifelien*		*Aquifère des calcaires du Givetien*		*Aquiclude du Frasnien - Famennien*	
	ID Analyse CALYPSO				*15194 / 15195*	*15558 / 15559*	*15178 / 15179*	15560 / 15561	*15200 / 15201*	15562 / 15563
	Date de prélèvement				*13/11/2006*	*23/04/2007*	*13/11/2006*	23/04/2007	*13/11/2006*	16/04/2007
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		-	-	-	-	10.50	18.55
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-	-	-	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		12.00	-	-	-	165.00	-
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	0.00	-	-	-	9.00	-
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	0.00	-	-	-	0.00	-
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	0.00	-	-	-	0.00	-
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		< 1.5	< 1.5	< 1.5	2.60	< 1.5	< 1.5
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	10.80	11.40	9.60	10.70	11.80	14.90
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	7.21	6.89	7.11	7.04	7.18	7.42
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	686.00	631.00	270.00	235.00	608.00	551.00
2103	Dureté totale	TH	° français		42.20	39.40	13.40	12.10	28.60	27.00
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		475.00	595.00	196.00	144.00	403.00	392.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		9.30	8.77	7.90	11.50	2.18	8.46
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		28.90	29.80	9.80	9.60	21.20	21.10
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	25.50	26.80	15.70	13.80	49.90	50.30
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	51.70	53.00	15.90	15.40	55.50	57.60
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		6.60	5.30	5.00	3.30	12.20	11.10
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	141.00	137.00	43.50	41.00	86.10	82.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	12.70	12.50	4.90	4.60	16.50	15.80
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	6.70	6.30	9.00	7.20	38.80	34.00
2207	Potassium	K+	mg/l		< 1	1.10	1.80	1.62	2.20	2.40
2208	Baryum	Ba++	µg/l		52.10	61.00	21.50	26.00	156.70	150.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		304.00	305.00	109.00	101.00	1764.00	1552.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	13.00	< 10	24.00	39.00	< 10	13.00
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	29.50	36.20	9.70	12.10	12.00	20.30
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.09	0.08	0.05	0.05	0.11	0.12
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	< 2	< 2	43.00	39.00	< 2	< 2
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	< 5	< 5	12.00	18.60	< 5	< 5
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2.20
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	117.00	125.00	< 20	< 20	< 20	< 20
3505	Bore	B	µg/l	1000	< 25	< 25	38.00	27.00	54.00	58.00
3601	Arsenic	As	µg/l	10	< 0.2	< 0.1	0.40	0.32	0.50	0.40
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	0.46	0.41	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	< 1	< 1	8.00	3.60	< 1	< 1
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	1.40	1.50	< 0.5	0.30	< 0.5	< 0.1
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	< 0.2	0.20	< 0.2	0.06	< 0.2	< 0.1
3608	Selenium	Se	µg/l	10	< 0.5	0.30	< 0.5	0.06	< 0.5	< 0.1
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	< 0.9	1.10	2.10	2.70	< 0.9	1.30
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		0.30	0.60	1.70	1.80	0.90	0.90
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		< 1	0.00	< 1	0.00	< 1	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	-	0.50	-	0.50	-
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	-	-	-	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	11.00	< 10	15.00	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	23.00	25.00	17.00	19.00	11.00	13.00
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	< 3	< 3	3.00	< 3	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	-	0.01	-	0.01	-

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	Puits foré Jaspard Gozin		Résurgence d' Eprave		PUITS GENIMONT	
	Code Ouvrage				*59/1/7/005*		*59/2/6/002*		*59/2/7/001*	
	ID BDHYDRO				*FUNDPN00_2569*		*FUNDPN00_2697*		*FUNDPN00_2698*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM023*		*RWM023*		*RWM023*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquiclude du Frasnien - Famennien*		*Aquifère des calcaires du Givetien*		*Aquiclude du Frasnien - Famennien*	
	ID Analyse CALYPSO				*Puits non échantillonné*	*15564 / 15565*	*15170 / 15171*	15566 / 15567	*15202 / 15203*	15568 / 15569
	Date de prélèvement					*16/04/2007*	*16/11/2006*	16/04/2007	*13/11/2006*	16/04/2007
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		-	10.55	-	-	-	-
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-	-	-	-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		-	15.00	-	-	3.00	-
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	-	0.00	-	-	0.00	-
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	-	0.00	-	-	0.00	-
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	-	0.00	-	-	0.00	-
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		-	< 1.5	4.27	5.05	< 1.5	< 1.5
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	-	13.00	9.40	12.60	11.40	12.70
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	-	7.13	7.51	7.31	6.94	6.98
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	-	816.00	303.00	297.00	986.00	791.00
2103	Dureté totale	TH	° français		-	34.50	15.60	16.20	57.00	50.20
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		-	602.00	155.00	204.00	665.00	589.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		-	7.02	8.03	7.29	5.58	5.14
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		-	37.30	10.30	12.50	40.10	37.40
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	-	55.50	22.50	22.70	80.40	73.90
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	-	119.00	14.90	19.40	86.00	74.10
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		-	15.30	6.00	4.70	17.30	14.10
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	-	88.00	44.20	54.00	138.80	117.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	-	30.50	5.90	6.60	58.00	51.00
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	-	102.00	13.40	10.80	29.90	27.00
2207	Potassium	K+	mg/l		-	1.50	2.80	2.00	1.50	1.50
2208	Baryum	Ba++	µg/l		-	32.00	19.30	21.00	57.90	63.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		-	4625.00	85.00	97.00	4910.00	4629.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	-	< 10	97.00	61.00	< 10	12.00
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	-	1.20	12.00	18.40	7.80	6.50
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	-	0.67	0.00	0.00	0.23	0.17
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		-	0.00	0.10	0.00	0.00	-
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	-	0.17	0.07	0.08	0.18	0.24
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		-	0.00	0.00	0.00	0.00	-
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	-	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	-	3.00	46.00	28.00	< 2	< 2
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	-	91.00	12.00	16.00	55.00	46.00
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	-	3.60	< 2	< 2	< 2	< 2
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	-	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
3505	Bore	B	µg/l	1000	-	280.00	< 25	< 25	108.00	107.00
3601	Arsenic	As	µg/l	10	-	0.20	0.50	0.30	0.30	0.30
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	-	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	-	< 2.5	< 2	< 2.5	< 2	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	-	< 0.1	1.60	< 0.1	< 0.5	< 0.1
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	-	0.20	< 0.2	< 0.1	0.20	0.40
3608	Selenium	Se	µg/l	10	-	< 0.1	< 0.5	< 0.1	0.80	< 0.1
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	-	< 0.9	2.90	2.00	< 0.9	1.30
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		-	0.60	3.00	1.30	1.20	1.00
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		-	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		-	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		-	0.00	< 1	0.00	< 1	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		-	0.00	0.00	0.00	0.00	< 0.1
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	-	-	0.50	-	0.50	-
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	-	-	-	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	-	< 10	13.00	< 10	< 10	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	-	< 10	11.00	14.00	< 10	< 10
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	-	< 10	68.00	< 10	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	114.00	111.00
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	-	< 10	< 10	10.00	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	-	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		-	< 10	< 10	11.00	< 10	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		-	< 5	6.00	< 5	< 5	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		-	< 5	6.00	< 5	< 5	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		-	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	-	< 3	5.00	3.00	< 3	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		-	< 5	5.00	< 5	< 5	< 5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		-	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		-	< 5	5.00	< 5	< 5	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		-	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		-	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		-	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	-	-	0.02	-	0.01	-

Code ESO	Description	Symbole	Unité	Norme de potabilité	PUITS MONTGAUTHIER	
	Code Ouvrage				*59/3/4/008*	
	ID BDHYDRO				*FUNDPN00_3030*	
	Masse d'eau souterraine				*RWM023*	
	Unité Hydrogéologique				*Aquiclude du Frasnien - Famennien*	
	ID Analyse CALYPSO				*15204 / 15205*	*15570 / 15571*
	Date de prélèvement				*06/11/2006*	*16/04/2007*
500	Niveau relatif (si piézo)	z	0,00 m		10.88	13.60
600	Débit (si source)	Q	litre/heure		-	-
1001	Germes totaux à 22 °C	GT22	nb par ml		17.00	52.00
1011	Coliformes totaux	ColiT	nb par 100ml	0	3.00	0.00
1013	Escherichia Coli	E.Coli	nb par 100ml	0	0.00	0.00
1022	Entérocoques	Enter.	nb par 100ml	0	0.00	0.00
2001	Couleur (in-situ)	Couleur	appréciation	0	0.00	0.00
2002	Turbidité	Turbidité	NTU		< 1.5	< 1.5
2003	Odeur	Odeur	appréciation	0	0.00	0.00
2005	Température	T	° Celsius	25	12.50	12.90
2101	Ions hydrogène	pH	unités pH	6.5	7.48	7.59
2102	Conductivité	K20	µs/cm à 20°C	2500	392.00	356.00
2103	Dureté totale	TH	° français		21.60	20.30
2104	Résidu sec (à 180°C)	ReS	mg/l		232.00	240.00
2106	Oxygène dissous (in-situ)	O2d	mg/l O2		3.30	6.06
2107	Alcalinité totale	TAC	° français		15.90	16.40
2201	Chlorures	Cl-	mg/l	250	25.00	27.20
2202	Sulfates	SO4--	mg/l	250	31.00	31.80
2203	Silice	SiO2	mg/l SiO2		11.20	11.10
2204	Calcium	Ca++	mg/l	270	57.50	56.00
2205	Magnésium	Mg++	mg/l	50	15.30	15.40
2206	Sodium	Na+	mg/l	200	12.00	12.20
2207	Potassium	K+	mg/l		1.30	1.40
2208	Baryum	Ba++	µg/l		102.50	110.00
2209	Strontium	Sr++	µg/l		409.00	516.00
2210	Aluminium	Al+++	µg/l	200	< 10	< 10
3001	Nitrates	NO3-	mg/l NO3	50	3.40	3.30
3002	Nitrites	NO2-	mg/l NO2	0.5	0.00	0.00
3003	Ammonium	NH4+	mg/l NH4	0.5	0.00	0.00
3005	Phosphore total	P	mg/l P2O5		0.00	0.00
3203	Fluorures	F-	mg/l	1.5	0.11	0.12
3204	Ortho-Phosphates	PO4---	mg/l		0.00	0.00
3205	Cyanures (totaux)	CN-	µg/l	50	< 3	< 3
3501	Fer (sur filtré 0,4µ)	Fe	µg/l	200	< 2	< 2
3502	Manganèse	Mn	µg/l	50	< 5	6.00
3503	Cuivre	Cu	µg/l	2000	5.10	< 2
3504	Zinc	Zn	µg/l	5000	48.00	< 20
3505	Bore	B	µg/l	1000	< 25	< 25
3601	Arsenic	As	µg/l	10	0.90	1.00
3602	Cadmium	Cd	µg/l	5	< 0.2	< 0.2
3603	Chrome	Cr	µg/l	50	< 1	< 1
3604	Mercure	Hg	µg/l	1	< 0.1	< 0.1
3605	Nickel	Ni	µg/l	20	< 2	< 2.5
3606	Plomb	Pb	µg/l	25	0.60	< 0.1
3607	Antimoine	Sb	µg/l	5	0.50	0.40
3608	Selenium	Se	µg/l	10	0.70	0.40
4001	Oxydabilité (KMnO4)	M.O.	mg/l O2	5	< 0.9	1.10
4002	Carbone organique total	COT	mg/l C		0.30	0.30
4201	Benzène	C6H6	µg/l	1	< 0.1	< 0.1
4202	Toluène	C7H8	µg/l		< 0.1	< 0.1
4203	Ethylbenzène	C8H10	µg/l		< 0.1	< 0.1
4204	Xylènes	diC8H10	µg/l		< 0.3	< 0.3
4301	Tétrachlorure de carbone	CCl4	µg/l		< 1	0.00
4302	Chloroforme	CHCl3	µg/l		0.00	0.00
4303	1,2 Dichloréthane	1,2-C2H4Cl2	µg/l	3	0.00	0.00
4304	1,1,1 Trichloréthane	1,1,1-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00
4305	1,1,2 Trichloréthane	1,1,2-C2H3Cl3	µg/l		0.00	0.00
4306	Trichloréthylène	C2HCl3	µg/l		0.00	0.00
4307	Tétrachloréthylène	C2Cl4	µg/l		0.00	0.00
4324	Trichlorobenzène	C6H3Cl3	µg/l		0.00	0.00
4399	TriEtPerchloréthylène	PCE+TCE	µg/l	10	0.50	-
4401	Hexachlorocyclohexane gamma	Lindane	ng/l	100	-	-
4403	Atrazine	Atrazine	ng/l	100	< 10	< 10
4404	Déséthyl Atrazine	Déset.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10
4405	Simazine	Simazine	ng/l	100	< 10	< 10
4406	Propazine	Propazine	ng/l	100	< 10	< 10
4407	Métribuzin	Métribuzin	ng/l	100	< 10	< 10
4408	Diuron	Diuron	ng/l	100	< 10	< 10
4410	Isoproturon	Isoproturon	ng/l	100	< 10	< 10
4411	Chlortoluron	Chlortoluron	ng/l	100	< 10	< 10
4412	Linuron	Linuron	ng/l	100	< 10	< 10
4413	Monuron	Monuron	ng/l	100	< 10	< 10
4414	Métoxuron	Métoxuron	ng/l	100	< 10	< 10
4415	Métobromuron	Métobromuron	ng/l	100	< 10	< 10
4416	Bromacile	Bromacile	ng/l	100	< 10	< 10
4426	Bentazone	Bentazone	ng/l	100	< 10	< 10
4427	Chloridazon	Chloridazon	ng/l	100	< 10	< 10
4435	Terbutylazine	Terbutylazine	ng/l	100	< 10	< 10
4436	Déisopropylatrazine	Déprop.atrazine	ng/l	100	< 10	< 10
4437	Cyanazine	Cyanazine	ng/l	100	< 10	< 10
4483	2,6 - dichlorobenzamide	dichlorobenzamide	ng/l		< 10	< 10
4501	Fluoranthène	Fluoranthène	ng/l		< 5	< 5
4502	Benzo (b) fluoranthène	3,4-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5
4503	Benzo (k) fluoranthène	11,12-Benzofluoranthène	ng/l		< 5	< 5
4504	Benzo (a) pyrène	3,4-Benzopyrène	ng/l	10	< 3	< 3
4505	Benzo (g,h,i) pérylène	1,12-Benzopérylène	ng/l		< 5	< 5
4506	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	Indénopyrène	ng/l		< 5	< 5
4507	Pyrène	Pyrène	ng/l		< 5	< 5
4509	Phénanthrène	Phénanthrène	ng/l		< 15	< 15
4510	Fluorène	Fluorène	ng/l		< 5	< 5
4513	Anthracène	Anthracène	ng/l		< 2	< 2
4599	HAP somme (4)	HAP $4	µg/l	0.1	0.01	-

ANNEXE VI

Fiches de qualité SEQ-ESO par masse d'eau souterraine

Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ-ESO) Appliqué à: **M022**

Nombre de stations de mesure : **16** Nombre d'analyses effectuées : **4**

CTRL_K

ALTERATION

(paramètres entrant en considération pour qualifier l'altération de l'eau)

Minéralisation et salinité
(acidité, conductivité, chlorures, sulfates, dureté, alcalinité, résidu sec,…)

Matières oxydables et substances eutrophisantes
(nitrates, ammonium, azote organique, carbone organique, oxydabilité,phosphates,…)

Particules et éléments filtrables
(turbidité, fer, manganèse, aluminium, silice, matières en suspension)

Micropolluants minéraux
(cuivre, zinc, plomb, nickel, chrome, cadmium, arsenic, bore, cyanures,…)

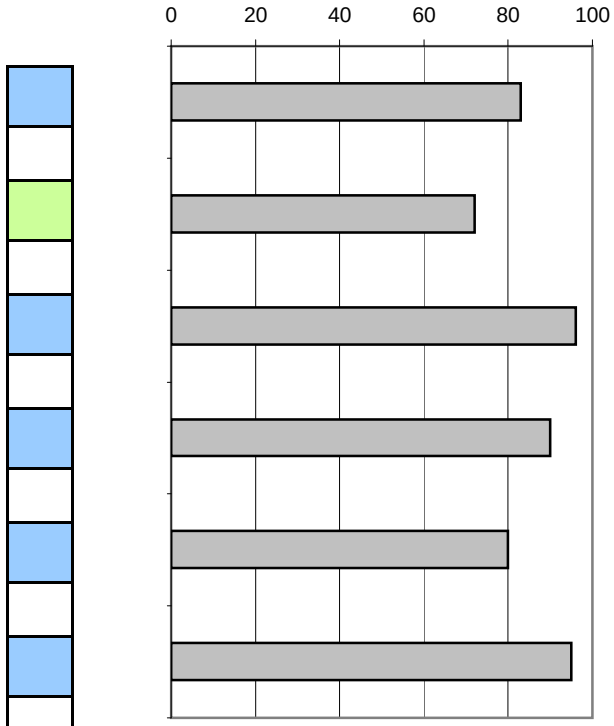
Produits phytosanitaires
(désherbants, pesticides utilisés pour le maïs, le froment, la betterave,…)

Hydrocarbures et autres polluants organiques
(benzène, solvants chlorés, hydrocarbures polyaromatiques,…)

Qualité générale de l'eau

Classes

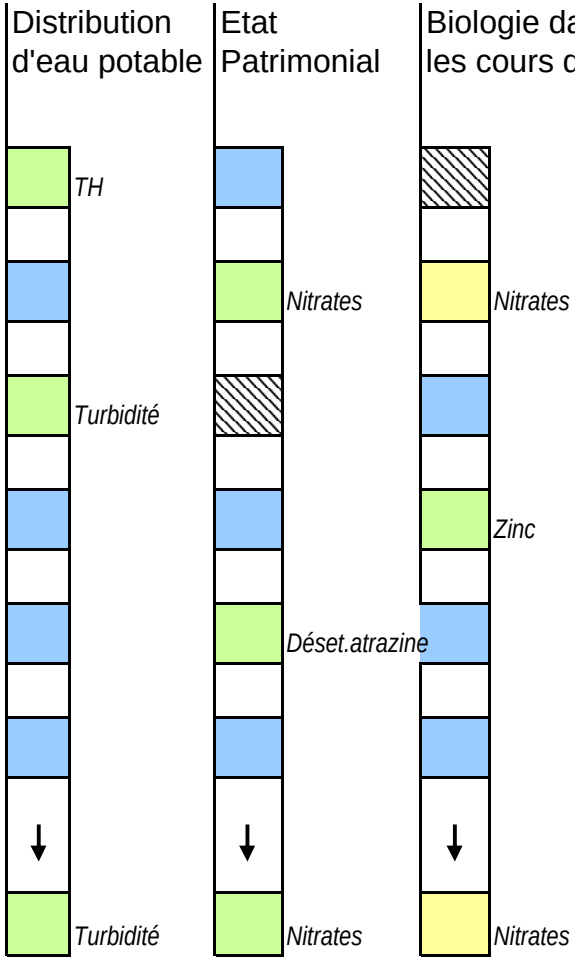
Indice



Qualité globale de l'eau

Aptitude de l'eau à satisfaire les "usages" (1)

(avec indication du paramètre le plus pénalisant)



Altération n'influençant pas l'usage

? Altération non qualifiée (absence de données)

(1) La distribution d'eau potable par réseau est l'usage majeur des eaux souterraines en Wallonie (75% des prélèvements). Les autres usages agricoles et industriels sont disponibles mais ne sont pas représentés car ils sont moins exigents et sont influencés par un nombre restreint d'altérations. L' état patrimonial mesure la dégradation de l'eau par rapport à un état naturel, due à l'activité humaine. L'aptitude à la biologie dans les cours d'eau représente les effets néfastes de la qualité de l'eau sur l'abondance et la variété des espèces vivant dans les rivières dans l'hypothèse extrême où celles-ci sont alimentées exclusivement par les eaux souterraines. La signification précise des classes de qualité pour ces "usages" est donnée dans le tableau annexé qui montre également comment l'indice général de qualité est obtenu.

Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ-ESO) Appliqué à: **M023**

Nombre de stations de mesure : **34** Nombre d'analyses effectuées : **2**

CTRL_K

ALTERATION

(paramètres entrant en considération pour qualifier l'altération de l'eau)

Minéralisation et salinité
(acidité, conductivité, chlorures, sulfates, dureté, alcalinité, résidu sec,…)

Matières oxydables et substances eutrophisantes
(nitrates, ammonium, azote organique, carbone organique, oxydabilité,phosphates,…)

Particules et éléments filtrables
(turbidité, fer, manganèse, aluminium, silice, matières en suspension)

Micropolluants minéraux
(cuivre, zinc, plomb, nickel, chrome, cadmium, arsenic, bore, cyanures,…)

Produits phytosanitaires
(désherbants, pesticides utilisés pour le maïs, le froment, la betterave,…)

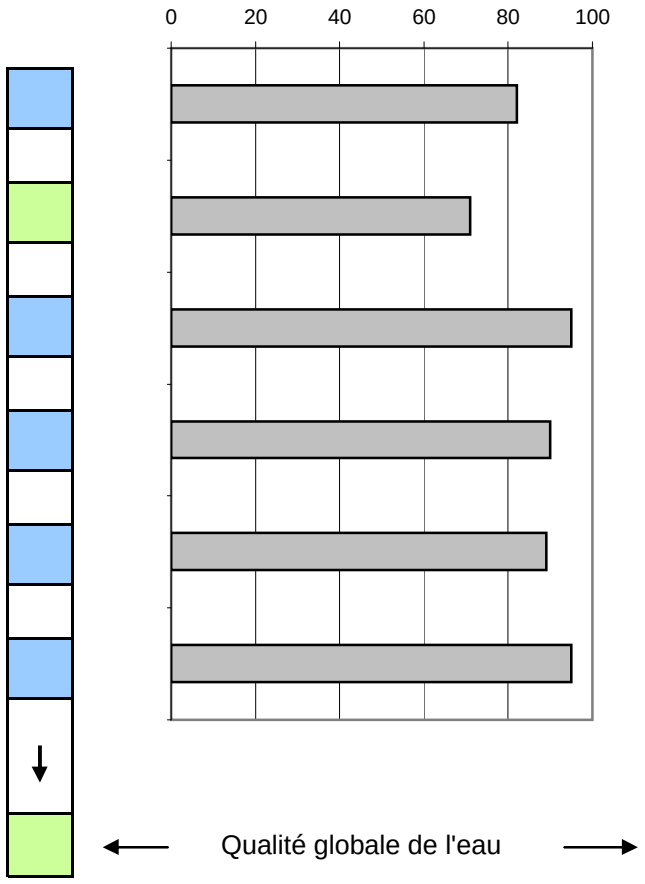
Hydrocarbures et autres polluants organiques
(benzène, solvants chlorés, hydrocarbures polyaromatiques,…)

Qualité générale de l'eau

Classes

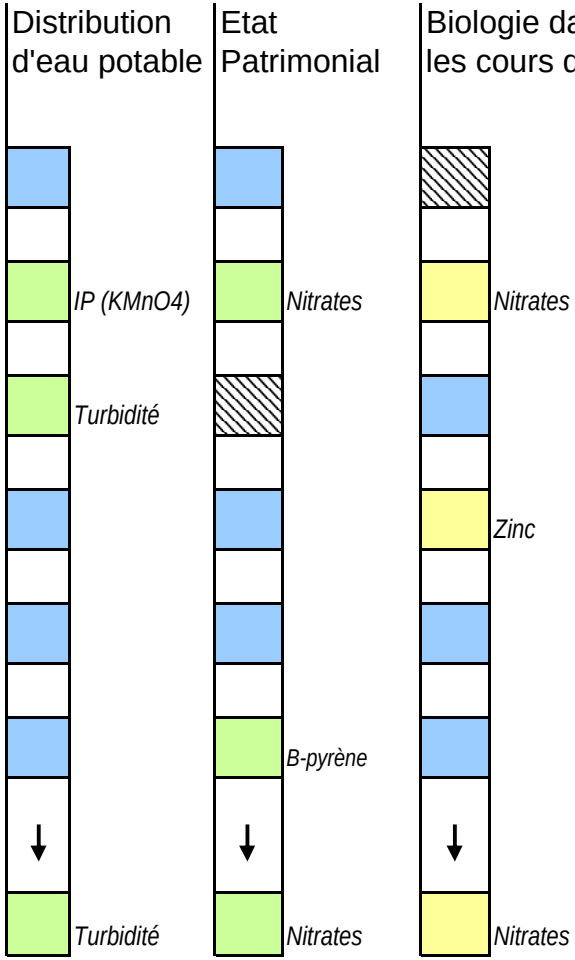
mauvais médiocre moyen bon très bon

Indice



Aptitude de l'eau à satisfaire les "usages" (1)

(avec indication du paramètre le plus pénalisant)



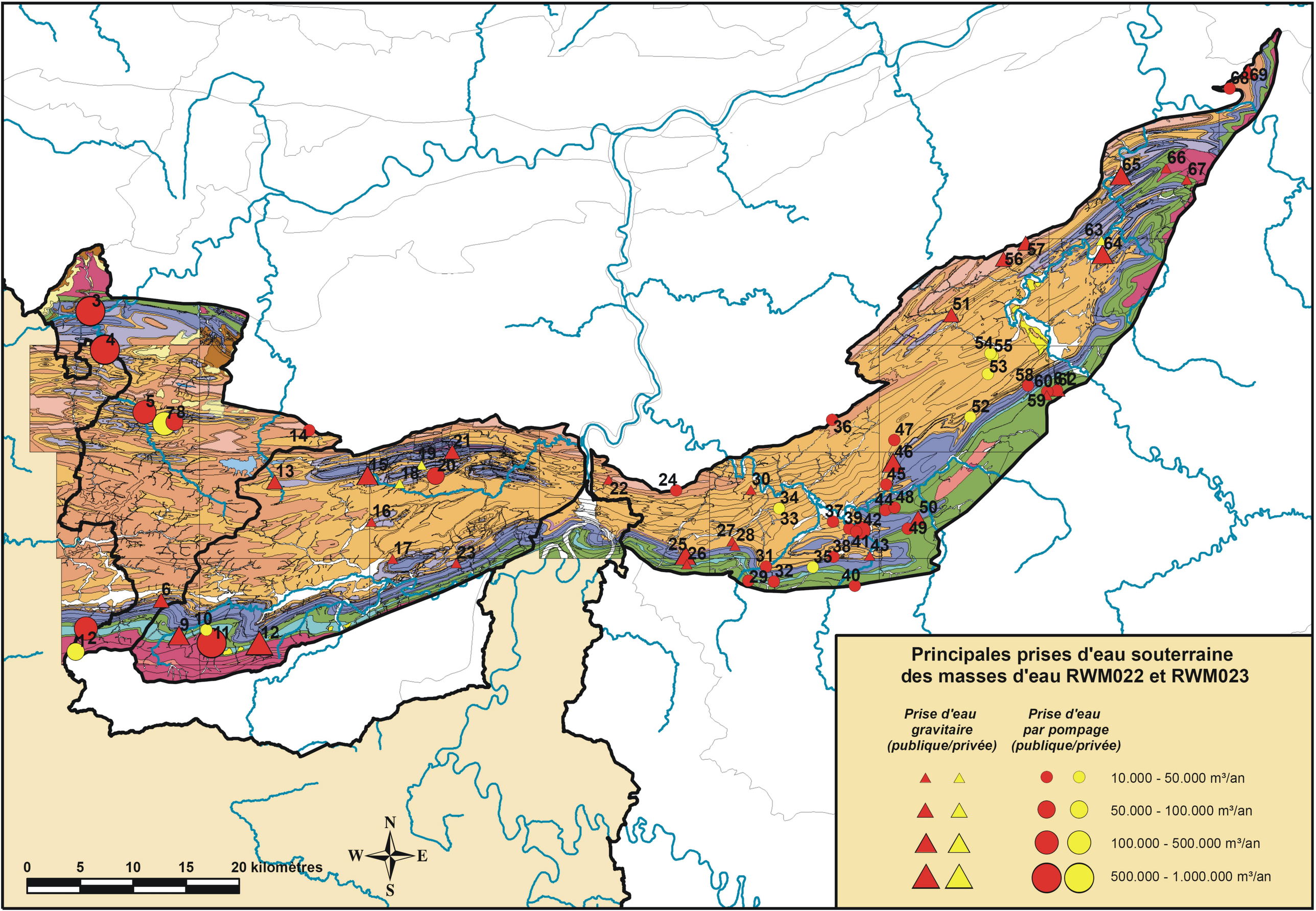
Altération n'influençant pas l'usage

? Altération non qualifiée (absence de données)

(1) La distribution d'eau potable par réseau est l'usage majeur des eaux souterraines en Wallonie (75% des prélèvements). Les autres usages agricoles et industriels sont disponibles mais ne sont pas représentés car ils sont moins exigents et sont influencés par un nombre restreint d'altérations. L' état patrimonial mesure la dégradation de l'eau par rapport à un état naturel, due à l'activité humaine. L'aptitude à la biologie dans les cours d'eau représente les effets néfastes de la qualité de l'eau sur l'abondance et la variété des espèces vivant dans les rivières dans l'hypothèse extrême où celles-ci sont alimentées exclusivement par les eaux souterraines. La signification précise des classes de qualité pour ces "usages" est donnée dans le tableau annexé qui montre également comment l'indice général de qualité est obtenu.

ANNEXE VII

Localisation et description des principales prises d'eau souterraine des masses d'eau RWM022 et RWM023


Principales prises d'eau souterraine
des masses d'eau RWM022 et RWM023
Prise d'eau gravitaire (publique/privée)
Prise d'eau par pompage (publique/privée)
10.000 - 50.000 m³/an
50.000 - 100.000 m³/an
100.000 - 500.000 m³/an
500.000 - 1.000.000 m³/an
0 5 10 15 20 kilomètres
N
W
E
S

N° Carte	Code Ouvrage	ID BDHYDRO	Masse d'eau souterraine	Localité	X Lambert (m)	Y Lambert (m)	Nom	Nature	Profondeur (m)	Code Nappe	Unité Hydrogéologique	Titulaire	Volume annuel moyen (m³/an)
1	57/5/8/003	DIXSOU00_27213	M022	Momignies	134361	79424	Trieux Bayard	PF		807	Aquiclude à niveaux aquifères du Dév. Inf.	Privé	80 000
2	57/5/6/001	DIXSOU00_24860	M022	MOMIGNIES	135365	81625	Moulin de Bourges P2	PF	20	804	Aquifère des calcaires dévoniens	SWDE	400 000
3	52/1/9/001	DIXSOU00_26939	M022	SOLRE-SUR-SAMBRE	135737	111374	Bringuette P1	PF	28	804	Aquifère des calcaires dévoniens	SWDE	550 000
4	52/5/3/001	DIXSOU00_27791	M022	MONTIGNIES-SAINT-CHRISTOPHE	137094	107724	Pont Romain P3	PF	20	804	Aquifère des calcaires dévoniens	SWDE	1 000 000
5	52/6/5/001	DIXSOU00_28031	M022	BEAUMONT	140827	101937	Pont Castelain	PF		804	Aquifère des calcaires dévoniens	SWDE	250 000
6	57/6/5/002	DIXSOU00_23400	M022	ROBECHIES	142340	84320	Mon Rêve	G	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	CIDESER	100 000
7	52/6/8/002	DIXSOU00_27056	M022	BEAUMONT	142709	100826	Exhaure Carrière de Barbençon	CA	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	Privé	250 000
8	52/6/9/002	DIXSOU00_22080	M022	BARBENCON	143714	100926	Marbriers	G	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	SWDE	100 000
9	57/6/9/001	DIXSOU00_27523	M023	SAINT-REMY	144055	80980	Saint Remy	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	Régie des Eaux de Chimay	200 000
10	57/7/7/004	FUNDPN00_3835	M023	CHIMAY	146640	81500	Les Pommiers	PF		804	Aquifère des calcaires dévoniens	Privé	10 000
11	57/7/7/001	FUNDPN00_3832	M023	FORGES	147152	80210	Forges Bas Village	PT	4,5	804	Aquifère des calcaires dévoniens	Régie des Eaux de Chimay	800 000
12	57/7/9/001	FUNDPN00_3887	M023	BAILEUX	151634	80246	Boutonville n°1	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	Régie des Eaux de Chimay	600 000
13	57/3/3/002	FUNDPN00_3609	M023	CERFONTAINE	153062	95368	Fontaine le Cerf	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	INASEP	100 000
14	52/8/7/001	DIXSOU00_26381	M022	WALCOURT	156321	100226	Route de Philippeville	PF		810	Aquifère des grès du Famennien	INASEP	25 000
15	57/4/3/002	FUNDPN00_3772	M023	SAMART	161843	96010	Fontaine Samart	G	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	INASEP	200 000
16	58/1/4/001	FUNDPN00_2420	M023	ROLY	162179	91611	Place Communale	X		804	Aquifère des calcaires dévoniens	INASEP	20 000
17	58/5/1/001	FUNDPN00_4040	M023	FAGNOLLE	164193	88134	Village	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	INASEP	10 000
18	58/1/2/004	FUNDPN00_2415	M023	SAUTOUR	164827	95238	Captage de la Gueule du Loup	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	Privé	25 000
19	58/1/2/003	FUNDPN00_2414	M023	VILLERS-LE-GAMBON	166903	96984	Sources Villers Monopole	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	Privé	60 000
20	58/1/3/002	FUNDPN00_2418	M023	MERLEMONT	168266	95906	Minières Produits Dolomitiques	PF		804	Aquifère des calcaires dévoniens	INASEP	50 000
21	53/5/9/001	ULGGEO00_19362	M023	FRANCHIMONT	169800	98200	La Chinelle	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	INASEP	50 000
22	58/3/3/001	FUNDPN00_2524	M023	HASTIERE	184530	95570	Ry d'Heer 2	SE	-	810	Aquifère des grès du Famennien	INASEP	15 000
23	58/6/1/001	FUNDPN00_4082	M023	TREIGNES	170181	87718	Treignes E1	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	SWDE	10 000
24	58/4/5/005	FUNDPN00_2545	M023	FINNEVAUX	190914	94567	Puits Finnevaux	PF		810	Aquitard du Famennien	INASEP	20 000
25	58/4/9/001	FUNDPN00_2556	M023	BEAURAING	191777	88507	Tamizon E1	G	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	SWDE	200 000
26	58/8/3/004	DIXSOU00_26772	M023	BEAURAING	191886	87648	Castel D1	DR	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	SWDE	60 000
27	59/1/7/001	FUNDPN00_2684	M023	MARTOUZIN-NEUVILLE	196174	89798	Martouzin - Neuville Village	PF		810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	INASEP	30 000

N° Carte	Code Ouvrage	ID BDHYDRO	Masse d'eau souterraine	Localité	X Lambert (m)	Y Lambert (m)	Nom	Nature	Profondeur (m)	Code Nappe	Unité Hydrogéologique	Titulaire	Volume annuel moyen (m³/an)
28	59/1/7/002	FUNDPN00_2685	M023	MARTOUZIN-NEUVILLE	196450	89375	Bois Duchy	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	INASEP	40 000
29	59/5/2/001	DIXSOU00_26512	M023	HONNAY	197717	86096	Citronnet	PF		805	Aquitard de l'Eifelien	INASEP	20 000
30	59/1/5/001	FUNDPN00_2674	M023	HOUR	197945	94645	Fontaine	DR	-	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	INASEP	25 000
31	59/5/3/005	DIXSOU00_24020	M023	WELLIN	199380	87423	Captage de Revogne	DR	-	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	Adm. Comm. De Rochefort	30 000
32	59/5/3/004	DIXSOU00_27266	M023	WELLIN	200090	86016	Froidieu	PF		804	Aquifère des calcaires dévoniens	SWDE	10 000
33	59/1/6/004	FUNDPN00_2682	M023	WANLIN	200600	92850	Aire de Repos Wanlin	PF		810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	Privé	10 000
34	59/1/6/005	FUNDPN00_2683	M023	WANLIN	200610	92900	Puits FINA	PF		810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	INASEP	25 000
35	59/6/1/010	DIXSOU00_21802	M23	WELLIN	203800	87360	SPINOIR	PF		804	Aquifère des calcaires du Givetien	Privé	45 000
36	54/6/8/001	FUNDPN00_2083	M23	CHEVETOGNE	205590	101190	PUITS CHATAIGNIER	PF		810	Aquitard du Famennien	INASEP	12 000
37	59/2/5/001	FUNDPN00_2695	M23	ROCHEFORT	205690	91625	BOIS HERONNERIE	PF		810	Aquiclude du Famennien - Frasnien	Adm. Comm. De Rochefort	20 000
38	59/2/8/002	FUNDPN00_2701	M023	ROCHEFORT	205740	88340	Puits Vervaet	PF		804	Aquifère des calcaires dévoniens	Adm. Comm. De Rochefort	30 000
39	59/2/8/001	FUNDPN00_2700	M23	ROCHEFORT	207190	90950	CULOT DE LIEGE	PF	100	810	Aquiclude du Famennien - Frasnien	Adm. Comm. De Rochefort	40 000
40	59/6/3/001	DIXSOU00_28276	M23	TELLIN	207744	85638	SPIENCHAMPS (RESTEIGNE)	PF		805	Aquitard de l'Eifelien	Adm. Comm. De Tellin	15 000
41	59/2/9/005	FUNDPN00_2706	M23	ROCHEFORT	207850	90710	PUITS LABASSE	PF		810	Aquiclude du Famennien - Frasnien	Adm. Comm. De Rochefort	50 000
42	59/2/9/001	FUNDPN00_2702	M23	HAN-SUR-LESSE	208410	90810	PUITS MAISON COMMUNALE	PT		106	Aquifère alluvial	Adm. Comm. De Rochefort	60 000
43	59/2/9/003	FUNDPN00_2704	M23	BELVAUX	209120	88430	BELVAUX	DR	-	106	Aquifère alluvial	Adm. Comm. De Rochefort	20 000
44	59/3/4/002	FUNDPN00_3230	M23	ROCHEFORT	210613	92698	PUITS ALLEMANDS	PF	18	805	Aquitard de l'Eifelien	Adm. Comm. De Rochefort	50 000
45	59/3/1/006	FUNDPN00_3206	M23	ROCHEFORT	210670	95100	PREHYR	PF		810	Aquiclude du Famennien - Frasnien	Adm. Comm. De Rochefort	30 000
46	59/3/1/004	FUNDPN00_3204	M023	ROCHEFORT	211350	97200	Source Tridaine	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	Adm. Comm. De Rochefort	400 000
47	54/7/7/003	DIXSOU00_26416	M23	ROCHEFORT	211449	99271	HAVRENNE	PF	70	810	Aquiclude du Famennien - Frasnien	Adm. Comm. De Rochefort	20 000
48	59/3/4/004	FUNDPN00_3232	M23	ROCHEFORT	211470	92927	TELEPHONE	PF		805	Aquitard de l'Eifelien	Adm. Comm. De Rochefort	20 000
49	59/3/8/001	FUNDPN00_3272	M23	WAVREILLE	212730	90960	PUITS DUVIVIER	PF		805	Aquitard de l'Eifelien	Adm. Comm. De Rochefort	20 000
50	59/3/5/004	FUNDPN00_3237	M23	NASSOGNE	213690	92000	NEUVE-FONTAINE	DR	-	804	Aquifère des calcaires du Givetien	Adm. Comm. De Rochefort	80 000
51	54/3/9/001	ULGGEO00_15912	M023	HEURE	216832	111038	Moressée	G	-	810	Aquiclude du Frasnien - Famennien	AIEC	80 000
52	54/8/7/006	DIXSOU00_28194	M23	MARCHE-EN-FAMENNE	218609	101459	PUITS BAUCHE	PF		810	Aquiclude du Famennien - Frasnien	Privé	30 000
53	54/8/1/001	DIXSOU00_26528	M23	MARCHE-EN-FAMENNE	220282	105494	CAMP ROI ALBERT - PUITS 1	PF	60	810	Aquiclude du Famennien - Frasnien	Ministère de la Défense Nationale	15 000
54	54/8/1/005	DIXSOU00_26645	M23	MARCHE-EN-FAMENNE	220506	107411	CAMP ROI ALBERT-PUITS 6 - HAIE DU CERF	PF	189	810	Aquiclude du Famennien - Frasnien	Ministère de la Défense Nationale	30 000

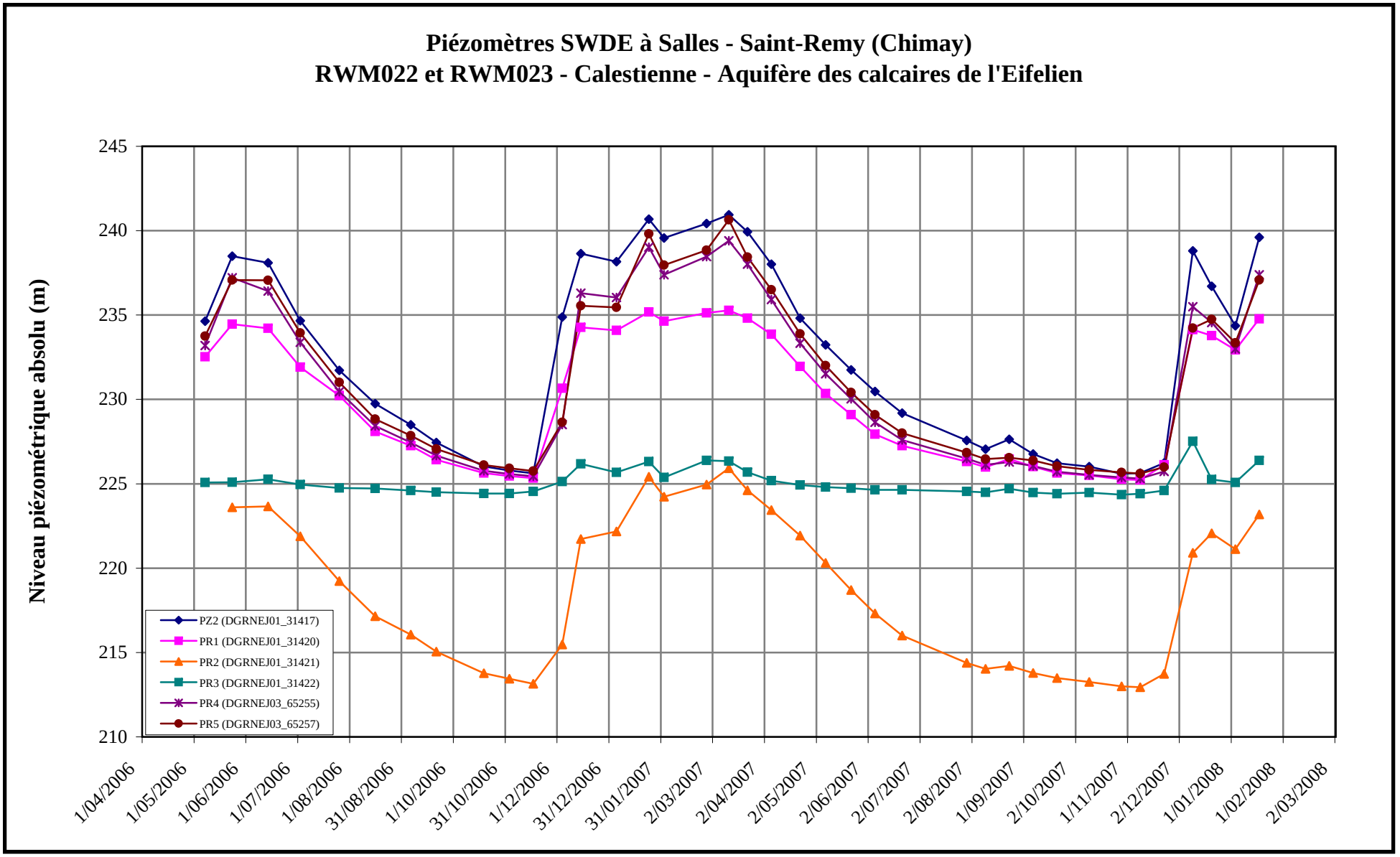
N° Carte	Code Ouvrage	ID BDHYDRO	Masse d'eau souterraine	Localité	X Lambert (m)	Y Lambert (m)	Nom	Nature	Profondeur (m)	Code Nappe	Unité Hydrogéologique	Titulaire	Volume annuel moyen (m³/an)
55	54/8/2/001	DIXSOU00_28003	M23	MARCHE-EN-FAMENNE	220714	107156	CAMP ROI ALBERT-PUITS 5 - HAIE DU CERF	PF	187	810	Aquiclude du Famennien - Frasnien	Ministère de la Défense Nationale	30 000
56	54/4/2/001	ULGGEO00_15367	M023	BONSIN	221731	116278	Chevenière E1	DR	-	810	Aquifère des grès du Famennien	SWDE	100 000
57	54/4/3/001	ULGGEO00_15433	M23	BORLON	223820	117785	BOIS DE BORLON G1	G	-	810	Aquifère des grès du Famennien	SWDE	90 000
58	54/8/6/001	DIXSOU00_27631	M023	MARENNE	224035	104404	Puits Bourdon	PF	79	804	Aquifère des calcaires dévoniens	AIEC	40 000
59	54/8/6/009	DIXSOU00_24881	M23	HOTTON	225801	103503	SOURCE DU POUHON - RÉSERVOIR LES SANGLIERS	SE	-	805	Aquitard de l'Eifelien	AIEC	40 000
60	54/8/6/013	DIXSOU00_24880	M23	MARENNE	225855	103808	BOIS MONSEU 2 - PUITS MONSEU PRODUCTIF	PF	206	805	Aquitard de l'Eifelien	AIEC	20 000
61	55/5/4/003	DIXSOU00_20749	M23	HOTTON	226760	104090	SOURCE MENIL	SE	-	805	Aquitard de l'Eifelien	AIEC	50 000
62	55/5/4/002	DIXSOU00_27628	M23	MARENNE	226772	103949	MENIL 2 - PUITS MENIL INFÉRIEUR	PF	54	805	Aquitard de l'Eifelien	AIEC	30 000
63	55/1/2/005	DIXSOU00_26817	M23	BARVAUX	230970	118020	SOURCE PRE DES MOUTONS	SE	-	804	Aquifère des calcaires du Givetien	Privé	10 000
64	55/1/2/004	DIXSOU00_25746	M023	BARVAUX	231075	116740	La Cressonnière E1	SE	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	SWDE	350 000
65	49/5/6/001	ULGGEO00_18890	M023	HAMOIR	232800	124150	Pêchet I	G	-	804	Aquifère des calcaires dévoniens	CILE	120 000
66	49/6/5/021	ULGGEO00_18928	M023	FILOT	237048	124807	Filot Bénite Fontaine D1	DR	-	807	Aquiclude à niveaux aquifères du Dév. Inf.	SWDE	40 000
67	49/6/5/003	ULGGEO00_18922	M23	FERRIERES	239010	123715	ROUGE MINIERE D1	DR	-	805	Aquitard de l'Eifelien	SWDE	20 000
68	49/3/4/011	DIXSOU00_27485	M23	SPRIMONT	243040	132248	WARNOUMONT P2	PF		810	Aquifère des grès du Famennien	SWDE	20 000
69	49/3/5/001	DIXSOU00_24853	M023	LOUVEIGNE	244799	133847	Brusson G1	G	-	810	Aquifère des grès du Famennien	SWDE	100 000

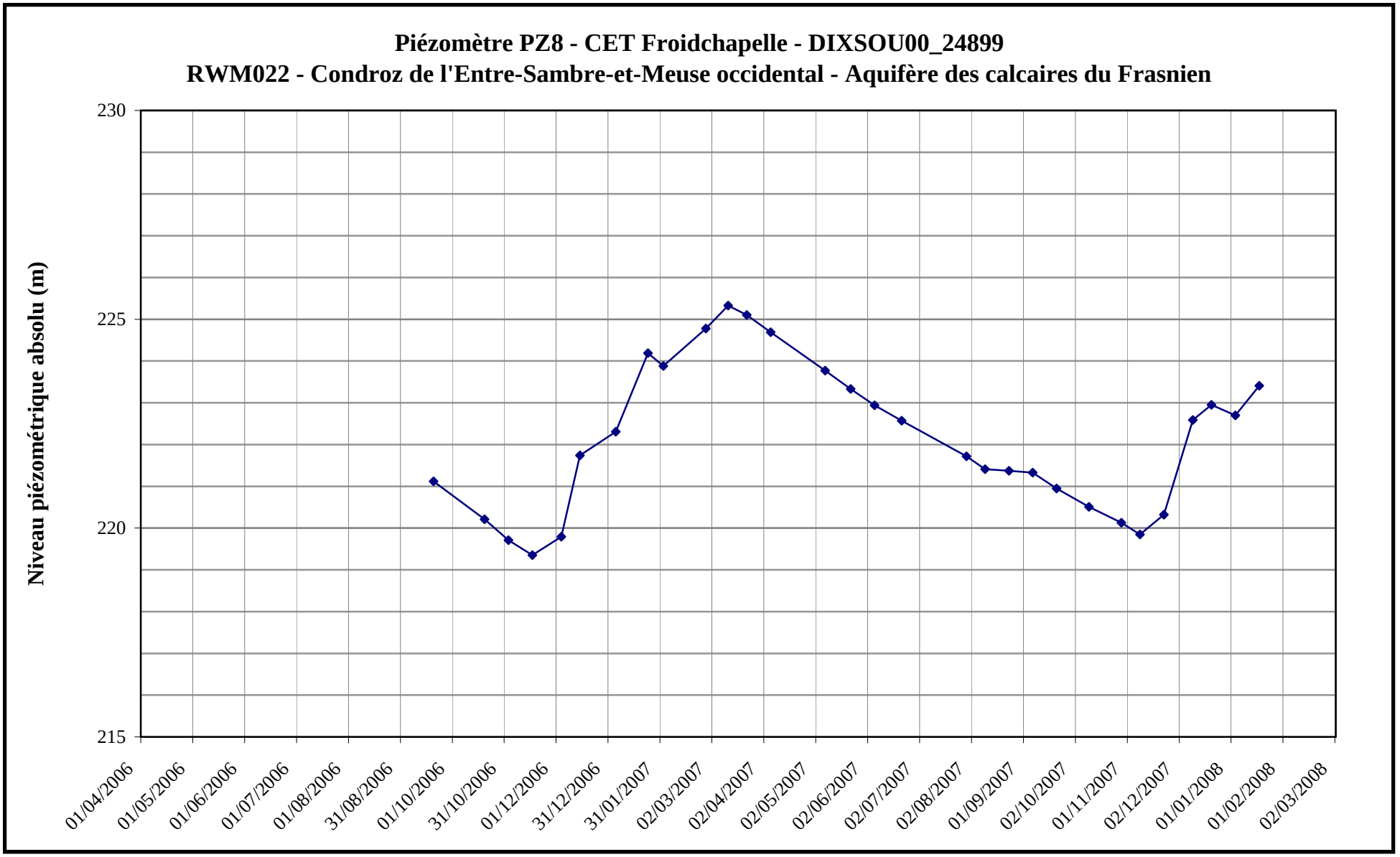
Nature : **PF** : puits foré / **PT** : puits traditionnel / **G** : galerie / **DR** : drain / **SE** : source à l'émergence / **CA** : exhaure en carrière

ANNEXE IX

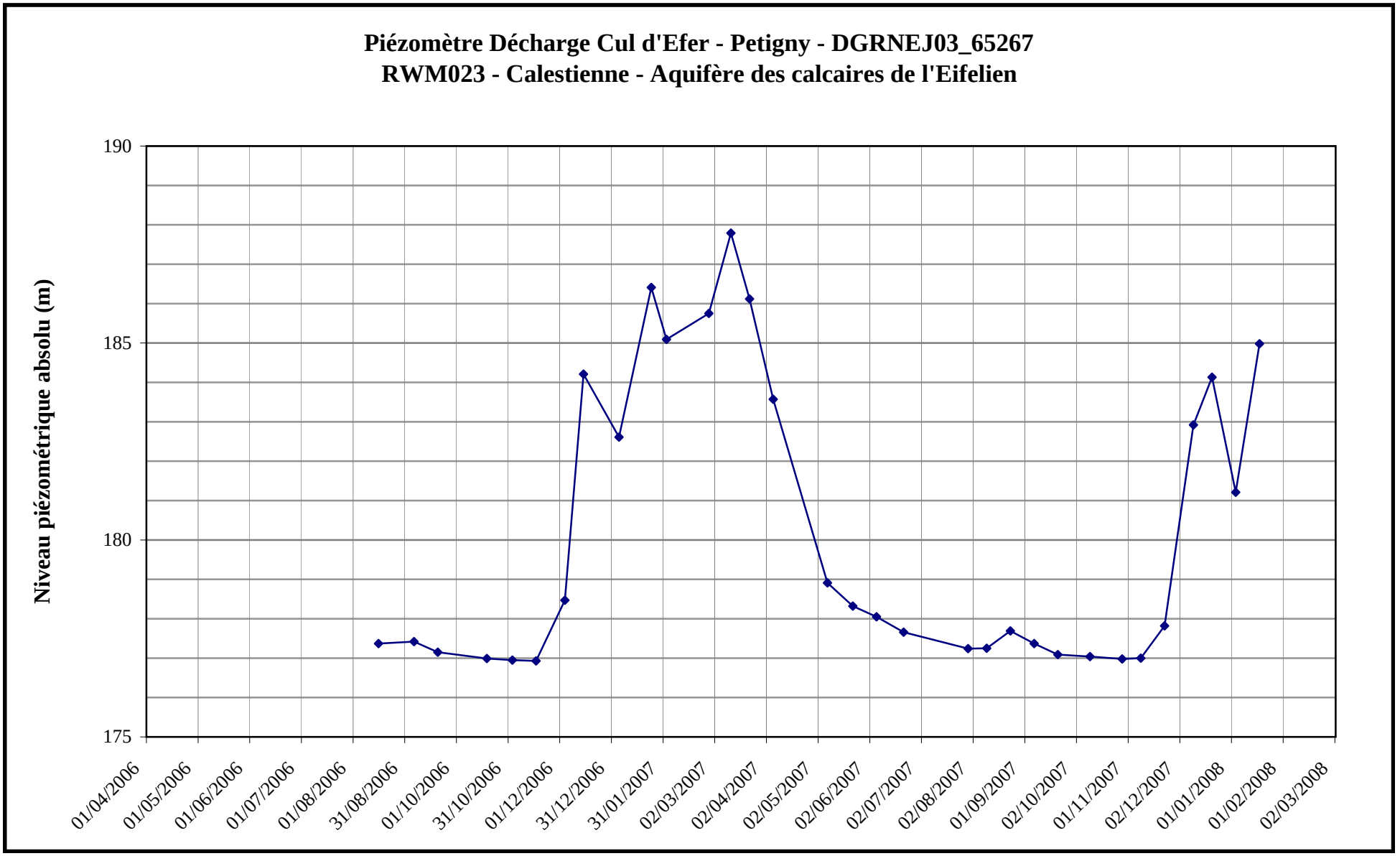
Monitoring piézométrique manuel réalisé dans le cadre spécifique du projet SYNCLINEAU dans les masses d'eau souterraine RWM022 et RWM023

Piézomètres SWDE à Salles - Saint-Remy (Chimay)
RWM022 et RWM023 - Calestienne - Aquifère des calcaires de l'Eifelien

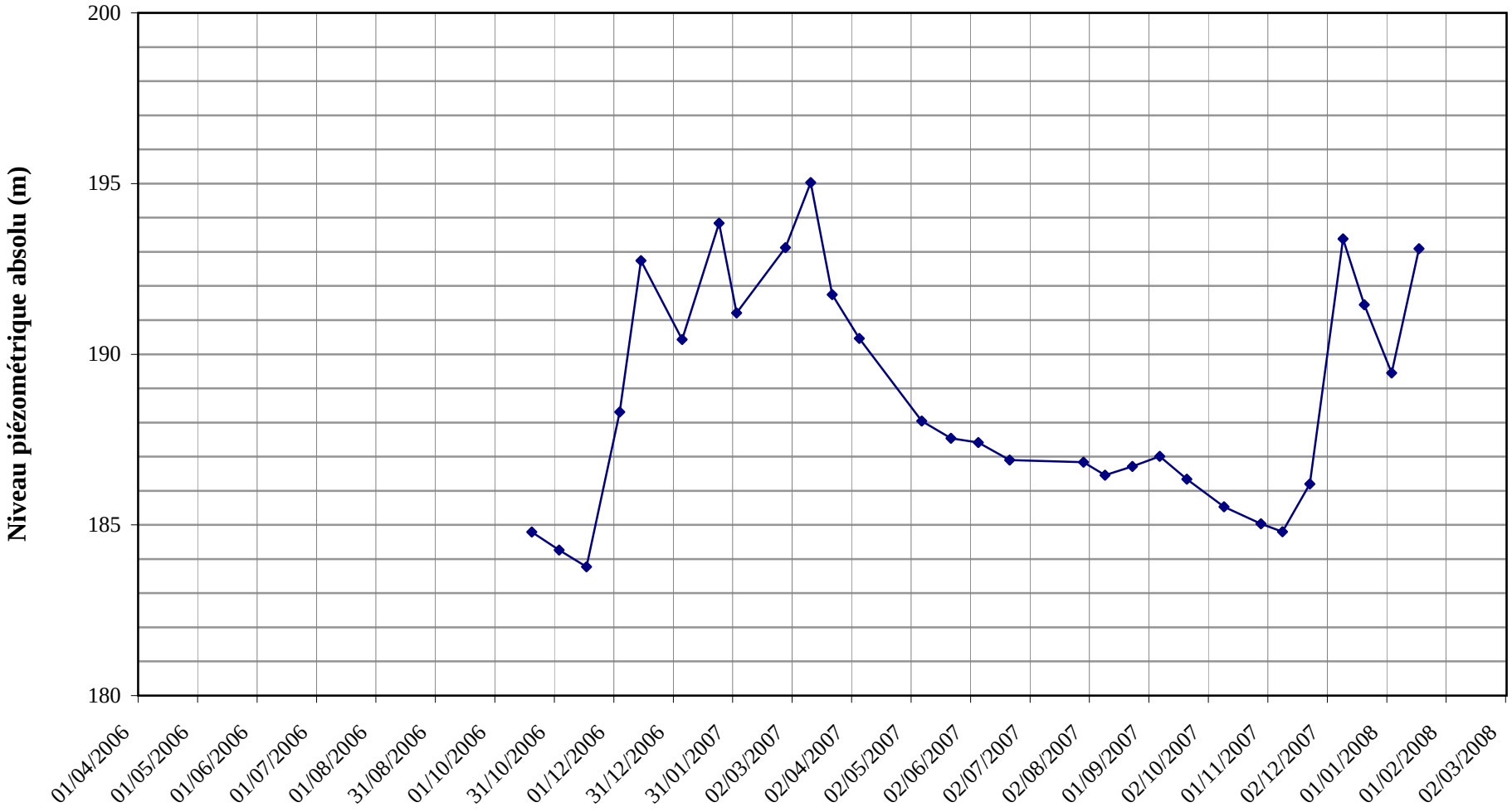


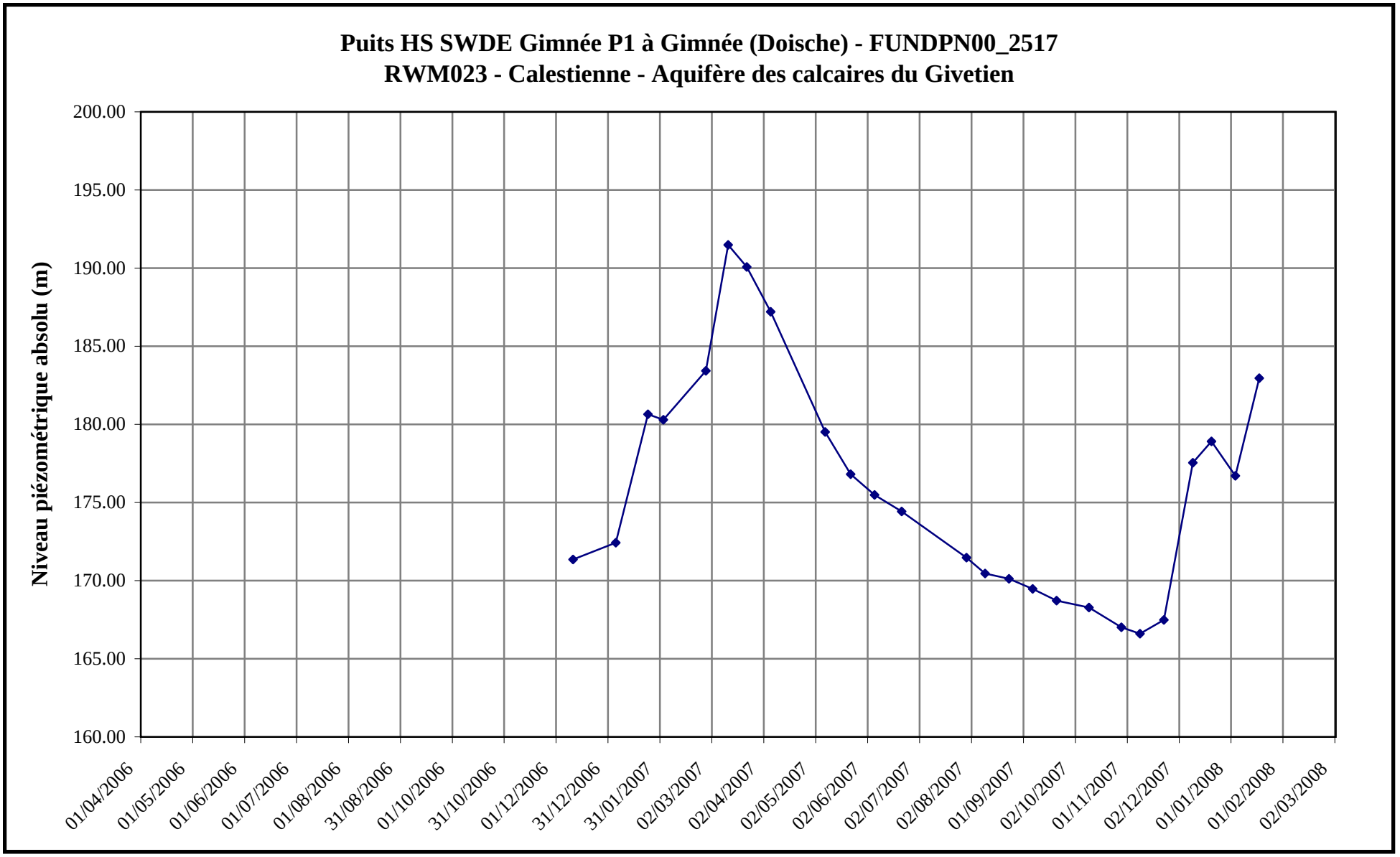

Piézomètre PZ8 - CET Froidchapelle - DIXSOU00_24899
RWM022 - Condroz de l'Entre-Sambre-et-Meuse occidental - Aquifère des calcaires du Frasnien
Niveau piézométrique absolu (m)
230
225
220
215
01/04/2006
01/05/2006
01/06/2006
01/07/2006
01/08/2006
31/08/2006
01/10/2006
31/10/2006
01/12/2006
31/12/2006
31/01/2007
02/03/2007
02/04/2007
02/05/2007
02/06/2007
02/07/2007
02/08/2007
01/09/2007
02/10/2007
01/11/2007
02/12/2007
01/01/2008
01/02/2008
02/03/2008

Piézomètre Décharge Cul d'Efer - Petigny - DGRNEJ03_65267
RWM023 - Calestienne - Aquifère des calcaires de l'Eifelien

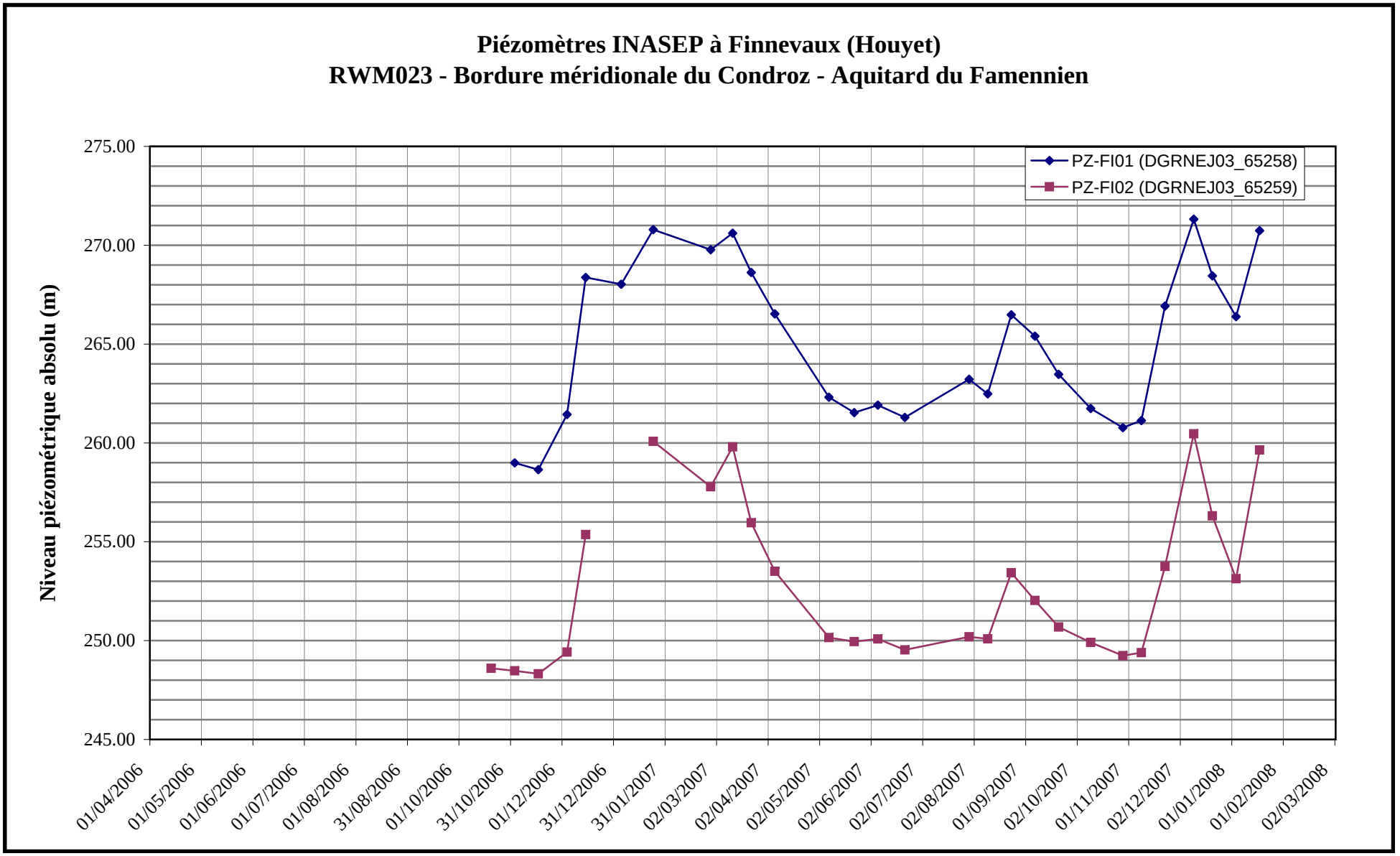


Piézomètre SPAQUE Fondri des Chiens P1 à Nismes (Viroinval) - DIXSOU00_31351
RWM023 - Calestienne - Aquifère des calcaires du Givetien

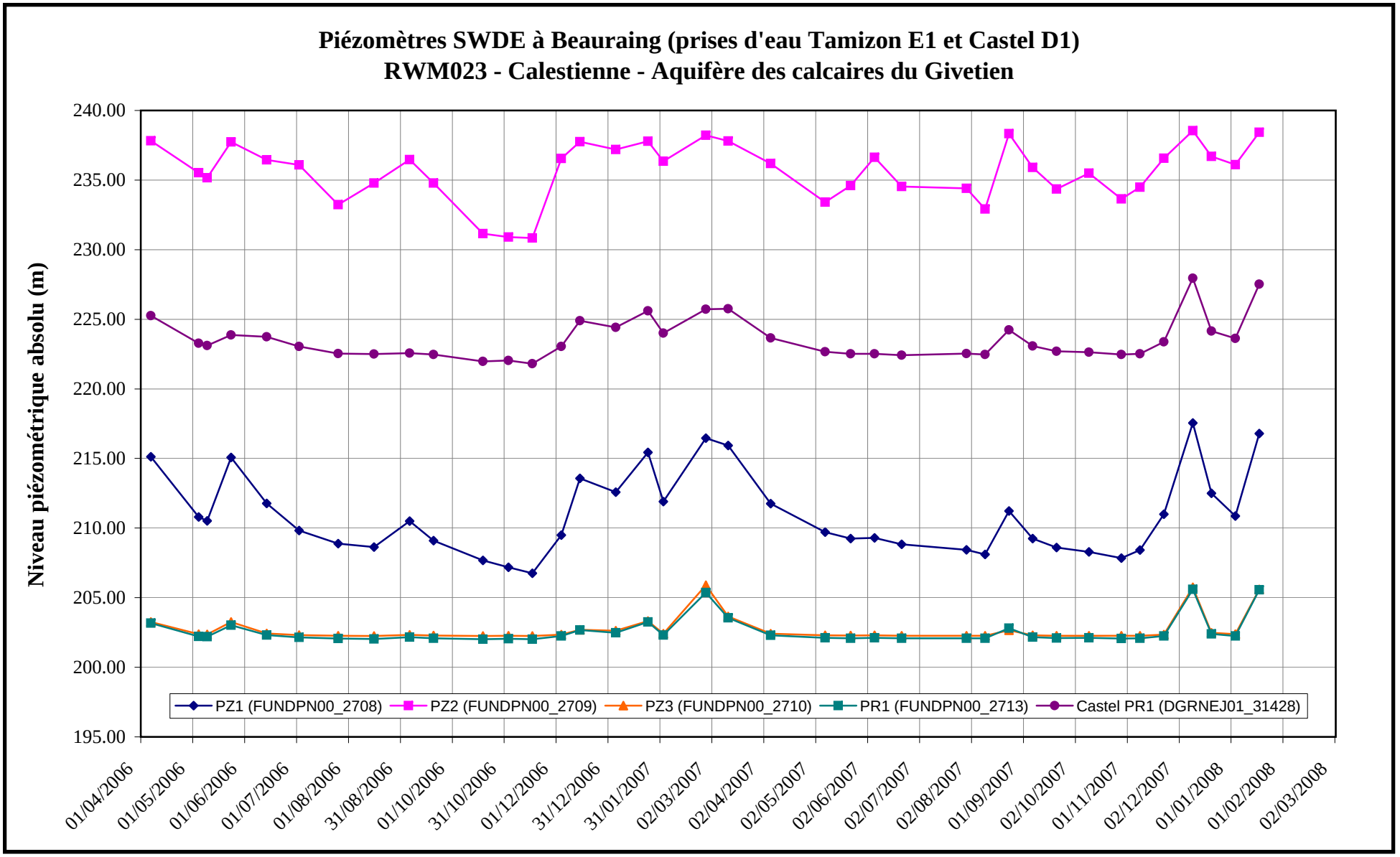



Puits HS SWDE Gimnée P1 à Gimnée (Doische) - FUNDPN00_2517
RWM023 - Calestienne - Aquifère des calcaires du Givetien
Niveau piézométrique absolu (m)
200.00
195.00
190.00
185.00
180.00
175.00
170.00
165.00
160.00
01/04/2006
01/05/2006
01/06/2006
01/07/2006
01/08/2006
31/08/2006
01/10/2006
31/10/2006
01/12/2006
31/12/2006
31/01/2007
02/03/2007
02/04/2007
02/05/2007
02/06/2007
02/07/2007
02/08/2007
01/09/2007
02/10/2007
01/11/2007
02/12/2007
01/01/2008
01/02/2008
02/03/2008

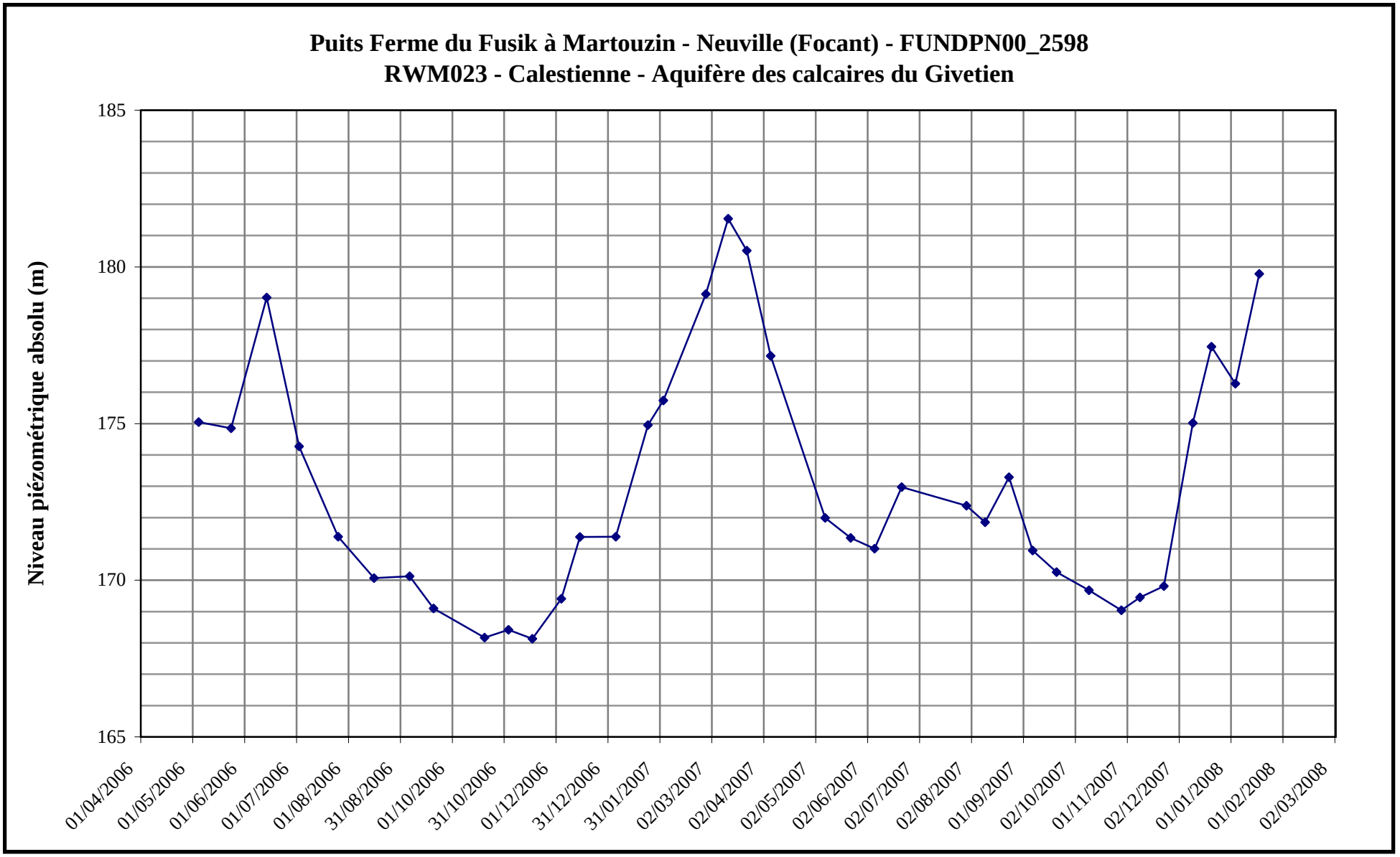
Piézomètres INASEP à Finnevaux (Houyet)
RWM023 - Bordure méridionale du Condroz - Aquitard du Famennien



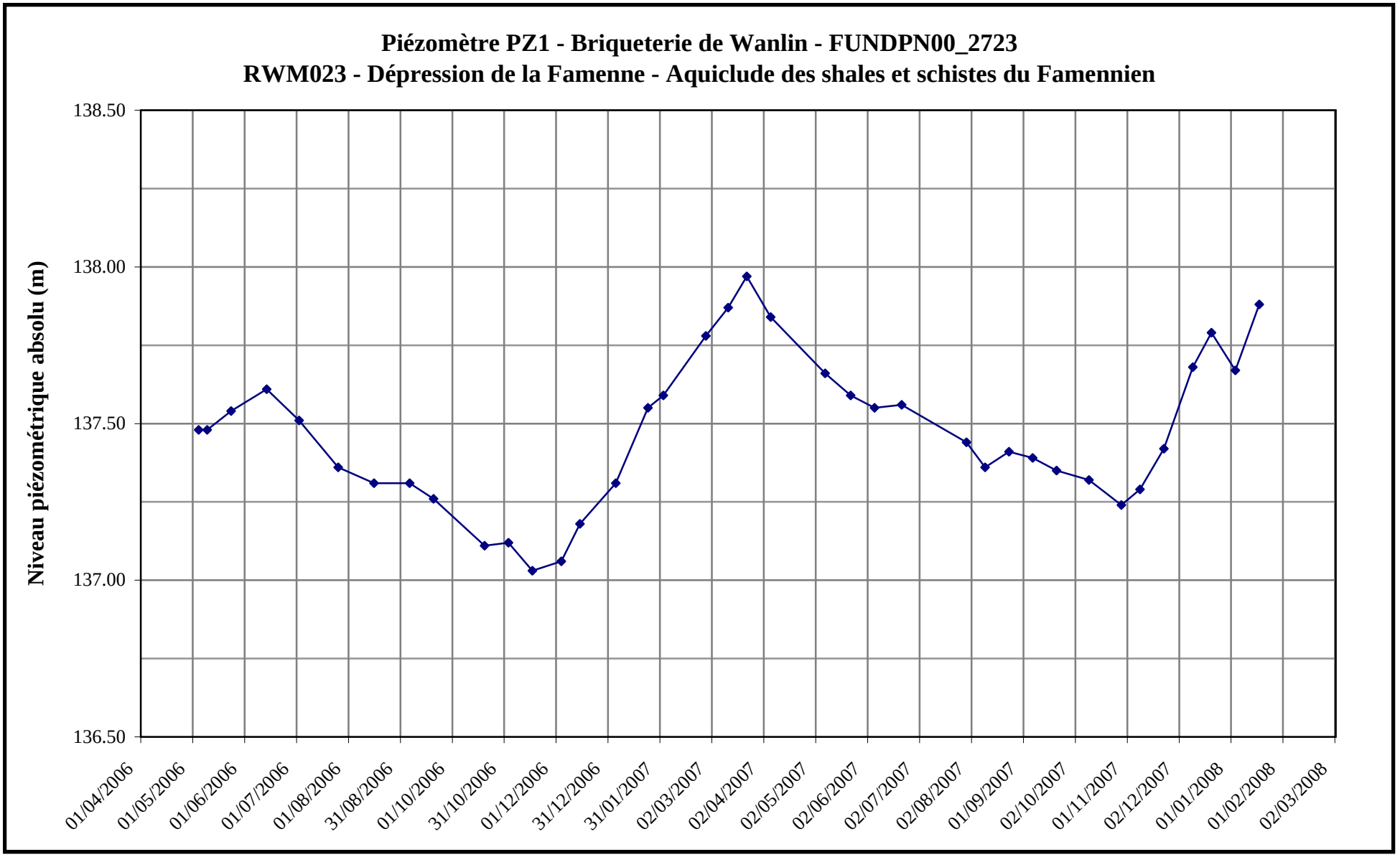
Piézomètres SWDE à Beauraing (prises d'eau Tamizon E1 et Castel D1)
RWM023 - Calestienne - Aquifère des calcaires du Givetien

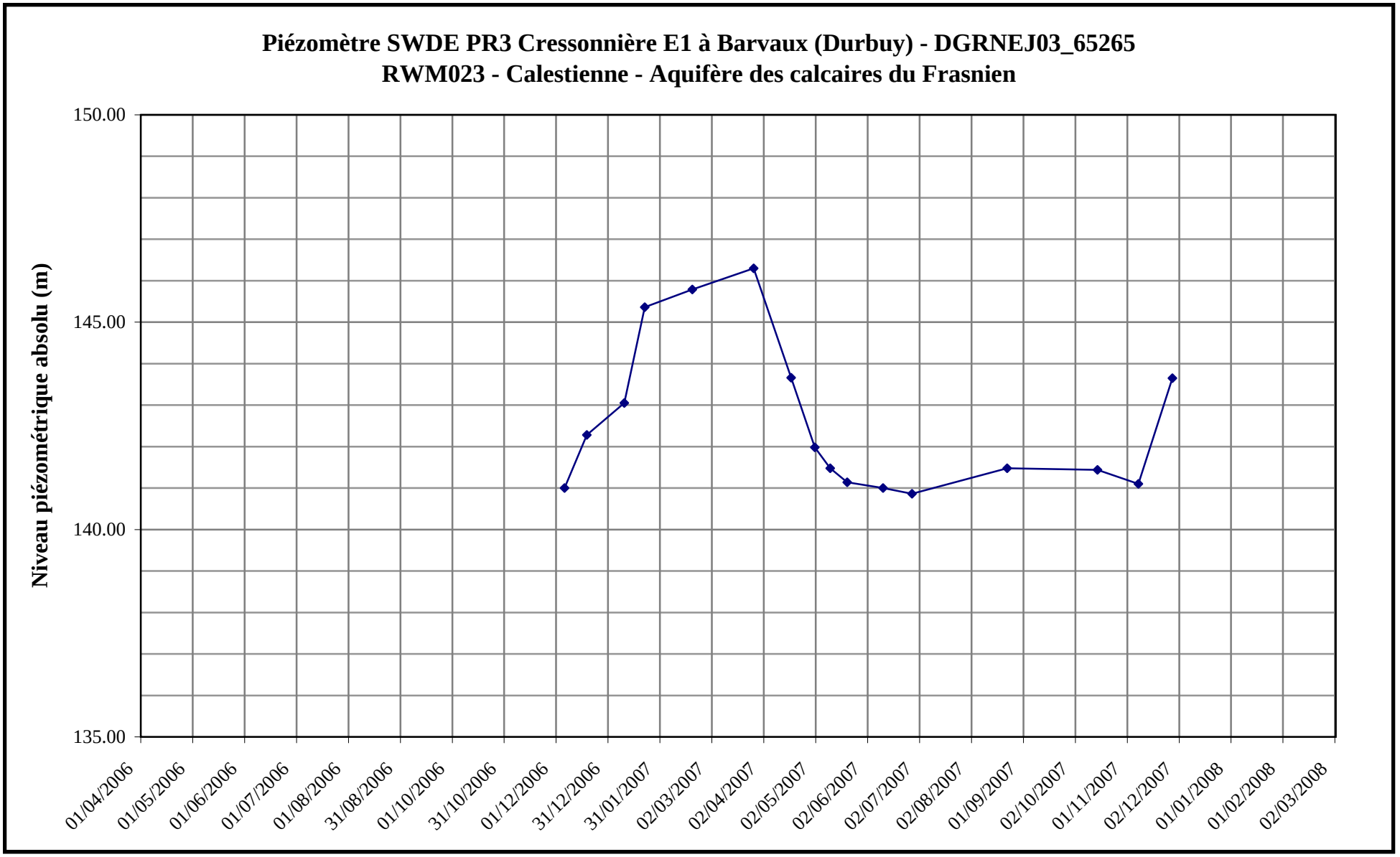


Puits Ferme du Fusik à Martouzin - Neuville (Focant) - FUNDPN00_2598
RWM023 - Calestienne - Aquifère des calcaires du Givetien



Piézomètre PZ1 - Briqueterie de Wanlin - FUNDPN00_2723
RWM023 - Dépression de la Famenne - Aquiclude des shales et schistes du Famennien



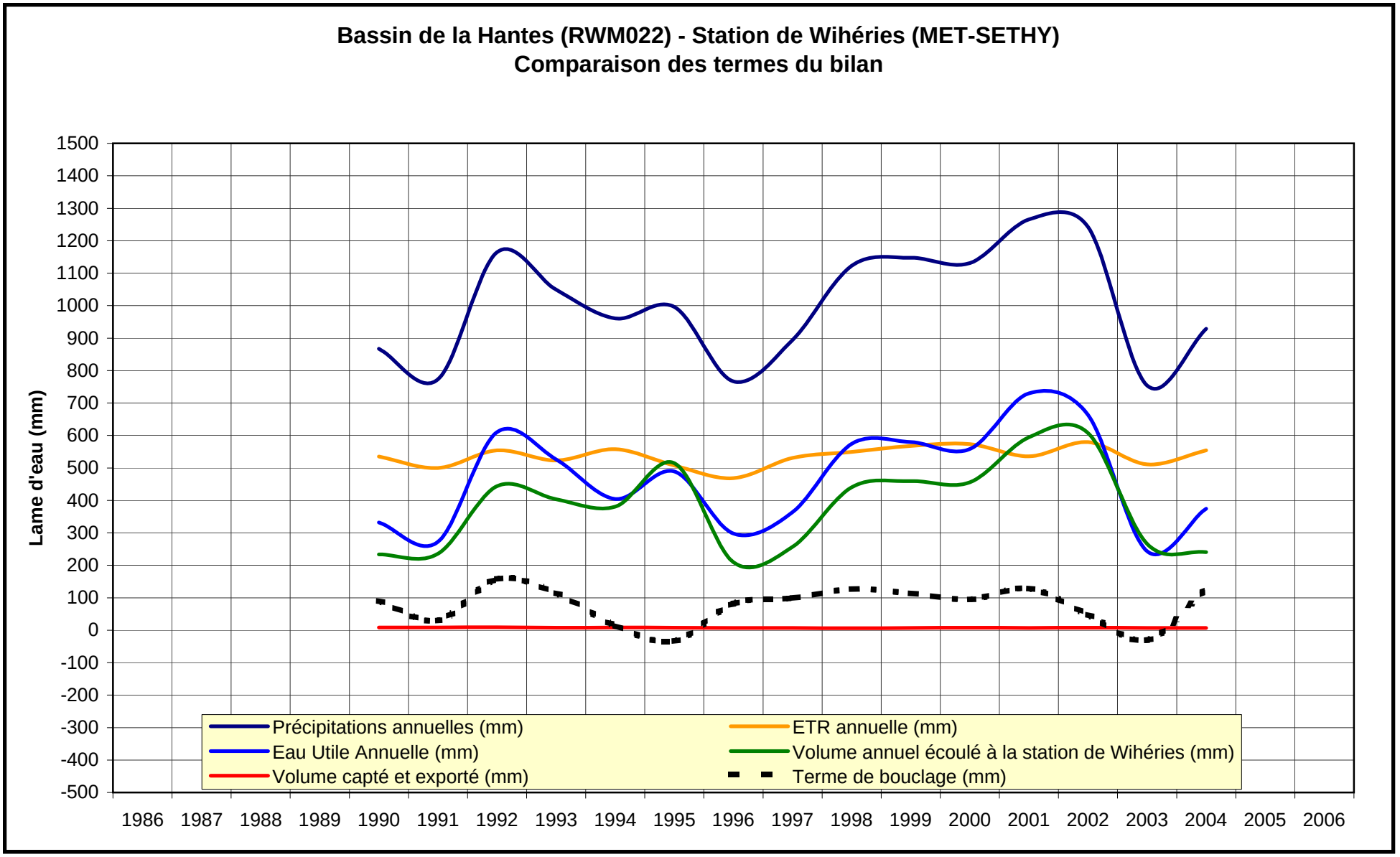

Piézomètre SWDE PR3 Cressonnière E1 à Barvaux (Durbuy) - DGRNEJ03_65265
RWM023 - Calestienne - Aquifère des calcaires du Frasnien
Niveau piézométrique absolu (m)
150.00
145.00
140.00
135.00
01/04/2006
01/05/2006
01/06/2006
01/07/2006
01/08/2006
31/08/2006
01/10/2006
31/10/2006
01/12/2006
31/12/2006
31/01/2007
02/03/2007
02/04/2007
02/05/2007
02/06/2007
02/07/2007
02/08/2007
01/09/2007
02/10/2007
01/11/2007
02/12/2007
01/01/2008
01/02/2008
02/03/2008

ANNEXE X

Bilans hydrogéologiques réalisés sur les bassins tests de la Hantes, de l'Eau Blanche (à l'amont d'Aublain) et de la Brouffe

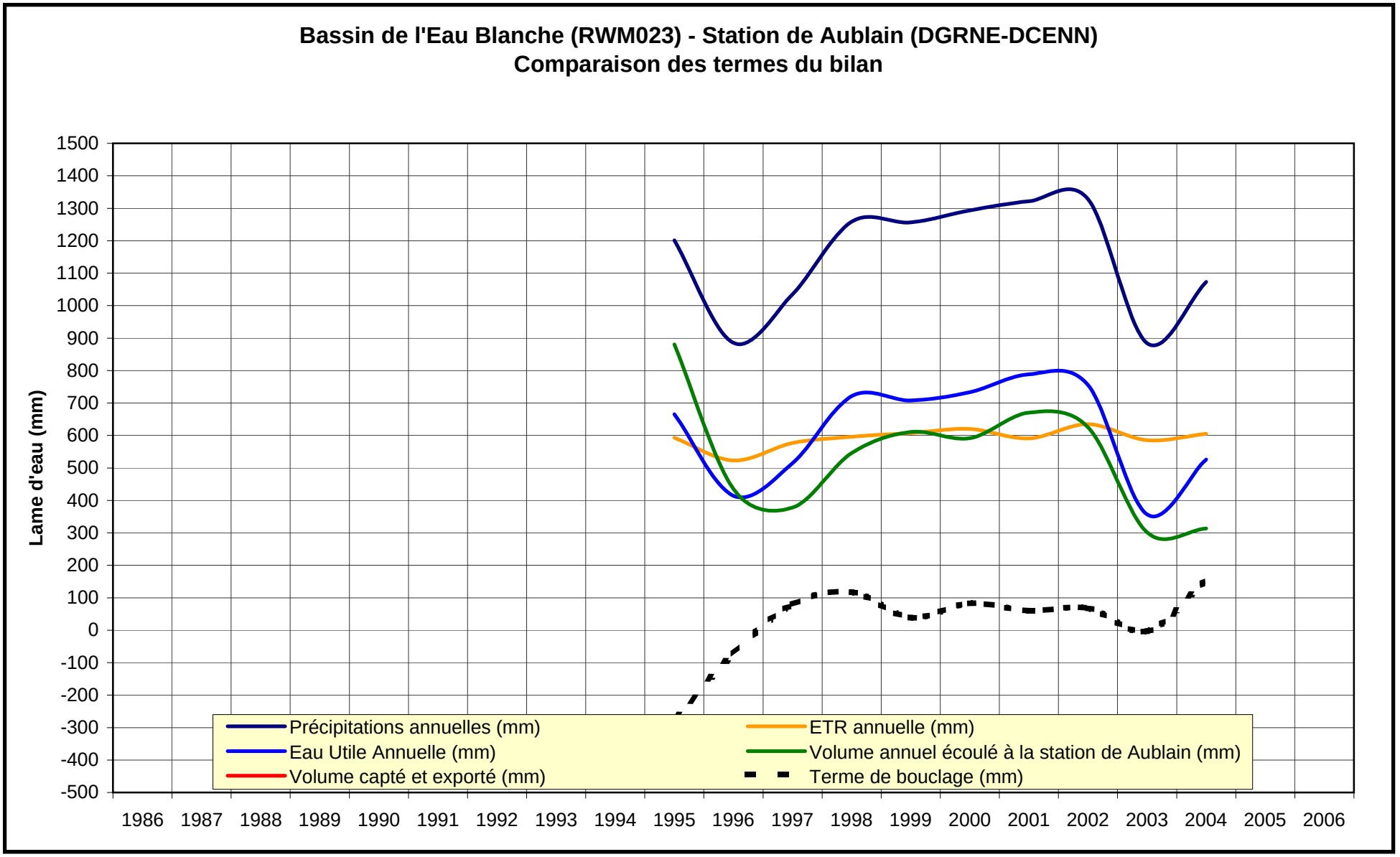
Bilan hydrogéologique - Bassin de la Hantes (RWM022 - 139 km²) - Station du MET-SETHY à Wihéries

Année	P (mm)	ETR (mm)	EUA (mm)	Volume exutoire (mm)	Volume capté et exporté (mm)	Delta (mm)	Delta (% de P)
1990	867	535	332	233	8.63	90	10.4
1991	773	500	273	235	8.45	29	3.8
1992	1164	554	610	444	8.70	158	13.5
1993	1049	523	525	403	7.75	115	10.9
1994	961	557	404	381	8.41	14	1.5
1995	996	507	489	514	7.74	-33	-3.4
1996	767	469	298	209	7.09	82	10.7
1997	894	531	364	257	7.02	99	11.1
1998	1123	549	574	440	6.50	127	11.3
1999	1148	568	580	459	7.04	114	9.9
2000	1131	573	558	456	7.35	95	8.4
2001	1266	536	730	594	6.94	129	10.2
2002	1243	580	663	607	7.71	48	3.9
2003	754	511	243	266	7.23	-30	-4.0
2004	928	554	374	240	7.06	127	13.7
Moyenne	**1004**	**536**	**468**	**383**	**8**	**77**	**7**


Bassin de la Hantes (RWM022) - Station de Wihéries (MET-SETHY)
Comparaison des termes du bilan
Lame d'eau (mm)
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
-100
-200
-300
-400
-500
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
Précipitations annuelles (mm)
ETR annuelle (mm)
Eau Utile Annuelle (mm)
Volume annuel écoulé à la station de Wihéries (mm)
Volume capté et exporté (mm)
Terme de bouclage (mm)

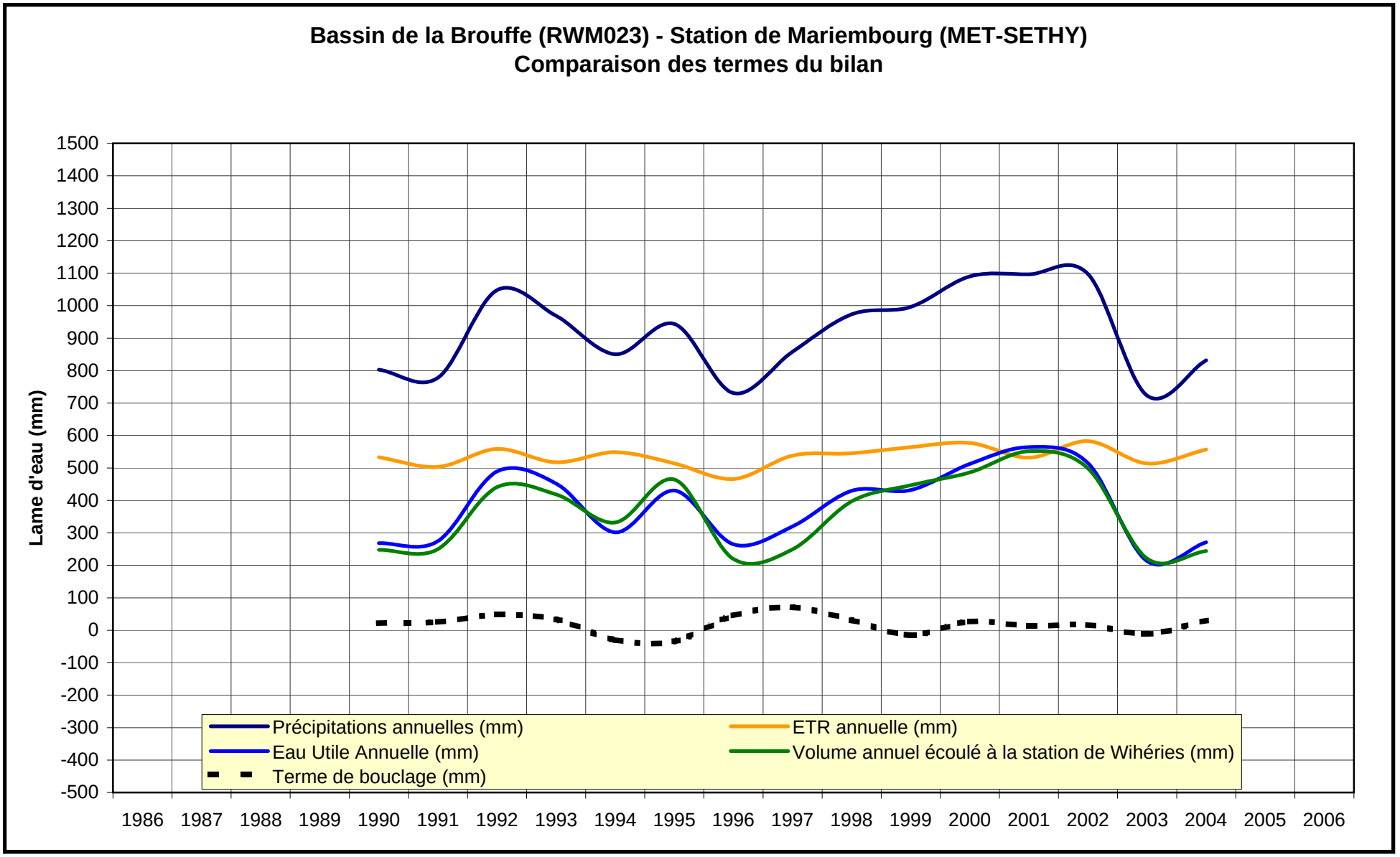
Bilan hydrogéologique - Bassin de l'Eau Blanche (106 km²) - Station d'AQUALIM à Aublain

Année	P (mm)	ETR (mm)	EUA (mm)	Volume exutoire (mm)	Delta (mm)	Delta (% de P)
1995	1201	593	665	881	-273	-22.7
1996	886	523	414	435	-73	-8.2
1997	1035	577	514	378	80	7.7
1998	1258	596	721	546	117	9.3
1999	1257	608	707	611	38	3.1
2000	1294	620	734	592	82	6.4
2001	1321	591	789	670	60	4.6
2002	1328	635	755	625	68	5.1
2003	884	585	356	302	-3	-0.3
2004	1073	605	526	313	155	14.4
Moyenne	**1154**	**593**	**618**	**535**	**25**	**2**


Bassin de l'Eau Blanche (RWM023) - Station de Aublain (DGRNE-DCENN)
Comparaison des termes du bilan
Lame d'eau (mm)
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
-100
-200
-300
-400
-500
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
Précipitations annuelles (mm)
ETR annuelle (mm)
Eau Utile Annuelle (mm)
Volume annuel écoulé à la station de Aublain (mm)
Volume capté et exporté (mm)
Terme de bouclage (mm)

Bilan hydrogéologique - Bassin de la Brouffe (RWM023 - 82 km²) - Station du MET-SETHY à Mariembourg

Année	P (mm)	ETR (mm)	EUA (mm)	Volume exutoire (mm)	Delta (mm)	Delta (% de P)
1990	803	533	268	248	22	2.7
1991	778	503	275	250	25	3.2
1992	1047	558	489	441	48	4.6
1993	968	517	452	418	33	3.4
1994	850	549	302	332	-30	-3.5
1995	944	514	431	464	-34	-3.6
1996	730	466	264	219	45	6.2
1997	858	538	320	249	71	8.2
1998	973	545	429	397	31	3.2
1999	996	564	431	447	-15	-1.5
2000	1090	577	513	486	27	2.5
2001	1096	532	564	552	13	1.2
2002	1097	583	514	498	16	1.5
2003	723	514	213	221	-12	-1.6
2004	831	557	271	244	31	3.7
Moyenne	**919**	**537**	**382**	**364**	**18**	**2**


Bassin de la Brouffe (RWM023) - Station de Mariembourg (MET-SETHY)
Comparaison des termes du bilan
Lame d'eau (mm)
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
-100
-200
-300
-400
-500
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
Précipitations annuelles (mm)
ETR annuelle (mm)
Eau Utile Annuelle (mm)
Volume annuel écoulé à la station de Wihéries (mm)
Terme de bouclage (mm)

ANNEXE XI

Loi française
n° 2006-1772 du 30 décembre 2006
sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

Extrait relatif aux débits réservés

« Art. L. 214-18. - I. - Tout ouvrage à construire dans le lit d'un cours d'eau doit comporter des dispositifs maintenant dans ce lit un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ainsi que, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite.

« Ce débit minimal ne doit pas être inférieur au dixième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage correspondant au débit moyen interannuel, évalué à partir des informations disponibles portant sur une période minimale de cinq années, ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur. Pour les cours d'eau ou parties de cours d'eau dont le module est supérieur à 80 mètres cubes par seconde, ou pour les ouvrages qui contribuent, par leur capacité de modulation, à la production d'électricité en période de pointe de consommation et dont la liste est fixée par décret en Conseil d'Etat pris après avis du Conseil supérieur de l'énergie, ce débit minimal ne doit pas être inférieur au vingtième du module du cours d'eau en aval immédiat ou au droit de l'ouvrage évalué dans les mêmes conditions ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur. Toutefois, pour les cours d'eau ou sections de cours d'eau présentant un fonctionnement atypique rendant non pertinente la fixation d'un débit minimal dans les conditions prévues ci-dessus, le débit minimal peut être fixé à une valeur inférieure.

« II. - Les actes d'autorisation ou de concession peuvent fixer des valeurs de débit minimal différentes selon les périodes de l'année, sous réserve que la moyenne annuelle de ces valeurs ne soit pas inférieure aux débits minimaux fixés en application du I. En outre, le débit le plus bas doit rester supérieur à la moitié des débits minimaux précités.

« Lorsqu'un cours d'eau ou une section de cours d'eau est soumis à un étiage naturel exceptionnel, l'autorité administrative peut fixer, pour cette période d'étiage, des débits minimaux temporaires inférieurs aux débits minimaux prévus au I.

« III. - L'exploitant de l'ouvrage est tenu d'assurer le fonctionnement et l'entretien des dispositifs garantissant dans le lit du cours d'eau les débits minimaux définis aux alinéas précédents.

« IV. - Pour les ouvrages existant à la date de promulgation de la loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques, les obligations qu'elle institue sont substituées, dès le renouvellement de leur concession ou autorisation et au plus tard le 1er janvier 2014, aux obligations qui leur étaient précédemment faites. Cette substitution ne donne lieu à indemnité que dans les conditions prévues au III de l'article L. 214-17.

« V. - Le présent article n'est applicable ni au Rhin ni aux parties internationales des cours d'eau partagés.

ANNEXE XII

Avant-projet d'Arrêté
du Gouvernement Wallon
du 10 mars 2005

Conditions sectorielles relatives
aux piscicultures intensives

Art. 28. Bijlage II bij hetzelfde besluit wordt opgeheven.

Art. 29. Dit besluit treedt in werking de dag waarop het in het *Belgisch Staatsblad* bekendgemaakt wordt.

Art. 30. De Minister van Leefmilieu is belast met de uitvoering van dit besluit.

Namen, 10 maart 2005.

De Minister-President,
J.-Cl. VAN CAUWENBERGHE

De Minister van van Landbouw, Landelijke Aangelegenheden, Leefmilieu en Toerisme,
B. LUTGEN

MINISTERE DE LA REGION WALLONNE

F. 2005 — 914 [2005/200935]

10 MARS 2005. — Avant-projet d'arrêté du Gouvernement wallon déterminant les conditions sectorielles relatives aux pisciculture intensives

Le Gouvernement wallon,

Vu le décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement, notamment les articles 4, 5, 6, 7, 8 et 9;

Vu la délibération du Gouvernement sur la demande d'avis à donner par le Conseil d'Etat dans un délai ne dépassant pas trente jours;

Vu l'avis du Conseil d'Etat n° 37.451/2/V donné le 19 juillet 2004 en application de l'article 84, § 1er, alinéa 1er, 1°, des lois coordonnées sur le Conseil d'Etat;

Sur la proposition du Ministre de l'Agriculture, de la Ruralité, de l'Environnement et du Tourisme, de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme et de l'Environnement;

Après en avoir délibéré,

Arrête :

CHAPITRE Ier — *Champs d'application et définitions*

Article 1er. Les présentes conditions sectorielles s'appliquent aux pisciculture intensives visées par les rubriques 05.02.01.01 et 05.02.01.02 de l'annexe Ire de l'arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 arrêtant la liste des projets soumis à étude d'incidences et des installations et activités classées.

Art. 2. Pour l'application des présentes prescriptions, on entend par :

1° Pisciculture intensive : pisciculture produisant plus de 10 kg de poissons par are et par an et/ou les installations de stockage de poissons qui utilisent plus de 1 T d'aliments concentrés par an;

2° Aliments concentrés : aliments composés de plusieurs ingrédients;

3° Bassin d'élevage : étendue, naturelle ou artificielle, d'eau réservée à la pisciculture intensive;

4° Sous-produits animaux : poissons morts et produits issus de l'abattage de poissons;

5° Bassin décanteur ou bassin de décantation : bassin où l'eau des bassins d'élevage se débarrasse d'une partie de ses matières en suspension en les laissant se déposer sur le fond;

6° Issues d'épuration : boues de décantation et/ou produits de la filtration;

7° Etablissement existant : tout établissement dûment autorisé avant l'entrée en vigueur du présent arrêté ou dont la demande d'autorisation permis est introduite entre l'entrée en vigueur du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement et l'entrée en vigueur du présent arrêté dûment autorisé avant l'entrée en vigueur du présent arrêté.

CHAPITRE II. — *Implantation et construction*

Art. 3. Sauf dans les cas d'alimentation par eau de forage, de source ou de distribution, le bassin d'élevage est implanté de préférence en dérivation d'un cours d'eau.

Art. 4. Sauf dans le cas des étangs de source constituant la limite du réseau hydrographique, la construction d'étangs de barrage est interdite.

Art. 5. Sauf conditions particulières, les points de prise d'eau et de rejet d'eau des aménagements des bassins d'élevage sont situés le plus près possible l'un de l'autre.

Art. 6. Un débit minimum correspondant aux 2/3 du débit d'étiage est réservé au cours d'eau.

Art. 7. L'établissement est conçu de manière notamment à répondre aux exigences du type d'élevage et au bien-être des poissons.

Art. 8. Un débit minimum correspondant aux 2/3 du débit d'étiage est réservé au cours d'eau.

Art. 9. Lors de la construction des aménagements, des mesures appropriées sont prises afin d'éviter que des sédiments et/ou des résidus de matériaux de construction ne polluent les eaux de surface.

Art. 10. L'exploitant s'assure qu'un système de dégrillage dont les interstices n'excèdent pas 2 cm est soit placé en amont et en aval de l'établissement en vue d'éviter la fuite des poissons d'élevage vers le milieu naturel et le passage des poissons sauvages dans le bassin d'élevage.

Art. 11. La libre circulation des poissons dans le cours d'eau au niveau de la prise d'eau est respectée.

Art. 12. Les installations de nourrissage, notamment les nourrisseurs automatiques, sont en matériaux durs, imputrescibles, imperméables et facilement lavables.

Art. 13. Des pédiluves sont placés aux entrées de l'établissement.

CHAPITRE III. — *Exploitation*

Section 1re. — Généralités

Art. 14. L'établissement est maintenu dans un parfait état d'entretien et de propreté.

Section 2. — Hygiène et prophylaxie

Art. 15. Lors de l'introduction de poissons dans l'établissement, l'exploitant prend des mesures, respecte les normes sanitaires imposées par les services vétérinaires compétents afin d'éviter la dispersion dans les bassins hydrographiques des agents pathogènes.

En cas de suspicion de maladie dans l'élevage, un diagnostic précis est réalisé par les services vétérinaires compétents afin de confirmer ou infirmer la présence de ces agents pathogènes.

Art. 16. Les traitements préventifs aux antibiotiques ne sont pas autorisés, tandis que leur utilisation curative est soumise à une prescription vétérinaire faisant suite à un diagnostic précis. L'exploitant se conforme rigoureusement à la législation fédérale en matière de prescription vétérinaire susmentionnée.

Art. 17. Les produits de désinfection ainsi que les produits vétérinaires sont stockés dans des endroits prévus pour cet usage fermés à clé, et dans des conditions propres à éviter tout déversement accidentel dans le milieu naturel.

Art. 18. L'exploitant lutte contre le rat d'égout (*Rattus rattus* et *Rattus norvegicus*) et le rat musqué (*Ondatra zibethicus*) dès qu'il en constate la présence ou que celle-ci lui est signalée.

L'exploitant est tenu de collaborer aux campagnes d'éradication en acceptant dans son établissement, des nasses, des pièges, des pesticides, et en aidant les destructeurs officiels ou les entreprises spécialisées.

L'exploitant est tenu de se conformer à la législation wallonne en vigueur pour cette matière. Les destructeurs officiels ou les entreprises spécialisées prennent toutes les mesures d'hygiène nécessaires, telles que la désinfection des bottes et du matériel, pour éviter la dispersion d'agents pathogènes au sein de l'établissement dans lequel ils interviennent.

Art. 19. Les stocks d'aliments destinés au nourrissage des poissons sont dans un local couvert ou dans des silos, à l'abri des intempéries.

Section 3. — Qualité d'eau

Art. 20. Les eaux sortant de la pisciculture intensive respectent, en dehors des périodes d'inondations et de circonstances météorologiques exceptionnelles, les conditions d'émission reprises dans les tableaux de l'annexe Ire.

Art. 21. Le raclage des issues d'épuration dans les bassins d'élevage lors de la vidange n'est réalisé que dans le cas où ces issues d'épuration sont dirigées vers un bassin décanteur ou une installation équivalente.

CHAPITRE IV. — *Prévention des accidents et incendies*

Art. 22. Avant la mise en œuvre du projet et avant chaque modification des lieux et/ou des circonstances d'exploitation susceptibles de modifier les risques d'incendie ou de sa propagation, l'exploitant consulte, par l'intermédiaire du bourgmestre, le service territorialement compétent sur les mesures à prendre et les équipements à mettre en œuvre en matière de prévention et de lutte contre les incendies et explosions, dans le respect de la protection du public et de l'environnement.

Art. 23. Le matériel de lutte contre l'incendie est en bon état de fonctionnement, protégé contre le gel, signalé, accessible et réparti dans l'établissement.

Ce matériel est contrôlé annuellement et l'exploitant veille à la qualité des produits d'extinction d'incendie.

CHAPITRE V. — Air

Art. 24. Des mesures appropriées sont prises pour ne pas incommoder le voisinage par des odeurs et d'autres émanations et afin de réduire l'émission dans l'atmosphère de toute substance qui pourrait provoquer un danger ou une incommodité par sa nature et/ou par les quantités rejetées.

CHAPITRE VI. — *Contrôle et surveillance*

Art. 25. Tout exploitant d'une pisciculture intensive est tenu d'en assurer le bon fonctionnement.

Art. 26. En vue de la vérification du respect des conditions d'émissions définies à l'annexe Ire par le fonctionnaire chargé de la surveillance, les mesures suivantes sont appliquées :

1° Des prélèvements et analyses des deux premiers paramètres visés à l'annexe Ire [Ammoniaque total (NH_3 + NH_4) et phosphore total (P)] sont effectués par l'exploitant ou un tiers désigné par celui-ci au moins une fois par mois, dans le courant de la première semaine du mois, et ce, entre le 1er mai et le 30 septembre. Les résultats sont consignés dans un registre qui est tenu à la disposition du fonctionnaire chargé de la surveillance;

2° Les prélèvements et les analyses des matières en suspension sont réalisés par l'exploitant ou un laboratoire disposant de l'infrastructure nécessaire et désigné par l'exploitant, une fois par an, au cours du mois de l'année où le débit du cours d'eau recevant le rejet est le plus faible.

Art. 27. Le fonctionnaire chargé de la surveillance prend toutes les précautions sanitaires indispensables pour ne pas altérer la qualité sanitaire du site contrôlé.

CHAPITRE VII. — *Déchets*

Art. 28. Les déchets tels que les sous-produits animaux et les issues d'épuration sont évacués conformément à la législation en vigueur.

CHAPITRE VIII. — *Dispositions transitoires et finales*

Art. 29. Le présent arrêté entre en vigueur le jour de sa publication au *Moniteur belge*.

Art. 30. Le présent arrêté s'applique aux établissements existants le 1er janvier 2007.

Art. 31. Le Ministre qui a l'Environnement dans ses attributions est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Namur, le 10 mars 2005.

Le Ministre-Président,

J.-Cl. VAN CAUWENBERGHE

Le Ministre de l'Agriculture, de la Ruralité, de l'Environnement et du Tourisme,

B. LUTGEN

ANNEXE Ire. — CONDITIONS D'EMISSION

En vue de tenir compte de la sensibilité du milieu récepteur, les conditions d'émission sont fonction de la catégorie piscicole du cours d'eau récepteur visée à l'arrêté du Gouvernement wallon du 15 décembre 1994 fixant les normes générales d'immission des eaux piscicoles.

1°) Zones d'eaux piscicoles (salmonicoles et cyprinicoles) :

Paramètres	*Différence de concentration maximale* (1)	*Méthode de mesure de référence*
Ammoniaque total (NH_3 + NH_4)	• si pH ? 8,5 : 1 mg/l N • si 8,5 < pH ? 9 : 0,5 mg/l N • si pH > 9 : 0,25 mg/l N	Echantillon homogénéisé, non filtré, non décanté Spectrophotométrie d'absorption moléculaire au bleu d'indophénol ou selon la méthode Nessler
Phosphore total (P)	0,3 mg/l P	Echantillon homogénéisé, non filtré, non décanté Test colorimétrique direct
Matières en suspension (MES)	30 mg/l	Filtration sur membrane filtrante de 0,45 micromètre ou par centrifugation (temps minimal de 5 minutes, accélération moyenne de 2 800 - 3 200 g), séchage à 105 °C et pesée
(1) La différence de concentration du paramètre est déterminée sur base de la concentration du paramètre dans le rejet, dont il faut retirer la concentration du paramètre dans l'eau à l'entrée de l'exploitation		

En cas de dépassement constaté par le fonctionnaire chargé de la surveillance, une seconde analyse sur une moyenne de 24 heures est réalisée sur un échantillon prélevé par un échantillonneur automatique.

2°) Zones d'eaux non piscicoles, à condition que le débit de rejet ne représente pas plus de 10 % du débit d'étiage du cours d'eau récepteur :

Si le débit du rejet est supérieur à 10 % du débit d'étiage du cours d'eau récepteur, les conditions d'émission applicables sont celles des cours d'eau piscicoles (salmonicoles et cyprinicoles).

Paramètres	*Différence de concentration maximale (1)*	*Méthode de mesure de référence*
Ammoniaque total (NH_3 + NH_4)	• si pH ? 8,5 : 5 mg/l N • si 8,5 < pH ? 9 : 2,5 mg/l N • si pH > 9 : 1 mg/l N	Echantillon homogénéisé, non filtré, non décanté Spectrophotométrie d'absorption moléculaire au bleu d'indophénol ou selon la méthode Nessler
Phosphore total (P)	1,5 mg/l P	Echantillon homogénéisé, non filtré, non décanté. Test colorimétrique direct
Matières en suspension (MES)	60 mg/l	Filtration sur membrane filtrante de 0,45 micromètre ou par centrifugation (temps minimal de 5 minutes, accélération moyenne de 2 800 - 3 200 g), séchage à 105 °C et pesée
(1) La différence de concentration du paramètre est déterminée sur base de la concentration du paramètre dans le rejet dont il faut retrancher la concentration du paramètre dans l'eau à l'entrée de l'exploitation		

En cas de dépassement constaté par le fonctionnaire chargé de la surveillance, une seconde analyse sur une moyenne de 24 heures est réalisée sur un échantillon prélevé par un échantillonneur automatique.

Vu pour être annexé à l'arrêté du Gouvernement wallon du 10 mars 2005 déterminant les conditions sectorielles relatives aux pisciculture intensives.

Namur, le 10 mars 2005.

Le Ministre-Président,

J.-Cl. VAN CAUWENBERGHE

Le Ministre de l'Agriculture, de la Ruralité, de l'Environnement et du Tourisme,

B. LUTGEN