



Convention RW et SPGE – AQUAPOLE

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

Rapport d'activités D3.1.1

Echéance le 02/05/2006

Note méthodologique sur la caractérisation hydraulique des aquifères et l'estimation des
ressources en eaux souterraines

WP 3 : Etat quantitatif MESO RWM011, RWM012 et RWM021

Table des matières

<i>1. Introduction</i>	3
<i>2. Approche régionale</i>	5
2.1 Etablissement de bilans hydrologiques	5
2.2 Caractérisation hydraulique	6
<i>3. Approche locale – Bassins "tests"</i>	8
<i>4. Approche globale – Généralisation des données à l'échelle des masses d'eau</i>	9
<i>5. Description des bassins investigués</i>	10
5.1 Zone HGE-ULg	10
5.2 Zone Géologie-FUNDP	14
5.3 Zone GFA-FPMs	19
<i>Annexes</i>	24
<i>1. Schéma méthodologique général</i>	25
<i>2. Chronogramme des activités</i>	26
<i>3. Légende hydrogéologique</i>	27
<i>4. Documents cartographiques</i>	28

1. Introduction

Le WP3 traite de l'état quantitatif des masses d'eau RWM011, RWM012 et RWM021, tel que défini dans le programme de travail de la convention. Pour rappel, les objectifs de cette unité de travail sont les suivants :

- Caractérisation hydraulique des aquifères
- Estimation des ressources en eau souterraine
- Etablissement d'un réseau de surveillance quantitatif
- Développement et application d'un indicateur quantitatif
- Interactions avec les eaux de surface

Le deliverable D3.11 vise à décrire de manière plus détaillée les travaux relatifs aux activités A3.1 (caractérisation hydraulique des aquifères) et A3.2 (estimation des ressources en eaux souterraines), s'étalant sur les mois 3 à 30 de la convention.

Ces travaux sont réalisés dans le contexte plus large de la Directive Cadre Européenne 2000/60 (DCE), dans lequel vient s'inscrire la convention Région Wallonne – SPGE – Aquapôle. Les objectifs généraux de la DCE établissent un cadre pour la protection de l'ensemble des réserves en eau. Brièvement, ils consistent à :

- préserver et améliorer l'état des écosystèmes et environnements aquatiques ;
- assurer la réduction progressive de la pollution des eaux souterraines et prévenir leur aggravation ;
- promouvoir une utilisation durable de l'eau ;
- contribuer à atténuer les effets des inondations et des sécheresses.

La caractérisation hydraulique des aquifères et l'estimation des ressources en eau souterraine constituent des étapes primordiales dans l'aboutissement de ces objectifs.

Dans le contexte plus restreint de la convention, ces travaux s'inscrivent dans une progression logique au sein des différents workpackages. Les critères d'établissement de réseaux de surveillance ainsi que le développement d'indicateurs, tant du point de vue quantitatif (WP3) que qualitatif (WP4), dépendent en effet directement des conditions d'écoulement au sein des différents aquifères. La bonne compréhension du fonctionnement hydrodynamique des différents systèmes doit donc permettre le développement de programmes de surveillance efficaces et correctement ciblés (points de contrôle, paramètres, fréquence...). De plus, ces étapes sont indispensables aux activités de modélisation du WP6. C'est donc en conservant l'esprit de la Directive Cadre Européenne et en considérant la convention dans sa globalité qu'est définie la méthodologie à suivre.

La partie "caractérisation hydraulique" a pour but de mieux comprendre les mécanismes d'écoulement propres aux différents types d'aquifère rencontrés dans la région étudiée. Dans la zone saturée, les paramètres hydrauliques moyens (conductivité hydraulique, coefficient d'emmagasinement, porosité efficace) feront l'objet d'estimations. La cinétique de la recharge et le type d'écoulement en milieu poreux ou fissuré seront examinés. Enfin, les directions principales d'écoulement seront spécifiées dans la mesure où les données disponibles le permettent.

Le volet "estimation des ressources en eau souterraine" consistera surtout en l'évaluation des termes du bilan sur différents bassins. Une attention particulière sera réservée à l'estimation des réserves renouvelables annuellement.

Compte tenu des spécificités des masses d'eau, les démarches pourraient parfois être différentes. Ainsi, pour la masse d'eau RWM011, une première étude réalisée en 2002 a montré que l'aquifère et sa piézométrie étaient continus mais qu'il pouvait être divisé en sous-bassin hydrogéologique sur base du tracé des crêtes piézométriques. La suite de l'étude de cette masse d'eau sera basée sur cette même logique.

En ce qui concerne les masses d'eau RWM012 et RWM021, les objectifs seront réalisés à deux échelles de travail distinctes mais complémentaires.

Dans une première phase, une approche régionale sera adoptée. Les bilans hydrologiques par bassins principaux seront notamment calculés sur base des données disponibles, puis affinés grâce à de nouvelles mesures effectuées dans le cadre de cette convention.

Dans une deuxième phase, une approche plus locale sera envisagée. En travaillant sur quelques bassins de référence, le but est d'étudier les mécanismes d'écoulement propres aux différents types d'aquifères rencontrés et d'en quantifier certains paramètres.

Au cours d'une troisième phase de travail, ces résultats seront généralisés à l'ensemble de la zone, pour les aquifères de même type. Outre l'objectif de caractérisation hydraulique, cela permettra d'améliorer les résultats obtenus au cours de la première phase et d'en tirer les conclusions relatives à l'estimation des ressources en eaux souterraines.

2. Approche régionale

Au cours de cette première approche, l'ensemble de la zone est considéré à une échelle régionale (cf. description des bassins à l'Annexe 3). Les objectifs de travail sont les suivants :

- Etablir une première estimation des termes du bilan hydrologique par bassin (cf. figure 1), l'équation du bilan étant $P = Q_s + ETR + I$; $I = \Delta R + Q_w$ (avec ΔR = variation des réserves), et identifier les écarts de bouclage;
- Déterminer les directions d'écoulement principales sur base des données piézométriques existantes et tenter de distinguer les bassins hydrogéologiques ;
- Réaliser une synthèse des données relatives aux paramètres hydrauliques des principales formations aquifères à partir des informations contenues dans les études et rapports techniques disponibles.

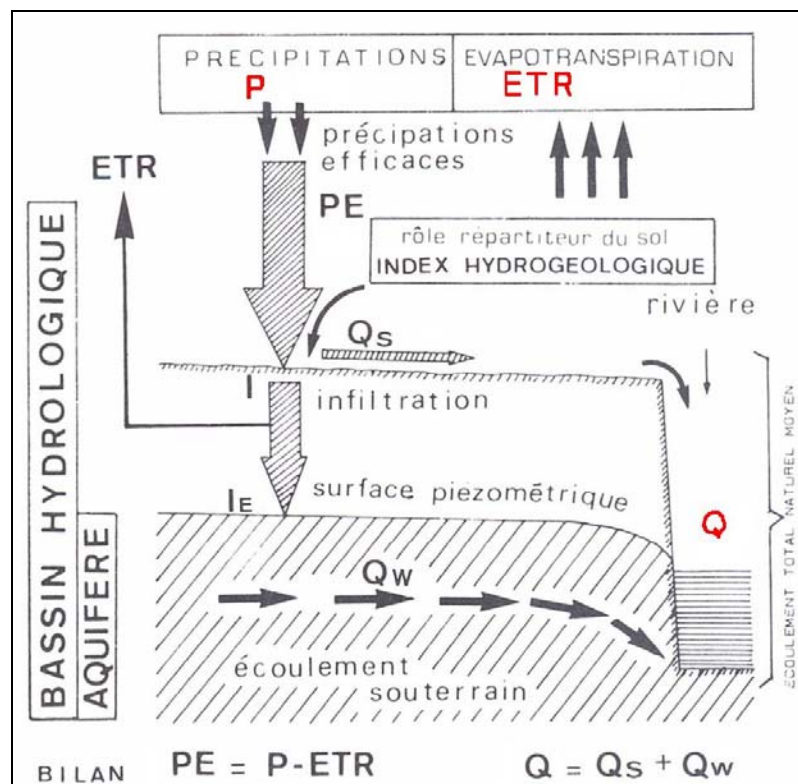


Figure 1 : Bilan hydrologique (Hydrogéologie: Principes et méthodes; G. Castany)

2.1 Etablissement de bilans hydrologiques

Des bilans annuels par bassins hydrologiques seront tout d'abord calculés sur base des données existantes. Une comparaison des quantités d'eau entrantes P (précipitations) et sortantes Q (captages, débit à l'exutoire), ainsi que l'évapotranspiration réelle ETR contribuera à une première évaluation d'éventuels échanges entre bassins hydrologiques. Les termes du bilan doivent normalement répondre à l'équilibre de l'équation suivante :

$$P = Q + ETR + \Delta R + \text{Erreur de bouclage}$$

Pour l'estimation de ces premiers bilans, les méthodes suivantes seront utilisées :

- calcul de l'évapotranspiration potentielle (formules de Thornthwaite ou autre en fonction des données disponibles) ;
- calcul de la recharge (méthode de Thornthwaite) ;
- traitement et extrapolation des données climatiques à l'ensemble de la zone (méthode des polygones de Thiessen).

Les données nécessaires à ces calculs sont:

- Données climatiques (IRM et MET-SETHY) : précipitation, température, humidité, ensoleillement ;
- Données de débit (MET-SETHY et AQUALIM) Q : débit d'eau de surface;
- Données de captage (sociétés de distribution d'eau potable, travaux PIRENE HGE-ULg...) : Qp : Débit pompé.

Dans un deuxième temps, les bilans hydrologiques seront affinés sur base de nouvelles données obtenues par la mise en place d'un dispositif de mesures sur le terrain. Ce dispositif consiste essentiellement en l'installation d'un réseau de stations automatiques de mesure du débit (sondes de pression) ainsi que plusieurs jaugeages ponctuels dans le temps. Des pluviomètres viendront éventuellement compléter les mesures de l'IRM et du SETHY, dans les zones où la couverture est jugée insuffisante.

De manière générale, ces mesures de débit seront réalisées à l'exutoire de certains sous-bassins et au niveau de limites hydrogéologiques importantes. Ces nouvelles données permettront de compléter les bilans hydrologiques globaux, d'estimer le "poids hydrologique" de certains sous-bassins et de mieux identifier d'éventuels transferts d'eau entre bassins et sous-bassins. Elles permettront également de mesurer les apports d'eau provenant d'unités hydrogéologiques et d'aquifères distincts.

La mise en parallèle des événements pluvieux et des pics de débit conduira éventuellement à un premier discernement "débit de base – ruissellement" sur les différents bassins.

L'examen de courbes d'étiage (en période de sécheresse) donnera des informations sur l'évolution des débits de base des cours d'eau étudiés.

Enfin, l'analyse des courbes de débit et de piézométrie, aux endroits où des chroniques de mesure à longs termes existent, devrait permettre d'identifier d'éventuelles tendances de l'état quantitatif des réserves en eau souterraine. La mise en parallèle avec les données climatiques ou les chroniques de captage permettrait d'établir un lien avec des conditions extrêmes (ex : périodes prolongées de recharge faible) ou comme résultat d'activités anthropiques (ex : surexploitation des ressources de l'aquifère).

2.2 Caractérisation hydraulique

Sur base des informations acquises dans le cadre du WP2, une carte régionale contenant les informations piézométriques sera réalisée. Cette carte, aussi complète que possible, servira notamment de support, dans les limites des données disponibles, à une première identification des directions générales d'écoulement. En identifiant les "crêtes piézométriques" et en considérant le contexte hydrogéologique régional, les bassins hydrogéologiques principaux seront délimités. La précision des tracés dépendra toutefois très

fortement de la densité d'informations disponibles. L'identification de différences importantes entre les tracés des limites hydrologiques et hydrogéologiques permettra également d'interpréter les écarts observés dans le "bouclage" des bilans, et vice-versa.

En restant dans un contexte régional, une synthèse des données relatives aux paramètres hydrauliques des principales formations aquifères (conductivité hydraulique, coefficient d'emmagasinement, porosité efficace) sera réalisée sur base d'informations provenant d'études antérieures ou de rapports techniques divers. Une analyse statistique de ces données peut être envisagée. Cela permettrait d'observer la variabilité des paramètres au sein des différentes unités hydrogéologiques et de discerner des tendances spatiales éventuelles.

Le forage de nouveaux piézomètres apportera également des informations complémentaires (piézométrie, nouveaux essais, qualité...) aux endroits où les accès à la nappe sont jugés insuffisants.

3. Approche locale – Bassins "tests"

L'étude des conditions et propriétés d'écoulement au sein d'un aquifère est relativement complexe et requiert des investissements plus conséquents tant au niveau du timing que de l'équipement. Etudier de manière détaillée les propriétés hydrauliques de chaque aquifère, dans tous les bassins versants du synclinorium n'est pas envisageable. En vue d'obtenir des données plus précises sur l'hydrogéologie des principales unités aquifères rencontrées dans le synclinorium, quelques bassins tests seront sélectionnés. Sur ces bassins, mieux connus et surtout déjà bien équipés, l'objectif est d'essayer d'aller plus loin dans la compréhension du fonctionnement hydrogéologique. Des investigations détaillées et des essais ciblés y seront donc réalisés. Les résultats et conclusions propres à chaque unité aquifère étudiée seront ensuite généralisés, de manière cohérente, aux autres bassins de géologie et de conditions hydrauliques relativement similaires.

De façon plus détaillée, l'étude des différents bassins tests portera sur :

- la sensibilité du niveau de la nappe vis-à-vis de la pluviométrie
- les conditions d'infiltration (I) et de ruissellement (Qs)
- les interactions rivière – nappe
- les modes d'écoulement et de transport au sein de la zone saturée
- ...

Grâce à la mise en place et le suivi d'un réseau piézométrique, les fluctuations du niveau de la nappe seront suivies de manière détaillée. Grâce à ces données, des analyses de type pluie – piézométrie et pluie – débit permettront de mieux appréhender les mécanismes de recharge (délais d'infiltration, sensibilité des réserves d'eau souterraine, débit de base...). L'objectif est également de faire la différence, avec toutes les nuances qui s'imposent, entre un mode de recharge rapide à travers une zone non saturée perméable et peu épaisse ou via des écoulements préférentiels, et un mode de recharge plus diffus répartissant les infiltrations sur des périodes plus longues.

En complément des informations de débit acquises "en continu" par le biais des sondes de pression, le suivi de paramètres physico-chimiques au cours d'événements pluvieux permettra de mieux identifier les composantes souterraine et de surface. L'objectif final est d'obtenir une estimation plus "précise" du ruissellement sur les différents types d'aquifère.

Des mesures de débit sur différents tronçons de cours d'eau permettra une estimation plus précise des interactions rivière – nappe.

Enfin, de nouveaux essais (pompage, traçage...) visant à déterminer les paramètres hydrauliques (conductivité hydraulique, coefficient d'emmagasinement, porosité efficace...) seront également entrepris. Outre une meilleure connaissance des paramètres des transports, les essais de traçage permettront également de mettre en évidence des écoulements préférentiels ou des connexions entre différents points.

4. Approche globale – Généralisation des données à l'échelle des masses d'eau

L'étude des bassins tests permettra de mieux comprendre et de quantifier certains mécanismes d'écoulement spécifiques aux principales unités hydrogéologiques de la zone d'étude. Ces informations, propres aux types d'aquifères et non à la morphologie des lieux, pourront être généralisées aux autres bassins de géologie et de conditions hydrauliques relativement similaires. Cela permettra :

- d'affiner les bilans hydrologiques calculés au cours de l'approche régionale, grâce à une meilleure estimation locale du ruissellement, de la recharge annuelle et/ou des interactions rivière – nappe en fonction de la nature de l'aquifère (ΔR et R peuvent être affinés);
- d'expliquer les fluctuations du niveau des nappes, grâce à une meilleure compréhension des transferts d'eau au sein de la zone non saturée;
- d'améliorer les connaissances hydrauliques des différents types d'aquifère de la zone d'étude ;

Ces nouvelles données conduiront à une estimation plus exacte des réserves annuellement renouvelables et des taux d'exploitation acceptables.

5. Description des bassins investigués

Les figures 2 à 9 présentent, pour les zones HGE-ULG, Géologie-FUNDP et GFA-FPMs, les différents bassins qui seront investigués.

5.1 Zone HGE-ULg

La figure 2 montre les principaux bassins versants de la zone HGE-ULg. Les différentes stations de mesure du débit des cours d'eau y sont également renseignées :

- 5 stations MET – SETHY
- 6 stations aqualim
- 17 stations HGE-ULg (sondes pressiométriques)
 - 4 stations dans le bassin du Samson
 - 8 stations dans le bassin du Hoyoux
 - 5 stations dans le bassin de l'Ourthe

Les stations HGE-ULg sont placées à l'exutoire des bassins et sous-bassins d'intérêt ainsi qu'à l'entrée et à la sortie des principales unités hydrogéologiques (ex : transition grès – calcaire). Ce réseau sera complété par toute une série de jaugeages ponctuels (courantomètre) aux endroits où la mise en place d'une sonde pressiométrique n'est techniquement pas possible ou n'est pas envisageable d'un point de vue budgétaire.

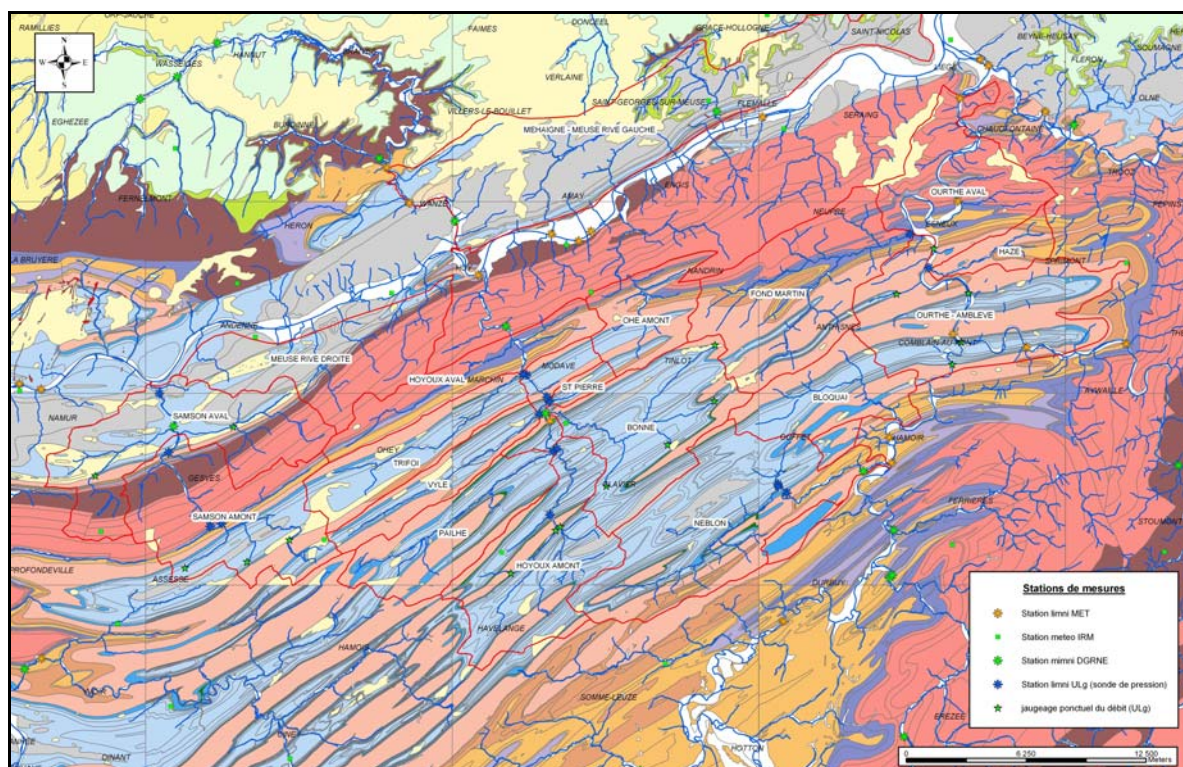


Figure 2 : zone HGE-ULg (légende à l'Annexe 3 – agrandissement A3 à l'Annexe 4)

Bassin du Samson (amont)

La partie amont du bassin du Samson est constituée d'une alternance de bandes calcaires et gréseuses au Sud, et d'une importante bande schisteuse (Dévonien inférieur et bande silurienne du Condroz) au Nord. Les calcaires du Carbonifère situés au coeur du synclinal de Gesves sont largement exploités par plusieurs captages de la SWDE. Un réseau de piézomètres a été mis en place par la SWDE dans le cadre de la délimitation des zones de prévention de ces captages.

Bassin du Samson (aval)

La partie aval du bassin du Samson est située au Nord de la bande silurienne du Condroz, dans la masse d'eau RWM012. On y trouve les formations aquifères des calcaires du Carbonifère, surmontées à certains endroits par les schistes et calcaires du Houiller. Les deux nappes superposées sont exclusivement captées par quelques puits particuliers.

Bassin du Hoyoux (amont), bassins des ruisseaux de Bonne et de Pailhe

La partie amont du bassin du Hoyoux est également composée par une succession de synclinaux calcaires et d'anticlinaux gréseux. L'étude de cette zone est intéressante, notamment en ce qui concerne l'évaluation des transferts d'eau entre les bassins du Hoyoux et du Néblon, au sein du grand synclinal calcaire d'Havelange – Ouffet. L'association Intercommunale des Eaux du Condroz ainsi que la Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux y possèdent par ailleurs plusieurs captages relativement importants.

Les bassins versants des ruisseaux de Bonne et de Pailhe sont quant à eux presque entièrement localisés dans les calcaires du synclinal de Modave, situés plus au Nord. De par la présence d'importants captages d'eau de distribution, cette masse calcaire constitue une des zones les plus "stratégiques" du synclinorium de Dinant. On y trouve en effet les captages de la Compagnie Intercommunale des Eaux de la Source des Avins, et surtout, l'important réseau de galeries de la CIBE. Le synclinal de Modave est relativement peu instrumenté et les accès à la nappe y sont très limités. Quelques puits appartenant à des particuliers sont suivis par la CIBE depuis 1963. Une étude hydrogéologique a également été réalisée en 1998 dans le village de Pailhe, suite à une pollution accidentelle au mazout de chauffage.

Bassin du Hoyoux (amont), bassins des ruisseaux de Bonne et de Pailhe

La partie amont du bassin du Hoyoux est également composée par une succession de synclinaux calcaires et d'anticlinaux gréseux. L'étude de cette zone est intéressante, notamment en ce qui concerne l'évaluation des transferts d'eau entre les bassins du Hoyoux et du Néblon, au sein du grand synclinal calcaire d'Havelange – Ouffet. L'association Intercommunale des Eaux du Condroz ainsi que la CIBE possèdent des captages dans la commune d'Havelange. C'est également dans cette zone, mais au sein du synclinal calcaire de Modave, situé plus au Nord, que se situent les galeries captantes de la Compagnie Intercommunale des Eaux de la Source des Avins.

Bassins des ruisseaux de Bonne et de Pailhe

Les bassins versants des ruisseaux de Bonne et de Pailhe sont presque entièrement localisés dans les calcaires du synclinal de Modave. De par la présence d'importants captages d'eau de distribution, cette masse calcaire constitue une des zones les plus "stratégiques" du

synclinerium de Dinant. On y trouve en effet les captages de la Compagnie Intercommunale des Eaux de la Source des Avins, déjà cités ci-dessus, et surtout, l'important réseau de galeries de la Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux. Le synclinal de Modave est relativement peu instrumenté et les accès à la nappe y sont très limités. Quelques puits appartenant à des particuliers sont suivis par la CIBE depuis 1963. Une étude hydrogéologique a également été réalisée en 1998 dans le village de Pailhe, suite à une pollution accidentelle au mazout de chauffage.

Bassin du ruisseau Saint-Pierre

Le bassin du ruisseau St-Pierre est localisé dans une structure synclinale bien délimitée. Les calcaires sont limités au Sud par la faille du Pont de Bonne, les mettant en contact avec les schistes du Famennien.

Une galerie drainante de la Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux est située à proximité du village de Limet. En amont de ce captage, plusieurs piézomètres ont été forés dans le cadre de la délimitation des zones de prévention (2002). Des essais de pompage et de traçage y ont été réalisés. Une étude hydrogéologique a également été réalisée en 1994.

Bassin du ruisseau de Vyle

Le bassin du ruisseau de Vyle est situé en rive gauche du Hoyoux, dans le même synclinal calcaire que le bassin du ruisseau Saint Pierre. Le bassin du ruisseau de Vyle n'est quasiment pas exploité. Une étude hydrogéologique et un suivi piézométrique y ont été réalisés pendant quelques années dans le cadre d'un projet d'extension de carrière.

Bassin du ruisseau de Triffoy

Le bassin du ruisseau de Triffoy est situé dans le synclinal de Gesves – Marchin. Tout comme dans le bassin du Samson, l'aquifère est exploité par les compagnies publiques de distribution d'eau. On y trouve les galeries du Triffoy et le captage de la source de Marchin, appartenant respectivement à la CILE et à la CIBE. Plusieurs piézomètres ont été réalisés dans le cadre de la délimitation des zones de prévention. L'intérêt de l'étude du synclinal calcaire de Gesves – Marchin dans sa globalité réside également dans l'évaluation des transferts d'eau entre les bassins du Bocq (zone FUNDP), du Samson et du ruisseau de Triffoy.

Bassin du Néblon

Le bassin du Néblon est principalement constitué de calcaires carbonifères, au cœur d'une large structure synclinale d'orientation Nord-Est – Sud-Ouest. En considérant son exutoire au niveau de la limite entre les calcaires carbonifères et les grès dévoniens (Néblon-le-Moulin), le bassin occupe une superficie approximative de 65 km². Plusieurs phénomènes karstiques ont été répertoriés dans la zone.

Les réserves en eaux souterraines des calcaires du bassin du Néblon sont largement exploitées, principalement par la Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux qui y exploite quatre galeries drainantes à Néblon-le-Moulin. Un réseau de piézomètres a été implanté en amont de ces captages dans le cadre de la délimitation des zones de prévention.

Le bassin du Néblon a déjà fait l'objet de plusieurs études et fait preuve d'un niveau de connaissances relativement élevé. De nombreuses interrogations subsistent toutefois sur les bassins d'alimentation des différentes galeries.

Bassin du ruisseau de Blokai

Le bassin du ruisseau de Blokai, affluent de l'Ourthe, est situé en partie dans les calcaires du Carbonifère (synclinal de Havelange – Ouffet) et dans les grès du Famennien. Il est relativement peu exploité, essentiellement par des particuliers. Quelques piézomètres y ont été répertoriés, essentiellement dans les calcaires.

Bassin de l'Ourthe – Amblève

Le bassin de l'Ourthe – Amblève, tel que délimité sur la figure 2, est caractérisé par deux synclinaux calcaires, au niveau de Comblain-au-Pont (prolongement du synclinal d'Havelange – Ouffet) et de Sprimont. Les anticlinaux gréseux sont exploités par les compagnies publiques de distribution d'eau, bien que certains captages de capacité plus réduite aient été abandonnés récemment.

Bassin du ruisseau du Fond de Martin

Le tronçon principal du ruisseau du Fond de Martin s'écoule dans les calcaires du Givetien et du Frasnien (bord Nord du synclinorium de Dinant). Le reste du bassin s'étend dans les formations schisto-gréseuses du Dévonien inférieur et dans les grès du Famennien. Les calcaires du Givetien et du Frasnien sont généralement fissurés et les phénomènes karstiques y sont très nombreux. Dans le bassin du ruisseau du Fond de Martin, ces calcaires sont très peu exploités, tout au plus par quelques puits de particuliers. Très peu d'accès aux eaux souterraines sont donc disponibles.

Bassin du ruisseau de la Haze

Le bassin du ruisseau de la Haze, est situé au sein des grès du Famennien dans une zone caractérisée par une succession de plis étroits. Le ruisseau s'écoule majoritairement le long d'un axe synclinal ce qui confère au sous-bassin un caractère potentiellement fermé, contrairement à la majorité des aquifères gréseux du synclinorium de Dinant. Le bassin a déjà fait l'objet d'investigations dans le cadre d'une étude plus large sur les aquifères gréseux (1988). Des analyses chimiques, des campagnes de géophysique, des forages de reconnaissance et des bilans sommaires y ont été réalisés. Deux captages de la Société Wallonne des Eaux sont présents dans le bassin. Quelques piézomètres y ont été forés dans le cadre de la délimitation des zones de prévention.

Bassin de la Méhaigne (rive gauche)

La masse d'eau RWM011, en rive gauche de la Méhaigne, est drainée par une série d'affluents directs de la Meuse. Dans cette zone, les calcaires du Carbonifère sont presque entièrement recouverts par les formations du Houiller, ce qui explique le faible taux d'exploitation de l'aquifère. Ces calcaires sont néanmoins visible le long de la vallée de la Meuse et dans le bassin de la Méhaigne, entre Huccorgne et Moha (commune de Wanze).

5.2 Zone Géologie-FUNDP

Peu d'études hydrologique et hydrogéologique d'envergure ont été réalisées dans la zone attribuée à Géol-FUNDP. Quelques mémoires de fin d'études datant des années 80 (notamment dans les bassins versants du Saint Hadelin et du Bocq) donnent des informations sur l'hydrogéologie locale; ces données seront complétées dans le cadre de ce projet.

Une étude des « potentialités des aquifères du calcaire carbonifère de l'Entre-Sambre-et-Meuse » a été réalisée par les LGIH (1989). Les données provenant de cette étude sont relativement anciennes et n'ont pas la précision que l'on peut espérer grâce aux techniques modernes (sondes pressiométriques, courantomètres, ...).

Les bassins qui seront étudiés à l'échelle régionale ont été choisis selon deux critères :

1. représentativité d'un contexte hydrogéologique particulier, tenant compte de la lithologie et de la structure géologique régionale;
2. sollicitation par des prises d'eau importantes (SWDE, CIBE, ...).

L'étude du transfert des masses d'eau souterraines nécessitera (tableau 1) :

- la mise en place d'au moins 15 stations de jaugeage par géol-FUNDP,
- la fourniture de données de 3 stations Aqualim et
- la fourniture de données de 9 stations Sethy au maximum.

Bassin	Aquifère principal	Aquifère secondaire	Station FUNDP	Station MRW
Iwène	Grès famenniens	-	1	
Al' Prée	Calcaires carbonifères	Grès famenniens	1	
S ^t Hadelin	Calcaires carbonifères	Grès famenniens	1	1
Falmagne	Calcaires carbonifères	Grès famenniens	2	
Féron	Calcaires carbonifères	Grès famenniens	1	
Fond Leffe	Calcaires carbonifères	Grès famenniens	1	
Molignée	Calcaires carbonifères	Grès famenniens	2	3
Burnot	Calcaires carbonifères	Grès famenniens	1	1
Bocq	Calcaires carbonifères	Grès famenniens	4	2
Houyoux	Calcaires carbonifères	Grès		2
Gelbresée	Calcaires carbonifères	Grès	1	
Méhaigne	Calcaires carbonifères	Grès		3
Total station			15	12

Tableau 1 : liste des bassins versants étudiés à l'échelle régionale

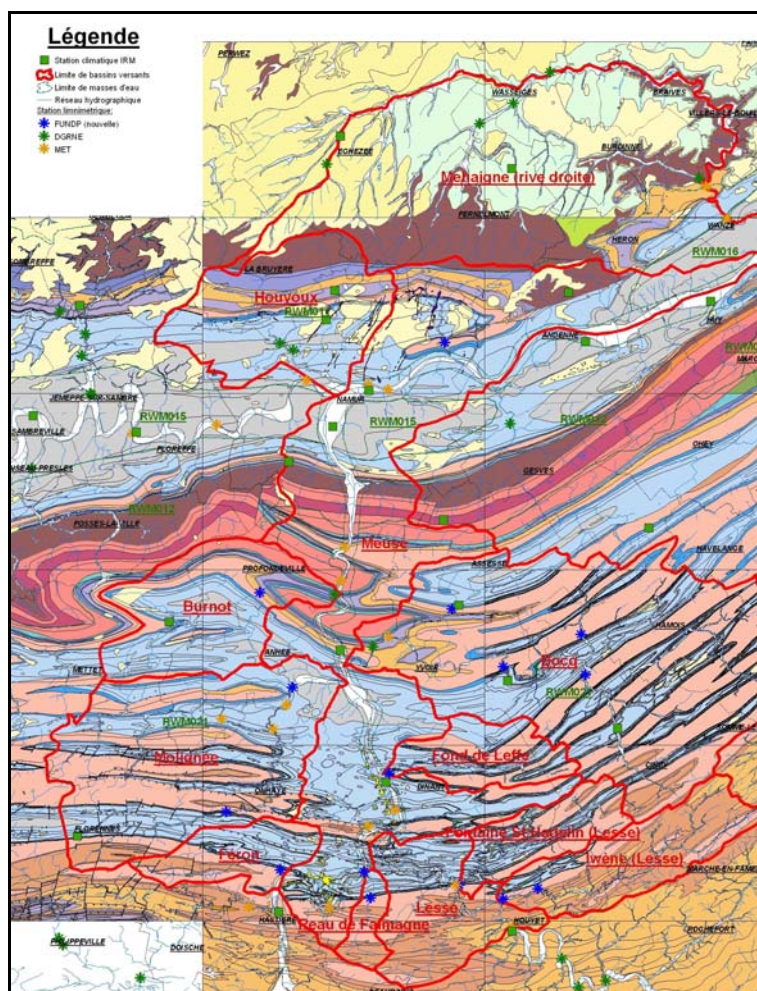


Figure 3 : zone Géologie - FUNDP (légende à l'Annexe 3 – agrandissement A3 à l'Annexe 4)

5.2.1 Unité aquifère des grès du Famennien

Bassin de l'Iwagne (ou Iwène)

L'Iwagne, affluent de la Lesse, s'écoule dans la partie la plus méridionale de la Masse d'eau MRW021. A l'exception du synclinal calcaire des « Mauvais Monts », la grande majorité de son bassin versant est comprise au droit de shales et de grès du Famennien. L'étude permettra de comparer le comportement hydrogéologique de ce bassin par rapport aux bassins constitués majoritairement d'aquifères calcaires. Une station de jaugeage a été mise en place à proximité de la confluence de l'Iwagne avec la Lesse.

5.2.2 Unité aquifère des calcaires carbonifères.

Bassin du Ruisseau d'Al'Prée

Le Ruisseau d'Al'Prée, affluent de l'Iwagne, traverse transversalement, du nord au sud, le synclinal des « Mauvais Monts ». Ce synclinal est bien individualisé grâce à un double ennoyage et est drainé par un seul cours d'eau. Il est exploité à Custinne par la SWDE, raison

pour laquelle ce bassin sera étudié. Une station de jaugeage sera équipée d'une sonde pressiométrique à proximité de sa confluence avec l'Iwagne. Des piézomètres, récemment creusés dans le cadre de la délimitation des zones de prévention, permettront de suivre les fluctuations piézométriques saisonnières.

Bassin du Ruisseau du Saint-Hadelin

Le bassin du Ruisseau du Saint-Hadelin correspond à un système hydrogéologique caractéristique du Condroz. Ce ruisseau est situé dans l'axe d'un synclinal calcaire (chavée) et est alimenté par une série d'affluents s'écoulant depuis les crêtes topographiques, correspondant à des synclinaux gréseux (tiges). Une station de jaugeage a déjà été implantée à la confluence de ce ruisseau et de la Lesse. Ce bassin est étudié depuis plusieurs années par le Géol-FUNDP.

Bassin du Ruisseau de Falmagne

Le Ruisseau de Falmagne, ou du Colébi, constitue un petit bassin versant en rive droite de la Meuse, entre Hastière et Dinant. Ce ruisseau se perd totalement dans plusieurs pertes, dont deux permanentes, au niveau du village de Falmignoul et fait résurgence à quelques dizaines de mètres de la Meuse, au pied du Ravin du Colébi. Contrairement au St Hadelin, l'orientation du talweg est perpendiculaire à la direction des couches. Ce bassin et son système karstique seront étudiés en détail. Deux stations ont été mises en place : en amont des pertes et entre la résurgence et la Meuse. Le Géol-FUNDP a déjà réalisé un essai de traçage et des mesures de débit sur ce site en 2002.

Bassin des Fonds de Leffe

Ce bassin versant est analogue à celui du ruisseau du Saint-Hadelin (système condruzien typique). Le synclinal calcaire au sein duquel il s'écoule est exploité par la SWDE (captages de Thynes-Lissognes). Une station de jaugeage a été mise en place au niveau de l'Abbaye de Leffe. En fonction du contexte hydrogéologique, on peut, pour ce bassin, supposer que les limites hydrographique et hydrogéologique sont différentes, d'où l'intérêt de son étude.

Bassin du Bocq

Les aquifères calcaires au droit desquels s'écoulent le Bocq et ses affluents sont fortement exploités, notamment par la CIBE. Celle-ci exploite plusieurs galeries captantes entre Natoye et Spontin. Quatre stations de jaugeage ont été mises en place en bordure des synclinaux calcaires (deux sur le Bocq, une sur le Petit Bocq, une sur le Crupet). Une station appartenant au réseau Aqualim, de la DGRNE, est située à proximité de la confluence du Bocq et de la Meuse, légèrement en amont d'Yvoir. Une station du réseau Sethy, du MET, située à la sortie d'un synclinal dévonien, pourrait donner des informations permettant d'affiner les bilans, ...

Bassin du Féron

Le bassin versant du Féron est situé en partie au droit d'un synclinal calcaire fort karstifié. Il est possible qu'il soit déficitaire, une partie de ses eaux souterraines étant éventuellement déviées vers l'est avec alimentation diffuse dans le lit de la Meuse. Une

station de jaugeage a été mise en place à l'exutoire de ce bassin. Ce bassin a déjà fait l'objet de traçages par la CWEPS.

Bassin de la Molinee

La Molinee draine plusieurs synclinaux calcaires exploités par diverses compagnies de distribution d'eau. Deux stations de mesure des débits ont été mises en place : une sur le Flavion et une sur la Molinee, à la sortie des massifs calcaires. Plusieurs stations du MET (Warnant, Foy et Sosoye) permettront d'affiner l'étude de ce bassin versant.

Bassin du Burnot

Le Burnot draine plusieurs synclinaux calcaires karstifiés. Ses eaux souterraines sont exploitées, notamment par la SWDE. Une station appartenant au réseau Aqualim est en place à proximité de son exutoire. Une seconde station a été mise en place plus en amont afin de préciser le comportement des aquifères calcaires du Carbonifère exploités notamment par la SWDE.

Bassin du Houyoux

Deux stations limnimétriques du réseau Aqualim sont en place sur le Houyoux ; elles fourniront des informations utiles dans le cadre de cette étude. Aucune mise en place de station par les FUNDP dans ce bassin versant n'est envisagée dans l'immédiat.

Bassin de la Gelbressée

La Gelbressée draine en partie un synclinal de calcaires dévono-carbonifères en rive gauche de la Meuse, entre Namur et Andenne. Une station a été mise en place au niveau de l'Abbaye de Gelbressée, à la sortie des calcaires carbonifères.

Bassin de la Méhaigne

Le bassin versant de la Méhaigne est situé majoritairement au droit d'autres masses d'eau que celles étudiées dans le cadre du projet « Synclin'eau ». Elle traverse cependant un synclinal calcaire (dévono-carbonifère), entre Hucorgne et Moha. Deux stations du réseau Sethy (MET) sont situées exactement à l'entrée et à la sortie de ces massifs calcaires. Ils pourront donc fournir des informations très utiles dans le cadre de cette étude. D'après le site du Sethy, la station de Moha semble cependant ne plus faire l'objet de mesure en continu depuis 2000.

5.2.3 Autres

Plusieurs stations de jaugeage du réseau Sethy, installées sur la Meuse et sur la Lesse, pourraient fournir des informations utiles dans le cadre de l'étude Synclin'eau. La plupart d'entre elles ne fournissent cependant qu'une hauteur d'eau, et non un débit. Elles ne sont donc utiles dans le cadre de cette étude que s'il y a une possibilité de réaliser une courbe de tarage au droit de ces stations ou pour établir des corrélations entre le niveau du cours d'eau et la piézométrie de la nappe alluviale.

La station de Gendron fournit une mesure des débits. Sa position, à l'amont d'un synclinal calcaire, la rend utile dans le cadre de cette recherche. Des données ponctuelles seront collectées en période d'étiage à l'aval et à l'amont du massif calcaire puis comparées.

Dans un premier temps, les aquifères des calcaires dévoniens, fortement karstifiés ne seront pas étudiés. En effet, la structure géologique de ces couches engendre un écoulement direct vers la Meuse, écoulement difficilement quantifiable. Les résultats obtenus par HGE-ULg sur le bassin du ruisseau du Fond de Martin ou des Fonds de Gesves seront utilisés et des données complémentaires récoltées si nécessaires.

5.3 Zone GFA-FPMs

La zone d'étude GFA-FPMs couvre une partie des masses d'eau RWM011, RWM012 et RWM021. Ces trois masses d'eau ont chacune une structure géologique et hydrogéologique spécifique avec pour conséquence l'application de méthodologie adaptée pour l'estimation de ressource en eau. Selon la masse d'eau considérée, les estimations des bilans seront donc calculées de manières différentes.

5.3.1 La masse d'eau MRW011

L'étude réalisée en 2002 sur l'aquifère des Calcaires Carbonifères du bord Nord de l'unité para-autochtone de Namur a permis de le découper en sous-bassins hydrogéologiques sur base des crêtes piézométriques.

La figure suivante fait apparaître d'Ouest en Est le bassin du Piéton et le bassin induit de Wagnelée (contours repris en orange). La définition des bassins situés plus à l'est fait l'objet de l'étude et les ressources en eau souterraine pourront être évaluées sous-bassin par sous-bassin.

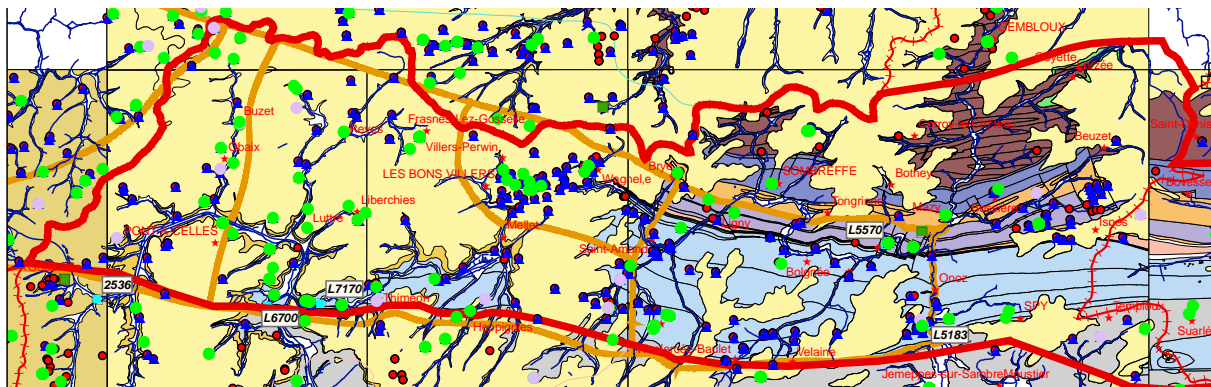


Figure 4: Masse d'eau RWM011 – Localisation des sous-bassins hydrogéologiques (contours en orange)

5.3.2 La masse d'eau RWM021

La structure géologique de la masse d'eau RWM021 est constituée d'une succession de synclinaux et d'anticlinaux. Du point de vue hydrogéologique, les niveaux aquifères productifs apparaissent clairement séparés dans des synclinaux transverses d'orientation Est-Ouest, formant des structures dépressionnaires. Lorsque ces synclinaux correspondent à des bassins hydrologiques, ils sont susceptibles de permettre la réalisation de bilans.

Deux sites pilotes y ont été sélectionnés: le bassin de la Thyria et le bassin du ruisseau d'Yves.

Des bilans hydrologiques seront établis sur ces deux bassins le plus précisément possible et les résultats devraient être extrapolables aux autres bassins constituant la masse d'eau.

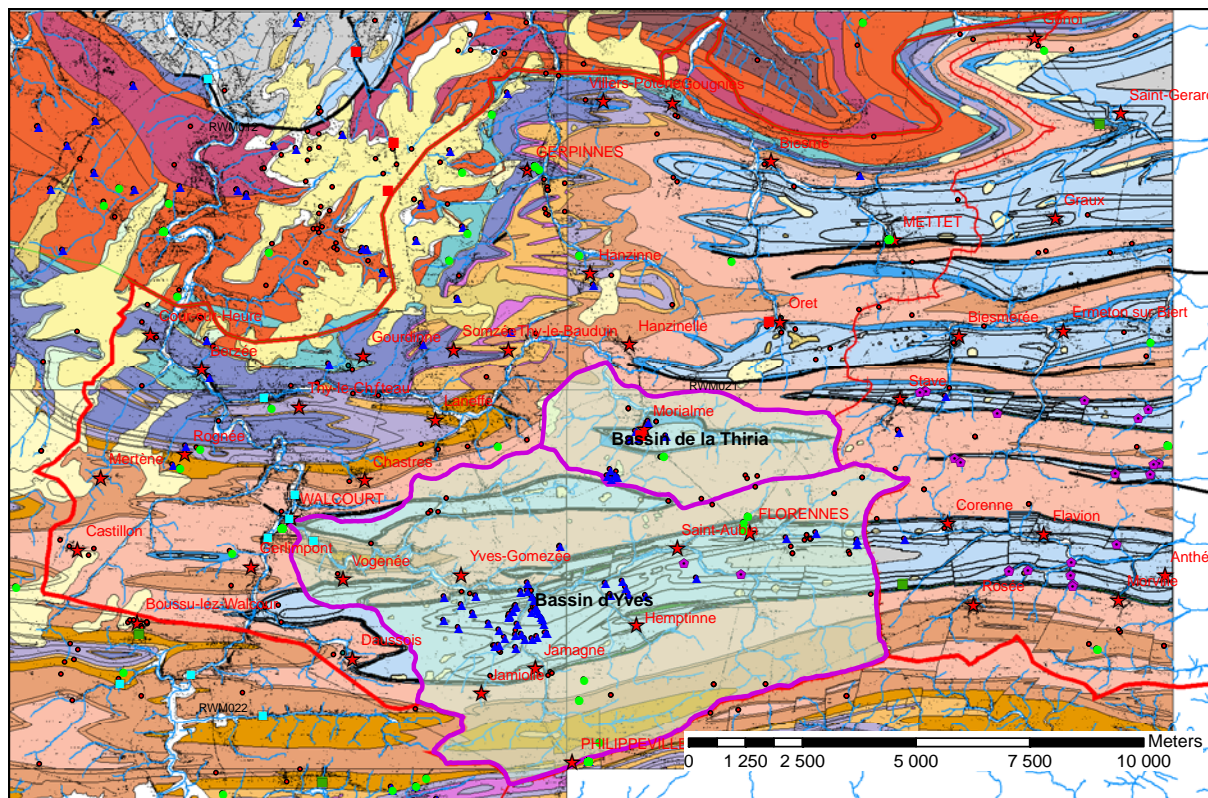


Figure 5 : Bassins pilotes choisis dans la masse d'eau RWM021

Bassin de la Thyria

Le bassin de la Thyria englobe l'entière du synclinal de Morialmé composé de deux unités hydrogéologiques : l'aquifère des calcaires carbonifères ainsi que l'aquifère d'Hastière. Ces calcaires sont encadrés par les grès du Famennien, aquifères généralement perchés qui se déversent vers les dépressions calcaires voisines de manières diffuses ou via des sources temporaires ou pérennes. Les limites du bassin hydrologique de la Thyria correspondent probablement aux limites d'un bassin hydrogéologique.

Les ennoyages dirigés vers le centre du synclinal induisent le sens naturel de l'écoulement des eaux. La piézométrie est également influencée par les pompages de la société wallonne des eaux (4500m³/j) situés à proximité du village de Morialmé.

Dans le cadre d'une étude hydrogéologique, des forages ont été réalisés au sud de Morialmé autour d'une ancienne carrière et des essais de pompage ainsi que des analyses hydrochimiques des eaux de la nappe des grès du Famennien ont été effectuées.

Des essais de pompage et de traçage ont également été exécutés au droit du synclinal de Morialmé dans les piézomètres de captage de la société wallonne des eaux.

Une station de jaugeage sera mise en place sur le ruisseau de la Thyria à la sortie du bassin pilote afin d'apporter une partie des informations nécessaires à l'établissement des bilans.

La carte hydrogéologique couvrant ce synclinal a également été réalisée en 2001

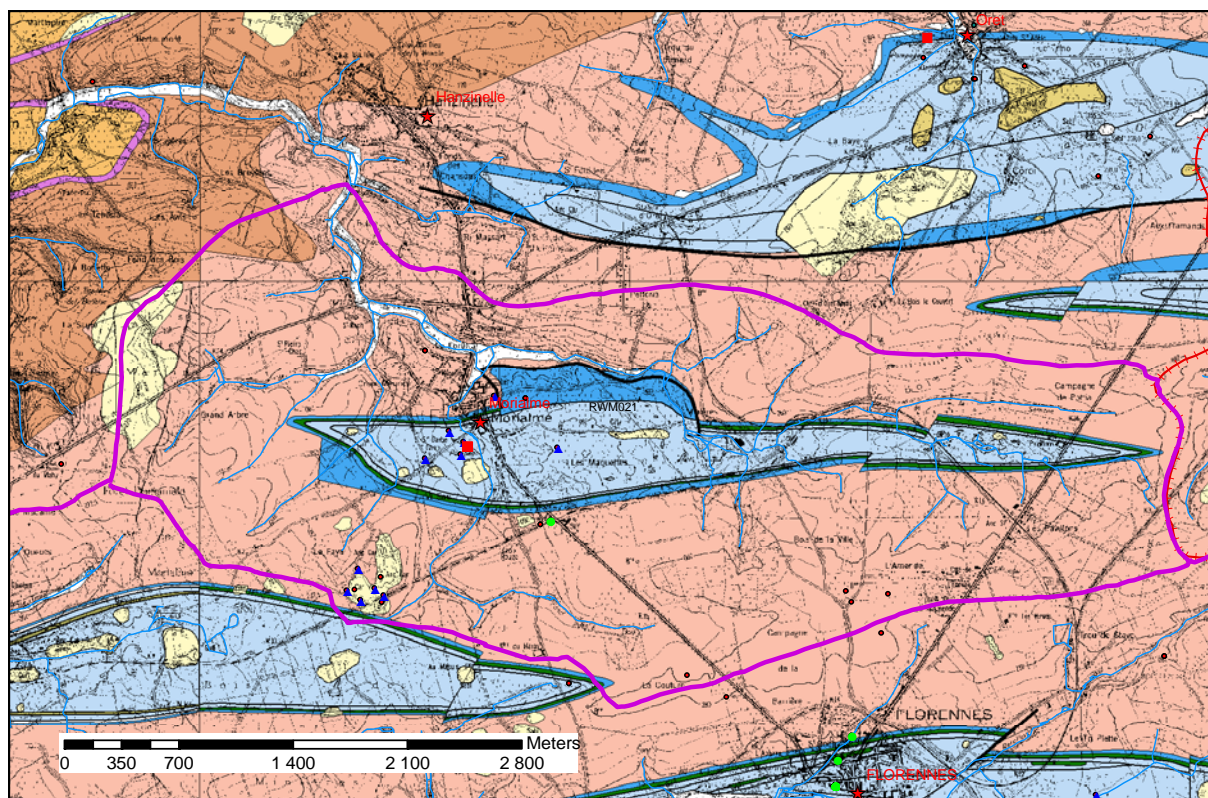


Figure 6: Le bassin de la Thyria

Bassin d'Yves

Le bassin hydrologique d'Yves reprend une grande partie du synclinal de Florennes-Anthée ainsi que presque l'entièreté du synclinal de Fraire, synclinaux composés en majeure parties de l'aquifère des Calcaires Carbonifères, au cœur d'une large structure synclinale d'orientation Est-Ouest. Le bassin pilote comprend également les niveaux aquifères gréseux du Famennien.

Le Bassin d'Yves est limité à l'Est par une crête des partages des eaux, aussi bien hydrologique qu'hydrogéologique. Cette crête de partage se situe approximativement suivant un axe Nord Sud à l'Est de Florennes.

Au droit du bassin du ruisseau d'Yves, la nappe des Calcaires est exploitée par l'INASEP et par les pompages de la carrière de Berthe (Florennes). La nappe est fortement rabattue par l'exhaure de la carrière qui peut atteindre 500 000 m³ par an.

Une station du DCEN se trouve à la sortie du bassin pilote et apportera des informations nécessaires lors l'établissement des bilans.

Quelques phénomènes karstiques ont également été répertoriés dans la zone.

Ce bassin pilote a une structure globale qui est assez bien représentative de l'entièreté de la masse d'eau RWM021 et donc extrapolable lors de l'exploitation des résultats.

De plus, tout comme le premier bassin choisi, les limites du bassin hydrologique d'Yves correspondent probablement aux limites d'un bassin hydrogéologique.

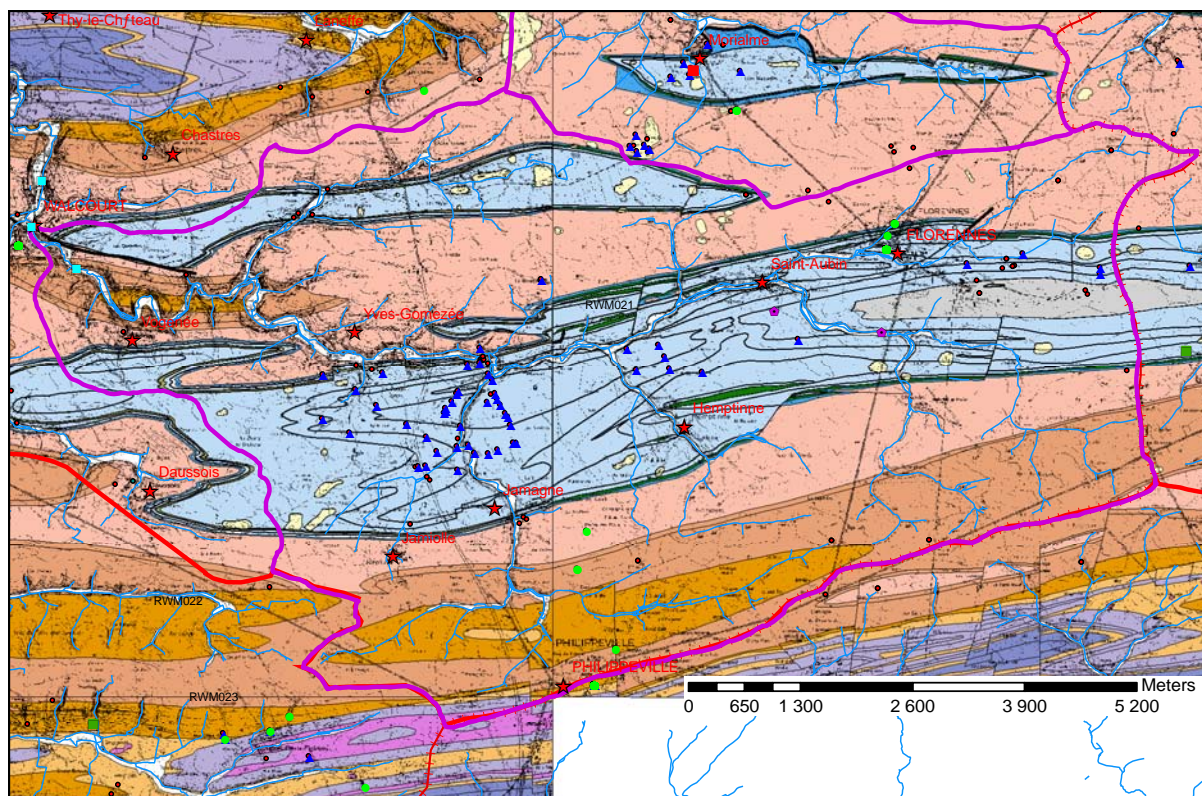


Figure 7 : Bassin du Ruisseau d'Yves

5.3.3 La masse d'eau RWM012

La masse d'eau RWM012, calcaire du bassin de la Meuse, bord sud, est une succession de terrains aquifères, aquitards et aquicludes orientés Est-Ouest, le tout étant compliqué par la présence d'écailles tectoniques.

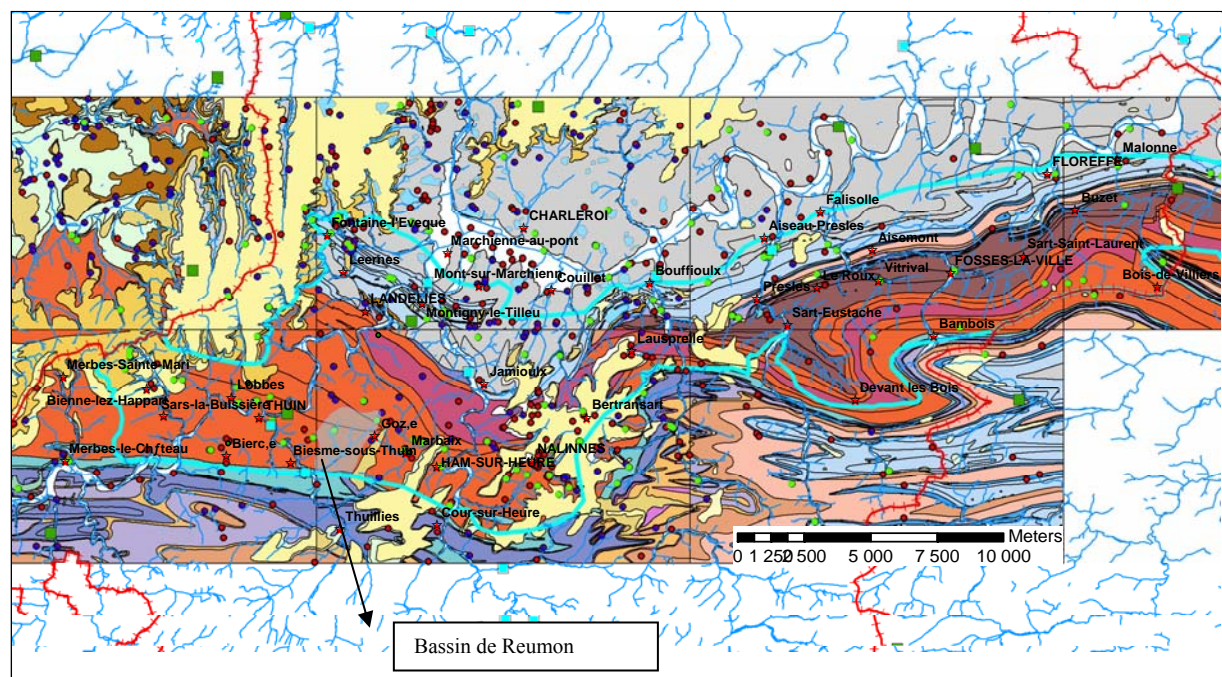


Figure 8: Masse d'eau RWM012 , bassin de Reumon

Les étendues de terrains aquitards, datés du Dévonien inférieur, couvrent la majeure partie de la masse d'eau et les sous bassins hydrogéologiques sont difficilement identifiables.

Afin de comprendre le fonctionnement de ce type d'unité hydrogéologique, un bassin pilote a été choisi dans cette formation, le bassin du Reumon.

Bassin du ruisseau du Reumon

Le bassin du Reumon, situé dans la région de Thuin entre Biesme-sous-thuin et Gozée est composé uniquement de dévonien inférieur. Ce bassin est traversé par le ruisseau de Reumon et des ses affluents qui se jettent dans la Biesmelle.

Une station de jaugeage sera installée à la sortie du bassin afin de calculer l'importance de l'infiltration et du ruissellement sur ce type de terrain.

Quelques ouvrages sont également répertoriés dans la zone étudiée.

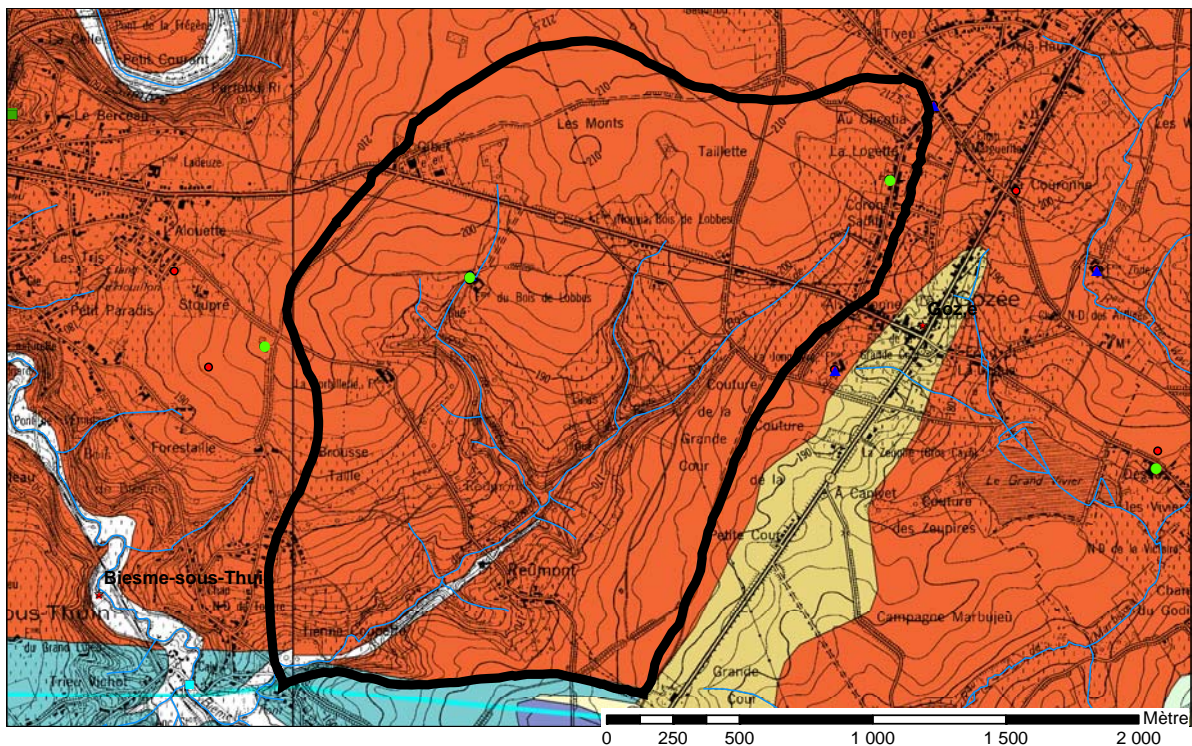


Figure 9: Bassin de Reumon

5.3.4 Légende Zone GFA-FPMs

Légende

- Stations limnimétriques
- Ouvrages
- ▲ Puits piezo sur lesquels au moins 1 mesure a été effectuée

Prises d'eau

- prises d'eau diverses

nom_societe

- REGIE DES EAUX DE CHARLEROI
- S.W.D.E
- S.WDE
- Stations climatiques
- pertes karstiques
- ★ Agglomération
- ~ Bassins pilotes
- Cours d'eau

Annexes

1. Schéma méthodologique général

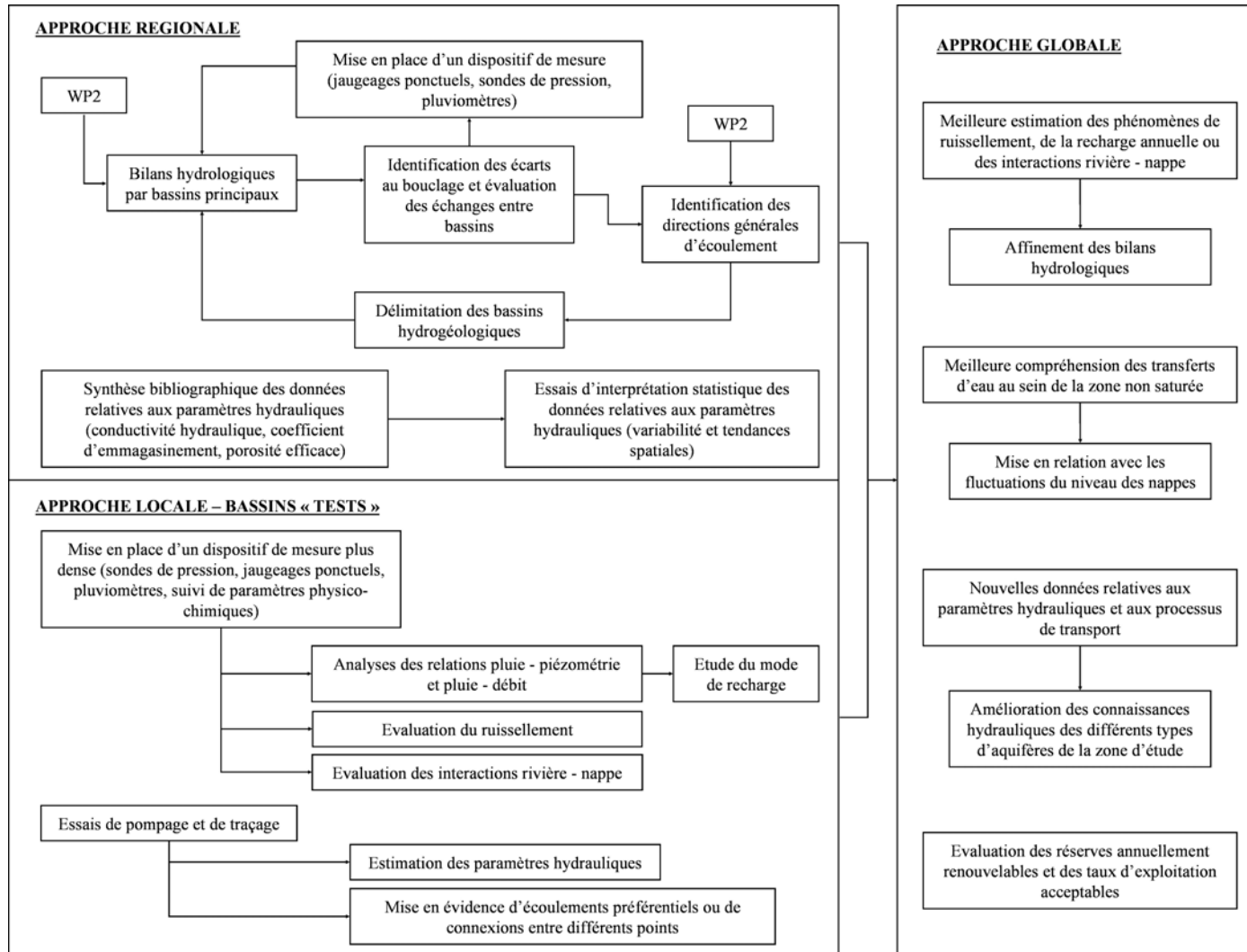


Figure 10 : Schéma méthodologique général

2. Chronogramme des activités

	Q4/2005	Q1/2006	Q2/2006	Q3/2006	Q4/2006	Q1/2007	Q2/2007	Q3/2007	Q4/2007	Q1/2008	Q2/2008	Q3/2008	Q4/2008
Caractérisation hydraulique des aquifères (délais convention)													
Estimation des ressources et bilans (délais convention)													
APPROCHE REGIONALE													
Premiers bilans hydrologiques par bassins principaux													
Mise en place et suivi du dispositif de mesure quantitatif sur le terrain (jaugeages ponctuels, sondes de pression, pluviomètres)													
Identification des directions générales d'écoulement et délimitation des bassins hydrogéologiques													
Affinage des bassins hydrologiques par bassins principaux sur base des nouvelles mesures de terrain													
Mise en évidence d'éventuelles tendances de l'état quantitatif des réserves et interprétation													
Synthèse bibliographique des données relatives aux paramètres hydrauliques (conductivité hydraulique, coefficient d'emmagasinement, porosité efficace)													
Essais d'interprétation statistique des données relatives aux paramètres hydrauliques													
APPROCHE LOCALE - BASSINS "TESTS"													
Mise en place et suivi d'un dispositif de mesure plus dense (jaugeages ponctuels, sondes de pression, pluviomètres, suivi des paramètres physico-chimiques)													
Analyses des relations pluie-piézométrie et pluie-débit													
Etude du mode de recharge, du ruissellement et des interactions rivières-nappes													
Essais de pompage, de traçage et interprétation													
APPROCHE GLOBALE													
Affinement des bilans hydrologiques													
Extension cohérente des nouvelles connaissances hydrauliques aux aquifères de même type													
Evaluation des réserves annuellement renouvelables et des taux d'exploitation acceptables													

Figure 11 : Chronogramme des activités

3. Légende hydrogéologique

Unités hydrogéologiques

	Aquifère des alluvions
	Tourbes
	Aquitard limoneux
	Aquifère des terrasses fluviales
	Aquifère des sables miocènes
	Aquifère des sables de remplissage
	Aquiclude des argiles bartoniennes
	Aquifère des sables éocènes
	Aquiclude - Aquitard des argiles éocènes
	Aquifère des sables paléocènes
	Aquiclude des argiles paléocènes
	Aquifère des craies du Crétacé
	Aquiclude des marnes campaniennes
	Aquifère - Aquitard de Vaals
	Aquitard du Santonien
	Aquifère des sables santoniens
	Aquiclude des marnes turoniennes
	Aquifère cénomano-albien
	Aquiclude des argiles de remplissage
	Aquiclude à niveaux aquifère du Houiller
	Aquifère des calcaires dévono-carbonifères
	Aquifère des calcaires carbonifères
	Intercalation schisteuse dans l'aquifère des calcaires dévono-carbonifères
	Aquiclude des schistes carbonifères
	Aquitard du Carbonifère
	Hastarien
	Aquifère d'Hastière
	Aquifère des grès famenniens
	Aquitard du Famennien
	Aquitard du Famennien -Frasnien
	Aquitard du Frasnien
	Aquiclude du Famennien
	Aquiclude du Frasnien
	Aquiclude du Famennien - Frasnien
	Aquifère des calcaires frasniens
	Aquifère des calcaires givetiens
	Aquiclude - Aquitard du Givetien
	Aquitard de l'Eifelien
	Aquifère de l'Eifelien
	Aquiclude du Dévonien inférieur
	Aquiclude à niveaux aquifères du Dévonien inférieur
	Aquitard à niveaux aquicludes du Dévonien inférieur
	Aquitard à niveaux aquicludes de Villé
	Aquifère de Fépin
	Aquitard à niveaux aquifères du socle cambro-silurien
	Aquifère du socle cambro-silurien
	Aquiclude du socle cambro-silurien

Figure 12 : légende hydrogéologique - Conception : projet "Cartes Hydrogéologiques de Wallonie"

4. Documents cartographiques

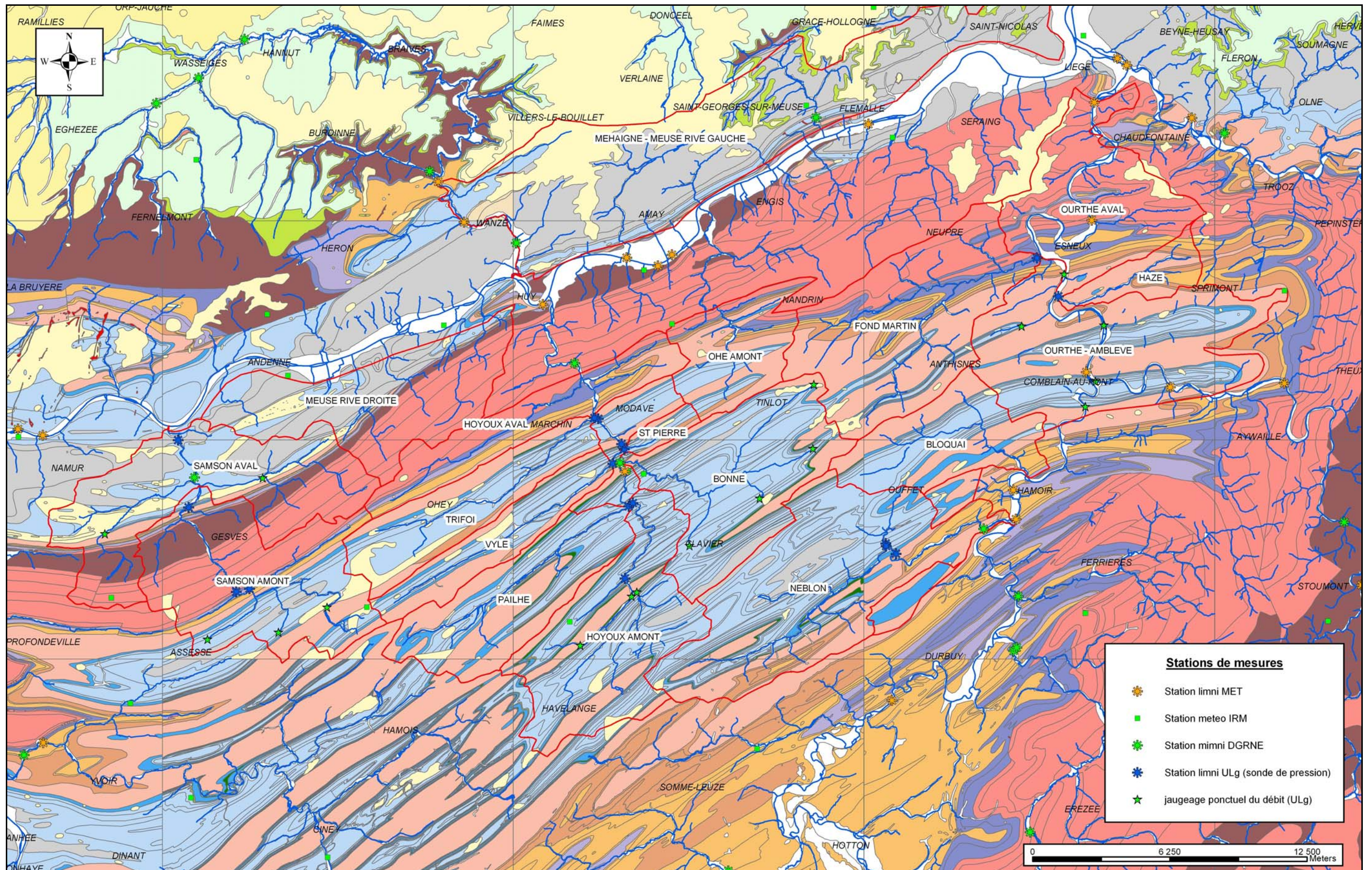


Figure 13 : Zone HGE-ULg

Légende

- Station climatique IRM
- 🔴 Limite de bassins versants
- 🌊 Limite de masses d'eau
- Réseau hydrographique
- Station limnimétrique:
- ★ FUNDP (nouvelle)
- ★ DGRNE
- ★ MET

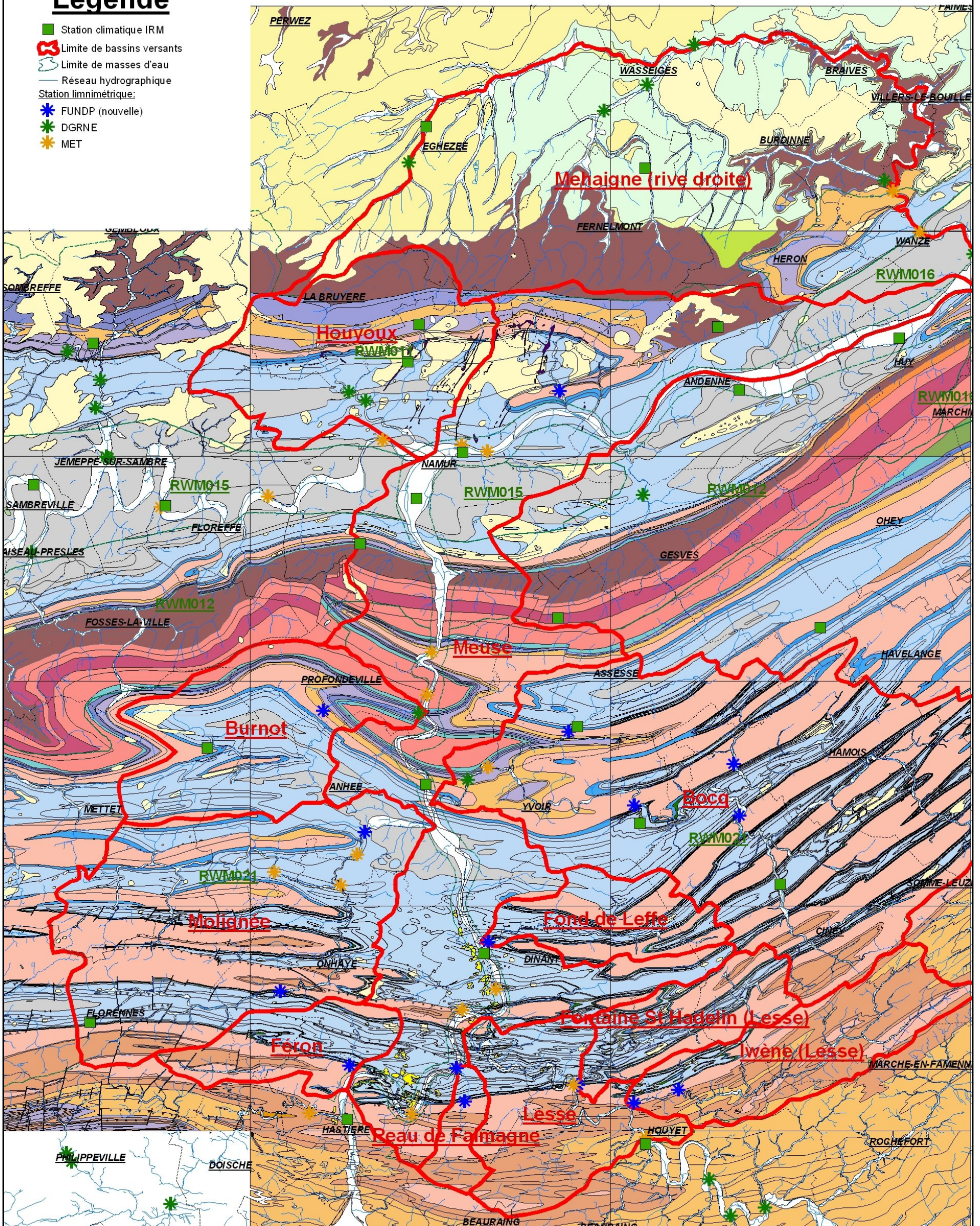


Figure 14 : zone Géologie – FUNDP