

Troisièmes Plans de gestion

Document d'accompagnement

Méthodologies relatives à la caractérisation
des masses d'eau souterraine

Juillet 2023

Table des matières

1	<u>METHODOLOGIE DE DELIMITATION DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE.....</u>	3
2	<u>REVISION DE LA DELIMITATION DES MASSES D'EAU SOUTERRAINES EN 2017</u>	5
3	<u>CARACTERISATION DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE.....</u>	7
3.1	CARTOGRAPHIE DE L'EMPLACEMENT ET DES LIMITES DE LA MASSE D'EAU SOUTERRAINE	7
3.2	TPOLOGIE (GEOLOGIE / HYDROGEOLOGIE)	7
3.3	HYDROGEOCHIMIE.....	8
3.4	ECOSYSTEMES AQUATIQUES.....	8
3.5	ECOSYSTEMES TERRESTRES DEPENDANTS.....	9
3.6	VULNERABILITE DES EAUX SOUTERRAINES	9
3.7	RESSOURCE ANNUELLEMENT RENOUVELABLE	11
3.8	ETUDES DETAILLEES - MODELES MATHEMATIQUES.....	11

1 Méthodologie de délimitation des masses d'eau souterraine

En Région wallonne, les travaux indispensables à cette fin ont débuté en 2001 et ont été menés par un comité d'experts réunissant les Services universitaires spécialisés en hydrogéologie et l'Administration.

Une étape importante du processus a consisté à déterminer les aquifères transfrontaliers lors de réunions de travail internationales qui se sont tenues le 10 juillet 2001 à Namur, le 31 juillet 2001 à Luxembourg et le 27 août 2001 à Mons ; les résultats de ces travaux concertés ont été actés par la Conférence ministérielle de Liège du 30 novembre 2001.

Les masses d'eau souterraine, telles que définies dans la Directive cadre sur l'eau à partir des aquifères, ont été déterminées tant par des critères hydrogéologiques que par des critères non hydrogéologiques.

Critères hydrogéologiques

- étendue et caractéristiques des couches géologiques ;
- zones d'alimentation ;
- lignes de partages souterrains des écoulements ;
- liaisons hydrauliques entre couches géologiques ;
- interactions avec des eaux de surface et des écosystèmes terrestres ;
- propriétés hydrochimiques ;
- la distinction entre les eaux à caractère libre (nappes phréatiques) et celles à caractère confiné (nappes captives).

Critères non hydrogéologiques

- captage ou possibilité de captage ;
- impacts des pressions sur les masses d'eaux, les écosystèmes terrestres et les dégâts aux couches ou aux biens non meubles à la surface de la terre (comme les affaissements) ;
- lignes de partage des eaux de surface ;
- limites administratives.

Tout au long du processus de délimitation, le souci de ne pas multiplier à l'excès les masses d'eau souterraine est resté à l'esprit des techniciens et scientifiques afin de ne pas alourdir la gestion ultérieure de ces masses d'eau.

Les étapes suivant lesquelles les critères ont été appliqués sont décrites de manière plus détaillée ci-dessous :

- Division du terrain en ses principales unités tectoniques et sédimentaires;
- Identification des principaux aquifères d'après leur lithologie, tenant compte notamment des aquifères transfrontaliers définis lors de la conférence de Liège;
- Découpage des aquifères ainsi identifiés suivant les principaux districts hydrographiques, tenant compte de rattachements éventuels liés à l'hydrogéologie ou à la gestion administrative;
- Découpage des aquifères suivant les lignes de partage des eaux souterraines de manière à éviter la gestion transfrontalière de masses dont les eaux n'auraient aucun échange hydraulique entre elles;

- Découpage des aquifères lorsqu'il s'avère que plusieurs parties n'auront sans doute pas le même état (soit que cet état est déjà constaté, soit qu'il résultera de pressions distinctes);
- Verticalement, et d'après les limites géologiques, regroupement éventuelle des masses d'eau dont les échanges entre formations sont significatifs;
- Horizontalement, procéder également à un regroupement s'il s'avère que la présence locale d'aquitards ne modifie pas de manière significative l'allure générale des écoulements;
- Association de la partie captive d'un aquifère à sa partie libre lorsqu'il s'avère que la première est quantitativement dépendante de la seconde;
- Identification des masses d'eau très peu perméables et éventuellement association à d'autres plus perméables.

33 masses d'eau souterraine ont été ainsi délimitées en Wallonie : 21 dans le district de la Meuse, 10 dans le district de l'Escaut et 2 dans le district du Rhin. Aucune masse d'eau souterraine n'a été attribuée au district de la Seine. Le territoire situé au droit de ce district a été assimilé à une masse d'eau souterraine du district de la Meuse (RWM103).

Cependant, la délimitation précise des masses d'eau souterraine est toujours susceptible d'évoluer à l'avenir, en fonction de l'amélioration de la connaissance de certains aquifères.

2 Révision de la délimitation des masses d'eau souterraines en 2017

Lors des deux premiers cycles de Plans de gestion, 33 masses d'eau souterraines avaient été identifiées selon les critères prévus par la Directive-cadre sur l'Eau. Pour ces troisièmes Plans de gestion, la masse d'eau souterraine RWE031 des sables de la vallée de la Haine, qui comprenait deux parties distinctes, a été scindée en deux nouvelles masses d'eau en raison de la différence de pression et de l'impact sur leur état qualitatif :

- à l'est, la masse d'eau RWE033 des alluvions et sables de la vallée de la Haine ;
- à l'ouest, la masse d'eau RWE034 des sables du Thanétien de Rumes-Brunehaut.

Initialement, la masse d'eau RWE031 avait été délimitée au cœur du bassin inférieur de la Haine, ainsi qu'au droit des communes de Rumes et de Brunehaut, ces deux territoires étant séparés par la masse d'eau française apparentée des Sables du bassin d'Orchies.

Cependant, les pressions sont très différentes sur les deux parties nouvellement individualisées :

- la partie située dans le bassin de la Haine a connu, par le passé, un important développement industriel et une forte pression démographique liée. La nappe d'eau souterraine est généralement de faible profondeur et en communication avec des cours d'eau et des zones marécageuses. Les principaux paramètres déclassants pour l'eau souterraine sont des macropolluants (ammonium, phosphore). Les origines potentielles de ces composés sont à relier au contexte hydrogéologique particulier, et notamment à la présence de tourbes dans les alluvions de la Haine, au contexte urbain et industriel actuel, et aux activités industrielles du passé.
- dans la partie occidentale, la pression industrielle est très faible. En revanche, l'impact de l'agriculture est plus important, les paramètres déclassants étant les nitrates et les pesticides.

La scission de la masse d'eau RWE031 en deux nouvelles masses d'eau permet également de prendre explicitement en compte le contexte hydrogéologique particulier de la vallée de la Haine. En effet, les différentes couches plus ou moins aquifères qui s'y superposent peuvent communiquer entre elles, et, d'autre part, les horizons les plus superficiels sont en interaction avec le réseau des eaux de surface (cours d'eau, canaux, marécages ...), le nom de la masse d'eau RWE033 fait désormais explicitement référence tant aux alluvions de la Haine qu'aux sables thanétiens.

La Wallonie compte donc désormais 34 masses d'eau souterraine (figure 1), dont 11 sont attribuées au district de l'Escaut, 21 au district de la Meuse et 2 à celui du Rhin.

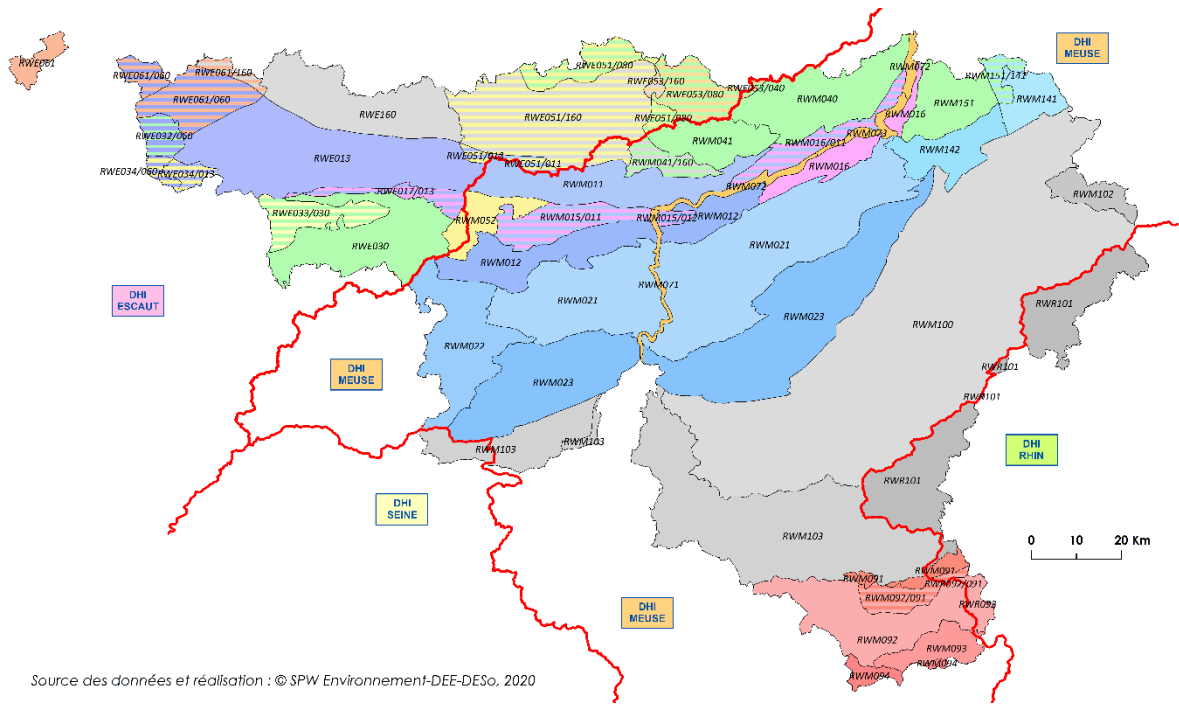


Figure 1 : Délimitation des masses d'eau souterraine wallonnes

3 Caractérisation des masses d'eau souterraine

La caractérisation de chacune des masses d'eau souterraines est décrite dans les fiches par masses d'eau souterraine correspondantes et sont disponibles sur internet aux adresses suivantes :

District hydrographique de l'Escaut : <http://eau.wallonie.be/spip.php?article72>

District hydrographique de la Meuse : <http://eau.wallonie.be/spip.php?article71>

District hydrographique du Rhin : <http://eau.wallonie.be/spip.php?article73>

Ces fiches sont destinées à préciser l'état des lieux des masses d'eau en identifiant et synthétisant les caractéristiques propres de chaque masse d'eau, telles que l'emplacement et les limites de la masse d'eau, ses caractéristiques géologiques et hydrogéologiques, la vulnérabilité, la ressource annuellement renouvelable,...

Les principales caractéristiques des masses d'eau souterraine en Wallonie sont également synthétisées dans l'annexe 3 des Troisièmes plans de gestion des Districts Hydrographiques Wallons (http://eau.wallonie.be/dcerefp3/PG3_Annexe3.pdf)

3.1 Cartographie de l'emplacement et des limites de la masse d'eau souterraine

Les caractéristiques générales de la masse d'eau souterraine sont brièvement présentées en introduction de la fiche masse d'eau correspondante : la superficie, la position géographique, ...

Si c'est une masse d'eau superposée, les masses d'eau sous-jacentes ou supérieures sont énumérées.

Sa situation géographique sur le territoire de la Région Wallonne est illustrée par une carte, sur laquelle figurent les contours des autres masses d'eau souterraine, ainsi que les principaux cours d'eau.

3.2 Typologie (géologie / hydrogéologie)

La typologie de chaque masse d'eau est basée sur la synthèse de toutes les études géologiques et hydrogéologiques pertinentes relatives aux masses d'eau souterraine concernées.

La description géologique présentée dans les fiches masse d'eau comprend essentiellement la succession des formations géologiques et leur lithologie. D'autres informations peuvent être ajoutées, comme l'épaisseur des couches, le degré de karstification pour le cas des roches calcaires, etc.

En ce qui concerne l'hydrogéologie, la nappe aquifère de la masse d'eau et son comportement hydrodynamique sont brièvement décrits. Pour le cas de plusieurs nappes, les éventuelles interactions sont mises en évidence. Des valeurs des paramètres hydrodynamiques (porosité, de coefficient d'emmagasinement spécifique ou de conductivité hydraulique) peuvent être rappelées, mais ces informations ne sont pas toujours disponibles.

L'horizon de profondeur auquel appartient la masse d'eau (seuls le premier ou le second horizon sont pris en compte) ainsi que son degré de confinement par des couches géologiques relativement imperméables, aura évidemment toute son importance pour la suite de la fiche (vulnérabilité aux pressions qualitative et quantitative).

Les nappes perchées ou temporaires ne sont pas prises en considération. Elles sont censées générer des écoulements hypodermiques lents influant directement sur les masses d'eau de surface.

3.3 Hydrogéochemie

En ce qui concerne l'hydrogéochemie, les informations pertinentes concernant les principaux aquifères de Wallonie sont synthétisées dans les chapitres III.2 et III.3 de l'Etat des nappes et des masses d'eau souterraine de Wallonie (http://environnement.wallonie.be/de/eso/atlas/pdf/atlas_a3.pdf).

3.4 Ecosystèmes aquatiques

Avant la mise en œuvre des premiers Plans de gestion, aucune étude exhaustive n'avait abordé en Wallonie l'étude des interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface à l'échelle d'un bassin versant, tenant compte des aspects tant géologiques et hydrogéologiques qu'hydromorphologiques et écologiques. Par défaut, il était considéré que les masses d'eau souterraine du premier horizon étaient en liaison avec les masses d'eau de surface et que, pour les masses d'eau du deuxième horizon, des impacts locaux pouvaient exister sur des zones restreintes (par exemple dans les zones d'affleurement).

En vue de caractériser les interactions des eaux de surface et souterraines, une étude¹ a été réalisée entre 2013 et 2016 par l'Unité d'Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement de l'Université de Liège (HGE-ULiège), en collaboration avec deux autres laboratoires universitaires belges (LEED- UNamur et Gembloux AgroBioTech - ULiège). Cette étude avait pour objectifs généraux :

- d'évaluer l'importance des interactions entre eaux de surfaces et souterraines dans le fonctionnement hydrologique et hydrogéologique des masses d'eau et leur impact potentiel sur l'état quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine et sur l'état chimique et écologique des cours d'eau ;
- de mieux comprendre et quantifier les mécanismes de transfert et les temps de résidence du nitrate dans le continuum sol - zone non saturée – zone saturée – eau de surface dans un contexte de roches carbonatées.

Une description fonctionnelle des bassins versants pour lesquels les sols sont essentiellement infiltrants (ruissellement peu important) a été proposée. Sur cette base, des indicateurs (tableau 1) ont été développés en vue de quantifier l'importance relative de l'interaction entre eaux de surface et souterraines sur le bilan quantitatif et qualitatif de chacun des compartiments et l'impact anthropique (prélèvements) sur ces interactions. Ces indicateurs sont basés sur des bilans en eau par masse d'eau de surface et souterraine et des techniques de séparation d'hydrogramme permettant de distinguer les composantes de ruissellement et de débit de base.

Tableau 1 : Synthèse des indicateurs quantitatifs intrinsèques et de pressions proposées

Indicateur	Symbole	Formule	Descriptif
Intrinsèque	I1ESO	I/EU	Importance de l'infiltration dans le bassin versant
	I1ESU	R/EU	Importance du ruissellement dans le bassin versant
	I2ESO	QES0/I	Importance du drainage de la nappe par échanges souterrains entre bassins
	I2ESU	QB/I	Importance du drainage de la nappe par le cours d'eau
	BFI	QB/QESU	Importance du débit de base sur le débit total du cours d'eau
	I3ESO	QrB/QB	Importance de la composante de drainage rapide
Pression	P1	QC/EU	Importance des prélèvements par rapport à l'eau utile
	P2	QC/I	Importance des prélèvements par rapport à l'eau disponible pour l'infiltration
	P3	QC / (QC + QT)	Impact des prélèvements sur le débit du cours d'eau

I – Infiltration, EU – Eau Utile, R – Ruissellement, Q_{ES0} – Débits échangés entre bassins, Q_B – Débit de base, Q_{ESU} – Débit total du cours d'eau, Q_B – Composante rapide du débit de base, Q_T – Débit de surface, Q_c – Volumes prélevés par les captages

L'application de ces indicateurs sur des bassins versants localisés au droit de la masse d'eau souterraine RWM021 (calcaires et grès du Condroz) est présentée à l'Erreur ! Source du renvoi introuvable.. Les résultats montrent que, pour les cours d'eau étudiés (représentatifs des cours d'eau drainants de type alcalin), une part importante de

¹ Convention Région wallonne et HGE-ULiège « Caractérisation complémentaire des masses d'eau dont le bon état dépend d'interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines » ; <https://orbi.uliege.be/handle/2268/206998>

L'eau quittant le bassin par les eaux de surface a transité par le milieu souterrain (la contribution du ruissellement au débit total du cours d'eau est relativement faible). Ils permettent également de quantifier l'importance des captages par rapport au taux de renouvellement des nappes et au débit des cours d'eau.

Les investigations menées sur le volet qualité biologique de ces mêmes masses d'eau de surface a mis en évidence l'importance des conditions hydrodynamiques locales sur la qualité biologique du cours d'eau et le fait que la variable « nitrate » n'a pas d'impact détectable sur les communautés aquatiques.

Certains résultats de cette étude ont servi à illustrer le Rapport technique n°9 de la Commission européenne sur les écosystèmes aquatiques associés aux eaux souterraines, constituant même le seul exemple sur les eaux douces. La Wallonie a donc été une pionnière pour cette thématique au niveau européen.

Une nouvelle étude a débuté en juin 2019 pour une durée de 30 mois afin de répliquer les principales méthodes mises en œuvre dans cette première étude sur d'autres contextes géologiques et en particulier dans deux bassins versants pour lesquels la composante de ruissellement est plus prononcée (sols moins infiltrants) :

- celui du Braunlauf, situé dans le massif ardennais (district hydrographique du Rhin) ;
- celui de la Thyle, dans les sables bruxelliens (district hydrographique de l'Escaut).

3.5 Ecosystèmes terrestres dépendants

Les masses d'eau souterraine doivent être gérées en tenant compte de la qualité des écosystèmes terrestres qui dépendent des eaux souterraines.

Actuellement, aucun écosystème terrestre qui aurait subi des dommages importants provoqués par transfert de polluant depuis la masse d'eau souterraine ou par prélèvement n'a été identifié. Afin de le confirmer, un groupe de travail pluridisciplinaire a été créé, dont les travaux sont basés sur les données issues :

- de l'inventaire des sites Natura 2000, des sites de convention Ramsar et des Zones Humides d'Intérêt Biologique ;
- du réseau de surveillance qualitatif et quantitatif de la DCE ainsi que du monitoring des états de conservation des sites Natura 2000.

Une liste des écosystèmes terrestres potentiellement impactés par les eaux souterraines est en cours d'élaboration. Sur base d'avis d'experts et de l'ensemble des données disponibles, le groupe de travail statuera sur l'existence effective d'un lien entre les écosystèmes et les eaux souterraines et sur leur état. Les écosystèmes identifiés feront alors au besoin l'objet d'une surveillance.

3.6 Vulnérabilité des eaux souterraines

L'évaluation de la vulnérabilité d'une masse d'eau souterraine repose sur une cartographie de la variabilité spatiale de sa sensibilité à des pollutions susceptibles de se produire à la surface du sol, en tout point de sa zone d'alimentation.

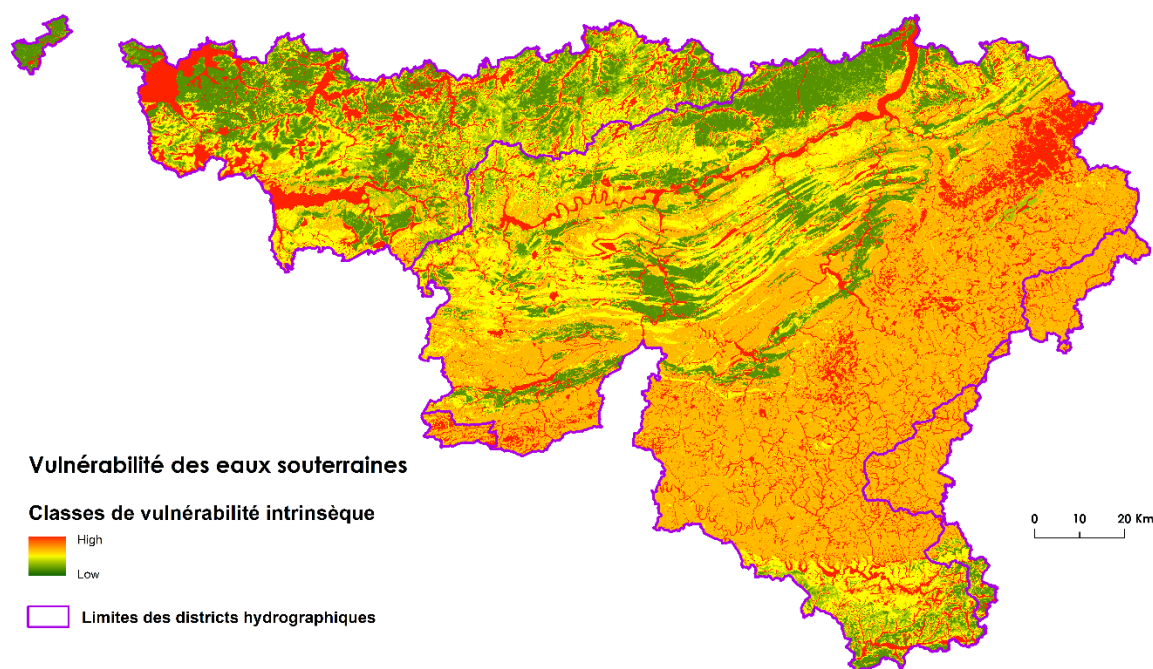
Les études de vulnérabilité font généralement la distinction entre trois notions : la vulnérabilité intrinsèque, la vulnérabilité spécifique et le risque de pollution de l'eau souterraine.

- La vulnérabilité intrinsèque reflète la sensibilité de l'eau souterraine à une pollution ayant potentiellement cours dans son bassin d'alimentation sur base des caractéristiques géographiques, hydrologiques, géologiques et hydrogéologiques du bassin d'alimentation de la nappe. Elle ne prend pas en compte la nature et la quantité de polluant, leurs propriétés, leur mode d'émission (instantanée ou permanente, ponctuelle ou diffuse), ni la probabilité d'occurrence des pollutions.
- La vulnérabilité spécifique intègre dans l'analyse précédente la prise en compte des interactions chimiques, physiques ou microbiennes possibles entre le milieu souterrain et les polluants (dégradation, sorption, désorption...) qui sont susceptibles de réduire la vulnérabilité de la nappe en atténuant la pollution si elle venait à se produire.
- Le risque de pollution d'une masse d'eau souterraine, quant à lui, dépend de trois éléments : la vulnérabilité intrinsèque et spécifique de la masse d'eau, l'aléa lié aux activités potentiellement polluantes à l'intérieur de son périmètre et les conséquences potentielles d'une éventuelle pollution. L'aléa tient compte des scénarios

possibles de pollution dans le bassin (distribution spatiale et temporelle du polluant : pollution ponctuelle ou diffuse, instantanée ou continue...) et de la probabilité d'occurrence des événements polluants.

En Wallonie, une méthode² appelée Apsû³ a été développée pour évaluer la vulnérabilité des eaux souterraines. Elle tient compte dans un premier temps des conditions suivant lesquelles le polluant peut s'infiltrer au niveau de la surface du sol. Dans un deuxième temps, elle tient compte de la capacité du milieu souterrain à atténuer naturellement la pollution au cours de son transfert dans la zone non saturée. La méthodologie est décrite dans le guide explicatif des fiches par masses d'eau souterraine.

Une cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des nappes d'eau souterraine du premier horizon (premier niveau saturé en eau rencontré depuis la surface du sol) a été réalisée durant les deuxièmes Plans de gestion⁴ (figure 2).



Source des données et réalisation : © SPW Environnement-DEE-DESo et HGE-ULiège, 2020

Figure 2 : Vulnérabilité intrinsèque du premier horizon

Généralement, la vulnérabilité intrinsèque est très élevée dans les fonds de vallées et moyenne à faible sur les plateaux. Les unités hydrogéologiques moins perméables (ex : manteau d'altération des formations géologiques en Ardenne, aquitards...) où la nappe est plus superficielle ont une vulnérabilité élevée car les temps de transfert escomptés sont a priori relativement courts. Il en est de même dans les zones des tourbières et aux sols avec drainage à engorgement d'eau temporaire ou permanent, où l'eau est très proche de la surface. Ces contextes hydrogéologiques se rencontrent plus dans le district de la Meuse et du Rhin. Les zones apparaissant en vert sur la carte correspondent à des contextes de nappes relativement profondes et/ou protégées par une ou plusieurs couches. C'est le cas du Socle du Brabant (recouvert par des unités tertiaires peu perméables), mais aussi des craies (là où elles sont surmontées des limons, par exemple) ou encore des unités calcaires des districts de l'Escaut et de la Meuse (à l'exception de certaines zones, comme celles où il y a des phénomènes karstiques ou dans les vallées sans couverture tertiaire).

² Convention Région wallonne et HGE-ULiège : « Tests d'une méthode de cartographie de la vulnérabilité intrinsèque applicable aux nappes aquifères de la Région Wallonne. Application à l'aquifère calcaire du Néblon » ; <http://hdl.handle.net/2268/100538>

³ Méthode de cartographie de la vulnérabilité Apsû : Protection des aquifères par évaluation de leur sensibilité – vulnérabilité

⁴ Convention Wallonie et HGE-ULiège : « Délivrable D03: Description des applications réalisées et cartes de vulnérabilité produites avec l'outil SIG » ; <http://hdl.handle.net/2268/240083>

La méthode est en cours d'adaptation dans le cadre d'une nouvelle convention avec l'université de Liège démarrée en juin 2019 pour une période de 42 mois, pour être applicable à un aquifère ou une masse d'eau souterraine spécifique, ainsi que pour cartographier la vulnérabilité spécifique de l'eau souterraine à certains polluants et croiser ces informations avec des cartes d'aléa liées aux activités potentiellement polluantes en vue de déterminer un risque de pollution de l'eau souterraine.

Les détails de la méthode Apsû se trouvent dans le Guide méthodologique des fiches par masse d'eau (http://eau.wallonie.be/dcerefp3/guide_des_fiches_des_masses_d_eau_souterraine.pdf). Les fiches de caractérisation par masse d'eau souterraine fournissent les cartes de vulnérabilité intrinsèque (temps de transfert pondérés), mais détaillent également les principales hypothèses qui ont été posées pour estimer l'épaisseur de la zone non saturée, le nombre de couches sol/sous-sol, le fond géologique utilisé, ... Une première cartographie de la vulnérabilité spécifique a également été appliquée dans le bassin du Geer. Celle-ci est illustrée pour quelques polluants dans la fiche de la masse d'eau RWM040 du Crétacé du bassin du Geer.

3.7 Ressource annuellement renouvelable

La ressource en eau souterraine annuellement renouvelable peut être assimilée à la recharge moyenne annuelle des nappes d'eau souterraine. La ressource renouvelable ne doit en aucun cas être confondue avec la ressource disponible en eau souterraine – qui, au sens de la Directive Cadre, est la ressource exploitable de manière durable - qui lui est bien inférieure et est beaucoup plus compliquée à évaluer car tient compte du débit réservé au maintien de la qualité écologique des eaux de surface (du débit de base des cours d'eau), dont l'ordre de grandeur n'a pas encore été évalué à ce jour.

La recharge des aquifères est calculée par simulation du modèle de bilans hydrologiques «sol et zone vadose» EPIC-Grid pour la période 1994-2013 (Agro-BioTech Gembloux). Cependant, en comparant la recharge calculée par EPIC-Grid (RECH, percolation de base) à celle nécessaire au bon fonctionnement d'un modèle «eaux souterraines» (développé par l'ULg ; *Brouyère et al., 2009*), il a été mis en évidence (*Bonniver et al., 2013*) que les valeurs de recharge simulées par EPIC-Grid étaient plus faibles que celles nécessaires pour parvenir à refléter les tendances piézométriques régionales et l'évolution interannuelle de bilans hydrogéologiques. Il semble que dans certains contextes, les volumes d'eau attribués au ruissellement hypodermique lent (RHL) par EPIC-Grid puissent contribuer aux fluctuations piézométriques de la nappe de base et doivent être interprétés en termes de recharge pour les modèles « eaux souterraines ».

L'estimation de la recharge moyenne annuelle par masse d'eau souterraine correspond dès lors au cumul de la percolation de base et des écoulements hypodermiques lents – « RECH + RHL » – calculé par le modèle EPIC-Grid. Ces estimations sont présentées dans les fiches par masse d'eau souterraine.

3.8 Etudes détaillées - Modèles mathématiques

Si des études plus approfondies ont été réalisées, comme une modélisation mathématique, les résultats sont inclus dans les fiches par masses d'eau souterraine.