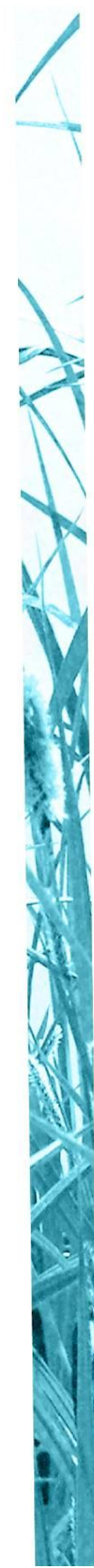


Partenariat 2013 - Axe Appui à la conception et à la mise en œuvre des politiques – Action 1



Mise en œuvre de la DCE : Identification et délimitation des masses d'eau souterraine au deuxième cycle

Rapport final

A. Brugeron, S. Schomburgk

Mai 2013

Document élaboré dans le cadre de :
La Directive Cadre sur l'Eau

- **AUTEURS**

Alexandre BRUGERON, ingénieur hydrogéologue (BRGM), a.brugeron@brgm.fr

Susanne SCHOMBURGK, ingénieur hydrogéologue (BRGM), s.schomburgk@brgm.fr

- **CORRESPONDANTS**

ONEMA : Céline NOWAK, celine.nowak@onema.fr

ONEMA : René LALEMENT, rene.lalement@onema.fr

ONEMA : Laurent COUDERCY, laurent.coudercy@onema.fr

DEB : Sarah BONNEVILLE, sarah.bonneville@developpement-durable.gouv.fr

Partenaire : Laurence GOURCY, correspondante ONEMA (BRGM), l.gourcy@brgm.fr

Droits d'usage : Accès libre

Niveau géographique : National

Couverture géographique : France métropolitaine & DROM

Citations locales : Mise en œuvre de la DCE : Identification et délimitation des masses d'eau souterraine au deuxième cycle

Niveau de lecture : Professionnels, experts

- **RESUME**

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive 2000/60/CE (DCE) du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, un guide méthodologique de délimitation des masses d'eau souterraine avait été rédigé par le BRGM en 2003 (Normand M. et Chadourne D., 2003). Dans les années qui ont suivi la parution de ce guide, des évolutions méthodologiques ont été mises en œuvre, dans le cadre des travaux de mise en place du référentiel hydrogéologique BDLISA (successeur du référentiel BDRHF V1) et de mise à jour du référentiel des masses d'eau. Il est donc apparu nécessaire de rassembler le tout dans un seul et unique document. Cette action a pu être menée au titre de l'Action 1 de l'Axe « Appui à la conception et à la mise en œuvre des politiques » de la convention 2013 entre le BRGM et l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA).

Consacré au volet « eaux souterraines », il expose les principes et règles de délimitation des masses d'eau souterraine retenus au niveau français au deuxième cycle et initiés en 2003, tout en intégrant désormais les évolutions et méthodologies mises en œuvre dans le cadre des travaux de mises à jour du Référentiel Masses d'eau depuis 2004. Ce rapport présente la façon dont ces principes et règles ont été élaborés et justifie leur cohérence vis-à-vis des principes et recommandations définis au niveau européen.

Depuis 2012, année de publication du Référentiel des entités hydrogéologiques BD LISA dans sa version Beta, certaines agences de bassin se sont engagées dans la mise à jour de leurs masses d'eau souterraine à partir de ce nouveau référentiel. De nouvelles approches ont été développées pour les bassins Loire - Bretagne, Rhône-Méditerranée & Corse (RM&C) et la Réunion. Ce document présente les résultats de ces travaux de mise à jour sous forme de retour d'expérience, propose des méthodologies adaptées à différents contextes et met en exergue certains points de construction sur lesquels une attention particulière doit être portée.

- **MOTS-CLES : REFERENTIEL, MASSES D'EAU SOUTERRAINE, DIRECTIVE CADRE EUROPEENNE, GUIDE METHODOLOGIQUE, FRANCE METROPOLITAINE, DROM**

- **IMPLEMENTATION OF THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE : IDENTIFICATION AND DELINEATION OF GROUNDWATER BODIES (UPDATE OF THE METHODOLOGICAL GUIDE OF 2003)**

- **ABSTRACT**

As part of the implementation of Directive 2000/60/EC (Water Framework Directive) of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water, a guide presenting the methodology for delineating groundwater bodies had been drafted by the BRGM in 2003 (Normand M. and Chadourne D., 2003).

In the years following the edition of this guide, several methodological evolutions were carried out within the scope of the work on both the new French groundwater reference system BDLISA (successor of the reference system BDRHF V1) and the WFD groundwater reference system. It has therefore appeared necessary to put everything together into one and unique document. This work was carried out under the Action 1 of the Axis "Support on the design and the implementation of policies" of the agreement between BRGM and the French National Agency for Water and Aquatic Environments (ONEMA).

Devoted to "groundwater", it sets out the principles and rules of delineation of groundwater bodies identified in France for the 2nd cycle and initiated in 2003. It incorporates also the changes made and the methodologies used for the update of groundwater bodies since 2004. This report presents how these principles and rules have been developed and justifies their consistency with respect to the principles and recommendations set at European level.

Since 2012 and the release of BDLISA (the national hydrogeological repository) in its Beta version, some basins are engaged in the adjustment of their groundwater bodies based on BDLISA. New approaches have been developed for basins Loire-Bretagne, Rhône-Mediterranean & Corsica and the Reunion Island. This document presents the results of the work made as feedback, proposes methodologies adapted to different contexts and highlights certain points of construction on which particular attention must be paid.

- **KEY WORDS (THEMATIC AND GEOGRAPHICAL AREA): GROUNDWATER BODIES DELINEATION, WATER FRAMEWORK DIRECTIVE, METHODOLOGICAL GUIDANCE, FRANCE**

- **SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE**

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive 2000/60/CE (Directive Cadre sur l'Eau) du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, un guide méthodologique de délimitation des masses d'eau souterraine avait été rédigé par le BRGM en 2003 (Normand M. et Chadourne D., 2003). Ce dernier présentait les premiers principes et règles de délimitation des masses d'eau souterraine retenus au niveau français, notamment les principes généraux de délimitation, la typologie à deux niveaux permettant d'identifier chaque entité, la gestion des ordres de superposition et les règles de découpages selon le contexte. Dans les années qui ont suivi la parution de ce guide, des évolutions méthodologiques ont été mises en œuvre par la suite, dans le cadre des travaux de mise en place du référentiel hydrogéologique BDLISA (successeur du référentiel BDRHF V1) et de mise à jour du référentiel des masses d'eau. De ce fait, certains principes et règles énoncés en 2003 ont parfois été actualisés. Pour faciliter la compréhension globale de la méthodologie à employer et employée pour délimiter les masses d'eau souterraine en France pour le deuxième cycle de la DCE, il est donc apparu nécessaire de rassembler le tout dans un seul et unique document. Ce travail a pu être mené au titre de l'Action 1 de l'Axe « Appui à la conception et à la mise en œuvre des politiques » de la convention 2013 entre le BRGM et l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA).

Le premier objectif de ce document est d'intégrer l'ensemble des recommandations issues des groupes de travail sur les référentiels depuis 2004 (Groupe national DCE Eaux souterraines, sous-groupe BDLISA-Référentiel, consignes RNDE-SANDRE...) et de synthétiser les règles d'usage en terme de délimitation cartographique et d'identification des masses d'eau souterraine conformément aux exigences liées à la DCE. Les principales recommandations sont les suivantes :

- Les masses d'eau souterraine doivent être principalement délimitées sur la base de critères géologiques et hydrogéologiques (sur la base du référentiel BDLISA diffusé depuis 2012), ceci participant à rendre leurs limites plus stables et durables. Dans certains rares cas justifiables, des limites de gestion type SDAGE, SAGE peuvent être utilisées ;
- La délimitation des masses d'eau souterraine s'organise à partir d'une typologie. Celle-ci se base sur la nature géologique et le comportement hydrodynamique ou fonctionnement « en grand » des systèmes aquifères et comprend deux niveaux de caractéristiques (principales : type de masse d'eau et nature des écoulements – secondaires : présence d'une karstification active ? D'une frange littorale ? Regroupement d'aquifères disjoints ?) ;
- Outre les échanges possibles avec les autres types de masses d'eau, les masses d'eau souterraine peuvent avoir des échanges entre elles à condition que ceux-ci puissent être correctement appréhendés ;
- Tous les captages fournissant plus de 10 m³/jour d'eau potable ou utilisés pour l'alimentation en eau de plus de cinquante personnes doivent être inclus dans une masse d'eau souterraine ;
- Les eaux souterraines profondes, sans lien avec les cours d'eau et les écosystèmes de surface, dans lesquelles il ne s'effectue aucun prélèvement et qui ne sont pas

susceptibles d'être utilisées pour l'eau potable en raison de leur qualité (salinité, température...), ou pour des motifs technico-économiques (coût du captage disproportionné), peuvent ne pas constituer des masses d'eau souterraine ;

- Compte tenu de sa taille, une masse d'eau souterraine pourra présenter une certaine hétérogénéité spatiale tant au niveau de ses caractéristiques hydrogéologiques que de son état qualitatif et quantitatif - au titre de la caractérisation initiale de la masse d'eau, les zones à risque ou à forts enjeux devront être identifiées par sectorisation ;
- En un point quelconque, plusieurs masses d'eau souterraine peuvent se superposer. Par conséquent, une même masse d'eau peut avoir, selon la position géographique où l'on se trouve, des ordres de superposition différents ;
- Le redécoupage des masses d'eau souterraine doit être, dans la mesure du possible, effectué sur la base de limites physiques (par exemple, en s'appuyant sur les limites des entités hydrogéologiques BDLISA) afin de conserver le plus possible la cohérence et la stabilité du référentiel national, élaboré en majorité à partir de critères hydrogéologiques et géologiques ;
- Le redécoupage des masses d'eau souterraine pour tenir compte des effets des pressions anthropiques doit rester limité et ne devra concerner que des problématiques particulières (pollutions ponctuelles, surexploitation de la ressource souterraines..) ;
- Une masse d'eau souterraine est dite trans-bassin lorsque sa surface hors du bassin gestionnaire est soit supérieure à 100 km², soit supérieure à 20 km² et représentant au moins 5% de la surface totale. A l'échelle nationale, il est demandé de limiter le nombre de ces masses d'eau particulières ;

Depuis 2012, année de publication du Référentiel des entités hydrogéologiques BDLISA dans sa version Beta, certaines agences de bassin se sont engagées dans la révision de leurs masses d'eau souterraine à partir de la BDLISA, pour la version 2 du référentiel (plan de gestion 2016-2021). Des méthodologies d'ajustement des limites des masses d'eau souterraine ont été développées dans ce sens et elles sont examinées en détail dans le présent document.

Dans le bassin Loire-Bretagne, seules les limites de masse d'eau souterraine ayant une origine hydrogéologique physique (c'est-à-dire issues de l'ancien référentiel hydrogéologique BDRHF V1) ont été revues pour être ajustées sur les limites des entités hydrogéologiques du nouveau référentiel BDLISA version Beta. Pour ce faire, chaque masse d'eau souterraine a été examinée et confrontée à d'autres sources de données susceptibles d'avoir été utilisées à l'époque (Référentiel hydrogéologique BDRHF V1, limites de bassin versant BD Carthage, limites de SAGE...etc...) et un travail manuel d'ajustement sous environnement SIG a été mené pour réviser les limites hydrogéologiques.

Dans le bassin RM&C et à la Réunion, les travaux de mise à jour ne se sont pas limités à un « simple » réajustement systématique des contours sur les limites des nouvelles entités hydrogéologiques BDLISA. Ainsi, d'autres critères de redécoupage ont pu être utilisés tels que l'amélioration des connaissances sur la réalité hydrogéologique locale (par exemple, nouvelles informations sur les écoulements souterrains et les lignes de partage des eaux associées) ou l'existence de fortes hétérogénéités de pression ou d'état qui amène à diviser

une masse d'eau en plusieurs nouvelles. Des subdivisions suivies de fusion de parties de masses d'eau ont également été menées en RM&C.

Dès lors, toute modification ayant des conséquences sur l'homogénéité du référentiel à l'échelle nationale, il est nécessaire d'avoir à l'esprit les règles énoncées ci-après afin de maintenir au mieux la qualité de l'information :

- Vérifier les conséquences sur les attributs descriptifs de la masse d'eau modifiée comme par exemple sa surface (totale, à l'affleurement et sous couverture) ou le positionnement de son centroïde ;
- Vérifier si les nouvelles limites entraînent un changement du lien « point d'eau/masse d'eau » (réseau de surveillance RCS/RCO et captages AEP). Conformément au dictionnaire des données des « Points d'eau » du SANDRE (Thème : Eaux souterraines), l'historisation de ces liens est définie et consultable dans ADES ;
- Mettre à jour l'ensemble des attributs associés aux nouvelles masses d'eau ou à celles résultant de cas complexes de fusion et/ou subdivision d'anciennes masses d'eau ;
- Historiser les évolutions des géométries de masses d'eau entre deux versions de référentiel. Le lien de parenté entre la nouvelle masse d'eau souterraine et sa version antérieure doit être clairement défini. Il n'est pas toujours du type « Parent unique à Enfant unique » et est parfois délicat à établir notamment quand l'ajustement a plusieurs origines (subdivision puis fusion de parties de masse d'eau). Conformément aux recommandations SANDRE, ces informations doivent être intégrées dans un fichier csv intitulé « Généalogie » qui accompagne les données cartographiques du référentiel (<http://www.sandre.eaufrance.fr/>) ;
- Vérifier que les manipulations SIG de mise à jour ne créent pas de zones non couvertes par une masse d'eau souterraine, de mauvaise coïncidence de limites entre deux masses d'eau voisines, d'incohérence dans les ordres de superposition des polygones élémentaires de masses d'eau ou de mauvaises jonctions de masses d'eau appartenant à deux bassins DCE différents. Dans ce dernier cas, un travail commun est nécessaire entre les agences des bassins concernés.

Enfin, pour maintenir l'homogénéité et la cohérence à l'échelle nationale du référentiel cartographique des masses d'eau souterraine, il est nécessaire de s'appuyer sur les documents d'aide à sa gestion, modification et diffusion, disponibles sur le site du SANDRE sous formes de dictionnaire de données, scénarii d'échange et nomenclatures (<http://www.sandre.eaufrance.fr/Referentiel-des-masses-d-eau,348>).

Mise en œuvre de la DCE : Identification et délimitation des masses d'eau souterraine au deuxième cycle

Rapport final

BRGM/RP- 62275-FR
Mai 2013

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM

A. BRUGERON, S. SCHOMBURGK

Vérificateur :

Nom : CHERY Laurence

Date : 04/05/2013



Approbateur :

Nom : DÖRFLIGER Nathalie

Date : 31/05/2013



En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.**

Mots-clés : Référentiel, Masses d'eau souterraine, rapportage européen, guide méthodologique, délimitation des masses d'eau souterraine

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Brugeron A., Schomburgk S. (2013) – Mise en œuvre de la DCE : Identification et délimitation des masses d'eau souterraine au deuxième cycle. Rapport final BRGM/RP-62275-FR, 107 p., 35 fig., 5 tab.

Synthèse

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive 2000/60/CE (DCE) du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, un guide méthodologique de délimitation des masses d'eau souterraine a été rédigé par le BRGM en 2003 (Normand M. et Chadourne D., 2003).

Certains principes et règles énoncés en 2003 ont parfois été actualisés. Pour faciliter la compréhension globale de la méthodologie à employer et employée pour délimiter les masses d'eau souterraine en France pour le deuxième cycle de la DCE, il est donc apparu nécessaire de rassembler le tout dans un seul et unique document. Ce travail a pu être mené au titre de l'Action 1 de l'Axe « Appui à la conception et à la mise en œuvre des politiques » de la convention 2013 entre le BRGM et l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA). Cette action vise à appuyer l'ONEMA et la Direction de l'Eau et de la Biodiversité du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE/DEB) pour la mise en application des directives européennes.

Consacré au volet « eaux souterraines », il expose les principes et règles de délimitation des masses d'eau souterraine retenus au niveau français et initiés en 2003, tout en intégrant désormais les évolutions et méthodologies mises en œuvre dans le cadre des travaux de mises à jour des référentiel des masses d'eau et hydrogéologique national depuis 2004. Ce guide présente la façon dont ces principes et règles ont été élaborés et justifie leur cohérence vis à vis des principes et recommandations définis au niveau européen.

La notion de masse d'eau souterraine et les principes de délimitations sont énoncés. L'ensemble du territoire national doit être couvert par au moins une masse d'eau souterraine et toute délimitation de masse d'eau souterraine est organisée selon une typologie à deux niveaux :

- des caractéristiques principales (type et nature des écoulements) suffisantes pour déterminer l'appartenance à l'une des six classes de typologie : dominante sédimentaire non alluviale, alluviale, système hydraulique composite propre aux zones intensément plissées de montagne, socle, édifice volcanique et système perméable localement aquifère ;
- des caractéristiques secondaires : karstification, présence d'une frange littorale et la notion d' « aquifères disjoints regroupés ».

Dans la version 1 du Référentiel (plan de gestion 2010-2015), les masses d'eau souterraine ont été délimitées essentiellement sur la base de critères hydrogéologiques à partir du référentiel hydrogéologique version 1 (BD RHF V1®) et des premiers travaux de la version 2 de celui-ci (état 2002), tout en conservant une certaine cohérence avec les autres référentiels nationaux associés (Base de données

Carthage®, Cartes géologiques, Limites des bassins). Ce premier découpage a été mené sur la base d'un nombre prédéfini de masses d'eau et du niveau de connaissances associé au moment du découpage, choix pertinents au moment de la détermination du référentiel, mais qui aujourd'hui sont insuffisants au regard des progrès réalisés depuis 2004.

Dans ce sens, pour l'élaboration de la version 2 du référentiel (plan de gestion 2016-2021), certains bassins se sont engagés dans l'ajustement de leurs masses d'eau souterraine, en se basant notamment sur le nouveau référentiel hydrogéologique BDLISA. Ce dernier, publié dans sa version Beta en 2012, est construit à partir de nouvelles connaissances hydrogéologiques, de cartes géologiques vectorisées, et de logs géologiques validés, ce qui a permis une très nette amélioration de la précision des contours des entités hydrogéologiques et une meilleure appréhension de leurs caractéristiques.

Au cours de ces travaux d'ajustement, de nouvelles approches ont ainsi été développées qui sont décrites dans la seconde partie de ce présent rapport. Ces ajustements doivent être menés dans un souci de maintien de la cohérence et de l'homogénéité du référentiel des masses d'eau à l'échelle nationale. C'est pourquoi des éléments de mise en garde et des recommandations sur les travaux de cartographie sont également apportés (couverture du territoire, cohérence des limites et des empilements de masses d'eau, zones frontalières...).

Le présent document fait partie d'un ensemble de documents techniques destinés à venir en appui aux services en charge des différents reportages européens. Il vient en appui du guide général relatif à la procédure de l'État des lieux, prévu au titre de la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau en France.

Les différentes étapes du travail de délimitation des masses d'eau souterraine et de rattachement à un district des masses d'eau trans-bassins sont également rappelées dans le guide général de mise en œuvre de la directive cadre (notamment le guide européen « Horizontal Waterbodies Guidance » et la « Directive Fille »). A contrario, la caractérisation des masses d'eau souterraine, visée au point 2.1 de l'annexe II de la directive cadre, en vue notamment de les décrire et d'évaluer les risques qu'elles ne satisfassent pas aux objectifs requis de la directive cadre, ne fait pas l'objet du présent rapport.

Sommaire

1. Introduction.....	13
2. Définitions et rôle des masses d'eau	15
2.1. LES ELEMENTS FIGURANT DANS LA DIRECTIVE CADRE	15
2.2. PRECISIONS APORTEES PAR LE GUIDE EUROPEEN « HORIZONTAL WATERBODIES GUIDANCE »	16
3. L'approche française.....	19
3.1. L'ORGANISATION DES TRAVAUX	19
3.2. LES PRINCIPES DE BASE ET LES PREMIERS RESULTATS.....	20
4. Principes généraux de la délimitation des masses d'eau souterraine.....	21
5. Présentation de la typologie	23
5.1. UNE TYPOLOGIE À DEUX NIVEAUX	23
5.2. LE NIVEAU 1 : LES CARACTERISTIQUES PRINCIPALES.....	26
5.2.1. Les six classes de masses d'eau souterraine.....	26
5.2.2. Nature des écoulements (libre/captif)	26
5.3. LE NIVEAU 2 : LES CARACTERISTIQUES SECONDAIRES	27
5.3.1. Caractère karstique	27
5.3.2. La frange littorale en liaison avec le risque d'intrusion saline.....	27
5.3.3. Le regroupement d'entités disjointes	28
6. Les ordres de superposition des masses d'eau souterraine.....	31
6.1. LES ORDRES DE SUPERPOSITION DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE	31
6.2. FORMATION IMPERMEABLE RECOUVRANT LES MASSES D'EAU DE NIVEAU 1	32
6.3. CAS PARTICULIERS RELATIFS AUX ORDRES DE SUPERPOSITION	35
6.3.1. Masses d'eau souterraine sous-jacentes aux masses d'eau alluviale.....	35
6.3.2. Imprécision des limites des masses d'eau souterraine sous couverture .	35
6.3.3. Masses d'eau souterraine sous les plans d'eau.....	35
7. Les règles de découpage par type de masse d'eau	37

7.1. TYPE « DOMINANTE SEDIMENTAIRE NON ALLUVIALE »	37
7.1.1. Définition	37
7.1.2. Règles de découpage.....	38
7.2. TYPE « ALLUVIAL »	42
7.2.1. Définition	42
7.2.2. Spécificité des masses d'eau en contexte alluvial	43
7.2.3. Règles de découpage.....	45
7.2.4. Remarque sur les hétérogénéités de découpage selon les bassins.....	46
7.3. TYPE « SYSTEME HYDRAULIQUE COMPOSITE PROPRE AUX ZONES INTENSEMENT PLISSEES DE MONTAGNE ».....	47
7.3.1. Définition	47
7.3.2. Règles de découpage.....	47
7.3.3. Remarques.....	48
7.4. TYPE « SOCLE »	48
7.4.1. Définition	48
7.4.2. Règles de découpage.....	49
7.5. TYPE « ÉDIFICE VOLCANIQUE »	50
7.5.1. Définition	50
7.5.2. Règles de découpage.....	51
7.6. TYPE « SYSTEME IMPERMEABLE LOCALEMENT AQUIFERE »	52
7.6.1. Définition	52
7.6.2. Règles de découpage.....	52
8. Principes de découpage et de rattachement des masses d'eau trans-bassins ou trans-frontières	53
8.1. DEFINITION D'UNE MASSE D'EAU SOUTERRAINE « TRANS-BASSINS » ..	53
8.2. LISTE ET LIMITES DES BASSINS.....	54
8.3. AQUIFERES TRANS-FRONTIERES.....	56
9. Eclairages sur des points particuliers.....	57
9.1. PROBLEMATIQUE DE LA LIMITE ENTRE PARTIES LIBRE ET CAPTIVE	57
9.1.1. Différentes possibilités de découpage des masses d'eau souterraine	57
9.1.2. Justification de la séparation en deux masses d'eau souterraine distinctes des parties libre et captive d'une même entité hydrogéologique	59
9.2. TRAITEMENT DES AQUIFERES KARSTIQUES	61

9.3. MASSES D'EAU SOUTERRAINE DANS LES ILES	63
9.4. CONNEXIONS AVEC LES EAUX DE SURFACE (RELATIONS NAPPE-RIVIERE) ET ECOSYSTEMES TERRESTRES ASSOCIES.....	64
9.5. CAS PARTICULIER DES ZONES HUMIDES DES MARAIS COTIERS	65
10. Méthodologie d'ajustement des limites des masses d'eau souterraine	67
10.1. CONTEXTE GLOBAL	67
10.2. DETAIL DE LA METHODOLOGIE D'AJUSTEMENT ISSUE DES TRAVAUX SUR LE BASSIN LOIRE-BRETAGNE	68
10.2.1. Constitution d'un tableau de correspondance	69
10.2.2. Analyse des origines des types de limites.....	72
10.2.3. Ajustement des limites selon le référentiel BDLISA	74
10.3. SPECIFICITES SELON LE TYPE DE LA MASSE D'EAU	77
10.3.1. Méthodologie spécifique pour les masses d'eau souterraine de type « Domaine sédimentaire ».....	77
10.3.2. Méthodologie spécifique pour les masses d'eau souterraine de type « Alluvial ».....	78
10.3.3. Méthodologie spécifique pour les masses d'eau souterraine de type « Socle ».....	79
10.3.4. Méthodologie spécifique pour les masses d'eau souterraine de type « Intensément plissé »	82
10.4. REMARQUES SUR LA SECTORISATION DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE	82
11. Conséquence sur l'homogénéité du nouveau référentiel national des masses d'eau souterraine V2 (2016-2021).....	85
11.1. CONSEQUENCE DES AJUSTEMENTS REALISES POUR LE REFERENTIEL V2	85
11.1.1. Au sein du bassin Loire-Bretagne.....	85
11.1.2. Au sein des bassins Rhône-Méditerranée & Corse et Réunion.....	87
11.2. HISTORISATION DES EVOLUTIONS DE MASSES D'EAU ET VERIFICATION DES LIENS « POINT D'EAU / MASSE D'EAU ».....	87
11.3. RECOMMANDATIONS POUR LA REALISATION DES TRAVAUX DE CARTOGRAPHIE DES NOUVELLES MASSES D'EAU	88
11.3.1. Vérification des zones non couvertes par une masse d'eau souterraine	88

11.3.2.	Vérification des coïncidences de limites de masse d'eau superposées.....	89
11.3.3.	Vérifications de la cohérence des empilements de masses d'eau souterraine	90
11.3.4.	Précautions à prendre en bordure d'un bassin DCE	92
12.	Représentation cartographique du référentiel des masses d'eau souterraine	95
12.1.	JUSTIFICATION D'UNE REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE	95
12.2.	MODELE CONCEPTUEL	95
12.3.	SYSTEMES DE PROJECTION	95
12.4.	CATALOGUE DE COUCHES ET FORMAT D'ECHANGE.....	96
12.4.1.	Détails des attributs de la couche « MasseDEauSouterraine »	97
12.4.2.	Détails des attributs de la couche « PolygMasseDEauSouterraine »	98
12.4.3.	Détails des attributs de la couche « Genealogie »	99
12.5.	REMARQUES SUR CERTAINS ATTRIBUTS DE CARACTERISATION	99
12.5.1.	Codes européen et national de la masse d'eau	99
12.5.2.	Nom de la masse d'eau	100
12.5.3.	Surfaces de la masse d'eau.....	100
12.5.4.	Type de modification effectuée	100
13.	Conclusion	101
14.	Bibliographie.....	105

Liste des illustrations

Figure 1 : Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale : caractéristique frange côtière avec risque d'intrusion saline.	28
Figure 2 : Masse d'eau de type alluvial avec le caractère « regroupé ».	29
Figure 3 : Schéma de principe de la superposition des masses d'eau souterraine	32
Figure 4 : Exemples de détermination des surfaces à l'affleurement et sous couverture de la 1 ^{ère} masse d'eau souterraine rencontrée	34
Figure 5 : Présentation schématique des systèmes aquifères multicouches du bassin aquitain.	37
Figure 6 : Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale avec parties libre et captive associées, majoritairement libre.	38
Figure 7 : Masse d'eau de type « à dominante sédimentaire non alluviale, majoritairement libre » (exemple de la Beauce).....	39
Figure 8 : Masse d'eau sédimentaire non alluviale, parties libre et captive dissociées en deux masses deau distinctes (vue en plan).	39
Figure 9 : Masse d'eau de type sédimentaire. Délimitation aval de la partie captive (vue en coupe).....	41
Figure 10 : Masse d'eau de type « à dominante sédimentaire » : limite d'extension sous la mer en bordure de côte (vue en coupe).....	42
Figure 11 : Différenciation suivant les connexions avec le cours d'eau entre une masse d'eau de type « alluvial » et des terrasses anciennes constituant une masse d'eau « à dominante sédimentaire » (vue en coupe).	43
Figure 12 : Coupes schématiques à travers la vallée de la Boutonne (Charente–Maritime) illustrant les différents types de limites avec la rivière.	44
Figure 13 : Découpage interfluve de masses d'eau de type « système hydraulique composite propre aux zones intensément plissées de montagne » (cas des massifs calcaires péri-alpins).	48
Figure 14 : Regroupement de bassins versants contigus de type « socle » en une seule masse d'eau (caractère « regroupé » implicite).	49
Figure 15 : Masse d'eau de type « édifice volcanique » (exemple du Cantal et de l'Aubrac trans-bassins, découpés par bassins versants hydrographiques).	51
Figure 16 : Schéma d'une masse d'eau de type « système imperméable localement aquifère ».....	52
Figure 17 : Carte des bassins DCE (ou districts hydrographiques) avec leur codification européenne	56
Figure 18 : Limites des parties libre et captive d'une masse d'eau souterraine de type « à dominante sédimentaire non alluviale » (vue en coupe).....	58
Figure 19 : Masse d'eau FRFG058 des « Calcaires des Grand Causse du bassin versant du Lot » de type « à dominante sédimentaire non alluviale » avec le caractère karstique	63

Figure 20 : Coupes schématiques montrant les différents types de relations nappe-rivière lorsque la nappe est soumise à un prélèvement d'eau.	65
Figure 21 : Correspondance directe masse d'eau - BDLISA et SAGE (limite Sage : trait jaune, limite BDLISA : bleu, Masse d'eau souterraine : trait rouge)	70
Figure 22 : Ajustement de la masse d'eau FRGG096 selon les entités BDLISA 155AA et 203 AG	71
Figure 23 : Analyse du type de limites des masses d' eau	73
Figure 24 : Exemple de cartographie des types de limites pour la masse d'eau souterraine FRGG017	74
Figure 25 : Exemple des types de limites considérés pour cartographier la version 2 de la masse d'eau FRGG017 « Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton »	76
Figure 26 : Non correspondance entre les limites masse d'eau souterraine - entité BDLISA et SAGE pour la masse d'eau souterraine FRGG001, pointée par le cercle mauve	79
Figure 27 : Non correspondance entre les limites masse d'eau-BDLISA et SAGE (limite Sage : trait jaune, limite BDLISA : bleu, masses d'eau : verte (FRGG008) et marron (FRGG007)).....	80
Figure 28 : Ajustement des limites de la masse d'eau FRGG001 selon les limites de l'entité BDLISA	81
Figure 29 : Exemple de captages AEP en dehors de l'extension de la masse d'eau avant ajustement et à l'intérieur après ajustement (zoom sur FRGG047). A droite : trait noir : limite ancienne de la masse d'eau, surface orange : polygone ajusté.....	86
Figure 30 : Extrait du « Dictionnaire des données », page 168 concernant l'historisation de l'appartenance des points d'eau à une masse d'eau.....	88
Figure 31 : Exemple de zone non couverte pour des raisons de construction géométrique des polygones de masses d'eau souterraine (en rouge).....	89
Figure 32 : Exemple de mauvaise jonction entre deux masses d'eau de niveau différent censés avoir des limites communes	90
Figure 33 : Exemple d'inversion d'empilement pour deux masses d'eau souterraine	91
Figure 34 : Exemple d'empilement avec masse d'eau manquante.....	92
Figure 35 : Exemple de non couverture d'une zone par une masse d'eau souterraine (frontière Franco-espagnole en mauve, limite de la région hydrographique BD Carthage® en rouge)	94

Liste des tableaux

Tableau 1 : Typologie des masses d'eau souterraine (terminologie extraite du dictionnaire Sandre Version 1.2).....	25
Tableau 2 : Liste des bassins DCE en France.....	55
Tableau 3 : Classification des limites de masse d'eau souterraine selon leur origine (code couleur et description du type de limite).....	75
Tableau 4 : Exemple de tableau d'historisation des modifications apportées sur les limites de masse d'eau souterraine	76
Tableau 5 : Territoires géographiques et leurs systèmes de projection de référence.....	96

1. Introduction

Dans le cadre de la convention 2013 ONEMA/BRGM et en appui à la DEB (Direction de l'Eau et de la Biodiversité), le BRGM a été sollicité afin de rédiger un document synthétique actualisé sur les travaux de délimitation des masses d'eau souterraine menés de 2003 à 2013.

Ce travail s'appuie sur le premier document de référence que constitue le « guide méthodologique relatif à l'identification et à la délimitation des masses d'eau souterraine » (Rapport BRGM RP-52266-FR), publié dans sa première version en janvier 2003. Par la suite, plusieurs autres documents ont été publiés, présentant les actualisations de la méthodologie. Cette succession de documents ne facilitant pas l'assimilation des différentes recommandations pour la délimitation des masses d'eau souterraine, il est donc apparu nécessaire de les rassembler de manière cohérente dans un seul et unique document.

En parallèle, dans le cadre de la mise à jour de l'état des lieux interne 2013, certains bassins ont fait le choix de revoir les limites de leurs masses d'eau souterraine. Le présent rapport fait donc ainsi le retour d'expérience de ces travaux ; son autre objectif étant d'en tirer des préconisations et mises en garde, afin de permettre le maintien de la cohérence du référentiel masse d'eau dans son ensemble.

Dans les premiers chapitres du rapport sont rappelées les principales notions associées au référentiel des masses d'eau souterraine ainsi que les règles proposées pour la délimitation des masses d'eau. Le contenu de ces chapitres est essentiellement tiré du guide méthodologique de 2003 ainsi que du rapport de mise à jour diffusé en 2006 (Normand M. et Mardhel V). Celui-ci récapitulait les aménagements et compléments apportés au guide de 2003, à l'issue des premiers découpages des masses d'eau souterraine et du référentiel cartographique correspondant de 2005. Le principe des ordres de superposition des masses d'eau souterraine y est notamment décrit.

Dans un second temps, les travaux d'ajustement et de nouveaux découpages réalisés en 2011/2012 dans trois bassins (Loire-Bretagne, Rhône-Méditerranée & Corse et Réunion) sont synthétisés sur la base des documents suivants. :

- Rapport BRGM-RP-61822-FR élaboré dans le cadre du projet « Méthodologie d'ajustement des Masses d'eau Souterraine (MESO) du bassin Loire-Bretagne à partir des nouvelles connaissances » (METAMES), décembre 2012, cofinancé par l'Agence Loire-Bretagne ;
- Note technique synthétique décrivant la méthode de travail employée pour réviser le référentiel des masses d'eau souterraine du bassin Rhône-Méditerranée & Corse et les résultats obtenus (rédigée par l'agence de l'eau RM&C le 25 janvier 2013) ;
- Note sur l'approche adoptée pour la mise à jour des masses d'eau souterraine à la Réunion (DREAL de bassin Réunion).

Les méthodologies développées dans le cadre de ces travaux sont exposées et illustrées d'exemples associés. Un effort particulier a été mené pour décrire au mieux les conséquences de ces travaux de modifications sur l'homogénéité du référentiel national des masses d'eau et pour émettre des recommandations.

Enfin, dans une dernière partie, sont présentés les aspects cartographiques de ce référentiel, et les règles qui lui sont associées. Le modèle conceptuel, l'organisation des données SIG du référentiel cartographique ainsi que les formats d'échange sont précisés. Lors de travaux d'ajustement de masses d'eau souterraine, il est conseillé aux services en charge de fournir la donnée de tenir compte autant que possible de la structure proposée en fin de rapport et qui est basée sur le dictionnaire de données SANDRE V1.2, même si des compléments pourront y être apportées à l'avenir.

2. Définitions et rôle des masses d'eau

2.1. LES ELEMENTS FIGURANT DANS LA DIRECTIVE CADRE

La directive cadre a défini un référentiel commun pour l'évaluation et la surveillance de l'état des ressources en eau. Ce référentiel est basé sur la notion de masses d'eau superficielles ou souterraines. Il inclut un ensemble de définitions à utiliser pour délimiter et caractériser ces masses d'eau, pour évaluer leur état, pour les surveiller, pour présenter les résultats.

L'article 2 de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) définit une **masse d'eau souterraine**, comme « un volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou plusieurs aquifères » et un **aquifère** comme « une ou plusieurs couches souterraines ou autres couches géologiques d'une porosité et perméabilité suffisantes pour permettre soit un courant significatif d'eau souterraine, soit le captage de quantités importantes d'eau souterraine ». La DCE demande aux États membres d'identifier toutes les masses d'eau souterraine et de les rattacher aux bassins hydrologiques. Un bassin hydrologique DCE correspond soit à un district hydrographique national (exemple: Les cours d'eau de la Corse) soit à une portion d'un district hydrographique international située sur le territoire d'un Etat membre (exemples: la Meuse; la Sambre). Les masses d'eau « à cheval » sur plusieurs bassins, doivent être rattachées au district le plus proche ou le plus approprié.

Les masses d'eau souterraine sont des concepts nouveaux introduits par la DCE. Elles ne recouvrent pas totalement des notions ou objets physiques connus en terme hydrogéologique, tels que des systèmes aquifères. Elles sont à considérer comme constituant les unités de base du référentiel à partir duquel doit être évalué l'état des ressources en eau souterraine à l'échelle d'un district afin de juger de l'efficacité des mesures prises pour répondre aux exigences de la directive.

Au-delà de l'approche descriptive, la masse d'eau correspond également à une approche opérationnelle : c'est à l'échelle de la masse d'eau que doivent être définies les modalités de surveillance, donc en partie les réseaux de mesures, et que peuvent être précisées les actions réglementaires et de gestion à mettre en place pour assurer la protection et si nécessaire la restauration de ces masses d'eau de façon à d'atteindre le bon état en 2015, puis 2021...etc.... Ces actions peuvent également être instaurées à une échelle plus large.

L'arrêté du 12 janvier 2010 relatif aux méthodes et aux critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux prévu à l'article R 212-3 du code de l'environnement précise que les masses d'eau souterraine sont classées par type suivant leurs comportements hydrauliques, essentiellement liés à leur lithologie. De même, des caractéristiques secondaires sont appliquées à tout ou partie d'une masse d'eau souterraine. Elles n'impliquent pas de redélimitation systématique de la masse d'eau et sont :

- la présence d'une karstification active ;
- la présence d'une frange littorale (en relation avec le risque d'intrusion saline) ;
- la nécessité de regrouper des aquifères disjoints.

2.2. PRECISIONS APPORTEES PAR LE GUIDE EUROPEEN « HORIZONTAL WATERBODIES GUIDANCE »

Les définitions de la masse d'eau figurant dans l'article 2 de la DCE et rappelées au paragraphe 2.1., pour ce qui concerne les eaux souterraines, laissent un champ assez large d'interprétations possibles quant à l'identification et à la délimitation des masses d'eau présentes sur le territoire par chacun des pays membres. C'est pourquoi, avec l'aval de la commission, les pays membres ont engagé un travail de réflexion afin de préciser ces concepts. Ce travail a abouti à la rédaction d'un guide « Horizontal guidance on the application of the term water body in the context of the directive » adopté à Copenhague en novembre 2002, lors de la réunion des directeurs de l'eau des pays membres, et publié dans sa version finale le 15 janvier 2003 sous forme du document 2000/60/EC.

Le chapitre 4 de ce guide traite des eaux souterraines. Il contient un ensemble de précisions et de recommandations afin d'identifier et de délimiter ces masses d'eau. Les principales sont rappelées ci-après :

- les masses d'eau doivent être délimitées prioritairement sur la base de **limites géologiques puis hydrogéologiques**, d'abord les limites géologiques de type imperméable, puis les lignes de crêtes piézométriques, puis en dernier lieu et si nécessaire les lignes de courant ;
- les particularités des **différents types de réservoirs aquifères** doivent être prises en compte pour établir les découpages (un multicouche sédimentaire ne se traite pas comme une zone de socle ou un karst) ;
- les limites des masses d'eau doivent être invariantes au minimum pendant toute la durée d'un plan de gestion, soit six ans ;
- les masses d'eau doivent être délimitées de sorte qu'il **soit possible de caractériser correctement leur état quantitatif et chimique**, ce qui ne veut pas dire qu'elles ont à être homogènes en terme de caractéristiques naturelles, de concentration de polluants ou de niveau d'altération ;
- les masses d'eau peuvent être subdivisées en masses d'eau plus petites afin de caractériser plus précisément leur statut. Le niveau de redécoupage et donc **la taille finale des masses d'eau restent de la subsidiarité des états membres** ;
- **les échanges sont possibles entre les masses d'eau** à condition qu'ils puissent être correctement appréhendés ;

- toutes les unités aquifères fournissant plus de 10 m³/jour d'eau potable ou susceptibles d'être utilisées pour l'eau potable doivent être incluses dans des masses d'eau ;
- les eaux souterraines profondes, sans lien avec les écosystèmes de surface, dans lesquelles il ne s'effectue pas de prélèvement, qui ne sont pas susceptibles d'être utilisées au titre de l'eau potable pour des raisons techniques ou économiques, qui ne courent pas le risque de ne pas répondre aux objectifs fixés par la directive cadre, peuvent ne pas constituer des masses d'eau ;
- enfin, les mesures nécessaires pour assurer la protection ou la restauration de l'état des masses d'eau pourront être ciblées au sein de la masse d'eau en fonction des zones où se situent les pressions correspondantes.

3. L'approche française

3.1. L'ORGANISATION DES TRAVAUX

Sans attendre la publication des documents européens précisant les spécifications de la DCE (notamment le guide européen et la « Directive Fille »), la Direction de l'Eau du Ministère en charge de l'environnement a constitué, dès le second semestre 2001, un groupe de travail dit « masses d'eau souterraine » animé par le Bureau de la Gestion des Ressources en Eau et associant les hydrogéologues des six DREAL déléguées de bassin et des six agences de l'Eau, en vue de définir les principes généraux et les règles pratiques de délimitation des masses d'eau. Un appui technique a été demandé au BRGM en mai 2002.

L'élaboration des règles nationales de découpage des masses d'eau et la délimitation, par les hydrogéologues des agences de l'Eau et des DREAL de bassin, de l'ensemble des masses d'eau dans chaque bassin, ont été conduites concomitamment de façon à vérifier en permanence la faisabilité et le bien-fondé de la méthode et des définitions envisagées. Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un processus itératif qui a conduit à modifier plusieurs fois les découpages et en adapter les règles, pour correspondre aux réalités du terrain et aux spécificités locales. Le lien a été fait en permanence avec les personnes chargées d'élaborer le document méthodologique européen. Ce travail a permis :

- d'élaborer une typologie des masses d'eau et des règles de délimitation répondant aux réalités du terrain et aux spécificités du territoire national ;
- de garantir des découpages cohérents et homogènes dans les différents bassins français et avec les recommandations européennes ;
- de contribuer, par le relais assuré par la Direction de l'Eau au niveau des groupes de travail européens, à préciser certaines notions et principes qui sont inclus dans le guide européen précité.

Les propositions techniques présentées ci-après sont issues de ces travaux. Elles sont compatibles avec les préconisations et recommandations figurant dans le guide européen précité.

Un arrêté relatif aux méthodes et aux critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux prévu à l'article R. 212-3 du code de l'environnement a été publié le 12 janvier 2010 et consolidé en août 2010. Il a pour objectif de définir les méthodes et les critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux. Les informations contenues dans cet arrêté sont reprises et détaillées dans le présent rapport.

3.2. LES PRINCIPES DE BASE ET LES PREMIERS RESULTATS

D'emblée en 2003, trois objectifs majeurs ont été assignés par la Direction de l'Eau pour la méthodologie à développer :

- permettre des découpages cohérents et homogènes des masses d'eau dans les différents bassins ;
- aboutir à un nombre limité de masses d'eau (de l'ordre de quelques centaines pour l'ensemble du territoire français), de taille suffisante (au moins 300 km²), afin d'éviter de devoir implanter de très importants réseaux de surveillance et de rendre l'établissement de comptes-rendus pour la Commission européenne particulièrement lourd ;
- générer un nombre de masses d'eau trans-bassins le plus faible possible.

Pour répondre à la première exigence, il a été convenu de délimiter les masses d'eau principalement sur la base de critères hydrogéologiques. Les travaux réalisés pour la version 1 du référentiel se sont ainsi appuyés sur la version 1 de la base de données du référentiel hydrogéologique de la France BDRHF[®] et sur les travaux préparatoires engagés dans le cadre de sa révision engagée par le Ministère dès 2001.

Pour répondre à la seconde exigence, une méthodologie basée sur le principe de définition des masses d'eau souterraine par itérations successives a été mise en œuvre.

Plus concrètement, dans un premier temps, une définition théorique des typologies de masses d'eau a été élaborée en partant des différents contextes hydrogéologiques définis dans le cadre de la révision de BD RHF[®]. Elle a été testée dans les différents bassins hydrographiques au cours du 2^{ème} semestre 2001. Cet exercice a permis de réaliser un premier découpage comprenant environ 500 masses d'eau et a permis de conclure que les principes généraux de découpage semblaient globalement adaptés ; ils ont par la suite été affinés.

La mise en œuvre de la DCE a donné lieu en 2004 à une première caractérisation de "masses d'eau" dans chaque district hydrographique. Le référentiel des masses d'eau souterraine, dans sa version V1 rapportée en 2010, est constitué de 534 entités pour la Métropole et 40 pour les DOM : 6 pour la Guadeloupe, 6 pour la Martinique, 12 pour la Guyane, et 16 pour la Réunion (à l'époque du rapportage de 2010, les masses d'eau de Mayotte n'ont pas été rapportées, le département de Mayotte n'était pas créé à la date du rapportage).

4. Principes généraux de la délimitation des masses d'eau souterraine

Outre les trois grands principes de base cités dans le paragraphe 3.2, le découpage retenu pour les masses d'eau répond aux quelques autres grands principes exposés ci-après :

- **Les masses d'eau sont délimitées sur la base de critères géologiques et hydrogéologiques**, en s'assurant de l'obtention de masses d'eau de taille suffisante. Une masse d'eau souterraine correspondra en général à tout ou partie d'entités hydrogéologiques telles qu'elles sont définies, depuis 2012, dans le référentiel national des entités hydrogéologiques BD LISA. Ce principe doit rester la règle générale.
- **Le redécoupage des masses d'eau pour tenir compte des effets des pressions anthropiques doit rester limité**. Il devra concerner des problématiques particulières, (comme par exemple des panaches de pollutions ponctuelles provenant de sites industriels en activité ou anciens, des creux piézométriques liés à une surexploitation) déjà identifiées au niveau du bassin ou de la région, et précisées dans les SDAGE ou SAGE. Par ailleurs, il ne sera fait que si la zone concernée par le redécoupage nécessite effectivement de définir des objectifs spécifiques différents de ceux affectés à la masse d'eau globale et une gestion différenciée. Peuvent être cités à titre d'exemple :
 - la dissociation en deux masses d'eau des alluvions de la Moselle pour tenir compte du panache de pollution par les chlorures rejetés par les anciennes exploitations des mines de sel ;
 - le redécoupage du système aquifère multicouche de l'Éocène pour tenir compte de la dépression piézométrique centrée autour de Bordeaux, en raison du très fort enjeu que représente l'alimentation en eau potable de l'agglomération bordelaise (SAGE « Nappes profondes en Gironde »).

Les redécoupages seront, dans la mesure du possible, effectués sur la base de limites physiques afin de conserver le plus possible de cohérence et de stabilité.

- **Les limites des masses d'eau doivent être stables et durables** : notamment limites géologiques de type étanche, crêtes piézométriques stables, lignes de courant. Pour ce faire, le découpage selon des critères hydrogéologiques s'appuiera sur le référentiel hydrogéologique BD LISA.
- À l'image des masses d'eau superficielle, **la délimitation des masses d'eau souterraine est organisée à partir d'une typologie**. Cette typologie s'est inspirée largement de celle élaborée pour les entités hydrogéologiques définies dans le cadre de la révision de la BD RHF ® et qui a été mises à jour pour la BD LISA. Elle est **basée sur la nature géologique et le comportement**

hydrodynamique ou fonctionnement « en grand » des systèmes aquifères (nature, vitesse des écoulements...). Elle comprend deux niveaux de caractéristiques (principales et secondaires) ; des précisions sont fournies au paragraphe 5.

- **Les masses d'eau peuvent avoir des échanges entre elles** à condition qu'ils puissent être correctement appréhendés. La délimitation de masses d'eau de grande taille est en général bien adaptée à l'établissement de bilans quantitatifs et au cadre des études de transfert des pollutions dans le milieu souterrain.
- **Tous les captages fournissant plus de 10 m³/jour d'eau potable ou utilisés pour l'alimentation en eau de plus de cinquante personnes doivent être inclus dans une masse d'eau** (cela vaut à la fois pour les eaux distribuées par un réseau ou celles qui sont embouteillées, comme les eaux de source et les eaux minérales). Les captages présents dans des zones non ou peu perméables en grand, sont inclus dans un type spécifique de masse d'eau appelé « système imperméable localement aquifère ». Ceux présents dans des formations superficielles sont regroupés avec la masse d'eau sous-jacente.
- **Les eaux souterraines profondes, sans lien avec les cours d'eau et les écosystèmes de surface, dans lesquelles il ne s'effectue aucun prélèvement et qui ne sont pas susceptibles d'être utilisées pour l'eau potable en raison de leur qualité (salinité, température...), ou pour des motifs technico-économiques (coût du captage disproportionné), peuvent ne pas constituer des masses d'eau.** Pour l'application de ce principe, les activités géothermiques n'auront pas à être prises en compte dès lors que l'eau prélevée est réinjectée dans le même aquifère. Par contre, les prélèvements effectués dans le cadre du thermalisme doivent être pris en compte. Ils seront dans un premier temps rattachés à la masse d'eau la plus appropriée parmi celles déjà existantes.
- Compte tenu de sa taille, **une masse d'eau pourra présenter une certaine hétérogénéité spatiale tant au niveau de ses caractéristiques hydrogéologiques que de son état qualitatif et quantitatif.** En raison de leurs caractéristiques intrinsèques, les systèmes hydrogéologiques présentent naturellement une certaine hétérogénéité au niveau spatial. Cette hétérogénéité est accentuée aux niveaux quantitatif et qualitatif en raison des activités humaines auxquelles la masse d'eau est soumise : prélèvements et pressions polluantes liées aux occupations de surface. Au titre de la caractérisation initiale de la masse d'eau, on devra procéder à l'identification et à la description des différentes zones : de plus grande vulnérabilité, de plus forte pollution, de plus forts prélèvements, les zones à risque (notamment en raison des activités de surface) et également les zones à forts enjeux. Les programmes d'action pourront être déclinés au niveau spatial en fonction des zones ainsi identifiées.
- En un point quelconque, **plusieurs masses d'eau peuvent se superposer.**

5. Présentation de la typologie

5.1. UNE TYPOLOGIE À DEUX NIVEAUX

Comme les entités hydrogéologiques, les masses d'eau souterraine peuvent être classées en un nombre restreint de types de réservoirs aquifères suivant leur comportement hydraulique, souvent lié principalement à leur lithologie. Chaque type de masse d'eau souterraine présente des caractéristiques similaires en termes de règles de découpage, de modalités de gestion et de problématique de réseaux de mesure.

L'élaboration de la typologie des masses d'eau souterraine s'inspire, moyennant quelques adaptations, des résultats des travaux engagés dans le cadre de la révision de la base de données du référentiel hydrogéologique de la France (BDRHF V1 puis BD LISA). Ceux-ci ont en effet entériné une réflexion consistant à définir pour différents thèmes (sédimentaire, socle, alluvial, volcanisme, intensément plissé et karst) des « entités hydrogéologiques » de trois ordres : national, régional et local.

La typologie adoptée est donc basée essentiellement sur les caractéristiques intrinsèques (importance et type de perméabilité notamment) et fonctionnelles (nature et vitesse des écoulements, etc.) des systèmes hydrogéologiques ; elle reprend en grande partie les définitions correspondant à des entités de niveau régional du référentiel BD LISA. **Elle comporte deux niveaux de caractéristiques** (Tableau 1) :

- **un 1^{er} niveau de deux caractéristiques principales** permettant de déterminer l'appartenance de la masse d'eau à l'une des six classes de la typologie et de la délimiter ; il comprend :
 - les classes de type de masse d'eau,
 - la nature des écoulements (libre/captif) assimilée par la suite à libre/sous couverture.

Ces caractéristiques sont importantes pour caractériser la vulnérabilité intrinsèque de la masse d'eau aux pollutions.

- **un 2^{ème} niveau de caractéristiques secondaires** qui peuvent s'appliquer à tout ou partie d'une masse d'eau et s'ajouter les unes aux autres. Elles peuvent concerner des types de masses d'eau différentes. Elles ne doivent pas entraîner un redécoupage de la masse d'eau. Les caractéristiques secondaires retenues sont :
 - la karstification,
 - la présence d'une frange littorale (en relation avec le risque d'intrusion saline),
 - et le caractère « aquifères disjoints regroupés ».

Ces caractéristiques représentent des éléments essentiels d'appréciation de la vulnérabilité intrinsèque des masses d'eau souterraine à la pollution.

Les autres caractéristiques (connexions avec les eaux de surface et les écosystèmes terrestres liés, connexions entre les masses d'eau souterraine, etc.), plus complexes, sont à analyser lors de la caractérisation initiale et, le cas échéant, détaillée, de la masse d'eau.

Le tableau 1 donne une vision d'ensemble de la typologie utilisée.

Niveau 1 principal			Niveau secondaire	2
Caractéristiques hydrogéologiques		Caractéristiques de gestion		
Type de réservoir aquifère	Nature des écoulements	Règles de découpage ou d'agglomération		
Dominante SÉDIMENTAIRE non alluviale	Entièrement libre	<ul style="list-style-type: none"> - Limites amont et aval des affleurements - Découpage en général par bassin versant hydrogéologique (ou topographique) en une ou plusieurs masses d'eau de taille significative pour la gestion - Cas particulier : découpage entre la crête piézométrique et le cours d'eau (écoulement dissymétrique) - Limite du bassin d'alimentation si connue 	Écoulement de type KARSTIQUE	
	Entièrement captif	<ul style="list-style-type: none"> - Une seule masse d'eau captive - Limite amont = limite du recouvrement - Limite en aval basé sur des critères d'usage potentiel AEP (potabilité, exploitabilité) ou autres (géothermie) 		
	Une ou des partie(s) libre(s) et une ou des partie(s) captive(s), les écoulements sont majoritairement captifs	<ul style="list-style-type: none"> - Une seule masse d'eau libre et captive, majoritairement CAPTIVE - Limite amont = limite de la zone d'affleurement - Limite aval basée sur des critères d'usage potentiel AEP (potabilité, exploitabilité) 	FRANGE LITTORALE (risque d'intrusion marine)	
	Une ou des partie(s) libre(s) et une ou des partie(s) captive(s), les écoulements sont majoritairement libres	<ul style="list-style-type: none"> - Une seule masse d'eau libre et captive, majoritairement LIBRE - Limite amont = limite de la zone d'affleurement - Limite en aval basée sur des critères d'usage potentiel AEP (potabilité, exploitabilité) 		
ALLUVIAL	Libre / Captif	<ul style="list-style-type: none"> - Limite amont à partir de la zone où les alluvions sont suffisamment développées pour être exploitables pour l'AEP en relation plus ou moins étroite avec le cours d'eau - Limite latérale excluant les terrasses alluviales - Possibilité de regrouper des aquifères alluviaux disjoints à problématique de gestion 		
ÉDIFICE VOLCANIQUE	Libre / Captif	<ul style="list-style-type: none"> - Limite de l'extension de l'édifice volcanique - Si trans-district, possibilité d'un découpage en deux masses d'eau selon les limites des districts hydrographiques 		
SOCLE	Libre / Captif	<ul style="list-style-type: none"> - Découpage par bassin hydrographique de taille significative - Possibilité implicite de regrouper des bassins versants contigus ayant une même problématique de gestion 	REGROUPÉS	
Système hydraulique composite propre aux zones INTENSÉMENT PLISSÉES de montagne	Libre / Captif	<ul style="list-style-type: none"> - Découpage par croisement des grands ensembles litho-structuraux avec les grands bassins versants hydrographiques ou interfluve - Possibilité implicite de regrouper des bassins versants disjoints ayant une même problématique de gestion 		
Système IMPERMÉABLE LOCALEMENT AQUIFÈRE	Libre / Captif	<ul style="list-style-type: none"> - Zone sédimentaire imperméable = enveloppe des petits aquifères sédimentaires disjoints à usage AEP disséminés, avec une même problématique de gestion 		

Tableau 1 : Typologie des masses d'eau souterraine (terminologie extraite du dictionnaire Sandre Version 1.2)

Le détail des caractéristiques des niveaux 1 et 2 de la typologie figure aux paragraphes suivants.

5.2. LE NIVEAU 1 : LES CARACTERISTIQUES PRINCIPALES

5.2.1. Les six classes de masses d'eau souterraine

Six types de masses d'eau souterraine ont été identifiés, telles que définis au sein de la nomenclature Sandre n°322 :

- alluvial ;
- socle ;
- édifice volcanique ;
- dominante sédimentaire non alluviale ;
- système hydraulique composite intensément plissé de montagne ;
- système imperméable localement aquifère.

5.2.2. Nature des écoulements (libre/captif)

Un système aquifère peut être soit entièrement libre, soit entièrement captif (alimenté uniquement par drainance), soit, et c'est le cas le plus général, avoir une ou des partie(s) libre(s) et une ou des partie(s) captive(s). Dans ce dernier cas, le système peut être considéré comme constituant une seule masse d'eau avec :

- Une ou des partie(s) libre(s) et une ou des partie(s) captive(s), les écoulements étant majoritairement libres ;
- Une ou des partie(s) libre(s) et une ou des partie(s) captive(s), les écoulements étant majoritairement captifs.

Autre possibilité, et c'est le cas le plus fréquent, le système peut être découpé en deux ou plusieurs masses d'eau distinctes, les unes libres et l'autre (ou les autres) captive(s).

Ce deuxième cas de figure permet de mieux tenir compte de la vulnérabilité intrinsèque de la masse d'eau. Une masse d'eau captive, donc sous couverture, est en effet peu sensible au risque de pollution par les activités de surface.

Dans tous les cas, la distinction entre les parties libres et captives est essentielle pour appréhender le mode d'alimentation de la masse d'eau : infiltration efficace dans la zone d'affleurement ou drainance majoritaire pour les nappes captives. Ces modalités de recharge impliquent des durées de renouvellement des réserves souterraines très différentes : quelques mois à moins de cent ans pour les nappes libres, quelques milliers à dizaines de milliers d'années pour les nappes captives.

Ces différences impliquent des modalités de gestion très différentes.

Dans le cas rare où la nature de l'écoulement est mal connue, la liste des natures des écoulements d'une masse d'eau souterraine, telle qu'elle est définie au sein de la

nomenclature Sandre n°594, donne la possibilité d'attribuer le libellé « Inconnu », de façon temporaire, à la nature de l'écoulement de l'entité considérée.

Nota Bene : La durée de renouvellement est le temps nécessaire pour reconstituer la totalité des réserves totales moyennes si elles étaient épuisées (en l'absence d'écoulement externe). C'est donc le rapport entre la réserve moyenne et le volume cumulé de son alimentation moyenne annuelle.

5.3. LE NIVEAU 2 : LES CARACTERISTIQUES SECONDAIRES

5.3.1. Caractère karstique

Le caractère « Karstique » est attribué aux masses d'eau souterraine qui comportent des karsts actifs, fonctionnels (fonctionnement hydraulique particulier avec une organisation spécifique du drainage). Les masses d'eau de ce type sont caractérisées par la présence de zones de surface d'une extrême vulnérabilité et des écoulements souterrains particulièrement rapides.

Certaines masses d'eau souterraine non caractérisées comme «karstiques» peuvent néanmoins en présenter localement le caractère. Dans les deux cas, le caractère « karstique », qu'il concerne la totalité ou seulement une partie de la masse d'eau souterraine, doit être pris en compte notamment pour caractériser la vulnérabilité intrinsèque des masses d'eau souterraine, pour gérer leur exploitation et leur protection.

Dans la version 1 du référentiel, le caractère secondaire « karstique » concerne 26 % des masses d'eau souterraine en nombre, soit 28 % en surface d'ordre 1.

Les spécificités de ce caractère sont développées dans un paragraphe spécifique (Traitement des aquifères karstiques, cf. chapitre 9.2).

La liste des valeurs concernant cet attribut est décrite dans la nomenclature Sandre n°397.

5.3.2. La frange littorale en liaison avec le risque d'intrusion saline

Les masses d'eau souterraine côtières et insulaires en relation avec la mer peuvent, en raison d'une surexploitation chronique ou temporaire (exemple : forte augmentation des captages AEP pendant la période estivale), induire un risque d'intrusion saline des aquifères. Ce risque est explicitement indiqué dans la DCE (Figure 1).

La liste des valeurs concernant cet attribut est décrite dans la nomenclature Sandre n°396.

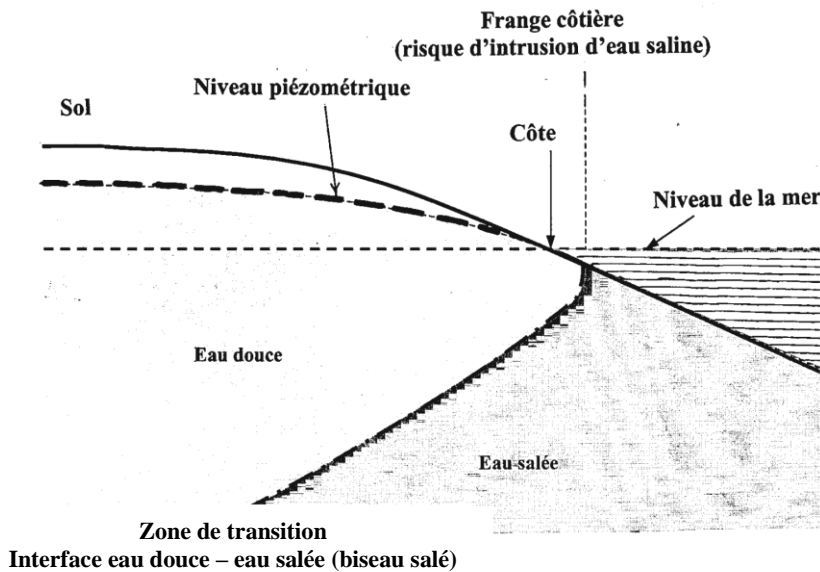


Figure 1 : Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale : caractéristique frange côtière avec risque d'intrusion saline.

5.3.3. Le regroupement d'entités disjointes

Le caractère secondaire « regroupé » permet d'intégrer dans une seule et même masse d'eau des « entités hydrogéologiques disjointes », mais « soumises aux mêmes sollicitations en terme de pression » (Mise en œuvre de la DCE Identification et délimitation des masses d'eau souterraine. Guide méthodologique, p. 20). Le regroupement peut concerner :

- des entités disjointes horizontalement (exemple : plaines alluviales des côtières méditerranéens) (cf. Figure 2) ;
- et/ou des entités disjointes verticalement (exemple : cas des petits aquifères situés sur des buttes témoins disjointes avec un aquifère sous-jacent de plus grande extension, cas des aquifères multicouches).

Le caractère « regroupé » est implicite pour les masses d'eau souterraine de type « socle », « intensément plissé de montagne » et « imperméable localement aquifère ».

On considérera qu'une ou plusieurs entités aquifères de faible extension, sans enjeu ou captage AEP, surmontant une entité aquifère d'extension régionale, ne forment qu'une seule masse d'eau avec le caractère « regroupé ».

Les masses d'eau concernées implicitement ou explicitement par la caractéristique « regroupées » comportent des entités hydrogéologiques hydrauliquement indépendantes. Cette caractéristique posera ultérieurement le problème de la représentativité du réseau de mesures quantitatives et/ou qualitatives puisque la masse d'eau résultante est formée d'entités de même nature, disjointes ou contiguës mais surtout hydrauliquement indépendantes. Un piézomètre de contrôle situé dans

une entité ne pourra rendre compte des états quantitatif et qualitatif des autres entités puisqu'il sera sans liaison hydraulique avec elles.

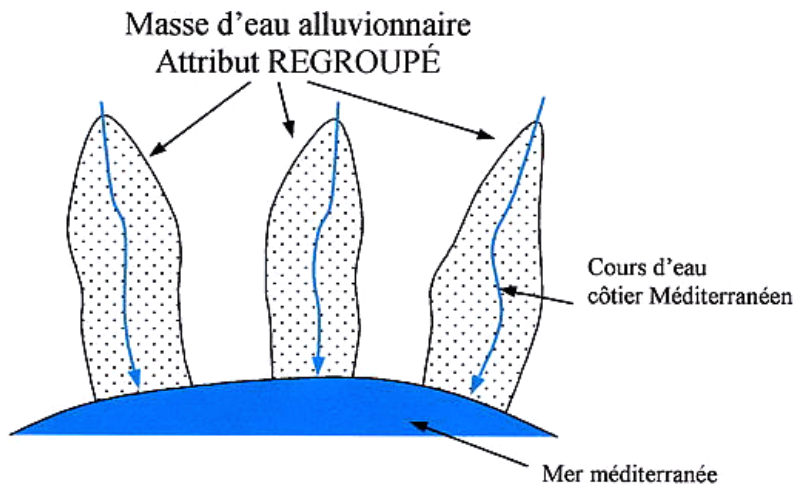


Figure 2 : Masse d'eau de type alluvial avec le caractère « regroupé ».

Cette caractéristique doit être prise en compte dans la problématique de représentativité des réseaux de mesures quantitatives et/ou qualitatives.

La liste des valeurs concernant cet attribut est décrite dans la nomenclature Sandre n°403.

Nota Bene.1 : Il pourrait être intéressant pour l'avenir de différencier les regroupements horizontaux des regroupements verticaux car leurs problématiques de risque sont différentes.

Nota Bene 2 : Le caractère « Regroupé » a été défini pour montrer que la masse d'eau souterraine est composée d'un regroupement (horizontal et/ou vertical) d'entités hydrogéologiques localement indépendantes d'un point de vue hydraulique.

Cas particulier des îles

En principe tout le territoire national est couvert par au moins une masse d'eau souterraine. Cependant, dans la version 1 du référentiel, certaines îles n'ont pas été prises en compte, pour l'instant, dans la délimitation des masses d'eau souterraine (ex. : îles de Batz, d'Ouessant, Belle-Île, etc...). Il conviendra dans la prochaine version du référentiel de les prendre en compte :

- soit en les rattachant à une masse d'eau souterraine continentale proche et similaire et en leur attribuant le caractère "Regroupé" ;
- soit, si l'enjeu est important, en en faisant une nouvelle masse d'eau souterraine.

6. Les ordres de superposition des masses d'eau souterraine

6.1. LES ORDRES DE SUPERPOSITION DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

Dans la conception du système d'information géographique de la version 1 du référentiel cartographique national des masses d'eau souterraine, il n'y a pas d'échelle verticale. Toutefois la dimension verticale est assurée par l'ordre de superposition des polygones représentant l'extension spatiale des masses d'eau souterraine. Par abus de langage, la notion de « niveau de profondeur » est parfois utilisée mais cet ordre de superposition est complètement indépendant de toute notion de profondeur.

L'ordre de superposition 1 est attribué à tout ou partie de la 1^{ère} masse d'eau rencontrée depuis la surface, l'ordre de superposition 2 est attribué à la partie d'une masse d'eau souterraine sous recouvrement d'une masse d'eau d'ordre 1, etc.

Une même masse d'eau peut donc avoir, selon la position géographique où l'on se trouve, des ordres de superposition différents.

Les formations imperméables qui peuvent reposer sur les 1^{ères} masses d'eau souterraine n'ont pas été cartographiées ; il n'existe donc pas actuellement de niveau correspondant à ces formations imperméables (*cf.* chapitre 6.2).

Les parties d'un aquifère qui sont hors des limites d'usage potentiel AEP (*cf.* Figure 3, la partie de la masse d'eau souterraine n° 50 qui n'est pas définie comme une masse d'eau) vont modifier les ordres de superposition des masses d'eau souterraine situées en dessous. C'est par exemple le cas de la masse d'eau du Dogger dans le bassin parisien. Par contre d'autres masses d'eau comme celle des sables de l'Albien-Néocomien du bassin de Paris constituent une réserve d'usage potentiel AEP sous l'ensemble du bassin (du type de la masse d'eau souterraine n° 2 de la Figure 3).

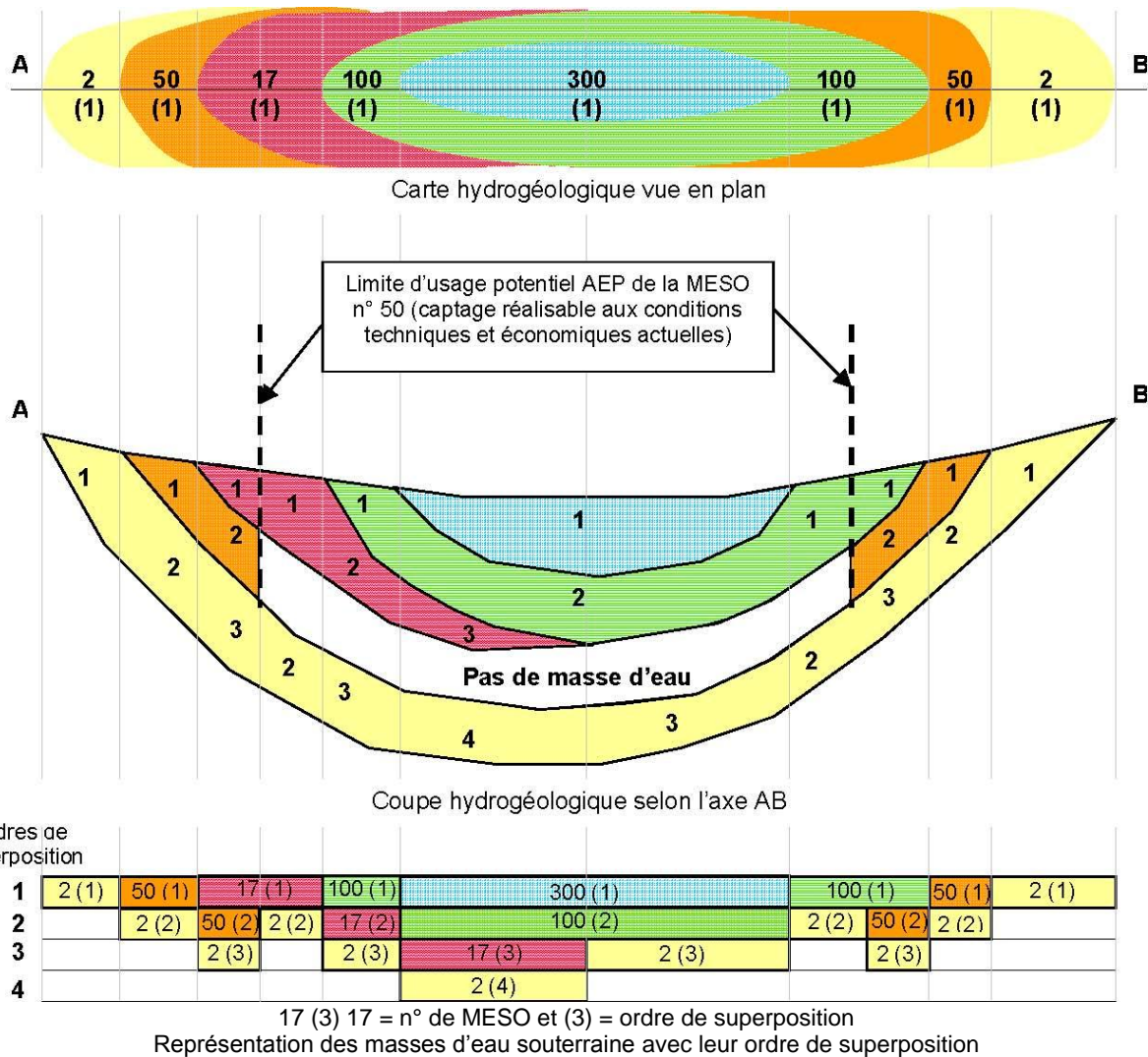


Figure 3 : Schéma de principe de la superposition des masses d'eau souterraine

Dans la version 1 du référentiel des masses d'eau souterraine, l'ordre de superposition maximal des masses d'eau souterraine atteint 10. Ce niveau maximal ne concerne que la masse d'eau FRFG080 des « Calcaires du jurassique moyen et supérieur captif » dans le bassin Adour Garonne.

Pour faciliter le calcul des ordres de superposition, il est possible d'attribuer à chaque masse d'eau un âge « absolu » (en se basant sur les entités BDLISA associées et l'échelle des temps géologiques) et de baser le calcul des ordres relatifs sur cet attribut intermédiaire, à l'instar de ce qui est fait sur le référentiel BDLISA.

6.2. FORMATION IMPERMEABLE RECOUVRANT LES MASSES D'EAU DE NIVEAU 1

Parmi les masses d'eau souterraine d'ordre 1, certaines sont en partie recouvertes par des formations imperméables non identifiées comme masses d'eau souterraine. Ces zones concernées apparaissent donc en ordre 1 mais sont moins vulnérables aux pollutions diffuses.

Ces formations imperméables superficielles n'étant pas cartographiées, il n'est donc pas possible d'identifier les surfaces à l'affleurement et/ou sous couverture d'une masse d'eau souterraine d'ordre 1.

La Figure 4 montre les différents cas possibles de calcul des surfaces qui sont apparus lors d'un premier examen des données menés en 2005 (Mardhel *et al.*, 2005), et indique pour chacun de ces cas, les valeurs qu'il est possible de retenir : Valeurs chiffrées déduites du SIG ; Valeurs chiffrées indiquées dans la fiche de caractérisation initiale, probablement à dire d'expert ; Valeur indéterminée (notée I). Les valeurs déduites du SIG sont généralement privilégiées, du fait de leur caractère systématique.

Dans le cas d'une masse d'eau souterraine de type « Imperméable localement aquifère » de niveau 1 - la masse d'eau étant une agrégation de petites entités aquifères disjointes horizontalement et/ou verticalement - il n'est généralement pas possible de déterminer la répartition des surfaces à l'affleurement et sous couverture. Il en est souvent de même pour les masses d'eau souterraine de type « Système hydraulique propre aux zones intensément plissées de montagne ».

Dans les premiers documents méthodologiques, la question du rajout d'un niveau 0 (zéro) cartant les formations imperméables recouvrant les masses d'eau souterraine d'ordre 1, était posée, dans le sens où cela pouvait constituer une solution pour lever les ambiguïtés autour de la détermination des parties des masses d'eau souterraine réellement à l'affleurement et donc susceptibles d'être soumises aux pollutions diffuses. Cette proposition, énoncée en 2005 (Mardhel *et al.*, 2005), n'a pas été rediscutée depuis.

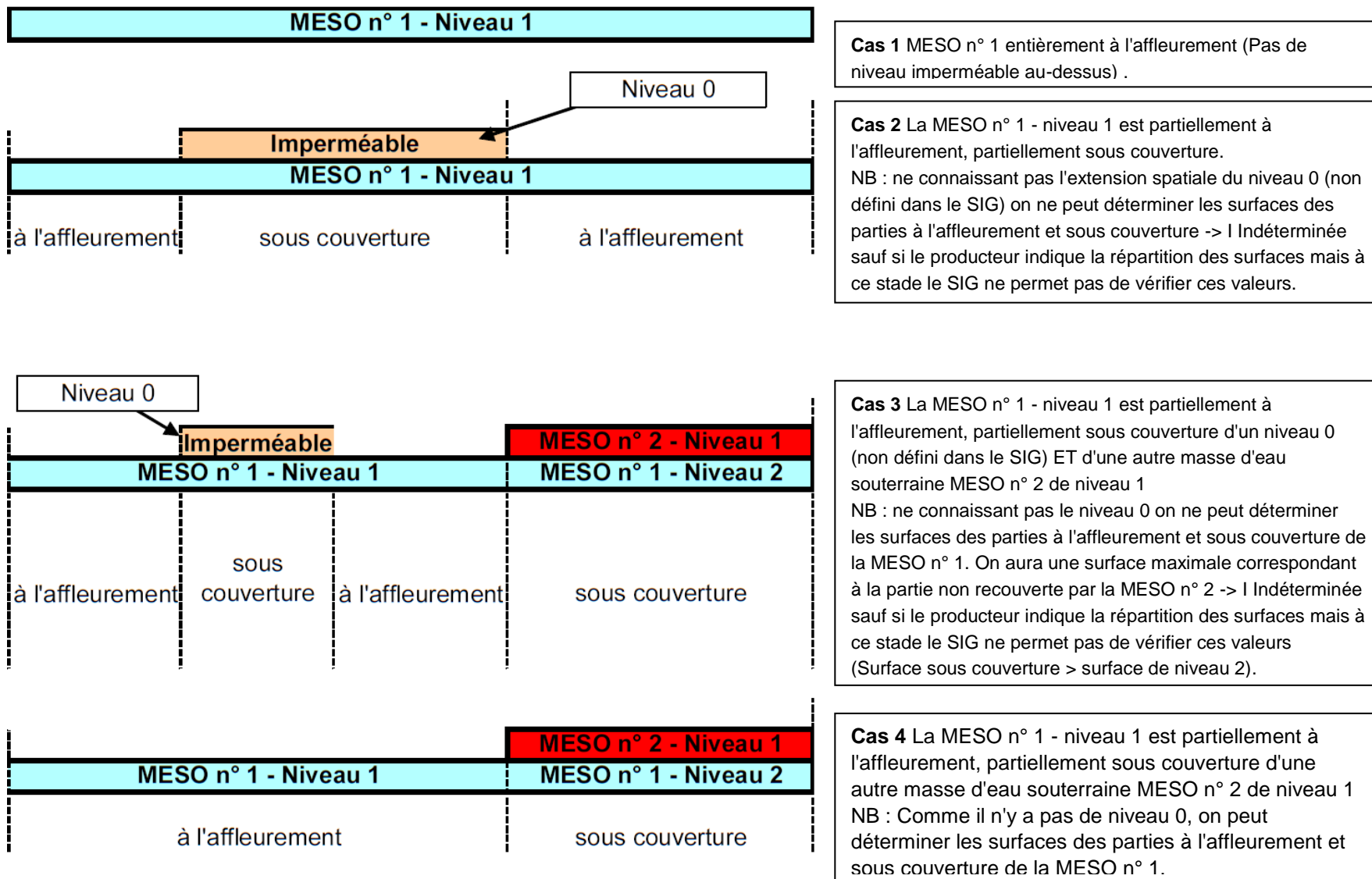


Figure 4 : Exemples de détermination des surfaces à l'affleurement et sous couverture de la 1^{ère} masse d'eau souterraine rencontrée

6.3. CAS PARTICULIERS RELATIFS AUX ORDRES DE SUPERPOSITION

6.3.1. Masses d'eau souterraine sous-jacentes aux masses d'eau alluviale

Dans certains cas, les parties de masses d'eau souterraine directement sous-jacentes aux masses d'eau de type alluvial n'ont pas été représentées. En accord avec les producteurs et selon les situations rencontrées, la partie sous-jacente à la masse d'eau de type alluvial peut ainsi être affectée :

- soit à la masse d'eau souterraine encadrante s'il s'agit de la même masse d'eau souterraine de part et d'autre de la masse d'eau de type alluvial.
- soit aux 2 masses d'eau souterraine encadrantes en les prolongeant et en faisant en sorte que leur limite commune soit placée au milieu de la masse d'eau de type alluvial.
- soit, dans certains cas, selon des limites tracées à dire d'expert.

6.3.2. Imprécision des limites des masses d'eau souterraine sous couverture

Du fait de l'état actuel des connaissances, les délimitations des masses d'eau souterraine sous couverture sont, dans la grande majorité des cas, relativement imprécises. Il convient dans des utilisations de ce référentiel de prendre en compte la nature provisoire de ces tracés. Ces limites pourront être précisées en fonction de l'évolution des connaissances. Le chapitre 10 présente l'approche d'ajustement menée pour la mise à jour des masses d'eau souterraine (essentiellement basée sur les travaux en Loire-Bretagne).

6.3.3. Masses d'eau souterraine sous les plans d'eau

Sous certains lacs et étangs (ex.: étangs de Berre, de Mauguio, lacs du Bourget, d'Annecy, ...) aucune masse d'eau souterraine n'était déclarée dans la version 1 du référentiel.

Même s'il est bien évident que les entités aquifères se prolongent sous les lacs, ces zones particulières n'étaient considérées à l'époque comme masse d'eau souterraine que si elles pouvaient donner lieu à un usage potentiel correspondant à l'implantation de captages aux conditions technico-économiques actuelles pour l'alimentation en eau potable ou des usages aquacoles comme c'est le cas des exploitations de l'Etang de Thau.

Cependant, dans les travaux d'actualisation des masses d'eau souterraine menés en Loire-Bretagne et RM&C notamment, ces zones particulières sont désormais incluses dans une masse d'eau. Ceci a pour but de ne laisser aucune zone non couverte par au

moins une masse d'eau, conformément aux recommandations nationale et européenne.

7. Les règles de découpage par type de masse d'eau

7.1. TYPE « DOMINANTE SEDIMENTAIRE NON ALLUVIALE »

7.1.1. Définition

Ce type de masse d'eau, formé de couches sédimentaires non alluviales généralement d'extension régionale comprend un (monocouche) ou plusieurs (multicouche) systèmes aquifères en liaisons hydrauliques étroites. Ces masses d'eau peuvent être libres, captives ou comporter des parties libres et des parties captives. Ces masses d'eau essentiellement à porosité d'interstice comprennent aussi parfois des secteurs karstiques. Elles peuvent dans des cas très particuliers être redécoupées pour des questions de pression (cf. chapitre 4).

Exemple : En Aquitaine, le système aquifère multicouche de l'Eocène présente une très grande extension (cf. Figure 5). Il s'étend de la Charente aux Pyrénées, jusqu'aux contreforts du Massif central. L'Eocène sableux moyen et inférieur est la principale ressource en eau souterraine potable du bassin Adour-Garonne. Il peut être considéré comme une seule masse d'eau de type « à dominante sédimentaire non alluviale avec parties libre et captive associées, majoritairement captive ». En raison des enjeux liés à la forte exploitation pour l'AEP de la région bordelaise, la dépression piézométrique centrée autour de Bordeaux pourra être identifiée comme une masse d'eau spécifique.

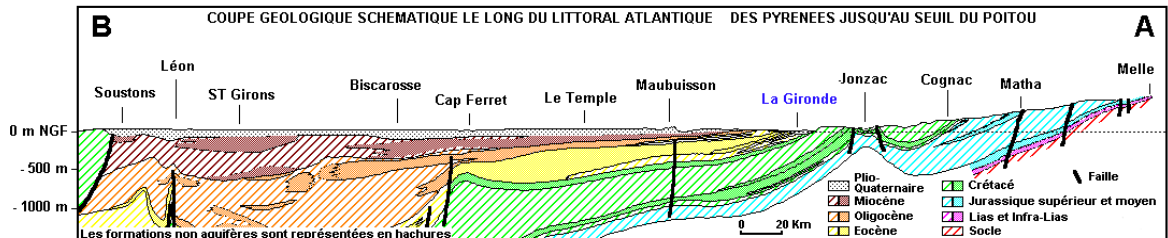


Figure 5 : Présentation schématique des systèmes aquifères multicouches du bassin aquitain.

Ces masses d'eau sont principalement localisées dans les grands bassins sédimentaires non ou peu tectonisés et dans certaines zones métamorphiques ayant un comportement hydraulique similaire. En première approche, ce type de masse d'eau représente plus de la moitié du nombre de masses d'eau identifiées. Parmi celles-ci, près de 30 % présentent un caractère karstique (statistiques concernant la version 1 du référentiel des masses d'eau souterraine).

7.1.2. Règles de découpage

a) Le découpage entre parties libre et captive

Une masse d'eau peut être soit **entièrement libre**, soit plus rarement **entièrement captive** (alimentée uniquement par drainance), soit, et c'est le cas le plus général, avoir une partie libre et une partie captive. Dans ce dernier cas, on pourra :

- soit **considérer qu'il s'agit d'une seule masse d'eau** (cf. Figure 6).

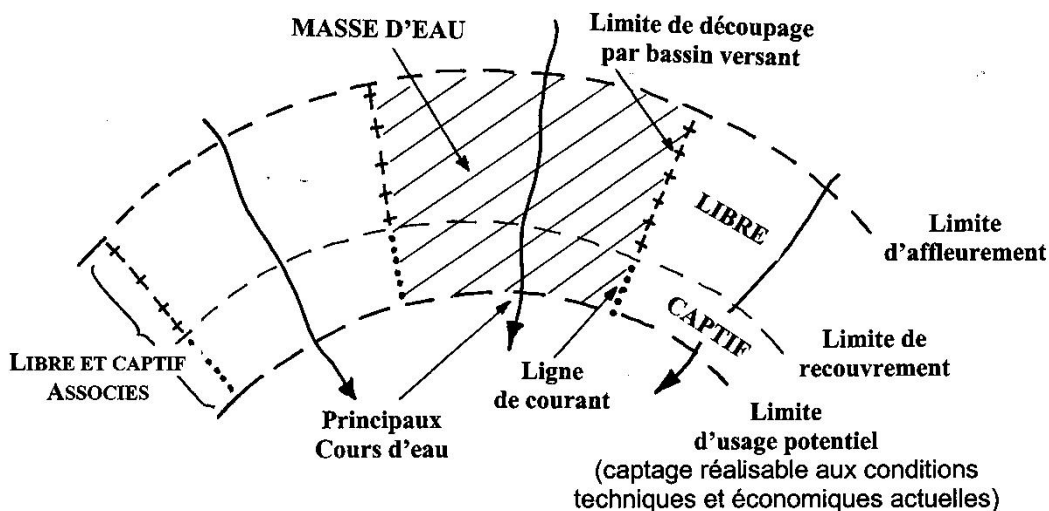


Figure 6 : Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale avec parties libre et captive associées, majoritairement libre.

Deux cas possibles se présentent alors :

- la partie captive est dominante (« majoritairement captive ») ;
- la partie libre est dominante (« majoritairement libre »). **Exemple** : La masse d'eau souterraine FRGG092 de l'aquifère de Beauce est du type sédimentaire non alluvial. Il est dit majoritairement libre, bien que localement sous couverture imperméable sous la forêt d'Orléans (cf. Figure 7).

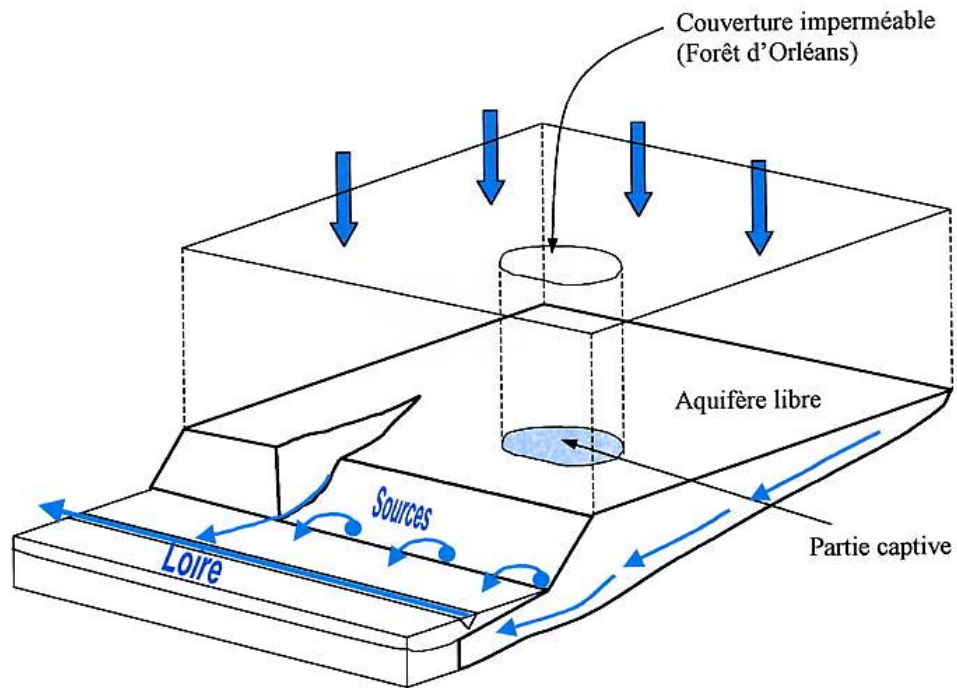


Figure 7 : Masse d'eau de type « à dominante sédimentaire non alluviale, majoritairement libre » (exemple de la Beauce).

- soit **scinder l'entité hydrogéologique en deux masses d'eau distinctes**. Il est conseillé d'expliciter la nature « captive » ou « libre » des deux masses d'eau ainsi créées dans leur libellé (cf. Figure 8).

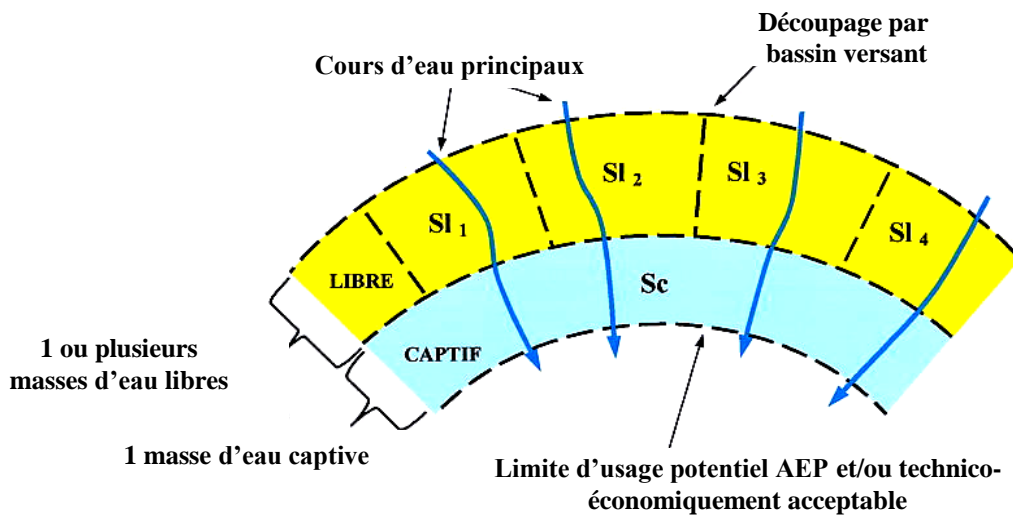


Figure 8 : Masse d'eau sédimentaire non alluviale, parties libre et captive dissociées en deux masses d'eau distinctes (vue en plan).

Exemple 1 : la masse d'eau FRGG031 (« Sables et calcaires du bassin tertiaire du marais breton libre ») se distingue de sa voisine FRGG017 (« Sables et calcaires du bassin tertiaire du marais breton captif ») par ce seul attribut.

Exemple 2 : Dans l'aquifère Albien-Néocomien du bassin de Paris, les parties libre et captive sont considérées séparément :

- la partie « libre », relativement étendue (5 400 km²), est essentiellement alimentée par l'infiltration sur la surface d'affleurement. Elle présente une vulnérabilité intrinsèque aux pollutions de surface. Elle fait l'objet d'un usage AEP ;
- la partie « captive », étendue sous l'ensemble du bassin parisien (52 100 km²), est essentiellement alimentée par drainance à partir de la craie. Elle est protégée des pollutions de surface par son recouvrement. Elle fait également l'objet d'un usage AEP.

La partie « libre » correspondant à l'auréole d'affleurement de l'aquifère est scindée, à l'est du bassin, en plusieurs masses d'eau délimitées entre les principaux cours d'eau (Loire, Yonne, Seine, Orvain et au nord la limite du district) : il s'agit donc de limites interfluves. La partie « captive » est considérée comme une seule masse d'eau.

b) *Le découpage latéral des parties libres*

Les parties libres importantes, notamment les auréoles des systèmes aquifères des grands bassins sédimentaires, sont découpées latéralement en plusieurs masses d'eau libres :

- **Préférentiellement par bassin versant** des grands affluents si les apports sont symétriques. La nature de ces limites se fera en fonction des données disponibles dans l'ordre décroissant suivant les limites :
 - **limite de bassin versant hydrogéologique : crête piézométrique** si elle est bien connue et stable dans le temps ou limite de l'aire de drainage reconnue par traçage des secteurs karstiques.
Exemple : en Artois-Picardie la piézométrie de la nappe de la craie est bien connue et stable dans le temps. Les crêtes piézométriques sont utilisées pour définir les limites des masses d'eau souterraine.
 - **limite de bassin versant hydrographique ou topographique : crête topographique** si la limite de bassin versant hydrogéologique est mal connue mais supposée stable,
Exemple : Dans la partie est du bassin Seine-Normandie, la piézométrie de la nappe de la craie est moins bien connue. Les crêtes topographiques sont utilisées pour définir les limites des masses d'eau souterraine.
- **Soit par demi-bassin versant** (entre la crête piézométrique et le cours d'eau) si les apports sont dissymétriques et la crête piézométrique stable. Ce mode de

découpage permet, en outre, d'assurer la liaison entre des découpages par bassin versant et ceux par interfluve ;

- **soit encore par interfluve** si la crête piézométrique est variable dans le temps et si le cours d'eau constitue une limite hydraulique.

c) **Le choix des limites d'extension de la partie captive**

Les limites amont et aval correspondent :

- soit à la limite de recouvrement, qui peut être en amont ou en aval hydraulique de l'aquifère,
- soit à la limite d'usage potentiel AEP : productivité, potabilité, technico-économiquement réalisable (cf. Figure 8 et Figure 9). Cette limite sera tracée au mieux d'après les données disponibles sur les captages existant et sur la qualité des eaux (référentiel des captages AEP sur ADES, Banque de données SISE Eaux de la Direction Générale de la Santé, Banque de données du Sous-Sol du BRGM, données des agences de l'Eau, informations des SDAGE etc.),
- soit à la limite de l'extension de l'aquifère ou à la limite du bassin pour permettre la prise en compte notamment des nappes à réserver dans le futur à l'alimentation en eau potable (NAEP) ou de celles utilisées pour de la géothermie profonde.

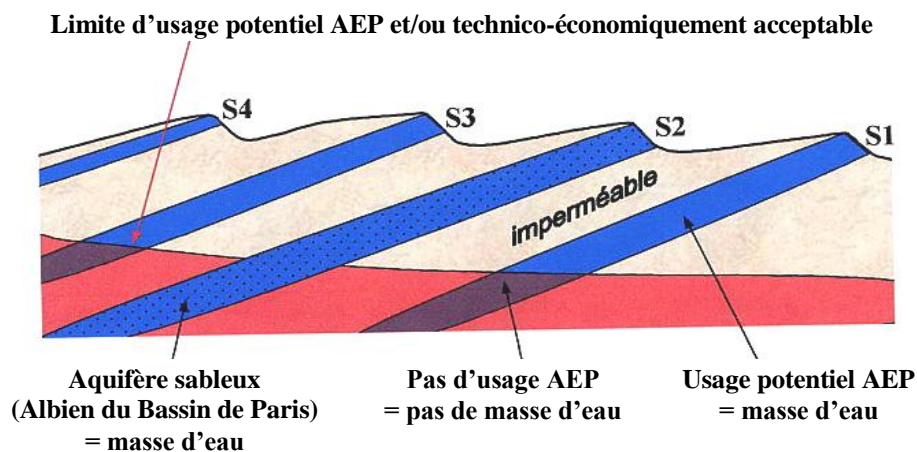


Figure 9 : Masse d'eau de type sédimentaire. Délimitation aval de la partie captive (vue en coupe)

Concernant les limites latérales, dans le cas d'une masse d'eau avec parties libre et captive associées majoritairement libre, on tracera les limites latérales de la partie captive :

- si on dispose d'une carte piézométrique : selon des lignes de courant situées dans le prolongement des limites latérales de la partie libre ;

- si on ne dispose pas de carte piézométrique : au mieux à dire d'expert.

L'extension d'une masse d'eau souterraine peut, en bordure de côte, être poursuivie sous la mer (cf. Figure 10) jusqu'à une limite d'usage potentiel correspondant à l'implantation de captages aux conditions techniques et économiques actuelles identifiées. L'usage peut concerner l'eau potable ou des usages aquacoles.

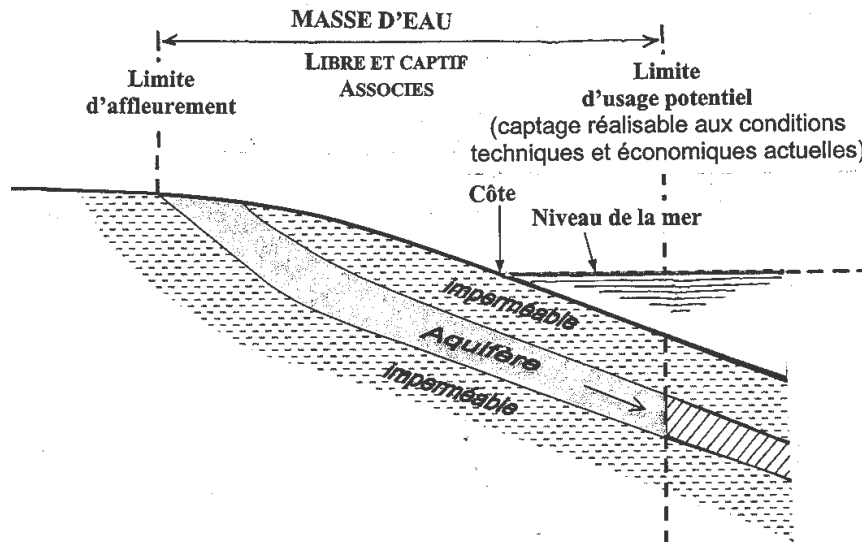


Figure 10 : Masse d'eau de type « à dominante sédimentaire » : limite d'extension sous la mer en bordure de côte (vue en coupe)

7.2. TYPE « ALLUVIAL »

7.2.1. Définition

Ce type de masse d'eau, identifié par une lithologie spécifique différente de celle de l'encaissant, est obligatoirement caractérisé par une connexion globalement forte avec le cours d'eau. La masse d'eau présente :

- en général un fort contraste de perméabilité avec l'encaissant ;
- et/ou parfois un contraste de chimisme des eaux avec celui de l'encaissant ;
- et/ou parfois un contraste de perméabilité non significatif avec l'encaissant mais comportant des zones où existent des prélèvements importants (captages pour l'AEP mais aussi pour l'irrigation et l'industrie) susceptibles d'influer significativement sur les niveaux et les débits actuels ou prévisionnels des cours d'eau (et donc sur les écosystèmes terrestres associés).

7.2.2. Spécificité des masses d'eau en contexte alluvial

On ne considérera comme masse d'eau alluviale que celles ayant globalement une connexion forte avec le cours d'eau. Cependant, cette connexion peut être variable dans le temps et dans l'espace et, en un même lieu, dans le temps.

En raison de leurs caractéristiques hydrodynamiques particulières (forts coefficients d'emménagement et de perméabilité), de leur situation dans des secteurs fortement urbanisés, de leur contribution importante à l'alimentation en eau de grandes villes et des pressions auxquelles elles sont soumises (captages importants, connexions avec les eaux de surface et les zones humides liées, ZNIEF, etc.), il est nécessaire de les identifier comme des masses d'eau à part entière.

Les masses d'eau de type « alluvial » peuvent, selon les cas, être classées en trois types de classe : (cf. Figure 11) :

- masse d'eau de type « alluvial » *sensu stricto* (cf. définition, chapitre 7.2.1) ;
- masse d'eau « à dominante sédimentaire » : c'est le cas des terrasses anciennes perméables dont les eaux se déversent les unes dans les autres et qui contribuent à alimenter les alluvions récentes et donc les cours d'eau liés. Les captages dans ces alluvions anciennes peuvent avoir un impact significatif sur les débits d'étiage des cours d'eau et sur l'état des écosystèmes d'eau de surface correspondants. Par contre, il n'y a pas d'interaction possible entre des captages dans le cours d'eau ou les alluvions récentes proches de celui-ci et ces terrasses anciennes aquifères ;
- masse d'eau du même type que la masse d'eau sous-jacente : c'est le cas des alluvions récentes ne répondant pas à la définition de la masse d'eau alluviale et/ou aux terrasses anciennes peu perméables.

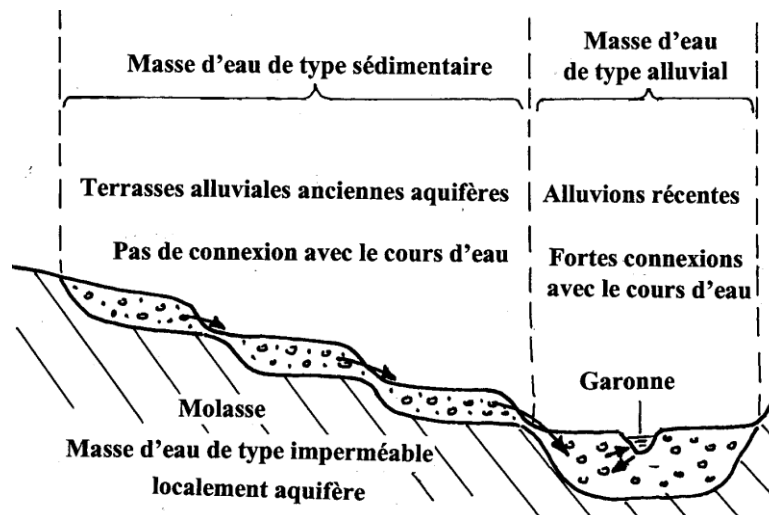
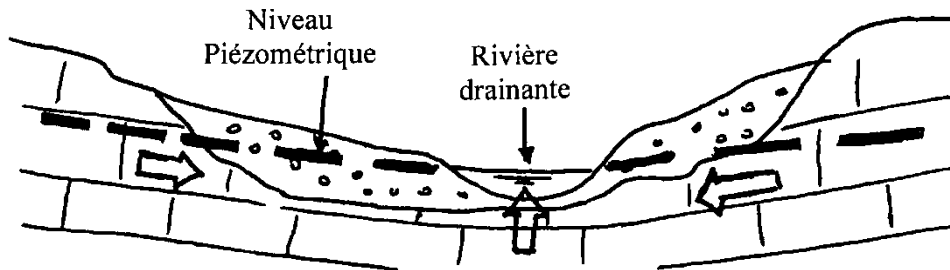
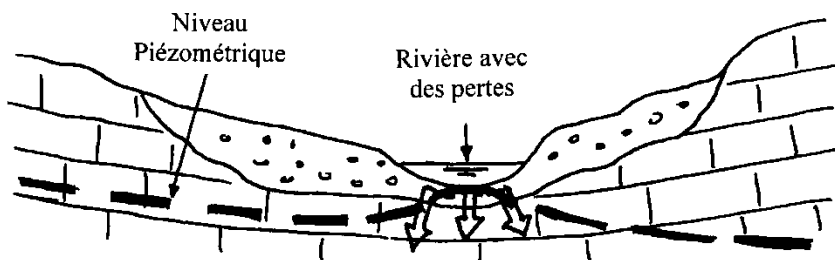


Figure 11 : Différenciation suivant les connexions avec le cours d'eau entre une masse d'eau de type « alluvial » et des terrasses anciennes constituant une masse d'eau « à dominante sédimentaire » (vue en coupe).

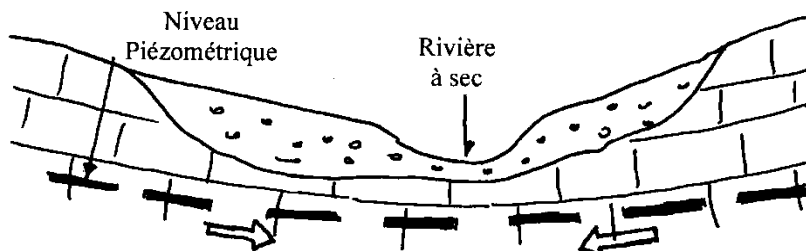
Exemple : Dans le bassin Adour-Garonne, la nappe alluviale de la Boutonne n'est pas identifiée comme une masse d'eau de type « alluvial », car il y a peu de différences de perméabilité entre l'encaissant et les alluvions et les enjeux actuels (qui sont de retrouver un débit correct à l'étiage) ne portent pas uniquement sur la zone alluviale mais sur une zone plus large englobant l'encaissant où s'effectuent les prélèvements. La Figure 12 illustre les différents types de relation qui existent entre cette rivière et l'encaissant.



Secteur amont : la rivière draine la nappe (limite à condition de potentiel)



Secteur médian : la rivière est perchée et s'infiltré dans la zone non saturée de l'aquifère (limite à condition de flux)



Secteur aval : la rivière est asséchée (absence de limite)

Figure 12 : Coupes schématiques à travers la vallée de la Boutonne (Charente-Maritime) illustrant les différents types de limites avec la rivière.

Les masses d'eau de type « alluvial » sont généralement libres mais elles peuvent être localement captives (**Exemple** : Les alluvions de la partie située en aval des alluvions de la Seudre, de l'Adour et de la Garonne en amont de Bordeaux sont captifs sous la formation du Brie flandrien).

Le type « alluvial » est généralement monocouche, mais il peut comprendre plusieurs entités aquifères superposées en liaisons hydrauliques étroites.

Exemple : Dans le bassin Rhin-Meuse, dans la plaine d'Alsace, la masse d'eau de type « alluvial » FRCG001 regroupe :

- les alluvions récentes du Rhin ;
- le Pliocène de Haguenau qui passe sous la nappe d'Alsace au Nord et qui l'alimente au niveau de sa partie affleurante sur sa frange Ouest ;
- les aquifères sous-jacents des calcaires du Malm, de la Grande Oolithe bajocienne, les calcaires du Muschelkalk et les grès du Trias Inférieur du fossé rhénan ;
- une partie des marnes de l'Oligocène de la bordure du fossé rhénan.

7.2.3. Règles de découpage

La masse d'eau de type « alluvial » est limitée longitudinalement, le long du cours d'eau principal et de ses affluents, aux zones présentant des alluvions suffisamment développées.

La **délimitation des masses d'eau** se fait par une utilisation combinée des différents critères suivants :

- occupation du sol ;
- confluence avec les grands affluents ;
- taille (largeur supérieure à 200 m, épaisseur) ;
- et/ou présence de gravières exploitables (concurrence d'enjeux/usages) ;
- et/ou existence d'une ressource en eau exploitable (critère important mais pas absolu d'un captage AEP supérieur à 10 m³/j).

Ces **masses d'eau** sont limitées latéralement aux alluvions en relation directe avec le cours d'eau.

L'**extension longitudinale** de ces masses d'eau peut être discontinue.

Longitudinalement, des **coupures** peuvent être effectuées :

- soit au droit de la confluence avec les grands affluents : par exemple, en Adour-Garonne, les alluvions de l'Aveyron sont limitées en aval au droit de sa confluence avec le Tarn ;
- dans des zones de forts enjeux (intérêts stratégiques, concurrence d'usages, fortes pressions polluantes, etc.), certaines de ces masses d'eau peuvent alors être de faible extension (moins de 100 km²).

Exemple 1 : Dans le bassin RM&C, les alluvions récentes du Rhône dans la zone de Miribel Jonage où se situe le champ captant de l'agglomération de Lyon. Son fonctionnement particulier par rapport à la basse vallée de l'Ain ou de la vallée du Rhône plus en aval, les enjeux et le périmètre des démarches de gestion en cours ont

nécessité d'en faire une masse d'eau à part entière, pour le référentiel version 1 et ce, malgré sa petite taille (47 km²). Cette masse d'eau a d'ailleurs été conservée dans le référentiel mis à jour.

Exemple 2 : Dans le cadre des travaux de mise à jour des masses d'eau souterraine du bassin RM&C, certaines masses d'eau de type alluvial ont été individualisées pour rendre compte de problématiques de pressions et d'état très différentes au sein de masses d'eau initialement découpées exclusivement sur des critères hydrogéologiques. C'est le cas, par exemple, de la nouvelle masse d'eau « Alluvions du Drac et de la Romanche sous influence des pollutions historiques industrielles de Jarrie et de Pont-de-Claix » dont la limite a été définie en considérant le panache de pollution à l'aval des sites chimiques de Jarrie, Pont de Claix – et sud Grenoble – 38.

Exemple 3 : Dans le bassin Rhin-Meuse, en raison des forts rejets de chlorures dans la Moselle au niveau de Nancy, deux masses d'eau de type alluvial ont été définies de part et d'autre de la ville de Nancy : une en amont englobant les alluvions de la Meurthe et de la Moselle, une en aval sur la Moselle.

Exemple 4 : Dans le bassin Seine-Normandie, la nappe alluviale de la Bassée sur la Seine entre Nogent et Montereau a été identifiée, dans la version 1 du référentiel, comme une masse d'eau de type « alluvial » compte tenu de son importance pour l'alimentation en eau présente et future du Sud-Est de la région parisienne (secteur du Perthois).

7.2.4. Remarque sur les hétérogénéités de découpage selon les bassins

D'une manière générale, ce type de masse d'eau souterraine n'est pas toujours défini avec la même précision selon les bassins. A l'échelle nationale, des disparités existent, qui s'expliquent notamment par un décalage dans le temps dans la réalisation et/ou la mise à jour des masses d'eau, dans les différents bassins.

Pour les bassins qui n'ont pas choisi de mettre à jour leur référentiel pour l'état des lieux 2013, les limites des masses d'eau souterraine de type « alluvial » sont issues essentiellement des travaux de la BDRHFV1. Dans les bassins pour lesquels une mise à jour de leur référentiel a été réalisée, les limites des masses d'eau de type « alluvial » ont été généralement affinées (basées sur les entités complémentaires de la BDLISA version beta).

En 2013, un groupe de travail national va réfléchir à la valorisation des données de cartographie des masses d'eau de type « alluvial » dans le cadre de l'actualisation du référentiel BDLISA. Les travaux qui en découleront impacteront les prochaines versions du référentiel BDLISA mais pourront également participer à la mise en cohérence de la cartographie des masses d'eau de type « alluvial » à l'échelle nationale. Des travaux sont également en cours sur les liens avec le référentiel des masses d'eau de surface.

7.3. TYPE « SYSTEME HYDRAULIQUE COMPOSITE PROPRE AUX ZONES INTENSEMENT PLISSEES DE MONTAGNE »

7.3.1. Définition

Ce type de masse d'eau correspond aux domaines intensément plissés des zones de montagne récemment tectonisées (principalement les Alpes et les Pyrénées). Elles sont composées d'une alternance d'entités aquifères et imperméables de litho-stratigraphie, de taille et d'extension très variables, souvent mal connues.

Elles sont caractérisées par des variations rapides de lithologie et d'épaisseur, en liaison avec les accidents tectoniques propres à ces zones montagneuses.

7.3.2. Règles de découpage

Le découpage est effectué par croisement entre de grands ensembles litho-structuraux et des limites de grands bassins hydrographiques et/ou, si les écoulements sont dissymétriques, de grands cours d'eau (limite interfluve). Le découpage doit conduire, en respectant cette règle, à une taille de masse d'eau compatible avec une échelle de gestion locale.

Exemple : Dans le bassin RM&C, les massifs calcaires péri-alpins (*cf.* Figure 13) plus ou moins plissés sont rangés dans ce type de masse d'eau. Plusieurs masses d'eau sont délimitées par les cours d'eau ou les cluses : Vercors, Chartreuse, Bauges et Aravis délimités respectivement par la Drome, l'Isère, la cluse de Chambéry, la cluse et le lac d'Annecy et l'Arve. Ces limites interfluve se justifient par le fait que ces massifs sont fortement karstifiés sur de grandes étendues et portés en altitude par rapport au niveau de base actuel des cours d'eau qui constituent ainsi des limites hydrauliques. La mise à jour du référentiel dans ce bassin a également permis la division de la masse d'eau du « domaine plissé du bassin versant de la haute et moyenne Durance » (superficie de 7 627 km² dans sa version 1) en plusieurs masses d'eau intensément plissées (« Formations variées du bassin versant du Buëch » à l'Ouest, « Formations variées du haut bassin de la Durance » à l'Est).

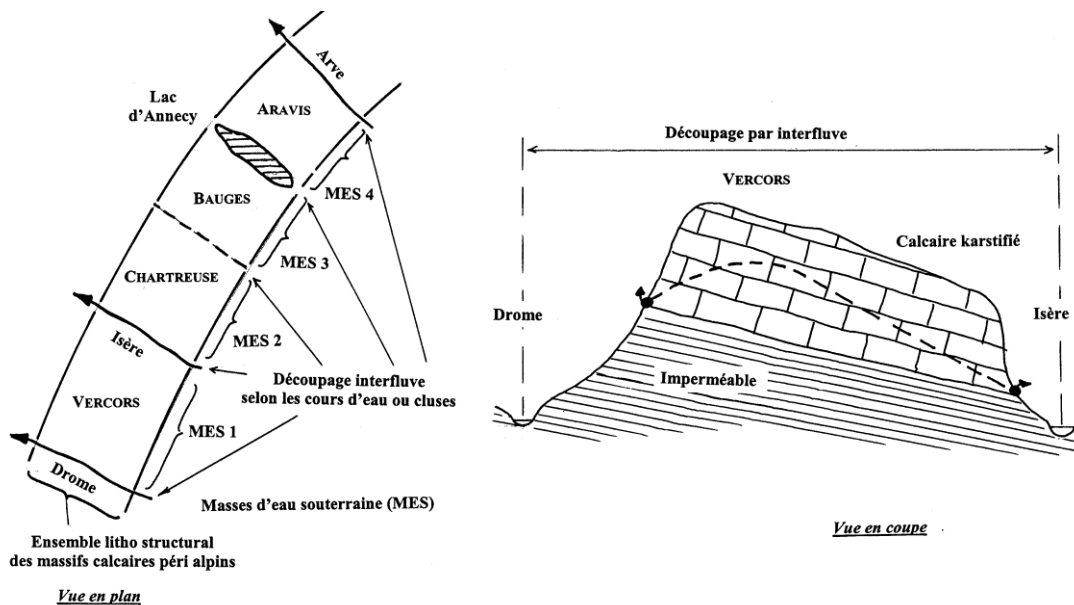


Figure 13 : Découpage interfluve de masses d'eau de type « système hydraulique composite propre aux zones intensément plissées de montagne » (cas des massifs calcaires péri-alpins).

7.3.3. Remarques

Les masses d'eau de ce type sont généralement de grande taille.

Les massifs de socle et les principaux domaines sédimentaires inclus dans ce type de masse d'eau devront être identifiés comme des masses d'eau spécifiques, respectivement de type « socle » et « à dominante sédimentaire », lorsqu'ils sont le siège d'enjeux et/ou de pressions importantes.

Exemple (extrait du référentiel version 1) :

- Les zones de socle des massifs de Cauterets et des Eaux Bonnes dans les Pyrénées en liaison avec un usage thermalisme ;
- Les massifs calcaires karstifiés de la Pierre Saint-Martin, des Arbailles, du plateau de Sault et du Pech de Foix dont les ressources sont utilisées pour l'eau potable et qui présentent une problématique de gestion spécifique liée à leur caractère karstique.

7.4. TYPE « SOCLE »

7.4.1. Définition

Une masse d'eau de type « socle » est identifiée par une lithologie spécifique caractérisée en surface par un horizon altéré (altérites = réservoir de stockage) discontinu reposant sur un substratum fracturé de lithologie indifférenciée constituant un horizon perméable en grand mais à perméabilité fortement variable.

Exemple :

- Dans le bassin Rhin-Meuse : le Massif vosgien (FRCG003 « Socle vosgien ») ;
- Dans le bassin Loire-Bretagne : de nombreuses masses d'eau de ce type, essentiellement en région Bretagne (FRGG015 « Vilaine », .FRGG010 « Blavet », FRGG007 « Aulne », etc...).

7.4.2. Règles de découpage

Le découpage est effectué selon des limites de bassin versant hydrographique. Globalement les deux champs d'écoulement des eaux souterraines et superficielles sont superposables : la marge d'erreur correspondant à cette approximation reste faible.

De façon à avoir une masse d'eau de taille significative, les bassins contigus répondant à une même problématique en termes de pression, seront regroupés au sein d'une même masse d'eau. Donc, par définition, **la caractéristique « regroupée » est implicite pour ce type de masse d'eau** (cf. Figure 14).

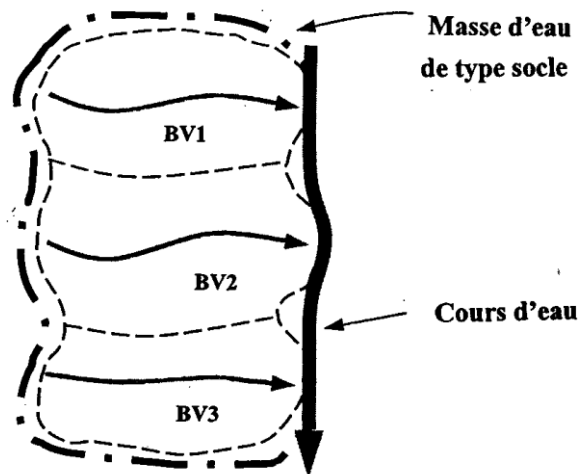


Figure 14 : Regroupement de bassins versants contigus de type « socle » en une seule masse d'eau (caractère « regroupé » implicite).

Les limites de découpage peuvent localement correspondre à celles des SAGE. C'est notamment le cas en Bretagne pour plusieurs masses d'eau.

Une masse d'eau de type « socle », comportant une nappe profonde dans la partie fissurée, ne doit pas être redécoupée, même si elle est à cheval entre deux bassins versants ou trans bassins hydrologiques.

Dans les zones de montagnes récentes (Pyrénées, Alpes), les massifs de socle peuvent être identifiés de façon spécifique par rapport à l'intensément plissé s'il existe un enjeu important (thermalisme, eau potable, etc.).

Dans ce type de masse d'eau, les écoulements superficiels sont prépondérants par rapport aux écoulements souterrains.

Des masses d'eau souterraine de type « socle » incluant localement des formations lithologiques calcaires, peuvent avoir exceptionnellement une caractéristique secondaire «karstique».

Exemple : Dans le bassin Loire-Bretagne, dans la version 2 du référentiel, la masse d'eau (FRGG018) « Bassin versant de la Mayenne », de type « socle », possède également la caractéristique secondaire « Karstique » car elle prend aussi en compte les calcaires fracturés et karstifiés du secteur de Laval.

Inversement, certaines zones de socle comportant notamment des formations carbonatées anciennes peuvent être rangées dans d'autres classes de masses d'eau si elles présentent globalement un comportement hydraulique équivalent.

7.5. TYPE « ÉDIFICE VOLCANIQUE »

7.5.1. Définition

Chaque édifice volcanique tertiaire ou quaternaire généralement de plus de 100 km² ayant conservé une géométrie, une morphologie et/ou une structure volcanique identifiable constitue une masse d'eau.

Exemple : Les édifices volcaniques du Cantal, et de l'Aubrac, du Mont-Dore et du Cézallier constituent des masses d'eau de type « Edifice volcanique » dans le bassin Loire Bretagne ou trans-bassin Loire Bretagne - Adour Garonne (*cf.* Figure 15).

Les écoulements souterrains y sont considérés comme libres, même si localement il existe des niveaux captifs dans les alluvions sous-jacentes aux coulées de laves.

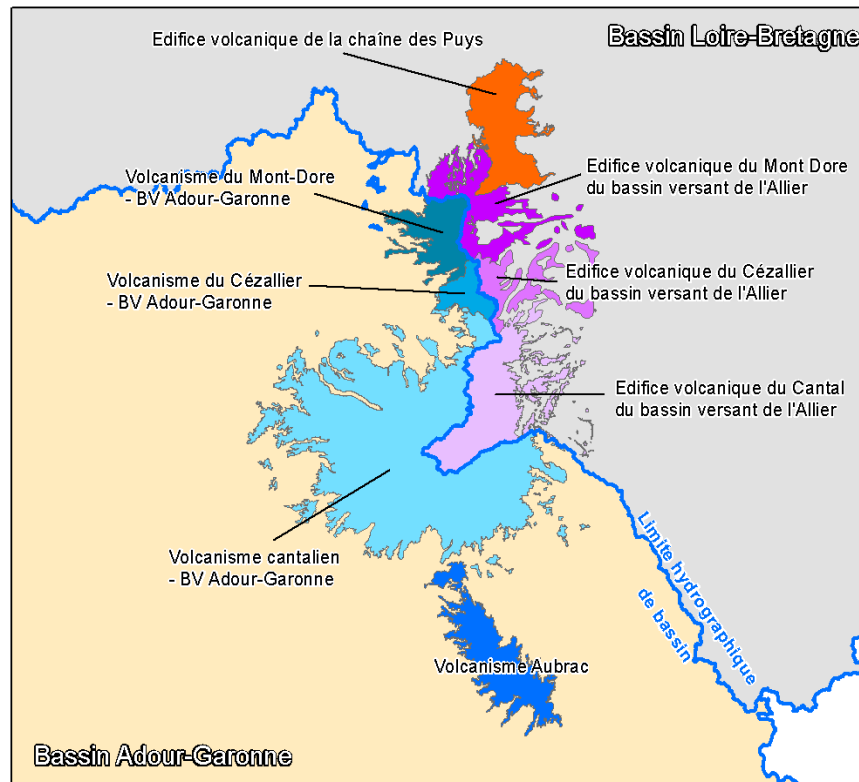


Figure 15 : Masse d'eau de type « édifice volcanique » (exemple du Cantal et de l'Aubrac trans-bassins, découpés par bassins versants hydrographiques).

7.5.2. Règles de découpage

Les contours de la masse d'eau correspondent à l'aire d'extension de l'édifice volcanique. Les édifices volcaniques autres que ceux répondant à la définition sont assimilés aux types des masses d'eau sur lesquelles ils reposent.

Exemple 1 : Les petits édifices volcaniques des Causses dans le bassin Adour-Garonne, ceux du Forez dans le bassin Loire-Bretagne et celui des Boutières en Ardèche (bassin Rhône-Méditerranée & Corse) sont inclus dans les masses d'eau souterraines sous-jacentes.

Si l'édifice volcanique est trans-bassins, il est décomposé en plusieurs masses d'eau selon les limites hydrographiques. Pour un même édifice volcanique, les deux masses d'eau ainsi délimitées pourront être dénommées du nom de l'édifice suivi du nom du bassin hydrographique. Côté Loire-Bretagne, le choix s'est porté plutôt vers le nom du bassin versant concerné en seconde partie.

Exemple 2 : Les édifices du Cantal, du Cézallier et du Mont Dore sont trans-bassins entre les bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne (cf. Figure 15).

7.6. TYPE « SYSTEME IMPERMEABLE LOCALEMENT AQUIFERE »

7.6.1. Définition

Ce type de masse d'eau « système imperméable localement aquifère » correspond à des formations sédimentaires peu ou pas aquifères en grand (assimilées aux domaines hydrogéologiques du référentiel BDLISA) renfermant de petits aquifères disjoints, disséminés et dont les limites sont souvent mal connues (cf. Figure 16).

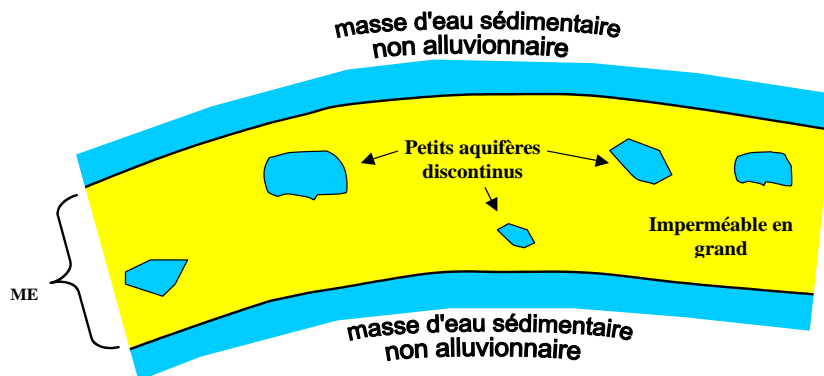


Figure 16 : Schéma d'une masse d'eau de type « système imperméable localement aquifère ».

Par définition, les petits aquifères disjoints contenus dans les formations imperméables en grand **présentent implicitement le caractère « regroupé »**.

Ce type de masse d'eau permet de prendre en compte les petits aquifères utilisés pour l'AEP (débit significatif supérieur à 10 m³/j ou alimentation de plus de cinquante personnes) comme le stipulent les règles générales de la DCE. Pour ce type de masse d'eau, les mesures de gestion pourront être localisées dans les zones aquifères.

7.6.2. Règles de découpage

Le contour de ce type de masse d'eau correspond à celui de la zone d'affleurement du domaine hydrogéologique du référentiel BDLISA.

Dans de grands bassins sédimentaires, l'auréole correspondant à ces domaines peut, si cela présente un intérêt en termes de gestion, être scindée latéralement en plusieurs masses d'eau de taille significative selon les limites de bassin versant et/ou d'interfluve.

Du fait de leur définition, certaines de ces masses d'eau peuvent être très étendues (**Exemple** : La masse d'eau FRFG043 « Molasses du bassin de la Garonne et alluvions anciennes de Piémont », située dans le bassin Adour-Garonne, couvre plus de 14 000 km²).

8. Principes de découpage et de rattachement des masses d'eau trans-bassins ou trans-frontières

8.1. DEFINITION D'UNE MASSE D'EAU SOUTERRAINE « TRANS-BASSINS »

Dans son courrier du 30/06/2004 (lettre MEDD/DE/PGE/BRGE/DC n°338) et suite aux propositions du BRGM, le Ministère en charge de l'environnement a précisé la définition de ces masses d'eau souterraine spécifiques, par rapport au guide méthodologique de 2003. Autrefois appelées « trans-districts », ces masses d'eau souterraine, sont désormais appelées officiellement « trans-bassins ».

Les masses d'eau souterraine trans-bassins sont **celles pour lesquelles la surface hors du bassin gestionnaire est supérieure à 100 km² ou supérieure à 20 km² et représentant au moins 5% de la surface totale**. En corollaire, il est rappelé qu'il peut exister des masses d'eau souterraine qui présentent une surface hors du bassin gestionnaire, mais celle-ci doit être inférieure à 100 km² ou inférieure à 20 km² et représenter moins de 5% de la surface totale.

Dans la version 1 du référentiel des masses d'eau souterraine, 15 masses d'eau souterraine trans-bassins ont ainsi été identifiées. Elles sont listées dans l'annexe 3 de l'arrêté du 16 mai 2005 portant délimitation des bassins ou groupements de bassins en vue de l'élaboration et de la mise à jour des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux » (J.O. n° 113 du 17 mai 2005).

La DCE précise que chaque masse d'eau souterraine doit être rattachée à un « bassin hydrologique »), constituant l'unité de « rapportage » à la Commission européenne de l'état des masses d'eau. Lorsqu'une masse d'eau est à cheval sur deux ou trois bassins, elle est donc dite trans-bassins. La DCE demande dans ce cas de rattacher la masse d'eau souterraine au bassin le plus approprié.

Lorsque des masses d'eau trans-bassins sont identifiées, il convient :

- 1) de procéder à une caractérisation rapide des enjeux :
 - en termes d'usages de la nappe (généralement les prélèvements) et
 - en terme d'évaluation des risques de pollution dus à l'occupation du sol au droit de la masse d'eau ou dans sa zone de recharge ;
- 2) de rattacher la masse d'eau au bassin comme suit :
 - rattachement au bassin sur lequel se situe la plus grande partie de la masse d'eau ;

- si la masse d'eau est équitablement répartie entre les bassins, rattachement de la masse d'eau en fonction du sens d'écoulement au bassin situé à l'aval hydraulique ou au bassin dans lequel les enjeux sont les plus importants.

Les principes et règles de découpage des masses d'eau retenus permettent de limiter le nombre de masses d'eau trans-bassins ; en particulier, le principe du redécoupage des parties affleurantes des masses d'eau souterraine préférentiellement selon les limites des bassins hydrographiques lorsque cela s'avère cohérent d'un point de vue hydrogéologique. A noter que ce n'est pas toujours possible, en particulier lorsque la masse d'eau doit être gérée de façon globale comme la masse d'eau de la Beauce.

Les édifices volcaniques trans-bassins sont redécoupés en plusieurs masses d'eau selon les limites hydrographiques, chacune étant rattachée au bassin correspondant (*cf.* Figure 15, chapitre 7.5).

Pour les masses d'eau caractérisées par des circulations karstiques, il conviendra de prendre la limite de l'aire de drainage si celle-ci est connue (*cf.* chapitre 9.2). Dans l'attente de sa détermination par des investigations complémentaires, on tracera, à dire d'expert, une limite théorique plausible.

Les bassins de rattachement concernés prennent en charge la caractérisation de ces masses d'eau. Les affectations définitives sont décidées par les comités de bassin et sont listées dans un arrêté ministériel (liste en Annexe 3 de l'Arrêté du 16 mai 2005 cité en début de chapitre).

8.2. LISTE ET LIMITES DES BASSINS

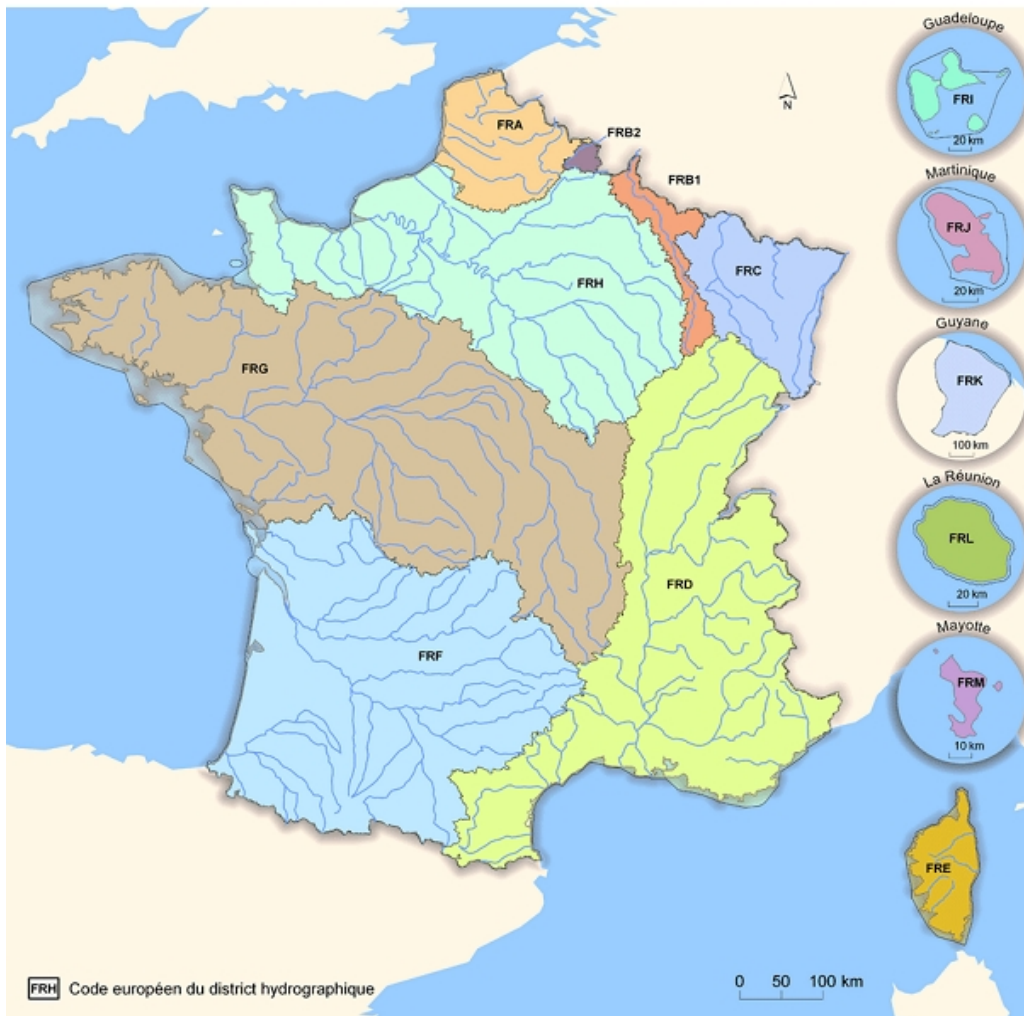
Les bassins (autrefois dénommés districts hydrographiques) sont actuellement au nombre de 12. Leurs dénominations et leurs limites géographiques ont également été précisées dans l'Arrêté du 16 mai 2005. Le Tableau 2 donne la dénomination des bassins et leur codification. La Figure 17 donne les limites globales des bassins.

Code national du bassin	Code européen du bassin	Nom du bassin
A	FRA	L'Escaut, la Somme et les cours d'eau côtiers de la Manche et de la Mer du Nord
B1	FRB1	La Meuse
B2	FRB2	La Sambre
C	FRC	Le Rhin
D	FRD	Le Rhône et les cours d'eau côtiers méditerranéens
E	FRE	Les cours d'eau de la Corse
F	FRF	L'Adour, la Garonne, la Dordogne, la Charente et les cours d'eau côtiers charentais et aquitains
G	FRG	La Loire, les cours d'eau côtiers vendéens et bretons
H	FRH	La Seine et les cours d'eau côtiers normands
I	FRI	Les cours d'eau de la Guadeloupe
J	FRJ	Les cours d'eau de la Martinique
K	FRK	Les fleuves et cours d'eau côtiers de la Guyane
L	FRL	Les cours d'eau de la Réunion
M	FRM	Les cours d'eau de Mayotte

Tableau 2 : Liste des bassins DCE en France

Nota Bene : Le terme de « bassin » correspond à la dénomination officielle française dans les textes législatifs et réglementaires. Il correspond à ce que l'on appelle dans la DCE le « district hydrographique ».

Les districts hydrographiques français



Source : Sandre, OIEau, 2011.

Figure 17 : Carte des bassins DCE (ou districts hydrographiques) avec leur codification européenne

8.3. AQUIFERES TRANS-FRONTIERES

Dans les cas où des aquifères sont à cheval sur des limites frontalières, des masses d'eau souterraine ont été délimitées de part et d'autre de ces frontières. On parle donc d'aquifères trans-frontières.

En revanche il n'existe pas de masse d'eau trans-frontière, car les masses d'eau souterraine sont de la souveraineté propre de chaque état. Dans la version 1 du référentiel des masses d'eau souterraine, on dénombre 23 masses d'eau souterraine pour lesquelles les aquifères correspondants sont trans-frontières.

9. Eclairages sur des points particuliers

9.1. PROBLEMATIQUE DE LA LIMITE ENTRE PARTIES LIBRE ET CAPTIVE

9.1.1. Différentes possibilités de découpage des masses d'eau souterraine

Selon la définition donnée par J. Margat et G. Castany (1977), une nappe est dite captive si elle est surmontée par une formation pas ou peu perméable et si la charge hydraulique de l'eau qu'elle contient est supérieure à la cote du toit moins perméable de l'aquifère.

Pour les masses d'eau souterraine, la limite retenue entre les parties « libre » et « captive » correspond à la limite de recouvrement (*cf.* Figure 18). En fait cette limite est différente de la limite de captivité. Le choix de la limite de recouvrement résulte du fait que la limite réelle de captivité est souvent mal connue et peut fluctuer notablement dans le temps en fonction de la pluviosité et/ou de pressions anthropiques (captages). Il faudrait mieux parler de parties « à l'affleurement » et « sous couverture ».

Les préconisations du guide méthodologique de 2003 sont toujours d'actualité. Une même entité hydrogéologique peut être scindée en plusieurs masses d'eau (*cf.* Figure 18), les unes libres et les autres captives : il s'agit alors de masses d'eau, à caractère libre ou captif dissocié. Ce type de découpage a été retenu en raison de la différence de vulnérabilité, notamment aux pollutions diffuses, entre les parties libres, plus vulnérables, et captives (ou sous recouvrement), plus protégées.

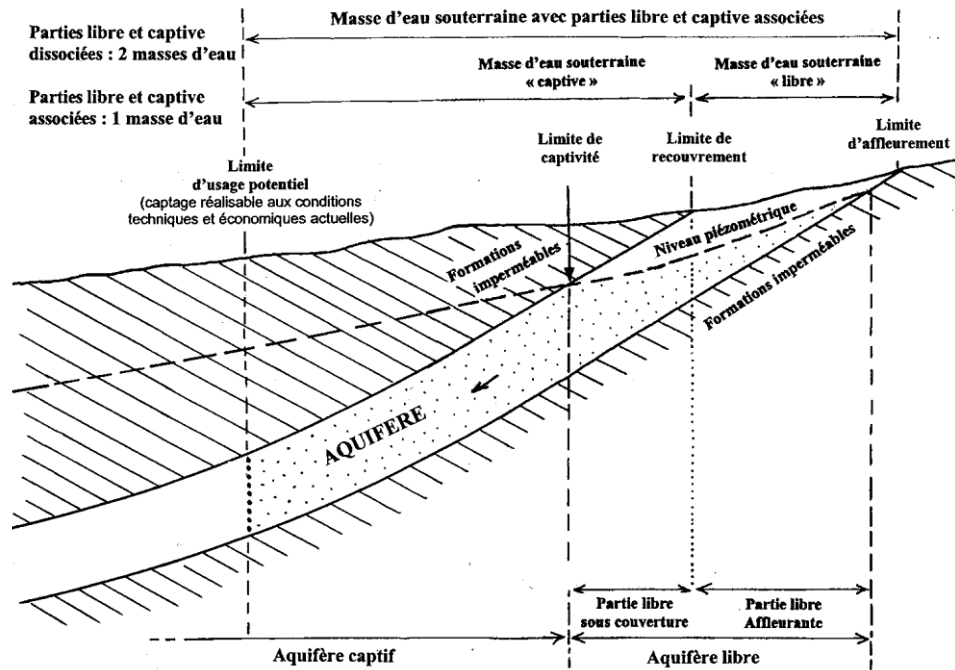


Figure 18 : Limites des parties libre et captive d'une masse d'eau souterraine de type « à dominante sédimentaire non alluviale » (vue en coupe).

Lors des travaux de mise à jour menés sur le bassin Loire-Bretagne, il s'est parfois révélé difficile d'identifier quelles étaient les masses d'eau souterraine libre(s) et captive(s) qui correspondaient à une même entité hydrogéologique BDLISA, d'autant que les délimitations des masses d'eau version 1 avaient été réalisées, à l'époque, selon le référentiel hydrogéologique BDRHFV1. Il convient donc de bien vérifier la validité des limites entre les différentes parties, libre et captive, et de s'assurer qu'il n'existe pas de lacune et/ou de recouvrement entre ces parties.

On parle d'écoulement libre dans le cas où la masse d'eau souterraine ou une partie de la masse d'eau est à l'affleurement. En revanche, lorsque la masse d'eau ou une partie, est sous couverture, elle peut être soit :

- Entièrement libre (exemple : la nappe de la Beauce sous couverture de la forêt d'Orléans est sous couverture mais libre) ;
- Entièrement captive ;
- Une ou des partie(s) libre(s) et une ou des partie(s) captive(s), les écoulements sont majoritairement libres ;
- Une ou des partie(s) libre(s) et une ou des partie(s) captive(s), les écoulements sont majoritairement captifs.

9.1.2. Justification de la séparation en deux masses d'eau souterraine distinctes des parties libre et captive d'une même entité hydrogéologique

Les grands bassins sédimentaires français sont formés par l'empilement de formations inégalement perméables (calcaires, craie, sables, grès et argile surtout) dont le nombre et l'épaisseur totale s'accroissent depuis les bordures jusqu'au centre. Les couches aquifères affleurent en auréoles sur le pourtour des bassins, puis deviennent captives vers le centre des bassins. Selon la nature des formations aquifères, leur comportement hydrodynamique sera différent entre la partie libre et la partie captive.

a) Cas des entités hydrogéologiques essentiellement constituées de formations à porosité d'interstice

Dans les aquifères constitués essentiellement de formations à porosité d'interstice (sables, grès, etc.), les parties libres et captives présentent des caractéristiques hydrodynamiques relativement homogènes. Dans ce type de formations les vitesses d'écoulement des eaux souterraines sont très lentes : quelques mètres (2 à 5) par an dans la nappe captive des Sables verts du Bassin parisien et des Sables inférieurs d'Aquitaine.

Ces aquifères seront plus généralement associés à une masse d'eau souterraine caractérisée comme ayant « une ou des partie(s) libre(s) et une ou des partie(s) captive(s) » et des écoulements majoritairement libres ou captifs selon les cas.

Exemple : En Aquitaine, les nappes du Crétacé présentent un taux d'infiltration moyen vers la partie captive de l'ordre de 1 l/s/km², mais avec un comportement hydrodynamique de milieux poreux à porosité d'interstice aussi bien dans les parties libres que dans les parties captives de l'aquifère (ex : Masse d'eau FRFG072 des « Calcaires du sommet du crétacé supérieur captif nord-aquitain »). A noter toutefois que cette valeur résulte d'un calcul et qu'elle est du même ordre de grandeur que l'incertitude sur la mesure des débits par jaugage des sources ou des cours d'eau.

b) Cas des entités hydrogéologiques essentiellement constituées de calcaires

Les parties « libre » et « captive » de ces entités présentent des caractéristiques hydrauliques très différentes :

- **en zone d'affleurement**, l'aquifère est libre. Il présente une fissuration ouverte de surface et est souvent fortement karstifié. Ces caractéristiques lui confèrent un comportement de milieu fissuré, ce qui induit de fortes relations entre les écoulements superficiels et les parties libres de ces aquifères : hydrologie de type karstique avec pertes et résurgences.

Ces parties libres sont alimentées par infiltration des eaux de pluie et/ou sources karstiques. Des études effectuées en Aquitaine dans les zones d'affleurement karstifiées du Jurassique moyen ont montré que les débits

spécifiques d'étiage des cours d'eau, représentatifs du drainage des aquifères sont de l'ordre de 15 l/s/km². Seule une faible partie de cette infiltration contribue à l'alimentation de la partie captive en raison du fort contraste de perméabilité entre les parties libres et captives : les surplus d'eau infiltrée en hautes eaux sont drainés vers les sources karstiques, puis vers les rivières. Henri Schoeller interprétait les sources karstiques comme un « refus à l'infiltration » vers les aquifères captifs profonds. Ces zones sont drainées par les cours d'eau. Les prélèvements en nappes ont une influence importante sur les débits des cours d'eau notamment en étiage, à une distance notable de la rivière (nettement supérieure à ce qui existe dans les alluvions ou les nappes à porosité d'interstice). La vitesse de circulation de l'eau dans les drains karstiques est très rapide sur des axes privilégiés, variant en fonction du débit entre un et quelques dizaines de kilomètres par jour.

Exemple : Dans le bassin aquitain, on citera les zones d'affleurement du Jurassique moyen des Causses du Quercy, le karst de la Rochefoucault, etc. Dans la partie sud-est du bassin parisien, dans le Barrois et les Côtes de Moselle, on citera les calcaires du Tithonien, de l'Oxfordien moyen et supérieur et du Dogger. À l'affleurement, ils sont localement très karstifiés et sont réputés pour être fortement aquifères, alors que ces formations se révèlent peu perméables sous couverture.

- **Sous couverture**, c'est-à-dire majoritairement en zone captive, la fissuration diminue et la karstification disparaît rapidement ce qui se traduit par une perméabilité beaucoup plus faible. Ces caractéristiques introduisent un fort contraste de perméabilité avec les parties libres. L'alimentation de la zone captive est assurée en partie à partir de l'infiltration venant de la partie libre de l'aquifère et majoritairement par drainance des aquifères qui l'encadrent à travers les formations semi-perméables.

Exemple : Dans le bassin aquitain, depuis 1993, le BRGM dispose d'un modèle régional d'aide à la gestion de la ressource, le modèle Nord-Aquitain (MONA), qui a permis notamment de calculer des valeurs d'infiltration vers les nappes captives (de l'ordre de 1 l/s/km² par exemple, pour la partie captive des Calcaires du Jurassique Moyen). En zone captive, les prélèvements par forage proviennent d'abord d'une décompression du milieu. De récentes simulations réalisées avec le modèle MONA ont montré que si on augmente les prélèvements par forage dans la partie captive, à une distance suffisante des affleurements, la quantité d'eau apportée par les affleurements ou par drainance ne vient pas compenser ces prélèvements. Ainsi, l'alimentation de la partie captive est limitée par les caractéristiques hydrodynamiques du réservoir, et le surplus en eau est drainé par les sources karstiques puis par les rivières vers lesquelles l'organisation du drainage les conduit à des vitesses élevées.

c) Critères de gestion pour étayer la dissociation libre/captif

Dans le cas des aquifères présentant des caractéristiques hydrauliques très différentes entre les parties libres et captives, on est conduit à séparer en deux masses d'eau

distinctes les parties libres et captives. Des critères de gestion viennent ensuite conforter la dissociation libre/captif.

Dans les secteurs libres des aquifères calcaires karstifiés, les problèmes de gestion se posent à l'échelle du bassin versant :

- du point de vue **quantitatif**, avec un équilibre à préserver entre les prélèvements en nappe et les débits des cours d'eau (essentiellement pour l'irrigation, parfois aussi pour l'alimentation en eau potable), pour maintenir des débits d'étiage acceptables par les milieux aquatiques superficiels ;
- du point de vue **qualitatif**, avec la particularité liée au milieu karstique, qui permet le transfert rapide d'une pollution accidentelle (ou chronique) vers les milieux aquatiques superficiels (200 à 600 m/h) et une vulnérabilité particulière, où des zones peu sensibles sont voisines immédiates de zones très sensibles.

A contrario, les parties captives de ces aquifères qui n'ont généralement pas de relation avec les écoulements superficiels, sont beaucoup moins vulnérables aux pollutions surfaciques et présentent des vitesses de transfert des éventuelles pollutions beaucoup plus faibles.

Ainsi, pour les aquifères, essentiellement calcaires, dont les parties libres et captives présentent des caractéristiques hydrauliques très différenciées répondant à des modalités de gestion très différentes, il est nécessaire de séparer ces parties en deux masses d'eau distinctes.

9.2. TRAITEMENT DES AQUIFERES KARSTIQUES

Le karst correspond à un mode de circulation particulier des eaux souterraines propre aux formations carbonatées. On distingue des karsts actifs et des karsts anciens plus ou moins colmatés. Il a été décidé, **pour les masses d'eau souterraine, de réserver le caractère karstique aux karsts actifs**, fonctionnels privilégiant ainsi un mode de fonctionnement hydraulique particulier avec une organisation spécifique du drainage.

Il ne suffit donc pas qu'il y ait des carbonates pour qu'il y ait un fonctionnement karstique : absence ou rareté des écoulements superficiels, organisation amont-aval du drainage souterrain avec des vitesses d'écoulement non « darcyniennes » - ce qui peut exister aussi en milieu fissuré -, concentration des écoulements vers quelques exutoires peu nombreux à fort débit, etc..

Les travaux du nouveau référentiel hydrogéologique BDLISA ont entériné le fait que le caractère karstique ne concerne pas forcément toute l'étendue d'une entité hydrogéologique.

Pour les masses d'eau souterraine qui regrouperont des objets aux propriétés hydrogéologiques contrastées du fait de leur mode d'agrégation (particulièrement en domaine plissé ou dans les masses d'eau de type sédimentaire imperméable en grand incluant de très petits aquifères disjoints), le type karstique ne peut constituer un type à part entière. Ceci restreindrait les masses d'eau karstiques à quelques grands

ensembles carbonatés alors que ce caractère karstique induit une approche spécifique en termes d'exploitation et de protection, même pour des parties seulement de certaines masses d'eau. (ce qui induit dès ce niveau la nécessité de mesures de gestion pouvant être « zonées » au sein d'une masse d'eau souterraine).

Exemple 1 : Le Grand Causse du bassin versant du Lot (cf. Figure 19) est une masse d'eau de type « à dominante sédimentaire non alluviale » avec le caractère karstique. Elle n'est pas caractérisée comme trans-bassin mais une petite zone de cette masse d'eau est située à l'intérieur des bassins RM&C et Loire-Bretagne (zone de perte majeure + écoulements dans les conduits karstiques en direction Sud-Ouest). Majoritairement située dans le bassin Adour-Garonne, où se situent les enjeux principaux, elle est rattachée à ce district.

Les paléokarsts plus ou moins colmatés ayant un fonctionnement hydraulique de milieu fissuré seront rattachés aux masses d'eau de type socle sans la caractéristique karstique.

Les karsts actifs affectent généralement la partie libre ou faiblement captive, plus rarement des parties captives profondes.

Exemple 2 : Les karsts des calcaires du Barrois dans le sud-est du Bassin parisien et ceux des Grands Causses dans le bassin Adour-Garonne affectent la partie libre ou faiblement captive.

Exemple 3 : Dans le bassin RM&C, les karsts du Canyon du Rhône comportent des parties captives profondes liées à un paléoniveau situé à plus de 800 m de profondeur. Parmi les masses d'eau souterraine concernées, les « Calcaires urgoniens du plateau de Vaucluse et de la Montagne de Lure » ou les « Calcaires urgoniens sous couverture du synclinal d'Apt ».

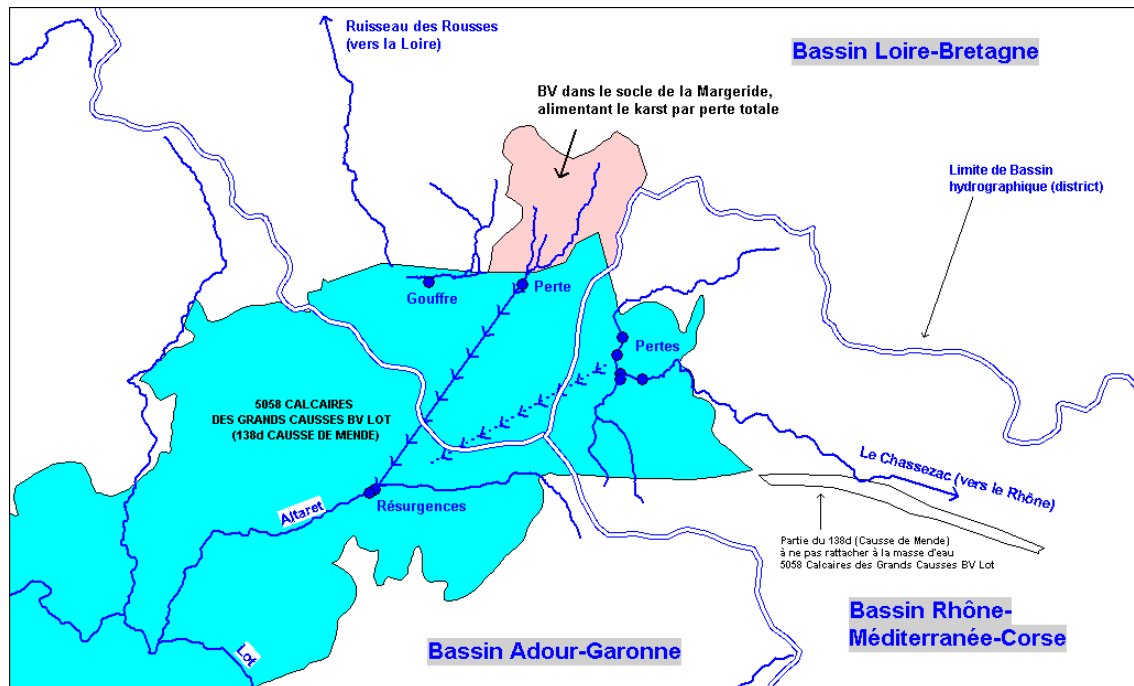


Figure 19 : Masse d'eau FRFG058 des « Calcaires des Grand Causse du bassin versant du Lot » de type « à dominante sédimentaire non alluviale » avec le caractère karstique

9.3. MASSES D'EAU SOUTERRAINE DANS LES ILES

On distinguera trois types d'îles en fonction de leur taille :

- Les **îles de grande taille** (Corse, Réunion, Martinique, Guadeloupe, Mayotte) dans lesquelles sont identifiées, différentes masses d'eau souterraine selon les contextes rencontrés ;
- Les **îles de taille moyenne** et celles pour lesquelles il existe un enjeu AEP important (îles de Ré, d'Oléron, Noirmoutier, Belle-Ile...etc...), qui sont considérées comme une seule masse d'eau concernée par un problème de gestion quantitative, et ce, même s'il existe plusieurs systèmes aquifères ;
- Les nombreuses **petites îles** côtières et celles pour lesquelles il n'y a pas d'enjeu important, qui pourront être :
 - soient regroupées comme des entités hydrogéologiques disjointes soumises aux mêmes sollicitations en terme de pression ;
 - soient associées à une masse d'eau souterraine « terrestre » ayant une zone littorale conséquente et des lithologies similaires.

En l'absence de préconisation à l'échelle européenne ou nationale, les travaux de redélimitation des masses d'eau souterraine du bassin Loire-Bretagne ont mené à la mise en place de règles de cartographie des îles, notamment en se basant sur les traits de côte de la BD Carto® de l'IGN. Ces îles ne sont considérées que si :

- elles possèdent au moins un ouvrage pour l'AEP et/ou
- elles possèdent plusieurs bâtiments d'habitation (possibilité d'implantation future d'un ouvrage AEP) et sont d'une superficie supérieure à 20 ha.

9.4. CONNEXIONS AVEC LES EAUX DE SURFACE (RELATIONS NAPPE-RIVIERE) ET ECOSYSTEMES TERRESTRES ASSOCIES

La DCE prévoit explicitement que l'exploitation des masses d'eau souterraine ne doit pas avoir d'impacts quantitatifs, qualitatifs (chimiques) et écologiques importants sur les eaux de surface et les écosystèmes terrestres associés (zones humides notamment).

Les débits des cours d'eau proviennent de deux composantes : le ruissellement superficiel et le drainage des aquifères. En l'absence de ruissellement superficiel, les rivières sont alimentées par le drainage des masses d'eau souterraine et la fonte des glaciers.

Les échanges entre les cours d'eau et les aquifères se font, soit par l'intermédiaire des nappes alluviales, soit directement lorsque les alluvions sont peu ou pas développées et que le cours d'eau est en contact direct avec l'aquifère.

Les relations quantitatives nappe-rivière peuvent être de trois types :

- pas d'échange entre la rivière et l'aquifère (système non aquifère, aquifère avec des berges colmatées ou rivière à sec) ;
- la rivière draine la nappe, c'est la relation la plus fréquente ;
- la rivière alimente la nappe : c'est souvent le cas lorsqu'une rivière traverse un aquifère karstique.

Ces modalités d'échange peuvent varier le long d'un cours d'eau et, pour un même endroit, varier dans le temps.

Exemple : Trois coupes en travers de la vallée de la Boutonne en Charente-Maritime illustrent le rôle de la rivière comme limite hydrodynamique ou non (cf. Figure 12) :

- Dans le secteur amont, la rivière draine la nappe (limite à condition de potentiel) ;
- Dans le secteur médian, la rivière est perchée et s'infiltré dans la zone non saturée de l'aquifère (limite à condition de flux) ;
- Dans le secteur aval, la rivière est asséchée (absence de limite).

Les flux d'eau entre les cours d'eau et les aquifères peuvent être influencés par des aménagements anthropiques, notamment des prélèvements en eau (cf. Figure 20) :

- dans le cas où **la nappe est drainée par la rivière**, le flux d'eau de la nappe arrivant à la rivière peut être réduit, voire supprimé et conduire alors localement à un assèchement de la rivière soit son sens peut s'inverser et c'est alors la

rivière qui alimente en partie les prélèvements d'eau issus des pompages, ce qui induit une diminution du débit de la rivière pouvant aller jusqu'à son assèchement ;

- dans le cas où **la rivière alimente la nappe**, le flux d'eau de la rivière alimentant la nappe peut être augmenté alors que le débit qui alimentait la nappe avant le pompage sera diminué.

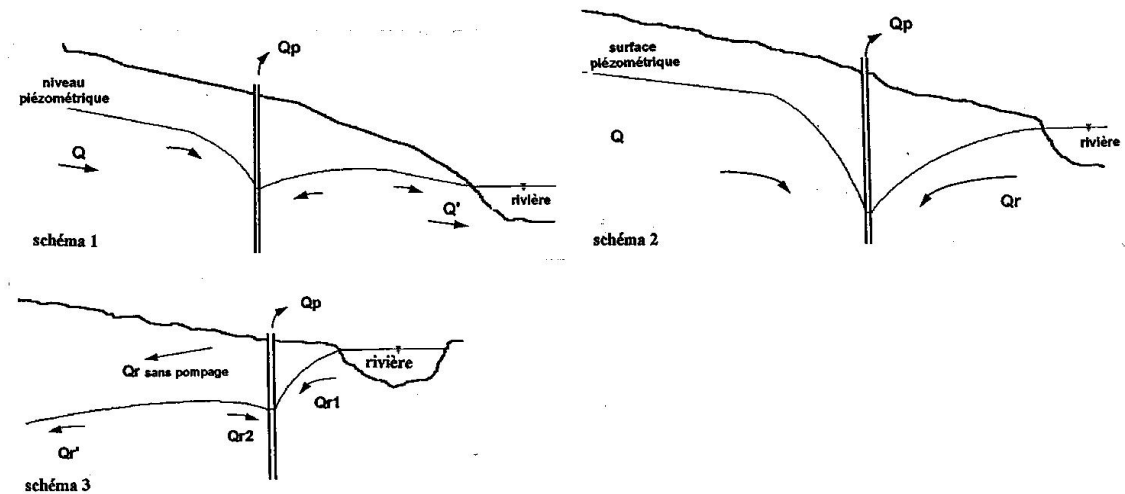


Figure 20 : Coupes schématiques montrant les différents types de relations nappe-rivière lorsque la nappe est soumise à un prélèvement d'eau.

9.5. CAS PARTICULIER DES ZONES HUMIDES DES MARAIS COTIERS

Les relations entre les masses d'eau souterraine et les milieux terrestres associés concernent des types de zones humides très diversifiés dont les marais côtiers alimentés par drainance à travers un milieu semi-perméable à partir d'un aquifère captif sous-jacent.

Exemple : Les zones humides que constituent certains marais côtiers (Camargue, Marais poitevin, Marais de Rochefort, etc.) sont situées sur des sédiments argileux et argilo-sableux quaternaires recouvrant une nappe d'eau souterraine captive. Ces sédiments argileux et argilo-sableux réputés imperméables se comportent en fait comme des milieux semi-perméables alimentés en permanence par drainance à partir de l'aquifère captif sous-jacent.

Ces marais côtiers sont souvent des zones :

- Fortement artificialisées (réseau anastomosé de canaux et d'écluses pour gérer les évacuations d'eaux douces et empêcher l'invasion des eaux marines salées) ;

- Souvent soumises à une forte exploitation de l'aquifère sous-jacent pour satisfaire des besoins agricoles croissants en liaison avec une modification des pratiques culturales (transformation de prairies humides en terres agricoles).

Les aquifères captifs sous-jacents constituent donc un facteur essentiel du bon état quantitatif (et probablement qualitatif) du milieu aquatique associé que sont ces marais.

En application de la DCE qui demande que soient définies les masses d'eau notamment souterraine pour lesquelles il existe des écosystèmes d'eaux de surface ou des écosystèmes terrestres directement dépendants (article 2.1. de la DCE), il est donc indispensable de représenter la masse d'eau souterraine captive sous-jacente à l'emplacement de ces marais côtiers.

10. Méthodologie d'ajustement des limites des masses d'eau souterraine

10.1. CONTEXTE GLOBAL

La version 1 du référentiel des masses d'eau est issue d'un découpage réalisé en 2004 sur la base d'un nombre prédéfini de masses d'eau et de données qui, si elles étaient pertinentes au moment de la détermination du référentiel, n'en demeurent pas moins aujourd'hui insuffisantes au regard des nouvelles connaissances hydrogéologiques et géologiques. Depuis 2004, de nombreux travaux ont permis d'améliorer les connaissances sur les systèmes aquifères, notamment le référentiel hydrogéologique national BDLISA, le référentiel géologique harmonisé au 1/50 000, les logs géologiques validés et tous les modèles et autres études hydrogéologiques menées depuis.

La mise en œuvre de la DCE est itérative et à chaque cycle, à chaque rapportage, des mises à jour des informations demandées par la Commission Européenne sont possibles pour tenir compte des progrès réalisés et des nouvelles connaissances acquises. Reconfigurer les masses d'eau en s'aidant du référentiel hydrogéologique BDLISA, construit à l'aide des données les plus récentes, constitue donc une évolution logique du référentiel, pour atteindre ainsi cet objectif de meilleure caractérisation et de facilité de mise à jour.

Ainsi, les Agences de l'Eau Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée & Corse en 2011-2012 puis l'Office de l'Eau et la DEAL de la Réunion, début 2013, ont décidé d'améliorer le travail réalisé en 2004, afin de disposer d'un référentiel DCE plus en adéquation avec les réalités hydrogéologiques et permettant une meilleure gestion de la ressource dans ses composantes qualitatives et quantitatives.

La méthodologie d'ajustement décrite dans ce chapitre 10 est très largement inspirée de celle développée dans le cadre du projet d'ajustement des masses d'eau « METAMES » qui s'appuie sur le contexte hydrogéologique du bassin Loire-Bretagne. Cependant elle peut aussi être reproductible et applicable sur tous les autres bassins. Pour chaque type d'aquifère une méthodologie adaptée d'ajustement est développée.

Cette méthodologie est complétée sur certains aspects par des exemples tirés des travaux de révision du référentiel des masses d'eau souterraine dans le bassin RM&C. Pour ce dernier, les travaux de mise à jour ne se sont d'ailleurs pas limités à un « simple » réajustement systématique des contours sur les limites des nouvelles entités hydrogéologiques BD LISA. Dans certains cas, la redélimitation de masses d'eau a été rendu nécessaire, notamment du fait de :

- L'amélioration des connaissances sur la réalité hydrogéologique et les écoulements, ce qui conduit à modifier les contours et/ou à subdiviser les masses d'eau, voire à supprimer certaines masses d'eau profondes mal connues ou peu productives ;

- L'existence de fortes hétérogénéités de pression ou d'état pour répondre à un besoin d'estimation d'état homogène et de mesures de reconquête pertinentes à l'échelle de la masse d'eau, ce qui a conduit à individualiser en masse d'eau à part entière des secteurs fortement dégradés au sein d'une même masse d'eau découpée initialement sur des critères uniquement hydrogéologiques ;
- La subdivision de masses d'eau rassemblant aujourd'hui des entités disjointes dissemblables (en particulier certaines masses d'eau littorales en Corse et en Provence Alpes Côte d'Azur).

Dans le but de garder une cohérence entre les SAGE (Schéma d'aménagement et de gestion des eaux) et les masses d'eau, il a été convenu avec l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne que seraient conservées les limites héritées d'un SAGE. Néanmoins, cela ne peut être systématique car, à d'autres endroits, les limites de SAGE peuvent être définies selon des critères autres qu'hydrogéologiques (régions géographiques ou zones hydrographiques). C'est le cas du bassin RM&C pour lequel les masses d'eau ne correspondent que rarement aux limites des SAGE.

10.2. DETAIL DE LA METHODOLOGIE D'AJUSTEMENT ISSUE DES TRAVAUX SUR LE BASSIN LOIRE-BRETAGNE

La méthodologie inclut différents types d'approches :

- 1) Dans un premier temps, l'emprise des masses d'eau est intersectée avec les entités de niveau local du référentiel BDLISA du bassin Loire-Bretagne de façon à établir une première correspondance cartographique (qui n'est pas univoque dans la plupart des cas) entre une masse d'eau et une entité ou un regroupement d'entités de niveau local (NV3), ou dans certains cas de niveau régional (NV2). Cette intersection des deux référentiels permet une première correspondance pour les masses d'eau de type socle et de type volcanique. **En revanche, cette méthode ne permet pas d'établir une correspondance des formations de type sédimentaire, les superpositions verticales étant très différentes entre les 2 référentiels.**
- 2) Dans un deuxième temps, un **tableau de correspondance** a été établi entre les masses d'eau et les entités de la BDLISA NV3 et/ou NV2 en s'appuyant sur les données de la BDLISA disponibles dans le bassin Loire-Bretagne début 2011. (La dernière version nationale Version beta date de septembre 2012). Ce tableau est décrit dans le chapitre 10.2.1.
- 3) Dans un troisième temps et afin de **connaître les origines des limites** des masses d'eau, une analyse cartographique a été réalisée pour différencier les types de limites comme les limites héritées d'un SAGE, des limites de la BDRHFV1, des limites de bassin...etc... (cf. chapitre 10.2.2).
- 4) Dans une dernière phase, ce sont les limites correspondant aux découpages selon les anciennes limites des aquifères (BDRHFV1), qui ont été ajustées selon les entités correspondantes de la BDLISA, définies dans le tableau de correspondance. Par conséquent, cette approche fait que le nombre de masses

d'eau souterraine version 2 dans le bassin Loire-Bretagne est identique à celui de l'ancienne version du référentiel.

En RM&C, les nouvelles connaissances sur les limites des bassins versants hydrogéologiques issues de la BDLISA ont également été prises en compte pour l'ajustement des limites mais, contrairement aux travaux sur le bassin Loire-Bretagne, d'autres critères ont également été considérés. Le nombre de masses d'eau souterraine a ainsi fortement évolué dans ce bassin.

10.2.1. Constitution d'un tableau de correspondance

Le tableau de correspondance évolue en fonction du type de masse d'eau. De plus, dans certains cas, une masse d'eau peut être constituée de plusieurs entités BDLISA, notamment du fait d'un découpage plus fin au niveau du référentiel hydrogéologique. Dans d'autres cas, l'agrégation de plusieurs masses d'eau peut correspondre à une entité BDLISA. En effet, une masse d'eau peut être découpée en fonction des limites des bassins versants de surface ou des limites géographiques.

a) *Masses d'eau souterraine de type « Socle »*

L'analyse des masses d'eau souterraine dans le socle montre que la plupart de leurs limites sont cohérentes avec celles des entités BDLISA. Une correspondance directe est donc en général possible pour les entités du type « socle », car les deux référentiels se basent, sauf exception, sur les bassins versants de surface. Ainsi, il n'y a pas de superposition d'entités (masses d'eau affleurantes) mais uniquement des voisinages latéraux.

La plupart des masses d'eau souterraine du socle sont directement associables à une ou plusieurs entités BDLISA du niveau local (NV3).

Exemple de correspondance directe : la masse d'eau FRGG004 « Odet » est constituée de deux entités BDLISA (265AA-03 et 265AA-04). Les limites de ces deux entités correspondent également à celles du SAGE de l'Odet (*cf.* Figure 21).

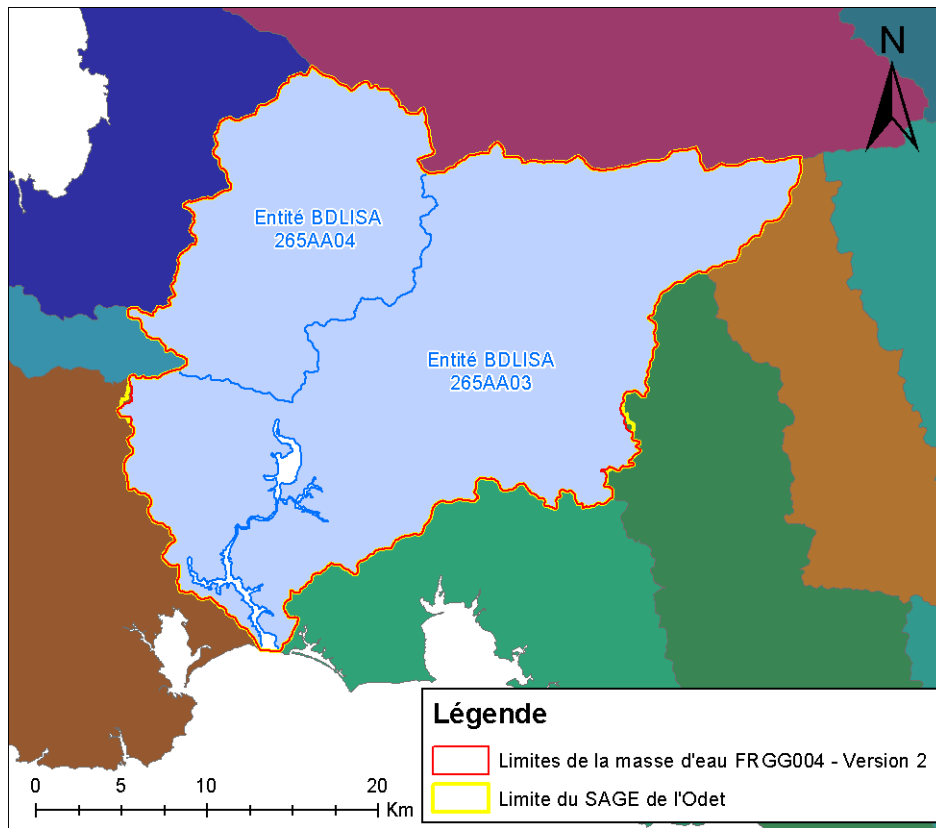


Figure 21 : Correspondance directe masse d'eau - BDLISA et SAGE (limite Sage : trait jaune, limite BDLISA : bleu, Masse d'eau souterraine : trait rouge)

Certains cas où les limites ne correspondent pas aux limites des entités BDLISA sont décrits dans le chapitre 10.3.

b) *Masses d'eau souterraine de type « Edifice volcanique »*

La délimitation des masses d'eau de type « Edifice volcanique » s'appuie sur les limites des massifs comme pour les entités du référentiel BDLISA. A l'intérieur des massifs, elles peuvent être découpées selon les zones hydrographiques

Une correspondance directe est généralement possible (cf. Figure 22). Néanmoins, une analyse de la taille des coulées disjointes a été réalisée afin d'éliminer celles de trop faible extension (cf. les notions de limite de taille de polygone du chapitre 10.3.1).

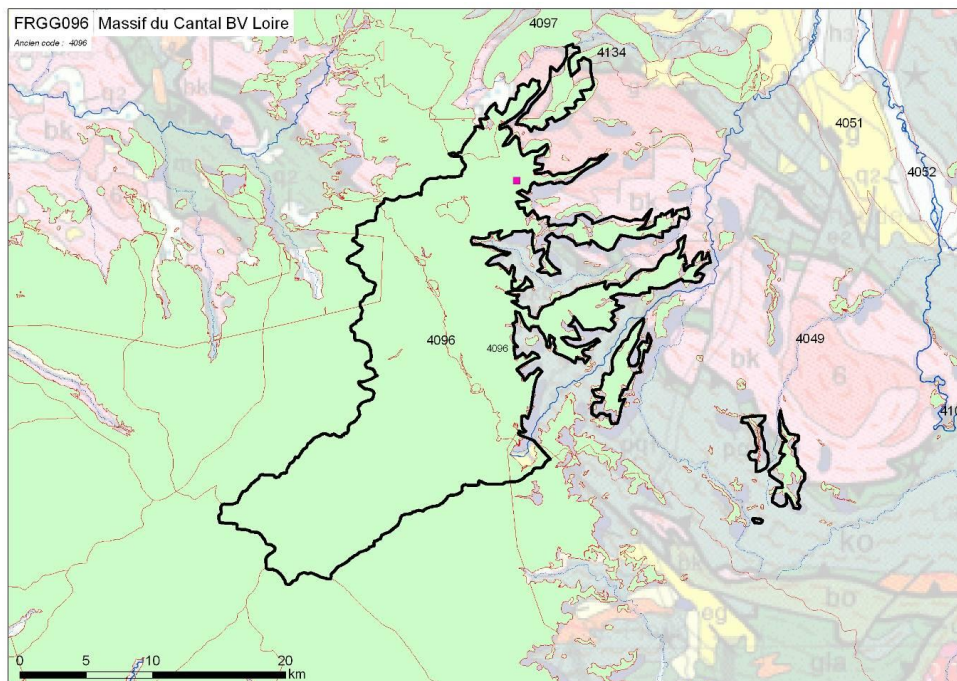


Figure 22 : Ajustement de la masse d'eau FRGG096 selon les entités BDLISA 155AA et 203 AG

c) Masses d'eau souterraine de type « Domaine sédimentaire » et « Imperméable localement aquifère »

Pour les masses d'eau souterraine de type « sédimentaire », les travaux de correspondance sont généralement beaucoup plus complexes. L'analyse des formations de type sédimentaire montre différents modes de découpage :

- Découpées selon les limites des bassins versants de surface (**Exemple** : FRGG085 « Craie du Séno-Turonien du BV du Cher ») ;
- Découpées selon la zone géographique (**Exemple** : FRGG061 « Calcaires et marnes du Dogger-Jurassique supérieur du Nivernais nord ») ;
- Séparées par une limite de captivité ;
- Découpage correspondant à plusieurs entités BDLISA, distinguées les unes des autres selon leur niveau de profondeur, leurs âges lithostratigraphiques ou des lithologies différentes reconnues par les cartes géologiques et/ou les logs géologiques de la région.

Dans ce dernier cas, la difficulté réside dans le fait que ces entités BDLISA sont découpées selon un ordre d'apparition (ordre 1= affleurement, jusqu'à 39 ordres vers le nord-est de la région Centre, au centre du Bassin Parisien). Par exemple, l'entité BDLISA des Dolomies et Grès du Trias moyen à supérieur distingue 39 ordres. 13 % de sa surface (soit 371 km²) est à l'affleurement, le reste de la surface est recouverte par une à 38 entités, selon des zones géographiques.

Dès lors, un certain nombre de masses d'eau a été défini comme un agrégat de plusieurs entités BDLISA, correspondant à un âge litho-stratigraphique ou une lithologie bien spécifique. Parmi ces masses d'eau, certaines d'entre elles se caractérisent par la superposition d'entités hydrogéologiques ayant différentes valeurs de perméabilité et d'épentes, ce qui donne à ces masses d'eau un caractère multicouches. Les épentes peuvent ainsi être localisées ou bien la mise en connexion entre aquifères peut être décelée si l'épente disparaît.

d) Masses d'eau souterraine de type « Alluvial »

Deux types de méthodes d'ajustement ont été appliqués pour les alluvions. Certains bassins ont distingué les alluvions qui forment des réservoirs « productifs » et, de ce fait, une correspondance directe est alors possible.

A d'autres endroits, le référentiel BDLISA présente les alluvions en surcouche sans distinction de caractère réservoir. Aucune correspondance directe Masse d'eau-BDLISA n'est possible. Pour un ajustement, les limites de la masse d'eau doivent être créées à partir d'autres types de données hydrogéologiques ou géologiques (contours géologiques, épaisseurs, productivité...etc...).

10.2.2. Analyse des origines des types de limites

Afin de connaître les origines des limites des masses d'eau souterraine initialement tracées à l'issue du premier référentiel des masses d'eau, une analyse SIG peut être réalisée pour différencier les types de limites suivants :

- Limite héritée d'un SAGE,
- Trait de côte ou frontière,
- Crête topographique des bassins versants (Zone hydrographique de la BD Carthage®),
- Limite du référentiel hydrogéologique BDRHF V1,
- Limite correspondant à la fois aux bassins versants et à BDRHFV1,
- Limite non connue.

Cette analyse permet d'orienter le choix d'ajustement. Ainsi, si les limites d'une masse d'eau souterraine s'appuient sur les limites de la BDRHF V1 et que celles des entités BDLISA sont plus précises (secteur où les connaissances hydrogéologiques ont progressé), le choix peut être pris de réaliser l'ajustement.

La Figure 23 présente le nombre et la typologie des sommets¹ qui ont servi à tracer les nouvelles limites dans le bassin Loire Bretagne :

¹ Les limites d'un polygone sont composées de lignes élémentaires reliées les unes aux autres par des sommets (vertices en anglais).

- La plupart des limites des masses d'eau souterraine suivent les limites des entités du référentiel BDRHF V1 ou celles des bassins versants,
- Environ 4000 sommets décrivent les limites des SAGE,
- 3030 sommets décrivent des limites dont l'origine n'a pas pu être déterminée d'une manière automatique. Ces dernières ont donc dû être vérifiées manuellement afin de décider de leur pertinence, au regard de l'amélioration des connaissances sur certains contextes.

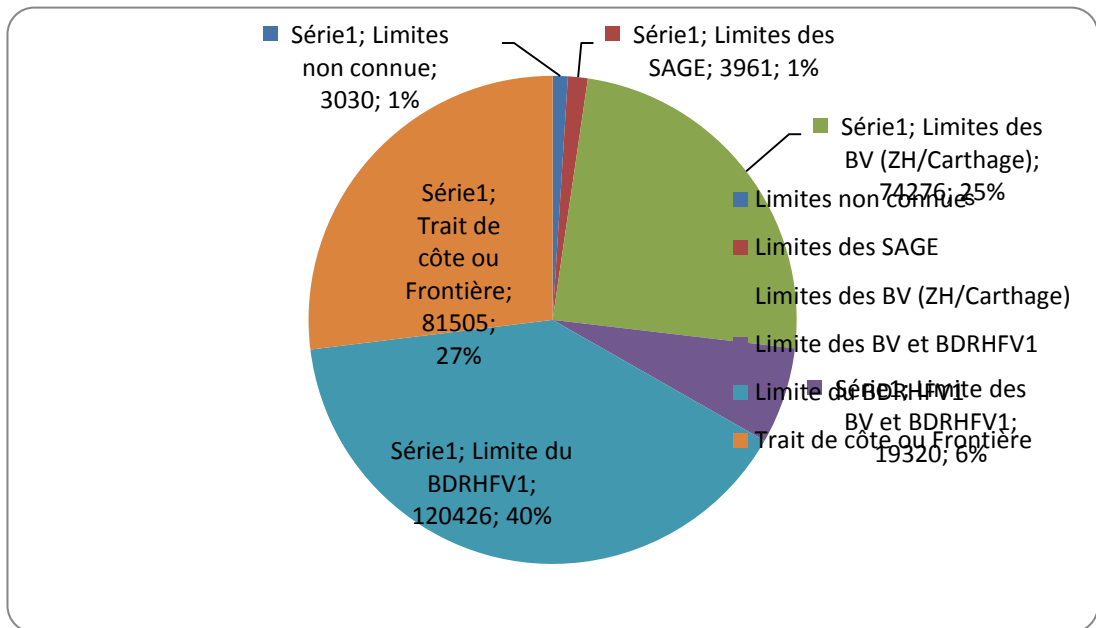


Figure 23 : Analyse du type de limites des masses d'eau

Exemple d'application : La masse d'eau souterraine FRGG017 « Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton » a fait l'objet de ce travail de définition des limites (cf. Figure 24). Les points en vert clair correspondent aux limites issues du référentiel BDRHFV1 et peuvent être ajustés par les limites des entités du nouveau référentiel BDLISA.

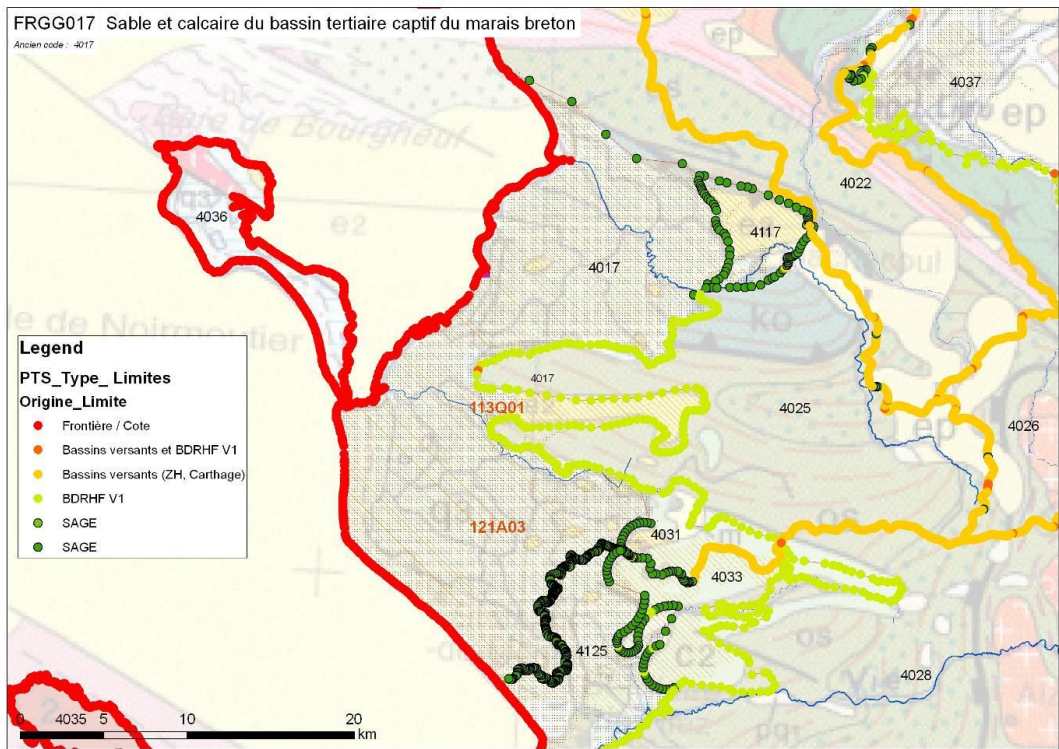


Figure 24 : Exemple de cartographie des types de limites pour la masse d'eau souterraine FRGG017

10.2.3. Ajustement des limites selon le référentiel BDLISA

Les limites des masses d'eau souterraine correspondant aux découpages selon les anciennes limites des aquifères (BDRHFV1) peuvent être ajustées suivant les entités BDLISA définies dans le **tableau de correspondance**.

A partir de ce tableau, l'ajustement peut se réaliser d'une manière **non automatique**, par un travail SIG de découpage par tronçons décrit dans la suite du chapitre.

Le travail a été réalisé à partir des polygones constituant les limites de chaque masse d'eau et non pas du polygone. Chaque limite (ancienne et nouvelle) est décrite selon la terminologie du Tableau 3.

Type/couleur	Description
BDLISA	<p>Pour les limites « hydrogéologiques » à l'affleurement, la nouvelle limite héritée d'une entité BDLISA est décrite par le code de l'entité BDLISA.</p> <p>Pour les parties captives, l'ajustement peut également concerner les limites BDLISA connues sous le bassin en profondeur.</p> <p>Certaines masses d'eau profondes peuvent également être limitées selon une limite de « connaissance ». En d'autres termes, la limite de la masse d'eau correspond à une ligne au-delà de laquelle aucun ouvrage référencé, durant la période de l'élaboration des contours des masses d'eau, ne capte la formation.</p>
BDLISA « fenêtres »	Les « fenêtres », dépressions creusées par l'érosion à travers des sédiments, sont cartographiées et laissent ainsi place au polygone de la masse d'eau sous-jacente.
BDLISA « placages »	Les « placages » présentent des polygones détachés de la masse d'eau, qui peuvent avoir un rôle hydrogéologique.
Supprimer	Ancienne limite de la masse d'eau à supprimer pour remplacer par une nouvelle limite.
Conserver	Il a été convenu avec l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne que seraient conservées les anciennes limites issues des SAGE, des bassins versants de surface et des côtes.
Polygone à fermer	S'il y a un « vide » entre les nouveaux et les anciens traits, un trait de connexion permet de fermer le contour.

Tableau 3 : Classification des limites de masse d'eau souterraine selon leur origine (code couleur et description du type de limite)

Exemple d'ajustement : La masse d'eau FRGG017 version 1 est constituée de cinq limites :

- deux limites hydrogéologiques à l'affleurement issues de BDRHFV1,
- deux limites héritées des bassins versants de surface,
- une limite liée aux alluvions.

Les trois dernières citées étant conservées en l'état, les deux limites à caractère purement hydrogéologique ont donc été revues en fonction des limites de(s) entité(s) BDLISA associée(s) à la masse d'eau. Dans cet exemple, les deux limites BDRHFV1 ont été remplacées par deux limites BDLISA et une limite supplémentaire a été créée pour joindre ces nouvelles limites avec le trait hérité de l'ancienne version.

Le Tableau 4 montre un exemple d'**historisation des modifications apportées sur les limites de la masse d'eau FRGG017**, avec l'ensemble des tronçons de la masse d'eau, distingués selon leur origine et les modifications apportées pour la version 2 (champs « ME2011 »).

IMS_CD	NIVEAU	EU_CD	NAME	COMMENT_	SURF_KMS	ME2005	ME2011
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	NON	BDLISA_101A
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	NON	BDLISA_101A
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	NON	polygone à fermer
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	OUI	supprimer
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	OUI	conserver
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	OUI	conserver
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	OUI	supprimer
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	OUI	supprimer
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	OUI	supprimer
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	OUI	supprimer
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	OUI	supprimer
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	OUI	supprimer
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	OUI	supprimer
4017	1	FRGG017	Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton		373	OUI	supprimer

Tableau 4 : Exemple de tableau d'historisation des modifications apportées sur les limites de masse d'eau souterraine

Une fois les limites qualifiées et le lien entre les masses d'eau souterraine et les entités BDLISA établi, ces contours peuvent être ajustés et une nouvelle entité reconstituée à partir des nouvelles polygones (Figure 25).

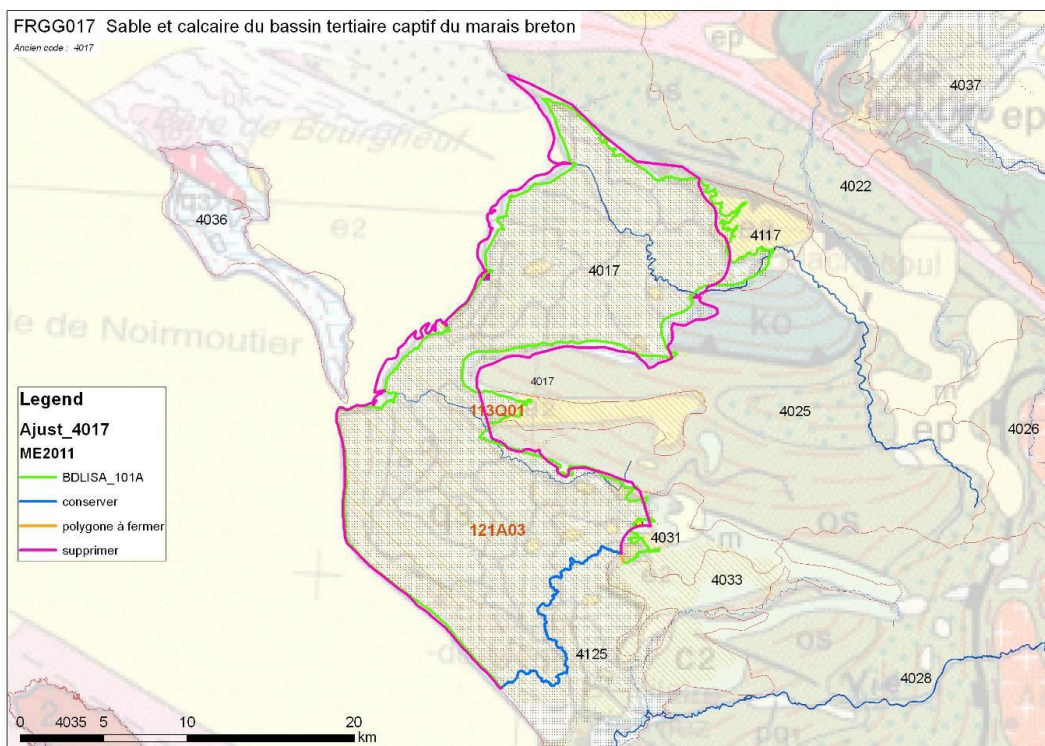


Figure 25 : Exemple des types de limites considérés pour cartographier la version 2 de la masse d'eau FRGG017 « Sable et calcaire du bassin tertiaire captif du marais breton »

10.3. SPECIFICITES SELON LE TYPE DE LA MASSE D'EAU

Les premiers travaux d'ajustements réalisés sur différents types de masse d'eau ont permis d'estimer l'ampleur du travail et de mettre en évidence le fait que certaines d'entre elles (notamment les masses d'eau de type sédimentaire), **nécessitent des traitements SIG d'ajustement des limites assez conséquents.**

10.3.1. Méthodologie spécifique pour les masses d'eau souterraine de type « Domaine sédimentaire »

Dans la première version du référentiel, les masses d'eau correspondant à des **aquifères sédimentaires profonds** ont vu leurs limites sous couverture et en profondeur être définies par rapport à la localisation des ouvrages AEP les plus profonds captant ces aquifères.

A l'inverse, les entités du référentiel BDLISA ont été délimitées de façon à rendre compte de leur **extension totale** (dans la limite des données disponibles), tant en surface qu'en profondeur. Les extensions de ces entités ne sont pas déterminées en fonction du critère « exploitabilité de l'aquifère ». Ainsi, pour permettre la prise en compte des nappes à réserver pour le futur (NAEP) ou des nappes utilisées pour la géothermie profonde, il a été choisi d'étendre les zones sous couverture des masses d'eau souterraine selon les entités du référentiel BDLISA.

Deux types de traitements sont retenus pour ces masses d'eau sédimentaires, selon la nature de l'écoulement :

- Pour les aquifères libres, ceux-ci sont définis par la limite de la couche mère de l'aquifère : soit entités de niveau régional (NV2), soit entités de niveau local (NV3) du référentiel BDLISA ;
- Pour les aquifères captifs, ceux-ci sont définis par la limite de la couche mère de l'aquifère mais également par la limite des couches au toit de l'aquifère, qui sont des entités imperméables de niveau local (NV3).

Pour répondre à ces spécificités, la méthodologie suivante a été retenue pour le type sédimentaire :

- **Les « fenêtres » rencontrées dans les entités BDLISA** (trous dans les polygones) **sont également considérées** et laissent ainsi place au polygone de la masse d'eau sous-jacente ;
- Les masses d'eau peuvent être représentées **par plusieurs polygones élémentaires disjoints** ;
- **Aucune limite de taille de placages ou de fenêtres n'est préconisée actuellement en France.** Pour les placages des sédiments du tertiaire, une limite de 5000 ha (soit 50 km²) a été retenue, conjointement avec l'agence de l'eau Loire-Bretagne. **Au niveau européen, la seule restriction en termes de superficie concerne l'extension totale d'une masse d'eau et elle est de 10**

km². Néanmoins, aucune limite n'est donnée concernant l'extension d'un polygone élémentaire.²

10.3.2. Méthodologie spécifique pour les masses d'eau souterraine de type « Alluvial »

Les formations aquifères alluviales sont en général intégrées dans le référentiel BDLISA d'après les contours de la carte géologique au 1/50 000. Les masses d'eau souterraine de type « alluvial » ont des contours qui diffèrent de façon variable de ceux des entités BDLISA associées (parfois plus larges, parfois plus fins).

Pour répondre à ces spécificités, la méthodologie suivante a été retenue pour le type « alluvial » :

- Les entités alluviales du référentiel BDLISA, généralement plus finement cartographiées, comportent parfois des « lacunes » qu'il est nécessaire de répercuter dans la cartographie des masses d'eau. Il s'agit de zones sans réservoir alluvial.

Exemple : Les secteurs proches des côtes, des « dépôts marins estuariens vaseux », qui ne forment pas d'aquifères ou des zones de très faible épaisseur des alluvions (notamment dans les zones de socle).

- Ces masses d'eau peuvent être représentées en plusieurs polygones disjoints, séparés les uns des autres, dans le cas où les alluvions disparaissent à certains endroits.
- Les Alluvions « réservoir » correspondent, en général, soient aux alluvions récentes (Fz), soient à un regroupement d'alluvions récentes, soient à un regroupement d'alluvions modernes (Fy/Fz). Il est possible d'inclure des terrasses dans une masse d'eau de type « alluvial », sous réserve qu'il y ait une continuité hydraulique entre celles-ci et les différents types d'alluvions associées.

²Selon un document technique européen provisoire intitulé « Groundwater Body Delineation » (Working Paper V0.5), la taille d'une masse d'eau est en générale supérieur à 10 km² et peut être inférieure seulement dans des circonstances exceptionnelles telles que :

- Un écosystème ou une masse d'eau de surface qui dépend d'un volume d'eau souterraine de plus 10 m³/jour et, du coup, cette masse d'eau souterraine demande une gestion spécifique afin de protéger l'écosystème associé ;
- Un corps hydrogéologiquement isolé (petite île ou dépôt sédimentaire perméable, entouré d'une lithologie imperméable), qui produit plus de 10 m³/jour ou alimente en eau potable plus de 50 personnes. Du coup, cette masse d'eau souterraine demande une gestion spécifique afin de protéger la ressource.

10.3.3. Méthodologie spécifique pour les masses d'eau souterraine de type « Socle »

La plupart des limites des masses d'eau de type « socle » sont cohérentes avec celles des entités BDLISA associées.

Néanmoins, certaines limites ne correspondent pas toujours exactement aux limites des entités du référentiel BDLISA et nécessitent donc un ajustement spécifique, notamment :

- Si les limites de la masse d'eau suivent une limite de SAGE qui recoupe une zone hydrographique de BD Carthage®, tandis que la limite BD LISA s'appuie soit sur des classes de débits d'étiages spécifiques (homogénéité d'aquifère de socle), soit sur des sous-secteurs de BD Carthage®.

Exemple : limite Sud de FRGG001 version 1 qui coupe une entité BD LISA (cf. Figure 26) ;

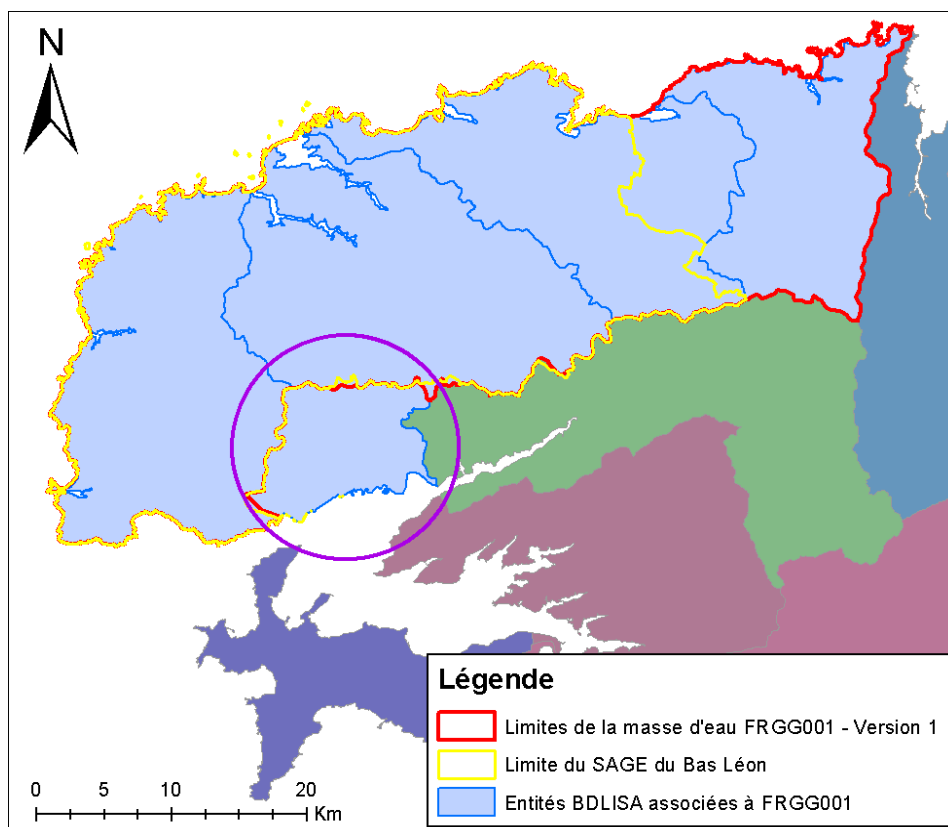


Figure 26 : Non correspondance entre les limites masse d'eau souterraine - entité BDLISA et SAGE pour la masse d'eau souterraine FRGG001, pointée par le cercle mauve

- Si les limites de ce type de masse d'eau prennent en compte d'anciennes limites de SAGE (qui recoupent des zones hydrographiques de BD Carthage®),

tandis que les limites de l'entité de BD LISA s'appuient sur des classes de débits d'étiages spécifiques rattachés aux sous-secteurs de BD Carthage®.

Exemple : La limite Nord-Est de FRGG008 et les limites Ouest de FRGG007 (cf. Figure 27) ;

- Si les entités BDLISA en bordure du domaine sédimentaire sont différentes en raison des nouvelles connaissances des limites géologiques. ;
- Si la masse d'eau n'intègre pas des îles prises en compte par le référentiel BDLISA.

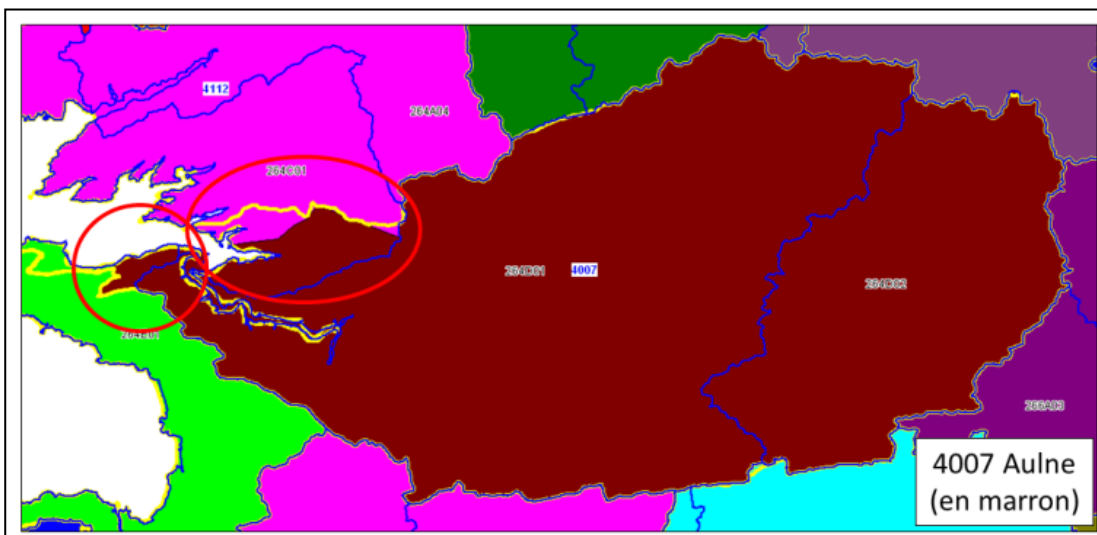
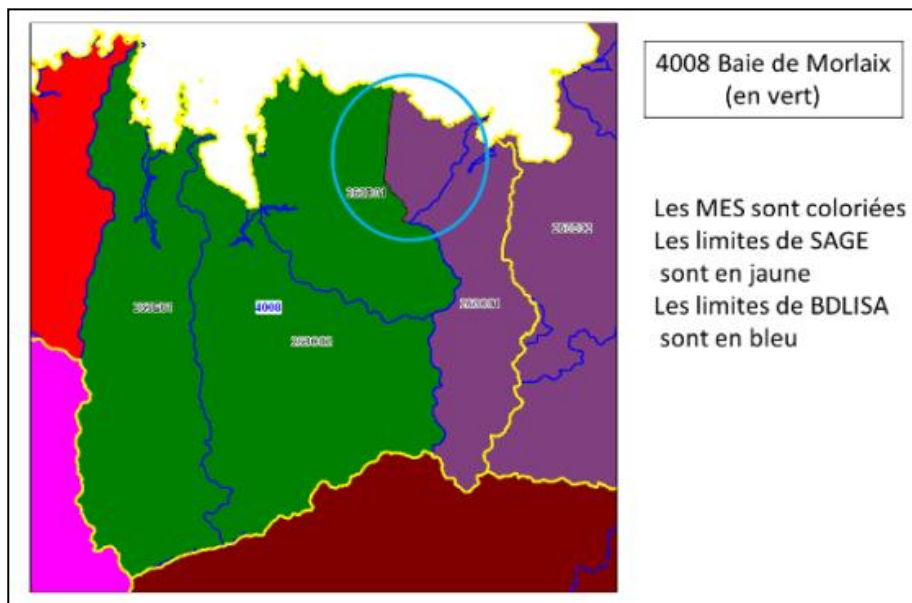


Figure 27 : Non correspondance entre les limites masse d'eau-BDLISA et SAGE (limite Sage : trait jaune, limite BDLISA : bleu, masses d'eau : verte (FRGG008) et marron (FRGG007))

L'exemple de la masse d'eau FRGG001 « Bassin versant du Léon » illustre l'ajustement selon les limites du référentiel BDLISA (cf. Figure 28).

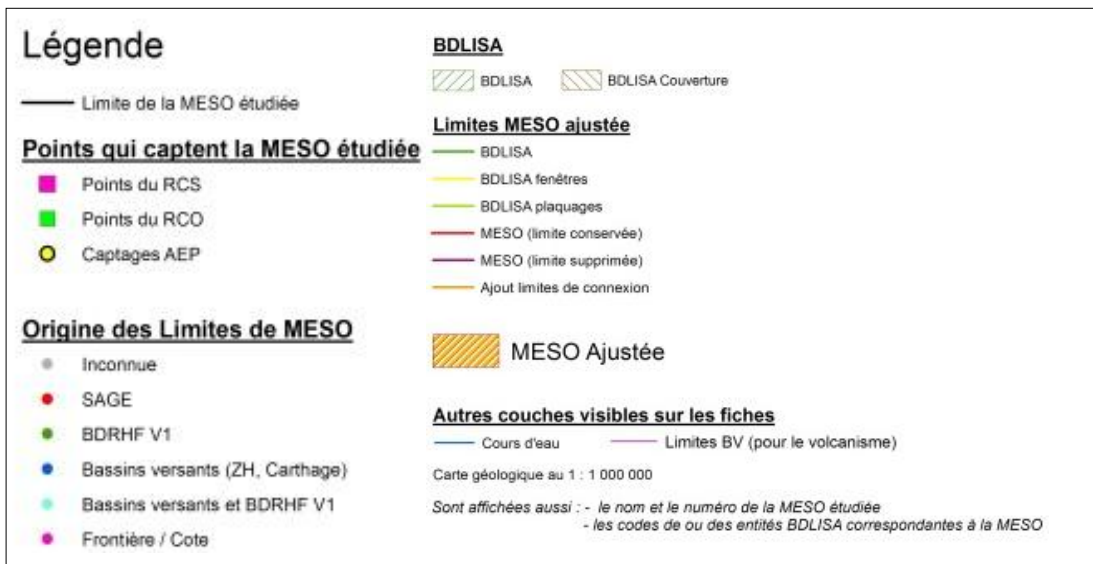
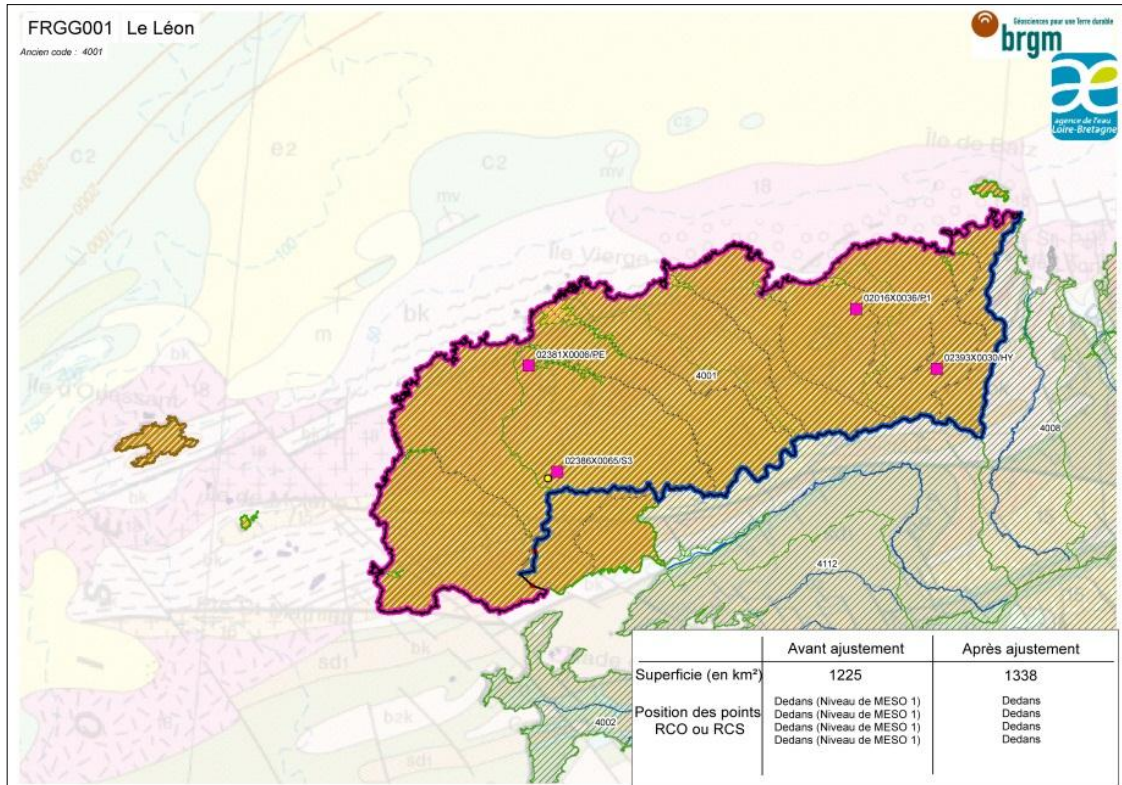


Figure 28 : Ajustement des limites de la masse d'eau FRGG001 selon les limites de l'entité BDLISA

Dans certaines zones à superficie très restreinte, le socle peut affleurer, entouré par les sédiments et ne pas être connecté directement à une masse d'eau de type « socle » située à proximité. Il est néanmoins possible de les associer à ce type de masse d'eau en prolongeant leur extension sous les sédiments (*en attente d'une décision nationale, la limite précise d'un aquifère de socle sous couverture n'est pas connue*).

10.3.4. Méthodologie spécifique pour les masses d'eau souterraine de type « Intensément plissé »

Les ajustements des nouveaux contours des masses d'eau de type « intensément plissé », ont été principalement réalisés dans le bassin RM&C. Les nouveaux contours ont été définis selon les limites des entités BDLISA associées. Ces entités peuvent être découpées selon les limites des différents aquifères concernés ou selon la lithologie, mais très souvent :

- Les limites suivent les contours des massifs et vallées (Calcaires jurassico-crétacés des Corbières, Formations plissées Haute vallée de l'Orb) ou
- celles des bassins hydrographiques (i.e. Domaine plissé Pyrénées axiales dans le BV de l'Aude).

En règle général et du fait du caractère englobant de ces masses d'eau (contexte hydrogéologique difficile à appréhender en grand, épaisseur des formations mal renseignée, exploitabilité limitée, mauvaise connaissance des formations sous-jacentes), ces masses d'eau n'ont pas de masse d'eau sous-jacente.

10.4. REMARQUES SUR LA SECTORISATION DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

L'utilisation du référentiel des masses d'eau a montré que leur caractère composite (hétérogénéités hydrogéochimiques et hétérogénéité des pressions s'exerçant au sein de chaque masse d'eau) rend difficile leur caractérisation globale, notamment au regard de l'état réel de la ressource (quantitatif et qualitatif), des tendances d'évolution et de la détermination du RNAOE (Risque de Non Atteinte des Objectifs Environnementaux).

Dans le bassin Loire-Bretagne, le nombre de masses d'eau souterraine n'a pas changé. Il est ainsi nécessaire de "sectoriser" de nombreuses masses d'eau ("libres") pour mieux les caractériser (en particulier sur un plan qualitatif). Est aussi apparue la nécessité de subdiviser certaines masses d'eau captives de trop grande extension pour qu'une politique de gestion quantitative appropriée puisse être édictée. Treize types de sectorisation sont décrits et testés sur certaines masses d'eau dans le cadre du projet METAMES (Schomburgk *et al.*, 2012), notamment :

- par pressions,
- par bassins versants souterrains,
- par niveau (ou indice) de vulnérabilité,

- par différenciation couches imperméables/perméables,
- par limite d'altération pour le socle,
- par entités sous-jacentes pour les alluvions,
- par zones naturelles
- ...etc...

Dans le bassin RM&C, il a été choisi d'individualiser, au sein de masses d'eau existantes, de nouvelles masses d'eau pour rendre compte de problématiques de pressions et d'état très différentes au sein de la masse d'eau, initialement découpée exclusivement sur des critères hydrogéologiques.

11. Conséquence sur l'homogénéité du nouveau référentiel national des masses d'eau souterraine V2 (2016-2021)

L'ampleur des modifications, et donc leurs conséquences, peuvent être très différents selon le type de masse d'eau, mais surtout selon les postulats de départ, notamment sur la conservation ou non du nombre initial de masses d'eau.

11.1. CONSEQUENCE DES AJUSTEMENTS REALISES POUR LE REFERENTIEL V2

11.1.1. Au sein du bassin Loire-Bretagne

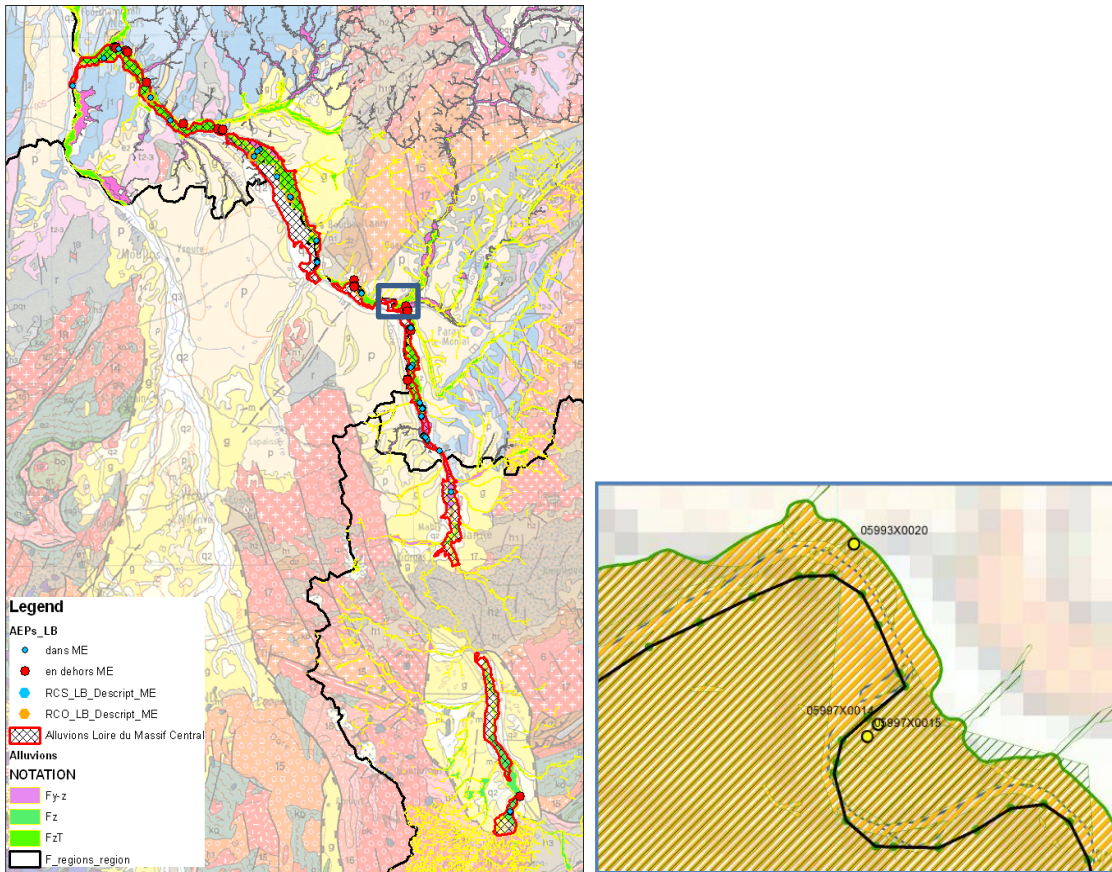
Dans le bassin Loire-Bretagne, la contrainte de départ était de conserver le même nombre de masses d'eau souterraine que celui de la version 1 du référentiel. Les modifications apportées ont consisté majoritairement à affiner les contours des masses d'eau initialement définies.

D'un point de vue purement cartographique, la répercussion des modifications est caractérisées dans ce bassin par :

- 1) Un changement de surface pour chaque masse d'eau,
- 2) Un changement de positionnement du centroïde pour chaque masse d'eau,
- 3) Si nécessaire, un changement du lien point d'eau / masse d'eau : l'association à une masse d'eau des points du réseau de surveillance RCS/RCO et des captages AEP peut changer, selon différents cas :
 - Les points d'eau, qui restent dans le même aquifère, mais changent entre la partie libre et captive ;
 - Les points d'eau qui changent d'association car l'ajustement a mené à une vérification puis une correction de l'appartenance à un aquifère et donc à la nouvelle masse d'eau associée à cet aquifère ;
 - Les points d'eau pour lesquels l'association initiale est conservée car l'ajustement n'a pas eu d'incidence sur la couverture du point par la masse d'eau ;
 - Les points d'eau particuliers situés initialement en dehors de la masse d'eau associée mais proches de sa limite (imprécision de localisation du point ou de la limite de masse d'eau, souvent le cas des sources). Les limites peuvent rester inchangées ou inclure désormais ces points.

Exemple : la masse d'eau FRGG047 pour laquelle des points sont désormais à l'intérieur du polygone (cf. Figure 29).

Dans le bassin Loire-Bretagne, le lien de parenté entre la nouvelle masse d'eau souterraine et sa version antérieure est simple et du type « Parent unique à Enfant unique ».



D'un point de vue des attributs de caractérisation des masses d'eau souterraine, les ajustements réalisés n'ont pas une grosse incidence, si ce n'est :

- Pour chaque masse d'eau, les attributs rendent compte des évolutions de surface totale, de surface affleurante, de surface sous couverture et des coordonnées du centroïde (cf. chapitre 12.4.1) ;
- Si nécessaire, un changement du libellé de la masse d'eau, de manière à ce qu'il devienne plus explicite (cf. chapitre 12.5.2).

11.1.2. Au sein des bassins Rhône-Méditerranée & Corse et Réunion

Dans les bassins RM&C et Réunion, la contrainte de conservation du nombre de masses d'eau souterraine n'a pas été appliquée. Ces deux bassins ont vu ce nombre accroître après les travaux d'ajustement.

Comme pour le bassin Loire-Bretagne, beaucoup de modifications ont consisté en une amélioration des limites issues du changement de référentiel hydrogéologique (de BDRHFV1 vers BDLISA) et les conséquences sont les mêmes que celles énoncées dans le chapitre précédent.

Néanmoins, à cela s'ajoute des modifications plus profondes, notamment :

- La suppression de masses d'eau, insuffisamment connues et aux capacités aquifères incertaines ;
- La fusion ou l'intégration dans des masses d'eau souterraine voisines, ou dans des nouvelles masses d'eau issues de l'agrégation de plusieurs masses d'eau souterraine version 1 ;
- La subdivision ou l'individualisation de masses d'eau, pour des masses d'eau disjointes initialement regroupées ou pour rendre compte des caractéristiques aquifères différentes (couverture, nature, capacités aquifères) ;
- L'individualisation au sein de masses d'eau existantes de nouvelles masses d'eau pour rendre compte de problématiques de pression et d'état très différentes au sein de masses d'eau initialement découpées exclusivement sur des critères hydrogéologiques.

Dans ces deux bassins, le lien de parenté entre la nouvelle masse d'eau souterraine et sa version antérieure n'est pas toujours du type « Parent unique à Enfant unique ». Il est même souvent délicat d'établir une relation de parenté pour expliquer la nouvelle masse d'eau, notamment quand l'ajustement a plusieurs origines.

D'un point de vue purement cartographique, la répercussion des modifications est identique à celle évoquée pour le bassin Loire-Bretagne.

D'un point de vue de la caractérisation, les cas complexes de fusion et/ou subdivision sont tels qu'il est nécessaire de mettre à jour l'ensemble des attributs associés à ces nouvelles masses d'eau « hybrides » (cf. chapitre 12).

11.2. HISTORISATION DES EVOLUTIONS DE MASSES D'EAU ET VERIFICATION DES LIENS « POINT D'EAU / MASSE D'EAU »

L'évaluation de l'état des masses d'eau souterraine peut être fortement impactée en cas de nouvelle affectation des points des réseaux de surveillance.

Conformément au dictionnaire des données des « Points d'eau » du SANDRE (Thème : Eaux souterraines), une historisation des relations « Point d'eau / Masse d'eau » est définie et est consultable à partir de la banque ADES.

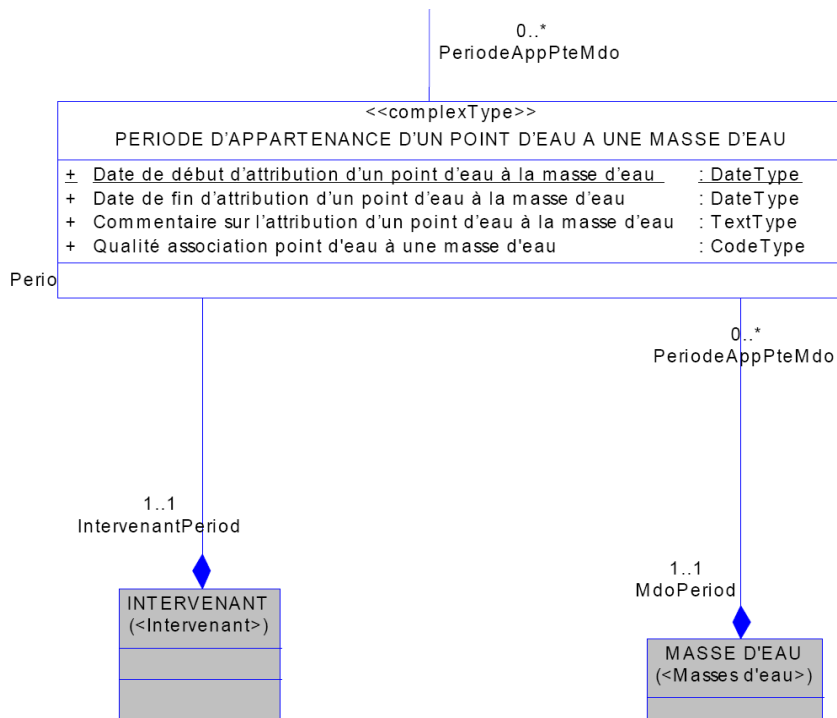


Figure 30 : Extrait du « Dictionnaire des données », page 168 concernant l'historisation de l'appartenance des points d'eau à une masse d'eau

De plus et pour faciliter l'inter-comparaison des résultats des états des lieux, l'historisation des évolutions cartographiques et attributaires des masses d'eau souterraine, doit être gérée. Une table d'évolution de la masse d'eau est à remplir permettant de faire le lien de parenté entre une/des masse(s) d'eau souterraine à un temps T et une/des masse(s) d'eau souterraine à un temps T+1.

Le détail du contenu de cette table est précisé dans le chapitre 12.

11.3. RECOMMANDATIONS POUR LA REALISATION DES TRAVAUX DE CARTOGRAPHIE DES NOUVELLES MASSES D'EAU

11.3.1. Vérification des zones non couvertes par une masse d'eau souterraine

Il arrive parfois qu'à l'issue des travaux d'ajustement ou de redélimitation, des zones non couvertes par une masse d'eau souterraine subsistent. Ceci peut se retrouver notamment dans les cas suivants :

- Lacune engendrée par une mauvaise jointure et/ou une délimitation imprécise de masse d'eau (cf. Figure 31) ;

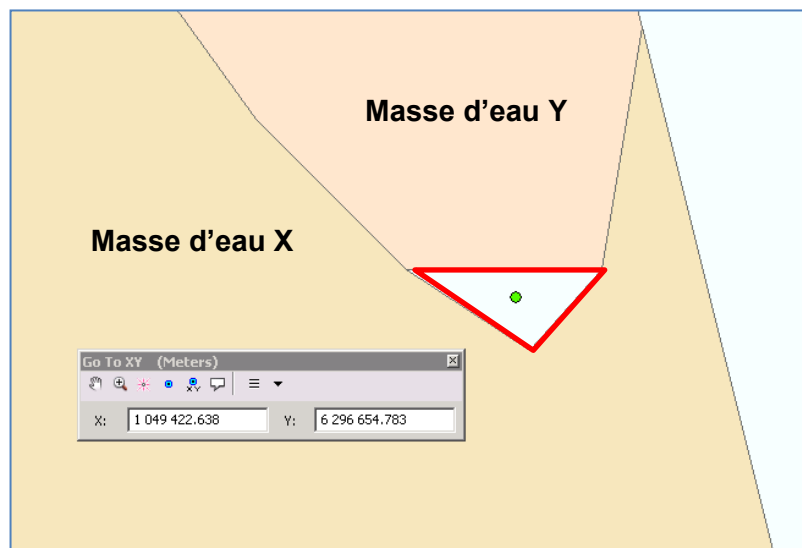


Figure 31 : Exemple de zone non couverte pour des raisons de construction géométrique des polygones de masses d'eau souterraine (en rouge)

- Cas des îles, de taille variable, qui peuvent être prises en compte ou non selon les besoins (cf. chapitre 9.3).

11.3.2. Vérification des coïncidences de limites de masse d'eau superposées

Après la cartographie des extensions de la totalité des nouvelles masses d'eau souterraine au sein d'un bassin, un calcul SIG est à mener pour aboutir au découpage par ordres relatifs de superposition (communément appelés niveaux).

Il est généralement constaté qu'à l'issue de la toute première version des limites des masses d'eau souterraine, leur intersection et la génération de ces empilements relatifs aboutissent souvent à la création d'un grand nombre de petits empilements virtuels (cf. Figure 32).

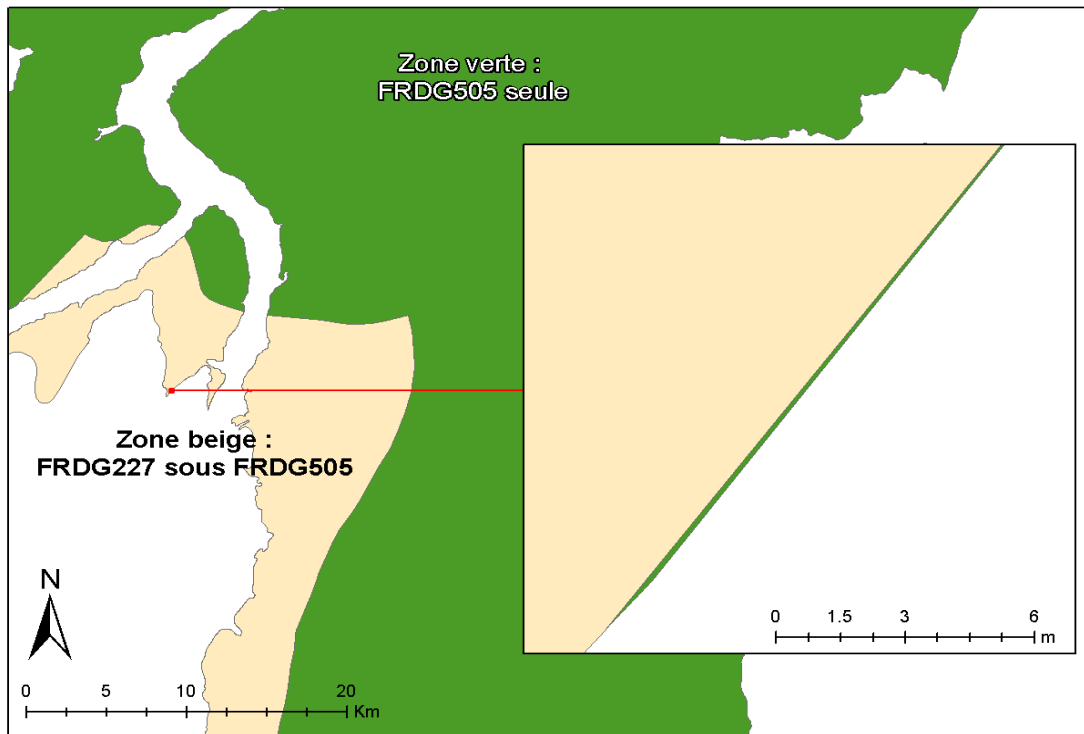


Figure 32 : Exemple de mauvaise jonction entre deux masses d'eau de niveau différent censés avoir des limites communes

Généralement, ces polygones sont dus à une mauvaise coïncidence de la limite entre une masse d'eau souterraine d'ordre N et une masse d'eau souterraine d'ordre N+1 (immédiatement au mur de la masse d'eau d'ordre N) alors que cette limite devrait bien coïncider en réalité. **Ils correspondent à des cas d'empilements qui ne sont pas vérifiés dans la réalité et doivent par conséquent être nettoyés par des traitements SIG, tout en prenant garde de ne pas générer de micro zones non couvertes.**

Une méthode efficace de mise en évidence de ces polygones, de taille très réduite et généralement assez allongés, consiste à calculer leur rapport périmètre (m^2) sur surface (m^2). Une valeur « seuil » de 0.5 a été choisie dans le bassin Loire-Bretagne. Tous les polygones d'empilement, ayant des valeurs supérieures à cette valeur, ont été examinés et les limites des masses d'eau concernées ont été revues de manière à supprimer ces polygones « artefact ». Néanmoins le choix de cette valeur spécifique correspond au contexte du bassin Loire-Bretagne et ne peut être considéré comme une règle à appliquer à tous les bassins. Une approche par tâtonnements successifs est à mener pour choisir la valeur « seuil » la plus adaptée en fonction du contexte.

11.3.3. Vérifications de la cohérence des empilements de masses d'eau souterraine

Après génération des empilements, une autre vérification consiste à rechercher les couples d'entités pour lesquels il y a une incohérence d'empilement, à savoir l'entité A

est au toit de l'entité B dans une zone mais l'entité A est également mur de l'entité B dans une autre zone.

Exemple : La Figure 33 ci-dessous présente un exemple d'inversion d'empilement pour deux masses d'eau souterraine (FRDG519 et FRDG128, noms provisoires). La zone bleue correspond à FRDG519 d'ordre 1 et celle en rose à FRDG128 d'ordre 1 également. La zone en jaune est le lieu de l'empilement de FRDG128 sur FRDG519, à l'exception de la zone encerclée de bleu ciel, pour laquelle l'empilement est inverse, ce qui constitue une erreur.

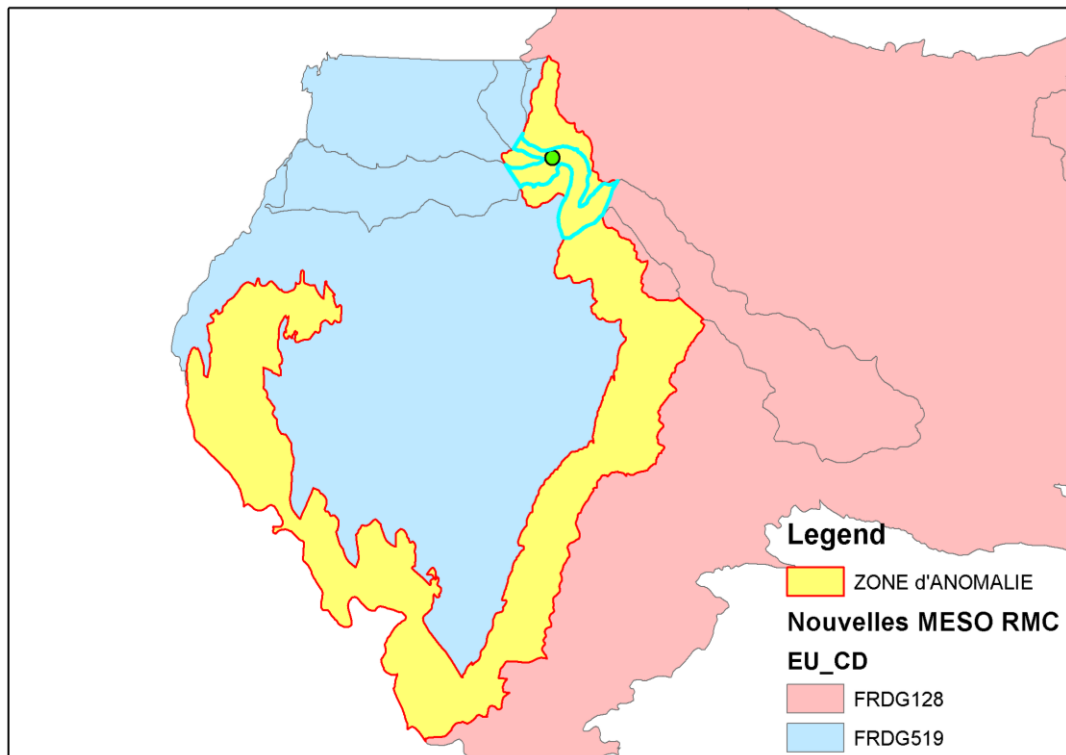


Figure 33 : Exemple d'inversion d'empilement pour deux masses d'eau souterraine

Il peut être nécessaire de vérifier si ce type de problème est également constaté pour des couples de masse d'eau souterraine d'ordres N et $N+\alpha$ (avec $\alpha = 2, 3, 4 \dots$ etc...).

Une seconde vérification consiste à rechercher et corriger les zones particulières pour lesquelles une partie de masse d'eau d'ordre relatif α (avec $\alpha \geq 1$) est décrite comme telle en l'absence de masse d'eau de niveau β (avec $\beta < \alpha$).

Exemple : Cas d'un empilement à trois ordres mais pour lequel la masse d'eau d'ordre 2 n'est pas définie. Soit celle-ci est manquante, soit la masse d'eau définie comme étant d'ordre 3 est en réalité d'ordre 2 (cf. Figure 34).

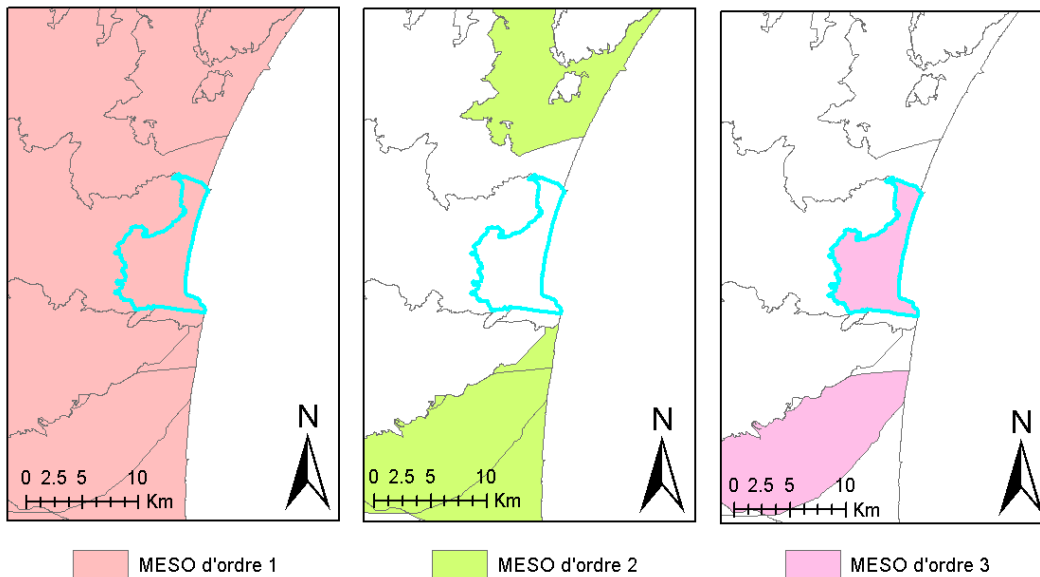


Figure 34 : Exemple d'empilement avec masse d'eau manquante

Ce problème survient généralement lorsque la génération des empilements selon les ordres relatifs des masses d'eau est réalisée manuellement.

11.3.4. Précautions à prendre en bordure d'un bassin DCE

a) Jonction avec les bassins DCE limitrophes

Un effort particulier de cartographie doit être mené spécifiquement dans les zones de jonction avec un autre bassin DCE.

Des masses d'eau souterraine de niveau similaire ne pouvant se superposer, les ajustements en bordure de bassin doivent être réalisés de telle sorte que :

- La nouvelle limite de la masse d'eau du bassin X ne se superpose pas avec la limite de la masse d'eau voisine du bassin Y, qui est de même ordre de superposition ;
- La nouvelle limite de la masse d'eau du bassin X ne crée pas une zone non couverte car elle n'est pas complètement jointive avec la limite de la masse d'eau voisine du bassin Y.

Exemple : Dans le cadre des travaux menés dans le bassin Loire-Bretagne, les nouvelles masses d'eau souterraine qui possèdent des parties de limites identiques à une masse d'eau d'un autre bassin DCE, ont été cartographiées en faisant attention à bien faire coïncider les limites entre elles. Ceci permet d'éviter de créer les polygones « artefact » indésirables énoncés dans le chapitre 11.3.2.

b) *Trait de côte*

A ce jour, il n'existe aucune préconisation nationale sur la donnée source à utiliser pour le trait de côte.

Néanmoins, il est déconseillé de créer un trait de côte « hybride » mélangeant plusieurs données sources. Il faut définir une donnée de référence et s'y tenir (limite des régions hydrographiques ou laisse de la BD Carthage®, limites administratives de la BD Carto...etc...).

En métropole, la laisse du référentiel BD Carthage® paraît être la donnée source la plus pertinente. Elle a été réalisée par l'IGN et le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) et est extrêmement proche des limites administratives de la BD Carto de l'IGN.

A La Réunion, il a été décidé de ne pas prendre en compte la laisse BD Carthage®, et de privilégier la limite identifiée par l'IFREMER Réunion pour le redécoupage des eaux côtières et récifales. Ce choix a été fait par l'ensemble des intervenants du bassin, dans un souci de cohérence d'ensemble des différents types de masses d'eau (surface, souterrain, littoral...) de l'île. Aucune contre-indication n'est formulée quant à l'utilisation d'une donnée non référentiel mais vérifiée localement. Néanmoins, il est fortement recommandé d'entreprendre une démarche nationale d'intégration de cette donnée dans un référentiel existant.

Sous certaines conditions (*cf.* chapitre 7.1.2), il peut arriver que la masse d'eau souterraine déborde sur la mer.

c) *Frontières du territoire national*

A ce jour, il n'existe aucune préconisation nationale sur la donnée source à utiliser pour la frontière.

Dans le bassin RM&C, le choix a été fait d'utiliser les limites de la couches des régions hydrographiques de la BD Carthage®. Par endroit, les limites de cette couche vont au-delà de la frontière administrative. Dans certains contextes, il n'est pas question de découper la masse d'eau par la frontière administrative, notamment dans les cas d'aquifères trans-frontières.

Dans d'autres cas, la limite de la région hydrographique peut s'arrêter à l'intérieur du territoire et engendrer une zone non couverte par une masse d'eau souterraine. Ceci apparaît en contradiction avec le principe de couverture complète du territoire (*cf.* Figure 35).

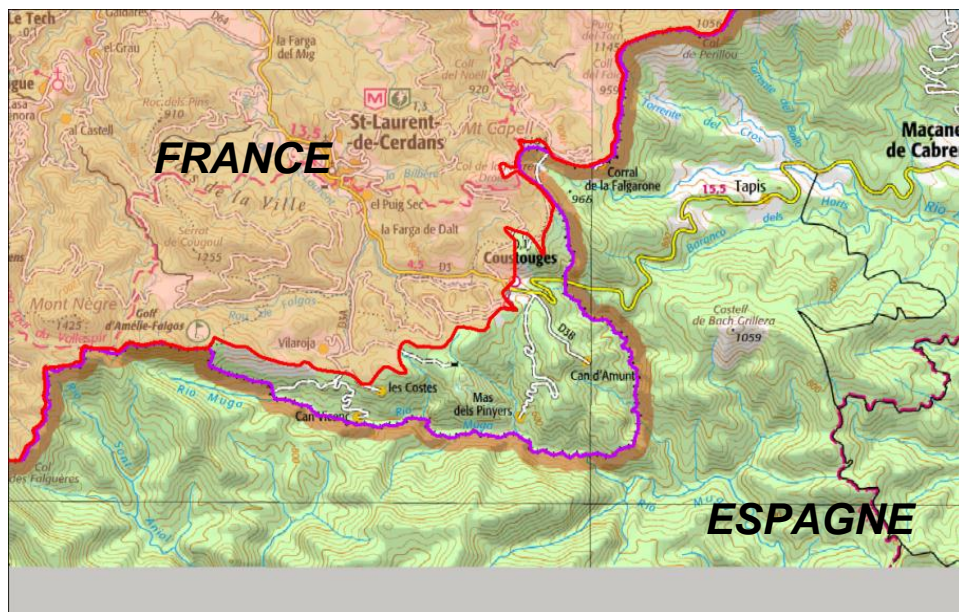


Figure 35 : Exemple de non couverture d'une zone par une masse d'eau souterraine (frontière Franco-espagnole en mauve, limite de la région hydrographique BD Carthage® en rouge)

Dans ce cas spécifique, il peut être nécessaire de prolonger la ou les masses d'eau souterraine concernée(s) jusqu'à la frontière administrative pour combler ce vide.

12. Représentation cartographique du référentiel des masses d'eau souterraine

Le contenu de ce chapitre est très largement inspiré du dictionnaire de données SANDRE du Référentiel masses d'eau (version 1.2) ainsi que du rapport sur la mise en cohérence du Référentiel Masse d'eau souterraine Version 1 avec le rapportage européen (Brugeron, 2013). Pour plus de détails, consulter ces documents.

12.1. JUSTIFICATION D'UNE REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE

La représentation cartographique des masses d'eau souterraine est nécessaire pour satisfaire les objectifs suivants :

- 1) C'est un support de communication utile pour la phase d'information et de concertation auprès des différents acteurs dans les bassins dans le cadre de l'élaboration de l'état des lieux ;
- 2) C'est un document de travail nécessaire pour la restitution des éléments d'information entrant dans la caractérisation de l'état des masses d'eau souterraine et du résultat de l'analyse du risque ;
- 3) C'est aussi un élément important pour visualiser l'agencement et la répartition spatiale des masses d'eau et de s'assurer, au niveau national, de la cohérence globale et de l'homogénéité des découpages réalisés par les bassins.

12.2. MODELE CONCEPTUEL

Le modèle conceptuel du référentiel cartographique des masses d'eau souterraine, qui s'est considérablement étoffé depuis 2004, est consultable dans le dictionnaire de données du référentiel Masse d'eau (<http://www.sandre.eaufrance.fr/Referentiel-des-masses-d-eau>).

12.3. SYSTEMES DE PROJECTION

Le décret n°2000-1276 du 26 décembre 2000 complété par le décret n°2006-272 du 3 mars 2006 impose aux institutions publiques de diffuser les données géographiques dans les systèmes de référence définis ci-après.

Pour la France métropolitaine, le système légal est le **RGF93** auquel est associée une projection couvrant la France entière (Lambert 93) et des projections découpant la France en 9 zones du nord au sud. Pour chaque territoire d'outre-mer, un système géodésique et une projection ont été définis. Le tableau 5 présente les systèmes légaux en France métropolitaine et dans les territoires d'Outre-mer, ainsi que les codes EPSG et IGFN associés.

Territoire	Système géodésique	Ellipsoïde	Projection	Code EPSG	Code IGNF
France métropole	RGF93	IAG GRS 1980	Lambert 93	2154	LAMB93
			CC zones	3942 à 3950	LAMBCC42
Guadeloupe	RRAF 91 (WGS84)	IAG GRS 1980	UTM 20	4559	UTM20W84GUA D
Martinique	RRAF 91 (WGS84)	IAG GRS 1980	UTM 20	4559	UTM20W84MA RT
Guyane	RGFG95	IAG GRS 1980	UTM 22	2972	UTM22RGFG95
Réunion	RGR92	IAG GRS 1980	UTM 40	2975	RGR92UTM40S

Tableau 5 : Territoires géographiques et leurs systèmes de projection de référence

12.4. CATALOGUE DE COUCHES ET FORMAT D'ÉCHANGE

Les informations sur les couvertures des polygones de délimitation des masses d'eau souterraine peuvent être transmises sous forme de fichiers ArcGIS ou MAPINFO avec les coordonnées en système de projection en fonction du contexte géographique (cf. chapitre 12.3).

Le format idéal de transmission des données est un format respectant les règles de topologie élémentaires des SIG avec contrôle des superpositions illicites (ordre 1 sur ordre 1), limites partagées des polygones...etc...

Il est préconisé d'éditer l'ensemble des couches SIG dans une géodatabase d'ArcGIS, qui offre la possibilité de concentrer toutes les informations dans une seule base de données, d'exploiter les tables attributaires associées aux couches sous Microsoft Access et de ne pas avoir de limite de taille de caractères sur le titre des champs (contrairement au format shapefile d'ArcGIS par exemple).

Dans l'idéal, le catalogue des données à fournir par chacune des institutions de bassin responsable de la production de la donnée, doit être composé :

- d'une couche « **MasseDEauSouterraine** » avec les extensions complètes des masses d'eau souterraine dans le bassin DCE concerné ;
- d'une couche « **PolygMasseDEauSouterraine** » avec les masses d'eau souterraine découpées selon leurs ordres relatifs ;
- d'une table « **Genealogie** » qui historise l'ensemble des évolutions apportées sur les masses d'eau souterraine. Cette table peut être fournie en complément de la géodatabase, au format CSV.

Les chapitres 12.4.1 à 12.4.3 suivants détaillent les attributs de caractérisation à remplir pour chaque masse d'eau souterraine conformément aux recommandations du dictionnaire SANDRE V1.2. Les couches et tables, ainsi que leur contenu (champs) qui doivent être fournis après modification des masses d'eau, devront être dénommés selon ces principes.

Les listes des codes à utiliser pour remplir la majorité des champs relève de nomenclatures SANDRE, disponibles sur le site internet du SANDRE et dans le dictionnaire de données.

Nota bene : Il est à noter que certaines évolutions pourront néanmoins être apportées dans le cadre d'une prochaine mise à jour du dictionnaire de données SANDRE et celles-ci devront être considérées par les producteurs de la donnée. Néanmoins, il est peu probable que les attributs actuellement en place et décrits dans les chapitres suivants soient supprimés.

12.4.1. Détails des attributs de la couche « MasseDEauSouterraine »

Cette couverture comporte les extensions totales des masses d'eau souterraine du territoire considéré. La notion d'ordre relatif (ou niveau de profondeur) n'est pas détaillée sur cette couche. Toute zone du territoire national est recouverte par une masse d'eau souterraine.

Conforme au dictionnaire de données SANDRE V1.2, la couche est composée des attributs suivants :

CdEuMasseDEau : Code européen de la masse d'eau souterraine – Texte, 24.

CdMasseDEau : Code national de la masse d'eau souterraine – Texte, 22.

NomMasseDEau : Nom de la masse d'eau souterraine – Texte, 256.

DateCreationMasseDEau : Date de création de la masse d'eau souterraine – Texte, 11.

DateMajMasseDEau : Date de dernière mise à jour de la masse d'eau – Texte, 11.

StMasseDEau : Statut de la masse d'eau (cf. nomenclature SANDRE n°390) – Texte, 20.

CdBassinDCE : Code national du bassin DCE (cf. nomenclature SANDRE n°305) – Texte, 2.

SurfaceTotaleKm : Surface totale en km² – Numérique.

SurfaceAffKm : Surface affleurante en km² – Numérique.

SurfaceSsCouvKm : Surface sous couverture en km² – Numérique.

PrecSupMasseDEauSout : Précision de la surface sous couverture (cf. nomenclature SANDRE n°441) – Texte, 1.

MasseDEauTransDistrict : Masse d'eau localisée sur plusieurs bassins DCE (cf. nomenclature SANDRE n°409) – Texte, 1.

MasseDEauAssocPlusieursPays : Masse d'eau associée à plusieurs pays (cf. nomenclature SANDRE n°406) – Texte, 1.

TypeMasseDEauSouterraine : Type de la masse d'eau souterraine (cf. nomenclature SANDRE n°322) – Texte, 3.

Karstique : Masse d'eau karstique (cf. nomenclature SANDRE n°397) – Texte, 1.

FrangLittorale : Masse d'eau en relation avec l'eau de mer (cf. nomenclature SANDRE n°396) – Texte, 1.

Regroupees : Regroupement d'entités hydrogéologiques disjointes (cf. nomenclature SANDRE n°403) – Texte, 1.

Commentaires : Commentaires – Texte, 256.

NatureEcoulement : Nature de l'écoulement (cf. nomenclature SANDRE n°594) – Texte, 1.

LatMasseDEau : Latitude du centroïde de la masse d'eau souterraine – Numérique.

LonMasseDEau : Longitude du centroïde de la masse d'eau souterraine – Numérique.

SystemeRefGeoCentroMasseDEauSout : Système de référence géographique du centroïde de la masse d'eau souterraine (cf. nomenclature SANDRE n°22) – Texte, 2.

CdEcoregionContinentale : Code de l'écorégion pour les rivières et les plans d'eau, associée à la masse d'eau souterraine (cf. nomenclature SANDRE n°307) – Texte, 2.

12.4.2. Détails des attributs de la couche « PolygMasseDEauSouterraine »

Cette couverture résulte de l'agglomération en un seul fichier, de l'ensemble des masses d'eau souterraine découpées en multipolygones élémentaires correspondant à chacun de leurs ordres relatifs (ou niveaux de profondeur). La totalité du territoire national est couverte et les polygones se chevauchent selon des empilements élémentaires. En d'autres termes, si l'on cherche à identifier les masses d'eau présentes en un point du territoire, cette couche pourra rendre plusieurs masses d'eau différenciées uniquement par l'ordre de superposition associé.

Conforme au dictionnaire de données SANDRE V1.2, la couche est composée des mêmes attributs que la couche MasseDEauSouterraine avec :

- L'ajout du champ « **Niveau** » : Niveau de profondeur du multipolygone élémentaire de la masse d'eau souterraine – Entier.
- L'ajout du champ « **CdPolygMasseDEauSouterraine** » : Code unique du multipolygone élémentaire de la masse d'eau souterraine – Texte, 8.

Le code unique du multipolygone élémentaire doit être non signifiant.

12.4.3. Détails des attributs de la couche « Genealogie »

Cette table contient les relations de généalogie entre une masse d'eau « parent » et sa ou ses masses d'eau « enfant », ce qui permet d'assurer la continuité de la validité de tous les éléments du SIE basés sur les codes masses d'eau.

Conforme au dictionnaire de données SANDRE V1.2, la couche est composée des attributs suivants :

CdEuMasseDEauParent : code européen de la masse d'eau parent – Texte, 24.

CdEuMasseDEauEnfant : code européen de la masse d'eau enfant – Texte, 24.

DateModification : date de la modification – Texte, 11.

TypeModificationGenealogie : type de modification effectuée (cf. nomenclature SANDRE n°590) – Texte, 1.

CommentaireModification : commentaires sur la modification – Texte, 256.

12.5. REMARQUES SUR CERTAINS ATTRIBUTS DE CARACTERISATION

12.5.1. Codes européen et national de la masse d'eau

Le code européen retenu consiste à ajouter le préfixe "FR" au code national de la masse d'eau souterraine comme indiqué ci-dessous.

	Préfixe du code européen		Code du bassin	Code du type	Numéro d'ordre dans le bassin		
France métropolitaine & DROM	F	R	A,B1,B2, C --> M	G	de 001 à 999		
	F	R	G	G	0	1	7

Le préfixe FR du code européen pour la France + le code national de la masse d'eau qui est composé de trois parties :

- Le code du bassin (district au sens de la DCE) ;
- Le code du « type » de masse d'eau (« G » pour les masses d'eau souterraine, « Groundwater ») ;
- Un incrément (Attention : Il peut exister des numéros manquants dans la numérotation).

Cette codification permet d'identifier le « bassin DCE » auquel est rattachée la masse d'eau.

Afin d'avoir une codification homogène, il est demandé de donner aux masses d'eau trans-bassins un seul numéro de code, celui du bassin de rattachement retenu. Les autres bassins concernés la nommeront de la même façon. Seul le bassin de rattachement renseignera cette masse d'eau dans les fichiers informatiques des contours des masses d'eau souterraine.

12.5.2. Nom de la masse d'eau

Les masses d'eau sont désignées par un nom composé de la lithologie dominante et d'un nom d'usage local ou de bassin versant.

Exemples : Alluvions du Perthois, Albien-Néocomien libre entre Yonne et Seine, Craie du Valenciennois, Volcanisme du Cézallier, Calcaires du Causse du Quercy BV Lot.

12.5.3. Surfaces de la masse d'eau

Les différentes surfaces résultent de l'analyse hydrogéologique (calculées automatiquement par le SIG et/ou manuellement) et/ou sont estimées :

- Surface totale de la masse d'eau ;
- Surface à l'affleurement ;
- Surface sous couverture.

Les surfaces sous couvertures peuvent être, selon les données disponibles, mesurées (à partir d'une délimitation précise de l'entité) ou estimées en raison d'une délimitation imprécise de l'entité (cas des systèmes captifs). Le champ « **PrecSupMasseDEauSout** » permet de caractériser cette précision.

12.5.4. Type de modification effectuée

Dans la version 1.2 du dictionnaire de données, quatre types de modifications sont listés :

- Division d'un parent en plusieurs enfants ;
- Fusion de plusieurs parents en un enfant ;
- Recodification de la masse d'eau ;
- Réapparition.

Dans des versions prochaines du dictionnaire, il est prévu d'étoffer ce lexique de manière à ce qu'il intègre d'autres types de modifications (notamment un ajustement partiel des limites de la masse d'eau, des corrections apportées sur les attributs, etc...).

13. Conclusion

Les masses d'eau souterraine sont des concepts introduits par la DCE qui ne recouvrent pas totalement des notions ou objets physiques connus en terme hydrogéologique, tels que des systèmes aquifères. Elles sont à considérer comme les unités de base, à valeur non seulement descriptive mais également opérationnelle, du référentiel, à partir duquel doit être évalué l'état des ressources en eau souterraine à l'échelle d'un district afin de juger de l'efficacité des mesures prises pour répondre aux exigences de la directive.

Pour aider à la délimitation de ces entités de gestion, le guide méthodologique de 2003 présentait les premiers principes et règles de délimitation des masses d'eau souterraine retenus au niveau français. Le présent document reprend les informations contenues dans ce guide, notamment autour des principes généraux de délimitation des masses d'eau souterraine, de la typologie à deux niveaux permettant d'identifier chaque entité, de la gestion des ordres de superposition et des règles de découpages selon le contexte. Outre ces informations, des évolutions méthodologiques ont été mises en œuvre depuis 2004 dans le cadre des travaux de mise à jour du Référentiel des masses d'eau. De ce fait, les principes et règles énoncés en 2003 ont parfois été actualisés et le présent document intègre ses évolutions et justifie leur cohérence vis-à-vis des principes et recommandations définis au niveau européen.

De manière générale, les principales recommandations concernant la délimitation des masses d'eau souterraines sont les suivantes :

- Les masses d'eau souterraines doivent être principalement délimitées sur la base de critères géologiques et hydrogéologiques (sur la base du référentiel BDLISA diffusé depuis 2012), ceci participant à rendre leurs limites plus stables et durables. Dans certains rares cas justifiables, des limites de gestion type SDAGE, SAGE peuvent être utilisées ;
- La délimitation des masses d'eau souterraine s'organise à partir d'une typologie. Celle-ci se base sur la nature géologique et le comportement hydrodynamique ou fonctionnement « en grand » des systèmes aquifères et comprend deux niveaux de caractéristiques (principales : type de masse d'eau et nature des écoulements – secondaires : présence d'une karstification active ? D'une frange littorale ? Regroupement d'aquifères disjoints ?) ;
- Outre les échanges possibles avec les autres types de masses d'eau, les masses d'eau souterraine peuvent avoir des échanges entre elles à condition que ceux-ci puissent être correctement appréhendés ;
- Tous les captages fournissant plus de 10 m³/jour d'eau potable ou utilisés pour l'alimentation en eau de plus de cinquante personnes doivent être inclus dans une masse d'eau ;

- Les eaux souterraines profondes, sans lien avec les cours d'eau et les écosystèmes de surface, dans lesquelles il ne s'effectue aucun prélèvement et qui ne sont pas susceptibles d'être utilisées pour l'eau potable en raison de leur qualité (salinité, température...), ou pour des motifs technico-économiques (coût du captage disproportionné), peuvent ne pas constituer des masses d'eau souterraine ;
- Compte tenu de sa taille, une masse d'eau souterraine pourra présenter une certaine hétérogénéité spatiale tant au niveau de ses caractéristiques hydrogéologiques que de son état qualitatif et quantitatif - au titre de la caractérisation initiale de la masse d'eau, les zones à risque ou à forts enjeux devront être identifiées par sectorisation ;
- En un point quelconque, plusieurs masses d'eau souterraine peuvent se superposer. Par conséquent, une même masse d'eau peut avoir, selon la position géographique où l'on se trouve, des ordres de superposition différents ;
- Le redécoupage de masse d'eau souterraine doit être, dans la mesure du possible, effectué sur la base de limites physiques (limites d'entité hydrogéologiques BDLISA, par exemple) afin de conserver le plus possible la cohérence et la stabilité du référentiel national dans son ensemble ;
- Le redécoupage des masses d'eau souterraine pour tenir compte des effets des pressions anthropiques doit rester limité et ne devra concerner que des problématiques particulière (pollutions ponctuelles, surexploitation de la ressource souterraines..) ;
- Une masse d'eau souterraine est dite trans-bassin lorsque sa surface hors du bassin gestionnaire est soit supérieure à 100 km², soit supérieure à 20 km² et représentant au moins 5% de la surface totale. A l'échelle nationale, il est demandé de limiter le nombre de ces masses d'eau particulières ;

Depuis 2012, année de publication du Référentiel des entités hydrogéologiques BDLISA dans sa version Beta, certaines agences de bassin se sont engagées dans la révision de leurs masses d'eau souterraine à partir de la BDLISA, pour la version 2 du référentiel (plan de gestion 2016-2021). Des méthodologies d'ajustement des limites des masses d'eau souterraine ont été développées dans ce sens et elles sont examinées en détail dans le présent document.

Dans le bassin Loire-Bretagne, seules les limites de masse d'eau souterraine ayant une origine hydrogéologique physique (c'est-à-dire issues de l'ancien référentiel hydrogéologique BDRHF V1) ont été revues pour être ajustées sur les limites des entités hydrogéologiques du nouveau référentiel BDLISA. Pour ce faire, chaque masse d'eau souterraine a été examinée et confrontée à d'autres sources de données susceptibles d'avoir été utilisée à l'époque (Référentiel hydrogéologique BDRHF V1, limites de bassin versant BD Carthage, limites de SAGE...etc...) et un travail SIG manuel d'ajustement a été mené pour réviser les limites hydrogéologiques.

Dans le bassin RM&C et à la Réunion, les travaux de mise à jour ne se sont pas limités à un « simple » réajustement systématique des contours sur les limites des nouvelles entités hydrogéologiques BDLISA. Ainsi, d'autres critères de redécoupage ont pu être utilisés tels que l'amélioration des connaissances sur la réalité hydrogéologique locale (par exemple, nouvelles informations sur les écoulements souterrains et les lignes de partage des eaux associées) ou l'existence de fortes hétérogénéités de pression ou d'état qui amène à diviser une masse d'eau en plusieurs nouvelles. Des subdivisions suivies de fusion de parties de masses d'eau ont également été menées en RM&C.

Dès lors, toute modification ayant des conséquences sur l'homogénéité du référentiel à l'échelle nationale, il est nécessaire d'avoir à l'esprit les règles énoncées ci-après afin de maintenir au mieux la qualité de l'information :

- Vérifier les conséquences sur les attributs descriptifs de la masse d'eau modifiée comme par exemple sa surface (totale, à l'affleurement et sous couverture) ou le positionnement de son centroïde ;
- Vérifier si les nouvelles limites entraînent un changement du lien point d'eau/masse d'eau (réseau de surveillance RCS/RCO et captages AEP). Conformément au dictionnaire des données des « Points d'eau » du SANDRE (Thème : Eaux souterraines), l'historisation de ces liens est définie et consultable dans ADES ;
- Mettre à jour l'ensemble des attributs associés aux nouvelles masses d'eau ou à celles résultant de cas complexes de fusion et/ou subdivision d'anciennes masses d'eau ;
- Historiser les évolutions des géométries de masses d'eau entre deux versions de référentiel. Le lien de parenté entre la nouvelle masse d'eau souterraine et sa version antérieure doit être clairement défini. Il n'est pas toujours du type « Parent unique à Enfant unique » et est parfois délicat à établir notamment quand l'ajustement a plusieurs origines (subdivision puis fusion de parties de masse d'eau). Conformément aux recommandations SANDRE, ces informations doivent être intégrées dans un fichier csv intitulé « Généalogie » qui accompagne les données cartographiques du référentiel ;
- Vérifier que les manipulations SIG de mise à jour ne créent pas de zones non couvertes par une masse d'eau souterraine, de mauvaise coïncidence de limites entre deux masses d'eau voisines, d'incohérence dans les ordres de superposition des polygones élémentaires de masses d'eau ou de mauvaises jonctions de masses d'eau appartenant de deux bassins DCE différents. Dans ce dernier cas, un travail commun est nécessaire entre les agences des bassins concernés.

Enfin, pour maintenir l'homogénéité et la cohérence à l'échelle nationale du référentiel cartographique des masses d'eau souterraine, il est nécessaire de s'appuyer sur les documents d'aide à sa gestion, modification et diffusion, disponibles sur le site du

SANDRE sous formes de dictionnaire de données, scénarii d'échange et nomenclatures.

14. Bibliographie

Académie de l'eau, UNESCO, BRGM et Office international de l'eau (2010) – « Vers une gestion concertée des systèmes aquifères transfrontaliers ». Guide méthodologique. Ouvrage Collectif. Edition « A Savoir » n°3 (AFD).

Arrêté du 16 mai 2005 portant délimitation des bassins ou groupements de bassins en vue de l'élaboration et de la mise à jour des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (JO n° 113 du 17 mai 2005, p. 8556, texte n° 23).

Arrêté du 12 janvier 2010 relatif aux méthodes et aux critères à mettre en œuvre pour délimiter et classer les masses d'eau et dresser l'état des lieux prévu à l'article R. 212-3 du code de l'environnement (JO n° 27 du 2 février 2010).

Arrêté du 27 octobre 2010 modifiant l'arrêté du 16 mai 2005 portant délimitation des bassins ou groupements de bassins en vue de l'élaboration et de la mise à jour des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (JO n° 257 du 5 novembre 2010).

BD Carthage® Base de Données sur la CARtographie THématique des AGences de l'eau et du ministère de l'Environnement (2012) diffusion par l'IGN, RGF 93.

BDRHF® v1 Base de Données sur le Référentiel Hydrogéologique Français (2002) RNDE.

Brugeron A. avec la collaboration de S. Pinson (2013) – Référentiel Masses d'eau souterraine Version 1 mis en cohérence avec le rapportage à l'UE. Rapport final BRGM/RP-62141-FR, 35 p., 14 fig.

Carte Géologique de la France au million (2003) – version numérique, Editions BRGM.

Cartes Géologiques 1/50 000 issues des cartes géologiques imprimées, numérisées ou scannées BRGM.

Castany G., Margat J. (1977) – Dictionnaire français d'hydrogéologie. Editions du BRGM.

Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Wetlands Horizontal Guidance. Horizontal Guidance Document on the Role of Wetlands in the Water Framework Directive. Final Draft Version 8.0. 7th Nov., 2003.

Décret n°2000-1276 du 26 décembre 2000 portant application de l'article 89 de la loi n° 95-115 du 4 février 1995 modifiée d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire relatif aux conditions d'exécution et de publication des levés de plans entrepris par les services publics

Décret n° 2006-272 du 3 mars 2006 modifiant le décret n° 2000-1276 du 26 décembre 2000 portant application de l'article 89 de la loi n° 95-115 du 4 février 1995 modifiée d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire relatif aux conditions d'exécution et de publication des levés de plans entrepris par les services publics.

Gravier A., Mardhel V., Normand M. (2005) – Mise en œuvre de la DCE – Référentiel cartographique national des masses d'eau souterraine (version 1). BRGM/RP-53923-FR, 71 p., 7 fig., 7 tabl., 4 ann.

Gravier A., Normand M. (2005) – Réunion du groupe de travail « Référentiels masses d'eau souterraine et BD RHF V2 ». Mise en cohérence des découpages de BD RHF V2 et des masses d'eau souterraine. 22/03/2005. Note BRGM/EAU, n° 27/05

Gravier A., Normand M. (Août 2005) – Mise en œuvre de la DCE. Premières synthèses des caractéristiques principales et secondaires des masses d'eau souterraine et de l'analyse du Risque de Non Atteinte du Bon Etat environnemental en 2015. Pistes de réflexion pour une caractérisation plus détaillée. Rapp. BRGM/RP-53924-FR, 12 p., 34 fig., 41 tabl., 4 ann.

Normand M. (septembre 2002) – Délimitation des masses d'eau souterraine. Note explicative sur les relations quantitatives nappe – rivière et nappe- zones humides. Version 1 du 24/09/2002.

Normand M., Mardhel V. (décembre 2002) – Consignes et règles de représentation graphique des masses d'eau souterraine. Note BRGM/EAU, 4 p.

Normand M., Mardhel V. (décembre 2002) – Consignes pour le remplissage des tableaux de synthèse de l'identification et de la délimitation des masses d'eau souterraine. Note BRGM/EAU, 5 p.

Normand M. avec la collaboration de Chadourne D. (MEDD/DE) et des hydrogéologues des Agences de l'Eau et des DIREN déléguées de bassin (janvier 2003) – Mise en œuvre de la DCE. Identification et délimitation des masses d'eau souterraine. Guide méthodologique. MEDD/DE. Rapport BRGM/RP-52266-FR, 45 p., 17 fig., 1 tabl.

Normand M. avec la collaboration de Chadourne D. (MEDD/DE) et des hydrogéologues des Agences de l'Eau et des DIREN déléguées de bassin (mai 2003) – Mise en œuvre de la DCE. Caractérisation initiale des masses d'eau souterraine. Guide méthodologique. BRGM et MEDD/DE. Rapport MEDD/DE, 57 p.

Normand M., Mardhel V. (2004) – Comparaison entre les délimitations des entités hydrogéologiques de la BD RHF® V2 et les masses d'eau souterraines (France métropolitaine). Note BRGM/EAU n°32/04 du 18/10/2004.

Normand M., Mardhel V. (2006) – Mise en œuvre de la DCE. Identification et délimitation des masses d'eau souterraine. Mise à jour 2005. Rapport BRGM/RP-54605-FR.

SANDRE (2011) - Dictionnaire de données « Référentiel masses d'eau ».Thème référentiels, Version 1.2.

SANDRE (2013) - Dictionnaire de données « Points d'eau ». Thème Eaux souterraines, Version 2.1.

Schomburgk S., Auterives C., F. Lucassou (2012) – Méthodologie d'ajustement des masses d'eau Souterraine du bassin Loire-Bretagne à partir des nouvelles connaissances. Rapport final. BRGM/RP-61822-FR, 119 p., 82 ill., 1 ann. sous forme de CD.

Onema
Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar

94300 Vincennes
01 45 14 36 00

www.onema.fr

BRGM
D3E/EVE
3 avenue Claude Guillemin
BP 36009

45060 Orléans Cédex 2
02 38 64 34 34

www.brgm.fr



Centre scientifique et technique
Direction Eau, Environnement et Ecotechnologies
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34
www.brgm.fr