

MEDD
DIRECTION DE L'EAU

MISE EN ŒUVRE DE LA DCE
IDENTIFICATION ET DELIMITATION
DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

guide méthodologique

Janvier 2003

BRGM

AVERTISSEMENT

Le présent document fait partie d'un ensemble de guides techniques destinés à venir en appui et décliner certains aspects du guide général relatif à la procédure d'élaboration de l'Etat des lieux, prévu au titre de la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau.

Consacré au volet eaux souterraines, il expose les principes et règles de délimitation des masses d'eau souterraines retenus au niveau français, présente la façon dont ils ont été élaborés et justifie leur cohérence vis à vis des principes et recommandations définis au niveau européen. Un résumé de ce guide figure à l'annexe 8 du guide « état des lieux »

Rédigé par le BRGM à la demande de la direction de l'eau, il s'appuie largement sur les travaux des hydrogéologues des DIREN de bassin et des agences de l'eau dont il reprend certains écrits, en particulier au niveau des exemples, ainsi que sur diverses contributions rédigées par Dominique CHADOURNE, animatrice du groupe technique « masses d'eau souterraine », notamment des comptes rendus des réunions de ce groupe et des présentations de la directive cadre et des masses d'eau souterraines à l'occasion de colloques ou séminaires.

Les différentes étapes du travail de délimitation des masses d'eau souterraine, de rattachement à un district des masses d'eau trans-district, de caractérisation initiale de ces masses d'eau sont rappelées dans le guide général de mise en œuvre de la directive cadre précité.

La caractérisation initiale 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, fait l'objet d'un autre document en cours d'élaboration.

Comme tous les documents élaborés dans le cadre de la DCE, ce guide est disponible sur le site Intranet de la direction de l'eau.

Sommaire

AVERTISSEMENT	2
INTRODUCTION.....	5
INTRODUCTION.....	5
1 - DEFINITIONS ET ROLE DES MASSES D'EAU.....	5
1.1 – LES ELEMENTS FIGURANT DANS LA DIRECTIVE CADRE.....	5
1.2 – PRECISIONS APORTEES PAR LE GUIDE EUROPEEN « HORIZONTAL WATERBODIES GUIDANCE ».....	6
2 – L'APPROCHE FRANCAISE	6
2.1 – L'ORGANISATION DES TRAVAUX.....	6
2.2. – LES PRINCIPES DE BASE ET LES PREMIERS RESULTATS.....	7
3 – PRINCIPES GENERAUX DE LA DELIMITATION DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE.....	7
4 – PRESENTATION DE LA TYPOLOGIE	9
4.1 – UNE TYPOLOGIE A DEUX NIVEAUX.....	9
4.2 – LE NIVEAU 1 : LES CARACTERISTIQUES PRINCIPALES.....	10
4.2.1 – <i>Les six classes de masses d'eau souterraine</i>	10
4.2.2 – <i>Nature des écoulements (libre/captif)</i>	11
4.3 – LE NIVEAU 2 : LES CARACTERISTIQUES SECONDAIRES.....	11
4.3.1 – <i>Le karst</i>	11
4.3.2 – <i>La frange littorale en liaison avec le risque d'intrusion saline</i>	11
4.3.3 – <i>Le regroupement d'entités disjointes</i>	12
5 – LES REGLES DE DECOUPAGE PAR TYPES DE MASSE D'EAU.....	13
5.1 – DOMINANTE SEDIMENTAIRE NON ALLUVIALE.....	13
5.2 – ALLUVIAL.....	17
5.3 - SYSTEME HYDRAULIQUE COMPOSITE PROPRE AUX ZONES INTENSEMENT PLISSEES DE MONTAGNE.....	20
5.4 – SOCLE.....	21
5.5 - EDIFICE VOLCANIQUE.....	22
5.6 - SYSTEME IMPERMEABLE LOCALEMENT AQUIFERE.....	23
6 - PRINCIPES DE DECOUPAGE ET DE RATTACHEMENT DES MASSES D'EAU TRANS-DISTRICT	24
7 – JUSTIFICATION DE POINTS PARTICULIERS	25
7.1 – LIMITE ENTRE PARTIES LIBRE ET CAPTIVE.....	25
7.2 – JUSTIFICATION DE LA SEPARATION EN DEUX MASSES D'EAU SOUTERRAINE DISTINCTES DES PARTIES LIBRE ET CAPTIVE D'UNE MEME ENTITE HYDROGEOLOGIQUE.....	26
7.3 – TRAITEMENT DES KARSTS.....	28
7.4 – MASSES D'EAU SOUTERRAINE DANS LES ILES (HORS DOM).....	29
7.5 – CONNEXIONS AVEC ECOSYSTEMES D'EAUX SUPERFICIELLES : RELATIONS NAPPE - RIVIERE.....	29
7.6 – CAS PARTICULIER DES ZONES HUMIDES DES MARAIS COTIERS.....	30

Liste des figures

Figure 1- Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale : caractéristique frange côtière avec risque d'intrusion saline	12
Figure 2 - Masse d'eau de type alluvial avec le caractère « regroupé »	13
Figure 3 - Systèmes aquifères multicouches du bassin aquitain.....	13
Figure 4- Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale, majoritairement libre (exemple de la Beauce).....	14
Figure 5- Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale avec parties libre et captive associées, majoritairement libre	15
Figure 6- Masse d'eau sédimentaire non alluviale. Libres et captifs dissociés (vue en plan)	16
Figure 7- Masse d'eau de type sédimentaire. Délimitation aval des aquifères captifs	16
Figure 8 - Masse d'eau de type à dominante sédimentaire : limite d'extension sous la mer en bordure de côte (vue en coupe).....	17
Figure 9- Différenciation suivant les connexions avec le cours d'eau entre une masse d'eau alluviale et des terrasses anciennes constituant une masse d'eau à dominante sédimentaire (vue en coupe).....	18
Figure 10- Coupes schématiques à travers la vallée de la Boutonne (Charente –Maritime) illustrant les différents types de limites avec la rivière	19
Figure 11- Découpage interfluve de masses d'eau de type système hydraulique composite propre aux zones intensément plissées de montagne (Cas des massifs calcaires péri alpins).	21
Figure 12- Regroupement de bassins versants contigus de type socle en une seule masse d'eau.....	22
Figure 13 - Masse d'eau de type édifice volcanique (Exemple du Cantal et de l'Aubrac trans-districts découpés par bassins versants hydrographiques)	23
Figure 14 - Schéma d'une masse d'eau de type système imperméable localement aquifère	24
Figure 15 - Limites des parties libre et captive d'une masse d'eau souterraine de type à dominante sédimentaire non alluviale (vue en coupe)	26
Figure 16 - Grand Causse du bassin versant du Lot : Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale avec le caractère karstique	29
Figure 17- Coupes schématiques montrant les différents types de relations nappe – rivière lorsque la nappe est soumise à un captage.....	30

Liste des tableaux

Tableau 1 -Typologie des masses d'eau souterraine	10
---	----

INTRODUCTION

La directive européenne fixe différents objectifs pour les eaux souterraines dont 2 essentiels : d'une part ne pas constituer un obstacle à l'amélioration de l'état des eaux de surface et à la restauration des écosystèmes associés, d'autre part assurer la réduction progressive de la pollution des eaux souterraines et prévenir l'aggravation de leur pollution.

Pour ce faire, elle demande aux états membres de mettre en place différentes mesures visant à :

- prévenir ou limiter le rejet de polluants dans les eaux souterraines,
- détecter et inverser toute tendance à la hausse, significative et durable, de la concentration de tout polluant résultant de l'impact de l'activité humaine dans toutes les eaux souterraines,
- protéger, améliorer et restaurer les masses d'eau souterraine et prévenir la détérioration de leur état, afin que celles-ci soient en bon état chimique en 2015,
- assurer pour chaque masse d'eau un équilibre entre le captage et le renouvellement afin d'obtenir son bon état quantitatif en 2015.

Tout comme dans le cas des eaux superficielles, ces mesures doivent être mises en place après une évaluation de l'état des ressources correspondantes visant à identifier les ressources en bon état, celles en mauvais état et celles présentant des risques de dégradation. Pour conduire cette évaluation la directive a défini un référentiel d'évaluation commun à l'ensemble des pays membres. Il s'agit d'une sorte de « langage technique codifié » à utiliser pour décrire la situation des ressources en eau et milieux aquatiques du pays, c'est à dire dresser un état des lieux initial de ces ressources et milieux, suivre leurs évolutions en terme de surveillance, rendre compte à la Commission des mesures prises et de leurs effets sur ces ressources. Ce référentiel est basé sur 2 notions clef : la **masse d'eau**, décrite ci après et le **bon état**.

1 - DEFINITIONS ET ROLE DES MASSES D'EAU

1.1 – Les éléments 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 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 directive cadre demande aux Etats membres d'identifier toutes masses d'eau souterraine et de les rattacher aux districts hydrologiques. Les masses d'eau à cheval sur plusieurs districts (dites trans-districts) seront rattachées au district hydrographique le plus proche ou le plus approprié.

Les masses d'eau souterraine sont des concepts nouveaux introduits par la directive cadre. 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 eaux souterraines à l'échelle d'un district et donc jugée l'efficacité des mesures prises afin de respecter les exigences de la directive.

Au-delà de l'approche descriptive, la masses 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. Ces actions peuvent également être instaurées à une échelle plus large.

1.2 – Précisions apportées par le guide européen « Horizontal Waterbodies Guidance »

Les définitions de la masse d'eau figurant dans l'article 2 de la directive cadre et rappelées ci dessus 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.

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 imperméables, 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 6 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 10m³/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.

2 – L'APPROCHE FRANCAISE

2.1 – L'organisation des travaux

Sans attendre la publication des documents européens précisant les spécifications de la DCE (notamment le guide européen « Horizontal Waterbodies Guidance » et la « Directive Fille »), la Direction de l'Eau du MEDD 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 6 DIREN déléguées de bassin et des 6 Agences de l'Eau en vue de définir les principes généraux et 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 DIREN 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.

2.2. – Les principes de base et les premiers résultats

D'emblée, deux 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 et aboutir à un nombre limité de masses d'eau (de l'ordre de quelques centaines), de taille suffisante (au moins 300km²), 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. Un troisième objectif a été d'obtenir un nombre de masses d'eau trans-districts 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 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 MEDD dès 2001. Afin de répondre à la seconde, il a été opté pour une méthodologie basée sur le principe de définitions des masses d'eau souterraine par itérations successives.

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 2ème 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.

Même si les découpages ont évolué et vont encore évoluer au cours des 2 ou 3 prochains mois, le nombre total de masses d'eau semble, à ce jour, devoir rester voisin de 500.

Après leur finalisation, ces propositions techniques devront alors faire l'objet d'une large information au niveau local et être présentées aux Comités de bassins qui seront chargés de la proposition définitive de découpage.

3 – PRINCIPES GENERAUX DE LA DELIMITATION DES MASSES D'EAU SOUTERRAINE

Les principes généraux du découpage visent à satisfaire les trois objectifs suivants :

- Permettre des découpages cohérents et homogènes des masses d'eau dans les différents bassins français.
- Aboutir à un nombre limité de masses d'eau (de l'ordre de quelques centaines), de taille suffisante (en général supérieure à 300 km²). La délimitation de masses d'eau de grande taille est adaptée à

l'établissement de bilans quantitatifs et au cadre des études de transfert des pollutions dans le milieu souterrain.

- Obtenir un nombre de masses d'eau trans-districts le plus faible possible.

Le découpage retenu pour les masses d'eau répond aux quelques 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 que définies lors de l'élaboration de la version 1 du référentiel hydrogéologique BDRHF®. 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. 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 2 masses d'eau des alluvions de la Moselle pour tenir compte du panache de pollution par les chlorures rejetés par les soudières,
- le redécoupage du système aquifère multicouche de l'Eocène 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 (futur 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 la version 1 de la base de données du référentiel hydrogéologique de la France BD RHF ® et sur les travaux engagés dans le cadre de sa révision (version 2).

A l'image des masses d'eau superficielle, **la délimitation des masses d'eau souterraine est organisée à partir d'une typologie.** Cette typologie s'inspire largement de celle élaborée pour les entités hydrogéologiques définies dans le cadre de la révision de la BD RHF ®. Elle est **basée sur la nature géologique et le comportement hydrodynamique ou fonctionnement « en grand » des systèmes aquifères** (nature, vitesse des écoulements...). Elle comprend 2 niveaux de caractéristiques (principales et secondaires) ; des précisions sont fournies au paragraphe 4.

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 10m³/jour d'eau potable ou utilisés pour l'alimentation en eau de plus de 50 personnes doivent être inclus dans une masse d'eau (cela vaut que les eaux soient distribuées par un réseau ou 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 se 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 quantitatifs et qualitatifs 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 il devra être procédé 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 repérées.

En un point quelconque **plusieurs masses d'eau peuvent se superposer**.

4 – PRESENTATION DE LA TYPOLOGIE

4.1 – 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 souterraines 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 (BD RHF). Ceux-ci ont en effet débuté par une réflexion consistant à définir pour différents thèmes (sédimentaire, socle, alluvial, volcanisme, intensément plissé et karst) des « entités hydrogéologiques » de 3 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 de la future version 2 de BD RHF ; **elle comporte deux niveaux de caractéristiques (tabl. 1) :**

- **un 1^{er} niveau de deux caractéristiques principales** permettant de déterminer l'appartenance de la masse d'eau à l'une des 6 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 souterraines à la pollution. Les autres caractéristiques (connexions avec les eaux de surface et les écosystèmes terrestres liés, connexions entre les masses d'eau souterraines, etc.) plus complexes sont à analyser lors de la caractérisation (initiale et, le cas échéant, détaillée) de la masse d'eau.

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

Niveau 1 principal			Niveau 2 secondaire		
Caractéristiques hydrogéologiques		Caractéristiques de gestion Règles de découpage ou d'agglomération			
Type de réservoir aquifère	Nature des écoulements				
Dominante SEDIMENTAIRE non alluviale	Libre(s) et captif dissociés	Libre	<ul style="list-style-type: none"> - Limites amont et aval des d'affleurements - Découpage en général par bassin versant hydrogéologique (ou topographique) en 1 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 du karst si connue 	Écoulement de type KARSTIQUE	
		Captif	<ul style="list-style-type: none"> - une seule masse d'eau captive - limite amont = limite du recouvrement - limite aval basée sur des critères d'usage potentiel AEP (potabilité, exploitabilité) ou autres (géothermie) 		
	Libre et captif associés	Majoritairement captif	<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 saline)
		Majoritairement libre	<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 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 développés pour être exploitable 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 même problématique de gestion 	REGROUPES		
EDIFICE 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 2 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 			
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

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

4.2 – Le niveau 1 : les caractéristiques principales

4.2.1 – Les six classes de masses d'eau souterraine

Six types de masses d'eau souterraines ont été identifiés :

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

4.2.2– 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 « parties libres et captives associées » ou, 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 captives

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 libre et captif 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 100 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.

***NB** : 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.*

4.3 – Le niveau 2 : les caractéristiques secondaires

4.3.1 – Le karst

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. Les spécificités de ce caractère sont développées dans un paragraphe spécifique

4.3.2 – La frange littorale en liaison avec le risque d'intrusion saline

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

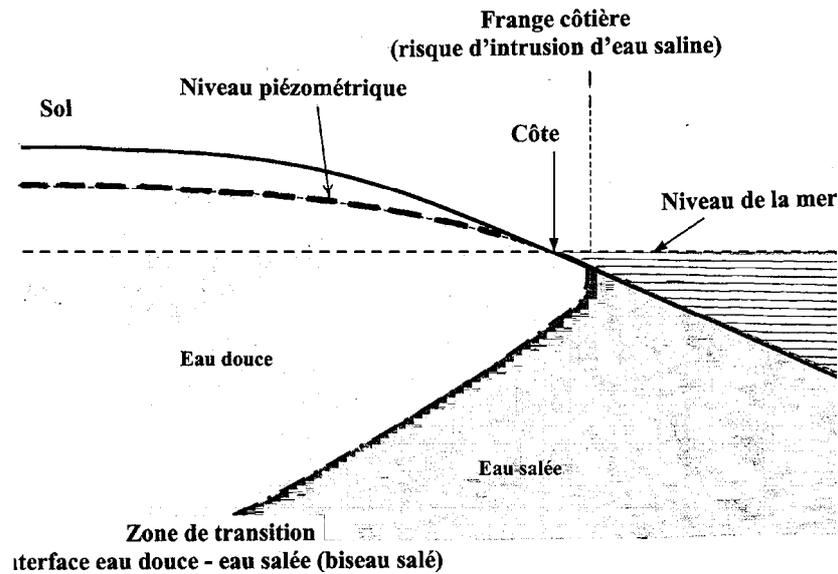


Figure 1- Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale : caractéristique frange côtière avec risque d'intrusion saline

4.3.3 – Le regroupement d'entités disjointes

Cette possibilité permet le regroupement d'entités hydrogéologiques disjointes appartenant au même type de masse d'eau et soumises aux mêmes sollicitations en terme de pression. Elle concerne :

- des entités disjointes horizontalement :

Exemple : Regroupement en une seule masse d'eau des plaines alluviales des côtières méditerranéennes (Fig. 3) ;

- des entités disjointes verticalement .

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 » appliqué ici à deux entités aquifères superposées.

Exemple : Regroupement de petits aquifères situés sur des buttes témoins disjointes pour lesquels il n'y a pas de prélèvement AEP ni d'enjeu (sables thanétiens) avec l'aquifère sous-jacent de plus grande extension (Craie).

Par contre ce caractère « regroupé » ne sera pas utilisé pour les masses d'eau de types socle dans le cas de regroupement de bassins versants contigus et pour les masses d'eau de type imperméable localement aquifère (qui regroupent de fait des petits aquifères) pour lesquelles ce caractère est implicite.

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 quantitatifs et qualitatifs des autres entités puisqu'il sera sans liaison hydraulique avec elles.

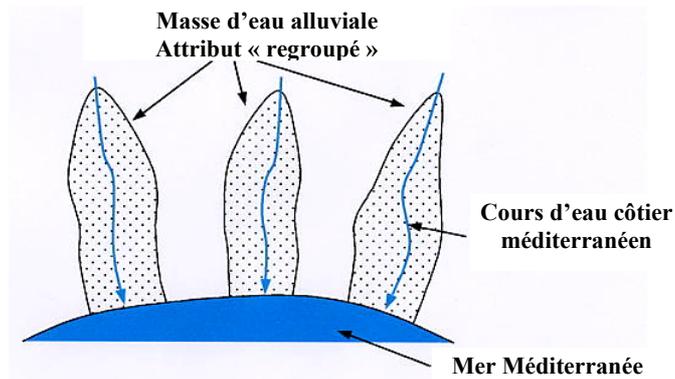


Figure 2 - Masse d'eau de type alluvial avec le caractère « regroupé »

5 – LES REGLES DE DECOUPAGE PAR TYPES DE MASSE D'EAU

5.1 – Dominante sédimentaire non alluviale

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 (voir chapitre 3).

Exemple : En Aquitaine, le système aquifère multicouche de l'Eocène présente une très grande extension (Fig. 3). 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.

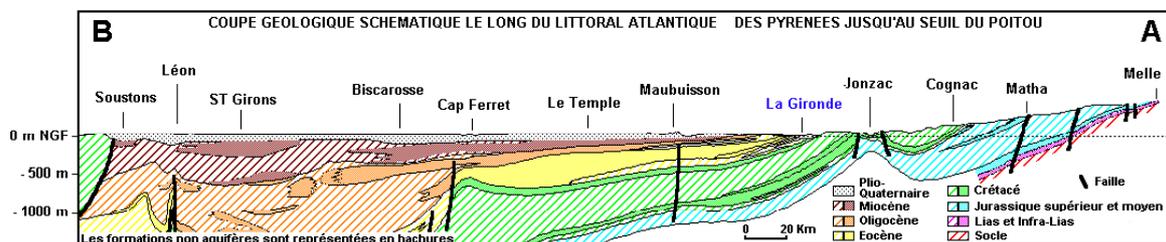


Figure 3 - Systèmes aquifères multicouches du bassin aquitain

Remarques

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.

Règles de découpage

• Le découpage entre parties libres et captives :

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** avec « **parties libre et captive associées** » (fig.5) en distinguant deux cas selon que c'est la partie libre qui est dominante (« majoritairement libre » fig. 4), ou l'inverse (« majoritairement captive »).
- soit scinder l'entité hydrogéologique en **deux masses d'eau distinctes**. Dans ce cas on spécifiera qu'il s'agit de « **parties libre et captive dissociées** » (Fig. 6) pour indiquer le lien qui les relie.

Exemple 1 : 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 (Fig.4).

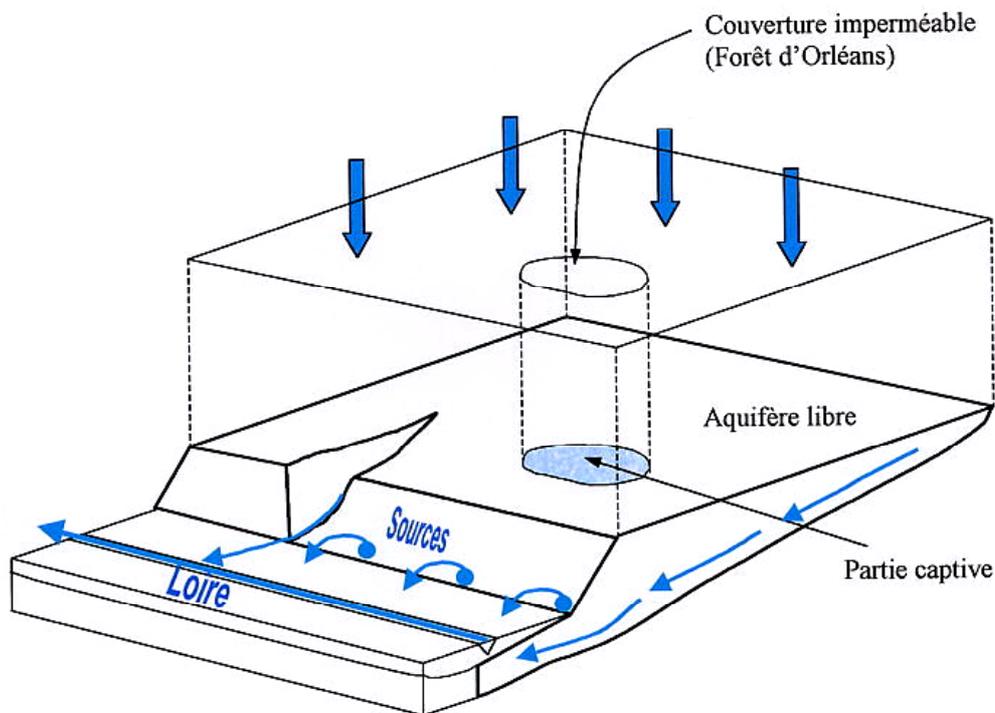


Figure 4- Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale, majoritairement libre (exemple de la Beauce)

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

- *la partie libre, relativement étendue (5400 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 (52100 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.

• 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.

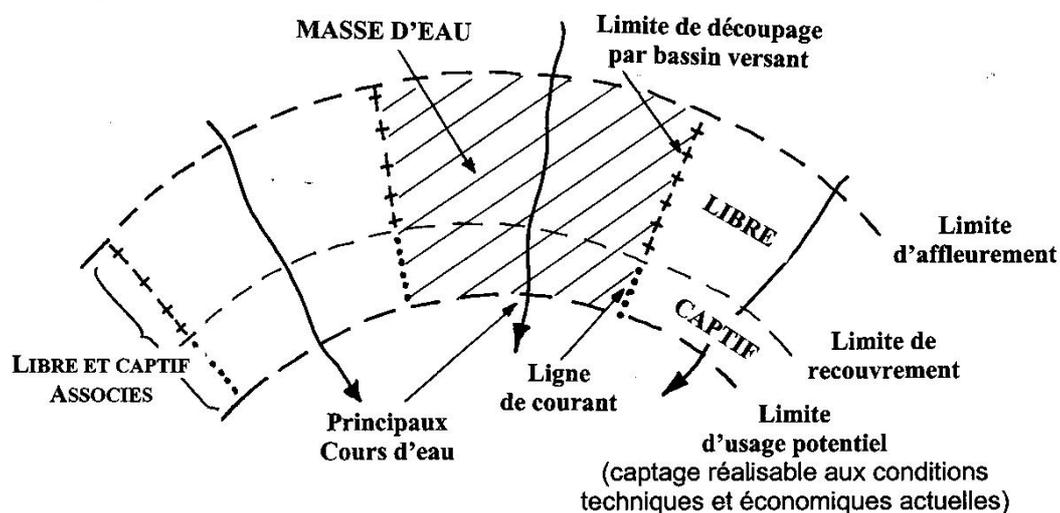


Figure 5- Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale avec parties libre et captive associées, majoritairement libre

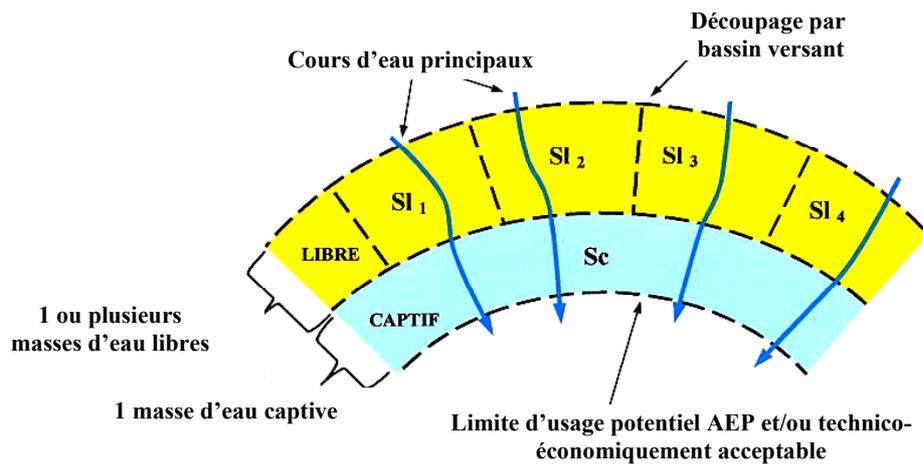


Figure 6- Masse d'eau sédimentaire non alluviale. Libres et captifs dissociés (vue en plan)

- Les limites d'extension de la partie captive

Elles correspondent :

- **Limites amont et aval**

- + en **amont hydraulique** à la limite de recouvrement ;
- + en **aval hydraulique** à la limite d'usage potentiel AEP : productivité, potabilité, technico-économiquement réalisable (Fig. 6 et 7). Cette limite sera tracée au mieux d'après les données disponibles sur les captages existant et sur la qualité des eaux (Banque SISEAU de la DASS, Banque de données du sous-Sol du BRGM, données Agences de l'Eau et DIREN, etc.).

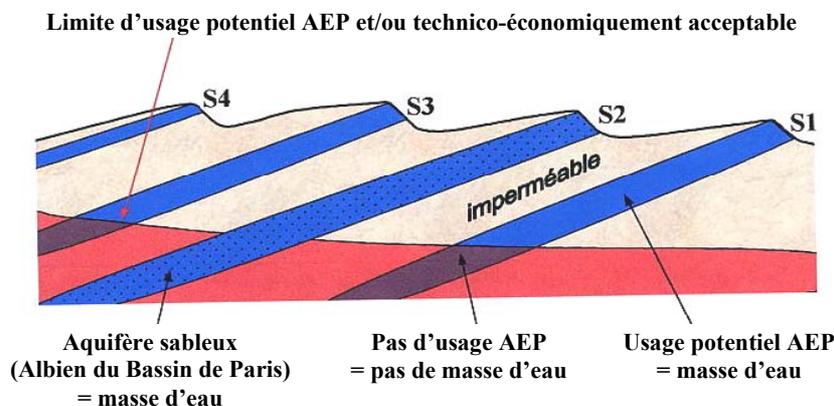


Figure 7- Masse d'eau de type sédimentaire. Délimitation aval des aquifères captifs (vue en coupe)

- **Limites latérales**

Dans le cas d'une masse d'eau avec parties libres et captives 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 (Fig. 8) jusqu'à une limite d'usage potentiel correspondant à l'implantation de captages aux conditions techniques et économiques actuelles. L'usage peut concerner l'eau potable ou des usages aquacoles.

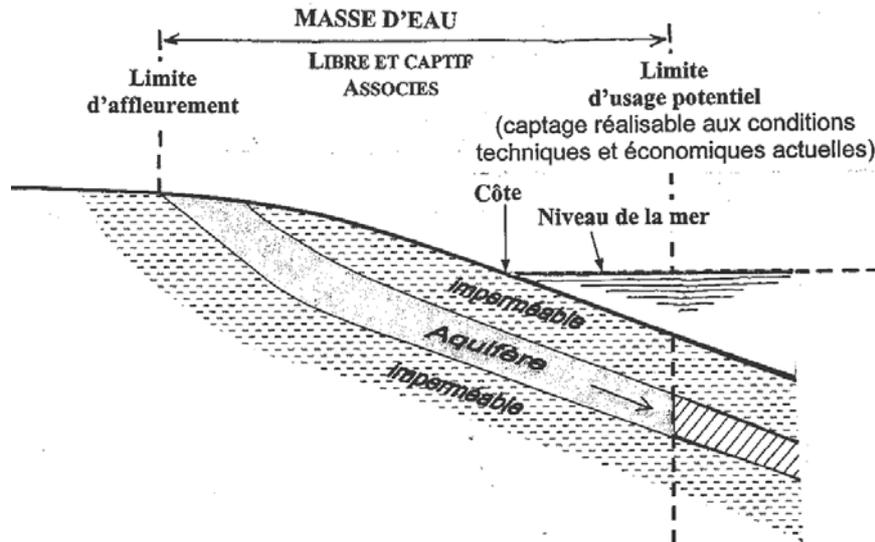


Figure 8 - Masse d'eau de type à dominante sédimentaire : limite d'extension sous la mer en bordure de côte (vue en coupe)

5.2 – Alluvial

Définition

Cette masse d'eau, identifiée par une lithologie spécifique différente de celle de l'encaissant, est obligatoirement caractérisée par une connexion globalement forte avec le cours d'eau. Elle présente :

- en général un fort contraste de perméabilité avec l'encaissant ;
- et/ou parfois par 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 soit 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 d'eau de surface liés).

Remarques

On ne considérera comme masse d'eau alluviale que celles ayant globalement une connexion forte avec le cours d'eau. Cependant, celle-ci peut être variable dans le temps et dans l'espace et, en un même lieu, dans le temps (Fig. 10).

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 systèmes aquifères alluviaux pourront, selon les cas être rangés dans l'une des trois classes suivantes de masse d'eau (Fig. 9) :

- masse d'eau alluviale sensu stricto (cf. définition ci avant) ;
- 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.

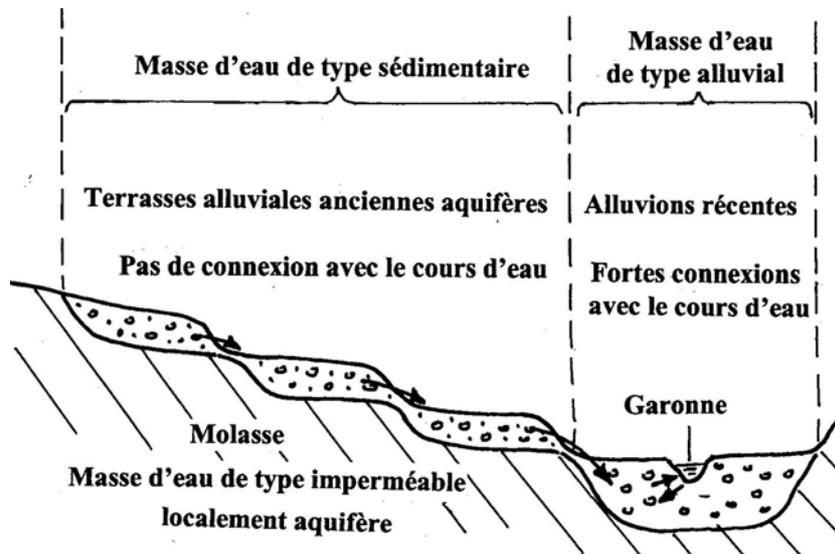
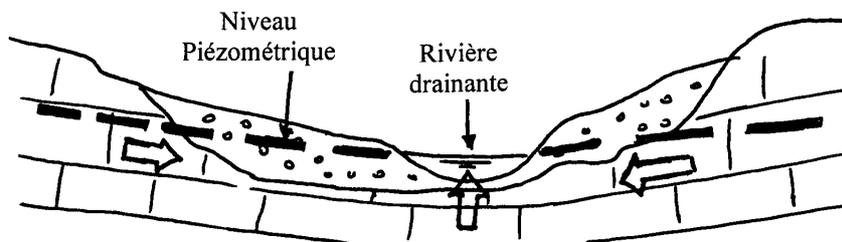
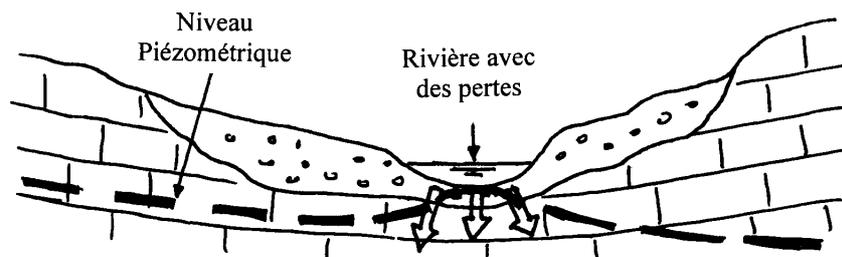


Figure 9- Différenciation suivant les connexions avec le cours d'eau entre une masse d'eau alluviale et des terrasses anciennes constituant une masse d'eau à dominante sédimentaire (vue en coupe)

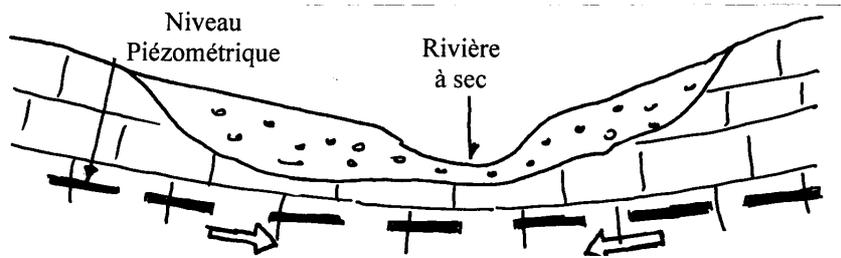
Exemple : en Adour-Garonne, la nappe alluviale de la Boutonne n'est pas identifiée comme une masse d'eau alluviale car il y a peu de différences de perméabilité entre l'encaissant et les alluvions et les enjeux actuels (qui sont de retrouver un débit correct à l'étiage) ne portent pas uniquement sur la zone alluviale mais sur une zone plus large englobant l'encaissant où s'effectuent les prélèvements. La figure 10 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'infiltre dans la zone non saturée de l'aquifère
(limite à condition de flux)**



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

Figure 10- Coupes schématiques à travers la vallée de la Boutonne (Charente –Maritime) illustrant les différents types de limites avec la rivière

Les masses d'eau alluviales 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 le Brie flandrien.*

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

Exemple : en Rhin Meuse, dans la plaine d'Alsace, on pourra regrouper en une seule masse d'eau :

- 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 Muschelkalc et les Grès du Trias Inférieur du fossé rhénan ;
- une partie des marnes de l'Oligocène de la bordure du fossé rhénan.

Règles de découpage

- La masse d'eau alluviale 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 fera 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.
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 : en Rhône Méditerranée Corse 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 nécessitent d'en faire une masse d'eau à part entière malgré sa petite taille (45 km²).

Exemple 2 : en Rhin Meuse, en raison des forts rejets de chlorures dans la Moselle au niveau de Nancy on identifiera deux masses d'eau de type alluvial de part et d'autre de Nancy : une en amont englobant les alluvions de la Meurthe et de la Moselle, une en aval sur la Moselle.

Exemple 3 : en Seine Normandie, la nappes alluviale de la Bassée sur la Seine entre Nogent et Montereau doit être identifiée comme une masse d'eau alluviale compte tenu de son importance pour l'alimentation en eau future du sud-est de la région parisienne du Perthois.

5.3 - Système hydraulique composite propre aux zones intensément plissées de montagne

Définition

Ces masses d'eau correspondent 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.

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.

Exemples :

- *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.*

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 devra conduire, en respectant cette règle, à une taille de masse d'eau compatible avec une échelle de gestion locale.

Exemple : en Rhône Méditerranée Corse, le domaine plissé du bassin versant de la haute et moyenne Durance (7627 km².) ou les massifs calcaires péri alpins (fig. 11) plus ou moins plissés sont rangés dans ce type de masse d'eau. Ils seront découpés en plusieurs masses d'eau délimitées par les cours d'eau ou les chuses : 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.

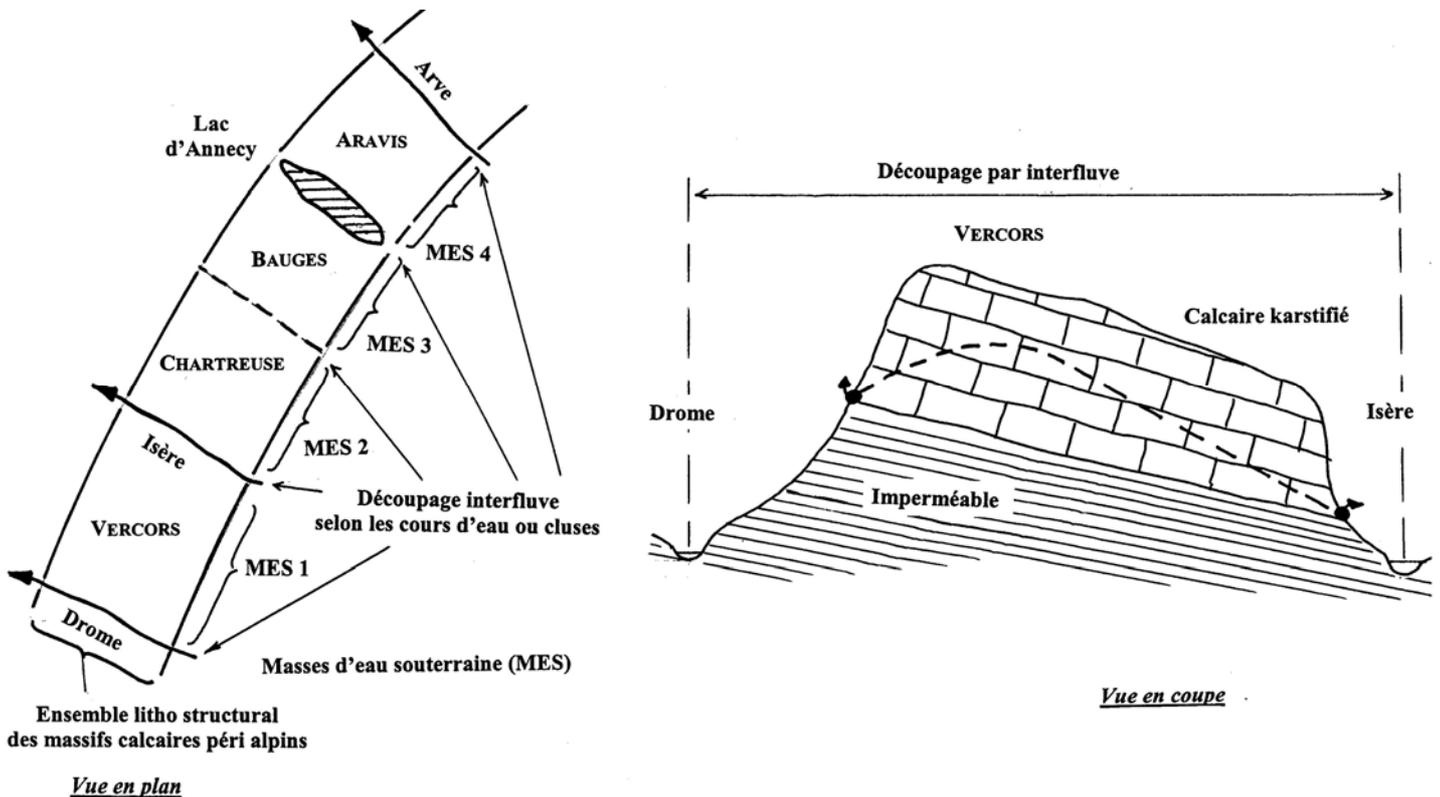


Figure 11- Découpage interfluve de masses d'eau de type système hydraulique composite propre aux zones intensément plissées de montagne (Cas des massifs calcaires péri alpins).

5.4 – Socle

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 :

En Rhin-Meuse le Massif Vosgien (3406 km²)

En Loire-Bretagne nombreuses masses d'eau de ce type.

Remarques

Les écoulements superficiels sont prépondérants par rapport aux écoulements souterrains.

Certaines masses d'eau ayant une lithologie différente de celle du socle mais un comportement de milieu fissuré sont assimilées au type socle.

Exemple : Calcaires métamorphisés du Boulonnais et Calcaires de l'Avesnois en Artois-Picardie.

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

Exemple : La Montagne Noire, dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse, rangée dans le système hydraulique composite propre aux zones intensément plissées de montagne.

Règles de découpage

- Le découpage est effectué selon des limites de bassin versant hydrographique. Globalement les deux champs d'écoulements 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 terme 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 (Fig. 12).

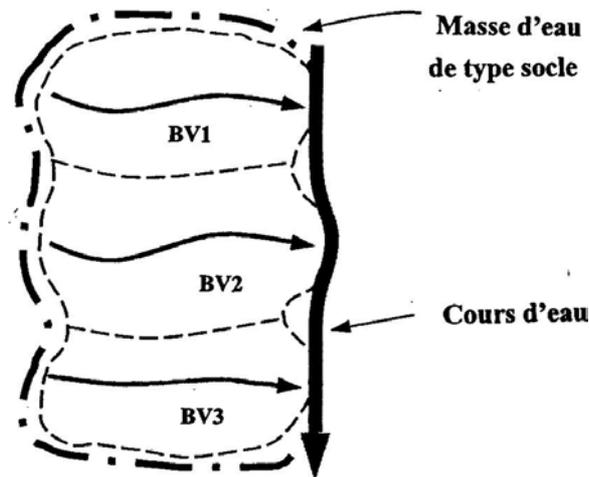


Figure 12- Regroupement de bassins versants contigus de type socle en une seule masse d'eau (Caractère « regroupé » implicite)

- Les limites de découpage peuvent localement correspondre à celle des SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux).
Exemple : 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-districts.
- Dans les zones de montagnes récentes (Pyrénées, Alpes) les massifs de socle seront identifiés de façon spécifique par rapport à l'intensément plissé s'il existe un enjeu important (thermalisme, eau potable, etc.).

5.5 - Edifice volcanique

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 (Fig. 13), du Mont Dore et du Cézallier.

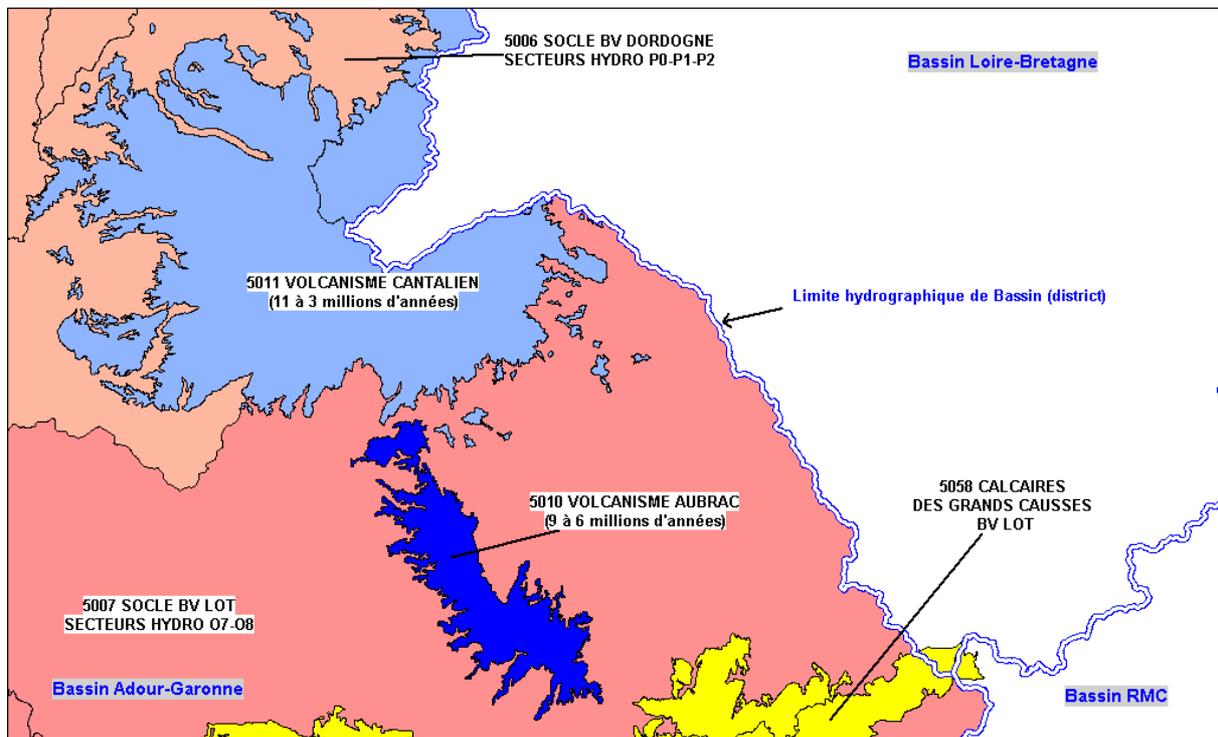


Figure 13 - Masse d'eau de type édifice volcanique (Exemple du Cantal et de l'Aubrac trans-districts découpés par bassins versants hydrographiques)

Remarques

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

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

- Si l'édifice volcanique est trans-districts, il est décomposé en plusieurs masses d'eau selon les limites hydrographiques. Pour un même édifice volcanique, les deux masses d'eau ainsi délimitées seront dénommées du nom de l'édifice suivi du nom du bassin hydrographique.

Exemple : les édifices du Cantal, du Cézallier et du Mont Dore sont trans-districts entre les bassins Loire Bretagne et Adour-Garonne.

Pour le Cantal les 2 masses d'eau pourront être dénommées :

- + *Volcanisme Cantal - BV Loire*
- + *Volcanisme Cantal - BV Adour-Garonne*
- + *Volcanisme Aubrac.*

5.6 - Système imperméable localement aquifère

Définition

Ce type de masse d'eau correspond à des formations sédimentaires peu ou pas aquifères en grand (domaine hydrogéologique de J. Margat) renfermant de petits aquifères disjoints, disséminés et dont les limites sont souvent mal connues (Fig. 14).

Remarques

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 50 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.

Du fait de leur définition, certaines de ces masses d'eau peuvent être très étendues...

Exemple : la molasse en Adour-Garonne couvre près de 20000 km².

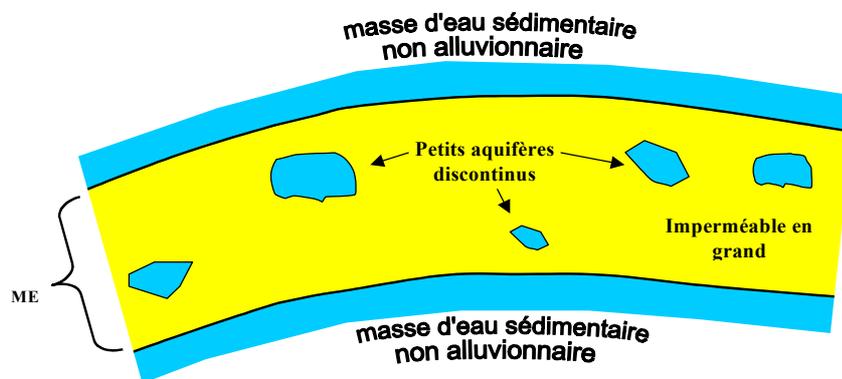


Figure 14 - Schéma d'une masse d'eau de type système imperméable localement aquifère

Règles de découpage

- Le contour de ce type de masse d'eau correspond à celui de la zone d'affleurement du domaine hydrogéologique.
- Dans de grands bassins sédimentaires l'auréole correspondant à ces domaines peut, si cela présente un intérêt en terme de gestion, être scindée latéralement en plusieurs masses d'eau de taille significative selon des limites de bassin versant et/ou d'interfluve.

6 - PRINCIPES DE DECOUPAGE ET DE RATTACHEMENT DES MASSES D'EAU TRANS-DISTRICT

La directive cadre précise que chaque masse d'eau souterraine doit être rattachée à un district, 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 districts elle est dite trans-districts. La directive demande dans ce cas de rattacher la masse d'eau souterraine au district le plus proche ou le plus approprié.

Le choix du district de rattachement sera fait en opérant de la façon décrite ci après.

Lorsque des masses d'eau trans-district sont identifiées, il convient au préalable de procéder à une caractérisation rapide des enjeux en terme 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. Le rattachement de la masse d'eau au district est effectué comme suit :

- rattachement au district sur lequel se situe la plus grande partie de la masse d'eau ;
- si la masse d'eau est équitablement répartie entre les districts, rattachement de la masse d'eau en fonction du sens d'écoulement au district situé à l'aval hydraulique ou au district 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-district ; 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 possible en terme hydrogéologique (*ce qui n'est pas toujours le cas en particulier lorsque la masse d'eau doit être gérée de façon globale comme la Beauce*), réduit ces situations. Dans le dernier exercice de délimitation, les masses d'eau trans-district sont à l'heure actuelle de l'ordre de 35.

Les édifices volcaniques trans-districts sont redécoupés en plusieurs masses d'eau selon les limites hydrographiques, chacune étant rattachée au district correspondant (cf. Fig. 13).

Pour les masses d'eau caractérisées par des circulations karstiques, il conviendra de prendre la limite de l'aire de drainage si elle est connue (cf. Fig. 16). Dans l'attente de sa détermination par des investigations complémentaires, on tracera, à dire d'expert, une limite théorique plausible.

Les masses d'eau trans-districts doivent faire l'objet de discussions entre les bassins. En attendant que les limites officielles des districts soient arrêtées, le caractère trans-district des masses d'eau sera évalué par rapport aux limites des bassins hydrographiques. Dès que les limites des districts hydrographiques auront été définitivement arrêtées, il conviendra de confirmer le caractère trans-district des masses d'eau.

Sur la base de ces propositions de rattachement, les bassins de rattachement concernés prendront en charge la caractérisation de ces masses d'eau. Les affectations définitives seront décidées par les comités de bassin

Une masse d'eau trans-frontière est à cheval sur deux pays appartenant à la Communauté européenne. Des contacts sont à prévoir par les bassins avec les états membres concernés.

7 – JUSTIFICATION DE POINTS PARTICULIERS

7.1 – Limite entre parties libre et captive

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 (Fig. 15). 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 ».

La nature des écoulements est un élément essentiel de la vulnérabilité intrinsèque de la masse d'eau notamment vis à vis des pollutions diffuses.

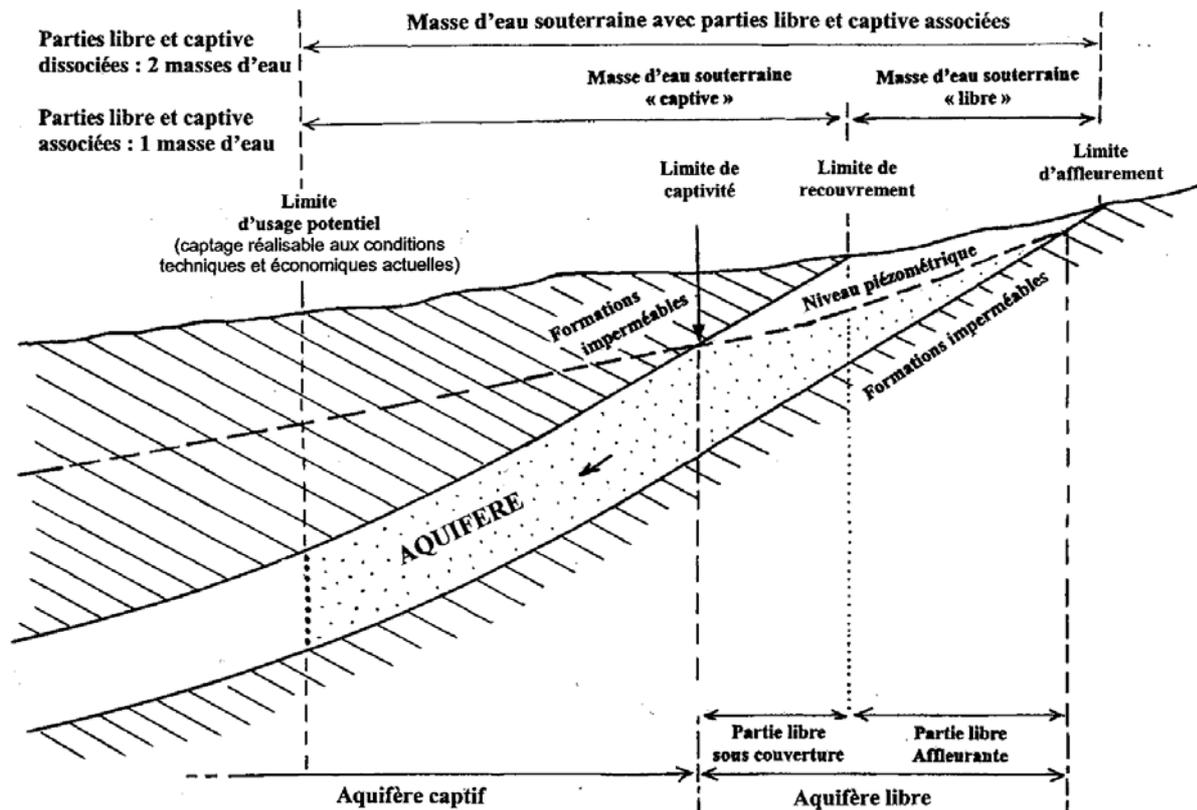


Figure 15 - Limites des parties libre et captive d'une masse d'eau souterraine de type à dominante sédimentaire non alluviale (vue en coupe)

7.2 – 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.

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 1 et quelques dizaines de kilomètres par jour.

Exemples :

- dans le Bassin d'Aquitaine 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. A 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, un modèle mathématique des nappes des calcaires du Jurassique moyen a permis de calculer une infiltration vers la nappe captive de l'ordre de 1 l/s/km². En zone captive, les prélèvements par forage proviennent d'abord d'une décompression du milieu. De récentes simulations de modèles mathématiques sur les aquifères du bassin aquitain 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 de du réservoir, et le surplus en eaux est drainé par les sources karstiques puis par les rivières vers lesquelles l'organisation du drainage les conduit à des vitesses élevées.

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.

Exemple : En Aquitaine les nappes du Crétacé présentent une infiltration 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 les parties captives de l'aquifère. Cette valeur résulte d'un calcul. Elle est du même ordre de grandeur que l'incertitude sur la mesure des débits par jaugeage des sources ou des cours d'eau.

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 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.

7.3 – Traitement des karsts

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 souterraines, 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 préparatoires engagés dans le cadre de la révision (Version 2) du référentiel hydrogéologique de la France (BD RHF ®) ont entériné le fait que le caractère karstique ne concerne pas forcément toute l'étendue d'une entité hydrogéologique. De plus, en l'absence de connaissance suffisante, certaines entités peuvent être qualifiées de « potentiellement karstique ».

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), on ne peut en faire 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 : Le Grand Causse du bassin versant du Lot (Fig. 16) est une masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale avec le caractère karstique. Elle est trans-district entre les bassins Adour-Garonne, Rhône-Méditerranée-Corse et Loire-Bretagne. Majoritairement située en Adour-Garonne où se situent les enjeux principaux, elle sera 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.

Exemple : Les Calcaires du Boulonnais ou de l'Avesnois en Artois-Picardie).

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

Exemples :

Les Karsts des Calcaires du Barrois dans le Sud-Est du bassin parisien et des Grandes Causses en Adour-Garonne affectent la partie libre ou faiblement captive.

Dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse, les karsts du Canyon du Rhône comportent des parties captives profondes liées à un paléoniveau situé à plus de 800 m de profondeur. Ces karsts sont représentés par la Fontaine de Vaucluse - Synclinal d'Apt, l'Urgonien du Gardon et la Source sous-marine de Port-Miou.

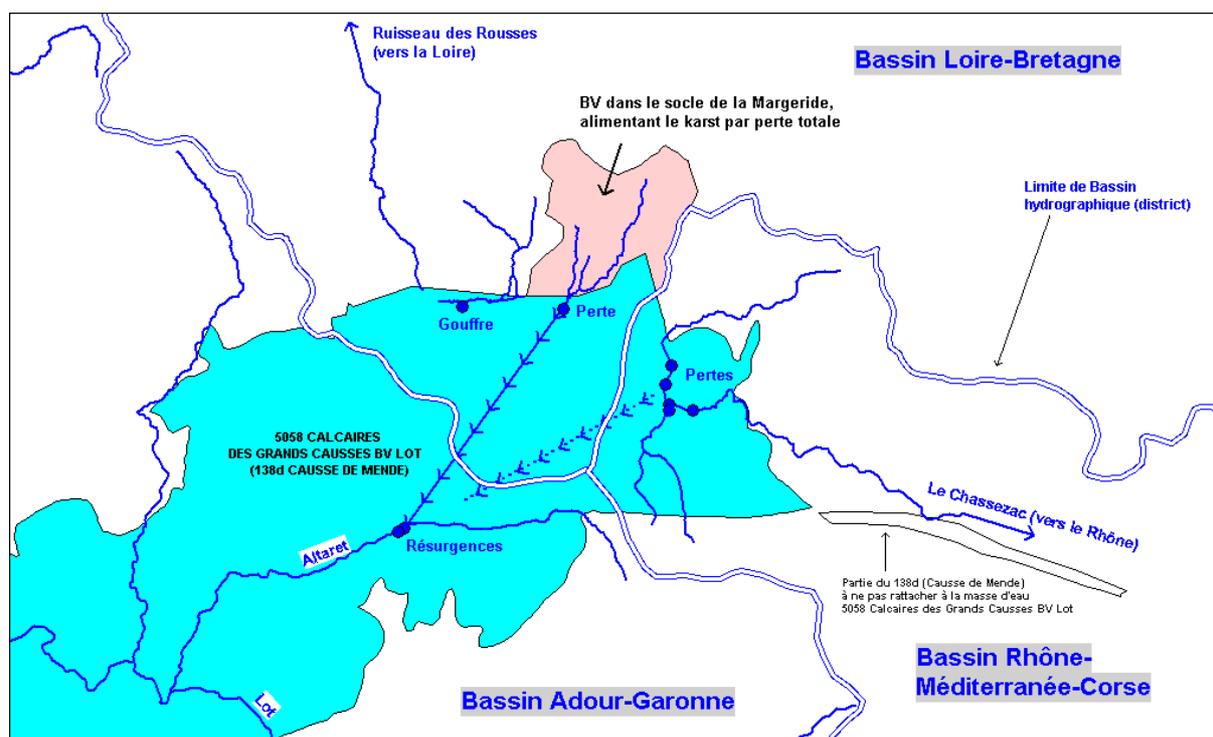


Figure 16 - Grand Causse du bassin versant du Lot : Masse d'eau de type à dominante sédimentaire non alluviale avec le caractère karstique

7.4 – Masses d'eau souterraine dans les îles (hors DOM)

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

- les **îles de grande taille** : Corse, Réunion, Martinique et Guadeloupe dans lesquelles on identifiera, comme sur le continent, différentes masses d'eau souterraines ;
- les **îles de taille moyenne** et celles pour lesquelles il existe un enjeu AEP important (îles de Ré, d'Oléron, Noirmoutier, Belle-Île...) où on considérera, même s'il existe plusieurs systèmes aquifères, que chacune d'elles correspond à une seule masse d'eau concernée par un problème de gestion quantitative;
- les nombreuses **petites îles** et celles pour lesquelles il n'y a pas d'enjeu important qui pourront être regroupées comme des entités hydrogéologiques disjointes soumises aux mêmes sollicitations en terme de pression .

7.5 – Connexions avec écosystèmes d'eaux superficielles : relations nappe - rivière

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 systèmes terrestres liés (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 directement lorsque les alluvions sont peu ou pas développées et que le cours d'eau est en contact direct avec l'aquifère ;
- soit par l'intermédiaire des nappes alluviales.

Les relations quantitatives nappe – rivière peuvent être de 3 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. Fig. 10) :

- dans le secteur amont, la rivière draine la nappe (limite à condition de potentiel) ;
- dans le secteur médian, la rivière est perchée et s'infiltrate 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 pompages (Fig. 17) :

- 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 le pompage 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 est diminué.

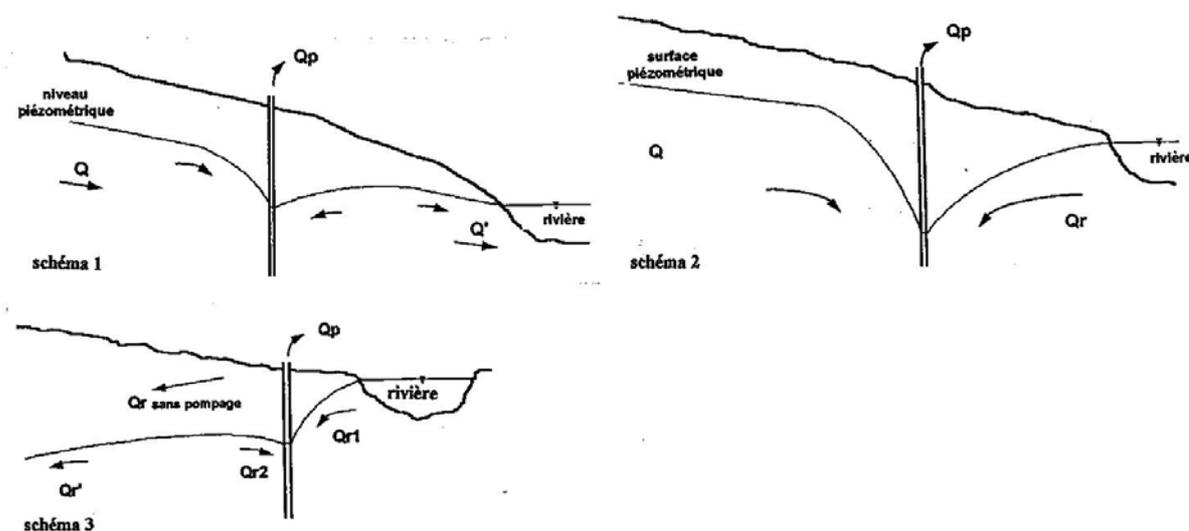


Figure 17- Coupes schématiques montrant les différents types de relations nappe – rivière lorsque la nappe est soumise à un captage

7.6 – Cas particulier des zones humides des marais côtiers

Les relations entre les masses d'eau souterraine et les milieux terrestres liés 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. De récentes études (F. Giraud, 2002) ont montré que ces sédiments argileux et argilo-sableux réputés imperméables sont en fait 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), on représentera à l'emplacement de ces marais côtiers la masse d'eau souterraine captive sous-jacente.

* * *