

Synthèse hydrogéologique du Languedoc Roussillon – Bassin Rhône Méditerranée

Rapport final

BRGM/RP -60305-FR
Décembre 2011

Synthèse hydrogéologique du Languedoc Roussillon – Bassin Rhône Méditerranée

Rapport final

BRGM/RP-60305-FR

Décembre 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2010 PSP10LRO13

C. Lamotte

Avec la collaboration de J.P. Marchal, Audrey Confoland, Mathieu Blanc

Vérificateur :

Nom : SEGUIN

Date : 21/11/2011

Signature :



Approbateur :

Nom : AUDIBERT

Date :

Signature :

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 du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : Référentiel hydrogéologique, système aquifère, domaine hydrogéologique, formations sédimentaires, socle, karst, intensément plissé, alluvions, Languedoc Roussillon

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

Lamotte C., Marchal J.P. (2011) – Synthèse hydrogéologique du Languedoc Roussillon. Bassin Rhône Méditerranée. Rapport final - BRGM/RP-60305-FR, 95 p., 5 ill., 5 ann..

Synthèse

L'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse, en partenariat avec le BRGM, dans le cadre de ses missions de Service Public, a souhaité mettre à jour et compléter les informations disponibles sur l'ensemble des entités hydrogéologiques de son bassin. Elle en a confié la réalisation au BRGM. L'objectif premier de ce projet était la valorisation de ces données hydrogéologiques par la publication de documents régionaux sous forme papier (catalogues, rapports, accompagnés de documents cartographiques) et leur organisation sous forme de fichiers numériques aisément adaptables et actualisables.

A ces différents travaux s'est superposée au niveau national la construction du Référentiel Hydrogéologique Français (BD-LISA). Les entités hydrogéologiques ont donc été délimitées aux trois niveaux de détail prévus dans le référentiel BD-LISA (national, régional, local) dans les thèmes Socle, Intensément plissé et Sédimentaire :

- 69 unités de niveau local (NV3) dans le thème Sédimentaire, dont 7 unités alluvions anciennes et 35 de type karstique, 35 dans le thème Socle et 33 dans le thème Intensément plissé ;
- 113 entités de niveau régional (NV2), répartis en Systèmes aquifères et Domaines hydrogéologiques (conformément à la terminologie de la méthodologie nationale) : 79 dans le thème Sédimentaire (dont 32 entités de type karstique et 4 entités correspondant à des alluvions anciennes), 18 dans le thème Socle et 17 dans le thème Intensément plissé ;

A ces entités « principales » s'ajoutent des entités « complémentaires » constituant la surcouche du référentiel :

- pour les entités de niveau local (NV3) : 40 entités alluviales productives, 5 entités sédimentaires dont 1 unité sédimentaire de type karstique (calcaires dévoniens du Causse de Thuir-Saint Colombe) qui n'a pas d'entité « mère », et 2 entités « alluvions anciennes » productives,
- pour les entités de niveau régional (NV2) : 14 entités alluviales productives, 1 entité dans le thème « volcanisme ».

Une géodatabase sous ArcGis (actuellement version 9.31) rassemblant toutes ces entités, leurs limites et les informations associées a été constituée.

L'objectif de cette synthèse hydrogéologique sur la région Languedoc Roussillon consistait, pour les entités hydrogéologiques délimitées, à rassembler les données disponibles, à les interpréter, à les porter à connaissance et à les valoriser sous forme de documents synthétiques destinés aux différents acteurs du domaine de l'eau.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Contexte	11
2.1. HISTORIQUE DU PROJET	11
2.2. PRISE EN COMPTE DE L'OPERATION NATIONALE DE MISE A JOUR DU REFERENTIEL HYDROGEOLOGIQUE FRANÇAIS (BD LISA)	11
2.3. ORGANISATION DES TRAVAUX EN REGION LANGUEDOC ROUSSILLON	13
3. Caractéristiques du référentiel BD LISA et méthodologie de découpage des entités	15
3.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION.....	15
3.1.1. Les thèmes du référentiel et de la synthèse hydrogéologique Rhône Méditerranée et Corse	15
3.1.2. Les niveaux de délimitation des entités hydrogéologiques	15
3.1.3. Nature des entités hydrogéologiques	16
3.1.4. Codification et dénomination des entités	17
3.2. LE MODELE DE REPRESENTATION DES ENTITES.....	18
3.2.1. Principes sous-jacents.....	18
3.2.2. Ordre absolu et ordre relatif.....	19
3.3. PRINCIPES ET DEMARCHE DE DELIMITATION	21
3.3.1. Principes de base du découpage	21
3.3.2. Démarche générale	21
3.3.3. Vérification de la topologie	23
3.4. CARACTERISATION DES ENTITES ET DES LIMITES	24
3.4.1. Caractérisation des entités	24
3.4.2. Caractérisation des limites	25
4. Délimitation des entités et numérisation	27
4.1. SECTEUR D'ETUDE : LA REGION LANGUEDOC ROUSSILLON.....	27
4.2. DONNEES DE REFERENCE	27
4.3. ELABORATION DES TABLEAUX MULTI-EHELLES	28
4.3.1. Formations du thème sédimentaire, du thème alluvial et entités karstiques	28

4.3.2. Formations des thèmes "Socle" et "Intensément plissé"	29
4.4. METHODOLOGIE DE DELIMITATION DES ENTITES DU SEDIMENTAIRE ET DES ENTITES KARSTIQUES.....	30
4.4.1. Parties affleurantes des entités.....	30
4.4.2. Parties sous couverture des entités	31
4.4.3. Cas des entités karstiques	31
4.5. METHODOLOGIE DE DELIMITATION DES ENTITES DU SOCLE	32
4.5.1. Rappel de la méthodologie préconisée dans le guide national.....	32
4.5.2. Données disponibles en région Languedoc Roussillon	33
4.5.3. Démarche suivie	34
4.6. METHODOLOGIE DE DELIMITATION DES ENTITES DE L'INTENSEMENT PLISSE	35
4.6.1. Rappel de la méthodologie préconisée dans le guide national.....	35
4.6.2. Démarche suivie	35
4.7. DELIMITATION DES ENTITES COMPLEMENTAIRES.....	36
4.7.1. Entités du thème alluvial	36
4.7.2. Autres formations (niveau local).....	37
4.7.3. Volcanisme.....	37
4.8. VALIDATION DES CONTOURS DES ENTITES	38
5. Bases de données.....	39
5.1. BASE DE DONNEES DES ENTITES HYDROGEOLOGIQUES.....	39
5.2. BASE DE DONNEES BIBLIOGRAPHIQUE	39
5.3. DONNEES CARTOGRAPHIQUES	39
5.3.1. Coupes et logs	39
5.3.2. Sources, cavités, pertes et traçages	40
5.3.3. Prélèvements	40
5.3.4. Réseaux de surveillance	40
5.3.5. Isopièzes et sens d'écoulement	40
5.3.6. Isohypes (toit et mur des entités)	40
5.3.7. Cours d'eau.....	41
5.3.8. Autres données	41
6. Atlas hydrogéologique	43
6.1. LES FICHES DESCRIPTIVES	43

6.2. LES CARTES	44
6.3. EDITION DU DVD ROM	45
7. Conclusion	47

Liste des illustrations

Illustration 1 : Les types d'entités hydrogéologiques	16
Illustration 2 : Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités	20
Illustration 3 : Nature des contacts entre entités et limites hydrogéologiques correspondantes	26
Illustration 4 : La zone d'étude	28
Illustration 5 : Liste des experts régionaux.....	38

Liste des annexes

Annexe 1 Le modèle de gestion du référentiel et la géodatabase des entités	49
Annexe 2 Tableau multi-échelle des entités principales.....	73
Annexe 3 Tableau multi-échelle des entités complémentaires.....	81
Annexe 4 Compte-rendus des réunions de validation du contour des entités hydrogéologiques.....	85
Annexe 5 Fiches descriptives et cartes des entités hydrogéologiques de la région Languedoc Roussillon.....	95

1. Introduction

L'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse, en partenariat avec le BRGM dans le cadre de ses missions de Service Public, a souhaité mettre à jour et compléter les informations disponibles sur l'ensemble des entités hydrogéologiques de son bassin. Elle en a confié la réalisation au BRGM. L'objectif premier de ce projet était la valorisation de ces données hydrogéologiques par la publication de documents régionaux sous forme papier (catalogues, rapports, accompagnés de documents cartographiques) et leur organisation sous forme de fichiers numériques aisément adaptables et actualisables.

Cette réactualisation a déjà été menée en Languedoc Roussillon, Bourgogne, Franche-Comté, Rhône-Alpes, Provence Alpes Côtes d'Azur et Corse.

A ces différents travaux s'est superposée au niveau national la construction du Référentiel Hydrogéologique Français (BD LISA¹). Ce rapport fait le bilan du travail effectué pour l'Agence, et son articulation avec le projet national.

¹ Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères.

2. Contexte

2.1. HISTORIQUE DU PROJET

La synthèse hydrogéologique du Languedoc Roussillon est un travail particulièrement ambitieux, qui a déjà fait l'objet de plusieurs conventions entre l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et le BRGM (conventions n° 970571 et n° 03C000001). Ces précédents travaux d'actualisation du découpage des entités hydrogéologiques se sont déroulés de 1996 à 2005. La dernière actualisation, sur laquelle s'appuie le présent travail, a fait l'objet du rapport BRGM RP-53020-FR², ainsi que d'un CD contenant l'atlas hydrogéologique (cartes, coupes, fiches descriptives, ...) réalisé alors.

Par la suite, d'autres conventions avec l'Agence de l'Eau ont permis cette actualisation dans les autres régions des bassins Rhône Méditerranée et Corse. Ce travail est en cours de finalisation en Rhône-Alpes, Bourgogne, Franche-Comté, ainsi qu'en Provence Alpes Côte d'Azur et en Corse.

2.2. PRISE EN COMPTE DE L'OPERATION NATIONALE DE MISE A JOUR DU REFERENTIEL HYDROGEOLOGIQUE FRANÇAIS (BD LISA)

Parallèlement à l'ensemble de ces travaux, l'élaboration du référentiel hydrogéologique français a été lancée par le Ministère en charge de l'Environnement depuis 2001.

Un premier référentiel hydrogéologique appelé "Base de données du Référentiel Hydrogéologique Français - BDRHF® V1" a été réalisé au niveau national à partir de la synthèse des travaux disponibles dans les différents bassins de 1995 à 2000. Il s'agissait de réaliser un système d'identification unique et un repérage spatial des aquifères permettant de localiser, de traiter et d'échanger des informations, d'agglomérer et de bancariser des données en vue d'évaluer les ressources en eau souterraines et de les gérer.

Plusieurs défauts avaient été mis en évidence et notamment, le manque d'homogénéité, l'absence de hiérarchisation des entités et de représentation cartographique des parties non affleurantes. Ce référentiel était en 2D et manquait parfois de précision sur certaines formations : socle, volcanisme, intensément plissé, séries multicouches. Pour remédier à ces insuffisances, à la demande de la Direction de l'Eau du Ministère et dans le cadre des travaux du Réseau National des Données sur l'Eau (RNDE), le BRGM a été chargé de l'élaboration de la version 2 du référentiel hydrogéologique : BD RHF-V2, renommé BD LISA en 2008.

Un premier découpage du territoire en entités hydrogéologiques a été réalisé sur la période 2001-2003 sous la direction d'un comité de pilotage, avec la participation du SANDRE et un secrétariat assuré par la Direction de l'Eau.

² Actualisation de la synthèse hydrogéologique de la région Languedoc Roussillon – Rapport méthodologique, J.P. Marchal, M. Blaise, Août 2004.

Ces entités ont été identifiées et délimitées de façon simplifiée au niveau national et régional (niveau 1 et niveau 2) sur l'ensemble de la France. Cette première délimitation est décrite dans le rapport : « BDRHF - Découpage préalable et global. CDROM des documents. Présentation du contenu. Rapport BRGM/RP-53127 - 2004 (V. Petit) ».

Mais cette première phase a surtout permis d'élaborer une méthodologie décrite dans le rapport : « Référentiel hydrogéologique BD RHF. Guide méthodologique de découpage des entités. Rapport final. Rapport BRGM/RP-52261-FR – 2003 (V. Petit, F. Hanot, T. Pointet) ».

Parallèlement, le groupe de travail du SANDRE élaborait un document rassemblant des définitions sémantiques, conceptuelles et techniques et précisant le modèle de données conceptuel pour l'élaboration de la base ainsi que la codification des entités hydrogéologiques : "Description des données sur le référentiel hydrogéologique – Sandre – 2004".

En 2004 le programme de construction proprement dite du référentiel a été différé pour mettre en place un référentiel des "masses d'eau" souterraines définies au sens de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE).

En 2006, la construction du référentiel BD-LISA a repris (délimitation et caractérisation des entités, intégration dans un SIG) et s'est étendue progressivement à l'ensemble du territoire et des DOM. Sa diffusion est prévue début 2012.

Le référentiel BD LISA constitue une évolution par rapport à la version précédente, notamment par sa capacité à représenter les structures multicouches. Il a pour but d'identifier, de cartographier et de qualifier les entités hydrogéologiques du territoire français selon trois niveaux de détails progressifs, à savoir l'échelle nationale (1/1 000 000), régionale (1/250 000) et locale (1/50 000).

Un « modèle de gestion du référentiel », développé sous ArcGis (actuellement version 9.31), permet de réaliser l'assemblage 3D des entités dans un SIG et de contrôler la cohérence topologique de l'ensemble.

L'achèvement du référentiel BDLISA est prévu début 2012 avec l'intégration du découpage réalisé dans le bassin RMC.

La construction du référentiel hydrogéologique du Bassin Rhône-Méditerranée en général et plus particulièrement du Languedoc-Roussillon a suivi la méthodologie définie pour le Référentiel National BD-LISA (règles de construction et concepts).

C'est l'objet de la présente actualisation qui prend également en compte l'état des connaissances sur les entités qui ont fait l'objet d'études récentes (après 2005), les contours des cartes géologiques harmonisées ainsi que l'adéquation des contours des entités régionales avec celles des bassins voisins (bassins Adour Garonne et Loire Bretagne).

2.3. ORGANISATION DES TRAVAUX EN REGION LANGUEDOC ROUSSILLON

L'organisation mise en place pour la conduite des travaux en région Languedoc Roussillon est la suivante :

- en ce qui concerne le Référentiel BDLISA, l'opération nationale intégrera le découpage réalisé dans le cadre de la synthèse hydrogéologique sur le bassin RM&C ;
- en ce qui concerne la synthèse hydrogéologique :
 - l'opération de bassin, entièrement cofinancée par l'Agence de l'Eau RM&C et le BRGM, vise à satisfaire les objectifs de bassin : découpage des entités d'intérêt local (NV3) et régional (NV2), validation des propositions de découpage avec les partenaires locaux, réalisation d'atlas régionaux et de documents de valorisation de bassin) non prévus dans l'opération nationale ;
 - le BRGM prend en compte les derniers standards nationaux pour les travaux de bassin, notamment à travers la saisie des informations dans la base de données.

Un Comité de pilotage a été constitué. Plusieurs personnes ont été consultées pour valider les différents travaux réalisés (M. Assens, H. Planeilles, M. Yvroux, J. Grevellec, N. Liénart, J.M. François, et G. Rachou) (voir page 38). Leurs expériences de terrain et leurs connaissances régionales et locales ont été essentielles pour mener à bien l'ensemble de ce projet, enrichir et valider les rendus de l'étude (contours des entités hydrogéologiques, fiches descriptives constituant l'atlas hydrogéologique). Qu'ils soient remerciés pour le temps qu'ils ont bien voulu accorder à l'actualisation de la synthèse hydrogéologique de la région Languedoc Roussillon.

3. Caractéristiques du référentiel BD LISA et méthodologie de découpage des entités

La délimitation des entités hydrogéologiques respecte les grandes lignes de la méthodologie détaillée dans le guide méthodologique national (rapport BRGM/RP-52261-FR, 2003).

Dans ce chapitre sont rappelés succinctement les définitions et les points importants de la méthodologie nationale repris dans la synthèse hydrogéologique de la région Languedoc Roussillon.

3.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION

3.1.1. Les thèmes du référentiel et de la synthèse hydrogéologique Rhône Méditerranée et Corse

Le référentiel hydrogéologique est construit sur la base d'une subdivision du territoire en entités hydrogéologiques rattachées à cinq « thèmes » principaux :

- **thème alluvial** : ensemble des dépôts de plaine alluviale accompagné des terrasses connectées hydrauliquement avec les cours d'eau ;
- **thème sédimentaire** : ensemble des formations peu ou pas déformées, non métamorphisées des bassins sédimentaires ;
- **thème socle** : formations magmatiques et métamorphiques ;
- **thème volcanisme** : volcanisme tertiaire et quaternaire ayant conservé une géométrie, une morphologie et/ou une structure volcanique identifiable ;
- **thème intensément plissé** : ensemble de formations géologiques récemment plissées appartenant aux massifs montagneux alpins, pyrénéens, languedociens et jurassiens.

Ces cinq thèmes sont repris dans la synthèse hydrogéologique Rhône Méditerranée et Corse. Dans le thème Sédimentaire sont distinguées : les formations karstiques (dans la méthodologie nationale, le karst n'est pas un thème en soi, mais un attribut du thème sédimentaire) ; les alluvions anciennes, ensemble de dépôts alluviaux de terrasses sans connexion hydraulique avec les cours d'eau.

3.1.2. Les niveaux de délimitation des entités hydrogéologiques

Trois niveaux d'identification des entités hydrogéologiques ont été retenus dans ce nouveau référentiel. Ces niveaux d'utilisation reflètent les besoins très différents des futurs utilisateurs du référentiel. Ils ne définissent pas les échelles de numérisation (précisions du contour, qui est le 1/50 000) mais correspondent à des échelles

d'utilisation et de représentation de l'information (ils correspondent aussi à des échelles de visualisation cartographique différentes). Sont ainsi distingués :

- le **niveau national (NV1)** qui fournit une représentation nationale des grands ensembles hydrogéologiques (systèmes et domaines). Il met en évidence leur distribution spatiale et leur importance en tant que ressource quantitative. C'est le support d'études d'orientation à l'échelle nationale. La gamme d'échelle d'utilisation cartographique est comprise entre le 1/500 000 et le 1/1 000 000 ;
- le **niveau régional (NV2)** qui permet une représentation régionale ou par bassin des entités hydrogéologiques (échelle de visualisation de l'ordre du 1/250 000). Il doit permettre une qualification des systèmes aquifères au regard de leur importance en tant que ressource régionale, de leur vulnérabilité (à la sécheresse, aux pollutions) ;
- le **niveau local (NV3)** qui correspond à la représentation la plus détaillée du référentiel, à une échelle de l'ordre du 1/50 000. Il identifie l'ensemble des entités connues, en s'appuyant sur les deux niveaux précédents et en les complétant, dans certaines zones, par l'identification des unités aquifères locales. Il constitue le support d'études ponctuelles permettant d'améliorer les connaissances hydrogéologiques (cartes piézométriques, modélisation, etc.).

Le découpage en Languedoc Roussillon a concerné les niveaux 2 et 3.

3.1.3. Nature des entités hydrogéologiques

Une entité hydrogéologique est une partie de l'espace géologique délimité en fonction de ses potentialités aquifères. Suivant l'échelle d'identification de l'entité (niveau national, régional ou local) et selon que l'entité est aquifère ou peu aquifère, le guide méthodologique établit la classification suivante :

	Aquifère		Peu ou pas aquifère
Niveau national (NV1)	Grand Système Aquifère (GSA)		Grand Domaine Hydrogéologique (GDH)
Niveau régional (NV2)	Système Aquifère (SA)		Domaine Hydrogéologique (DH)
Niveau local (NV3)	Unité Aquifère (UA)	Unité semi-Perméable (USP)	Unité imperméable (UI)

Illustration 1 : Les types d'entités hydrogéologiques

• Le grand système aquifère (NV1)

Le grand système aquifère est un système physique composé d'un ou plusieurs systèmes aquifères et circonscrit par des limites litho-stratigraphiques et/ou structurales.

• **Le grand domaine hydrogéologique (NV1)**

Le grand domaine hydrogéologique est un système physique peu ou pas aquifère. Il peut contenir des formations aquifères mais sans grande extension latérale et isolées dans le massif imperméable.

• **Le système aquifère (NV2)**

Un système aquifère est une entité hydrogéologique aquifère issue d'une subdivision verticale ou horizontale d'un grand système aquifère ou d'un grand domaine hydrogéologique. La subdivision s'effectue sur, au moins l'un des critères suivants : lithologie, structure, stratigraphie, piézométrie, géochimie, hydraulique.

• **Le domaine hydrogéologique (NV2)**

Un domaine hydrogéologique est une entité hydrogéologique peu aquifère issue d'une subdivision verticale ou horizontale d'un grand domaine hydrogéologique ou d'un grand système. La subdivision s'effectue sur, au moins l'un des critères suivants : lithologie, structure, stratigraphie, piézométrie, géochimie, hydraulique.

• **L'unité aquifère (NV3)**

L'unité aquifère est un système physique élémentaire présentant des conditions hydrodynamiques homogènes, suffisamment conductrice pour permettre la circulation de l'eau souterraine. Une unité aquifère est une entité hydrogéologique de niveau local présentant une perméabilité moyenne supérieure à 10^{-6} m/s avec des ressources en eau suffisantes pour être exploitées.

• **L'unité semi-perméable (NV3)**

Une unité semi-perméable est une entité hydrogéologique de niveau local présentant une perméabilité moyenne réputée comprise entre 10^{-9} m/s et 10^{-6} m/s et/ou présentant de faibles ressources en eau et avec une productivité insuffisante pour couvrir des besoins autres que privés .

• **L'unité imperméable (NV3)**

L'unité imperméable est un système physique élémentaire présentant de faibles circulations d'eau et dont la perméabilité moyenne est réputée globalement inférieure à 10^{-9} m/s.

3.1.4. Codification et dénomination des entités

Un code, attribué par le SANDRE, doit être affecté à chaque entité. Dans un souci d'homogénéisation nationale, la codification des entités doit correspondre à :

- un champ de 3 chiffres pour une entité de niveau national ;

- deux lettres pour désigner une entité de niveau régional contenue dans une entité de niveau national ;
- un champ de 3 chiffres pour désigner une entité de niveau local contenue dans une entité de niveau régional.

Par exemple :

- **600** (entité de niveau national) ;
- **600AE** (entité de niveau régional) ;
- **600AE010** (entité de niveau local).

Ce code n'étant pas encore attribué pour les entités du Languedoc Roussillon, l'ancien code de l'entité de niveau régional a été conservé quand cela a été possible, auquel on a ajouté une lettre ou un chiffre selon le cas pour l'entité de niveau local.

Le libellé de l'entité hydrogéologique est construit en juxtaposant :

- la lithologie dominante de l'entité ;
- son appartenance à un étage stratigraphique ;
- sa localisation géographique.

Par exemple : *Marnes albiennes du Bassin de Quillan*.

3.2. LE MODELE DE REPRESENTATION DES ENTITES

Ce modèle de représentation a été mis au point dans le cadre de la phase 2006-2009 de construction du référentiel. La conceptualisation ne figure donc pas dans le guide méthodologique national de 2003.

3.2.1. Principes sous-jacents

Le « modèle de gestion du référentiel » a été développé sous ArcGis (actuellement version 9.3.1) et s'appuie sur un modèle conceptuel de données (Annexe 1). Ce modèle conceptuel permet d'exploiter de façon optimale la base de données du référentiel sous ArcGis. La construction du référentiel est guidée par les 5 principes suivants :

1) Organisation des entités en "Entités principales" et "Entités complémentaires"

Ces deux ensembles d'entités sont structurés suivant les trois niveaux de découpage du référentiel.

Les « entités principales » font l'objet d'un traitement topologique qui garantit la cohérence de leur assemblage 3D.

Les « **entités complémentaires** » regroupent différents types d'entités qui sont telles qu'elles ne permettent pas de respecter l'homogénéité du référentiel ou qui constituent des cas particuliers difficilement intégrables dans le cadre général du référentiel :

- systèmes alluvionnaires (transverses par rapport aux entités principales) ;
- formations superficielles, hétérogènes et morcelées ;
- altérites cartographiées des zones de socle ;
- aires karstifiées délimitées par des traçages, etc.

Ces entités complémentaires constituent une **surcouche du référentiel**.

2) Ordonnement vertical des entités en définissant un ordre de superposition. Le modèle de gestion permet de passer d'un ordre dit absolu à un ordre dit relatif (Cf. paragraphe 3.2.2).

3) Complétude : couverture totale de l'espace aux niveaux 1 et 2.

4) Filiation : une entité de niveau 3 est rattachée à une entité de niveau 2 qui l'inclut et qui est elle-même rattachée et incluse dans une entité de niveau 1.

5) Héritage (découle de 4) : héritage des limites (et des attributs si cela est pertinent) du niveau 3 vers le niveau 2 puis vers le niveau 1.

3.2.2. Ordre absolu et ordre relatif

Dans le tableau multi-échelles (Cf. paragraphe 0), un numéro d'ordre est affecté à chaque entité délimitée (Illustration 2a). Cet ordre est dit « absolu » (codé par exemple sous la forme 10, 20, 30, 40, etc.) et peut correspondre à un âge stratigraphique.

La délimitation des entités conduit à une « pile hydro-stratigraphique » d'entités (le tableau multi-échelles) qui sont ordonnées sur la verticale grâce au numéro d'ordre absolu (Illustration 2b).

Le modèle de gestion du référentiel permet de passer automatiquement du mode de représentation des entités par ordonnancement absolu (Illustration 2b) à un mode de représentation des entités par ordonnancement relatif (Illustration 2c), **qui est celui de la représentation des entités dans le SIG** et qui correspond à l'ordre réel de superposition des entités dans une coupe verticale qui pourrait être réalisée dans le référentiel.

Le numéro d'ordre relatif permet d'identifier les différents niveaux de recouvrement d'une entité donnée, entité qui sera par exemple constituée :

- d'un polygone d'ordre relatif 1, c'est-à-dire à l'affleurement ;
- d'un polygone d'ordre relatif 2, correspondant au recouvrement de l'entité par une autre entité E_j ;

- d'un polygone d'ordre relatif 3, correspondant au recouvrement de l'entité par une entité E_k , elle-même sous une entité E_n ;
- etc.

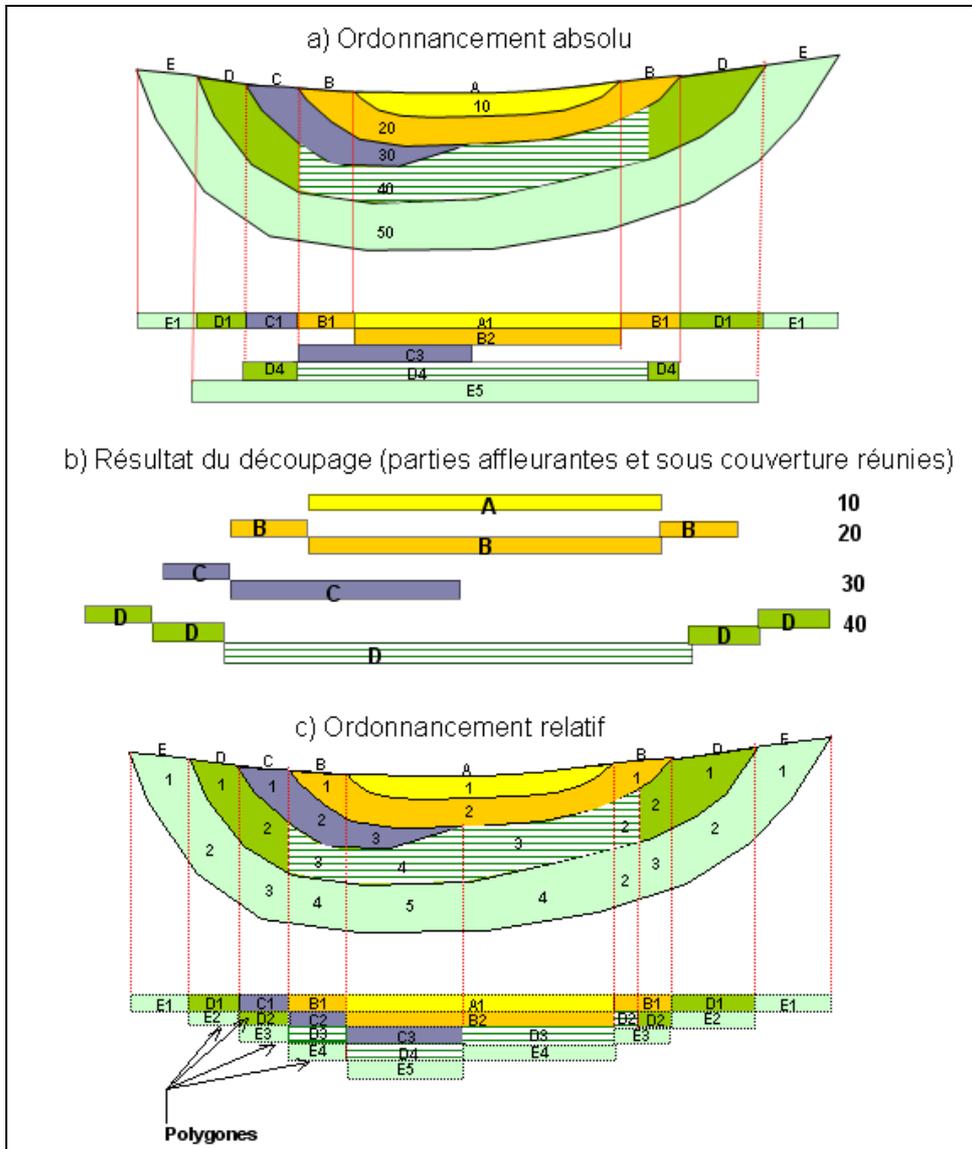


Illustration 2 : Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités.

Remarque : Dans l'ensemble présenté par l'illustration 2, les entités sont constituées d'une partie affleurante et d'une partie sous couverture, réunies lors de la phase de délimitation. Le modèle de gestion (paragraphe 3.3.3) restitue automatiquement les parties sous couverture.

3.3. PRINCIPES ET DEMARCHE DE DELIMITATION

3.3.1. Principes de base du découpage

L'actualisation du découpage des entités hydrogéologiques de la région Languedoc Roussillon s'appuie sur la méthodologie nationale de la BD-LISA.

Conformément au guide méthodologique, l'échelle de travail adoptée pour le découpage des entités est le 1/50 000, et ceci quel que soit le niveau d'identification (du local au national). Par conséquent, les contours des entités des niveaux 1 et 2 ont la même précision que ceux du niveau 3, à savoir le 1/50 000 (qui est la précision des contours des formations géologiques des cartes géologiques au 1/50 000).

Les entités hydrogéologiques de chaque niveau d'identification sont représentées par un ou plusieurs polygones. Le modèle de gestion du référentiel permet de distinguer les parties affleurantes des parties sous-couverture. Le découpage des entités est réalisé sur la base des connaissances géologiques et hydrogéologiques actuelles. Des mises à jour (nouvelles entités de niveau 3, corrections des contours) sont donc susceptibles d'être effectuées ultérieurement en fonction de la progression des connaissances notamment pour les extensions sous couverture.

3.3.2. Démarche générale

La démarche de découpage est largement itérative et un travail synchrone sur les niveaux 2 et 3 permet d'optimiser le processus de découpage.

Les principales étapes de la délimitation des entités sont résumées ci-après.

- **Identification et cadrage hydrogéologique général**

Le cadrage hydrogéologique consiste à identifier et à nommer les grandes entités hydrogéologiques de niveau national et régional dans le secteur d'étude.

- **Elaboration du tableau multi-échelle (TME)**

Ce tableau récapitule tous les types d'entités existant dans la zone d'étude et permet de les superposer verticalement suivant un ordre stratigraphique. C'est en quelque sorte l'équivalent, au plan hydrogéologique, d'un log géologique synthétique régional. Il constitue le support du découpage projeté aux trois échelles d'identification.

Dans la phase d'élaboration du TME il est cherché une correspondance, d'une part, entre les formations géologiques des cartes au 1/50 000 et les formations géologiques mentionnées dans les logs des forages, et, d'autre part, entre ces formations géologiques ainsi mises en relation (cartes et logs) et les entités hydrogéologiques.

• Individualisation de l'alluvial

Le guide méthodologique de 2003 définit les formations alluviales comme l'ensemble des dépôts de plaine alluviale associés aux terrasses connectées hydrauliquement avec les cours d'eau.

La complexité cartographique des formations alluviales rend difficile les traitements topologiques appliqués aux autres entités (multiplication des polygones). Dans le référentiel BDLISA, les alluvions sont donc intégrées dans le groupe des "entités complémentaires" et rangées dans une couche particulière du SIG constituant une surcouche du référentiel. Elles sont extraites des cartes géologiques au 1/50 000 et sont maintenues inchangées dans leurs contours quel que soit le niveau de détail (NV1, NV2, NV3).

Parallèlement à cet ensemble alluvionnaire global, des sous-ensembles contenant les parties alluvionnaires productives peuvent être constitués.

En Languedoc Roussillon, les nappes alluviales étant bien connues, les alluvions cartographiées au niveau 2 correspondent à la totalité des zones reconnues comme productives. Des niveaux 3 ont été créés, quand les informations étaient suffisantes, afin de distinguer de manière plus précise les nappes alluviales de différents cours d'eau (exemple des nappes alluviales du Tech, de la Têt, du Réart et de l'Agly dans le Roussillon, l'ensemble des alluvions du bassin du Roussillon étant classé en niveau 2 ; un autre exemple avec les alluvions des Gardons en niveau 2, qui, au niveau 3 ont été découpés en : alluvions du Gardon d'Alès, alluvions du Gardon d'Anduze, alluvions du Moyen Gardon et alluvions du Bas Gardon en aval de Remoulins).

Dans le modèle de gestion du référentiel, les entités sous recouvrement alluvionnaire sont considérées comme étant d'ordre 1.

• Découpage des entités hydrogéologiques

Les contours des parties affleurantes des entités correspondent aux contours des formations des cartes géologiques au 1/50 000, avec cependant une interprétation prenant en compte les conditions géologiques locales et notamment l'épaisseur des formations éventuelles de recouvrement, ou la nature lithologique précise des terrains constituant l'entité.

Les limites des entités sous couvertures sont établies ou précisées à partir des logs géologiques extraits de la BSS et des connaissances géologiques et hydrogéologiques acquises à l'occasion d'études effectuées dans le secteur, notamment en termes d'épaisseur, de structure, de faciès ou encore de comportement hydrogéologique. En Languedoc Roussillon, a été également pris en compte le critère relatif à l'importance de la ressource en eau souterraine et notamment la notion d'intérêt économique. Ainsi, par exemple, des lambeaux d'alluvions avec une épaisseur saturée très faible, voire nulle en période d'étiage n'ont pas été pris en compte. De même, des appendices représentés par des formations peu épaisses ou peu perméables ont pu être non cartographiés volontairement, en raison de leur faible intérêt hydrogéologique. En

conséquence, si les contours des cartes géologiques constituent les données de base, une interprétation a toujours été réalisée pour délimiter les entités hydrogéologiques, en tenant compte des connaissances quant aux épaisseurs des formations affleurantes et sous couverture, à leur nature lithologique et à leur comportement hydrodynamique.

3.3.3. Vérification de la topologie

Lorsque toutes les entités sont découpées, il s'agit de vérifier la cohérence topologique de l'ensemble. Cette vérification est réalisée par le modèle de gestion du référentiel.

Ce modèle est présenté en détail en annexe 1. Entre autres possibilités, il permet de passer automatiquement d'un ordonnancement absolu des entités (correspondant à l'ordre dans lequel toutes les entités identifiées se succèdent sur la verticale, en général un ordre correspondant à un âge stratigraphique) à un ordonnancement relatif, qui est celui de la représentation des entités dans le SIG et qui correspond à l'ordre réel de superposition des entités dans une coupe verticale qui pourrait être réalisée dans le référentiel (Illustration 2 ci-dessus).

L'ordonnancement absolu est repéré par un numéro d'ordre "absolu" affecté à chaque entité dans le tableau multi-échelle, utilisé par le modèle de gestion pour passer à un ordre relatif.

Le modèle de gestion du référentiel permet de vérifier la cohérence 3D de l'assemblage des entités en mettant en évidence les anomalies de recouvrement. Il permet aussi d'éliminer automatiquement des artefacts de découpage.

La démarche générale de délimitation des entités est résumée par l'*Illustration 3*.

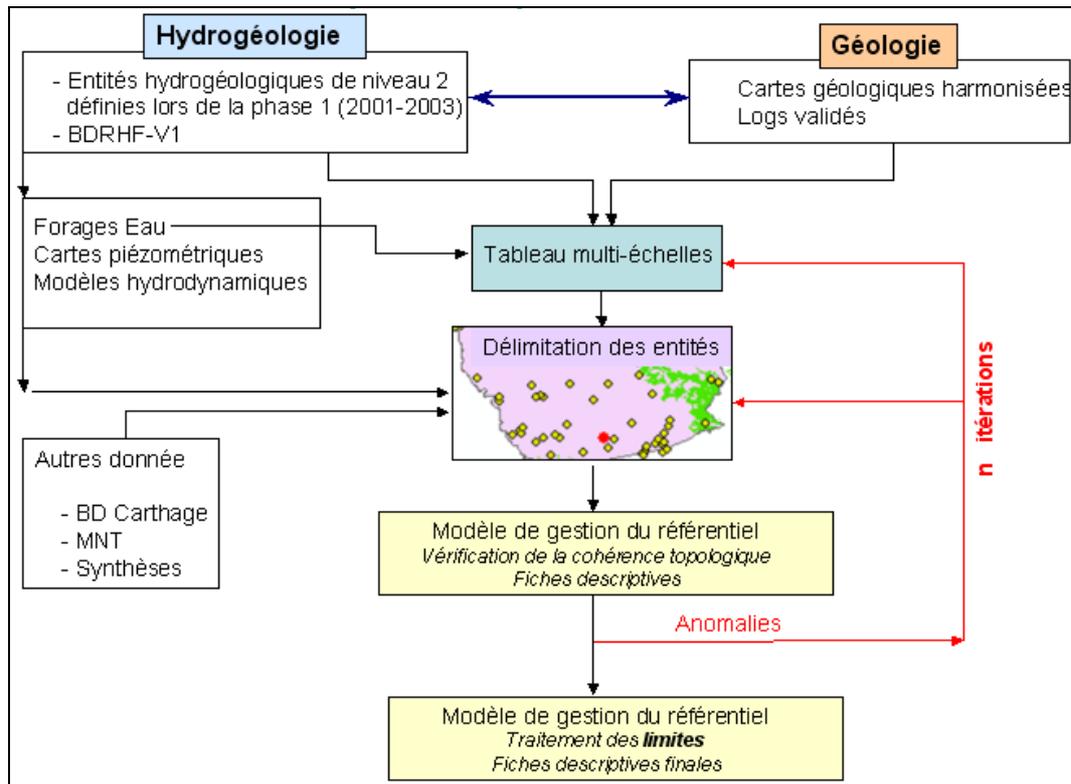


Illustration 3 : Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage

3.4. CARACTERISATION DES ENTITES ET DES LIMITES

3.4.1. Caractérisation des entités

Dans le référentiel une entité est caractérisée (actuellement) par les attributs suivants :

- **le thème d'appartenance de l'entité** (alluvial, sédimentaire, socle, etc.) ;
- **la nature** de l'entité (grand système aquifère, système aquifère, unité aquifère, grand domaine hydrogéologique, domaine hydrogéologique, unité semi-perméable, unité imperméable) ;
- **le type de milieu caractérisant l'entité** : poreux, fissuré, karstique, à double porosité ;
- **l'état hydrodynamique de la nappe** contenue dans le réservoir : libre, captive, libre et captive, alternativement libre et captive.

La caractérisation des entités se fait d'abord au niveau 3. Il ne sera pas toujours possible et pertinent de définir globalement une entité de niveau 2 (et a fortiori de niveau 1) par un attribut unique, surtout lorsque les entités de niveau 3 constitutives d'un niveau 2 sont de types différents; il en est ainsi du type de milieu (à porosité

matricielle, de fissure, karstique, à double porosité) et de l'état de la nappe (libre, captive, ...).

3.4.2. Caractérisation des limites

Les limites latérales entre une entité et ses voisines ont été représentées uniquement pour les polygones d'ordre 1 du niveau local (NV3). Elles sont caractérisées par un attribut associé aux arcs qui les composent.

Les limites entre entités sont extraites automatiquement par le modèle de gestion du référentiel et intégrées dans la géodatabase du référentiel.

Comme pour la caractérisation des entités, et pour les mêmes raisons, les limites sont identifiées uniquement au niveau 3. Dans cette version du référentiel, elles sont caractérisées uniquement par la nature des contacts entre entités (Illustration 3).

La recherche de la nature des contacts peut en effet se faire automatiquement à l'aide du modèle de gestion à partir de la table des polygones élémentaires de niveau 3 construits par le modèle de gestion.

Si l'on convient de ne distinguer à ce niveau 3 que les aquifères (notation A) et les domaines (notation B) regroupant unités semi-perméables et unités imperméables et si l'on s'intéresse aux contacts d'un polygone élémentaire avec ses voisins latéraux (4 possibilités théoriques : AA, AD, DD, DA) et immédiatement sous-jacents (4 possibilités aussi), on obtient alors 16 combinaisons possibles de nature de contact (certaines sont évidemment équivalentes en termes hydrodynamiques), par exemple :

$$\frac{A/A}{A/D}, \frac{A/D}{A/D}, \frac{D/D}{A/A}, \dots$$

Par ailleurs, à une nature de contact donnée, il est possible dans certains cas de rattacher un type de limite (exemples fournis dans l'illustration 3).

Nature des contacts	Type de limite possible (guide méthodologique)
Aquifère sur aquifère	Ligne d'affluence des eaux de formations perméables ou semi-perméables à un aquifère libre emboîté ou à un autre aquifère en contact par faille (cas d)
Aquifère / aquifère	Ligne de partage des eaux souterraines (cas a) = Limite à flux nul
Aquifère/ domaine	Limite "étanche" (cas b) = Limite à flux nul
Aquifère sur domaine	Limite "étanche" (cas b) = Limite à flux nul Ligne de sources de déversement (cas e)
Aquifère sous domaine	Ligne d'affluence d'un aquifère captif à un aquifère libre (cas c) Généralisable en " Limite de recouvrement " (pouvant coïncider avec la limite de captivité). Cela ne préjuge pas du sens d'écoulement.
Domaine sur aquifère	Ligne de débordement continue ou discontinue (cas f)
Domaine/ Domaine	/

Illustration 3 : Nature des contacts entre entités et limites hydrogéologiques correspondantes

4. Délimitation des entités et numérisation

4.1. SECTEUR D'ETUDE : LA REGION LANGUEDOC ROUSSILLON

La région se caractérise par une géologie très variée. La carte de l'illustration 4 montre cette grande diversité où tous les thèmes sont représentés : alluvial, intensément plissé, socle, sédimentaire (dont karst et alluvions anciennes) et volcanique.

4.2. DONNEES DE REFERENCE

Plusieurs sources d'informations ont été utilisées pour la délimitation des entités hydrogéologiques :

- les cartes géologiques harmonisées et numérisées au 1/50 000 et notices ;
- la délimitation des entités hydrogéologiques issues de la précédente actualisation³ ;
- les informations recueillies dans différents rapports d'études parus depuis la précédente actualisation (Cf. bibliographie dans la base de données ACCESS) ;
- la Banque des Données du Sous Sol avec les connaissances fournies à partir de la réalisation des nombreux forages de recherche et d'exploitation d'eau souterraine.

Spécifiquement pour le domaine de socle, a été exploitée la BD Carthage (Base de Données sur la CARTographie THématique des AGences de l'Eau et du ministère de l'Environnement) du bassin Rhône Méditerranée. Edition 2008 – données utilisées : région, secteur, sous-secteur et zone hydrographique (contours), et cours d'eau (linéaire).

³ BRGM RP-53020-FR

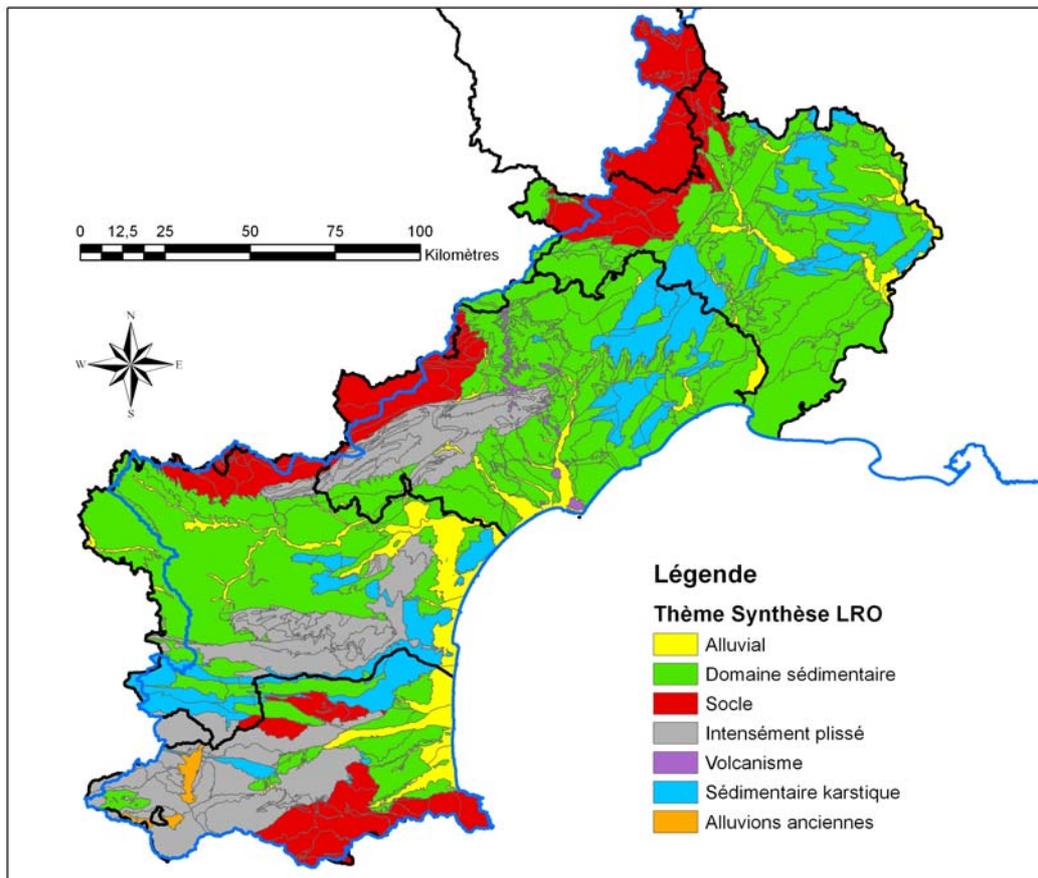


Illustration 4 : La zone d'étude

4.3. ELABORATION DES TABLEAUX MULTI-ECHELLES

4.3.1. Formations du thème sédimentaire, du thème alluvial et entités karstiques

a) Identification et découpage des entités

Le thème "sédimentaire" regroupe les grands ensembles sédimentaires identifiés du Carbonifère au Pliocène. Les entités karstiques ont été identifiées comme faisant partie d'un thème à part entière. Le découpage de ces entités est détaillé au chapitre 4.4.

Ce thème comprend aussi les formations superficielles quaternaires : formations alluvionnaires récentes, alluvions anciennes, déconnectées hydrauliquement des cours

d'eau, colluvions et alluvions glaciaires. Ces formations ont le statut d'entités complémentaires et font partie de la surcouche du référentiel. Leur découpage est détaillé au chapitre 4.7.

Les formations karstiques sont aussi rattachées à ce thème (selon le guide méthodologique de 2003).

Le tableau multi-échelles correspondant aux terrains sédimentaires et karstiques a été élaboré à partir de l'inventaire des formations identifiées et représentées sur les cartes géologiques au 1/50 000 et des sources d'informations listées au paragraphe précédent.

Ce tableau (consultable en annexe 2) rassemble et ordonne suivant le numéro d'ordre absolu l'ensemble des entités identifiées dans la zone d'étude. Il intègre les deux niveaux d'identification : NV2 et NV3. Les entités pouvant être communes aux différentes régions limitrophes (Midi Pyrénées, Rhône Alpes, Auvergne, Provence Alpes Côte d'Azur), une colonne du tableau précise leur extension.

b) Résultats

Au total, pour le thème Sédimentaire ont été délimités :

- 34 unités de niveau local (NV3) dont 7 formations alluviales anciennes,
- 47 systèmes aquifères ou domaines hydrogéologiques du niveau régional (NV2), dont 3 formations alluviales anciennes.

A ce thème sont rattachées les « entités karstiques » comprenant :

- 35 unités de niveau local (NV3),
- 32 systèmes de niveau régional (NV2).

A ces "entités principales" il faut ajouter des "entités complémentaires" du thème alluvial représentées par :

- les alluvions récentes (cf. 4.7.1),
- des alluvions anciennes : colluvions et alluvions glaciaires du Capcir et de la Cerdagne (cf. 4.7.2).

Remarque : la surcouche comprend aussi une entité correspondant aux formations volcaniques plio-quadernaires de la vallée de l'Hérault et notamment sur la chaîne de l'Escandorgue (cf. 4.7.3).

4.3.2. Formations des thèmes "Socle" et "Intensément plissé"

Les entités des thèmes socle et intensément plissé résultent d'un découpage selon les contours des bassins versants de surface (extraits de la BD-Carthage).

Le découpage des entités du thème socle est détaillé dans le paragraphe 4.5 ci-après. Au total, pour ce thème ont été délimitées :

- 18 entités de niveau régional ;
- 35 entités de niveau local.

Le découpage des entités du thème intensément plissé est détaillé dans le paragraphe 4.6 ci-après. Au total, pour ce thème ont été délimitées :

- 16 entités de niveau régional ;
- 30 entités de niveau local.

4.4. METHODOLOGIE DE DELIMITATION DES ENTITES DU SEDIMENTAIRE ET DES ENTITES KARSTIQUES

L'actualisation du découpage des entités hydrogéologiques s'est appuyée sur le découpage de 2006.

Bien qu'en général une entité soit constituée d'une partie affleurante et d'une partie sous couverture, l'état actuel des connaissances n'a pas permis de délimiter précisément les parties sous couverture pour une majorité d'entités. Les cas les plus usuels de couverture correspondent à un recouvrement des formations constituant l'entité par des dépôts superficiels de la surcouche, mais aussi à des formations sédimentaires ou karstiques plus récentes que l'entité considérée. Les conditions structurales, le plus souvent très complexes, permettent rarement de préciser l'extension sous couverture des formations correspondant à l'entité. De plus, l'épaisseur de la couverture, qui peut s'accroître très rapidement, notamment dans les bassins de subsidence peut constituer une difficulté supplémentaire.

4.4.1. Parties affleurantes des entités

Les contours des formations des cartes géologiques harmonisées régionales (1/50000) ont été utilisés pour extraire les polygones correspondant aux parties affleurantes de chaque entité identifiée dans le tableau multi-échelles.

La cartographie de ces parties affleurantes a parfois nécessité une extension de leurs contours géologiques, principalement un prolongement sous les alluvions récentes et/ou anciennes.

Par ailleurs, les terrains superficiels non significatifs (éboulis, colluvions, éluvions....) ont été englobés dans le polygone correspondant à leur formation d'origine (par exemple, les colluvions issues des formations calcaires sont incluses dans le domaine calcaire considéré).

La consultation de rapports d'études locales et des informations de la Banque des Données du Sous-Sol a conduit à modifier ou à retoucher certaines limites d'affleurements.

Ces polygones sont ensuite regroupés dans une couche SIG propre à chaque entité et fusionnés (une entité = 1 table). Le travail a été fait avec le logiciel ArcGIS (ESRI®).

4.4.2. Parties sous couverture des entités

Les limites sous couvertures sont tracées à l'aide des informations apportées par les forages ou sondages ayant traversé, totalement ou partiellement les formations géologiques constitutives de l'entité hydrogéologique concernée, mais aussi grâce à l'atlas géologique du Sud-Est de la France, ou à dire d'expert.

Ainsi, par exemple, les calcaires urgoniens (149SC) de la moyenne vallée des Gardons (département du Gard) sont localement affleurants et s'étendent sous couverture notamment sous des formations semi-perméables tertiaires. L'extension latérale de cette entité est bien connue et les cotes du toit de l'entité ont été mieux appréhendées par des études sismiques et plusieurs forages de recherche et d'exploitation d'eau.

De même, les limites de l'extension sous couverture des calcaires jurassiques du Pli de Montpellier (entité 143) qui plongent vers le Sud, l'Est et surtout l'Ouest sous des formations plus récentes ont été positionnées à partir des éléments disponibles (forages pétroliers, forages d'eau, géophysique, analyse structurale) et de leur interprétation. Vers l'Ouest, cette limite correspond à une profondeur inférieure à 1000-1500 m pour le toit des calcaires jurassiques. Vu la complexité géologique, les limites sous couverture de cette entité restent le plus souvent encore incertaines.

Ainsi, en profondeur, de nombreuses limites sont à considérer comme des limites d'interprétation, modifiables en fonction de la progression des connaissances.

4.4.3. Cas des entités karstiques

Le découpage des entités karstiques est basé sur les connaissances relatives à l'extension des formations calcaires karstifiées, aux directions de circulation des eaux souterraines, à la position des principaux exutoires et aux aires d'alimentation de ces principales sources karstiques.

Ce découpage tient compte des discontinuités lithologiques et structurales, qui peuvent effectivement représenter des limites pour les entités karstiques.

A l'intérieur d'une entité karstique de niveau 2, en fonction des connaissances actuelles, des entités de niveau 3 ont parfois été délimitées, en ne couvrant qu'une partie de l'entité de niveau 2. C'est notamment le cas pour les formations jurassiques et crétacées du nord montpelliérain. Ainsi, par exemple une entité karstique de niveau 3 a été créée pour le système des Cents Fonts qui est drainé par la source karstique des Cents Fonts. Cette entité, de niveau 3, couvre une partie seulement de l'entité

karstique de niveau 2 de la Buèges St Guilhem, le reste de l'entité de niveau 2 n'ayant pas été cartographié en entité de niveau 3.

Ces entités karstiques de niveau 3 ont été individualisées uniquement pour les systèmes faisant l'objet de connaissances précises (par exemple les systèmes des Cents Fonts ou des Fontanilles) dans la vallée de l'Hérault. En ce qui concerne l'entité relative aux calcaires jurassiques du Pli de Montpellier, le découpage de niveau 2 s'est appuyé sur les contours géologiques des formations calcaires affleurantes. L'extension sous couverture a été délimitée en fonction des connaissances actuelles en terme notamment de profondeur du toit de ces formations calcaires, profondeur qui est très variable dans l'espace.

Le découpage en niveau 3 de cette entité de niveau 2 relative aux calcaires du Pli de Montpellier est basé sur la situation des principales émergences de cette entité et sur l'extension et la localisation des zones drainées par les sources karstiques. La délimitation tient compte des connaissances actuelles. Concernant cette entité de niveau 2 relative aux calcaires jurassiques du Pli de Montpellier, 5 entités de niveau 3 ont été individualisées en couvrant la totalité de l'entité de niveau 2.

De nouvelles connaissances pourront éventuellement permettre ultérieurement d'affiner la position de ces limites pour ces entités de niveau 3. Cela est aussi vrai pour certaines entités de niveau 2, comme par exemple les Causses jurassiques du Nord du département de l'Hérault (Séranne, Larzac méridional, Gangeois, Taurac, ou encore la Buèges).

4.5. METHODOLOGIE DE DELIMITATION DES ENTITES DU SOCLE

4.5.1. Rappel de la méthodologie préconisée dans le guide national

Entités NV2

Le découpage se fait par bassin versant. La démarche préconisée nécessite également des données de débit en nombre suffisant : stations de jaugeage bien réparties, historiques de mesures d'une demi-douzaine d'années au moins. Elle repose sur la notion de débit spécifique d'étiage (QES) qui est le rapport VCN10 / superficie du bassin versant (le VCN10 est la moyenne des débits les plus bas de l'année sur une période de dix jours consécutifs). Quatre étapes sont prévues dans la méthodologie :

- découpage par subdivision en bassins versants, sur la base de critères morphologiques ;
- caractérisation du QES des bassins versants disposant de jaugeages (critère hydraulique) ;
- affectation d'un QES à chaque entité issue de l'étape 1 ci-dessus (critère hydraulique) ;
- regroupement des entités NV2 caractérisées par la même classe de ressource en eau, en visant une taille optimum des entités NV2 (perspective : critère de gestion).

Entités NV3

Selon le guide méthodologique, les entités définies au niveau régional (NV2) peuvent être subdivisées au niveau local pour identifier les zones productives en prenant en compte trois critères principaux :

- **l'épaisseur d'altérites et du milieu fracturé** ;
- **la lithologie**, critère indirect de la « qualité » hydrogéologique des altérites et de l'horizon fissuré. C'est le critère le plus susceptible d'être utilisé ;
- **le débit spécifique des forages** ; ce critère suppose qu'il existe suffisamment de forages et de données associées, ce qui n'est pas le cas général.

4.5.2. Données disponibles en région Languedoc Roussillon

Dans la pratique, plusieurs problèmes se sont posés pour appliquer cette méthodologie aux zones de socle situées en région Languedoc Roussillon. En effet, le découpage en entités nécessite de disposer d'un grand nombre de données, (géologiques, structurales, hydrométriques....) souvent absentes.

A partir des expériences acquises ces dernières années dans la connaissance des formations de socle, il en ressort que le découpage au niveau 3 doit s'appuyer sur les critères suivants :

- la définition de classes lithologiques, minéralogiques et de texture, (classes potentiellement aquifères selon les processus d'altération (ou d'érosion) mis en jeu),
- l'identification des processus d'altération (et d'érosion) via la connaissance de l'épaisseur des altérites (si possible identifier leur nature), et, dans la mesure du possible, l'épaisseur de l'horizon fissuré,
- les caractéristiques hydrogéologiques issues des forages disponibles (notamment les débits spécifiques et ceux de soufflage en cours de travaux de foration....).

L'utilisation des tracés de failles et l'analyse photoaérienne des zones fracturées (critères mentionnés dans le guide méthodologique) n'apparaissent pas essentielles. En effet, les failles tectoniques productives représentent généralement une petite partie de la ressource aquifère à l'échelle d'un bassin versant (une faille productive n'est pas un système aquifère), d'où une importance limitée.

Toutefois, même les informations listées précédemment ne sont généralement pas facilement accessibles, voire inexistantes. C'est notamment le cas des épaisseurs des altérites, le plus souvent absentes des cartes géologiques au 1/50 000. Dans l'attente d'acquisition de données pertinentes sur le socle, il a été décidé de s'appuyer uniquement sur des critères de contrastes lithologiques et de bassins versants topographiques.

Remarque – Au niveau national, c'est aussi la méthode de subdivision des entités de niveau 2 en bassins versants de niveau 3 (Sous-Secteurs ou Zones-Hydrographiques BD-Carthage) qui a été retenue, car elle permettait d'avoir une démarche commune de découpage sur l'ensemble du territoire. Les "entités_BV" sont ensuite caractérisées en

fonction des données disponibles (lithologie, hydrogéologie) et éventuellement regroupées lorsque des bassins voisins présentent des similitudes [vis-à-vis des descripteurs utilisés pour les caractériser].

4.5.3. Démarche suivie

La première étape du découpage des entités du socle a été d'établir les limites entre le socle et les formations du sédimentaire et de l'intensément plissé. Ces limites ont été tracées à partir de la carte géologique harmonisée au 1/50 000, en interprétant la position des formations de socle sous les éventuelles formations de recouvrement, notamment les alluvions superficielles.

a) Entités de niveau 2

Les entités de niveau 2 ont été découpées selon les contours des sous-secteurs hydrographiques de la BD Carthage.

b) Entités de niveau 3

• Découpage des entités

Les entités de niveau 3 correspondent aux sous-secteurs de la BD Carthage.

• Caractérisation des entités par les lithologies

La nature de chacune des entités du niveau 3 est ensuite définie, sur la base de trois classes lithologiques principales distinguées au sein des formations de socle :

- les ensembles des calcaires et/ou dolomies primaires considérés comme des unités aquifères lorsque ces formations sédimentaires de faible extension sont incluses dans une unité de socle de niveau 2, avec des relations directes entre les deux milieux (socle d'une part et calcaires-dolomies d'autre part). On peut citer par exemple, dans le département des Pyrénées Orientales, les calcaires des Gorges de la Fou ou ceux du petit bassin sédimentaire d'Amélie-les-Bains dans l'entité de socle liée au bassin versant du Tech (620A2) ;
- les ensembles granitiques et gneissiques, considérés comme des unités aquifères en raison de la nature généralement perméable des produits d'altération résultant (de type arène granitique) et aussi de la fissuration de ces formations sur une épaisseur variable, mais pouvant atteindre localement plus de 50 m ;
- les ensembles cristallophylliens (schistes), considérées comme semi-perméables à imperméables en raison de la nature globalement argileuse des produits d'altération.

4.6. METHODOLOGIE DE DELIMITATION DES ENTITES DE L'INTENSEMENT PLISSE

4.6.1. Rappel de la méthodologie préconisée dans le guide national

Entités NV2

La distinction entre "domaines hydrogéologiques" (formations peu perméables ne disposant pas de ressources exploitables significatives – débit des captages inférieurs à une dizaine de m³/h -), et des ensembles de formations ou de successions de formations à dominantes aquifères ou potentiellement aquifères (assimilables à des systèmes aquifères ayant globalement les mêmes caractéristiques hydrodynamiques) se fait sur les critères stratigraphiques, lithologiques, structuraux et éventuellement hydro-chimiques.

Les limites des systèmes et des domaines s'apparentent aux types suivants :

- limites des bassins versants principaux (en fonction du niveau classement du cours d'eau ou de son rôle structurant) ;
- contacts structuraux (failles, chevauchements, contacts tectoniques majeurs etc.) ;
- limites lithologiques et stratigraphiques.

Entités NV3

Ce niveau est individualisé facultativement par rapport au niveau 2, sous réserve de disposer des connaissances nécessaires et suffisantes. Les critères à prendre en compte sont la capacité aquifère et la lithologie.

4.6.2. Démarche suivie

L'hydrogéologie des formations de l'intensément plissé du Languedoc Roussillon est relativement peu connue dans leur ensemble, même si de nombreuses données ponctuelles existent. Les capacités aquifères des différents ensembles litho-stratigraphiques ont été globalement peu étudiées.

La délimitation des entités de ce thème a donc été réalisée d'une part, sur la base des bassins versants de la BD Carthage, et d'autre part à partir d'une estimation à « dire d'expert » de la nature aquifère des différentes formations.

Ainsi, les différentes formations ont été recensées et leur nature aquifère a été estimée à partir des informations fournies par la carte géologique au 1/50 000 et les Données de la Banque des Données du Sous-Sol. Une fois ce travail réalisé, la cohérence de la carte de la nature des formations obtenue avec les connaissances régionales a été vérifiée.

a) Entités de niveau 2

Les entités de niveau 2 ont été découpées selon les contours des sous-secteurs hydrographiques de la BD Carthage. Lors du découpage de la couche des sous-secteurs par la limite des formations du thème intensément plissé avec les autres thèmes, des parties réduites de sous-secteurs ont été isolées. Ces sous-secteurs tronqués et de petites tailles ont donc été rattachés aux sous-secteurs entiers les plus proches.

Chacun des niveaux 2 correspond au regroupement de plusieurs sous-secteurs sur la base de plusieurs critères et informations :

- d'une part à partir des résultats de la cartographie de l'estimation de la nature aquifère des formations afin d'obtenir des entités dont les caractéristiques sont globalement homogènes ;
- d'autre part en ne regroupant que les sous-secteurs contigus.

b) Entités de niveau 3

• Découpage des entités

Les entités de niveau 3 correspondent aux sous-secteurs de la BD Carthage.

• Caractérisation des entités par les lithologies principales

L'information géologique que représentent les lithologies principales a été injectée dans les bassins versants afin d'identifier les entités de niveau 3.

4.7. DELIMITATION DES ENTITES COMPLEMENTAIRES

4.7.1. Entités du thème alluvial

Les formations classées dans le thème alluvial correspondent à tous les dépôts quaternaires représentés par des sables, graviers, galets et éléments fins et/ou argileux contenant une nappe en liaison hydraulique avec un cours d'eau. Par contre, les terrasses d'alluvions anciennes qui ne sont pas connectées directement avec les cours d'eau sont classées dans le thème sédimentaire. Par exemple, dans le département des Pyrénées Orientales, les alluvions récentes contenant une nappe à caractère permanent en liaison avec les eaux superficielles circulant dans l'Agly, la Têt, le Réart ou le Tech intégrées dans la couche des entités complémentaires alors que les alluvions anciennes de ces mêmes cours d'eau sont classées dans le thème sédimentaire.

De même, dans les départements du Gard et de l'Hérault, les alluvions anciennes de la Vistrenque et de la plaine située entre Mauguio et Lunel, qui ne sont pas directement connectées aux cours d'eau, ont été classées dans le thème sédimentaire, alors que

les alluvions des Gardons, du Vidourle, du Lez et autres sont classées en entités complémentaires.

Ces entités complémentaires représentent une surcouche à d'autres formations représentant le substratum de ces alluvions, ces formations diverses classées dans les autres thèmes étant toujours présentes sous les entités complémentaires.

En niveau 2, les entités de thème alluvial correspondent aux alluvions de l'ensemble d'un cours d'eau, comme par exemple les alluvions des Gardons alors qu'en niveau 3, ces alluvions ont été découpées selon les critères géographiques en Gardon d'Alès, Gardon d'Anduze, Gardon réunis et Bas Gardon.

4.7.2. Autres formations (niveau local)

En niveau 3, plusieurs entités ont localement été créées en fonction de leur intérêt hydrogéologique local alors que ces secteurs ne sont pas rattachés à des entités de niveau 2. Ces entités de niveau 3 ont été créées, eu égard aux ressources en eau souterraine contenues dans ces formations, ressources généralement plus importantes que celles qui sont contenues dans les autres entités proches. On peut citer :

- les colluvions et alluvions glaciaires du Capcir,
- les colluvions et alluvions glaciaires de la Cerdagne,
- les arènes granitiques de Cerdagne,
- les calcaires dévoniens du Causse de Thuir Sainte Colombe.

Des différenciations de la nature lithologique des formations ont pu aussi être le motif de création d'une entité au niveau local par rapport aux formations environnantes. Cela est notamment le cas pour les formations miocènes du bassin du Conflent qui sont très peu ou pas aquifères, mais qui doivent être différenciées lithologiquement (marnes) et structuralement (bassin) par rapport aux formations de socle environnantes.

4.7.3. Volcanisme

Une seule entité de niveau régional a été individualisée. Il s'agit des formations volcaniques plio-quatérnaires de la vallée de l'Hérault et notamment sur la chaîne de l'Escandorgue. Cette entité est représentée par les coulées basaltiques et forme un chapelet très découpé entre la commune des Rives au Nord du département de l'Hérault jusqu'au Cap d'Agde au Sud. Ces formations effusives qui se rencontrent uniquement dans le département de l'Hérault sont en recouvrement à des formations plus anciennes, représentées essentiellement soit à des formations calcaires des Causses au Nord de Lodève, soit à des formations essentiellement marneuses entre Lodève et la Mer, voire par des alluvions anciennes de l'Hérault dans la basse vallée de ce fleuve

4.8. VALIDATION DES CONTOURS DES ENTITES

Les experts régionaux (Cf. tableau ci-dessous en Illustration 5), identifiés en début de projet, ont été consultés et plusieurs étapes ont été mises en place pour la validation des contours des entités :

- première réunion de présentation du découpage départemental, avec recueil des avis et commentaires des experts (Pyrénées Orientales le 15 avril 2010, Hérault le 20 mai 2010, Gard le 7 Juillet 2010, Aude le 27 juillet 2010),
- réunion avec les experts pour valider les contours (Pyrénées Orientales le 7 septembre 2010, Hérault et Aude le 14 septembre 2010, Gard le 30 novembre 2010). Les comptes rendus de ces réunions sont en annexe 4.
- prise en compte des modifications suggérées lors de la réunion du 20/12/2010 puis communication des contours définitifs et du compte-rendu de la réunion final (Cf. Annexe 5) le 27/01/2011.

Expert régional	Organisme / Titre
Assens Martine	CG Pyrénées Orientales - hydrogéologue
Planeilles Hervé	BE. ENGEO Rivesaltes - hydrogéologue
Yvroux Michel	CG Aude - hydrogéologue
Grévellec José	Ex CG Hérault - hydrogéologue
Liénart Nicolas	CG Hérault - hydrogéologue
François Jean Marc	BE Berga Sud Palavas - hydrogéologue
Rachou Gérald	CG Gard - hydrogéologue
Evelyne Lacombe	AE RM&C - hydrogéologue

Illustration 5 : Liste des experts régionaux

5. Bases de données

L'objectif principal de ces bases de données consiste à rassembler et à stocker les informations sur les entités hydrogéologiques qui, jusqu'à présent, n'étaient disponibles que sous format papier. Elles faciliteront également la mise à jour et l'exploitation des données (possibilité de tri, d'extractions spécifiques, etc.).

5.1. BASE DE DONNEES DES ENTITES HYDROGEOLOGIQUES

Cette base de données a été réalisée sous Access. Sa structure et les données qu'elle contient a fait l'objet d'un rapport (BRGM RP-51822-FR⁴) auquel le lecteur est invité à se reporter.

Elle contient les informations présentes dans les fiches descriptives des entités.

5.2. BASE DE DONNEES BIBLIOGRAPHIQUE

Cette base de données a été réalisée sous Access. Sa structure et les données qu'elle contient a fait l'objet d'un rapport (BRGM RP-51822-FR) auquel le lecteur est invité à se reporter.

Elle contient les références bibliographiques qui ont été utilisées pour réaliser la BD LISA (les entités et leurs contours), rédiger les fiches descriptives des entités et élaborer les cartes des entités.

5.3. DONNEES CARTOGRAPHIQUES

Un travail de cartographie avait été réalisé lors de la réactualisation de la synthèse hydrogéologique du Languedoc Roussillon en 2004 (BRGM RP-53020-FR). De nombreuses données avaient alors été collectées et compilées. Ce sont ces données, généralement sans mise à jour, qui ont été utilisées pour la réalisation des cartes sous ArcGis. La structuration des données dans une géodatabase permet de les mettre à jour, de les compléter et de les exploiter.

5.3.1. Coupes et logs

Ce sont les coupes de l'atlas précédent qui ont été utilisées. Elles sont présentes dans les fiches des entités et leur tracé est reporté sur les cartes.

⁴ Actualisation des synthèses hydrogéologiques régionales sur Rhône-Méditerranée-Corse. Présentation de la base de données informatique (version 2002) – 2002 – Rapport BRGM/RP-51822-FR (C. Lamotte).

Ces coupes et logs ont été repris en fonction des nouveaux tracés des entités, puis habillés avec les nouveaux codes des entités afin de les rendre plus didactiques.

5.3.2. Sources, cavités, pertes et traçages

Les sources et cavités utilisées dans la cartographie sont issues de l'atlas précédent.

Quelques sources principales ont été identifiées, correspondant aux débits les plus importants, auxquelles un indice national a été affecté.

5.3.3. Prélèvements

Les données sont issues du fichier des prélèvements de l'atlas précédent.

5.3.4. Réseaux de surveillance

Les réseaux de surveillance suivants ont été cartographiés :

- réseau départemental de suivi quantitatif des eaux souterraines de l'Aude,
- réseaux départementaux de suivi quantitatif et de suivi qualitatif des eaux souterraines de l'Hérault,
- réseau de suivi quantitatif, réseau de suivi nitrates et réseau de suivi phytosanitaire de la nappe de la Vistrenque (30),
- réseaux de suivi quantitatif et qualitatif de la nappe astienne Valras-Agde (34),
- réseau de suivi quantitatif de l'aquifère urgonien (30),
- réseau de suivi quantitatif de la nappe du plioquatenaire du Roussillon (66),
- réseau de suivi salinité de la nappe du pliocène du Roussillon (66),
- réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines de la DIREN Languedoc-Roussillon,
- réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines du SGR Languedoc-Roussillon,
- Réseau d'observation des pesticides du bassin Rhône-Méditerranée.

5.3.5. Isopièzes et sens d'écoulement

Les données piézométriques ont été complétées par rapport à celles de 2004.

5.3.6. Isohypses (toit et mur des entités)

Les données ont été complétées par rapport à celles de 2004.

5.3.7. Cours d'eau

Les données utilisées sont issues de la BD Carthage (Version 2008).

5.3.8. Autres données

Les contours des départements utilisés sont issus de la BD Carto de l'IGN. Les SCAN25 et les SCAN250 utilisés comme fond cartographique sont également des données IGN.

Les fonds géologiques sont des données BRGM.

6. Atlas hydrogéologique

L'atlas hydrogéologique est composé de fiches descriptives et de cartes des entités.

Il fait l'objet d'un DVD-ROM. Les entités sont différenciées par leur code, leur libellé et par un bandeau de couleur qui précise leur nature (aquifère/domaine) et leur rattachement à un thème. Cette typologie reprend les orientations méthodologiques du rapport « Actualisation des synthèses hydrogéologiques régionales sur Rhône-Méditerranée-Corse. Guide méthodologique du découpage et présentation de la maquette » (Rapport BRGM/RP-51821-FR). La symbolique est la suivante :

- systèmes aquifères libres du thème sédimentaire : bandeau vert ;
- systèmes aquifères du thème alluvial : jaune ;
- entités karstiques : bleu ;
- alluvions anciennes : orange ;
- thème Intensément plissé : gris ;
- thème Socle : rouge ;
- thème Volcanisme : violet.

6.1. LES FICHES DESCRIPTIVES

Par souci d'homogénéisation des connaissances, les fiches contenues dans l'atlas ont été bâties selon un même schéma. Elles comprennent les chapitres suivants :

- « Contexte géographique et géomorphologique » : ce chapitre, qui permet de localiser l'entité au niveau régional, comporte un descriptif de la situation de l'entité ;
- « Informations principales » : ce tableau rappelle la nature, le thème, le type, la superficie et les éventuelles entités de niveau local de l'entité ;
- « Géologie » : ce chapitre synthétise les principaux éléments de connaissance permettant d'appréhender le contexte géologique de l'entité ;
- « Hydrogéologie » : ce chapitre dresse une vision globale de l'entité, de ses relations avec le réseau de surface, de la structure globale du ou des réservoirs ;
- « Description de l'entité hydrogéologique » : ce chapitre donne une vision plus détaillée de l'état des connaissances sur l'entité. Ces caractéristiques sont déclinées selon les sous-chapitres suivants :
 - « Généralités » avec une description synthétique de l'entité ;
 - « Limites de l'entité » qui permet de décrire les limites latérales entre l'entité et ses voisins pour les polygones affleurants ;
 - « Lithologie/stratigraphie du réservoir » ;
 - « Etat de la nappe » : captif, libre, libre et captif, alternativement libre et captif, partiellement captif ;

- . « Type de l'aquifère » : monocouche ou multicouche ;
 - . « Caractéristiques hydrodynamiques » : profondeur de l'eau, épaisseur mouillée, transmissivité, perméabilité, productivité ;
 - . « Prélèvements connus » : les prélèvements principaux et l'évaluation globale de ces prélèvements dans l'entité correspondante, avec toute indication d'ordre général quant aux tendances relatives à ces prélèvements sur le système ou le domaine ;
 - . « Utilisation de la ressource » (AEP, AEI, AEA) ;
 - . « Alimentation naturelle de la nappe » ;
 - . « Qualité » et « Vulnérabilité » du réservoir ;
 - . « Bilan » : des indications en terme de bilan hydrologique en fournissant les données de synthèse, lorsque des modèles ont été réalisés ou de simples informations quant aux entrées et sorties dans l'entité en fonction des éléments disponibles ;
 - . « Principales problématiques » : les principales problématiques relatives à la ressource en eau en indiquant notamment les problèmes quantitatifs ou qualitatifs identifiés et devant être pris en compte dans la gestion de la ressource en eau.
- « Bibliographie principale » : il s'agit des références bibliographiques principales. Il est à noter qu'une bibliographie plus exhaustive a été réalisée dans le cadre de cette synthèse et intégrée dans la base de données ;
 - « Cartes géologiques concernées » et « Carte hydrogéologiques concernées ».

Des illustrations ont également été insérées dans les fiches lorsqu'elles étaient pertinentes (logs et coupes par exemple).

Au total, 163 fiches descriptives ont été rédigées.

Une fiche spécifique a été réalisée pour chaque entité de niveau 2. De même, pour certaines entités de niveau 3, notamment celles qui ne sont pas rattachées à des entités « mères », une fiche spécifique a aussi été élaborée.

Les fiches descriptives de chaque entité ont été relues, corrigées et validées par les membres du comité de travail élargi (Cf. liste des membres à l'illustration 5).

6.2. LES CARTES

Sur ces documents cartographiques ont été reportés les éléments connus suivants :

- les limites de l'entité et la nature des limites ;
- la position des coupes schématiques et des coupes stratigraphiques éventuellement associées ;
- le code des entités adjacentes ;
- les cours d'eau pérennes et temporaires ;

- les principaux forages et les principales sources connues ;
- les prélèvements pour l'alimentation en eau potable des collectivités, et les prélèvements à « autres usages économiques » ;
- les ouvrages de surveillance quantité des eaux souterraines issus du réseau piézométrique DCE (Directive *Cadre sur l'Eau) et les ouvrages de surveillance qualité des eaux souterraines issus du réseau de l'Agence de l'Eau ;
- les cavités naturelles.

Au total, 131 cartes ont été réalisées.

Une légende commune à toutes les cartes a été définie.

Les cartes ont été réalisées au format A2 ou A3 selon la taille de l'entité à représenter, en portrait ou en paysage afin de s'adapter à la forme de l'entité et sur fond de scan 25 et scan 250 de l'IGN ou carte géologique au 1/50 000 lorsqu'elles étaient disponibles sur la zone à cartographier dans le but d'adapter le fond cartographique à l'information représentée.

6.3. EDITION DU DVD ROM

Un DVD ROM, support de l'atlas hydrogéologique, a été réalisé sur la base du modèle mis au point dans le bassin Rhône-Méditerranée. Il possède une interface permettant l'accès aux fiches et cartes au format pdf qui sont ainsi visualisables à l'écran et imprimables. Ce support permet également un accès cartographique aux documents.

7. Conclusion

Ce rapport présente la construction du référentiel hydrogéologique BD LISA en région Languedoc Roussillon (hors département de la Lozère) et reprend les grandes étapes de réalisation de la synthèse hydrogéologique.

Le travail mené a ainsi permis, dans un premier temps, de délimiter les entités hydrogéologiques du référentiel BD LISA :

- 69 unités de niveau local (NV3) dans le thème Sédimentaire, dont 7 unités alluvions anciennes et 35 de type karstique, 35 dans le thème Socle et 33 dans le thème Intensément plissé ;
- 113 entités de niveau régional (NV2), répartis en Systèmes aquifères et Domaines hydrogéologiques (conformément à la terminologie de la méthodologie nationale) : 79 dans le thème Sédimentaire (dont 32 entités de type karstique et 4 entités correspondant à des alluvions anciennes), 18 dans le thème Socle et 17 dans le thème Intensément plissé.

A ces entités « principales » s'ajoutent des entités « complémentaires » constituant la surcouche du référentiel :

- pour les entités de niveau local (NV3) : 40 entités alluviales productives, 5 entités sédimentaires dont 1 unité sédimentaire de type karstique (calcaires dévoniens du Causse de Thuir-Saint Colombe) qui n'a pas d'entité « mère », et 2 entités « alluvions anciennes » productives,
- pour les entités de niveau régional (NV2) : 14 entités alluviales productives, 1 entité dans le thème « volcanisme ».

L'objectif de cette synthèse hydrogéologique sur la région Languedoc Roussillon consistait, pour les entités hydrogéologiques délimitées, à rassembler les nouvelles données disponibles depuis 2004, à les interpréter, à les porter à connaissance et à les valoriser sous forme de documents synthétiques destinés aux différents acteurs du domaine de l'eau.

Ces travaux mettent ainsi à la disposition du public averti ou pas, des bureaux d'études, ou encore des gestionnaires de l'eau souterraine, un référentiel régional adapté aux connaissances actuelles. Il se décline sous forme de documents synthétiques permettant d'appréhender les caractéristiques de chacune des entités hydrogéologiques en terme de paramètres intrinsèques (nature, fonctionnement, etc.), mais aussi en terme de productivité, de degré d'exploitation actuelle, de qualité de l'eau, de réseau de suivi et encore de problématiques identifiées. Ces données de référence pourront être mises à disposition sur Internet via le Réseau de Données sur l'Eau de Bassin.

Qu'il s'agisse du nouveau découpage des entités hydrogéologiques, de la base de données élaborée ou de l'atlas hydrogéologique avec ses fiches descriptives et ses

cartographies, ces documents (aux formats ARCVIEW et ACCESS) se doivent d'être exploités comme des documents de synthèse. En tant que tels, ils ne peuvent remplacer des études locales particulières. En revanche, ils permettent d'appréhender le fonctionnement hydrogéologique global.

Soulignons qu'une mise à jour périodique doit être envisagée afin de tenir compte de l'évolution des connaissances, de l'acquisition de nouvelles données, des nouvelles interprétations du fonctionnement hydrogéologique et de l'émergence éventuelle de concepts novateurs dans le cadre de la gestion de la ressource en eau souterraine. A cet effet, le choix du format de restitution des données de la présente synthèse pourra se révéler particulièrement utile. Les tables SIG et les fichiers de la base de données pourront alors être actualisés, implémentés ou éventuellement intégrés au sein de nouveaux outils.

Annexe 1

Le modèle de gestion du référentiel et la géodatabase des entités

1. Le modèle de gestion

La réalisation de l'année 1 du projet a montré la complexité des opérations de découpage et la nécessité de traitements topologiques poussés pour assurer la cohérence du découpage tant horizontalement que verticalement (par exemple plus de 780 000 polygones en région Aquitaine composant les entités de niveau 1, 2 et 3, plus de 41 000 arcs de limites et au total 32 niveaux de superposition).

Un modèle de gestion du référentiel sous ArcGis (actuellement version 9.2) a été développé en 2007 et testé d'abord sur les régions traitées en année 1 du projet (en premier lieu la région Centre).

De nouveaux contextes apparaissant au fur et à mesure de la progression du travail, le modèle de gestion est régulièrement adapté.

A l'issue des traitements une géodatabase ArcGis (version 9.31), associée au modèle, est produite: elle contient l'ensemble des entités délimitée, aux trois niveaux de détail du référentiel (NV1, NV2 et NV3). Des outils associés permettent d'effectuer des requêtes, de réaliser des coupes verticales, d'extraire des limites.

Outre son rôle important dans le traitement topologique des entités, le modèle de gestion permet :

1) d'archiver dans un réservoir de données unique l'ensemble des informations relatives aux entités: leur géométrie et leur caractérisation;

2) de restituer ces informations, à savoir :

- le niveau de regroupement des entités (NV1, NV2, NV3),
- le code, le nom des entités,
- la nature des entités,
- le thème des entités,
- le type de milieu des entités,
- l'état des entités,
- la position relative des entités les unes par rapport aux autres,
- en deux dimensions (X,Y),
- en trois dimensions (X,Y et ordre de recouvrement ou ordre absolu),
- la nature et le type de contact composant les limites entre les entités.

Pour atteindre ces objectifs un modèle conceptuel des données a été élaboré et un modèle de gestion a été mis en place. L'implémentation du modèle physique des données est réalisée dans l'environnement ESRI. Il est déclinable dans l'environnement MAPInfo mais les performances moindres de ce logiciel induisent une diminution des fonctionnalités du modèle. Dans la suite de ce document, la version numérique du modèle sera décrite sous sa forme ESRI, mais sa transcription en couches MapInfo est bien sûr possible.

1.1. FONCTIONNALITÉS DU MODÈLE

Le modèle de gestion est indispensable non seulement dans la phase d'élaboration, région par région, du référentiel (en tant qu'outil de travail aux fonctionnalités puissantes, topologiques en particulier), mais aussi par les possibilités d'exploitation qu'il offre (requêtes, sélections, réalisations de coupes verticales, visualisation 3D, ...).

1.1.1. Phase d'élaboration du référentiel

Le modèle de gestion permet :

- de restituer, à partir des découpages unitaires réalisés (une table par entité), l'assemblage latéral et vertical des entités. L'opération implique le tableau multi-échelles dans lequel les entités sont repérés par un numéro définissant un ordre (dit "absolu" et pouvant correspondre à l'âge des entités) ;
- de restituer les parties sous couverture des entités (une entité comprend en général une partie affleurante et une partie sous couverture) ;
- d'assurer une totale cohérence topologique (3D) de l'ensemble des entités et aux 3 niveaux de découpage NV1, NV2 et NV3 (utilisation des fonctions topologiques d'ArcGis) ;
- de détecter les anomalies de découpage des entités et de corriger les artefacts de découpage.

1.1.2. Phase d'exploitation du référentiel

Le produit final des traitements est une table ArcGis contenant l'ensemble des polygones d'intersection de toutes les entités les unes avec les autres. Cette table est la base du référentiel hydrogéologique à partir de laquelle de nombreuses tables dérivées peuvent être produites (en particulier les limites) et le point de départ de nombreuses requêtes sur les entités. Le modèle de gestion permet aussi :

- d'éditer automatiquement des fiches d'analyse par entité. Ces fiches précisent notamment les ordres d'apparition de l'entité (affleurante, sous couverture d'ordre 1, sous couverture d'ordre 2, ...), la liste des entités sus-jacentes (les "toits") et sous-jacentes (les "murs") avec mention des superficies de recouvrement ;
- de réaliser des coupes verticales suivant des directions quelconques ;
- d'automatiser les mises à jour à partir du niveau 3 : les modifications sont faites sur les entités de plus bas niveau (NV3) et répercutées automatiquement sur les entités des niveaux supérieurs (NV1 et NV2).

1.2. ORGANISATION ET PRINCIPES DE BASE DU MODÈLE

1.2.1. Organisation des entités en "Entités principales" et "Entités complémentaires"

Ces deux ensembles d'entités sont structurés suivant les 3 niveaux de découpage du référentiel: NV1, NV2 et NV3.

Les "*Entités principales*" font l'objet d'un traitement topologique qui garantit la cohérence de leur assemblage 3D.

Les "Entités complémentaires" regroupent différents types d'entités qui sont telles qu'elles ne permettent pas de respecter l'homogénéité du référentiel ou qui constituent des cas particuliers difficilement intégrables dans le cadre général du référentiel.

- systèmes alluvionnaires (transverses par rapport aux entités principales),
- formations superficielles, hétérogènes et morcelées,
- altérites cartographiées des zones de socle,
- aires karstifiées délimitées par des traçages,

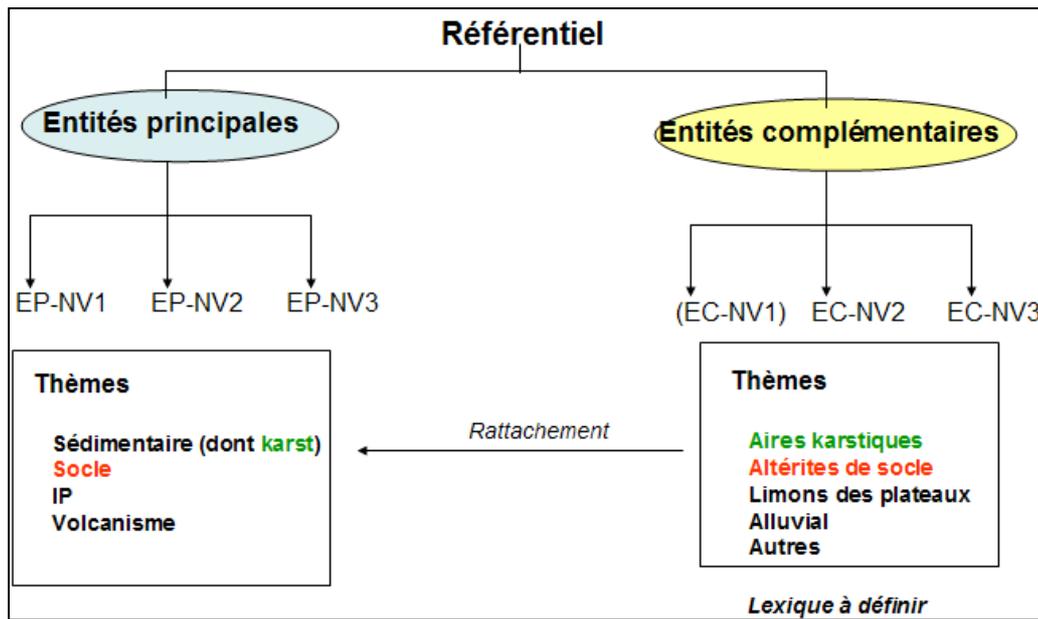


Illustration A1 – Organisation générale du référentiel

1.2.2. Ordonnement vertical

Le modèle permet de passer automatiquement d'un ordonnancement absolu des entités (correspondant à l'ordre dans lequel toutes les entités identifiées se succèdent sur la verticale, en général un ordre correspondant à un âge stratigraphique) à un ordonnancement relatif, qui est celui de la représentation des entités dans le SIG et qui correspond à l'ordre réel de superposition des entités dans une coupe verticale qui pourrait être réalisée dans le référentiel (illustrations A2 et A3). Cet ordonnancement correspond à une classification topographique sous contrainte chronologique.

L'ordonnement absolu est repéré par un numéro d'ordre "absolu" affecté à chaque entité dans le tableau multi-échelle, tableau utilisé par le modèle de gestion pour passer à un ordre relatif.

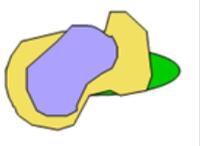
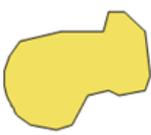
Numérisation de chaque entité	Définition de l'ordre absolu	Fichier global des entités délimitées à traiter
	Entité : X Ordre absolu : 52	 ↓
	Entité : Y Ordre absolu : 88	
	Entité : Z Ordre absolu : 90	

Illustration A2 – Ordonnancement des entités par un âge absolu

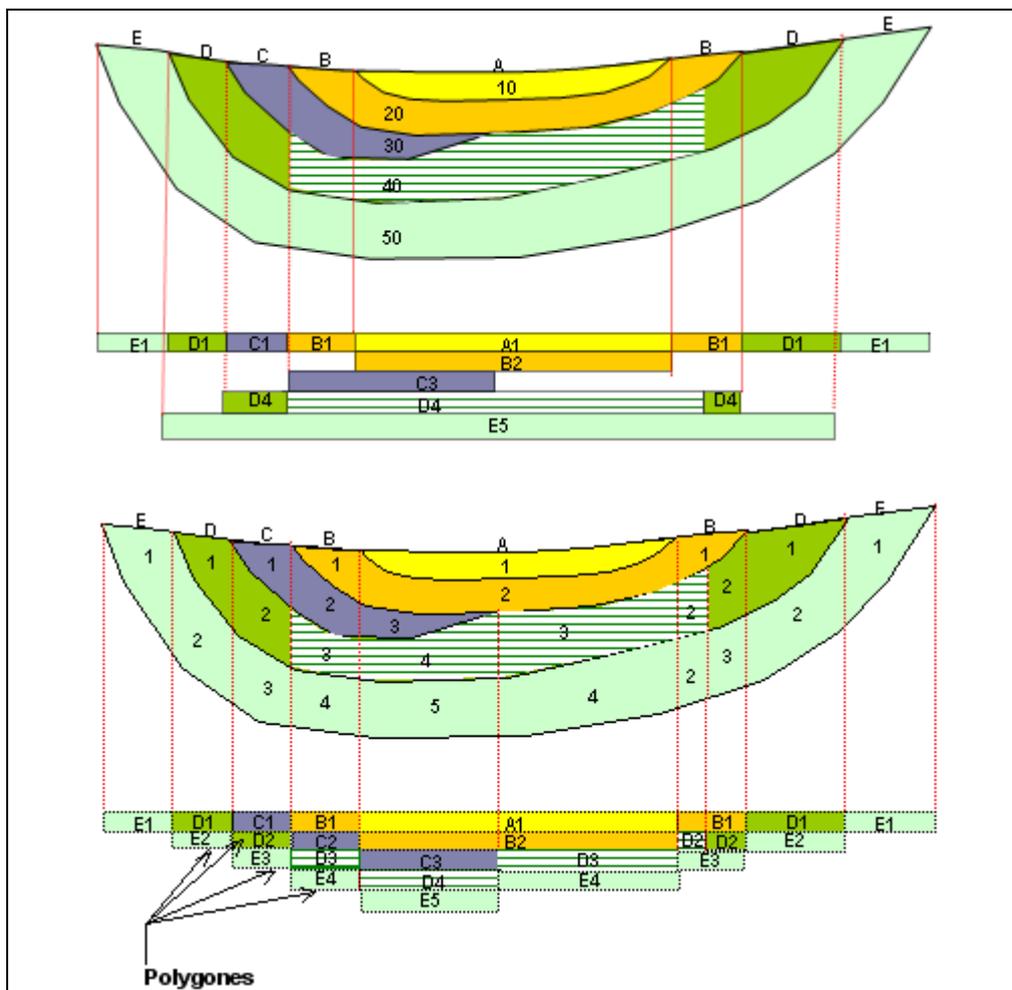


Illustration A3 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif.

1.2.3. Complétude

Toutes les couches sont spatialement complètes (couverture totale du territoire modélisé). Lorsque les entités de niveau 3 délimitées dans un niveau 2 ne permettent pas de reconstituer en totalité ce niveau 2 (seules des entités d'intérêt ont été délimitées), le complément "NV2-ΣNV3" est ajouté (en général un domaine).

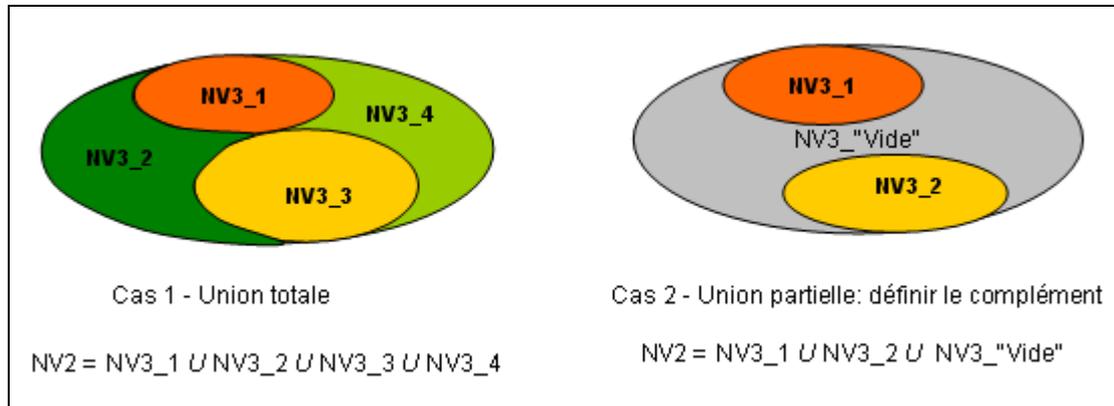


Illustration A4 - Reconstitution d'une entité de niveau 2 à par d'entités de niveau 3.

Le modèle de gestion peut tenir compte des cas où une entité de niveau 3 s'étend sur deux entités de niveau 2 (en général, cas lié à l'existence d'une frontière de "thème", par exemple passage du thème "intensément plissé" au thème "sédimentaire").

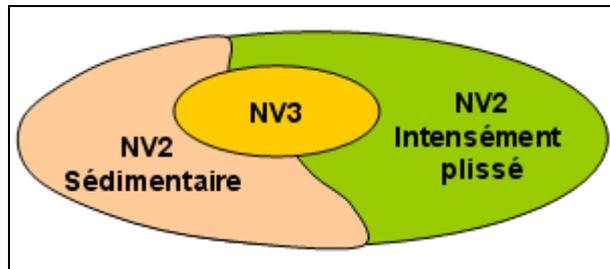


Illustration A5 – Entité de niveau 3 s'étendant sur 2 entités de niveau 2.

1.2.4. Héritage

• Attributs des entités

La caractérisation des entités de niveau 2 est faite à partir des attributs des entités de niveau 3. Il ne sera en effet pas toujours possible de définir globalement une entité de niveau 2 (et à fortiori de niveau 1) par un attribut unique, surtout lorsque les entités constitutives sont de types différents, par exemple au regard de la porosité (matricielle de fissure, de karst, ou encore double porosité).

Soit par exemple une entité de niveau 2 notée 10A, constituée de 3 entités de niveau 3. Le modèle de gestion permet de connaître le % de chaque entité de niveau 3 dans l'entité de niveau 2.

Niveau 2	Niveau 3	Porosité
10A	unité aquifère 10 A1 (craie), 30 %	double porosité (matrice et fissures)
	unité aquifère 10 A2 (craie), 20 %	double porosité (matrice et fissures)
	unité imperméable 10 A3, 50 %	porosité matricielle

L'entité de niveau 2, compte tenu la superficie totale des entités de niveau 3 qu'elle regroupe (et non pas des volumes) peut être rangée soit dans un domaine, soit dans un système aquifère avec le type de porosité correspondante.

Si le choix de la nature du niveau 2 (domaine ou aquifère) peut être laissé à l'appréciation de l'hydrogéologue, il est intéressant de remplir le champ "Type de milieu (porosité)" en mentionnant les types de porosité rencontrés au niveau 3 au prorata des surfaces observées, par exemple: "50 % DP, 50 % PM".

• **Limites**

Le modèle conceptuel restitue les éléments qui composent les limites des entités d'ordre de superposition identiques. Le guide méthodologique du référentiel propose un ensemble de limites type qui est utilisé pour les contours des entités d'ordre 1.

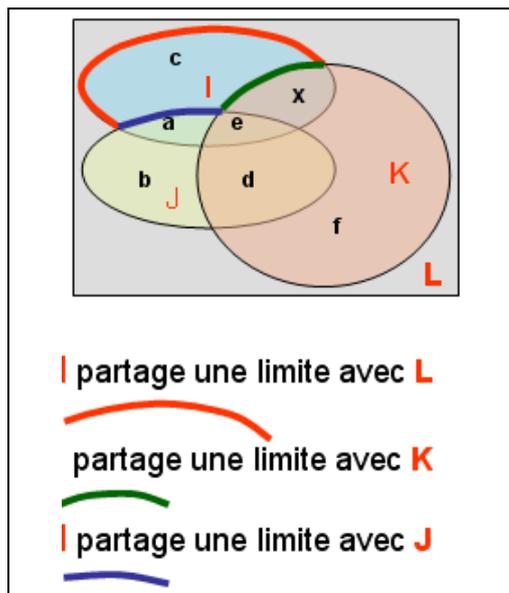


Illustration A6 – Restitution des limites des entités à partir de la table des polygones.

Les arcs ou les vecteurs qui composent les limites dans le référentiel BDRHFV2 sont issus de l'analyse topologique des entités. Chaque limite connaît ainsi ses voisins de gauche et droite. Cette orientation des limites (droite/gauche) gérée de manière transparente n'est pas précisée dans le référentiel.

Les limites sont qualifiées selon une typologie hydrogéologique et selon la nature des contacts qu'elles établissent entre les entités du référentiel. Elles sont représentées par le couple d'entités qu'elles lient et l'ordre relatif auquel elles se réfèrent.

L'illustration A7 suivante présente un schéma vertical local avec 2 ordres de superposition :

- la limite affleurante n°999 est définie par le couple d'entités d'ordre 3 : A et B, le type est défini par le producteur de la données, la nature du contact sera illustrée plus loin ;
- la limite sous recouvrement n°9991 est définie par le couple d'entité d'ordre 3 : C et C, il s'agit donc d'un artefact de découpage de l'entité C hérité de la limite précédente.

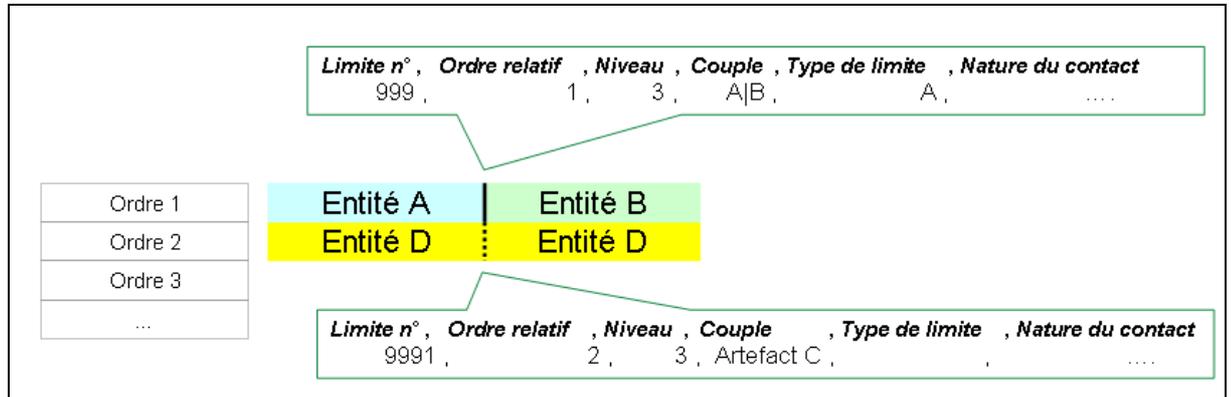


Illustration A7 – Exemple de contacts entre entités

Les artefacts de découpage sont conservés car ils peuvent être la cause de changement de type hydrogéologique des limites. Cette propriété est illustrée par la notion de **nature des contacts** que le référentiel déduit automatiquement de la superposition relative des entités et l'analyse de leur nature. L'illustration suivante présente un schéma de définition de la nature des contacts déduits pour chacune des limites identifiées (artefacts compris).

Ordre 1	Aquifère	Domaine	Domaine	Aquifère	Contact 1
Ordre 2	Aquifère	Aquifère	Aquifère	Aquifère	
Ordre 1	Aquifère	Domaine	Domaine	Aquifère	Contact 2
Ordre 2	Aquifère	Domaine	Domaine	Aquifère	
Ordre 1	Aquifère	Domaine	Domaine	Aquifère	Contact 3
Ordre 2	Domaine	Domaine	Domaine	Domaine	
Ordre 1	Domaine	Domaine	Domaine	Domaine	Contact 4
Ordre 2	Aquifère	Domaine	Domaine	Aquifère	
Ordre 1	Aquifère	Aquifère	Aquifère	Aquifère	Contact 5
Ordre 2	Aquifère	Domaine	Domaine	Aquifère	
Ordre 1	Domaine	Domaine			Contact 6
Ordre 2	Aquifère	Aquifère			
Ordre 1	Aquifère	Aquifère			Contact 7
Ordre 2	Aquifère	Aquifère			
Ordre 1	Aquifère	Aquifère			Contact 8
Ordre 2	Domaine	Domaine			
Ordre 1	Domaine	Domaine			Contact 9
Ordre 2	Domaine	Domaine			

Illustration A8 – Nature des contacts possibles entre entités

Neuf contacts distincts sont définis automatiquement, ils sont conditionnés par la nature des entités d'ordre 1 et d'ordre 2 au droit de la limite étudiée.

Le lexique des types de limites est fourni dans le tableau de l'illustration A9 qui suit.

RHF_LEXIQUES_VALEURS		
CODE	VALEUR	Commentaire
A	Ligne de partage des eaux souterraines	C'est une limite à flux nul correspondant à une crête piézométrique, dont la position peut se déplacer au cours du temps ou sous l'influence de pompage (exemple : aquifère de la craie dans la Somme).
B	Limite étanche	C'est une limite à flux nul correspondant à un contact entre des formations imperméables et perméables. Exemple : Alluvions perméables sur des schistes ou Crétacé supérieur sur Albien argileux.
C	Ligne d'affluence d'un aquifère captif à un aquifère	Elle correspond également à une limite d'alimentation à condition de flux du second. Ce type de limite s'observe en bordure du Bassin parisien entre des formations très peu perméables (Callovien par exemple) et aquifère (Bathonien - Bajocien par exemple).
D	Ligne d'affluence des eaux de formations perméable	C'est une limite d'alimentation à condition de flux de ce dernier. Exemple : les reliefs jurassiques alimentant les terrasses alluviales de la plaine de l'Hérault ou les failles mettant en contact Grès du Trias inférieur et Calcaires du Muschelkalk.
E	Ligne de sources de déversement	Elle s'observe au contact d'une entité aquifère avec une entité imperméable. Exemple : ligne de sources à la base de l'Oxfordien au contact avec le Callovien, en bordure du Bassin parisien.
F	Ligne de débordement continue ou discontinue	Ligne d'émergence et ligne d'affluence d'un aquifère libre à un aquifère captif : limite d'alimentation à condition de flux nul du second. Exemple : limite entre l'Oxfordien et le Kimméridgien en bordure du Bassin parisien.

Illustration A9 – Types de limites

G	Cours d'eau perché, à pertes par infiltration, sou	C'est une ligne d'alimentation de flux plus ou moins discontinue. Cela peut être le cas de rivières circulant dans des reliefs et où le niveau de base est sensiblement inférieur à l'altitude du lit de la rivière.
H	Cours d'eau limite d'alimentation	
I	Cours d'eau limite à potentiel	Alimentation ou drainage selon les périodes, ou sens du flux inconnu)
J	Cours d'eau limite de drainage	Les trois précédentes limites permettent de qualifier la nature de la relation nappe - rivière avec une condition de potentiel hydraulique.
K	Limite à caractère administratif	Une limite de type administratif est nécessaire pour délimiter les aquifères transfrontaliers.
L	Limite inconnue	Lorsque la limite de l'aquifère ne peut être déterminée, un code correspondant à « limite inconnue » sera utilisé.
Y	Autres	Autre type de limite, à définir ultérieurement
Z	Artefact de découpage	Limite liée au processus de découpage, hors typologie hydro.

Illustration A9 (suite) – Types de limites

2. Géodatabase associée au modèle de gestion

2.1. MODÈLE CONCEPTUEL DES DONNÉES

Le modèle de gestion est implémenté dans une géodatabase ArcGIS. Il est composé de quatre tables principales (illustrations A10 et A11) :

- la table des polygones qui constituent les entités (formes géométriques), appelée "RHF_Polygones relatifs",
- la table des limites des entités (polylignes), appelée "RHF_Limites",
- le tableau synthétique de définition des entités ,
- le tableau de définition des limites.

et de requêtes dérivées, par exemple "REQUETE_toits" et " REQUETE_murs" des entités (illustration A11).

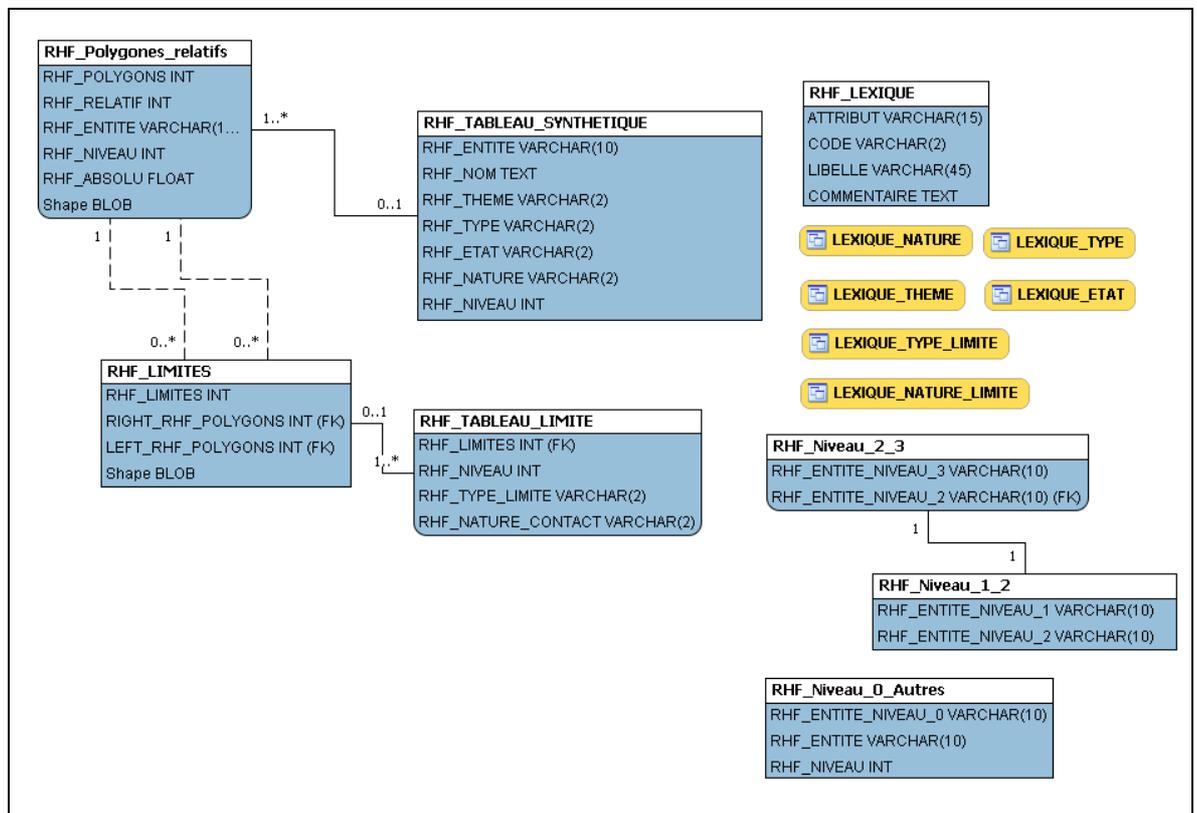


Illustration A10 – Modèle conceptuel de la géodatabase

Remarque : par convention, les tables de données composant le fonds documentaire minimal de la géodatabase sont notées avec le préfixe **RHF_**. Les tables qui résultent de requêtes complexes dont le résultat est "figé" pour en faciliter la lecture sont préfixée avec **BDRHF_**



Illustration A11 – Liste des tables et des requêtes dans la géodatabase du référentiel

Remarque: la taille de certaines géodatabases (cas de l'Aquitaine) ne permet pas d'avoir les 3 niveaux de découpage rassemblés dans une géodatabase unique (cas par exemple de l'Aquitaine). Il y donc une géodatabase de niveau 3 et une rassemblant les niveaux 1 et 2.

2.2. DESCRIPTION DES TABLES

2.2.1. Table des "RHF_Polygones relatifs"

Le résultat final de tous les traitements effectués avec le modèle de gestion et permettant d'obtenir un "assemblage" d'entités topologiquement correct dans les 3 dimensions est une couche vecteur ArcGis de la géodatabase nommée "**RHF_Polygones relatifs**". C'est une table (couche graphique) contenant tous les polygones issus de l'intersection de toutes les entités les unes avec les autres pour tous les niveaux du référentiel (1,2 ou 3) .

En sélectionnant "RHF_Polygones relatifs", la couche des polygones qui composent les entités s'affiche à l'écran (illustration A12). Un niveau puis un ordre de superposition peuvent être sélectionnés.

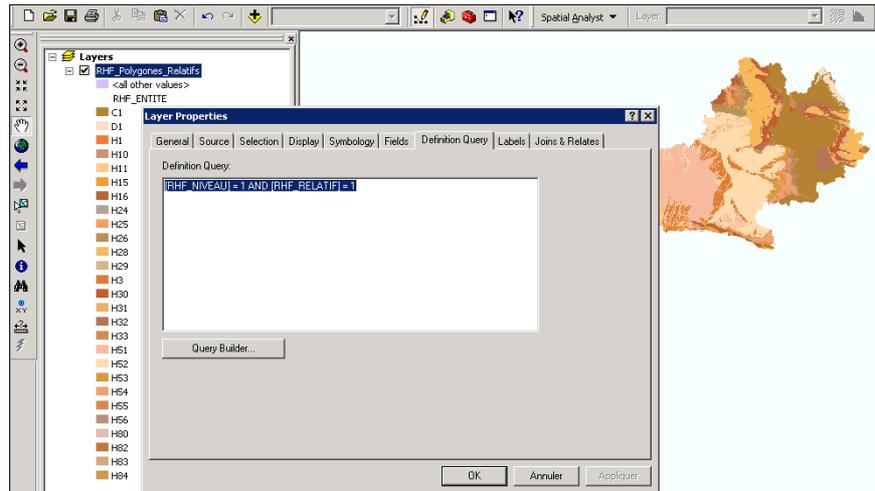


Illustration A12 – Table des polygones multiples de niveau 1 et d'ordre 1 en région MPY

Dans l'illustration suivante, la couche de RHF_Polygones_Relatifs est affichée pour les 3 niveaux de regroupement du référentiel

- [RHF_NIVEAU] = 1 AND [RHF_RELATIF] = 1
- [RHF_NIVEAU] = 2 AND [RHF_RELATIF] = 1
- [RHF_NIVEAU] = 3 AND [RHF_RELATIF] = 1

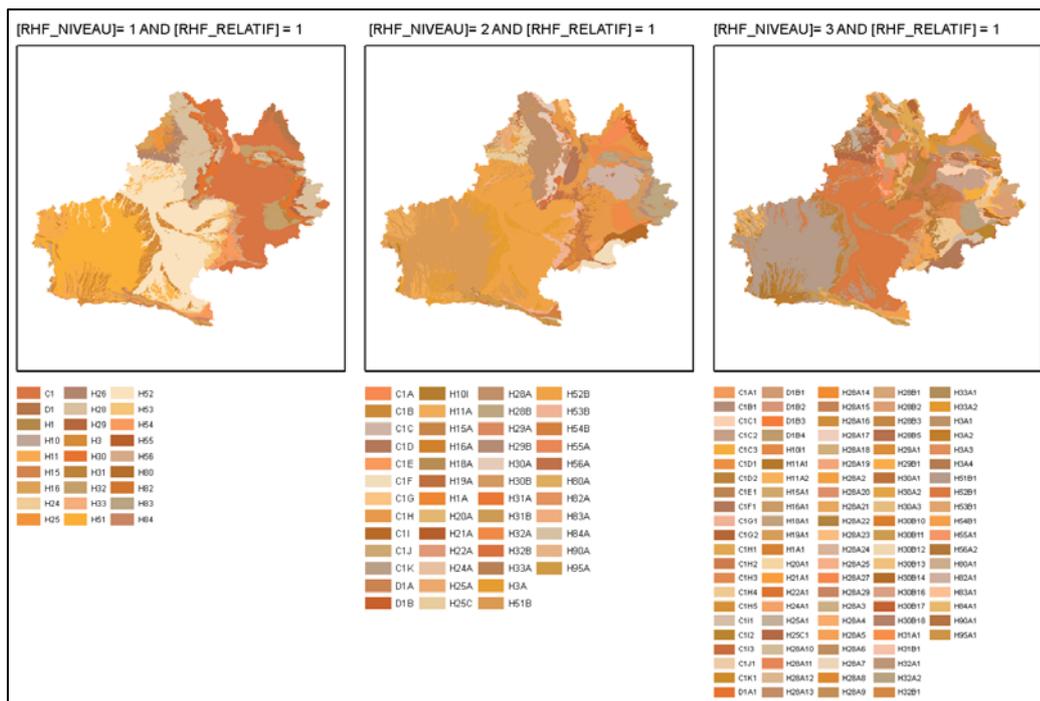


Illustration A13 – Sélection des entités d'ordre 1 pour les 3 niveaux de découpage du référentiel

2.2.2. Table RHF_Tableau_Synthetique

La table RHF_Tableau_Synthetique est la transcription au format MSACCESS du tableau synthétique.

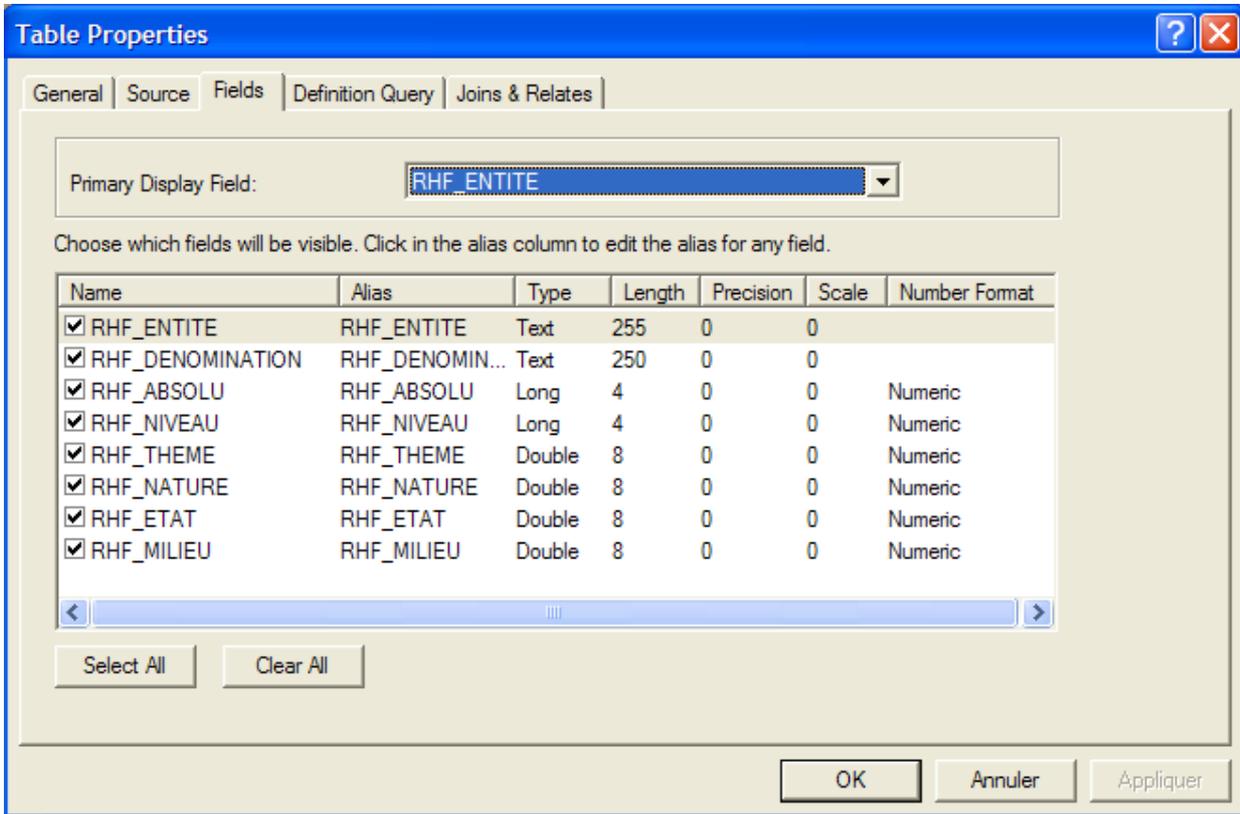


Illustration A14 - Table RHF_Tableau_Synthetique

Le champ RHF_ENTITE permet la jointure thématique avec la table des polygones d'entités (RHF_Polygones_multiples).

RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_THEME	RHF_NATURE	RHF_ETAT	RHF_MILIEU
F10	KIMMERIDGEN-CALLOVIEN	16115	1 <Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F10F	Domaine hydrogéologique des marnes et calcaires inférieurs du Kim. au callovien	15300	2 <Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F10F1	Unité aquifère des calcaires à Astartes du Perche (Oxfordien supérieur)	15300	3	2		3	4
F10F2	Unité aquifère des calcaires coralliens de l'Oxfordien moyen	15900	3	2	5	3	4
F10G	Domaine hydrogéologique des marnes callovo-oxfordiennes	15455	2 <Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F10G1	Unité semi-perméable des marnes bleues à Encrines (oxfordien moyen - oxfordien supérieur)	15455	3	2 <Null>	<Null>	3	1
F10G10	Unité semi-perméable des marnes de Domfront en Champagne, du Chevain et des oolites de Suré (Callovi	16230	3	2	6	3	1
F10G11	Unité semi-perméable des calcaires marneux à brachiopodes (Callovien inférieur)	16300	3	2	6	3	1
F10G2	Unité imperméable des marnes à spongiaires (Callovien à Oxfordien moyen)	15700	3	2 <Null>	<Null>	3	1
F10G3	Unité aquifère des sables du Vairais et de Mortagne (Oxfordien inférieur)	15995	3	2	5	3	1
F10G4	Unité imperméable des marnes à Pernes et des marnes sableuses de la Vacherie et de la Buraisiaire (Call	16000	3	2 <Null>	<Null>	3	1
F10G5	Unité aquifère des sables de Saint-Fulgent-des-Ormes (Callovien supérieur)	16115	3	2 <Null>	<Null>	3	1
F10G6	Unité imperméable des marnes de Montmarlo et de Montbizot (Callovien supérieur)	16120	3	2 <Null>	<Null>	3	1
F10G7	Unité aquifère des calcaires sableux de Teillé (Callovien moyen)	16125	3	2 <Null>	<Null>	3	1
F10G8	Unité imperméable des marnes de Maresché et de Saint-Calez-en-Saosnois (Callovien moyen)	16200	3	2 <Null>	<Null>	3	1
F10G9	Unité semi-perméable des marnes d'Assé le Riboul et des oolites (Callovien inférieur et moyen)	16210	3	2 <Null>	<Null>	3	1
F11	DOGGER	16470	1 <Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F11S	Domaine hydrogéologique des marnes du Dogger	16472	2 <Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F11S1	Unité semi-perméable des marnes de Bourg le Roi (Baéonien supérieur)	16472	3	2	6	3	1
F11T	Système aquifère des calcaires du DOGGER (Bajocien-Baéonien)	16470	2 <Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F11T1	Unité aquifère des calcaires noduleux à silex du Baéonien	16470	3	2	5	3	2
F11T2	Unité aquifère des oolites ferrugineuses et du calcaire à Montlivaultia (Baéonien supérieur)	16470	3	2	5	3	3
F11T3	Unité aquifère des calcaires et oolites du Saosnois (Bajocien supérieur à Baéonien supérieur)	16770	3	2	5	3	3
F11T4	Unité aquifère des calcaires graveleux de la champagne, de Conle(Aalénien moyen, Bajocien, Baéonien)	16900	3	2	5	3	3
F11T5	Unité aquifère des arkoses d'Alençon et des graviers, sables et grès de tessé (Aalénien)	17160	3	2	5	3	1
F12	LIAS	17560	1 <Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F12A	Domaine hydrogéologique marnes du Lias supérieur	17560	2 <Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F12A1	Unité semi-perméable des calcaires marneux et marnes du Tardias	17560	2	2	5	3	2

Illustration A15 – Jointure avec la table RHF_Tableau_Synthetique

Ainsi, la table **RHF_Polygones_Multiples** est en règle générale associée à la table **RHF_Tableau synthétique** pour permettre une représentation thématique basée sur la nature, le type, l'état ou le milieu des entités.

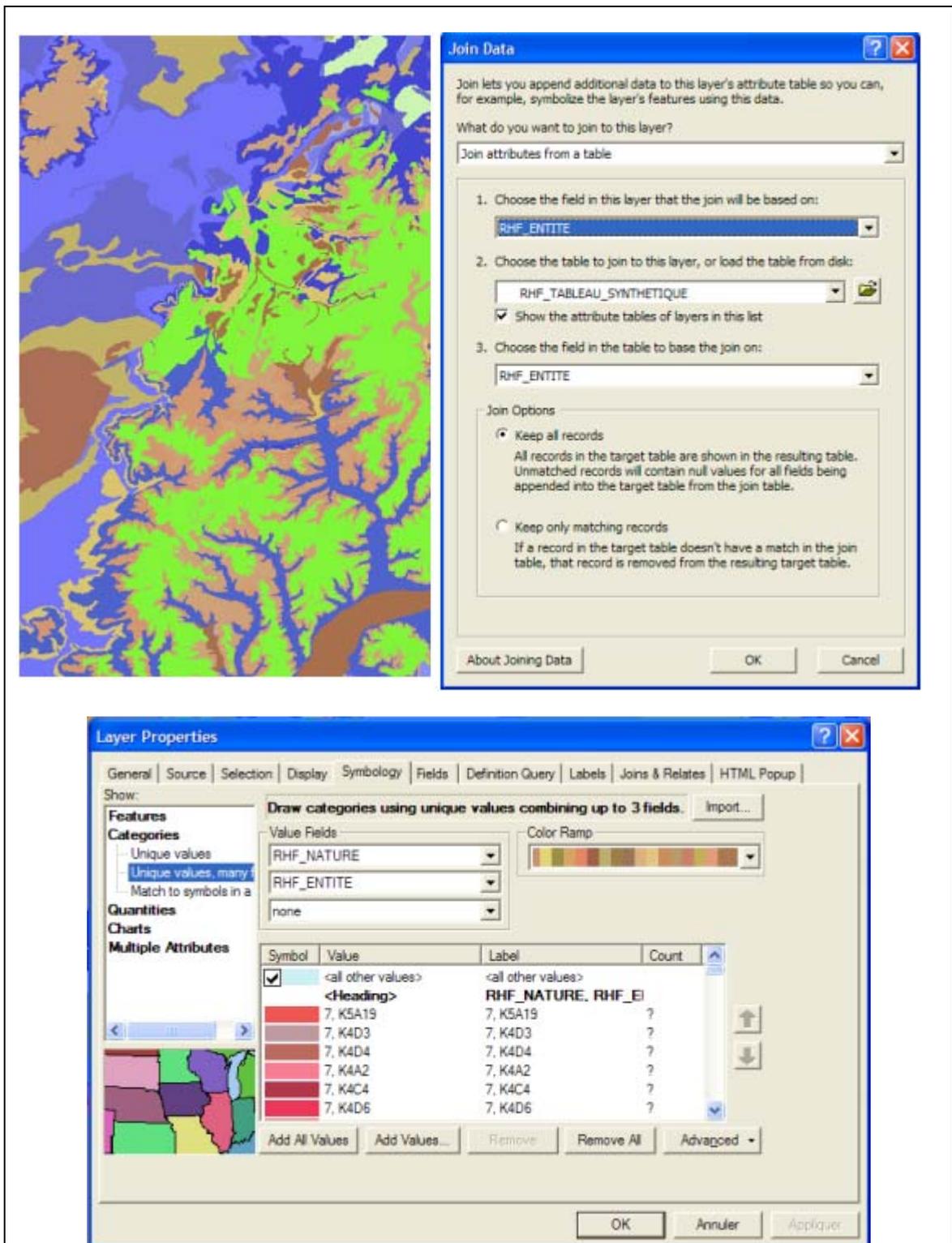


Illustration A16 –Exemple d'analyse thématique après jointure

2.2.3. Table des limites

La seconde couche vecteur correspondant à la table des limites (illustration A17), appelée "RHF_**Limites**" (limites des entités d'ordre 1 et plus).

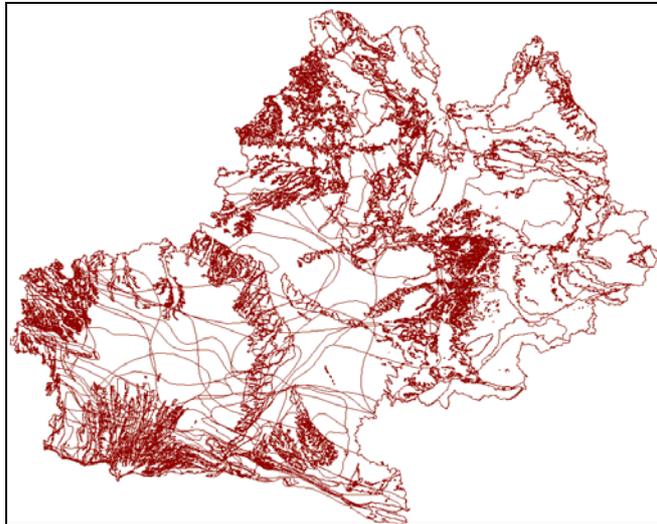


Illustration A17 – Table des limites des entités d'ordre 1

(exemple de la région Midi-Pyrénées)

Les limites peuvent être qualifiées selon leur nature et le contact entre les entités sous jacentes.

2.2.4. Table RHF_Limites_nature

La table de qualification des limites reprend une part d'information définie par le producteur des données (le type de limite) et des attributs issus de l'analyse de la base de données. Ces derniers peuvent être recalculés lors de la mise à jour des attributs des entités

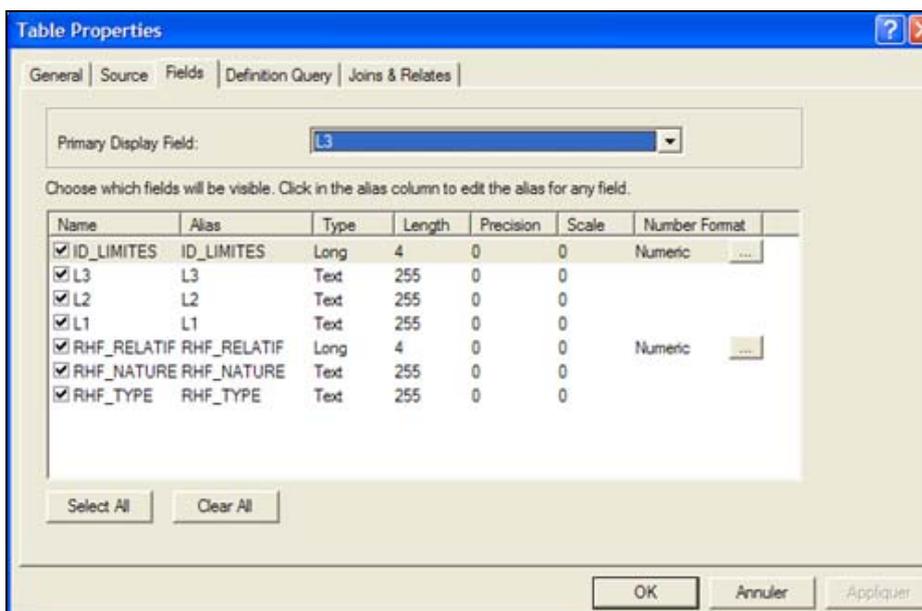


Illustration A18 – Table de la nature des limites

Le champ **L3** décrit le couple d'entité de niveau 3 séparé par cette limite. La syntaxe utilisée est composée des codes d'entité séparés par le symbole "|" (ascii 124)

par exemple : |F10G1|F11T1|.

Lorsque la limite sépare une entité du "monde extérieur", par exemple une limite administrative au delà de laquelle le découpage hydrogéologique n'est pas effectué, le couple L3 est composé du code de l'entité et du mot clef "Monde"

par exemple : |F10G1|Monde|.

Lorsque la limite est héritée d'un découpage sous-jacent, elle peut être incluse dans une même entité hydrogéologique. Dans ce cas les entités situées de part et d'autre de la limite sont de même code. Le champ L3 prend alors la valeur « Artefact »

Le champ **L2** décrit le couple d'entité de niveau 2 séparé par cette limite. La syntaxe utilisée est composée des codes d'entité séparés par le symbole "|" (ascii 124)

par exemple : |F10G|F11T|.

Lorsque la limite sépare une entité du "monde extérieur", par exemple une limite administrative au delà de laquelle le découpage hydrogéologique n'est pas effectué, le couple L2 est composé du code de l'entité et du mot clef "Monde"

par exemple : |F10G|Monde|.

Lorsque la limite est héritée d'un découpage sous-jacent, elle peut être incluse dans une même entité hydrogéologique. Dans ce cas les entités situées de part et d'autre de la limite sont de même code. Le champ L2 prend alors la valeur « Artefact »
Remarque : Toutes les entités de niveau 3 incluses dans une entité de niveau 2 composent les limites de niveau 2 définies comme "Artefact" à l'exception des limites au contact d'entités de niveau 2 distinctes.

Le champ **L1** décrit le couple d'entité de niveau 1 séparé par cette limite. La syntaxe utilisée est composée des codes d'entité séparés par le symbole "|" (ascii 124)

par exemple : |F10|F11|.

Lorsque la limite sépare une entité du "monde extérieur", par exemple une limite administrative au delà de laquelle le découpage hydrogéologique n'est pas effectué, le couple L1 est composé du code de l'entité et du mot clef "Monde"

par exemple : |F10|Monde|.

Lorsque la limite est héritée d'un découpage sous-jacent, elle peut être incluse dans une même entité hydrogéologique. Dans ce cas les entités situées de part et d'autre de la limite sont de même code. Le champ L1 prend alors la valeur « Artefact »

Remarque : Toutes les entités de niveau 3 ou 2 incluses dans une entité de niveau 1 composent les limites de niveau 1 définies comme "Artefact" à l'exception des limites au contact d'entités de niveau 1 distinctes.

Le champ **RHF_Relatif** définit l'ordre de recouvrement concerné par la limite. Seules les limites d'ordre relatif égal à 1 sont définie selon une typologie décrite par le producteur de données.

Le champ **RHF_Type** définit la typologie de la limite décrite par le producteur de données.

Le champ **RHF_Nature** définit la nature du contact établi par la limite entre les entités d'ordre relatif 1 et 2.

Le lexique des natures de contact est fourni dans le tableau ci-après:

RHF_LEXIQUES_VALEURS	
CODE	VALEUR
AAAA	Aquifère-Aquifère/Aquifère-Aquifère
AADA	Aquifère-Aquifère/Aquifère-Domaine
AAAD	Aquifère-Aquifère/Aquifère-Domaine
AADD	Aquifère-Aquifère/Domaine-Domaine
DAAA	Aquifère-Domaine/Aquifère-Aquifère
ADAA	Aquifère-Domaine/Aquifère-Aquifère
ADDA	Aquifère-Domaine/Aquifère-Domaine
DAAD	Aquifère-Domaine/Aquifère-Domaine
DADA	Aquifère-Domaine/Aquifère-Domaine
ADAD	Aquifère-Domaine/Aquifère-Domaine
DADD	Aquifère-Domaine/Domaine-Domaine
ADDD	Aquifère-Domaine/Domaine-Domaine
DDAA	Domaine-Domaine/Aquifère-Aquifère
DDDA	Domaine-Domaine/Aquifère-Domaine
DDAD	Domaine-Domaine/Aquifère-Domaine
DDDD	Domaine-Domaine/Domaine-Domaine

Illustration A19 – Lexique de la nature des contacts

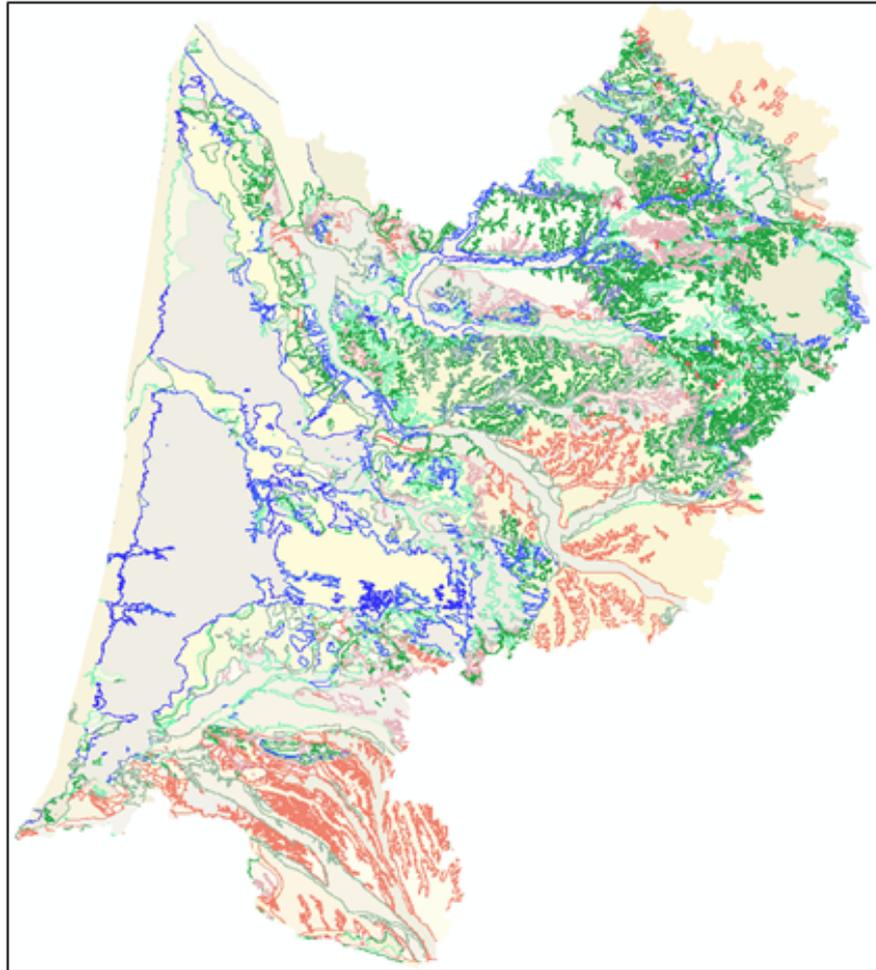


Illustration A20 – Exemple de représentation des limites en fonction de la nature des contacts

(référentiel de l'Aquitaine)

2.2.5. Requêtes sur le modèle et tables associées

Requêtes Toits et murs

Il s'agit de 2 requêtes que l'on peut ouvrir pour consultation. Pour chaque polygone de l'entité (champ "Attribut_Polygons"), on peut connaître l'entité qui compose le polygone situé directement au-dessus (champ "Toit") et celle située directement au-dessous (Champ "Murs").

Dans l'illustration suivante,

- le toit de A est composé de b et de c,
- le mur de A est composé de e et de f.



Les requêtes permettant l'extraction de ces données sont REQUETE_MURS et REQUETE_TOITS, elles sont également transcrites sous formes de tables BDRHF_Table_Murs et BDRHF_Table_Murs

Table (requête) : BDRHF_TABLE_TOIT (BDRHF_TOIT)

RHF_ENTITE	RHF_ABSOLU	Position	TOIT	LIBELLE	ORDRE_ABSO	Part_Toits	SToits	Surface	RHF_NIVEAU
10A	100	Toit	1B	Domaine aquifère	10	0.5628394038	711758480	48054244348	2
10A	100	Toit	7B	Système aquifère	70	0.0017709860	2239563	2529170755.2	2
10A	100	Toit	8B	Domaine imperméable	80	0.0742439338	93887793	11381268398	2
10A1	100	Toit	1B4	Domaine aquifère	10	0.9297574797	17265823	37140487.444	3
10A2	100	Toit	1B3	Domaine aquifère	10	0.0004950633	57642	116433589.51	3
10A2	100	Toit	1B4	Domaine aquifère	10	0.8677559751	101035943	465734358.05	3
10A3	100	Toit	1B7	Domaine aquifère	10	0.649815871	151132818	1395467467.8	3
10A3	100	Toit	7B41	Unité aquifère d	70	0.0096293022	2239563	465155822.59	3
10A4	100	Toit	1B5	Domaine aquifère	10	0.2818628625	89605078	317903100.79	3
10A4	100	Toit	1B6	Domaine aquifère	10	0.4512132491	143442091	317903100.79	3
10A5	100	Toit	1B3	Domaine aquifère	10	0.4961843609	119449097	2648088433.8	3
10A6	100	Toit	1B2	Domaine aquifère	10	0.5742847963	82878229	1010208883.7	3
10A6	100	Toit	8B5	Domaine imperméable	80	0.0132702258	1915100	144315554.81	3
10A7	100	Toit	1B8	Domaine aquifère	10	0.0052030419	324017	124549065.16	3
10A7	100	Toit	8B5	Domaine imperméable	80	0.1076240756	6702239	124549065.16	3
10A8	100	Toit	1B1	Domaine aquifère	10	0.408405265	6567743	205225208.14	2

Illustration A21 – Table des toits (exemple de la région Aquitaine)

	Description des attributs de la table/requête des toits
RHF_ENTITE	Code de l'Entité étudiée
RHF_ABSOLU	Ordre absolu
RHF_NIVEAU	Niveau de l'entité étudiée
Surface	Surface de l'entité étudiée
Position	Position des entités associées (constante TOIT)
TOIT	Code de l'entité au toit
LIBELLE	Denomination de l'entité au toit
ORDRE_ABSOLU	Ordre absolu de l'entité au toit
Part_Toits	Part relative de la surface de l'entité étudiée dont le toit est composée par cette unité
SToits	Surface du toit considéré

Illustration A22 – Table des toits (exemple de la région Poitou-Charentes)

Table (requête) : BDRHF_TABLE_MUR (BDRHF_MUR)

BDRHF_Table_Murs : Table											
	RHF_ENTITE	RHF_ABSOLU	Position	MURS	LIBELLE	ORDRE_ABSO	Smurs	Aire	Part_Mur	Surface	RHF_NIVEAU
▶	1		10 Mur	10	Grand système	100	847686972	1974761781.9	0.4292603694	88864280188	1
	1		10 Mur	11	Grand domaine	110	40936870	1974761781.9	0.0207300295	63192377022	1
	1		10 Mur	12	Grand système	120	75500861	1974761781.9	0.0382328956	37520473857	1
	1		10 Mur	21	Grand système	20	114308450	1974761781.9	0.0578846781	51343806331	1
	1		10 Mur	3	Grand domaine	30	116647627	1974761781.9	0.0590692144	1.007129E+11	1
	1		10 Mur	4	Grand système	40	43530245	1974761781.9	0.0220432892	19747617819	1
	1		10 Mur	4	Grand système	41	7878785	1974761781.9	0.0039897395	13823332474	1
	1		10 Mur	4	Grand système	42	375791	1974761781.9	0.0001902969	3949523563.9	1
	1		10 Mur	5	Grand système	60	104651691	1974761781.9	0.0529945900	78990471278	1
	1		10 Mur	5	Grand système	65	33115719	1974761781.9	0.0167694753	1974761781.9	1
	1		10 Mur	51	Grand domaine	50	60766447	1974761781.9	0.0307715328	61217615240	1
	1		10 Mur	7	Grand Système	70	290111334	1974761781.9	0.1469095344	98738089097	1
	1		10 Mur	9	Grand Système	90	27446597	1974761781.9	0.0138986876	9873808909.7	1
	1		10 Mur	9	Grand Système	91	113210525	1974761781.9	0.0573286996	35545712075	1
	10		100 Mur	11	Grand domaine	110	16576785913	16584901422	0.9995106689	2.063162E+13	1
	10		100 Mur	12	Grand système	120	7655244	16584901422	0.0004616394	66339605687	1

Illustration 23 – Table des murs (exemple de la région Poitou-Charente)

Description des attributs de la table/requête des murs	
RHF_ENTITE	Code de l'Entité étudiée
RHF_ABSOLU	Ordre absolu
RHF_NIVEAU	Niveau de l'entité étudiée
Surface	Surface de l'entité étudiée
Position	Position des entités associées (constante TOIT)
MURS	Code de l'entité au mur
LIBELLE	Dénomination de l'entité au mur
ORDRE_ABSOLU	Ordre absolu de l'entité au mur
Part_Mur	Par relative de la surface de l'entité étudiée dont le mur est composée par cette unité
SToits	Surface du mur considéré

Illustration A24 – Table des murs (exemple de la région Aquitaine)

2.2.6. Table des ordres

Il s'agit d'une table (illustration A25) dans laquelle les entités (champ "RHF_ENTITE") sont "décomposées" suivant leur ordre relatif de recouvrement (champ "RHF_RELATIF"), chaque partie étant caractérisée par la superficie qu'elle occupe (Champ "Parts").

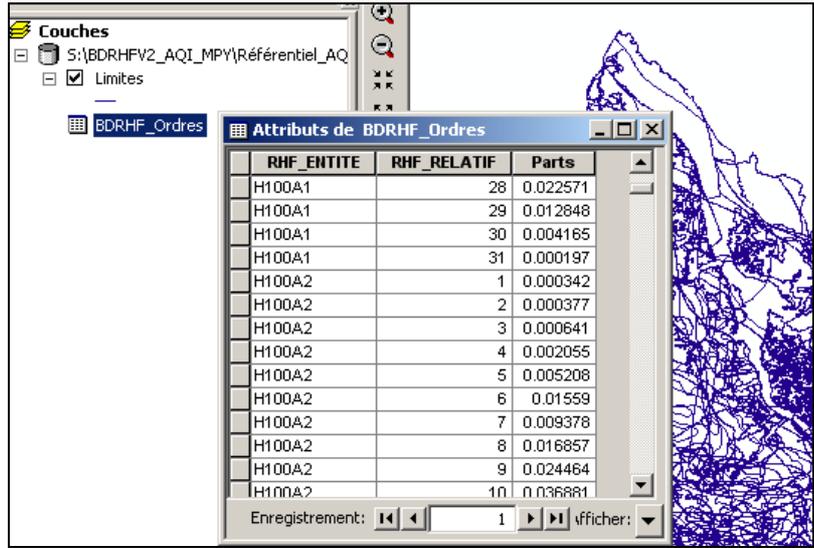


Illustration A25 - Table des ordres

Annexe 2

Tableau multi-échelle des entités principales

Type entité	Code provisoire entité	Libellé Provisoire Entité	Thème BD LISA	Thème RMC	Nature	Etat	Type milieu	Profondeur fictive	Présence InterRégionale	Type entité	Filiation	Code Provisoire Entité	Libellé Provisoire Entité	Thème BD LISA	Thème RMC	Nature	Etat	Type milieu	Présence InterRégionale	
P2	141E	Marnes du Lias supérieur de la région des Grands Causses	2	2	4		4	30	oui MPY											
P2	141G	Calcaires, grès et marnes du Trias de la région des Grands Causses	2	2	4	2	1	50	oui MPY											
P2	142D	Calcaires éocènes du bassin de Saint Martin de Londres	2	2	4	3	4	10	non											
P2	145A3	Marnes et marno-calcaires de l'Albien du Pays de Sault au Verdoube	2	2	4	2	1	10	non											
P2	145A4	Marnes albiennes du Bassin de Quillan	2	2	4	3	4	10	non											
P2	149C2	Calcaires et marno-calcaires de l'Hauterivièn du dôme de Lédignan	2	2	4	2	4	15	non											
P2	149A2B	Calcaires et marno-calcaires de l'Hauterivièn de l'anticlinal de Lussan	2	2	4	2	4	15	non											
P2	150	Alluvions et Villafranchien de la Vistrenque et des Costières	2	2	3	3	1	10	non	P3		150A	Alluvions quaternaires et villafranchiennes de la	2	2	5	3	1	non	
										P3		150B	Alluvions quaternaires et villafranchiennes des Costières	2	2	5	2	1	non	
										P3	150	150C	Formations villafranchiennes des Costières entre Vauvert et St Gilles	2	2	5	2	1	non	
										P3		150D	Alluvions quaternaires et villafranchiennes à l'Ouest de St Gilles	2	2	5	1	1	non	
										P3		150E	Sables et argiles de l'Astien des Costières	2	2	5	1	1	non	
P2	214	Calcaires, grès et graviers du Paléocène et de l'Eocène inférieur et moyen de la bordure Nord du bassin de Carcassonne	2	2	3	3	4	10	non	P3		214B	Calcaires et marnes du Paléocène et de l'Eocène inférieur et moyen du Cabardès et du Minervois	2	2	6	3	4	non	
										P3	214	214C	Calcaires et marnes du Paléocène et de l'Eocène inférieur et moyen du système Cesse - Pouzols - Ste-Valière	2	2	5	3	3	non	
										P3		214A	Graviers et grès du Paléocène et de l'Eocène inférieur et moyen au Sud de la montagne Noire (secteur de Castelnaudary)	2	2	5	3	1	oui MPY	
P2	225	Sables et argiles pliocènes du Roussillon	2	2	3	1	1	20	non											
P2	226	Sables astiens d'Agde-Valras-embouchure de l'Aude	2	2	3	1	1	30	non											
P2	328E2	Alluvions quaternaires et villafranchiennes et sables tertiaires entre le Lez et Sète	2	2	4	3	1	10	non	P3	328E2	328E2B	Alluvions quaternaires et villafranchiennes entre Montpellier et Sète	2	2	6	2	1	non	
										P3		328E2A	Sables et marnes tertiaires du secteur de Montpellier	2	2	6	2	1	non	
P2	328E6	Argiles du Pliocène (Plaisancien) d'Agde-Valras-embouchure de l'Aude	2	2	4	1	1	35	non											
P2	548C	Marnes oligocènes du fossé d'Alès-Barjac	2	2	4	3	1	20	oui RHA											
P2	549G	Formations urgoniennes ou tertiaires du bassin de Pujaut à Fournès	2	2	3	3	4	25	non											
P2	549E1	Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur dans le bassin versant de la basse Cèze	2	2	4	3	4	15	non											
P2	549E2	Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur dans le bassin versant de la basse Ardèche	2	2	4	3	4	15	oui RHA											
P2	549E3	Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur dans le bassin versant du Rhône dans le secteur de Pont St Esprit	2	2	4	3	4	15	oui RHA											
P2	556A2	Marnes et marno-calcaires du Valanginien du dôme de Lédignan	2	2	4	3	4	30	non											
P2	556B	Calcaires, marnes et molasses crétacés, éocènes, oligocènes et miocènes des bassins de Castries et de Sommières	2	2	3	3	4	10	non	P3		556B1	Molasses miocènes du bassin de Sommières	2	2	5	3	4	non	
										P3		556B2	Molasses miocènes du bassin de Castries	2	2	5	3	4	non	
										P3	556B	556B3	Calcaires de l'Oligocène inférieur du bassin de Salinelles	2	2	5	3	4	non	
										P3		556B4	Calcaires de l'Oligocène supérieur du bassin de Salinelles	2	2	5	3	4	non	
										P3		556B5	Calcaires et marnes du Valanginien de St-Sériès - Saturargues	2	2	5	3	3	non	
P2	556C1	Calcaires et marnes tertiaires du bassin de St Chaptès	2	2	4	3	4	10	non	P3	556C1	556C1A	Calcaires et marnes oligocènes du bassin de St-Chaptès	2	2	6	3	4	non	
										P3		556C1B	Calcaires et marnes de l'Eocène du bassin de St-Chaptès	2	2	6	3	4	non	
										P3		556C1C	Marnes tertiaires du bassin de St-Chaptès	2	2	7	2	1	non	
P2	556C3	Molasses, marnes et calcaires du Crétacé supérieur au Miocène du bassin d'Uzès	2	2	3	1	1	10	non	P3	556C3	556C3A	Molasses du bassin d'Uzès	2	2	5	1	1	non	
										P3		556C3B	Grès, calcaires et marnes du Crétacé moyen et supérieur du bassin d'Uzès	2	2	6	3	4	non	
P2	556C4A	Argiles, grès et calcaires éocènes à l'Ouest du Mont Bouquet	2	2	4	3	4	10	non											
P2	556C4B	Calcaires et argiles éocènes et oligocènes du bassin d'Issirac	2	2	4	3	4	10	oui RHA											
P2	556D1	Calcaires du Crétacé inférieur des Garrigues nîmoises	2	2	4	2	4	15	non											
P2	556D2	Marno-calcaires du Crétacé inférieur de la Vaunage	2	2	4	3	1	10	non											
P2	557C0	Calcaires et marnes du Crétacé supérieur, de l'Eocène et de l'Oligocène de l'avant pli de Montpellier	2	2	4	2	4	10	non	P3	557C0	557C0A	Calcaires lutétiens de l'avant pli de Montpellier	2	2	5	2	3	non	
P2	557C1	Marnes et calcaires du Crétacé au Pliocène du Bas Languedoc dans le bassin versant de l'Etang de Thau	2	2	4	3	1	20	non											
P2	557C2	Marnes et calcaires du Crétacé au Pliocène du Bas Languedoc dans le bassin versant de l'Hérault	2	2	4	3	1	20	non											
P2	557C3	Molasses, calcaires, grès et marnes tertiaires du bassin versant du Libron	2	2	4	3	1	20	non											
P2	557C4	Molasses, calcaires, grès et marnes tertiaires du bassin versant de l'Orb	2	2	4	3	1	20	non											
P2	557C5	Formations Oligo-Mio-Pliocène du bassin versant de l'Aude	2	2	4	4	1	20	non											
P2	557C6	Formations Oligo-Mio-Pliocène entre l'Aude et la Berre	2	2	4	4	1	20	non											
P2	557C7	Formations Oligo-Mio-Pliocène entre la Berre et l'étang de Leucate	2	2	4	4	1	20	non											
P2	558C	Dolomies et calcaires jurassiques du fossé de Bédarioux	2	2	3	3	4	20	non	P3	558C	558C1	Dolomies et calcaires du Jurassique moyen et supérieur du fossé de Bédarioux	2	6	5	2	3	non	
										P3		558C2	Dolomies et calcaires liasiques du fossé de Bédarioux	2	6	5	2	3	non	
P2	558D	Pélites permianes du Lodévois	2	2	4	3	1	20	non											
P2	561A	Formations molassiques de l'Oligocène inférieur du bassin de Carcassonne	2	2	4	3	1	10	oui MPY											
P2	561B	Formations molassiques de l'Eocène du bassin de Carcassonne	2	2	4	3	1	20	oui MPY	P3	561B	561B1	Calcaires thanétiens du bassin de Carcassonne	2	2	5	3	3	oui MPY	
										P3		607C1	Formations du Houiller de la bordure cévenole entre St-Ambroix et Alès	2	2	6	3	4	oui RHA	
P2	607C	Formations du houiller, dolomies et marnes du Trias et du Lias, calcaires du Jurassique et du Crétacé inférieur de la bordure cévenole entre Saint Ambroix et Alès	2	2	3	3	4	10	oui RHA	P3	607C	607C2	Calcaires et marnes du Lias et du Trias de la bordure cévenole entre St-Ambroix et Alès	2	6	5	3	3	oui RHA	
										P3		607C3	Calcaires du Jurassique supérieur et moyen de la	2	6	5	3	3	non	
										P3		607C4	Formations du Crétacé inférieur de la bordure cévenole entre St-Ambroix et Alès	2	2	6	2	4	oui RHA	
P2	607D	Calcaires du Lias et Jurassique de la bordure cévenole entre Alès et Sumène	2	2	3	2	4	10	non	P3	607D	607D1	Calcaires et marnes du Lias et du Trias entre Alès et Sumène	2	6	5	2	3	non	
										P3		607D2	Calcaires jurassiques entre Alès et Sumène	2	6	5	2	3	non	
P2	607E	Calcaires et schistes cambriens de la région vignanaise	2	2	3	2	4	10	non	P3	607E	607E1	Calcaires cambriens de la région vignanaise	2	6	5	2	3	non	
										P3		607E2	Schistes cambriens de la région vignanaise	2	2	7	2	1	non	
P2	PAC04G	Formations deltaïques quaternaires de Camargue	2	2	3	1	1	1	oui PACA											

Type entité	Code provisoire entité	Libellé Provisoire Entité	Thème BD LISA	Thème RMC	Nature	Etat	Type milieu	Profondeur fictive	Présence InterRégionale	Type entité	Filiation	Code Provisoire Entité	Libellé Provisoire Entité	Thème BD LISA	Thème RMC	Nature	Etat	Type milieu	Présence InterRégionale
P2	PAC04K	Argiles bleues du Pliocène inférieur de la vallée du Rhône	2	2	4	1	1	15	non										
P2	146B	Alluvions anciennes du Roussillon	2	7	3	2	1	10	non	P3	146B	146B1	Alluvions anciennes de l'Agly	2	7	5	2	1	non
									P3	146B2		Alluvions anciennes de la Têt	2	7	5	2	1	non	
									P3	146B3		Alluvions anciennes du Réart	2	7	5	2	1	non	
									P3	146B4		Alluvions anciennes du Tech	2	7	5	2	1	non	
P2	334T	Alluvions anciennes de l'Hérault et de la Lergue	2	7	3	2	1	10	non	P3		334B1	Alluvions anciennes de l'Hérault entre le Pont du Diable et la mer	1	7	5	2	1	non
									P3		334C1	Alluvions anciennes de la Lergue	1	7	5	2	1	non	
P2	336D	Alluvions anciennes de l'Orb entre Réals et la mer	2	7	3	2	1	10	non										
P2	328E1	Alluvions quaternaires et villafranchiennes entre le Vidourle et le Lez	2	7	3	3	1	10	non										
P2	139B2	Calcaires jurassiques du Causse Noir	2	6	3	2	3	10	oui MPY										
P2	141A0	Calcaires jurassiques de la Buèges - St-Guilhem	2	6	4	2	3	20	non	P3	141A0	141A0A	Système karstique des Cent Fonts	2	6	5	2	3	non
P2	141A1	Calcaires jurassiques de la Seranne et rive droite de la Vis	2	6	4	2	3	20	non										
P2	141A2	Calcaires jurassiques du Larzac méridional de St-Michel à St-Pierre de la Fage	2	6	4	2	3	20	non										
P2	141A3	Calcaires et marnes jurassiques et crétacés du Gangeois et du Thaurac	2	6	4	2	3	20	non										
P2	141B	Calcaires jurassiques de la terminaison méridionale du Larzac et du Causse de Blandas	2	6	4	2	3	20	oui MPY										
P2	141C	Calcaires jurassiques de la terminaison méridionale du Larzac au Nord de Lodève	2	6	4	2	3	20	non										
P2	141F	Calcaires du Lias inférieur de la région des Grands Causses	2	6	3	3	3	40	oui MPY										
P2	142A	Calcaires et marnes du Jurassique moyen au Berriasien du compartiment occidental de la source du Lez	2	6	3	3	3	30	non	P3	142A	142A1	Système karstique des Fontanilles	2	6	5	2	3	non
P2	142B	Calcaires et marnes du Jurassique moyen au Berriasien du compartiment oriental de la source du Lez	2	6	3	3	3	10	non										
P2	142C	Calcaires du Crétacé inférieur du Causse de l'Hortus	2	6	4	3	3	20	non										
										P3		143A	Calcaires jurassiques du secteur de Plaissan	4	6	5	3	3	non
										P3		143B	Calcaires jurassiques du bassin de Villeveyrac	4	6	5	3	3	non
P2	143	Calcaires jurassiques du pli de Montpellier	4	6	3	3	3	40	non	P3	143	143C	Calcaires jurassiques du secteur d'Aumelas-Véné- Issanka-Cauvy	4	6	5	3	3	non
										P3		143D	Calcaires jurassiques de la Gardiole Est	4	6	5	3	3	non
										P3		143E	Calcaires jurassiques du secteur Mosson	4	6	5	3	3	non
										P3		143F	Calcaires jurassiques du Pli Est de Montpellier	4	6	5	3	3	non
P2	144A1	Calcaires et marnes crétacés et calcaires dévonien du Pays de	4	6	3	2	3	20	oui MPY	P3	144A1	144A1A	Calcaires crétacés du Pays de Sault	4	6	5	2	3	oui MPY
										P3	144A1	144A1B	Calcaires et marnes métamorphisés du Pays de	4	6	5	2	3	oui MPY
										P3	144A1	144A1C	Calcaires dévonien du pays de Sault	4	6	5	2	3	oui MPY
P2	145A1	Calcaires jurassico-crétacés des Corbières (système karstique des Corbières d'Opoul et de la structure du Bas Agly)	4	6	3	2	3	30	non										
P2	145A2A	Calcaires et Dolomies jurassico-crétacés de la Zone Nord Pyrénéenne entre l'Aude et le Verdoube	4	6	3	2	3	20	non	P3	145A2A	145A2A1	Système karstique de la source de la Tirounère	4	6	5	2	3	non
									P3	145A2A2		Système karstique de la source de la Mouillière	4	6	5	2	3	non	
P2	145A2B	Calcaires métamorphisés du synclinal de Boucheville	4	6	3	2	3	20	non	P3	145A2B	145A2B1	Système karstique des sources Las Bordes-les Adoux	4	6	5	2	3	non
P2	145B	Calcaires, grès et marnes jurassico-crétacés de l'extrémité orientale des Corbières (nappe charriée du Pied-du-Poul)	4	6	3	2	3	30	non										
P2	147	Calcaires jurassiques des Gras et Bois de Païolive	2	6	3	2	3	10	oui RHA										
P2	148B	Calcaires urgoniens en rive droite de l'Ardèche de Vallon-Pont-d'Arc à Saint Martin d'Ardèche	2	6	3	2	3	20	oui RHA										
P2	148C	Calcaires urgoniens du bassin hydrogéologique de la Cèze	2	6	3	2	3	20	oui RHA										
P2	149A1	Calcaires urgoniens de la fontaine d'Eure	2	6	3	2	3	15	non										
P2	149A2A	Calcaires urgoniens entre la vallée de la Cèze et Tavel	2	6	3	2	3	15	non										
P2	149B1	Calcaires urgoniens des Gorges du moyen Gardon (rive gauche)	2	6	3	2	3	15	non										
P2	149B2	Calcaires urgoniens des Gorges du moyen Gardon (rive droite)	2	6	3	2	3	15	non										
P2	149C1	Calcaires urgoniens du Bois de Lens	2	6	3	2	3	15	non										
P2	149SC	Calcaires urgoniens sous couverture de la vallée des Gardons	2	6	3	1	2	20	non										
										P3		214D1	Calcaires paléocènes et éocènes du massif de l'Alaric (unité de Pradelles en Val)	4	6	5	2	4	non
										P3		214D2	Calcaires paléocènes et éocènes du massif de l'Alaric (unité de Comigne)	4	6	5	2	4	non
P2	214D	Calcaires paléocènes et éocènes du massif de l'Alaric	4	6	3	2	4	10	non	P3	214D	214D3	Calcaires paléocènes et éocènes du massif de l'Alaric (unité de Fontcouverte)	4	6	5	2	4	non
									P3	214D4		Calcaires paléocènes et éocènes du massif de l'Alaric (chaînon de Lagrasse)	4	6	5	2	4	non	
									P3	214D5		Calcaires paléocènes et éocènes du massif de l'Alaric (unité de Thézan - Fontjoncouse)	4	6	5	2	4	non	
P2	227	Calcaires cambriens du Lodévois	2	6	3	3	3	60	non										
P2	549H	Calcaires urgoniens du secteur de Villeneuve les Avignon	2	6	3	2	3	25	non										
P2	556A1	Calcaires jurassiques du dôme de Lédignan	2	6	3	3	3	40	non										
P2	557D	Calcaires, marnes et grès du Crétacé inférieur de la Clape	4	6	4	2	3	10	non										
P2	620B	Calcaires dévonien du synclinal de Villefranche-Mérens	4	6	3	2	3	10	Oui MPY										

SOCLE et INTENSEMENT PLISSE LRO

NV2											NV3										
Type entité	Code Provisoire Entité	Libellé Provisoire Entité	Thème BD LISA	Thème RMC	Nature	Etat	Type milieu	Profondeur fictive	Présence InterRégionale	Type entité	Filiation	Code Provisoire Entité	Libellé Provisoire Entité	Thème BD LISA	Thème RMC	Nature	Etat	Type milieu	Présence InterRégionale		
P2	557A1	Calcaires liasiques des collines de Boutenac et calcaires et grès du Crétacé supérieur du bassin de Saint André de Roquelongue	4	4	4	2	4	10	non	P3	557A1	557A1A	Calcaires liasiques du secteur de Boutenac	4	4	5	2	3	non		
P2	557B	Calcaires dévoniens, formations carbonifères et schistes du massif du Mouthoumet	4	4	4	3	4	10	non	P3	557B	557B1	Calcaires et dolomies dévoniens du système d'Alet	4	6	5	2	3	non		
										P3		557B2	Calcaires et dolomies dévoniens du système de Montjoi	4	6	5	2	3	non		
										P3		557B3	Calcaires et dolomies dévoniens du système de Termes	4	6	5	2	3	non		
										P3		557B4	Carbonifère du massif du Mouthoumet	4	4	7	2	1	non		
										P3		557B5	Schistes du massif du Mouthoumet	4	4	7	2	1	non		
	557E	Calcaires et marnes du Trias à l'Eocène de l'Arc de St-Chinian	4	4	4	2	3	10	non	P3	557E	557E1	Calcaires liasiques de l'arc de St-Chinian	4	6	5	2	3	non		
P2	557F1	Calcaires et marnes jurassiques et triasiques de la nappe charriée des Corbières à l'ouest de Narbonne	4	4	4	3	4	10	non												
P2	557F2	Calcaires et marnes jurassiques et triasiques de la nappe charriée des Corbières (lobe de Fontjoncouse-Ripaud et semelle triasique de Durban)	4	4	4	3	4	10	non	P3	557F2	557F3	Calcaires et marnes aptiens du Tauch	4	4	5	2	4	non		
P2	558B1	Schistes, marnes et calcaires primaires de la nappe charriée des Monts de Fauères et des écaillés de Cabrières	4	4	4	3	1	20	non	P3		558B1A	Schistes primaires de la nappe charriée des Monts de Fauères et des écaillés de Cabrières	4	4	7	2	1	non		
										P3	558B1	558B1B	Calcaires primaires de la nappe charriée des Monts de Fauères et des écaillés de Cabrières	4	4	5	2	3	non		
										P3		558B1C	Grès, calcaires, argiles du Trias du bassin de Gabian	4	4	6	2	4	non		
P2	558B2	Schistes, marnes et calcaires primaires de la nappe charriée de Pardailhan	4	4	4	2	3	10	non	P3	558B2	558B2A	Schistes de la nappe charriée de Pardailhan	4	4	7	2	1	non		
										P3		558B2B	Calcaires dévoniens du St-Ponais	4	6	5	2	3	non		
										P3		558B2C	Calcaires cambriens de la nappe charriée de Pardailhan	4	6	5	2	3	non		
										P3		558B3A	Schistes du Minervois	4	4	7	2	1	non		
										P3	558B3	558B3B	Calcaires dévoniens du Minervois	4	6	5	2	3	non		
										P3		558B3C	Calcaires cambriens du Minervois	4	6	5	2	3	non		
P2	568H	Calcaires, grès et marnes crétacés et paléocènes du synclinal de Couiza et des synclinaux de Rennes les Bains, Sougraigne, Fourtou Soulatgé et des anticlinaux de Puivert - Cardou et de Fontaine Salée	4	4	4	3	4	10	non	P3	568H	568H1	Calcaires et grès du Crétacé supérieur et du Paléocène du synclinal de Rennes les Bains	4	4	6	3	4	non		
										P3		568H2	Calcaires et grès du Crétacé supérieur de Saint Louis et Parahou	4	4	6	3	4	non		
										P3		568H3	Calcaires et grès du Crétacé supérieur et du Paléocène du synclinal de Couiza	4	4	6	3	4	non		
P2	620A4	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, gneiss, granites) des Pyrénées axiales dans le B.V de la Têt	4	4	4	2	4	100	non	P3		620A4A	Schistes du B.V. de la Têt	4	4	7	2	1	non		
										P3		620A4B	Formations métamorphiques du B.V. de la Têt	4	4	6	2	2	non		
										P3		620A4C	Massif granitique de Quengut-Millas dans le B.V. de la Têt	4	4	6	2	2	non		
										P3		620A4D	Massif granitique de Montlouis dans le B.V. de la Têt	4	4	6	2	2	non		
										P3		620A4E	Massif granitique de la Carenga dans le B.V. de la Têt	4	4	6	2	2	non		
										P3		620A4F	Massif granitique du Canigou dans le B.V. de la Têt	4	4	6	2	2	non		
P2	620A5A	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, gneiss, granites) des Pyrénées axiales dans le B.V du Cérou	4	4	4	2	4	100	Oui MPY	P3	620A5A	620A5A1	Schistes de la Cerdagne dans le B.V du Ségre	4	4	7	2	1	non		
										P3		620A5A2	Granites des massifs du Carlit et de Puymorens dans le B.V. du Ségre	4	4	6	2	2	non		
P2	620A5B	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, gneiss, granites) des Pyrénées axiales dans le bassin	4	4	4	2	4	100	Oui MPY	P3	620A5B	620A5B1	Granite de l'Hospitalet dans le B.V. du Ségre	4	4	6	2	2	Oui MPY		
										P3		620A5B2	Schistes du B.V. de l'Ariège	4	4	7	2	1	Oui MPY		
										P3		620A5B3	Granites des massifs du Carlit et de Puymorens dans le B.V. de l'Ariège	4	4	6	2	2	non		
P2	620A6	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, gneiss, granites) des Pyrénées axiales dans le bassin	4	4	4	2	4	100	Oui MPY	P3	620A6	620A6A	Granite de l'Hospitalet dans le B.V. de l'Ariège	4	4	6	2	2	Oui MPY		
										P3		620A6B	Granites du massif de Quérigut dans le B.V. de l'Aude	4	4	6	2	2	Oui MPY		
										P3		620A6C	Granite du massif de Montlouis dans le B.V. de l'Aude	4	4	6	2	2	non		
										P3		620A6D	Schistes du B.V. de l'Aude	4	4	7	2	1	non		
P2	A16A1	Schistes et calcaires du Dévonien et du Silurien au sud du Pays de Sault	4	4	4	2	4	100	Oui MPY												
P2	H16A1	Grès du Campanien et du Maastrichtien du secteur de Puivert	4	4	3	3	4	10	Oui MPY												
P2	H84A1	Calcaires, grès et marnes éocènes du Chaïnon de Plantaurel	2	4	3	3	4	10	Oui MPY												
P2	558A1	Schistes et gneiss de la zone axiale de la Montagne Noire dans le bassin versant du Dourdou	3	3	4	2	4	100	Oui MPY	P3		558A1A	Gneiss du B.V. du Dourdou	3	3	6	2	2	Oui MPY		
										P3	558A1	558A1B	Schistes du B.V. du Dourdou	3	3	7	2	1	Oui MPY		
										P3		558A1C	Bassin houiller de Graissessac dans le B.V du Dourdou	2	2	6	2	1	Oui MPY		
P2	558A2A	Formations cristallines et métamorphiques dans le bassin versant du Fresquel	3	3	4	2	4	100	Oui MPY	P3	558A2A	558A2A1	Granites et gneiss dans le B.V. du Fresquel	3	3	6	2	2	Oui MPY		
										P3		558A2A2	Micaschistes dans le B.V. du Fresquel	3	3	7	2	1	Oui MPY		
P2	558A2B	Formations cristallines et métamorphiques dans le bassin versant de l'Aude	3	3	4	2	4	100	Oui MPY	P3	558A2B	558A2B1	Granites et gneiss dans le B.V. de l'Aude (du Fresquel à la Cesse)	3	3	6	2	2	Oui MPY		
										P3		558A2B2	Micaschistes dans le B.V. de l'Aude (du Fresquel à la Cesse)	3	3	7	2	1	Oui MPY		
P2	558A2C	Formations cristallines et métamorphiques dans le bassin versant du Tam (du confluent de l'Agout au confluent de l'Aveyron)	3	3	4	2	4	100	Oui MPY	P3	558A2C	558A2C1	Granites et gneiss dans le B.V. du Tam (du confluent de l'Agout au confluent de l'Aveyron)	3	3	6	2	2	Oui MPY		
										P3		558A2C2	Micaschistes dans le B.V. du Tam (du confluent de l'Agout au confluent de l'Aveyron)	3	3	7	2	1	Oui MPY		
P2	558A2D	Formations métamorphiques dans le bassin versant de l'Aude (de l'Orbiel à la Méditerranée)	3	3	4	2	4	100	non												
P2	558A3	Schistes, granites, calcaires et dolomies primaires dans le B.V de l'Orb (unités des Monts de St Gervais, d'Avène - Mendic, et de Mélagues)	3	3	4	2	4	100	Oui MPY	P3	558A3	558A3A	Schistes du B.V. de l'Orb	3	3	7	2	1	Oui MPY		
										P3		558A3B	Calcaires et dolomies primaires du massif de Nore	4	4	5	2	4	Oui MPY		
										P3		558A3C	Bassin houiller de Graissessac dans le B.V de l'Orb	2	2	6	2	1	non		
										P3		558A3D	Granite d'Avène - Mendic	3	3	6	2	2	non		
										P3		558A3E	Schistes du Caroux dans le B.V. de l'Orb	3	3	7	2	1	non		
										P3		558A3F	Gneiss du Caroux dans le B.V. de l'Orb	3	3	6	2	2	non		
P2	558A4A	Gneiss et granites de la zone axiale de la Montagne Noire dans le bassin versant de l'Agout	3	3	4	2	4	100	Oui MPY												
P2	558A4B	Formations cristallines et métamorphiques dans le bassin versant du Thoré	3	3	4	2	4	100	Oui MPY	P3	558A4B	558A4B1	Granites et gneiss dans le B.V. du Thoré	3	3	6	2	2	Oui MPY		
										P3		558A4B2	Schistes du B.V. du Thoré	3	3	7	2	1	non		
P2	607A1	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant de l'Hérault	3	3	4	2	4	100	Oui MPY	P3	607A1	607A1A	Schistes des Cévennes dans le B.V de l'Hérault	3	3	7	2	4	non		
										P3		607A1B	Granites des Cévennes dans le B.V. de l'Hérault	3	3	6	2	4	Oui MPY		
P2	607A2	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant de la Dourbie	3	3	4	2	4	100	Oui MPY	P3	607A2	607A2A	Schistes des Cévennes dans le B.V de la Dourbie	3	3	7	2	4	Oui MPY		
										P3		607A2B	Granites des Cévennes dans le B.V. de la Dourbie	3	3	6	2	4	Oui MPY		
P2	607A3	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant du Vidourle	3	3	4	2	4	100	non	P3	607A3	607A3A	Schistes des Cévennes dans le B.V du Vidourle	3	3	7	2	4	non		
										P3		607A3B	Granites des Cévennes dans le B.V. du Vidourle	3	3	6	2	4	non		
P2	607A4	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant des Gardons	3	3	4	2	4	100	non	P3	607A4	607A4A	Schistes des Cévennes dans le B.V des Gardons	3	3	7	2	4	non		
										P3		607A4B	Granites des Cévennes dans le B.V. des Gardons	3	3	6	2	4	non		
P2	607A6	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant de la Cèze	3	3	4	2	4	100	Oui RHA	P3	607A6	607A6A	Schistes des Cévennes dans le B.V de la Cèze	3	3	7	2	4	Oui RHA		
										P3		607A6B	Granites des Cévennes dans le B.V. de la Cèze	3	3	6	2	4	Oui RHA		
P2	607A7	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, granites) des Cévennes dans le bassin versant de l'Ardèche	3	3	4	2	4	100	Oui RHA	P3	607A7	607A7A	Schistes des Cévennes dans le B.V de l'Ardèche	3	3	7	2	4	Oui RHA		
										P3		607A7B	Granites des Cévennes dans le B.V. de l'Ardèche	3	3	6	2	4	Oui RHA		
P2	620A1	Formations cristallines et métamorphiques (schistes, gneiss, granites) des Pyrénées axiales dans le bassin	3	3	4	2	4	100	non	P3	620A1	620A1A	Gneiss du B.V. de la Côte Vermeille	3	3	6	2	2	non		
										P3		620A1B	Schistes et quartzites du B.V. de la Côte Vermeille								

Annexe 3

Tableau multi-échelle des entités complémentaires

Entités Complémentaires LRO

NV2										NV3											
Type entité	Code provisoire entité	Libellé Provisoire Entité	Thème BD LISA	Thème RMC	Nature	Etat	Type milieu	Profondeur fictive	Présence InterRégionale	Type entité	Filiation	Code Provisoire Entité	Libellé Provisoire Entité	Thème BD LISA	Thème RMC	Nature	Etat	Type milieu	Profondeur fictive	Présence InterRégionale	
										C3	PAC04G	PAC04G1	Alluvions du Rhône entre Beaucaire-Tarascon au Nord et st Gilles au Sud	1	1	5	3	1	1	oui PACA	
										C3	Pas de mère	371A	Alluvions du Conflent	1	1	5	2	1	1	non	
										C3	Pas de mère	372A	Colluvions et alluvions glaciaires du Capcir	2	7	6	2	1	1	non	
										C3	Pas de mère	372B	Colluvions et alluvions glaciaires de la Cerdagne	2	7	6	2	1	1	non	
										C3	Pas de mère	371B	Formations miocènes du Conflent	2	2	7	2	1	10	non	
										C3	Pas de mère	620C	Calcaires dévoniens du causse de Thuir - Ste-Colombe	4	6	5	2	3	1	non	
										C3	Pas de mère	372C	Arènes granitiques de Cerdagne	2	2	6	2	1	1	non	
C2	132	Alluvions récentes de l'Hers, de l'Ambronne et de la Vixiège	1	1	3	2	1	1	oui MPY oui MPY oui MPY	C3		132A	Alluvions récentes du Grand Hers	1	1	5	2	1	1	oui MPY	
										C3	132	132B	Alluvions récentes de l'Ambronne	1	1	5	2	1	1	oui MPY	
										C3		132C	Alluvions récentes de la Vixiège	1	1	5	2	1	1	oui MPY	
C2	141H	Volcanisme Plio-Quaternaire de l'Hérault	5	5	4	2	4	15													
C2	146A	Alluvions récentes du Roussillon	1	1	3	2	1	1	non	C3		146A	146A1	Alluvions récentes de l'Agly	1	1	5	2	1	1	non
										C3		146A	146A2	Alluvions récentes de la Têt	1	1	5	2	1	1	non
										C3		146A	146A3	Alluvions récentes du Reart	1	1	5	2	1	1	non
										C3		146A	146A4	Alluvions récentes du Tech	1	1	5	2	1	1	non
C2	327F	ALLUVIONS DE LA BASSE VALLEE DE LA CEZE, DE LA CEZE DANS LE SECTEUR DE ST AMBROIX ET ALLUVIONS DE LA TAVE	1	1	3	2	1	1	non	C3		327F1	Alluvions quaternaires de la basse vallée de la Cèze	1	1	5	3	1	1	non	
										C3	327F	327F2	Alluvions quaternaires de la Tave	1	1	5	3	1	1	non	
										C3		548D	Alluvions quaternaires de la Cèze dans le secteur de St Ambroix	1	1	5	3	1	1	non	
C2	334R	Alluvions récentes de l'Hérault et de ses affluents	1	1	3	2	1	1	non	C3		334A	Alluvions de l'Hérault dans le secteur de Ganges - Saint-Bauzille de Putois	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		334B2	Alluvions de l'Hérault entre le Pont du Diable et la mer	1	1	5	3	1	1	non	
										C3		334C2	Alluvions de la Lergue	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		334D	Alluvions de la Thongue	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		334E	Alluvions de la Peyne	1	1	5	2	1	1	non	
C2	335	Alluvions récentes du Libron	1	1	3	2	1	1	non												
C2	336	Alluvions récentes de l'Orb	1	1	3	2	1	1	non	C3		336B	Alluvions de l'Orb dans le secteur Lamalou	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		336C	Alluvions du Vernazobre	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		336A	Alluvions de l'Orb entre Reals et la mer	1	1	5	3	1	1	non	
C2	337	Alluvions récentes de l'Aude, de ses affluents et de la Berre	1	1	3	2	1	1	non	C3		337A	Alluvions récentes de l'Aude en aval d'Olonzac	1	1	5	3	1	1	non	
										C3		337B	Alluvions récentes de l'Aude en amont d'Olonzac	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		337C	Alluvions récentes du Fresquel	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		337D	Alluvions récentes de la Cesse	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		337E	Alluvions récentes de l'Ognon	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		337F	Alluvions récentes de l'Argent Double	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		337G	Alluvions récentes de l'Orbieu	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		337H	Alluvions récentes de l'Orbiel	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		337I	Alluvions récentes du Lauquet	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		557G1	Alluvions récentes de la Berre	1	1	5	3	1	1	non	
										C3		557G2	Alluvions récentes entre l'Agly et la Berre	1	1	5	2	1	1	non	
C2	338	Alluvions récentes du Lez	1	1	3	3	1	1	non												
C2	366	Alluvions des Gardons	1	1	3	2	1	1	non	C3		366A	Alluvions quaternaires du Gardon d'Alès	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		366B	Alluvions quaternaires du Gardon d'Anduze	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		366C	Alluvions quaternaires du Moyen Gardon	1	1	5	2	1	1	non	
										C3		328C2	Alluvions quaternaires du Bas Gardon en aval de Remoulins	1	1	5	3	1	1	non	
C2	370	Alluvions récentes du Vidourle	1	1	3	3	1	1	non												
C2	PAC01B	Alluvions du Rhône entre Viviers et Mornas	1	1	3	3	1	1	oui PACA	C3	PAC01B	327B	Alluvions quaternaires du Rhône en amont de Pont Saint Esprit	1	1	5	3	1	1	oui PACA	
										C3	PAC01B	327E	Alluvions quaternaires du Rhône de la région de Pont St Esprit	1	1	5	3	1	1	oui PACA	
C2	PAC01C	Alluvions du Rhône entre Mornas et Avignon	1	1	3	3	1	1	oui PACA	C3	PAC01C	327F0	Alluvions quaternaires du Rhône entre Cèze et Tave	1	1	5	3	1	1	oui PACA	
										C3	PAC01C	327G	Alluvions quaternaires du Rhône, de l'Ardoise à Villeneuve lès Avignon	1	1	5	3	1	1	oui PACA	
C2	PAC01F	Alluvions du Rhône entre Avignon et Beaucaire-Tarascon	1	1	3	3	1	1	oui PACA	C3	PAC01F	328B	Alluvions quaternaires du Rhône en rive gauche, boucle de Vallabrègues	1	1	5	3	1	1	oui PACA	
										C3	PAC01F	328C1	Alluvions quaternaires du Rhône entre Beaucaire et Villeneuve lès Avignon	1	1	5	3	1	1	oui PACA	
C2	548B	Alluvions de l'Ardèche et de ses affluents	1	1	3	2	1	1	oui RHA	C3	548B	548B2	Alluvions de l'Ardèche à la confluence du Rhône	1	1	3	2	1	1	oui RHA	

Annexe 4

Compte-rendus des réunions de validation du contour des entités hydrogéologiques

Annexe 5

Fiches descriptives et cartes des entités hydrogéologiques de la région Languedoc Roussillon

Hors texte (DVD)



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional du Languedoc Roussillon
Rue de Pinville
34 000 Montpellier - France
Tél. : 04 67 15 79 80