

Document public

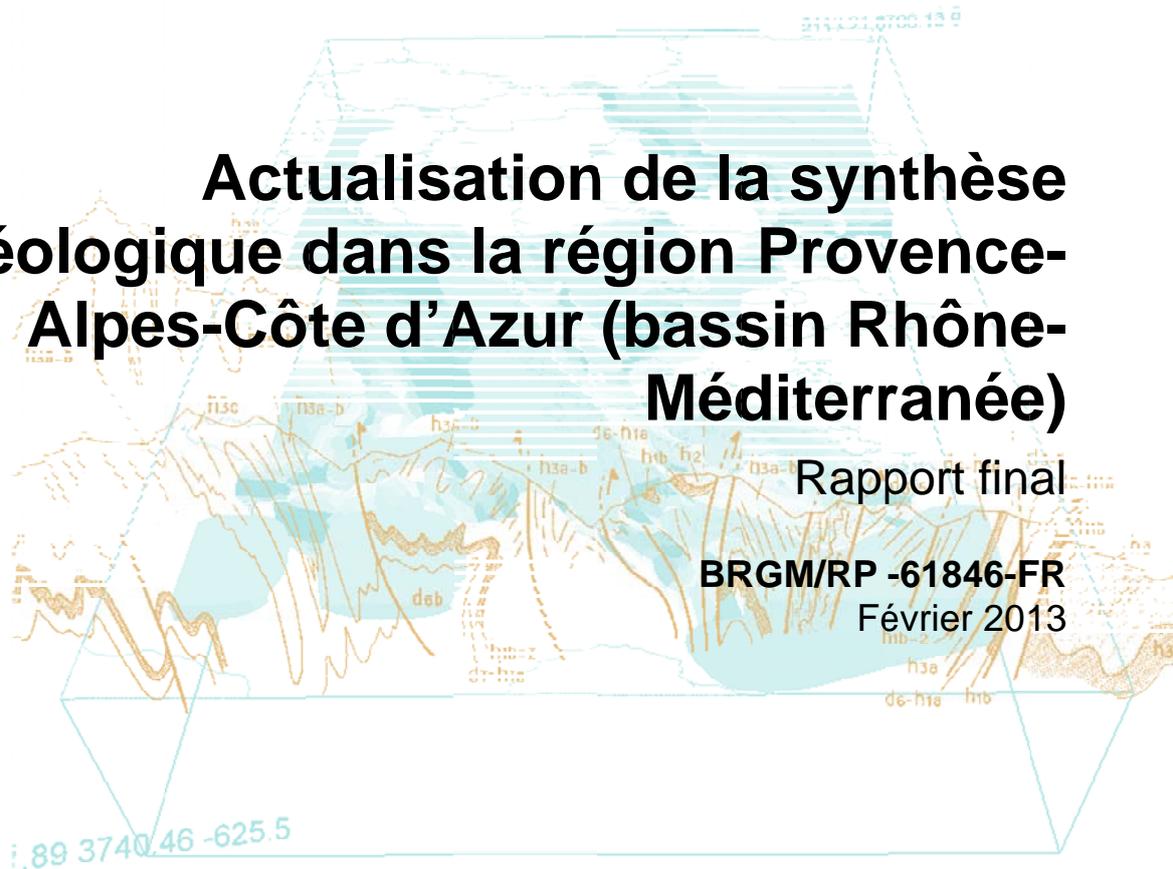


Actualisation de la synthèse hydrogéologique dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (bassin Rhône-Méditerranée)

Rapport final

BRGM/RP -61846-FR

Février 2013



Actualisation de la synthèse hydrogéologique dans la région Provence- Alpes-Côte d'Azur (bassin Rhône- Méditerranée)

Rapport final

BRGM/RP -61846-FR
Février 2013

Étude réalisée dans le cadre du projet
de Service public du BRGM PSP08PAC11

M. Moulin
Avec la collaboration de
D. Salquère et F. Sany

Vérificateur :

Nom : ALLIER D.

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom : ARNAL C.

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 :

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

Moulin M., avec la collaboration de Salquère D. et de Sany F. (2013) – Actualisation de la synthèse hydrogéologique dans la région Provence – Alpes – Côte d’Azur (bassin Rhône – Méditerranée). Rapport final. Rapport BRGM/RP-61846-FR, 129 p., 10 ill., 4 ann.

© BRGM, 2013, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l’autorisation expresse du BRGM.

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 entrepris de mettre à jour et de compléter les contours et 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 constitution d'un référentiel hydrogéologique, ainsi que le partage et la mise à disposition de ces données hydrogéologiques par la publication de documents régionaux sous format PDF (catalogues, rapports, accompagnés de documents cartographiques) et leur organisation dans une base de données informatique, 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 : Base de Données sur les Limites des Systèmes Aquifères). 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.

Au total dans la région PACA, pour le thème "Sédimentaire" ont été délimités, en tant qu'entités principales au sens BD LISA :

- 19 entités : 7 systèmes aquifères (parmi lesquels 3 formations alluviales anciennes) et 12 domaines hydrogéologiques de niveau régional (NV2).
- 7 entités (unités aquifères) de niveau local (NV3).

A ce thème, dans le cadre de la BD LISA, sont rattachées les « entités karstiques » comprenant :

- 24 systèmes aquifères, de niveau régional (NV2,)
- 29 unités aquifères, de niveau local (NV3).

A ces "entités principales" il faut ajouter des "entités complémentaires", qui appartiennent, soit au thème alluvial, soit au thème "karst" de la synthèse :

- 15 entités d'alluvions récentes de NV2 (15 "Systèmes Aquifères") et 14 entités d'alluvions récentes de NV3 (14 "Unités Aquifères"),
- 42 entités karstiques de NV3 (42 "Unités Aquifères") : impluvium d'émergences karstiques.

La région PACA est donc composée de **58 entités de NIV2 (régional)** et **93 entités de NV3 (local)** relevant des thèmes "Alluvial" (alluvions récentes), "Sédimentaire" (incluant les alluvions anciennes) ou "Karstique".

Pour les thèmes "Socle" et "Intensément Plissé" :

- 9 entités de NV2 (9 "Domaines Hydrogéologiques") ;
- 1 entité de NV3 (1 "Unité Aquifère").

ont été créées (entités principales).

Une Geodatabase® sous ArcGis (version 9.2) rassemblant toutes ces entités, leurs limites et les informations associées a de plus été constituée.

L'objectif de cette synthèse hydrogéologique sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur 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 PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR..	13
3. Caractéristiques du référentiel BD LISA et méthodologie de découpage des entités... 15	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. La nature des entités hydrogéologiques.....	16
3.1.4. La codification et la dénomination des entités	18
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	22
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 PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	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	29
4.4.1. Parties affleurantes des entités	30

4.4.2. Parties des entités sous couverture	30
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 Provence-Alpes-Côte d’Azur	33
4.5.3. Démarche suivie.....	34
4.6. METHODOLOGIE DE DELIMITATION DES ENTITES DE L’INTENSEMENT PLISSE .	34
4.6.1. Rappel de la méthodologie préconisée dans le guide national	34
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)	36
4.7.3. Volcanisme.....	37
4.8. VALIDATION DES CONTOURS DES ENTITES.....	37
5. Bases de données	39
5.1. BASE DE DONNEES DES ENTITES HYDROGEOLOGIQUES	39
5.2. DONNEES CARTOGRAPHIQUES.....	40
5.2.1. Coupes et logs	40
5.2.2. Sources, cavités, pertes et traçages	40
5.2.3. Prélèvements	40
5.2.4. Réseaux de surveillance	41
5.2.5. Isopièzes et sens d’écoulement.....	41
5.2.6. Isohypses (toit et mur des entités) et sens d’écoulement.....	41
5.2.7. Cours d’eau	41
5.2.8. Autres données	41
6. Atlas hydrogéologique	42
6.1. LES FICHES DESCRIPTIVES.....	42
6.2. LES CARTES	43
6.3. EDITION DU DVD ROM	44
7. Conclusion	45

Liste des illustrations

Illustration 1 – Le contexte historique du référentiel : BDRHF et Synthèse hydrogéologique. ...	11
Illustration 2 : Les types d'entités hydrogéologiques (BD-LISA et Synthèse).	16
Illustration 3 : Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités.	21
Illustration 4 : Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage	24
Illustration 5 : Nature des contacts entre entités et limites hydrogéologiques correspondantes	26
Illustration 6 : La zone d'étude.....	27
Illustration 7 : Exemple d'entité partiellement sous couverture : les cailloutis de Crau (entité PAC04F), qui deviennent captif sous les limons de Camargue (entité PAC04G).....	31
Illustration 8 : Exemple de massifs karstiques (PAC07E2 à E10) et de zone d'alimentation d'émergence (PAC07E1) de NV3 inclus dans une entité de NV2 (PAC07E). ..	32
Illustration 9 : Liste des experts ayant participé à la validation des travaux départementaux. ...	38
Illustration 10 : Récapitulatif du nombres d'entités hydrogéologiques	45

Liste des annexes

Annexe 1 Le modèle de gestion du référentiel et la géodatabase des entités	47
Annexe 2 Tableau multi-échelles des entités hydrogéologiques principales et complémentaires, d'intérêts régional (NV2) et local (NV3)	71
Annexe 3 Compte-rendus des réunions de validation des données de l'actualisation de la synthèse hydrogéologique en région PACA.....	77
Annexe 4 Hors texte (DVD ROM)	129

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 entrepris de mettre à jour et de compléter les contours et 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 constitution d'un référentiel hydrogéologique, ainsi que le partage et la mise à disposition de ces données hydrogéologiques par la publication de documents régionaux sous format PDF (catalogues, rapports, accompagnés de documents cartographiques) et leur organisation dans une base de données informatique, sous forme de fichiers numériques aisément adaptables et actualisables.

Cette réactualisation a déjà par ailleurs été menée dans les régions Languedoc-Roussillon, Bourgogne, Franche-Comté, Rhône-Alpes 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 de l'Eau, 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 de Provence-Alpes-Côte d'Azur est un travail ambitieux, qui a fait l'objet d'une convention entre l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse et le BRGM (convention n° 2009 0398 du 07/04/2009). Des précédents travaux d'actualisation du découpage des entités hydrogéologiques se sont déroulés de 1998 à 2005.

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.

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 (Illustration 1).

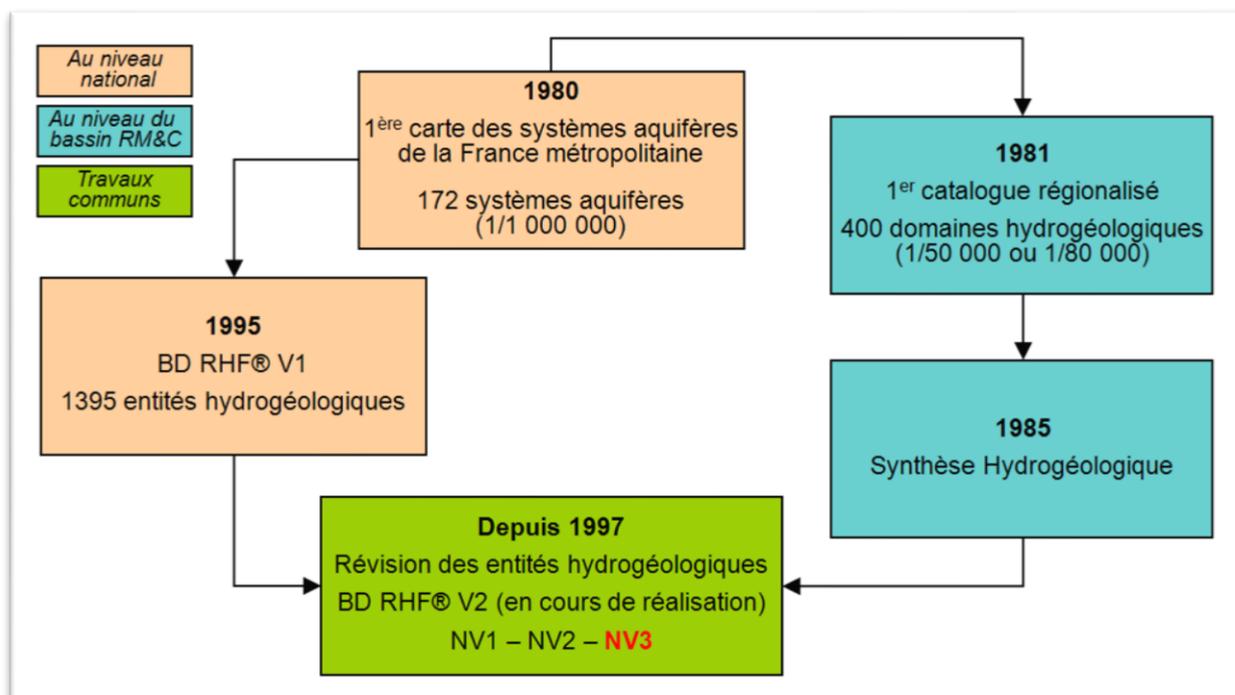


Illustration 1 – Le contexte historique du référentiel : BDRHF et Synthèse hydrogéologique.

Plusieurs imperfections avaient été mises en évidence, 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.

Ces entités ont été identifiées et délimitées de façon simplifiée aux niveaux national et régional (NV1 et NV2) sur l'ensemble de la France. Cette première délimitation est décrite dans le rapport BRGM/RP-53127-FR².

Mais cette première phase a surtout permis d'élaborer une méthodologie décrite dans le rapport BRGM/RP-52261-FR³.

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 hydrogéologiques⁴.

En 2004 le programme de construction proprement dite du référentiel a été différé pour mettre en place un référentiel des « masses d'eau souterraines » (MESO) 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 a débuté fin 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 (NV1, 1/1 000 000), régionale (NV2, 1/250 000) et locale (NV3, 1/50 000).

Un « modèle de gestion du référentiel », développé sous ArcGis (actuellement version 10), permet de réaliser l'assemblage 3D des entités dans un SIG et de contrôler la cohérence topologique de l'ensemble.

L'achèvement du référentiel BD LISA est prévu en 2013 avec l'intégration du découpage réalisé dans le bassin RM&C.

² : Petit V. (2004) - BDRHF - Découpage préalable et global. CDRom des documents. Présentation du contenu. Rapport BRGM/RP-53127-FR.

³ : Petit V., Hanot F., Pointet T. (2003) - Référentiel hydrogéologique BD RHF. Guide méthodologique de découpage des entités. Rapport final. Rapport BRGM/RP-52261-FR.

⁴ : SANDRE (2004) - Description des données sur le référentiel hydrogéologique.

La construction du référentiel hydrogéologique du Bassin Rhône-Méditerranée en général et plus particulièrement en région Provence-Alpes-Côte d'Azur 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 vectorisées et harmonisées ainsi que l'adéquation des contours des entités régionales avec celles des régions voisines (Languedoc-Roussillon et Rhône-Alpes).

2.3. ORGANISATION DES TRAVAUX EN REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR

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

- en ce qui concerne le Référentiel BD-LISA, l'opération nationale intègrera le découpage réalisé dans le cadre de la synthèse hydrogéologique sur le bassin RM&C ;
- en ce qui concerne la synthèse hydrogéologique proprement dite :
 - 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 MS ACCESS remise à l'Agence de l'Eau.

Un Comité de pilotage a été constitué. De nombreuses personnes ont été consultées pour valider les différents travaux réalisés (voir liste en Illustration 9). 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'elles soient remerciées pour le temps qu'elles ont bien voulu accorder à ce travail.

L'équipe de travail du BRGM était basée au SGR PACA. Autour de M. Moulin (chef de projet) ont été réunis les hydrogéologues D. Salquèbre, F. Sany, E. Cabanettes, H. Roux, E. Pesquet-Ardisson et J. Thomas. Les services d'Orléans ont en outre été sollicités pour le traitement SIG et le développement des bases de données.

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 de 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 PACA.

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, éventuellement accompagnés 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 domaines alpins ou pyrénéo-provençal.

Ces cinq thèmes sont repris dans la synthèse hydrogéologique Rhône Méditerranée et Corse.

Dans le thème « sédimentaire » sont en outre 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 et/ou de terrasses sans connexion hydraulique avec des cours d'eau.

3.1.2. Les niveaux de délimitation des entités hydrogéologiques

Pour BD-LISA, 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.

Remarque : 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.).
- Pour la synthèse, l'approche à l'échelle du bassin RM&C est légèrement différente, mais complémentaire : les trois niveaux se retrouvent, mais, d'une part, le découpage n'a concerné que les niveaux 2 et 3, d'autre part, la définition des trois niveaux est autre :
 - le niveau 2 rassemble les entités *d'intérêt hydrogéologique régional* ;
 - le niveau 3 les entités *d'intérêt hydrogéologique local* (infra départemental, mais supra communal). Seules ces entités *d'intérêt hydrogéologique local* sont cartographiées.

3.1.3. La nature des entités hydrogéologiques

Une entité hydrogéologique est définie dans le référentiel de la façon suivante :

Il s'agit d'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 reprise dans l'illustration 2 :

	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 2 : Les types d'entités hydrogéologiques (BD-LISA et Synthèse).

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. La codification et la dénomination des entités

Un code, validé par le SANDRE, doit être affecté à chaque entité une fois tous les projets du bassin terminés. 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 2 chiffres pour désigner une entité de niveau local contenue dans une entité de niveau régional.

Par exemple :

- **13** (entité de niveau national) ;
- **13AE** (entité de niveau régional) ;
- **13AE01** (entité de niveau local).

En attendant la publication définitive de ces codes, une codification provisoire a été employée dans la région PACA, qui reprend la syntaxe de BD-LISA, avec le préfixe PAC : PAC13, PAC13A, PAC13A3...

La filiation NIV1 → NIV2 → NIV3 a, dans la plupart des cas, été respectée (sauf dans le cas d'entités sans entités mères). Dans cette phase de construction du référentiel, cette codification est provisoire, une harmonisation reste à faire à l'échelle nationale.

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 : *Formations carbonatées du Crétacé supérieur du Massif du Dévoluy.*

3.2. LE MODELE DE REPRESENTATION DES ENTITES

Remarque : 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 10.0) 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, telles quelles, 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 ;

Ces entités complémentaires constituent une **surcouche du référentiel**, c'est-à-dire qu'elles n'interviennent pas dans le traitement topologique des entités (calcul des superpositions et du voisinage).

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 » (paragraphe 3.2.2). La codification de cet ordre est faite en sorte que le code le plus élevé correspond à l'entité la plus profonde.

3) Complétude : couverture totale de l'espace aux niveaux 1, 2 et 3⁵.

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 un premier temps (lors de la création et de la délimitation des entités), un numéro d'ordre est affecté à chaque entité délimitée (Illustration 3a). Cet ordre est dit « absolu » (codé par exemple sous la forme 10, 20, 30, 40, etc.) et peut correspondre à un âge stratigraphique. L'idée est que cet ordre reflète globalement l'agencement des entités au droit de celle concernée. Ce code, unique pour une entité, se retrouve dans le tableau régional de synthèse (tableau dit « multi-échelles »).

La délimitation des entités conduit à une « pile hydro-stratigraphique » d'entités (que traduit le tableau multi-échelles), ordonnées sur la verticale grâce au numéro d'ordre absolu (Illustration 3b).

⁵ : Pour les entités de niveau 3, des entités « fantômes » ont été créées pour compenser le fait qu'elles ne couvraient initialement pas l'ensemble du territoire. En effet sur le bassin RMC seules les entités d'intérêt hydrogéologique local ont été cartographiées, la complétude n'était donc pas assurée au niveau 3.

Le modèle de gestion du référentiel permet de passer automatiquement du mode de représentation des entités par ordonnancement absolu (Illustration 3b) à un mode de représentation des entités par ordonnancement relatif (Illustration 3c), **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.

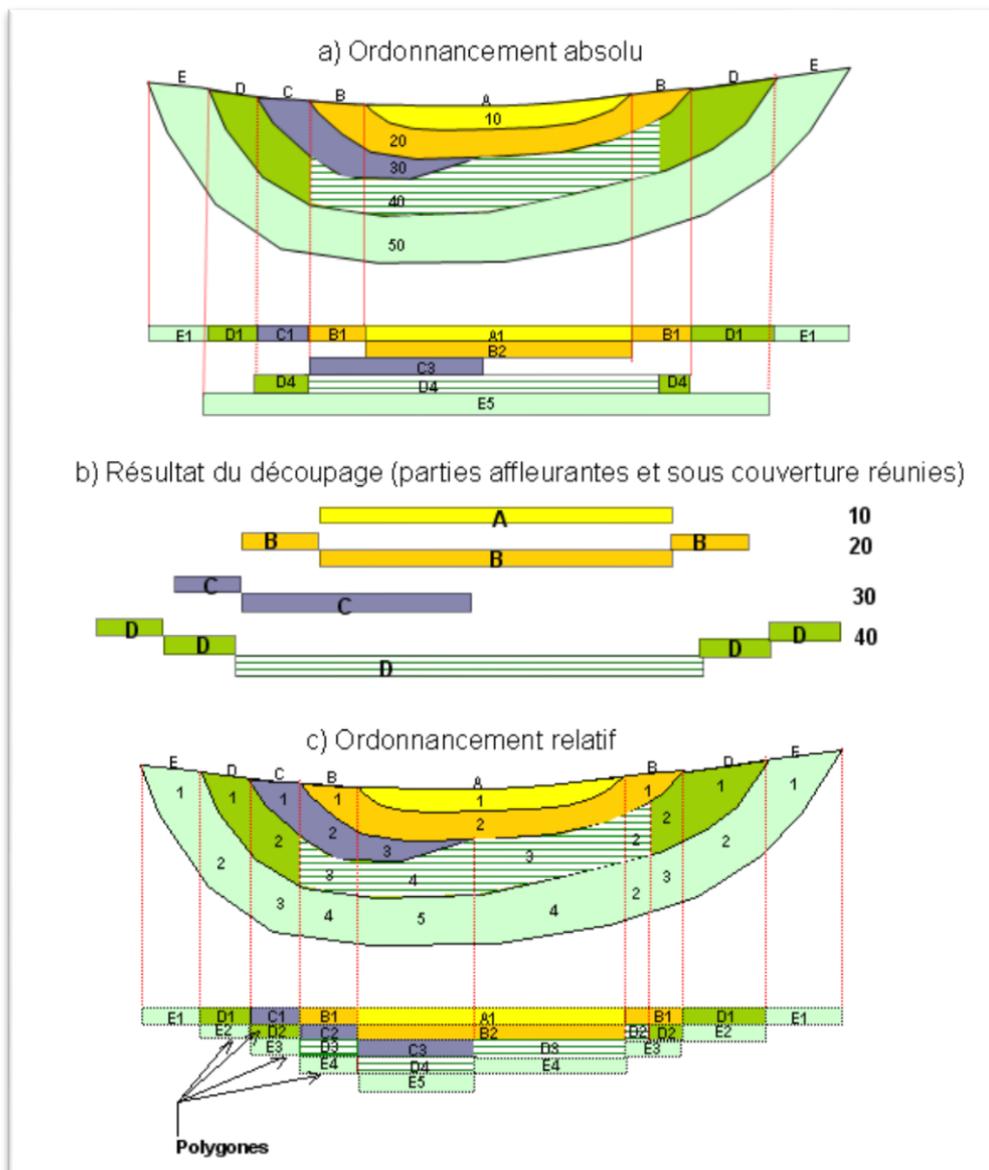


Illustration 3 : Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités.

Remarque : Dans l'ensemble présenté par l'illustration 3, 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 (annexe 1) 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 PACA 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 1/50000, et ce, 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 l'échelle 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.

Élaboration du tableau multi-échelles (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 niveaux d'identification.

Dans la phase d'élaboration du TME une correspondance est recherchée

- d'une part, entre les formations géologiques des cartes au 1/50 000 et les formations géologiques mentionnées dans les logs des forages,
- 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 BD-LISA, 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 région PACA, 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 de l'Aigues et du Lez, de l'Ouvèze ou des Sorgues et de la Nesque dans le département du Vaucluse, alluvions du couloir de Graveson-Maillane, rattachées aux alluvions récentes de la basse Durance, de niveau 2).

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 région PACA, 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, la cohérence topologique de l'ensemble est assurée par le modèle de gestion du référentiel (Illustration 4).

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 3).

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.

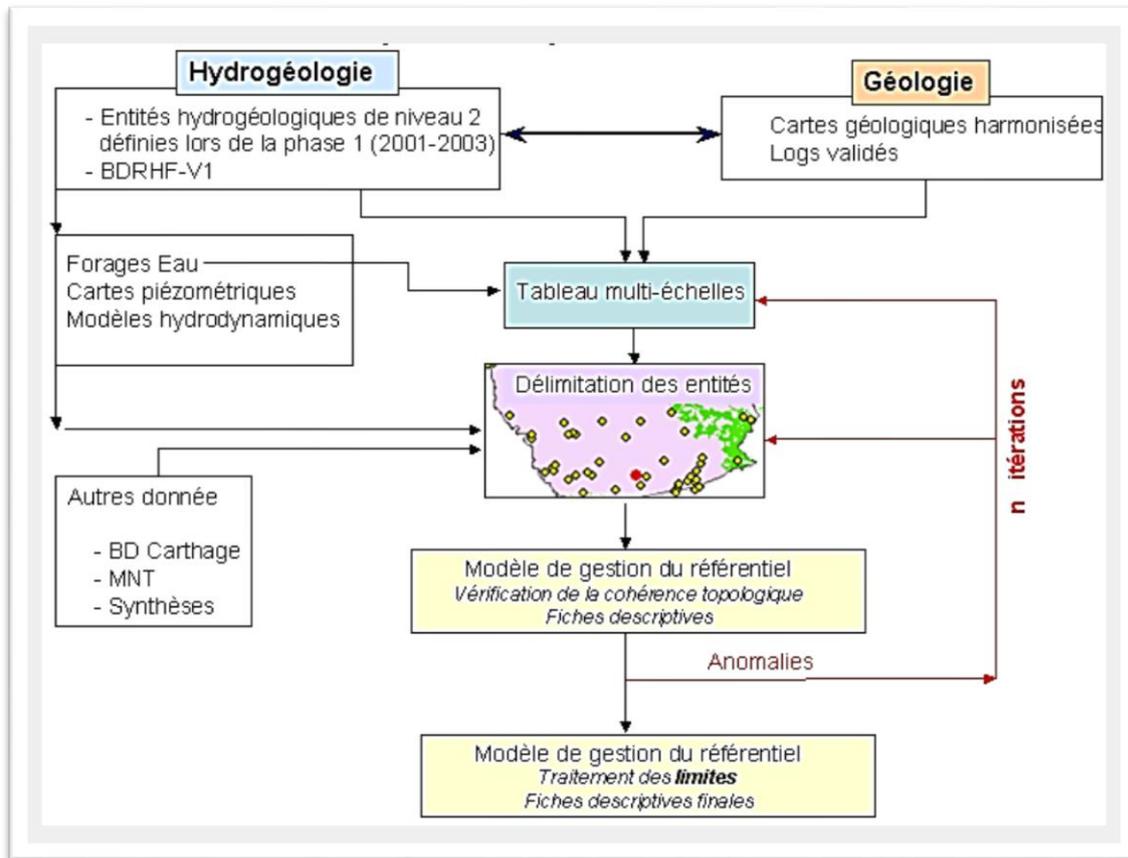


Illustration 4 : Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage

3.4. CARACTERISATION DES ENTITES ET DES LIMITES

3.4.1. Caractérisation des entités

Dans le référentiel, une entité est caractérisée par les attributs suivants :

- **le thème d'appartenance de l'entité** (alluvial, sédimentaire, de 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 va de même pour le type de milieu et l'état de la nappe.

3.4.2. Caractérisation des limites

Les *limites latérales*⁶ 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 Geodatabase ArcGIS® 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 5).

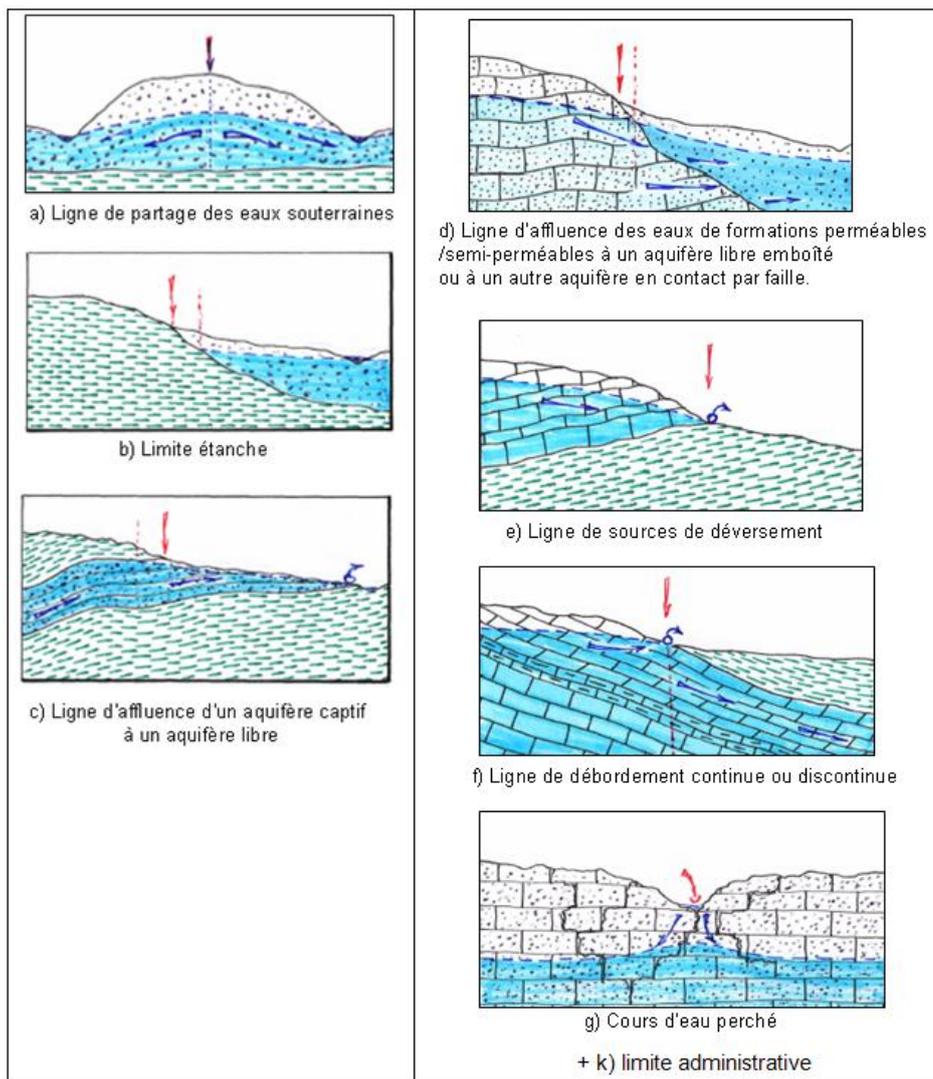
La recherche de la nature des contacts peut en effet se faire automatiquement (topologiquement) à l'aide du modèle de gestion à partir de la table des polygones élémentaires de niveau 3 construits par le modèle de gestion.

Si l'on convient de ne distinguer à ce niveau 3 que les aquifères (notés A) et les domaines (notés D) 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 5).

⁶ : les « limites » s'entendent au sens de la modélisation hydrodynamique : limite à flux nul ou imposé, limite à potentiel imposé, limite d'alimentation...



Nature des contacts	Type de limite possible (guide méthodologique)
aquifère / 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 / domaine	Limite "étanche" (cas b) = Limite à flux nul Ligne de sources de déversement (cas e)
domaine / aquifère	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 / aquifère	Ligne de débordement continue ou discontinue (cas f)
domaine / domaine	/

Illustration 5 : Nature des contacts entre entités et limites hydrogéologiques correspondantes

4. Délimitation des entités et numérisation

4.1. SECTEUR D'ETUDE : LA REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR

Avec ses six départements, la région PACA se caractérise par une géologie très variée, où l'influence de l'histoire de la mise en place des massifs pyrénéen et alpin est très prégnante. La carte de l'illustration 6 montre cette grande diversité où tous les thèmes sont représentés : alluvial, intensément plissé, sédimentaire (dont karst et alluvions anciennes qui couvrent plus du tiers de sa superficie), de socle et volcanique.

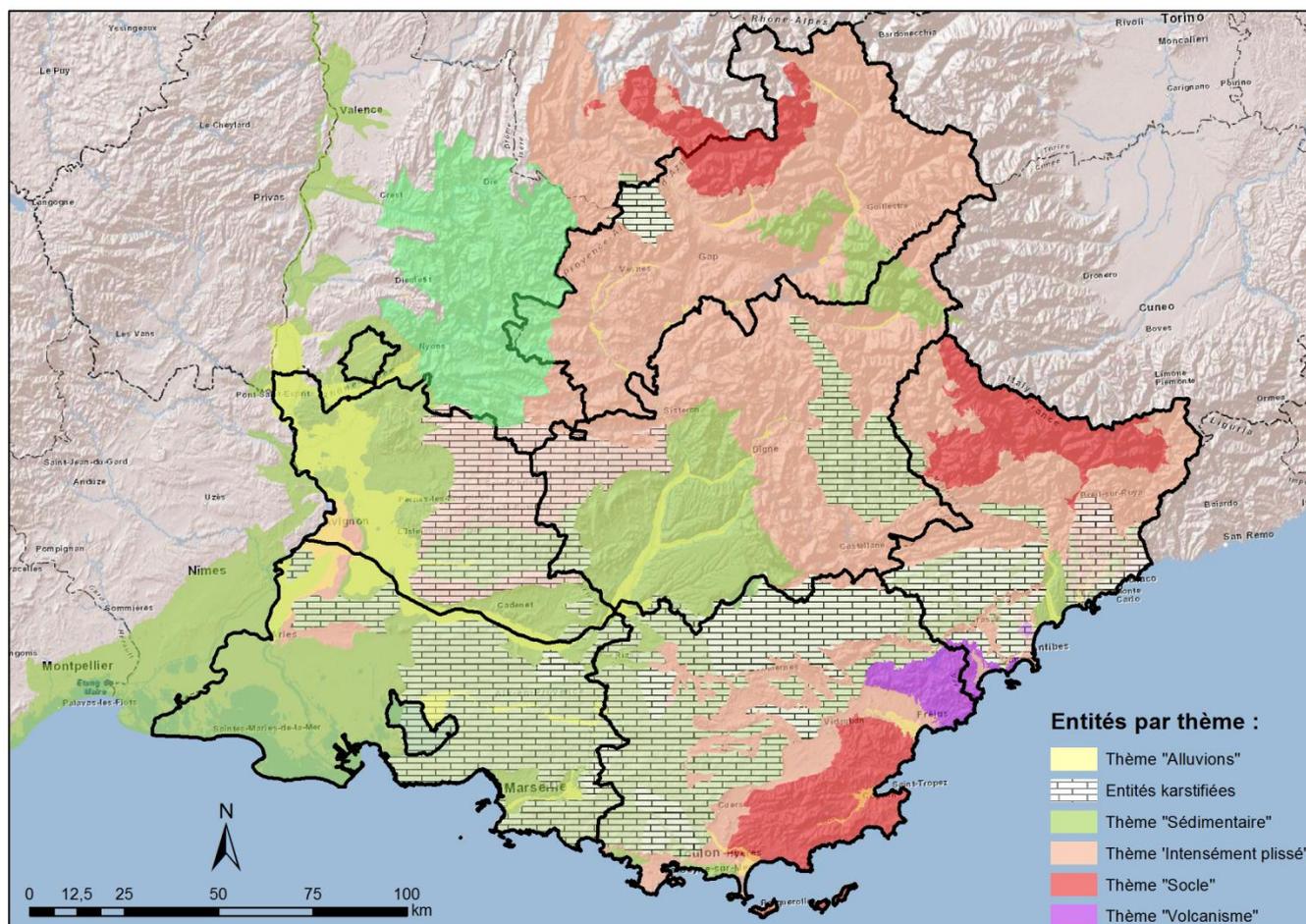


Illustration 6 : La zone d'étude

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 1/50000 et les notices ;
- la délimitation des entités hydrogéologiques issues de la précédente synthèse ;
- 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.

En outre pour les contours des bassins de surface, 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 a été utilisée⁷.

4.3. ELABORATION DES TABLEAUX MULTI-EHELLES

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

Les thèmes dont relèvent les entités hydrogéologiques dans le cadre de la Synthèse sont au nombre de 6 (Illustration 6) :

- Thème "Alluvial"
- Thème "Sédimentaire"
- Thème "Intensément Plissé"
- Thème "Socle"
- Thème "Volcanisme"
- Thème "Karst"

Il est à noter que, par rapport au modèle BD LISA, une différence intervient dans le cadre de la Synthèse : un thème "Karst" a été identifié, alors que dans BD LISA, les entités karstifiées relèvent du thème "Sédimentaire", avec un attribut "Milieu karstique" dans le champ "Type".

Le thème "Alluvial" ne concerne que les entités constituées d'alluvions récentes, en relation avec un cours d'eau.

Le thème "sédimentaire" regroupe les grands ensembles sédimentaires identifiés du Carbonifère au Pliocène. Ce thème comprend également 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.

Le thème "Intensément Plissé" concerne les entités comprises dans des zones tectoniquement et géologiquement complexes, souvent en domaine de montagne.

a) Identification et découpage des entités

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 (Languedoc-Roussillon et Rhône-Alpes), une colonne du tableau précise les départements de leur extension.

⁷ : Edition 2008 – données utilisées : région, secteur, sous-secteur et zone hydrographique (contours), et cours d'eau (linéaire).

b) Résultats

Au total dans la région PACA, pour le thème "Sédimentaire" ont été délimités, en tant qu'entités principales au sens BD LISA :

- 19 systèmes aquifères ou domaines hydrogéologiques du niveau régional, dont 3 formations alluviales anciennes (NV2, 7 "Systèmes Aquifères" et 12 "Domaines Hydrogéologiques").
- 7 unités de niveau local (NV3, 7 "Unités Aquifères").

A ce thème, dans le cadre de la BD LISA, sont rattachées les « entités karstiques » comprenant :

- 24 systèmes de niveau régional (NV2, 24 "Unités Aquifères")
- 29 unités de niveau local (NV3, 29 "Unités Aquifères").

A ces "entités principales" il faut ajouter des "entités complémentaires", qui relèvent, soit du thème "Alluvial", soit du thème "Karst" de la synthèse :

- 15 entités d'alluvions récentes de NV2 (15 "Systèmes Aquifères") et 14 entités d'alluvions récentes de NV3 (14 "Unités Aquifères"),
- 42 entités karstiques de NV3 (42 "Unités Aquifères") : bassins d'alimentation d'urgences.

La région PACA est donc composée de **58 entités de NIV2 (régional)** et **93 entités de NV3 (local)** relevant des thèmes "Alluvial", "Sédimentaire" ou "Karstique".

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

Les entités des thèmes socle et intensément plissé résultent en partie d'un découpage selon les contours des bassins versants de surface (extraits de la BD-Carthage). Les sous-secteurs ont en général été retenus comme base du découpage.

Au total, pour ce thème ont été délimitées :

- 9 entités de NV2 (9 "Domaines Hydrogéologiques") ;
- 1 entité de NV3 (1 "Unité Aquifère").

Au total, pour ce thème ont été délimitées :

- 21 entités de NV2 ((1 "Unité Aquifère" + 20 "Domaines Hydrogéologiques").

Toutes les entités des thèmes "Socle" et "Intensément Plissé" sont des entités hydrogéologiques principales, au sens de BD LISA.

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

L'actualisation du découpage des entités hydrogéologiques s'est dans un premier temps appuyée sur le découpage de 1986.

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 toujours permis de délimiter précisément les parties sous couverture. 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. C'est le cas par exemple des cailloutis de Crau (13) qui sont recouverts dans leur partie sud-ouest par les limons de Camargue, ou des formations carbonatées jurassiques, qui se retrouvent à grande profondeur, au cœur de synclinaux comme c'est le cas dans le bassin de l'Arc (13) ou celui de Saint-Rémy-de-Provence (13). Dans ce dernier cas, 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 constitue une difficulté supplémentaire et limite la précision des contours.

4.4.1. Parties affleurantes des entités

Les contours des formations des cartes géologiques harmonisées régionales (1/50 000) ont servi de base pour extraire les polygones correspondant aux parties affleurantes de chaque entité identifiée dans le tableau multi-échelles. Des regroupements, voire des corrections, ont été effectués, suivant la lithologie, traduisant l'homogénéité des propriétés aquifères au-delà de différences stratigraphiques

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 (éboulis, colluvions, éluvions...), quand ils ne jouent pas de rôle hydrogéologique spécifique, ont été englobés dans le polygone correspondant à leur formation d'origine.

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 ont ensuite été regroupés dans une couche SIG propre à chaque entité et fusionnés (une entité = 1 table). Le travail a été fait avec les logiciels MAPINFO® et ArcGIS®.

4.4.2. Parties des entités sous couverture

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, comme cela a été évoqué dans le paragraphe 4.4.1, les cailloutis plio-quadernaires de la plaine de la Crau (entité PAC04F), qui affleurent en grande majorité, plongent sous les limons de Camargue dans leur partie sud-ouest (entité PAC04G). L'extension latérale de cette entité est cernée par plusieurs forages de recherche et d'exploitation d'eau, ainsi que par des études menées en Camargue (Illustration 7).

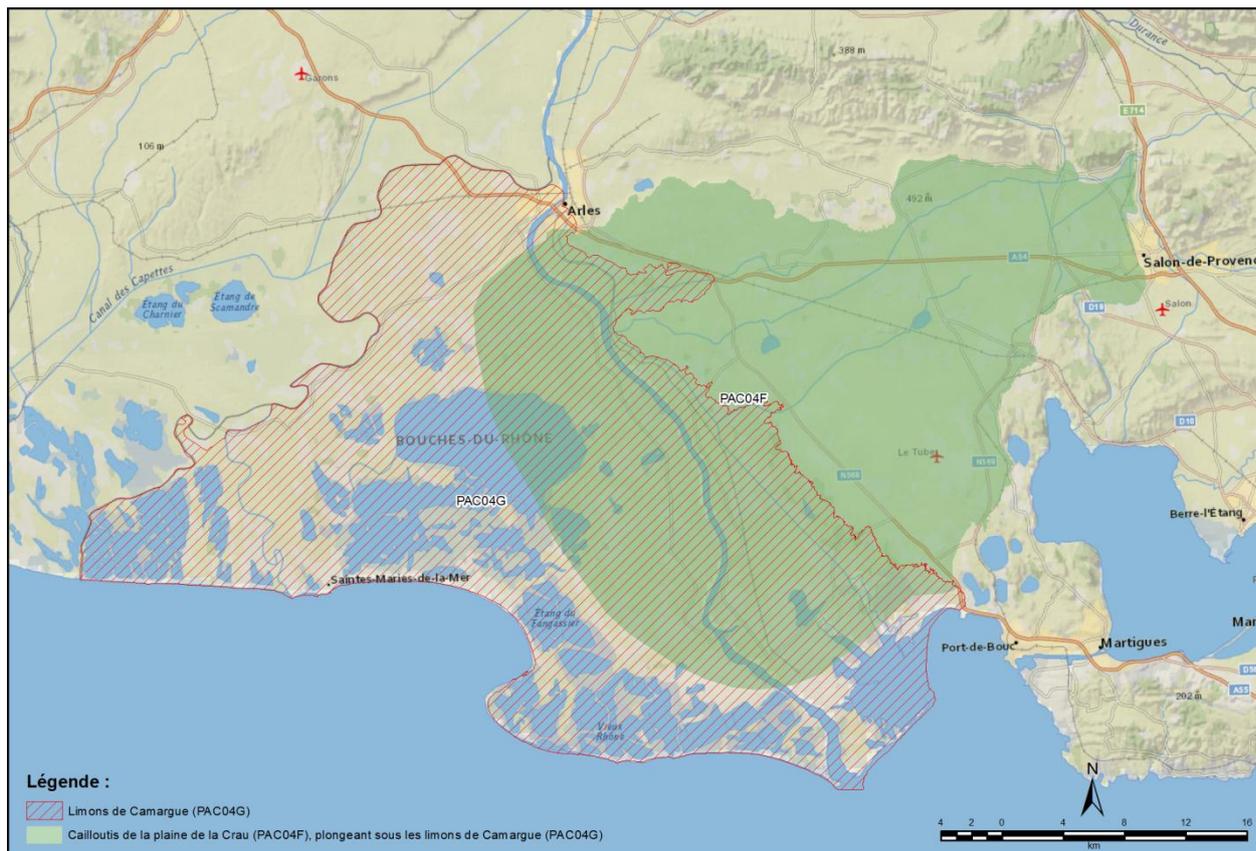


Illustration 7 : Exemple d'entité partiellement sous couverture : les cailloutis de Crau (entité PAC04F), qui deviennent captif sous les limons de Camargue (entité PAC04G).

De même, les limites de l'extension septentrionale sous couverture des calcaires jurassiques des Préalpes niçoises (entité PAC07V) ont été définies sur la base des études disponibles (forages d'eau, analyse structurale issue d'études hydrogéologiques). Du fait de la faible densité de ces études, les limites sous couverture de cette entité demeurent 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, à leur géométrie et structure, ainsi qu'aux directions de circulation des eaux souterraines et à la position des principaux exutoires.

Ce découpage tient compte des discontinuités lithologiques et structurales, qui peuvent effectivement représenter des limites pour les entités karstiques, mais aussi de la position et du rôle des écoulements et des cours d'eau.

A l'intérieur d'une entité karstique de niveau 2, en fonction des connaissances actuelles, des entités de niveau 3 ont parfois pu être délimitées. C'est notamment le cas pour les formations jurassiques et crétacées de la Sainte-Victoire (entité PAC07A, de NV2), à l'intérieur de laquelle les bassins d'alimentation des sources de Meyrargues (entité PAC07A1, de NV3) et des sources de l'Argens et de Seaux (entité PAC07A2, de NV3) ont été distinguées. Le reste de l'entité n'a pas été, dans le cadre de la synthèse identifié en entité de NV3. Dans le cadre de

BD LISA cependant, et pour répondre à la contrainte de complétude des entités, une "entité fantôme" a dû être créée pour compléter le territoire.

D'autre part, dans de nombreux cas, des entités de NV2 ont été définies sur la base de massifs affleurants ; ces entités étant susceptibles de recéler partiellement des entités de NV3 basées sur les bassins d'alimentation d'émergence. Il en va ainsi de l'entité regroupant les « massifs carbonatés jurassiques du centre Var » (entité PAC07E, de niveau 2), qui se décompose en 10 entités de NV3, dont certains sont des bassins d'alimentation d'émergence (PAC07E1), d'autres étant constitués par un massif affleurant (Illustration 8).

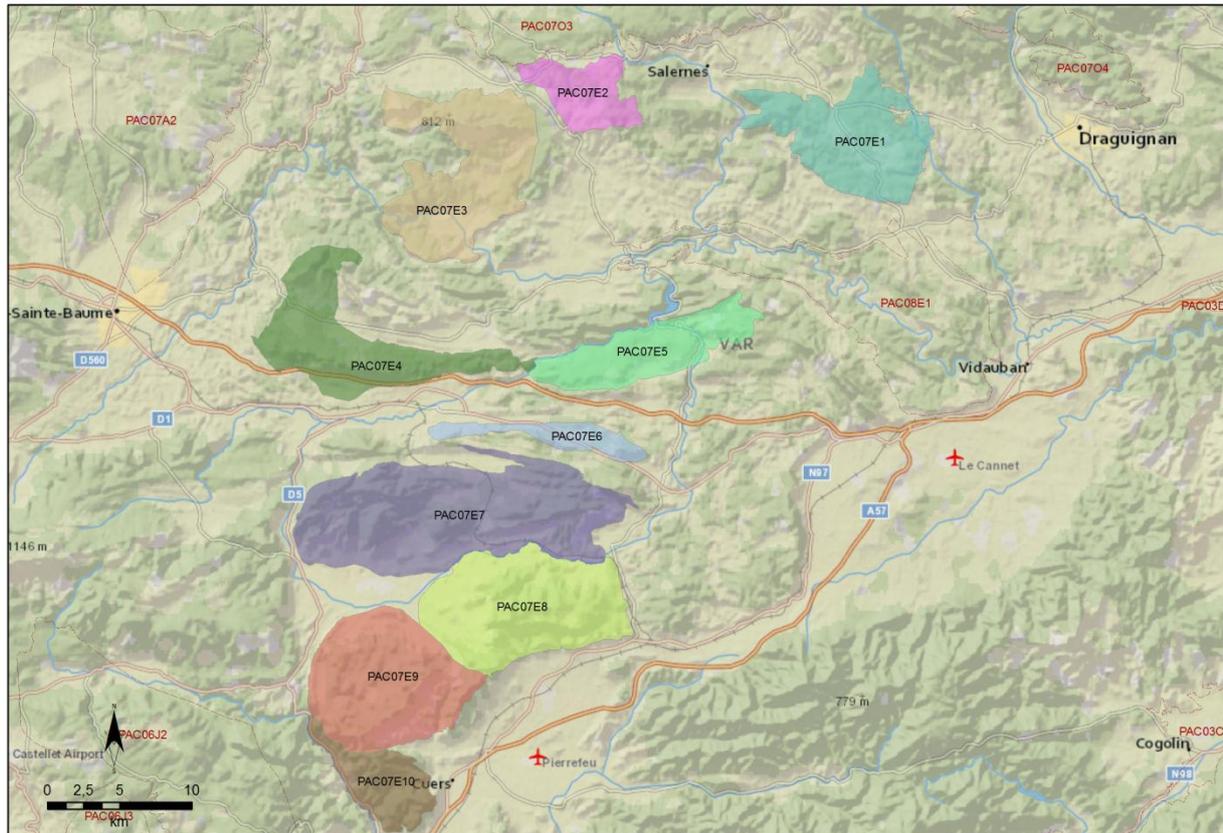


Illustration 8 : Exemple de massifs karstiques (PAC07E2 à E10) et de zone d'alimentation d'émergence (PAC07E1) de NV3 inclus dans une entité de NV2 (PAC07E).

Les connaissances portant sur les aires d'alimentation des émergences étant susceptibles d'évoluer en fonction des études (réalisation de traçages, établissement de bilans...), les contours des entités karstiques s'y référant pourront être affinés dans le temps.

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 doit être mené par bassin versant. La démarche préconisée nécessite 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 Provence-Alpes-Côte d'Azur

Dans la pratique, l'application de cette méthodologie s'est heurtée à une très faible densité de données de débits, voire même de données descriptives (géologiques, structurales, hydrométriques...). A l'exception notable des massifs des Maures et de l'Esterel, les zones de socle en région PACA correspondent en effet le plus souvent à des secteurs de Haute-Montagne peu prospectés.

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 en identifiant 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 bassin-versant" 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.

Enfin, le thème "Volcanisme" n'est représenté dans la région PACA que via deux entités : les formations andésitiques oligocènes du secteur des Aspres, dans les Alpes-Maritimes (PAC14C1), et par les formations cristallines et volcaniques primaires des massifs de l'Estérel et du Tanneron, dans le Var et les Alpes-Maritimes (PAC13E), bien que cette dernière comprenne également des formations non volcaniques (cristallines).

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 des thèmes "Sédimentaire" et "Intensément plissé". Ces limites ont été tracées à partir de la carte géologique harmonisée au 1/50000, en interprétant la position des formations de socle sous les éventuelles formations de recouvrement, notamment les alluvions.

La seule entité de NV3 (PAC14C1 - Formations andésitiques oligocènes du secteur des Aspres), comme celles de NV2, a été découpée selon les contours des sous-secteurs hydrographiques de la BD CARTHAGE. La différence de niveaux provient de l'intérêt hydrogéologique régional ou local attribué à la ressource en eau par le groupe d'experts locaux.

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 hydrochimiques.

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

- limites des bassins versants principaux (en fonction du classement du cours d'eau ou de son rôle structurant, comme niveau de base des écoulements) ;
- 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

Les connaissances en hydrogéologie des formations appartenant au thème "Intensément Plissé" en région PACA sont en général assez sommaires, même si de nombreuses données ponctuelles existent. Les capacités aquifères des différents ensembles lithostratigraphiques 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 1/50000 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 raccrochés 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

Aucun domaine ou entité aquifère de NV3 n'a été retenu en PACA. La plupart des formations étant reconnues comme relativement peu aquifères, il n'a en effet pas été jugé nécessaire de délimiter des entités d'intérêt local dans ce thème.

En revanche, à l'intérieur d'un domaine de NV2 (où l'on estime que la part revenant au ruissellement l'emporte sur la part revenant à l'infiltration), ont parfois été définis des entités d'intérêt local, mais, dans ce cas, le thème dont relève l'entité n'est pas "Intensément Plissé"

mais "Sédimentaire" (cas des calcaires liasiques du synclinal de Bandol (entité PAC09F1, de NV3), contenu dans le domaine PAC09F, de NV2 (Formations anté-carbonifères à liasiques de la région de Toulon - Bassins versants du Grand Vallat, de la Reppe et du Las et Mont des Oiseaux).

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, les alluvions récentes et certains cônes de déjection de la haute Durance contenant une nappe à caractère permanent en liaison avec les eaux superficielles circulant dans la Durance et ses affluents relèvent de ce thème (et sont ainsi *de facto* considérés comme des entités complémentaires au sens BD LISA), les alluvions anciennes ou certaines des terrasses de ces mêmes cours d'eau sont classées dans le thème sédimentaire.

De même, dans le département du Vaucluse, les alluvions récentes et les terrasses à l'est d'Avignon ont été regroupées dans une entité alluviale unique (PAC04I1, de NV3), car il est prouvé que les terrasses sont hydrauliquement connectées au Rhône. En revanche, alors que les alluvions récentes du Calavon sont classées en entité alluviale (PAC02J1, de NV3), les terrasses alluviales du secteur des Imberts (PAC04B2, de NV3) sont rattachées au thème "Sédimentaire".

Les entités complémentaires formées par les alluvions représentent une "surcouche" à d'autres formations constituant le substratum de ces alluvions. Ces formations diverses, classées dans les autres thèmes, doivent être toujours présentes sous les entités complémentaires (principe de complétude de BD LISA).

4.7.2. Autres formations (niveau local)

En niveau 3, plusieurs entités ont 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 :

- la molasse miocène des bassins d'Apt et de l'Encreme,
- les terrasses alluviales de la plaine en aval du pont Saint-Julien,
- les sables blancs cénomaniens de Bédouin-Mormoiron,
- les calcaires Jurassiques du col de l'Olivier.

...

4.7.3. Volcanisme

Une entité, de niveau régional (NV2) a été créée :

Formations cristallines et volcaniques primaires des massifs de l'Estérel et du Tanneron (PAC13E), elle regroupe les roches effusives et métamorphiques constituant le seul massif volcanique régional.

Une entité, de niveau local, a également été individualisée. Il s'agit des formations andésitiques oligocènes du secteur des Aspres dans les Alpes-Maritimes (PAC14C1, de NV3). Cet épanchement andésitique tertiaire est sous-jacent aux alluvions du Var, et ces formations andésitiques sont susceptibles d'être productives, ce qu'indiquent les quelques études les concernant.

4.8. VALIDATION DES CONTOURS DES ENTITES

Les experts régionaux (dont la liste est présentée ci-dessous), 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 (lancement du projet), le 13/05/2008, pour présenter la méthodologie nationale et préciser en quoi consisterait l'actualisation de la synthèse existante. A cette réunion, il a été décidé de constituer des groupes de travail départementaux, chargé de valider les propositions du BRGM.
- Seconde réunion, le 23/04/2009, pour faire état de l'avancement du projet régional, présenter les grands choix de découpage des entités, et une première version du tableau multi-échelles.
- Réunions de validation des travaux départementaux (fiches de l'atlas et contours) :

Département	Date
Alpes-de-Haute-Provence	11/06/2010
Hauts-Alpes	11/06/2010
Alpes-Maritimes	13/04/2010
Bouches-du-Rhône	11/06/2010
Var	08/06/2010
Vaucluse	01/06/2010

- Après corrections par le BRGM, une réunion régionale a été organisée le 31/01/2012 pour faire part des résultats dans chaque département.

NOM	ORGANISME	DEPARTEMENT(S)
M. BARBIER Jean-Louis	Retraité SCP	13, 83
Mme BEAUMONT Françoise	DDT 84	84
M. BELLOT Jean-Philippe	IMAGEAU	13
M. BERAUD Jacques	SCP	13, 83
M. BERTHALON Yves	BEG - THETYS HYDRO	04, 05
Mme BILLET Christelle	CG 83	83
M. BLAVOUX Bernard	UNIVERSITE AVIGNON	84
M. BONHOMME Bernard	Retraité BRGM	04, 05
M. BRIERE Gilles	CG 84	84
M. CADILHAC Laurent	Agence de l'Eau RM&C	Région
M. DESAGHER Eric	ATECH HYDRO	83, 84
M. EMBLANCH Christophe	UNIVERSITE AVIGNON	84
M. EMILY Alexandre	H2EA	06
M. FIQUET Marc	CG 06	06
M. FONTES Gilbert	ARS DT 06	06
M. GOTTARDI Pierre	DDT 04	04, 05
M. GRAVOST Maurice	Retraité BRGM	13
M. IVALDI Jean-Pierre	Professeur Univ. Nice	06
M. MANGAN Christian	Cabinet MANGAN	06
M. MAYEN Vincent	AE RM&C - Délégation PACA	Région
M. PROUST Cédric	PNR du Lubéron	84
M. ROUSSET Claude	Professeur Univ. Marseille	04, 05, 13
M. SILVESTRE Jean-Paul	Retraité ANTEA	13, 84
M. SOLAGES Serge	Retraité BRGM	83
M. TAPOUL Jean-François	CG 83	83
M. THENEVIN Guillaume	H2EA	06
M. TRAVI Yves	UNIVERSITE AVIGNON	84
M. VALENCIA Guy	DREAL PACA	Région
M. WEBER Guillaume	DDTM 06	06

Illustration 9 : Liste des experts ayant participé à la validation des travaux départementaux.

5. Bases de données

L'objectif principal de ces bases de données est de rassembler et 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-FR⁸) auquel le lecteur est invité à se reporter.

Elle contient les informations présentes dans les fiches descriptives des entités. Une section de cette base de données est consacrée aux références bibliographiques principales qui ont servi à établir les fiches de synthèse et les contours.

Les fiches de synthèses, établies pour les entités de NV2 et pour les entités de NV3 orphelines, ont été éditées au format PDF. Elles comportent les éléments nécessaires à la connaissance et à la compréhension du fonctionnement hydrogéologique des entités (les rubriques sont détaillées dans le paragraphe 6.1) :

- ✚ CODE SYNTHESE – LIBELLE : Permet d'identifier l'entité : le Code Synthèse est un code provisoire, affecté à l'entité en attendant l'affectation du Code National BD LISA, délivré par le SANDRE. Il est constitué du préfixe PAC (pour PACA) suivi de deux chiffres (NV1) de deux lettres (NV2) et de 1 à 2 chiffres (NV3). Le libellé répond à la syntaxe BD LISA (Informations lithologiques, puis stratigraphiques puis géographiques).
- ✚ INFORMATIONS PRINCIPALES :
 - Nature
 - Thème
 - Type
 - Superficie totale
 - Entités filles de niveau local
- ✚ CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE : permet de resituer l'entité dans le contexte géoclimatique local.
- ✚ GEOLOGIE : paragraphe décrivant le contexte géologique (lithostratigraphique) et structural.
- ✚ HYDROGEOLOGIE : rassemble les principales données sur les sens d'écoulement, les niveaux de base, les relations hydrogéologiques avec les entités voisines...
- ✚ DESCRIPTION DE L'ENTITE HYDROGEOLOGIQUE :
 - Généralités

⁸ : Lamotte C., 2002 - Actualisation des synthèses hydrogéologiques régionales sur Rhône-Méditerranée-Corse. Présentation de la base de données informatique (version 2002) – Rapport BRGM/RP-51822-FR.

- Type d'aquifère (monocouche, multicouches)
- Limites hydrogéologiques
- Etat de la nappe (libre, captive...)
- Caractéristiques hydrodynamiques principales (profondeur moyenne du toit, Epaisseur mouillée, vitesse d'écoulement, perméabilité, Porosité, Productivité)
- Utilisation de la ressource
- Alimentation de la nappe
- Bilan hydrogéologique
- Vulnérabilité à la pollution
- Qualité « naturelle » des eaux
- Principales problématiques

 BIBLIOGRAPHIE PRINCIPALE

 CARTES GEOLOGIQUES CONCERNEES

 CARTES HYDROGEOLOGIQUES CONCERNEES

5.2. DONNEES CARTOGRAPHIQUES

5.2.1. Coupes et logs

Parmi les informations nécessaires à l'établissement des contours des entités hydrogéologiques, les coupes géologiques et logs lithostratigraphiques constituent un réservoir de données des plus importants.

Les coupes ont été le plus souvent reprises pour être cohérentes avec les nouvelles entités, les logs ont été également habillés en fonction des entités.

5.2.2. Sources, cavités, pertes et traçages

Les sources principales (débit moyen supérieur à 10 L/s) ont été répertoriées à partir des documents existants (précédente synthèse, études locales...), de même pour les zones de pertes. Un indice national leur a été affecté.

Les cavités avaient été répertoriées dans la base nationale BD CAVITE, et ont été analysées pour croiser les informations notamment avec les pertes.

Les traçages sont issus d'une part de la base de traçage détenue par l'Agence de l'Eau, "nettoyée" des données douteuses, et d'autre part d'études menées sur les zones karstiques.

5.2.3. Prélèvements

Les données sont issues du fichier des prélèvements de l'Agence de l'Eau de 2008.

5.2.4. Réseaux de surveillance

Le principal réseau est celui géré par le BRGM dans le cadre de l'application de la DCE : il concerne le suivi piézométrique et est référencé dans ADES de la façon suivante :

0600000037 - RRESOUPPAC - Réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines de la région Provence-Alpes Côte d'Azur

5.2.5. Isopièzes et sens d'écoulement

Les données sur les isopièzes et les sens d'écoulement ont été fournies par diverses études, menées dans les principales nappes alluviales de la Région (vallées du Rhône, de la Durance, du Var, de l'Argens...).

5.2.6. Isohypses (toit et mur des entités) et sens d'écoulement

Dans la partie la plus en aval de la vallée du Rhône, une reconstitution des isohyètes du toit et du mur des entités profondes a été effectuée, sur la base des données issues des forages profonds, des profils géophysiques et des connaissances structurales.

5.2.7. Cours d'eau

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

5.2.8. Autres données

Les contours des départements utilisés sont issus de la BD CARTO de l'IGN. Les SCAN25 et les SCAN250 utilisés comme fonds cartographiques 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 voisines 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, 89 fiches descriptives ont ainsi 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 dans l'illustration 9).

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 ;
- 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 principales sources connues ;
- les cavités naturelles, notamment quand elles définissent des zones de pertes des écoulements de surface ;
- Les résultats des traçages structurants.

Au total, 89 cartes ont ainsi 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 100 et scan 250 de l'IGN.

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 reprend les grandes étapes de réalisation de l'actualisation de la synthèse hydrogéologique et présente la construction du référentiel hydrogéologique BD LISA en région Provence-Alpes-Côte d'Azur sur laquelle le découpage des entités hydrogéologiques s'est appuyé.

Le travail mené a ainsi permis, dans un premier temps, de délimiter les entités hydrogéologiques de la synthèse, sur la base de la méthodologie du référentiel BD LISA, dont un récapitulatif est proposé en Illustration 10.

	NV1	NV2	NV3
Alluvions*	-	-	-
Sédimentaire	4 (4 GSA)	19 (7 SA + 12 DH)	7 (7 UA)
Karst**	5 (5 GSA)	24 (24 SA)	29 (29 UA)
Intensément Plissé	4 (4 GDH)	21 (1 SA + 20 DH)	-
Socle	2 (2 GDH)	9 (9 DH)	1 (1 UA)
Total	15 (9 GSA + 6 GDH)	73 (32 SA + 41 DH)	37 (37 UA)

a) entités hydrogéologiques principales

	NV1	NV2	NV3
Alluvions*	3 (3 GSA)	15 (15 SA)	14 (14 UA)
Sédimentaire	-	-	1 (1 UA)
Karst**	-	-	42 (42 UA)
Intensément Plissé	-	-	-
Socle	-	-	-
Total	3 (3 GSA)	15 (15 SA)	57 (57 UA)

b) entités hydrogéologiques complémentaires

* par définition, dans le modèle actuel de BD LISA, les entités d'alluvions récentes ne sont que des entités complémentaires.

** thème propre à la synthèse, dans BD LISA, le karst est un attribut du thème "Sédimentaire".

GSA : Grand Système Aquifère / GDH : Grand Domaine Hydrogéologique (NV1, non traité dans la Synthèse)
SA : Système Aquifère / GDH : Domaine Hydrogéologique (NV2)
UA : Unité Aquifère (NV3)

Illustration 10 : Récapitulatif du nombres d'entités hydrogéologiques

A ces entités « principales » s'ajoutent des entités « complémentaires » constituant la surcouche du référentiel (Illustration 10).

L'objectif de cette synthèse hydrogéologique sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur 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 des entités hydrogéologiques décrites.

Soulignons qu'un processus d'actualisation de la BD LISA est d'ores et déjà prévu 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 souterraine⁹. 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.

⁹ : Une nouvelle version va sortir en mars 2013 (Vo) puis en 2014 (V1). Elle sera diffusée sur le site du SANDRE.

Annexe 1

Le modèle de gestion du référentiel et la géodatabase des entités

1. Le modèle de gestion

La réalisation du projet dans d'autres régions du Bassin RM&C 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 Geodatabase ArcGis (version 10.0), 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'ordre1, 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,

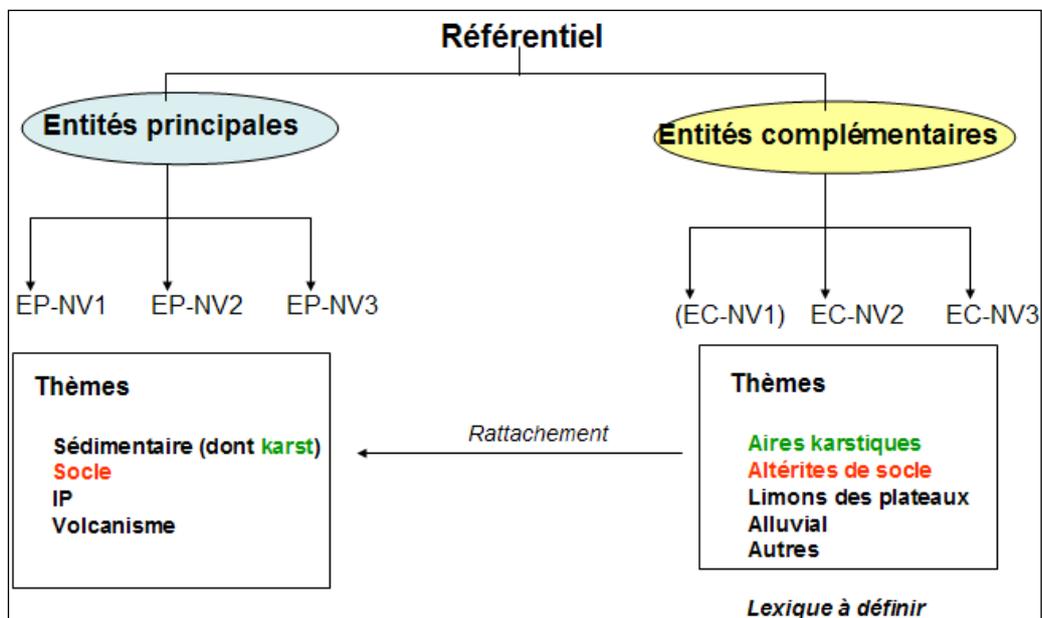


Illustration A1 – Organisation générale du référentiel

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.

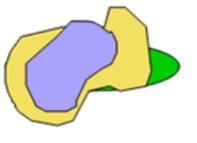
Numérisation de chaque entité	Définition de l'ordre absolu	Fichier global des entités délimitées à traiter
	Entité : X Ordre absolu : 52	 ↓
	Entité : Y Ordre absolu : 88	
	Entité : Z Ordre absolu : 90	

Illustration A2 – Ordonnement des entités par un âge absolu

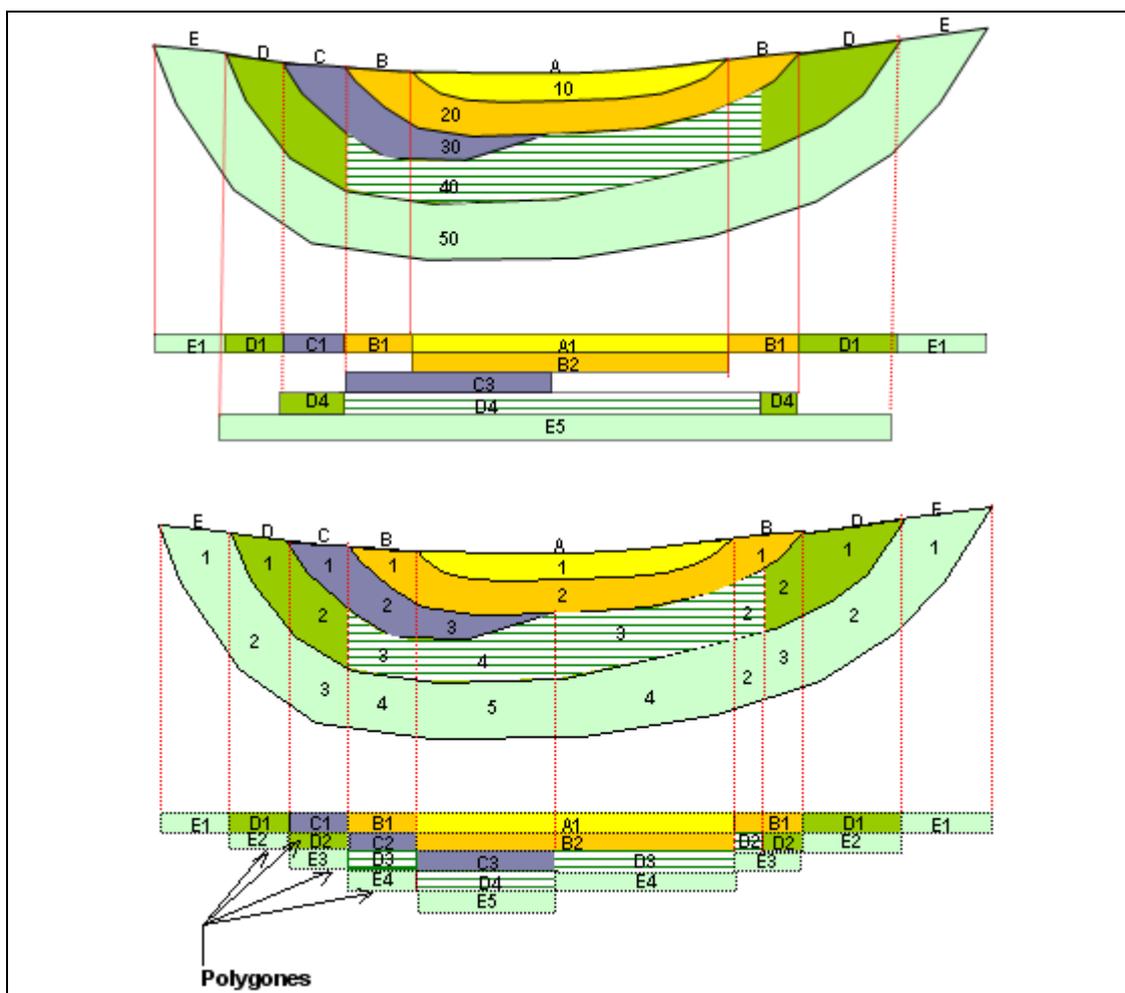


Illustration A3 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif.

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).

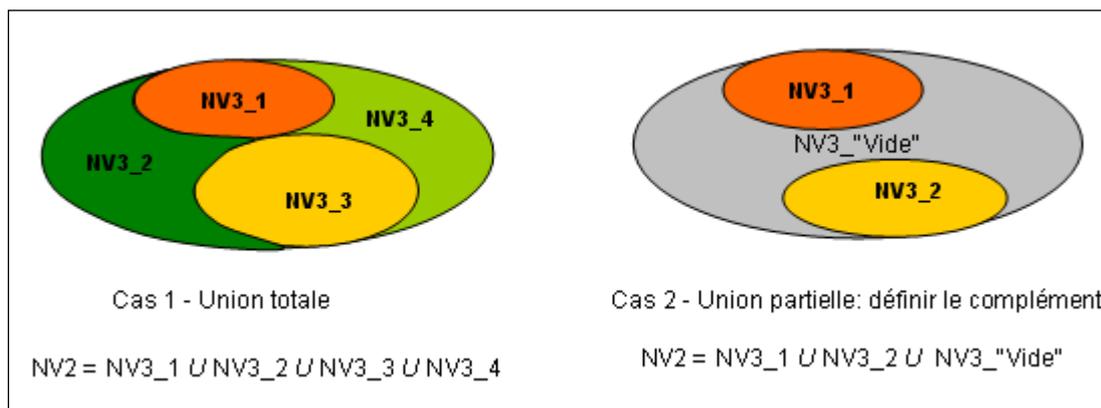


Illustration A4 - Reconstitution d'une entité de niveau 2 à par d'entités de niveau 3.

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").

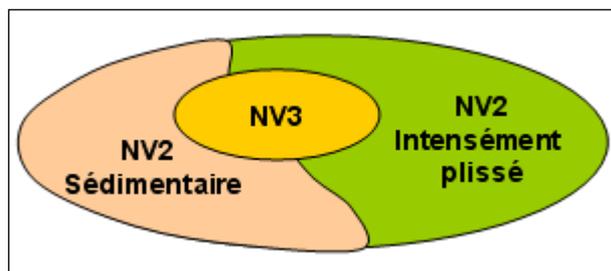


Illustration A5 – Entité de niveau 3 s'étendant sur 2 entités de niveau 2.

1.2.4. Héritage

• Attributs des entités

La caractérisation des entités de niveau 2 est effectuée 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 *a 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.

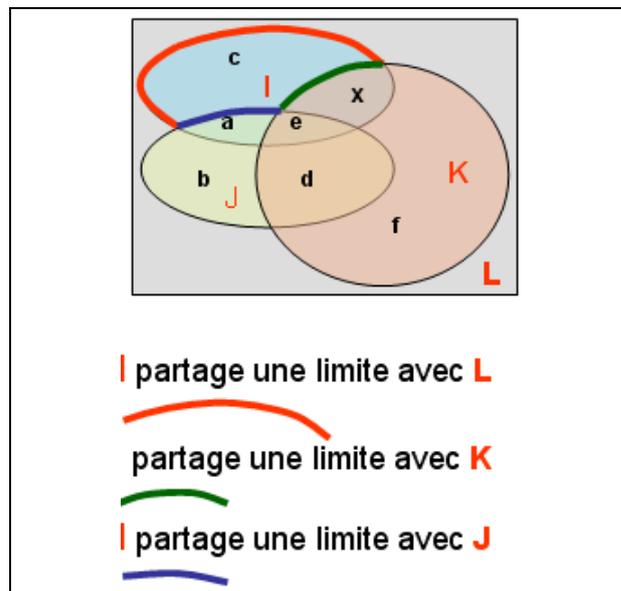


Illustration A6 – Restitution des limites des entités à partir de la table des polygones.

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.

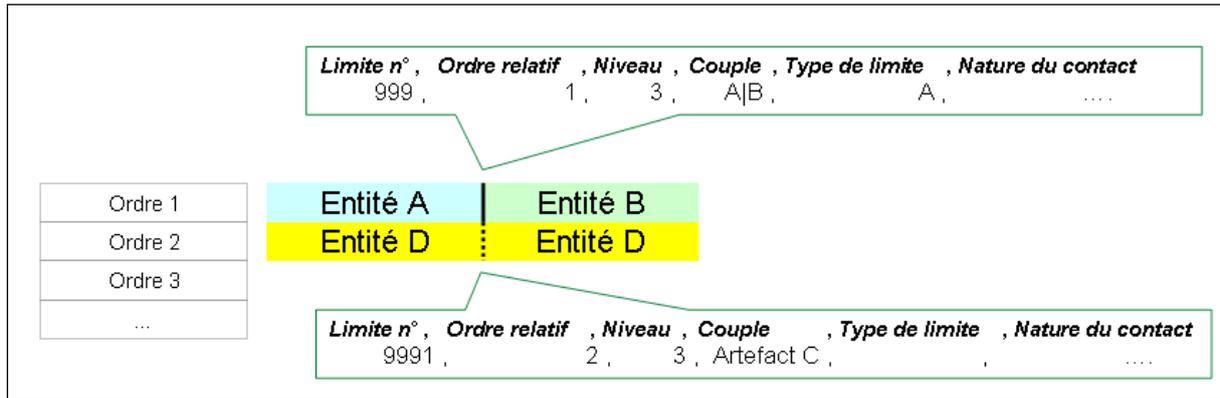


Illustration A7 – Exemple de contacts entre entités

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 libre	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.
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 – Types de limites

2. Geodatabase ARCGIS® 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).

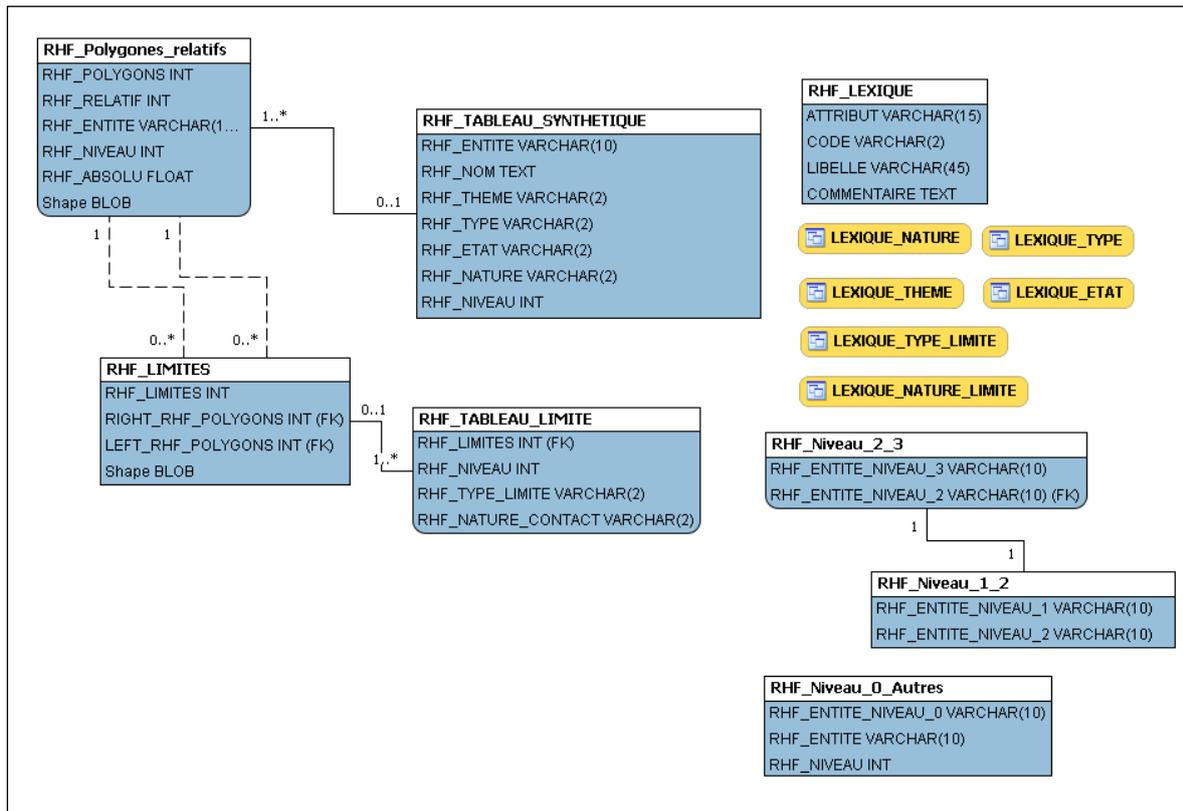


Illustration A10 – Modèle conceptuel de la géodatabase

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_**

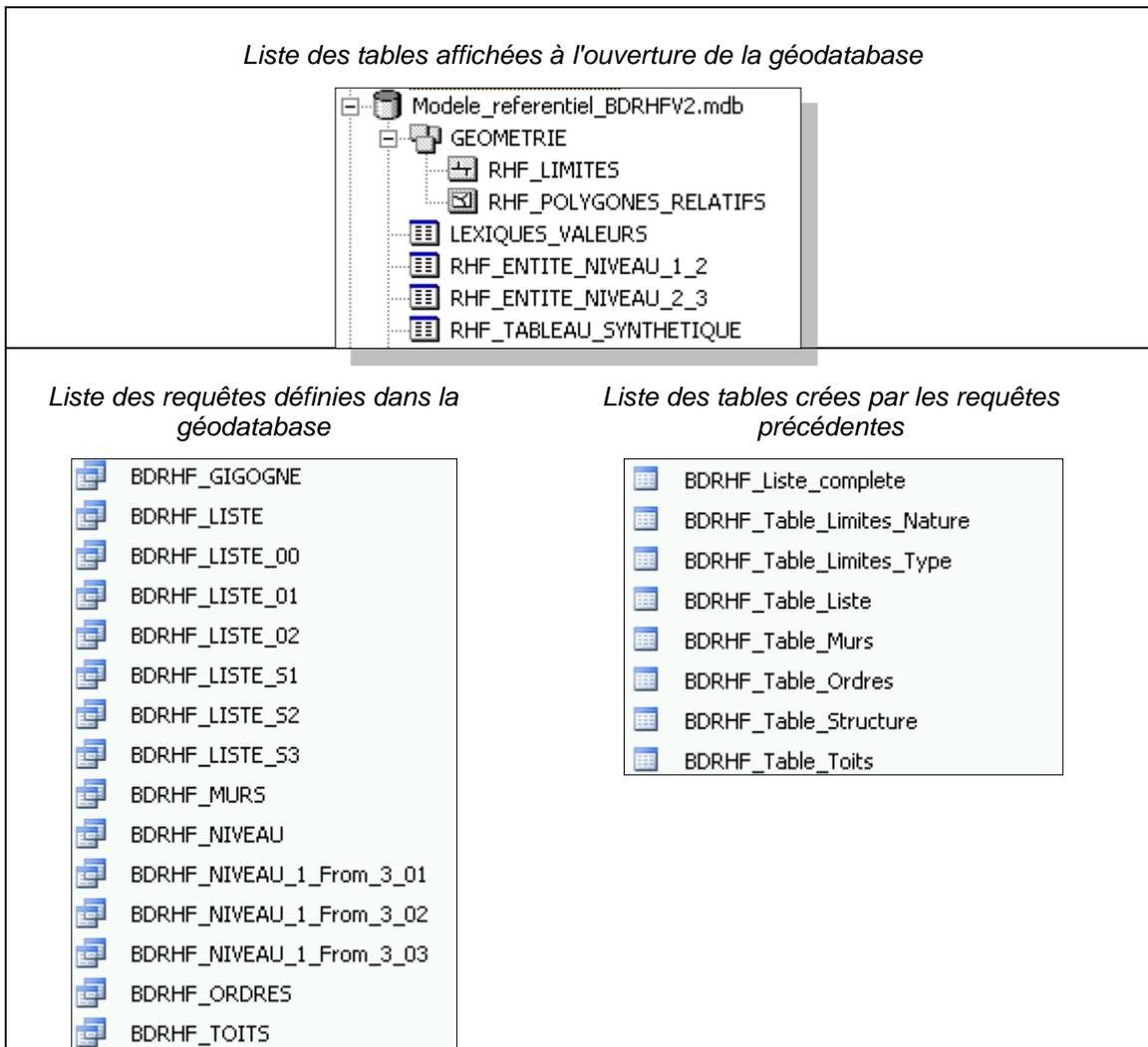


Illustration A11 – Liste des tables et des requêtes dans la géodatabase du référentiel

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 a 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.

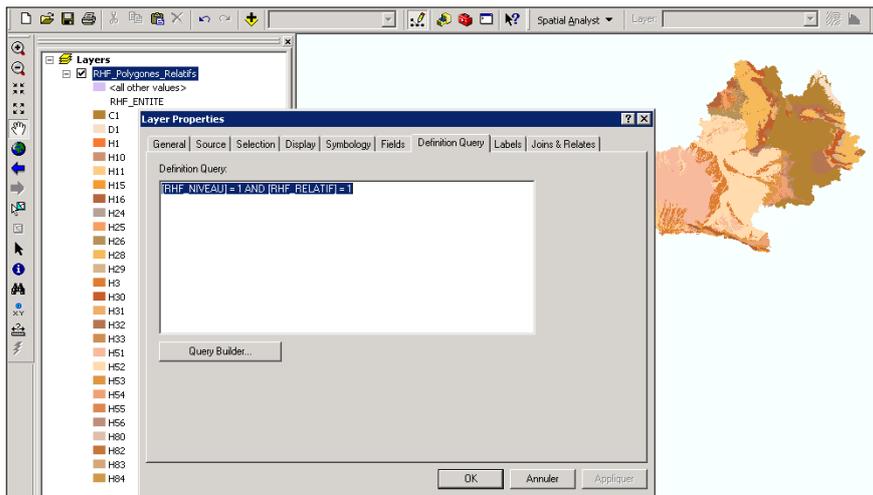


Illustration A12 – Table des polygones multiples de niveau 1 et d'ordre 1 en région MPY

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

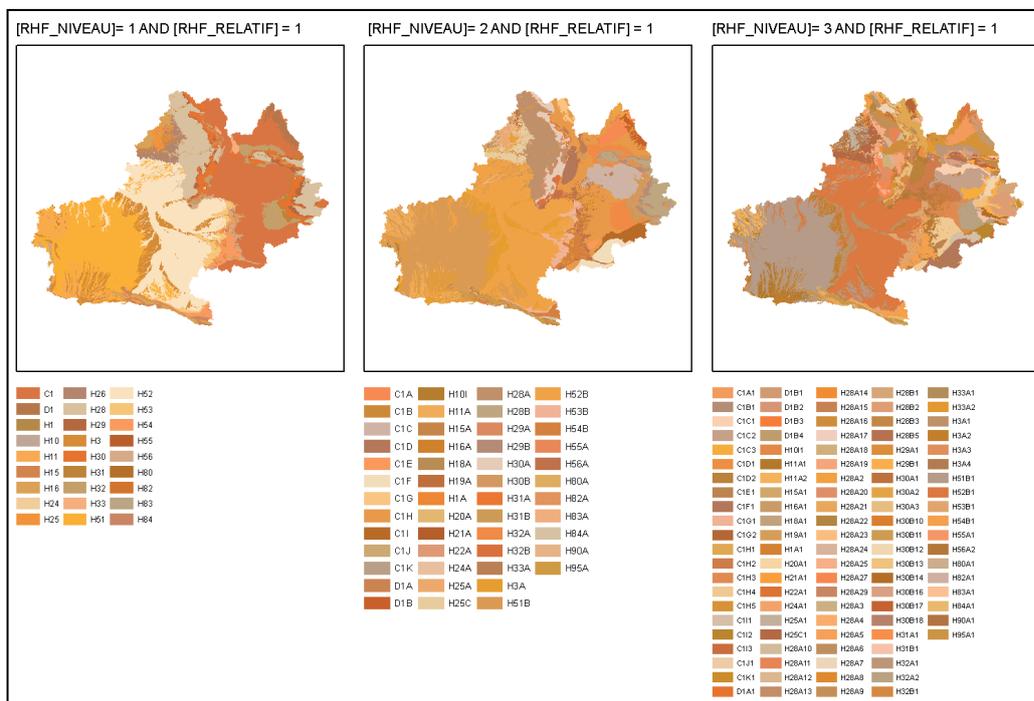


Illustration A13 – Sélection des entités d'ordre 1 pour les 3 niveaux de découpage du référentiel

2.2.2. Table RHF_Tableau_Synthetique

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

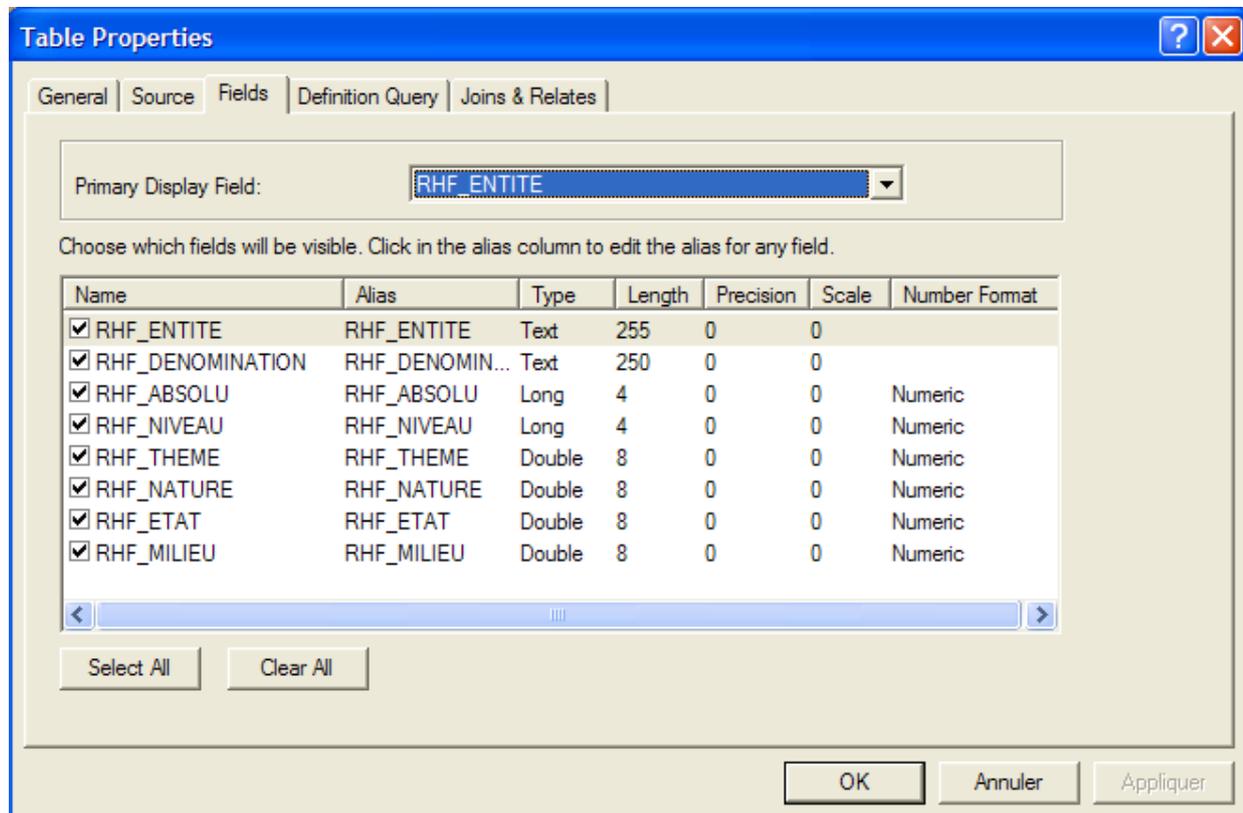


Illustration A14 - Table RHF_Tableau_Synthetique

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

Attributes of RHF_TABLEAU_SYNTHETIQUE							
RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_THEME	RHF_NATURE	RHF_ETAT	RHF_MILIEU
F10	KIMMERIDGIEN-CALLOVIEN	16115	1	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F10F	Domaine hydrogéologique des marnes et calcaires inférieurs du Kim. au callovien	15300	2	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F10F1	Unité aquifère des calcaires à Astartes du Perche (Oxfordien supérieur)	15300	3	2	5	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>
F10G1	Unité semi-perméable des marnes bleues à Encrines (oxfordien moyen - oxfordien supérieur)	15455	3	2	<Null>	3	1
F10G10	Unité aquifère des sables 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>	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 Buraisaire (Call	16000	3	2	<Null>	3	1
F10G5	Unité aquifère des sables de Saint-Fulgent-des-Ormes (Callovien supérieur)	16115	3	2	<Null>	3	1
F10G6	Unité imperméable des marnes de Montmarlo et de Montbizot (Callovien supérieur)	16120	3	2	<Null>	3	1
F10G7	Unité aquifère des calcaires sableux de Teillé (Callovien moyen)	16125	3	2	<Null>	3	1
F10G8	Unité imperméable des marnes de Maresché et de Saint-Calez-en-Saosnois (Callovien moyen)	16200	3	2	<Null>	3	1
F10G9	Unité semi-perméable des marnes d'Assé le Riboul et des oolites (Callovien inférieur et moyen)	16210	3	2	<Null>	3	1
F11	DOGGER	16470	1	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F11S	Domaine hydrogéologique des marnes du Dogger	16472	2	<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>
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 Montivaultia (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 Conlie(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>
F12A	Domaine hydrogéologique marnes du Lias supérieur	17560	2	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F12A1	Unité semi-perméable des calcaires marneux et marnes du Tassin	17560	3	2	<Null>	3	1

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.

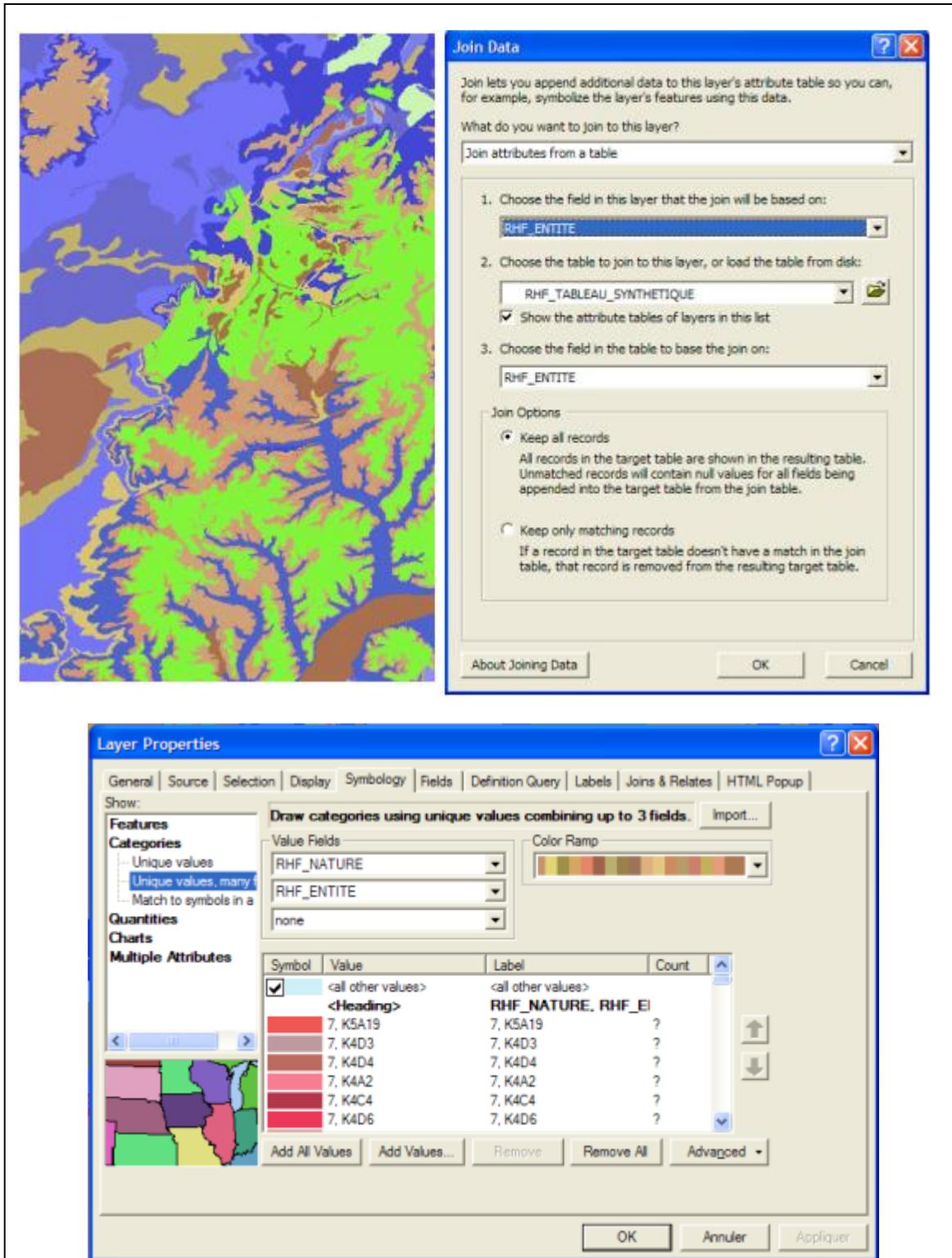


Illustration A16 –Exemple d'analyse thématique après jointure

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).

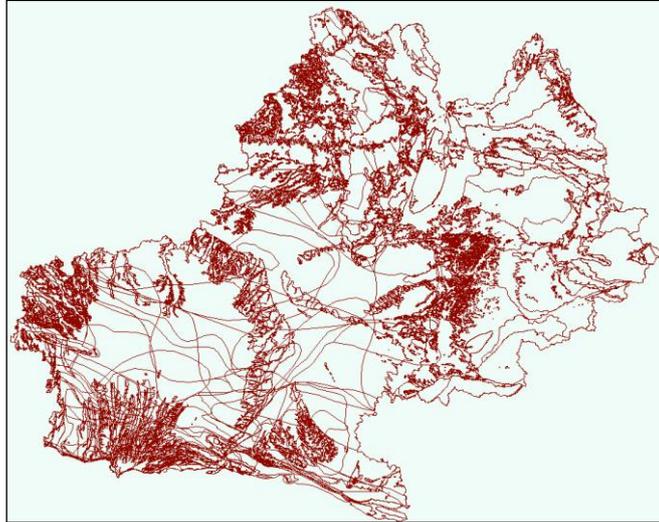


Illustration A17 – Table des limites des entités d'ordre 1
(exemple de la région Midi-Pyrénées)

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

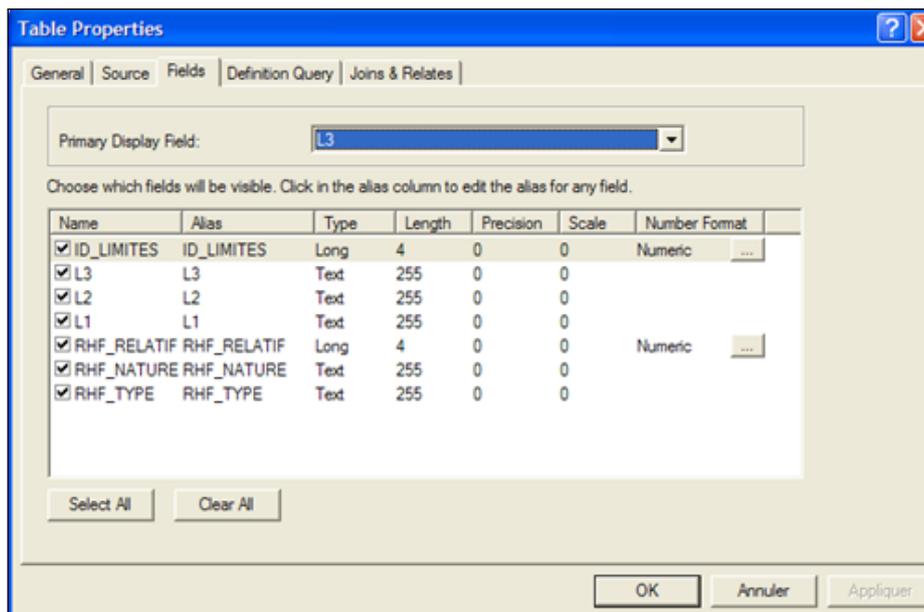


Illustration A18 – Table de la nature des limites

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 définies selon une typologie décrite par le producteur de données.

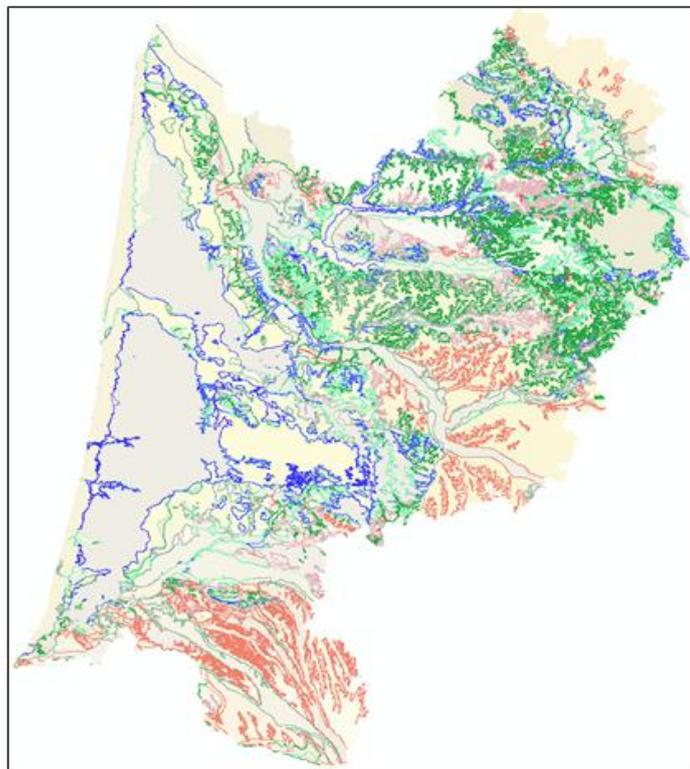
Le champ **RHF_Type** définit la typologie de la limite décrite par le producteur de données.

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.

A	b	i	i	k
e	A	b	i	i
	e	A	c	i
		f	A	c
			f	A
				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 aquifè	10	0.5628394038	711758480	48054244348	2
10A	100	Toit	7B	Système aquifè	70	0.0017709860	2239563	2529170755.2	2
10A	100	Toit	8B	Domaine imperi	80	0.0742439338	93887793	11381268398	2
10A1	100	Toit	1B4	Domaine aquifè	10	0.9297574797	17265823	37140487.444	3
10A2	100	Toit	1B3	Domaine aquifè	10	0.0004950633	57642	116433589.51	3
10A2	100	Toit	1B4	Domaine aquifè	10	0.8677559751	101035943	465734358.05	3
10A3	100	Toit	1B7	Domaine aquifè	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 aquifè	10	0.2818628625	89605078	317903100.79	3
10A4	100	Toit	1B6	Domaine aquifè	10	0.4512132491	143442091	317903100.79	3
10A5	100	Toit	1B3	Domaine aquifè	10	0.4961843609	119449097	2648088433.8	3
10A6	100	Toit	1B2	Domaine aquifè	10	0.5742847963	82878229	1010208883.7	3
10A6	100	Toit	8B5	Domaine imperi	80	0.0132702258	1915100	144315554.81	3
10A7	100	Toit	1B8	Domaine aquifè	10	0.0052030419	324017	124549065.16	3
10A7	100	Toit	8B5	Domaine imperi	80	0.1076240756	6702239	124549065.16	3
10A8	100	Toit	1B1	Domaine aquifè	10	0.0498495765	6567742	305235208.14	3

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	Dénomination de l'entité au toit
ORDRE_ABSOLU	Ordre absolu de l'entité au toit
Part_Toits	Par 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)

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

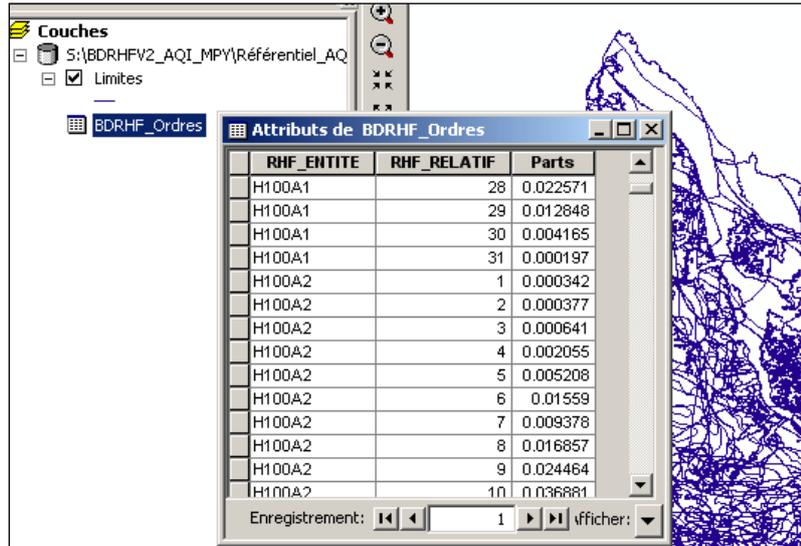
Illustration 23 – Table des murs (exemple de la région Poitou-Charente)

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").



The screenshot shows a GIS application window with a 'Couches' (Layers) panel on the left and a 'BDRHF_Ordres' layer selected. A 'BDRHF_Ordres' attribute table is displayed in the foreground, overlaid on a map. The table contains the following data:

RHF_ENTITE	RHF_RELATIF	Parts
H100A1	28	0.022571
H100A1	29	0.012848
H100A1	30	0.004165
H100A1	31	0.000197
H100A2	1	0.000342
H100A2	2	0.000377
H100A2	3	0.000641
H100A2	4	0.002055
H100A2	5	0.005208
H100A2	6	0.01559
H100A2	7	0.009378
H100A2	8	0.016857
H100A2	9	0.024464
H100A2	10	0.036881

At the bottom of the table window, there are navigation controls: 'Enregistrement: 1' and 'Afficher:'. The background map shows a complex network of blue lines representing hydrological features.

Illustration A25 - Table des ordres

Annexe 2

Tableau multi-échelles des entités hydrogéologiques principales et complémentaires, d'intérêts régional (NV2) et local (NV3)

NV2										NV3									
Type d'entité	Ordre absolu	Code Synthèse	Libellé entité	Thème Synthèse	Thème BD LISA	Nature	Type	Eat	Entité	Ordre absolu	Type d'entité	Code Synthèse	Libellé entité	Thème Synthèse	Thème BD LISA	Nature	Type	Eat	Entité
										0	C3	PAC01A1	Alluvions de l'Aigues et du Lez	1	1	5	1	2	C
										0	C3	PAC01A2	Alluvions de l'Ouvèze	1	1	5	1	2	C
										0	C3	PAC01A3	Alluvions des Sorgues et de la Nesque	1	1	5	1	2	C
C2	0	PAC01B	Alluvions récentes du Rhône de Viviers à Mornas	1	1	3	1	2	C										
C2	0	PAC01C	Alluvions récentes du Rhône entre Roquemaure et Avignon	1	1	3	1	2	C										
C2	0	PAC01F	Alluvions récentes du Rhône d'Avignon à Tarascon	1	1	3	1	2	C										
C2	0	PAC01H	Alluvions récentes du Rhône de Tarascon à Arles	1	1	3	1	2	C										
C2	0	PAC02A	Alluvions récentes de la Haute-Durance et cônes de déjection d'affluents	1	1	3	1	2	C										
C2	0	PAC02C	Alluvions récentes de la Moyenne Durance	1	1	3	1	2	C										
C2	0	PAC02E	Alluvions récentes de la Basse Durance	1	1	3	1	2	C	0	C3	PAC02E1	Alluvions Graveson-Maillane	1	1	5	1	2	C
										0	C3	PAC02F1	Alluvions récentes de l'Ubaye	1	1	5	1	2	C
C2	0	PAC02E	Alluvions récentes de la Basse Durance	1	1	3	1	2	C										
C2	0	PAC02G	Alluvions récentes du Buéch	1	1	3	1	2	C										
C2	0	PAC02H	Alluvions récentes de la Biéone	1	1	3	1	2	C										
C2	0	PAC02I	Alluvions récentes de l'Asse	1	1	3	1	2	C										
										0	C3	PAC02J1	Alluvions récentes du Calavon	1	1	5	1	2	C
										0	C3	PAC02K1	Alluvions récentes de la Guisane	1	1	5	1	2	C
C2	0	PAC03A	Alluvions récentes de l'Arc	1	1	3	1	3	C										
C2	0	PAC03B	Alluvions récentes du Gapeau	1	1	3	1	3	C										
C2	0	PAC03C	Alluvions récentes de la Gisle et de la Môle	1	1	3	1	3	C										
C2	0	PAC03D	Alluvions récentes de l'Argens	1	1	3	1	3	C										
C2	0	PAC03E	Alluvions quaternaires de la basse vallée du Var	1	1	3	1	2	C										
										0	C3	PAC03F2	Alluvions récentes de l'Huveaune	1	1	5	1	3	C
										0	C3	PAC03F3	Alluvions des îles d'Hyères - Porquerolles	1	1	5	1	2	C
										0	C3	PAC03F5	Alluvions récentes de la Siagne (secteur de Pégomas)	1	1	5	1	2	C
										0	C3	PAC03F6	Alluvions récentes du Loup	1	1	5	1	2	C
										0	C3	PAC03F8	Alluvions récentes des Pallons	1	1	5	1	2	C
										0	C3	PAC14A1	Alluvions récentes du Haut Drac	1	1	5	1	2	C
P2	20	PAC04A	Molasse miocène du Comtat Venaissin	2	2	3	1	3	P										
P2	10	PAC04B	Formations crétacées et tertiaires du bassin du Calavon	2	2	4	1	2	P	10	P3	PAC04B1	Molasse miocène des bassins d'Apt et de l'Encreme	2	2	5	1	1	P
P2	10	PAC04B	Formations crétacées et tertiaires du bassin du Calavon	2	2	4	1	2	P	10	P3	PAC04B2	Terrasses alluviales (plaine en aval du pont St Julien, et secteur les Imberts)	2	2	5	1	3	P
P2	10	PAC04C	Formations détritiques mio-pliocènes du plateau de Valensole	2	2	4	4	2	P										
P2	10	PAC04D	Formations variées à dominante tertiaire de la basse et moyenne vallée de la Durance	2	2	4	1	3	P										
P2	10	PAC04E	Formations crétacées et tertiaires du bassin versant de la Touloubre et de l'ouest de l'étang de Berre	2	2	3	2	3	P										
P2	10	PAC04F	Cailloutis plio-quadernaires de la plaine de Crau	7	2	3	1	2	P										
P2	10	PAC04G	Formations deltaïques quaternaires de Camargue	2	2	4	1	3	P										
P2	10	PAC04H	Formations crétacées et tertiaires du sud du Comtat	2	2	4	1	3	P	10	P3	PAC04H1	Sables blancs cénomaniens de Bédouin-Mormoiron	2	2	5	1	3	P
P2	10	PAC04I	Formations jurassiques à quaternaires de la basse vallée du Rhône	2	2	4	1	3	P	0	C3	PAC04I1	Alluvions anciennes et terrasses à l'est d'Avignon	2	2	5	1	3	C
P2	10	PAC04J	Calcaires et grès du Crétacé supérieur de la vallée du Rhône de Pont-Saint-Esprit à Roquemaure	2	2	4	2	3	P										
P2	40	PAC04K	Argiles bleues du Pliocène inférieur de la vallée du Rhône	2	2	4	1	1	P										
P2	20	RHA549A	Formations tertiaires du bassin de Valréas	2	2	4	1	3	P										
P2	10	PAC05A	Formations secondaires et tertiaires du bassin de l'Arc	2	2	4	2	3	P	10	P3	PAC05A1	Formations calcaires du Crétacé supérieur du bassin de l'Arc	2	2	5	4	3	P
P2	10	PAC05B	Formations détritiques à dominante oligocène du bassin de Marseille	2	2	4	1	3	P										
P2	10	PAC05C	Grès et marnes du Crétacé supérieur du bassin du Beausset	2	2	4	1	3	P										
P2	10	PAC05E	Poudingues pliocènes de la basse vallée du Var	2	2	3	1	3	P										
P2	10	PAC05F	Alluvions de la plaine de l'Eygoutier	2	2	3	1	3	P										

NV2										NV3									
Type d'entité	Ordre absolu	Code Synthèse	Libellé entité	Thème Synthèse	Thème BD LISA	Nature	Type	Bat	Entité	Ordre absolu	Type d'entité	Code Synthèse	Libellé entité	Thème Synthèse	Thème BD LISA	Nature	Type	Bat	Entité
P2	10	PAC06A	Formations calcaires du Crétacé supérieur du massif du Dévoluy	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC06A1	Massif du Dévoluy nord, Sources des Gillardes	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC06A	Formations calcaires du Crétacé supérieur du massif du Dévoluy	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC06A2	Massif du Dévoluy sud, Source de la Sigouste	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC06E	Formations calcaires du Crétacé supérieur des haut-bassins Verdon, Durance et Var	6	2	3	3	2	P										
P2	10	PAC06F	Calcaires du Crétacé inf. des Monts de Vaucluse et de la montagne du Lubéron	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC06F1	Unité karstique de la Fontaine de Vaucluse	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC06F	Calcaires du Crétacé inf. des Monts de Vaucluse et de la montagne du Lubéron	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC06F2	Ensemble Nord-Ventoux / Montagne de Bluye	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC06F	Calcaires du Crétacé inf. des Monts de Vaucluse et de la montagne du Lubéron	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC06F3	Calcaires urgoniens massif du Luberon et du bassin du Coulon-Calavon	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC06I	Massifs carbonatés jurassiques et crétacés des chaînes de l'Estaque, de la Nerthe, de l'Etoile et du Garlaban	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC06I1	Chaîne de la Nerthe-Estaque	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC06I	Massifs carbonatés jurassiques et crétacés des chaînes de l'Estaque, de la Nerthe, de l'Etoile et du Garlaban	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC06I2	Massif de l'Etoile	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC06I	Massifs carbonatés jurassiques et crétacés des chaînes de l'Estaque, de la Nerthe, de l'Etoile et du Garlaban	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC06I3	Massif du Garlaban	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC06J	Massif calcaire jurassique et crétacé inf. des Calanques et du bassin du Beausset	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC06J2	Massifs calcaires jurassiques et crétacés du Gros Cerveau et du Croupatier (Sources d'Ollioules/Evenos)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC06J	Massif calcaire jurassique et crétacé inf. des Calanques et du bassin du Beausset	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC06J3	Système karstique des sources du Ragas du Revest des Eaux	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC06J	Massif calcaire jurassique et crétacé inf. des Calanques et du bassin du Beausset	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC06J4	Massifs calcaires jurassiques du Faron (Source Saint-Antoine) et du Coudon	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC06J	Massif calcaire jurassique et crétacé inf. des Calanques et du bassin du Beausset	6	2	3	3	2	P										
P2	10	PAC06K	Massifs calcaires crétacés des Alpilles et de la Montagne	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC06K1	Massif calcaire crétacé des Alpilles	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC06K	Massifs calcaires crétacés des Alpilles et de la Montagne	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC06K2	Massif calcaire crétacé de la Montagne	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC06L	Massifs calcaires crétacés des Costes, de la Barben et de la Fare	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC06L1	Massif des Costes	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC06L	Massifs calcaires crétacés des Costes, de la Barben et de la Fare	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC06L2	Chaîne de la Fare et massif de la Barben	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07A	Massif calcaire jurassique à crétacé de la Sainte-Victoire	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07A1	Bassin d'alimentation des sources de Meyrargues	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07A	Massif calcaire jurassique à crétacé de la Sainte-Victoire	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07A2	Bassins d'alimentation des sources de l'Argens et de Seaux	6	2	5	3	2	C
P2	20	PAC07B	Calcaires jurassiques du Bassin de l'Arc	6	2	3	3	2	P										
P2	10	PAC07C	Massifs calcaires jurassiques à crétacés de la Sainte Baume, du Mont Aurélien et de l'Agnis	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07C1	Bassin d'alimentation de la source de Saint-Pons	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07C	Massifs calcaires jurassiques à crétacés de la Sainte Baume, du Mont Aurélien et de l'Agnis	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07C2	Bassin d'alimentation des sources des Encanaux	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07C	Massifs calcaires jurassiques à crétacés de la Sainte Baume, du Mont Aurélien et de l'Agnis	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07C3	Bassin d'alimentation des sources des Nayes	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07C	Massifs calcaires jurassiques à crétacés de la Sainte Baume, du Mont Aurélien et de l'Agnis	6	2	3	3	2	P	0	P3	PAC07C4	Massif calcaire jurassique supérieur d'Agnis	6	2	3	3	2	P
P2	10	PAC07D	Massifs calcaires Jurassique à Crétacé inférieur de Jouques, Mirabeau, Ginasservis	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07D1	Bois de Mont Major - source de la Foux	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07D	Massifs calcaires Jurassique à Crétacé inférieur de Jouques, Mirabeau, Ginasservis	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07D2	Massif calcaire jurassique de Vautubière	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07D	Massifs calcaires Jurassique à Crétacé inférieur de Jouques, Mirabeau, Ginasservis	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07D3	Massif calcaire jurassique de Jouques	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07D	Massifs calcaires Jurassique à Crétacé inférieur de Jouques, Mirabeau, Ginasservis	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07D4	Massif calcaire jurassique à crétacé inférieur de Mirabeau	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07D	Massifs calcaires Jurassique à Crétacé inférieur de Jouques, Mirabeau, Ginasservis	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07D5	Massif calcaire jurassique à crétacé inférieur de Beaumont-de-Pertuis	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07D	Massifs calcaires Jurassique à Crétacé inférieur de Jouques, Mirabeau, Ginasservis	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07D6	Massif calcaire jurassique à tertiaire de Cadarache	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07E	Massifs carbonatés jurassiques du centre Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07E1	Massif calcaire jurassique de Lorgues	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07E	Massifs carbonatés jurassiques du centre Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07E2	Massif calcaire jurassique de Cotignac	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07E	Massifs carbonatés jurassiques du centre Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07E3	Massif calcaire jurassique de Correns - Bessillon	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07E	Massifs carbonatés jurassiques du centre Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07E4	Massif calcaire jurassique du Val	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07E	Massifs carbonatés jurassiques du centre Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07E5	Massif calcaire jurassique de Vins	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07E	Massifs carbonatés jurassiques du centre Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07E6	Massif calcaire jurassique de Brignoles	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07E	Massifs carbonatés jurassiques du centre Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07E7	Massif calcaire jurassique de Saint-Quins	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07E	Massifs carbonatés jurassiques du centre Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07E8	Massif calcaire jurassique de Rocbaron	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07E	Massifs carbonatés jurassiques du centre Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07E9	Massif calcaire jurassique de Néoules	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07E	Massifs carbonatés jurassiques du centre Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau	6	2	3	3	2	P	10	P3	PAC07E10	Massif calcaire jurassique de Cuers	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC07M	Plateaux calcaires jurassiques de Tavernes - Vinon	6	2	3	3	2	P										
P2	10	PAC07O	Formations carbonatées jurassiques du Plan de Canjuers et de ses unités de bordure	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07O1	Bassin d'alimentation de Fontaine l'Evêque	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07O	Formations carbonatées jurassiques du Plan de Canjuers et de ses unités de bordure	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07O2	Montagnes de Mons - exutoire Siagnole	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07O	Formations carbonatées jurassiques du Plan de Canjuers et de ses unités de bordure	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07O3	Bois de Pelenq	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07O	Formations carbonatées jurassiques du Plan de Canjuers et de ses unités de bordure	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07O4	Prannes - exutoire sources Frayères	6	2	5	3	2	C

NV2									NV3										
Type d'entité	Ordre absolu	Code Synthèse	Libellé entité	Thème Synthèse	Thème BD LISA	Nature	Type	Etat	Entité	Ordre absolu	Type d'entité	Code Synthèse	Libellé entité	Thème Synthèse	Thème BD LISA	Nature	Type	Etat	Entité
P2	10	PAC07Q	Ecaïlles calcaires jurassiques du Mont Vial	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07Q1	Unité karstique de l'Adous	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07Q	Ecaïlles calcaires jurassiques du Mont Vial	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07Q2	Unité karstique de la Mescla	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07R	Massifs calcaires et jurassiques de la région de Mons - Audoubert	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07R2	Unité karstique des sources de la Pare et du Garbo	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07R	Massifs calcaires et jurassiques de la région de Mons - Audoubert	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07R3	Unité karstique de la Foux de Saint-Céaire	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07R	Massifs calcaires et jurassiques de la région de Mons - Audoubert	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07R5	Unité karstique des sources de Bramafan et des Fugerets	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07R	Massifs calcaires et jurassiques de la région de Mons - Audoubert	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07R6	Unité karstique de la source de la Siagne	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07S	Massif calcaire jurassique du Cheiron	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07S1	Unité karstique des Fontaniers et de la Gravière (partie Est du massif du Cheiron)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07S	Massif calcaire jurassique du Cheiron	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07S2	Unité karstique du Vegay et de la Bouisses de Conségudes (partie Nord du massif du Cheiron, vers l'Esteron)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07S	Massif calcaire jurassique du Cheiron	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07S3	Unité karstique des sources de Gréolères (partie Sud du massif du Cheiron, vers le Loup)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07S	Massif calcaire jurassique du Cheiron	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07S4	Unité karstique des Bouisses de Malamaire (partie Ouest du massif du Cheiron, vers l'Artuby)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07T	Massifs calcaires jurassiques de la région de Tourette - Chiers	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07T1	Massif du Chiers - Sources de contact avec le Crétacé ou le Pliocène.	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07T	Massifs calcaires jurassiques de la région de Tourette - Chiers	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07T2	Massif de Tourette partie Est - Exutoires vers la Cagne (Source principale : le Riou de Vence)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07T	Massifs calcaires jurassiques de la région de Tourette - Chiers	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07T3	Massif de Tourette partie Ouest - Exutoires vers le Loup (Sources principales : Foulon, Mane et Fous de Coumes)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07U	Formations carbonatées du Jurassique de la région de Villeneuve - Loubet	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07U1	Partie NE (Bois de Tacon) vers le Var	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07U	Formations carbonatées du Jurassique de la région de Villeneuve - Loubet	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07U2	Partie Nord - Exutoires vers le Loup	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07U	Formations carbonatées du Jurassique de la région de Villeneuve - Loubet	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07U3	Partie Sud - Exutoires vers la Brague	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07U	Formations carbonatées du Jurassique de la région de Villeneuve - Loubet	6	2	3	3	2	P	10	F3	PAC07U4	Calcaires jurassiques sous couverture	6	2	5	3	2	P
P2	20	PAC07V	Formations calcaires jurassiques des Préalpes niçoises	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07V1	Exutoires vers le Paillon - Source de Sainte-Thèle	6	2	5	3	2	C
P2	20	PAC07V	Formations calcaires jurassiques des Préalpes niçoises	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07V2	Secteur méridional - ouest de la faille Cap d'Ail - Col de Guerre - Peille (Partie orientale) (Source : les Pissarelles)	6	2	5	3	2	C
P2	20	PAC07V	Formations calcaires jurassiques des Préalpes niçoises	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07V3	Secteur "Nord de Monte Carlo" - Est de la faille Cap d'Ail - Col de Guerre - Peille (Sources : le Larvoto + autres petites)	6	2	5	3	2	C
P2	20	PAC07V	Formations calcaires jurassiques des Préalpes niçoises	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07V4	Secteurs de Menton et du Touët de l'Escarène (Source : le Cabbé)	6	2	5	3	2	C
P2	20	PAC07V	Formations calcaires jurassiques des Préalpes niçoises	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07V5	Unité frontalière de Roche Longue (Source : la Mortola)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07W	Formations carbonatées du Muschelkalk du sud-ouest des Alpes-Maritimes	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07W1	Exutoires vers l'Ouest (Source du Vivier)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07W	Formations carbonatées du Muschelkalk du sud-ouest des Alpes-Maritimes	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07W2	Exutoires vers le centre (Source principale : la Foux de Mouans-Sartoux)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07W	Formations carbonatées du Muschelkalk du sud-ouest des Alpes-Maritimes	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07W3	Exutoires vers l'Est (Sources : Carimai)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC07W	Formations carbonatées du Muschelkalk du sud-ouest des Alpes-Maritimes	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC07W4	Unité karstique de la source des Veyans	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC08C	Calcaires et dolomies du Muschelkalk du massif de Flassans	6	2	3	3	2	P										
P2	10	PAC08D	Calcaires et dolomies triasiques de l'Arc de Barjols	6	2	3	3	2	P										
P2	10	PAC08E	Calcaires et dolomies muschelkalk de la région de Draguignan	6	2	3	3	2	P	0	C3	PAC08E1	Bassin d'alimentation de la source des Avens (secteur du Thoronet - Vidauban)	6	2	5	3	2	C
P2	10	PAC08E	Calcaires et dolomies muschelkalk de la région de Draguignan	6	2	3	3	2	P	0	F3	PAC08E2	Plateau des Arcs - Nouradons	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC08E	Calcaires et dolomies muschelkalk de la région de Draguignan	6	2	3	3	2	P	0	F3	PAC08E3	Région de Draguignan	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC08E	Calcaires et dolomies muschelkalk de la région de Draguignan	6	2	3	3	2	P	0	F3	PAC08E4	Région de Fayence - Montauroux	6	2	5	3	2	P
P2	10	PAC09A	Formations marno-calcaires et argileuses du Trias au Crétacé du centre du Var - Bassins versants de l'Argens et du Gapeau	4	4	4	2	2	P	10	F3	PAC09A1	Bande triasique de Méounes - Garéoult - la Roquebrussanne	2	2	5	3	2	P
P2	10	PAC09B	Marnes et cargneules du Trias supérieur entre la Siagne et le Loup	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC09C	Grès et pélites du Trias inférieur et du Permien du bassin versant du Gapeau	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC09D	Grès et pélites du Trias inférieur et du Permien du bassin versant de l'Argens	4	4	4	2	2	P										
P2	20	PAC09F	Formations anté-carbonifères à liasiques de la région de Toulon - Bassins versants du Grand Vallat, de la Reppe et du Las et Mont des Oiseaux	4	4	4	2	2	P	10	F3	PAC09F1	Calcaires liasiques du synclinal de Bandol	2	2	5	3	2	P
P2	20	PAC09F	Formations anté-carbonifères à liasiques de la région de Toulon - Bassins versants du Grand Vallat, de la Reppe et du Las et Mont des Oiseaux	4	4	4	2	2	P	10	F3	PAC09F2	Calcaires et dolomies muschelkalk de la bordure sud de la plaine de l'Eygoutier	2	2	5	3	2	P
P2	10	PAC10A	Formations schisteuses, grés-conglomératiques et carbonatées primaires et secondaires du bassin versant du Guil	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC10B	Formations schisteuses, grés-conglomératiques et carbonatées primaires et secondaires des zones Briançonnaise et piémontaise du bassin versant de l'Ubaye	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC10C	Formations marno-calcaires et gréseuses du Jurassique à l'Eocène du bassin versant de l'Ubaye	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC10D	Formations schisteuses et carbonatées, primaires et secondaires, de la zone Briançonnaise du bassin versant de la Durance	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC10E	Flyschs à Helminthoides et schistes noirs d'âge crétacé supérieur à paléocène de la nappe de l'Embrunais-Ubaye	2	2	3	4	2	P										
P2	10	PAC10F	Formations marno-calcaires et gréseuses du Jurassique à l'Eocène des bassins versants de la Doire et du Rau	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC11A	Formations marno-calcaires du Jurassique moyen au Crétacé des bassins versants du Buech et du Jabron	2	2	4	2	2	P										
P2	10	PAC11B	Formations marno-calcaires liasiques à crétacées du bassin versant du Haut-Drac et grès éocènes du Champsaur	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC11C	Formations marno-calcaires du Lias au Crétacé du bassin versant de la Durance (De Chateauroux à Sisteron)	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC11D	Formations marno-calcaires du Trias au Crétacé du bassin versant de la Haute-Bléone	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC11E	Formations marno-calcaires du Lias à l'Oligocène du bassin versant de la Haute-Asse	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC11F	Formations marno-calcaires et gréseuses du Crétacé à l'Eocène du Haut-Verdon	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC11G	Formations marno-calcaires secondaires et tertiaires et grès oligocènes du bassin versant du Moyen-Verdon et de l'Artuby	4	4	4	2	2	P	10	F3	PAC11G1	Calcaires Jurassiques du col de l'Olivier	2	2	5	3	2	P
P2	10	PAC11H	Grès éocènes du Champsaur - bassin versant de la Durance	4	4	4	4	2	P										
P2	10	RHAE14B	Formations sédimentaires du bassin versant de la Romanche	4	4	3	4	2	P										
P2	10	PAC12A	Formations cristallines du massif des Ecrins du bassin versant de la Romanche	3	3	4	2	2	P										
P2	10	PAC12B	Formations cristallines du massif des Ecrins du bassin versant du Drac	3	3	4	2	2	P										
P2	10	PAC12C	Formations cristallines du massif des Ecrins du bassin versant de la Durance	3	3	4	2	2	P										
P2	10	PAC12D	Formations cristallines du massif de l'Argentera des bassins versants de la Tinée, du Var et de la Roya	3	3	4	2	2	P										
P2	10	PAC13A	Phyllades anté-carbonifères du Massif des Maures - BV du Gapeau	3	3	4	2	2	P										
P2	10	PAC13B	Gneiss et micaschistes anté-carbonifères du Massif des Maures - BV de l'Argens	3	3	4	2	2	P										
P2	10	PAC13C	Gneiss et micaschistes anté-carbonifères du Massif des Maures - BV Gisle, Môle et Batailler	3	3	4	2	2	P										
P2	10	PAC13D	Formations métamorphiques primaires des îles d'Hyères	3	3	4	2	2	P										
P2	10	PAC13E	Formations cristallines et volcaniques primaires des massifs de l'Estérel et du Tanneron	5	5	4	2	2	P										
P2	10	PAC14A	Formations marno-calcaires et grès du secondaire au tertiaire du bassin versant du Var	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC14B	Formations marno-calcaires et grès du secondaire au tertiaire des préalpes niçoises	4	4	4	2	2	P										
P2	10	PAC14C	Formations diverses à dominante marneuse du Crétacé au Pliocène moyen du Sud-Ouest des Alpes-Maritimes	4	4	4	2	2	P	10	F3	PAC14C1	Formations andésitiques oligocènes du secteur des Aspres	5	5	5	2	2	P

Annexe 3

Compte-rendus des réunions de validation des données de l'actualisation de la synthèse hydrogéologique en région PACA

Réunion de lancement du projet

13/05/2008



Réf. : /

Marseille, le 14/05/08

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteurs : M. Moulin / D. Salquière	Entité : SGR/PAC
Pour une diffusion externe : Visa et nom du responsable :	
Projet : Synthèse hydrogéologique PACA	Numéro : PSP08PAC33
Objet : Réunion de démarrage du projet – Comité de Pilotage (COPIL)	
Date : 13/05/08	Lieu : Marseille (BRGM)

Participants : AE RM&C (M. Cadilhac - Lyon, MM. Le Scaon & Weingertner - Marseille) BRGM / SGR PACA (MM. Moulin, Salquière & Sany) CEREGE (M. Radakovitch), CG08 (M. Fiquet) CG13 (M ^{me} Trezzy) DDAF05 (M. Cantet) DDAF13 (Mme Oddas & M. Bouchot) DDASS13 (M. Girouin) DIREN PACA (M. Valencia) REGION PACA (M ^{me} Plagnol & M ^{me} Dupeuple) Université d'Avignon (M. Travi) Université de Provence (M. Arfib)	
Excusés :	CG83 (M. Tapoul) DDAF06 (M. Cardelli) DDAF84 (M ^{me} Beaumont)
Diffusion :	Les membres du Comité de Pilotage

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS
<p>1 – Présentation du projet de synthèse hydrogéologique (AERM&C / BRGM) voir également le support de présentation Powerpoint en pièce jointe.</p> <ul style="list-style-type: none"> ☞ Rappel du contexte : En PACA, le précédent travail de référencement des entités hydrogéologiques date de 1985. Depuis lors, ces travaux les connaissances ont largement progressé. L'Agence de l'eau et le BRGM ont convenu d'actualiser ce travail pour l'ensemble des régions du bassin à la fin des années 1990 : l'opération débute donc en PACA après son engagement sur les régions Languedoc-Roussillon, Bourgogne, Franche Comté et Rhône-Alpes. ☞ Il faut noter que le référentiel actuel (référentiel national français BDRHFV1) est basé sur ces travaux des années 80 avec toutes leurs imperfections (fichiers téléchargeables sur le site du réseau de bassin http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr et que c'est ce même support qui a été exploité pour le

découpage des masses d'eau pour la DCE.

- ☞ Objectifs du projet (prévu sur 18 mois) :
 - rassembler sous une forme homogène l'ensemble des informations disponibles sur les différentes unités hydrogéologiques du bassin
 - constituer un référentiel commun et partagé sur les eaux souterraines et le mettre à disposition pour le bénéfice du plus grand nombre
 - le rendu doit satisfaire les besoins des différents niveaux d'intervention et en particulier ceux qui s'intéressent à la « nappe » ou à l'aquifère
- ☞ Le travail sera conduit selon les guides méthodologiques produits au niveau national et de bassin (voir notamment Guide méthodologique BRGM de 2003, transmis en pièce jointe à ce compte-rendu au format pdf).
- ☞ Principales étapes du projet :
 - Collecte des données (bibliographie, données de forage et de géophysique, éventuelles mise à jour des données existantes)
 - Exploitation / interprétation des données
 - Délimitation des aquifères
 - Rédaction et mise en forme des documents ci-dessous

Les documents produits :

- Atlas hydrogéologique sous forme papier : comprenant 1 fiche descriptive (une à trois pages, format A3) par aquifère et cartes et coupes présentant les limites des aquifères, les échanges à ces limites, les sens d'écoulement, émergences et captages principaux ...
- Référentiel Système d'information géographique
- Base de données informatique

Mise à disposition : Atlas papier, DVD et site internet de bassin

- ☞ Les interlocuteurs et « sachants » de la région et des départements seront sollicités principalement aux étapes de collecte des données disponibles, pour les choix sur la délimitation des entités et pour la relecture et validation des documents produits

2 – Remarques / discussions

- ☞ Ces travaux consistent en l'exploitation des données disponibles, pour une meilleure appréciation des enjeux par aquifère et en faciliter la gestion. Ils permettront par ailleurs d'identifier les lacunes dans les connaissances et d'orienter d'éventuels compléments d'étude.
- ☞ Tour de table – informations, délivrées par les participants, sur les études menées récemment (bien entendu, la liste des actions n'est qu'indicative et sera complétée par des rencontres avec les acteurs locaux de chaque département) :
 - Pour la Région PACA :
Mme Flagnol confirme l'engagement de la Région dans un *Schéma Régional des Ressources en Eau*, visant à appréhender les principaux enjeux sur les moyen et long termes : prospective sur l'évolution des besoins en eau, et évaluation de

l'adéquation avec les ressources disponibles. Les travaux prévus dans le cadre de la synthèse hydrogéologique mériteraient de servir de support pour ceux à mener dans le cadre du schéma régional sur les eaux souterraines.

Plusieurs questions sont par ailleurs posées par la Région :

- o *Quelles suites seront données aux constats de manques d'informations identifiés pour certains secteurs ?*

→ à l'achèvement des travaux en 2009, on peut imaginer de rechercher la maîtrise d'ouvrage de collectivités pour le lancement d'étude d'acquisition de connaissances complémentaires pour les zones où des manques d'informations ont été pointés.

- o *Quid de l'actualisation future de l'atlas qui sera établi dans le cadre du projet ?*

→ l'atlas sera finalisé en 2009 et on peut effectivement penser à une procédure de révision périodique ce qui serait facilité par le format numérique des supports. Toutefois, l'expérience dit que ce genre de travail est très lourd. D'ores et déjà, le nouveau découpage sera exploité en vue de la révision du découpage des masses d'eau souterraines dans le bassin RM&C. Cela devrait pouvoir se faire à partir de 2010, une fois l'ensemble des régions de France couverte par le nouveau découpage hydrogéologique BDRHF v2.

- *Pour le département 04 :*

- o Réserve géologique de Digne - suivi du débit de la source St Benoit (info M. Arfib),
- o étude réalisée sur l'Asse, affluent RG de la Durance, et études en cours sur alluvions du Sasse, affluent RG de la Durance, et du Large, affluent RD de la Durance. (infos M. Valencia).

- *Pour le département 05 (info M. Cantet) :*

- o Travail de synthèse réalisé sur la nappe alluviale de Durance en aval de Serre-Ponçon.

- *Pour le département 06 (infos M. Fiquet) :*

- o Forages profonds réalisés en 2007, étude disponible sur le secteur ouest du département (karsts + systèmes alluviaux),
- o Etude en cours sur la vallée du Var,
- o Etudes lancées sur nappes profondes,
- o Etudes portées par syndicats locaux sur les secteurs de Villeneuve-Loubet et des karsts des Paillons,
- o Etude sur unités karstiques littorales Arc de Nice à l'est du Var par le Cabinet Mangan (maîtrise d'ouvrage SIECL).

→ A noter qu'à l'occasion de certaines de ces études, les travaux réalisés ont permis de préciser la géologie des territoires étudiés avec une restitution à l'échelle 1/25.000, documents cartographiques qui pourront être exploités,

- *Pour le département 13 :*

- o Etude sur les ressources profondes du secteur des Alpilles achevée (info Mme Trezzy),
- o Thèse sur le point d'être présentée sur la Camargue (V. De Montety), et

<p>travaux en cours sur la Crau (biseau salé, liens eaux superficielles / eaux souterraines, modélisation de la recharge) (infos MM. Radakovitch et Travi),</p> <ul style="list-style-type: none"> o Thèse en cours sur le Beausset et travaux menés sur le domaine carbonaté entre Marseille et Toulon. Rassemblement des données de traçage en cours (info M. Arfib). <p>- Pour le département 83 :</p> <ul style="list-style-type: none"> o Il existe des documents – non publiés – relatifs aux caractéristiques hydrogéologiques du Permien dans la plaine de Cuers, dont la synthèse pourrait profiter (info M. Travi), o Travaux sur les ressources en eau anciens travaux miniers de Mazaugues (CG83). <p>- Pour le département 84 :</p> <ul style="list-style-type: none"> o Travaux en cours sur les monts de Vaucluse, en particulier concernant l'exploitation statistiques des débits enregistrés à la Fontaine de Vaucluse (info. M. Travi). o Travaux récents (thèses) de Lalbat sur bassin de Carpentras et de Huneau sur bassin de Valréas <p>☞ <u>Autres questions/remarques :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Les aspects de qualité des aquifères seront-ils pris en compte ?</i> → le travail vise le découpage d'entités hydrogéologiques cohérentes et s'intéresse à leur fonctionnement essentiellement du point de vue hydrodynamique, les aspects caractéristiques géochimiques des eaux sont mentionnés mais il n'est pas prévu de cartes de qualité. Les problématiques de gestions (aspects qualitatif et quantitatifs) sont traitées via la mise en oeuvre de la DCE (réseaux de surveillances, études complémentaires sur l'état des milieux) → proposition d'indiquer pour les nappes littorales la position du biseau salée : cette possibilité va être étudiée. - <i>Comment sera indiquée la contribution de personnes extérieures au BRGM au projet au travail de synthèse réalisé ?</i> → les contributeurs seront mentionnés dans l'Atlas, et les auteurs des sources exploitées indiqués dans les fiches. - <i>Comment les forages d'eau seront-ils pris en compte ?</i> → les captages d'eau potable et d'eau industrielle sont aujourd'hui assez bien référencés par les services aussi bien qu par l'Agence. Les données d'inventaire des forages agricoles seront demandées aux DDAF et intégrés aux bilans à chaque fois que cela sera possible. - <i>Les données issues de travaux privés (ex : forages d'eau / essais de pompage) seront-elles prises en compte ?</i> → Oui, si elles sont accessibles, et à condition qu'elles apportent des informations pertinentes à l'échelle de l'entité hydrogéologique. - <i>La synthèse hydrogéologique servira-t-elle d'outil d'aide à la décision pour la mise</i>

en œuvre du 9^{ème} programme de l'Agence RM&C ?

→ Il n'y a pas vraiment de lien avec le 9^{ème} programme de l'Agence, mais les résultats du projet permettront de mettre en évidence des secteurs où des études complémentaires seraient nécessaires et pourraient justifier des aides financières

- Une proposition est faite de contacter de contacter les organismes gestionnaires de milieux aquatiques (cf. liste de l'ARPE).

Action	Responsable	Délai
Transmettre le support de présentation de la réunion aux participants et invités	BRGM	immédiat
Transmettre une version PDF du guide méthodologique de 2003 (référentiels hydrogéologiques)	BRGM	immédiat
Etablissement de listes bibliographiques sur la connaissance des aquifères – 1 ^{ère} version finalisée	BRGM	Fin juin

Deuxième réunion régionale du projet

24/03/2009

Réf. :

Marseille, le 26/03/2009

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : Marc Moulin	Entité : SGR PACA
Pour une diffusion externe : Visa et nom du responsable :	
Projet : Actualisation de la Synthèse Hydrogéologique PACA	Numéro : PSP08PAC33
Objet : Réunion d'avancement du Comité de Pilotage	
Date : 24/03/2009	Lieu : SGR PACA
<u>Participants :</u> BRGM : C. Castillo (CC), M. Moulin (MM), F. Sany (FS), D. Salquèbre (DS) AE RM&C : B. Bouchetal (BB), L. Cadilhac (LC) DIREN PACA : G. Valencia (GV) Conseil Régional : B. Mayen (BM), S. Plagnol (SP) Conseil Général 06 : M. Fiquet (MF) Conseil Général 13 : C. Trezzy (CT) Conseil Général 83 : J.F. Tapoul (JFT) Université de Provence – Saint-Charles : B. Arfib (BA) Université du Pays de Vaucluse : Y. Travi (YT) DDAF 13 : C. Ortner (CO)	
<u>Excusés :</u> C. Billet (CG 83), J. Dallest (DDEA 04), E. Cantet (DDAF 05), C. Gaildraud (DDEA 84)	
<u>Diffusion :</u> Membres du Copil BRGM – EAU : J.J. Seguin BRGM – SGR PACA : D. Dessandier, G. Gonzalez	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS
1 – Présentation par le BRGM de l'avancement des travaux (voir diaporama joint au présent CR) : - rappels méthodologiques, en liaison notamment avec le projet de mise à jour de la BDRHF V2 (référentiel hydrogéologique national, dans sa version 2). - avancement du projet : recueil bibliographique d'informations récentes, établissement de la première version du « tableau multi-échelles » (TME), qui définit des entités aquifères et des domaines hydrogéologiques à trois niveaux : Niveau 1 (national) – Niveau 2 (de bassin ou régional) – Niveau 3 (local). - programme prévisionnel : validation du tableau, travail de découpage des entités, établissement de fiches de synthèse. Calendrier prévisionnel.
2 – Remarques générales et questions des membres du Comité de Pilotage : Informations de l'Agence de l'Eau : la BDRHF (Base de Données sur le Référentiel

Hydrogéologique Français) sera renommée BD LISA (Base de Données sur les Limites des Systèmes Aquifères).

La définition des masses d'eau s'est appuyée sur la BDRHF V1. Les masses d'eau actuellement définies et dont l'intérêt est d'être un outil de gestion de la ressource, ont une définition aujourd'hui insuffisante.

A l'avenir il est envisagé une mise en cohérence des masses d'eau et de BDRHF V2, pour qu'à terme peut-être soit conservé un unique référentiel.

D'autre part, dans le cadre des synthèses hydrogéologique, le point primordial pour l'Agence de l'Eau est de définir les entités en fonction du devenir de l'eau dans le milieu souterrain : le découpage des domaines hydrogéologiques (formations peu ou pas aquifères) en fonction des bassins versants de surface se justifie par une reprise assez rapide de l'écoulement par un cours d'eau.

La DIREN demande si les bilans qui seront fait sur les entités seront plus précis que ceux de la version 1 de BDRHF V1.

LC :

- BDRHF (Base de Données sur le Référentiel Hydrogéologique Français) sera renommé BD LISA (Base de Données sur les Limites des Systèmes Aquifères).

La définition des masses d'eau s'est appuyée sur la BDRHF V1. Les masses d'eau actuellement définies et dont l'intérêt est d'être un outil de gestion de la ressource, restent aujourd'hui insuffisantes.

A l'avenir il est envisagé une mise en cohérence des masses d'eau et de BDRHF V2, pour qu'à termes peut-être soit conserver un unique référentiel.

Le découpage des domaines hydrogéologiques (formations peu ou pas aquifères) en bassin versant se justifie par une reprise assez rapide de l'écoulement par un cours d'eau.

- Faire apparaître dans le TME la nature (GSA, GDH, SA, DH...) des entités.

COPIL : Généré par le terme « Intensément plissé » pour définir des milieux complexes (réservoirs compartimentés). Au niveau du bassin il avait été retenu le terme de « Montagne », mais BD RHFV2 considère maintenant officiellement ce terme sous cette dénomination.

GV :

- les bilans qui seront fait sur les entités seront plus précis que ceux de la version 1 de BDRHF V1 ?

Réponse de MM : tout dépendra des données disponibles.

- Corriger dans le TME : Ansouis et non Ansuis

SP & BM :

Réalisation du schéma régional des ressources en eau en cours. La phase diagnostic (1ère phase) se terminera à la fin 2009. L'objectif du Conseil Régional est de s'appuyer sur les données issues de la Synthèse Hydrogéologique. D'où la volonté du Conseil Régional que le BRGM tienne ses échéances (rendu début 2010).

Accord global du COPIL sur le contenu du TME après un tour de table permettant le

classement NIV2 / NIV3 des entités alluviales.

L'après midi a été consacré, en groupe restreint à l'étude détaillée du TME, et il a été décidé de tenir une seconde réunion sous un mois pour finaliser l'examen.

Action	Responsable	Délai	Soldé
Refaire le TME en prenant en compte les remarques du COPIL	MM/DS/FS	Au plus tôt	OUI
Réfléchir au libellé des entités et les harmoniser dans le TME (par ex. au niveau 3, les systèmes karstiques prennent le nom de l'exutoire).	MM/DS/FS	Au fil de la rédaction	NON
Renvoyer le tableau multi-échelle corrigé aux membres du COPIL	MM	Sous trois semaines	OUI
Caler des dates pour réunion de validation des contours par département	MM	Au fur et à mesure avancement	NON
Réunion sur le tableau multi-échelles avec LC	MM/FS/DS/LC /BB	Fin avril	OUI
Consultation des acteurs 04 & 05	MM/FS/DS/LC	Mi mai	OUI

**Réunion de validation départementale :
Département des Alpes-Maritimes**

13/04/2010

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : Marc Moulin	Entité : SGR PACA
Pour une diffusion externe : Visa et nom du responsable :	
Projet : Actualisation de la synthèse hydrogéologique PACA dans le département des Alpes-Maritimes	Numéro : PSP08PAC33
Objet : Réunion de validation des contours et des fiches des entités hydrogéologiques	
Date : 13 avril 2010	Lieu : CG 06 (Nice)
<p><u>Participants</u> :</p> <p>Agence de l'Eau RM&C : M. Laurent Cadilhac (laurent.cadilhac@eurmc.fr)</p> <p>BRGM : MM. Marc Moulin (m.moulin@brgm.fr), Fabrice Sany (f.sany@brgm.fr) & Jean-Marie Gandolfi (jm.gandolfi@brgm.fr)</p> <p>DREAL / SBEP : M. Guy Valencia (guy.valencia@developpement-durable.gouv.fr)</p> <p>DDTM 06 : M. Guillaume Weber (guillaume.weber@alpes-maritimes.gouv.fr)</p> <p>Conseil Général 06 / DDE-SE : M. Marc Fiquet (marc.fiquet@cg06.fr) & Melle Audrey Pothin</p> <p>ARS PACA / DT 06 : Gilbert Fontès (gilbert.fontes@ars.sante.fr)</p> <p>H2EA : MM. Alexandre Emily (h2ea@free.fr) & Guillaume Thévenin (h2ea@free.fr)</p> <p>Cabinet Mangan : M. Christian Mangan (christian.mangan@free.fr)</p> <p>ARS PACA / DT 06 (hydrogéologue agréé) : M. Jean-Pierre Ivaldi (jeanpierre.ivaldi@sfr.fr)</p>	
<p><u>Diffusion</u> : Participants à la réunion, MM. Damien Salquèbre & David Dessandier (BRGM SGR PACA), M. Jean-Jacques Seguin (BRGM – EAU, chef de projet BD LISA)</p>	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS
<p>1 – REMARQUES D'ORDRE GÉNÉRAL :</p> <p>1.1 – Sur la méthodologie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Suite à la présentation de la méthodologie, l'ensemble des participants réagit vivement au terme « intensément plissé » ; - Des interrogations se font jour sur la valeur réglementaire des délimitations retenues. <p>1.2 – Sur le travail présenté</p>

Dans l'ensemble, le travail présenté ne satisfait pas les participants, notamment du fait :

- d'informations erronées dans les fiches descriptives (ex : vérifier les valeurs de débit...) ;
- de délimitations incomplètes (exemple : cas des alluvions où les captages AEP n'ont pas été pris en compte) ;
- de mauvaises retranscriptions des informations contenues dans les documents utilisés. Les documents de synthèse, notamment ceux relatifs à l'ouest du département, et la synthèse menée pour le compte du SIECL sur les nouvelles ressources en eau, ne semblent pas avoir tous été valorisés. Il faut en inclure les principaux résultats ;
- inventaires incomplet et inexact des principales sources (voir avec la DDTM leur fichier des captages communaux de sources) ;
- traçages pas toujours pertinents
- bibliographie mal citée ;
- propriétés des limites hydrogéologiques à revoir.

1.3 – Sur les cartes illustratives :

- Enlever légende de la carte pour plus de place (légende complète sur une feuille à part) ;
- Orienter la page en fonction de la forme de l'entité ;
- Choisir le format A2 ou A3 en fonction des dimensions de l'entité ;
- Revoir les figurés entre pertes et cavités car pas assez clairs ;
- Renseigner les informations concernant les cartes piézométrique : carte moyenne ou campagne (hautes ou basses eaux) avec date et références bibliographiques ;
- Modifier l'échelle : intervalle de 5 km avec minimum 2 intervalles.
- Faire figurer les propriétés des cours d'eau (permanent ou temporaire) ;
- Faire figurer le caractère drainant du cours d'eau lorsque celle-ci fait niveau de base.
- Indiquer les sources bibliographiques pour les coupes et les logs.
- Revoir la position des sources et ne conserver que les sources dont le débit est supérieur à 10 l/s ;
- Etiqueter les sources avec les 8 derniers caractères de l'indice (à partir du huitième de carte). Indiquer le nom des principales sources karstiques ;
- Faire figurer les principales stations de prélèvements.

1.3 – Sur les fiches descriptives :

- Remplacer l'en-tête des paragraphes « SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE » et « SYNTHÈSE » ;
- Vérifier le code couleur des bandeaux ;
- Faire figurer l'échelle des coupes géologiques ;
- Préciser de manière claire :
 - la nature des formations géologiques ;
 - l'épaisseur de ces formations ;

- le toit et le mur de l'entité ;
- l'organisation générale des écoulements (entrée et sortie) ;
- les pertes majeures.

2 – REMARQUES PAR ENTITÉ HYDROGÉOLOGIQUES :

2.1 : PAC08G - Carbonates du Muschelkalk du sud-ouest des Alpes-Maritimes :

Le bassin d'alimentation de la Foux de Mouans-Sartoux se situe entièrement dans le département du Var (voir thèse de Pascale Larut-Nigon, 1991).

2.2 : PAC03F8 - Alluvions récentes des Paillons :

Intégrer le captage de Drap dans la délimitation des alluvions (voir thèse de Christian Pline, 1991).

2.3 : PAC09B - Marnes et cargneules du Trias supérieur des bassins versants de la Siagne, de la Brague, du Loup et de la Cagne et PAC08G - Carbonates du Muschelkalk du sud-ouest des Alpes-Maritimes :

- Dans le sud-ouest des Alpes-Maritimes, le Keuper est drainé par le Muschelkalk (traçage injecté dans le Keuper et ressorti dans Muschelkalk) ;
- Il y a une limite qui sépare le ce drainage : oui à l'ouest de la Source des Veyans, non à l'est ;
- Pour la source des Veyans, pas de contribution jurassique. Pas de contact avec le jurassique ;
- Il existe un traçage mettant en relation la perte du Chautard et Foux de Montauroux (83).

2.4 : Entités PAC07...

Ensembles carbonatés du sud-ouest des Alpes-Maritimes, se dessinent 2 domaines de niveau 1 :

- Jurassique provençal : Ensemble jurassique de l'avant-pays provençal du sud-ouest des Alpes-Maritimes (Autochtone)
- Jurassique subalpin (comprend le Cheiron et l'Arc de Castellane)

Le Jurassique est mis en charge lors des crues : un compartiment s'active et se déverse dans le compartiment sous-jacent, qui fonctionne également en dehors des périodes de crues.

2.4.1 PAQ07Q :

Référence bibliographique pour coupes et délimitations : thèse d'Anne Reynaud, 2000.

Pour les calcaires jurassiques et néocomiens, les limites suivantes peuvent être retenues :

- nord : le fleuve Var
- sud : une faille
- sud-est à revoir mais *a priori* éliminer une petite surface à l'extrémité
- ouest jusqu'à la source du Déroubet (entité PAC07Q)

4 sources principales drainent cette entité : Déroubet, Mescla, Adous, du **Moulin** ???

2.4.2 PAQ07R :

Référence bibliographique : article de Maurice Julian et Jean Nicod, 1986

3 sources importantes : Pare, Garbo et Siagne

Limites structurales :

- NV2 : Unité vers le Var, vers le Verdon, vers le Loup
- NV3 sous-unité en fonction des traçages, de la structure et de la relation avec l'impluvium.

2.4.3 PAQ07S :

- La Montagne du Cheiron est à individualiser en tant que telle ;
- Poser une limite au niveau de Thorenc pour isoler la partie ouest de la partie est (partie ouest : bassin de la Lane, exutoire Bouisse de Malamaire et au nord écoulement vers la haute Artuby).

2.4.4 PAQ07T :

- Attention à ne pas confondre la source du Lauron et la source du Foulon ;
- Limite ouest : les sources connues

2.4.5 PAQ07U :

Sources importantes : source de Saint-Jeannet, source de la Gattière, Source de La Gaude

2.4.6 PAQ07V :

- Dans le secteur, beaucoup d'unités karstiques n'ont à l'heure actuelle pas d'exutoire connu. Les niveaux intéressants sont les calcaires de l'Éocène, du Turonien, du Jurassique/Néocomien et les Grès d'Annot ;
- Le Turonien et le Jurassique, associé au Néocomien, sont à distinguer. Les calcaires jurassiques alimentent les calcaires turoniens. ;
- Faire figurer le forage de la Font-Santa ;
- Compléter les sources côtières et les sources importantes utilisées notamment en AEP, en particulier la source de Mourai (particularité de la ville de Nice, qui possède 2 sources dont l'une dédié à l'AEP et l'autre à l'arrosage).
- Séparation E/O et N/S : E/O par l'axe des Paillons – N/S (extrémité des écailles, limite passant par la source du Paillon et la source de Lucéram)
- Cas du turonien de l'Arc de Nice :
 - partie Sud, source de faibles débits, exutoires en mer ;
 - partie Nord, source de débits importants, exutoire sur le continent

Attention : Ecailles à isoler à l'est de Contes.

Les relations sont complexes car les comportements des réseaux entre les périodes de crues et celles hors crues sont différents.

- Faire figurer les sources AEP au sein des calcaires éocènes ;
- Forages à enlever : anciens forages de la Trinité et de Cantaron ;
- Captage à rajouter : nouveaux forages de Cantaron, Drap (attention, sur le même champ captant, un forage capte l'aquifère l'alluvial et un autre capte le Jurassique) ;
- Autour du Mont Agel, noter la présence de nombreuses sources karstiques ;

- Les massifs orientaux ne possèdent pas de sources car les exutoires sont en mer ;
- Pour les écaillés subalpines de la Mortola, il faut étendre la délimitation au-delà de la frontière pour inclure l'ensemble du Jurassique affleurant ;
- Les limites de l'entité :
 - au nord, la Bevera (Nord de l'écaillé),
 - à l'ouest, l'Arc de Nice

Il est décidé de ne pas délimiter d'entités de niveau 3 dans le secteur oriental des écaillés subalpines.

2.5 : PAC14A - Formations marno-calcaires et grès du secondaire au tertiaire du bassin versant du Var

Il s'agit du domaine hydrogéologique du Haut Var

Sources importantes : source du Siagnet qui alimente Roquesteron, grosse source de Saint-Auban.

Il n'y a ni enjeu identifié ni étude synthétique.

Les données ponctuelles et disparates poussent à garder une entité unique délimitée par bassin versant en spécifiant bien les sources importantes.

2.6 : PAC14B - Formations marno-calcaires et grès du secondaire au tertiaire des Préalpes niçoises

Référence bibliographique : article de Maurice Julian et Jean Nicod, 1986

L'entité comprend deux domaines: celui, hydrogéologique, de la Bevera – Roya et le domaine sédimentaire (Secondaire au Tertiaire) de la Haute Roya, dont les terrains sont essentiellement marneux et marno-calcaires.

- a limite de l'entité est à poursuivre jusqu'à la boutonnière triasique ;
- le massif du Marguareis est à individualiser ;
- le bassin de la Roya possède deux sources importantes : les émergences de Vievola et de Saint-Dalmas (sur la commune de Brigue ?) ;
- le lit de la Bevera, l'Anticlinal de Fontan et la source du Merlanson (commune de Sospel) constituent aussi des limites à l'entité ;
- il y a de nombreuses sources triasiques. Faire figurer la source du Paillon et la Foux de Lucéram. A noter que les sources ont un débit différent entre le nord et le sud de cette entité : au nord les débits sont forts, au sud, ils sont faibles.

2.7 : PAC12D - Formations cristallines du massif de l'Argentera des bassins versants de la Tinée, du Var et de la Roya

- Pour l'Argentera et le dôme du Barrot, les données sont à récupérer dans les études EdF qui mettent en avant les arrivées d'eau identifiés lors de la réalisation de tunnels ;
- Il paraît cohérent de ne garder qu'un ensemble pour ces formations ;
- Entre le dôme et l'Argentera, il y a des formations secondaires, dont le Mont Mounier, qu'il faut individualiser : il s'agit d'une formation intéressante, notamment par le Tithonien, qui se trouve sous couverture mameuse.
- Le Trias et le Jurassique entre le dôme et l'Argentera sont drainés par une source (point bas dans les gorges) situé au sud d'Euriez, (près du Var). Dans le secteur du Trias, il faut

repérer les pertes totales. Il n'y a pas d'études pour l'instant, mais H2EA dispose d'éléments solides (entres autres des valeurs de conductivité très différentes entres les eaux de la source et le Var) qui permettent d'affirmer que l'ensemble de la partie triasique est drainée par la source en question.

2.8 : Autres entités

PAC05E : Système aquifère

PAC14C : NV3 (tuf volcaniques) anecdotique donc à supprimer. A mentionner uniquement dans la fiche.

PAC13C : Regarder l'étude sur les mines de Font de Sant pour en tirer des débits d'exhaures.

Action	Responsable	Délai	Soldé
Revoir les contours et les fiches à la lueur des informations apportées lors de la réunion	BRGM	3 semaines	
Renvoi des éléments corrigés aux participants pour avis, notamment sur les coupes les plus pertinentes à conserver dans les fiches	BRGM	4 semaines	

Réunion de validation départementale : Département du Vaucluse

01/06/2010

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : F. Sany / M. Moulin	Entité : SGR PACA
Projet : Actualisation synthèse hydrogéologique PACA	Numéro : PSP08PAC33
Objet : Réunion de validation – département 84	
Date : 01/06/2010	Lieu : Avignon
Participants : C. EMBLANCH, Y. TRAVI, B. BLAVOUX (université d'Avignon) ; JP SILVESTRE ; E. DESAGHER (ATEC Hydro) ; C. PROUST (PNR Luberon) ; G. VALENCIA (DREAL) ; V. MAYEN, L. CADILHAC (AE RM&C) ; G. BRIERE (CG 84) ; F. BEAUMONT (DDT 84) ; F. SANY, M. MOULIN (BRGM)	
Diffusion : Participants, D. SALQUEBRE, D. DESSANDIER (BRGM)	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS
<p>1 - Introduction/contexte</p> <p>Une présentation de l'historique du projet et des points principaux de méthodologie a été faite, ainsi qu'une discussion sur les notions de masses d'eau et d'entités hydrogéologiques.</p> <p>A terme, une mise en cohérence des 2 référentiels - masses d'eau (DCE) et entités hydrogéologiques (BD LISA) – sera nécessaire.</p> <p>Le nombre de masses d'eau souterraine a été fixé à 500 pour le territoire métropolitain. Ce chiffre est peu important par rapport aux réalités de terrain (entités très grande sur lesquelles est imposé uniquement un point de suivi qui s'avère insatisfaisant pour analyser l'unité). Les masses d'eau s'appuient essentiellement sur BDRHFV1. L'intérêt est donc de revenir à des tailles plus raisonnables en s'appuyant sur le nouveau référentiel, BD LISA, afin que cet outil de gestion soit opérationnel.</p> <p>Pour l'instant 2 entrées sont possibles à travers le SIG lorsqu'on recherche des informations sur l'hydrogéologie d'un secteur : par masse d'eau et par entités hydrogéologiques. A terme, une mise en cohérence des deux découpages sera donc nécessaire.</p> <p>La difficulté de délimiter les entités et d'en faire une synthèse (échelle peu précise), sans occulter les connaissances de terrain, a également été discutée.</p>
<p>2 – Remarques générales</p> <p>La DDT s'inquiète des propriétés hydrauliques qui seront figurées concernant les échanges nappe / cours d'eau et le caractère permanent ou temporaire car c'est un sujet très sensible dans le département (grands enjeux). Les relations nappes alluviales / cours d'eau qui seront reportées sur les cartes traduisent des tendances et font abstraction des inversions temporelles ou très localisées.</p> <p>Le CG fait savoir qu'il existe des documents récents concernant les échanges nappes/cours d'eau, bassin de l'Aigue, du Lez et du Calavon.</p>

Dans toute la vallée du Rhône, les formations crétacées constituent le substratum des formations tertiaires. Ce substratum est très compartimenté du fait des nombreux accidents qui l'affectent. Des compartiments, conséquences de déplacements (mise en contact de formations perméables avec des formations peu ou pas perméables) sont cachés par la couverture tertiaire (et donc inconnus).

Les alluvions devront être révisées dans leur intégralité à la lumière des isopièzes issues des campagnes les plus récentes. Dans le cadre d'une thèse qui va débiter, l'Ecole des Mines réalise une synthèse de la piézométrie dans la vallée du Rhône. L. CADILHAC se renseigne auprès d'AREVA pour l'utilisation de la piézométrie.

Dans les cartes :

- il faut faire apparaître les propriétés des cours d'eau (drainant / alimentant, temporaire / permanent).
- Faire le point sur les stations AEP, la liste présentée n'est pas exhaustive.
- kilomètres avec un k minuscule (car pas anglo-saxon)
- Pour la carte de localisation, faire apparaître uniquement la région PACA et non le bassin.

Dans les fiches :

- dans la partie qualité, on ne parle pas des problèmes de pollution. Il s'agit de la qualité naturelle de l'eau. Les pollutions à placer dans la partie « problématique ».

Fiches à revoir car des erreurs et des contresens ont été relevés.

3 - Présentation des entités

Les discussions ont porté essentiellement sur le découpage des entités et le contenu des fiches de synthèse.

- PAC01A1 - Alluvions de l'Aigues et du Lez :

Il n'apparaît pas de distinction assez claire entre les cours d'eau et les zones de placages : la fiche est à réorganiser pour la faire apparaître faudrait mettre l'accent sur les pollutions diffuses autour du cours d'eau La Coronne. Vers l'est, il convient d'arrêter la délimitation au substratum tertiaire et ne pas prendre en compte les alluvions au-delà, sur substratum secondaires (s'arrêter à Nyons).

Important : le ruisseau du Grand Aloyon, affluent de l'Aigues, dont la source a été polluée par le pipe dans le défilé au nord d'Orange.

- PAC01A2 - Alluvions de l'Ouvèze :

Vers l'est, il convient d'arrêter la délimitation au substratum tertiaire et ne pas prendre en compte les alluvions au-delà, sur substratum secondaires (s'arrêter à Vaison-la-Romaine).

Délimitation à revoir sur la base de la piézométrie : faire passer les limites par les crêtes.

Documents de référence : Thèse de LALBAT, de MUSSET, études BRGM. Carte piézométrique de 1985 – 1988 réalisées par le BRGM.

La Meyne passe par Orange mais elle s'écoule dans un ancien bras de l'Ouvèze.

- PAC01A3 - Alluvions des Sorgues et de la Nesque :

Il faut s'appuyer sur la thèse de MUSSET (avec l'INRA). Selon JP SILVESTRE, les alluvions sont peu épaisses (environ 12 m) et pas forcément liées au cours d'eau.

Selon l'avis général, il n'y a pas de ressources importantes. La qualité de l'eau est médiocre, l'eau est ferrugineuse. Il faut prendre en compte la piézométrie dans ce secteur. Les relations nappe / rivière ne sont pas établies.

- PAC01B / RHD15 - Alluvions récentes du Rhône de Viviers à Mornas :

La limite séparant les alluvions du Rhône de celles du Lez est arbitraire.

- PAC01C - Alluvions récentes du Rhône entre Roquemaure et Avignon :

Voir thèse de LALBAT. Mettre l'accent sur les problèmes de pollution de pesticides et de fer et manganèse, en particulier dans le secteur de la Motte et de la Barthelasse. Il faut mettre en avant les effets des berges et des écluses (étude SNPE, avec informations sur la contamination Fe + Mn).

Partie à l'est de Vedène à supprimer.

- PAC01G - Alluvions récentes du Rhône entre Mornas et Roquemaure :

Découpage à revoir, en s'appuyant sur la piézométrie issue de la carte des potentialités géothermiques de 1975. A noter des surcreusements d'une centaine de mètres, et des courts-circuits entre RD et RG du Rhône.

- PAC02E - Alluvions récentes de la Basse Durance :

Reprendre le contour de N RAMPNOUX. Rattacher la plaine de Saint-Andiol, et rajouter comme entité de NV3 la plaine alluviale de Graveson-Maillane. Remettre le secteur de Mollèges.

On pourra reprendre la piézométrie issue de l'étude du potentiel géothermique.

La nappe de la Durance est limitée au nord par la plaine des Sorgues et celle du Coulon / Calavon sur la base de la piézométrie.

Remonter la limite Nord, jusqu'à Montfavet voire Morières-Lès-Avignon et s'appuyer sur la piézométrie à demander à C. EMBLANCH.

- PAC04A - Miocène du Comtat :

Mise à jour globale de la fiche à réaliser, en prenant plus en compte thèses de FAURE, HUNAUT et LALBAT. Le fonctionnement du système n'est pas assez explicite dans la fiche : à reprendre.

La bibliographie manque de références aux thèses.

Dans le secteur de Carpentras, il faut trouver des coupes qui mettent en relief les particularités de ce secteur (voir thèses de LALBAT et de HUNEAU) : aquifère multicouches dans le bassin de Carpentras, entre autres du fait d'une alimentation de bordures, contrairement au secteur de Valréas.

- PAC04B - Formations crétacées et tertiaires du bassin du Calavon :

Vérifier dans la carte du Parc si les coupes présentées sont bien les plus récentes.

- o PAC04B1 - Miocène de l'Enchrême :

D'accord pour le créer car le Miocène est productif dans le synclinal.

Dans ce secteur, de nombreuses sources sortent au pied du Miocène perché.

Il faut créer une entité de NV3 au sein des alluvions du Coulon / Calavon : uniquement dans la partie aval entre Cavaillon et Pont-Julien.

Pour la délimitation, s'appuyer sur la piézométrie existante : auteur Garnier pour le BRGM

dans le cadre des potentiels géothermiques en 1975.

- PAC04D - Formations crétacées et tertiaires de la basse et moyenne vallée de la Durance :

Cucuron : source qui provient du Lubéron

Les affleurements crétacés sont des massifs au pied desquels des sources surgissent, ce qui implique une alimentation par le bas provenant du Crétacé). Les affleurements crétacés des secteurs suivants se comportent hydrogéologiquement de la même manière. Par conséquent il serait choquant de les traiter différemment :

- Saint-Estève-Janson
- Meyrargues
- Mirabeau
- Beaumont-Saint-Pertuis

Le canal EDF draine le massif de Vautubière alors que la Durance draine les calcaires du secteur de Jouques.

Références bibliographiques : Etude hydrogéologique du Nord-Ouest des Bouches-du-Rhône + les études d'EDF réalisées dans les années 50 (les plus complètes sur ce secteur).

A noter au sud de Cadarache, des sources karstiques importantes.

Réside un dilemme entre créer :

- a) une seule entité (DH) délimitée en bassin versant réunissant les formations crétacées et tertiaires
- b) deux entités, une pour les formations tertiaires et l'autre pour les formations crétacées

La proposition a) est avancée, car dans l'ensemble il y a peu de données, car peu voire pas d'études sur un secteur sans grands enjeux. Cependant alors que les formations tertiaires sont globalement peu intéressantes (à noter qu'elles peuvent l'être localement), du Crétacé sont issues plusieurs sources de débit non négligeable (certaines communes commencent à s'y intéresser pour la diversification AEP).

La proposition b) est faite car les formations étant lithologiquement différentes elles le sont aussi hydrogéologiquement (formations tertiaires poreuses et crétacées fracturées). Elles sont typiques de la région provençale d'où la nécessité de les distinguer. La difficulté réside dans leurs délimitations. En effet, le Crétacé constitue le substratum. Par conséquent faut-il étendre celui-ci sous couverture ? Opération qui semble dangereuse car les données de forages sont insuffisantes pour déterminer sa présence sous couverture. De plus, les différentes phases orogéniques qui ont affectées la région ont découpés de part et d'autres ce substratum. Ainsi l'agencement des compartiments nous est inconnu. Enfin, le Crétacé étant présent quasiment partout, quel sens y aurait-il de créer une très grande entité crétacée qui couvrirait la majeure parties des basses vallées de la Durance et du Rhône ?

L'idée pourrait être de se contenter d'une délimitation à l'affleurement. Mais cela produirait énormément de polygones. Une discrimination par la taille des affleurements serait donc à envisager... mais sur quel critère poser la superficie limite ?

Les experts proposent d'attendre l'avis des experts des Bouches-du-Rhône avant d'aller plus loin.

Selon JP SILVESTRE, l'ensemble des exutoires (forages et sources) de ces massifs sont connus et ont été inventoriés par DUROZOY dans les différents ERH (Evaluations des Ressources Hydrauliques, Hydrologiques, Hydrogéologiques).

- PAC04J - Calcaires et grès du Crétacé supérieur de la vallée du Rhône de Pont-Saint-Esprit à Roquemaure.

Modifier dans le TME : département du Gard à rajouter.

Il existe de nombreuses synthèses, dont celles de BOINET (la demander à EMBLANCH).

Il faut voir avec LRO, mais il y a des sources importantes à Bagnols-sur-Cèze, entre Saint-Victor la Coste et Conons (demander à EMBLANCH la localisation de la source + données de débits)

Entre Bollène et Orange, le sillon rhodanien est rempli de Miocène (forte épaisseur). La délimitation n'est pas choquante.

- PAC04K - Argiles bleues du Pliocène inférieur de la basse vallée du Rhône

Les documents de référence sont les thèses de FAURE, LALBAT, HUNEAU et surtout de CLAUZON. Dans cette dernière, il y a une délimitation fine de leur extension. L'idée est de repérer les paléo-vallées et, dans le secteur de Rochefort-du-Gard, d'étendre l'entité jusqu'à Pujaut.

- PAC04H - Formations crétacées et tertiaires du sud du Comtat

La délimitation NV2 et NV3 est acceptée.

- PAC06F - Plateaux Vaucluse et Lubéron :

Le titre est à modifier car il laisse penser que le bassin d'Apt n'est pas compris dans l'entité, hors c'est bien le cas.

Le Lubéron est une particularité. Il se distingue par des écoulements divergents. L'un vers le N (bassin d'Apt), l'autre vers le S (bassin du Pays d'Aigues). Les exutoires du massif ne sont pas tous connus.

En effet, selon C. EMBLANCH, la détermination des exutoires pose problème car il y a beaucoup de sorties occultes. Cependant de nombreuses sources temporaires ou permanentes apparaissent au pied du massif, sur le versant S.

Le massif du Lubéron est très haché et compartimenté. Il est nécessaire de le faire valoir en tant qu'entité de NV3. Faire état des fossés / grabens qui possèdent des ressources locales.

Forage de Fangas : BV au niveau de la faille de Manosque (300 à 400 km²). Selon JP SILVESTRE, le forage est alimenté par le Lubéron.

A modifier dans la fiche : on ne peut pas écrire que la source de Groseau draine la partie superficielle du karst, car le réseau karstique qui la caractérise descend jusqu'à 500 m de profondeur.

Groseau, Font Martin, Notre-Dame des Anges : la zone d'alimentation correspond à la montagne de Bluye et l'extrémité NO du Ventoux. L'écoulement est gravitaire au sein des calcaires du Crétacé inférieur davantage fracturé que karstifié. On ne pourra cependant pas les délimiter car les limites sont difficiles à déterminer.

C. EMBLANCH possède des informations sur le bassin d'alimentation de Notre-Dame des Anges.

Attention : ne pas utiliser l'article de DUCLUZAUX dont l'interprétation des résultats est controversée. Par contre le traçage doit figurer car il est valide. Par conséquent, il faut supprimer de la fiche la référence bibliographique ainsi que la phrase sur le lien entre les monts du Vaucluse et la Durance.

- o PAC06F1 - Unité karstique de la Fontaine de Vaucluse :

Fuite de Saint-Jean (300 l/h), située dans un fossé d'effondrement. Le secteur de Sceaux est à mettre en avant dans la fiche descriptive.

Action	Responsable	Délai
Données piézométrie Areva	L. Cadilhac	
Infos BV ND des Anges	C. Emblanch	
Création de nouvelles entités	BRGM	novembre
Prise en compte des modifications sur les fiches et la cartographie	BRGM	décembre

**Réunion de validation départementale :
Département du Var**

08/06/2010

Réf. : SGR.PAC-10-183

Marseille, le 14-10-2010

COMpte Rendu de Réunion	
Rédacteur : F. Sany / M. Moulin / D. Salquèbre	Entité : SGR PACA
Projet : Actualisation synthèse hydrogéologique PACA	Numéro : PSP08PAC33
Objet : Réunion de validation – département 83	
Date : 08/06/10	Lieu : Toulon
Participants : L. CADILHAC (AE RM&C) - J.F. TAPOUL & C. BILLET (CG 84) – J.L. BARBIER & J. BERAUD (SCP) – E. DESAGHER (ATEC HYDRO) – S. SOLAGES (hydrogéologue agréé) – G. VALENCIA (DREAL PACA) – J. GOURIER (DDT 83) – (ARS 83) – M. MOULIN & F. SANY (BRGM)	
Diffusion : participants à la réunion, D. Salquèbre, D. Dessandier	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS
<p>1. Introduction/Contexte</p> <p>Après une présentation de l'historique du projet et des points principaux de méthodologie, une présentation générale de la géologie du département est effectuée, de façon à lister les grandes familles d'entités et la manière dont elles ont été délimitées.</p> <p>Pour le département du Var, le travail de délimitation n'a pas été finalisé, par ailleurs, la rédaction des fiches de synthèse par entité vient seulement de débuter. La réunion a donc pour objectif de passer en revue les différents secteurs géologiques/hydrogéologiques du département, afin que le BRGM puisse proposer, par la suite, une délimitation des entités (envoi aux membres du COPIL sur support géol. à 1/250 000).</p> <p>Dans l'ensemble, la carte hydrogéologique du département du Var constitue un document de référence pouvant servir de base de travail pour la délimitation.</p> <p>Pour rappel, la réalisation d'une fiche de synthèse pour chaque entité de niv2 est prévue (+ extrait cartographique, et le cas échéant coupe et log géologique représentatifs de l'entité).</p>
<p>2. Remarques générales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Support PowerPoint de présentation en réunion : à fournir aux participants. - Faire figurer les principales sources sur l'extrait de carte par entité, notamment : Argens, Figanière, Foux (Draguignan), Veyans, Arc, Font. l'Evêque, Entraigues, Revest et bien d'autres... Il s'agit de faire apparaître les principales sources, dont le débit d'étiage est supérieur à 10 l/s. - Pour les formations alluvionnaires : certaines avaient été individualisées comme entité de Niv2 sur le bassin, les règles nationales demandent de les individualiser comme « entités complémentaires » (= transversales par rapport aux entités qui forment leur substratum) mais en introduisant la notion d'enjeu ou de priorité en attribut, ce qui nous permettra de les faire ou non ressortir dans les documents de valorisation suivant l'échelle.

- Les entités karstiques Niv2 du 83 ont de grandes superficies. C'est pourquoi une attention particulière doit être portée à la description des Niv3, et d'une manière générale à la présentation des données hydrogéologiques spécifiques aux différents secteurs, dans la fiche de synthèse.
- Eviter le terme « carbonates » et lui préférer celui de « calcaires et dolomies »
-

3. Difficultés pour le découpage des unités calcaires du département

Note L. Cadilhac a posteriori :

Une des particularités du département du Var est le grand nombre d'unités aquifères calcaires - essentiellement Trias (Muschelkalk), Jurassique (Lias et Jura. moyen et sup) et Crétacé – « découpées » par la tectonique et isolées les unes des autres par des vallées encaissées dans un substratum généralement non/peu aquifère. Ces unités calcaires jouent cependant un rôle majeur pour l'alimentation en eau potable des collectivités.

Si la taille de chacune des ces unités, prise isolément, ne justifie pas d'en faire des entités de niveau 2 (enjeu régional à départemental), il serait intéressant de pouvoir les individualiser en niveau 3 (enjeu local) et de pouvoir les regrouper dans une ou plusieurs entités de niveau 2.

Le guide méthodologique national pour la réalisation du nouveau référentiel hydrogéologique ne permettant pas au moment de la réunion, d'organiser ce type de regroupement, les différentes entités avaient seulement fait l'objet de proposition d'individualisation et de regroupement.

Ce principe a été validé depuis, aussi, dans la suite du CR et dans le tableau multi-échelles joint vous trouverez les informations sur les regroupements proposés en niveau 2 pour ces unités calcaires.

4. Présentation des entités, discussion, compléments

Les discussions ont porté essentiellement sur le découpage des entités. Les principales remarques émises lors de la réunion, sont indiquées ci-dessous, par entité :

- PAC03F3 : Alluvions Porquerolles

Pour ce qui est des alluvions de Porquerolles, il est décidé de les faire apparaître en tant qu'entités complémentaire d'enjeu local (équivalent Niv3).

- PAC06J : Calanques et Beausset

Entité limitée au nord par un chevauchement qui la sépare de l'entité Sainte-Baume et à l'est la vallée du Gapeau (sources). L'unité du Siou-Blanc constitue un Niv3 de cette entité.

- PAC07A : Massif de la Sainte-Victoire

Exclure l'éocène au N du chevauchement.

La SCP fait état d'informations acquises à l'occasion du creusement de la galerie dans le massif d'Agnis, des vides karstiques très importants ont été recoupés ce qui a nécessité d'en tenir compte dans le choix du tracé de l'aqueduc. Les accès aux réseaux karstiques ont été obturé le plus souvent de manière pérenne, toutefois un accès a été conservé pour la plus grande cavité recoupée (en période de chômage du canal).

Le niveau saturé est situé à la cote NGF d'environ 220 m.

- PAC07C : Massif de la Sainte-Baume

Mont Aurélien : envisager de le séparer de la Sainte-Baume, donc d'en faire une entité Niv 2 à part entière : à revoir par le BRGM, en fonction de la bibliographie. Rattacher le massif d'Agnis (Niv3) à celui de la Sainte-Baume (Niv2).

- PAC07D : Massif carbonatés - NO du département 83

Discussion sur la délimitation d'un grand domaine hydrogéologique NV2 qui comprendrait : le fossé éocène d'Artigues, le secteur de Jouques, la montagne de Vautubière, le bois de Mont Major...en identifiant NV3 : jurassique calcaire (Mont Major et Vautubière)

Note BRGM a posteriori : en cohérence avec le choix effectué pour les massifs jurassiques du BV de l'Argens (PAC07E), il est proposé de créer une entité de Niv2 regroupant les massifs calcaires de ce secteur : Vautubière, Bois Major, Jouques (et Mirabeau et Beaumont sur le département 13)

- PAC07E : Massifs jurassiques du BV de l'Argens (initialement PAC07E à PAC07L)

Il est proposé de faire une fiche unique de NV2 pour les massifs de la Région de Cuers : massif de Cuers, Néoules, Saint-Quinis, Rocbaron

Choix identique proposé par le COPIL pour les massifs situés entre Brignoles et le Plan de Canjuers : Synclinal du Val, Vins, Comens, Cotignac, Lorgues.

Note BRGM a posteriori : il est proposé de réunir l'ensemble de ces massifs dans une même entité de Niv2 (rédaction d'une fiche de synthèse commune), en identifiant chacun des massifs en Niv3.

Suite à la réunion, la question a été posée au niveau national. Le regroupement d'entités disjointes de Niv3 disposant de caractéristiques comparables (structure, lithologie...) pour en former une seule de Niv2 est validé.

Dans la fiche de synthèse, indiquer que le réservoir important est le Jurassique inférieur (Lias) et le Jurassique supérieur, le Jurassique moyen (Dogger) est peu, voire pas perméable. Dans un forage, lorsque le Dogger est dépassé pour atteindre le Lias, la productivité est quasiment assurée.

- PAC07O : Plan de Canjuers

Unité principale (Grand Plan de Canjuers), avec plusieurs unités dites « de bordure » (Bois de Pelenq, Prannes-Malmont, montagnes de Mons), et avec lesquelles, pour certaines, une relation hydrogéologique a été prouvée.

Deux solutions sont envisagées :

- 1) Créer une seule unité de NV2 : « Grand Plan de Canjuers et ses unités de bordure » ;
 - 2) Créer deux entités de NV2, l'un Grand Plan de Canjuers et l'autre ses unités de bordure.
- C'est finalement la première solution qui a été retenue

Création d'entités de Niv3 pour bassins d'alimentation de Fontaine l'Evêque, de la Siagnole, et pour le secteur du Bois de Pelenq

Pas/peu d'émergence(s) identifiée(s) pour le bois de Prannes : création d'un Niv3 ?

Note BRGM a posteriori : une entité Niv3 Prannes-Malmont est finalement envisagée car caractéristiques karstiques reconnues, et plusieurs émergences d'intérêt

L'ensemble « Plan de Canjuers et ses unités de bordure » s'étendra alors à l'est jusqu'à la source de la Siagnole-de-Mons, et à l'ouest jusqu'au fossé de Montmeyan.

On décrira dans une fiche unique les différentes unités qui ont été rassemblées.

- PAC08D : Arc triasique de Barjols :

A traiter en une seule entité de Niv2.

Note BRGM a posteriori : la délimitation proposée pour cette entité aquifère est finalement limitée à la partie située au sud de l'Argens (Muschelkalk), le Keuper étant dominant dans la partie située au nord.

- PAC08E : Muschelkalk – BV de l'Argens

Il est prévu de délimiter une entité unique (Niv2) « Calcaires et dolomies du Muschelkalk entre l'Argens et la Siagne ». Il est envisagé d'identifier les entités de Niv3 suivantes : rive droite de l'Argens (drainage par l'Argens), secteur dit du Bois d'Astros qui s'étend de l'Argens à la Nartuby, et enfin la région de Fayence (de la Nartuby à la Siagne).

- PAC13 : Massif des Maures

Cette entité sera divisée en quatre entités de Niv2, par bassin versant conformément à la méthodologie : BV du Gapeau, BV de l'Argens, BV de la Giscle, de la Môle et du Batailler, BV côtiers, incluant les îles d'Hyères. Toutefois, la rédaction d'une fiche de synthèse commune est prévue.

- Entités à créer :

- o PAC08G : Dans le secteur de La Garde, correspond au synclinal à cœur de Trias de la plaine de l'Eygoutier (rem : fait l'objet de suivis quantité et qualité). Vérifier auprès de la mairie s'il existe un dossier technique permettant de délimiter les formations du Muschelkalk.
- o PAC09A : grand domaine hydrogéologiques morcelé qui regroupe les formations très compartimentées (et globalement assez peu aquifères) du BV de l'Argens.

- Entités non retenues :

Les entités alluviales suivantes ne sont finalement pas retenues : PAC03F4 - alluvions du Préconil ; PAC11G1 - alluvions du Verdon (faible extension et faible productivité) ; PAC11G2 - Alluvions de l'Artuby.

Action	Responsable	Délai
Compte-rendu et envoi support powerpoint de présentation	BRGM	Octobre
Reprendre délimitation des entités	BRGM	Octobre
Remarques sur la nouvelle délimitation	COFIL	Mi-nov
Réunion de travail CG83-BRGM	/	Mi-nov
Rédaction des fiches de synthèse	BRGM	Décembre

**Réunion de validation départementale :
Départements des Alpes de Haute-Provence et des
Hautes-Alpes**

11/06/2010

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteur : M. Moulin/D. Salquière	Entité : SGR PACA
Projet : Actualisation synthèse hydrogéologique PACA	Numéro : PSP08PAC33
Objet : Réunion de validation - départements 04 et 05	
Date : 11 juin 2010	Lieu : Digne (DDT 04)
<p><u>Participants</u> :</p> <p>P. Gottardi (DDT 04) ; C. Rousset (Hydrogéologue agréé département 04) ; B. Bonhomme (Coordonnateur hydrogéologues agréés département 05) ; Y. Berthalon (TETHYS HYDRO) ; E. Desagher (ATEC HYDRO) ; G. Valencia (DREAL PACA) ; L. Cadilhac (AE RM&C) ; M. Moulin & D. Salquière (BRGM – SGR PACA)</p>	
<p><u>Diffusion</u> : Participants, F. Sany, D. Dessandier (BRGM)</p>	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS
<p>1 - Introduction/contexte</p> <p>Après une présentation de l'historique du projet et des points principaux de méthodologie, une présentation générale de la géologie des deux départements est effectuée, de façon à lister les grandes familles d'entités et la manière dont elles ont été délimitées.</p>
<p>2 - Présentation des entités, discussion, compléments</p> <p>La présentation s'effectue sur la base du découpage des entités retenues dans le Tableau Multi-Echelles (TME), effectué pour la réunion à partir de la carte géologique à 1/250 000. Les fiches, dans leur première version, avaient été envoyées quelques jours auparavant à chaque participant.</p> <p>Les discussions ont porté essentiellement sur le découpage des entités et le contenu des fiches de synthèse.</p> <p>Les <u>principales remarques émises lors de la réunion</u>, sont indiquées ci-dessous, par entité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - PAC_325C1 - Alluvions Haut Drac : poursuivre délimitation jusqu'au lac Sautet (lit vif). Pour les alluvions de la Séveraisse (affluent rive droite), absence de captages (B. Bonhomme) → non pris en compte. - PAC02A-B - Alluvions Hte-Durance : prévoir intégration partie aval de certains cônes de déjection (vers Guillestre, Sasse...) ; influence possible d'eaux thermo-minérales dans le secteur de la Saulce (influence substratum versant Nord, info Y. Berthalon) <p><i>Note BRGM a posteriori : Il est prévu d'intégrer les principaux cônes de déjection d'affluents de la Durance qui présentent un intérêt aquifère. Le nom de l'entité deviendrait « Alluvions récentes de la Haute-Durance et cônes de déjection d'affluents »</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - PAC02C-D - Alluvions Moy. Durance : précisions à apporter sur la fiche de synthèse, concernant les usages (infos sur les prélèvements en aval de Sisteron à consulter, essai pompage à Château Arnoux atteignant 400 m³/h), et sur l'état qualitatif de la

nappe : éviter « bon état qualitatif général » compte-tenu des impacts, notamment en aval de Château Arnoux.

- PAC02G - Alluvions Buëch : prévoir intégration partie aval cône de déjection Sigouste à proximité du puits AEP de Veynes
- PAC02H - Alluvions Bléone : reprendre la délimitation (réduire l'extension de l'entité dans la partie amont), remarques sur la fiche de synthèse (échanges nappe-rivière à relativiser, variables selon secteurs)
- POAC02I – Alluvions Asse : remarques sur la fiche de synthèse (dont erreur forage hippodrome) ; petit appendice (Fy) prolongement de l'entité au Nord : à supprimer.
- PAC04C – Bassin Digne-Valensole : modification à apporter à la fiche de synthèse (log du forage des Mées), précisions sur le substratum jurassique, caractère plutôt lenticulaire et non multi-couche (Rem. E. Desagher), indiquer alluvions Colostre et Rancure. Etude Safège à vérifier (70 % des eaux viendraient des poudingues de Valensole). Erreur sur la mention d'une carte géologique pour Sisteron.
- PAC04D – Domaine de la Moyenne et Basse Durance : citer l'intérêt des alluvions du Largue dans la fiche de synthèse.
- PAC06A – Massif du Dévoluy : prise de connaissance des articles de l'ouvrage Karstologia 2010 (rem. de L. Cadilhac).
- PAC06F – Plateaux de Vaucluse : inclure dans l'entité le petit horst de Montfort, situé en bordure sud-est (rem. C. Rousset).
- PAC07O – Plans Canjuers : Intégrer écaille jurassique en rive droite du Verdon (Barre de l'Escalès)
- PAC10A – BV du Guil : intérêt aquifère nappe alluviale dans le secteur amont de Château Queyras (info Y. Berthalon) à indiquer la fiche de synthèse
- PAC10D – BV Durance amont : indication des eaux thermo-minérales de Monetier dans la fiche de synthèse
- PAC11A – BV Buech et Jabron : indication du massif Saint-Genis dans la fiche de synthèse comme aquifère local d'intérêt (info G. Valencia)
- PAC11B-H – BV Drac (et grès éocènes) : indication captage Saint-Bonnet et vérifier sources situées sur le versant est Dévoluy (info Y. Berthalon), dans la fiche de synthèse. Les grès éocènes peuvent être aquifères lorsque fracturés, mais sont globalement moins aquifères que les flyschs. Préciser dans le nom de l'entité « grès éocènes du Champsaur » ; secteurs avec nappe alluviale d'intérêt local (secteur Vallouise, info Y. Berthalon), à indiquer dans la fiche de synthèse.
- PAC11D – BV Haute-Bléone : informations sur des sources présentes au sein de l'entité (Digne, Barles...), la source St Benoît notamment.
- PAC11G - Moyen-Verdon et de l'Artuby : il s'agit en fait de l'entité qui couvre également le Haut-Verdon au nord du massif St Honorat (rem. de C. Rousset). Créer une entité de Niv3 pour écailles jurassiques en bordure est de Valensole, rive droite du Verdon (sources dans le secteur de Moustiers notamment).
- PAC14A – BV Var : synclinal crétacé à individualiser en NIV3 si la présence de sources vers le Var est confirmée.

Prise en compte supplémentaire ou suppression d'entités :

- Alluvions de l'Ubaye : délimitation d'une entité de Niv3 (enjeu local). Il s'agit en particulier de faire ressortir le secteur de Barcelonnette - Josiers, où se rencontrent des surcreusements alluviaux. Consultation forage 800 m Jausiers à prévoir. Données de suivi piézométrique disponibles selon G. Valencia (ref. à indiquer au BRGM)
- Alluvions de la Guisane : délimitation d'une entité de Niv3 (enjeu local). Ressource avérée dans les secteurs de Monétier et la Salle. Peu de données entre la Salle et Briançon ; plusieurs ouvrages dans le secteur de la Salle, notamment un pompage de 300 m³/h (info Y. Bertholon, à transmettre au BRGM)
- Massif calcaire crétacé de Saint-Honorat : à individualiser en entité de Niv2. A prendre en compte : source du Coulomp, débit de l'ordre de 1m³/s (L. Cadillac)
- Calcaires profonds sous plateau de Valensole ? : informations insuffisantes, entité non prévue (forages profonds ayant atteint les calcaires : doute selon E. Desagher)

Remarque : pour retenir une entité alluviale en tant que telle, deux conditions doivent être remplies : il faut que la ressource permette de desservir une collectivité d'au moins 1000 hab., et que son tracé soit représentable cartographiquement.

3 - Divers :

Il existe à la DDT 04 un fichier à jour des captages AEP et des principaux prélèvements agricoles. Le BRGM récupérera les données auprès de M. Gottardi.

Action	Responsable	Délai
Fichier SIG des forages agricoles (04)	DDT	Fin juillet
Fourniture d'information / Indication de ref Biblio à transmettre au BRGM	Participants	Octobre
Création de nouvelles entités	BRGM	Octobre
Prise en compte des modifications sur les fiches et la cartographie	BRGM	Octobre

Réunion de validation départementale : Département des Bouches-du-Rhône

15/06/2010

COMPTE RENDU DE RÉUNION	
Rédacteurs : F. Sany / M. Moulin / D. Salquère	Entité : SGR PACA
Projet : Actualisation synthèse hydrogéologique PACA	Numéro : PSP08PAC33
Objet : Réunion de validation – département 13	
Date : 15/06/2010	Lieu : SGR PACA
Participants : L. Cadilhac (AE RM&C) – G. Valencia(DREAL PACA) – J.P. Bellot (HGM Environnement) – J.L. Barbier & Jacques Beraud (SCP) – C. Rousset, M. Gravost & J.P. Silvestre(hydrogéologues agréés) – M. Moulin & F. Sany (BRGM)	
Diffusion : participants à la réunion, D. Salquère, D. Dessandier	

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS
<p>1 - Introduction / Contexte :</p> <p>Après une présentation de l'historique du projet et des points principaux de méthodologie, une présentation générale de la géologie du département est effectuée, de façon à lister les grandes familles d'entités et la manière dont elles ont été délimitées.</p> <p>Dans l'ensemble, la carte hydrogéologique du département des Bouches-du-Rhône constitue un document de référence pour la délimitation.</p> <p>Pour rappel, la réalisation d'une fiche de synthèse pour chaque entité de Niv2 est réalisée (+ extrait cartographique, et le cas échéant coupe et log géologique représentatifs de l'entité).</p>
<p>2 - Présentation des entités, discussion, compléments :</p> <p>Les discussions ont porté essentiellement sur le découpage des entités. Les <u>principales remarques émises lors de la réunion</u>, sont indiquées ci-dessous, par entité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - PAC03A1 : Alluvions récentes de l'Arc A traiter en entité alluviale constituant une ressource locale (équivalent Niv3). - PAC04E : BV Touloubre et Ouest étang de Berre Les formations crétacées des chaînes de la Fare + Chaîne des Côtes sont à regrouper dans une entité de NV2 (calcaires crétacés) à créer (PAC08L). La PAC04E ne concernera que les formations tertiaires et sera délimité par BV. - PAC04F : Cailloutis plio-quadernaires de la plaine de Crau La limite sud-ouest sous la Camargue est hypothétique, mais tous les participants sont d'avis de conserver l'information en portant une extension « patatoïdale ». <p>Un certain nombre d'informations ont par ailleurs été discutées, notamment de la bibliographie à vérifier (études Gravost années 80, coupes géologiques du BRGM, informations sur les émergences dans la zone des marais au SO...).</p> <ul style="list-style-type: none"> - PAC04I : Formations jurassiques à quadernaires - basse vallée du Rhône Une entité de Niv2 constituée par les formations crétacées des Alpilles + Montagnette est à créer (PAC08K). La PAC04I ne concernera que les formations tertiaires.

- **PAC04K : Argiles bleues du Pliocène inf. de la basse vallée du Rhône**
La limite sud est à étendre jusqu'à la mer. La délimitation pourra être calée selon les données de la synthèse géologique du sud-est de la France.
Les limites été discutées pour le secteur de la Crau (limites selon les failles d'Aix et de Salon) → à reprendre par le BRGM selon données de forages et biblio (Clauzon, 1980).
- **PAC05A et PAC07B : Bassin de l'Arc**
La couverture tertiaire du bassin de l'Aix (PAC05A) joue un rôle d'écran mais il ne met pas en charge le Jurassique-Fuvélien.
Les calcaires aquifères sous-jacents du bassin d'Aix constituent une entité de Niv2 sédimentaire karstique (PAC07B).
- **PAC05C : Grès et marnes du Crétacé sup. - Bassin du Beausset**
L'Aptien, peu perméable, repose sur le Barrémo-Bédoulien : il faut faire passer la limite au niveau de l'Urgonien.
- **PAC06J : Massif Calanques et du bassin Beausset**
Libellé de cette entité à préciser : indiquer jurassique et crétacé inférieur, afin de ne pas confondre avec la PAC05C (Grès et marnes du Crétacé supérieur du bassin du Beausset).
Si possible, fiche de synthèse et délimitation à revoir avec Bruno ARFIB.
- **PAC07C : Massif Ste Baume – Aurélien - Agnis**
Echanges d'information : aquifères karstiques discontinus à Cuges-les-Pins (et à noter : poljé avec remplissage quaternaire), phénomènes de captivité sous calcaires argileux de l'Aptien, temps de réaction des sources...
- **Entités à créer :**
 - o PAC08K – Alpilles, Montagnette, Angles (Villeneuve)
 - o PAC08L – La Fare et Cotes
 - o PAC07D : Massifs Vautubière, Jouques, Bois Major, Mirabeau, Beaumont (système aquifère crée suite aux remarques des COPIL dpts 13 et 83) ; le reste de ce secteur (jugé peu aquifère) est intégré au domaine hydrogéologique PAC04D (basse et moy. Durance)
- **Entités non retenues :**
 - o Alluvions Touloubre non retenues in fine, car elles ne recèlent que peu d'informations.
 - o Plaine alluviale de Marignane (Cadière) : pas de ressources particulières

3 - Divers : Les relations nappes alluviales / cours d'eau qui seront reportées sur les cartes traduisent des tendances et font abstraction des inversions temporelles ou très localisées.

Action	Responsable	Délai
Compte-rendu réunion	BRGM	Fin sept.
Finalisation des fiches de synthèse (intégrant remarques émises par le COPIL)	BRGM	Fin oct

Annexe 4 Hors texte (DVD ROM)

Fiches descriptives et cartes des entités hydrogéologiques de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

BRGM PACA

117, avenue de Luminy
BP 168

13276 Marseille cedex 09 – France

Tél. : 04 91 17 74 77