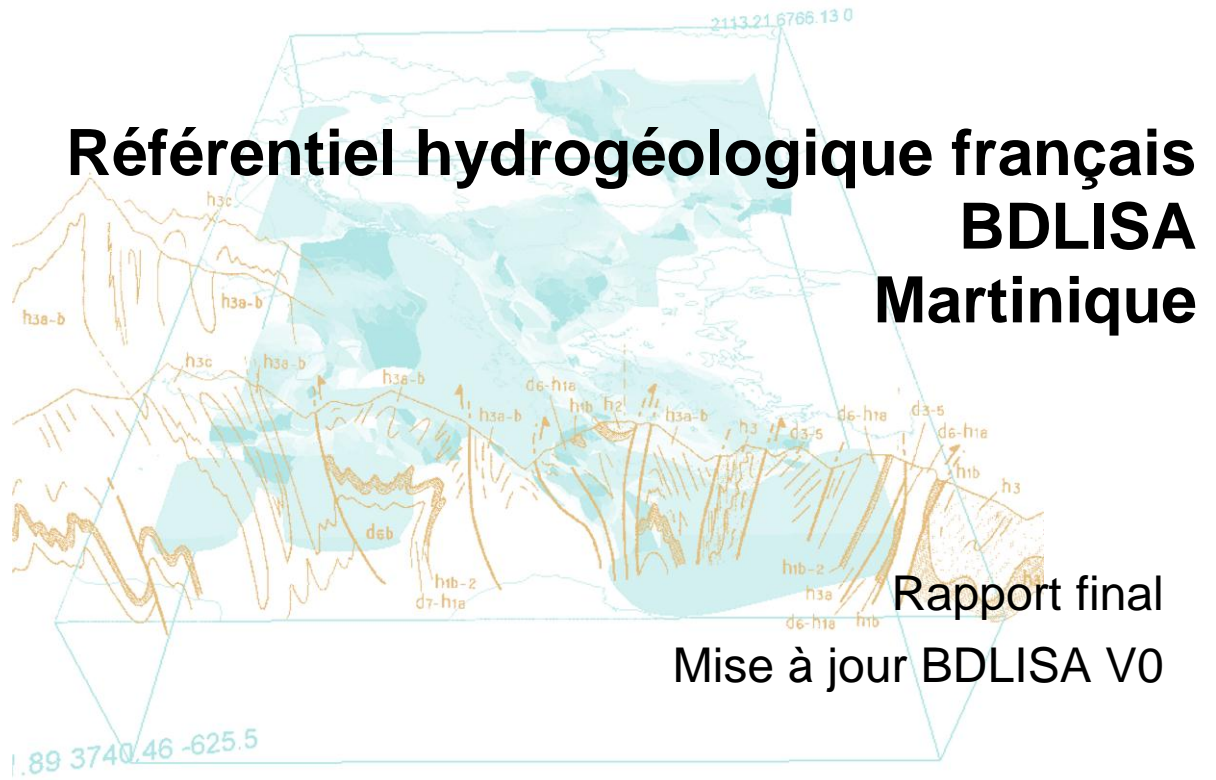


Document public



Référentiel hydrogéologique français BDLISA Martinique

Rapport final
Mise à jour BDLISA V0

BRGM/RP-62238-FR
Juillet 2013



Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Martinique

Rapport final
Mises à jour BDLISA V0

BRGM/RP-62238-FR
Juillet 2013

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2009 EAUI32

**B. Vittecoq,
V. Mardhel, S. Schomburgk et D. Xu**

Vérificateur :

Nom : J.J. Seguin

Approbateur :

Nom : J.-C. Audru

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



Mots clés : Référentiel hydrogéologique, BDLISA, BDRHF, Système aquifère, Domaine hydrogéologique, Martinique

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

Vittecoq B., Mardhel V., S. Schomburgk et de Xu D. (2013) Référentiel Hydrogéologique Français – BDLISA –Martinique. Rapport final. Mises à jour BDLISA V0. BRGM/RP-62238-FR.

Synthèse

Le présent rapport est la mise à jour d'un travail réalisé en 2009 par B. Vittecoq (RP-57740-FR) sur l'ensemble de la Martinique dans le cadre de la réalisation de BDLISA. Cette mise à jour permet d'intégrer les entités hydrogéologiques décrites en 2010 à la version 0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères) national.

Le travail réalisé a permis, après élaboration d'un tableau multi-échelles (aux 3 niveaux de détail du référentiel : national, régional et local) d'identifier et de délimiter :

- ✓ 39 unités aquifères ou semi-perméables de niveau local (Niveau 3)
- ✓ 8 systèmes aquifères de niveau régional (Niveau 2)
- ✓ 1 grand système aquifère de niveau national (Niveau 1) correspondant à la Martinique dans son ensemble

À ces entités s'ajoutent 3 groupes d'entités "complémentaires" constituant une "surcouche" du référentiel et correspondant :

- ✓ aux mangroves et colluvions,
- ✓ aux alluvions récentes,
- ✓ aux coulées de ponces récentes de la Montagne Pelée.

Les données du référentiel BDLISA V0 peuvent être téléchargées et exportées depuis le site du SANDRE (Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau) : <http://www.sandre.eaufrance.fr/>

Les polygones sont proposés dans le format shapefile (ArcGis) et MIF/MID (MapInfo). Le téléchargement est réalisé avec les systèmes de projection en vigueur (Lambert 93 en métropole, Corse et systèmes adéquats dans les départements d'Outremer), ils sont téléchargeables par entité, région ou par bassin.

Le référentiel BDLISA constituant un modèle 2D d'une réalité 3D des entités hydrogéologiques en France, il est difficile, voire impossible, de représenter « simplement » l'ensemble du référentiel BDLISA sur une interface cartographique.

Un accès cartographique a été adapté pour les utilisateurs de ce référentiel via <http://geotraitements.brgm.fr/viewer/bdlisa>. Cette interface cartographique permet différentes requêtes (recherche d'une entité par nom, code, départements...).

Le découpage effectué repose sur l'état des connaissances actuel, il est donc susceptible d'évoluer en fonction de l'actualisation des connaissances, notamment grâce aux forages qui pourraient être réalisés.

Avertissement

Ce rapport présente la version V0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA qui succède au référentiel BDRHFV1.

Le référentiel national BDLISA résulte de l'assemblage des travaux menés depuis 2006 dans les différentes régions de France et dans les départements d'outre-mer (à l'exception du département de Mayotte, où la construction devrait être prévue en 2014). Il intègre aussi les entités hydrogéologiques du bassin Rhône-Méditerranée et Corse délimitées dans le cadre d'une synthèse hydrogéologique de ce bassin dont les bases ont été définies dès le début des années 2000.

Par rapport à la version précédente (version beta), parue en 2012, la version V0 du référentiel BDLISA intègre désormais les entités hydrogéologiques de niveau local du bassin Seine-Normandie avec des mises à jour des entités limitrophes de ce bassin, quelques corrections de contours et de libellés d'entités.

Ce rapport sera complété lors de la sortie de la version 1 du référentiel en tenant compte du travail réalisé en 2013 et des remarques formulées par les utilisateurs suite à la diffusion de la version Beta et de la version V0.

Enfin, au fur et à mesure de l'évolution du référentiel et des connaissances, il sera possible de mieux caractériser les entités, en particulier les parties profondes qui pourront alors être distinguées des parties superficielles si elles en diffèrent hydrogéologiquement : en effet, bien souvent, faute d'information, la nature attribuée à l'entité (à savoir aquifère ou non), reflète surtout les caractéristiques de cette entité dans la partie affleurante et à faible profondeur.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Présentation du référentiel BDLISA.....	11
2.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS.....	11
2.1.1.Principes de construction	11
2.1.2.Assemblage des entités	11
2.1.3.Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction	11
2.1.4.BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE.....	12
2.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA.....	12
2.3. LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL	13
2.3.1. Les entités hydrogéologiques.....	13
2.3.2. Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques.....	14
2.3.3. Les "thèmes" des entités hydrogéologiques	14
2.3.4. L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques	15
2.3.5. L'attribut "Type de milieu" des entités hydrogéologiques	17
2.3.6. L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques.....	18
2.3.7. L'attribut "Origine de la construction" des entités hydrogéologiques	19
2.4. LE TABLEAU MULTI-EHELLES	19
2.5. LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS	19
2.5.1.Principes sous-jacents	20
2.5.2. Organisation des entités en 2 ensembles.....	21
2.5.3. Ordre absolu et ordre relatif.....	21
3. Méthodologie de délimitation des entités et assemblage par le modèle de gestion	25
3.1. PRINCIPES DIRECTEURS	25
3.1.1. Homogénéité du découpage	25
3.1.2. Emboîtement des niveaux.....	25
3.2. PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION.....	26
3.2.1. Identification et cadrage hydrogéologique général	26
3.2.2. De l'analyse des cartes géologiques au tableau multi-échelles	26
3.2.3. Individualisation de l'alluvial	27
3.2.4. Découpage des entités.....	27

3.2.5. Passage au modèle de gestion du référentiel	27
3.2.6. Organigramme	27
4. Mise en œuvre du découpage en Martinique	29
4.1. DONNÉES DE RÉFÉRENCE	29
4.2. ÉLABORATION DU TABLEAU MULTI-ÉCHELLES.....	29
4.3. DÉCOUPAGE DES ENTITÉS	33
4.3.1. Système aquifère de la Montagne Pelée	33
4.3.2. Système aquifère de l'édifice ancien de la Montagne Pelée	33
4.3.3. Système aquifère du Mont Conil.....	34
4.3.4. Système aquifère des pitons du Carbets	34
4.3.5. Système aquifère du Morne Larcher et des Roches Genty.....	34
4.3.6. Système aquifère du Morne Jacob	34
4.3.7. Système aquifère du Sud	35
4.3.8. Système aquifère de Sainte Anne et du complexe de base	35
4.4. PARTICULARITÉS DU DÉCOUPAGE	35
4.4.1. Déterminisme géologique.....	35
4.4.2. Continuité hydraulique.....	35
4.4.3. Découpage par bassins versants.....	35
4.4.4. Limites de précision.....	36
4.4.5. Exploitabilité et probabilité	37
5. Limites des entités	39
5.1. LIMITES HYDRAULIQUES.....	39
5.2. NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITES	39
6. Outil de construction du référentiel	43
6.1. GÉODATABASE	43
6.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS.....	48
7. Conclusion.....	51
8. Bibliographie	53

Liste des illustrations

Illustration 1 – Types d'entités hydrogéologiques et codification	15
Illustration 2 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques	17
Illustration 3 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires.....	20
Illustration 4 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités.....	23
Illustration 5 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3.....	25
Illustration 6 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.....	28
Illustration 7 – Tableau multiéchelle de la Martinique	31
Illustration 8 – Proposition d'amélioration de la description du type de milieu	36
Illustration 9 – Caractéristiques complémentaires des entités.....	37
Illustration 10 - Types de limites possibles entre entités.	40
Illustration 11 - Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques.	41
Illustration 12 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.	43
Illustration 13 - Tables non géométriques de la géodatabase.	44
Illustration 14 - Interface utilisateur de la géodatabase.	44
Illustration 15 : Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.	45
Illustration 16 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).	46
Illustration 17 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).	46
Illustration 18 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités.....	47
Illustration 19 - Table des limites: natures des contacts entre entités.	47
Illustration 20 : Editeur de cartes du modèle de gestion du référentiel.....	48
Illustration 21 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).	49
Illustration 22 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite).....	50
Illustration 23 – Articulation des différents référentiels de Martinique	52

Liste des annexes

Annexe 1 - Tableau Multi-Echelles	55
Annexe 2 : Lexique de caractérisation des entités et des limites	57

1. Introduction

Le travail réalisé en Martinique s'inscrit dans le projet national de construction du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA.

Le projet BDLISA a été confié en 2006 au BRGM par le Ministère en charge de l'Écologie. L'opération bénéficie d'un soutien financier des agences de l'eau, de l'ONEMA (à partir de 2008) et, antérieurement à 2008, du Ministère. Il est mené sous la direction d'un comité de pilotage, dont le secrétariat est assuré conjointement par la Direction de l'eau et de la biodiversité du Ministère et de l'ONEMA.

La construction du référentiel a été planifiée sur 4 ans région par région : elle a débuté en 2006. Une harmonisation, au niveau national, de l'ensemble des découpages régionaux a été conduite en 2010 et 2011. La présentation générale du référentiel, de ses principes de construction et de mise en œuvre est faite dans le rapport BRGM/RP-62261-FR, cité en bibliographie.

Auparavant, un travail de type méthodologique (phase 1 de la construction), mené sur la période 2001-2003, a permis :

- de dresser une première liste d'entités hydrogéologiques à intégrer dans le référentiel ; ces entités ont été identifiées sur l'ensemble de la France à deux niveaux de représentation : un niveau national (grandes entités) et un niveau régional, subdivision des entités de niveau national ;
- de réaliser un premier découpage, indicatif, des entités identifiées ;
- de mettre au point une méthodologie de découpage sur la base de 6 tests réalisés sur le territoire de chacune des Agences de l'Eau (Rapport BRGM RP-52261-FR, 2004); d'élaborer un modèle conceptuel de données pour l'élaboration de la future base de données du Référentiel.

Les documents produits à l'issue de cette première phase sont en bibliographie (Petit, 2003; Petit 2004, SANDRE 2004).

Caractéristiques du Référentiel BDLISA

BDLISA remédie à certaines insuffisances du référentiel BDRHF-V1, en particulier :

- le manque d'homogénéité et parfois de précision des découpages ;
- l'absence de hiérarchisation des entités hydrogéologiques ;
- l'absence de représentation cartographique des entités non affleurantes, les structures multicouches des bassins sédimentaires en particulier.

Le référentiel tient compte aussi de l'évolution des connaissances géologiques et hydrogéologiques; il bénéficie en particulier des cartes géologiques harmonisées à l'échelle du 1/50 000. Il est construit à partir d'un découpage du territoire national en entités hydrogéologiques (formations géologiques aquifères ou non) délimitées à 3 niveaux de détail - national (niveau 1), régional (niveau 2) et local (niveau 3) - suivant des règles élaborées dans le cadre d'une méthodologie nationale.

BDLISA se présentera sous la forme d'un Système d'Information Géographique (SIG) dont la base de données contiendra les informations permettant de caractériser les entités hydrogéologiques.

2. Présentation du référentiel BDLISA

2.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS

2.1.1. Principes de construction

La construction du référentiel repose sur les principes de base énoncés dans le guide méthodologique établi en 2003 (Rapport BRGM RP-52261-FR, 2003, page 11) :

- des règles de découpage sont définies pour **cinq thèmes principaux** : *Alluvial, Sédimentaire, Socle, Intensément plissé, Volcanisme* ;
- le découpage est **homogène** sur l'ensemble du territoire ;
- plusieurs échelles de visualisation sont prévues : **nationale** (1/1 000 000), **régionale** (1/250 000) et **locale** (1/50 000) ; à chacune de ces échelles, correspond un niveau de détail, respectivement : NV1 (niveau national), NV2 (niveau régional), NV3 (niveau local) ;
- le découpage des entités est réalisé sur la base des connaissances actuelles : le découpage est donc **susceptible d'évolution** ;
- l'échelle de travail est le **1/50 000** ;
- les entités hydrogéologiques sont représentées par un ou plusieurs polygones (certaines entités peuvent être disjointes) ; **les polygones sont composés d'arcs** correspondant aux limites d'extension de l'entité ; ils peuvent être caractérisés par un type de limite hydraulique ;
- **les entités sous couverture sont délimitées** ;
- une **nouvelle codification** est mise en place ; la norme de la codification a été conçue pour rester stable et être utilisée d'une manière durable.

2.1.2. Assemblage des entités

Le découpage a été réalisé à partir du niveau local (NV3), les entités régionales (NV2) étant constituées à partir des entités de niveau 3 et les entités du niveau national (NV1) constituées à partir des entités de niveau 2 (emboîtements successifs).

Une entité hydrogéologique a toujours une "entité mère" hormis pour le niveau national.

La mise au point d'un "**modèle de gestion du référentiel**" développé sous ArcGis a permis de réaliser l'assemblage 3D des entités dans un SIG et de contrôler la cohérence topologique de l'ensemble.

2.1.3. Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction

Des contextes hydrogéologiques particuliers ou des contraintes opératoires ont parfois conduit à des adaptations de la méthodologie de découpage préconisée dans le guide de 2003, adaptations mentionnées dans ce rapport.

La différence majeure par rapport au guide de 2003 réside dans la distinction faite entre deux catégories d'entités (cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

- les "**Entités principales**", qui ont fait l'objet d'un traitement topologique garantissant la cohérence de leur assemblage 3D ;
- les "**Entités complémentaires**", regroupant différents types d'entités qui ne permettent pas de respecter l'homogénéité du référentiel ou qui constituent des cas particuliers difficilement intégrables dans le cadre général du référentiel au stade actuel de son avancement (cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Il en est ainsi des systèmes

alluvionnaires des 5 bassins du "projet national" pour lesquels il n'existe pas actuellement de différenciation entre parties productives et non productives. Ces systèmes très ramifiés sont extraits des cartes géologiques ; ils sont transverses par rapport aux entités principales qu'ils recouvrent et n'entrent pas dans les possibilités de traitements topologiques offerts par le modèle de gestion.

2.1.4. BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE

Le référentiel BDLISA est un outil du Système d'Information sur l'Eau (SIE) dont une tâche essentielle est la mise en place d'un langage commun pour les données sur l'eau. A cette fin, le Sandre (Service d'Administration Nationale des Données et des Référentiels sur l'Eau) est chargé :

- d'élaborer les dictionnaires des données, d'administrer les nomenclatures communes au niveau national, d'établir les formats d'échanges informatiques de données, de définir des scénarios d'échanges et de standardiser des services WEB,
- de publier les documents normatifs après une procédure de validation par les administrateurs de données Sandre.

Au référentiel BDLISA est donc associé un "*Dictionnaire des données*" (actuellement version 2.0 en cours de finalisation). Un scénario d'échange sera également disponible). Ce document a été élaboré dans le cadre d'un groupe de travail dont le secrétariat est assuré par le SANDRE et auquel ont participé l'ONEMA, les Agences de l'Eau, le BRGM.

2.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA

◆ Le référentiel est construit sur la base d'une subdivision du territoire (France métropolitaine et départements d'outre-mer) en **entités hydrogéologiques** (formations géologiques aquifères et non aquifères) délimitées suivant **3 niveaux de détail** (national, régional et local, cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) et regroupées dans **5 thèmes** (cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

◆ A la différence du référentiel BDRHFV1, **les parties non affleurantes des entités sont prises en compte.**

Sur la verticale, les entités sont ordonnées suivant un ordre croissant (ordre 1 pour les entités affleurantes, ordre 2 pour les entités situées juste au-dessous, ...). En Aquitaine, par exemple, il y a jusqu'à 32 "couches" d'entités sur la verticale).

Le numéro d'ordre qui est affecté aux entités permet de suivre la "progression" de chacune d'elles en profondeur et de la localiser en un point dans la "pile" des entités hydrogéologiques.

◆ Dans le référentiel, les épaisseurs ne sont pas prises en compte mais pourraient l'être ultérieurement. **Le modèle de représentation des entités est dit "2D1/2".**

◆ Le référentiel se présente sous la forme d'un **Système d'Information Géographique (SIG)** permettant :

- de visualiser les entités hydrogéologiques aux 3 niveaux de détail retenus pour le découpage ;
- d'obtenir des informations sur les entités grâce à la base de données associée.

Le système de projection cartographique est le **Lambert 93 (RGF93)**.

- ◆ La gestion du référentiel, à savoir:
 - la vérification de la cohérence topologique de l'assemblage des entités,
 - la mise en évidence et les corrections des anomalies éventuelles de découpage,
 - les mises à jour, est assurée grâce à un ensemble de fonctionnalités développées en liaison avec ArcGis (version 9.2) et constituant le "**Modèle de gestion du Référentiel**".
- ◆ Le découpage des entités est réalisé sur la base des connaissances géologiques et hydrogéologiques actuelles. Des mises à jour (nouvelles entités de niveau 3, modifications des contours) sont donc susceptibles d'être effectuées pour tenir compte de la progression des connaissances.

2.3. LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL

2.3.1. Les entités hydrogéologiques

Une entité hydrogéologique est une partie de l'espace géologique, aquifère ou non aquifère, correspondant à un système physique caractérisé au regard de son état et de ses caractéristiques hydrogéologiques. Une entité hydrogéologique est :

- délimitée à une certaine échelle (un "**niveau**", cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**),
- rattachée à un type de formation géologique (un "**thème**", cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**),
- définie par ses potentialités aquifères (une "**nature**", cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) et la présence ou non d'une nappe libre ou captive ou libre puis captive (un "**état**"),
- caractérisée par un type de porosité (un "**milieu**", cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

Les entités hydrogéologiques peuvent être multi-parties.

Le référentiel, assemblage dans les 3 dimensions d'espace des entités délimitées, peut être considéré comme un "**modèle hydrogéologique**" d'une réalité complexe, accessible à l'aide d'une information disponible à un moment donné et parfois interprétée faute de données suffisantes.

Codification de l'entité

Un code, attribué par le BRGM (arrêté du 26 juillet 2010, SNDE), est affecté à chaque entité. Il est construit avec :

- un champ de 3 chiffres pour une entité de niveau national,
- un champ de 2 lettres à la suite du champ précédent pour désigner une entité de niveau régional contenue dans une entité de niveau national,
- un champ de 2 chiffres à la suite des 2 champs précédents pour désigner une entité de niveau local contenue dans une entité de niveau régional.

Par exemple:

- **098** (entité de niveau national),
- **098AB** (entité de niveau régional),
- **098AB01, 118AC03** (entité de niveau local)

Dénomination de l'entité

En général, 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 :

Sables verts de l'Albien du Bassin Parisien.

Mais ce n'est pas toujours le cas et l'appellation usuelle a été conservée. Par exemple la localisation précède parfois la stratigraphie (la localisation est associée à la lithologie) :

*Sables et Grès de Fontainebleau de l'Oligo-Miocène,
Calcaires de Brie du Rupélien,
Calcaires de l'Orléanais et de Pithiviers de l'Aquitainien,
Calcaires d'Etampes du Rupélien.*

2.3.2. Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques

Trois niveaux d'identification des entités hydrogéologiques sont retenus dans cette nouvelle version du référentiel :

- le **niveau national (NV1)** fournit une représentation nationale des grands ensembles hydrogéologiques dont il montre la distribution spatiale et l'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)** fournit une représentation régionale ou par bassin des entités hydrogéologiques (échelle de visualisation de l'ordre du 1/250 000). Il permet de caractériser les systèmes aquifères au regard de leur importance en tant que ressource régionale, de leur vulnérabilité (à la sécheresse, aux pollutions).
- Le **niveau local (NV3)** 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 au sein des deux niveaux précédents. Il constitue le support d'études ponctuelles permettant d'améliorer les connaissances hydrogéologiques (carte piézométrique, carte de vulnérabilité, modélisation,...).

Ces niveaux d'utilisation reflètent les besoins très différents des futurs utilisateurs du référentiel. Ils ne définissent pas les échelles de numérisation (précision du contour) mais correspondent à des échelles d'utilisation et de représentation de l'information.

2.3.3. Les "thèmes" des entités hydrogéologiques

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

- **thème "Alluvial"** (codé 1) : ensemble des dépôts de plaine alluviale accompagnés des terrasses connectées hydrauliquement avec les cours d'eau,
- **thème "Sédimentaire"** (codé 2) : ensemble des formations peu ou pas déformées, non métamorphisées des bassins sédimentaires,
- **thème "Socle"** (codé 3) : formations magmatiques et métamorphiques,
- **thème "Intensément plissé de montagne"** (codé 4) : ensemble de formations géologiques récemment plissées appartenant aux massifs montagneux alpins, pyrénéens, languedociens et jurassiens.

- **thème "Volcanisme"** (codé 5) : volcanisme tertiaire et quaternaire ayant conservé une géométrie, une morphologie et/ou une structure volcanique identifiable,

Le **karst** est considéré comme un attribut applicable aux formations carbonatées des thèmes "sédimentaire" et "intensément plissé".

2.3.4. L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques

Dans le guide méthodologique de 2003, 7 types d'entités hydrogéologiques sont définis (= "Nature" de l'entité) :

- pour le niveau 1: Grand Système Aquifère et Grand Domaine Hydrogéologique,
- pour le niveau 2: Système Aquifère et Domaine Hydrogéologique,
- pour le niveau 3: unité aquifère, unité semi-perméable et unité imperméable.

Un 8^{ième} type d'entité a été ajouté à cette liste : au niveau 1, le Grand Système Multicouches, intégrant sur la verticale une alternance de Systèmes Aquifères et de Domaines.

	Aquifère		Peu ou pas aquifère
Niveau national (NV1)	Grand Système Aquifère (GSA) Code = 1		Grand Domaine Hydrogéologique (GDH) Code = 2
	Grand Système Multicouche (GSM) Code = 12		
Niveau régional (NV2)	Système Aquifère Code = 3		Domaine Hydrogéologique Code = 4
Niveau local (NV3)	Unité aquifère Code=5	Unité semi-perméable Code=6	Unité imperméable Code=7

Illustration 1 – Types d'entités hydrogéologiques et codification

• Le Grand Système Aquifère

Le grand système aquifère est un système physique composé d'une ou plusieurs unités aquifères, globalement en liaison hydraulique et qui est circonscrit par des limites litho-stratigraphiques et/ou structurales. Le grand système aquifère est une entité de premier niveau (NV1).

• Le Grand Domaine Hydrogéologique

Le grand domaine hydrogéologique est un système physique peu ou pas aquifère. Il peut contenir des unités aquifères mais sans grande extension latérale et isolées dans le massif imperméable. Le grand domaine hydrogéologique est une entité de premier niveau (NV1).

• Le Système Aquifère

Le 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*.

La constitution des systèmes est issue de la connaissance à instant donné du milieu souterrain.

Le système aquifère est une entité de niveau régional NV2.

• Le Domaine Hydrogéologique

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 critères suivants : *lithologie, structure, stratigraphie, piézométrie, géochimie, hydraulique*.

Le domaine hydrogéologique est une entité de niveau régional NV2.

• L'unité aquifère

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 (ou supposée supérieure) à 10^{-6} m/s présentant des ressources en eau suffisante pour être exploitée.

L'unité aquifère est le résultat du découpage d'un système aquifère ou d'un domaine hydrogéologique (éventuellement directement d'un grand domaine ou d'un grand système aquifère).

• L'unité semi-perméable

Une unité semi-perméable est une entité hydrogéologique de niveau local avec une perméabilité moyenne comprise entre 10^{-9} m/s et 10^{-6} m/s. Cette unité peut contenir des ressources en eau mais sa productivité est insuffisante pour que ces ressources puissent être exploitées.

L'unité semi-perméable est le résultat du découpage d'un domaine hydrogéologique ou d'un système aquifère (éventuellement directement d'un grand domaine ou d'un grand système aquifère).

• L'unité imperméable

L'unité imperméable est un système physique élémentaire présentant des faibles circulations d'eau. Sa perméabilité moyenne est inférieure à 10^{-9} m/s.

La définition du dictionnaire hydrogéologique français est la suivante : qualifie un milieu théoriquement impénétrable et non traversable par un fluide et en pratique ne laissant passer aucun flux significatif sous un gradient de potentiel hydraulique donné.

L'unité imperméable est le résultat du découpage d'un domaine hydrogéologique ou d'un système aquifère (éventuellement directement d'un grand domaine ou d'un grand système aquifère).

Remarque : les unités du niveau local correspondent à la description la plus fine des entités hydrogéologiques pour le référentiel national.

Liaisons entre les entités

Les liens de filiation (illustration 2) en fonction des niveaux d'agrégation obéissent aux règles suivantes :

- une entité hydrogéologique appartient à une seule nature par niveau ;
- une entité hydrogéologique a toujours une "entité mère" hormis pour le niveau national ;
- une entité hydrogéologique peut avoir de 0 à n "entités filles" hormis pour les unités du niveau local.

2.3.5. L'attribut "Type de milieu" des entités hydrogéologiques

Il s'agit du type de porosité caractérisant majoritairement l'entité. Les différents types retenus sont définis dans le tableau suivant :

Type de milieu	Code
Poreux	1
Fissuré	2
Karstique	3
Double porosité : matricielle et de fissures	4
Double porosité : karstique et de fissures	5
Double porosité : fractures et fissures	6
Double porosité : matricielle et de fractures	7
Double porosité : matricielle et karstique	8
Inconnu	0

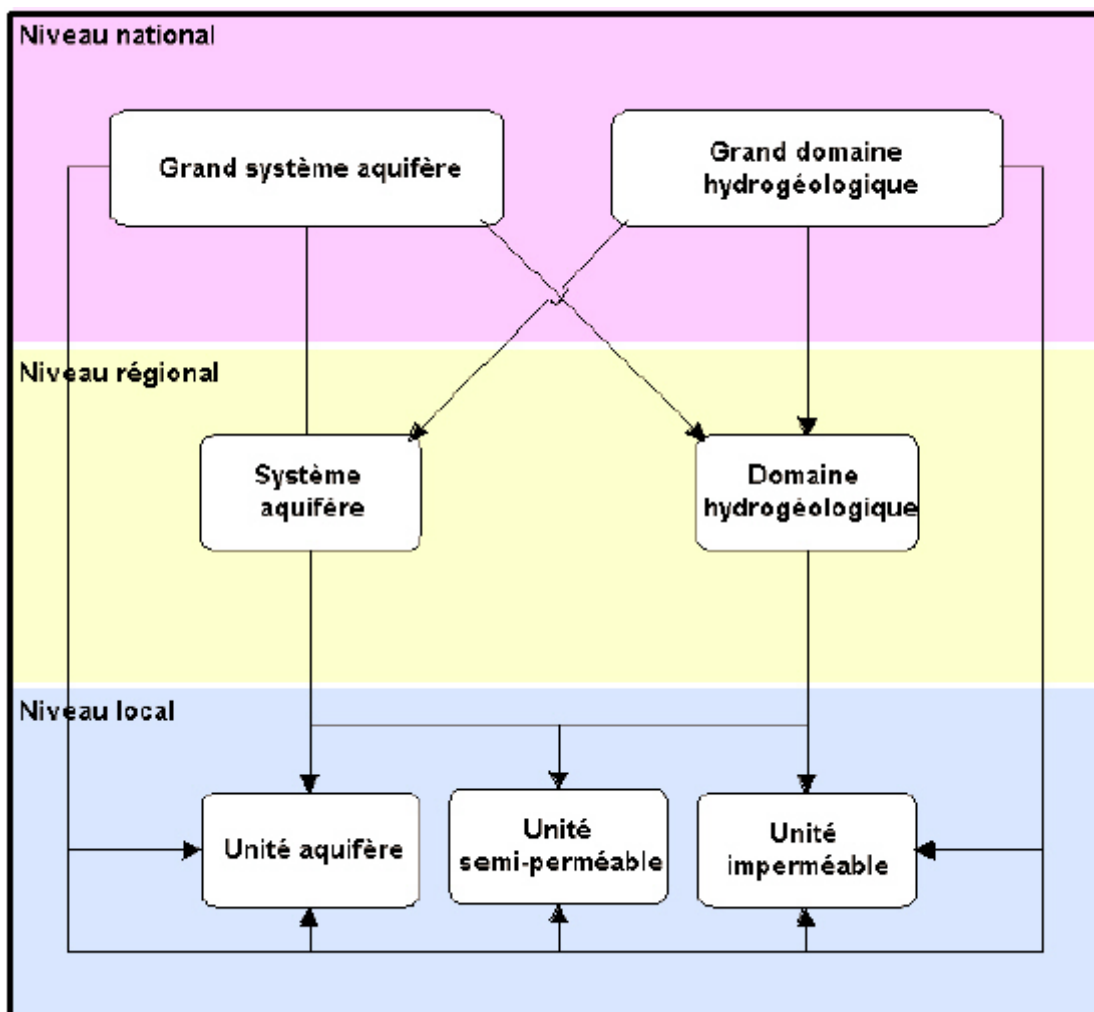


Illustration 2 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques

Le Grand Système Multicouches, non représenté sur ce schéma est une alternance sur la verticale de Grands Systèmes Aquifères et de Grands Domaines Hydrogéologiques.

La double porosité de code 4 est attribuée à une entité caractérisée à la fois par une matrice poreuse et par un réseau de fissures ayant tous deux un rôle hydrodynamique important (cas des aquifères de la craie).

La double porosité de code 5 est attribuée à une entité caractérisée à la fois par un réseau karstique et par un réseau de fissures ayant tous deux un rôle hydrodynamique important (cas des "chaînon" calcaires pyrénéens).

La double porosité de code 6 est attribuée à une entité caractérisée à la fois par des fractures et des fissures (cas de certaines entités volcaniques en Martinique).

La double porosité de code 7 est attribuée à une entité caractérisée à la fois par une matrice poreuse et par un réseau de fractures ayant tous deux un rôle hydrodynamique important.

La double porosité de code 8 est attribuée à une entité caractérisée à la fois par une matrice poreuse et par un réseau karstique ayant tous deux un rôle hydrodynamique important.

Remarque

La caractérisation des entités se fait d'abord au niveau 3. **Il ne sera pas toujours possible ou pertinent de caractériser globalement une entité de niveau 2 (et à fortiori de niveau 1) par un attribut unique**, surtout lorsque les entités de niveau 3 constitutives d'un niveau 2 sont de types différents; il en est ainsi du type de milieu (à porosité matricielle, de fissure, karstique, à double porosité) et de l'état de la nappe (libre, captive, ...).

Cela est vrai non seulement pour un niveau 2 résultant de l'assemblage d'entités de niveau 3 de même ordre absolu (dans le même "plan"), mais aussi résultant de l'agrégation d'entités NV3 superposées (d'ordres absolus différents), constituant un multicouches.

2.3.6. L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques

Le champ "Etat" du référentiel précise le statut de la nappe contenue dans les entités aquifères:

- la nappe est captive lorsqu'elle est confinée entre deux terrains peu ou pas perméables (code 1),
- la nappe est libre lorsqu'elle n'est pas limitée vers le haut par des terrains imperméables (code 2),
- la nappe est libre et captive lorsqu'elle est globalement libre ou captive mais comporte respectivement des parties captives ou libres à un ou plusieurs endroits de sa superficie (code 3),
- la nappe est alternativement libre puis captive lorsqu'elle présente des évolutions "libre / captive" au cours du temps (code 4),
- la nappe est semi- captive lorsqu'elle est caractérisée par un régime hydrodynamique intermédiaire entre les régimes captif et libre. Il s'agit généralement d'une entité sous couverture où le toit de l'entité présente des zones de perméabilité (semi-perméable) permettant des transferts des eaux (code 5).

2.3.7. L'attribut "Origine de la construction" des entités hydrogéologiques

Cet attribut permet de savoir comment une entité a été construite. Les cas possibles et les codes associés à cet attribut sont mentionnés dans le tableau suivant :

Code	Libellé	Définition
1	Carte géologique ou hydrogéologique	L'ensemble des limites de l'entité hydrogéologique ont été créées en réutilisant les contours définis dans une ou plusieurs cartes géologiques ou hydrogéologiques ou documents de synthèse.
2	Complétude totale	Entité construite pour complétude topologique totale (l'ensemble des limites de l'entité du niveau d'utilisation n sont projetées vers un niveau n+1) pour combler un déficit de connaissance à la création de l'entité.
3	Complétude partielle	Entité construite pour complétude topologique complémentaire (une partie des limites de l'entité du niveau d'utilisation n sont projetées vers un niveau n+1 par déficit de la connaissance à la création de l'entité.
4	Agrégation par héritage	L'ensemble des limites de l'entité hydrogéologique ont été héritées par agrégation des niveaux les plus fins la constituant.

2.4. LE TABLEAU MULTI-ECHELLES

Dans un secteur donné, le tableau multi-échelles récapitule tous les types d'entités existant dans le secteur et les superpose verticalement suivant un ordre stratigraphique. C'est en quelque sorte l'équivalent, au plan hydrogéologique, d'un log géologique synthétique régional. Il constitue le support du découpage projeté aux trois échelles d'identification des entités.

Les entités intégrées dans un tableau multi-échelles le sont après une phase d'analyse des cartes géologiques au 1/50 000, des données recensées dans la zone d'étude (notamment celles des logs géologiques validés) et de différentes sources documentaires.

La construction du référentiel ayant été faite sur 4 ans, par région et parfois par département, de nombreux tableaux multi-échelles ont été construits, ce qui a nécessité un travail de mise en correspondance et d'harmonisation des différents tableaux au fur et à mesure de la progression du référentiel.

Toute entité délimitée se retrouve dans le tableau multi-échelles. Le tableau est triple à raison d'un log hydro-stratigraphique par niveau (NV1, NV2 ou NV3).

Le tableau multi-échelles est l'élément structurant du référentiel et l'outil de base du découpage des entités.

2.5. LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS

Ce modèle de représentation a été mis au point dans le cadre de cette phase de construction du référentiel (2006-2009). La conceptualisation ne figure donc pas dans le guide méthodologique national de 2004.

2.5.1. Principes sous-jacents

Le « modèle de gestion du référentiel » a été développé sous ArcGis (actuellement version 9.31) et s'appuie sur un modèle conceptuel de données. 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"

Les « **Entités principales** » font l'objet d'un traitement topologique qui garantit la cohérence de leur assemblage à trois dimensions (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,
- systèmes karstifiés délimités par des traçages...

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

Cette structure du référentiel est résumée par l'illustration 3 ci-après.

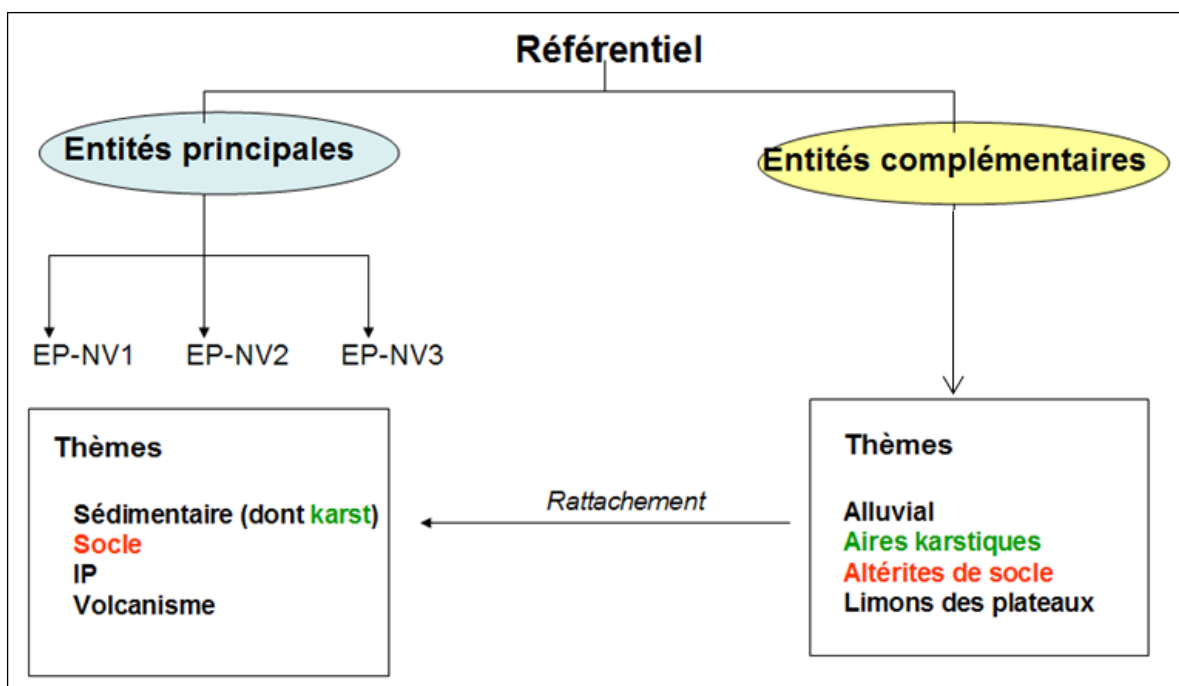


Illustration 3 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires

2) Ordonnement vertical des entités en définissant un ordre de superposition

Le modèle de gestion permet de passer d'un ordre dit absolu à un ordre dit relatif (cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

3) Complétude

Couverture totale de l'espace aux niveaux 1 et 2. Au niveau 3, la couverture n'est totale que dans le "projet national" ; dans le bassin Rhône-Méditerranée et Corse, les entités de niveau 3 délimitées dans le cadre de la synthèse hydrogéologique correspondent uniquement aux aquifères.

4) Filiation

Une entité NV3 est rattachée à une entité NV2 qui l'inclut et qui est-elle même rattachée et incluse dans une entité NV1.

5) Héritage

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

2.5.2. Organisation des entités en 2 ensembles

1) Entités principales

Elles constituent l'essentiel du référentiel. Elles sont :

- différenciées et délimitées suivant les règles du guide méthodologique,
- structurées et assemblées suivant les principes généraux 2 à 5 ci-dessus.

Les fonctionnalités topologiques du modèle de gestion permettent de contrôler la cohérence de l'assemblage 3D de ces entités. Les artefacts de découpage peuvent être mis en évidence et corrigés automatiquement.

2) Entités complémentaires

Elles constituent une « surcouche » du référentiel. Elles 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 (voir la liste du paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Ces entités peuvent se superposer aux 3 niveaux du découpage du référentiel. Un code commun permet de les rattacher éventuellement aux entités principales dont elles sont issues (exemple « altérites de socle » et « entités socle ») ou sur lesquelles elles reposent.

Une entité principale située sous une entité complémentaire (par exemple des alluvions) sera d'ordre 1 comme une entité affleurante.

2.5.3. Ordre absolu et ordre relatif

Dans la phase de construction du référentiel, un numéro d'ordre est affecté à chaque entité délimitée (a). Cet ordre est dit "absolu" (codé par exemple sous la forme 10, 20, 30, 40,...) et peut correspondre à un âge stratigraphique.

La délimitation des entités conduit à une "pile hydro-stratigraphique" d'entités (le tableau multi-échelles) qui sont ordonnées sur la verticale grâce au numéro d'ordre absolu (par exemple 10, 20, 30,a).

Le modèle de gestion du référentiel permet de passer automatiquement du mode de représentation des entités par ordonnancement absolu (illustration 4b) à un mode de représentation des entités par ordonnancement relatif (illustration 4c), **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.

Remarque: dans l'exemple présenté par l', 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 restitue automatiquement les parties sous couverture.**

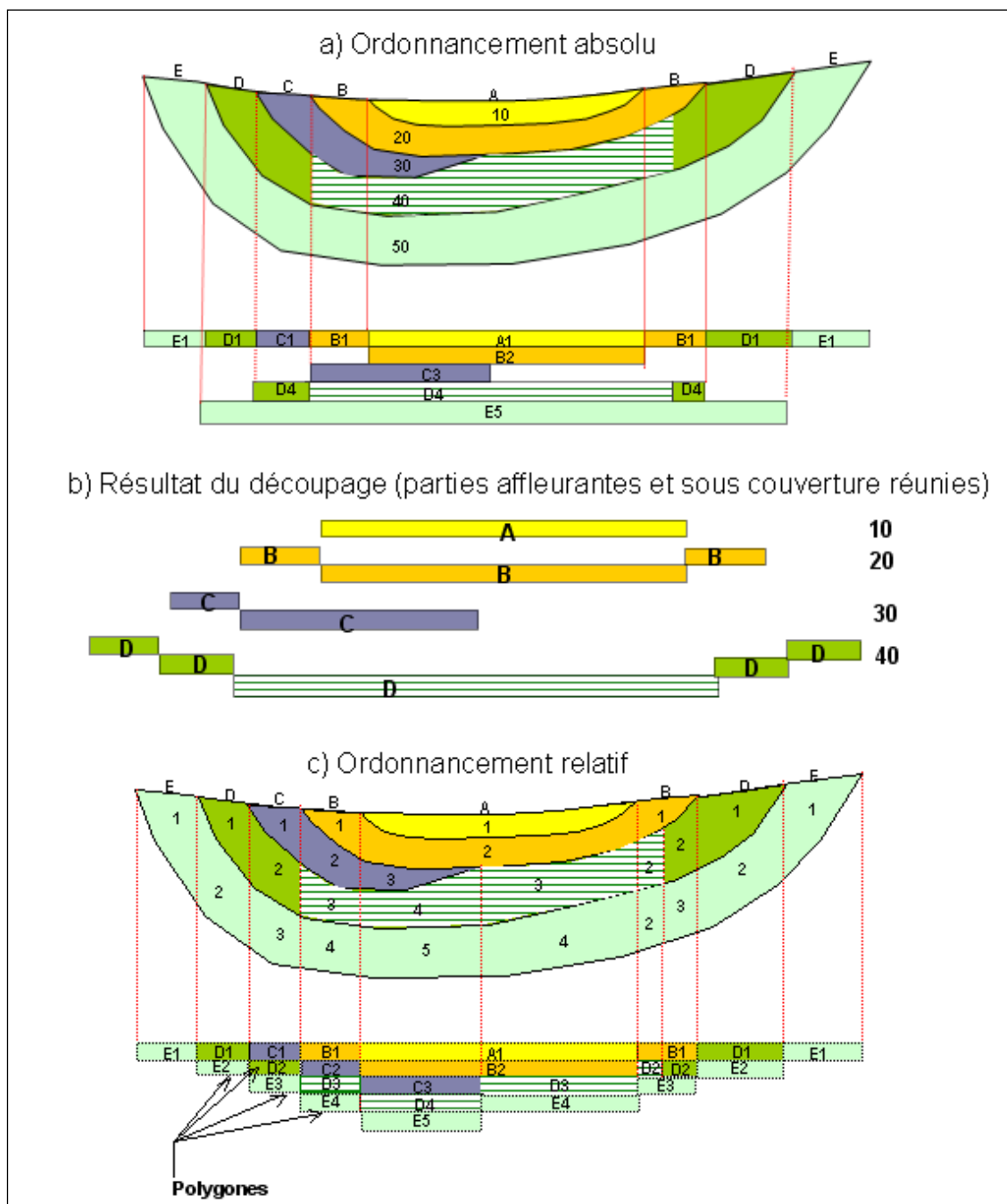


Illustration 4 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités

3. Méthodologie de délimitation des entités et assemblage par le modèle de gestion

3.1. PRINCIPES DIRECTEURS

3.1.1. Homogénéité du découpage

Le découpage doit être homogène sur l'ensemble du territoire. Pour chaque thème, les critères de découpage sont communs à l'ensemble des régions.

L'échelle de travail adoptée pour le découpage des entités est le 1/50 000 (précision des contours des formations géologiques des cartes géologiques au 1/50 000), et ceci quel que soit le niveau d'identification: local (niveau 3, "NV3"), régional (niveau 2, "NV2") et national (niveau 1, "NV1"). Les contours des entités des niveaux 1 et 2 ont donc la même précision que ceux du niveau 3, à savoir le 1/50 000 : il n'y a pas de simplification des contours (lissage) d'un niveau à un autre.

C'est aussi le cas des systèmes alluvionnaires, quel que soit le niveau, contrairement au guide méthodologique de 2003 (cf. références bibliographiques) qui préconisait, pour les niveaux 1 et 2, la suppression des "bras" de largeur inférieure à 200 m.

3.1.2. Emboîtement des niveaux

Les entités du niveau 1 résultent de l'assemblage de celles du niveau 2, ces dernières résultant elles-mêmes d'un regroupement des entités du niveau 3 (). Cet assemblage est réalisé à partir du niveau 3 par le modèle de gestion du référentiel, qui contrôle aussi la cohérence de l'ensemble et signale les anomalies éventuelles.

Lorsque les entités de niveau 3 délimitées dans un niveau 2 ne permettent pas de reconstituer en totalité ce niveau 2 (car seules des entités d'intérêt ont été délimitées), le complément "NV2-ΣNV3" est ajouté par le modèle de gestion (cas du bassin Rhône-Méditerranée et Corse). Dans le référentiel, cette entité "virtuelle" est identifiée par l'intermédiaire de l'attribut "Origine" (complétude partielle ou totale, cf. tableau du § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

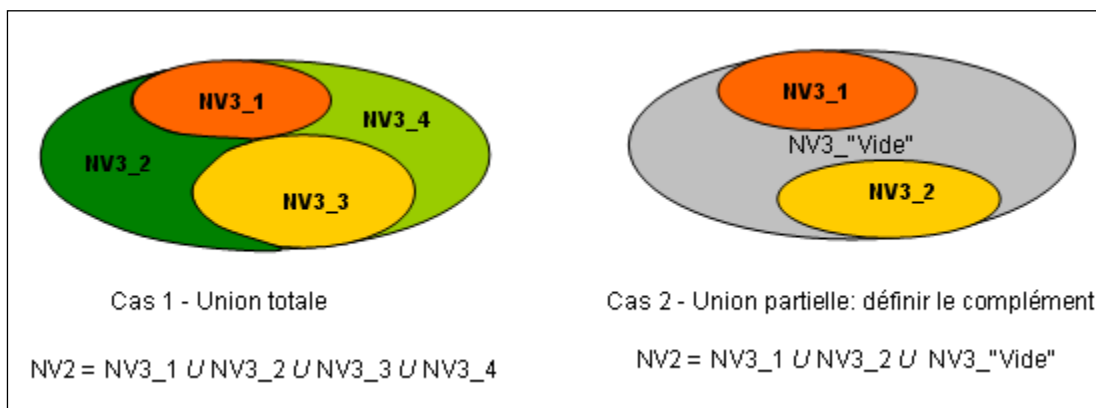


Illustration 5 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3

3.2. PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION

3.2.1. Identification et cadrage hydrogéologique général

Le cadrage hydrogéologique consiste à identifier les grandes entités hydrogéologiques de niveau national et régional dans le secteur d'étude. Les tests de découpage réalisés lors de la phase méthodologique d'élaboration du référentiel (rapport BRGM RP-53127, 2004) ont permis de dresser une première liste des entités aux niveaux 1 et 2, liste qui a été parfois complétée, voire modifiée, dans la phase de construction du référentiel.

3.2.2. De l'analyse des cartes géologiques au tableau multi-échelles

1) Analyse des cartes géologiques

Le découpage des entités hydrogéologiques **nécessite d'abord un recours aux cartes géologiques au 1/50000**. Lors de la construction du référentiel, celles-ci n'étaient pas toutes harmonisées (les formations géologiques ne sont pas toujours "jointives" d'une carte à une autre et peuvent être identifiées par des noms différents), un important travail d'harmonisation préalable a parfois été nécessaire (Aquitaine, Pays de Loire). **La délimitation proprement dite (création de contours) s'effectue ensuite sur des critères lithologiques et hydrogéologiques.**

2) Constitution de la base de données associée au référentiel

Cette base intègre tous les éléments numérisés nécessaires au travail de délimitation: cartes géologiques (vecteurs et rasters), référentiel hydrographique (BD-Carthage), forages avec logs descriptifs, masses d'eau, version 1 du référentiel,

3) Rattachement des entités hydrogéologiques aux formations géologiques affleurantes

Il s'agit d'établir une correspondance stricte entre ces entités hydrogéologiques et les formations géologiques des cartes au 1/50 000. Très généralement, cette première liste a été revue et complétée.

4) Correspondance entre les formations géologiques décrites dans les "logs géologiques" et les formations des cartes géologiques

Cette étape nécessite l'extraction des logs géologiques de la Banque de Données du Sous-Sol et leur analyse. Elle est nécessaire à la délimitation des entités sous couverture.

La difficulté est de parvenir à une correspondance stricte entre les formations géologiques des cartes et les formations nommées dans les logs géologiques (appellation locale).

Dans les cas d'absence de correspondance stricte, il faut rechercher la solution hydrogéologiquement et stratigraphiquement la plus acceptable.

5) Construction du tableau multi-échelles

Une trentaine de tableaux multi-échelles (TME) ont été construits (par région, parfois par département). Le TME est l'aboutissement des étapes précédentes : il hiérarchise les découpages réalisés aux trois échelles, nationale, régionale et locale.

3.2.3. Individualisation de l'alluvial

Le thème "alluvial" comprend l'ensemble des dépôts de plaine alluviale et le cas échéant les terrasses lorsqu'elles sont connectées hydrauliquement aux cours d'eau.

A l'exception de la plaine alluviale du Rhin, les alluvions sont intégrées dans une couche particulière du modèle de gestion (une "**surcouche**", cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Dans le "projet national", il n'y a pas eu, au stade actuel de développement du référentiel, de différenciation entre parties aquifères et non aquifères. Les systèmes alluvionnaires ont été extraits des cartes géologiques au 1/50 000 et sont maintenues inchangés dans leurs contours quel que soit le niveau (NV1, NV2 ou NV3).

Dans le "projet Rhône-Méditerranée et Corse ", les parties aquifères des alluvions ont été individualisées. Une notion d'enjeu leur est affectée.

Remarques :

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

Les terrasses alluviales dites anciennes, peu aquifères et non connectées aux cours d'eau, ne sont pas prises en compte dans le thème alluvial.

3.2.4. Découpage des entités

Ce travail se fait avec un SIG (MapInfo ou ArcGis), entité par entité, à l'aide des données numérisées intégrées dans le SIG : en particulier les affleurements des formations géologiques, les logs des forages (pour la partie sous couverture), des cartes piézométriques. D'autres documents sont aussi exploités pour préciser les contours en profondeur (synthèses hydrogéologiques, rapports d'études, ...).

Dans le bassin Rhône-Méditerranée, de nombreuses cartes géologiques n'étant pas numérisées lors du démarrage du projet, un important travail de délimitation sur calques a été entrepris.

3.2.5. Passage au modèle de gestion du référentiel

Les tables (MapInfo ou ArcGis) contenant les contours numérisés des entités (une table par entité) sont assemblées par le modèle de gestion du référentiel qui contrôle la cohérence topologique de l'ensemble (pas de recouvrement d'entités de même ordre relatif, pas de lacunes spatiales, ...). Les artefacts manifestes de découpage sont corrigés automatiquement mais des anomalies significatives peuvent être détectées nécessitant une vérification plus poussée et un retour aux tableaux multi-échelles. Plusieurs passages peuvent être nécessaires.

3.2.6. Organigramme

La démarche générale de délimitation des entités est résumée par .

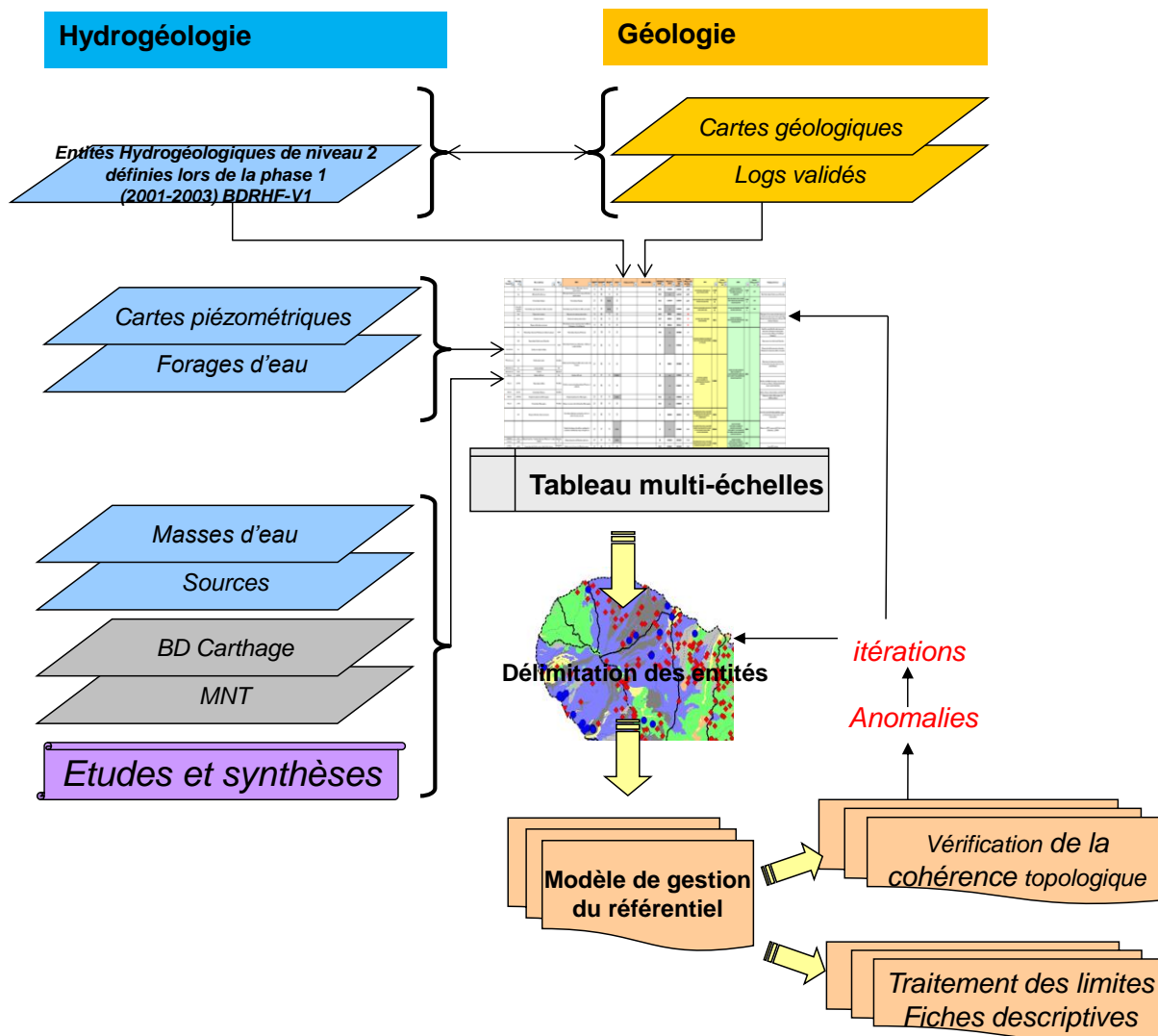


Illustration 6 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.

4. Mise en œuvre du découpage en Martinique

4.1. DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Les données et documents utilisés pour mettre en œuvre le découpage sont les suivants :

- La carte géologique vectorisée de la Martinique au 1/50 000.
- La base de données issue du SIGESMAR 2007 et dont la structure est la suivante :
 - ◆ Unités constitutives d'aquifères de niveau 1 à 5 (avec base de données associée)
 - ◆ Forages réinterprétés (avec base de données associée)
 - ◆ Failles (selon la carte géologique)
 - ◆ Surcharges structurales géologiques (selon la carte géologique)
 - ◆ Altération anchi-métamorphique et hydrothermale (selon la carte géologique)
 - ◆ Rivières permanentes
 - ◆ Sources non thermales
 - ◆ Sources thermales
 - ◆ Cartes piézométriques existantes (Saint Pierre, Lamentin)
 - ◆ Pluie (grille avec maillage d'1km²)
 - ◆ ETP (grille avec maillage d'1km²)
 - ◆ ETR (grille avec maillage d'1km²)
 - ◆ Pluie efficace (grille avec maillage d'1km²)
 - ◆ Unités régionales, avec base de données associée et notamment ressource potentiellement exploitable en m³/jour, nombre de forages par classe de débits réalisable par unité.
- Les polygones des masses d'eau souterraines
- Les informations collectées dans la bibliographie et dans les différentes synthèses hydrogéologiques.

4.2. ÉLABORATION DU TABLEAU MULTI-ÉCHELLES

Le tableau multi-échelle (Illustration 7) a été réalisé à partir des informations citées ci-dessus. Il intègre les niveaux d'identification 2 et 3, le niveau 1 correspondant à la Martinique dans son ensemble. Au total ont été identifiées **39 unités de niveau local (NV3)**, **8 systèmes régionaux (NV2)** et 3 groupes d'entités complémentaires.

Niveau local/national						Niveau régional/ANZ						Niveau national/ANZ					
RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MLIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	N1_RHF_NATURE				
972A01	Formations des nûes ardentes récentes	10	3	2	5	1	5	972A4	Formations volcaniques de la Montagne Pelée	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A03	Formations des domes de lavas massives	20	3	3	5	6	5	972A6	Formations volcaniques de la Montagne Pelée	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A05	Formations des nûes ardentes de type Saint-Vincent	30	3	2	5	1	5	972A8	Formations volcaniques de la Montagne Pelée	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A07	Agiles varvées du paléocène de Champlâtre	40	3	2	6	1	2	972AA	Formations volcaniques de la Montagne Pelée	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A09	Formations des premières nûes ardentes de l'édifice intermédiaire	50	3	2	5	1	5	972AB	Formations volcaniques de la Montagne Pelée	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A11	Grès argileux et lahars de l'édifice ancien	60	3	3	6	1	2	972AC	Formations volcaniques de l'édifice ancien de la Montagne Pelée	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A13	Coulées autodastiques dendritiques de l'édifice ancien	70	3	3	5	6	5	972AD	Formations volcaniques de l'édifice ancien de la Montagne Pelée	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A15	Laves et brèches du Mont Conil	80	3	3	5	6	5	972AE	Formations volcaniques du Mont Conil	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A17	Conglomérats de l'édifice initial du Mont Conil	90	3	3	6	1	2	972AF	Formations volcaniques du Mont Conil	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A19	Andésites de l'édifice initial du Mont Conil	100	3	3	5	6	5	972AG	Formations volcaniques du Mont Conil	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A21	Conglomérats des pitons du Carbet	110	3	3	6	1	2	972AH	Formations volcaniques des pitons du Carbet	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A23	Dômes et coulées épanchées et droites des pitons du Carbet	120	3	3	5	6	5	972AI	Formations volcaniques des pitons du Carbet	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A25	Conglomérats et lahars de la première phase des pitons du Carbet	130	3	3	6	1	2	972AJ	Formations volcaniques des pitons du Carbet	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A27	Formations des pyroclastiques de la première phase des pitons du Carbet	140	3	2	5	1	5	972AK	Formations volcaniques des pitons du Carbet	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A29	Formations des lavas de fort de France et du Carbet ancien	150	3	3	5	6	5	972AL	Formations volcaniques des pitons du Carbet	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A31	Andén et de la seconde phase du Morne Jacob	160	3	3	6	1	2	972AM	Formations volcaniques des pitons du Carbet	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A33	Formations des pyroclastiques de l'édifice ancien du Carbet	170	3	2	5	1	5	972AN	Formations volcaniques des pitons du Carbet	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A35	Formations des lavas du Morne Larcher et du cycle éruptif des Roches Genty	180	3	3	5	6	5	972AO	Formations volcaniques du Morne Larcher et des Roches Genty	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A37	Formations des andésites	190	3	3	5	7	5	972AP	Formations volcaniques du Morne Larcher et des Roches Genty	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A39	Formations des andésites	200	3	3	5	6	5	972AQ	Formations volcaniques du Morne Jacob	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A41	Laves du Morne Jacob	210	3	3	6	1	2	972AR	Formations volcaniques du Morne Jacob	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A43	Laves du Morne Jacob	220	3	3	5	6	5	972AS	Formations volcaniques du Morne Jacob	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A45	Hydroclastiques du Morne Jacob	230	3	3	5	7	5	972AT	Formations volcaniques du Morne Jacob	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A47	Formations des lavas de fort de France et du Carbet ancien	240	3	3	6	7	2	972AU	Formations volcaniques du Morne Jacob	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A49	Laves du Morne Pavillon	250	3	3	5	6	5	972AV	Formations volcaniques du sud	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A51	Breches et tûs du volcanisme fissural du sud Martiniquais	260	3	3	5	7	5	972AW	Formations volcaniques du sud	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A53	Laves de la Rivière Salée - 1 ^{er} Luce et de l'épisode final de la Montagne Pelée	270	3	3	5	6	5	972AX	Formations volcaniques du sud	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A55	Tuffites, hydroclastiques et conglomérats du Vaudain et de Sainte Luce	280	3	3	5	7	5	972AY	Formations volcaniques du sud	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A57	Laves de Rivière Pilote	290	3	3	5	6	5	972AZ	Formations volcaniques du sud	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A59	Breches et conglomérats de Rivière Pilote	300	3	3	5	7	5	972BA	Formations volcaniques du sud	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A61	Laves de Rivière Pilote et du Vaudain	310	3	3	5	6	5	972BB	Formations volcaniques du sud	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A63	Hydroclastiques et tuffites calcaires de Vaudain-Pirault	320	3	3	5	7	5	972BC	Formations volcaniques du sud	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A65	Laves de Vert-Pic et du François	330	3	3	5	6	5	972BD	Formations volcaniques du sud	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A67	Hydroclastiques, conglomérats et calcaires du François	340	3	3	5	7	5	972BE	Formations volcaniques du sud	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A69	Calcaires de Sainte Anne	350	3	2	5	3	2	972BF	Formations volcaniques de Sainte-Anne et du complexe de base	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A71	Laves de Sainte Anne	360	3	3	5	6	5	972BG	Formations volcaniques de Sainte-Anne et du complexe de base	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A73	Laves de Fond-Moutique	370	3	3	5	7	5	972BH	Formations volcaniques de Sainte-Anne et du complexe de base	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A75	Andésites du complexe de base	380	3	3	5	7	5	972BI	Formations volcaniques de Sainte-Anne et du complexe de base	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				
972A77	Hydroclastiques du complexe de base	390	3	3	5	7	5	972BJ	Formations volcaniques de Sainte-Anne et du complexe de base	3	972	Grand système aquifère volcanique de Martinique	1				

Illustration 7 – Tableau multiéchelle de la Martinique

Entités complémentaires

Les entités complémentaires correspondent aux formations alluvionnaires ou à des formations peu épaisses et/ou de faible extension spatiale.

Les formations suivantes ont ainsi été classées en entités complémentaires :

- ❖ Les mangroves et/ou colluvions au sein de la surcouche SC972A1.
- ❖ Les alluvions récentes et anciennes au sein de la surcouche SC972A2.
- ❖ Les coulées de ponces récentes de la Pelée P1, P2, P3, P4, P5 et P8 au sein de la surcouche SC972A3.

A noter que les formations superficielles de type éboulis, sable de plage et argiles rouges n'ont pas été intégrées au référentiel compte tenu de leur très faible extension géographique et de leur faible rôle hydrogéologique.

Au niveau national, seules les alluvions sont retenues comme couches complémentaires.

4.3. DÉCOUPAGE DES ENTITÉS

4.3.1. Système aquifère de la Montagne Pelée

Ce système aquifère volcanique est caractérisé par la présence de nappes libres circulant dans un milieu poreux (porosité d'interstice). Il regroupe l'ensemble des formations géologiques de l'édifice récent et intermédiaire de la Montagne Pelée, mises en place depuis 40 000 ans.

Ce système aquifère est découpé en quatre unités aquifères volcaniques et une unité semi-perméable sédimentaire. Les unités aquifères sont majoritairement caractérisées par la circulation de nappes libres dans des milieux poreux, sauf la petite unité aquifère des dômes de laves massives. Cette unité a été volontairement réduite à une seule formation géologique (notée « D » sur la carte géologique) car son extension sous recouvrement est mal circonscrite (très peu de données étant disponible) et que sa place stratigraphique reste indéfinie. Ainsi, la mise à jour du référentiel à l'occasion de nouvelles investigations réalisées sur cette formation sera aisée sans remettre en cause le découpage global. L'unité semi-perméable est quant à elle caractérisée par la présence d'une nappe captive au sein d'un milieu globalement poreux, constitué par les argiles varvées et tourbes du paléo-lac de Champflore.

Il est à noter que ces unités aquifères ne sont pas caractérisées par la présence d'une seule nappe, mais par de multiples nappes d'extension latérale limitée, circulant généralement dans l'axe d'anciennes paléo-vallées comblées par les nuées ardentes et/ou les coulées de ponces.

4.3.2. Système aquifère de l'édifice ancien de la Montagne Pelée

Ce système aquifère volcanique regroupe les formations géologiques de l'édifice ancien (200 000 à 300 000 ans). Il est découpé en deux unités de niveau 3 : une unité semi perméable à porosité d'interstice et une unité aquifère à porosité de fissures et de fractures.

Remarque

Les nappes des unités aquifères et semi-perméables sont qualifiées de « libres et captives » (champ "Etat") car, selon le secteur géographique et le niveau de superposition de l'unité, la nappe sera soit libre, soit captive. D'autre part, même quand elles sont d'ordre 1, l'état des nappes pourra dépendre du degré d'altération de la formation. Enfin, aucun forage n'existe au

sein de ces formations pour pouvoir délimiter les secteurs ou les nappes sont libres et les secteurs ou elles sont captives.

4.3.3. Système aquifère du Mont Conil

Ce système aquifère volcanique regroupe les formations géologiques du volcanisme du *Mont Conil* (300 000 à 500 000 ans). Il est découpé en trois unités de niveaux 3 : deux unités aquifères volcaniques constituées de laves fissurées et fracturées, séparées par une unité semi-perméable sédimentaire à porosité d'interstice.

Les caractéristiques hydrogéologiques de ce système sont mal connues : aucun forage n'y a été réalisé et il est situé dans une zone peu accessible et pentue, recouverte de forêt tropicale dense et parcouru par un seul sentier de randonnée.

Pour la caractérisation du type de nappe ("libre", "captive", "libre et captive"), voir remarque ci-dessus.

4.3.4. Système aquifère des pitons du Carbets

Ce système aquifère volcanique regroupe les formations géologiques liées au volcanisme des Pitons du Carbet (300 000 ans à 2.2 millions d'années). Il est découpé en sept unités de niveau 3 : 3 unités semi-perméables sédimentaires à porosité d'interstice, constituée par des conglomérats et lahars, 2 unités aquifères volcaniques à porosité de fissures et de fractures, constituées de dômes et de coulées de laves et 2 unités aquifères volcaniques à porosité d'interstice dans lesquelles circulent des nappes libres, constituées essentiellement de pyroclastites (coulées de ponces et de nuées ardentes).

Pour la caractérisation du type de nappe ("libre", "captive", "libre et captive"), voir remarque ci-dessus.

4.3.5. Système aquifère du Morne Larcher et des Roches Genty

Ce système aquifère volcanique regroupe les formations géologiques du Plio-Pléistocène de la presqu'île des Trois-Îlets à savoir les formations de l'axe volcanique Pointe Burgos – rocher du Diamant (700 000 ans à 1 million d'années) et du cycle éruptif des Roches–Genty et du Morne Réduit (2 à 5.5 millions d'années). Il est découpé en deux unités aquifères volcaniques, la première étant caractérisée par un milieu poreux fracturé et la seconde par un milieu fissuré et fracturé.

Pour la caractérisation du type de nappe ("libre", "captive", "libre et captive"), voir remarque ci-dessus.

4.3.6. Système aquifère du Morne Jacob

Ce système aquifère volcanique regroupe les formations géologiques associées au volcan bouclier du Morne Jacob (2 à 5.5 millions d'années) ainsi que les formations volcano-sédimentaires l'ayant précédé (5.5 à 6.5 millions d'années). Il est découpé en cinq unités de niveaux 3 : deux unités aquifères volcaniques constituées de laves fissurées et fracturées, séparées par une unité semi-perméable sédimentaire constituée de conglomérats et de lahars. La dernière unité aquifère est constituée par les hyaloclastites ¹H (milieu poreux et fracturé) qui sont considérée comme le substratum de ce massif volcanique. Enfin, ce système aquifère se termine par une unité semi-perméable sédimentaire constituée de formations volcano-sédimentaires (milieu poreux et fracturé).

Pour la caractérisation du type de nappe ("libre", "captive", "libre et captive"), voir remarque ci-dessus (§ 4.5.2.).

4.3.7. Système aquifère du Sud

Ce grand système aquifère volcanique regroupe les formations géologiques de la chaîne volcanique sous-marine de Vauclin-Pitault (5.5 à 18.6 millions d'années). Il est découpé en dix unités aquifères de niveaux 3, répartie principalement en fonction de leur porosité : milieu poreux et fracturé pour les brèches, tufs, hyaloclastites et conglomérats, milieu karstique pour la petite formation calcaire et milieu fissuré et fracturé pour les laves.

Pour la caractérisation du type de nappe ("libre", "captive", "libre et captive"), voir remarque ci-dessus (§ 4.5.2.).

4.3.8. Système aquifère de Sainte Anne et du complexe de base

Ce système aquifère volcanique regroupe les formations géologiques de la série volcanique de Ste Anne (15.5 à 22 millions d'années) et du complexe de base (22 à 24.5 millions d'années). Il est découpé en une unité sédimentaire constituée des formations calcaires de Ste Anne, à perméabilité principalement karstique et quatre unités aquifères, répartie principalement en fonction de leur porosité : milieu poreux et fracturé pour les tufs et hyaloclastites, et milieu fissuré et fracturé pour les laves.

Pour la caractérisation du type de nappe ("libre", "captive", "libre et captive"), voir remarque ci-dessus (§ 4.5.2.).

4.4. PARTICULARITÉS DU DÉCOUPAGE

4.4.1. Déterminisme géologique

Chaque unité aquifère ou semi-perméable regroupe un certain nombre de formations géologiques superposées, regroupées car elles présentent un ensemble de caractéristiques communes. C'est le cas notamment des différents types de laves, de hyaloclastites ou de nuées ardentes. Ce regroupement implique qu'au sein d'une même unité aquifère puissent exister différentes nappes déconnectées les unes des autres, car le mode de mise en place de ces coulées a créé un certain nombre d'interface imperméables (non cartographiées et très souvent hétérogènes et discontinues).

4.4.2. Continuité hydraulique

De nombreuses unités aquifères ou semi-perméables sont disjointes, et de ce fait ne présentent pas de continuité hydraulique. D'autre part, compte tenu de leurs extensions géographiques, certaines de ces unités se trouvent au sein de masses d'eau différentes. Une réflexion devra donc être menée afin de rendre cohérents les 2 référentiels (masses d'eau et BDLISA).

4.4.3. Découpage par bassins versants

Le découpage par bassins versants n'a pas été réalisé mais la question doit être posée de son éventuelle pertinence. Il permettrait notamment de résoudre les éventuels problèmes liés à l'absence de continuité hydraulique au sein de certaines unités de niveau 3, mais entraînerait en contrepartie une multiplication du nombre d'entité de niveau 3.

Par exemple 24 grands bassins versants hydrogéologiques ont été identifiés par Vittecoq et al., (2007) et ont été considérés comme des « unités régionales » pour lesquels des bilans ont été réalisés. Le découpage automatique des 39 unités de niveau 3 par ces 24 bassins versants pourrait donc être réalisé (par l'utilisateur par exemple) si le besoin s'en fait sentir lors de l'usage de ces différents référentiels. On pourra ainsi parler de l'unité aquifère (de niveau 3) 972B3 située au sein de l'unité régionale « Pelée Nord ».

4.4.4. Limites de précision

L'échelle de restitution du découpage en unité de niveau 3 est le 50 000^{ème}, échelle de la carte géologique de Martinique (Westercamp, 1990). Deux détails sont néanmoins à prendre en compte pour mieux apprécier la précision du présent découpage. Tout le fond topographique de la carte géologique correspond à l'IGN de 1955 au 1/20 000^{ème}, ce qui n'est pas sans poser quelques problèmes de précision de localisation. De plus, la vectorisation des 2 cartes géologiques « papier » présente également une légère incertitude, les 2 cartes n'ayant pas exactement la même taille. Des re-projections ont néanmoins été réalisées pour minimiser les éventuels décalages en prenant comme repère les principaux cours d'eau.

Enfin, au niveau du trait de côte, des différences dépassant les 50 m peuvent exister localement entre le découpage « BDLISA » et le trait de côte de la BDTOPo par exemple, en raison de l'évolution des méthodes de cartographie entre la carte IGN de 1955 et les dernières versions de 2004 ou de 2007.

Proposition d'amélioration de la description du type de milieu

L'amélioration de la description du type de milieu s'est révélée nécessaire afin de prendre en compte les spécificités des formations volcaniques, car le lexique original ne permettait pas de bien différencier certaines formations.

Ainsi, certains aquifères sont constitués de coulées de laves. Selon le mode de mise en place de celles-ci, elles seront soit massives, soit fissurées. Ensuite, une porosité secondaire pourra se mettre en place, à savoir une fracturation tectonique, et les aquifères seront ainsi soit fissurés, soit fracturés, soit fissurés et fracturés. Il est ainsi nécessaire de rajouter la typologie « milieu fracturé ». Ce type de milieu pourrait également être valable pour des conglomérats ne présentant pas de perméabilité primaire en raison de la nature argileuse de la matrice, mais qui présentent une fracturation tectonique secondaire à l'origine d'une certaine perméabilité.

Le type de milieu « double porosité » doit ainsi être mieux précisé, car plusieurs types de "double porosité" peuvent être observés. Tout d'abord le type « milieu fracturé et fissuré » qui sera largement utilisé en Martinique, compte tenu du regroupement de différentes coulées de laves au sein d'une même entité aquifère. Ensuite plusieurs formations géologiques, souvent regroupées au sein d'entités semi-perméables, présentent à la fois une porosité matricielle d'origine primaire et également une porosité de fracture d'origine secondaire. Il s'agira notamment des nuées ardentes anciennes indurées, des hyaloclastites et de certains conglomérats et de certaines brèches. Le type de milieu « poreux et fracturé » a ainsi été rajouté.

Le lexique initial des types de milieu s'enrichirait ainsi des codes 6 (milieu fracturé et fissuré), 7 (milieu fracturé) et 8 (milieu poreux et fracturé) :

Type de milieu	Code
Poreux	1
Fissuré	2
Karstique	3
Double porosité : matricielle et de fissures	4
Double porosité : karstique et de fissures	5
Double porosité : de fractures et de fissures	6
Fracturé	7
Double porosité : matricielle et de fractures	8
Inconnu	0

Illustration 8 – Proposition d'amélioration de la description du type de milieu

4.4.5. Exploitabilité et probabilité

Afin de valoriser les informations disponibles dans le SIG et l'étude connexe réalisée par Vittecoq *et al.*, en 2007, deux nouvelles rubriques ont été ajoutées dans le tableau multi-échelle afin de caractériser d'une part l'exploitabilité des unités aquifères et d'autre part la probabilité de réussite de forages permettant d'exploiter la nappe à un débit optimum en leurs seins (illustration 9).

Exploitableté		Probabilité	
Code	Libellé	Code	Libellé
1	Très bonne	B	Bonne
2	Bonne	M	Moyenne
3	Moyenne	F	Faible
4	Faible		
5	Très Faible		

Illustration 9 – Caractéristiques complémentaires des entités

Aucune valeur d'exploitabilité n'est volontairement donnée, l'objectif étant principalement de réaliser une caractérisation relative et de pouvoir ainsi comparer les unités entre elles. A titre indicatif le débit d'exploitation de forages réalisés dans les unités pour lesquelles l'exploitabilité est qualifiée de « très bonne » est de l'ordre de 30 à 60 m³/h, tandis que pour ceux réalisés dans les unités à « faibles » exploitabilité il est généralement inférieur à 5 m³/h. Pour plus d'information sur les volumes potentiellement prélevables selon les secteurs géographiques, on se réfèrera au chapitre 6.2 du rapport BRGM/RP-55099-FR (Vittecoq *et al.*, 2007).

La probabilité de réussite lors de la réalisation de forages ayant pour objectif d'exploiter l'unité aquifère visée est également présentée par l'illustration 9 ; elle est répartie en 3 classes : bonne, moyenne et faible. Cette distinction est nécessaire en raison du particularisme des formations aquifères volcaniques. En effet, en milieu volcanique, une même unité aquifère, considérée globalement comme aquifère, peut comprendre des faciès perméables et d'autres peu ou très peu perméables. Il est donc nécessaire d'introduire un indice en ordre relatif permettant de refléter cette particularité.

5. Limites des entités

5.1. LIMITES HYDRAULIQUES

Les limites latérales entre une entité et ses voisines sont 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 (polylignes) sont extraites automatiquement par le modèle de gestion du référentiel et intégrées dans la géodatabase du référentiel (couche polylignes).

Comme pour la caractérisation des entités, et pour les mêmes raisons, les limites sont qualifiées uniquement au niveau 3.

Les différents types de limites prévus par le guide méthodologique de 2003 sont présentés par l'illustration 10.

5.2. NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITES

Une alternative possible à la qualification hydrodynamique d'une limite (ce n'est ni toujours possible, faute d'information, ni évident sachant qu'un « arc limite » peut lui même être subdivisé en limites de plusieurs types) consiste à définir plutôt **la nature des contacts entre entités**. (aquifère/aquifère, aquifère/domaine...).

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

Si l'on convient de ne distinguer à ce niveau 3 que les aquifères (notation A) et les domaines (notation 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 (en fait, certaines sont bien sûr 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, il est possible dans certains cas de rattacher un type de limite (exemples fournis dans le tableau de l'illustration 11).

Dans cette première version du référentiel seule la nature des contacts a été intégrée à la géodatabase.

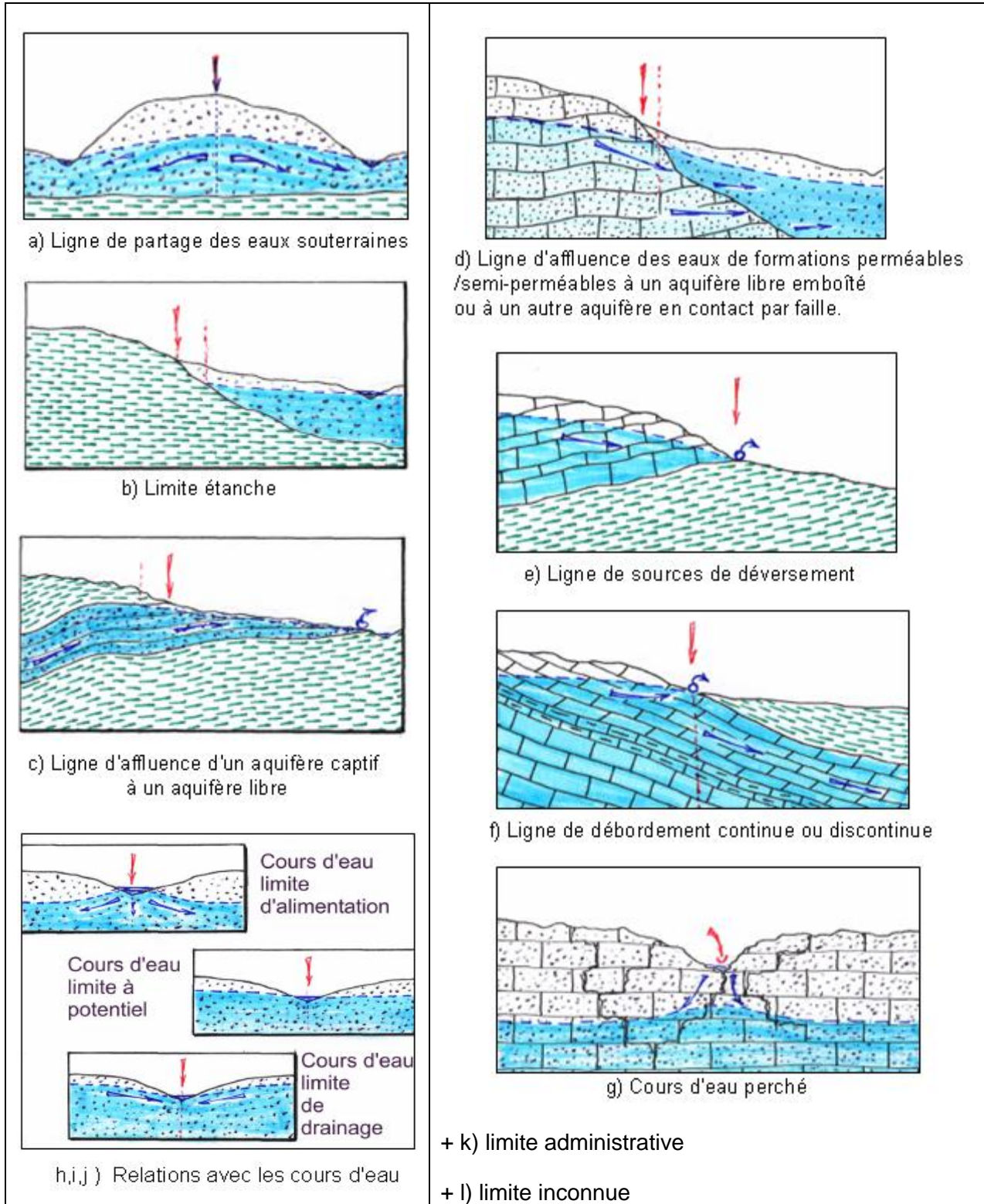


Illustration 10 - Types de limites possibles entre entités.

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

Illustration 11 - Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques.

6. Outil de construction du référentiel

L'assemblage des entités, après numérisation des contours, a été réalisé à l'aide d'un outil développé sous ArcGis et appelé "**modèle de gestion du référentiel**". Ce modèle contrôle aussi la cohérence topologique de l'assemblage 3D et détecte les anomalies.

Tous les assemblages régionaux ont été traités avec ce modèle de gestion. Après traitements, une géodatabase est construite avec un "menu utilisateur" facilitant la visualisation des contours des entités aux différents niveaux du référentiel, la visualisation des différents ordres relatifs et permettant un contrôle supplémentaire du découpage réalisé.

6.1. GÉODATABASE

Il s'agit d'une géodatabase ArcGis (version 9.31). Elle contient la table des polygones représentant les « **Entités principales** » et la table des polygones représentant les limites des entités d'ordre 1 (pour les entités NV3 uniquement).

Ces 2 tables (**RHF_Polygones relatifs** et **RHF_Limites**) sont rangées dans un « jeu de classes d'entités » (dans le langage ArcGis) appelé « **GEOMETRIE** » (Illustration 12).

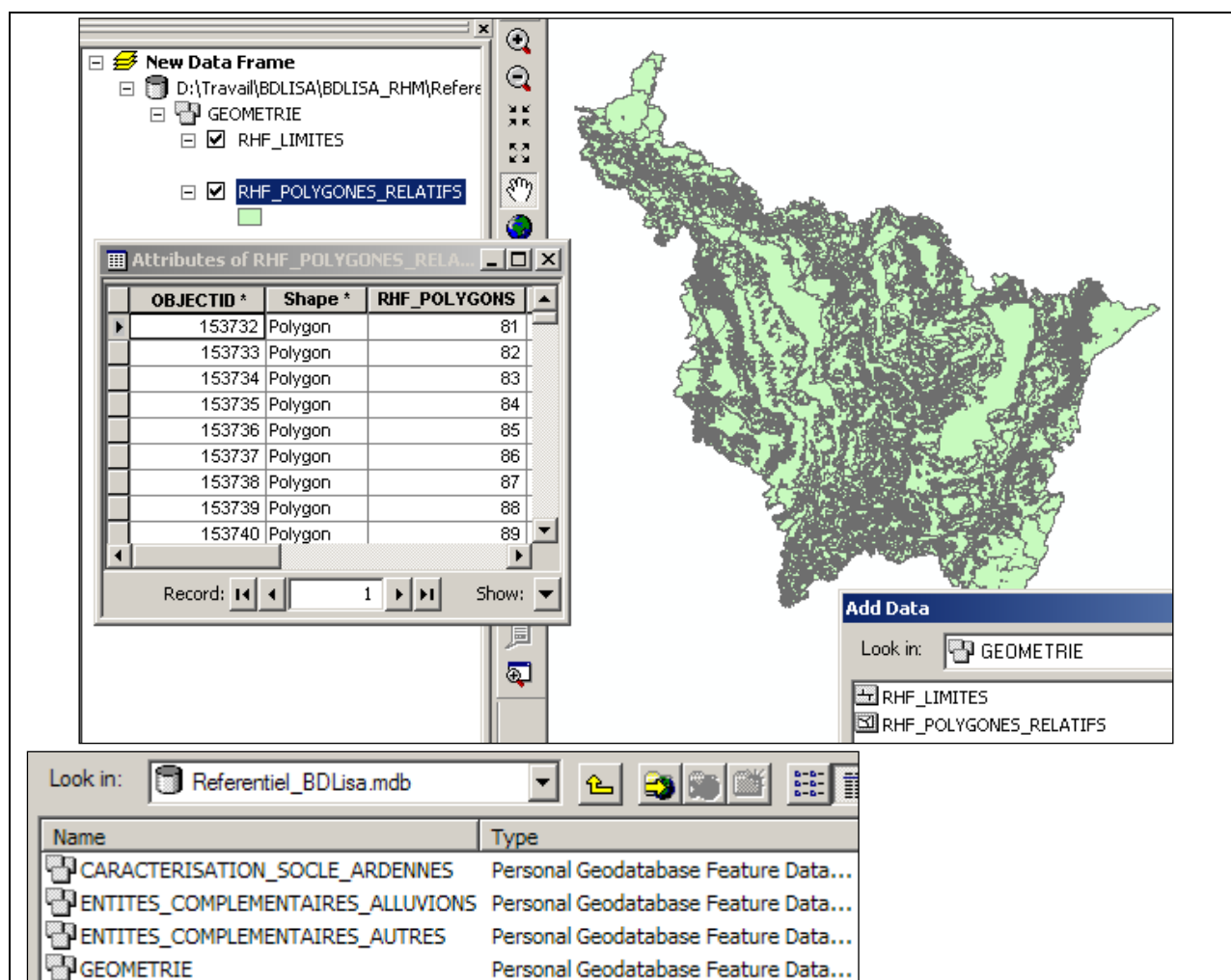


Illustration 12 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.

Outre les « Entités principales », la géodatabase comprend :

- les « **Entités complémentaires** » (partie inférieure de l'illustration 12) scindées en 2 classes, pour séparer les systèmes alluvionnaires des autres « entités complémentaires » (disjointes, morcelées et/ou locales) ;
- la caractérisation lithologique des entités du socle des Ardennes.

Elle contient aussi d'autres tables, sans géométrie associée (BDRHF_Table_Murs, BDRHF_Table_Toits, BDRHF_Table_Ordres,...illustration 13).

CHAMP *	CODE *	VALEUR
2 CONTACT	DAAA	Aquifère-Domaine/Aquifère-Aquifère
3 CONTACT	DAAD	Aquifère-Domaine/Aquifère-Domaine
4 CONTACT	DADA	Aquifère-Domaine/Aquifère-Domaine
5 CONTACT	DADD	Aquifère-Domaine/Domaine-Domaine
6 CONTACT	DD	Domaine-Domaine/Domaine-Domaine
7 CONTACT	DDAA	Domaine-Domaine/Aquifère-Aquifère
8 CONTACT	DDAD	Domaine-Domaine/Aquifère-Domaine
9 CONTACT	DDDA	Domaine-Domaine/Aquifère-Domaine
10 CONTACT	DDDD	Domaine-Domaine/Domaine-Domaine
11 ETAT	1	Nappe captive
2 ETAT	2	Nappe libre
3 ETAT	3	Nappe libre et captive
4 ETAT	4	Alternativement libre puis captive
5 LIMITE	A	Ligne de partage des eaux souterraines
6 LIMITE	B	Limite étanche
7 LIMITE	C	Ligne d'affluence d'un aquifère captif à un
8 LIMITE	D	Ligne d'affluence des eaux de formations
9 LIMITE	E	Ligne de sources de déversement
10 LIMITE	F	Ligne de débordement continue ou discon

Illustration 13 - Tables non géométriques de la géodatabase.

La structure de la géodatabase est conforme à celle d'un Système de Gestion de Base de Données Relationnelle (SGBDR). Son exploitation est facilitée par une boîte à outils pilotée par un menu général (Illustration 14).

UserForm1 Version 1.0

BDLISA

Choix d'une entité pour un niveau d'analyse

Niveau local Niveau régional Niveau national

Entité: 119A01

Par son emprise Par ses limites

Fiche PDF Exporter

Niveau local

Représenter les formations du toit Représenter les formations du mur

Choix d'un ordre de recouvrement (1-affleurant)

Pour le niveau local représenter l'ordre de recouvrement 1 OK

Affichage des limites affleurantes

Représenter les limites affleurantes du niveau courant Limites de niveau

Illustration 14 - Interface utilisateur de la géodatabase.

L'illustration 15 présente un exemple de sélection d'entité effectuée à partir du menu de l'illustration 14 ci-dessus ("*Représenter l'entité par son emprise*").

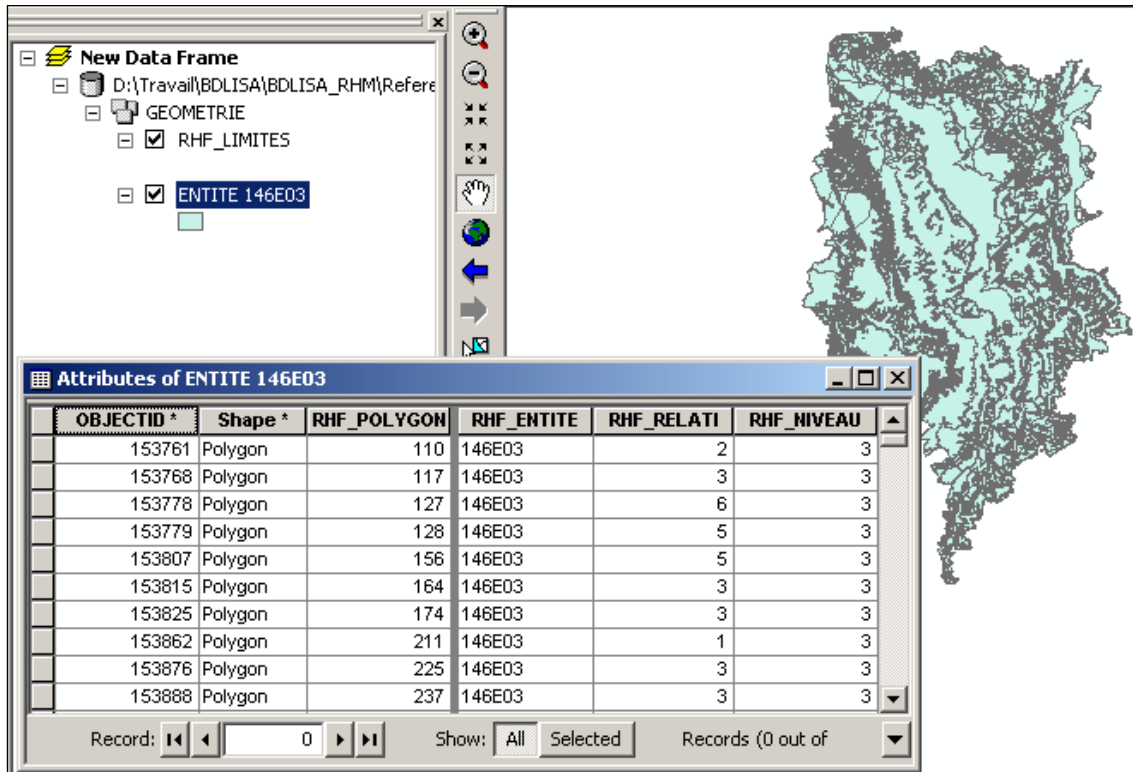
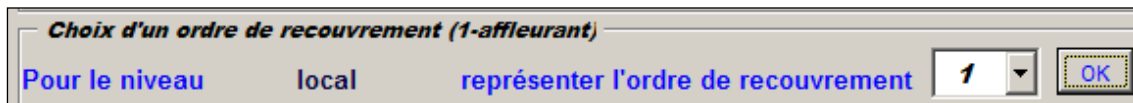


Illustration 15 : Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.

La table attributaire correspondante contient le numéro d'ordre relatif de chaque polygone constitutif de l'entité, ce qui permet de représenter celle-ci en affectant une couleur à chaque numéro d'ordre et de connaître ainsi le nombre d'entités situées au-dessus d'elle, des affleurements jusqu'à sa limite d'extension en profondeur (Illustration 16).

Il est aussi possible de sélectionner des entités d'un niveau donné (NV1, NV2, NV3) et d'un certain ordre :



L'illustration 17 présente une vue des entités de niveau 3 et d'ordre 1 (une couleur est affectée à chaque entité).

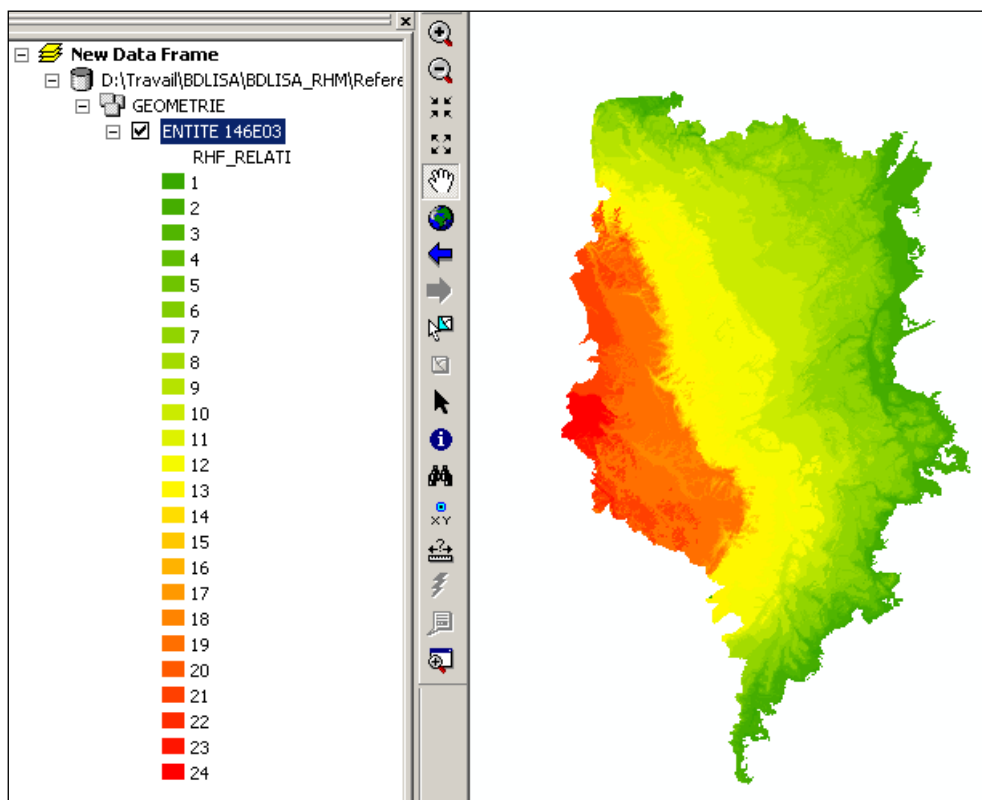


Illustration 16 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).

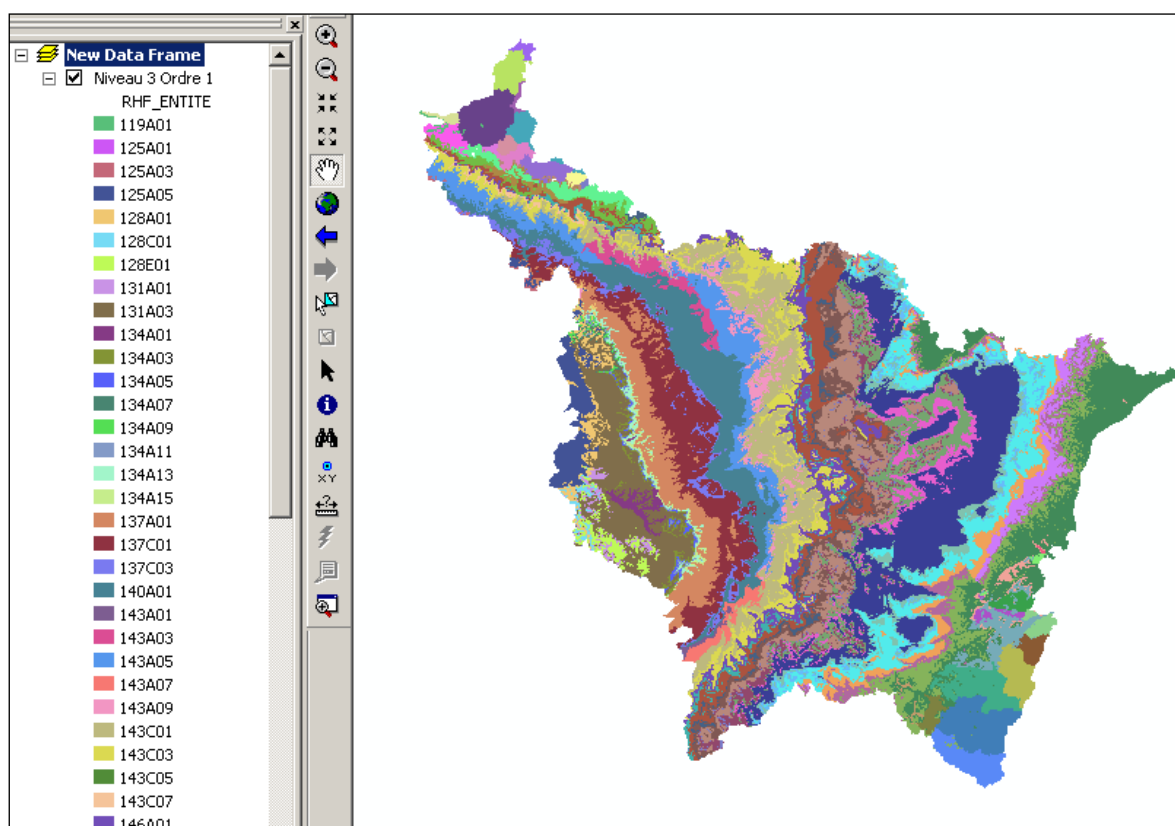


Illustration 17 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).

Limites et table de la nature des contacts

Elles sont aussi accessibles par le menu général. La table des limites contient l'identifiant des limites (champ ID_LIMITES) et l'identification des polygones situés de part et d'autre d'une limite (champs P_GAUCHE et P_DROIT).

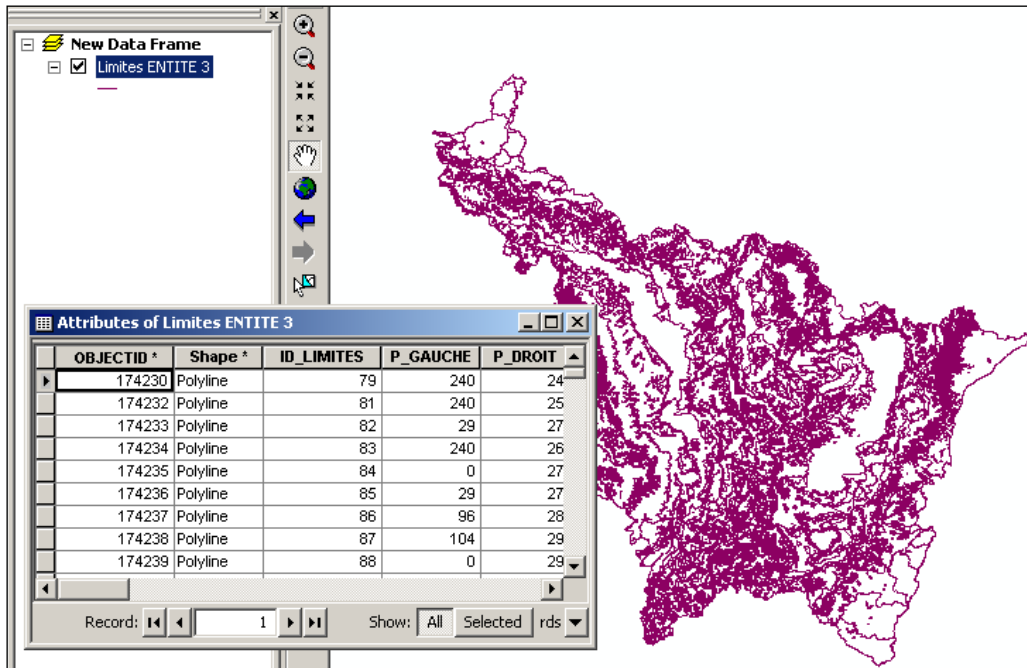


Illustration 18 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités

Cette table contient aussi la nature des contacts entre entités (illustration 19).

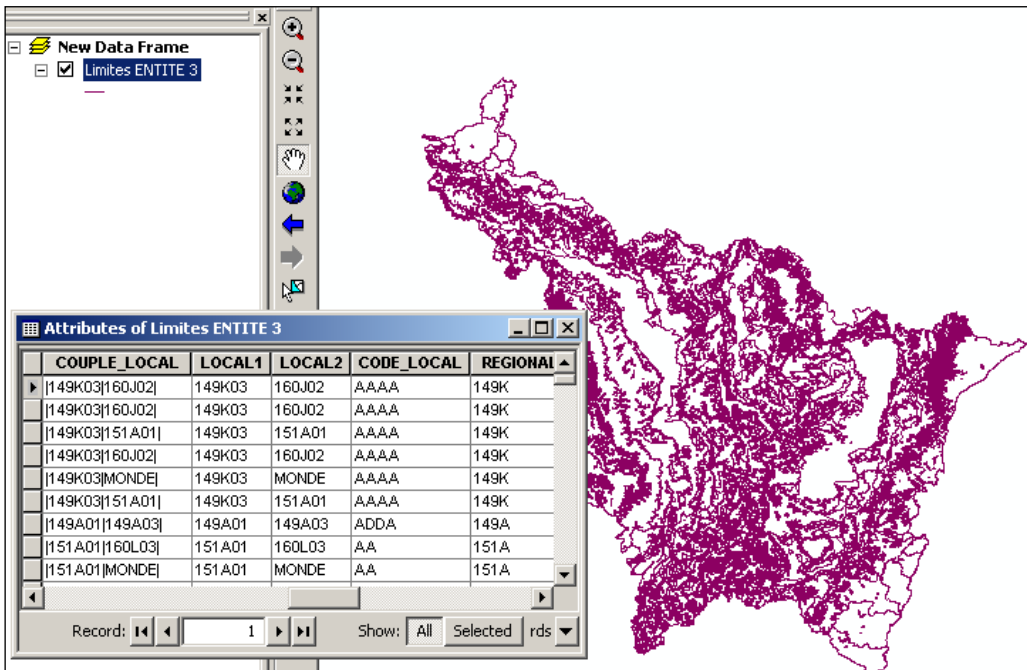


Illustration 19 - Table des limites: natures des contacts entre entités.

6.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS

Le modèle de gestion permet d'éditer automatiquement (Illustration 20) pour chaque entité une fiche au format PDF permettant d'analyser les « relations » de l'entité avec ses voisines et de vérifier la cohérence de l'assemblage 3D effectué par le modèle de gestion.

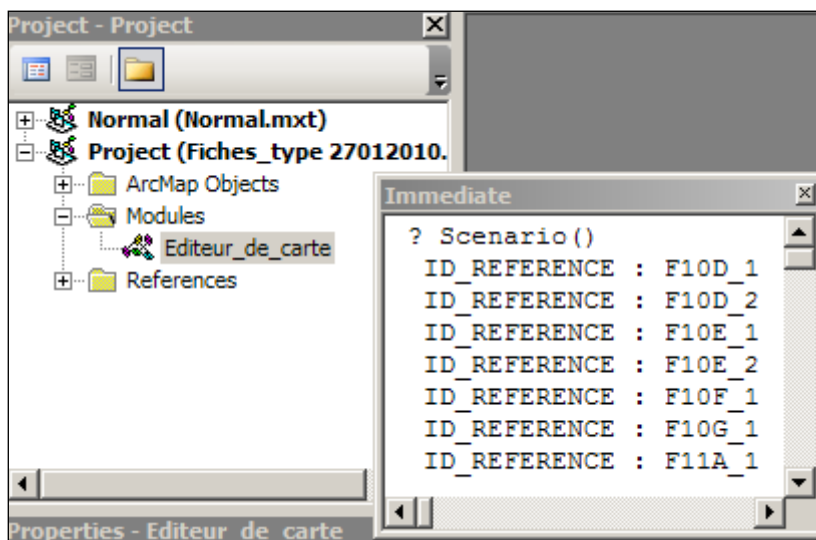


Illustration 20 : Editeur de cartes du modèle de gestion du référentiel.

Une fiche d'analyse est constituée de plusieurs blocs d'informations. L'illustration 21 et l'illustration 22 fournissent un exemple pour une entité de niveau 3 (« Calcaires à *Productylioceras*, Marnes à *Zeilleria* et Calcaires ocreux du Lias inférieur », du bassin Rhin-Meuse).

- Sur la partie droite de la fiche (Illustration 21), l'entité est représentée par une gamme de couleurs qui permet de la repérer verticalement dans la succession des couches qui la recouvrent, chaque couleur correspondant à un ordre de recouvrement.
- La carte du haut de la fiche (Illustration 22) représente l'emprise de l'entité de niveau 2 (et celle de niveau 1) à laquelle appartient l'entité de niveau 3

Remarque : une entité NV2 pouvant être uniquement le regroupement sur une verticale d'entités NV3 sus-jacentes ou sous-jacentes d'extension moindre, l'emprise NV2 peut être identique à l'emprise NV3 (il en est de même pour l'emprise NV1).

La superficie des parties affleurantes (ordre 1) et des parties sous recouvrement (ordre 2, ordre 3...), en % de la superficie totale de l'entité, est fournie dans le bloc intitulé « *Ordre / Part %* » à gauche de cette carte.

- Les blocs intitulés « *Toit* » et « *Mur* » listent les entités situées directement au-dessus de l'entité considérée (les « toits ») ainsi que les entités situées directement au-dessous (les « murs »), avec en vis-à-vis les superficies des entités constituant ces toits et murs.
- Le bloc intitulé « *Limites affleurantes de long. >1 km* » fournit la liste des entités mitoyennes de l'entité considérée (à l'ordre 1), la nature des contacts et la longueur (en km) de chaque tronçon de limite partagée.

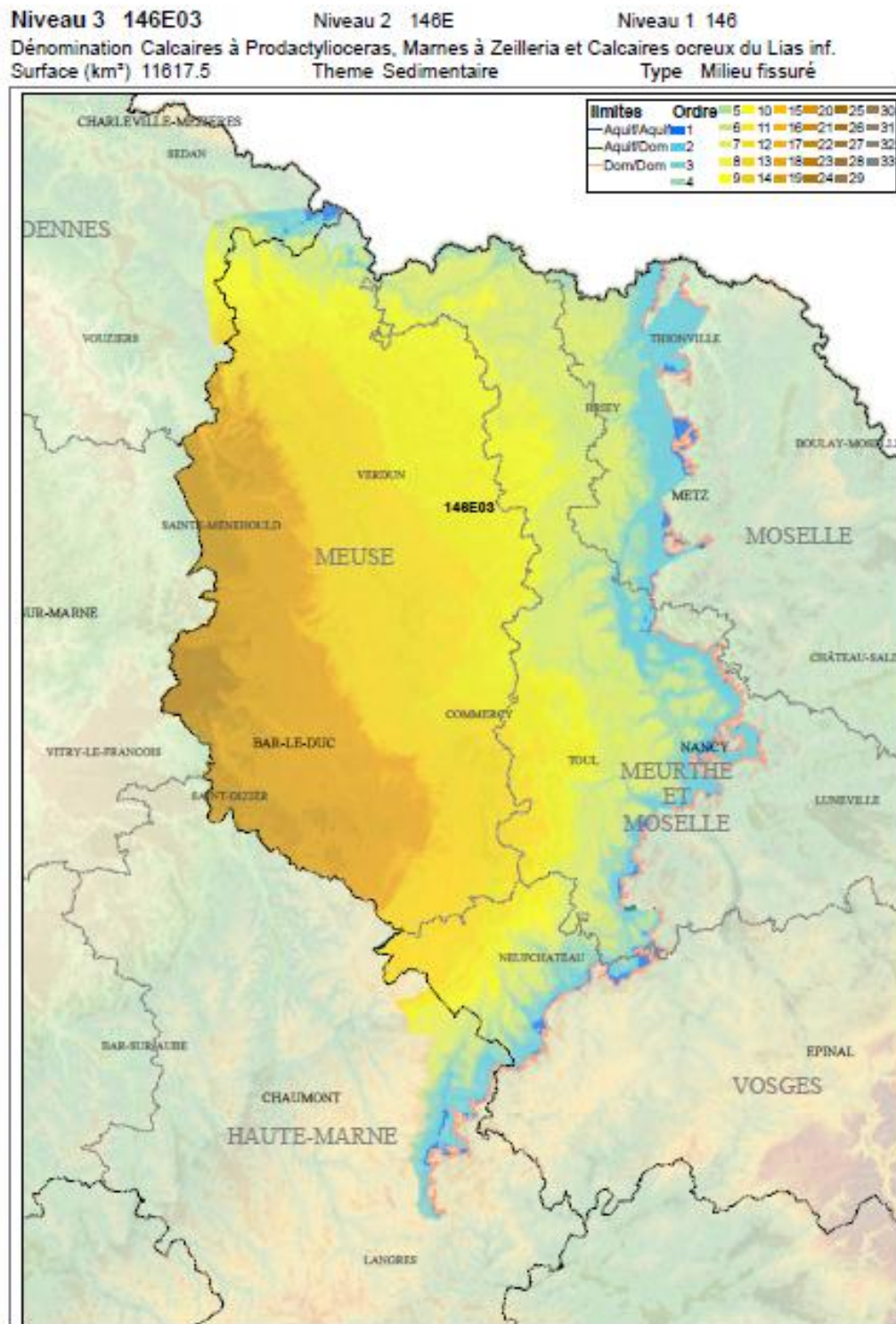


Illustration 21 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).

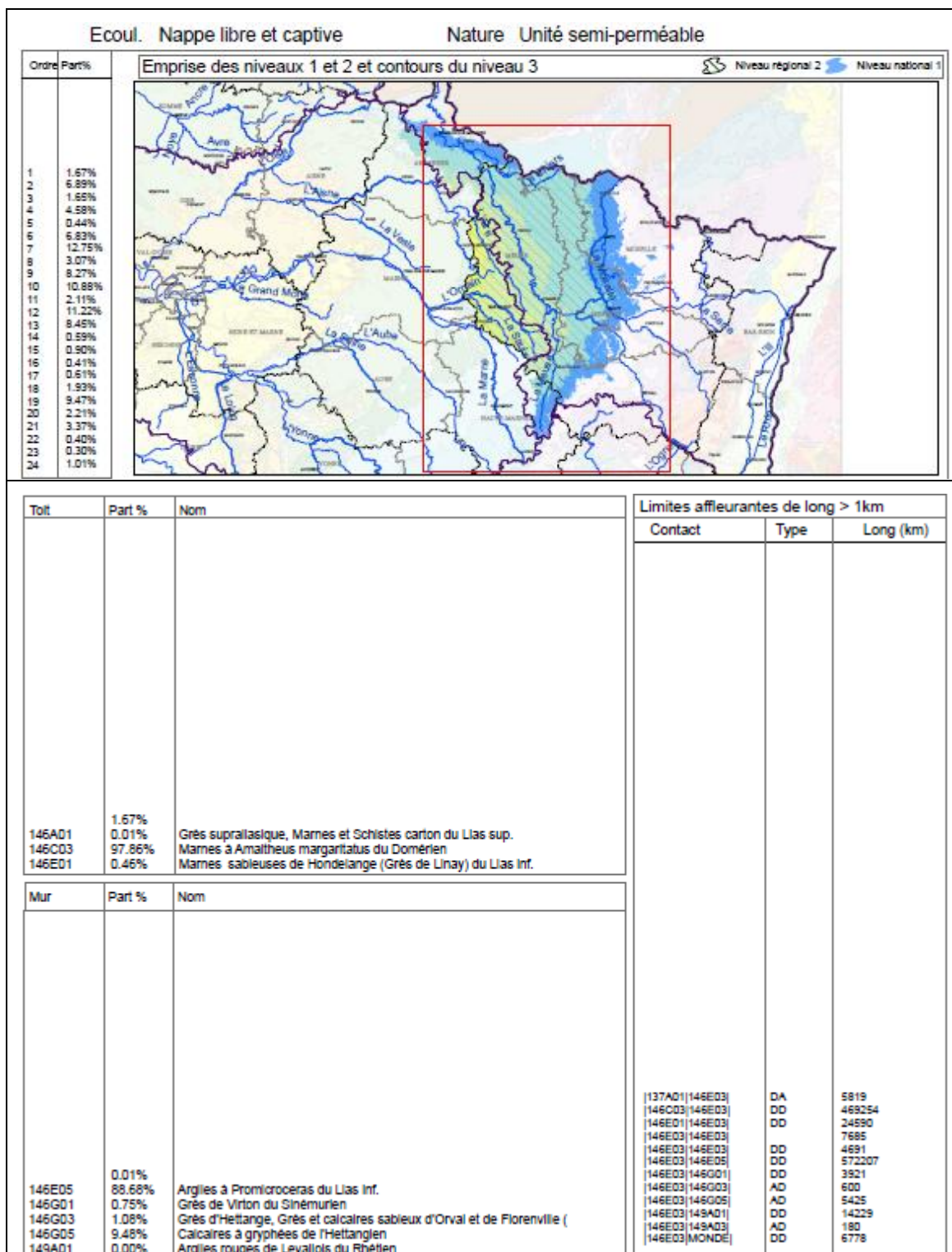


Illustration 22 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite)

7. Conclusion

Le travail réalisé en Martinique dans le cadre de l'année 4 du programme de construction du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA a permis, après élaboration d'un tableau multi-échelles (aux 3 niveaux de détail du référentiel : national, régional et local) d'identifier et de délimiter :

- ✓ 39 unités aquifères ou semi-perméables de niveau local (Niveau 3)
- ✓ 8 systèmes aquifères de niveau régional (Niveau 2)
- ✓ 1 grand système aquifère de niveau national (Niveau 1) correspondant à la Martinique dans son ensemble
- ✓ 3 groupes d'entités complémentaires :
 - Les mangroves et colluvions
 - Les alluvions récentes
 - Les coulées de ponces récentes de la Montagne Pelée

Une base de données réalisée sous ArcGis (version 9.31) rassemble toutes ces entités, leurs limites et les informations associées. Est associé à cette base de données un « modèle de gestion », à la fois outil d'analyse (vérifiant la cohérence topologique 3D de l'ensemble des entités) et outil d'accès aux entités par l'intermédiaire d'un menu permettant d'effectuer de nombreuses requêtes. Ce modèle de gestion du référentiel offre une nouvelle approche numérique de l'hydrogéologie du territoire grâce à la notion d'ordre de superposition et aux possibilités de visualisation des toits et des murs de chacune des entités hydrogéologiques délimitées

Le découpage effectué repose sur l'état des connaissances actuel, il est donc susceptible d'évoluer à l'avenir en fonction de l'actualisation des connaissances, et notamment grâce aux forages qui pourraient être réalisés.

L'articulation du découpage réalisé dans le cadre du référentiel hydrogéologique Français BDLISA avec les différents découpages, référentiel et SIG déjà existants est présentée dans l'illustration 23. Chaque outil a ainsi une place bien défini pour une aide à la gestion et à la décision adaptée aux problématiques étudiées.

Les données du référentiel BDLISA V0 peuvent être téléchargées et exportées depuis le site du Sandre (Service d'Administration Nationale des Données et Référentiels sur l'Eau) : <http://www.sandre.eaufrance.fr/>.

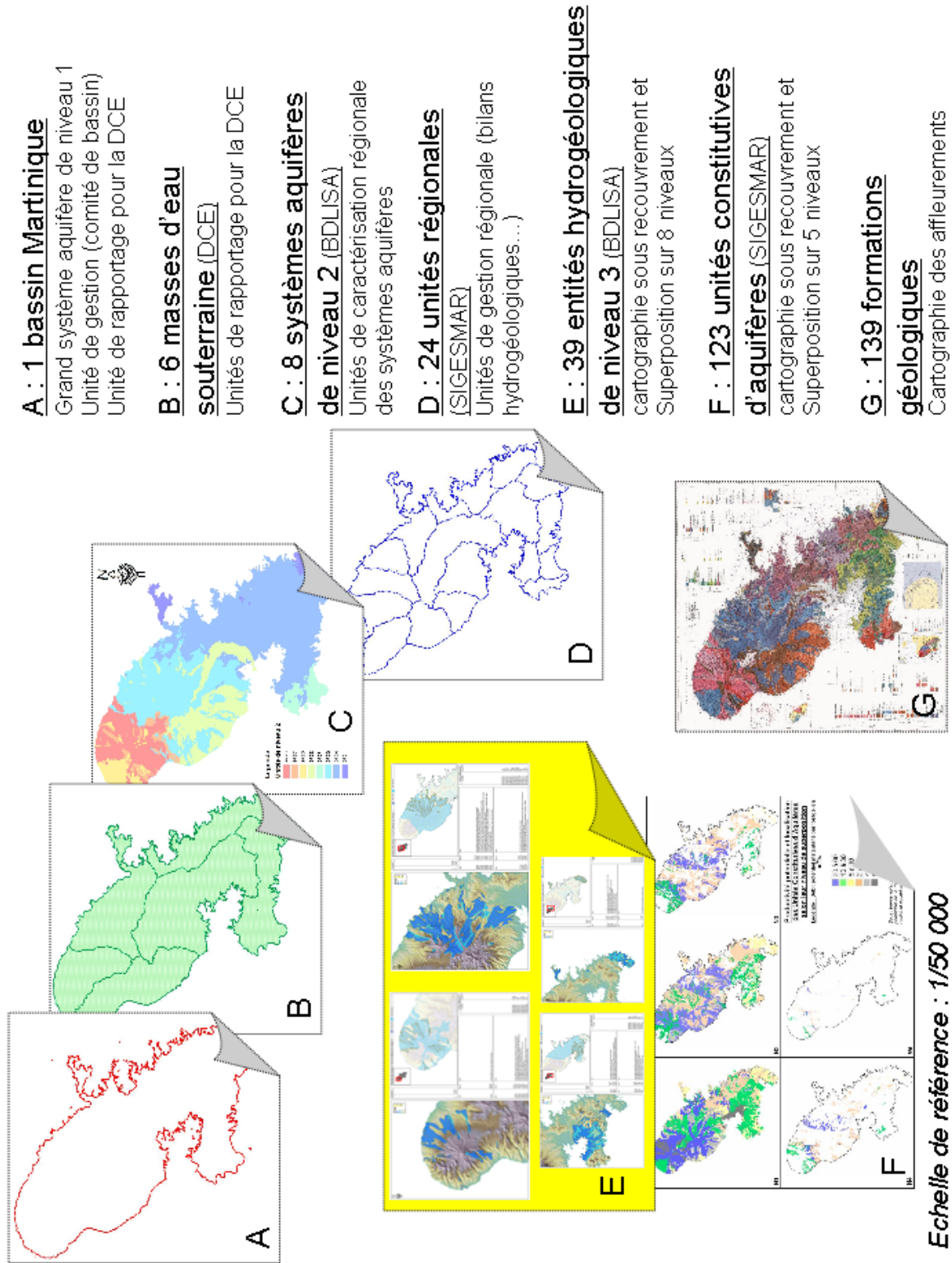


Illustration 23 – Articulation des différents référentiels de Martinique

8. Bibliographie

Vittecoq B., Mardhel V. (2011) - Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Année 4. Délimitation des entités hydrogéologiques de la Martinique. BRGM/RP-57740-FR

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

Petit V., (2004) – BDRHF - Découpage préalable et global. CDROM des documents. Présentation du contenu. Rapport BRGM/RP-53127-FR.

SANDRE (2004) – Description des données sur le référentiel hydrogéologique. Version 08 du 03/05/2004.

Seguin J.J., Mardhel V., avec la collaboration de Schomburgk S. (2013) - Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA, version 0 Présentation du référentiel, principes de construction et mise en œuvre. Rapport final. BRGM/RP-62261-FR. 154 p., 57 ill., 2 ann., 1 DVD.

Vittecoq B., Lachassagne P., Lanini S., Ladouche B., Marechal J.C., Petit V. (2007) Elaboration d'un système d'information sur les eaux souterraines de la Martinique : identification et caractérisation quantitatives. Rapport BRGM/RP-55099-FR.

Westercamp D., Pelletier B., Thibault P.M., Traineau H. (1990) – Carte géologique France (1/50 000), feuille Martinique – BRGM. Notice explicative par Westercamp D., Andreieff P., Bouysse P., Cottez S., Battistini R. (1989).

Annexe 1 - Tableau Multi-Echelles

Annexe 2 : Lexique de caractérisation des entités et des limites

. Caractérisation des entités

Dans le référentiel une entité sera caractérisée par les attributs suivants :

- **l'ordre d'apparition absolu** de l'entité, qui est l'ordre du tableau multi-échelles ;
- **le thème d'appartenance de l'entité**, parmi 5 possibilités (cf. tableau) ;
- **la nature** de l'entité, parmi 7 possibilités (cf. tableau ci-dessous) ;
- **le type de milieu caractérisant l'entité**: poreux, fissuré, karstique, double porosité ;
- **l'état hydrodynamique de la nappe** contenue dans le réservoir: libre, captive, libre et captive, alternativement libre et captive.

Notation Theme	Code	Libellé	Définition
ALL	1/ALL	Alluvial	Ensemble des dépôts de plaine alluviale accompagnés des terrasses connectées hydrauliquement avec les cours d'eau.
SED	2	Sédimentaire	Ensemble des formations peu ou pas déformées, non métamorphisées des bassins sédimentaires.
SOC	3	Socle	Formations magmatiques et métamorphiques.
IPM	4	Intensément plissés de montagne	Ensemble de formations géologiques récemment plissées appartenant aux massifs montagneux alpins, pyrénéens, languedociens et jurassiens.
VOL	5	Volcanisme	Volcanisme tertiaire et quaternaire ayant conservé une géométrie, une morphologie et/ou une structure volcanique identifiable.

Notation Nature	Code	Libellé	Définition
SA	3	Système aquifère	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, - structurale - stratigraphie - piézométrie - géochimique – hydraulique. La constitution des systèmes est issue de la connaissance à un instant donné du milieu souterrain. Le système aquifère est une entité de second niveau.
DH	4	Domaine hydrogéologique	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, - structurale - stratigraphie - piézométrie - géochimique – hydraulique. Le domaine hydrogéologique est une entité du second niveau.
SA DH UA	5	Unité aquifère	L'unité aquifère est un système physique élémentaire présentant des conditions hydrodynamiques homogènes, suffisamment conductrices pour permettre la circulation de l'eau souterraine. Une unité aquifère est une entité hydrogéologique de niveau d'utilisation local présentant une perméabilité moyenne réputée supérieure à 10-6 m/s présentant des ressources en eau suffisante pour être exploitée. L'unité aquifère est une entité du 3ème niveau et elle correspond à la description la plus fine des entités hydrogéologiques pour le référentiel national. Ce concept résulte du découpage des domaines hydrogéologiques et des systèmes aquifères (éventuellement directement des grands domaines et des grands systèmes aquifères).
USP	6	Unité semi-perméable	Une unité semi-perméable est une entité hydrogéologique de niveau d'utilisation local présentant une perméabilité moyenne réputée comprise entre 10-9 m/s et 10-6 m/s et/ou présentant des ressources en eau mais de productivité insuffisante pour être exploitées. L'unité semi-perméable est une entité du 3ième niveau et elle correspond à la description la plus fine des entités hydrogéologiques pour le référentiel national. Ce concept résulte du découpage des domaines hydrogéologique et des systèmes aquifères (éventuellement directement des grands domaines et des grands systèmes aquifères).
UIP	7	Unité imperméable	L'unité imperméable est un système physique élémentaire présentant des faibles circulations d'eau. Une unité imperméable est une entité hydrogéologique présentant une perméabilité moyenne réputée inférieure à 10-9 m/s. « Qualifie un milieu théoriquement impénétrable et non traversable par un fluide et en pratique ne laissant passer aucun flux significatif sous un gradient de potentiel hydraulique donné » [Dictionnaire Hydrogéologique Français] L'unité imperméable est une entité du 3ème niveau et elle correspond à la description la plus fine des entités hydrogéologiques pour le référentiel national. Ce concept résulte du découpage des domaines hydrogéologiques et des systèmes aquifères (éventuellement directement des grands domaines et des grands systèmes aquifères).

Notation Milieu	Code	Libellé	Définition
PM	1	Milieu poreux	Milieu doté d'une porosité significative
PF	2	Milieu fissuré	Milieu discontinu affecté de surfaces de séparation, ne traversant pas le massif rendu perméable.
PK	3	Milieu karstique	Milieu caractérisé par la présence dominante de roches carbonatées, par la rareté des écoulements superficiels, la présence de formes karstiques et par des sources à débit important.
DP	4	Double porosité : matricielle et de fissures	Milieu caractérisé à la fois par une matrice poreuse et par un réseau de fissures ayant tous deux un rôle hydrodynamique important.
DP	5	Double porosité : Karstique /fissures	Milieu caractérisé à la fois par un réseau karstique et par un réseau de fissures ayant tous deux un rôle hydrodynamique important.
DP	6	Double porosité : de fractures et/ou de fissures	Milieu caractérisé à la fois par un réseau de fractures et/ou par un réseau de fissures ayant tous deux un rôle hydrodynamique important.
DP	7	Double porosité : matricielle et de fractures	Milieu caractérisé à la fois par une matrice poreuse et par un réseau de fractures ayant tous deux un rôle hydrodynamique important.
DP	8	Double porosité : matricielle et karstique	Milieu caractérisé à la fois par une matrice poreuse et par un réseau de karstique ayant tous deux un rôle hydrodynamique important.

Notation Etat	Code	Libellé	Définition
C	1	Entité hydrogéologique à nappe captive	Une entité hydrogéologique est captive lorsqu'elle est confinée entre deux terrains peu ou pas perméables.
L	2	Entité hydrogéologique à nappe libre	Une entité hydrogéologique est libre lorsqu'elle n'est pas limitée vers le haut par des terrains imperméables.
LC ALC	3	Entité hydrogéologique à parties libres et captives	Une entité hydrogéologique est libre et captive lorsqu'elle est globalement libre ou captive mais comporte respectivement des parties captives ou libres à un ou plusieurs endroits de sa superficie.



**Centre scientifique et technique
Service EAU**

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34