



Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA

Délimitation des entités hydrogéologiques de la Guadeloupe

Rapport final
Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP-62237-FR

Juillet 2013



Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA

Délimitation des entités hydrogéologiques de la Guadeloupe

Rapport final
Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP-62237-FR
Juillet 2013

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

A. Dumon,
V. Mardhel et S. Schomburgk

Vérificateur

Original signé par :

Approbateur

Original signé par :



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 : BDLISA, référentiel hydrogéologique, système aquifère, domaine hydrogéologique, Guadeloupe

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

Dumon A., Mardhel V. et. Schomburgk S – (2013) – Référentiel Hydrogéologique Français BDRHF-Version 2. Délimitation des entités hydrogéologiques de la Guadeloupe. Rapport final. Mise à jour BDLISA Version 0. BRGM/RP-62237--FR

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

Synthèse

Le présent rapport est la mise à jour d'un travail réalisé en 2009 par A. Dumon (RP-56953-FR) sur l'ensemble de la Guadeloupe dans le cadre de la réalisation de BDRHF-V2. Cette mise à jour permet d'intégrer les entités hydrogéologiques décrites en 2009 à la version 0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères).

Pour la Guadeloupe, il s'agit du premier référentiel hydrogéologique constitué (si l'on excepte le découpage en masses d'eau réalisé dans le cadre de l'Etat des lieux du district Guadeloupe par les bureaux d'études SCE et CREOCEAN en mars 2005). D'un point de vue géologique, ce département comporte des formations volcaniques allant du Mésozoïque au Quaternaire et des formations sédimentaires allant de l'Eocène au Pléistocène.

Suite à l'harmonisation nationale des entités BDLISA à l'échelle nationale le nombre d'entités BDLISA dans les bassins a changé (regroupement d'entités transrégionales, découpage par bassin etc.). Cependant le présent rapport ne fait état que des entités identifiées lors de la délimitation des entités en région (BRGM/RP-56951-FR).

Le travail réalisé a permis d'identifier, de numériser et d'intégrer dans un SIG au format ArcGis (version 9.2) :

- **22 unités de niveau local (NV3) ;**
- **7 systèmes ou domaines du niveau régional (NV2) ;**
- **le système des alluvions récentes.**

Le découpage effectué, repose sur l'état des connaissances actuel et est susceptible de modifications en fonction de l'avancement des connaissances ou, notamment, de l'actualisation de la carte géologique de Basse-Terre.

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://geotraitement.brgm.fr/viewer/bdlisa>. Cette interface cartographique permet différentes requêtes (recherche d'une entité par nom, code, départements...).

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	7
2. Présentation du référentiel BDLISA.....	10
2.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS.....	10
2.1.1.Principes de construction	10
2.1.2.Assemblage des entités	10
2.1.3.Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction	10
2.1.4.BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE	11
2.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA.....	11
2.3. LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL	12
2.3.1.Les entités hydrogéologiques.....	12
2.3.2.Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques.....	13
2.3.3.Les "thèmes" des entités hydrogéologiques	13
2.3.4.L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques	14
2.3.5.L'attribut "Type de milieu" des entités hydrogéologiques	16
2.3.6.L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques.....	17
2.3.7.L'attribut "Origine de la construction" des entités hydrogéologiques	18
2.4. LE TABLEAU MULTI-ECHELLES	18
2.5. LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS	19
2.5.1.Principes sous-jacents	19
2.5.2.Organisation des entités en 2 ensembles.....	20
2.5.3.Ordre absolu et ordre relatif.....	20
3. Méthodologie de délimitation des entités et assemblage par le modèle de gestion	23
3.1. PRINCIPES DIRECTEURS.....	23
3.1.1.Homogénéité du découpage	23
3.1.2.Emboîtement des niveaux.....	23
3.2. PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION.....	24

3.2.1. Identification et cadrage hydrogéologique général.....	24
3.2.2. De l'analyse des cartes géologiques au tableau multi-échelles.....	24
3.2.3. Individualisation de l'alluvial.....	24
3.2.4. Découpage des entités.....	25
3.2.5. Passage au modèle de gestion du référentiel.....	25
3.2.6. Organigramme	26
4. Mise en œuvre du découpage en Guadeloupe.....	27
4.1. DONNÉES DE RÉFÉRENCE	27
4.2. ÉLABORATION DU TABLEAU MULTI-ÉCHELLES.....	27
4.3. CONSTITUTION DE LA SUR-COUCHE DES ALLUVIONS.....	29
4.3.1. Définition d'une surcouche	29
4.3.2. Surcouche des alluvions en Guadeloupe.....	29
4.4. DÉCOUPAGE DES ENTITÉS	29
4.4.1. Calcaires plio-pléistocènes de Grande-Terre (971AA).....	29
4.4.2. Calcaires plio-pléistocènes de Marie-Galante (971AB).....	32
4.4.3. Formations volcaniques de la Basse-Terre (971AC).....	34
4.4.4. Formations volcaniques et sédimentaires de la Désirade (971AD).....	37
4.4.5. Formations volcaniques des Saintes (971AE)	38
4.4.6. Formations volcaniques et sédimentaires de Saint-Martin (971AF)	38
4.4.7. Formations volcaniques et sédimentaires de Saint-Barthélemy (971AG).....	39
5. Limites des entités	41
5.1. LIMITES HYDRAULIQUES.....	41
5.2. NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITÉS	41
5.2.1. Caractérisation des limites.....	43
6. Outil de construction du référentiel	47
6.1. GÉODATABASE	47
6.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS.....	52
7. Conclusion.....	55

Liste des illustrations

<i>Illustration 1 – Découpage du " bassin" Guadeloupe en masses d'eau souterraine (MESO)- SCE et CREOCEAN (2005)</i>	9
Illustration 2 – Types d'entités hydrogéologiques et codification	14
Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques	16
Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires.....	19
Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entité	22
Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3	23
Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.	26
Illustration 8- Points disponibles dans la Base de données du Sous-Sol pour la région Guadeloupe.....	28
Illustration 9 : Coupe géologique type de Grande-Terre (F. Garrabé, Université Paris Sud, Centre d'Orsay, BRGM ; 1983)	31
Illustration 10 : Position verticale théorique du toit du niveau volcano-sédimentaire supérieur en Grande-Terre	32
Illustration 11 : Coupe schématique de la série carbonatée de l'île de Marie-Galante	33
Illustration 12 : Unités morpho-structurales de Basse-Terre	36
Illustration 13 – Types de limites possibles entre entités.....	42
Illustration 14 – Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques.....	43
Illustration 15 – Schématisation d'une limite étanche	44
Illustration 16 – Schématisation d'une limite de captivité	44
Illustration 17 : Schématisation d'une limite démergence à potentiel imposé par la mer	45
Illustration 18- Schématisation d'une limite "interface eau douce-eau salée" en profondeur	45
Illustration 20 – Schématisation d'une limite d'alimentation à condition de flux	46
Illustration 20 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.	47
Illustration 21 - Tables non géométriques de la géodatabase.	48
Illustration 22 - Interface utilisateur de la géodatabase.	48
Illustration 23 : Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.	49
Illustration 24 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).	50
Illustration 25 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).	50
Illustration 26 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités	51
Illustration 27 - Table des limites: natures des contacts entre entités.	51
Illustration 28 : Editeur de cartes du modèle de construction du référentiel.	52

Illustration 29 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).	53
Illustration 30 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite)	54

Liste des annexes

Annexe 1 : Tableau multi-échelles	59
Annexe 2 : Lexique de caractérisation des entités et des limites	61

1. Introduction

Le présent rapport est la mise à jour d'un travail réalisé en 2009 par A. Dumon (RP-56953-FR) sur l'ensemble de la Guadeloupe dans le cadre de la réalisation de BDRHF-V2. Cette mise à jour permet d'intégrer les entités hydrogéologiques décrites en 2009 à la version 0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères). La présentation générale du référentiel, de ses principes de construction et de mise en œuvre sont présentés dans le rapport BRGM/RP-62261-FR, cité en bibliographie.

Un référentiel hydrogéologique, grâce à une identification, une codification, une description homogène et une localisation précise des entités hydrogéologiques, met à la disposition de tous les utilisateurs un cadre spatial de référence permettant :

- d'assurer la cohérence des études sur les ressources en eau souterraine,
- de consulter les informations associées aux entités hydrogéologiques,
- de faciliter l'échange de données,
- de rattacher sans ambiguïté des points d'eau à un aquifère, en particulier les points des réseaux de surveillance de la banque nationale ADES.

La construction du référentiel s'appuie sur un premier travail de type méthodologique, mené sur la période 2001-2003, qui a permis¹:

- 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 métropolitaines ; d'élaborer un modèle conceptuel de données pour l'élaboration de la base de données du Référentiel.

Cette deuxième version du référentiel hydrogéologique doit remédier à certaines insuffisances de la version 1, 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.

Elle doit tenir compte aussi de l'évolution des connaissances géologiques et hydrogéologiques, en particulier de l'harmonisation des cartes géologiques à l'échelle du 1/50 000, bientôt achevée sur tout le territoire.

¹ Références bibliographiques :

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

Janjou D., Pinson S., Rampnoux N., Legendre D., Chêne F., Petit V. – 2004 BDRHF_V2 - Organisation de la chaîne de production cartographique.

Sandre - Description des données sur le référentiel hydrogéologique

Cette version prévoit un découpage du territoire national en entités hydrogéologiques (formations géologiques aquifères ou non) délimitées à 3 niveaux de détail (national, régional et local) suivant des règles élaborées dans le cadre d'une méthodologie nationale.

Les entités hydrogéologiques sont rattachées à 5 "thèmes" correspondant à 5 grands types de formations géologiques :

- le sédimentaire,
- le socle,
- l'alluvial,
- le volcanisme,
- les formations intensément plissées (massifs montagneux).

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

En Guadeloupe

Ce rapport rend compte de la réalisation du référentiel hydrogéologique de la Guadeloupe, département qui n'avait pas fait l'objet d'un découpage en entités hydrogéologiques lors de l'élaboration de la version 1 du référentiel hydrogéologique).

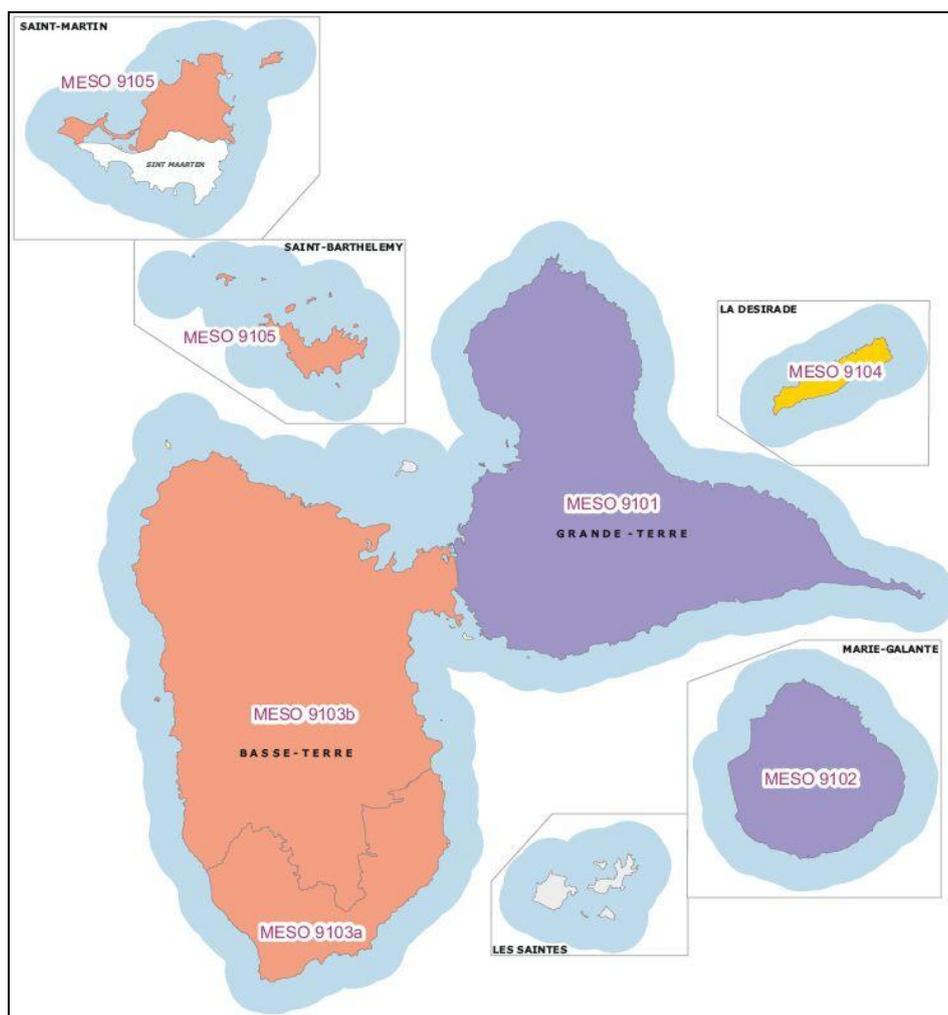
La Guadeloupe comprend sept îles (Illustration 1) : Grande-Terre (750 km²), Basse-Terre (850 km²), Marie-Galante (160 km²), la Désirade (25 km²), l'archipel des Saintes (Terre-de-Haut et Terre-de-Bas, 15 km²), Saint-Martin (55 km²) et Saint-Barthélemy (25 km²).

D'un point de vue géologique, ce secteur comporte des formations volcaniques allant du Mésozoïque au Quaternaire et des formations sédimentaires allant de l'Eocène au Pléistocène.

En reprenant la terminologie du guide méthodologique mentionné ci-dessus, la délimitation des entités hydrogéologiques a été réalisée au niveau dit "local" (NV3), le niveau dit "régional" (NV2) correspondant quant à lui à chacune des îles.

L'opération s'inscrit dans le cadre d'une convention (2007) entre le BRGM et le MEEDDAT et avec le soutien financier de ce dernier.

Ce travail a été réalisé conformément aux recommandations du guide méthodologique national édité en 2003 par le BRGM et aux propositions faites en 2007 dans le cadre de l'actualisation de ce guide demandée par le comité de pilotage du Référentiel.



Ile	Libellé masses d'eau souterraine	Code MESO
Grande-Terre	Calcaires de Grande-Terre	9101
Basse-Terre	Edifices volcaniques du Sud et du Nord de Basse-Terre	9103 a et 9103 b
Marie-Galante	Calcaires de Marie-Galante	9102
La Désirade	Ensemble volcanique et sédimentaire de La Désirade	9104
Les Saintes	-	-
Saint-Martin	Edifices volcaniques de Saint-Martin	9105
Saint-Barthélemy	Edifices volcaniques de Saint-Barthélemy	

Illustration 1 – Découpage du " bassin" Guadeloupe en masses d'eau souterraine (MESO)- SCE et CREOCEAN (2005)

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 §2.5)

- 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 §2.5). 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. § 2.3.2) et regroupées dans **5 thèmes** (cf. § 2.3.3).

◆ 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. § 2.3.2.),
- rattachée à un type de formation géologique (un "**thème**", cf. 2.3.3.),
- définie par ses potentialités aquifères (une "**nature**", cf. § 2.3.4.) 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. § 2.3.5)

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 2 – 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 3) 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

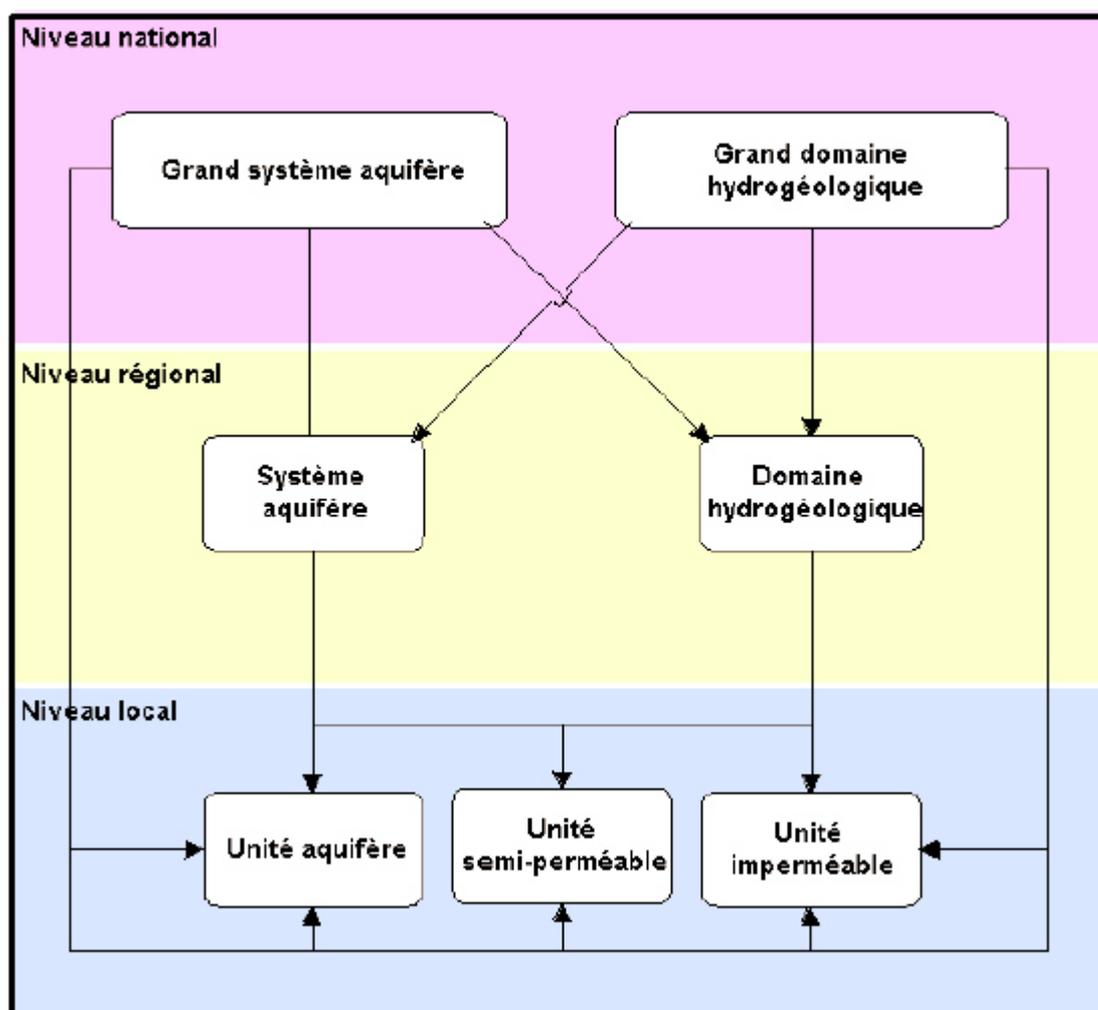


Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques

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 "chaînons" 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-EHELLES

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 4 ci-après.

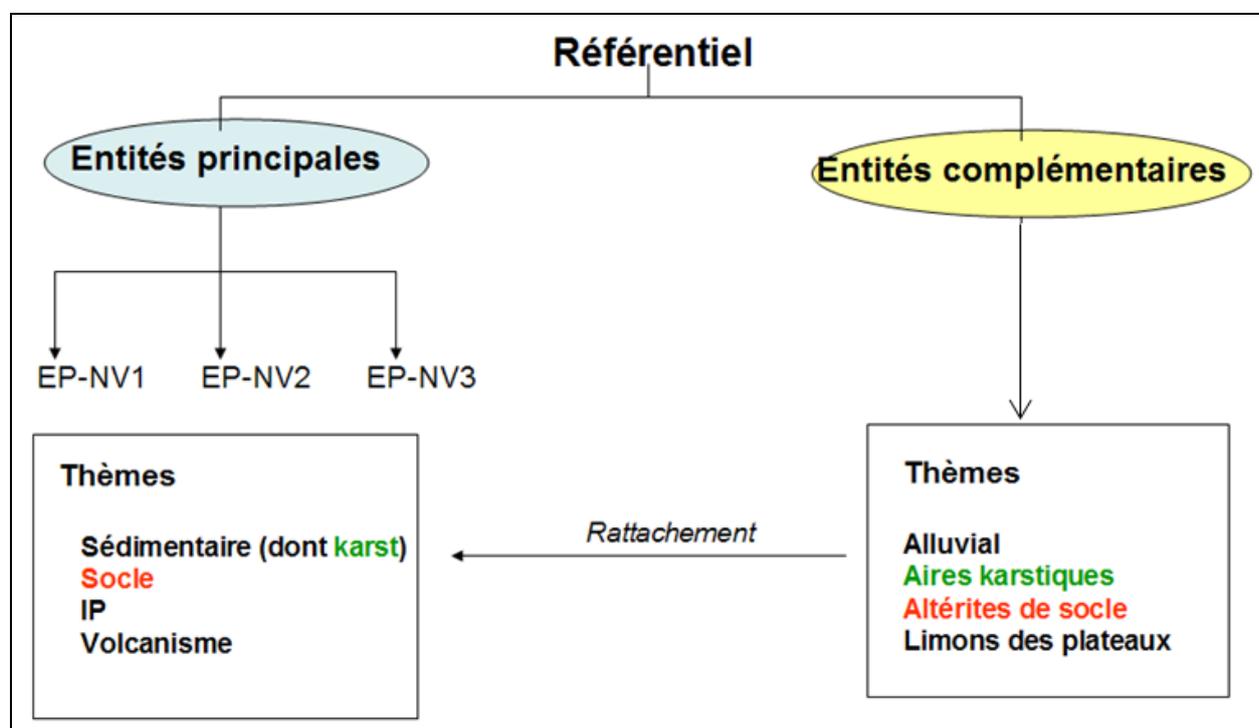


Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires

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. § 2.5.3).

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 2.2).

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 (Illustration 5a). 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,Illustration 5a).

Le modèle de gestion du référentiel permet de passer automatiquement du mode de représentation des entités par ordonnancement absolu (illustration 5b) à un mode de représentation des entités par ordonnancement relatif (illustration 5), **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'illustration 5, 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.**

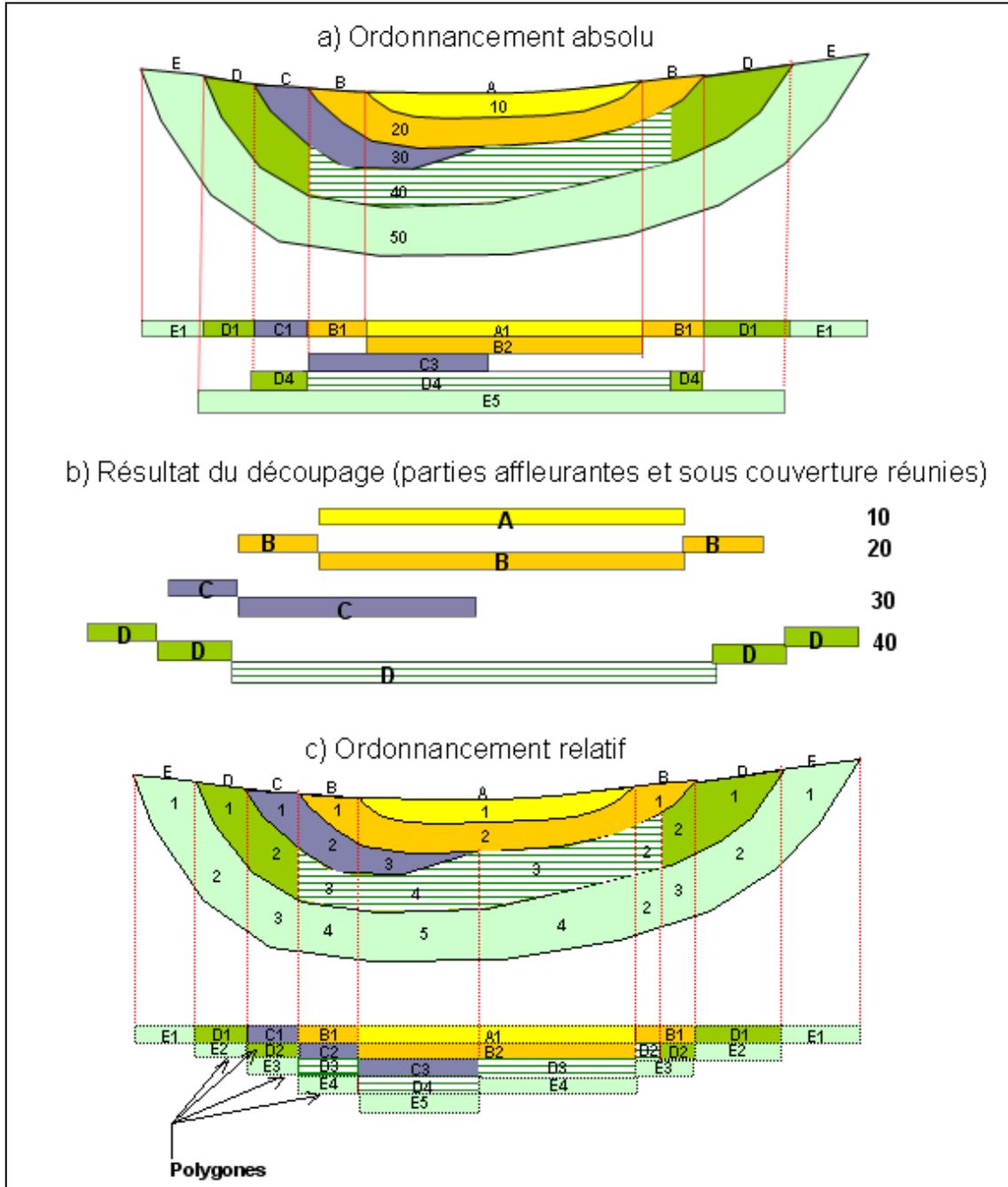


Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entité

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 (Illustration 6). 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 § 2.3.7).

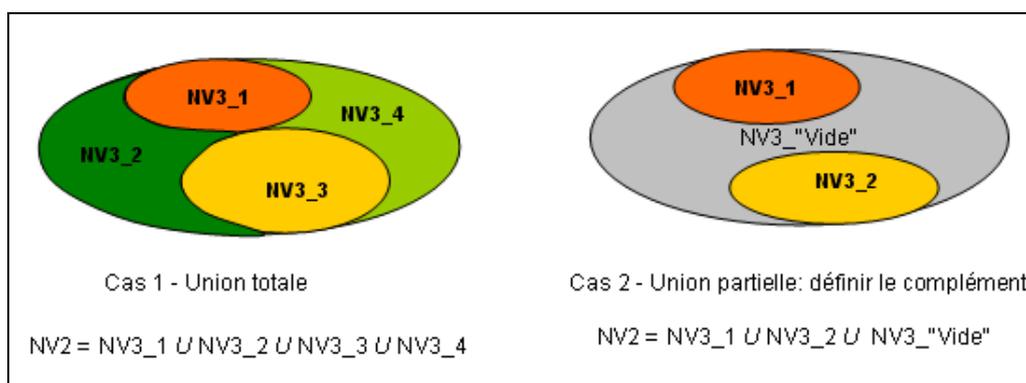


Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3

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. § 2.5.2).

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 7.

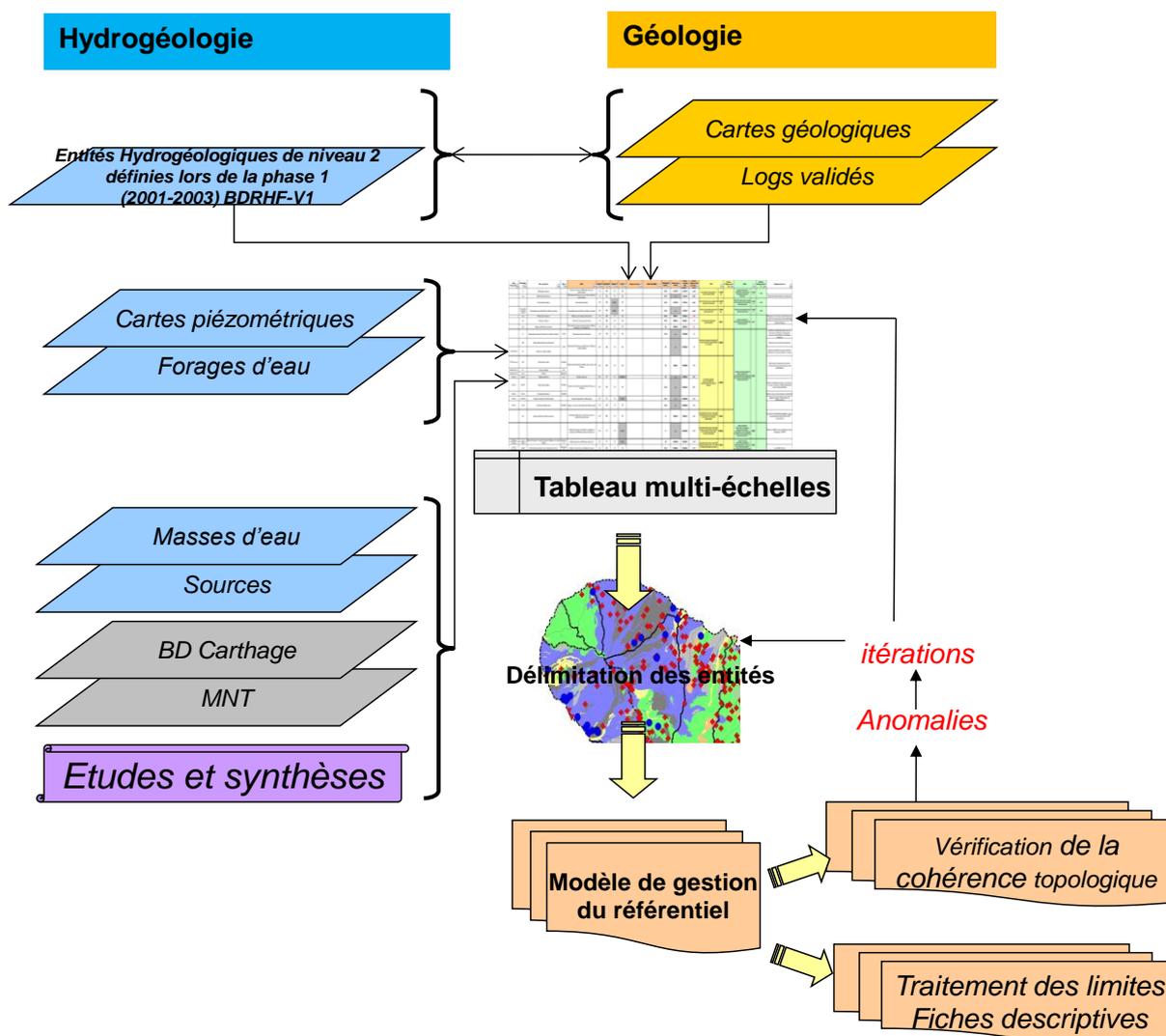


Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.

4. Mise en œuvre du découpage en Guadeloupe

4.1. DONNÉES DE RÉFÉRENCE

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

- les cartes géologiques vectorisées (non harmonisées) du secteur d'étude à l'échelle du 1/50 000 au 1/20 000 selon les îles ;
- les logs des forages du secteur d'étude extraits de la Banque de données du Sous-Sol (2513 points). Ces points sont inégalement répartis sur l'archipel guadeloupéen voire inexistants sur certaines îles. Les coupes géologiques de la BSS ont été réalisées essentiellement par des foreurs (peu par des géologues), à différentes époques au cours desquelles la connaissance de la géologie de l'ensemble de l'île a évolué. Les termes employés pour décrire les observations sont très disparates et il est souvent délicat d'établir des corrélations entre les différentes descriptions ;
- les polygones des masses d'eaux souterraines ;
- les informations collectées dans différents travaux, dont les plus importants sont mentionnés en référence bibliographique.

4.2. ÉLABORATION DU TABLEAU MULTI-ÉCHELLES

Le tableau multi-échelles de la zone étudiée a été élaboré à partir de l'inventaire des formations identifiées dans les cartes géologiques au 1/50 000, 1/25 000 et 1/20 000 et des sources d'informations listées ci-dessus, en particulier les logs géologiques (illustration 8).

Ce tableau, consultable en annexe 1, intègre les deux niveaux d'identification (NV2 et NV3) appliqués en région Guadeloupe.

Au total, ont été identifiés:

- **22 unités de niveau local (NV3),**
- **7 systèmes ou domaines du niveau régional (NV2),**

A ces entités, il faut ajouter:

- **la surcouche des alluvions récentes** (cf. § 3.3.1 et § 3.3.2).

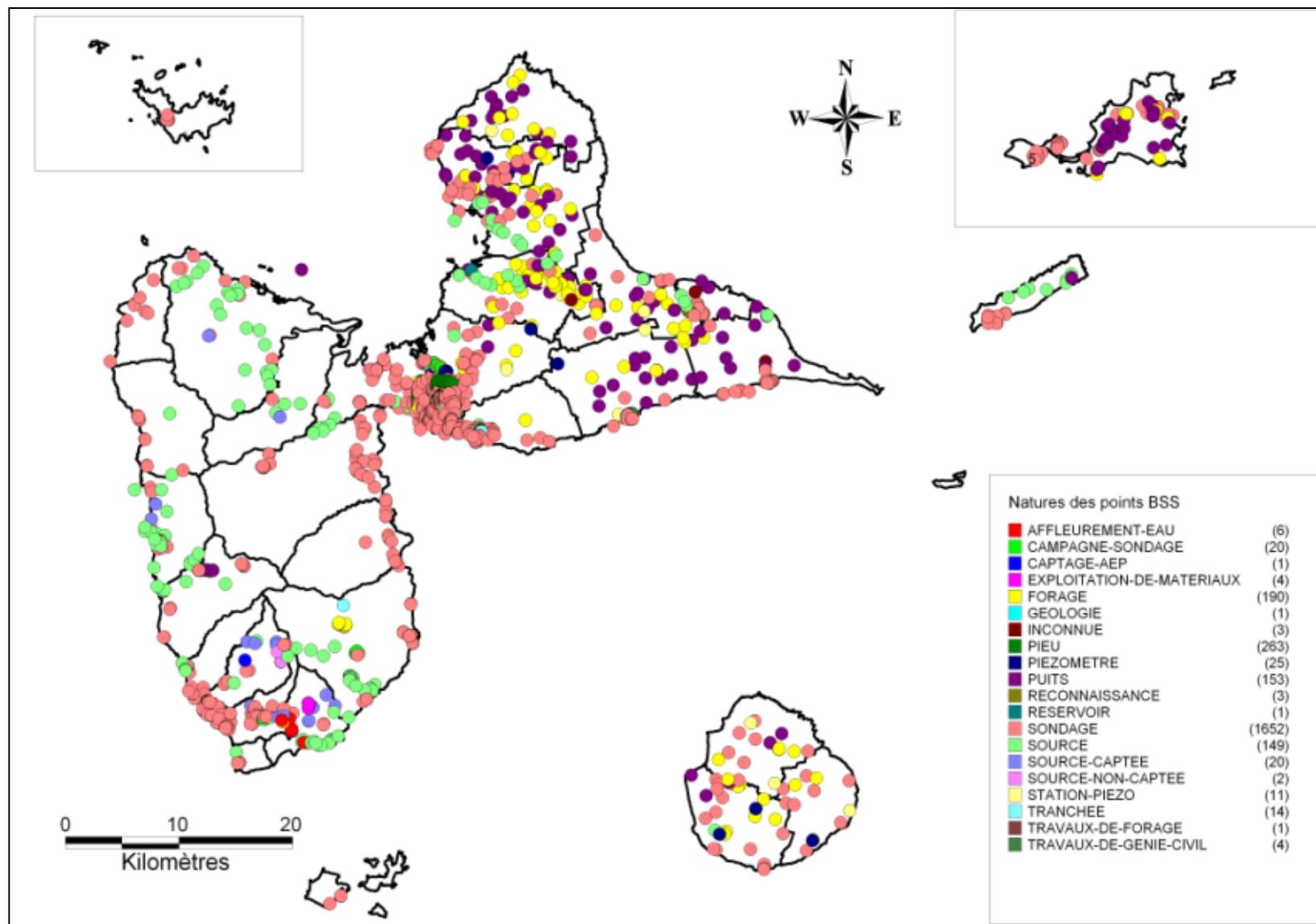


Illustration 8- Points disponibles dans la Base de données du Sous-Sol pour la région Guadeloupe

4.3. CONSTITUTION DE LA SUR-COUCHE DES ALLUVIONS

4.3.1. Définition d'une surcouche

Dans le modèle de gestion du référentiel, on appelle "surcouche" une couche qui contient :

- des formations peu épaisses et/ou de faible extension spatiale, qui sont relativement indépendantes, hydrodynamiquement, des formations sous-jacentes.
- les systèmes alluvionnaires constitués de terrasses "récentes", hydrauliquement connectées aux cours d'eau.

Une surcouche peut se superposer aux 3 niveaux de découpage du référentiel. Les contours des entités (à la précision du 1/50 000) sont conservés aux trois niveaux de découpage.

Les surcouches sont exclues des traitements topologiques. Leur intégration dans ces traitements conduirait en effet à la multiplication des polygones et des "arcs" limites.

La première formation rencontrée sous une surcouche sera d'ordre 1 dans le SIG, comme les formations affleurantes.

4.3.2. Surcouche des alluvions en Guadeloupe

Les dépôts alluviaux ou marins, viennent recouvrir le substratum sédimentaire d'origine marine ou le substratum volcanique. Une partie de ces dépôts récents ont été intégrés dans une "surcouche".

Cette surcouche comprend donc l'ensemble des dépôts de plaine alluviale associés aux terrasses connectées hydrauliquement avec les rivières et relativement peu argileuses.

Les polygones correspondant à ces dépôts ont été extraits des cartes géologiques concernées en fonction de leur notation. Ainsi, le terme Fz (alluvions fluviatiles) a été pris en compte pour l'île de Saint-Martin, et les termes a_a (alluvions des rivières) et a_q (terrasses fluviatiles) ont été pris en compte pour l'île de Basse-Terre.

Tous les polygones résultants ont été assemblés, et cet assemblage a été découpé par l'emprise spatiale de la zone d'étude pour constituer la surcouche des "alluvions récentes".

Ces niveaux sont toutefois en général peu épais en Guadeloupe, et ne font l'objet d'aucune exploitation à l'heure actuelle.

Les autres formations détritiques du Quaternaire n'ont pas été retenues dans le référentiel compte tenu de leur faible rôle hydrogéologique, à savoir :

- les anciennes lagunes comblées, argileuses,
- les vases à palétuviers,
- les remplissages argileux de dépression (sols vertiques et ferrallitiques),
- les résidus d'altération (sols de mangroves),
- les plages sableuses.

4.4. DÉCOUPAGE DES ENTITÉS

4.4.1. Calcaires plio-pléistocènes de Grande-Terre (971AA)

L'île de Grande-Terre correspond à une plate-forme carbonatée d'âge Plio-Pléistocène soumise à d'importantes contraintes structurales liées au contexte géodynamique régional (arc insulaire associé à une zone de subduction). Ces contraintes sont à l'origine de la compartimentation de

l'île en unités surélevées ou effondrées les unes par rapport aux autres le long de grands traits structuraux (failles majeures) et de son basculement général vers l'ouest - sud-ouest.

Les faciès observés sont sensiblement les mêmes sur l'ensemble de l'île et s'agencent selon le schéma caractéristique établi par G. Garrabé en 1983 à partir d'observations d'affleurements (illustration 9). Deux séries carbonatées se distinguent :

- les "**calcaires inférieurs**" : mis en place du Pliocène moyen au Pliocène supérieur, ils sont constitués de calcaires biodétritiques à nodules algaires et comportent des intercalations de niveaux volcano-sédimentaires de puissance et d'extension variable.

L'un de ces niveaux, dit "**niveau volcano-sédimentaire supérieur**" daté du Pliocène supérieur est traditionnellement retenu comme repère stratigraphique. Il s'agit d'un conglomérat polygénique à matrice argilisée et éléments volcaniques altérés, centimétriques à métriques, anguleux ou arrondis. Son épaisseur est variable : épais dans le sud-ouest de l'île (plus de 10 m), il s'amincit en direction de l'est et du nord au fur et à mesure de l'éloignement de sa source localisée en Basse-Terre. Il n'est pas observé dans le nord de l'île (illustration 10).

Du fait de son extension et de son observation à l'affleurement, il constitue un cas remarquable de ces niveaux inter-stratifiés dans les calcaires, mais d'autres niveaux non affleurant, d'extension et d'épaisseurs plus réduites ont également pu être identifiés localement (notamment le niveau dit "**volcano-sédimentaire inférieur**") ;

- les "**calcaires supérieurs**" : mis en place du Pliocène supérieur au Pléistocène inférieur ; ils sont constitués de calcaires à polypiers et atteignent au moins 30 m d'épaisseur.

L'île de Grande-Terre constitue un système aquifère carbonaté continu dans lequel les deux ensembles calcaires superposés forment un seul réservoir de type poreux et fissuré. Des indices de karstification existent en surface (absence d'écoulement pérenne, réseau ramifié de "vallées sèches" se raccordant avec le niveau de base actuel et observation de dolines, cavités, vallées sèches,...). Cependant, les indices de karstification profonde sont rares, l'extension en profondeur de structures karstiques n'est pas avérée et surtout, leur rôle vis-à-vis des écoulements souterrains n'est pas décrit.

La nappe d'eau douce contenue dans ce réservoir calcaire est en équilibre hydrostatique avec les eaux marines sous-jacentes. La position verticale et l'épaisseur du niveau volcano-sédimentaire peu perméable intercalé au sein de niveaux calcaires déterminent la nature captive (à l'Ouest de l'île) ou libre de la nappe, ainsi que l'existence d'une protection localisée de la nappe vis-à-vis d'intrusions verticales d'eau salée (à l'Est et au Centre de l'île). La nappe des calcaires de Grande-Terre est exploitée pour différents usages (AEP, agricole et industriel).

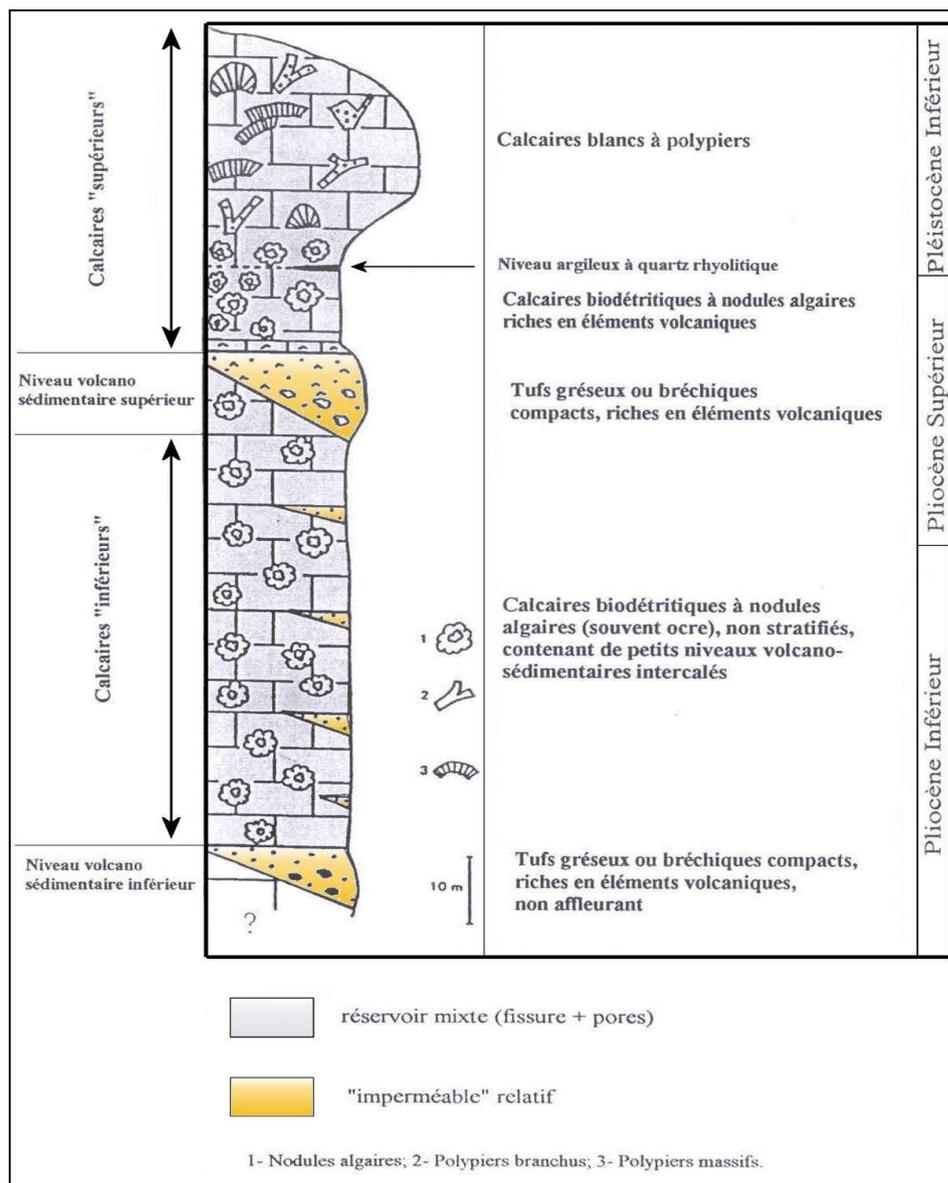


Illustration 9 : Coupe géologique type de Grande-Terre (F. Garrabé, Université Paris Sud, Centre d'Orsay, BRGM ; 1983)

Ces trois formations ont été prises en compte dans le référentiel hydrogéologique au niveau NV3 : **les calcaires supérieurs et inférieurs ont été identifiés en unités aquifères et le niveau volcano-sédimentaire supérieur en unité semi-perméable** (annexe 1).

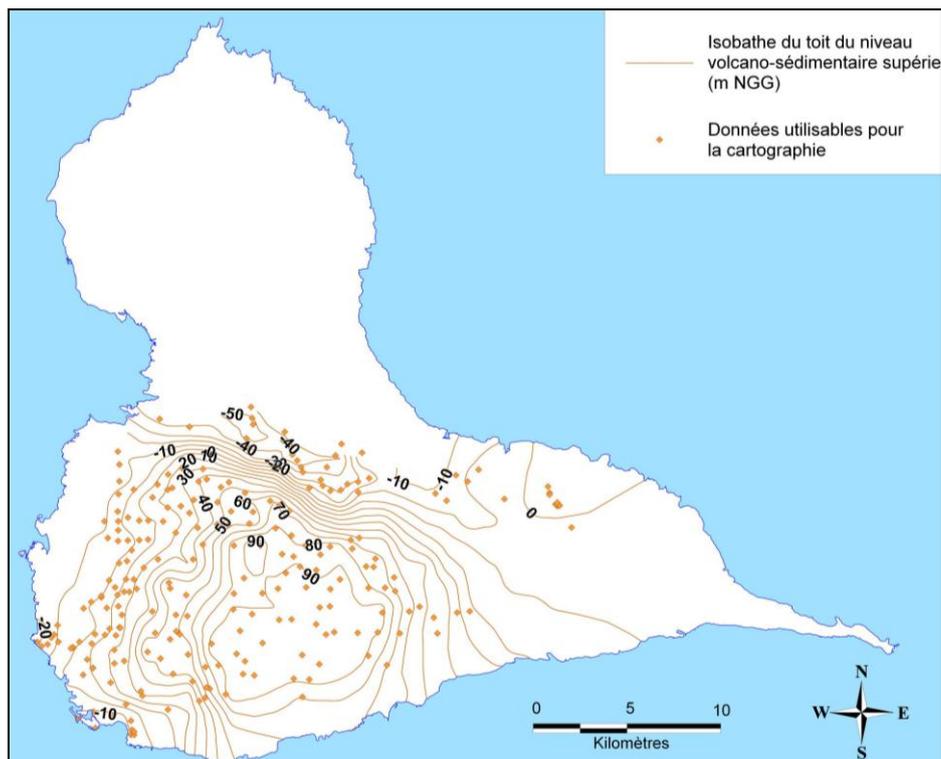


Illustration 10 : Position verticale théorique du toit du niveau volcano-sédimentaire supérieur en Grande-Terre

D'après les observations effectuées en forages et à l'affleurement, il semblerait que la série sédimentaire de Grande-Terre atteigne environ 120 m d'épaisseur (Garrabé, 1988). Cependant, les différents travaux de prospection géophysique (électrique et sismique) qui ont été effectués avec des profondeurs d'investigation de l'ordre de 200 m n'ont pas permis d'identifier son substratum (Cottez, 1969). Seul un profil électrique effectué dans la Plaine de la Simonière a permis d'identifier un niveau résistant à environ 100 m de profondeur. Il pourrait s'agir d'un niveau volcanique ou volcano-sédimentaire jouant le rôle de substratum de la série dans ce secteur (Cottez, 1972).

Deux campagnes de prospection gravimétriques (Coron, 1975) et magnétométriques (Le Mouel, 1979 et Gerard, 1981) ont mis en évidence des anomalies géophysiques interprétées alors comme des pointements locaux du socle volcanique mésozoïque (observé à l'affleurement sur l'île voisine de La Désirade). Ces pointements se situeraient à moins de 2000 m de profondeur sous les Grands-Fonds et la plaine de La Simonière, et à près de 4000 m sous le reste de l'île.

Les informations disponibles ne permettent donc pas de conclure quant à la nature des formations situées entre 200 et 2000 m de profondeur, et le substratum des formations carbonatées de surface n'est pas clairement identifié. **Ce substratum volcanique ancien de la formation carbonatée n'a donc pas pu être pris en compte dans le référentiel hydrogéologique.**

4.4.2. Calcaires plio-pléistocènes de Marie-Galante (971AB)

L'île de Marie-Galante est constituée essentiellement de formations sédimentaires carbonatées plio-pléistocènes d'une puissance supérieure à 200 mètres et recouvrant des formations volcano-sédimentaires jouant le rôle de substratum de la série stratigraphique (conglomérat

polygénique à matrice argilisée et éléments centimétriques anguleux ou arrondis : fragments d'ignimbrite, rhyolite vraie, ponces altérées, quartz). La coupe synthétique présentée par l'illustration 11 propose une reconstitution de cette série.

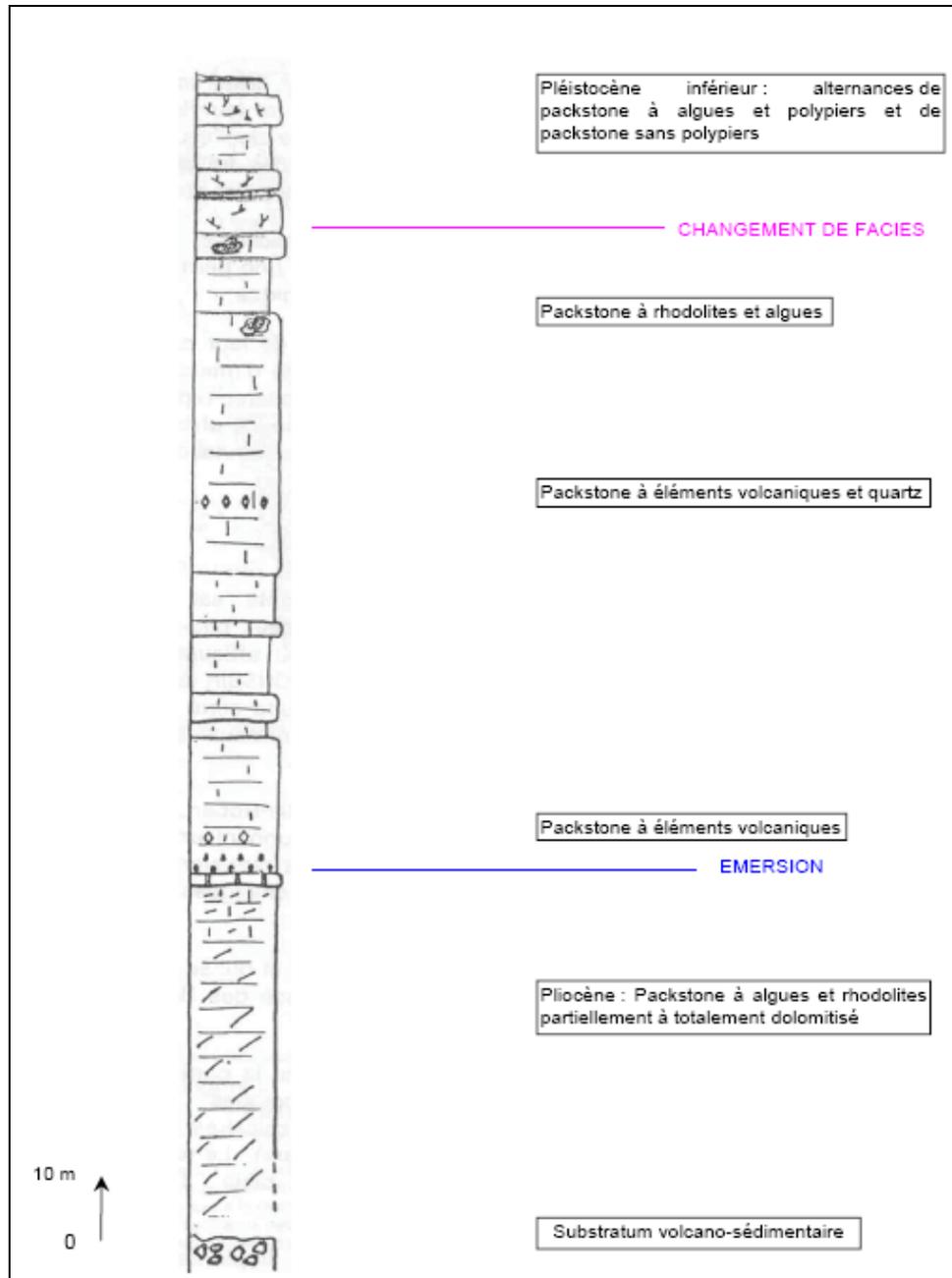


Illustration 11 : Coupe schématique de la série carbonatée de l'île de Marie-Galante (extrait du rapport BRGM RP62675-FR)

Dans le contexte géodynamique régional d'arc insulaire associé à une zone de subduction, l'île de Marie-Galante est soumise à d'importantes contraintes structurales à l'origine :

- de sa compartimentation en unités surélevées ou effondrées les unes par rapport aux autres et le long de grands traits structuraux (failles majeures) ;
- de son basculement général vers l'ouest.

La faille majeure Anse-Piton – Vieux-Fort, dite "Barre de l'île" individualise en particulier deux grandes unités morphostructurales : les Hauts et les Bas. Elle est considérée comme barrière hydraulique étanche vis-à-vis des écoulements souterrains.

L'île de Marie-Galante constitue un système aquifère carbonaté continu dans lequel les calcaires superposés forment un seul réservoir de type poreux et fissuré. Une karstification des formations carbonatées existe, mais son degré d'évolution en profondeur est mal appréhendé et son rôle vis-à-vis des écoulements souterrains n'est pas décrit. La nappe d'eau douce contenue dans ce réservoir calcaire est en équilibre hydrostatique avec les eaux marines environnantes. Le substratum volcano-sédimentaire peu perméable de ces calcaires constitue une protection localisée de la nappe vis-à-vis d'intrusions verticales d'eau salée (à l'Est et au Centre de l'île). La nappe des calcaires de Marie-Galante est exploitée pour différents usages (AEP, agricole et industriel).

Le substratum des formations carbonatées aquifères a été rencontré dans 3 forages (rapport BRGM 62675-FR) :

- le forage Vidon (1163ZZ0020),
- le forage Fond-Lolo (1163ZZ0006),
- le forage de Couderc (1163ZZ0021).

Il a également été reconnu, en tant que formation électriquement résistante, en divers points de l'île lors de campagnes de prospection géophysique. Enfin, sur la base d'une interprétation géomorphologique et stratigraphique de l'organisation de l'île et à partir des éléments précédents, il existerait au niveau du plateau du Robert, un compartiment morpho-structural surélevé expliquant la position haute du substratum dans ce secteur (-20 m sous le niveau de la mer). Ailleurs, les formations carbonatées ont été reconnues sur plus de 200 m d'épaisseur et la position retenue pour le substratum volcano-sédimentaire est de - 250 m par rapport à la surface du sol.

Les formations sédimentaires identifiées à Marie-Galante ont été découpées dans le référentiel hydrogéologique au niveau NV3 : **les calcaires blancs à polypiers et les calcaires biodétritiques à nodules algaires ont été identifiés en unités aquifères et le substratum volcano-sédimentaire en unité semi-perméable** (annexe 1).

4.4.3. Formations volcaniques de la Basse-Terre (971AC)

L'île de Basse-Terre est située au milieu de l'arc volcanique actif des Petites Antilles. Celui-ci se caractérise par la subduction lente (2 cm/an) de la plaque Amérique sous la plaque Caraïbe et un volcanisme calco-alcalin au droit de la zone de subduction qui a abouti à la formation de l'île.

Les études réalisées sur Basse-Terre se sont plus attachées à désigner localement des cibles pour la recherche d'eau qu'à décrire le fonctionnement hydrogéologique de l'île dans son ensemble. Les informations disponibles sont donc souvent d'intérêt ponctuel et ne permettent pas de définir des systèmes aquifères indépendants. Le seul document global disponible est la carte géologique de la Basse-Terre datant de 1966 et qui est obsolète. Seule la partie Sud a été actualisée par la cartographie du massif de la Soufrière en 1988 (au 1/20 000). Par souci de

cohérence, le découpage des entités affleurantes de cette île a été fait à partir de la carte au 1/50 000 de Basse-Terre (1966), et sera actualisé lors de la publication de la nouvelle carte géologique de l'île en projet.

Les différentes phases d'activité volcanique qui se sont succédées au cours du temps ont abouti à l'édification de cinq unités volcano-structurales (illustration 12) observables dans la morphologie actuelle de l'île :

- le massif septentrional (Pliocène), situé au nord de l'île, est constitué essentiellement d'andésites sombres et claires du volcanisme tholéitique souvent recouvertes de brèches de nuées ardentes, de cendres et de lapillis ;
- la chaîne axiale (fin du Pliocène), qui occupe la partie centrale, de l'île est constituée de coulées de laves andésitique recouvertes des produits pyroclastiques de ces volcans ;
- les Monts Caraïbes (Pléistocène), sont formés de laves basaltiques, et tranchent avec les autres ensembles par leur relief accusé et leur composition minéralogique (basaltes à phénocristaux d'olivine) ;
- la chaîne de Bouillante (fin du Pléistocène), correspond à des hyaloclastites et des coulées de laves andésitiques massives ;
- le Massif de la Soufrière (Quaternaire à l'Actuel) est constitué de matériaux volcaniques variés (coulées de laves, produits pyroclastiques, dômes de lave, avalanches de débris).

La partie nord-orientale de la Basse-Terre est une vaste plaine, légèrement vallonnée qui descend en pente douce vers la mer et est constituée par des formations volcano-sédimentaires (tuffites, conglomérats) profondément altérées, argilisées.

L'organisation des unités géologiques constitutives de l'île, mises en place à la faveur d'épisodes volcaniques successifs, est complexe et leur confère une large gamme de caractéristiques hydrogéologiques décrites ci-après :

- **les laves massives andésitiques**, intrinsèquement peu perméables, peuvent constituer des réservoirs de type volcanique fissuré et fracturé. Cette perméabilité en grand provient d'une fissuration primaire due au refroidissement de la lave (débit en plaquettes au mur de la coulée et prismation ou débits en torsades à l'avancement de la coulée), et une fracturation secondaire liée à la tectonique active. Cependant ces formations peuvent subir localement une imperméabilisation suite à une altération climatique (argilisation des fissures) et/ou hydrothermale (fluides minéralisés à température élevée qui colmatent les fissures par des argiles et des hydroxydes de fer) ;

- **les coulées de débris** sont caractérisées par une perméabilité d'interstices et de fissures, et sont susceptibles de former des réservoirs de type volcanique poreux et fissuré ;

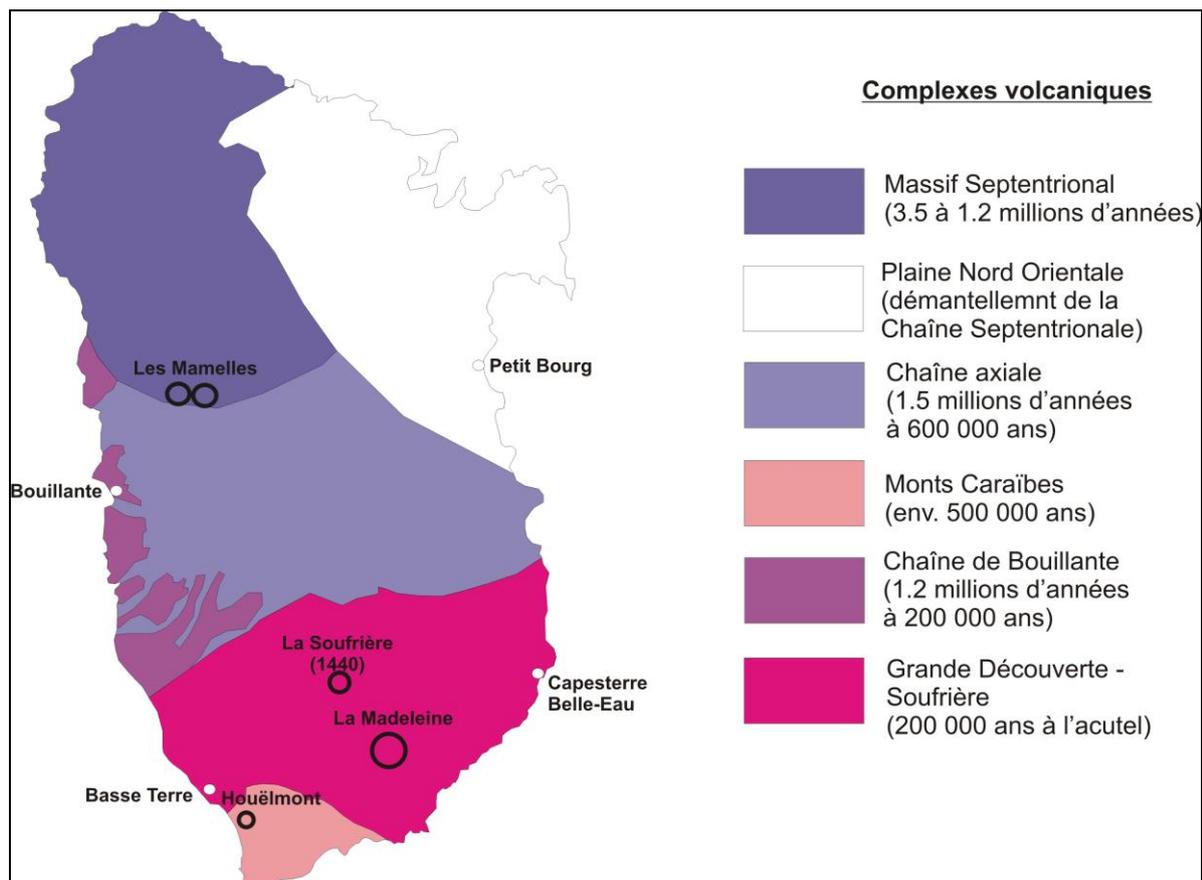


Illustration 12 : Unités morpho-structurales de Basse-Terre

- **les dépôts de nuées ardentes** et **les dépôts pliniens** présentent après leur mise en place une importante perméabilité d'interstices, qui peut cependant diminuer fortement du fait de leur argilisation par le biais de l'altération climatique ;

- **les coulées de ponces** et les **lahars** sont relativement peu perméables et constituent généralement les limites imperméables.

Les **formations carbonatées** du nord-est de la Basse-Terre sont le prolongement des calcaires récifaux de Grande-terre sous les formations volcano-sédimentaires altérées de la plaine Nord Orientale. Ces formations peuvent constituer un réservoir de type carbonaté poreux et fissuré (supposés karstifiés). Les caractéristiques hydrogéologiques de ces formations n'ont pas été définies à l'heure actuelle.

Ces différentes formations s'étagent sur une large échelle stratigraphique : du Plio-pléistocène, pour les formations carbonatées, au Quaternaire pour les formations volcaniques les plus récentes. L'âge des formations conditionnant leur degré d'altération, et donc leur imperméabilisation partielle, il a été choisi de découper les entités hydrogéologiques de Basse-Terre en fonction de l'âge des dépôts successifs. De plus, ces formations sont constituées d'alternances de produits fluides (laves massives) et de produits pyroclastiques formant des réservoirs mixtes à perméabilité d'interstices et de fissures.

Ainsi, cinq unités aquifères ont été définies pour Basse-Terre dans le référentiel hydrogéologique :

L'unité aquifère du volcanisme Quaternaire, l'unité aquifère du volcanisme Pliocène, l'unité aquifère du volcanisme Miocène, l'unité aquifère carbonatée de la Plaine Nord Orientale et l'unité aquifère du complexe volcanique (affichée antémiocène dans l'actuelle carte géologique de la Basse-Terre) (annexe 1).

Les eaux souterraines de la Basse-Terre sont exploitées pour l'alimentation en eau potable uniquement par le captage de sources de débordement (zones d'émergences diffuses) situées principalement dans le Sud Basse-Terre. Par ailleurs, cette ressource en eau souterraine est exploitée pour la production d'eau embouteillée (deux usines dans le sud de la Basse-Terre), pour la production d'énergie (centrale géothermique de Bouillante) et pour le thermalisme (station thermale de Ravine- Chaude au Lamentin).

4.4.4. Formations volcaniques et sédimentaires de la Désirade (971AD)

La géométrie et l'agencement des formations aquifères de l'île de La Désirade sont mal connus, la carte géologique des affleurements au 1/25 000 est le seul document global. Seul le secteur ouest de l'île (Beauséjour) a bénéficié de reconnaissances complémentaires (forages, géophysique,...) dans le cadre d'études de dépollution de la nappe suite à une contamination accidentelle aux hydrocarbures issues de la centrale EDF.

A partir de la carte géologique, il est possible de distinguer trois grands types de formations du Mésozoïque au Quaternaire :

- les formations du complexe éruptif de base sont susceptibles de constituer des réservoirs de type volcanique, plutoniques et métamorphiques fracturés mis en évidence par la présence de sources ;
- les formations de la couverture calcaire peuvent constituer un réservoir de type carbonaté poreux et/ou fissuré, mais leur hétérogénéité peut laisser supposer l'existence de différents types de réservoirs (carbonaté fracturé, carbonaté karstifié). Ce réservoir a été mis en évidence par la présence de sources ;
- les formations des calcaires pararécifaux et des sables de plage, constituent des réservoirs de type carbonaté fissuré et détritique poreux contenant une nappe d'eau douce libre en équilibre hydrostatique avec les eaux marines sous-jacente. Cette nappe devient localement captive sous un niveau imperméable argileux.

La ressource en eau souterraine de la Désirade n'est exploitée qu'à des fins agricoles ou domestiques au niveau de sources et de puits traditionnels. L'île de La Désirade était alimentée en eau potable par une station de dessalement jusqu'en 1989 (date de la destruction de la station suite au passage du cyclone Hugo) et par certaines sources de l'île (sources de Baie-Mahault et source Rivière). L'approvisionnement en eau potable de l'île se fait depuis par une canalisation sous-marine provenant de Grande-Terre.

Trois unités aquifères ont été prises en compte dans le référentiel hydrogéologique : **l'unité aquifère des calcaires para-récifaux et des sables de plage, l'unité aquifère de la table calcaire et l'unité aquifère du substratum éruptif épi-métamorphique** (annexe 1).

4.4.5. Formations volcaniques des Saintes (971AE)

Les deux petites îles de l'archipel des Saintes, Terre-de-Haut et Terre-de-Bas, sont des édifices volcaniques mis en place probablement à la même époque que la chaîne septentrionale de Basse-Terre. Il semble, d'après les informations de la carte géologique, que l'altération de ces formations volcaniques ait entraîné leur imperméabilisation. La ressource en eau souterraine n'est pas connue (aucune étude hydrogéologique menée sur le territoire des Saintes).

Pour cet archipel, deux unités locales ont été définies pour le référentiel hydrogéologique : **l'unité imperméable du volcanisme de Terre-de-Haut** et **l'unité imperméable du volcanisme de Terre-de-Bas** (annexe 1).

4.4.6. Formations volcaniques et sédimentaires de Saint-Martin (971AF)

La géométrie des formations aquifères de l'île de Saint-Martin n'est pas connue précisément, elle a seulement été abordée localement au travers de prospections géophysiques. La carte géologique des affleurements au 1/50 000 est le seul document global.

A partir de la carte géologique, il est possible de distinguer trois grands types de formations de l'Eocène au Miocène :

- les formations volcano-sédimentaires éocènes, correspondant à des alternances de bancs calcaires, de cendres volcaniques et de coulées de laves massives, peuvent constituer des réservoirs de type carbonaté poreux et fissuré, et de type volcanique poreux et fracturés ;
- les formations volcaniques oligocènes, constituées de brèches d'origine sous-marine et de granodiorites recoupées par des dykes, peuvent correspondre à des réservoirs de type volcanique fracturé ;
- les formations récifales miocènes sont susceptibles de constituer des réservoirs de type carbonaté poreux et fissuré. Des phénomènes de karstification sont visibles en surface, mais leur développement souterrain et leur influence potentielle sur les écoulements souterrains n'est pas décrit.

Le substratum de ces formations n'a jamais été identifié par sondages.

Trois unités aquifères ont été prises en compte dans le référentiel hydrogéologique : **l'unité aquifère des formations récifales du Miocène**, **l'unité aquifère du volcanisme de l'Oligocène** et **l'unité aquifère de la série volcano-sédimentaire de l'Eocène** (annexe 1).

La ressource en eau souterraine est exploitée depuis 1985 pour la production d'eau embouteillée. L'eau exploitée est fortement minéralisée et subit un traitement de désalinisation (eau douce en équilibre précaire sur les eaux marines proches) et le débit d'exploitation est faible (1 m³/h). Les quelques puits traditionnels exécutés en bord de mer captent de l'eau saumâtre et sont utilisés uniquement à des fins agricoles et domestiques. La production d'eau potable pour l'île est réalisée par dessalement d'eau de mer.

4.4.7. Formations volcaniques et sédimentaires de Saint-Barthélemy (971AG)

La géométrie des formations aquifères de l'île de Saint-Barthélemy n'est pas connue, aucune étude hydrogéologique n'y a été menée. La carte géologique des affleurements au 1/20 000 est le seul document global disponible.

A partir de la carte géologique, il est possible de distinguer trois grands types de formations de l'Eocène moyen à l'Oligocène :

- les formations sédimentaires éocènes, correspondant à des barres calcaires intercalées dans les formations volcaniques éocènes décrites ci-après. Elles sont susceptibles de constituer des réservoirs de type carbonaté poreux et fissuré. Des phénomènes de karstification existent en surface, mais leur développement souterrain et leur influence potentielle sur les écoulements souterrains n'a jamais été identifiée.
- les formations volcaniques éocènes, constituées d'alternances de cendres volcaniques, de brèches et de coulées de laves massives recoupées par des dykes, peuvent constituer des réservoirs de type volcanique poreux et fissuré et/ou fracturé ;
- les formations volcaniques oligocènes, regroupant des laves massives et des brèches sont susceptibles de constituer des réservoirs de type volcanique fracturé.

Le substratum de ces formations n'a jamais été identifié par sondages.

Trois unités aquifères ont été définies dans le référentiel hydrogéologique : **l'unité aquifère du volcanisme de l'Oligocène, l'unité aquifère de la série volcanique de l'Eocène moyen et l'unité aquifère des formations sédimentaires de l'Eocène moyen** (annexe 3).

Il existe des puits anciens implantés en bordure littorale. Ces ouvrages captent une eau plutôt saumâtre utilisée uniquement à des fins domestiques. L'approvisionnement en eau potable de la population se fait essentiellement par dessalement d'eau de mer.

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 13.

5.2. NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITÉS

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 14).

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

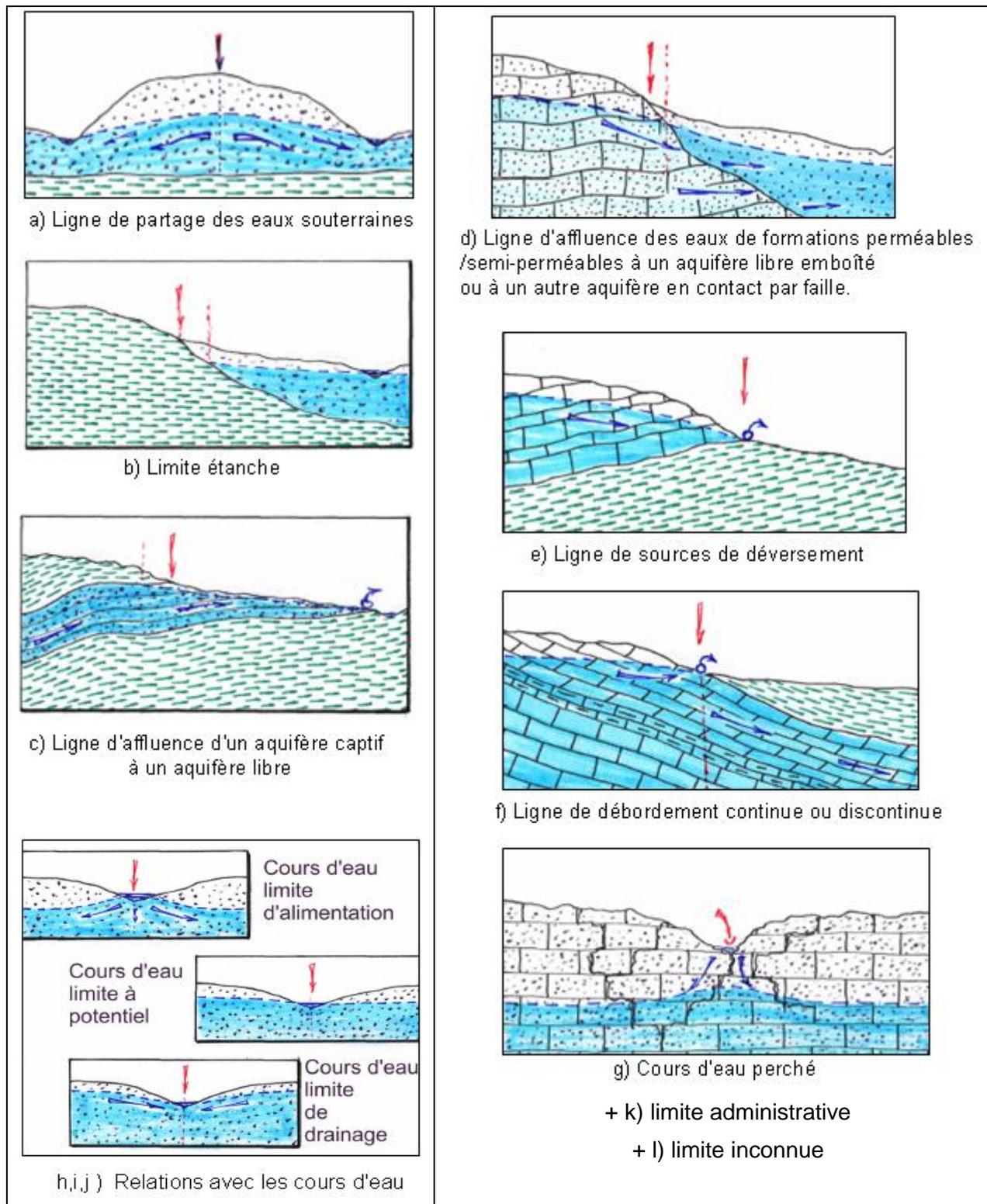


Illustration 13 – Types de limites possibles entre entités

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 2 formations peu perméables en contact (limite "étanche")

Illustration 14 – Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques

5.2.1. Caractérisation des limites

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

Les limites entre entités (polylignes) sont extraites automatiquement par le modèle de gestion du référentiel et intégrées dans la géodatabase du référentiel (décrite en annexe 2).

Comme pour la caractérisation des entités, et pour les mêmes raisons, les limites sont qualifiées uniquement au niveau 3. Elles sont reconduites aux niveaux supérieurs 2 et 1.

Concernant le référentiel de Guadeloupe, seule une partie du lexique mentionné dans le guide méthodologique pour qualifier les limites a été utilisée. Les limites utilisées sont décrites ci-dessous en soulignant la signification précise qu'elles prennent dans le cas du référentiel de Guadeloupe. Les limites spécifiques au milieu insulaire ont été ajoutées (notamment limite correspondant à l'interface eau douce-eau salée au sein des réservoirs).

Les limites introduites dans le référentiel Guadeloupe sont listées ci-après.

❖ Limite étanche ou semi-étanche

Il s'agit d'une limite à flux nul ou non significatif correspondant généralement à un contact entre des formations imperméables ou semi-perméables et perméables. L'illustration 15 schématise ce type de contact.

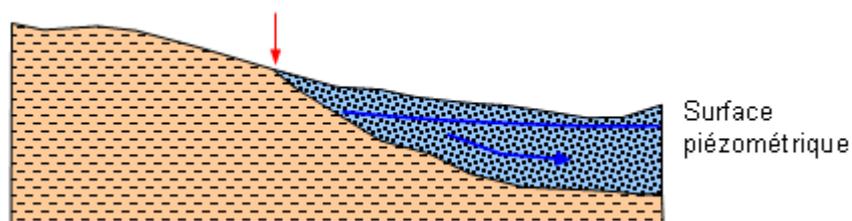


Illustration 15 – Schématisation d'une limite étanche

Compte tenu de l'ambiguïté engendrée par l'existence de 2 "faces" dans une limite (vue du côté du perméable la limite est bien étanche mais vu du côté de l'imperméable la définition devient ambiguë), il a été proposé de compléter le libellé de la manière suivante : "**Limite étanche ou limite à flux nul**".

Ce type de limite est notamment présente en Grande-Terre entre le niveau volcano-sédimentaire supérieur et les calcaires.

❖ Limite de captivité

Elle correspond au passage de la partie libre de l'aquifère à la partie sous recouvrement. Suivant les différentiels de charge, il peut y avoir soit alimentation de la partie libre par la partie captive (illustration 16) soit l'inverse.

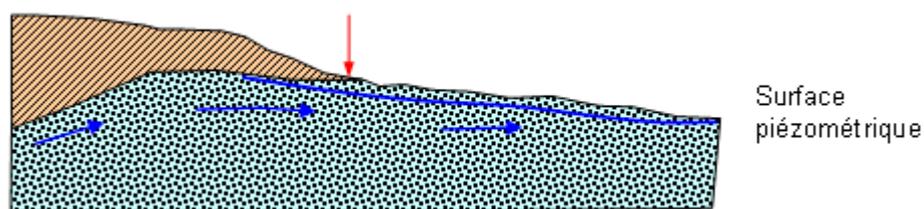


Illustration 16 – Schématisation d'une limite de captivité

Ce type de limite a été mise en évidence en Grande-Terre entre le niveau volcano-sédimentaire supérieur et les calcaires (au niveau de la Plaine des Abymes).

❖ Interface eau douce - eau salée: limite d'émergence à condition de potentiel

En contexte insulaire, cette limite correspond principalement au littoral qui constitue une limite d'émergence à potentiel imposé par la mer marquant le transfert d'eau douce de la nappe vers la masse océanique (illustration 17).

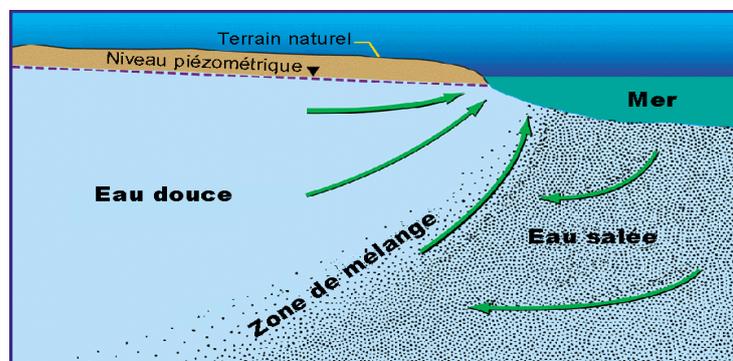


Illustration 17 : Schématisation d'une limite d'émergence à potentiel imposé par la mer

Cette limite existe pour toutes les îles de l'archipel Guadeloupéen.

Ce type de limite peut également correspondre à une limite d'émergence à potentiel imposé par un plan d'eau littoral (étangs salés, salines, ...) comme c'est le cas notamment dans les îles du Nord (Saint-Martin et Saint-Barthélemy).

Remarque : interface eau douce-eau salée en profondeur.

En contexte insulaire l'eau douce est en équilibre hydrostatique avec l'eau marine au sein des formations réservoirs. La surface de contact eau douce-eau salée (illustration 18) correspond à une limite du système aquifère qui peut se substituer au substratum imperméable lorsqu'elle se situe au-dessus.

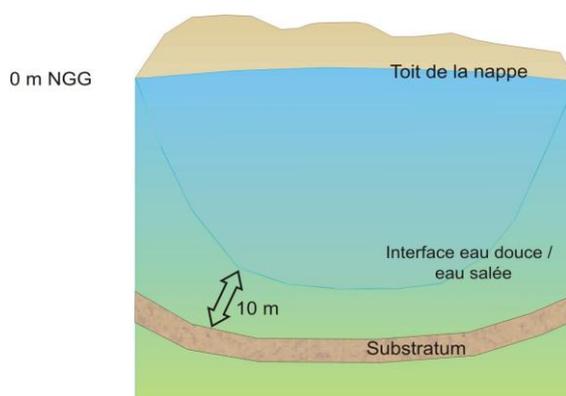


Illustration 18- Schématisation d'une limite "interface eau douce-eau salée" en profondeur

Ce type de limite est identifié dans les aquifères calcaires de Grande-Terre et Marie-Galante notamment (non pris en compte dans le référentiel qui ne qualifie que les limites d'ordre 1).

❖ Limite d'alimentation à condition de flux

Il s'agit d'une limite d'alimentation continue ou discontinue à condition de flux entre deux aquifères libres juxtaposés (illustration 20 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Il peut aussi s'agir d'un contact entre un semi-perméable et un aquifère.

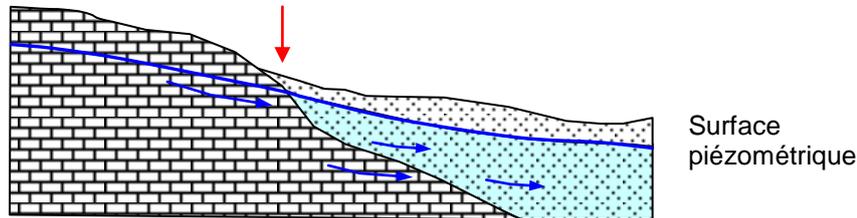


Illustration 19 – Schématisation d'une limite d'alimentation à condition de flux

Ce type de limite peut se retrouver en Grande-Terre entre le niveau volcano-sédimentaire supérieur et les calcaires.

❖ Limite à caractère administratif

Elle correspond aux limites de la région Guadeloupe. Le référentiel utilisé est la BDCARTO d'IGN. Ce type de limite correspond notamment à la limite administrative entre la partie française et la partie hollandaise de l'île de Saint-Martin.

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 construction 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 20).

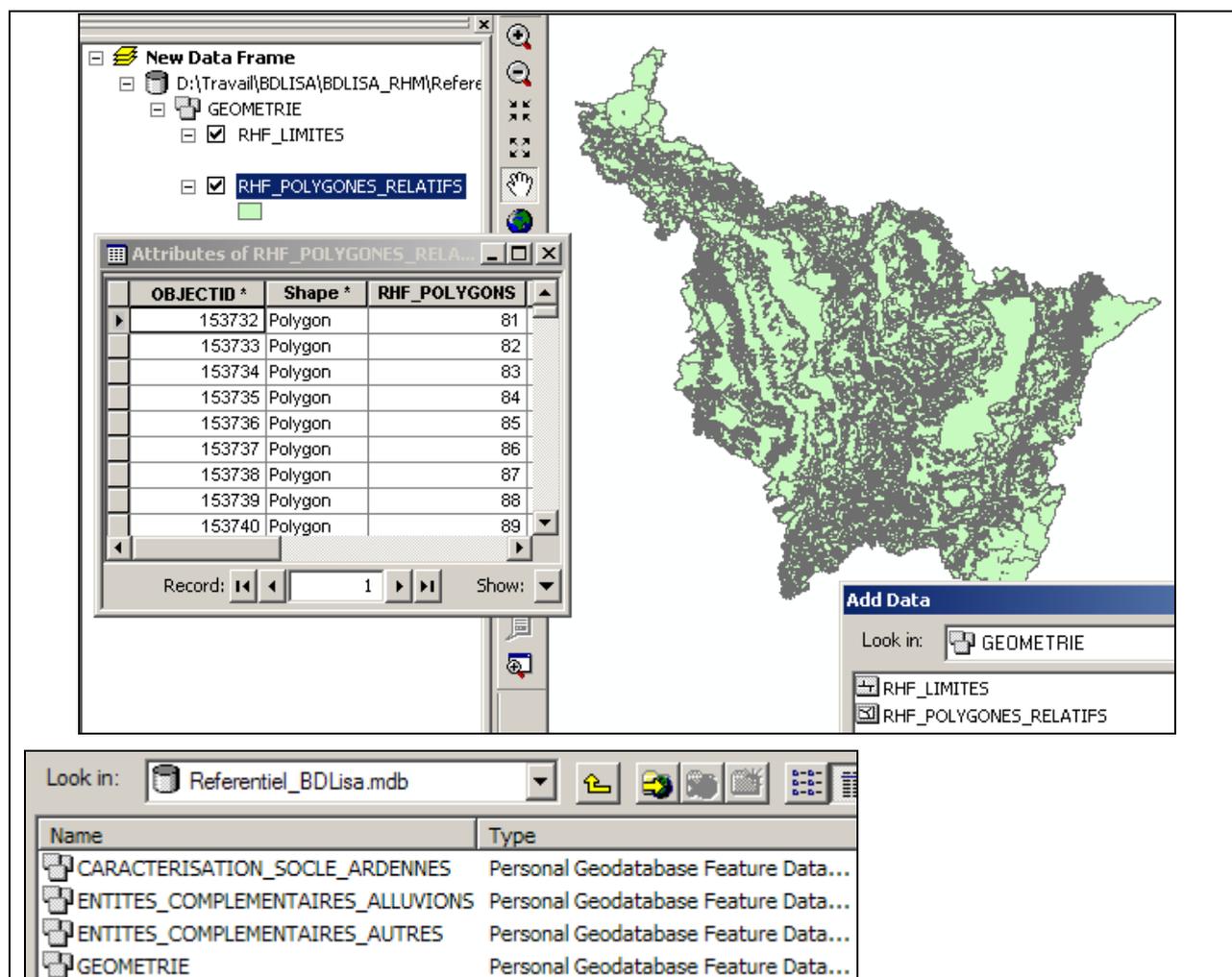


Illustration 20 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.

Outre les « Entités principales », la géodatabase comprend :

- les « **Entités complémentaires** » (partie inférieure de l'illustration 20) 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 21).

	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
1	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 21 - 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 22).

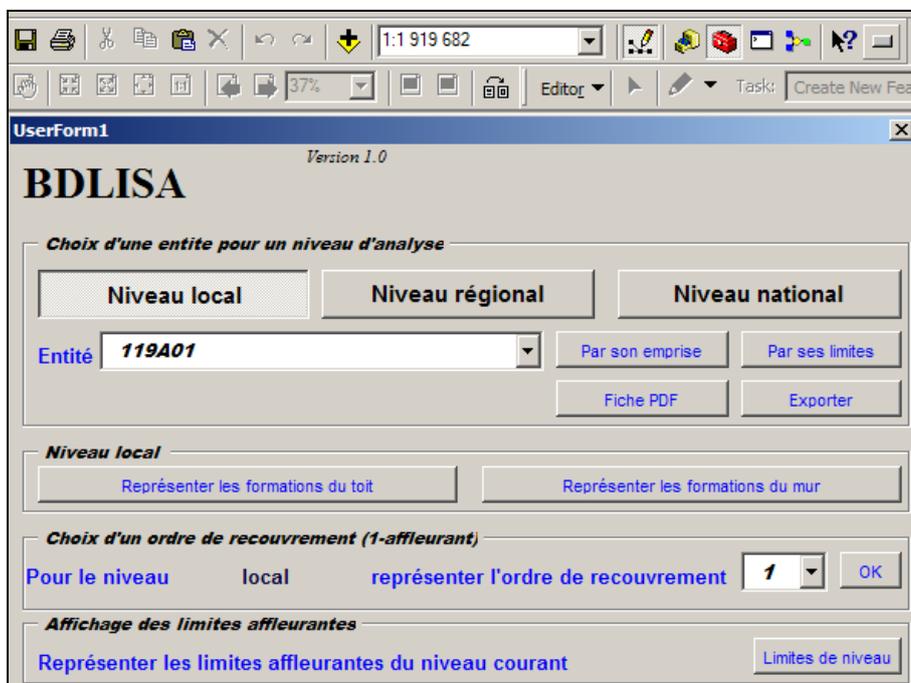


Illustration 22 - Interface utilisateur de la géodatabase.

L'illustration 23 présente un exemple de sélection d'entité effectuée à partir du menu de l'illustration 22 ci-dessus ("*Représenter l'entité par son emprise*").

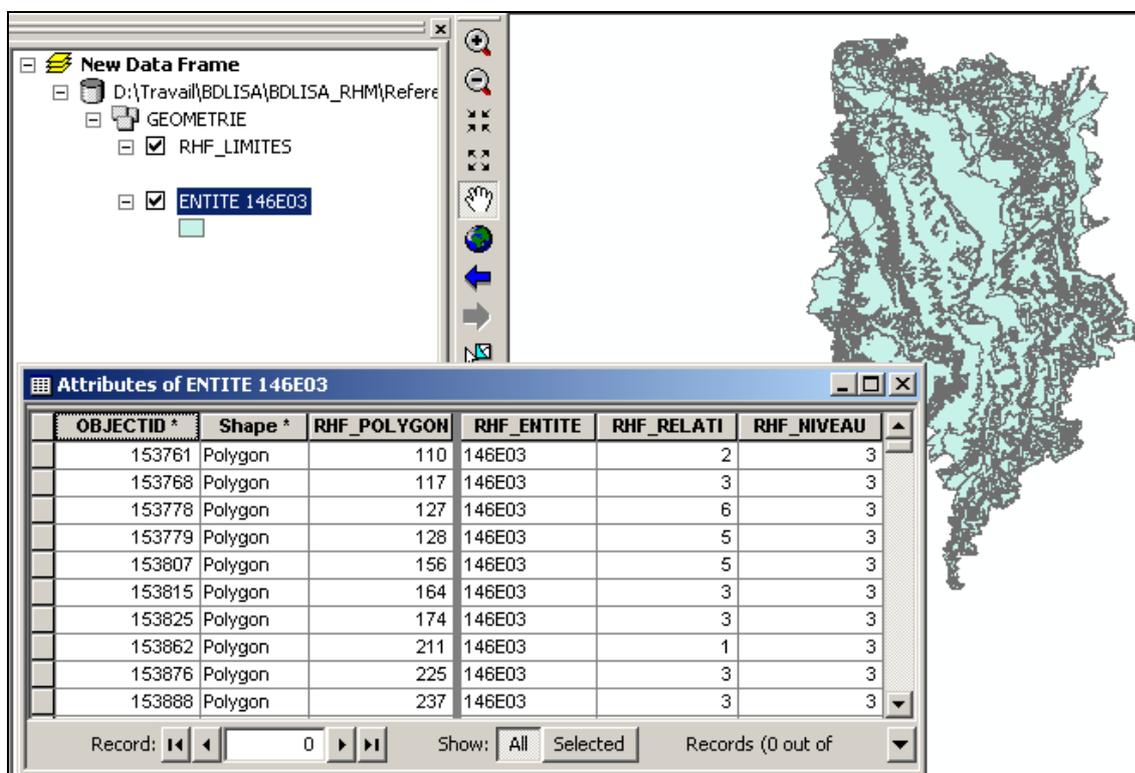


Illustration 23 : Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.

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 24).

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



L'illustration 25 présente une vue des entités de niveau 3 et d'ordre 1 (une couleur est affectée à chaque entité).

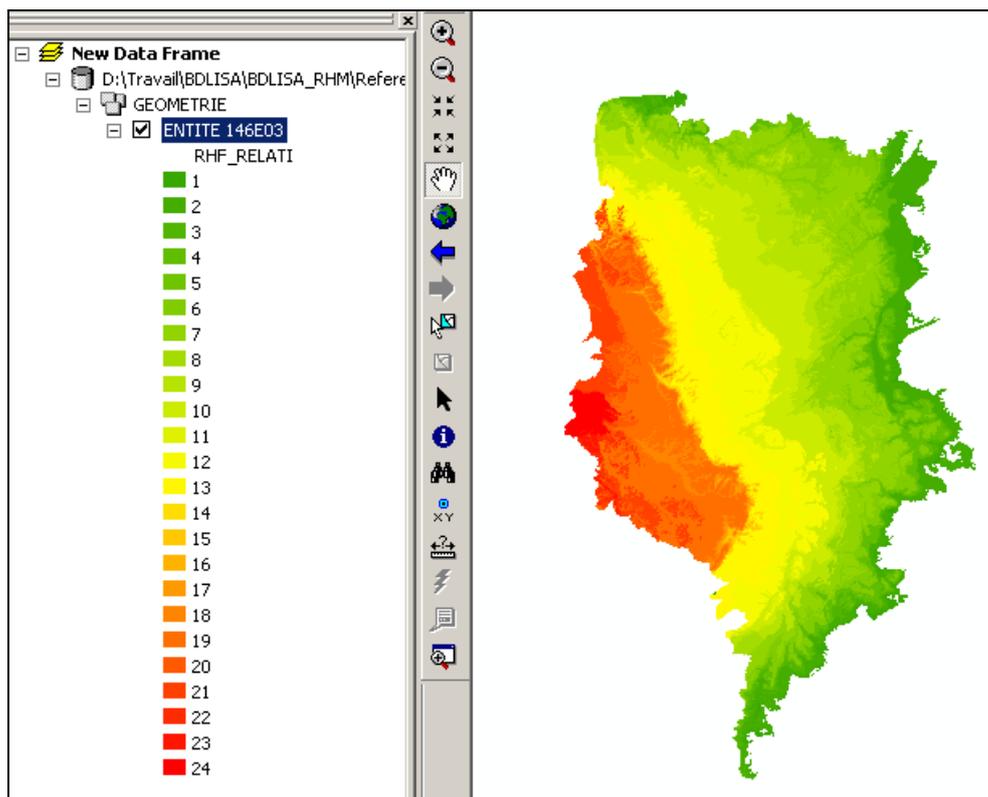


Illustration 24 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).

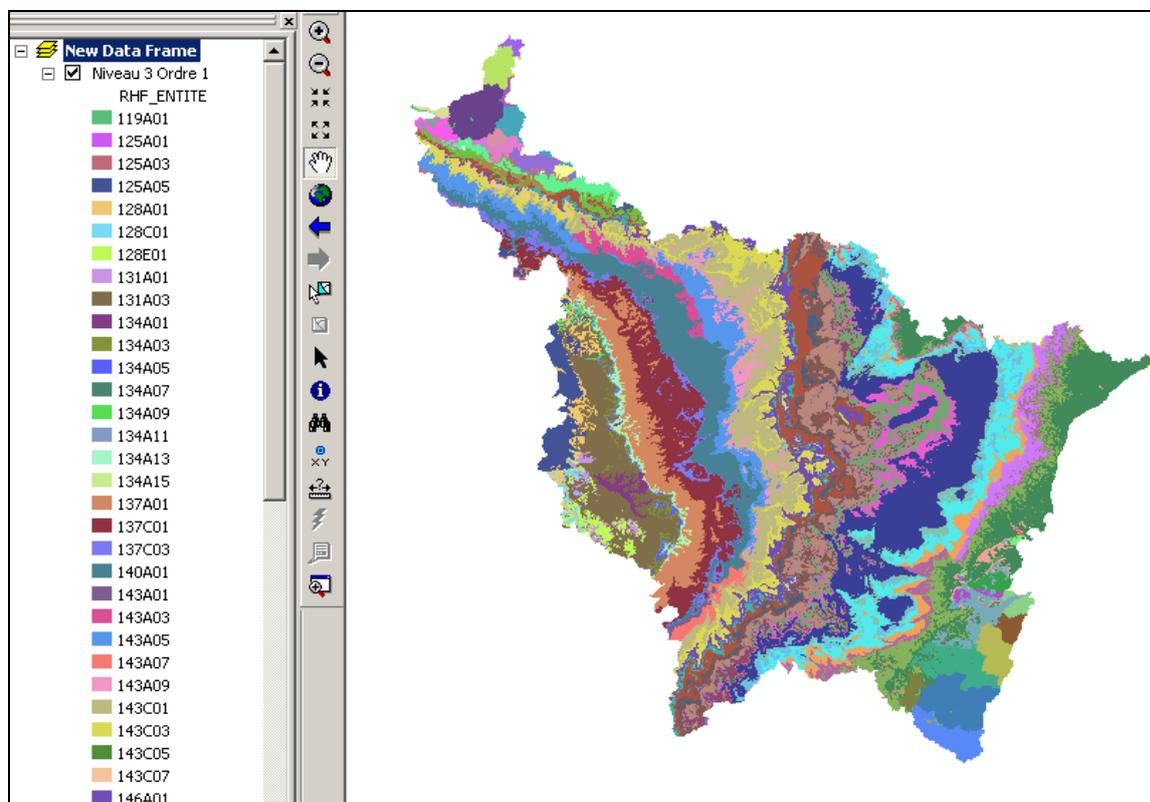


Illustration 25 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).

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).

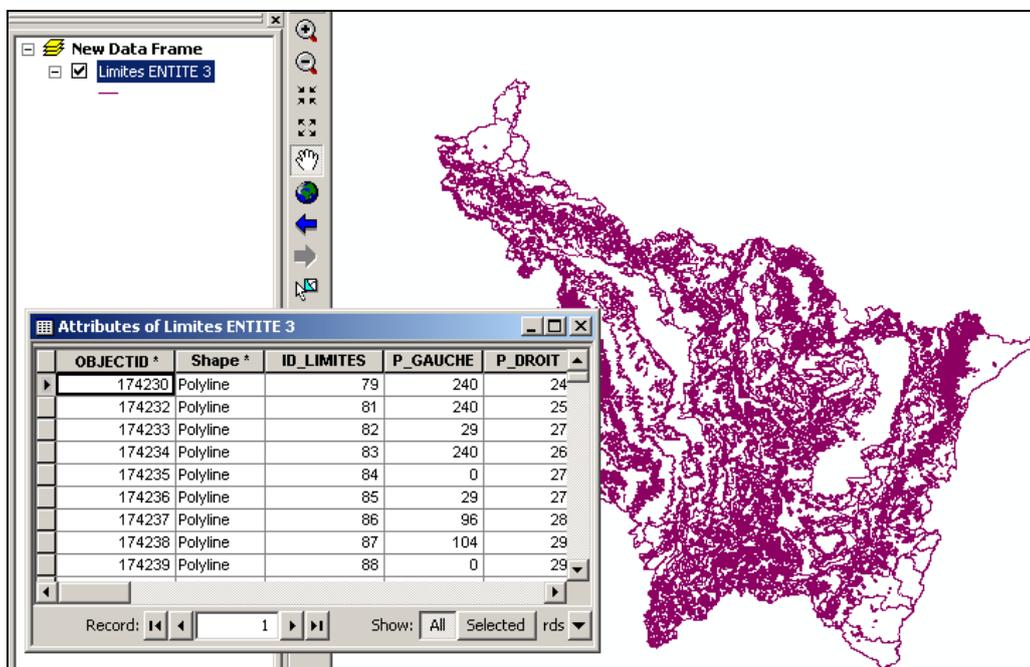


Illustration 26 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités

Cette table contient aussi la nature des contacts entre entités (illustration 27).

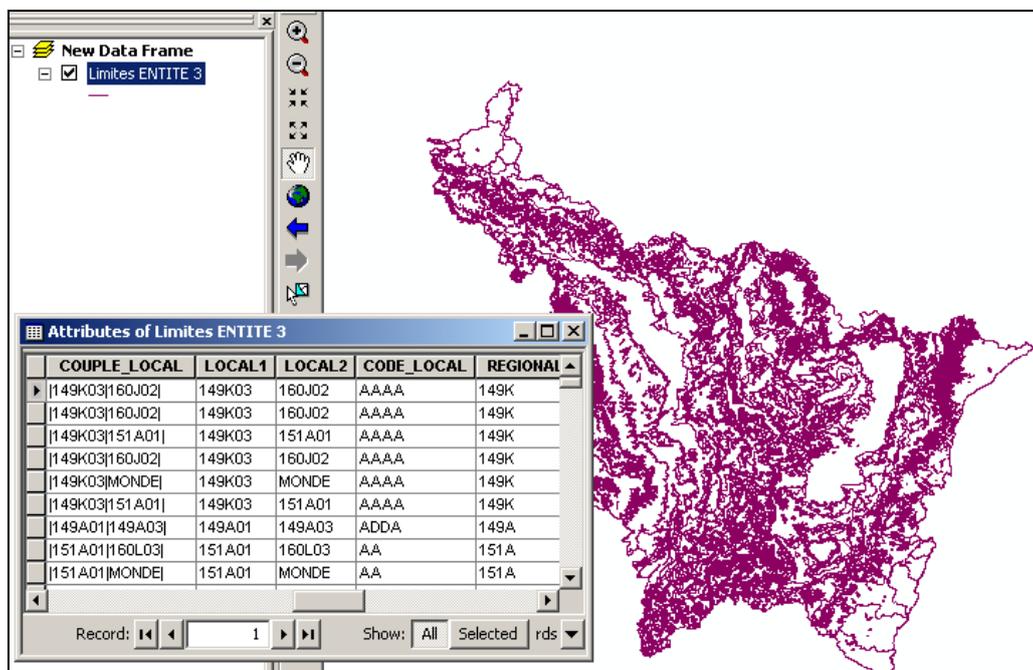


Illustration 27 - Table des limites: natures des contacts entre entités.

6.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS

Le modèle de construction permet d'éditer automatiquement (Illustration 28) 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.

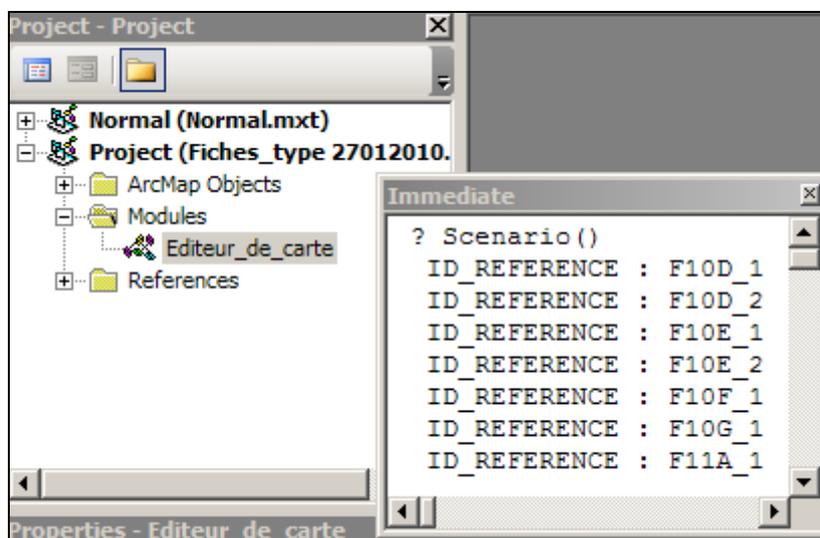


Illustration 28 : Editeur de cartes du modèle de construction du référentiel.

Une fiche d'analyse est constituée de plusieurs blocs d'informations. L'illustration 29 et l'illustration 30 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 29), 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 30) 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 moyennes de l'entité considérée (à l'ordre 1), la nature des contacts et la longueur (en km) de chaque tronçon de limite partagée.

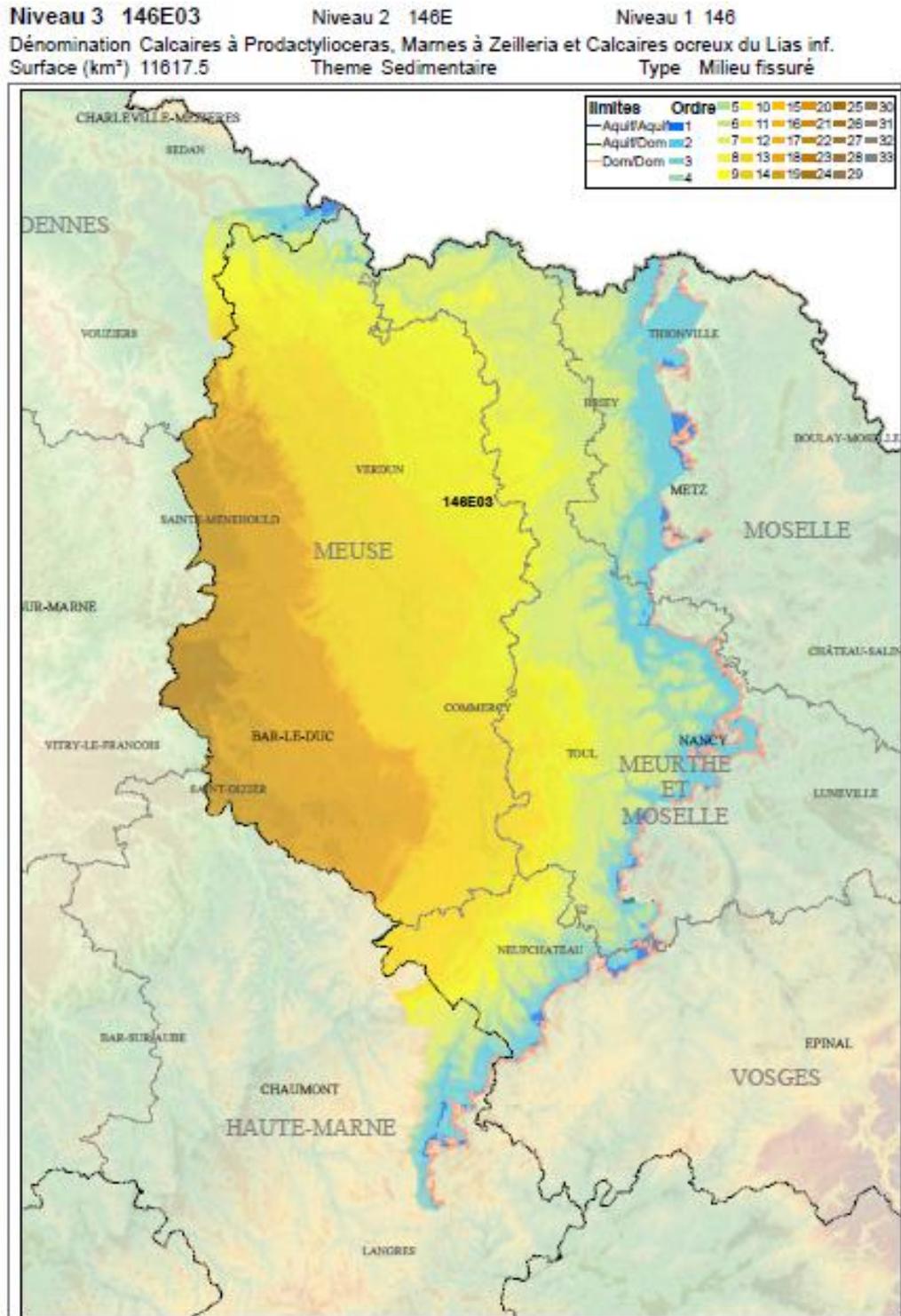


Illustration 29 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).

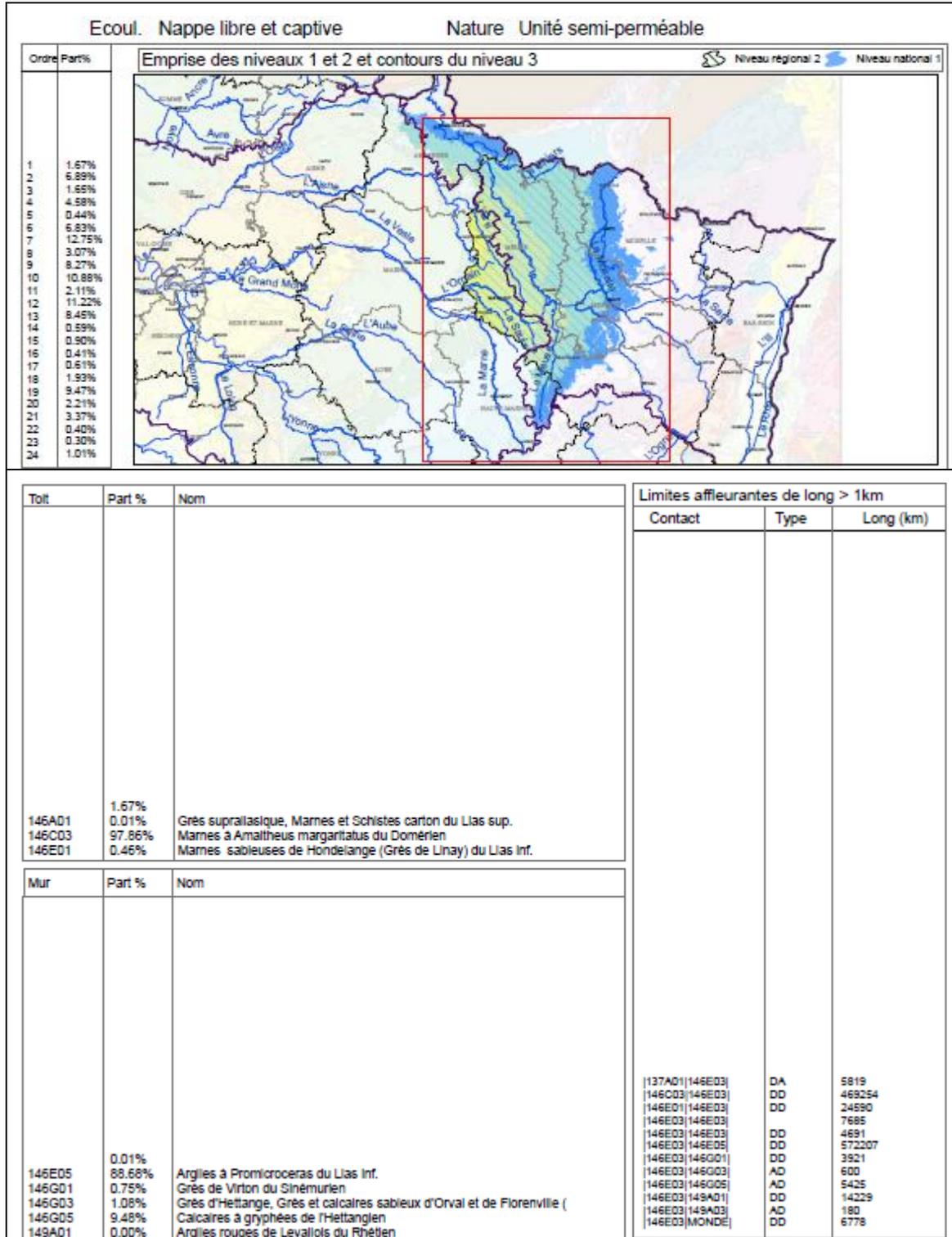


Illustration 30 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite)

7. Conclusion

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

- **22 unités de niveau local (NV3),**
- **7 systèmes ou domaines du niveau régional (NV2).**

A ces entités, il faut ajouter :

- **la surcouche des alluvions récentes** identique pour les deux échelles de travail.

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

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/>.

Le découpage effectué, repose sur l'état des connaissances actuel. Il est donc susceptible de modifications en fonction de l'avancement des connaissances et notamment de l'actualisation des cartes géologiques et notamment celle de Basse-Terre en projet.

Références bibliographiques

Documents exploités pour l'identification et la délimitation des entités

ATLAN Y., PAULIN C. – 1985 - Ile de saint martin - Guadeloupe - Essai d'identification des ressources en eau souterraine (BRGM 85 ANT 015)

BARAT A. – 1984- Etude du rôle des eaux souterraines dans le mécanisme des éruptions phréatiques - application à la montagne pelée de Martinique et à la Soufrière de Guadeloupe (Thèse)

BATTISTINI R., CARLIER P., HINSCHERBERGER, RODET J. – 1993 – Carte géologique de Marie-Galante et îlets de la Petite-Terre (2^{ème} édition) (1/50 000)

BEZELGUES S., AMRAOUI N. avec la coll. LE NINDRE Y.M. – 2003 - Collecte et préparation des données en vue de la modélisation hydrodynamique des écoulements souterrains en Grande Terre (BRGM/RP-54709-FR)

BOUCHET C., MONGE O. – 1992 - Pollution en gasoil de la centrale EDF à Désirade - Phase 1. Caractérisation du site et diagnostic pollution (BRGM/RR-35897-FR)

BOUYASSE P., GARRABE F., MAUBOUSSIN T., avec la coll. ANDREIEFF P.,

BOUDON G., DAGAIN J., SEMET M.P., WESTERCAMP D., avec la coll. BARAT A., BOUYASSE P., FEUILLARD M. – 1988 – Carte géologique du massif volcanique de la Soufrière (1/20 000)

DAGAIN J., ANDREIEFF P., WESTERCAMP D., BOUYASSE P., GARRABE F. – 1989 Carte géologique de Saint-Martin (1/50 000)

DE REYNAL DE SAINT-MICHEL A. – 1966 – Carte géologique de Basse-Terre et des Saintes (1/50 000)

GARRABE F., ANDREIEFF P., avec la coll. BOUYASSE P., RODET J. – 1988 – Carte géologique de Grande-Terre (1/50 000)

HAMM V., THIERY D., AMRAOUI N., BEZELGUES S. – 2007 – Modélisation hydrodynamique diphasique des écoulements souterrains de Grande-Terre (BRGM/RP-55039-FR)

IQUET M., DAGAIN J., LALLIER S., RIOU L., POUJOL L., GUEYDAN I. – 1982 - Recherche en eau souterraine sur le versant ouest du massif de la Soufrière-Basse-Terre (Guadeloupe). Phase 1 et 2. Evaluation des potentialités hydrogéologiques. Proposition de sites d'implantation des sondages de reconnaissance (BRGM/RR-39060-FR)

JACQUES D., MAURY R.C. – 1988 – Carte géologique des Saintes (1/20 000)

LACHASSAGNE P., PETIT J., PIERLOT D. – 1992 - Recherche d'eau souterraine sur la commune de Trois-Rivières (BRGM/RR-36066-FR)

PAULIN C., DOURGAPARSAD M. - 1982 - Etude du potentiel en eau souterraine de la Basse-Terre (BRGM/RR-20201-FR)

- PAULIN C. – 1985 - Recherche d'eau souterraine à Ziotte Deshaies résultats du sondage de reconnaissance (BRGM 85 GPE 024)
- PAULIN C. – 1988 - Recherche en eau souterraine dans le Nord-Est de la Basse-Terre. Synthèse des connaissances (BRGM/RR-17349-FR)
- PETIT V. – 1989 - Evaluation du potentiel en eau souterraine de l'île de la Désirade (BRGM/RR-30119-FR)
- PETIT V., BERETTA M. – 1988 - Recherche d'eau souterraine dans la région de Deshaies. (BRGM/RR-17400-FR)
- PETIT V., GOURDOL L., BEZELGUES S., avec la coll. THIERY D. – 2003 - Modélisation des écoulements souterrains de Marie-Galante en régime transitoire (BRGM/RP-52675-FR)
- PAULIN C., DOURGAPARSAD M., HAMM P. – 1983 - Recherche en eau souterraine dans le Nord-Est de la Basse-Terre (BRGM/RR-19852-FR)
- PETIT V., LESAGE P., RANCON J.P. – 1990 - Etude hydrogéologique de Saint-Martin (BRGM/RR-30482-FR)
- RANCON J.P., PETIT V., FOUCHER J.L. – 1989 - Projet de barrages sur les sites Dumanoir – Moreau – Synthèse des investigations géophysiques, géologiques et hydrogéologiques préliminaires (BRGM/RR-33111-FR)
- VILMEN F., GOURDOL L., BEZELGUES S., COMTE JP. – 2003 – Synthèse des connaissances hydrogéologiques de Guadeloupe (BRGM/RP-51785-FR)
- WESTERCAMP D. – 1979 – Carte géologique de La Désirade (1/25 000)
- WESTERCAMP D., ANDREIEFF P. – 1983 – Carte géologique de Saint-Barthélemy et ses îlets (1/20 000)

2) Documents généraux sur le référentiel

- PETIT V., HANOT F., POINTET T. – 2003 - Référentiel hydrogéologique BD RHF. Guide méthodologique de découpage des entités (BRGM RP-52261-FR)
- PETIT V. Rapport BRGM/RP-52967 - 2004 - BDRHF - Découpage préalable et global. CDROM des documents. Présentation du contenu. (BRGM/RP-53127)
- SANDRE - 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.

Annexe 1 : Tableau multi-échelles

Niveau local:LV3										Niveau régional:LV2										Niveau national:LV1									
RHF_ENTITE		RHF_DENOMINATION		RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MILIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE		RHF_DENOMINATION		RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION		N1_RHF_NATURE											
971AA01	Calcaires blancs à polygères dits "supérieurs"			10	3	2	5	4	2	971AA	Calcaires plio-pléistocènes de Grande-Terre			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AA02	Niveau volcano-sédimentaire supérieur			20	3	1	6	4	2	971AA	Calcaires plio-pléistocènes de Grande-Terre			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AA03	Calcaires bioclitiques à nodules algaires (rhodolites) dits "inférieurs"			30	3	3	5	4	2	971AA	Calcaires plio-pléistocènes de Grande-Terre			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AB01	Calcaires blancs à polygères			10	3	2	5	4	2	971AB	Calcaires plio-pléistocènes de Marie-Galante			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AB02	Calcaires bioclitiques à nodules algaires (rhodolites)			20	3	2	5	4	2	971AB	Calcaires plio-pléistocènes de Marie-Galante			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AB03	Substratum volcano-sédimentaire			30	3	1	6	7	2	971AB	Calcaires plio-pléistocènes de Marie-Galante			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AC01	Volcanisme quaternaire			10	3	3	5	6	5	971AC	Formations volcaniques de la Basse-Terre			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AC02	Volcanisme pliocène			20	3	3	5	6	5	971AC	Formations volcaniques de la Basse-Terre			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AC03	Volcanisme miocène			30	3	3	5	6	5	971AC	Formations volcaniques de la Basse-Terre			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AC04	Formations carbonatées de la plaine Nord-Orientale			40	3	3	5	4	2	971AC	Formations volcaniques de la Basse-Terre			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AC05	Complexe volcanique artémiosène			50	3	3	5	6	5	971AC	Formations volcaniques de la Basse-Terre			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AD01	Calcaires para-craux et cœa-sabils de plage			10	3	2	5	1	2	971AD	Formations volcaniques et sédimentaires de la Désirade			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AD02	Formation de la table calcaire			10	3	2	5	4	2	971AD	Formations volcaniques et sédimentaires de la Désirade			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AD03	Substratum éruptif épimétamorphique			10	3	3	5	2	5	971AD	Formations volcaniques et sédimentaires de la Désirade			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AE01	Formations volcaniques imperméables de Terre-de-Bas			10	3	1	7	0	5	971AE	Formations volcaniques des Saintes			4	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AE02	Formations volcaniques imperméables de Terre-de-Haut			10	3	1	7	0	5	971AE	Formations volcaniques des Saintes			4	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AR01	Formations réefales du Miocène			10	3	3	5	1	2	971AR	Formations volcaniques et sédimentaires de Saint-Martin			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AR02	Volcanisme de l'Oligocène			10	3	3	5	2	5	971AR	Formations volcaniques et sédimentaires de Saint-Martin			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AR03	Volcano-sédimentaire de l'Éocène			10	3	3	5	4	2	971AR	Formations volcaniques et sédimentaires de Saint-Martin			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AS02	Formation volcano-sédimentaire de l'Éocène moyen			20	3	3	5	4	2	971AS	Formations volcaniques et sédimentaires de Saint-Barthélemy			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AS03	Formation volcanique de l'Éocène moyen			30	3	3	5	6	5	971AS	Formations volcaniques et sédimentaires de Saint-Barthélemy			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											
971AG01	Formation volcanique de l'Oligocène			10	3	3	5	6	5	971AG	Formations volcaniques et sédimentaires de Saint-Barthélemy			3	971	Grand système aquifère de Guadeloupe		1											

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
3, avenue Claude-Guillemain
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Guadeloupe
Houëlmont
Route de l'Observatoire
97113 – Gourbeyre - France
Tél. : 05 90 41 35 48