Document public

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (Version 0)

Bassin Seine-Normandie

Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1 et 2 en régions Haute-Normandie et Basse-Normandie

Rapport final, Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP-62223-FR

Mise à jour d'avril 2013

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

eau seine NORMANDIE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA

Bassin Seine-Normandie

Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1 et 2 en régions Haute-Normandie et Basse-Normandie

Rapport final, Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP-62223-FR
Mise à jour d'avril 2013

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 08EAUI13

A. Lereculey, L. Arnaud, S.Schomburgk, N. Surdyk, V. Mardhel et **D. Xu**

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : A. Bel Date : 06 Août 2013	Nom : D. Pennequin Date : 10 septembre 2013

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

ONEMA
Office national de l'eau et des milieux aquatiques

eau seine NORMANDIE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : Référentiel hydrogéologique, système aquifère, domaine hydrogéologique, Haute-Normandie, Basse-Normandie.

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

Lereculey A., Arnaud L., Schomburgk S. N. Surdyk**,** Mardhel V. et Xu D. (avril 213) – Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA.. Bassin Seine-Normandie. Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1 et 2 en régions Haute-Normandie et Basse Normandie. Rapport final, mise à jour BDLISA version 0. BRGM/RP-62223-FR., 43 ill., 11 ann.

© 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 2010 par Lereculey A., Arnaud L., avec la collaboration de Mardhel V. et Xu D. (RP-57518-FR) en Haute-Normandie et Basse-Normandie dans le cadre de la réalisation de BDRHF-V2. Cette mise à jour permet d'intégrer les entités hydrogéologiques décrites en 2010 à la version 0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères).

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 régions Haute-Normandie et Basse-Normandie (BRGM/RP-57518-FR).

Sur l'ensemble de la zone d'étude on décompte :

- **au niveau régional (NV2) : 76 entités (systèmes aquifères ou domaines hydrogéologiques) : 55 pour le "thème Sédimentaire" et 21 entités pour le "thème Socle" ;**
- **au niveau national (NV1) : 28 entités (grands systèmes aquifères, grands systèmes multicouches, ou grands domaines hydrogéologiques): 18 pour le "thème Sédimentaire" (entités NV1 rattachées à celles du Bassin Parisien) et 10 pour le "thème Socle".**

A ces entités**,** s'ajoute **la surcouche des alluvions** identique pour les 3 échelles de travail.

Les données de ce référentiel 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 téléchargés par entité, région ou par agence.

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

Un accès cartographique a été adapté pour les utilisateurs de ce référentiel via http://geotraitements.brgm.fr/viewer/bdlisa. Cette interface cartographique permettant 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 9

2. Présentation du référentiel BDLISA 13

2.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS 13

2.1.1. Principes de construction 13

2.1.2. Assemblage des entités 13

2.1.3. Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction 13

2.1.4. BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE 14

2.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA 14

2.3. LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL 15

2.3.1. Les entités hydrogéologiques 15

2.3.2. Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques 16

2.3.3. Les "thèmes" des entités hydrogéologiques 17

2.3.4. L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques 17

2.3.5. L'attribut "Type de milieu" des entités hydrogéologiques 19

2.3.6. L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques 21

2.3.7. L'attribut "Origine de la construction" des entités hydrogéologiques 22

2.4. LE TABLEAU MULTI-ECHELLES 22

2.5. LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS 23

2.5.1. Principes sous-jacents 23

2.5.2. Organisation des entités en 2 ensembles 24

2.5.3. Ordre absolu et ordre relatif 25

3. Méthodologie de délimitation des entités et assemblage par le modèle de gestion 27

3.1. PRINCIPES DIRECTEURS 27

3.1.1. Homogénéité du découpage 27

3.1.2. Emboîtement des niveaux 27

3.2. PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION 28

3.2.1. Identification et cadrage hydrogéologique général 28

3.2.2. De l'analyse des cartes géologiques au tableau multi-échelles 28

3.2.3. Individualisation de l'alluvial 29

3.2.4. Découpage des entités 29

3.2.5. Passage au modèle de gestion du référentiel 29

3.2.6. Organigramme 30

4. Mise en œuvre du découpage 31

4.1. DONNÉES DE RÉFÉRENCE 31
4.1.1. Carte géologique harmonisée 32
4.1.2. Logs géologiques 33
4.2. ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE 35
4.2.1. Construction du tableau multi-échelles 35
4.2.2. Méthode de découpage des entités 37
4.2.3. Sélection des entités 39
4.2.4. Répartition des entités en Haute-Normandie et en Basse-Normandie 45
4.3. 4.3. ENTITÉS DU THÈME SOCLE 50
4.3.1. Données 50
4.3.2. Entités NV2 du socle 50
4.3.3. Entités NV1 du socle 55
4.3.4. Vision nationale du découpage : proposition 56
4.4. ENTITÉS COMPLÉMENTAIRES 56
5. Limites des entités 62
5.1. LIMITES HYDRAULIQUES 62
5.2. NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITES 62
6. Outil de construction du référentiel 65
6.1. GÉODATABASE 65
6.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS 70
7. Conclusion 75
8. Bibliographie 77

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Illustration 1 - Localisation de la zone d'étude sur fond géologique (extraction de la carte géologique au 1/1.000.000 de la France,BRGM©) 11
Illustration 2 – Types d'entités hydrogéologiques et codification 18
Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques 20
Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires 23
Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités 26
Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3 27
Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage. 30

Illustration 8 - Entités de niveau 2 identifiées lors de la phase méthodologique d'élaboration du référentiel (2001-2003) avec leurs codes et dénominations d'origine lors de l'élabration de BDRHV-V2. 31
Illustration 9 – Carroyage des cartes géologiques avec leur numéro 32
Illustration 10 – Extraction des logs validés de la Banque de données du Sous-Sol pour la Haute et Basse-Normandie 34
Illustration 11 - Visualisation de la base de données géologiques (carte et forages) sous ArcGis 34
Illustration 12 – Exemple de correspondance entre formations géologiques de la carte géologique harmonisée et entités hydrogéologiques.Ces exemples utilisent des dénominations issues des versions antérieures (BDRHF-V1) 36
Illustration 13 - Exemple de correspondance entre formations géologiques locales traversées par les forages validés et entités hydrogéologiques Ces exemples utilisent des dénominations des dénominations issues des versions antérieures (BDRHF-V1) 36
Illustration 14 - Délimitation d'une entité à partir du report de forages ayant traversé la formation et de la synthèse géologique du bassin de Paris : cas des sables du Néocomien (entité 127C : Sables et Grès du Crétacé inférieur (Néocomien) du Bassin Parisien dans la version de actualisée de BDLISA) 38
Illustration 15 - Construction d'une entité par fusion des parties à l'affleurement 38
Illustration 16 : Modification de l'entité 139AC (Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) dans le bassin Seine-Normandie à l'ouest du sillon marneux du Bathonien-Callovien) par rapport à l'ancienne version. 39
Illustration 17 : Regroupement des entités de l'ancienne version 139AS (Marnes du Bajocien-Bathonien en Basse-Normandie) et 139AN (Marnes du Bajocien-Bathonien du Bassin parisien) en l'entité 139AN (Marnes et calcaires marneux du Bathonien dans le bassin Seine-Normandie). 40
Illustration 18 : Modification de l'entité 139AP (Calcaires de l'Aalénien-Bajocien dans le bassin Seine-Normandie) par rapport à l'ancienne version. 40
Illustration 19 - Coupe schématique des Sables du Crétacé inférieur 42
Illustration 20 – Sillon marneux séparant la formation du Callovien-Bathonien en 2 réservoirs calcaires aquifères (Extrait de la "Synthèse géologique du Bassin de Paris" –BRGM - 1980) 44
Illustration 21 - Répartition des entités sédimentaires NV2 en Haute-Normandie et Basse-Normandie. 48
Illustration 22 – Etendue de l'entité 139AP (Calcaires de d'Aalénien-Bajocien du Bassin Parisien) en Haute-Normandie et Basse-Normandie. 49
Illustration 23 : Systèmes aquifères de niveau 2 en zone de socle. 51
Illustration 24 - Entités NV1 et NV2 du "thème Socle" en Basse-Normandie : les anciens codes correspondent aux codes de la version 2 et les nouveaux codes correspondent à ceux de la version 0. Les noms sont ceux de la version 0. 53
Illustration 25 : Systèmes aquifères de niveau 1 et secteurs hydrographiques de la BD Carthage en zone de socle. 55
Illustration 26 – Systèmes alluvionnaires et dunes 56
Illustration 27 : Alluvions réservoir en Normandie 57
Illustration 28 : Limons des plateaux et formations loessiques en Normandie 58
Illustration 29 : Alluvions tourbeuses en Normandie 58
Illustration 30 : Altérites de socle en Basse-Normandie 59
Illustration 31 : Aires karstiques en Normandie 61

Illustration 32 - Types de limites possibles entre entités. 63
Illustration 33 - Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques. 64
Illustration 34 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap. 66
Illustration 35 - Tables non géométriques de la géodatabase. 66
Illustration 36 - Interface utilisateur de la géodatabase. 67
Illustration 37 - Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général. 67
Illustration 38 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs). 68
Illustration 39 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1). 69
Illustration 40 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités. 70
Illustration 41 - Table des limites : natures des contacts entre entités. 70
Illustration 42 - Éditeur de cartes du modèle de gestion du référentiel. 71
Illustration 43 - Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche). 72

Liste des annexes

Annexe 1 - Lexique de caractérisation des entités et des limites 79
Annexe 2 - Modèle de gestion du référentiel et géodatabase associée 89
Annexe 3 - Tableau multi-échelles 119
Annexe 4 – Extraits des atlas numériques du Calvados et de l'Eure 129
Annexe 5 - Echelle stratigraphique du bassin de Paris 141
Annexe 6 - Note méthodologique sur le découpage en domaine de socle 147
Annexe 7 - Caractéristiques des stations hydrométriques de la Banque HYDRO utilisées en Basse-Normandie 153
Annexe 8 - Correspondances entre les formations de la carte géologique harmonisée et les entités hydrogéologiques de BDLISA 157
Annexe 9 - Correspondances entre les formations rencontrées dans les logs géologiques validés et les entités hydrogéologiques de BDLISA 167
Annexe 10 - Lexique de caractérisation des entités 177
Annexe 11 - Le modèle de gestion du référentiel et la géodatabase des entités 183

1. Introduction

Le présent rapport est la mise à jour d'un travail réalisé en 2010 par Lereculey A., Arnaud L., avec la collaboration de Mardhel V. et Xu D. (RP-57518-FR) en Haute-Normandie et Basse-Normandie dans le cadre de la réalisation de BDRHF-V2. Cette mise à jour permet d'intégrer les entités hydrogéologiques décrites en 2010 à la version 0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères).

Le référentiel hydrogéologique BDLISA succède au référentiel BDRHFV1 et remédie à certaines insuffisances de ce référentiel, en particulier :

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

Il tient 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^{ième}.

Le Référentiel BDLISA propose un découpage du territoire national (territoire métropolitain et départements d'outre-mer, à l'exception de Mayotte) 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.

BDLISA se présente sous la forme d'un Système d'Information Géographique (SIG) dont la base de données contient les informations permettant de caractériser les entités hydrogéologiques. La présentation générale du référentiel, de ses principes de construction et de mise en œuvre est décrite dans le rapport BRGM/RP-62261-FR.

Suite à l'harmonisation nationale des entités BDLISA à l'échelle nationale le nombre d'entités BDLISA en Normandie 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 Normandie (BRGM/RP-57518-FR).

Zone d'étude

Ce rapport rend compte de la construction du référentiel hydrogéologique en Haute-Normandie et en Basse-Normandie (respectivement d'une superficie d'environ 12400 km² et 17800 km²). La délimitation des entités hydrogéologiques a porté sur les formations de socle et sur les formations sédimentaires allant du Quaternaire au Trias.
Le découpage a été réalisé au niveau national (NV1) et au niveau régional (NV2) conformément aux recommandations du guide méthodologique national (Rapport BRGM RP-52261-FR, 2003) et aux propositions soumises en 2007, 2008 et 2009 au comité de pilotage du Référentiel pour actualiser ce guide.

La Haute-Normandie est une région à forts enjeux en matière de gestion des eaux souterraines, avec en particulier la nappe de la craie, aquifère prépondérant et très sollicité pour tous les usages. D'autres aquifères, moins exploités, constituent cependant des ressources en eau significatives : les alluvions de la Seine, les sables et calcaires du Tertiaire dans l'Eure, les Sables verts de l'Albien, les Calcaires du Tithonien dans le Pays de Bray et les Calcaires de l'Oxfordien dans une moindre mesure (ouest de l'Eure) (illustration 2).

La Basse-Normandie couvre à la fois le Massif Armoricain, en domaine de socle avec des terrains précambriens et paléozoïques, et la bordure occidentale du Bassin Parisien composé de terrains carbonatés jurassiques et crétacés. La région est donc caractérisée par une grande diversité d'aquifères; on peut citer, pour les principaux, les bassins plio-quaternaires du centre Manche, la Craie cénomanienne dans le Pays d'Auge, les Calcaires oxfordiens, les Calcaires bajocien et bathonien (principale ressource AEP), les formations argilo-sableuses et conglomératiques du Trias ainsi que les aquifères fissurés du socle (illustration 2).

Le travail a été mené dans le cadre de conventions (année 4 du programme de construction du référentiel, 2009) entre le BRGM et l'ONEMA d'une part et le BRGM et l'Agence de l'Eau Seine-Normandie d'autre part. Le projet a reçu un soutien financier de l'ONEMA et de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. Ces conventions prévoyaient une délimitation des entités aux seuls niveaux 1 et 2.

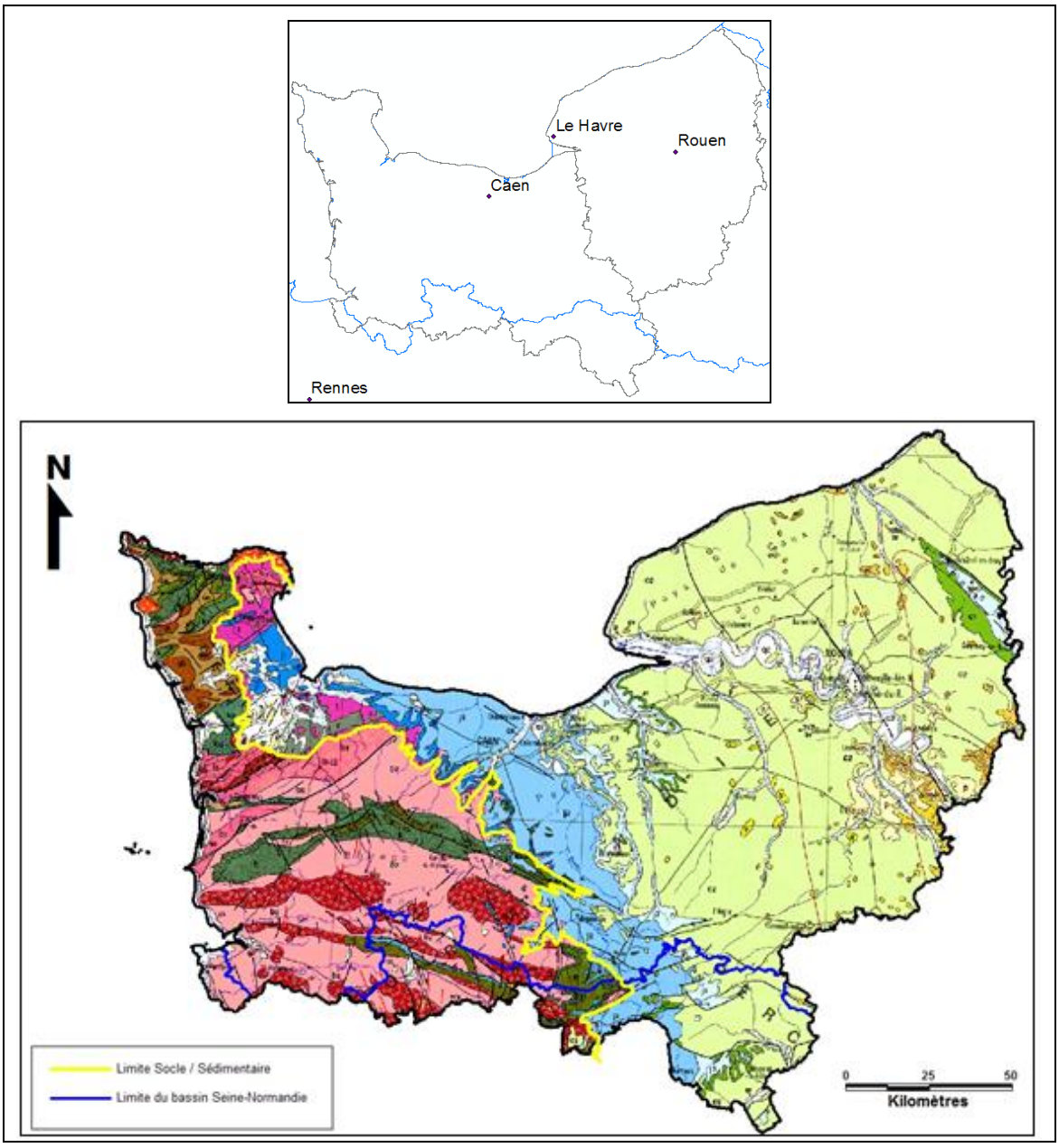


Illustration 1 - Localisation de la zone d'étude sur fond géologique (extraction de la carte géologique au 1/1.000.000 de la France,BRGM©)

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 en-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'Aquitanien,

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.

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Aquifère</th><th>Peu ou pas aquifère</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Niveau national (NV1)</td><td colspan="2">Grand Système Aquifère (GSA)
Code = 1</td><td>Grand Domaine Hydrogéologique (GDH)
Code = 2</td></tr>
<tr><td colspan="3">Grand Système Multicouche (GSM)
Code = 12</td></tr>
<tr><td>Niveau régional (NV2)</td><td colspan="2">Système Aquifère
Code = 3</td><td>Domaine Hydrogéologique
Code = 4</td></tr>
<tr><td>Niveau local (NV3)</td><td>Unité aquifère
Code=5</td><td>Unité semi-perméable
Code=6</td><td>Unité imperméable
Code=7</td></tr>
</table>

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

• **L'unité imperméable**

L'unité imperméable est un système physique élémentaire présentant des faibles circulations d'eau. Sa perméabilité moyenne est inférieure à 10^{-9} m/s.
La définition du dictionnaire hydrogéologique français est la suivante : qualifie un milieu théoriquement impénétrable et non traversable par un fluide et en pratique ne laissant passer aucun flux significatif sous un gradient de potentiel hydraulique donné.
L'unité imperméable est le résultat du découpage d'un domaine hydrogéologique ou d'un système aquifère (éventuellement directement d'un grand domaine ou d'un grand système aquifère).

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

Liaisons entre les entités

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

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

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

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

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

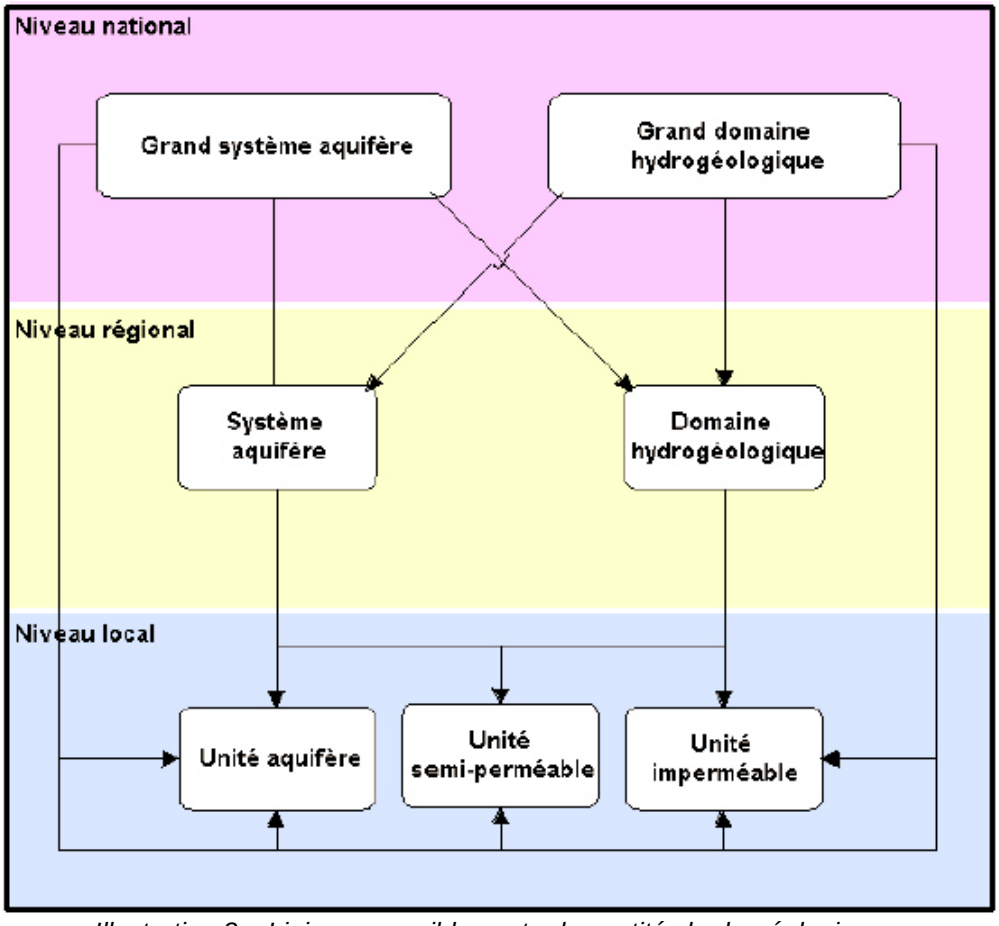


Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques

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-ECHELLES

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

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. Le tableau multi-échelles complet est reporté en annexe 3.

2.5. LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS

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

2.5.1. Principes sous-jacents

Le « modèle de gestion du référentiel » a été développé sous ArcGis (actuellement version 9.31) et s'appuie sur un modèle conceptuel de données. Ce modèle conceptuel permet d'exploiter de façon optimale la base de données du référentiel sous ArcGis. La construction du référentiel est guidée par les 5 principes suivants.

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

Les ***« Entités principales »*** font l'objet d'un traitement topologique qui garantit la cohérence de leur assemblage à trois dimensions (3D).

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

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

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

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

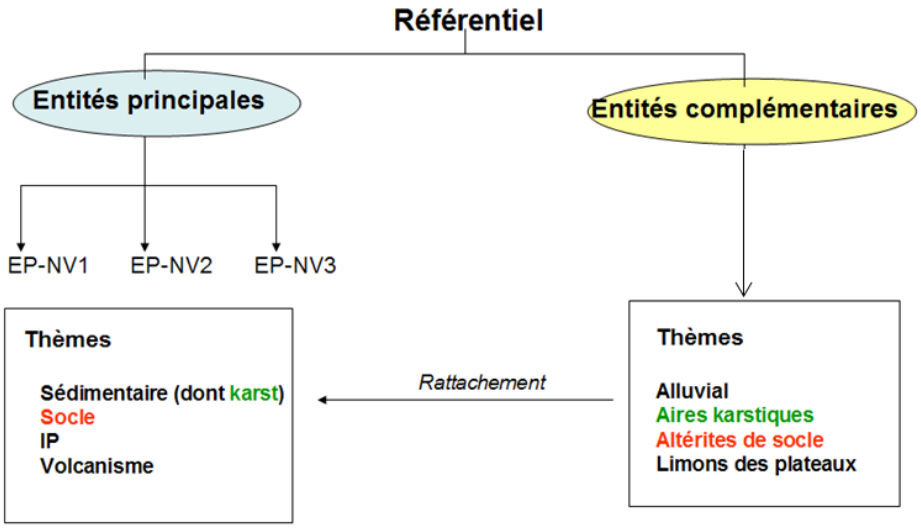


Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires

2) Ordonnancement 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 4b) à un mode de représentation des entités par ordonnancement relatif (illustration 4c**), qui est celui de la représentation des entités dans le SIG** et qui correspond à l'ordre réel de superposition des entités dans une coupe verticale qui pourrait être réalisée dans le référentiel.

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

- d'un polygone d'ordre relatif 1, c'est-à-dire à l'affleurement,
- d'un polygone d'ordre relatif 2, correspondant au recouvrement de l'entité par une autre entité E_j ,
- d'un polygone d'ordre relatif 3, correspondant au recouvrement de l'entité par une entité E_k, elle même sous une entité E_n ,
- etc.

Remarque: dans l'exemple présenté par l'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**.

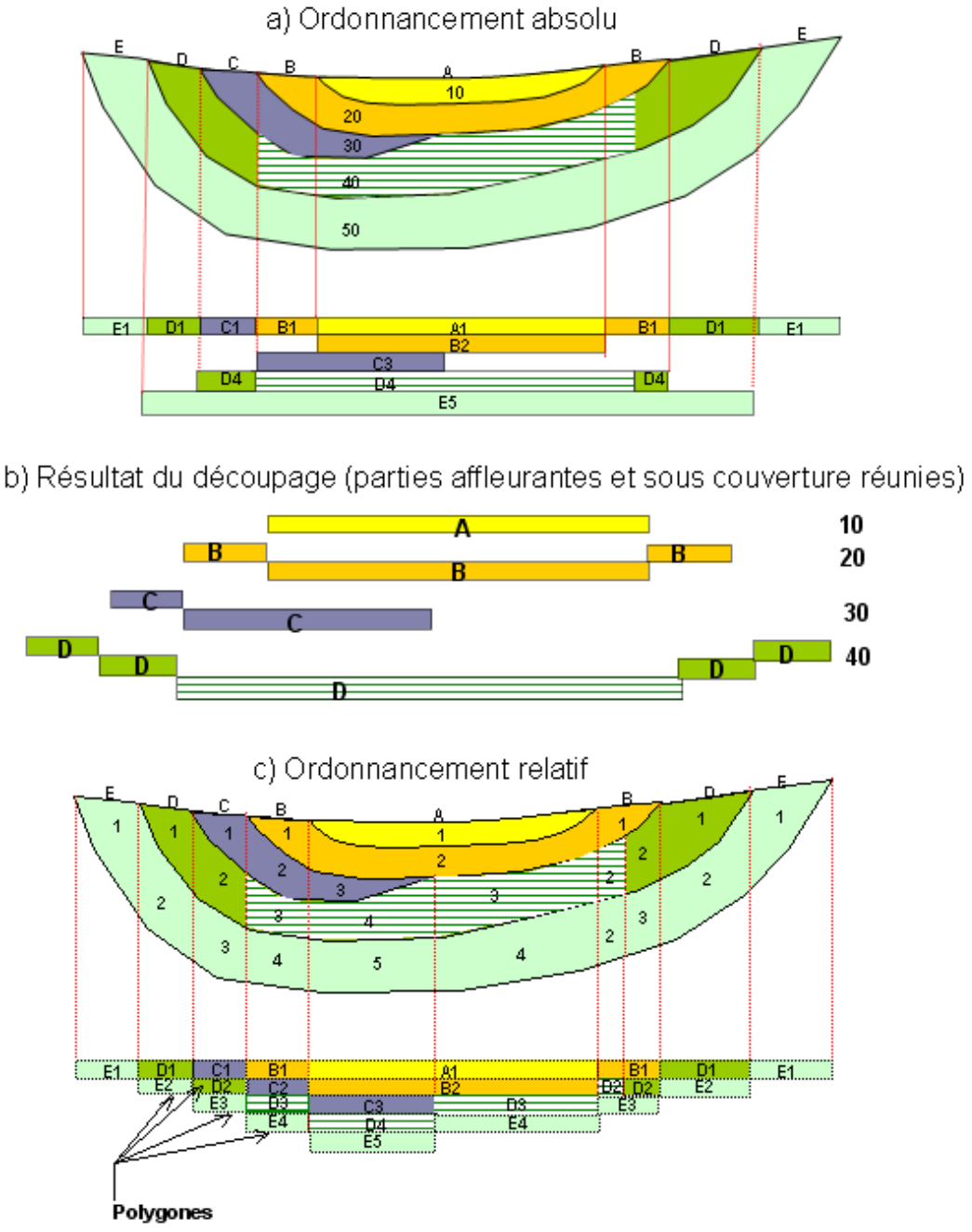


Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités

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

3.1. PRINCIPES DIRECTEURS

3.1.1. Homogénéité du découpage

Le découpage doit être homogène sur l'ensemble du territoire. Pour chaque thème, les critères de découpage sont communs à l'ensemble des régions.
L'échelle de travail adoptée pour le découpage des entités est le 1/50 000 (précision des contours des formations géologiques des cartes géologiques au 1/50 000), et ceci quel que soit le niveau d'identification: local (niveau 3, "NV3"), régional (niveau 2, "NV2") et national (niveau 1, "NV1"). Les contours des entités des niveaux 1 et 2 ont donc la même précision que ceux du niveau 3, à savoir le 1/50 000 : il n'y a pas de simplification des contours (lissage) d'un niveau à un autre.

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

3.1.2. Emboîtement des niveaux

Les entités du niveau 1 résultent de l'assemblage de celles du niveau 2, ces dernières résultant elles-mêmes d'un regroupement des entités du niveau 3 (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).

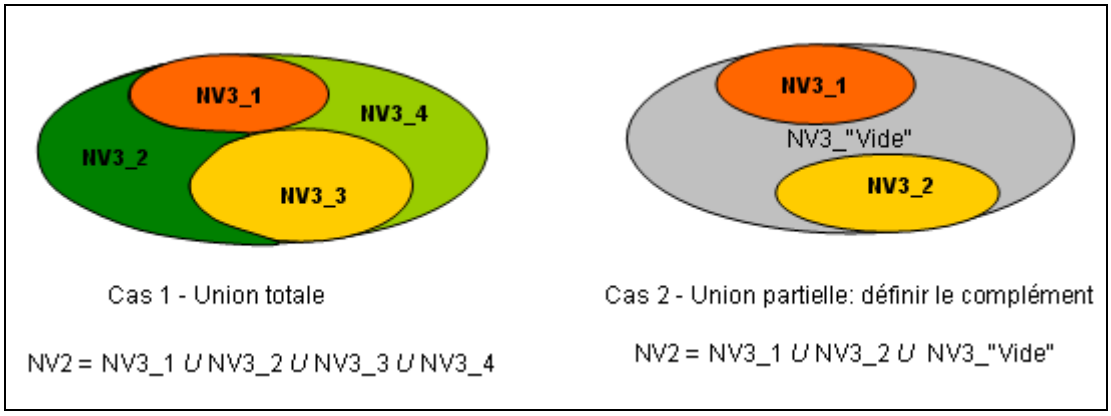


Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3

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.

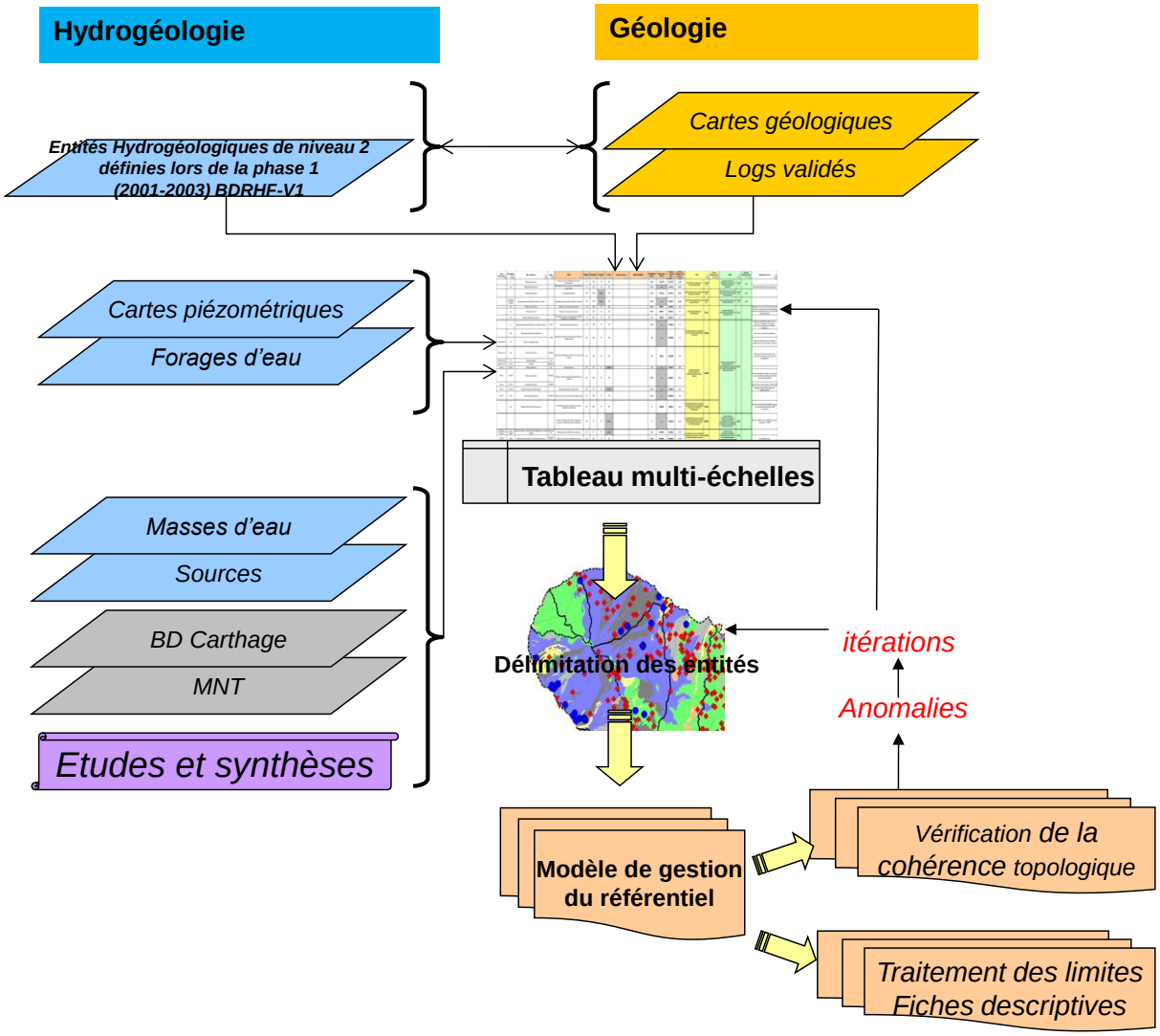


Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.

4. Mise en œuvre du découpage

4.1. DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Pour réaliser le découpage des entités hydrogéologiques, dans les formations sédimentaires et de socle, plusieurs sources d'informations et de données ont été utilisées :

- la liste des entités de niveaux 1 et 2 identifiées lors de la phase méthodologique d'élaboration du référentiel en 2001-2003 (illustration 9) ;

Code	**Nom des entités**
F3F	Marnes vertes et supra-gypseuses
F4E	Calcaires de Saint-Ouen, Sables de Monceau
F4G	Marnes et Calcaires de l'Eocène inférieur
F5B	Argiles post-Crétacé
F6A	Sables du Thanétien
F6F	Craie et Marnes séno-turoniennes
F6Q	Craie séno-turonienne
F7A	Sable du Perche du Cénomanien
F7C	Craie du Cénomanien
F7D	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
F8J	Argiles et Sables du Crétacé inférieur - Pays de Bray
F8M	Sables du Crétacé inférieur
F9I	Calcaires tithoniens - Pays de Bray
F9K	Calcaires tithoniens (Portlandien)
F9L	Calcaires tithoniens (Purbékien)
F9M	Marnes du Kimméridgien
F10A	Calcaires supérieurs du Kimméridgien
F10G	Marnes du Callovo-Oxfordien
F11R	Calcaires du Dogger (Bathonien)
F11S	Marnes du Dogger (Bajocien)
F11T	Calcaires du Dogger (Aalénien - Bajocien)
F12A	Marnes du Lias supérieur
F12B	Calcaires argileux et Grès du Lias inférieur
F15A	Sables et Grès du Trias moyen à supérieur (ouest)

Illustration 8 - Entités de niveau 2 identifiées lors de la phase méthodologique d'élaboration du référentiel (2001-2003) avec leurs codes et dénominations d'origine lors de l'élabration de BDRHV-V2.

- les informations et cartes issues de différents rapports d'études, dont les plus importants sont mentionnés en référence bibliographique. On peut notamment citer la "*Synthèse géologique du bassin de Paris*" et les atlas hydrogéologiques numériques du Calvados et de l'Eure ;
- les cartes géologiques vectorisées et harmonisées des régions Haute et Basse-Normandie à l'échelle du 1/50 000 (illustration 10) ;

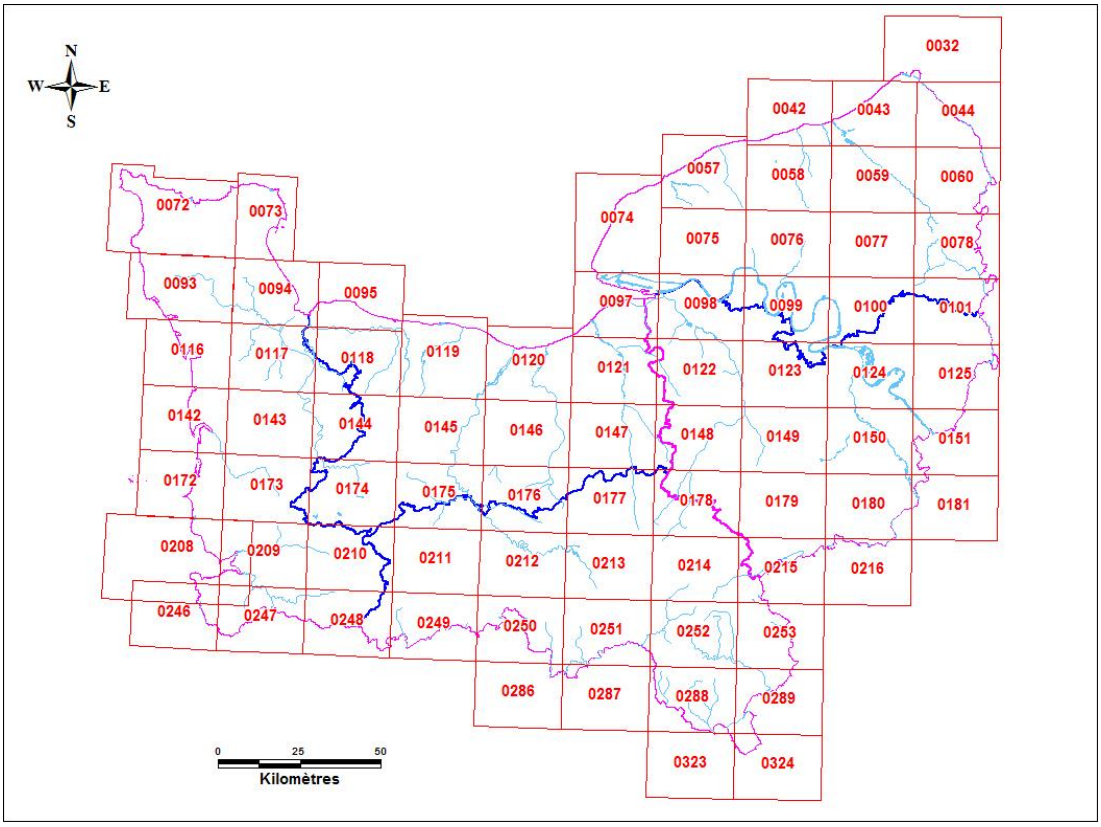


Illustration 9 – Carroyage des cartes géologiques avec leur numéro

- les notices des cartes géologiques au 1/50 000 ;
- les logs validés des forages extraits de la Banque de données du Sous-Sol ;
- le Modèle Numérique de Terrain au pas de 50 m de l'IGN. Ce MNT a été utilisé pour "fermer" le tracé des polygones constitutifs d'entités présentes à l'affleurement et dont le contour était masqué sur de courtes distances par des formations superficielles (colluvions, éboulis, limons).

Spécifiquement pour le domaine de socle :

- la BD Carthage (Base de Données sur la Cartographie Thématique des Agences de l'Eau et du ministère de l'Environnement) du bassin Seine-Normandie.
- une extraction de la Banque HYDRO des stations hydrométriques du Massif Armoricain (leurs caractéristiques sont reportées en annexe 5).

4.1.1. Carte géologique harmonisée

La carte géologique harmonisée des régions Haute et Basse-Normandie identifie **502 formations géologiques** constituées par environ 26 620 polygones. Ces formations se répartissent de la façon suivante :

- 2 correspondent aux remblais et au tracé du réseau hydrographique ;
- 143 appartiennent au thème alluvial ou éolien ;
- 150 appartiennent au thème socle ;
- 207 appartiennent au thème sédimentaire, dont :
  - 55 pour le Tertiaire

- 55 pour le Crétacé
- 86 pour le Jurassique
- 11 pour le Trias et le Permien

4.1.2. Logs géologiques

De la Banque de Données du Sous-Sol**, 5 910 forages** ont été extraits, sur une superficie couvrant les deux régions avec une zone tampon de 15 km autour afin de s'affranchir des effets de bordure (illustration 11). Ces forages totalisent **55 554 passes lithologiques** décrites et validées.

Ces passes lithologiques sont rattachées à **405 formations géologiques** différentes, clairement identifiées et codées. Ces formations se répartissent comme suit:

- 3 de remblais, sol, dépôts anthropiques ;
- 36 alluviales, colluviales ou éoliennes ;
- 92 du Tertiaire ;
- 69 du Crétacé ;
- 112 du Jurassique ;
- 17 du Trias et du Permien.

Une base des données géologiques a été construite (illustration 12).

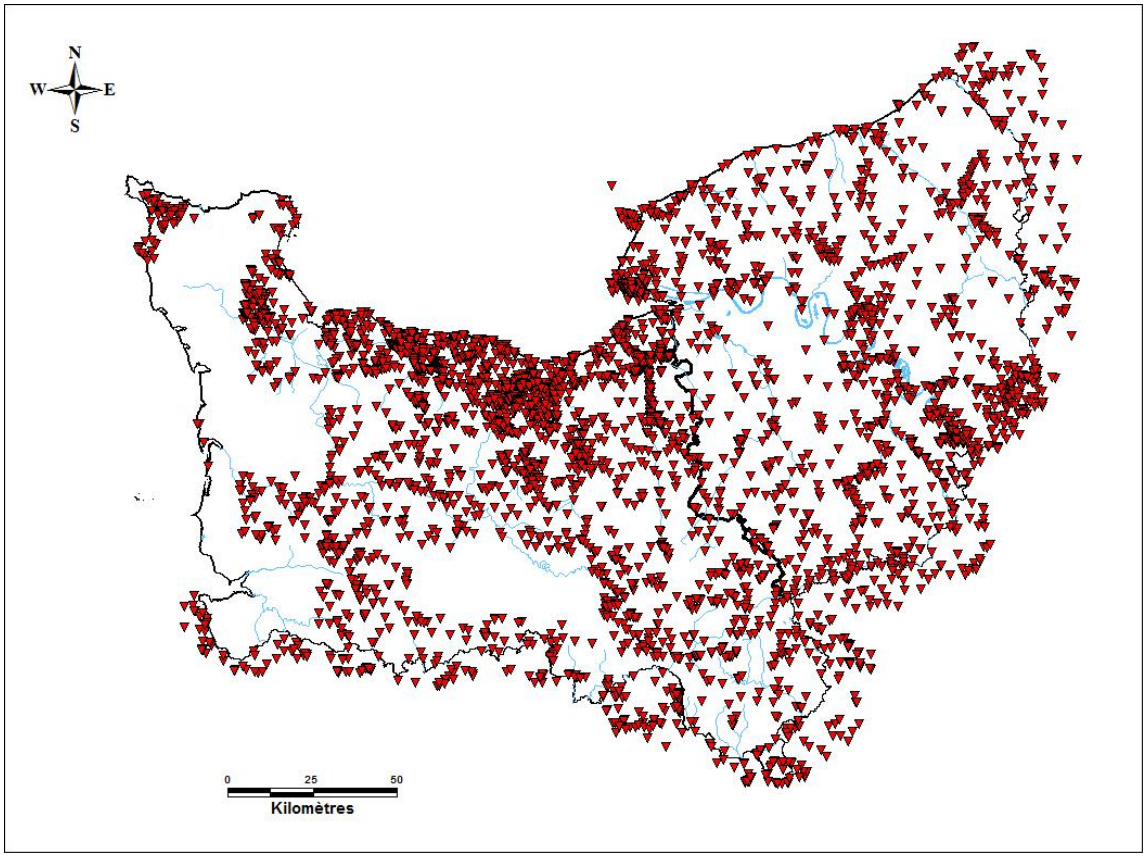


Illustration 10 – Extraction des logs validés de la Banque de données du Sous-Sol pour la Haute et Basse-Normandie

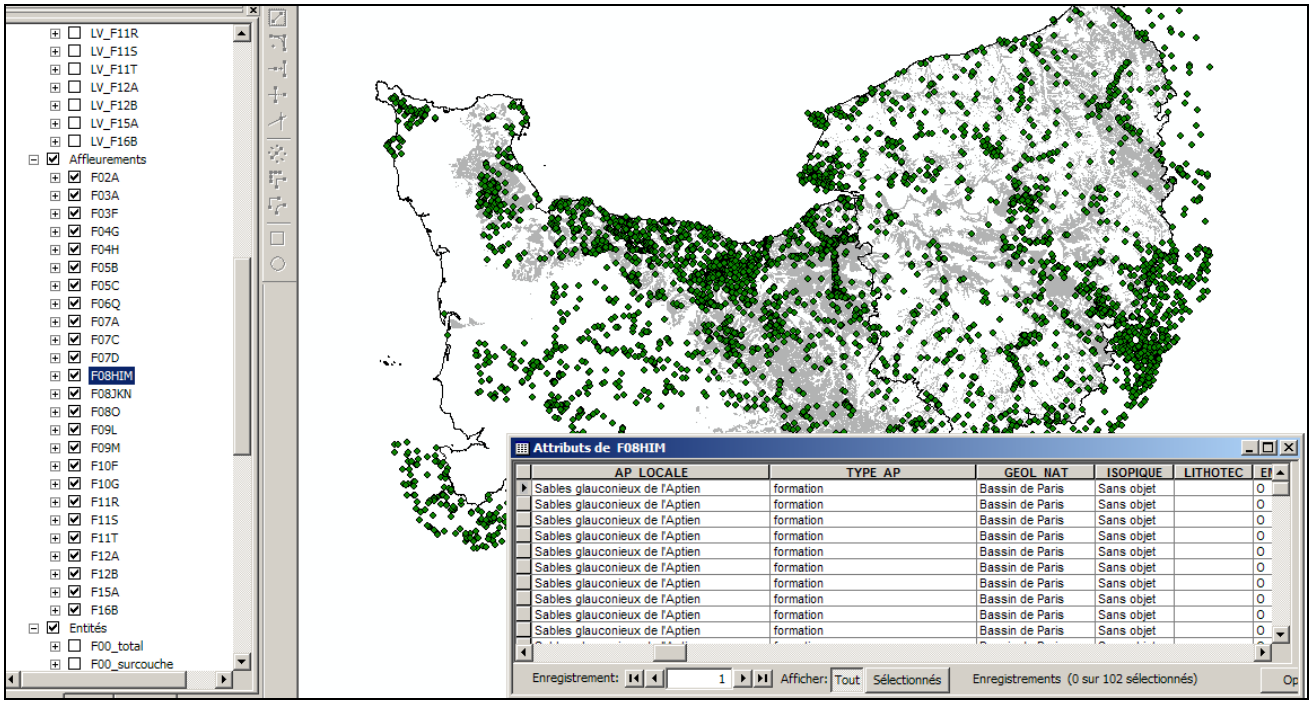


Illustration 11 - Visualisation de la base de données géologiques (carte et forages) sous ArcGis

4.2. ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE

4.2.1. Construction 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 harmonisées et des sources d'informations listées au § 4.1. Il recense :

- 76 systèmes aquifères ou domaines hydrogéologiques du niveau régional (NV2) : 55 dans les formations sédimentaires et 21 en domaine de socle. Les 55 entités du thème "Sédimentaire" se répartissent en :
  - 39 systèmes aquifères,
  - 16 domaines hydrogéologiques,
  - 1 domaine du sédimentaire ancien ("*Schistes et Grès du Carbonifère et du Permien*").
- 28 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1) : 18 en domaine sédimentaire et 10 en domaine de socle.

A ces entités, s'ajoutent celles de la surcouche du référentiel ("entités complémentaires") comprenant :

- les alluvions réservoir
- les alluvions tourbeuses
- les limons des plateaux
- les altérites du socle
- les aires karstiques

Pour établir ce tableau multi-échelles, le premier travail a consisté à établir une correspondance entre entités hydrogéologiques et formations géologiques. Le point de départ est la liste des entités de niveau 2 établie lors de la phase méthodologique d'élaboration du référentiel.

Cette correspondance est réalisée en 2 étapes :

1) Dans une première étape, établissement de la correspondance stricte entre les entités hydrogéologiques de niveau régional et les 502 formations géologiques régionales de la carte harmonisée.

Une entité hydrogéologique de niveau régional peut être rattachée à une ou plusieurs formations géologiques cartographiées.

2) Dans une deuxième étape, établissement de la correspondance entre les entités hydrogéologiques de niveau régional et les formations géologiques locales traversées en forages (au nombre de 405).

La difficulté de ces deux étapes est de parvenir à une correspondance stricte, éliminant par exemple les cas où une formation géologique locale se partage entre deux entités hydrogéologiques.

On trouvera en annexe 6 les tableaux de correspondance entre entités hydrogéologiques de la BRDRH-V2 (actualisation 2010) et formations géologiques des cartes harmonisées d'une part et entre entités hydrogéologiques et formations géologiques décrites dans les logs de forages d'autre part. Des exemples de correspondances sont fournis par les illustrations 13 et 14.

Le tableau multi-échelles complet est reporté en annexe 3.

Formations de la carte géologique harmonisée		Entités hydrogéologiques BDLISA	
Notation	Description géologique de la formation	Intitulé	Code régional
g1SF	Sables de Fontainebleau	Sables de Fontainebleau	F03A
g1CBr	Formation de Brie (meulières, calcaires et marnes 1 à 5 m) et Calcaire de Sannois. Stampien inférieu	Sables de Fontainebleau	F03A
		Marnes à huitres	F03B
g1MsAvR	marnes supragypseuses (de bas en haut : Marnes bleues d'Argenteuil et Marnes blanches de Pantin	Marnes vertes et supragypseuses	F03F
g1S	Stampien inférieur "faciès Sannoisien" : Glaises à Cyrènes et Argiles vertes de Romainville, Cailla	Marnes vertes et supragypseuses	F03F
e7-g1CSept	Sépiolites supérieures, "Marnes à Pholadomyes" ou Calcaires à Potamides. Calcaire de Septeuil (ou	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e7-g1	Argiles de Landéan	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e7C	Argiles et calcaires de Céaucé	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e6S	Bartonien moyen = Marinésien : Sables de Mortefontaine. Bartonien inférieur = Auversien : Sables de	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e6S	Grès à Sabalites	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e6CS-O	Bartonien s.s. : -Auversien : Calcaires à Potamides, Calcaire lacustre de Montagny en Vexin, Calcair	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e6	Calcaire de St-Ouen, Sables de Cresnes et Calcaires de Septeuil (de Champigny), Bartonien moyen	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e5	Calcaire grossier à lithothamniés (calcaire noduleux)	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e5b	Poudingue de Thionville-sur-Opton, Glauconie de base et calcaires grossiers (sables calcaires et cal	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e5C	Calcaires à Cérithes, Marnes et caillasses. Calcaire grossier supérieur	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e5CG	Calcaire grossier (Lutétien), marnes et caillasses indifférenciés	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e4A	Argile plastique, argile sableuse, Sparnacien	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e4A	argile plastique avec ou sans silex, argiles panachées puis fausses glaises	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e4aCAv	Conglomérats, Sables et Argiles à galets avellanaires, Sparnacien	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e4aSAOM-Cr	Sables et Argile à Ostracodes et Mollusques, Argile Glauconieuse des Craquelins, Sparnacien	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e4bFV	Formation de Varengeville : Sables Fauves, Argiles et Sablons, Argile Brune à concrétions, Argile Gl	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e4bSS	Sables fins de Mathonville, Yprésien inférieur	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e4SCui	Yprésien supérieur : sables de Cuise	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e3-4S	ThanÛtien Ó YprÛsien basal, 0 Ó 7 m : sables fins, parfois argileux, gris, beiges ou verdÕtres; Sabl	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e3-4AS	Sparnacien (argile plastique grise) sur Thanétien (sable gris, grès et poudingue) indifférenciés	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e1-4	Yprésien indifférencié : Argile plastique et Argiles à silex "Sparnacien" et sables de Cuise ou assi	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e1-2CBr	Calcaire grossier jaunâtre de Bray-et-Lû et d'Ambleville et calcaires argileux supérieur de Bray-et-	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e	Eocène indifférencié : sables, grès et argiles, Eocène	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
eC	Calcaires lacustres	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e-g	Sables, argiles, cailloutis, grès silicifiés conglomératiques	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
eS	Sables, grès et argiles éocènes indifférenciés	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur	F04G
e3P	Thanétien : sable gris, grès, poudingue.	Sables du Thanétien	F04H
e3S-CA	Sables à silex verdis, Sables, Grès du Pays de Caux et Calcaire Lacustre d'Ailly, Thanétien supérieu	Sables du Thanétien	F04H

Illustration 12 – Exemple de correspondance entre formations géologiques de la carte géologique harmonisée et entités hydrogéologiques.Ces exemples utilisent des dénominations issues des versions antérieures (BDRHF-V1)

Formations locales rencontrées en forage		Entités hydrogéologiques BDLISA	
Identifiant	Appellation des formations des logs validés	Code régional	Intitulé
10210	Sables de Lozère	F02A	S Sables et argiles du Bourbonnais
02560	Faluns des Bohons	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
02680	Sables de Saint-Vigor	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
02690	Complexe marin du Bosq d'Aubigny	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
10014	Sables et graviers mio-pliocènes	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
10015	Conglomérat ferrugineux de Saint-Georges-de-Bohon	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
10200	Marne du Bosq d'Aubigny	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
11131	Faluns de Bléhou	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
14010	Sables et Grès de Fontainebleau	F03A	S Sables de Fontainebleau
14170	Argiles à meulières de Montmorency	F03A	S Sables de Fontainebleau
14171	Meulière de Montmorency	F03A	S Sables de Fontainebleau
14210	Sables et grès de Fontainebleau inférieurs	F03A	S Sables de Fontainebleau
14320	Calcaire de Brie	F03A	S Sables de Fontainebleau
14350	Calcaire et argile à meulières de Brie	F03A	S Sables de Fontainebleau
14351	Meulière de Brie	F03A	S Sables de Fontainebleau
14370	Calcaire de Sannois	F03A	S Sables de Fontainebleau
14250	Marnes à huîtres	F03B	D Marnes à Huîtres du Stampien
14020	Marnes vertes s. l.	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14325	Argiles vertes et glaises à Cyrènes	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14330	Argile verte de Romainville	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14331	Argile verte supérieure	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14332	Bande Blanche	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14333	Argile verte s.s.	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14340	Glaise à Cyrènes	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14371	Argile verte	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14690	Marne à Bithinies	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14711	Marnes supragypseuses et Marnes vertes	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
21030	Marnes supragypseuses	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses

Illustration 13 - Exemple de correspondance entre formations géologiques locales traversées par les forages validés et entités hydrogéologiques Ces exemples utilisent des dénominations des dénominations issues des versions antérieures (BDRHF-V1)

4.2.2. Méthode de découpage des entités

La mise au point d'un modèle de gestion du référentiel sous ArcGis (décrit en annexe 9) a permis de simplifier les opérations de découpage, le modèle de gestion se chargeant d'identifier automatiquement les parties sous couvertures d'après l'ordre de superposition des entités mentionné dans le tableau multi-échelles (numéro d'ordre correspondant à un âge stratigraphique).

Le travail sous SIG consiste donc essentiellement à délimiter globalement chaque entité à partir des limites des parties affleurantes, extraites de la carte géologique harmonisée, et des limites en profondeur tracées à partir des informations disponibles, en particulier les logs de forages.

Le positionnement relatif de l'entité par rapport aux entités situées "au-dessus" et "au-dessous" d'elle ("qui recouvre quoi") est reconstitué par le modèle de gestion.

Cas des entités recouvertes par des formations superficielles

Le travail consiste à ôter les formations superficielles (dont certaines seront rangées dans la "surcouche" du référentiel: alluvions, placages, buttes témoins, …) puis à combler les lacunes spatiales qui résultent de cette suppression et reconstituer ainsi les entités sous-jacentes.

Parties affleurantes

Pour chaque entité hydrogéologique, les polygones correspondant aux formations affleurantes ont été extraits de la carte géologique harmonisée. Les polygones constituant l'entité sont ensuite regroupés dans une couche SIG propre à l'entité considérée. Les limites d'affleurements de l'entité sont ensuite tracées à partir des contours des polygones affleurants (contours préalablement sélectionnés puis extraits). Le tracé des limites d'affleurements est une opération qui peut être longue compte tenu du morcellement des polygones, des discontinuités et des placages superficiels masquant la formation.

Parties sous couvertures

Celles-ci sont tracées:

- à l'aide du report, dans la couche SIG mentionnée ci-dessus, des forages ou sondages ayant traversé, totalement ou partiellement les formations géologiques constitutives de l'entité hydrogéologique concernée (Illustration 14) ;
- du positionnement des affleurements de formations plus anciennes que celle étudiée ;
- des informations provenant d'études sectorielles.

La grande majorité des formations s'étend largement hors des limites des régions normandes. Provisoirement, les limites retenues pour ces formations sont les limites de la région. Elles disparaîtront bien sûr lors de la phase d'assemblage inter-régionale prévue en fin de projet.

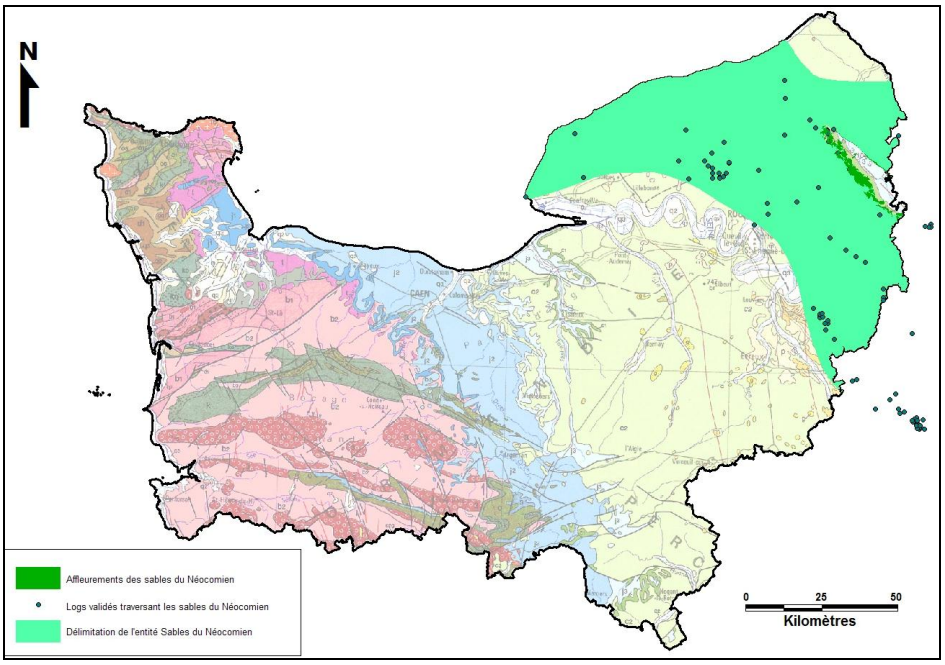


Illustration 14 - Délimitation d'une entité à partir du report de forages ayant traversé la formation et de la synthèse géologique du bassin de Paris : cas des sables du Néocomien (entité 127C : Sables et Grès du Crétacé inférieur (Néocomien) du Bassin Parisien dans la version de actualisée de BDLISA)

Polygone global de l'entité

Le polygone global de l'entité est obtenue en fusionnant les limites d'affleurements et les limites sous couvertures (illustration 17).

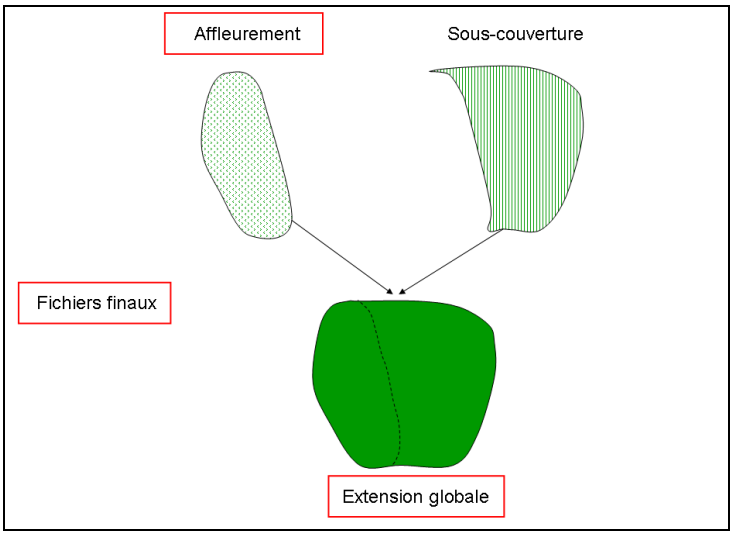


Illustration 15 - Construction d'une entité par fusion des parties à l'affleurement et des parties sous couverture

Les parties sous couvertures sont ensuite restituées automatiquement par le modèle de gestion du référentiel à partir du numéro d'ordre absolu figurant dans le tableau multi-échelles.

4.2.3. Sélection des entités

En 2012, la plupart des modifications ont porté sur les dénominations des entités hydrogéologiques. A noter que quatre entités NV2 de la version antérieure ont été redécoupées. En effet, dans le cadre de la Modélisation hydrodynamique des systèmes aquifères de la plaine de Caen et du bassin de la Dives, BRGM (2012), des modifications ont été suggérées par l'Université de Caen. Celles-ci ont été intégrées au projet BDLISA ; elles concernent les entités suivantes :

- l'entité **139AC** (Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) dans le bassin Seine-Normandie à l'ouest du sillon marneux du Bathonien-Callovien) (Illustration 16).

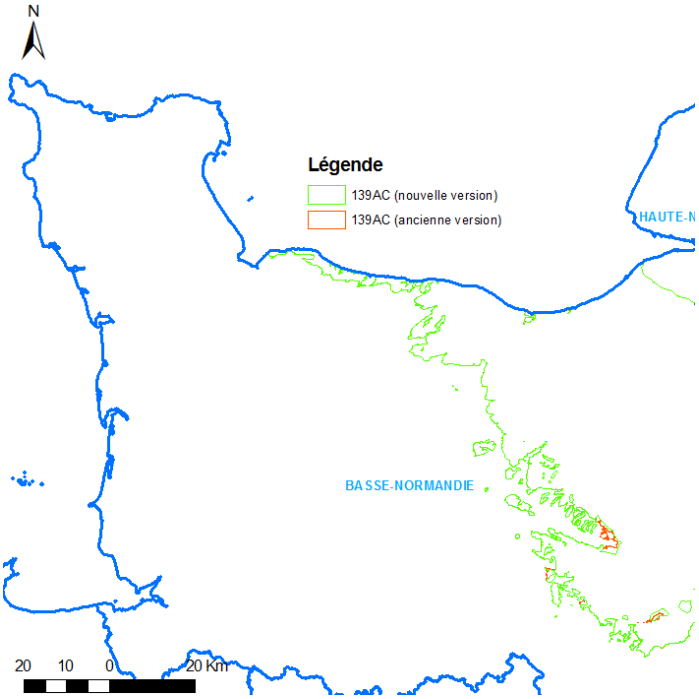


Illustration 16 : Modification de l'entité 139AC (Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) dans le bassin Seine-Normandie à l'ouest du sillon marneux du Bathonien-Callovien) par rapport à l'ancienne version.

- les entités **139AS** (Marnes du Bajocien-Bathonien en Basse-Normandie) et **139AN** (Marnes du Bajocien-Bathonien du Bassin parisien) ont été regroupées en une seule entité : 139AN (Marnes et calcaires marneux du Bathonien dans le bassin Seine-Normandie) (Illustration 17).

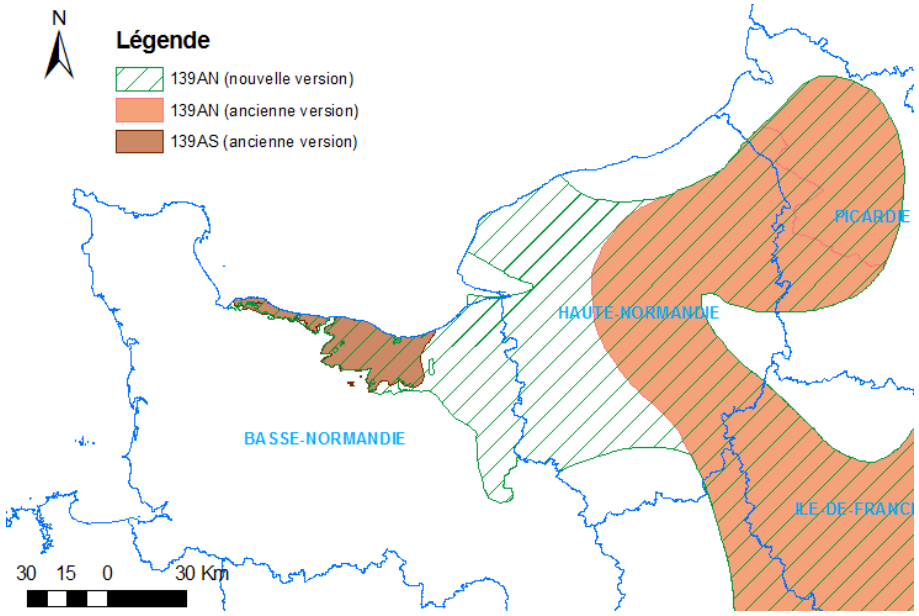


Illustration 17 : Regroupement des entités de l'ancienne version 139AS (Marnes du Bajocien-Bathonien en Basse-Normandie) et 139AN (Marnes du Bajocien-Bathonien du Bassin parisien) en l'entité 139AN (Marnes et calcaires marneux du Bathonien dans le bassin Seine-Normandie).

- l'entité **139AP** (Calcaires de l'Aalénien-Bajocien dans le bassin Seine-Normandie) (Illustration 18).

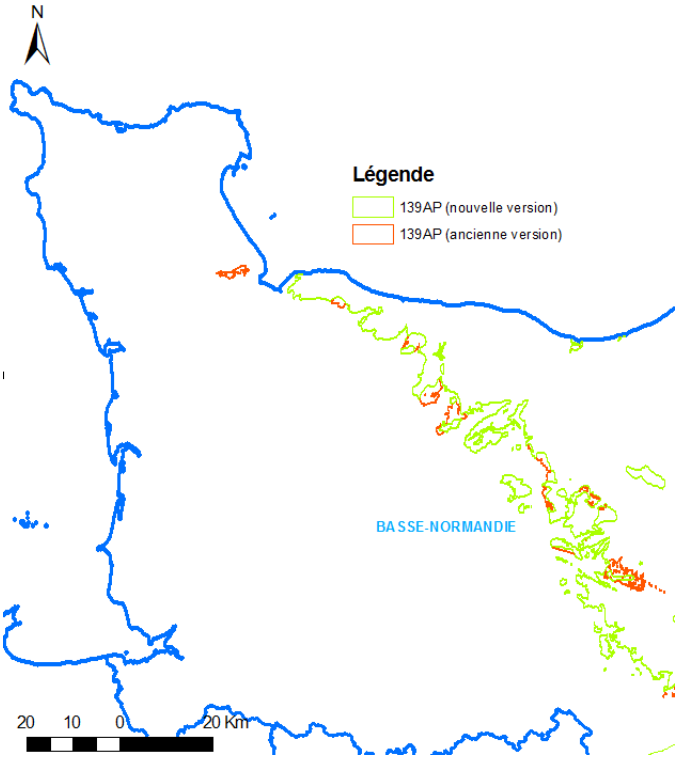


Illustration 18 : Modification de l'entité 139AP (Calcaires de l'Aalénien-Bajocien dans le bassin Seine-Normandie) par rapport à l'ancienne version.

Les modifications décrites dans la partie suivantes sont des changements effectués lors de l'actualisation en 2010.

1) Du Quaternaire au Crétacé supérieur (Cénomanien)

Par rapport au découpage indicatif initialement proposé (phase 1, 2001-2003), plusieurs modifications ont été faites

Ajout d'entités:

- les *Sables et argiles du Bourbonnais*,
- les *Sables et Faluns du Mio-Pliocène*,
- les *Sables de Fontainebleau*,
- les *Marnes à huîtres du Stampien,*

- l'entité hydrogéologique des *Sables et Argiles du Bourbonnais* intègre les *Sables et argiles de la Londe* ainsi que les *Sables de Lozère*. Ils sont principalement présents dans le département de l'Eure, en particulier au niveau du plateau de Madrie. Une subdivision pourra être envisagée au niveau 3 ;
- le système aquifère des *Sables et Faluns mio-pliocènes* a été ajouté car il représente une ressource en eau souterraine importante pour le département de la Manche. Principalement cinq bassins d'effondrement sont concernés par des remplissages plio-quaternaires : les bassins de Sainteny-Marchésieux, de Lessay, Saint-Sauveur-le-Vicomte, du Merderet et de la vallée de l'Aure. Plusieurs font l'objet d'une exploitation pour l'alimentation en eau potable ;
- les *Sables de Fontainebleau* ont été ajoutés au niveau régional par souci de cohérence avec la région Ile de France où ce système aquifère est bien représenté (affleurements transfrontaliers) ; cette entité des *Sables de Fontainebleau*, constituera, en continuité avec celle délimitée en région IDF, une unité de niveau 2 du Bassin parisien.
- dans le même but, les *Marnes à huitres du Stampien* et les *Sables du Thanétien* ont également été intégrés. En Normandie, la première formation n'est que très peu représentée (un seul polygone d'une emprise de l'ordre de 13, 6 km² en Haute-Normandie) et les sables du Thanétien ne sont présents qu'au sommet de buttes résiduelles ;

Par ailleurs:

- pour les *Argiles à silex* (=Argiles post-Crétacé du tableau de l'illustration 9), deux entités hydrogéologiques de niveau 2 ont été distinguées : *les argiles à silex sur craie* et les argiles à silex sur calcaires jurassiques. En Normandie, ces formations du Tertiaire ont été individualisées comme entités à part entière, ce qui est justifié par une superficie et des épaisseurs significatives.

- Séno-Turonien : les craies plus marneuses du Turonien n'ont pas été individualisées. Elles sont intégrées au système aquifère de la *Craie du Séno-Turonien*.

- Dans le Cénomanien, il a été choisi de faire apparaître une variation latérale de faciès (craie / sable), dont la délimitation a été fournie par la synthèse géologique du bassin de Paris. Cette distinction entre Craie et Sables du Cénomanien nous a paru nécessaire pour préparer la phase d'harmonisation avec les régions voisines.

2) Du Crétacé inférieur au Carbonifère

• Les entités de niveau 2 ont été rattachées aux grandes entités de niveau 1 du Bassin parisien :

- *Grand Système Multi-couches (GSM) du Cénomanien à l'Albien sup*.,
- *Grand Domaine Hydrogéologique (GDH) des Argiles, Marnes et Gaizes de l'Albien*,
- *Grand Système Aquifère (GSA) du Tithonien*,
- *GDH des Marnes du Kimmeridgien,*
- *GSA du Kimmeridgien à l'Oxfordien sup.,*
- *GDH des Marne du Callovien,*
- *GSM du Jurassique moyen (Dogger)*
- *GDH du Jurassique inférieur (Lias)*
- *GSM du Trias*

- Au niveau 2, dans le Crétacé inférieur (illustration 18 ci-après), en suivant la "*Synthèse hydrogéologique du Crétacé inférieur du bassin de Paris*" (rapport BRGM R39702, 1997), 2 systèmes aquifères ont été définis : les *Sables de l'Albien* et les *Sables du Néocomien*. En bordure est de Haute-Normandie, ils sont séparés par un domaine constitué par les *Argiles de l'Aptien-Barrémien*.

  D'après cette synthèse :

  "Sur le plan géologique, les résultats confirment la présence de deux groupes principaux aquifères (Albien et Néocomien) et proposent des corrélations entre bancs sableux à travers tout le bassin. Cependant, il apparaît nettement que les trois divisions les plus connues dans l'Albien (Sables de Frécambault, Sables des Drillons, Sables Verts) ne sont pas continues et que les bancs sableux s'enchevêtrent. Dans le Néocomien, les bancs de sable sont plus nombreux mais avec des taux d'argile plus importants. Les bancs intermédiaires de l'Aptien et du Barrémien sont trop minces dans un ensemble très argileux pour présenter un intérêt hydrogéologique".

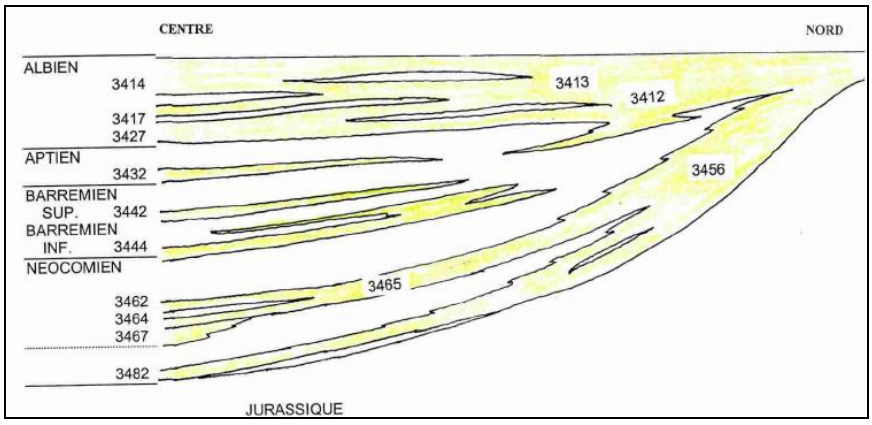


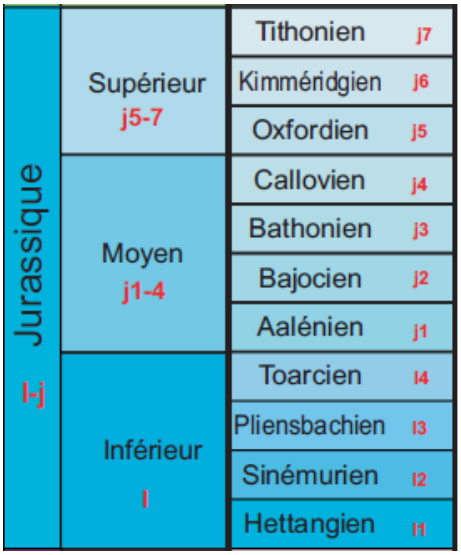
Illustration 19 - Coupe schématique des Sables du Crétacé inférieur
(Extrait du rapport BRGM R39707, cité ci-dessus)

• Dans le Jurassique supérieur, 2 systèmes aquifères ont été délimités:

- les "*Calcaires du Tithonien",* système qui regroupe les entités F9I, F9K et F9L du tableau de l'illustration 9 (entités qui pourraient être ultérieurement considérées comme des entités de niveau 3).
- les "*Calcaires du Kimmeridgien et de l'Oxfordien supérieur*".

• Dans le Jurassique moyen (Dogger) 2 systèmes aquifères ont été définis :

- les "*Calcaires du Bathonien"*,
- les "*Calcaires du Bajocien et de l'Aalénien".*



Ces deux systèmes aquifères sont séparés par le domaine des "*Marnes du Bathonien inférieur"*. Ce domaine correspond aux "*Marnes de Port-en-Bessin*" et aux "couches de passage" dans le Bessin et aux "*Bancs bleus*" dans la Plaine de Caen.

L'entité des "Calcaires du Bathonien" est constituée de deux réservoirs aquifères séparés par un sillon marneux (illustration 19 ci-après). Ce sillon, de grande extension, traverse la Haute-Normandie et se poursuit vers le Sud-Est, en régions Ile de France et Centre.

• Dans le Jurassique inférieur (Lias), 1 domaine et 1 système aquifère ont été définis : respectivement les *Marnes du Lias supérieur* et les *Calcaires argileux et Grès du Lias inférieur*. Le domaine est constitué des "*Argiles à poissons*" et des "*Argiles blanches et*

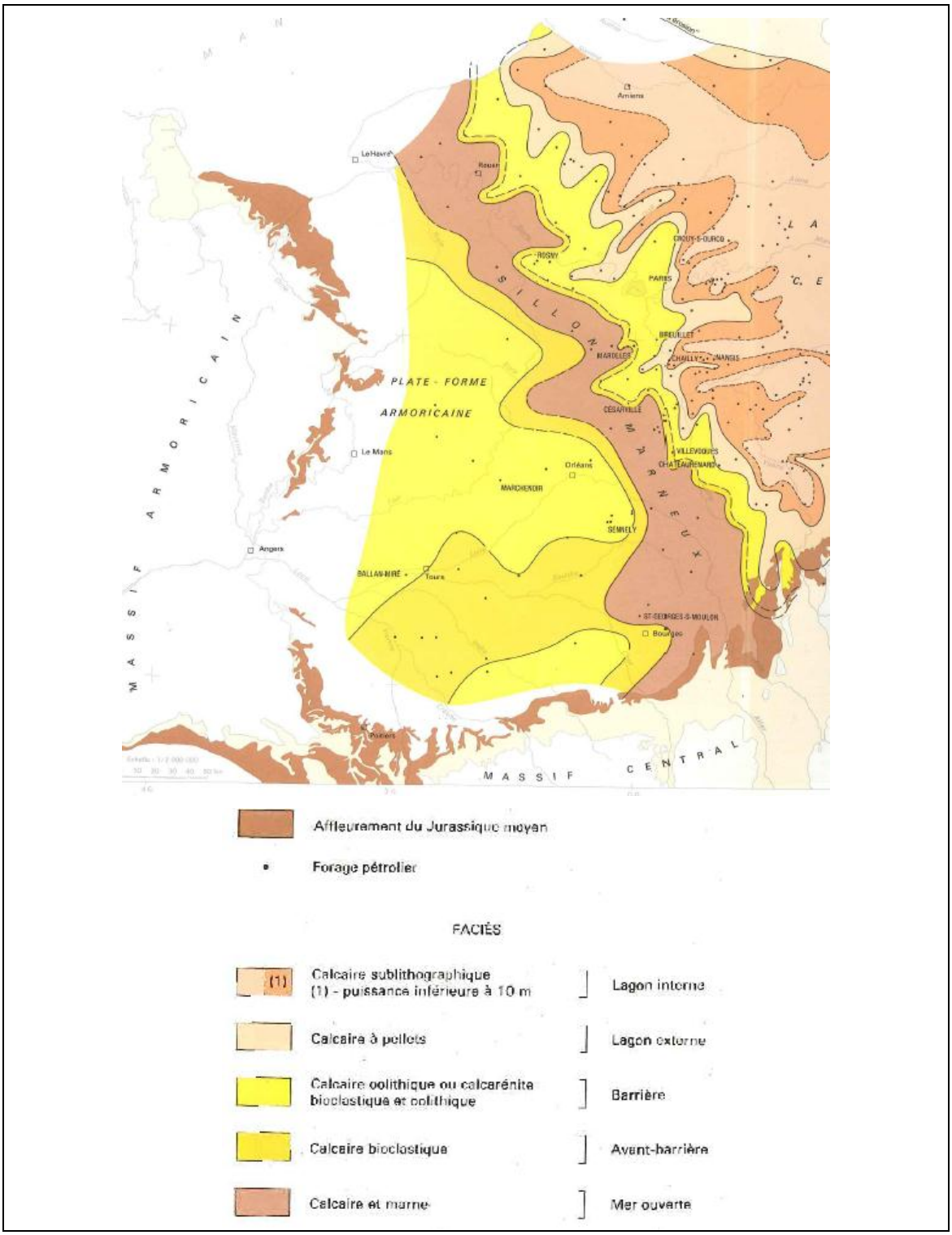


Illustration 20 – Sillon marneux séparant la formation du Callovien-Bathonien en 2 réservoirs calcaires aquifères (Extrait de la "Synthèse géologique du Bassin de Paris" –BRGM - 1980)

Calcaires à Oolites ferrugineuses". Ce domaine sépare les aquifères du Bajocien et du Lias.

Le système aquifère du Lias est considéré comme un aquifère multicouche qui regroupe les Marno-calcaires coquilliers de l'Hettangien ("*Calcaires et Argiles d'Huberville / de Valognes*"), les alternances marno-calcaires à Gryphées du Sinémurien, les Marno-calcaires fossilifères (*Marnes et Calcaires à Bélemnites*) et les Calcaires ferrugineux ("*Banc de Roc*") du Pliensbachien.

- Dans le Trias, le découpage a été arrêté au grand système aquifère constitué des "*Sables et Grès du Trias moyen à supérieur"*. Comme explicité dans l'Atlas hydrogéologique numérique du Calvados (BRGM, 2007), ces corps sédimentaires sont lenticulaires et aucune continuité latérale ou verticale entre les différents faciès ne peut être démontrée : ils sont étroitement imbriqués et on passe latéralement à l'un ou l'autre des faciès. Le potentiel aquifère des formations du Trias est de fait très hétérogène : seuls les chenaux constitués de dépôts de sables, de graviers, de galets forment localement des aquifères productifs. En l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible d'individualiser des entités de niveau 3.

Enfin, une entité du "Sédimentaire ancien" a été délimitée: les *Schistes et Grès du Carbonifère et du Permien,* qui affleurent par endroits, en bordure du massif armoricain dans les départements de la Manche et du Calvados.

4.2.4. Répartition des entités en Haute-Normandie et en Basse-Normandie

La répartition des entités sédimentaires NV2 en Haute-Normandie et Basse-Normandie est la suivante (Illustration 21) :

Code NV2	Dénomination NV2	Haute-Normandie	Basse-Normandie
104AA	Sables et argiles du Mio-Pliocène dans le Bassin Parisien	x	
104AG	Sables et Faluns du Mio-Pléistocène en Normandie		x
107AC	Sables et Grès de Fontainebleau de l'Oligo-Miocène du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et Loire-Bretagne)	x	
107AK	Calcaires de Brie du Rupélien (Oligocène inf.) du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et Loire-Bretagne)	x	
110AA	Marnes vertes et supra-gypseuses du Rupélien (Oligocène inf.) du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie majoritairement et bassin Loire-Bretagne)	x	
113AA	Calcaire Ludien de l'Eocène supérieur du Bassin Parisien	x	
113AI	Marnes infra-gypseuses de l'Eocène du Bassin Parisien	x	
113AK	Sables, Calcaires et Grès du Bartonien (Eocène) du Bassin Parisien	x	
113AO	Marnes et caillasses du Lutétien supérieur du Bassin Parisien	x	
113AQ	Calcaires et sables du Lutétien du Bassin Parisien et du Bassin des Flandres	x	x

113AT	Argiles de Laon de l'Yprésien supérieur dans le bassin Seine-Normandie	x	
113AV	Sables de Cuise de l'Yprésien supérieur dans le bassin Seine-Normandie et le sud du bassin Artois-Picardie	x	
117AC	Argiles de l'Yprésien inférieur dans le bassin Seine-Normandie et le sud du bassin Artois-Picardie	x	
119AC	Sables et calcaires du Paléocène dans le bassin Seine-Normandie et le sud du bassin Artois-Picardie	x	
119AE	Formations détritiques continentales, Sables et Argiles à silex post-Campanien du Bassin Parisien	x	x
119AG	Argiles à silex sur calcaires jurassiques en Normandie		x
121AV	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du littoral cauchois	x	
121AI	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Pays de Bray - bassin versant de la Béthune	x	
121AZ	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Vexin normand et picard - bassin versant de l'Andelle et de l'Epte	x	
121AU	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien de l'estuaire de la Seine	x	
121AW	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Lieuvin-Ouche - bassin versant de la Risle	x	x
121AX	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Lieuvin-Ouche - Pays d'Auge - bassin versant de la Touques	x	x
121AS	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Neubourg au Saint-André - bassin versant de l'Eure, Iton, Avre	x	x
121AJ	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Plateau Picard - bassin versant de l'Oise du confluent de l'Aisne (exclu) au confluent de la Seine	x	
123AB	Sables du Cénomanien dans le bassin de la Sarthe		x
123AC	Sables du Cénomanien dans le Bassin Parisien	x	x
123BA	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien, bassin de la Loire, de la Maine à la mer		x
123BV	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du littoral cauchois (bassin Seine-Normandie)	x	

123BI	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Pays de Bray - bassin versant de la Béthune (bassin Seine-Normandie)	x	
123BZ	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Vexin normand et picard - bassin versant de l'Andelle et de l'Epte (bassin Seine-Normandie)	x	
123BU	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien de l'estuaire de la Seine (bassin Seine-Normandie)	x	
123BW	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Lieuvin-Ouche - bassin versant de la Risle (bassin Seine-Normandie)	x	x
123BX	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Lieuvin-Ouche - Pays d'Auge - bassin versant de la Touques (bassin Seine-Normandie)	x	x
123BS	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Neubourg au Saint-André - bassin versant de l'Eure, Iton, Avre (bassin Seine-Normandie)	x	x
123BJ	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Plateau Picard - bassin versant de l'Oise du confluent de l'Aisne (exclu) au confluent de la Seine (bassin Seine-Normandie)	x	
125AA	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur à moyen et de l'Albien supérieur du Bassin parisien	x	x
127AA	Sables verts de l'Aptien-Albien du Bassin parisien	x	x
127AC	Argiles de l'Albien inférieur au Barrémien (Aptien-Barrémien) du Bassin parisien	x	
127AG	Sables, grès et calcaires du Crétacé inférieur (Néocomien) dans les bassins Seine-Normandie (majoritairement), nord-Loire Bretagne et sud Artois-Picardie	x	
131AA	Calcaires du Tithonien du Bassin parisien	x	x
133AA	Marnes du Kimméridgien du Bassin parisien dans les bassins Seine-Normandie et Artois-Picardie	x	x
135AA	Calcaires de l'Oxfordien supérieur au Kimméridgien du Bassin Parisien	x	x
137AB	Marnes du Callovo-Oxfordien du Bassin parisien dans les bassins AP, SN, RM	x	x

139AC	Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) dans le bassin Seine-Normandie à l'ouest du sillon marneux du Bathonien-Callovien	x	x
139AD	Calcaires du Bajocien et du Bathonien (Dogger), partie profonde du Bassin Parisien	x	x
139AL	Sillon marneux du Bathonien-Callovien dans le bassin Seine-Normandie	x	
139AM	Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) du Bassin parisien à l'est du sillon marneux du Bathonien-Callovien	x	
139AN	Marnes du Bajocien-Bathonien du Bassin parisien	x	x
139AP	Calcaires de l'Aalénien-Bajocien du Bassin Parisien	x	x
141AB	Marnes du Toarcien (Lias supérieur) du Bassin parisien dans les bassins Seine-Normandie, Artois-Picardie et Rhin-Meuse	x	x
141AC	Grès, marnes et calcaires du Pliensbachien (Lias moyen) du Bassin parisien dans les bassins Seine-Normandie et Rhin-Meuse	x	x
141AG	Calcaires, Grès, Calcaires argileux et Argiles de l'Hettangien-Sinémurien (Lias inf.) du Bassin parisien dans les bassins Seine-Normandie et Artois-Picardie	x	x
143AB	Grès rhétiens (Trias supérieur) du Bassin Parisien	x	x
144AA	Sables et Grès du Trias moyen à supérieur en Basse-Normandie		x
147AA	Schistes et Grès du Carbonifère et du Permien en Normandie		x

Illustration 21 - Répartition des entités sédimentaires NV2 en Haute-Normandie et Basse-Normandie.

Par exemple, l'entité 139AP (Calcaires de d'Aalénien-Bajocien du Bassin Parisien) s'étend sur les deux régions, en Haute-Normandie et Basse-Normandie (Illustration 22) :

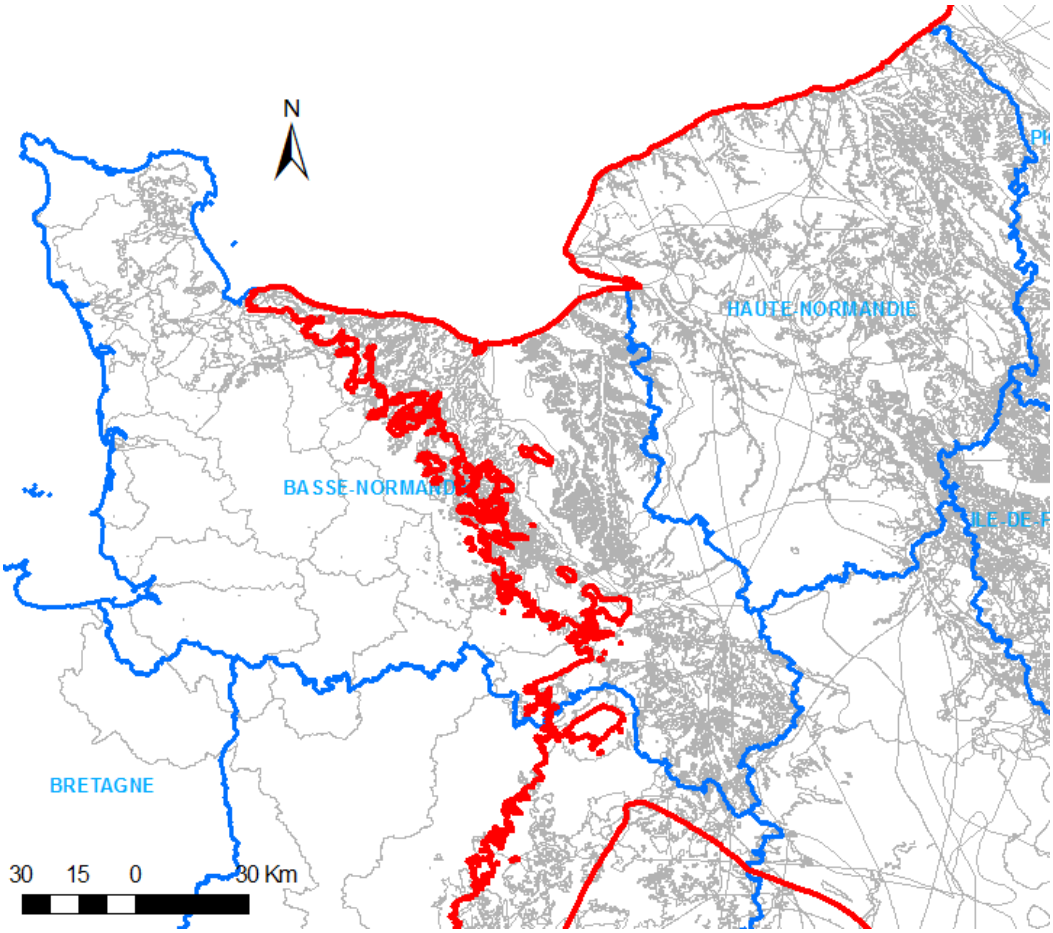


Illustration 22 – Etendue de l'entité 139AP (Calcaires de d'Aalénien-Bajocien du Bassin Parisien) en Haute-Normandie et Basse-Normandie.

4.3. 4.3. ENTITÉS DU THÈME SOCLE

Les travaux relatifs au découpage des entités hydrogéologiques de socle pour la Basse-Normandie sont détaillés dans la note de l'annexe 4. Ce paragraphe la reprend de façon résumée. La méthodologie définie dans le guide national (Rapport BRGM/RP-52261-FR, 2003) a été suivie.

4.3.1. Données

- BDCarthage (Base de Données sur la CARtographie THématique des AGences de l'eau et du ministère de l'Environnement) sur les bassins Seine-Normandie et Loire-Bretagne: *région*, *secteur*, *sous-secteur* et *zone hydrographique* (contours), et cours d'eau (linéaire) ;
- Extraction de la Banque HYDRO des stations hydrométriques du Massif Armoricain (nom, numéro, coordonnées, VCN10, date début et fin, superficie contrôlée) au 29/04/2008 (Hubert CAPLET, DIREN Basse-Normandie) ;

L'identification des entités de niveau 2 fait appel aux 2 notions suivantes :

- **VCN10** : moyenne des débits les plus bas de l'année sur une période de dix jours consécutifs (méthode de calcul : ajustement à une loi de GALTON et utilisation du VCN10 moyen sur la période de mesure) ;
- **QES** : débit d'étiage spécifique, égal au rapport « VCN10 / superficie du bassin versant considéré », exprimé en l/s/km^2.

4.3.2. Entités NV2 du socle

La délimitation des entités NV2 a nécessité plusieurs étapes.

- Découpage des entités selon les contours des sous-secteurs hydrographiques de la BD Carthage inclus dans les entités NV1. Certains sous-secteurs ont été regroupés selon des critères de superficie et de continuité des cours d'eau. Dans d'autres bassins (superficie supérieure à 200 km²), certains affluents des principaux cours d'eau ont été séparés selon les contours des zones hydrographiques de la BD Carthage.
- Calcul du Débit d'étiage spécifique (QES en l/s/km²) sur les stations hydrométriques situées le plus à l'aval des cours d'eau et, si possible, avec un historique de données d'au moins 10 ans pour affecter un QES à chaque entité précédemment définie.
- Regroupement des bassins contigus situés dans la même entité NV1 et de même classe de QES (annexe 4).

21 entités NV2 de socle ont ainsi été définies (Illustration 23 et tableau de l'Illustration 24).

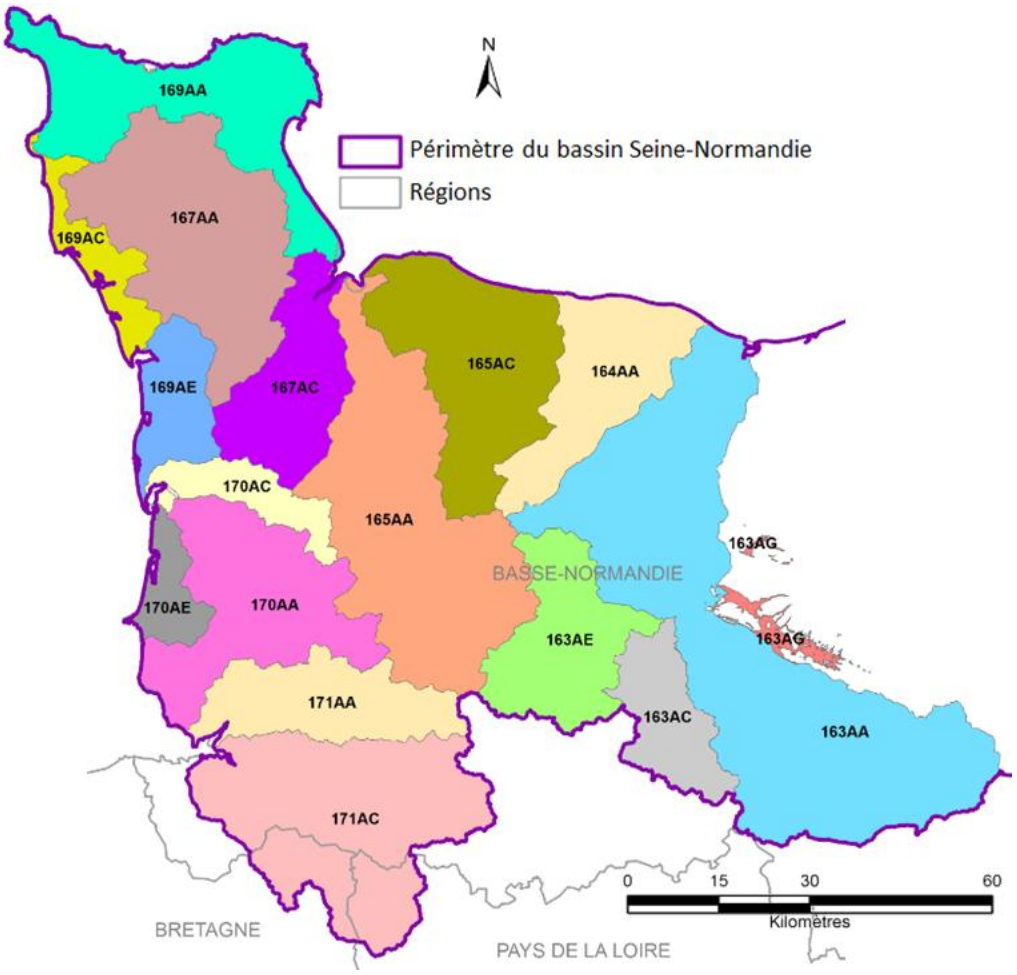


Illustration 23 : Systèmes aquifères de niveau 2 en zone de socle.

Remarques

1) Il a été créé une entité NV2 codée 178I (illustration ci-dessus) correspondant à une zone de socle située dans le secteur hydrographique de nom "*la Dives de sa source à l'embouchure*"). Compte tenu de l'extension réduite de cette zone et aussi parce qu'elle s'étend sur 3 sous-secteurs hydrographiques, il n'était pas envisageable d'en faire une entité correspondant à un bassin versant. Cette entité de socle particulière a été rattachée à l'entité NV1 codée 178 : Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de L'Orne de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers.

2) La numérotation « en 250 » est héritée de la numérotation du bassin Loire-Bretagne.

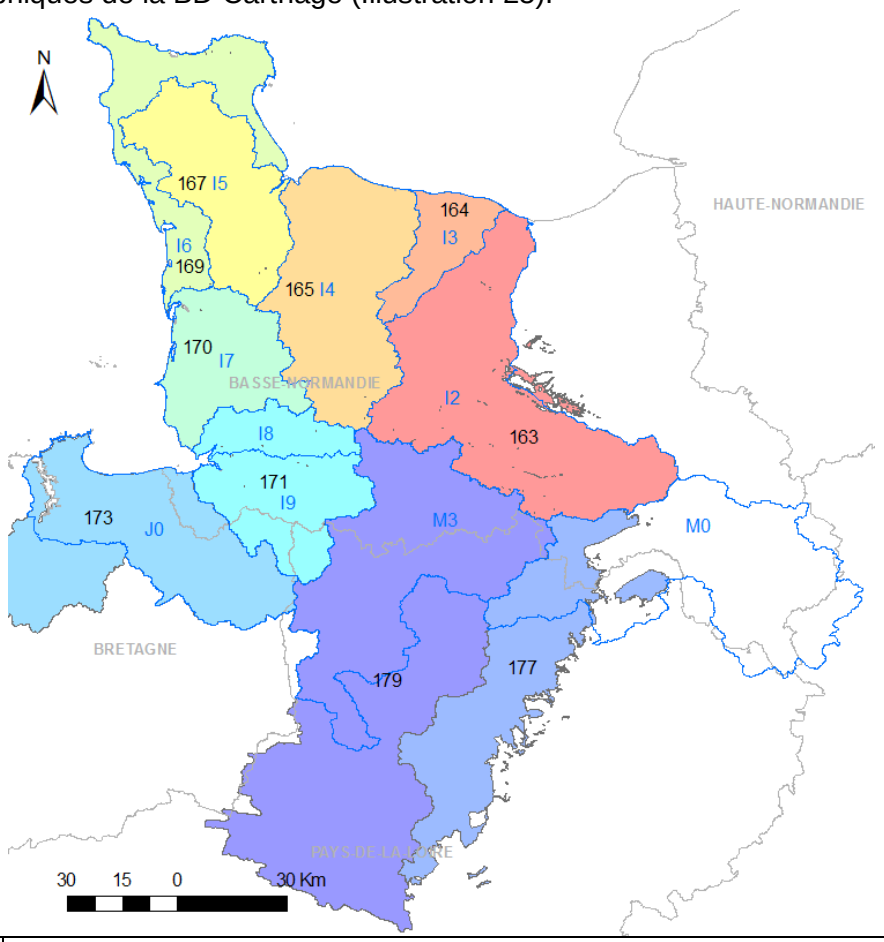
NV1			NV2		
Ancien code	Nouveau code	Nom entité	Ancien code	Nouveau code	Nom entité
178	163	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de L'Orne de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers	178A	163AA	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de l'Orne de sa source à l'embouchure en Normandie
			178C	163AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de l'Orne du confluent de la Rouvre (inclus) au confluent du Noireau (exclu) en Normandie
			178E	163AE	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant du Noireau de sa source au confluent de l'Orne (exclu) en Normandie
			178I	163AG	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Dives de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers en Normandie
179	164	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Seulles de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers	179A	164AA	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Seulles de sa source au confluent de la Thue (exclu) en Normandie
180	165	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Vire de sa source à l'embouchure	180A	165AA	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Vire de sa source au confluent de l'Aure et la Vire de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers en Normandie
			180C	165AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de L'Aure de sa source au confluent de la Vire (exclu) et les bassins côtiers compris entre le bassin côtier de la Seulles (exclu) et l'embouchure de la Vire (exclu) en Normandie
182	167	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Douve de sa source à l'embouchure	182A	167AA	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Douve de sa source au confluent de la Sève en Normandie
			182C	167AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Douve du confluent de la Sève à l'embouchure en Normandie
184	169	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Divette de sa source à l'embouchure et bassins côtiers compris entre	184A	169AA	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Divette de sa source a l'embouchure et bassins côtiers en Normandie
			184C	169AC	Socle du Massif Armoricain des bassins côtiers compris entre l'embouchure de la Diélette (exclu) et l'embouchure de l'Ay (exclu) en Normandie

		l'embouchure de la Douve et l'embouchure de la Sienne	184E	169AE	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de l'Ay de sa source a l'embouchure et bassins côtiers en Normandie
186	170	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sienne de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers	186A	170AA	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sienne de sa source au confluent la Soulles et le Thar et bassins côtiers en Normandie
			186C	170AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sienne du confluent de la Soulles (inclus) à l'embouchure en Normandie
			186E	170AE	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant du ruisseau du Boscq de sa source à l'embouchure et bassins côtiers en Normandie
170	171	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sée et la Sélune de leurs sources à leurs embouchures	251A	171AA	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sée de sa source à l'embouchure en Normandie
			251B	171AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sélune de sa source à l'embouchure en Normandie
172	173	Socle du Massif Armoricain dans les bassins versants côtiers du Couesnon (inclus) à la Rance (inclus)	252A	173AA	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant du Couesnon de sa source à la mer
147	177	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sarthe de sa source à la Maine et la Maine jusqu'à la Loire (exclus) et la Mayenne de la Vieille Maine (inclus) à la Maine (bassin versant en aval du contact socle-sédimentaire)	255A	177AA	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de La Sarthe de sa source au Loir (exclus), au contact du sédimentaire associé aux affleurements disjoints dans le sédimentaire proche
176	179	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Mayenne de sa source à la Vieille Maine (exclus)	257A	179AA	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de La Mayenne de sa source à la Vieille Maine (exclus)
			257B	179AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de La Varenne et ses affluents, la Colmont

Illustration 24 - Entités NV1 et NV2 du "thème Socle" en Basse-Normandie : les anciens codes correspondent aux codes de la version 2 et les nouveaux codes correspondent à ceux de la version 0. Les noms sont ceux de la version 0.

4.3.3. Entités NV1 du socle

Au nombre de 10, elles regroupent les entités NV2 au sein de secteurs hydrographiques de la BD Carthage (Illustration 25).



Secteur	*Libellé*
I7	*La Sienne de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers*
I2	*L'Orne de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers*
I6	*Les bassins côtiers compris entre l'embouchure de la Douve et l'embouchure de la Sienne*
I5	*La Douve de sa source à l'embouchure*
I9	*La Sélune de sa source à l'embouchure*
M0	*La Sarthe de sa source au Loir*
M3	*La Mayenne de sa source à la vieille Maine*
I3	*La Seulles de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers*
I8	*La Sée de sa source à l'embouchure*
J0	*Bassins côtiers du Couesnon à la Rance*
I4	*La Vire de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers*

Illustration 25 : Systèmes aquifères de niveau 1 et secteurs hydrographiques de la BD Carthage en zone de socle.

Par exemple les entités NV2 165AA (anciennement 180A) et 165AC (180C) constituent l'entité NV1 codée 165 (180), correspondant au secteur hydrographique « Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Vire de sa source à l'embouchure ».

4.3.4. Vision nationale du découpage : proposition

Il peut paraître non pertinent de considérer les entités NV1 de socle ainsi définies comme des entités de "niveau national". Elles pourraient alors être considérées plutôt comme des entités de niveau 2 (entités régionales) et regroupées au sein d'une entité unique de niveau national "*Socle de Basse-Normandie*". Les actuelles entités de niveau 2 deviendraient alors des entités de niveau 3.

4.4. ENTITÉS COMPLÉMENTAIRES

Rappelons que 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. Dans le référentiel de Normandie ont été intégrées les formations suivantes :

- systèmes alluvionnaires,
- alluvions réservoir,
- limons de plateaux,
- alluvions tourbeuses,
- altérites cartographiées des zones de socle,
- aires karstifiées délimitées par des traçages.

• Systèmes alluvionnaires (Illustration 26)

Les alluvions ont été extraites des cartes géologiques harmonisées. Ces formations alluvionnaires comprennent :

- les alluvions récentes (Fz),
- les basses terrasses (Fy),
- les moyennes terrasses (Fx et Fx-y),
- les hautes terrasses (Ft, Fu,Fv, Fw).

La carte géologique distingue aussi les alluvions indifférenciées de l'Orvanne (sud-est de la région).

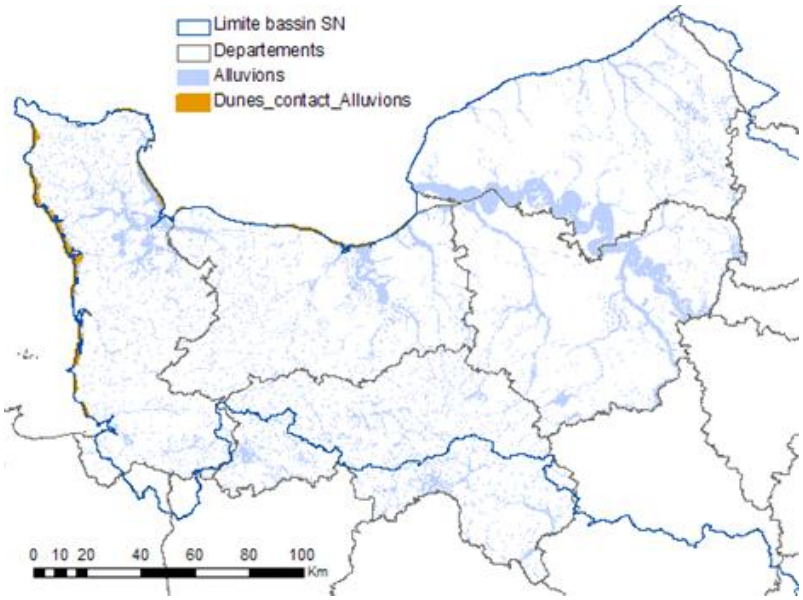


Illustration 26 – Systèmes alluvionnaires et dunes

• Alluvions réservoirs (Illustration 27)

D'après la définition BD-LISA, les « alluvions réservoirs » sont les alluvions contenant les nappes d'accompagnement des cours d'eau dont l'épaisseur et la granulométrie permettent de stocker un volume important d'eaux souterraines potentiellement exploitables.

Le référentiel BD-LISA en Seine-Normandie considère les « alluvions » et « alluvions réservoir » comme entités complémentaires, aussi appelées surcouches.

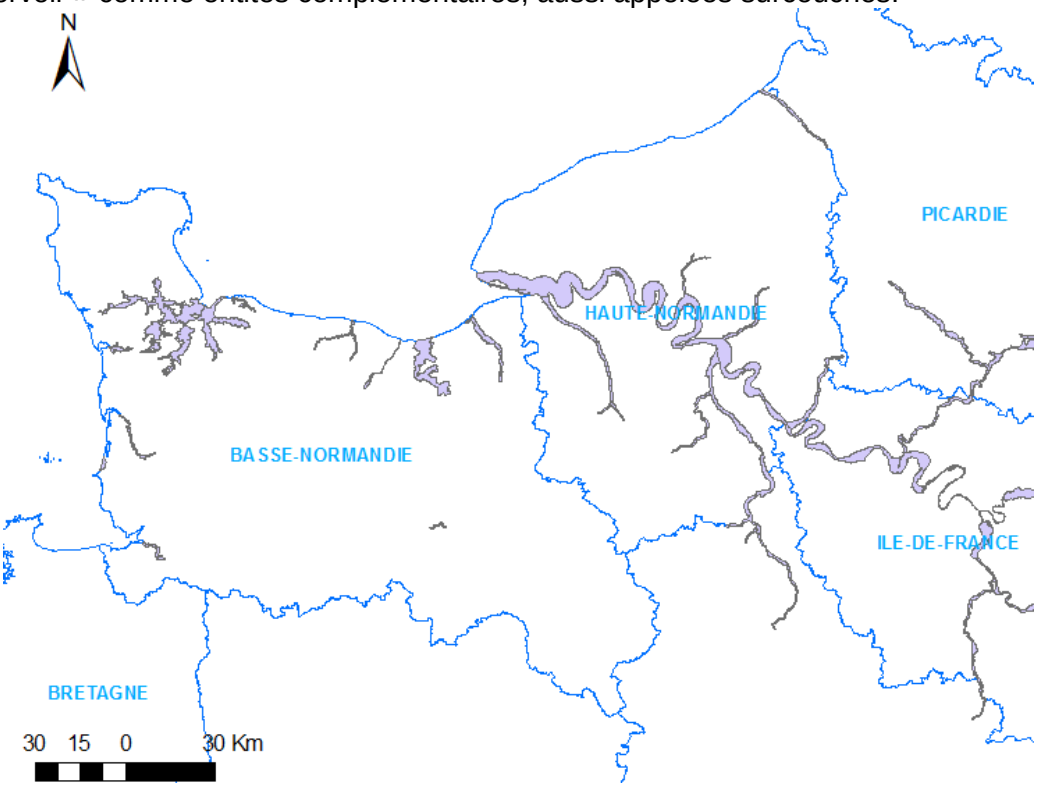


Illustration 27 : Alluvions réservoir en Normandie

• Limons des plateaux et formations lœssiques (Illustration 28)

Les Limons des plateaux, formations du Quaternaire, sont présents partout sur les plateaux crayeux de Haute-Normandie et leur épaisseur peut atteindre 10 m. Pour être en cohérence avec les régions voisines où ces limons sont de moindre importance, le choix a été fait de les intégrer dans la surcouche du référentiel.

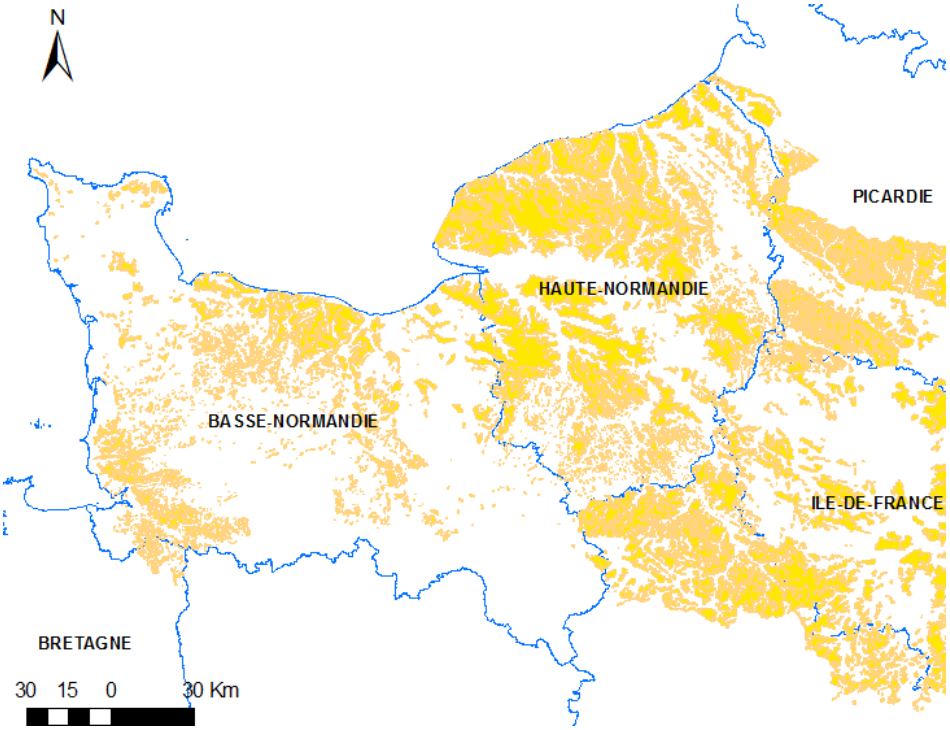


Illustration 28 : Limons des plateaux et formations loessiques en Normandie

- Alluvions tourbeuses (Illustration 29)

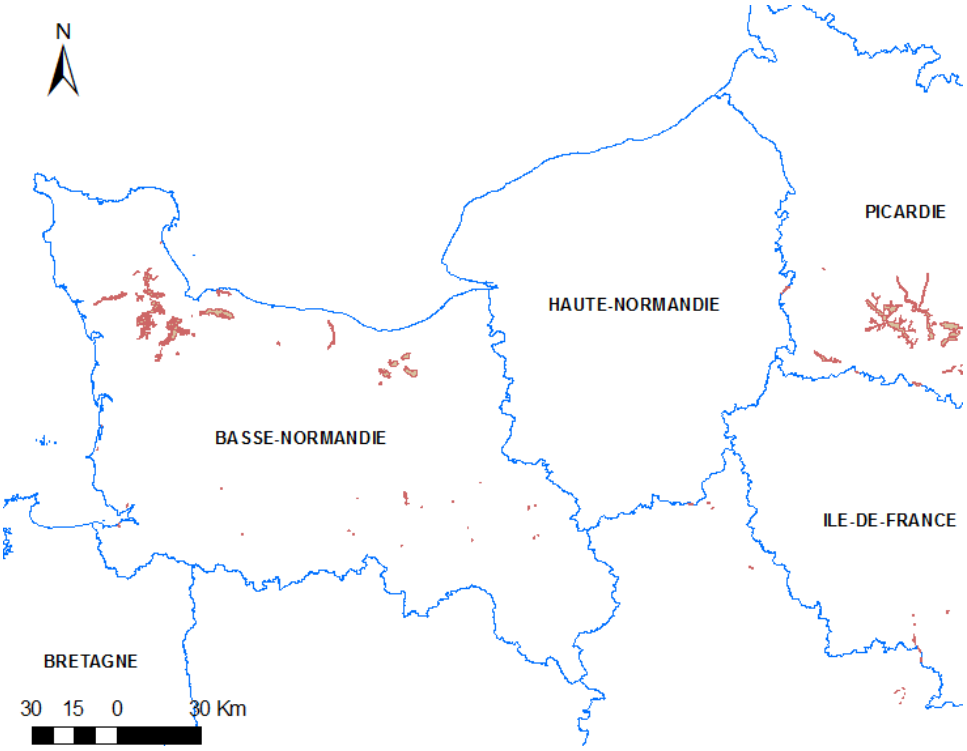


Illustration 29 : Alluvions tourbeuses en Normandie

• Altérites de socle (Illustration 30)

Les altérites de Basse-Normandie sont des produits de démantèlement de la chaine Armoricaine. Les altérites de la Manche, peu perméables, ont un rôle de stockage des pluies et de transfert vers la structure sous-jacente.

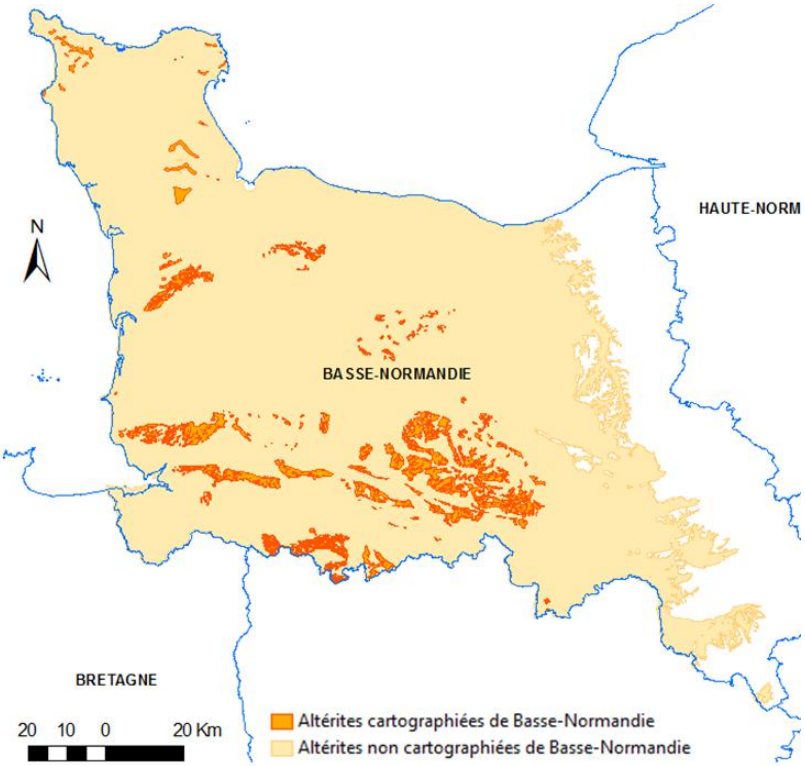


Illustration 30 : Altérites de socle en Basse-Normandie

• Aires karstiques (Illustration 31)

Le karst normand concerne de nombreuses formations : calcaires cambrien, briovérien, bajocien, bathonien, oxfordien ainsi que la craie du crétacé.

Le karst de la craie, très développé dans l'Ouest de la Haute-Normandie, a fait l'objet de la mise en place d'une base de données recensant les phénomènes karstiques de surface (les bétoires) ainsi que leurs relations avec les eaux souterraines mis en évidence par traçage.

Le karst ante-crétacé n'a en revanche pas fait l'objet de synthèse ou d'inventaire à une échelle départementale ou régionale.

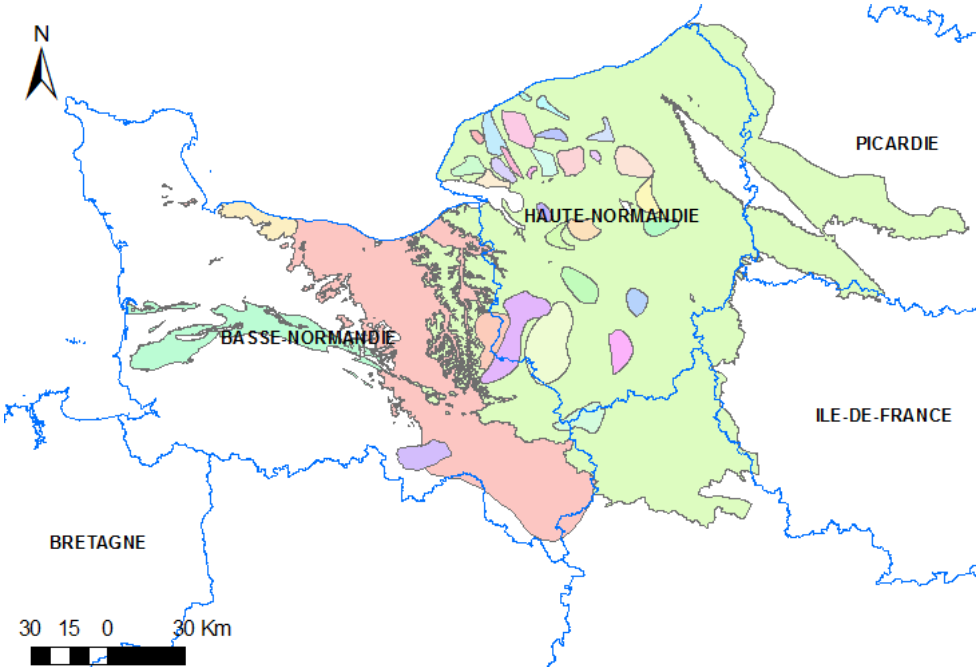
Les données étant hétérogènes suivant les formations géologiques, la surcouche karst a été scindée en 2 surcouches traitées par deux approches différentes :

1. **surcouche de la craie de l'Ouest du bassin parisien (Haute-Normandie) :**
    - deux shapes ont été créées pour qualifier le karst de la craie de l'Ouest du bassin parisien :
    - shape « degré de karstification » (degré de karstification apprécié selon la densité des phénomènes karstiques de surface (exo-karst)
    - shape des « systèmes karstiques » : cette surcouche a pour objectif de déterminer les différents bassins karstiques pouvant être identifiés à partir des données de traçage actuellement existantes. 27 systèmes karstiques ont pu être identifiés, le reste de la craie a été regoupé dans une entité « système karstique indéterminé ».

2. **surcouche Karst des formations ante-crétacé (Basse-Normandie)**

Une synthèse des formations ante-crétacé touchées par le karst a été réalisée dans le cadre de BD LISA (cf.2.1). Les connaissances locales actuelles en Basse-Normandie, permettent de définir deux entités :

- le karst actif : cette entité comprend les secteurs au niveau desquels des études (notamment de traçage) ont été menées et ont mis en évidence l'activité du karst. C'est le cas du système karstique littoral des pertes de l'Aure ou du système karstique de l'Orbiquet ;
- le karst inactif ou indéterminé : cette entité correspond aux secteurs décrits dans les notices des cartes géologiques au 1/50000, au niveau desquels la présence de karst est reconnue.



- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique actuellement indéterminé
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique d'Aizier
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique d'Etretat
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique d'Yport
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de Caumont-Moulineaux
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de Lillebonne
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de Radicatel
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de Saint-Pierre-en-Port
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de Valmont - Ganzeville
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de l'Andelle aval en rive droite
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de l'Aubette et du Robec
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de l'Orbiquet
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de la Charentonne et du Guiel
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de la Clairette et du Cailly amont
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de la Durdent amont
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de la Durdent aval
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de la Lézarde et du Saint-Laurent
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de la Rancon et de la Fontenelle
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de la Risle amont
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de la Saane et du Traversin
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de la Saffimbec
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de la Sainte-Gertrude
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de la confluence Eure - Iton
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique du Clérot
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique du Commerce
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique du Sec-Iton
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique entre le Vivier et l'Oudalle
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique de l'Avre amont
- Unité aquifère karstique de la craie du Cénomanien au Sénonien - Système karstique du Bec
- Unité aquifère karstique du Jurassique - Système karstique de l'Aure
- Unité aquifère karstique du Jurassique - Système karstique inactif ou actuellement indéterminé
- Unité aquifère karstique du Paléozoïque - Système karstique du Massif d'Ecouves
- Unité aquifère karstique du Paléozoïque - Système karstique inactif ou actuellement indéterminé

Illustration 31 : Aires karstiques en Normandie

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 45.

5.2. NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITES

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

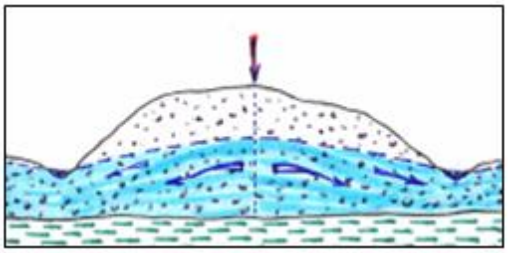
La recherche de la nature des contacts peut en effet se faire **automatiquement** à l'aide du modèle de gestion à partir de la table des polygones élémentaires de niveau 3 construits par le modèle de gestion.

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

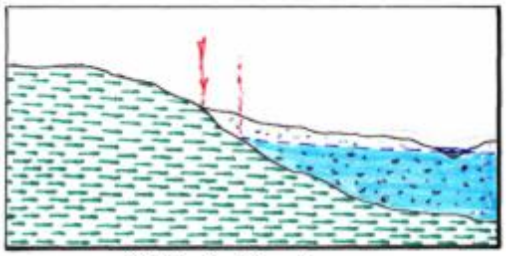
$$\frac{A/A}{A/D}, \frac{A/D}{A/D}, \frac{D/D}{A/A}, \ldots.$$

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 46).

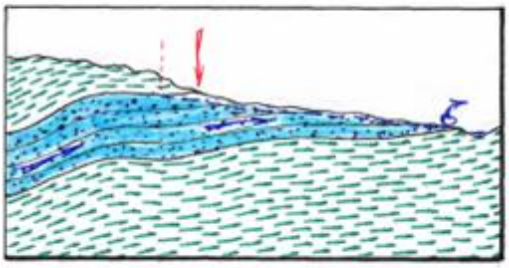
Dans cette première version du référentiel seule la nature des contacts a été intégrée à la géodatabase.



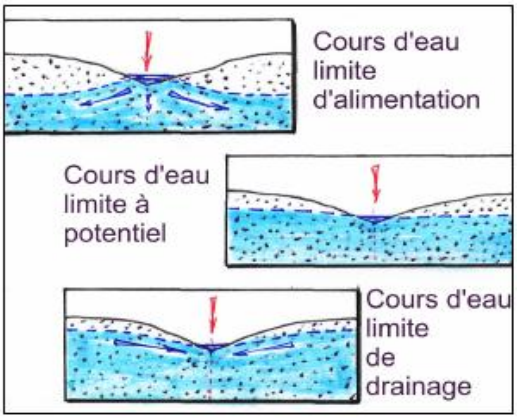
a) Ligne de partage des eaux souterraines



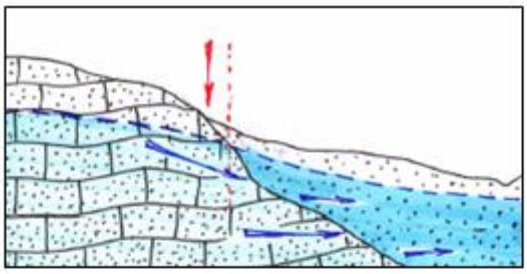
b) Limite étanche



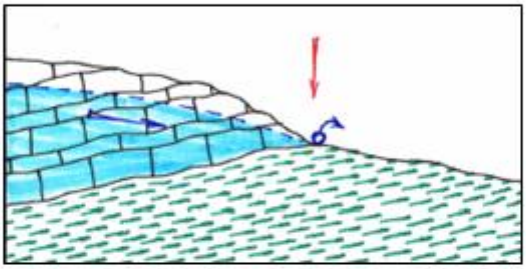
c) Ligne d'affluence d'un aquifère captif à un aquifère libre



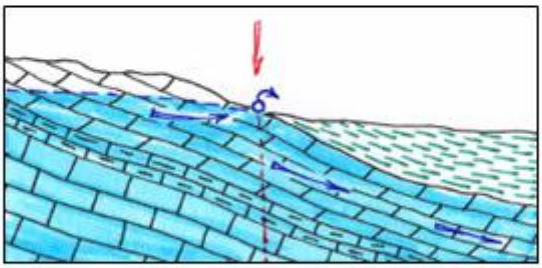
h,i,j) Relations avec les cours d'eau



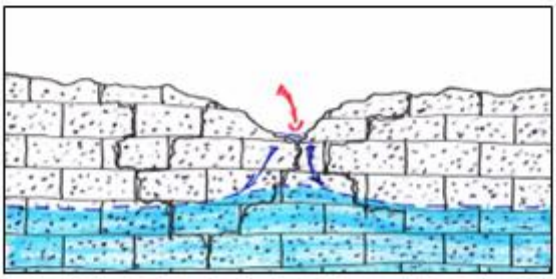
d) Ligne d'affluence des eaux de formations perméables /semi-perméables à un aquifère libre emboîté ou à un autre aquifère en contact par faille.



e) Ligne de sources de déversement



f) Ligne de débordement continue ou discontinue



g) Cours d'eau perché

+ k) limite administrative

+ l) limite inconnue

Illustration 32 - Types de limites possibles entre entités.

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

Illustration 33 - Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques.

6. Outil de construction du référentiel

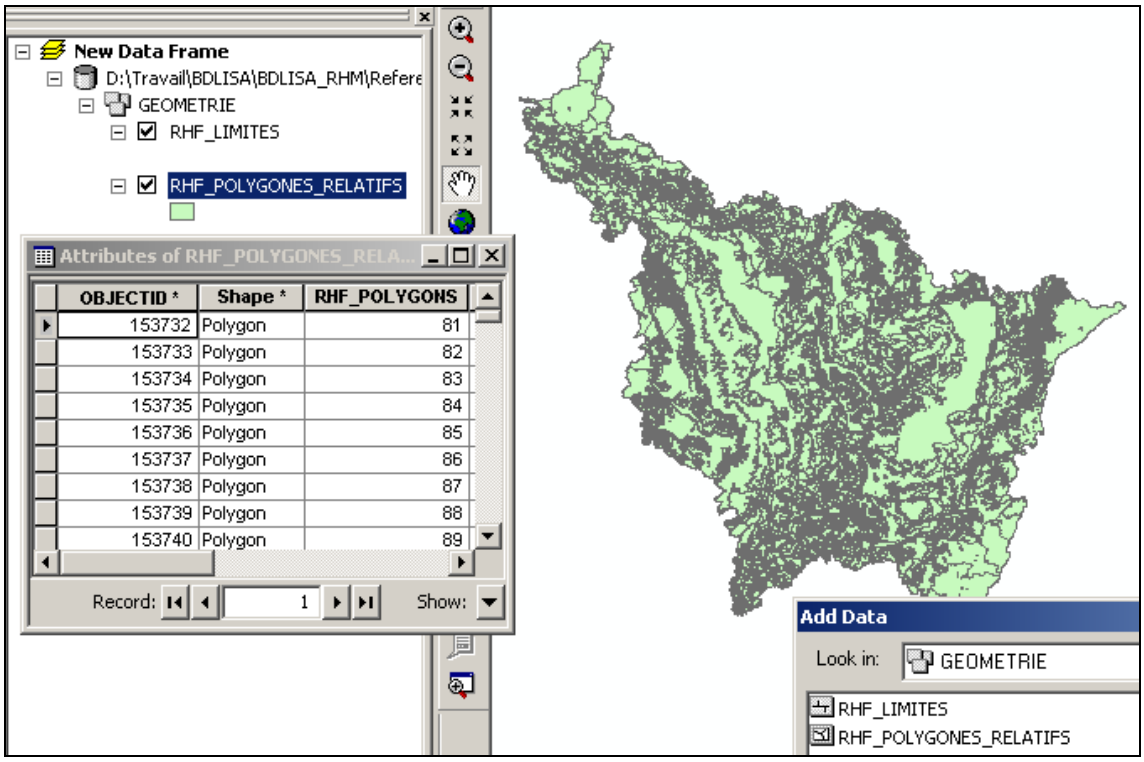
L'assemblage des entités, après numérisation des contours, a été réalisé à l'aide d'un outil développé sous ArcGis et appelé **« modèle de gestion du référentiel ».** Ce modèle contrôle aussi la cohérence topologique de l'assemblage 3D et détecte les anomalies.

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

6.1. GÉODATABASE

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

Ces deux tables (**RHF_Polygones_relatifs** et **RHF_Limites**) sont rangées dans un « j*eu de classes d'entités* » (dans le langage ArcGis) appelé **« GEOMETRIE »** (illustration 47).



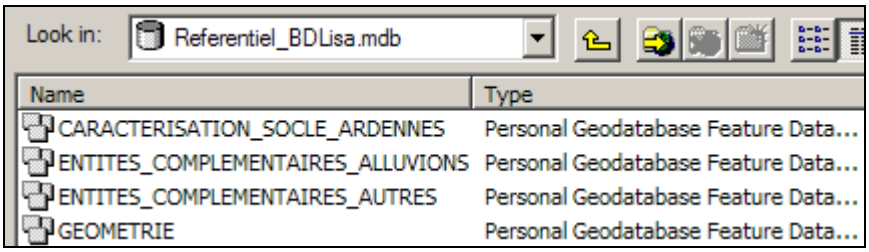


Illustration 34 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.

Outre les « Entités principales », la géodatabase comprend :

- les « **Entités complémentaires** » (partie inférieure de l'illustration 47) scindées en deux 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 48).

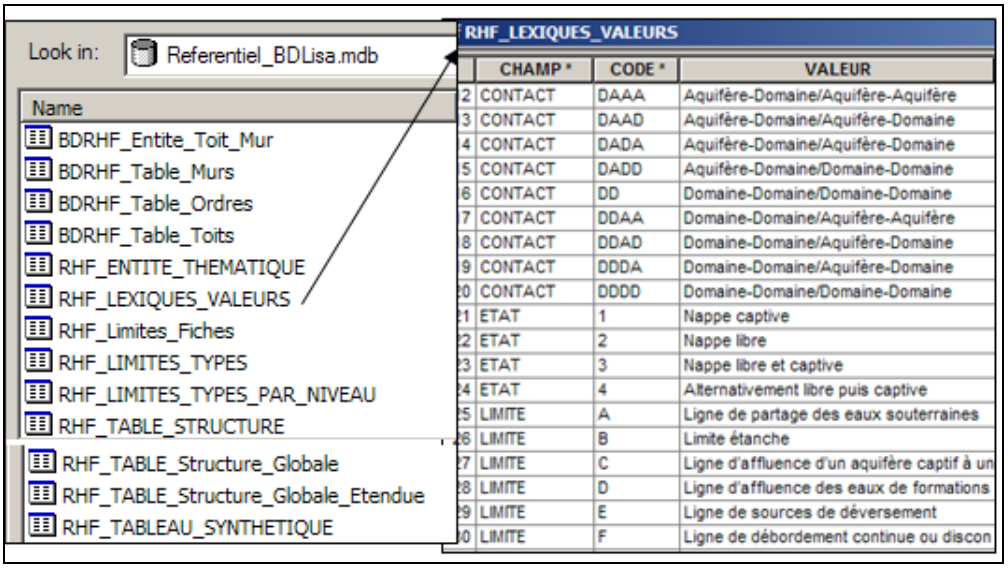


Illustration 35 - Tables non géométriques de la géodatabase.

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 49).

L'illustration 50 présente un exemple de sélection d'entité effectuée à partir du menu de l'illustration 49 ci-dessus (« *Représenter l'entité par son emprise* »).

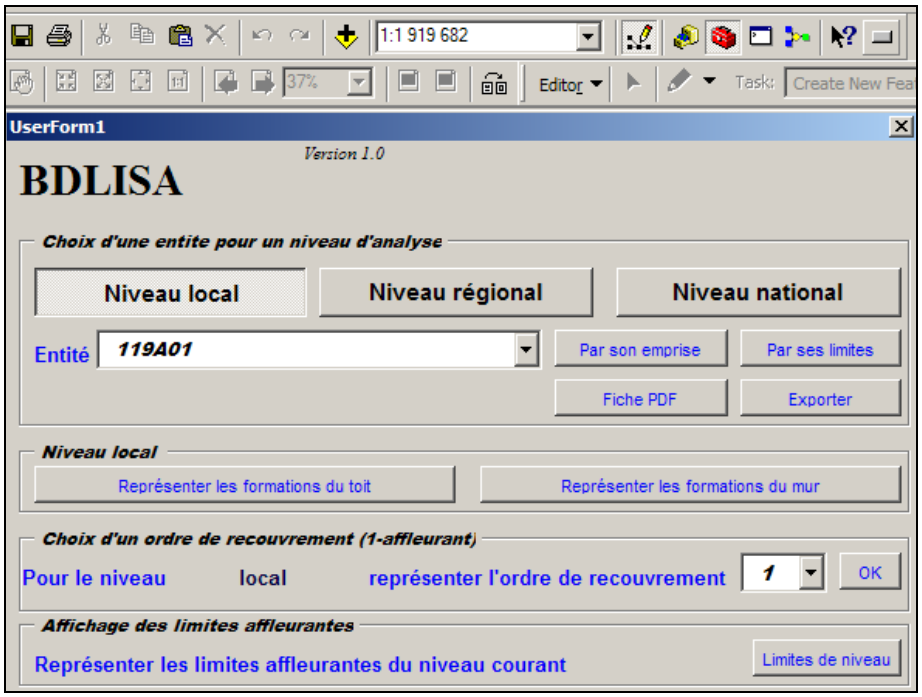


Illustration 36 - Interface utilisateur de la géodatabase.

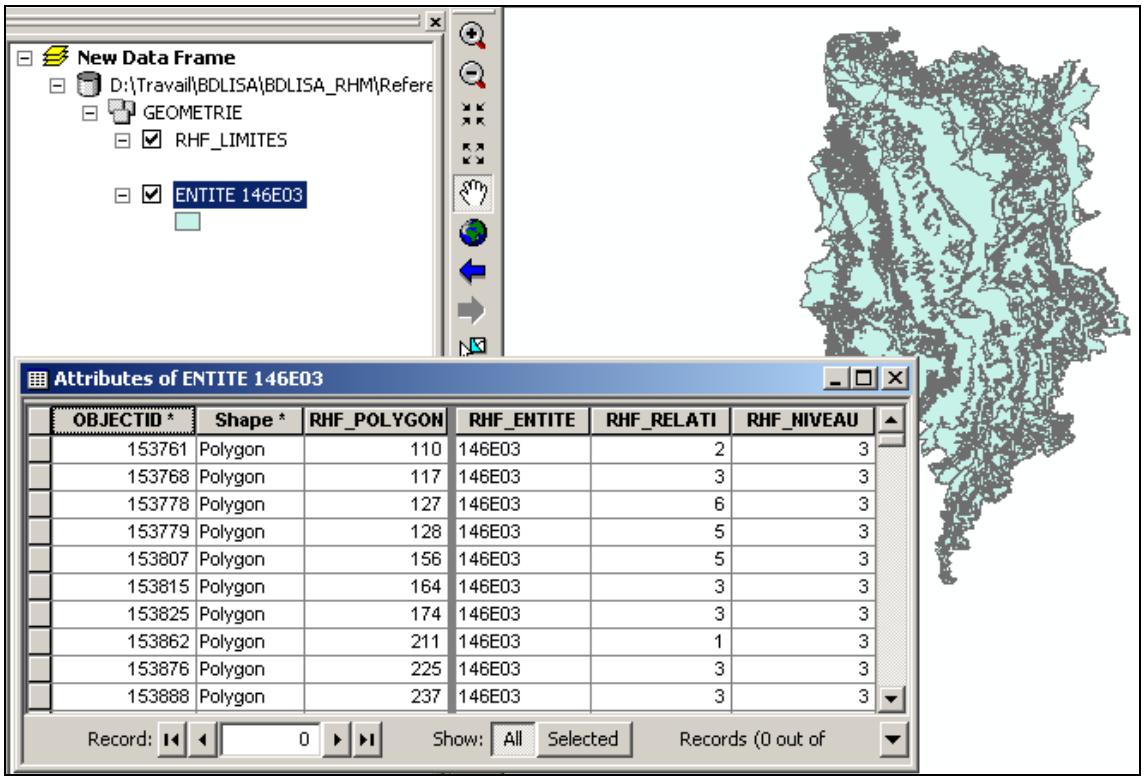
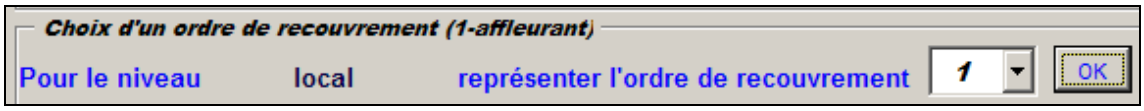


Illustration 37 - Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.

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 51).

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



L'illustration 52 présente une vue des entités de niveau 3 et d'ordre 1 (une couleur est affectée à chaque entité).

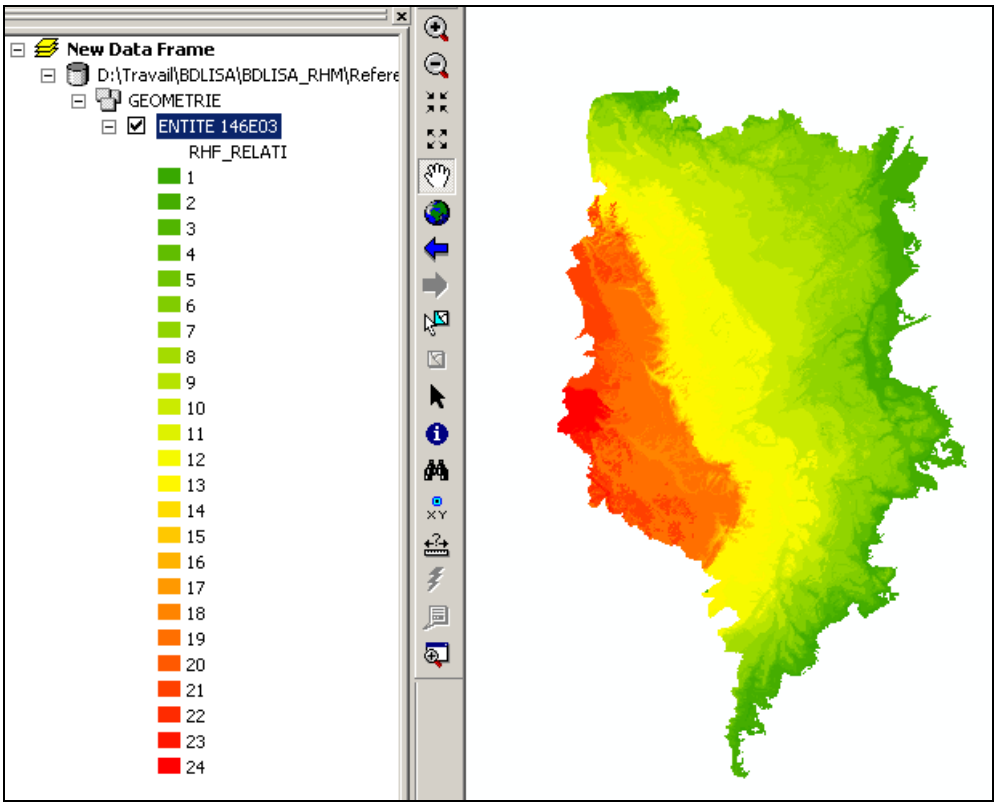


Illustration 38 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).

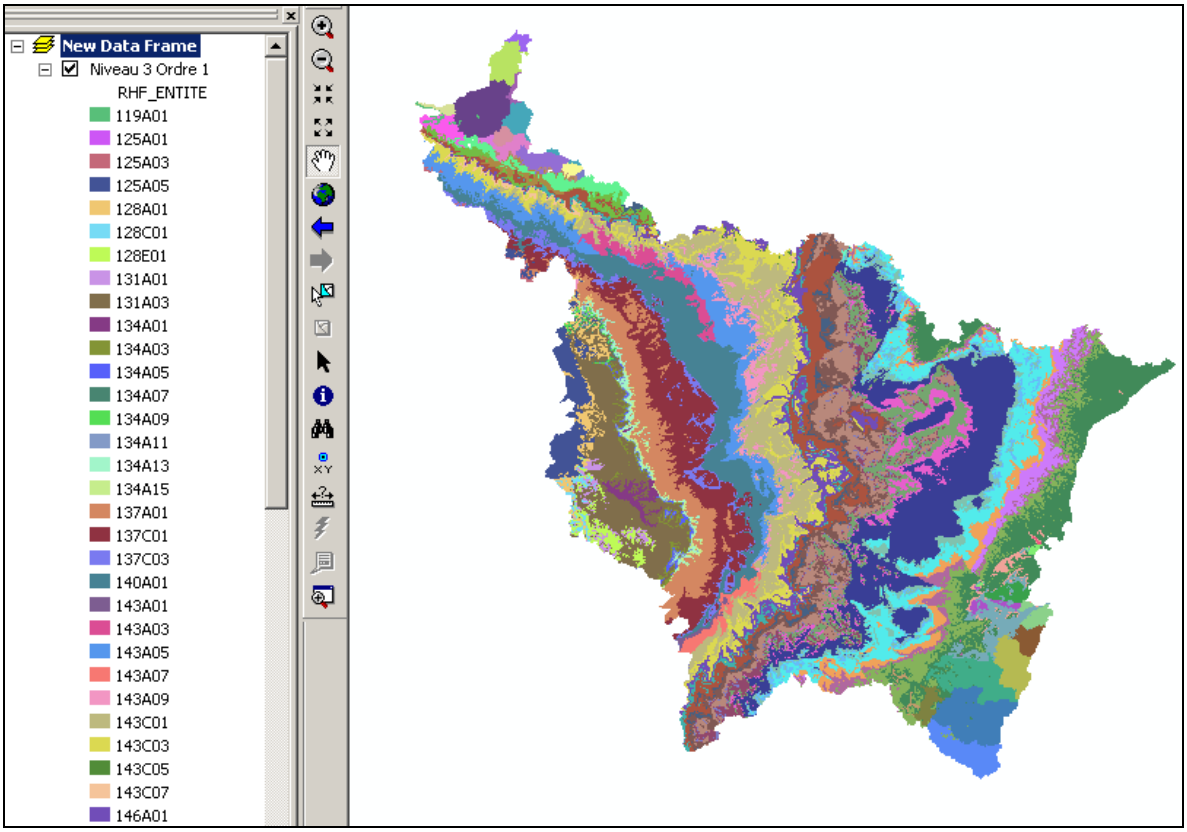


Illustration 39 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).

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).

Cette table contient aussi la nature des contacts entre entités (illustration 54).

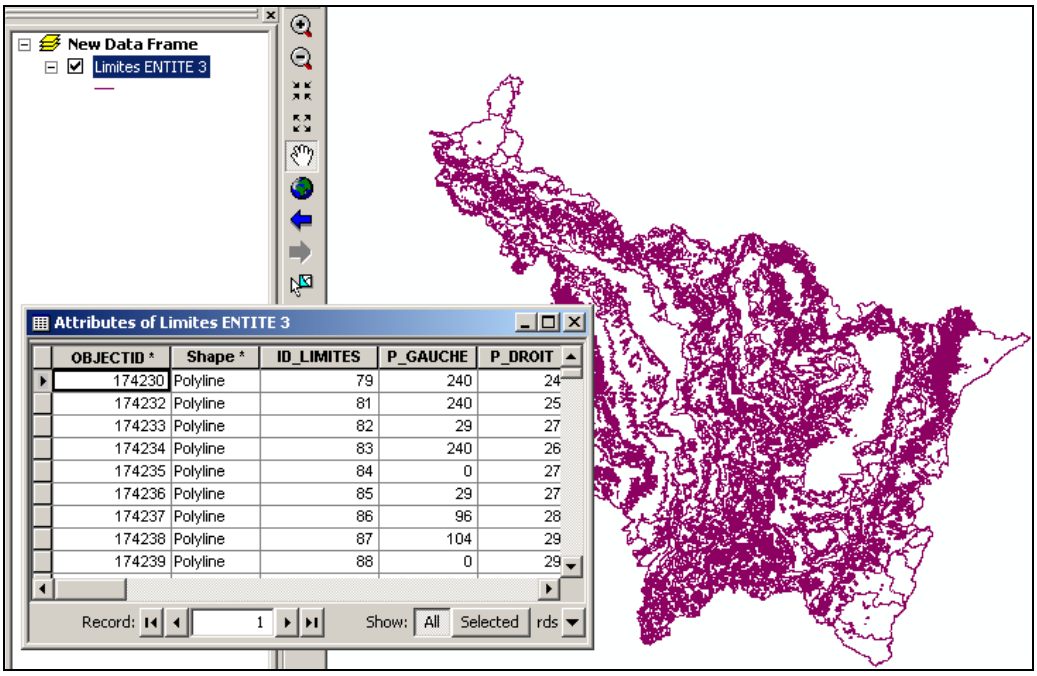


Illustration 40 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités.

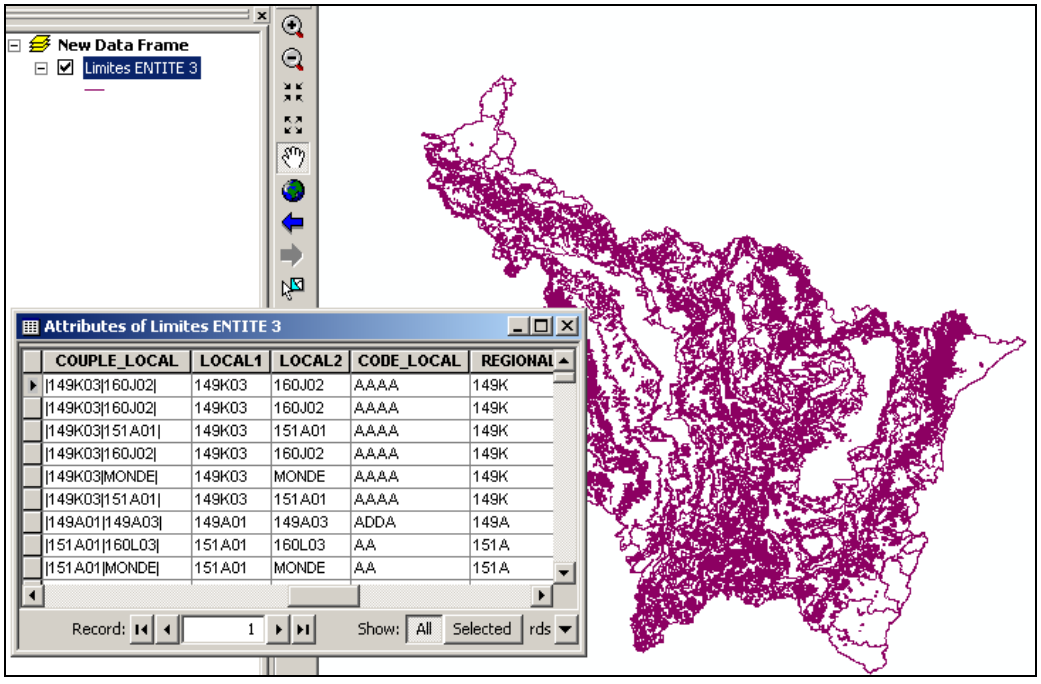


Illustration 41 - Table des limites : natures des contacts entre entités.

6.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS

Le modèle de gestion permet d'éditer automatiquement (illustration 55) 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.

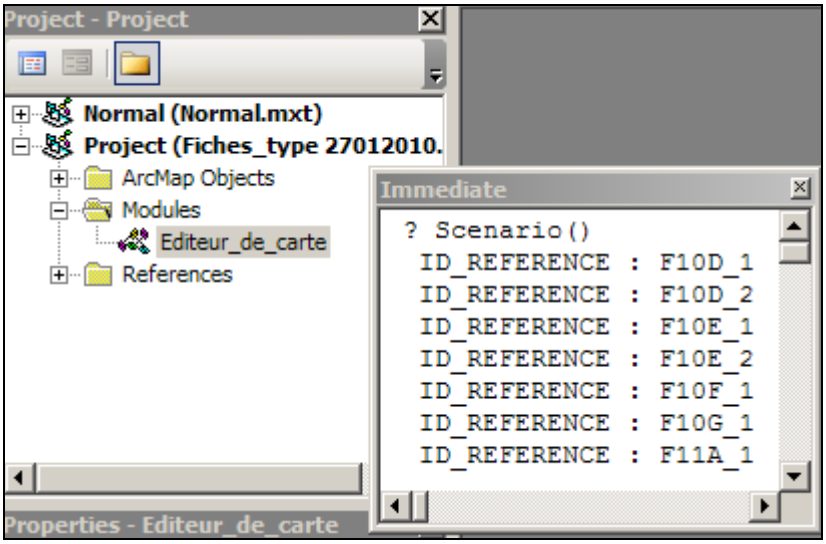


Illustration 42 - Éditeur de cartes du modèle de gestion du référentiel.

Une fiche d'analyse est constituée de plusieurs blocs d'informations. Les illustrations 56 et 57 fournissent un exemple pour une entité de niveau 3 (« *Calcaires à Prodactylioceras, Marnes à Zeilleria et Calcaires ocreux du Lias inférieur* », du bassin Rhin-Meuse).

Sur la partie droite de la fiche (illustration 56), 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 57) représente l'emprise de l'entité de niveau 2 (et celle de niveau 1) à laquelle appartient l'entité de niveau 3

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

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

Les blocs intitulés « *Toit* » et « *Mur* » listent les entités situées directement au-dessus de l'entité considérée (les « toits ») ainsi que les entités situées directement au-dessous (les « murs »), avec en vis-à-vis les superficies des entités constituant ces toits et murs.

Le bloc intitulé « *Limites affleurantes de long. > 1 km* » fournit la liste des entités mitoyennes de l'entité considérée (à l'ordre 1), la nature des contacts et la longueur (en km) de chaque tronçon de limite partagée.

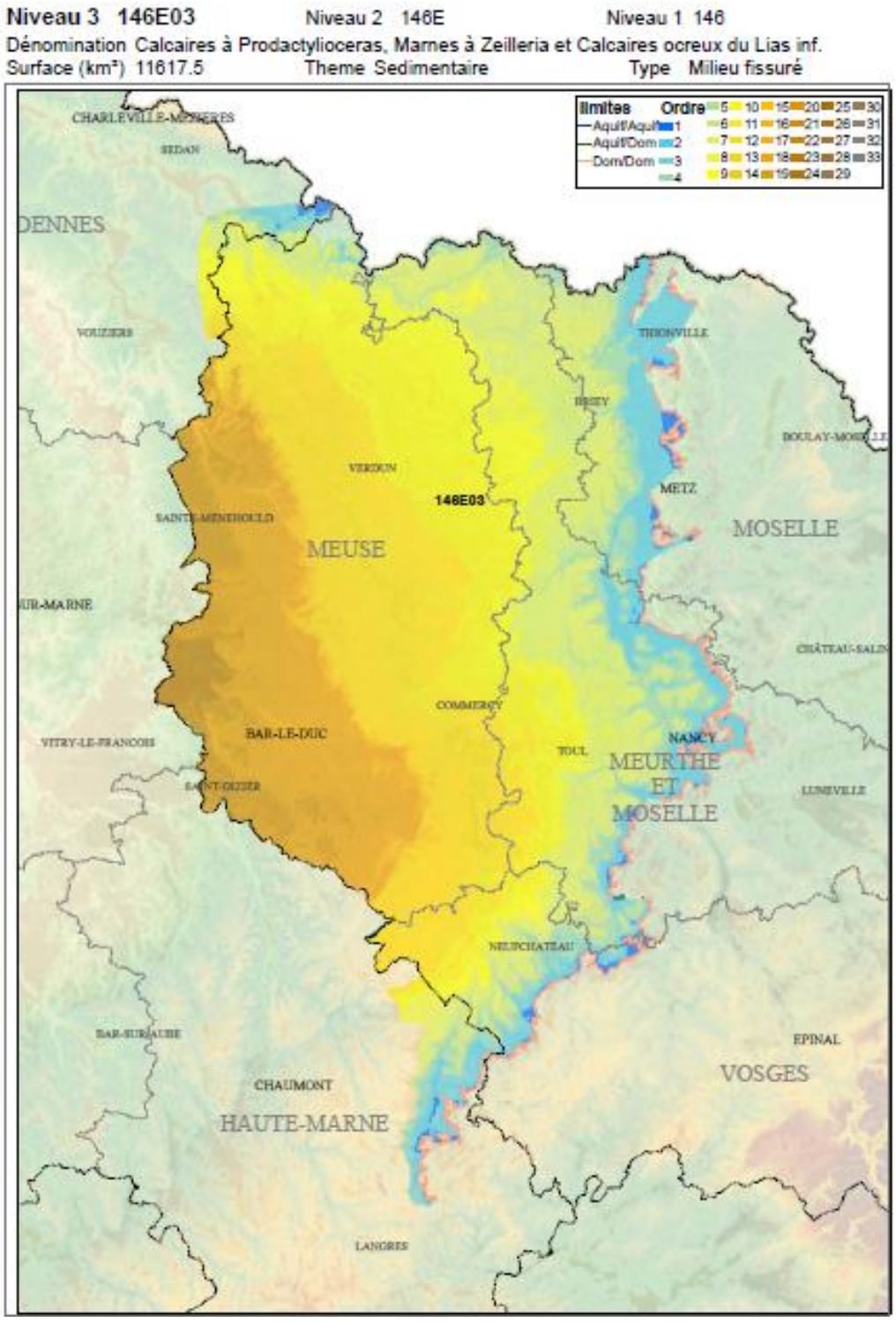
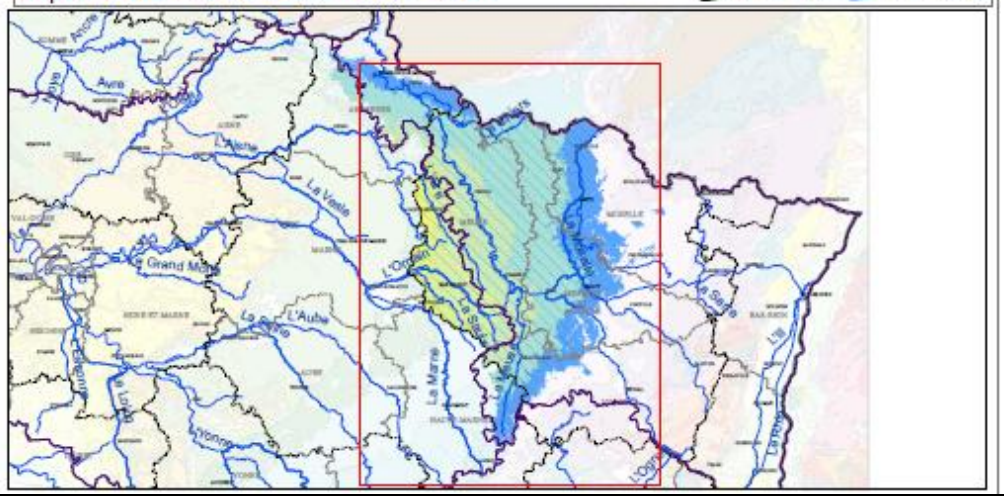


Illustration 43 - Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).

Ecoul. Nappe libre et captive Nature Unité semi-perméable

Ordre	Part%
1	1.67%
2	6.89%
3	1.65%
4	4.58%
5	0.44%
6	6.83%
7	12.75%
8	3.07%
9	8.27%
10	10.88%
11	2.11%
12	11.22%
13	8.45%
14	0.59%
15	0.90%
16	0.41%
17	0.61%
18	1.93%
19	9.47%
20	2.21%
21	3.37%
22	0.40%
23	0.30%
24	1.01%



Toit	Part %	Nom
	1.67%	
146A01	0.01%	Grès supraliasique, Marnes et Schistes carton du Lias sup.
146C03	97.86%	Marnes à Amaltheus margaritatus du Domérien
146E01	0.46%	Marnes sableuses de Hondelange (Grès de Linay) du Lias inf.

Mur	Part %	Nom
	0.01%	
146E05	88.68%	Argiles à Promicroceras du Lias inf.
146G01	0.75%	Grès de Virton du Sinémurien
146G03	1.08%	Grès d'Hettange, Grès et calcaires sableux d'Orval et de Florenville (
146G05	9.48%	Calcaires à gryphées de l'Hettangien
149A01	0.00%	Argiles rouges de Levallois du Rhétien

Limites affleurantes de long > 1km

Contact	Type	Long (km)
|137A01|146E03|	DA	5819
|146C03|146E03|	DD	469254
|146E01|146E03|	DD	24590
|146E03|146E03|		7685
|146E03|146E03|	DD	4691
|146E03|146E05|	DD	572207
|146E03|146G01|	DD	3921
|146E03|146G03|	AD	600
|146E03|146G05|	AD	5425
|146E03|149A01|	DD	14229
|146E03|149A03|	AD	180
|146E03|MONDE|	DD	6778

7. Conclusion

Dans les régions Haute-Normandie et Basse-Normandie, à partir des cartes géologiques harmonisées (échelle du 1/50 000), des logs validés de forages et de critères hydrogéologiques, ont été identifiées et délimitées :

- **76 systèmes aquifères ou domaines hydrogéologiques du niveau régional (NV2) : 55 en domaine sédimentaire et 21 en domaine de socle ;**
- **28 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1) : 18 en domaine sédimentaire et 10 en domaine de socle.**

A ces entités dites "principales" s'ajoutent les systèmes alluvionnaires (entités "complémentaires"), qui constituent une surcouche du référentiel.

Les données de la version 0 du référentiel BDLISA sont téléchargeables 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 téléchargés par entité, par région ou par agence.

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 le lien Internet : http://geotraitements.brgm.fr/viewer/bdlisa. Cette interface cartographique permet différentes requêtes (recherche d'une entité par nom, code, départements…).

La BDLISA ainsi que les fiches associées seront visualisables et téléchargeables sur la nouvelle version du SIGES Seine-Normandie : http://sigessn.brgm.fr/ à partir du deuxième semestre 2013.

8. Bibliographie

Rapports consultés pour la délimitation des entités

Seguin J.J., Mardhel V., Schomburgk S. - 2012 - Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (version beta). Présentation du référentiel. Principe de construction et mise en oeuvre. Rapport final. BRGM/RP-61034-FR. 154 p., 2 ann.

S. Urban, E. Balloffet - 2009 – Référentiel Hydrogéologique Français BDRHF-Version 2. Bassins Loire-Bretagne et Seine-Normandie. Année 2. Délimitation des entités hydrogéologiques en région Bourgogne. Rapport d'étape. BRGM/RP-56951-FR

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.

Lereculey A., Arnaud L., avec la collaboration de Mardhel V., Xu D. (2010) - Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Seine-Normandie. Année 4. Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1 et 2 en régions Haute-Normandie et Basse-Normandie. Rapport d'étape. BRGM/RP-57518-FR.

Arnaud L., Mardhel V., Coueffë R., Tourlière B. – 2007 – Atlas hydrogéologique numérique du Calvados. Volet cartographique. Rapport BRGM/RP-55670-FR.

BRGM – 1980 – Synthèse géologique du Bassin de Paris. Publié par Claude Mégnien, Mémoires du BRGM n°101, 102 et 103.

Couëffé R., Arnaud L. – 2006 – Pour une identification de l'aquifère albo-aptien en forages dans le cadre de recherche d'eau en Haute-Normandie – Propositions du BRGM. Rapport BRGM/RP-55338-FR.

Dugué O., Fily G. et Rioult M. – 1997 – Université de Caen – Le Jurassique des côtes du Calvados. Biostratigraphie, Sédimentologie, Paléoécologie, Paléogéographie et Stratigraphie séquentielle.

Equilbey E. et al. – 2004 – Atlas hydrogéologique numérique de l'Eure. Volet cartographie de l'aquifère de la craie. Rapport BRGM/RP-52989-FR.

Juignet P., 1974. La transgression crétacée sur la bordure orientale du Massif Armoricain. Thèse d'état, Université de Caen, 2 vol., 786 p.

Vernoux J.F. – 2000 – Ressources en eau souterraine de l'Isthme du Cotentin. Synthèse des connaissances. Rapport BRGM/R40824.

Vernoux.J.F., Maget P., Donsimoni M., Blanchin R., Afzali H., Vairon J. – 1997 - Synthèse hydrogéologique du Crétacé inférieur du bassin de Paris. Rapport BRGM RP-39702-FR.

Rapports de la phase 1 de construction du référentiel

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

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

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

Annexe 1 - Lexique de caractérisation des entités et des limites

1. 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

ALL
SED
SOC
IPM
VOL

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

Thème de rattachement des entités à une formation géologique

Notation

GSA
GDH
SA
DH
UA

Code	Libellé	Définition

USP **UIP**	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 instant donné du milieu souterrain. Le système aquifère est une entité de second niveau.
	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 critères suivants : - lithologie, - structurale - stratigraphie - piézométrie - géochimique - hydraulique Le domaine hydrogéologique est une entité du second niveau.
	5	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 réputée supérieure à 10-6 m/s présentant des ressources en eau suffisante pour être exploitée. L'unité aquifère 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).
	6	Unité semi-perméable	Une unité semi-perméable est une entité hydrogéologique de niveau local présentant une perméabilité moyenne réputée comprise entre 10-9 m/s et 10-6 m/s et/ou présentant 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).

	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 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).

Nature des entités

Notation

INC
PM
PF
PK
DP

Code	Libellé	Définition
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 instant donné du milieu souterrain. Le système aquifère est une entité de second niveau.
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 critères suivants : - lithologie, - structurale - stratigraphie - piézométrie - géochimique - hydraulique Le domaine hydrogéologique est une entité du second niveau.

	5	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 réputée supérieure à 10-6 m/s présentant des ressources en eau suffisante pour être exploitée. L'unité aquifère 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).
	6	Unité semi-perméable	Une unité semi-perméable est une entité hydrogéologique de niveau local présentant une perméabilité moyenne réputée comprise entre 10-9 m/s et 10-6 m/s et/ou présentant 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).
	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 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).

Type de milieu *(porosité)*

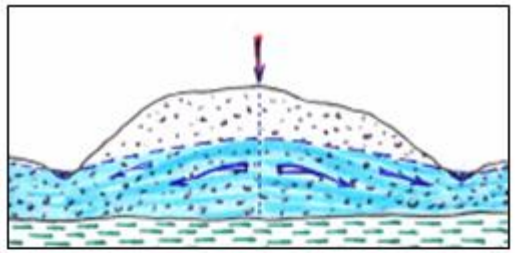
Nouveau code	

	Code	Libellé	Définition
C **L** **LC** **ALC**	1	Entité hydrogéologique à nappe captive	Une entité hydrogéologique est captive lorsqu'elle est confinée entre deux terrains peut ou pas perméables.
	2	Entité hydrogéologique à nappe libre	Une entité hydrogéologique est libre lorsqu'elle n'est pas limitée vers le haut par des terrains imperméables.
	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.

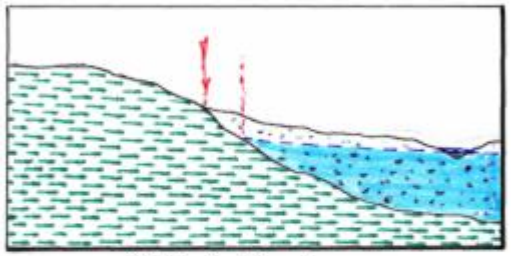
***Etat** de la nappe*

2. Types de limites

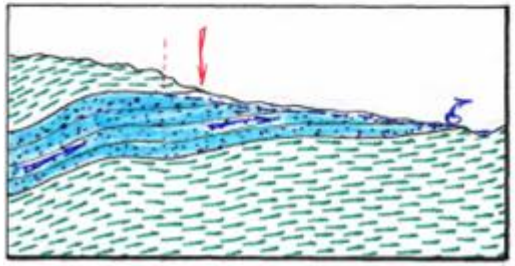
Douze types (schémas page suivante) sont définis dans le guide méthodologique (p. 46-50).



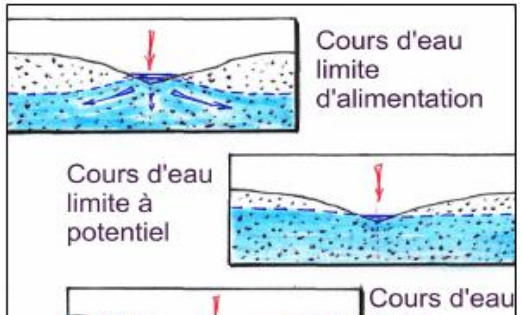
a) Ligne de partage des eaux souterraines

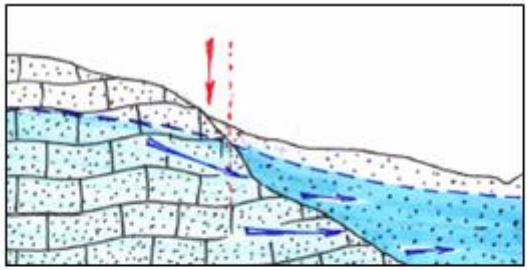


b) Limite étanche

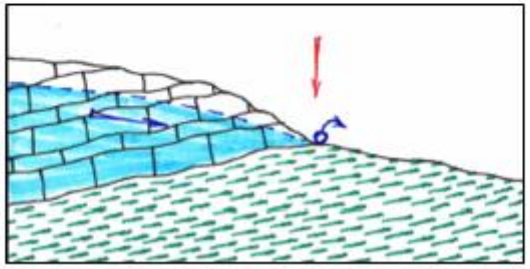


c) Ligne d'affluence d'un aquifère captif à un aquifère libre

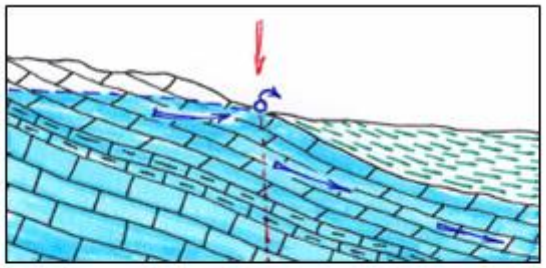




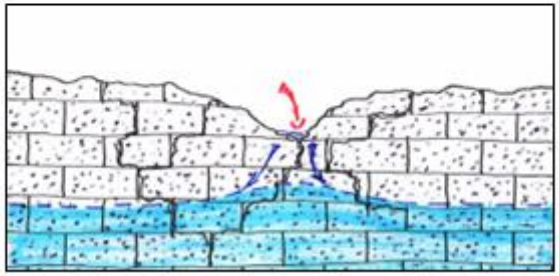
d) Ligne d'affluence des eaux de formations perméables /semi-perméables à un aquifère libre emboîté ou à un autre aquifère en contact par faille.



e) Ligne de sources de déversement



f) Ligne de débordement continue ou discontinue



g) Cours d'eau perché

Annexe 2 - Modèle de gestion du référentiel et géodatabase associée

1. Le modèle de gestion

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

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

Il a été présenté:

- au groupe "Référentiels" du SIE le 25 Octobre 2007,
- au comité de pilotage du projet BDRHF-V2 le 19 Novembre 2007 et le 1er Décembre 2008 dans une version enrichie de nouvelles fonctionnalités.

De nouveaux contextes apparaissant au fur et à mesure de la progression du travail (illustration A1), le modèle de gestion est régulièrement adapté.

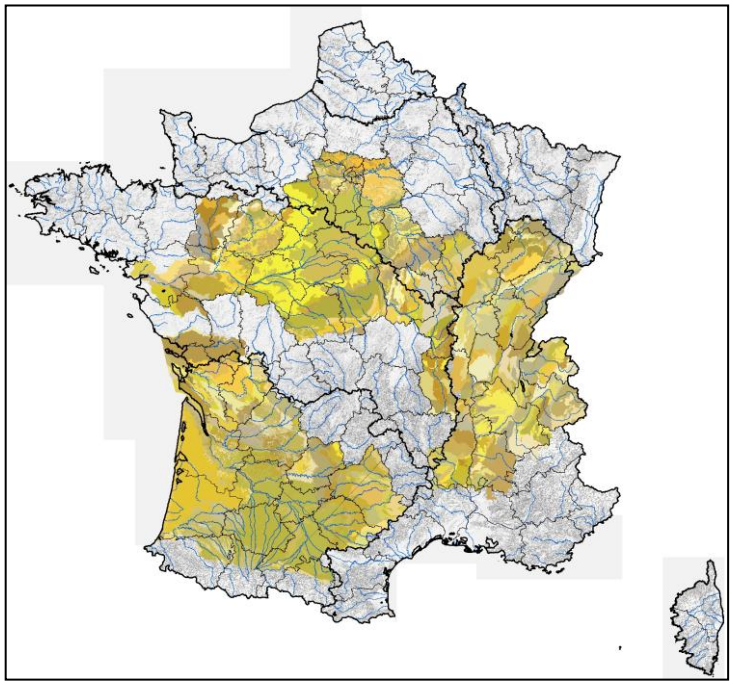


Illustration A1 – Régions intégrées dans le modèle de gestion du référentiel en fin d'année 2 du programme de construction du référentiel

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

Les objectifs du modèle de gestion sont simples :

1) archiver dans un réservoir de données unique l'ensemble des informations nécessaires et suffisantes à la conservation des données du référentiel BDRHF V2 telles que définies par le guide méthodologique;

2) restituer dans un format cartographique les données du référentiel BDRHFV2 selon :

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

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

1.1. FONCTIONNALITÉS DU MODÈLE

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

1.1.1. Phase d'élaboration du référentiel

Le modèle de gestion permet :

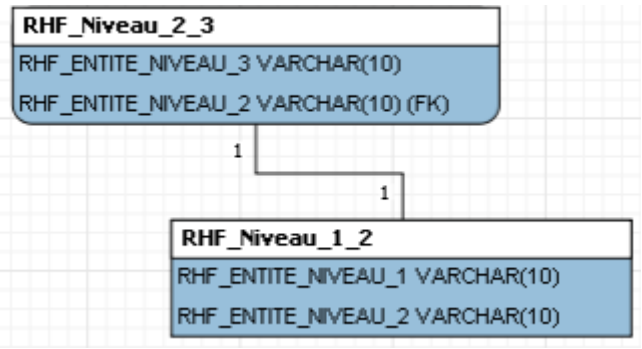
- de restituer, à partir des découpages unitaires réalisés (une table par entité), l'assemblage latéral et vertical des entités. L'opération implique le tableau multi-échelles dans lequel les entités sont repérés par un numéro définissant un ordre (dit "absolu" et pouvant correspondre à l'âge des entités).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

1.1.2. Phase d'exploitation du référentiel

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

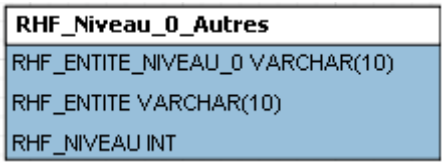
- d'éditer automatiquement des fiches descriptives par entité. Ces fiches précisent notamment les ordres d'apparition de l'entité (affleurante, sous couverture d'ordre1, sous couverture d'ordre 2, …), la liste des entités sus-jacentes (les "toits") et sous-jacentes (les "murs") avec mention des superficies de recouvrement ;
- de réaliser des coupes verticales suivant des directions quelconques;
- d'automatiser les mises à jour à partir du niveau 3 : les modifications sont faites sur les entités de plus bas niveau (NV3) et répercutées automatiquement sur les entités des niveaux supérieurs (NV1 et NV2);

La hiérarchie des niveaux 1, 2 et 3 est assurée par des relations de type père/fils à l'aide de tables spécifiques issues des tableaux synthétiques (§2.2.2). Ces relations conditionnent la genèse des niveaux 2 et 1 par agrégation des niveaux 3 qui les composent (principe de complétude).



Le cas particulier des surcouches est traité dans une table spécifique nommée RHF_ENTITE_NIVEAU_0_Autres.

Son usage est recommandé lorsque les surcouches décrites par le producteur de données agrègent ou complètent des informations issues des niveaux supérieurs



.

A titre d'exemple, en région Midi-Pyrénées l'unité de la surcouche notée H28A18 (Unité aquifère du Dogger - Système de Cregols), représente une unité karstique qui regroupe les entités de niveau 3 suivantes :

- H28A27 : unité aquifère des calcaires micritiques et bioclastiques du Bathonien moyen à l'Oxfordien - Nord Adour-Garonne

et

- AH28A29 : unité aquifère des calcaires de l'Aalénien au Bathonien inférieur - Nord Adour-Garonne

On peut également envisager de définir une surcouche X représentant l'aire ou l'entité Y est productive.

1.2. PRINCIPES DE BASE DU MODÈLE

Les fonctions du modèle listées ci-dessus sont sous-tendues par 4 principes:

- **ordonnancement** vertical des entités en définissant un ordre de superposition. le modèle permet de passer d'un ordre dit absolu à un ordre dit relatif (§1.2.1);
- **organisation** des entités en couches et surcouches. Une couche est définie par un numéro d'ordre (§1.2.2); une surcouche contient, outre les systèmes alluvionnaires (transverses par rapport aux entités contenues dans les couches) des entités superficielles, hétérogènes et morcelées ;
- **complétude**: couverture totale de l'espace à un ordre donné (pas de lacunes, celles-ci étant comblé par des entités "fantômes" (§1.2.3);
- **héritage**: d'une part héritage des limites des entités à partir de la table des polygones et d'autre part héritage des attributs des entités et des limites du niveau 3 vers le niveau 2 puis vers le niveau 1 (§1.2.4).

1.2.1. Ordonnancement vertical

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

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

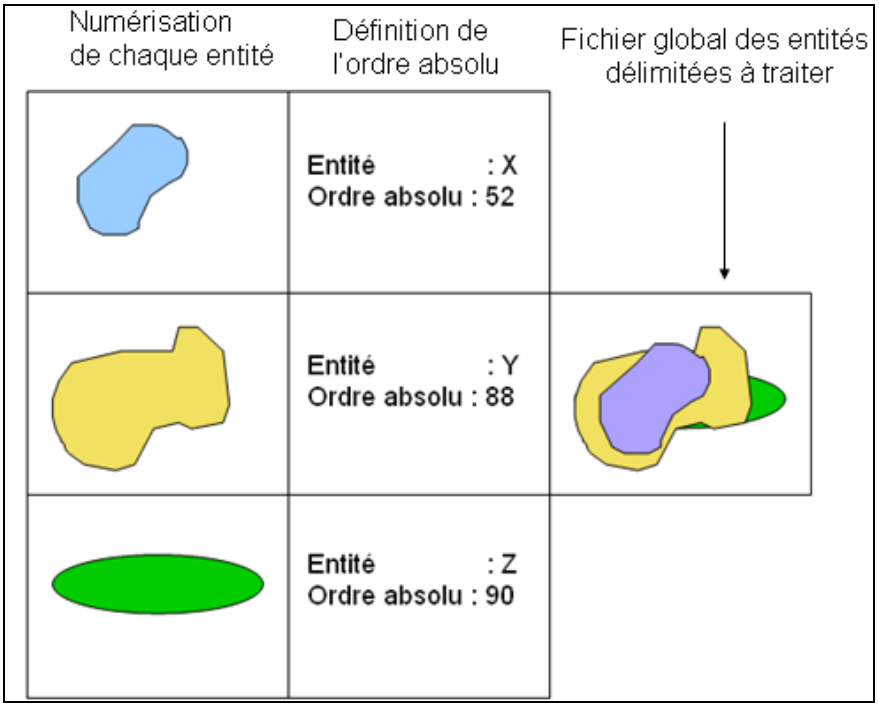


Illustration A2 – Ordonnancement des entités par un âge absolu

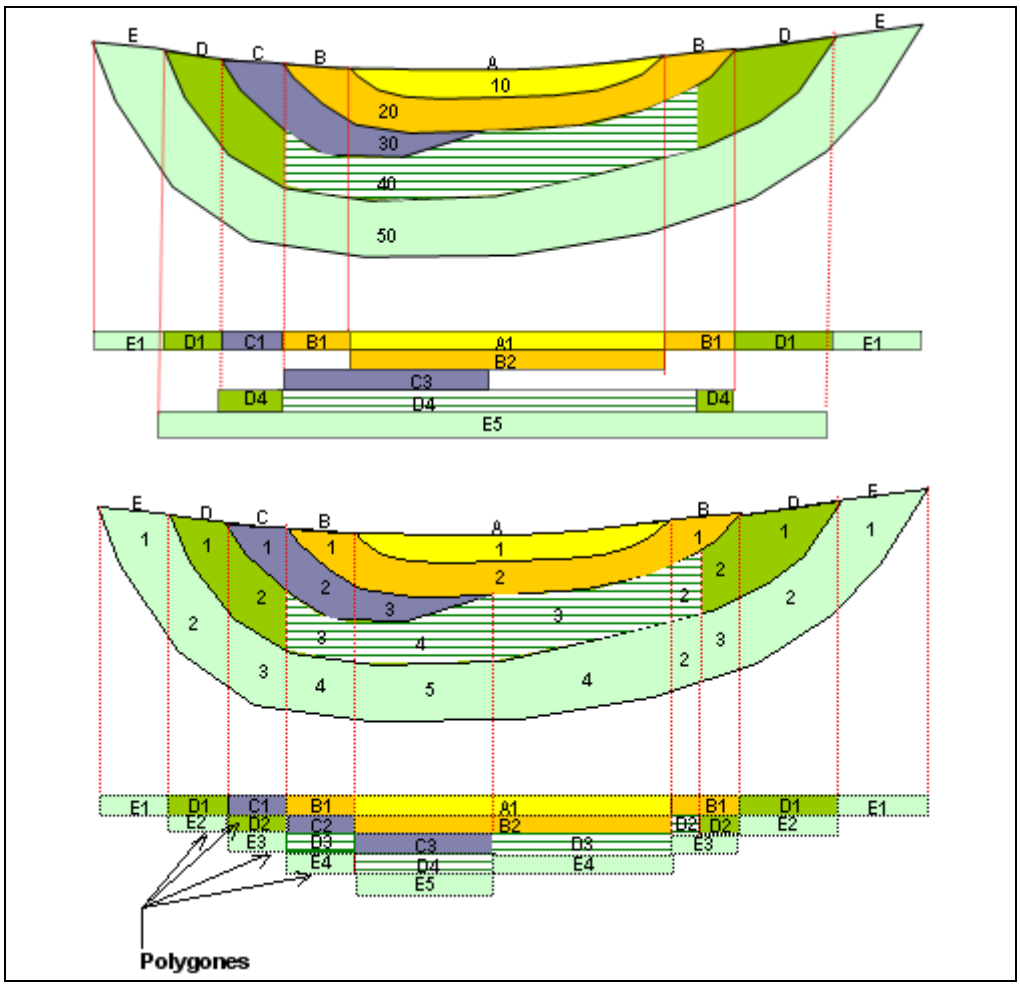


Illustration A3 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif.

1.2.2. Organisation des entités en couches et surcouches

- **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.
- des regroupements à vocation thématique d'entités de niveaux 1, 2 ou 3:
  - par exemple, l'aire d'un karst composé de deux ou trois entités superposées (cas de Midi-pyrénées) ;
  - l'aire de production d'une couche alluviale

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. L'organisation des relations Surcouches/Couches, lorsqu'elle se justifie, est conservée dans une table spécifique.

RHF_Niveau_0_Autres
RHF_ENTITE_NIVEAU_0 VARCHAR(10)
RHF_ENTITE VARCHAR(10)
RHF_NIVEAU INT

Les surcouches sont gérées de la même manière que les couches : il y a un ordonnancement vertical des surcouches. Suite à la réalisation des découpages des régions Midi-Pyrénées et Aquitaine, cette possibilité à conduit a concevoir l'équivalent d'un niveau d'ordre 0, NV0) pour accueillir les surcouches.

Les surcouches sont exclues des traitements topologiques quant à la nature des limites qu'elles renferment.

La première formation rencontrée sous une surcouche sera cependant d'ordre 1 dans le SIG. La totalité de l'empilement des surcouche n'influe donc par sur l'ordonnancement des entités. Une entité d'ordre 1 est soit une entité qui affleure, soit une entité sous recouvrement d'une formation contenue dans un niveau 0.

- **Couche**

Une couche est repérée par un numéro d'ordre (ordre "relatif", calculé par le modèle de gestion à partir du numéro d'ordre "absolu" du tableau multi-échelles).

La couche d'ordre 1 contient tous les affleurements des entités et les parties des entités situées sous une surcouche (ces parties, correspondant à des lacunes lorsque les surcouches sont constituées à partir des cartes géologiques vectorisées) sont restituées lors des traitements effectués).

1.2.3. Complétude

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

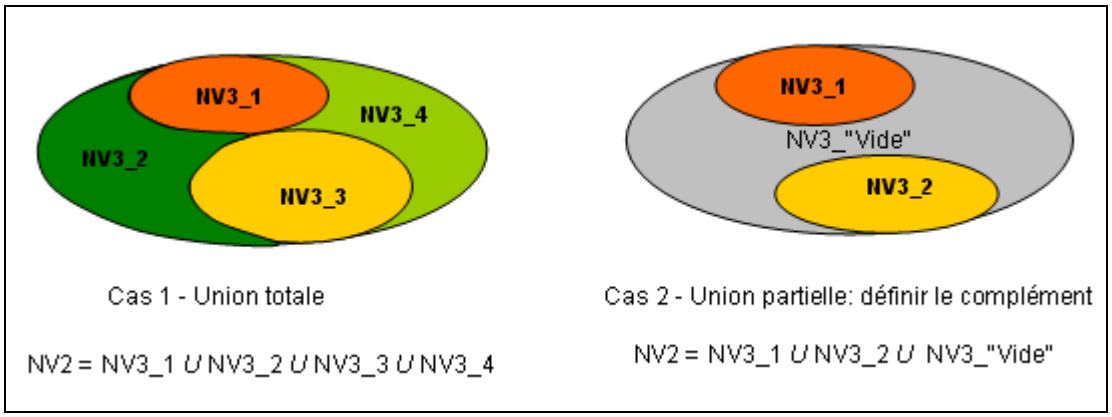


Illustration A4 - Reconstitution d'une entité de niveau 2 à par d'entités de niveau 3.

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

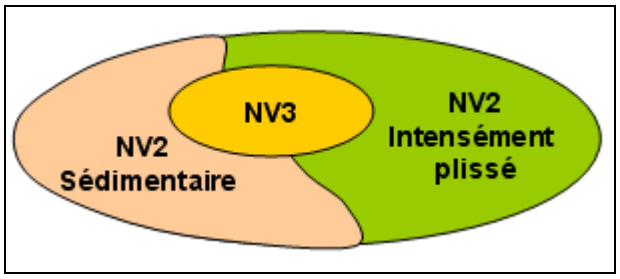


Illustration A5 – Entité de niveau 3 s'étendant sur 2 entités de niveau 2

1.2.4. Héritage

- **Attributs des entités**

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

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

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

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

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

- **Limites**

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

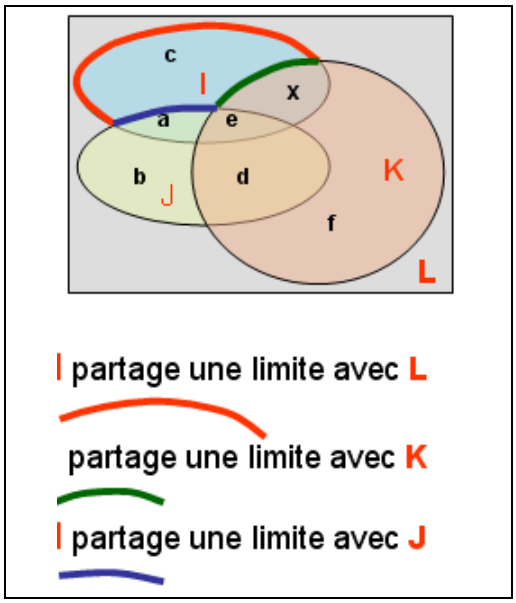


Illustration A6 – Restitution des limites des entités à partir de la table des polygones

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

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

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

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

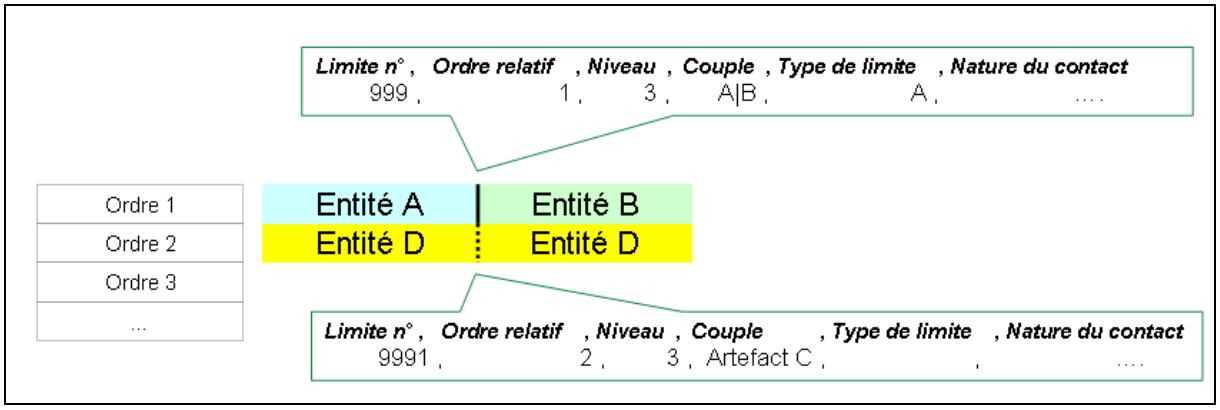


Illustration A7 – Exemple de contacts entre entités

Les artefacts de découpage sont conservés car ils peuvent être la cause de changement de type hydrogéologique des limites. Cette propriété est illustrée par la notion de **nature des contact**s que le référentiel déduit automatiquement de la

superposition relative des entités et l'analyse de leur nature. L'illustration suivante présente un schéma de définition de la nature des contacts déduits pour chacune des limites identifiées (artefacts compris).

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

Illustration A8 – Nature des contacts possibles entre entités

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

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

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

Illustration A9 – Types de limites

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

Illustration A9 (suite) – Types de limites

2. Géodatabase associée au modèle de gestion

2.1. MODÈLE CONCEPTUEL DES DONNÉES

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

- la table des polygones qui constituent les entités (formes géométriques), appelée "RHF_*Polygones relatifs*"
- la table des limites des entités (polylignes), appelée "RHF_*Limites*"
- le tableau synthétique de définition des entités
- le tableau de définition des limites

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

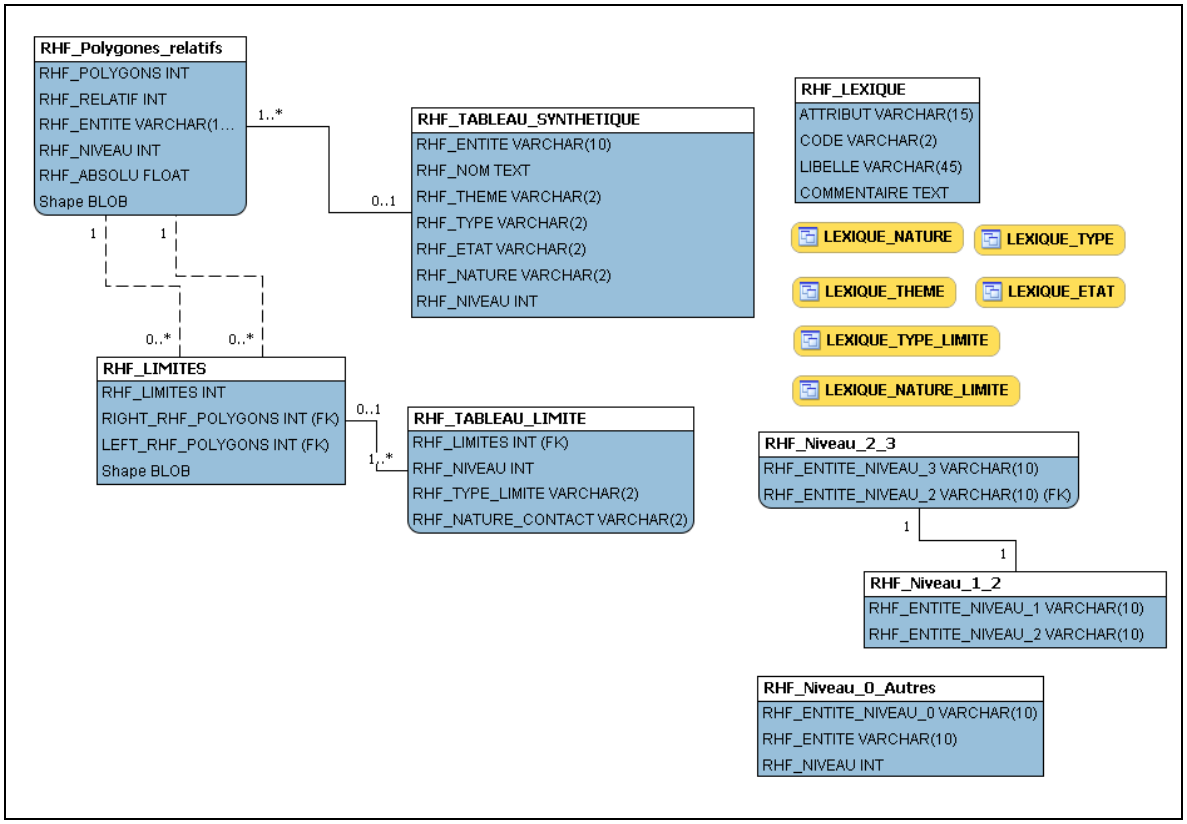
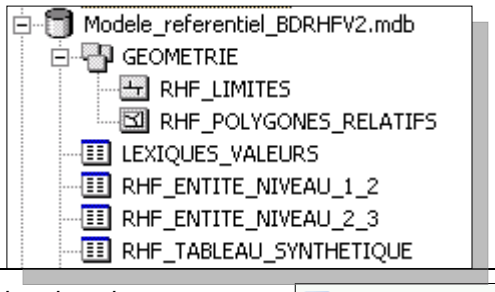


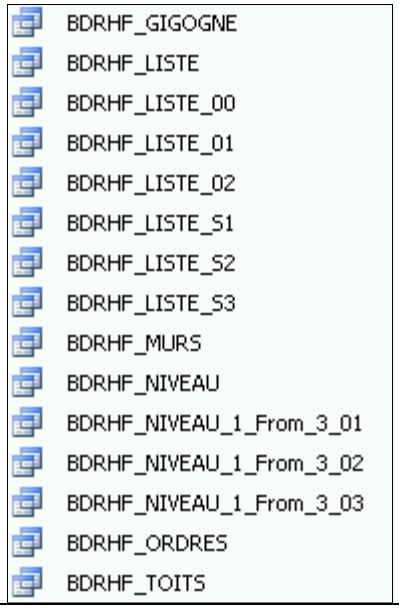
Illustration A10 – Modèle conceptuel de la géodatabase

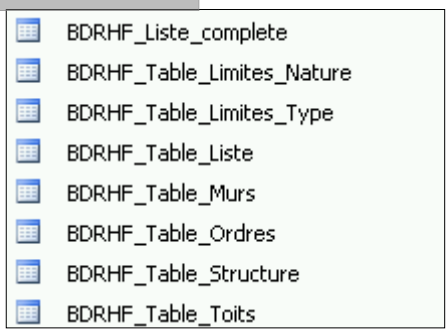
Remarque : par convention, les tables de données composant le fonds documentaire minimal de la géodatabase sont notées avec le préfixe **RHF**_. Les tables qui résultent de requêtes complexes dont le résultat est "figé" pour en faciliter la lecture sont préfixée avec **BDRHF**_

Liste des tables affichées à l'ouverture de la géodatabase



Liste des requêtes définies dans la géodatabase





Liste des tables crées par les requêtes précédentes

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

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

2.2. DESCRIPTION DES TABLES

2.2.1. Table des "RHF_Polygones relatifs"

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

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

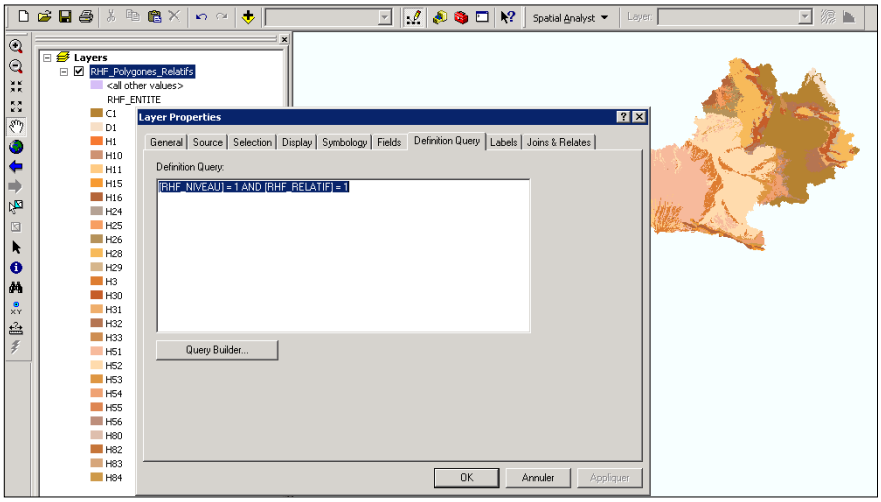


Illustration A12 – Table des polygones multiples de niveau 1 et d'ordre 1 en région MPY

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

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

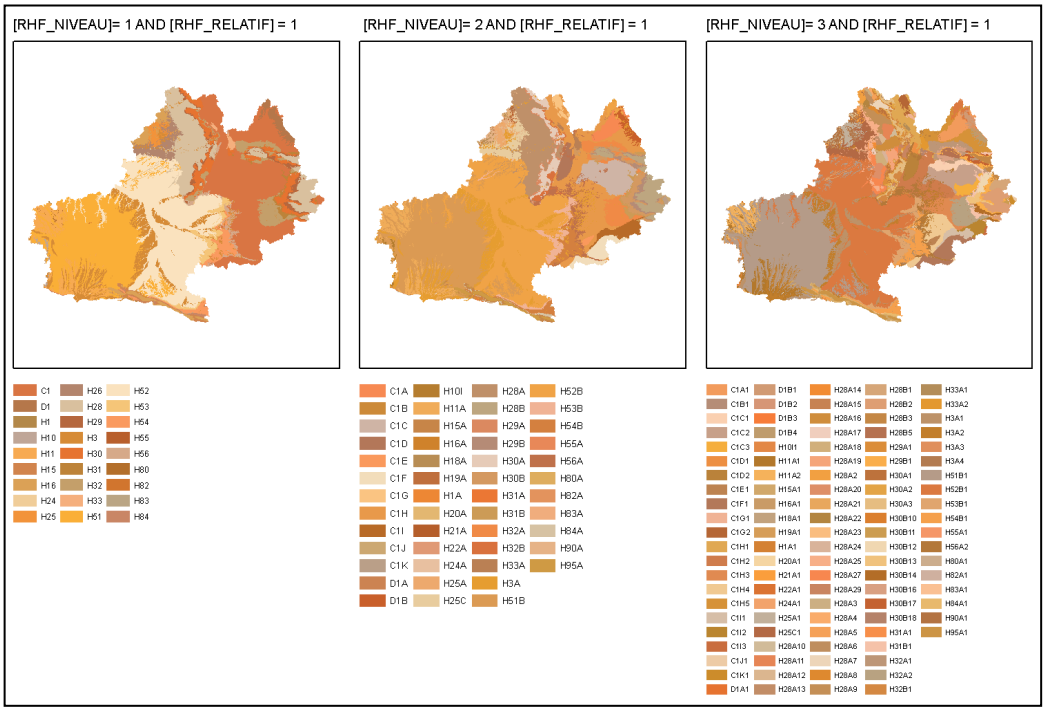


Illustration A13 – Sélection des entités d'ordre 1 pour les 3 niveaux de découpage du référentiel

2.2.2. Table RHF_Tableau_Synthetique

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

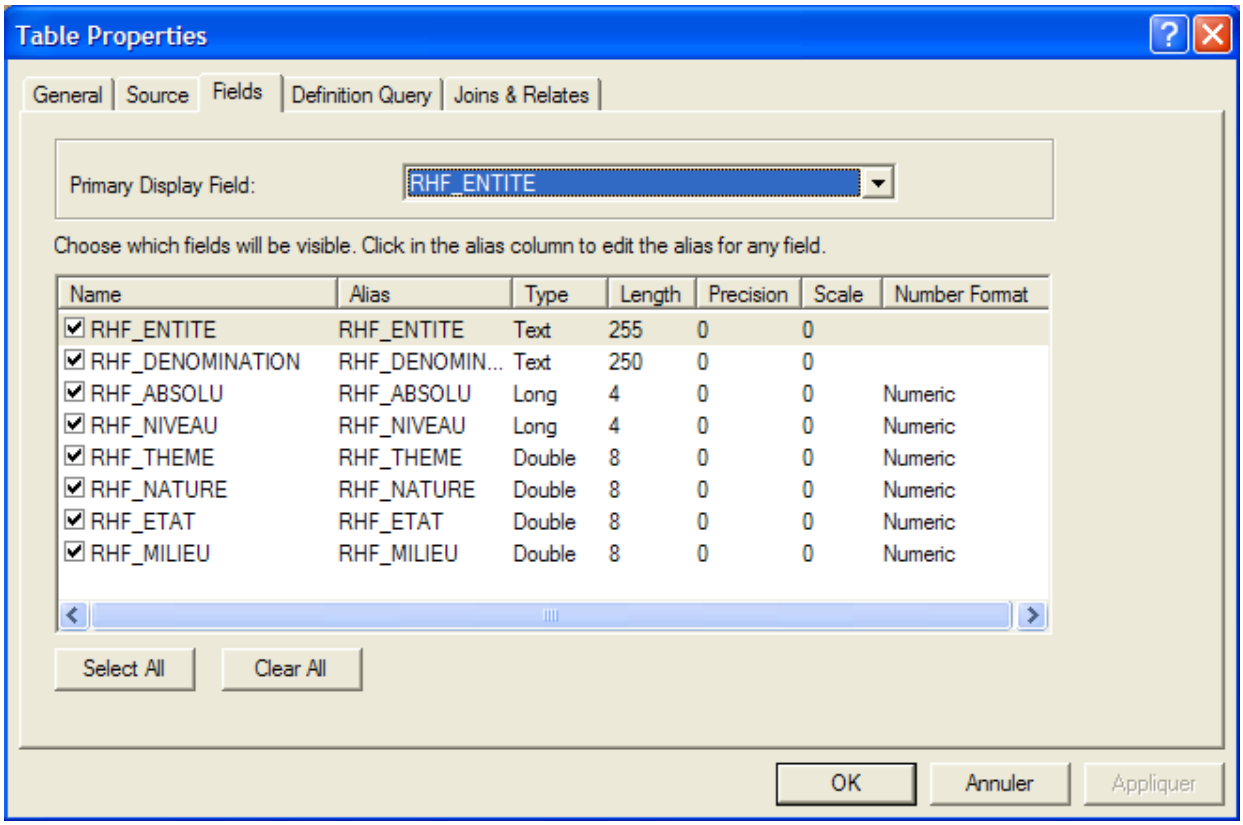


Illustration A14 - Table RHF_Tableau_Synthetique

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

Attributes of RHF_TABLEAU_SYNTHETIQUE

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

Illustration A15 – Jointure avec la table RHF_Tableau_Synthetique

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

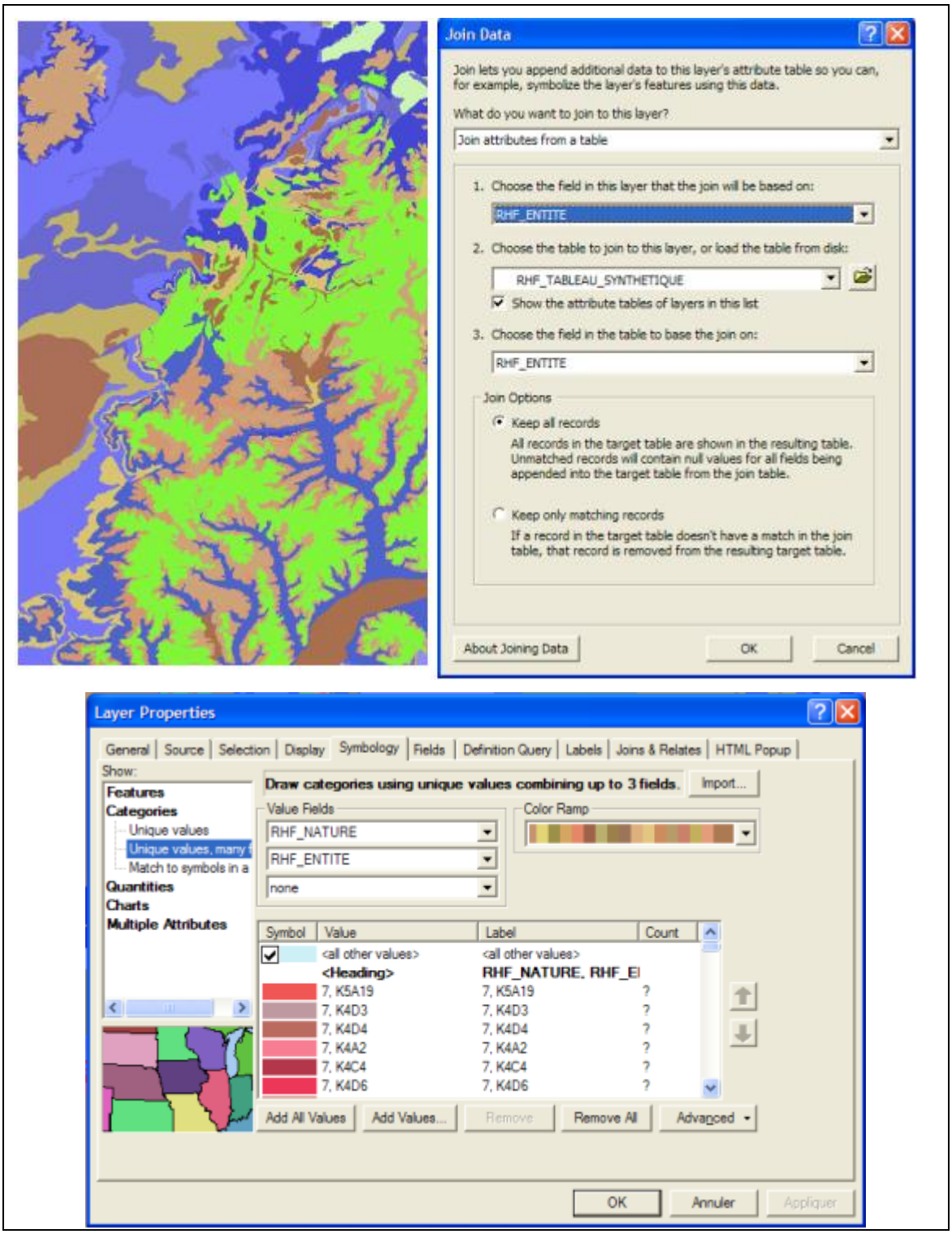


Illustration A16 –Exemple d'analyse thématique après jointure

2.2.3. Table des limites

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

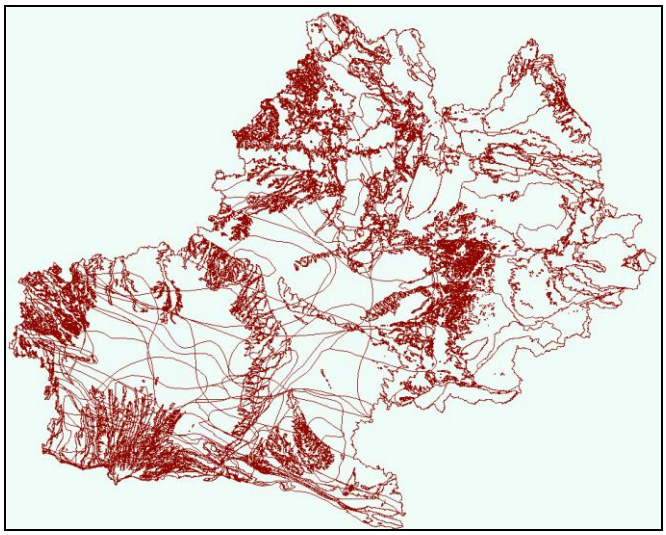


Illustration A17 – Table des limites des entités d'ordre 1 (exemple de la région Midi-Pyrénées)

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

2.2.4. Table RHF_Limites_nature

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

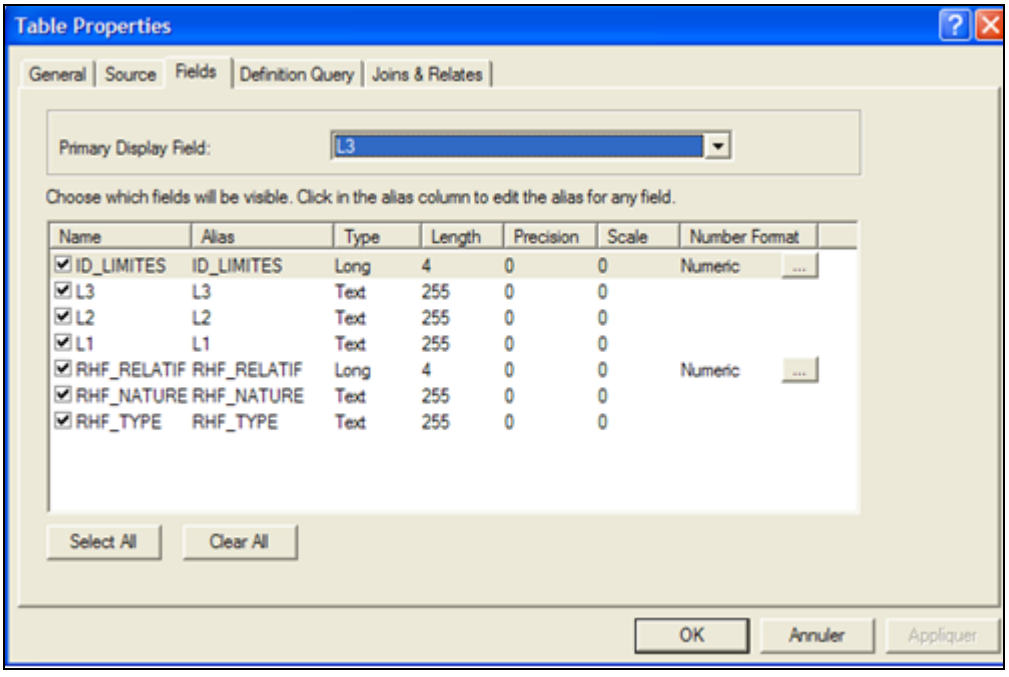


Illustration A18 – Table de la nature des limites

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

par exemple : |F10G1|F11T1|.

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

par exemple : |F10G1|Monde|.

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

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

par exemple : |F10G|F11T|.

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

par exemple : |F10G|Monde|.

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

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

par exemple : |F10|F11|.

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

par exemple : |F10|Monde|.

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

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

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

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

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

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

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

Illustration A19 – Lexique de la nature des contacts

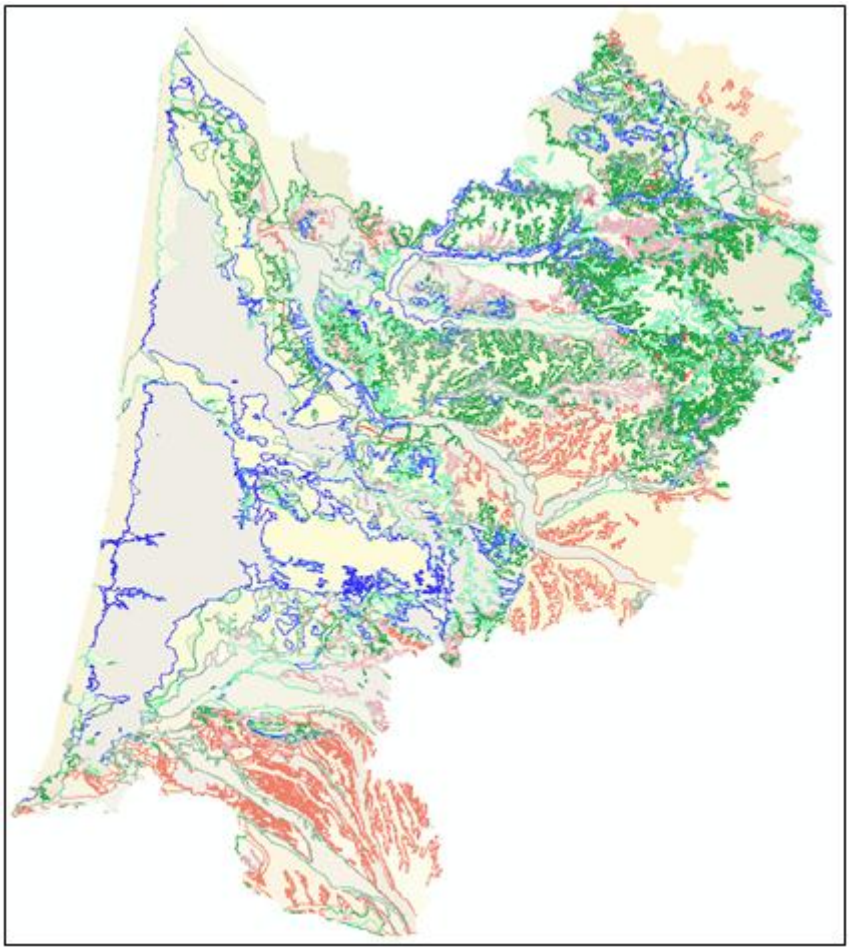


Illustration A20 – Exemple de représentation des limites en fonction de la nature des contacts (référentiel de l'Aquitaine)

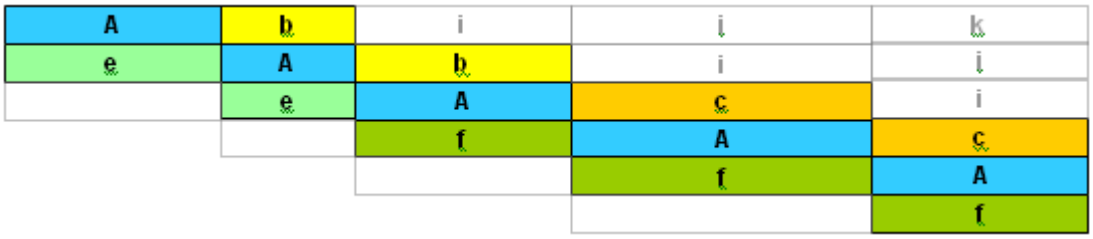
2.2.5. Requêtes sur le modèle et tables associées

Requêtes Toits et murs

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

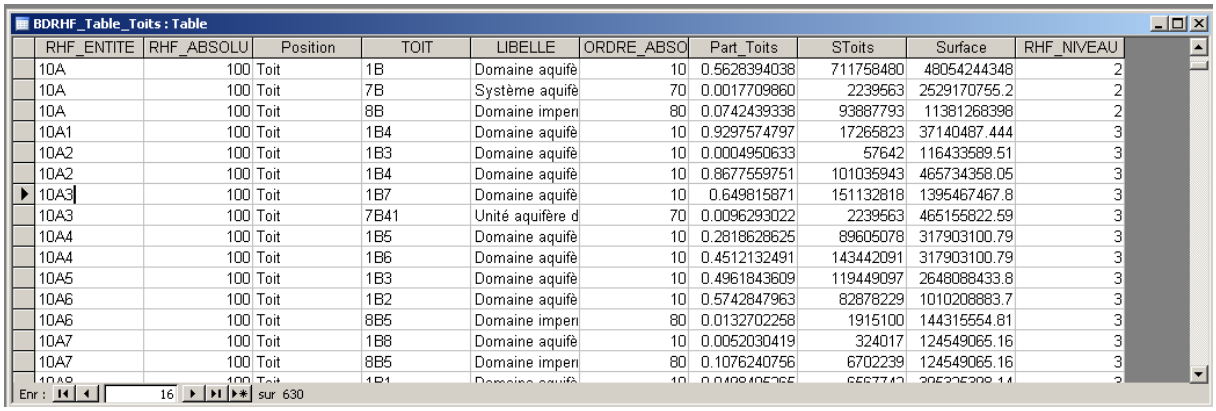
Dans l'illustration suivante,

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



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

Table (requête) : BDRHF_TABLE_TOIT (BDRHF_TOIT)



BDRHF_Table_Toits : Table

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

Enr : 16 sur 630

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

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

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

Table (requête) : BDRHF_TABLE_MUR (BDRHF_MUR)

BDRHF_Table_Murs : Table

RHF_ENTITE	RHF_ABSOLU	Position	MURS	LIBELLE	ORDRE_ABSO	Smurs	Aire	Part_Mur	Surface	RHF_NIVEAU
1	10	Mur	10	Grand système	100	847686972	1974761781.9	0.4292603694	88864280188	1
1	10	Mur	11	Grand domaine	110	40936870	1974761781.9	0.0207300295	63192377022	1
1	10	Mur	12	Grand système	120	75500861	1974761781.9	0.0382328956	37520473857	1
1	10	Mur	21	Grand système	20	114308450	1974761781.9	0.0578846781	51343806331	1
1	10	Mur	3	Grand domaine	30	116647627	1974761781.9	0.0590692144	1.007129E+11	1
1	10	Mur	4	Grand système	40	43530245	1974761781.9	0.0220432892	19747617819	1
1	10	Mur	4	Grand système	41	7878785	1974761781.9	0.0039897395	13823332474	1
1	10	Mur	4	Grand système	42	375791	1974761781.9	0.0001902969	3949523563.9	1
1	10	Mur	5	Grand système	60	104651691	1974761781.9	0.0529945900	78990471278	1
1	10	Mur	5	Grand système	65	33115719	1974761781.9	0.0167694753	1974761781.9	1
1	10	Mur	51	Grand domaine	50	60766447	1974761781.9	0.0307715328	61217615240	1
1	10	Mur	7	Grand Système	70	290111334	1974761781.9	0.1469095344	98738089097	1
1	10	Mur	9	Grand Système	90	27446597	1974761781.9	0.0138986876	9873808909.7	1
1	10	Mur	9	Grand Système	91	113210525	1974761781.9	0.0573286996	35545712075	1
10	100	Mur	11	Grand domaine	110	16576785913	16584901422	0.9995106689	2.063162E+13	1
10	100	Mur	12	Grand système	120	7666244	16584901422	0.0004616394	6633960668?	1

Enr : 1 sur 630

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

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

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

2.2.6. Table des ordres

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

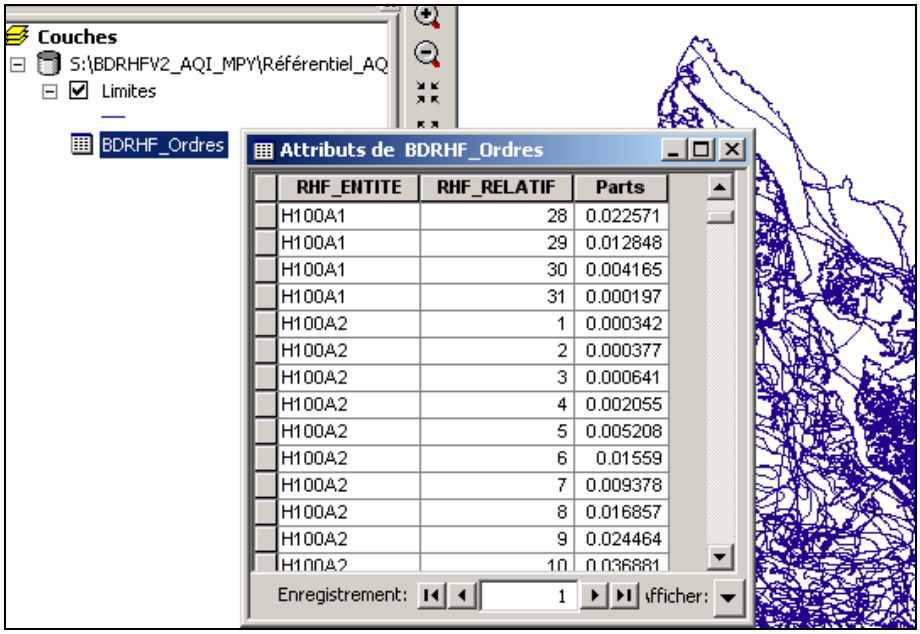


Illustration A25 - Table des ordres

3. Exploitation de la géodatabase

Les fonctionnalités de la géodatabase sont proposées sous forme d'une boîte à outil spécifique. Celle-ci est dédiée au monde ArcMap et n'est pas fonctionnelle pour le moment dans le monde MAPInfo.

3.1. UTILISATION DE LA BOITE A OUTILS (TOOLBOX) DÉDIÉE

3.1.1. Extraction de données

L'extraction de données de la géodatabase porte essentiellement sur la création de requêtes fondée sur RHF_ENTITE (le code de l'entité), RHF_NIVEAU (niveau d'ordonnancement) et RHF_RELATIF (ordre de recouvrement)

Outre les sélections diverses à l'aide des requêtes ArcGis, une "boîte à outils" dédiée au référentiel (illustration A27) permet:

- de extraire une entité : condition : RHF_ENTITE = 'critère'
- de sélectionner toutes les entités d'un ordre de recouvrement donné i (i= 1, é, 3, …) : condition : RHF_RELATIF = critère
- d'extraire les limites,

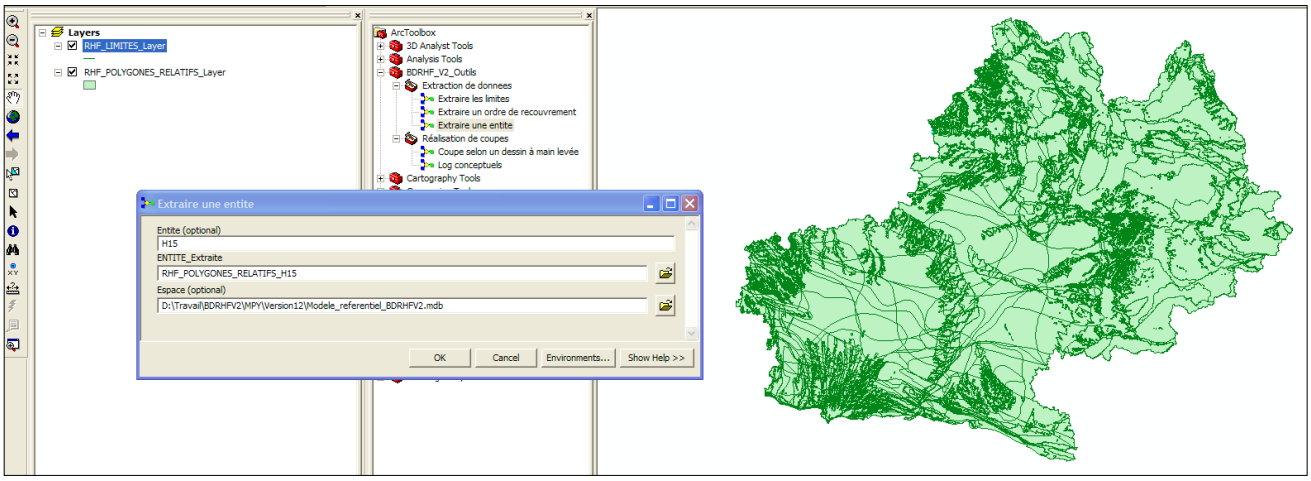


Illustration A26 – Boîte à outils dédiée au référentiel (image du référentiel Midi Pyrénées)

Exemple: extraction d'une entité donnée (exemple du référentiel Poitou-Charentes).

On souhaite par exemple extraire l'entité codée 4P2 (illustration A27). Le résultat est mis dans une "couche" particulière que l'on a nommé "*entité_4P2*" (illustration) et qui s'affiche dans la fenêtre de visualisation d'ArcView (illustration A27).

La table attributaire de l'entité extraite ("*entité_4P2*") contient les ordres relatifs de recouvrement; il est donc possible, grâce à une gamme de couleurs, de suivre la progression en profondeur de l'entité. Sur l'exemple traité, ordre 1 en rouge, ordre 2 en orange, ordre 3 en vert clair, ordre 4 en vert foncé.

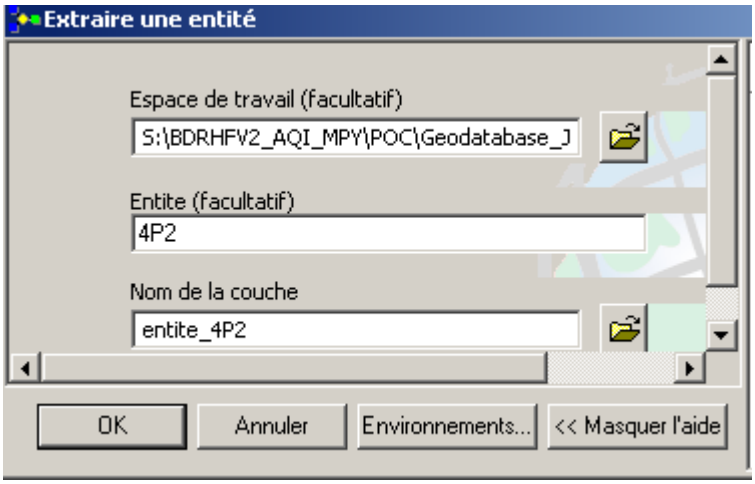


Illustration A26 - Boîte de dialogue pour l'extraction d'une entité

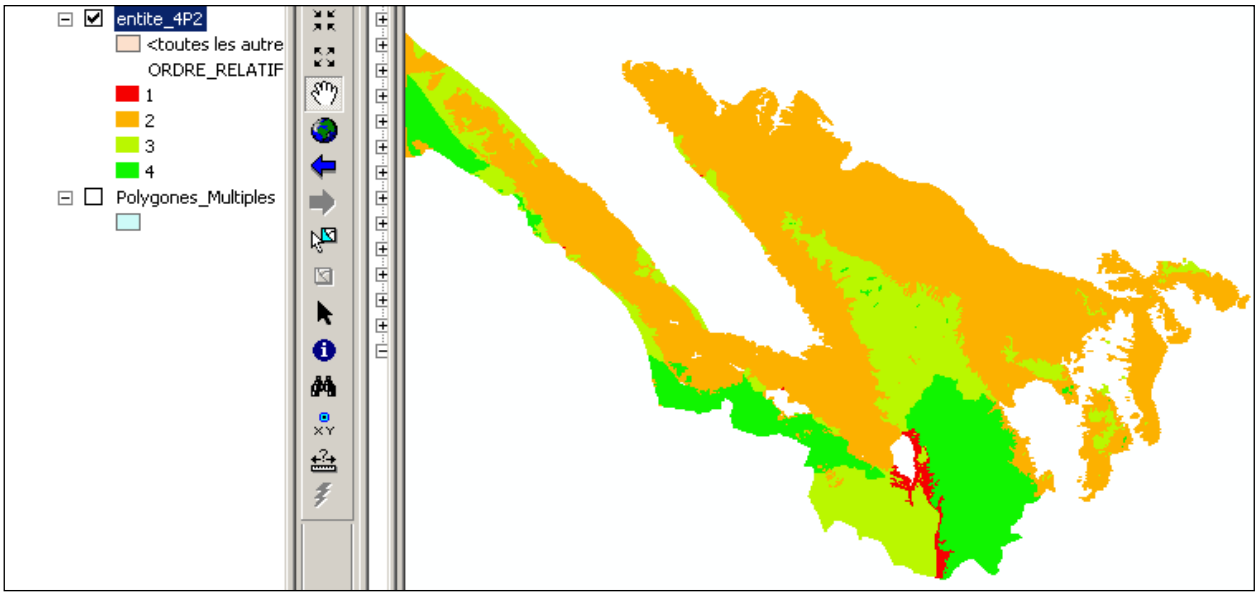


Illustration A27 – Affichage dans ArcView de l'entité extraite (exemple Poitou-Charentes)

3.2. RÉALISATION DE COUPES VERTICALES

Dans la boîte à outils, on sélectionne "*traitements 3D*" puis "*coupe selon un dessin main levée*".

L'illustration A27 précise les opérations à effectuer en prenant l'exemple du référentiel de la région Aquitaine.

En fin d'opération, la coupe issue de ArcMap ("coupe_aquitaine.shp") peut être visualisée avec **ArcScene** en affectant une épaisseur fictive à toutes les couches (aller dans "*propriétés de la couche*" puis "*hauteur de base*") et en réalisant une extrusion. dans cet exemple:

- l'extrusion des unités est fixée à 10,
- la position verticale est égale à RHF_Relatif * - 10

D'autres couches peuvent être ajoutées, pour faciliter le repérage dans la coupe.

…

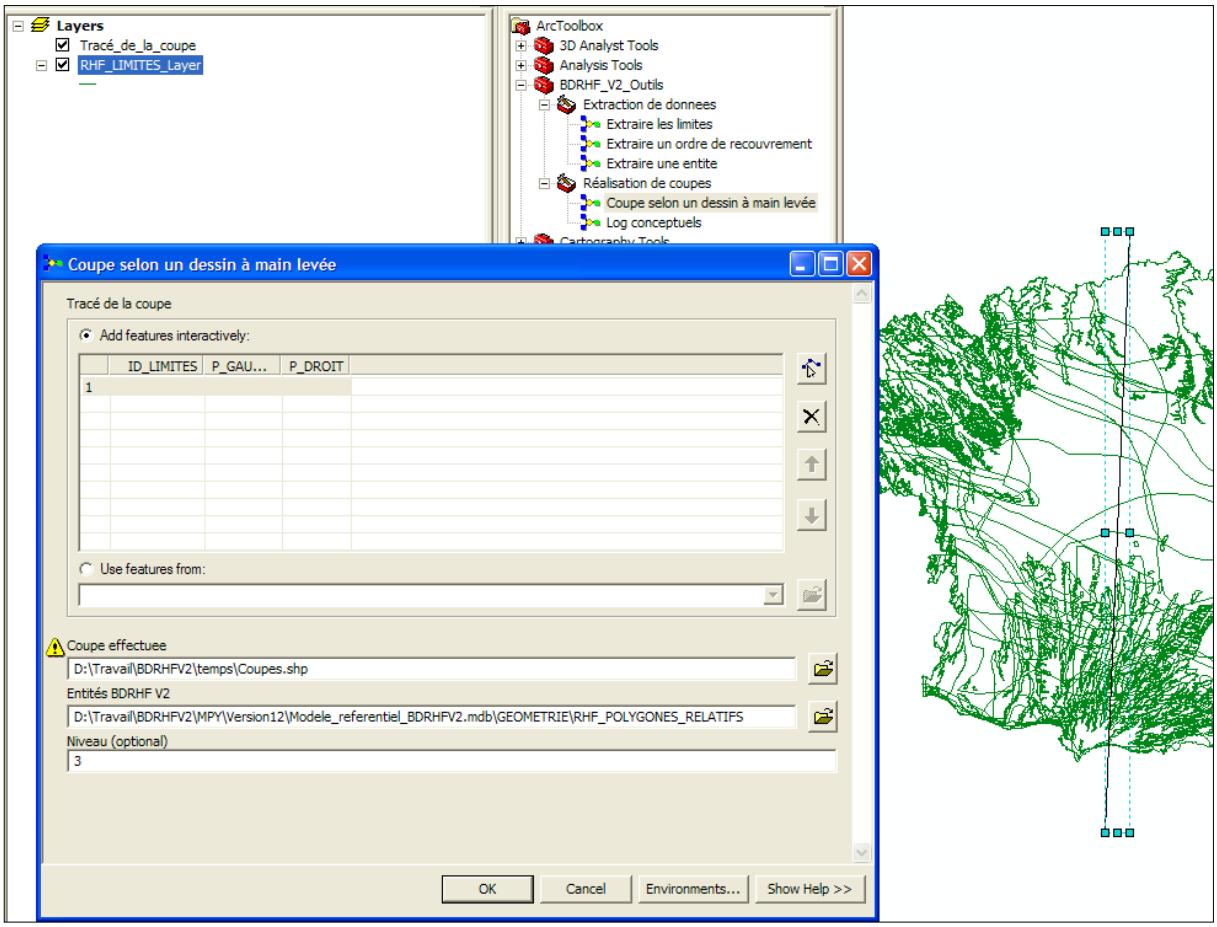


Illustration A28 – Réalisation de coupes dans le référentiel (exemple de l'Aquitaine)

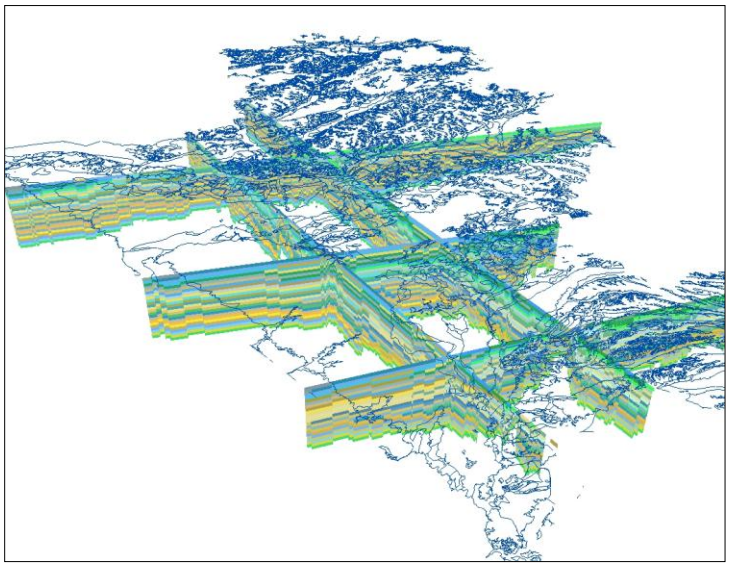


Illustration A28 – Tracé de 5 axes de coupe (référentiel Midi-Pyrénées)

3.3. OUVERTURE DE LA GÉODATABSE SOUS MSACCESS©

La géodatabase possède un formulaire de consultation des données (illustration A29). Ce formulaire reprend les informations du tableau synthétique.

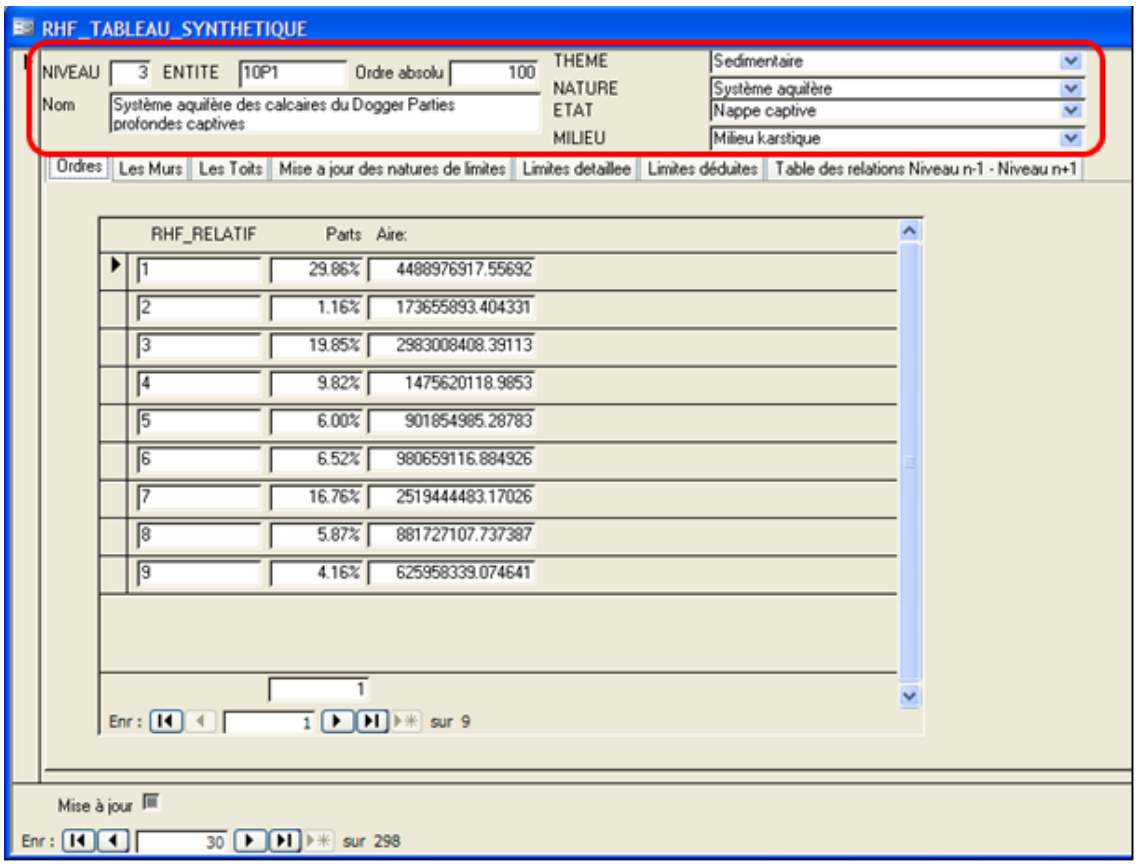


Illustration A29 – Ouverture de la géodatabase sou MSACCES

A ces informations sont associées les données complémentaires déduites de la base de données: les "Ordres", les "Murs", les "Toits", les "Natures de limites", les relations entités/niveau.

Annexe 3 - Tableau multi-échelles

(Sédimentaire et Socle NV1 et NV2 actualisé en avril 2013)

NV1		NV2	
Dénomination NV1	**Code NV1**	**Code NV2**	**Dénomination NV2**
			Alluvions réservoir
			Alluvions tourbeuses
			Limons des plateaux
			Altérites du socle
			Aires karstiques
GDH du Mio-Pliocène du BP	**104**	**104AA**	Sables et argiles du Mio-Pliocène dans le Bassin Parisien
		104AG	Sables et Faluns du Mio-Pléistocène en Normandie
GSM de l'Oligo-Miocène du BP	**107**	**107AC**	Sables et Grès de Fontainebleau de l'Oligo-Miocène du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et Loire-Bretagne)
		107AK	Calcaires de Brie du Rupélien (Oligocène inf.) du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et Loire-Bretagne)
GDH de l'Oligocène inf. à l'Eocène sup. (Sannoisien au Ludien) du BP	**110**	**110AA**	Marnes vertes et supra-gypseuses du Rupélien (Oligocène inf.) du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie majoritairement et bassin Loire-Bretagne)
GSM de l'Eocène du BP	**113**	**113AA**	Calcaire Ludien de l'Eocène supérieur du Bassin Parisien
		113AI	Marnes infra-gypseuses de l'Eocène du Bassin Parisien
		113AK	Sables, Calcaires et Grès du Bartonien (Eocène) du Bassin Parisien
		113AO	Marnes et caillasses du Lutétien supérieur du Bassin Parisien
		113AQ	Calcaires et sables du Lutétien du Bassin Parisien et du Bassin des Flandres
		113AT	Argiles de Laon de l'Yprésien supérieur dans le bassin Seine-Normandie
		113AV	Sables de Cuise de l'Yprésien supérieur dans le bassin Seine-Normandie et le sud du bassin Artois-Picardie

GDH des Argiles de l'Yprésien inf. (Sparnacien) du BP	**117**	**117AC**	Argiles de l'Yprésien inférieur dans le bassin Seine-Normandie et le sud du bassin Artois-Picardie
GSM du Paléocène du BP	**119**	**119AC**	Sables et calcaires du Paléocène dans le bassin Seine-Normandie et le sud du bassin Artois-Picardie
		119AE	Formations détritiques continentales, Sables et Argiles à silex post-Campanien du Bassin Parisien
		119AG	Argiles à silex sur calcaires jurassiques en Normandie
GSM du Campanien au Turonien (Séno-Turonien)	**121**	**121AV**	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du littoral cauchois
		121AI	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Pays de Bray - bassin versant de la Béthune
		121AZ	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Vexin normand et Violaine Baultard - bassin versant de l'Andelle et de l'Epte
		121AU	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien de l'estuaire de la Seine
		121AW	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Lieuvin-Ouche - bassin versant de la Risle
		121AX	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Lieuvin-Ouche - Pays d'Auge - bassin versant de la Touques
		121AS	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Neubourg au Saint-André - bassin versant de l'Eure, Iton, Avre
		121AJ	Craie du Sénonien au Turonien inférieur du Bassin Parisien du Plateau Violaine Baultard - bassin versant de l'Oise du confluent de l'Aisne (exclu) au confluent de la Seine
GSM du Cénomanien à l'Albien sup. du BP	**123**	**123AB**	Sables du Cénomanien dans le bassin de la Sarthe
		123AC	Sables du Cénomanien dans le Bassin Parisien
		123BA	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien, bassin de la Loire, de la Maine à la mer
		123BV	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du littoral cauchois (bassin Seine-Normandie)

		123BI	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Pays de Bray - bassin versant de la Béthune (bassin Seine-Normandie)
		123BZ	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Vexin normand et Violaine Baultard - bassin versant de l'Andelle et de l'Epte (bassin Seine-Normandie)
		123BU	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien de l'estuaire de la Seine (bassin Seine-Normandie)
		123BW	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Lieuvin-Ouche - bassin versant de la Risle (bassin Seine-Normandie)
		123BX	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Lieuvin-Ouche - Pays d'Auge - bassin versant de la Touques (bassin Seine-Normandie)
		123BS	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Neubourg au Saint-André - bassin versant de l'Eure, Iton, Avre (bassin Seine-Normandie)
		123BJ	Marnes et craie marneuse, sableuse et glauconieuse du Cénomanien du Bassin Parisien du Plateau Violaine Baultard - bassin versant de l'Oise du confluent de l'Aisne (exclu) au confluent de la Seine (bassin Seine-Normandie)
GDH des Argiles, Marnes et Gaizes du Cénomanien inf. et de l'Albien sup. du BP	**125**	**125AA**	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur à moyen et de l'Albien supérieur du Bassin parisien
GSM du Crétacé inf. du BP	**127**	**127AA**	Sables verts de l'Aptien-Albien du Bassin parisien
		127AC	Argiles de l'Albien inférieur au Barrémien (Aptien-Barrémien) du Bassin parisien
		127AG	Sables, grès et calcaires du Crétacé inférieur (Néocomien) dans les bassins Seine-Normandie (majoritairement), nord-Loire Bretagne et sud Artois-Picardie
GSA du Tithonien du BP	**131**	**131AA**	Calcaires du Tithonien du Bassin parisien

GDH des Marnes du Kimmeridgien du BP	**133**	**133AA**	Marnes du Kimméridgien du Bassin parisien dans les bassins Seine-Normandie et Artois-Picardie
GSA du Kimmeridgien à l'Oxfordien sup. du BP	**135**	**135AA**	Calcaires de l'Oxfordien supérieur au Kimméridgien du Bassin Parisien
GDH des Marnes du Callovien du BP	**137**	**137AB**	Marnes du Callovo-Oxfordien du Bassin parisien dans les bassins AP,SN,RM
GSM du Jurassique moyen (Dogger) du BP	**139**	**139AC**	Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) dans le bassin Seine-Normandie à l'ouest du sillon marneux du Bathonien-Callovien
		139AD	Calcaires du Bajocien et du Bathonien (Dogger), partie profonde du Bassin Parisien
		139AL	Sillon marneux du Bathonien-Callovien dans le bassin Seine-Normandie
		139AM	Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) du Bassin parisien à l'est du sillon marneux du Bathonien-Callovien
		139AN	Marnes du Bajocien-Bathonien du Bassin parisien
		139AP	Calcaires de l'Aalénien-Bajocien du Bassin Parisien
GDH du Jurassique inf. (Lias) du BP	**141**	**141AB**	Marnes du Toarcien (Lias supérieur) du Bassin parisien dans les bassins Seine-Normandie, Artois-Picardie et Rhin-Meuse
		141AC	Grès, marnes et calcaires du Pliensbachien (Lias moyen) du Bassin parisien dans les bassins Seine-Normandie et Rhin-Meuse
		141AG	Calcaires, Grès, Calcaires argileux et Argiles de l'Hettangien-Sinémurien (Lias inf.) du Bassin parisien dans les bassins Seine-Normandie et Artois-Picardie
GSM du Trias	**143**	**143AB**	Grès rhétiens (Trias supérieur) du Bassin Parisien
		144AA	Sables et Grès du Trias moyen à supérieur en Basse-Normandie
Sédimentaire ancien du BP	**147**	**147AA**	Schistes et Grès du Carbonifère et du Permien en Normandie
Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de L'Orne de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers	**163**	**163AA**	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de l'Orne de sa source à l'embouchure en Normandie
		163AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de l'Orne du confluent de la Rouvre (inclus) au confluent du Noireau (exclu) en Normandie

		163AE	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant du Noireau de sa source au confluent de l'Orne (exclu) en Normandie
		163AG	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Dives de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers en Normandie
Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Seulles de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers	**164**	**164AA**	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Seulles de sa source au confluent de la Thue (exclu) en Normandie
Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Vire de sa source à l'embouchure	**165**	**165AA**	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Vire de sa source au confluent de l'Aure et la Vire de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers en Normandie
		165AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de L'Aure de sa source au confluent de la Vire (exclu) et les bassins côtiers compris entre le bassin côtier de la Seulles (exclu) et l'embouchure de la Vire (exclu) en Normandie
Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Douve de sa source à l'embouchure	**167**	**167AA**	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Douve de sa source au confluent de la Sève en Normandie
		167AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Douve du confluent de la Sève à l'embouchure en Normandie
Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Divette de sa source à l'embouchure et bassins côtiers compris entre l'embouchure de la Douve et l'embouchure de la Sienne	**169**	**169AA**	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Divette de sa source a l'embouchure et bassins cotiers en Normandie
		169AC	Socle du Massif Armoricain des bassins côtiers compris entre l'embouchure de la Diélette (exclu) et l'embouchure de l'Ay (exclu) en Normandie
		169AE	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de l'Ay de sa source a l'embouchure et bassins cotiers en Normandie
Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sienne de sa source à l'embouchure ainsi que ses bassins côtiers	**170**	**170AA**	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sienne de sa source au confluent la soulles et le Thar et bassins cotiers en Normandie
		170AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sienne du confluent de la Soulle (inclus) à l'embouchure en Normandie

		170AE	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant du ruisseau du Boscq de sa source a l'embouchure et bassins cotiers en Normandie
Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sée et la Sélune de leurs sources à leurs embouchures	**171**	**171AA**	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sée de sa source à l'embouchure en Normandie
		171AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sélune de sa source à l'embouchure en Normandie
Socle du Massif Armoricain dans les bassins versants côtiers du Couesnon (inclus) à la Rance (inclus)	**173**	**173AA**	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant du Couesnon de sa source à la mer
Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Sarthe de sa source à la Maine et la Maine jusqu'à la Loire (exclus) et la Mayenne de la Vieille Maine (inclus) à la Maine (bassin versant en aval du contact socle-sédimentaire)	**177**	**177AA**	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de La Sarthe de sa source au Loir (exclus), au contact du sédimentaire associé aux affleurements disjoints dans le sédimentaire proche
Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de la Mayenne de sa source à la Vieille Maine (exclus)	**179**	**179AA**	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de La Mayenne de sa source à la Vieille Maine (exclus)
		179AC	Socle du Massif Armoricain dans le bassin versant de La Varenne et ses affluents, la Colmont

Tableau multi-échelle réactualisé en 2013 : ensemble des entités NV2. Les noms ont été réactualisés conformément à la nomenclature nationale.

Annexe 4 – Extraits des atlas numériques du Calvados et de l'Eure

Atlas hydrogéologique numérique du Calvados. Volet cartographique
BRGM/RP-55670-FR (2007)

Atlas hydrogéologique numérique de l'Eure .Volet bilan quantitatif
BRGM/RP-52988-FR (2004)

1. AQUIFÈRES DES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES DANS LE DÉPARTEMENT DU CALVADOS

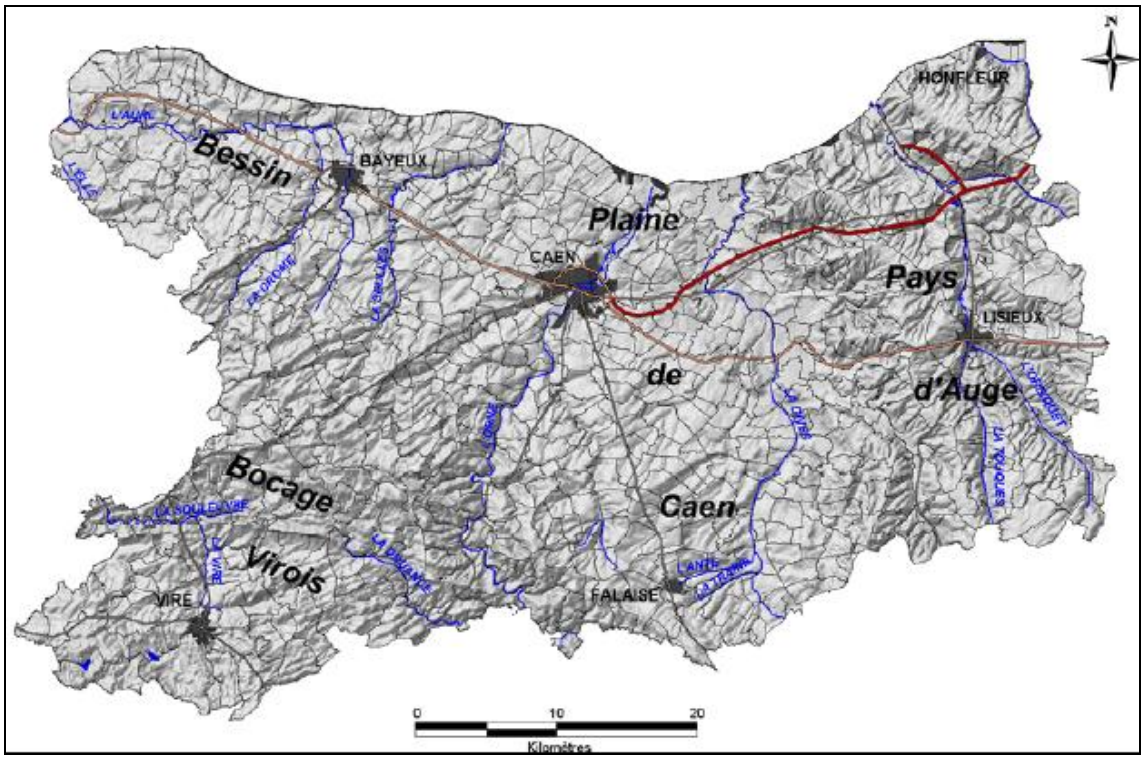


Illustration – Carte de présentation du département du Calvados (Sources : MNT pas de 50 m et BD Carto IGN©)

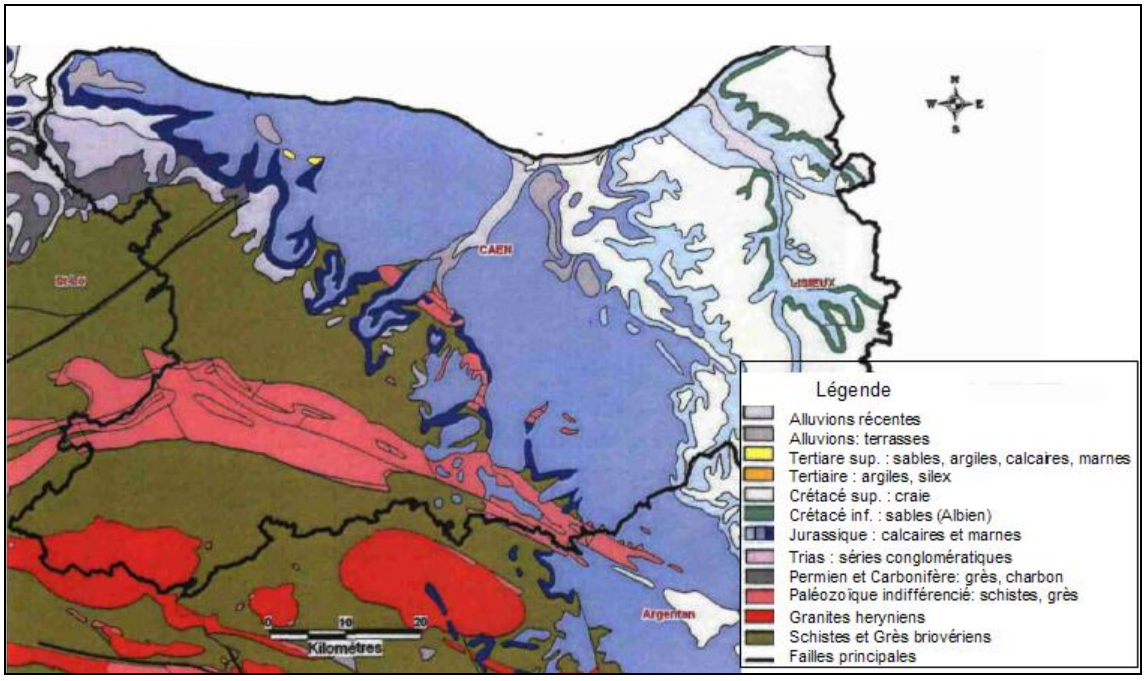


Illustration – Carte géologique simplifiée du Calvados (source: BRGM)

1. 1. Aquifère de la Craie glauconieuse du Cénomanien

Dans le département du Calvados, l'aquifère du Crétacé est essentiellement formé par la craie glauconieuse du Cénomanien, moyennement fissurée, au-dessus des couches argilo-glauconieuses de base (Albien à Cénomanien) qui correspondent au mur de l'aquifère (Illustration). Ces terrains forment une bande de plateaux constituant les hauteurs du Pays d'Auge.

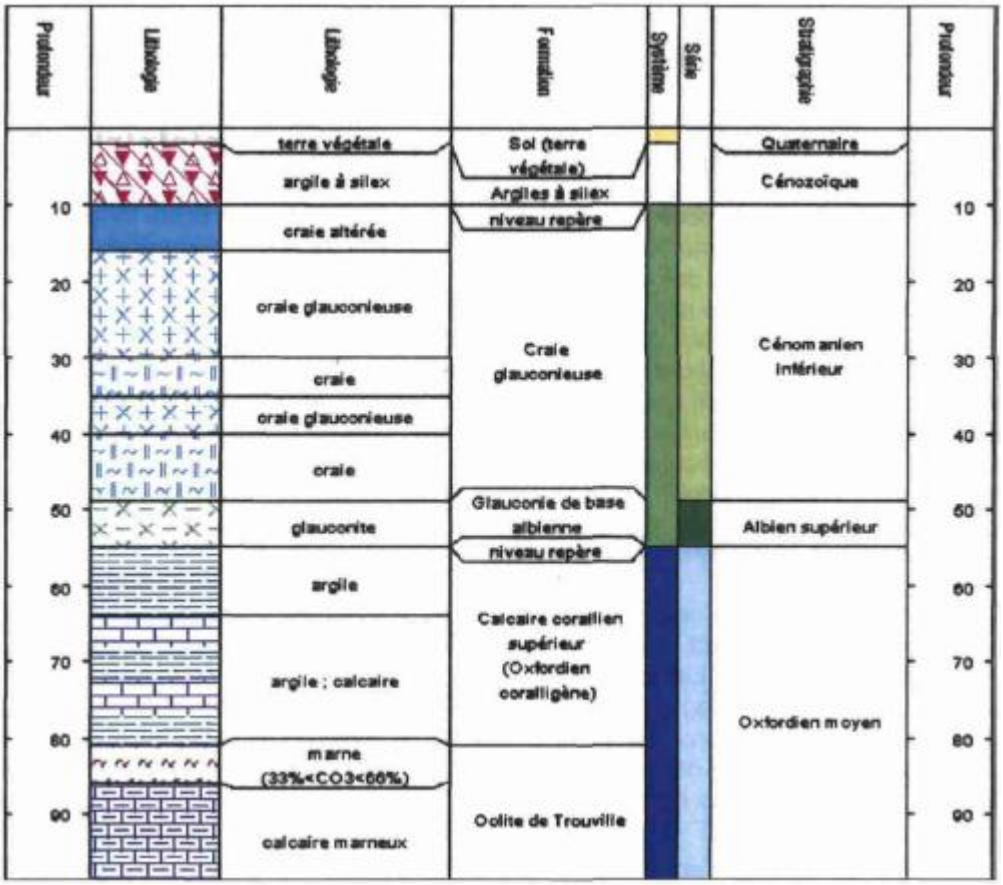


Illustration - Log géologique validé selon le Référentiel Géologique de France de l'ouvrage 01216X0152 (source : BRGM)

Cette nappe est recoupée par deux masses d'eau souterraine dans le département du Calvados : MESO 3212: "*Craie et marnes du Lieuvin-Ouche - Bassin versant de la Risle*" : cette masse d'eau conceme l'aquifère de la craie (Cénomanien au Turonien) sur une très faible partie du Calvados (extrême nord-est) ; MESO 3213: "*Craie et marnes du Lieuvin-Ouche - Pays d'Auge, bassin versant de la Touques*" : correspondant à l'aquifère crayeux circonscrit au bassin versant de la Touques.

1.2. Aquifère des Calcaires de l'Oxfordien

Cet aquifère est composé des formations carbonatées oolithiques ou coralligènes de l'Oxfordien moyen à supérieur (Calcaire d'Auberville, Calcaire oolithique de Trouville / de Lisieux, Coral Rag, Calcaire de Blangy, Calcaire à Astartes) et des formations gréso-carbonatées de l'Oxfordien supérieur (Sables de Glos, Calcaire gréseux d'Hennequeville).
Le mur de l'aquifère est constitué par les marnes callovo-oxfordiennes : Argiles à *Lopha gregarea,* Oolithe ferrugineuse de Villers, Marnes de Villers, Marnes de Dives (Illustration).

Cette nappe est principalement englobée dans la masse d'eau souterraine n° 3213: "*Craie et marnes du Lieuvin-Ouche – Pays d'Auge, bassin versant de la Touques*"

Dans les vallées de la Touques et de l'Orbiquet, la nappe des calcaires corraligènes est libre sous les alluvions. Au niveau des versants, elle devient progressivement captive sous les marnes du Jurassique supérieur ou les argiles albiennes.

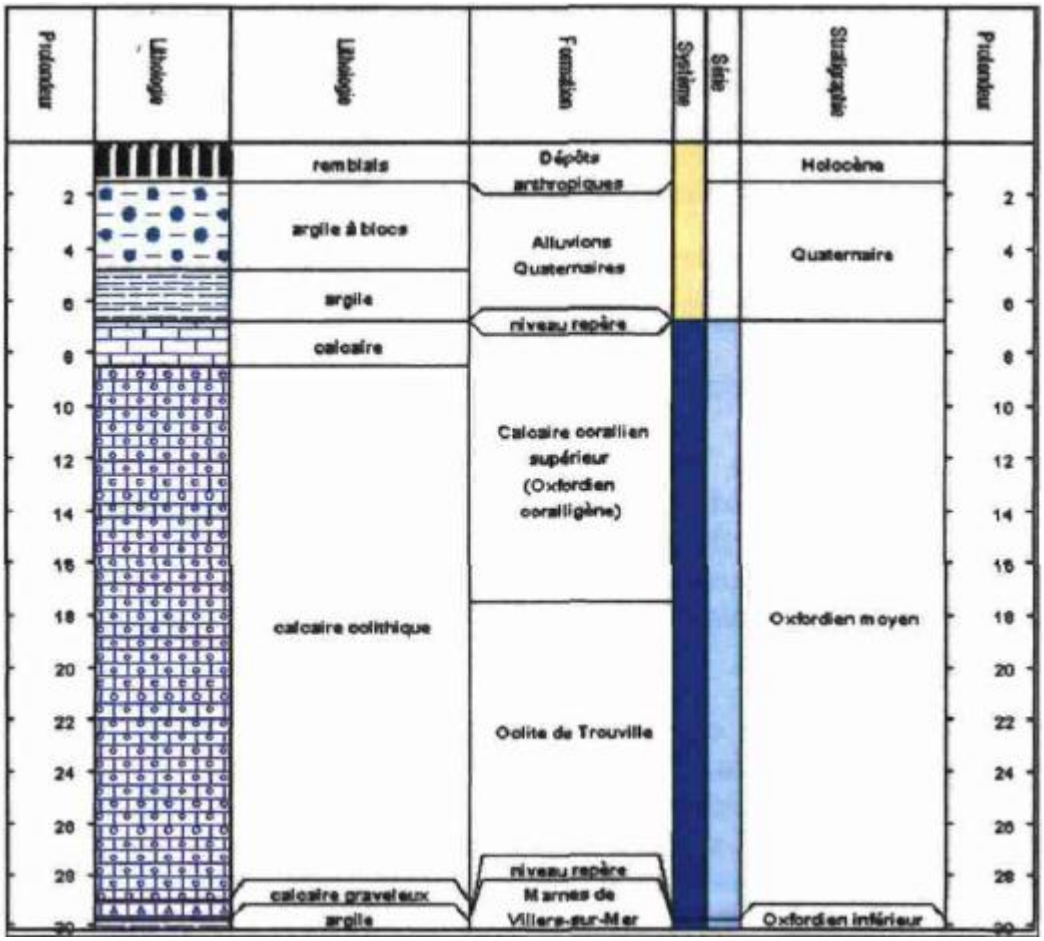


Illustration – Log géologique validé selon le RGF de l'ouvrage 01217X0328, commune de Lisieux, nappe en configuration libre (source : BRGM)

1.3. Aquifère des Calcaires du Bathonien

L'aquifère du Bathonien est en fait un aquifère multicouche constitué de bancs calcaires entrecoupés de caillasses argileuses pouvant cloisonner la nappe. Les formations calcaires et marno-calcaires du Bathonien moyen et supérieur concernés sont : les Calcaires de Caen, les Calcaires de Creully, les Calcaires de Rouvres, les Calcaires de St-Pierre-du-Mont, les Calcaires de Blainville, les Calcaires de Bon-Mesnil, les Calcaires de Ranville, les Calcaires de Langrune, la Caillasse de Fontaine-Henry, la Caillasse de Blainville et la Caillasse de la Basse-Ecarde (Illustration).
Ces calcaires renferment une nappe libre importante mais qui devient captive sous les argiles calloviennes à l'Est. Le mur de l'aquifère est constitué des marnes du Bathonien inférieur : les Marnes de Port-en-Bessin et les couches de passage dans le Bessin puis les Bancs bleus dans la Plaine de Caen. Vers l'Est, en raison du passage latéral des Marnes de Port-en-Bessin à la Pierre de Caen, les calcaires bathoniens sont en continuité hydraulique avec les calcaires bajociens sous-jacent .
Au titre de la Directive Cadre Européenne, cette nappe est rattachée à la masse d'eau souterraine n°3308 : "*Bathonien-Bajocien de la Plaine de Caen et du Bessin*".

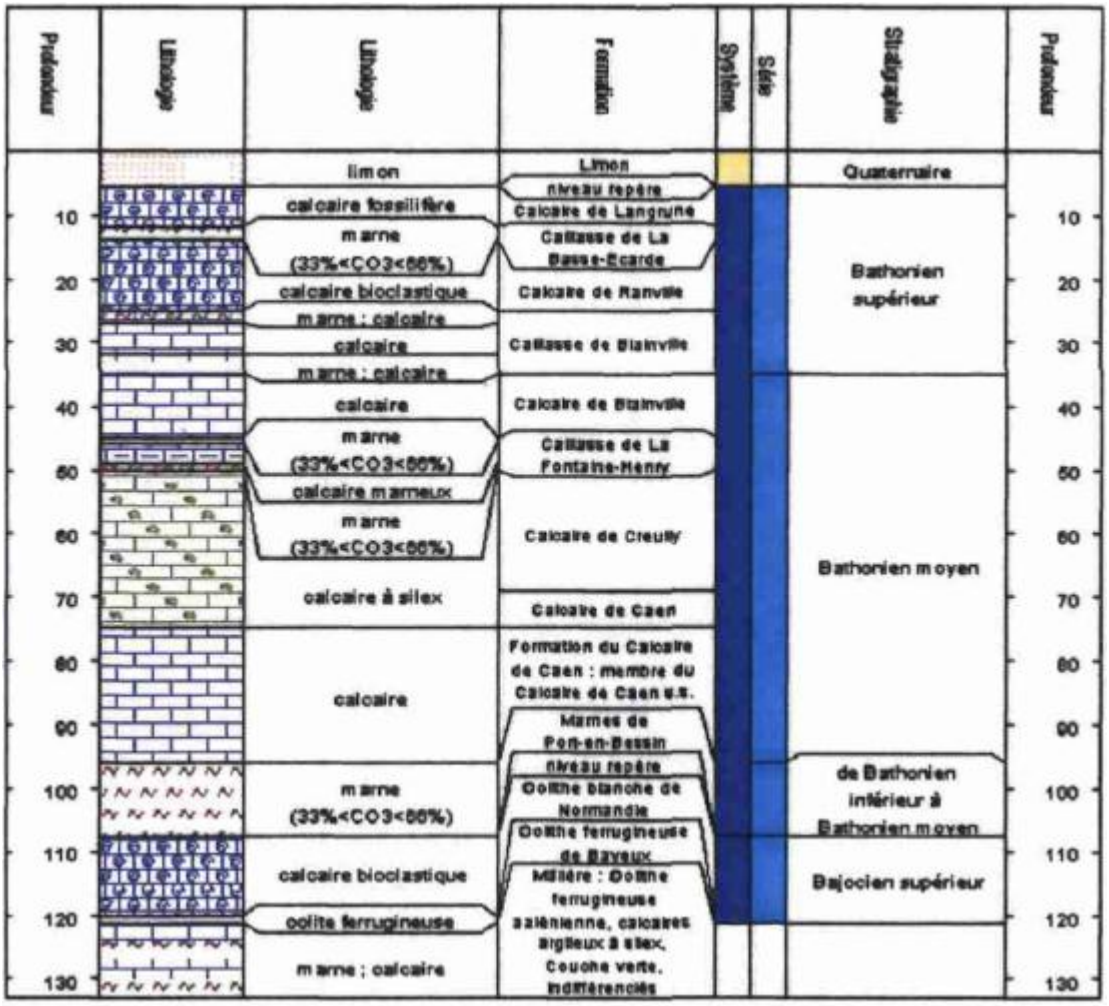


Illustration - 19 : Log géologique validé selon le RGF de l'ouvrage 01194X0005, commune d'Anguerny (source : BRGM)

1.4. Aquifère des Calcaires du Bajocien

L'aquifère dit du Bajocien est constitué des Marnes et Calcaires à Ammonites du Toarcien supérieur, de la Malière aalénienne, des oolithes ferrugineuses aalénienne et bajocienne et des Calcaires à Spongiaires du Bajocien supérieur. Même s'il est communément désigné par aquifère bajocien, il s'étend donc du Toarcien supérieur au Bajocien supérieur. L'aquifère est libre à l'ouest du département où affleurent les calcaires bajociens. Il devient captif sous les Marnes de Port-en-Bessin du Bathonien inférieur et redevient enfin libre en rive droite de l'Orne. Vers le sud-est, les marnes du Bathonien inférieur disparaissent, en effet, progressivement, leur rôle d'écran devient négligeable. Un seul aquifère peut alors être considéré : du Toarcien supérieur au Bathonien supérieur. La limite entre ces deux domaines (disparition des Marnes du Bathonien inférieur) est mal identifiée et représentait un des objectifs de la modélisation géologique proposée dans le chapitre suivant.
La formation des Argiles à Poisson de la base du Toarcien constitue le mur de l'aquifère du Bajocien.

L'aquifère bajocien est associé à l'aquifère bathonien au sein de la masse d'eau souterraine n° 3308 ("*Bathonien-Bajocien de la Plaine de Caen et du Bessin*") classée en ZRE.

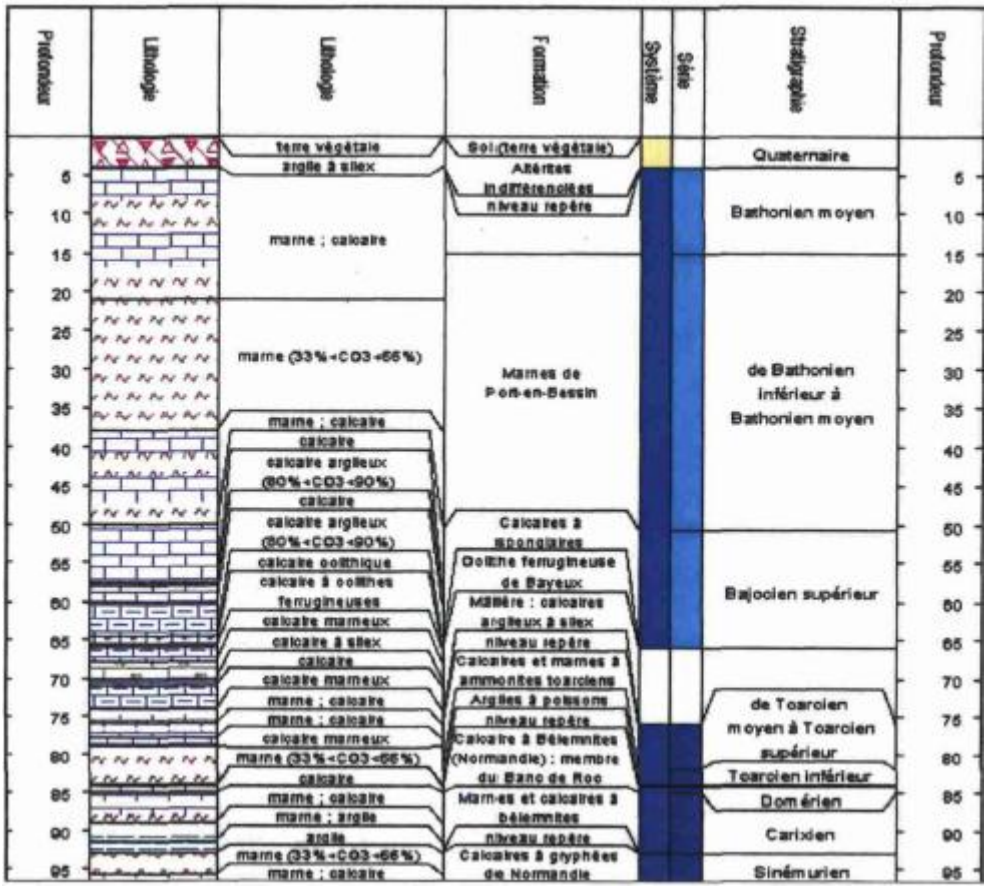


Illustration - Log *géologique validé selon le RGF de l'ouvrage 00957X0069 , commune de Colleville-sur-Mer. Nappe en configuration captive (source : BRGM)*

1.5. Aquifère des Calcaires argileux du Sinémurien-Hettangien (Lias inf.)

II s'agit d'un aquifère multicouche qui regroupe les marno-calcaires coquilliers hettangiens (Calcaires et Argiles d'Huberville / de Valognes), les alternances marnocalcaires à Gryphées sinémuriennes, les marno-calcaires fossilifères {Marnes et Calcaires à Bélemnites) et les calcaires ferrugineux (Banc de Roc) du Pliensbachien (Illustration).
Il est rappelé que les marnes et calcaires de l'Aalénien au toarcien supérieur sont associés à l'aquifère du Bajocien. Le mur de l'aquifère du Lias correspond ainsi à la formation des Argiles à poissons (Toarcien inférieur).

Cet aquifère, aux caractéristiques hydrodynamiques très hétérogènes, n'est pas exploite pour un usage AEP.

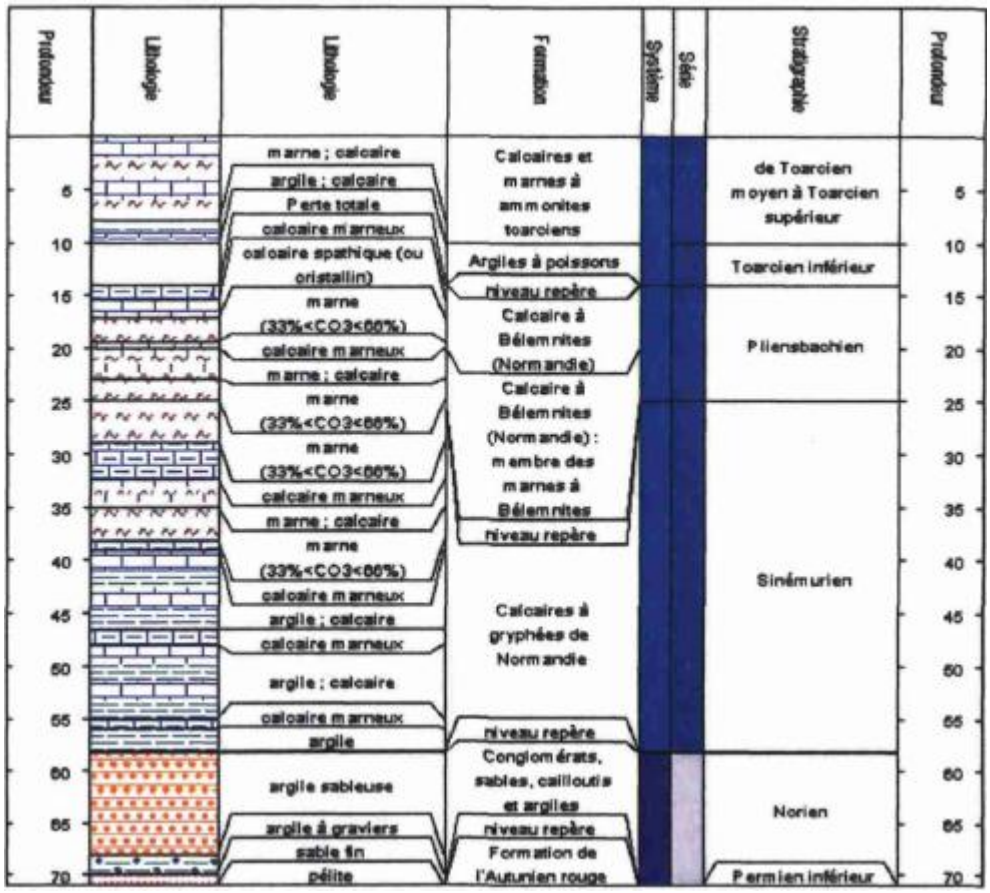


Illustration - Log géologique validé selon le RGF de l'ouvrage 01184X0002, commune de Barbeville (source : BRGM)

1.6. Aquifère des Calcaires, Sables et Argiles du Trias

Les sédiments triasiques sont d'origine continentale, fluviatile ou pédologique et se décomposent en trois faciès principaux (Illustration) :

- les argiles panachées, composées d'argiles pures multicolores pouvant passer latéralement à des sables fins et argileux.
- les "calcrêtes", corps discontinus de calcaires gréseux, de calcaires conglomératiques à galets ;
- les sables et graviers, composés d'une alternance de galets et de sables siliceux.

Ces corps sédimentaires sont lenticulaires et aucune continuité latérale ou verticale entre ces trois faciès ne peut être démontrée : ils sont étroitement imbriqués et l'on passe latéralement à l'un ou l'autre des faciès.
Le potentiel aquifère des formations du Trias est ainsi très hétérogène : seuls les chenaux constitués de dépôts de sables, de graviers, de galets forment localement des aquifères productifs.

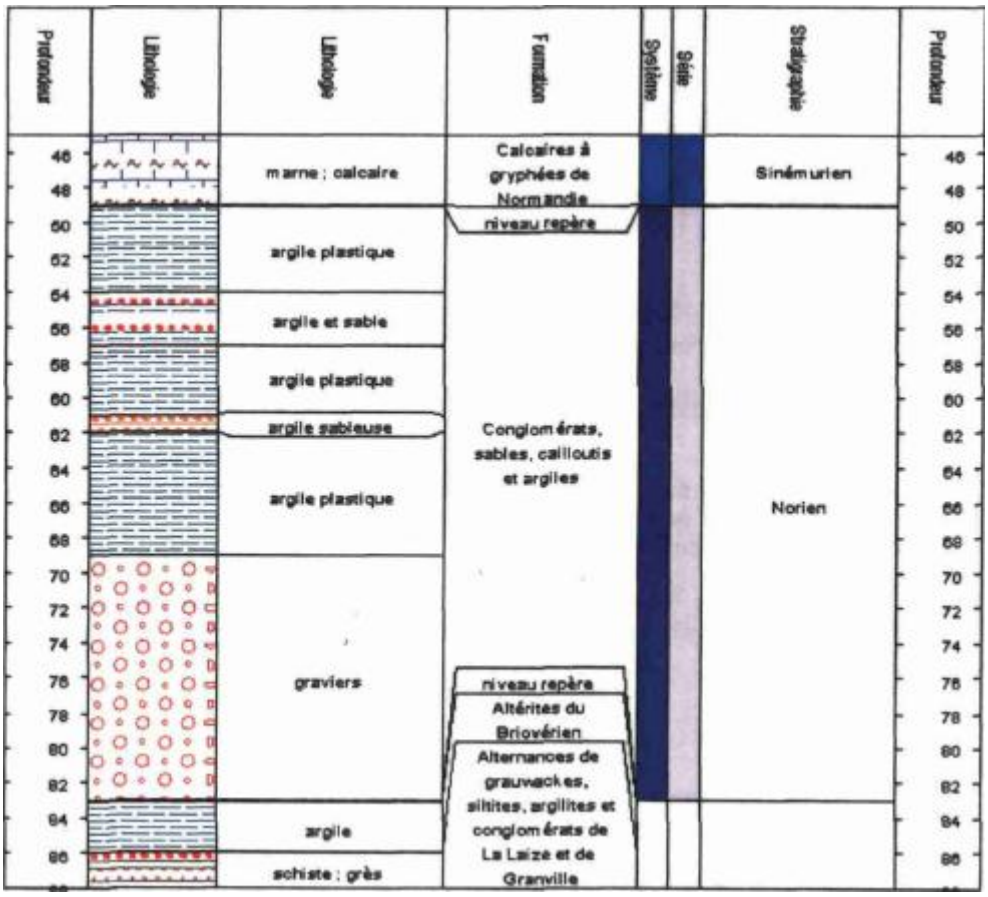


Illustration - Log géologique validé selon le RGF de l'ouvrage 01192X0202, commune de Lingèvre (source : BRGM)

2. AQUIFÈRES DANS LE DEPARTEMENT DE L'EURE

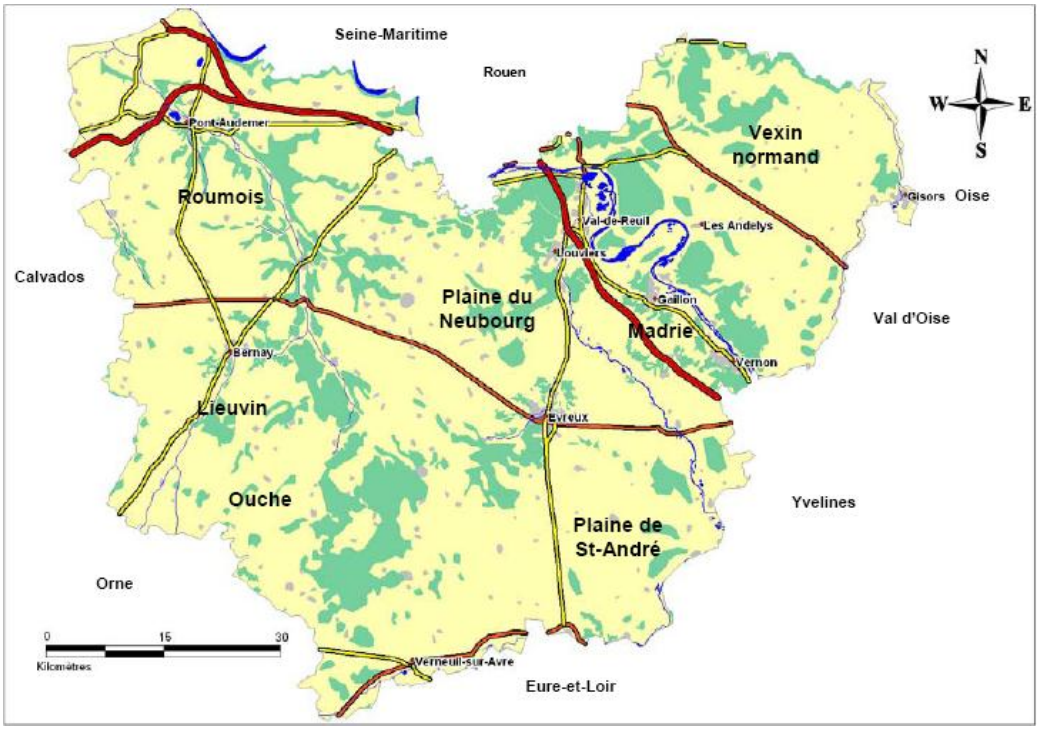
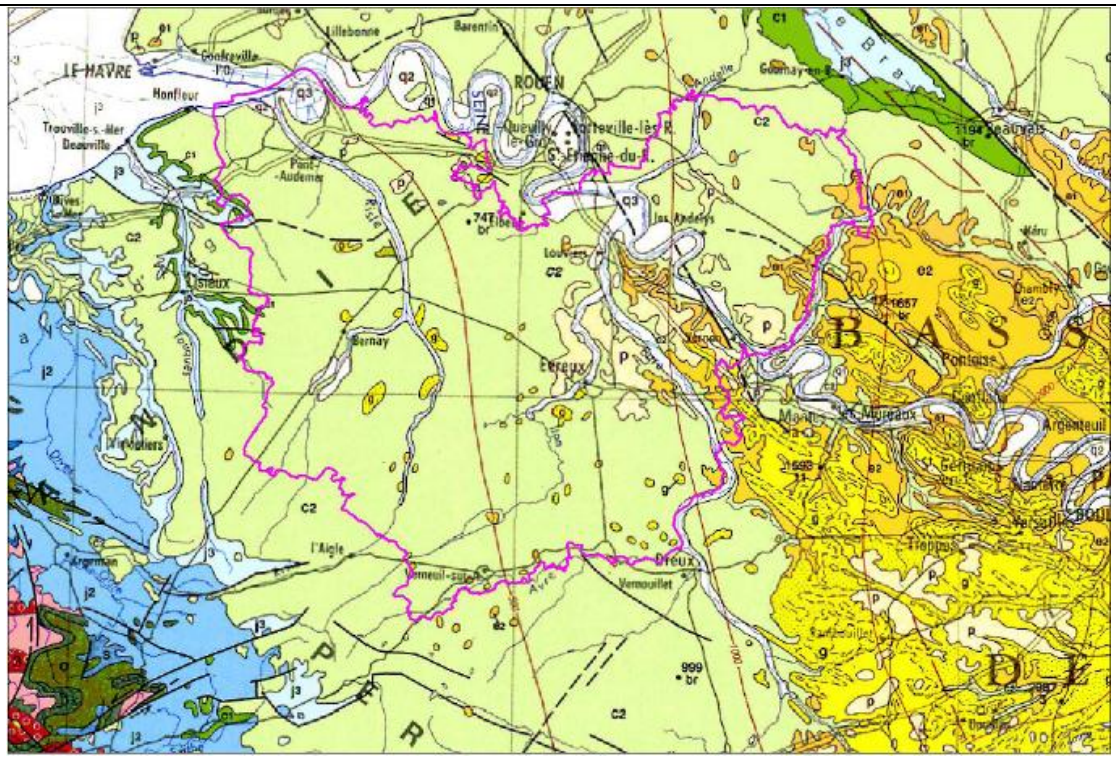


Illustration - Carte de présentation du département de l'Eure (source: Bdcarto)



Terrains en grisé : alluvions. Terrains cénozoïques (tertiaires) du centre du BP en jaune-orange
Terrains mésozoïques crétacés (verts) et jurassiques (bleus).
Terrains paléozoïques (bruns) et protérozoïques (roses) du socle armoricain

Illustration - Situation du département de l'Eure dans le contexte du bassin Parisien sur la carte géologique à 1 /1 000 000

2.1. Aquifère de la Craie

L'aquifère crayeux en Haute-Normandie constitue le principal aquifère de la région. Les deux autres réservoirs, qui sont les *Calcaires et les Sables de l'Eocène* sur le plateau de Madrie et les *Sables Verts de l'Albien*, sont très peu utilisés du fait respectivement d'une faible capacité de production et d'une assez grande profondeur (120 à 200 m). Le premier contient une nappe libre, le second une nappe captive.

La surface de l'aquifère crayeux atteint 12.000 km$_2$ environ auxquels il faut soustraire 430 km$_2$ (Pays de Bray, estuaire de la Seine, plateau de Madrie). Ses limites sont constituées par 370 km de limites à potentiel constant (Manche, Bresle, Epte, Eure, Avre) ; à l'ouest, l'aquifère se prolonge sur le versant oriental de la vallée de la Touques qui constitue une limite d'affleurement.

L'épaisseur de l'aquifère (zone saturée et non saturée), exceptés les effets plus ou moins locaux des accidents structuraux, s'accroît d'une cinquantaine de mètres au SW de la région (limite départementale Eure-Calvados-Orne) à plus de 200 mètres dans la majorité du territoire, pour atteindre une valeur maximale supérieure à 300 mètres dans le Vexin. L'ensemble de ces valeurs est réduit par les effets de l'érosion en vallées.

On schématise la lithologie des différents horizons crayeux ainsi, en âge décroissant :

- craie sableuse du Cénomanien (glauconieuse à la base),
- craie marneuse du Turonien et du Santonien,
- craie dolomitisée du Coniacien,
- craie tendre du Campanien.

Dans la réalité, les cuttings des forages montrent une grande variation lithologique avec des séquences de bancs donnant des débris très durs ou de craie molle ou de galets de craie durcis englobés dans une matrice pâteuse.

Les principaux accidents structuraux qui affectent le sous-sol crayeux sont l'anticlinal du Bray, la faille de la Seine qui s'écarte de la vallée à Rouen pour passer à Pavilly, Lillebonne, Bolbec et Fécamp et se prolonger dans la Manche avec une direction E-W, l'anticlinal de Bourgthéroulde et son compartiment axial effondré, la faille de Pont-Authou/Cormeilles/Blangy-le-Château.

D'autre part, on suppose l'existence d'une flexure au niveau de la vallée de l'Eure et d'accidents orientés NW-SE au Neubourg et à Saint-André-de-l'Eure (masqués par la couverture des formations superficielles dans des secteurs où les sondages géologiques sont rares) responsables de l'approfondissement de la nappe vers la rivière Eure.
De nombreux autres accidents géologiques, connus et répertoriés sur les cartes géologiques ou estimés probables par une argumentation hydrogéologique ou morphologique affectent l'aquifère. On rappelle aussi que les assises crayeuses du Vexin sont affectées par de nombreuses ondulations anticlinales et synclinales qui se prolongent vers le NW et provoquent une certaine fissuration du milieu.
La texture de la craie est modifiée par ces phénomènes : en effet, à chaque fois que les levés cartographiques ou des études ont pu mettre en évidence un accident géologique, une zone de fissures et souvent de circulation rapide des eaux souterraines a été constatée.

2.2. Aquifères des formations tertiaires

Le Tertiaire affleure dans la partie orientale du département de l'Eure, en limite avec les départements de l'Oise, du Val-d'Oise, des Yvelines et de l'Eure-et-Loir, il forme des buttes témoins dans la région de Gisors et le plateau de Madrie (synclinal de l'Eure).

Les nappes des formations tertiaires sont contenues dans une succession de formations aquifères composées de niveaux calcaires et de sables séparés par des niveaux argileux; il s'agit de petites nappes peu épaisses, captives.

Le **Thanétien** correspond à la base du Tertiaire. Son extension géographique est limitée, dans l'Eure, à la région de Gisors et à la limite avec les Yvelines. Ce sont des calcaires récifaux qui passent ensuite à des calcaires argileux.

L'**Yprésien inférieur** (Sparnacien) fait suite au Thanétien. Ce sont des argiles plastiques qui se trouvent vers la base des buttes témoins tertiaires et du plateau de Madrie.
L'Yprésien supérieur est représenté par les sables du Cuisien, des sables argileux à fréquents galets de silex.

L'Yprésien est surmonté par le **Lutétien**, composé par une succession de niveaux calcaires parfois glauconieux et gréseux. Le Lutétien s'achève au niveau des Marnes et caillasses. Le Lutétien correspond au sommet des buttes témoins de la région de Gisors (Vexin normand). Sur le plateau de Madrie, la série se prolonge avec les dépôts du Bartonien.

Au **Bartonien**, ce sont les "*Sables de Beauchamp*" qui entament la série. Ensuite, ce sont d'autres niveaux calcaires avec des intercalations marneuses qui recouvrent les sables, avec les "*Calcaires et Marnes de Saint-Ouen"* et "*Calcaire de Septeuil*" ou Champigny.

Remarque
La formation des "*Sables du Cuisien et du Bartonien" qui* regroupe les "*Sables de Cuise*" (Yprésien supérieur), les *Sables de Beauchamp* (Auversien, Bartonien inférieur) et les *Sables de Mortefontaine* (Marinésien, Bartonien moyen) est de faible extension dans le département de l'Eure. Elle se répartit, d'une part, entre les vallées de l'Eure et de la Seine (Cuisien) et d'autre part en bordure des départements des Yvelines et de l'Eure-et-Loir (Bartonien) dans les environs de Villiers-en-Désoeuvre.

Au **Stampien**, les "*Argiles vertes de Romainville*" recouvrent l'ensemble et sont suivies par la série des calcaires de Brie ou de Sannois. Les argiles affleurent localement sur la surface du plateau de Madrie. Les "*Marnes à ostrea"* recouvrent ensuite les argiles localement.

Les **Sables de Fontainebleau** terminent la série tertiaire de l'Eure, au sommet d'une butte témoin qui traverse les communes de Villegats et de Villiers-en-Désoeuvre et se prolonge dans les Yvelines.

Après l'émersion des terrains, au Pliocène, les plateaux dans les environs de la vallée de la Seine et de l'Eure (plateau de Madrie, Sud du Vexin et Nord d'Evreux jusqu'à la plaine du Neubourg) ont été recouverts par un placage de dépôts fluviatiles issus d'un grand fleuve qui provenait du Massif Central et se dirigeait vers le Nord-Ouest entre Dieppe et Fécamp. Ce sont les sables de Lozère, qui correspondent à des sables grossiers contenant de l'argile.

Le mur de l'aquifère le plus profond est composé par les argiles du Sparnacien, la nappe étant alors contenue dans les formations sableuses du Cuisien, calcaires du Lutétien, Marnes et caillasses, sables de Beauchamp, calcaires de Saint-Ouen et de Champigny. La nappe devient captive lorsque l'aquifère est recouvert par les argiles

vertes du Stampien inférieur. Ces mêmes argiles constituent le mur de la nappe du calcaire de Sannois ou de Brie.

Les Marnes à *ostrea* qui recouvrent cette formation rendent la nappe captive. Enfin, s'est constituée au-dessus de ces marnes, la nappe perchée des sables de Fontainebleau localisée uniquement sur quelques buttes dans le département de l'Eure (communes de Villegats et de Villiers-en-Désoeuvre, limitrophes des Yvelines et de l'Eure-et-Loir).

Annexe 5 - Echelle stratigraphique du bassin de Paris

(M. Donsimoni – 1999-2001 – BRGM)

SYSTEMES PERIODES	SERIES EPOQUES	ETAGES	DUREE (M.a.)	AGE (M.a.)	SOUS-ETAGES ou AUTRES DENOMINATIONS	SOUS SOUS-ETAGES	FORMATIONS
QUATERNAIRE	Holocène		10 300 a	10 300 a			Remblais
	Pléistocène						Alluvions récentes
							Alluvions anciennes de basse terrasse
							Alluvions anciennes de moyenne et haute terrasse
							Limons des plateaux
							Limons de fond de vallées sèches
							Colluvions de versants
							Eboulis
							Sables à silex
			1.629 700	1.64			
NEOGENE			14.66	16.3	**Lacune d'émersion du Miocène et du Pliocène** (formation des Argiles à silex, Argiles à meulière, Meulières d		
	Miocène	*Burdigalien*	5.2	21.5			Sables de Lozère, Sables de Sologne
	(basal)	*Aquitanien*	1.8	23.3			Calcaire de Beauce
PALEOGENE ou NUMMULITIQUE	Oligocène	*Stampien ou Rupélien*			*Stampien s.s.*		Calcaire d'Etampes
							Sables et Grès de Fontainebleau supérieur
							Sables et Grès de Fontainebleau inférieur
							Falun de Jeurre, Arg. à Corbules, Marnes à Huîtres, Calc. d'Etréchy
					Sannoisien		Calcaire de Sannois
							Caillasse d'Orgemont
							Argile verte de Romainville
			12.1	35.4			Glaises à Cyrènes
	Eocène	*Priabonien*			*Ludien*	*Supérieur*	Marnes blanches de Pantin, Gypse Marabet
							Marnes bleues d'Argenteuil
						Moyen	Gypse 1° masse
							Marnes d'entre deux masses
							Gypse 2° masse
							Marnes à Lucines
							Gypse 3° masse
			3.2	38.6		*Inférieur*	Marnes à *Pholadomia ludensis*
		Bartonien (s. s.)			*Marinésien*	*Marinésien sup.*	Gypse 4° masse = Calc. de Noisy-le-Sec ou Marnes à Paludines
							Sables de Monceau, Sables de Cresnes, Sables de Marines
							Calcaire de Saint-Ouen *s.s.*
						Marinésien inf. et moy.	Sables de Mortefontaine, Calcaire de Ducy, Sables d'Ezanville
					Auversien	*Auversien sup.*	Sables de Beauchamp, Sables d'Auvers
			3.5	42.1		*Auversien inf.*	Calcaire de Montagny
		Lutétien			*Supérieur*		Marnes et caillasses, Calcaire à Cérithes
					Moyen		Calcaire grossier supérieur
							Calcaire grossier moyen
					Inférieur		Calcaire grossier inférieur
			7.9	50			Glauconie grossière

	Paléocène	*Thanétien*	4	60.5			Sables et Conglomérats de Bracheux
		Dano - Montien					Marnes de Meudon
			4.5	65			Calcaire pisolitique
CRETACE	Supérieur	*Campanien*	18	83			Craie blanche à silex
		Santonien	3.6	86.6			Craie blanche à silex
		Coniacien	1.9	88.5			Craie blanche à silex
		Turonien			*Supérieur*		Craie marneuse grise
					Moyen		Craie marneuse blanche
			1.9	90.4	*Inférieur*		Craie marneuse grisâtre
		Cénomanien			*Supérieur*		Craie glauconieuse
			6.6	97	*Inférieur*		Gaize sableuse ou *siliceuse* / local)
	Inférieur	*Albien*			*Supérieur*		Marne de Brienne
					Moyen		Argiles du Gault
							Sables de Frécambault
							Argiles Tégulines
							Sables de Drillons
					Inférieur		Argiles de l'Armance
			15	112			Sables Verts (s.s.)
		Aptien					Argile
			12.5	124.5			Sable
		Barrémien			*Supérieur*		Argile
							Sable
					Inférieur		Argile
			7.3	131.8			Sables de Perthes
		Hauterivien					Argile
							Sables de Châteaurenard
							Argile
							Sables de Château-Landon
							Argile
			3.2	135			Grès du Puiselet
		Valanginien					Argile
							Sables de Griselles
			5.7	140.7			Argile

JURASSIQUE	Malm	Tithonien = Portlandien			
		Kimméridgien	14	154.7	
		Oxfordien			Séquanien
					Rauracien
			2.4	157.1	Argovien
	Dogger	Callovien	4.2	161.3	
		Bathonien	4.8	166.1	
		Bajocien	7.4	173.5	
		Aalénien	4.5	178	
	Lias	Toarcien	9	187	
		Pliensbachien			Domérien
			7.5	194.5	Carixien
		Sinémurien			Lotharingien
			9	203.5	Sinémurien
		Hettangien	4.5	208	
TRIAS	Supérieur	Rhétien	1.5	209.5	Rhétien
		Norien	13.9	223.4	Keuper
		Carnien	11.6	235	
	Moyen	Ladinien	4.5	239.5	Lettenkhole
		Anisien	1.6	241.1	Muschelkalk
	Inférieur	Werfénien	3.9	245	Buntsandstein

Annexe 6 - Note méthodologique sur le découpage en domaine de socle

Cette note détaille le travail réalisé en commun avec la région Bretagne. Le nombre d'entités qui est mentionné est supérieur à celui indiqué au chapitre 3.3 de ce rapport, certaines entités de niveau 2 étant présentes uniquement en Bretagne.

1. Données disponibles

- BDCarthage (Base de Données sur la CARtographie THématique des AGences de l'eau et du ministère de l'Environnement) sur les bassins Seine-Normandie et Loire-Bretagne. Edition 2008, version du 22/07/2008, téléchargée le 05/04/2009 sur le site du Sandre. Données disponibles : région, secteur, sous-secteur et zone hydrographique (contours), et cours d'eau (linéaire) ;
- Extraction de la Banque HYDRO des stations hydrométriques du Massif Armoricain (nom, numéro, coordonnées, VCN10, date début et fin, superficie contrôlée) au 29/04/2008 (Hubert CAPLET, DIREN Basse-Normandie) ;
- Les polygones des entités hydrogéologiques de la BDRHF V1.

Les données de BDCarthage projetées en Lambert 93 (Systèmes Français RGF93 - Méridien de Greenwich) ont été converties en Lambert II étendu (Systèmes Français - Méridien de Paris).

On rappelle ci-dessous la définition des termes utilisés pour identifier les entités de NV2 :

- **VCN10** : moyenne des débits les plus bas de l'année sur une période de dix jours consécutifs (méthode de calcul : ajustement à une loi de GALTON et utilisation du VCN10 moyen sur la période de mesure) ;
- **QES** : débit d'étiage spécifique, égal au rapport « VCN10 / superficie du bassin versant considéré », exprimé en l/s/km^2.

2. ENTITÉS NV1 DU SOCLE

Issus du découpage de la BdRHFv1, les contours des entités du socle de niveau 1 ont été réactualisés à l'aide de la dernière version de BD_Carthage.

9 entités NV1 de socle ont été ainsi obtenues (illustration A1), codifiées et renseignées dans le tableau multi-échelles (annexe 1).

La superficie des entités de niveau 1 varie de 477 km2 (secteur I8, entité 170) à 7966 km^2 (secteur M0, entité 174).

3. ENTITÉS NV2 DU SOCLE

3.1. Sélection des bassins NV2 avec BD Carthage

Le découpage des bassins NV2 a été réalisé à partir de la BDCarthage. La sélection des sous-bassins hydrographiques et leurs regroupements ont permis de définir 28 bassins de niveau 2. Les critères de regroupement de bassins sont calqués sur ceux de la BdRHFv1 (critères de superficie). Les contours sont donc réactualisés.

Les travaux réalisés en Bretagne ont été pris en compte pour anticiper l'assemblage national des entités de niveau 2. Pour les bassins situés à la fois en Bretagne et en Normandie, les données déjà traitées en Bretagne ont été réutilisées.

Dans ce premier temps, 28 bassins NV2 de socle ont été retenus.

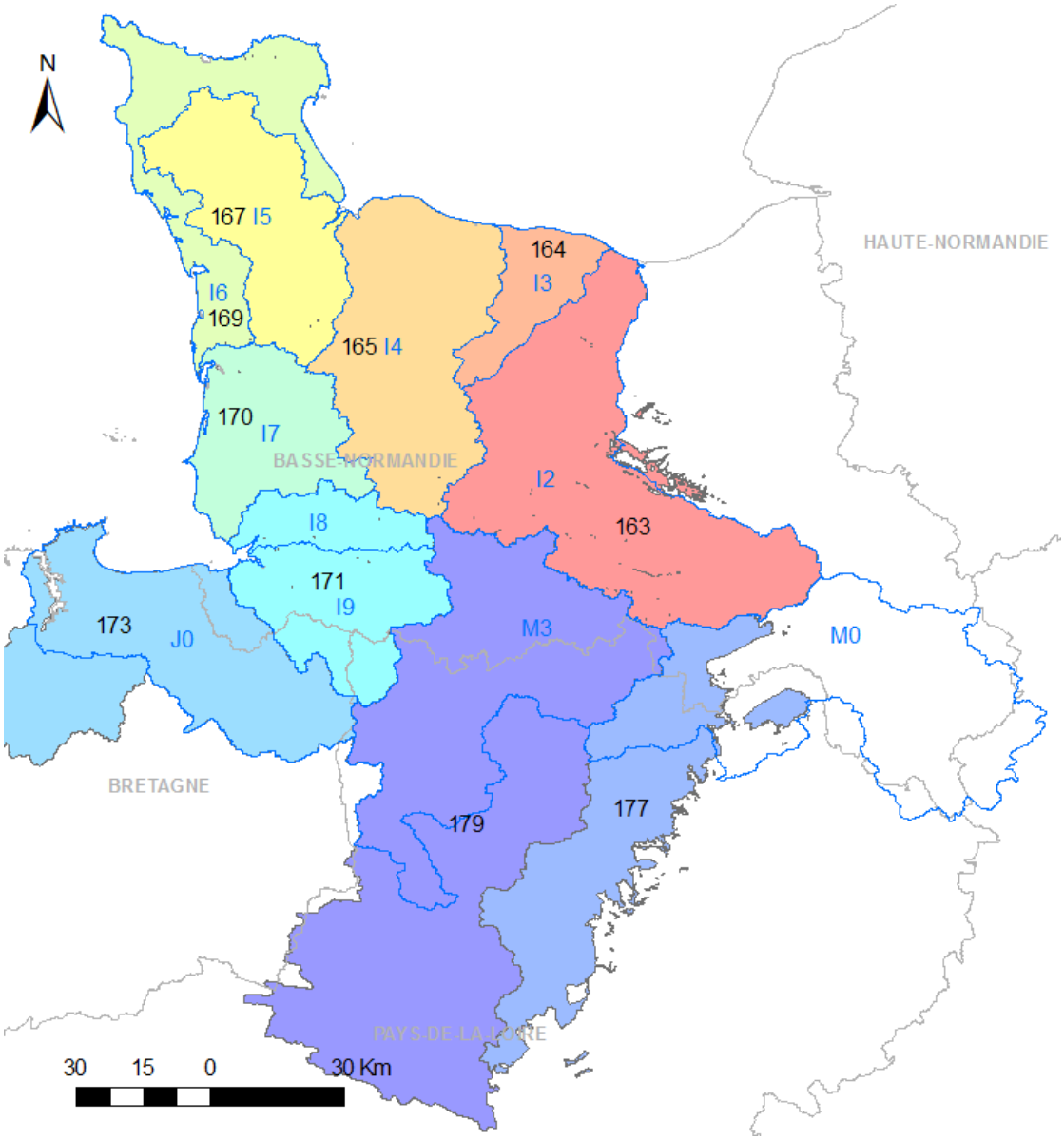


Illustration A1- Entités NV1 du socle en Basse-Normandie (certaines se prolongeant en Bretagne)

Remarque : la numérotation "en 250" est héritée de la numérotation du bassin Loire-Bretagne.

3.2. Prise en compte des débits spécifiques

Les ***débits d'étiage spécifiques*** ont été calculés à partir des VCN10 et des superficies des bassins.

Pour ce traitement, les stations hydrométriques sélectionnées sont celles situées le plus à l'aval des cours d'eau, et avec, dans la mesure du possible, au moins 10 années de mesures.
Chaque station hydrométrique étudiée est renseignée par : un code, ses coordonnées, son département, ses VCN10 médians et moyens, la surface de son bassin versant, ses années de données disponibles, l'état du régime de la station, la qualité de mesure en période de basses eaux, le nombre d'années de données disponible, le QES, le code et le libellé du bassin versant, le fait que la station est utilisable ou non dans le cadre de BdRHFv2 et si le BV a pu être caractérisé.

Pour la caractérisation des bassins versants, le VCN10 utilisé est le VCN10 moyen calculé à partir des données de la Banque Hydro. A noter que la Banque Hydro fournit un VCN10 médian et que l'écart des deux valeurs est de l'ordre de quelques pourcents.

Le calcul de QES équivaut donc à : QES = VCN10 / surface bv * 1000.

Dans les tables attributaires de la délimitation de niveau 2, les stations hydrologiques mentionnées sont celles dont les données sont suffisantes pour caractériser le bassin versant et la première de cette liste est celle qui a servi au calcul de QES (la plus à l'aval).

Les données récoltées sur les stations ont été soumises à l'avis de la DIREN BNO. Pour la détermination des seuils de QES, l'avis d'expert (J. RAFFY, DIREN Bretagne) a été pris en compte. Celui-ci a jugé de la pertinence des seuils définissant les quatre classes de QES, le premier seuil de QES étant fixé 0.7 l/s/km^2 pour isoler les bassins schisteux et/ou gréseux. Ainsi, sur la base des seuils utilisés en Bretagne et validés par la DIREN de Bretagne, trois seuils ont été définis en Normandie (0.7, 1.7 et 3.6 l/s/km^2).

Un QES a pu être affecté à 19 des 28 bassins NV2 délimités (illustrations A2 et A3 ci-après).

Pour la Normandie et compte tenu du faible nombre de valeurs de débits d'étiage spécifiques (19), il est délicat de définir des seuils. Ces seuils (0.7 ; 1.7 et 3.6) sont donnés à titre indicatif mais restent toutefois comparables à ceux définis en Bretagne.

Les bassins ont ainsi été classés selon 4 classes de QES : <0.7, 0.7-1.7, 1.7-3.6, >3.6 l/s/km².
Les bassins contigus (avec limite géographique commune) se situant dans la même classe de QES et dans le même bassin NV1 doivent l'objet d'une fusion au niveau 2. Il est à signaler qu'un tel cas de figure n'a pas été rencontré en Basse-Normandie, aussi, aucun regroupement n'a été effectué.

En définitive, 2O entités NV2 de socle ont donc été identifiées en domaine de socle en Basse-Normandie (cf annexe 1). Certaines s'étendent davantage en Bretagne (172A, 174A,176A,176C) et sont tronquées par la limite de région. Elles seront restituées dans leur intégralité lors de la phase d' assemblage national.

Ces entités ont été codifiées et les champs « QES » et « station » ont été renseignés (pour les entités n'étant pas associées à une station hydrologique, la valeur du QES est mise à -1).

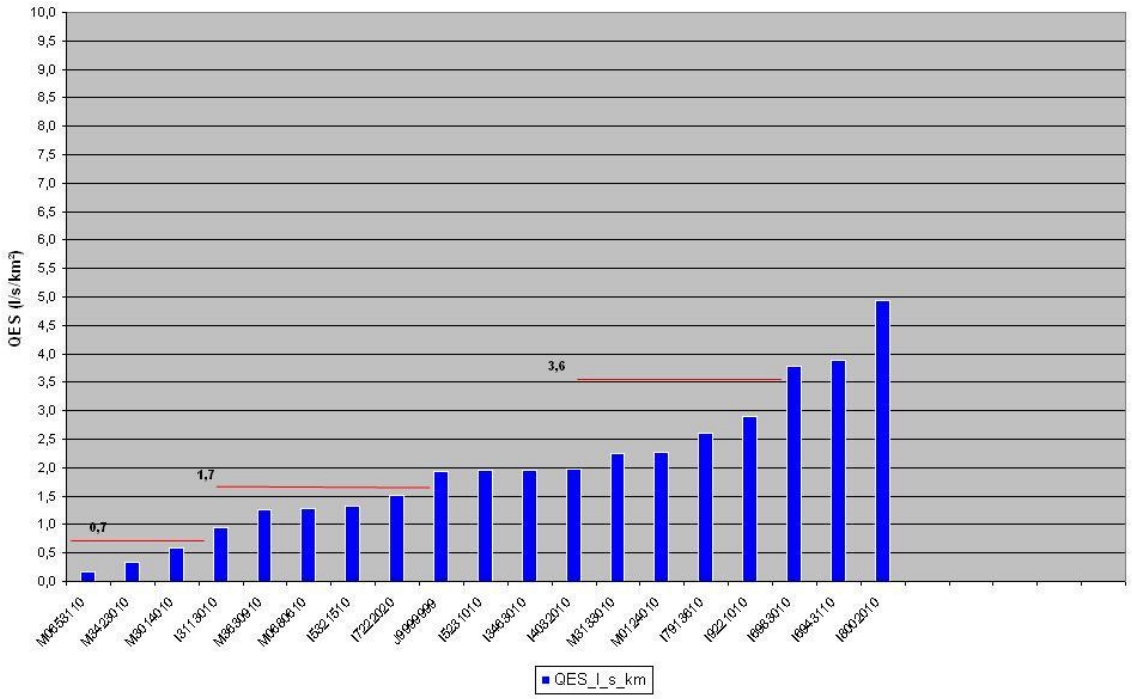


Illustration A2 - Classement de 19 entités en domaine de socle en fonction du QES

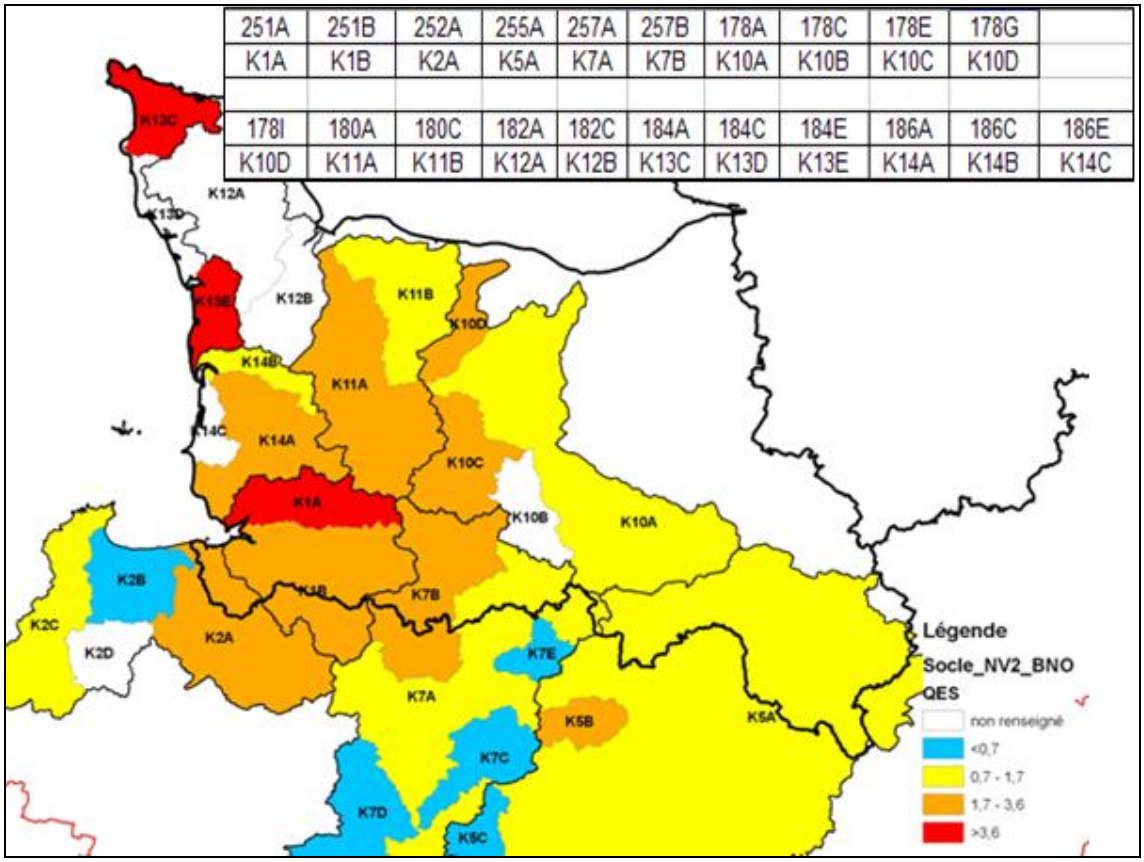


Illustration A3 - Classement des entités de socle selon les valeurs de QES (28 entités NV2)

(Le tableau fournit la correspondance entre l'ancien code et le nouveau code).

Annexe 7 - Caractéristiques des stations hydrométriques de la Banque HYDRO utilisées en Basse-Normandie

STATION	X	Y	DEPT	VCN	VCN_moy	Surface_bv	Données
I6943010	317628	2520198	Manche	0,046	0,0450	15	1992-2008
I6943110	313585	2521023	Manche	0,413	0,3970	102	1969-2008
I6964010	298632	2516373	Manche	0,055	0,0540	11	1978-2008
I6201020	316734	2500515	Manche	-1,000	0,0000	298	
I6211010	319460	2494580	Manche	-1,000	0,0000	373	
I6302020	330160	2499400	Manche	-1,000	0,0000	142	
I6322010	331215	2495600	Manche	-1,000	0,0000	182	
I6401010	330622	2490890	Manche	-1,000	0,0000	530	
I6421010	339300	2486700	Manche	-1,000	0,0000	1000	
I6502010	327635	2464093	Manche	0,051	0,0490	17	1995-2008
I6552010	340183	2484150	Manche	-1,000	0,0000	379	
M0014110	459983	2396021	Orne	0,320	0,3200	76	1980-2008
M0050620	425177	2378957	Orne	0,745	0,9010	908	1980-2008
M0301510	468900	2387200	Orne	0,231	0,2330	78	1997-2008
I8002010	353213	2417888	Manche	0,329	0,3630	74	1994-2008
I8032020	335148	2418332	Manche	1,780	2,1700	314	1994-2004
I8033810	326551	2420582	Manche	0,165	0,1660	25	1992-2008
I9031010	356100	2405100	Manche	0,274	0,3100	197	1993-2008
I9221010	336700	2404900	Manche	1,810	1,7600	720	1934-2006
I9221020	332290	2405912	Manche	1,960	1,9100	771	1991-2004
I9233010	330634	2403893	Manche	0,368	0,4320	110	1995-2007
I9253020	333124	2409156	Manche	-1,000	0,0000	85	2005-2005
I9253510	341038	2410192	Manche	-1,000	0,0000	8	2006-2007
I4022010	384585	2466795	Calvados	0,191	0,2100	133	1984-2008
I4032010	391300	2480892	Calvados	0,462	0,5010	254	1972-2008
I7001040	351340	2428590	Calvados	-1,000	0,0000	4	1999-2005
I7021020	340211	2432365	Manche	0,338	0,3490	85	1973-2008
I7102020	328374	2436259	Manche	0,299	0,2990	97	1999-2008
I7913610	315689	2427628	Manche	0,164	0,1880	72	1973-2008
I7222020	323478	2455357	Manche	0,200	0,2150	143	1978-2008
M3103010	378998	2403119	Orne	0,346	0,3660	198	1981-2008
M3103030	386680	2413843	Orne	0,029	0,0510	45	2001-2008

M3133010	377379	2392992	Orne	0,889	1,0500	517	1993-2008
I5001016	362165	2431380	Calvados	-1,000	0,0000	52	
I5013610	361350	2429291	Calvados	0,184	0,1950	42	1971-2008
I5013615	360975	2429930	Calvados	-1,000	0,0000	75	2001-2002
I5021020	363248	2434047	Calvados	0,323	0,3530	142	2003-2008
I5053010	363687	2443625	Calvados	0,073	0,0840	115	1970-2008
I5101010	358061	2442603	Calvados	0,808	0,8410	469	1992-2008
I5121020	351609	2447230	Manche	1,140	1,1300	640	1994-2008
I5221010	348881	2460124	Manche	1,010	1,1100	868	1972-2008
I5231010	347536	2479120	Manche	1,590	2,0900	1070	1994-2003
I5243010	356204	2472230	Manche	0,130	0,1460	57	1991-2008
I5321510	375563	2484831	Calvados	0,160	0,1780	135	1982-2008
I5352010	376251	2482400	Calvados	0,265	0,2980	245	1984-2008
I5401510	375018	2484890	Calvados	0,484	0,5220	389	1984-2008
I6983010	322199	2463398	Manche	0,033	0,0340	9	1992-2008
I3442310	384171	2438696	Calvados	0,051	0,0770	92	1969-2008
I3422010	381576	2426652	Orne	-1,000	0,0000	145	2008-2008
I3462010	396319	2433407	Orne	0,687	0,9420	516	1998-2007
I3463010	390927	2431510	Orne	0,205	0,2210	113	1976-2005
I3463510	379516	2420350	Orne	0,013	0,0140	5	1976-2004
I3463520	379840	2420355	Orne	0,025	0,0270	8	1976-2004
I3463610	379596	2419699	Orne	0,012	0,0130	3	1976-2004
I3521020	393587	2447201	Calvados	1,960	2,9200	2170	1986-1997
I3531010	396356	2455549	Calvados	-1,000	0,0000	2255	2006-2008
I3612060	403270	2454460	Calvados	-1,000	0,0000	135	2006-2008
I3621010	401146	2460306	Calvados	3,050	3,3400	2500	1985-2002
I3712010	384298	2457000	Calvados	0,035	0,0520	76	1992-2005
I3033010	435521	2419595	Orne	0,044	0,0490	80	1994-2008
I3103010	421745	2413208	Orne	0,031	0,0580	92	1998-2008
I3113010	418561	2415715	Orne	0,103	0,1220	128	1998-2008
I3121010	414531	2419569	Orne	1,600	1,7500	929	1998-2008
I3131010	409900	2412300	Orne	1,060	1,0800	995	1946-2006
I3361010	399844	2431326	Calvados	-1,000	0,0000	1478	
I3361020	398520	2433820	Calvados	-1,000	0,0000	1493	
I3352010	399100	2427226	Orne	0,281	0,3580	294	1998-2003

Annexe 8 - Correspondances entre les formations de la carte géologique harmonisée et les entités hydrogéologiques de BDLISA

NOTATION	DESCRIPTION DE LA GEOLOGIE HARMONISEE	EQUIVALENT BDRHF-v2
p-qALLon	Sables et Argiles de La Londe, Pliocène supérieur (Reuvérien) à Pléistocène inférieur	Sables et argiles du Bourbonnais
pSLo	Sables de Lozère : sables argileux grossiers ou fins (Pliocène)	Sables et argiles du Bourbonnais
m-pSLoz	Sables de Lozère, Miocène à Pliocène supérieur (anté-Reuvérien)	Sables et argiles du Bourbonnais
p	Sables, graviers et galets roulés	Sables et faluns mio-pliocènes
p2-3BA (3)	Faluns du Bosq-d'Aubigny	Sables et faluns mio-pliocènes
p2-3BA (2)	Sables du Bosq-d'Aubigny	Sables et faluns mio-pliocènes
p2-3BA (1)	Marnes du Bosq-d'Aubigny	Sables et faluns mio-pliocènes
p2-3BA	Complexe marin du Bosq-d'Aubigny (sables, argiles, faluns)	Sables et faluns mio-pliocènes
p1SG	Faluns à térébratules de Saint-Georges-de-Bohon	Sables et faluns mio-pliocènes
Mu	Sables de Saint-Vigor	Sables et faluns mio-pliocènes
m3-4	Faluns blancs à bryozoaires (Miocène)	Sables et faluns mio-pliocènes
g1SF	Sables de Fontainebleau	Sables de Fontainebleau
g1CBr	Formation de Brie (meulières, calcaires et marnes 1 à 5 m) et Calcaire de Sannois. Stampien inférieu	Sables de Fontainebleau
g1MsAvR	marnes supragypseuses (de bas en haut : Marnes bleues d'Argenteuil et Marnes blanches de Pantin) et	Marnes vertes et supragypseuses
g1S	Stampien inférieur "faciès Sannoisien" : Glaises à Cyrènes et Argiles vertes de Romainville, Cailla	Marnes vertes et supragypseuses
e7-g1CSept	Sépiolites supérieures, "Marnes à Pholadomyes" ou Calcaires à Potamides. Calcaire de Septeuil (ou de	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e7-g1	Argiles de Landéan	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e7C	Argiles et calcaires de Céaucé	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e6S	Bartonien moyen = Marinésien : Sables de Mortefontaine. Bartonien inférieur = Auversien : Sables de	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e6S	Grès à Sabalites	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e6CS-O	Bartonien s.s. : -Auversien : Calcaires à Potamides, Calcaire lacustre de Montagny en Vexin, Calcair	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e6	Calcaire de St-Ouen, Sables de Cresnes et Calcaires de Septeuil (de Champigny), Bartonien moyen et s	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e5	Calcaire grossier à lithothamniés (calcaire noduleux)	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e5b	Poudingue de Thionville-sur-Opton, Glauconie de base et calcaires grossiers (sables calcaires et cal	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e5C	Calcaires à Cérithes, Marnes et caillasses. Calcaire grossier supérieur	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e5CG	Calcaire grossier (Lutétien), marnes et caillasses indifférenciés	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e4A	Argile plastique, argile sableuse, Sparnacien	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e4A	argile plastique avec ou sans silex, argiles panachées puis fausses glaises	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e4aCAv	Conglomérats, Sables et Argiles à galets avellanaires, Sparnacien	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur

NOTATION	DESCRIPTION DE LA GEOLOGIE HARMONISEE	EQUIVALENT BDRHF-v2
e4aSAOM-Cr	Sables et Argile à Ostracodes et Mollusques, Argile Glauconieuse des Craquelins, Sparnacien	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e4bFV	Formation de Varengeville : Sables Fauves, Argiles et Sablons, Argile Brune à concrétions, Argile Gl	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e4bSS	Sables fins de Mathonville, Yprésien inférieur	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e4SCui	Yprésien supérieur : sables de Cuise	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e3-4S	ThanÚtien Ó YprÚsien basal, 0 Ó 7 m : sables fins, parfois argileux, gris, beiges ou verdÔtres; Sabl	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e3-4AS	Sparnacien (argile plastique grise) sur Thanétien (sable gris, grès et poudingue) indifférenciés	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e1-4	Yprésien indifférencié : Argile plastique et Argiles à silex "Sparnacien" et sables de Cuise ou assi	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e1-2CBr	Calcaire grossier jaunâtre de Bray-et-Lû et d'Ambleville et calcaires argileux supérieur de Bray-et-	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e	Eocène indifférencié : sables, grès et argiles, Eocène	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
eC	Calcaires lacustres	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e-g	Sables, argiles, cailloutis, grès silicifiés conglomératiques	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
eS	Sables, grès et argiles éocènes indifférenciés	Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
e3P	Thanétien : sable gris, grès, poudingue.	Sables du Thanétien
e3S-CA	Sables à silex verdis, Sables, Grès du Pays de Caux et Calcaire Lacustre d'Ailly, Thanétien supérieu	Sables du Thanétien
Rs	Formations résiduelles à silex : silex anguleux, argiles et sables. Souvent solifluée sur les versan	Argiles à silex
RS	Formations résiduelles à silex (argiles à silex s.s. et limons argileux rouges à silex), Cénozoïque	Argiles à silex
RS	Argiles à silex	Argiles à silex
RS	Argiles à silex	Argiles à silex
RSC	Argiles à silicifications diverses, silcrêtes, zones silicifiées	Argiles à silex
RSC	Argiles à silicifications diverses, silcrêtes in situ ou mélangées à des argiles à silex	Argiles à silex
Rc1-2	Altérite de craie cénomanienne et turonienne indifférenciées	Argiles à silex
Rc1	Altérite de craie cénomanienne	Argiles à silex
Rc1	Altérite de craie cénomanienne	Argiles à silex
R^a	Argiles à meulières	Argiles à silex
RAS (+RS, RSC et Rc1)	Argile à silex sur calcaires jurassiques et/ou crétacés	Argiles à silex sur calcaires jurassiques
c6B	Calcaire à Baculites	Craie du Séno-turonien
c5Cr	Craie blanche à silex, biozones de foraminifères (g, h, i), Campanien	Craie du Séno-turonien
c5Cr	Craie blanche à silex (Campanien-biozone de foraminifères g, h, i, j)	Craie du Séno-turonien
c4-5Cr	Craie blanche à silex, biozones de foraminifères (d, e, f, g, h, i), Santonien à Campanien	Craie du Séno-turonien

NOTATION	DESCRIPTION DE LA GEOLOGIE HARMONISEE	EQUIVALENT BDRHF-v2
c4-5Cr	Santonien-Campanien : craie blanche à silex.	Craie du Séno-turonien
c4-5CrD	Craie dolomitisée à silex (Santono-campanien)	Craie du Séno-turonien
c4aCr	Craie blanche à silex (Craie à Micraster cf. coranguinum), biozones de foraminifères (d), Santonien	Craie du Séno-turonien
c4b-cCr	Craie blanche à silex (Craie à Marsupites testudinarius), biozones de foraminifères (e, f), Santonie	Craie du Séno-turonien
c4Cr	Craie blanche à silex, biozones de foraminifères (d, e, f), Santonien	Craie du Séno-turonien
c4Cr	Craie blanche à silex, parfois indurée et grise à jaunâtre (Santonien. Biozone de foraminifères d, e	Craie du Séno-turonien
c3-4Cr	Craie blanche à silex (Craie à Micraster decipiens, Craie à Micraster cf. coranguinum), biozones de	Craie du Séno-turonien
c3-4Cr	Craie blanche à silex parfois indurée (biozone de foraminifères a, b, c, d. Coniacien-Santonien)	Craie du Séno-turonien
c3bCr	Craie blanche à rares silex noirs, biozone de foraminifères (b), Coniacien moyen	Craie du Séno-turonien
c3bCr	Craie blanche à rares silex noirs, biozone de foraminifères (b), Coniacien moyen	Craie du Séno-turonien
c3cCr	Craie blanche à niveaux de silex noduleux et à dendrites de Mn, biozones de foraminifères (c), Conia	Craie du Séno-turonien
c3Cr	Craie blanche à jaune à silex noirs (Craie à Micraster decipiens), biozones de foraminifères (a, b,	Craie du Séno-turonien
c3Cr	Craie blanche, jaunâtre ou grisâtre à silex, localement indurée (Coniacien. Biozone de foraminifères	Craie du Séno-turonien
c2-3Cr	Craie souvent indurée et granuleuse à petits silex gris-noirs (Turonien inférieur-Coniacien inférieu	Craie du Séno-turonien
c2c-3aCr	Craie blanche à silex cornus et silex rosâtres (Craie à Micraster leskei), biozones de foraminifères	Craie du Séno-turonien
c2	Craie marneuse	Craie du Séno-turonien
c2aCr	Craie blanche marneuse noduleuse sans silex à Inoceramus labiatus, biozones de foraminifères (ti), T	Craie du Séno-turonien
c2bCr	Craie blanche à silex tuberculés, biozones de foraminifères (tm), Turonien moyen	Craie du Séno-turonien
c2cCr	Craie blanche argileuse à rares silex rosés, biozones de foraminifères (ts), Turonien supérieur	Craie du Séno-turonien
c2Cr	Craie grise, marneuse indurée qui s'enrichit en silex vers le sommet (Turonien)	Craie du Séno-turonien
c2M	Craie marneuse à Inoceramus labiatus	Craie du Séno-turonien
c1P	Sables du Perche	Sables du Cénomanien (sables du Perche)
c1SM	Sables du Maine	Sables du Cénomanien (sables du Perche)
c1T(G)	Sables et grès de La Trugalle et de Lamnay	Sables du Cénomanien (sables du Perche)
c1	Craie glauconieuse et Craie de Rouen	Craie cénomanienne
c1	Craie glauconieuse et gaize à cherts indifférenciés	Craie cénomanienne
c1a	Craie glauconieuse (Cénomanien inférieur)	Craie cénomanienne

NOTATION	DESCRIPTION DE LA GEOLOGIE HARMONISEE	EQUIVALENT BDRHF-v2
c1CG	Craie glauconieuse (craie de St Jouin, craie à Pecten asper)	Craie cénomanienne
c1Cr	Craie grise argileuse +/- glauconieuse avec ou sans silex, biozones de foraminifères (cm, cs), Cénom	Craie cénomanienne
c1CrG	Craie glauconieuse à silex gris et noirs (Cénomanien)	Craie cénomanienne
c1G	Gaize à cherts	Craie cénomanienne
c1G	Glauconie sableuse d'Eauplet. Sables glauconieux à lits d'argiles vertes et granules de Qz. Au so	Craie cénomanienne
c1G	Grès résiduels cénomaniens à glauconie	Craie cénomanienne
c1M	Marnes interstratifiées dans la Craie de Rouen	Craie cénomanienne
c1R	Craie de Rouen (ou de Théligny)	Craie cénomanienne
c1RG	Grès interstratifiés dans la Craie de Rouen-Théligny	Craie cénomanienne
c1aGl	Glauconie de base ou Glauconie sableuse d'Eauplet, Cénomanien inférieur	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
c1b	Gaize à cherts gris ou noirs	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
c1CrGl	Glauconie de base et craie grise argileuse +/- glauconieuse avec ou sans silex, biozones de foramini	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
n6	Glauconie de base	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
n6-c1	Glauconie de base (ou Glauconie à Ostrea vesiculosa, ou à Pycnodonte vesiculosum)	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
n6c-c1a	Gaize et Glauconie de base indifférenciées, Albien supérieur à Cénomanien inférieur	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
n6cGz	Gaize, Albien supérieur	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
n6-c1A	Argiles glauconieuses à minerai de fer	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
n5c-c1a	Argiles du Gault, Gaize et Glauconie de base indifférenciés, Albien supérieur à Cénomanien inférieur	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
n6cAG	Argiles du Gault, Albien supérieur	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
n6MS	sables ferrugineux, "poudingue ferrugineux" ou graviers (Albien inférieur) puis "Argiles de Gault"	Sables de L'Albien
n5	Sables siliceux et glauconieux, argiles	Sables de L'Albien
n5b-6aSGF	Sables verts, Sables et Grès ferrugineux, Poudingue ferrugineux, Aptien supérieur à Albien inférieur	Sables de L'Albien
n4AP	Argiles panachées, Barrémien	Argiles de l'Aptien-Barrémien
n2-4Wd	Sables et grès à faciès wealdiens, Valanginien à Barrémien	Sables du Néocomien
j7cC	Calcaire lithographique, Portlandien inférieur	Calcaires tithoniens
j7cMCEx	Marno-calcaires et lumachelles à Exogyres, Portlandien moyen	Calcaires tithoniens
j7cSGTg	Sables et Grès à Trigonies, Portlandien supérieur	Calcaires tithoniens
j6ACEx	Argiles noires à Exogyres et calcaires à Harpagodes, Kimméridgien	Marnes du Kimmeridgien
j6	Argiles et calcaires marneux	Marnes du Kimmeridgien
j6	Argiles et calcaires marneux (Kimméridgien inférieur)	Marnes du Kimmeridgien

NOTATION	DESCRIPTION DE LA GEOLOGIE HARMONISEE	EQUIVALENT BDRHF-v2
j6AC	Calcaire coquillier de base, marnes et "bancs de plomb", alternances d'argiles et calcaires marneux	Marnes du Kimmeridgien
j5-6O	Sables et grès de l'Ormoie	Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
j5C	Calcaire récifal du Mont Canisy	Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
j5AS	Calcaires à astartes	Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
j5G	Grouais-Calcaires du Bellêmois, calcaire corallien de Mortagne	Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
j5Gl	Sables de Glos	Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
j5R	Roussié de Gacé	Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
j5SGl	Sables de Glos (Oxfordien)	Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
j5T	Calcaires récifaux et oolites de Trouville, Lisieux, Blangy, St-Aubin	Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
j5V	Sables du Vairais-Sables de Mortagne	Marnes callovo-oxfordiennes
j4SF	Sables de Saint-Fulgent-des-Ormes	Marnes callovo-oxfordiennes
j5AV	Argiles de Villerville ou de Cricqueboeuf	Marnes callovo-oxfordiennes
j5O	Oolite ferrugineuse de Villers, argiles à Lopha gregarea et calcaire d'Auberville indifférenciés	Marnes callovo-oxfordiennes
j5V	Marnes de Villers	Marnes callovo-oxfordiennes
j5VC	Argiles de Villerville et de Cricqueboeuf	Marnes callovo-oxfordiennes
j4-5MP	Marnes à Pernes	Marnes callovo-oxfordiennes
j4ACM	Argiles et marnes sableuses et Assise des Carreaux indifférenciées	Marnes callovo-oxfordiennes
j4D-j5V-0	Marnes de Dives, marnes de Villers, oolite de Villers et argiles à Lophea gregarea indifférenciées	Marnes callovo-oxfordiennes
j4EX	Marnes et calcaires d'Exmes	Marnes callovo-oxfordiennes
j4	Callovien indifférencié	Marnes callovo-oxfordiennes
j4A	Marnes d'Argences	Marnes callovo-oxfordiennes
j4A-B	Marnes d'Argence et marnes à Belemnopsis latesulcatus indifférenciées	Marnes callovo-oxfordiennes
j4AC	Assise des Carreaux	Marnes callovo-oxfordiennes
j4A-E	Marnes d'Escoville et marnes d'Argence indifférenciées	Marnes callovo-oxfordiennes
j4ALR	Marnes et calcaires d'Assé-Le-Riboul	Marnes callovo-oxfordiennes
j4B	Marnes à Belemnopsis latesulcatus	Marnes callovo-oxfordiennes
j4BG	Marnes à brachiopodes de la forêt de Gouffern	Marnes callovo-oxfordiennes
j4C	Marnes sableuse et calcaires de Crèvecoeur	Marnes callovo-oxfordiennes
j4CM	Argiles et marnes sableuses	Marnes callovo-oxfordiennes
j4D	Marnes de Dives et couches du Mauvais Pas	Marnes callovo-oxfordiennes
j4D-5VO	Marnes de Dives, de Villers, Oolite de Villers, Argiles à Lophea gr., indifférenciées	Marnes callovo-oxfordiennes
j4E	Marnes du Chevain (ou d'Escoville)	Marnes callovo-oxfordiennes
j4E-A-B	Marnes d'Escoville, marnes d'Argences et marnes à Belemnopsis latesulcatus indifférenciées	Marnes callovo-oxfordiennes
j4M	Marnes de Montmarlo-Marnes de Rouillé	Marnes callovo-oxfordiennes
j3Li-4E	Faciès marneux du Cornbrash	Marnes callovo-oxfordiennes
j3BO	Marnes et calcaires de Bourg-Le-Roi	Marnes callovo-oxfordiennes
j3Li	Argiles de Lion-sur-Mer	Marnes callovo-oxfordiennes

NOTATION	DESCRIPTION DE LA GEOLOGIE HARMONISEE	EQUIVALENT BDRHF-v2
j4G	Oolite ferrugineuse de Grandmesnil, de Chemilli	Marnes callovo-oxfordiennes
j4OS	Oolite de Suré	Marnes callovo-oxfordiennes
j4PC	Faciès de bordure des écueils paléozoïques (Callovien)	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3B	Caillasse de Blainville	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3b	Calcaires du Bathonien supérieur indifférenciés	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3BE-A	Caillasse de Belle-Eau et Calcaire d'Argentan	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3BF	Calcaires de Bailleul et de Fresné-La-Mère	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3C	Calcaire de Caen	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3CM-CB	Calcaire de Mamers et Caillasse des Baronnières	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3E	Caillasses de La Basse-Ecarde, de Belle-Eau ou de Chambois	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3EC	Faciès de bordure des écueils paléozoïques (Bathonien)	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3ES	Calcaire d'Ecouché et calcaire de Sarceaux (regroupés)	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3F	Calcaire de Fel	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3F	Caillasse de la Fontaine-Henry	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3La	Calcaires de Langrune, Argentan, ou Chambois	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3L-E	Caillasse de la Basse-Ecarde et calcaire de Langrune indifférenciés	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3M	Calcaires de Bon-Mesnil, Blainville, Sarceaux, ou des Mées	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3Mo	Calcaire de Bon-Mesnil: faciès d'Olendon	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3N	Calcaires à nérinées-Calcaires à bryozoaires	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3Ra	Calcaire de Ranville	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3Ro	Calcaires de Rouvres, de Creully, de Saint-Pierre-du-Mont	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3V	Calcaire de Valfrembert	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j2DA-3N	Calcaires de Damigni, Villers, Mamers, Valfrembert, du Saosnois, regroupés	Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
j3MP	Marnes de Port-en-Bessin	Marnes du Dogger (Bathonien)
j2	Calcaires bioclastiques (zone à Humphriesanum et Nortiense)	Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
j2-3E	Faciès de bordure des écueils paléozoïques (Bajocien-Bathonien)	Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
j2-3S	Calcaires du Bajocien et/ou du Bathonien silicifiés	Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
j2A	Calcaire à Acanthothiris spinosa	Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)

NOTATION	DESCRIPTION DE LA GEOLOGIE HARMONISEE	EQUIVALENT BDRHF-v2
j2DA	Calcaires oolitiques de Damigni, Villaines-la-Carelle, du Saosnois	Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
j2O	Oolite ferrugineuse et conglomérat de Bayeux	Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
j2S	Calcaires à spongiaires de Fresné-la-Mère, Falaise	Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
j1-2	Oolite Fe-Mâlière, oolite Fe-conglomérat de Bayeux, calcaires à spongiaires, indifférenciés	Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
j1-2ª	Calcaires meuliérisés résiduels	Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
j1-2M	Malière	Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
j1A	Arkose d'Alençon, Sables et graviers de Tessé	Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
l4	Argiles à poissons et Calcaires et marnes à ammonites	Marnes du Lias supérieur
l3A-4	Argiles blanches et calcaires à oolites ferrugineuses	Marnes du Lias supérieur
l3-4	Sables et argiles d'Aunou	Marnes du Lias supérieur
l3O	Sables et grès de Sainte-Opportune	Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
l3	Marnes et calcaires à bélemnites	Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
l3	Calcaire à bélemnites	Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
l2	Calcaires marneux à Gryphea arcuata	Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
l1	Argiles et calcaires d'Huberville, Calcaire de Valognes	Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
t6	Argiles grises et rouges, sables, conglomérats, cailloutis et calcrêtes	Sables et Grès du Trias moyenà supérieur (ouest)
t6±	Silcrêtes du Trias	Sables et Grès du Trias moyenà supérieur (ouest)
t6£	Calcrêtes du Trias	Sables et Grès du Trias moyenà supérieur (ouest)
t6L	Calcaire de Lestre	Sables et Grès du Trias moyenà supérieur (ouest)
t7-l1	Argiles à lignite d'Airel	Sables et Grès du Trias moyenà supérieur (ouest)
r1G	Schistes, grès et calcaires ("Autunien gris")	Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
r1R	Schistes, grès, conglomérats et pélites ("Autunien rouge")	Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
h1-2M	Calcaires de Montmartin-sur-Mer	Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
h1R	Grès du Robillard	Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
h4P	Formation houillère du Plessis	Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
h5	Formation houillère du Molay-Littry	Schistes et grès du Carbonifère et du Permien

Correspondances entre les formations de la carte géologique harmonisées et les entités hydrogéologiques du référentiel : les noms des entités sont ceux de la BDRHF-V2.

Annexe 9 - Correspondances entre les formations rencontrées dans les logs géologiques validés et les entités hydrogéologiques de BDLISA

Formations locales rencontrées en forage		Entités hydrogéologiques BDLISA	
Identifiant	Appellation des formations des logs validés	Code régional	Intitulé
10210	Sables de Lozère	F02A	S Sables et argiles du Bourbonnais
02560	Faluns des Bohons	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
02680	Sables de Saint-Vigor	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
02690	Complexe marin du Bosq d'Aubigny	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
10014	Sables et graviers mio-pliocènes	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
10015	Conglomérat ferrugineux de Saint-Georges-de-Bohon	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
10200	Marne du Bosq d'Aubigny	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
11131	Faluns de Bléhou	F02B	S Sables et faluns mio-pliocènes
14010	Sables et Grès de Fontainebleau	F03A	S Sables de Fontainebleau
14170	Argiles à meulières de Montmorency	F03A	S Sables de Fontainebleau
14171	Meulière de Montmorency	F03A	S Sables de Fontainebleau
14210	Sables et grès de Fontainebleau inférieurs	F03A	S Sables de Fontainebleau
14320	Calcaire de Brie	F03A	S Sables de Fontainebleau
14350	Calcaire et argile à meulières de Brie	F03A	S Sables de Fontainebleau
14351	Meulière de Brie	F03A	S Sables de Fontainebleau
14370	Calcaire de Sannois	F03A	S Sables de Fontainebleau
14250	Marnes à huîtres	F03B	D Marnes à Huîtres du Stampien
14020	Marnes vertes s. l.	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14325	Argiles vertes et glaises à Cyrènes	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14330	Argile verte de Romainville	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14331	Argile verte supérieure	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14332	Bande Blanche	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14333	Argile verte s.s.	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14340	Glaise à Cyrènes	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14371	Argile verte	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14690	Marne à Bithinies	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
14711	Marnes supragypseuses et Marnes vertes	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
21030	Marnes supragypseuses	F03F	D Marnes vertes et supragypseuses
18000	Série éocène des grabbens de Ceaucé	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
21050	Marnes de Pantin	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
21060	Marnes bleues d'Argenteuil	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
21120	Marnes et masses du gypse	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
21122	Marnes ludiennes	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
21160	Marnes infragypseuses	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
21180	Calcaire de Champigny	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
21210	Falun du Vouast	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
21230	Calcaire de Septeuil	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
21251	Argiles et calcaires à bithynies de Céaucé	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
21410	Calcaire de Saint-Ouen et Calcaire de Champigny	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
21450	Argiles à corbules de Normandie	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
22502	Marnes à gastéropodes du Bas-Bray	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
22580	Sables de Monceau (Sables d'Argenteuil)	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
22590	Sables de Marines	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
22640	Sables de Cresnes	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
22678	Marnes et calcaires de Saint-Ouen	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
22680	Calcaire de Saint-Ouen	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
22700	Sables de Montagny en Vexin	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
22710	Sables de Mortefontaine	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
22711	Formation de Mortefontaine	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
22730	Sables d'Ezanville	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23020	Sables et grès inférieurs de Fyé	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23090	Sables ou grès de Beauchamp	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23100	Sables du Fayel	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23120	Sables d'Auvers-Beauchamp s.l.	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23130	Sables d'Auvers-Beauchamp	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23290	Sables d'Auvers-le-Fayel et la Villetertre (Sables roux)	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23300	Calcaire à corbules de Neauphle	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23330	Calcaire lacustre de Montagny-en-Vexin, supérieur	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur

23340	Horizons à Meretrix rustica	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23350	Calcaire lacustre de Montagny-en-Vexin, inférieur	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23390	Sables et grès à Sabalites	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23481	Sables et grès bartoniens normands	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
23482	SilcrÛtes	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24009	Falun éocène du Cotentin	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24010	Calcaire éocène du Cotentin	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24070	Calcaire de Morancez	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24080	Marne de Villeau	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24150	Marnes et caillasses lutétiennes	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24151	Marnes, caillasses, calcaires à cérithes et milioles	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24170	Marnes et caillasses lutétiennes supérieures	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24190	Marnes et caillasses lutétiennes inférieures	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24210	Calcaire grossier s.l. d'Ile-de-France	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24220	Calcaire à Cérithes	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24380	Calcaire glauconieux à Orbitolites complanatus	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24390	Calcaire grossier moyen d'Ile-de-France	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24410	Calcaire grossier à Miliolites (Calcaire grossier)	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24455	Calcaire à Nummulites laevigatus	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24460	Calcaire glauconieux à Nummulites laevigatus	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24470	Calcaire et sables à Nummulites laevigatus	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24480	Sables graveleux de Cahaignes	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
24510	Glauconie grossière	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25080	Fausses glaises de Paris	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25260	Sables de Cuise-la-Motte	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25480	Sables et grès du Breuillet (Arkose du Breuillet)	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25490	Formation de Varengeville	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25550	Argile et faluns à hu¯tres	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25570	Fausses Glaises du Vexin	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25590	Sables fauves sparnaciens (de la formation de Varengeville)	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25670	Sables et argiles sparnaciens	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25700	Banc à lignite de Varengeville	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25720	Argile plastique bariolée du Vexin	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25840	Argile plastique	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
28080	Sables du Thymerais	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
29010	Calcaire de Meulan	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
29060	Marnes à rognons	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
29080	Marnes de Meudon	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
29120	Calcaire grossier d'Ambleville	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
29130	Calcaire pisolithique de Vigny	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
29140	Calcaire récifal de Vigny	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
29150	Calcaire de Meudon	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
MA01400	Argiles de Landéan	F04G	S Marnes et calcaires de l'Eocène inférieur
25810	Calcaire d'Ailly	F04H	S Sables du Thanétien
27030	Sables de Bracheux	F04H	S Sables du Thanétien
28000	Formations détritiques continentales	F04H	S Sables du Thanétien
28060	Argiles à silex	F05B	D Argiles à silex
28070	Formations résiduelles à silex	F05B	D Argiles à silex
F0004202	Argiles à silex résiduelles issues du Turonien-Coniacien	F05B	D Argiles à silex
28060	Argiles à silex	F05C	D Argiles à silex sur calcaires jurassiques
30011	Calcaire à Baculites de Valognes (Calcaire à Baculites)	F06Q	S Craie du Séno-turonien
30151	Craie à Belemnitella mucronata	F06Q	S Craie du Séno-turonien
30511	Craie à belemnitelles	F06Q	S Craie du Séno-turonien
31260	Craie à bryozoaires	F06Q	S Craie du Séno-turonien
31300	Craie à Micraster coranguinum	F06Q	S Craie du Séno-turonien
31810	Craie à Micraster cortestudinarium	F06Q	S Craie du Séno-turonien
31820	Craie à Micraster decipiens (Assise à Micraster decipiens)	F06Q	S Craie du Séno-turonien
31880	Craie blanche à silex	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33020	Craie à Micraster normanniae	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33140	Craie à silex	F06Q	S Craie du Séno-turonien

33250	Craie	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33270	Craie à Micraster leskei	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33281	Craie à Micraster breviporus (Assise à Micraster breviporus)	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33290	Craie de Blosseville-Bonsecours	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33410	Craie de Maromme à Terebratula semiglobosa	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33420	Craie marneuse à Terebratula semiglobosa	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33531	Dièves crayeuses	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33610	Craie marneuse	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33620	Craie marneuse à Inoceramus labiatus	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33621	blanche)	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33690	Craie à inocérames	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33700	Craie à Inoceramus labiatus	F06Q	S Craie du Séno-turonien
33900	Craie grise de Picardie	F06Q	S Craie du Séno-turonien
34135	Sables du Perche	F07A	S Sables du Cénomanien (sables du Perche)
34621	Sables et grès du Maine	F07A	S Sables du Cénomanien (sables du Perche)
34010	Craie noduleuse	F07C	S Craie cénomanienne
34020	Dièves	F07C	S Craie cénomanienne
34060	Craie à Actinocamax plenus (Assise à Actinocamax plenus)	F07C	S Craie cénomanienne
34340	Couches de Rouen	F07C	S Craie cénomanienne
34360	Craie de Rouen	F07C	S Craie cénomanienne
34400	Marnes de Nogent-le-Bernard	F07C	S Craie cénomanienne
34650	Craie glauconieuse	F07C	S Craie cénomanienne
34670	Craie sableuse du Mont-Gargan	F07C	S Craie cénomanienne
34744	Craie et marne glauconieuse	F07C	S Craie cénomanienne
34123	Gaize du Pays de Bray	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
34308	Tourtia	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
34610	Grès verts de la Sarthe	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
34640	Argile glauconieuse à minerai de fer	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
34690	Glauconie sableuse d'Auplet	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
34709	Marnes de Ballon	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
34712	Marnes glauconieuses cénomaniennes	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
34743	Gaize du Perche	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
34750	Glauconie à Ostrea vesiculosa	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
34805	Calcaires à Orbitolina concava	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
34812	Sables et grès glauconieux à Orbitolines et Exogyra columba minor	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
35002	Glauconie de base albienne	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
35101	Sables verts de Nogent-le-Rotrou	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
35120	Gaize de Normandie	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
35350	Argiles des Pommerats	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
35480	Sables et grès de Frécambault	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
35600	Argiles du Gault	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
35670	Poudingue ferrugineux albien	F07D	D Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur
35760	Sables verts	F08HIM	S Sables de l'Albien
35762	Sables verts inférieurs	F08HIM	S Sables de l'Albien
36000	Sables et grès jaunÔtres albo-aptiens	F08HIM	S Sables de l'Albien
36011	Sables glauconieux et siliceux, argiles silteuses, albo-aptiens	F08HIM	S Sables de l'Albien
36012	Silts et argiles aptiens	F08HIM	S Sables de l'Albien
36090	Sables ferrugineux de Normandie	F08HIM	S Sables de l'Albien
37741	Sables verts supérieurs	F08HIM	S Sables de l'Albien
37070	Sables et argiles bariolés barrémiens	F08JKN	D Argiles de l'Aptien-Barrémien
37600	Argile bariolée et grès ferrugineux de Saint-Martin-d'Auxigny	F08JKN	D Argiles de l'Aptien-Barrémien
37620	Argiles panachées	F08JKN	D Argiles de l'Aptien-Barrémien
39850	Faciès Wealdien	F08O	S Sables du Néocomien
51220	Calcaires et marnes à exogyres (Calcaires et marnes à Nannogyra striata)	F09M	D Marnes du Kimméridgien
51243	Calcaires argileux et argiles grises à Exogyra virgula	F09M	D Marnes du Kimméridgien
51081	Calcaires à Astartes du Perche	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
51244	Calcaires argileux et argiles (dont les bancs de Plomb)	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
51503	Faciès calcaire à Astartes	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52022	Sables et grès de l'Ormoie	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52031	Sables de Glos et Calcaires à Astartes du Perche	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur

52032	Calcaire de Blangy (Oxfordien coralligène)	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52033	Calcaire corallien supérieur (Oxfordien coralligène)	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52034	Calcaires coralliens du BellÛmois	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52035	Calcaires oolithico-détritiques inférieurs	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52036	Sables de Glos	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52541	Grouais de l'Orne	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52542	Calcaire corallien de Trouville et Oolithe de Trouville	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52543	Calcaire corallien de Trouville	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52544	Oolite de Trouville	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52703	Calcaire corallien de la Ferté-Bernard	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52721	Roussier de Gacé	F10F	S Calcaires du Kimméridgien inférieur et Oxfordien supérieur
52023	Argiles de Villerville ou de Criqueboeuf	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
52711	Calcaire d'Auberville	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
52712	Marnes à hu¯tres et calcaires lumachelliques, oxfordiens	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
52713	Argiles bleues et calcaires argileux à oolithes ferrugineuses	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
52714	Couches à Lopha gregarea (Argiles à Lopha gregarea)	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
52722	Oolithe ferrugineuse de Villers	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
52723	Marnes de Villers-sur-Mer	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53152	Marnes d'Argences	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53153	Marnes d'Escoville	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53155	Marnes du Chevain	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53157	Formation des Marnes et Sables d'Assé-le-Riboul	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53162	Marnes à pernes	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53171	Sables de Saint-Fulgent-des-Ormes	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53172	Assise des Carreaux	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53173	Marnes de Dives et Couches du Mauvais-Pas	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53174	Marnes de Montmarlo	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53212	Marnes et calcaires sableux d'Assé-Le-Riboul	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53214	Marnes à Belemnopsis latesulcatus	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53215	Marnes à brachiopodes de la forÛt de Gouffern	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53216	Marnes d'AlmenÛches	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53232	Marnes de Saint-Calez-en-Saosnois	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53241	Marnes et calcaires du Pays d'Auge	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53242	Marnes sableuses et calcaires sableux d'Assé-le-Riboul	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53321	Marnes et calcaires de Crèvecoeur-en-Auge	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53322	Argiles calcaires et calcaires indifférenciés de Livarot	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
54031	Argiles de Lion-sur-Mer	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
54033	Marnes de Bourg-le-Roi	F10G	D Marnes callovo-oxfordiennes
53154	Oolithe de Suré	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
53233	Oolithe ferrugineuse de Chemilly	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
53302	Faciès du Cornbrash	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54030	Oolithe miliaire	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54032	Faciès de bordure des écueils paléozo´ques du Pays d'Auge	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54034	Calcaire de Langrune	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54035	Caillasse de La Basse-Ecarde	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54036	Calcaire de Ranville	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54037	Caillasse de Blainville	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54038	Oolithe de Mamers	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54042	Calcaire à Bryozoaires d'Argentan	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54043	Calcaire de Chambois	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54049	Calcaire de Fel	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54113	Formation des Calcaires du Saosnois	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54289	Calcaire oolitique de Bon-Mesnil	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54291	Calcaire de Blainville	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54293	Caillasse de La Fontaine-Henry	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54294	Calcaires sublithographiques de Valframbert	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54295	Calcaire de Creully	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54296	Calcaire de Vierville	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54304	s.s.	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54305	Formation du Calcaire de Caen : membre du "Banc bleu"	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)

54311	Calcaire oolitique de Sarceaux	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54312	Calcaire de Rouvres	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54313	Calcaire fin de Bailleul	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54314	Calcaire d'Ecouché	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54321	Calcaire de Cricqueville	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54387	Calcaire de Caen	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54411	Calcaires micritiques à Nérinées ou bioclastiques à bryozoaires, passées argileuse ou sableuses	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
F0004548	Caillasse de Ranville	F11R	S Calcaires du Dogger (Bathonien-Callovien)
54381	Marnes de Port-en-Bessin	F11S	D Marnes du Dogger (Bathonien)
54385	Couches de passage du Bessin	F11S	D Marnes du Dogger (Bathonien)
54414	Calcaire à Acanthothyris spinosa	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
55002	Oolithe blanche de Normandie	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
55033	Couche verte de la MOlière : calcaire verdi et conglomérat phosphaté	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
55041	Calcaires à spongiaires	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
55042	Oolithe de Villaines-la-Carelle	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
55121	Oolithe ferrugineuse de Bayeux	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
55220	Couches à Blagdeni	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
55261	MÔlière : Oolithe ferrugineuse aalénienne, calcaires argileux à silex, Couche verte, indifférenciés	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
55262	Calcaires à spongiaires, oolithe ferrugineuse de Bayeux, mÔlière et oolithes ferrugineuses aaléniennes indifférencés	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
55331	MÔlière : calcaires argileux à silex	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
55500	Sables et graviers de Tessé	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
56012	Arkoses d'Alenèon	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
56014	MÔlière : Oolithe ferrugineuse aalénienne	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
F0000909	Conglomérat et Oolite ferrugineuse de Bayeux	F11T	S Calcaires du Dogger (Aalénien-Bajocien)
57080	Marnes à Bifrons	F12A	D Marnes du Lias supérieur
57090	Schistes carton = Marnes bitumineuses à Posidonomya bronni et calcaires de Mertzwiller (possible Harpoceras serpentinum)	F12A	D Marnes du Lias supérieur
57122	Argiles à poissons	F12A	D Marnes du Lias supérieur
57123	Argiles à poissons et marnes et calcaires à ammonites	F12A	D Marnes du Lias supérieur
57181	Calcaires et marnes à ammonites toarciens	F12A	D Marnes du Lias supérieur
57121	Sables et calcaires de Saint-Rémy-du-Val	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
57191	Sables d'Aunou-sur-Orne	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
57193	Faciès d'écueil en bordure du paléozo´que de Villers-Bocage	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
58051	Calcaire à Bélemnites (Normandie) : membre du Banc de Roc	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
58091	Calcaire à Bélemnites (Normandie) : membre des marnes à Bélemnites	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
58152	Calcaires du Moulin de Jupilles	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
58153	Calcaires de Buchaille	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
59080	Marnes vertes et calcaires gris à oolithes ferrugineuses, carixiens	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
59090	Marnes et calcaires à bélemnites	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
59191	Calcaire à Bélemnites (Normandie)	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
61080	Calcaires à gryphées de Normandie	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
62300	Calcaire de Baupte	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
62301	Argiles et calcaires d'Huberville et de Valognes	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
62302	Calcaires de Valognes	F12B	S Calcaires argileux et grès du Lias inférieur
62521	Argiles à lignite de Saint-Fromond-Airel	F15A	S Sables et Grès du Trias moyen à supérieur (ouest)
63300	Grès et argiles rhétiens	F15A	S Sables et Grès du Trias moyen à supérieur (ouest)
63320	Marnes irisées supérieures	F15A	S Sables et Grès du Trias moyen à supérieur (ouest)
63415	Conglomérats, sables, cailloutis et argiles	F15A	S Sables et Grès du Trias moyen à supérieur (ouest)
63616	Calcaires et arkoses de Neuilly-La-ForÛt	F15A	S Sables et Grès du Trias moyen à supérieur (ouest)
63750	Calcaires de Lestre	F15A	S Sables et Grès du Trias moyen à supérieur (ouest)
64000	Schistes, grès, conglomérats et pélites (Autunien rouge, séries IV, V, VI)	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
64001	Formation de l'Autunien rouge	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
64002	Formation de l'Autunien gris	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
64010	Pélites de Saint-Jean-de-Daye (série VI de l'Autunien rouge)	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
64020	Grès rouges et conglomérats de Cartigny-l'Epinay (série V de l'Autunien rouge)	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
64030	Schistes et pélites rouges (série IV de l'Autunien rouge)	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
64040	Schistes, grès et calcaires (séries II et III de l'Autunien gris)	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
64050	Calcaires de Saint-Martin-de Blagny (série III de l'Autunien gris)	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
64060	Grès, conglomérats et schistes (série II de l'Autunien gris)	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
64100	Série houillère du Molay-Littry	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
64122	Houiller	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien
64130	Conglomérats, grès et schistes houillers du Plessis	F16B	S Schistes et grès du Carbonifère et du Permien

Annexe 10 - Lexique de caractérisation des entités

(d'après le guide méthodologique : Rapport BRGM RP-52261-FR)

1. 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 1) ;
la nature de l'entité, parmi 7 possibilités (cf. tableau 2 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,

Tableau 1 : thèmes de rattachement des entités hydrogéologiques à une formation géologique

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

Tableau 2 : état de la nappe

Code	Libellé	Définition
1	Entité hydrogéologique à nappe captive	Une entité hydrogéologique est captive lorsqu'elle est confinée entre deux terrains peut ou pas perméables.
2	Entité hydrogéologique à nappe libre	Une entité hydrogéologique est libre lorsqu'elle n'est pas limitée vers le haut par des terrains imperméables.
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.

Tableau 3 : nature des entités

Code	Libellé	Définition
1	Grand système aquifère (GSA)	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 lithostratigraphiques et/ou structurales. Le grand système aquifère est une entité de premier niveau.

2	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.
12	Grand système multicouche (GDH)	Superposition du Grand système aquifère et du Grand système hydrogéologique. Le Grand système multicouche est une entité de premier niveau.
3	Système aquifère (SA)	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 instant donné du milieu souterrain. Le système aquifère est une entité de second niveau.
4	Domaine hydrogéologique DH	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, - structurale - stratigraphie - piézométrie - géochimique - hydraulique Le domaine hydrogéologique est une entité du second niveau.
5	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 réputée supérieure à 10-6 m/s présentant des ressources en eau suffisante pour être exploitée. L'unité aquifère 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).
6	Unité semi-perméable	Une unité semi-perméable est une entité hydrogéologique de niveau local présentant une perméabilité moyenne réputée comprise entre 10-9 m/s et 10-6 m/s et/ou présentant 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).
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 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).

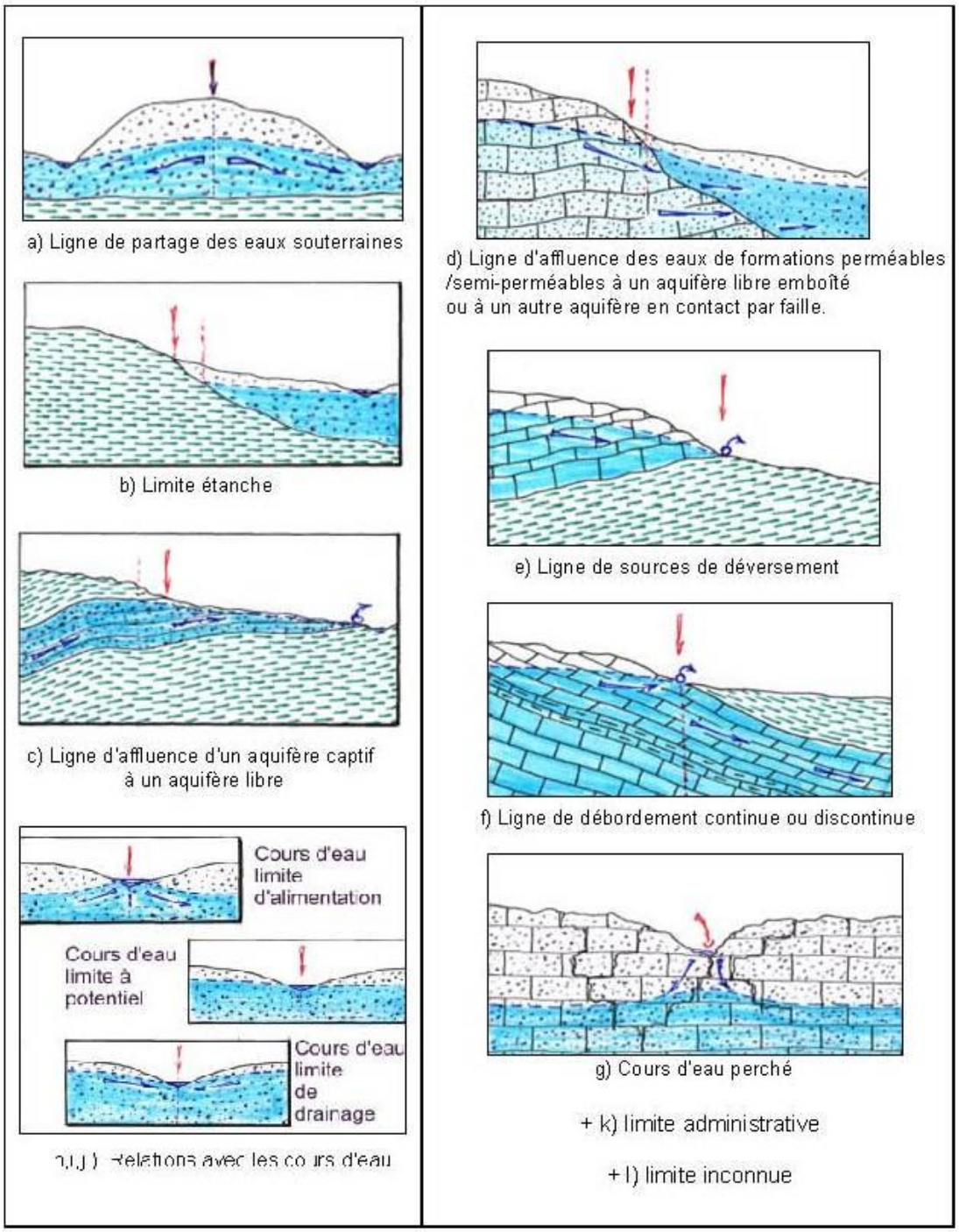
Nature des entités

Tableau 4 : Milieu

Code	Libellé	Définition
0	Inconnu	
1	Milieu poreux	Milieu doté d'une porosité significative
2	Milieu fissuré	Milieu discontinu affecté de surfaces de séparation, ne traversant pas le massif rendu perméable.
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.
4	Double porosité : matricielle et de fissures	Milieu caractérisée à la fois par une matrice poreuse et par un réseau de fissures ayant tous deux un rôle hydrodynamique important
5	Double porosité : karstique et de fissures	Milieu caractérisée à la fois par un réseau karstique et par un réseau de fissures ayant tous deux un rôle hydrodynamique important
6	Double porosité : de fractures et/ou de fissures	Milieu caractérisée à la fois par un réseau de fractures et/ou par un réseau de fissures ayant tous deux un rôle hydrodynamique important
7	Double porosité : matricielle et de fractures	Milieu caractérisée à la fois par une matrice poreuse et par un réseau de fractures ayant tous deux un rôle hydrodynamique important
8	Double porosité : matricielle et karstique	Milieu caractérisée à la fois par une matrice poreuse et par un réseau de karstique ayant tous deux un rôle hydrodynamique important

2. Types de limites

12 types sont définis dans le guide méthodologique :



Annexe 11 - Le modèle de gestion du référentiel et la géodatabase des entités

1. Le modèle de gestion

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

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

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

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

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

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

2) de restituer ces informations, à savoir :

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

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

1.1. FONCTIONNALITÉS DU MODÈLE

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

1.1.1. Phase d'élaboration du référentiel

Le modèle de gestion permet :

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

1.1.2. Phase d'exploitation du référentiel

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

- d'éditer automatiquement des fiches d'analyse par entité. Ces fiches précisent notamment les ordres d'apparition de l'entité (affleurante, sous couverture d'ordre1, sous couverture d'ordre 2, …), la liste des entités sus-jacentes (les "toits") et sous-jacentes (les "murs") avec mention des superficies de recouvrement ;
- de réaliser des coupes verticales suivant des directions quelconques;
- d'automatiser les mises à jour à partir du niveau 3 : les modifications sont faites sur les entités de plus bas niveau (NV3) et répercutées automatiquement sur les entités des niveaux supérieurs (NV1 et NV2);

1.2. ORGANISATION ET PRINCIPES DE BASE DU MODÈLE

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

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

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

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

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

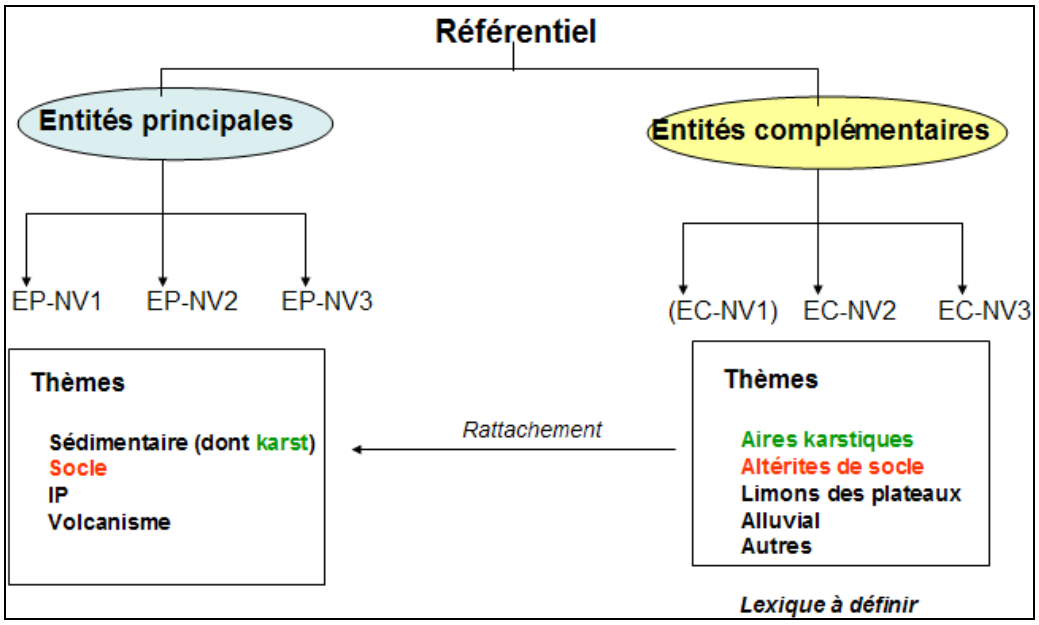


Illustration A1 - Organisation générale du référentiel

1.2.2. Ordonnancement vertical

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

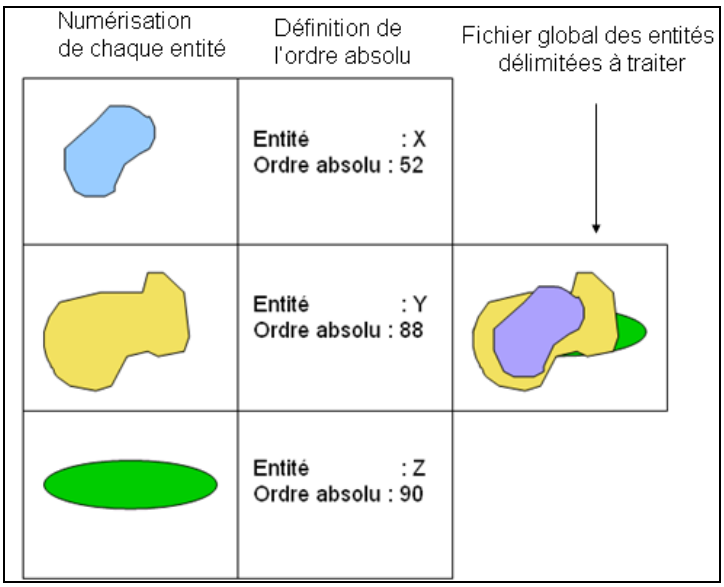


Illustration A2 - Ordonnancement des entités par un âge absolu

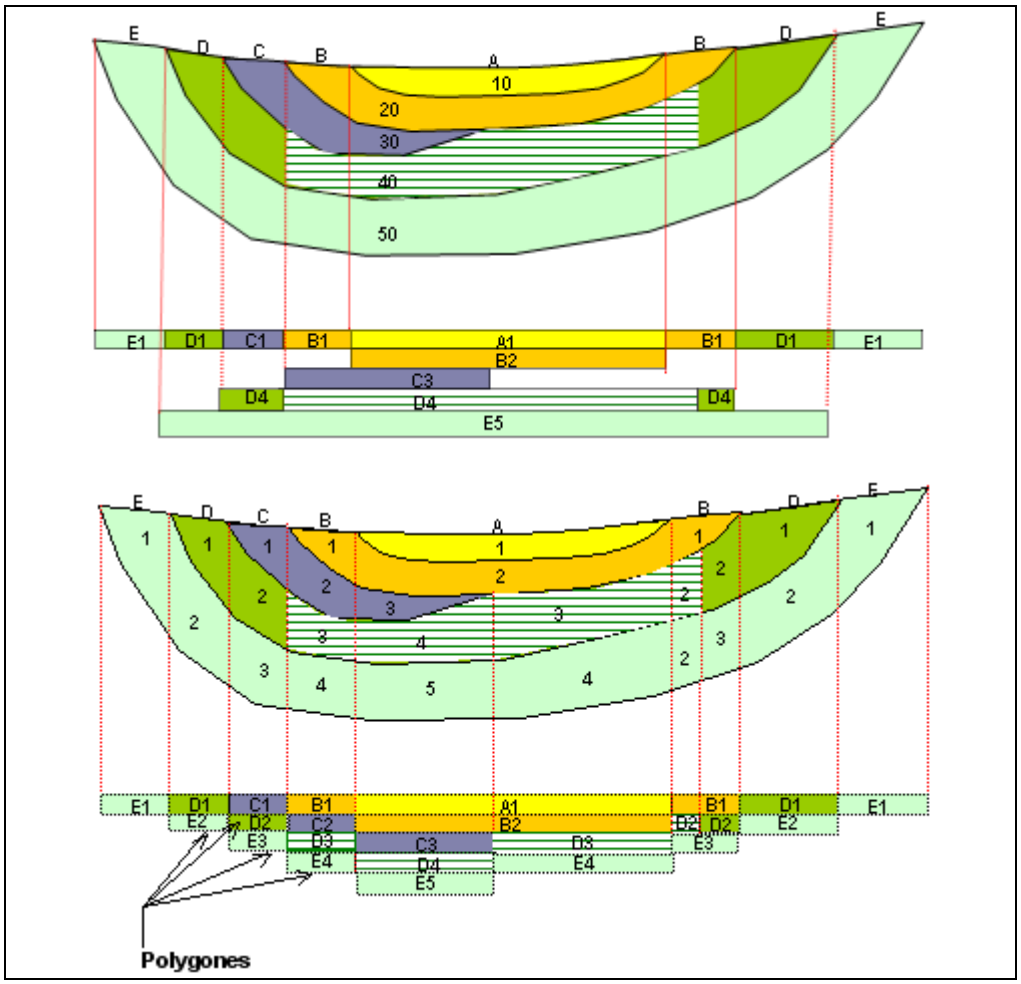


Illustration A3 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif.

1.2.3. Complétude

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

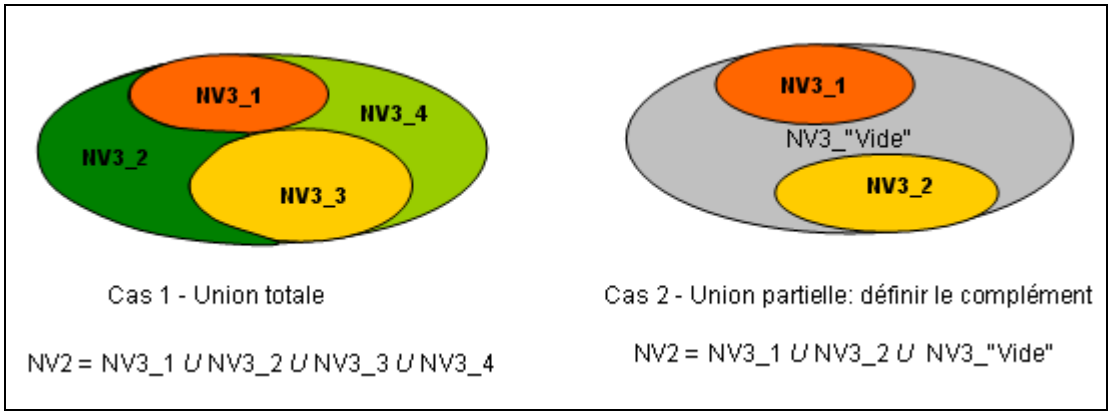


Illustration A4 - Reconstitution d'une entité de niveau 2 à par d'entités de niveau 3.

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

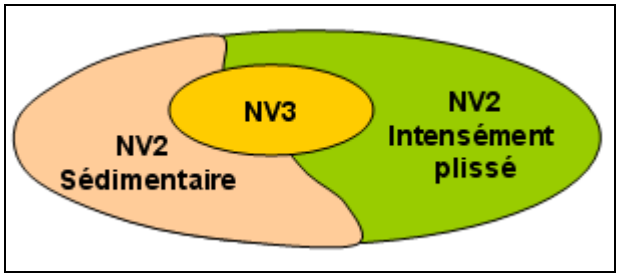


Illustration A5 - Entité de niveau 3 s'étendant sur 2 entités de niveau 2.

1.2.4. Héritage

- **Attributs des entités**

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

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

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

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

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

- **Limites**

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

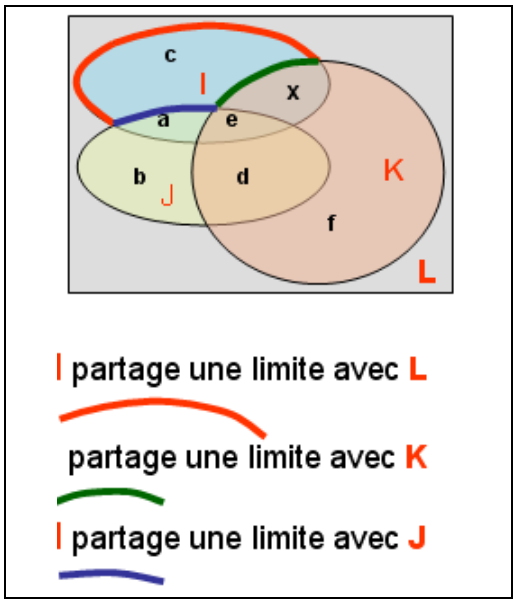


Illustration A6 - Restitution des limites des entités à partir de la table des polygones.

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

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

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

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

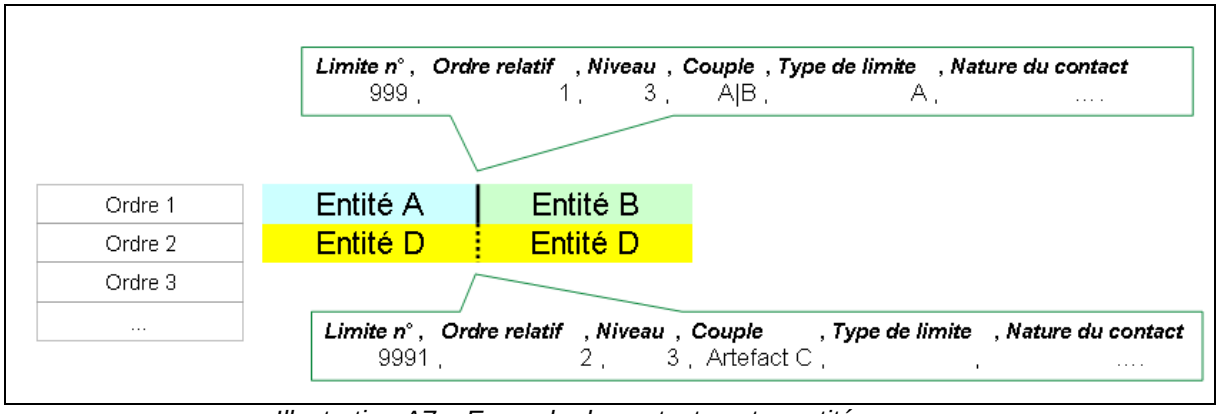


Illustration A7 – Exemple de contacts entre entités

Les artefacts de découpage sont conservés car ils peuvent être la cause de changement de type hydrogéologique des limites. Cette propriété est illustrée par la notion de **nature des contact**s que le référentiel déduit automatiquement de la

superposition relative des entités et l'analyse de leur nature. L'illustration suivante présente un schéma de définition de la nature des contacts déduits pour chacune des limites identifiées (artefacts compris).

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

Illustration A8 – Nature des contacts possibles entre entités

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

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

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

Illustration A9 - Types de limites

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

Illustration A9 (suite) - Types de limites

2. Géodatabase associée au modèle de gestion

2.1. MODÈLE CONCEPTUEL DES DONNÉES

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

- la table des polygones qui constituent les entités (formes géométriques), appelée "RHF_*Polygones relatifs*"
- la table des limites des entités (polylignes), appelée "RHF_*Limites*"
- le tableau synthétique de définition des entités
- le tableau de définition des limites

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

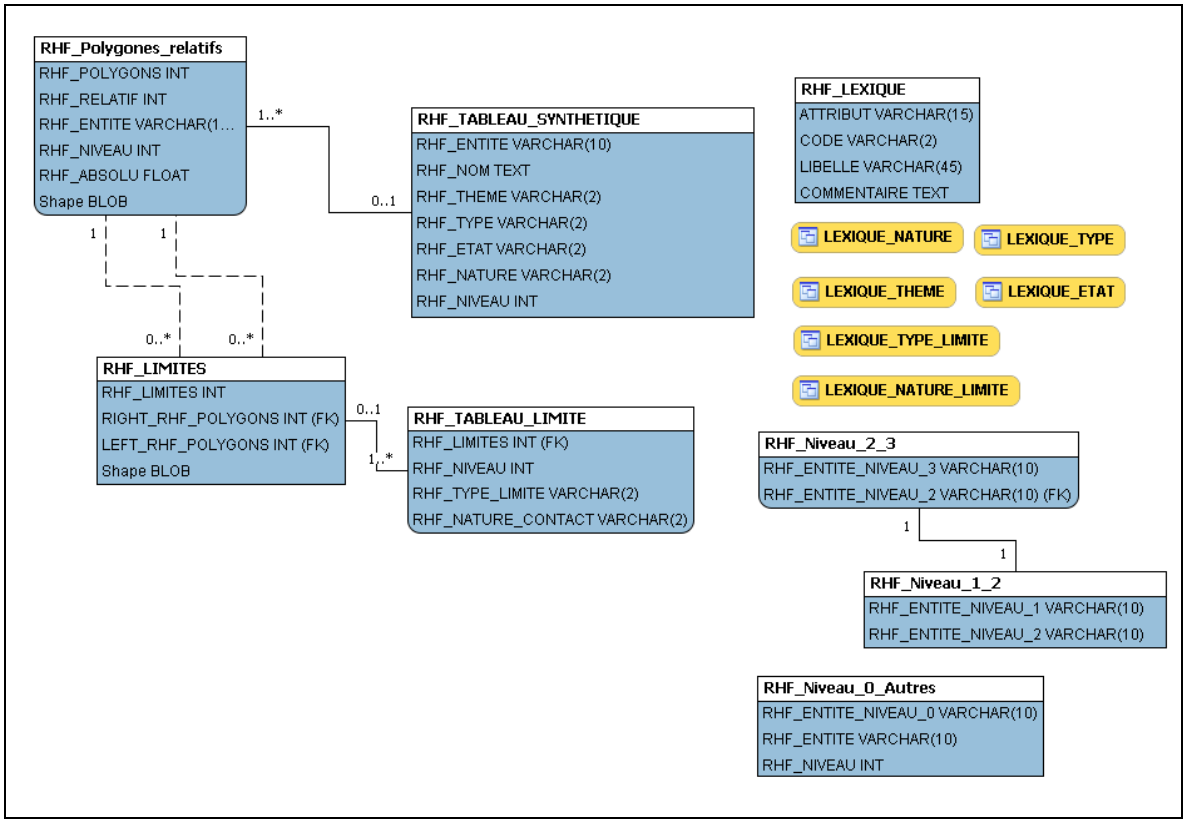


Illustration A10 – Modèle conceptuel de la géodatabase

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

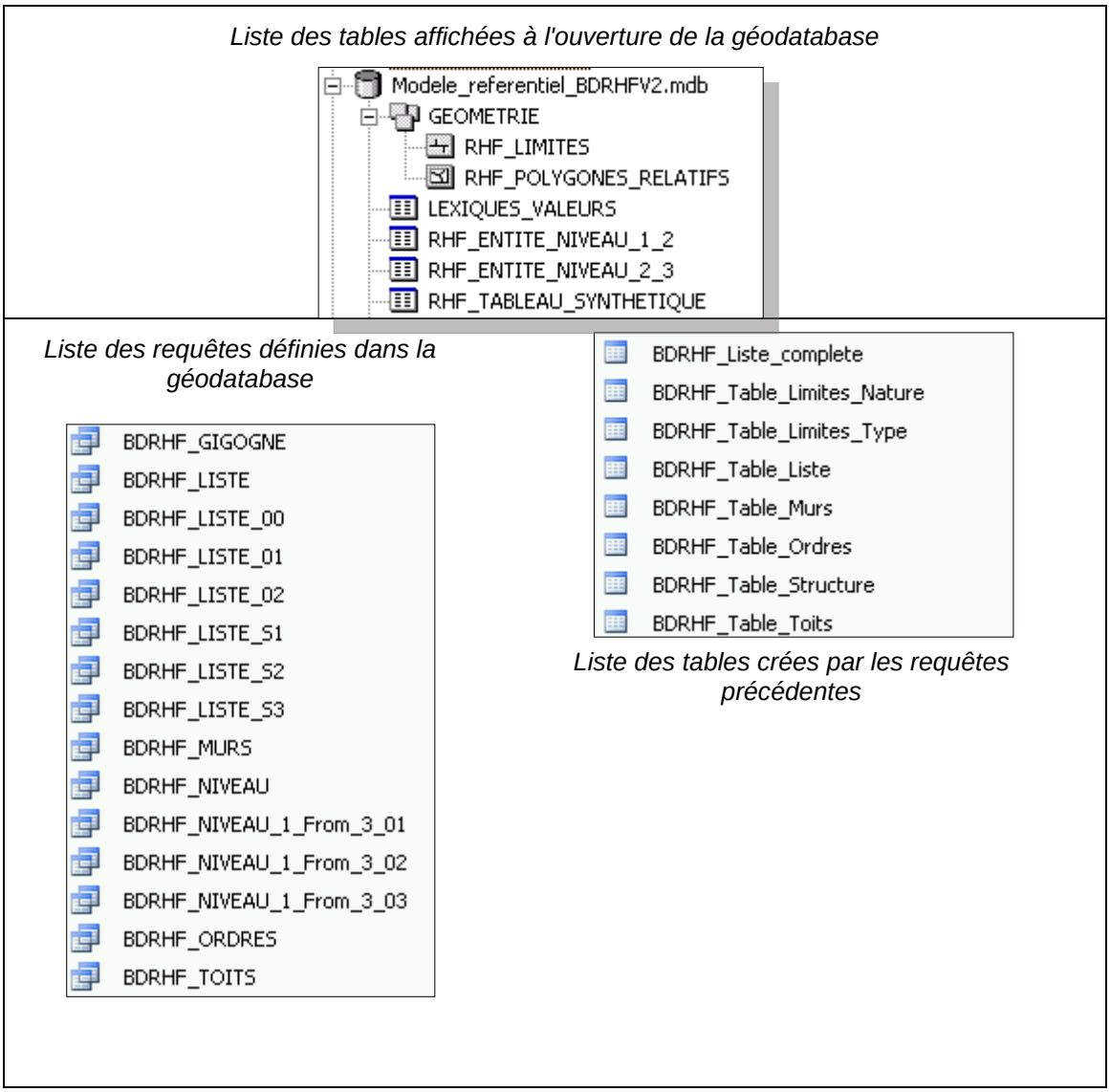


Illustration A11 - Liste des tables et des requêtes dans la géodatabase du référentiel

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

2.2. DESCRIPTION DES TABLES

2.2.1. Table des "RHF_Polygones relatifs"

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

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

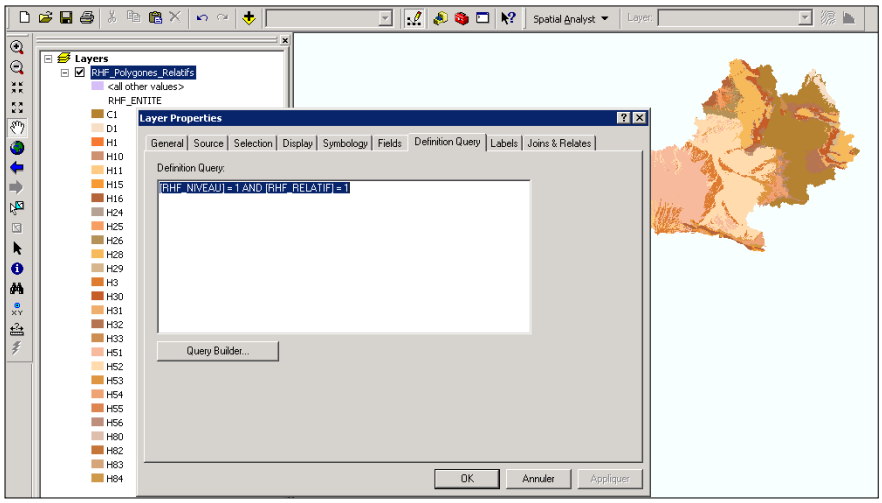


Illustration A12 - Table des polygones multiples de niveau 1 et d'ordre 1 en région MPY

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

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

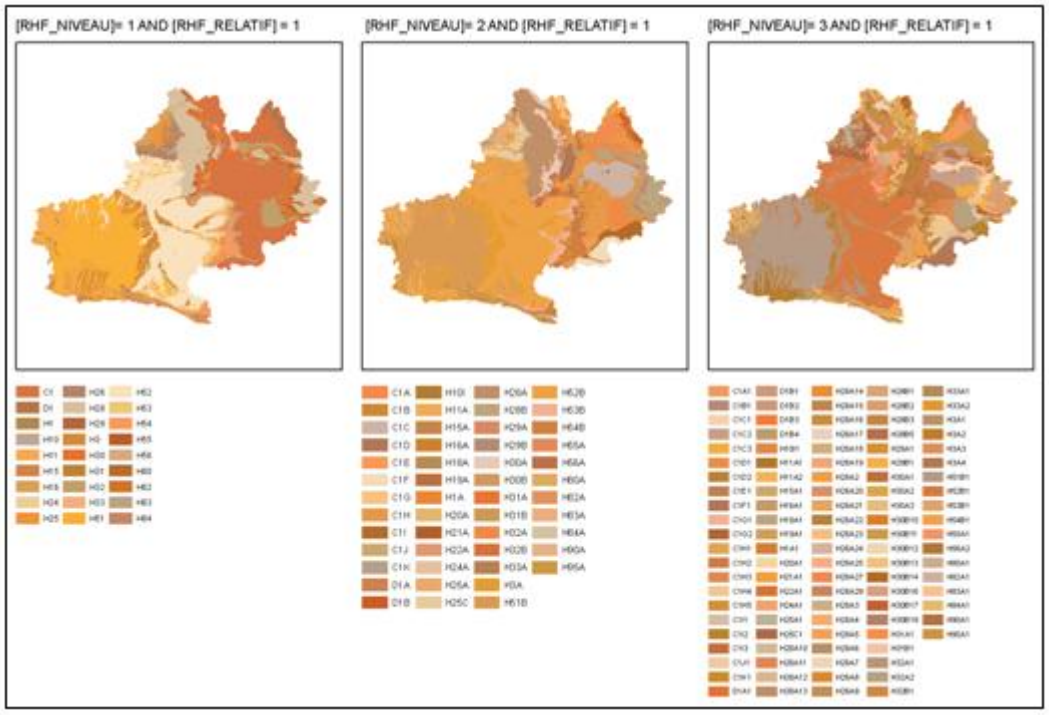


Illustration A13 - Sélection des entités d'ordre 1 pour les 3 niveaux de découpage du référentiel

2.2.2. Table RHF_Tableau_Synthetique

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

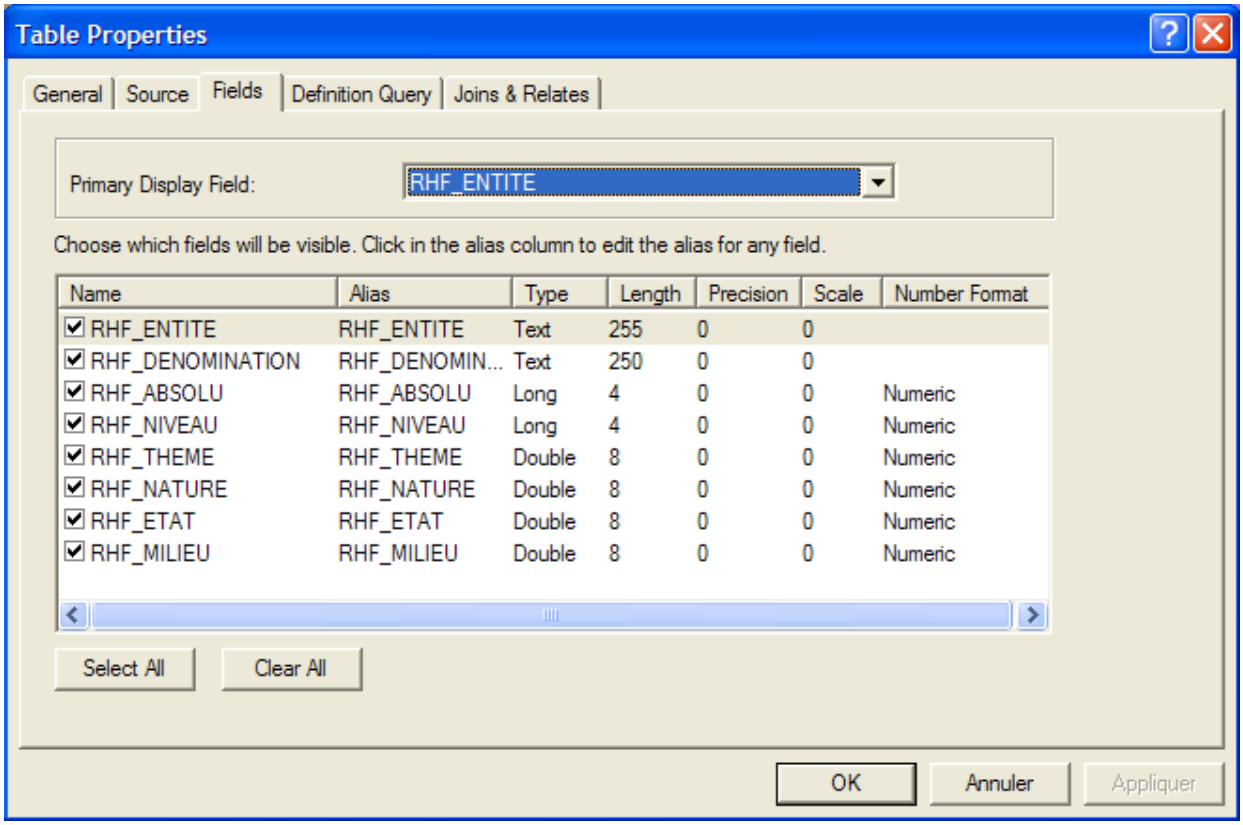
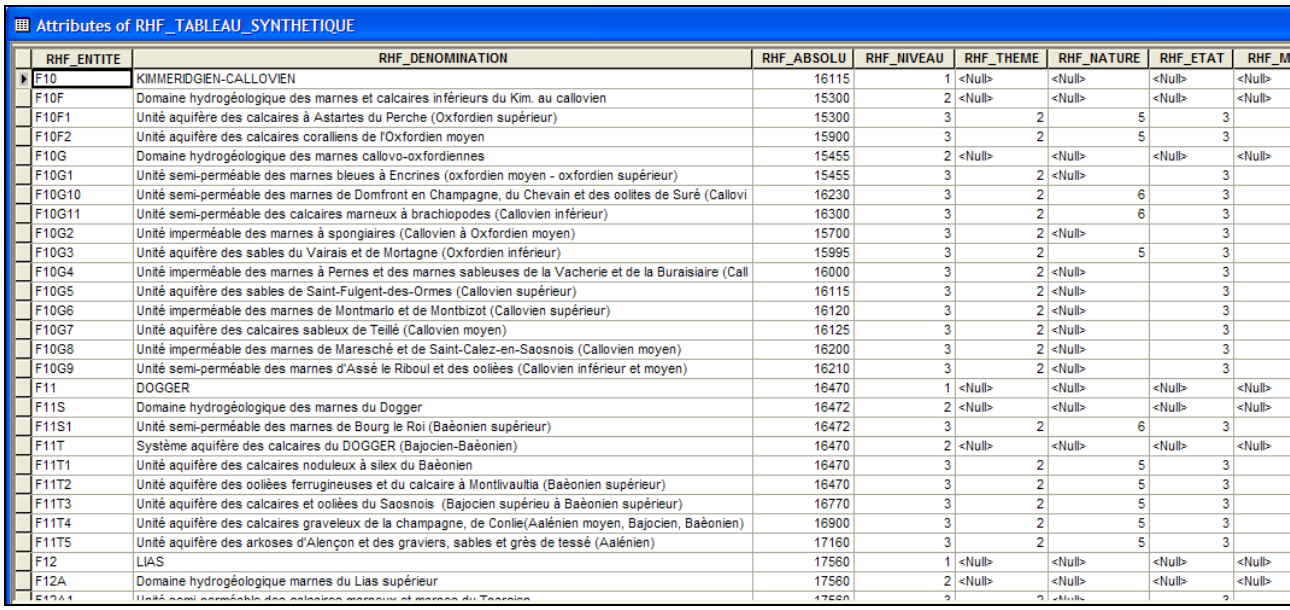


Illustration A14 - Table RHF_Tableau_Synthetique

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



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

Illustration A15 - Jointure avec la table RHF_Tableau_Synthetique

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

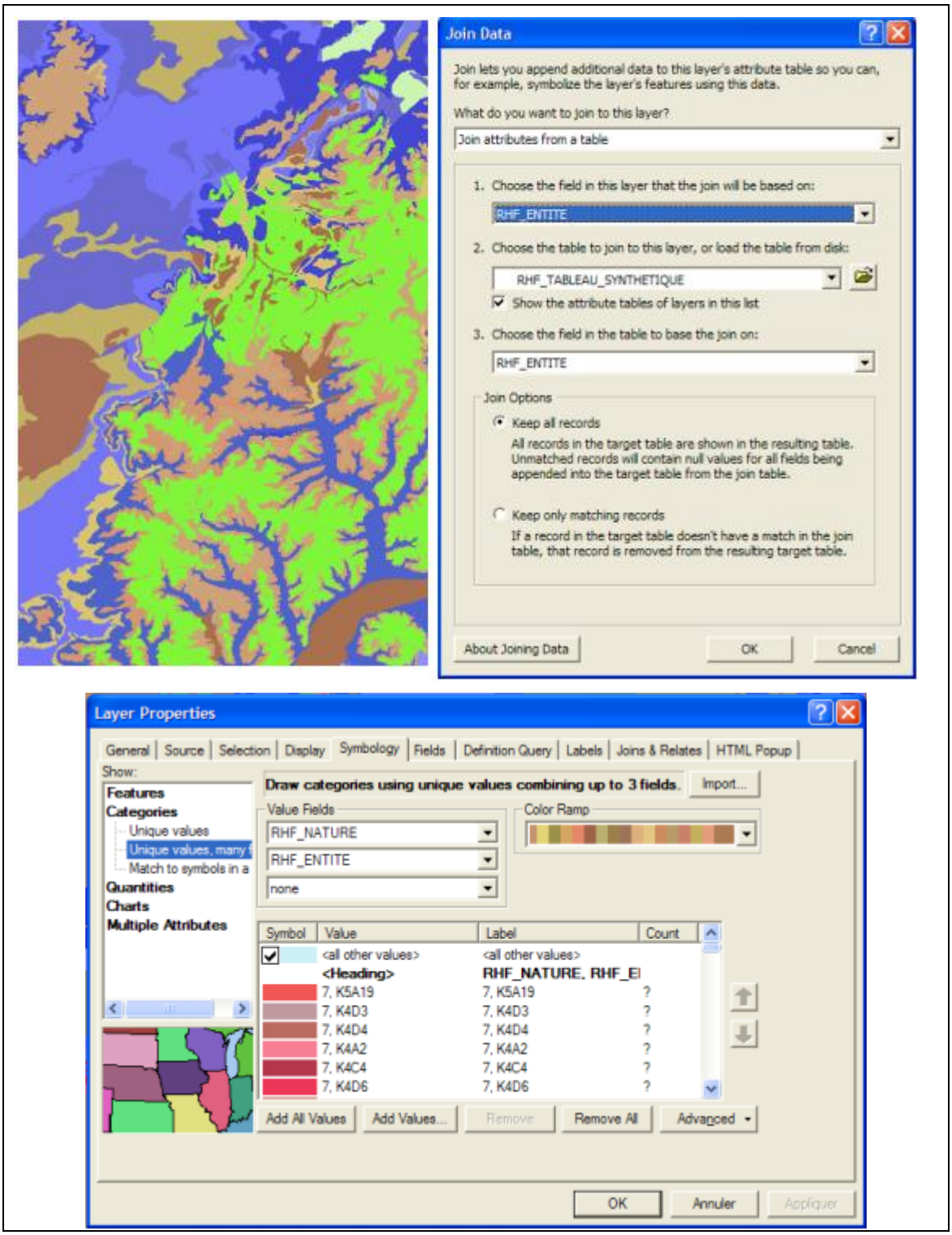


Illustration A16 - Exemple d'analyse thématique après jointure

2.2.3. Table des limites

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

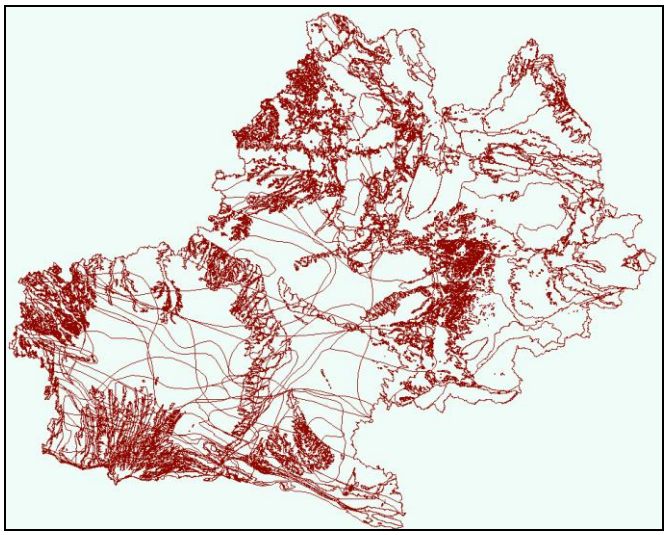


Illustration A17 - Table des limites des entités d'ordre 1

(exemple de la région Midi-Pyrénées)

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

2.2.4. Table RHF_Limites_nature

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

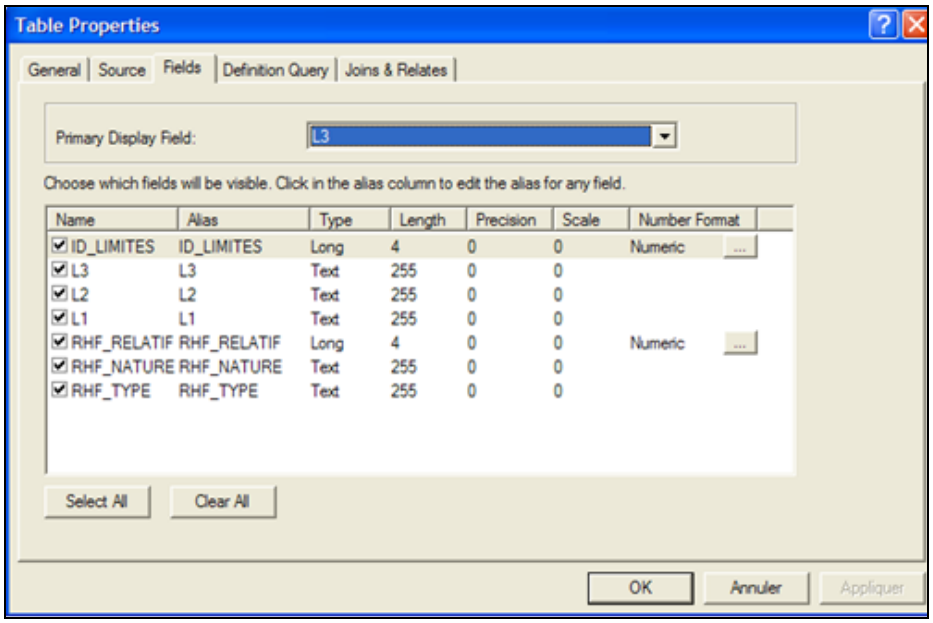


Illustration A18 - Table de la nature des limites

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

par exemple : |F10G1|F11T1|.

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

par exemple : |F10G1|Monde|.

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

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

par exemple : |F10G|F11T|.

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

par exemple : |F10G|Monde|.

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

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

par exemple : |F10|F11|.

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

par exemple : |F10|Monde|.

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

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

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

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

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

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

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

Illustration A19 - Lexique de la nature des contacts

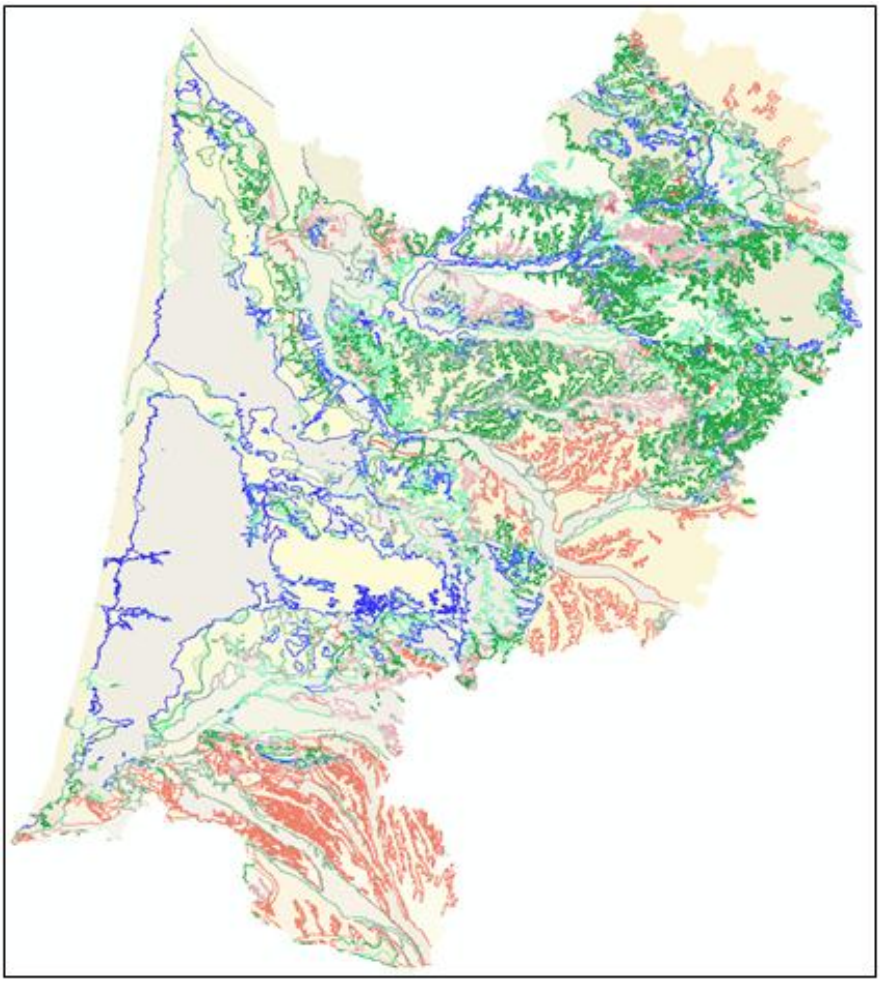


Illustration A20 - Exemple de représentation des limites en fonction de la nature des contacts (référentiel de l'Aquitaine)

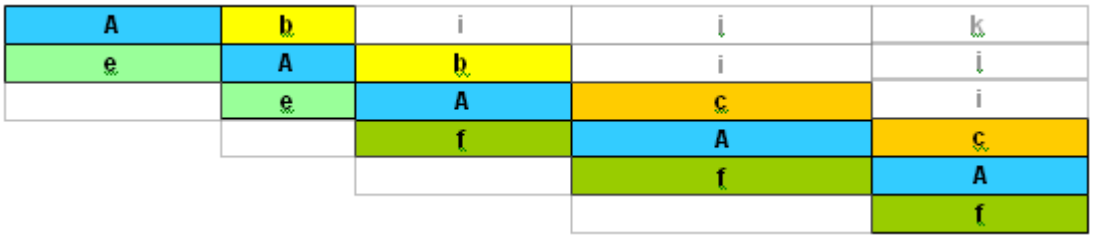
2.2.5. Requêtes sur le modèle et tables associées

Requêtes Toits et murs

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

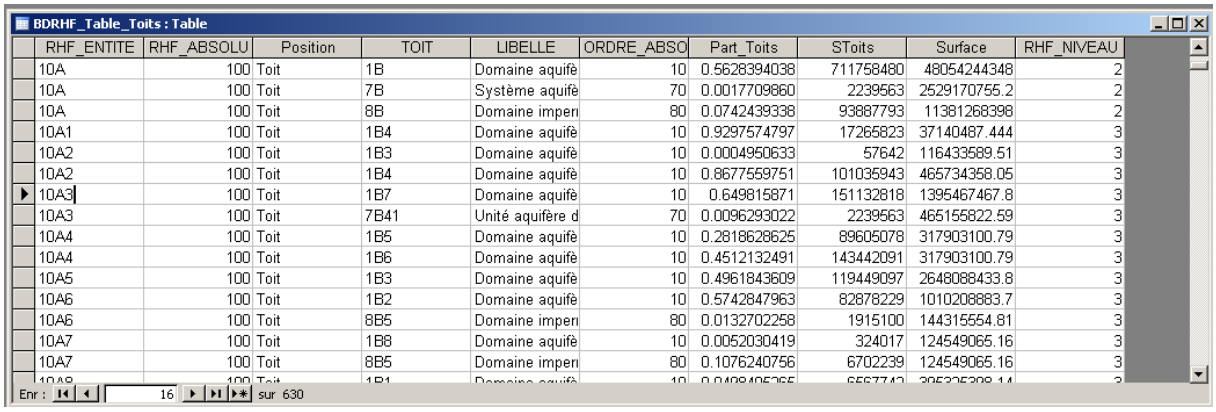
Dans l'illustration suivante,

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



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

Table (requête) : BDRHF_TABLE_TOIT (BDRHF_TOIT)


BDRHF_Table_Toits : Table

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

Enr : 16 sur 630

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

Illustration A21 - Caractérisation des " toits"

Table (requête) : BDRHF_TABLE_MUR (BDRHF_MUR)

BDRHF_Table_Murs : Table

RHF_ENTITE	RHF_ABSOLU	Position	MURS	LIBELLE	ORDRE_ABSO	Smurs	Aire	Part_Mur	Surface	RHF_NIVEAU
1	10	Mur	10	Grand système	100	847686972	1974761781.9	0.4292603694	88864280188	1
1	10	Mur	11	Grand domaine	110	40936870	1974761781.9	0.0207300295	63192377022	1
1	10	Mur	12	Grand système	120	75500861	1974761781.9	0.0382328956	37520473857	1
1	10	Mur	21	Grand système	20	114308450	1974761781.9	0.0578846781	51343806331	1
1	10	Mur	3	Grand domaine	30	116647627	1974761781.9	0.0590692144	1.007129E+11	1
1	10	Mur	4	Grand système	40	43530245	1974761781.9	0.0220432892	19747617819	1
1	10	Mur	4	Grand système	41	7878785	1974761781.9	0.0039897395	13823332474	1
1	10	Mur	4	Grand système	42	375791	1974761781.9	0.0001902969	3949523563.9	1
1	10	Mur	5	Grand système	60	104651691	1974761781.9	0.0529945900	78990471278	1
1	10	Mur	5	Grand système	65	33115719	1974761781.9	0.0167694753	1974761781.9	1
1	10	Mur	51	Grand domaine	50	60766447	1974761781.9	0.0307715328	61217615240	1
1	10	Mur	7	Grand Système	70	290111334	1974761781.9	0.1469095344	98738089097	1
1	10	Mur	9	Grand Système	90	27446597	1974761781.9	0.0138986876	9873808909.7	1
1	10	Mur	9	Grand Système	91	113210525	1974761781.9	0.0573286996	35545712075	1
10	100	Mur	11	Grand domaine	110	16576785913	16584901422	0.9995106689	2.063162E+13	1
10	100	Mur	12	Grand système	120	7666244	16584901422	0.0004616394	6633960687	1

Enr : 1 sur 630

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

Illustration A22 - Caractérisation des "murs"

2.2.6. Table des ordres

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

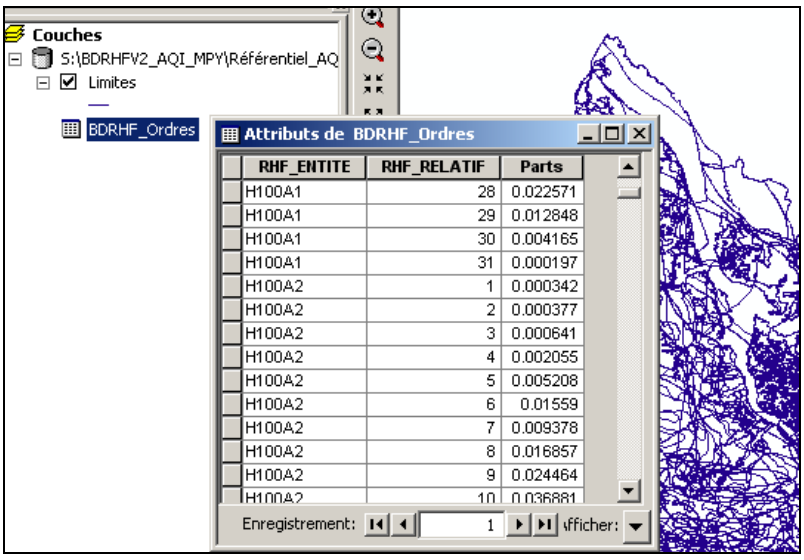


Illustration A23 - Table des ordres

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

Direction Régionale Haute-Normandie
Parc de la Vatine,
10, rue Sakharov
76130 - Mont Saint-Aignan
Tél. 02 35 60 12 00