

Document public

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Bassin Rhin-Meuse

Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Alsace

Rapport final

Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP-62217-FR

Juillet 2013

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



Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Bassin Rhin-Meuse

Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Alsace

Rapport final

Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP-62217-FR

Juillet 2013

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2009 EAU-I32

S. Urban,

J.Boucher, V. Mardhel, S.Schomburgk et D. Xu



Vérificateur :

Nom : J.J. Seguin
Date : 22 Juin 2010

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J.J. Seguin'.

Approbateur :

Nom : A.-V. Barras
Date :

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

Mots clés : BDLISA, Référentiel hydrogéologique, Système aquifère, Domaine hydrogéologique, Lorraine, Champagne-Ardenne, Bassin Rhin-Meuse, Bassin Seine-Normandie.

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

Urban S, Boucher J., Mardhel V., Xu D., Schomburgk S., (2013) – Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Rhin-Meuse Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Alsace. Rapport final. Mise à jour BDLISA Version 0. BRGM/RP-62217-FR.

Synthèse

Le présent rapport est la mise à jour d'un travail réalisé en 2009 par S.Urban (RP-58091-FR) sur l'ensemble de la région Alsace dans le cadre de la réalisation de BDRHF-V2. Cette mise à jour permet d'intégrer les entités hydrogéologiques décrites en 2009 à la version 0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (*Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères*) en Région Alsace.

Les entités hydrogéologiques ont été délimitées aux trois niveaux de détail du référentiel (national, régional et local) :

- dans les formations du sédimentaire, qui couvrent la plus grande partie de la région,
- et en domaine de socle : les Vosges cristallines.

Dans sa version 0, en Alsace le référentiel BD-LISA compte :

- **92 entités hydrogéologiques au niveau local (NV3),**
- **39 systèmes aquifères ou domaines hydrogéologiques du niveau régional (NV2),**
- **12 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1).**

Ces entités ont été délimitées à partir des cartes géologiques harmonisées (échelle du 1/50 000), des logs validés de forages et de critères hydrogéologiques au sein même de la région ou des zones limitrophes.

Suite à l'harmonisation nationale des entités BDLISA à l'échelle nationale le nombre d'entités BDLISA en Région Alsace 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 Alsace. (BRGM/RP-58091-FR)

A ces entités, s'ajoutent **trois ensembles d'entités "complémentaires"**, identiques aux trois niveaux de découpage, constituant une **"surcouche" du référentiel** :

- les alluvions
- les formations loessiques,
- les formations résiduelles (buttes témoins).

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

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

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

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	16
2.3.4	L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques	16
2.3.5	L'attribut "Type de milieu" des entités hydrogéologiques	18
2.3.6	L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques.....	20
2.3.7	L'attribut "Origine de la construction" des entités hydrogéologiques	20
2.4	LE TABLEAU MULTI-ECHELLES	21
2.5	LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS	21
2.5.1	Principes sous-jacents	21
2.5.2	Organisation des entités en 2 ensembles.....	22
2.5.3	Ordre absolu et ordre relatif.....	23
3	Méthodologie de délimitation des entités et assemblage par le modèle de gestion	25
3.1	PRINCIPES DIRECTEURS	25
3.1.1	Homogénéité du découpage	25
3.1.2	Emboîtement des niveaux	25
3.2	PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION.....	26
3.2.1	Identification et cadrage hydrogéologique général	26
3.2.2	De l'analyse des cartes géologiques au tableau multi-échelles	26
3.2.3	Individualisation de l'alluvial	26
3.2.4	Découpage des entités.....	27
3.2.5	Passage au modèle de gestion du référentiel.....	27
3.2.6	Organigramme	27
4	Mise en œuvre du découpage des entités.....	29

4.1	DONNÉES DE RÉFÉRENCE	29
4.1.1	Les cartes géologiques harmonisées	29
4.1.2	Logs géologiques	29
4.2	DÉMARCHE POUR IDENTIFIER ET DÉCOUPER LES ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE.....	32
4.2.1	Déroulement des tâches pour les parties affleurantes des entités	32
4.2.2	Tracé des limites pour les parties sous couverture des entités	33
4.3	DESCRIPTION DES ENTITÉS HYDROGÉOLOGIQUES DU THÈME SÉDIMENTAIRE.....	34
4.3.1	L'Alsace bossue	34
4.3.2	La plaine d'Alsace	37
4.3.3	Formations du Fossé rhénan pré-Tertiaire.....	40
4.3.4	Le Sundgau.....	43
4.3.5	Vallée de la Plaine.....	48
4.3.6	Les zones de fractures	48
4.4	ENTITÉS DU SOCLE	50
4.4.1	Le socle vosgien.....	50
4.4.2	Caractérisation des entités du socle vosgien.....	53
4.4.3	Tableau multi-échelle du thème socle	54
4.5	ENTITES COMPLEMENTAIRES.....	54
5	Limites des entités	55
5.1	LIMITES HYDRAULIQUES.....	55
5.2	NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITÉS	55
6	Outil de construction du référentiel	58
6.1	GÉODATABASE	58
6.2	FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS.....	63
7	Conclusion.....	67
8	Bibliographie	69

Liste des illustrations

Illustration 1 : Systèmes aquifères et domaines du bassin Rhin-Meuse d'après le référentiel BDRHF-V1	11
Illustration 2 – Types d'entités hydrogéologiques et codification	17
Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques	19
Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires	22
Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités	24
Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3	25

Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.	28
Illustration 8 – Carroyage des cartes géologiques pour les deux départements de l'Alsace	30
Illustration 9 – Localisation des logs validés extraits de la Banque de données du Sous-Sol	31
Illustration 10 – Découpage en entités NV3 de l'Alsace Bossue.	34
Illustration 11 – Stratigraphie détaillée du Buntsandstein.....	36
Illustration 12 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 de l'Alsace bossue	37
Illustration 13 – Coupe schématique du Sud du Fossé Rhénan.....	38
Illustration 14– Découpage du système plio –quaternaire de la plaine d'Alsace.....	38
Illustration 15 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 du Plio–Quaternaire de la Plaine d'Alsace.....	39
Illustration 16 – Oligocène (et Pliocène) du Fossé Rhénan.....	40
Illustration 17 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 de l'Oligocène du Fossé Rhénan	40
Illustration 18 – Découpage de la plaine d'Alsace (unités pré-Tertiaire)	42
Illustration 19 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 du Fossé Rhénan pré-Tertiaire	42
Illustration 20 – Découpage de la plaine d'Alsace (unités de socle)	43
Illustration 21 – Découpage du Sundgau.....	44
Illustration 22 – Circulations d'eau dans les Cailloutis du Sundgau	45
Illustration 23 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 du Sundgau.....	47
Illustration 24 - Découpage des zones de fractures	49
Illustration 25 –Exemple d' information fournie par la méthode "Déclic"	51
Illustration 26 – Découpage des Vosges Cristallines.....	52
Illustration 27 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 du Massif vosgien cristallin	54
Illustration 28 – Types de limites possibles entre entités.....	56
Illustration 29 – Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques.....	57
Illustration 30 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.	58
Illustration 31 - Tables non géométriques de la géodatabase.	59
Illustration 32 - Interface utilisateur de la géodatabase.	59
Illustration 33 : Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.	60
Illustration 34 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).	61
Illustration 35 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).	61
Illustration 36 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités	62
Illustration 37 - Table des limites: natures des contacts entre entités.	62
Illustration 38 : Editeur de cartes du modèle de construction du référentiel.....	63
Illustration 39 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).	64
Illustration 40 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite).....	65

Liste des annexes

Annexe 1 - Tableau multi-échelles	71
Annexe 2 – Entités partagées avec l'Alsace	75
Annexe 3 - Note méthodologique sur le découpage en domaine de socle	81
Annexe 4 - Lexique de caractérisation des entités	98

1 Introduction

Le présent rapport est la mise à jour d'un travail réalisé en 2009 par S.Urban (RP-58091-FR) sur l'ensemble de la Région Alsace 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) national. La présentation générale du référentiel, de ses principes de construction et de mise en œuvre est détaillée dans le rapport BRGM/RP-62261-FR, cité en bibliographie.

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 000ième.

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.

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

- le sédimentaire (Bassin aquitain, Bassin parisien,...),
- le socle (Massif armoricain, Massif central,...),
- l'alluvial,
- le volcanisme,
- les formations intensément plissées (massifs montagneux).

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

Zone d'étude

Elle correspond à la région Alsace (illustration 1), région à forts enjeux en matière de gestion des eaux souterraines, avec en particulier la nappe phréatique rhénane, aquifère prépondérant qui occupe la majeure partie de la plaine d'Alsace. Son appartenance à la structure du Fossé Rhénan partagé entre la France et l'Allemagne en fait un élément clé de la gestion transfrontalière des eaux souterraines. L'aquifère rhénan dans son ensemble est l'un des plus importants d'Europe occidentale, mais il est également fortement sollicité pour tous les usages (eau potable, industrie, agriculture). Mais cette ressource en eau, contenue dans des alluvions, est aussi très vulnérable.

Les autres aquifères s'organisent en bordure de la nappe phréatique, du Sundgau dans la partie sud de l'Alsace au Plio-quaternaire d'Haguenau et au champ de fracture de Saverne dans le nord.

Les Vosges constituent un massif essentiellement cristallin dont les ressources en eaux souterraines restent quantitativement peu exploitées. Dans la partie Nord – Ouest, les aquifères de l' *Alsace Bossue* et de la *Vallée de la Plaine* se rattachent au début du système sédimentaire du Bassin Parisien (Formations permo-triasiques surmontant le socle).

L'étude a été réalisée dans le cadre de deux conventions : l'une, nationale, signée en 2009 entre l'ONEMA et le BRGM pour la réalisation des niveaux 1 et 2 du référentiel, l'autre régionale, signée en 2009 entre l'Agence de l'eau Rhin-Meuse et le BRGM pour la réalisation du niveau 3, l'Agence apportant aussi un soutien financier pour la réalisation des niveaux 1 et 2.

Le découpage a été réalisé conformément aux recommandations du guide méthodologique national (rapport BRGM/RP-52264-FR) et aux propositions faites en 2007 dans le cadre de l'actualisation de ce guide demandée par le Comité de Pilotage du Référentiel. Il a été mené en concertation avec la région Lorraine et présenté en Janvier 2010 à un "Comité de suivi" mis en place par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

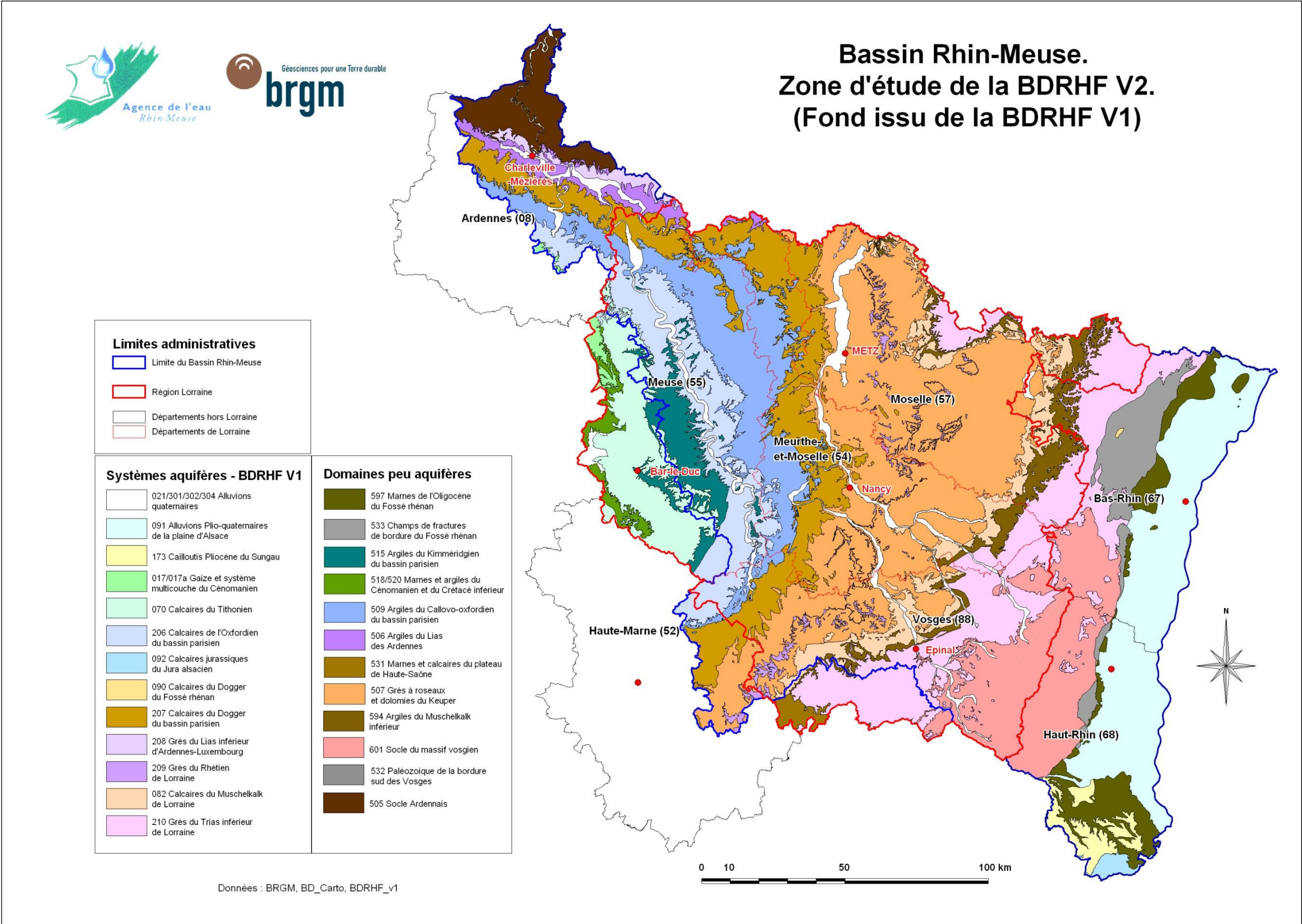


Illustration 1 : Systèmes aquifères et domaines du bassin Rhin-Meuse d'après le référentiel BDRHF-V1

2 Présentation du référentiel BDLISA

2.1 PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS

2.1.1 Principes de construction

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

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

2.1.2 Assemblage des entités

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

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

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

2.1.3 Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction

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

La différence majeure par rapport au guide de 2003 réside dans la distinction faite entre deux catégories d'entités (cf. §2.5)

- les "**Entités principales**", qui ont fait l'objet d'un traitement topologique garantissant la cohérence de leur assemblage 3D ;
- les "**Entités complémentaires**", regroupant différents types d'entités qui ne permettent pas de respecter l'homogénéité du référentiel ou qui constituent des cas particuliers difficilement intégrables dans le cadre général du référentiel au stade actuel de son avancement (cf. §2.5). Il en est ainsi des systèmes alluvionnaires des 5 bassins du "projet national" pour lesquels il n'existe pas actuellement de différenciation entre parties productives et non productives. Ces systèmes très ramifiés sont extraits des cartes

géologiques ; ils sont transverses par rapport aux entités principales qu'ils recouvrent et n'entrent pas dans les possibilités de traitements topologiques offerts par le modèle de gestion.

2.1.4 BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE

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

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

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

2.2 PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA

♦ Le référentiel est construit sur la base d'une subdivision du territoire (France métropolitaine et départements d'outre-mer) en **entités hydrogéologiques** (formations géologiques aquifères et non aquifères) délimitées suivant **3 niveaux de détail** (national, régional et local, cf. § 2.3.2) et regroupées dans **5 thèmes** (cf. § 2.3.3).

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

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

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

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

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

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

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

♦ La gestion du référentiel, à savoir :

- la vérification de la cohérence topologique de l'assemblage des entités,
- la mise en évidence et les corrections des anomalies éventuelles de découpage,
- les mises à jour, est assurée grâce à un ensemble de fonctionnalités développées en liaison avec ArcGis (version 9.2) et constituant le "**Modèle de gestion du Référentiel**".

♦ Le découpage des entités est réalisé sur la base des connaissances géologiques et hydrogéologiques actuelles. Des mises à jour (nouvelles entités de niveau 3, modifications des contours) sont donc susceptibles d'être effectuées pour tenir compte de la progression des connaissances.

2.3 LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL

2.3.1 Les entités hydrogéologiques

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

- délimitée à une certaine échelle (un "**niveau**", cf. § 2.3.2.),
- rattachée à un type de formation géologique (un "**thème**", cf. 2.3.3.),
- définie par ses potentialités aquifères (une "**nature**", cf. § 2.3.4.) et la présence ou non d'une nappe libre ou captive ou libre puis captive (un "**état**"),
- caractérisée par un type de porosité (un "**milieu**", cf. § 2.3.5)

Les entités hydrogéologiques peuvent être multi-parties.

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

Codification de l'entité

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

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

Par exemple:

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

Dénomination de l'entité

En général, le libellé de l'entité hydrogéologique est construit en juxtaposant :

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

Par exemple :

Sables verts de l'Albien du Bassin Parisien.

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

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

2.3.2 Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques

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

- le **niveau national (NV1)** fournit une représentation nationale des grands ensembles hydrogéologiques dont il montre la distribution spatiale et l'importance en tant que ressource quantitative. C'est le support d'études d'orientation à l'échelle nationale.

La gamme d'échelle d'utilisation cartographique est comprise entre le 1/500 000 et le 1/1 000 000.

- Le **niveau régional (NV2)** fournit une représentation régionale ou par bassin des entités hydrogéologiques (échelle de visualisation de l'ordre du 1/250 000). Il permet de caractériser les systèmes aquifères au regard de leur importance en tant que ressource régionale, de leur vulnérabilité (à la sécheresse, aux pollutions).
- Le **niveau local (NV3)** correspond à la représentation la plus détaillée du référentiel, à une échelle de l'ordre du 1/50 000. Il identifie l'ensemble des entités connues au sein des deux niveaux précédents. Il constitue le support d'études ponctuelles permettant d'améliorer les connaissances hydrogéologiques (carte piézométrique, carte de vulnérabilité, modélisation,...).

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

2.3.3 Les "thèmes" des entités hydrogéologiques

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

- **thème "Alluvial"** (codé 1) : ensemble des dépôts de plaine alluviale accompagnés des terrasses connectées hydrauliquement avec les cours d'eau,
- **thème "Sédimentaire"** (codé 2) : ensemble des formations peu ou pas déformées, non métamorphisées des bassins sédimentaires,
- **thème "Socle"** (codé 3) : formations magmatiques et métamorphiques,
- **thème "Intensément plissé de montagne"** (codé 4) : ensemble de formations géologiques récemment plissées appartenant aux massifs montagneux alpins, pyrénéens, languedociens et jurassiens.
- **thème "Volcanisme"** (codé 5) : volcanisme tertiaire et quaternaire ayant conservé une géométrie, une morphologie et/ou une structure volcanique identifiable,

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

2.3.4 L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques

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

- pour le niveau 1: Grand Système Aquifère et Grand Domaine Hydrogéologique,

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

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

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

Illustration 2 – Types d'entités hydrogéologiques et codification

• Le Grand Système Aquifère

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

• Le Grand Domaine Hydrogéologique

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

• Le Système Aquifère

Le Système Aquifère est une entité hydrogéologique aquifère issue d'une subdivision verticale ou horizontale d'un grand système aquifère ou d'un grand domaine hydrogéologique. La subdivision s'effectue sur, **au moins** l'un des critères suivants :

lithologie, structure, stratigraphie, piézométrie, géochimie, hydraulique.

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

Le système aquifère est une entité de niveau régional NV2.

• Le Domaine Hydrogéologique

Un domaine hydrogéologique est une entité hydrogéologique peu aquifère issue d'une subdivision verticale ou horizontale d'un grand domaine hydrogéologique ou d'un grand système. La subdivision s'effectue sur, **au moins**, l'un critères suivants :

lithologie, structure, stratigraphie, piézométrie, géochimie, hydraulique.

Le domaine hydrogéologique est une entité de niveau régional NV2.

• L'unité aquifère

L'unité aquifère est un système physique élémentaire présentant des conditions hydrodynamiques homogènes, suffisamment conductrice pour permettre la circulation de l'eau souterraine. Une unité aquifère est une entité hydrogéologique de niveau local présentant une

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

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

• L'unité semi-perméable

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

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

• L'unité imperméable

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

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

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

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

Liaisons entre les entités

Les liens de filiation (illustration 3) en fonction des niveaux d'agrégation obéissent aux règles suivantes :

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

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

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

Type de milieu	Code
Poreux	1
Fissuré	2
Karstique	3
Double porosité : matricielle et de fissures	4

Double porosité : karstique et de fissures	5
Double porosité : fractures et fissures	6
Double porosité : matricielle et de fractures	7
Double porosité : matricielle et karstique	8
Inconnu	0

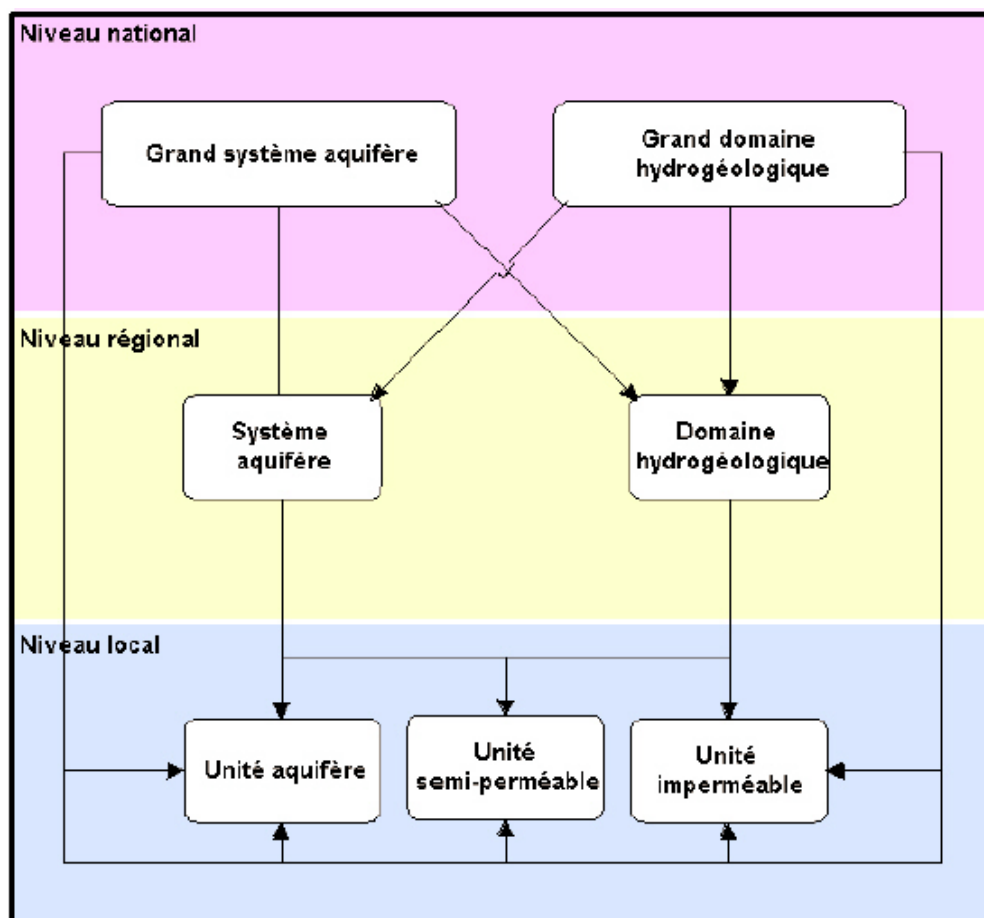


Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques

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

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

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

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

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

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

Remarque

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

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

2.3.6 L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques

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

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

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

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

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

3	Complétude partielle	Entité construite pour complétude topologique complémentaire (une partie des limites de l'entité du niveau d'utilisation n sont projetées vers un niveau n+1 par déficit de la connaissance à la création de l'entité.
4	Agrégation par héritage	L'ensemble des limites de l'entité hydrogéologique ont été héritées par agrégation des niveaux les plus fins la constituant.

2.4 LE TABLEAU MULTI-ECHELLES

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

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

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

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

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

2.5 LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS

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

2.5.1 Principes sous-jacents

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

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

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

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

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

- systèmes karstifiés délimités par des tracés...

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

Cette structure du référentiel est résumée par l'illustration 4 ci-après.

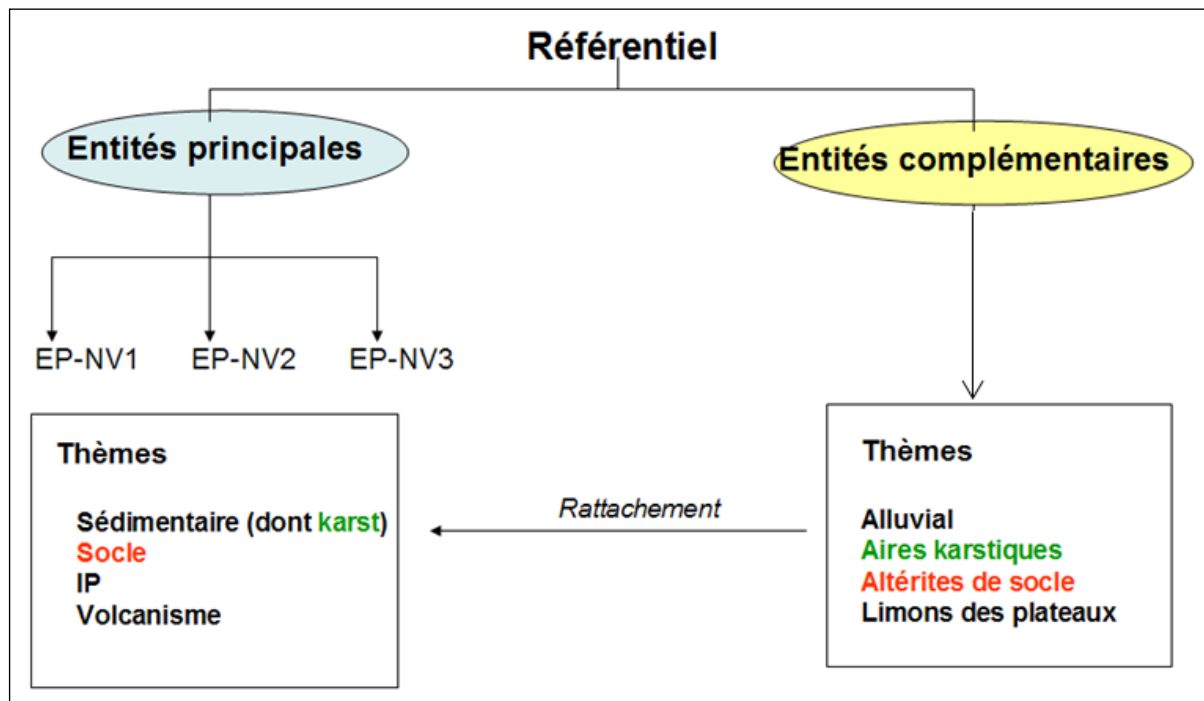


Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires

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

Le modèle de gestion permet de passer d'un ordre dit absolu à un ordre dit relatif (cf. § 2.5.3).

3) Complétude

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

4) Filiation

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

5) Héritage

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

2.5.2 Organisation des entités en 2 ensembles

1) Entités principales

Elles constituent l'essentiel du référentiel. Elles sont :

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

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

2) Entités complémentaires

Elles constituent une « surcouche » du référentiel. Elles regroupent différents types d'entités qui sont telles qu'elles ne permettent pas de respecter l'homogénéité du référentiel ou qui constituent des cas particuliers difficilement intégrables dans le cadre général du référentiel (voir la liste du paragraphe 2.2).

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

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

2.5.3 Ordre absolu et ordre relatif

Dans la phase de construction du référentiel, un numéro d'ordre est affecté à chaque entité délimitée (Illustration 5a). Cet ordre est dit "absolu" (codé par exemple sous la forme 10, 20, 30, 40,...) et peut correspondre à un âge stratigraphique.

La délimitation des entités conduit à une "pile hydro-stratigraphique" d'entités (le tableau multi-échelles) qui sont ordonnées sur la verticale grâce au numéro d'ordre absolu (par exemple 10, 20, 30,Illustration 5a).

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

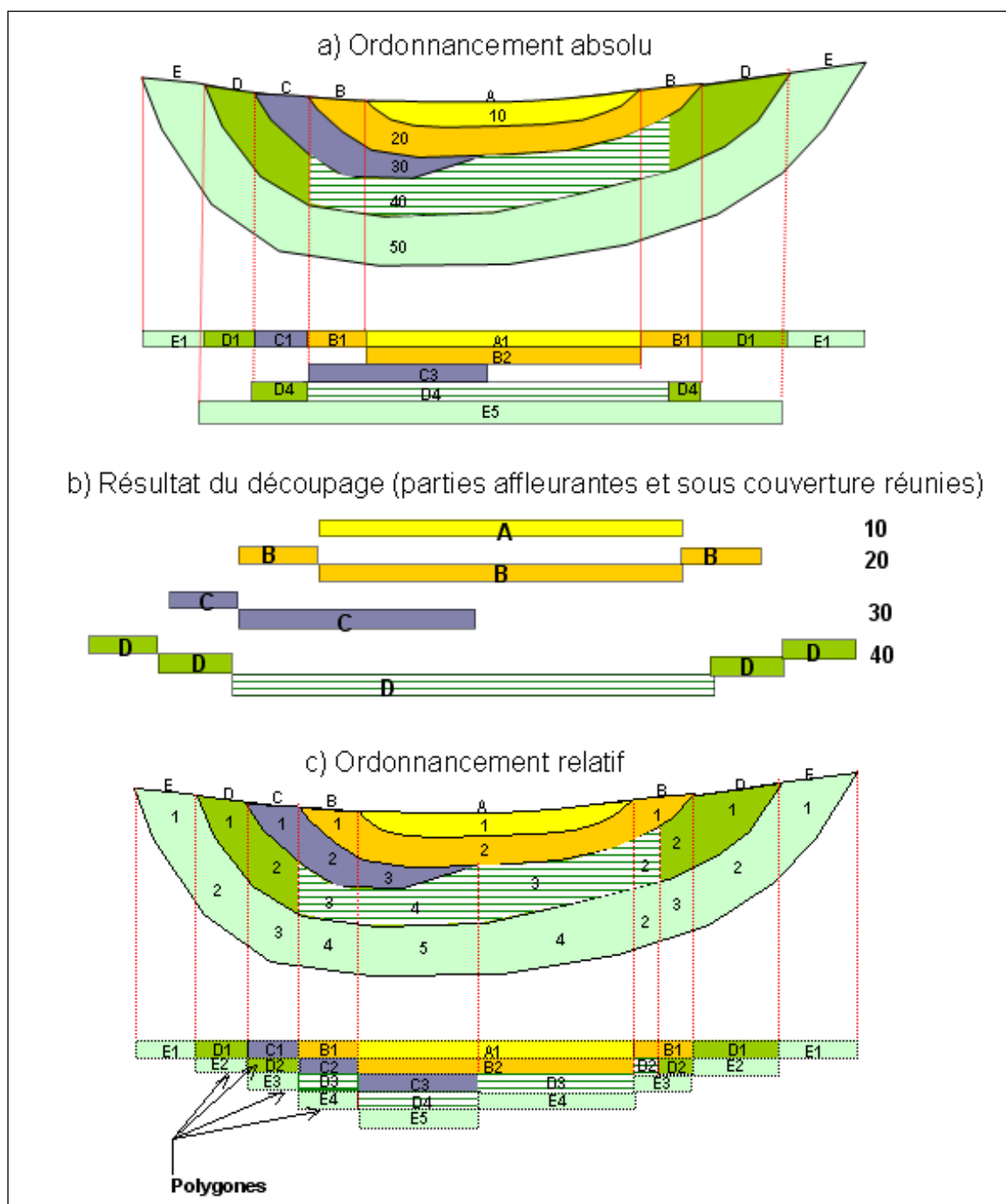


Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités

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).

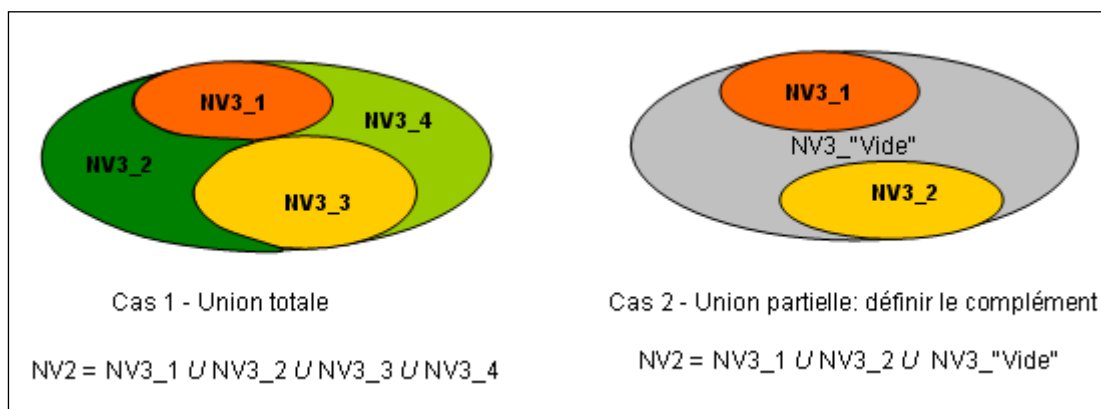


Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3

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.

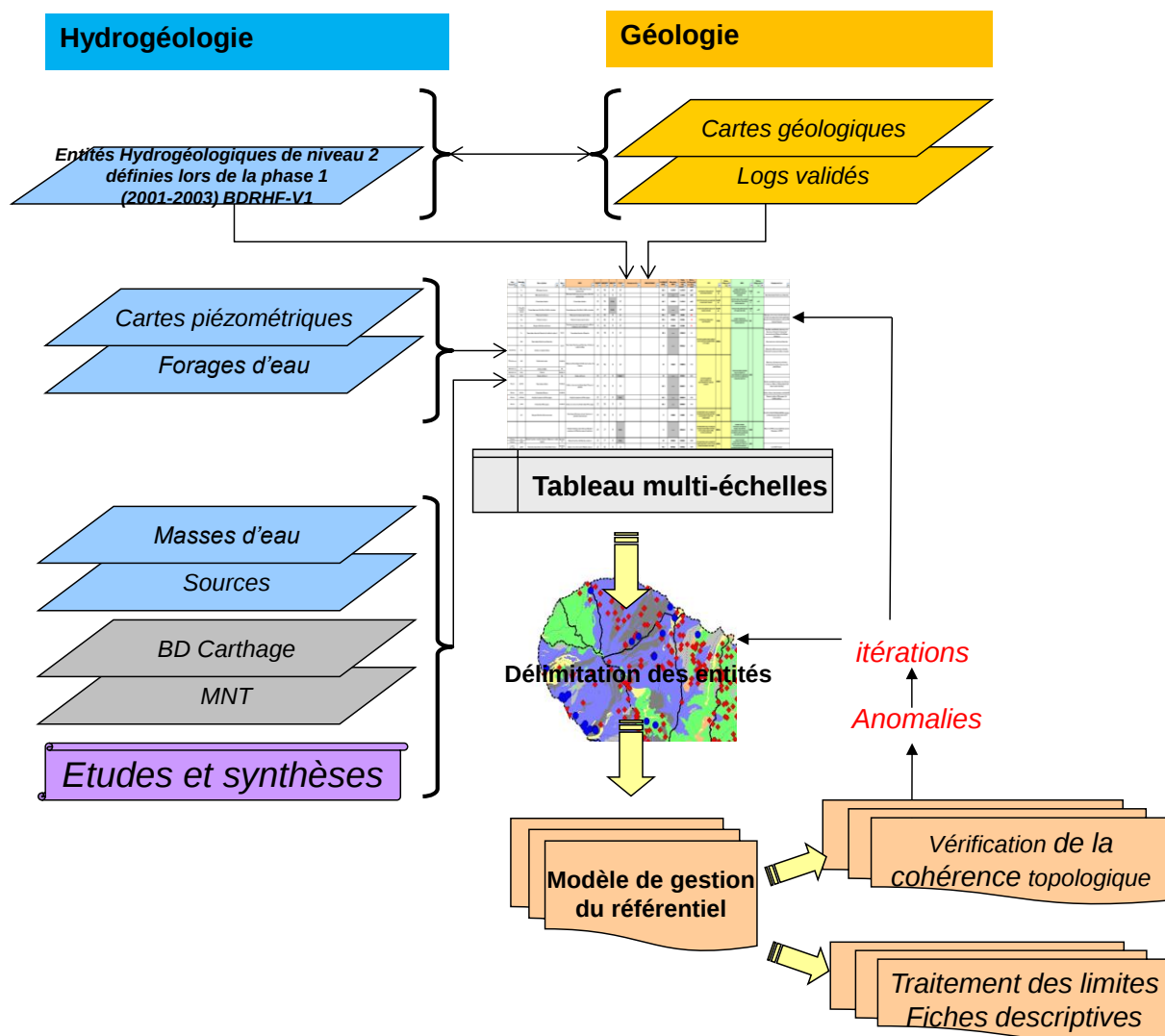


Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.

4 Mise en œuvre du découpage des entités

4.1 DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Pour la mise en œuvre du découpage ont été utilisés :

- les cartes géologiques vectorisées et harmonisées des deux départements (Haut-Rhin et Bas-Rhin) de l'Alsace à l'échelle du 1/50 000 ;
- Les cartes géologiques vectorisées à 1/50 000 qui couvrent l'Alsace et leur notice ;
- les logs validés des forages extraits de la Banque de données du Sous-Sol ;
- les polygones des entités issus du découpage indicatif effectué aux niveaux 1 et 2 lors de la phase méthodologique d'élaboration du référentiel (2001-2003) ;
- les informations et cartes issues de différents rapports d'études, dont les plus importants sont mentionnés en référence bibliographique. Plus particulièrement, les travaux effectués et les résultats obtenus dans le cadre de la réalisation de la Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan ont constitué la base structurante dans la délimitation des entités de la Plaine d'Alsace et du Sundgau ;

Spécifiquement pour le domaine de socle du Massif vosgien, les sources de données et d'informations suivantes ont été exploitées :

- la BD-CARTHAGE (Base de Données sur la CARTographie Thématique des Agences de l'Eau et du ministère de l'Environnement) du bassin Rhin –Meuse), version 2009 ;
- Les résultats obtenus par le CEGUM (Centre d'Etudes Géographiques de l'Université de Metz) dans le cadre d'un travail effectué pour l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

4.1.1 Les cartes géologiques harmonisées

Les cartes géologiques harmonisées des deux départements de la Région Alsace identifient **473 formations géologiques** constituées par 15580 polygones. L'illustration 8 présente les cartes géologiques utilisées pour la synthèse géologique dans chaque département.

4.1.2 Logs géologiques

De la Banque de Données du Sous-Sol, **1728 forages** ont été extraits, sur une superficie couvrant l'Alsace (illustration 9). Ces forages totalisent **28741 passes lithologiques** décrites et validées. Ces passes lithologiques sont rattachées à **174 formations géologiques** différentes, clairement identifiées et codées.

Ces données ont essentiellement servi à vérifier au cas par cas les limites ou les extensions sous couverture d'entités issues des travaux antérieurs, notamment de la BRAR (Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan).

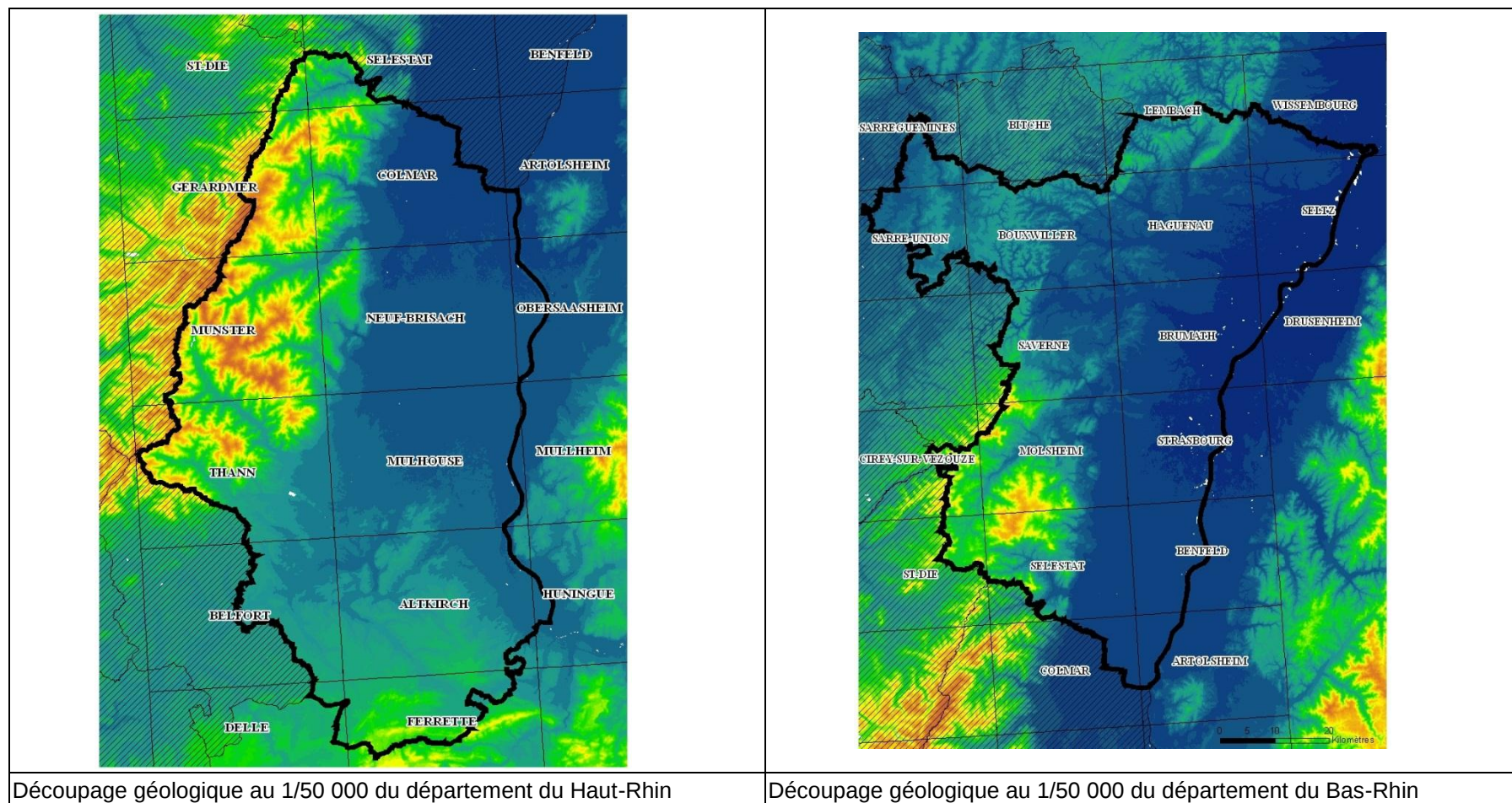


Illustration 8 – Carroyage des cartes géologiques pour les deux départements de l'Alsace

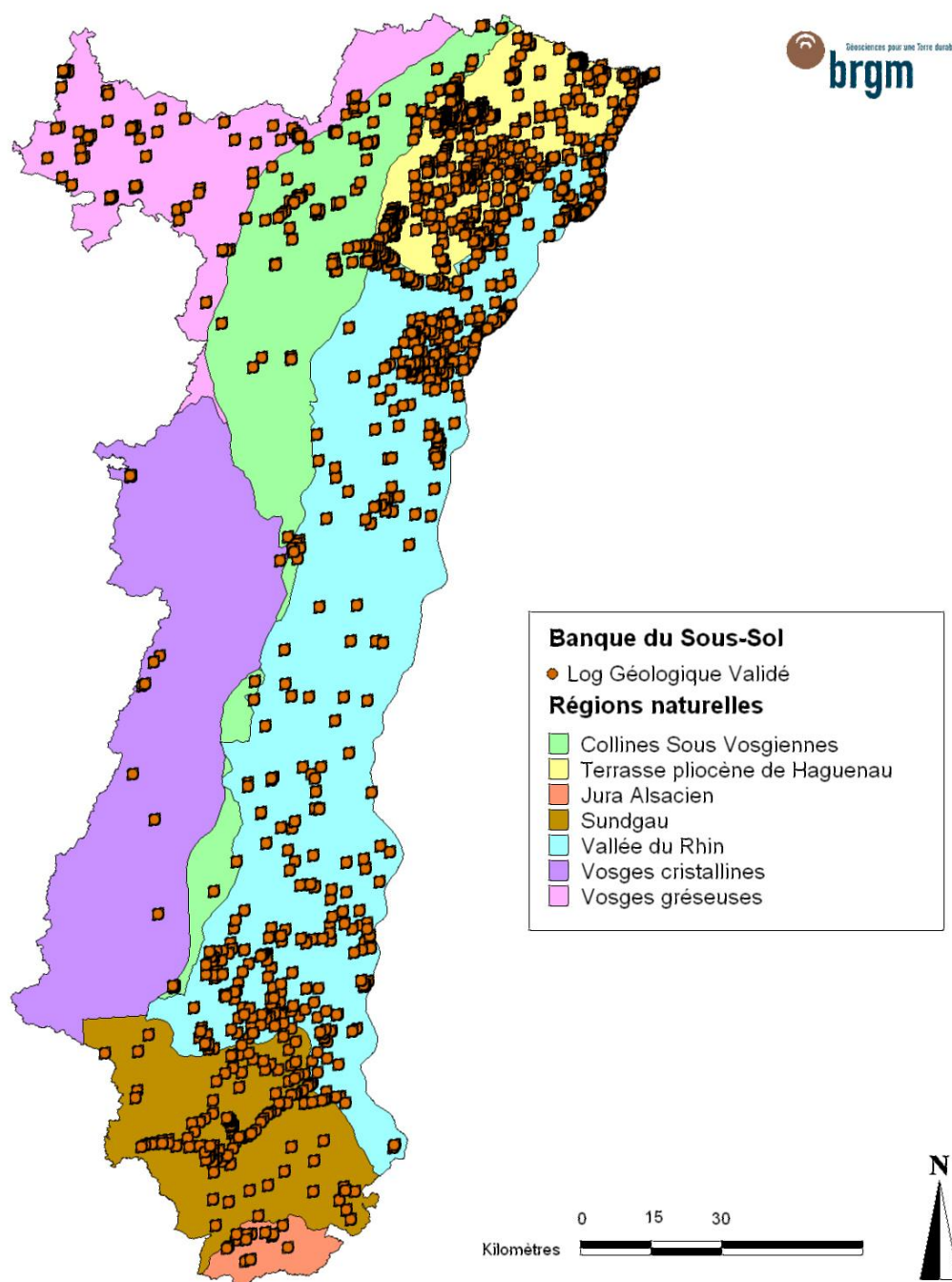


Illustration 9 – Localisation des logs validés extraits de la Banque de données du Sous-Sol

4.2 DÉMARCHE POUR IDENTIFIER ET DÉCOUPER LES ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE

4.2.1 Déroulement des tâches pour les parties affleurantes des entités

L'identification des entités se fait d'abord au niveau local (NV3) et le découpage concerne dans un premier temps les parties affleurantes de ces entités.

Les cartes géologiques vectorisées au 1/50 000 constituent le support géologique de base et fournissent l'information la plus précise pour la délimitation des entités sous forme d'unités (aquifère, semi-perméable ou imperméable). Elles sont utilisées de préférence aux cartes harmonisées départementales où des formations géologiques ont été regroupées alors que leur nature hydrogéologique est différente. Une difficulté rencontrée est l'établissement d'une correspondance stricte entre entités hydrogéologiques et formations géologiques des cartes au 1/50 000 d'une part et entre formations géologiques des cartes et formations géologiques mentionnées dans les logs de forages d'autre part.

Les tâches d'identification et de découpage présentées ci-après sont réalisées pas à pas, par grand ensemble de formations, suivant un ordonnancement stratigraphique, en partant des formations les plus anciennes.

4.2.1.1 Identification des entités par traitement de données

La 1^{ère} tâche consiste à regrouper dans un document de travail, pour un ensemble de mêmes formations géologiques, les caissons¹ des cartes concernées et les informations de la notice, notamment l'hydrogéologie. Ce document permet d'avoir une vision globale de la géologie, d'identifier les formations, d'établir les liens entre formations de même nature sur différentes cartes, mais pouvant être définies ou groupées sous des libellés ou codes différents.

Faire des regroupements pertinents de caissons nécessite de comprendre au mieux ce qui peut les différencier sur les plans lithologique et hydrogéologique et comment les formations s'organisent verticalement et latéralement. L'analyse de ce document est donc complétée par la consultation des notices, des cartes harmonisées départementales et des données de référence listées.

Cette tâche aboutit à une 1^{ère} identification des entités hydrogéologiques.

4.2.1.2 Etablissement du tableau multi-échelles

A partir de l'analyse précédente, il est possible de commencer à élaborer un tableau multi-échelles. Celui-ci ordonne, pour une grande formation géologique identifiée, la succession des entités hydrogéologiques de niveau 3 qui la constitue, leur attribue une nature et un libellé explicite et les rattache à un domaine ou un système de niveau 2, lui-même étant rattaché à un grand système ou domaine de niveau 1.

4.2.1.3 Tracé des contours de chaque entité

Une fois définies les entités et leurs limites, il s'agit de procéder au tracé de leurs contours (sous SIG). Pour le réaliser, l'extraction des contours géologiques vectorisés disponibles en l'état ne suffit pas. En effet, il est nécessaire :

- d'une part, de réaliser de nouvelles vectorisations au niveau des contacts entre cartes géologiques pour assurer la continuité des entités,

¹ Un caisson correspond à une formation géologique (figuré et libellé lithostratigraphique)

- d'autre part, notamment pour les secteurs où, sur la carte géologique, des formations superficielles (limons, alluvions...) masquent le substratum, de connaître la nature des formations sédimentaires sous-jacentes afin de définir les contours des entités.

Les informations fournies par les logs vérifiés de sondages extraits de la BSS, les ouvrages identifiant des nappes d'eau souterraine exploitées ou reconnues, les données issues d'études et de synthèses, aident alors à l'interprétation et à la délimitation des entités. La présence non systématique de sondages dans certains secteurs peut rendre ce travail complexe et aboutir à une imprécision des limites.

Les cartes topographiques IGN aident également à la délimitation des entités. Elles sont utilisées notamment pour délimiter les contours des formations sous les placages de formations superficielles, en suivant les courbes de niveau (et en supposant que le pendage de la formation est faible).

Les cartes harmonisées départementales sont utilisées comme complément d'information, notamment aux contacts entre feuilles géologiques.

Cette première étape de tracé des contours permet de mieux visualiser les entités NV3 définies. Elle fait ressortir des difficultés de délimitation liées aux variations de faciès (entités contigües délicates à délimiter), au manque de données pour tracer l'extension ou, plus rarement, à un degré de précision différent d'une carte à une autre (limite ne pouvant être prolongée).

4.2.1.4 Révision du tableau multi-échelle

Prenant en compte les contours réalisés et les difficultés rencontrées, l'expertise de l'hydrogéologue et du géologue permet de réviser le tableau multi-échelles et redéfinir les entités en procédant à des regroupements ou, au contraire, à des dissociations.

4.2.1.5 Reprise du tracé des contours

En fonction de la nouvelle définition des entités, les tracés sous SIG sont révisés.

4.2.1.6 Réitération des tâches précédentes

Un nouveau déroulement des tâches se fait à partir de l'identification des entités appartenant à un nouvel ensemble de formations géologiques.

4.2.1.7 Vérification de la cohérence, homogénéisation

Enfin, un échange d'informations est établi avec le référent national et les réalisateurs d'autres régions et bassins afin d'homogénéiser les travaux et regrouper les entités de niveau 3 dans des entités des niveaux 2 et de niveau 1 homogènes.

4.2.2 Tracé des limites pour les parties sous couverture des entités

L'interprétation hydrogéologique détaillée de niveau local (niveau 3) sous couverture ne peut être parfois réalisée précisément en raison de l'absence de données (logs vérifiés) et d'informations permettant de préciser les caractéristiques hydrogéologiques. En effet, des variations localisées de faciès ainsi que des lacunes géologiques sont possibles et, en l'absence de données, rendent difficiles une délimitation et une caractérisation précises.

Les ouvrages de la BSS, dont notamment ceux identifiant des nappes d'eau souterraine exploitées ou reconnues ont complété l'information.

4.3 DESCRIPTION DES ENTITÉS HYDROGÉOLOGIQUES DU THÈME SÉDIMENTAIRE

L'Alsace peut être décrite par de grands ensembles conjoints ayant chacun des caractéristiques géologiques et hydrogéologiques distinctes:

- L'Alsace Bossue
- La Plaine Alluviale Rhénane
- Le Sundgau
- Les Zones de Fractures
- Les Vosges Cristallines

Par la suite, au cours de l'application de la méthodologie BD-LISA, ces grands ensembles ont été préservés, mais avec un découpage plus détaillé.

Les paragraphes qui suivent abordent chaque ensemble en y associant des extraits de découpages d'entités et de la partie du tableau multi-échelle correspondante

4.3.1 L'Alsace bossue

L'Alsace Bossue est une zone située au Nord-Ouest qui s'encastre géographiquement et géologiquement dans la Lorraine. Il s'agit de formations sédimentaires qui appartiennent à la structure du Bassin Parisien. Cette partie de l'Alsace s'intègre ainsi dans un grand système multicouche dénommé **GSM du Trias de Lorraine et d'Alsace**. La série rencontrée est d'âge permo-triasique et s'étend du Keuper dans sa partie supérieure aux Grès du buntsandstein voire aux Grès permians à sa base. L'ensemble plonge vers l'ouest et repose sur le socle. Les failles bordant le champ de fractures de Saverne en représentent la limite Est. L'illustration 10 décrit la succession des entités hydrogéologiques de l'Alsace bossue (qui s'étendent aussi en région Lorraine).

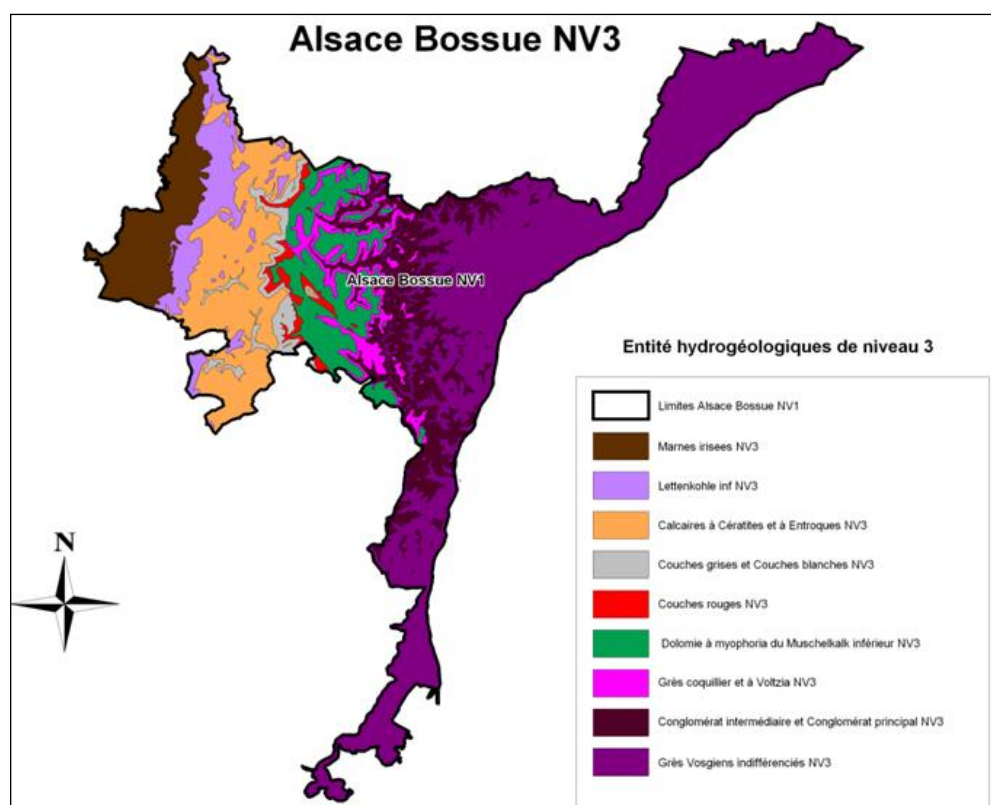


Illustration 10 – Découpage en entités NV3 de l'Alsace Bossue.

D'Ouest en Est, de la partie supérieure jusqu'à la base, 9 entités de niveau 3 ont été délimitées: les **Marnes irisées du Keuper inférieur (143AD05)** qui constituent une formation imperméable présente à l'extrême Ouest de la zone. Il s'agit d'une formation essentiellement constituée par des marnes et argiles aux teintes variées, grises, vertes, rouges ou violettes.

Les niveaux dolomitiques du Lettenkohle (supérieur et moyen, inférieur) constituent des horizons plus ou moins aquifères. La partie supérieure ("*Dolomie limite*") est séparée de la partie basale (*Dolomie inférieure*) par une couche intermédiaire plutôt imperméable (*Argiles bariolées*). Les niveaux dolomitiques (*Dolomie limite* et *Dolomie inférieure*) donnent fréquemment naissance à des sources dont les eaux, quoique souvent de qualités chimique « assez dures », peuvent être utilisées pour l'alimentation. Les deux entités suivantes ont été distinguées, la première considérée comme semi-perméable, la seconde comme aquifère::

- ***Dolomie limite (si différenciée), Dolomie et Marnes bariolées de la Lettenkohle de Lorraine et d'Alsace (143AE01)***
- ***Dolomie inférieure de la Lettenkohle d'Alsace et de Lorraine (143AE03).***
- Les **Calcaires à cératites et à entroques (143AE05)** constituent un ensemble aquifère. Les *Couches à Cératites* comprennent environ 50 m de dalles calcaires alternant avec des marnes. Les *Calcaires à entroques* sont des Calcaires en gros bancs dont l'ensemble peut atteindre 10 mètres d'épaisseur. Sont associés à cette succession les formations dites "*Couches blanches*" et "*Couches grises*" qui forment un complexe d'assises marneuses et dolomitiques renfermant à différents niveaux, mais principalement à la base, des amas lenticulaires de gypse ou d'anhydrite. La caractéristique aquifère de l'ensemble est attestée par l'existence de sources nombreuses, mais de débit assez faible. Leurs eaux sont parfois minéralisées par suite de la présence de lentilles de gypse irrégulièrement intercalées dans les *Couches grises*.
- L'entité sous-jacente regroupe plusieurs couches d'argiles et de marnes pour former une entité considérée comme semi-perméable et appelée:
 - ***Couches blanches, grises et rouges de Lorraine et d'Alsace du Muschelkalk moyen et inf. (143AI01)***
- Suit une série calcaro – dolomitique et marneuse comprenant un horizon médian argileux. L'ensemble est daté du Muschelkalk inférieur. L'ensemble constitue une entité semi-perméable qui a été appelée:
 - ***Dolomie à Myophoria orbicularis, Marnes à Myacites (et Grès coquillier indifférencié) du Muschelkalk inférieur de Lorraine et d'Alsace (143AI03).***
- Les formations essentiellement gréseuses sous-jacentes forment un système aquifère majeur, largement exploité en Lorraine. Ce système regroupe le **Grès coquillier et le Grès à Voltzia** qui marquent la limite entre le Muschelkalk et le Buntsandstein. Cette entité aquifère a été appelée:
 - ***Grès coquillier et Grès à Voltzia du Muschelkalk inférieur et du Buntsandstein supérieur de Lorraine et d'Alsace (143AK01).***
- On trouve ensuite l'épaisse série (500 m) des *Grès et Poudingues du Buntsandstein*, comprenant des intercalations sablo- argileuse et subdivisées en 2 entités hydrogéologiques qui ont été appelées:
 - ***Couches intermédiaires et Conglomérat principal du Buntsandstein supérieur de Lorraine et d'Alsace (143AK03),***
 - ***Grès vosgien s.s. et Conglomérat inférieur de Lorraine et Grès Vosgiens indifférenciés du Buntsandstein et du Permien d'Alsace (143AK05).***

La coupe de l'illustration 11 ci-après montre la succession de cette série aquifère. La série peut reposer directement sur le socle. Lorsque les grès triasiques reposent sur des grès permien, ces derniers sont inclus dans le système aquifère.

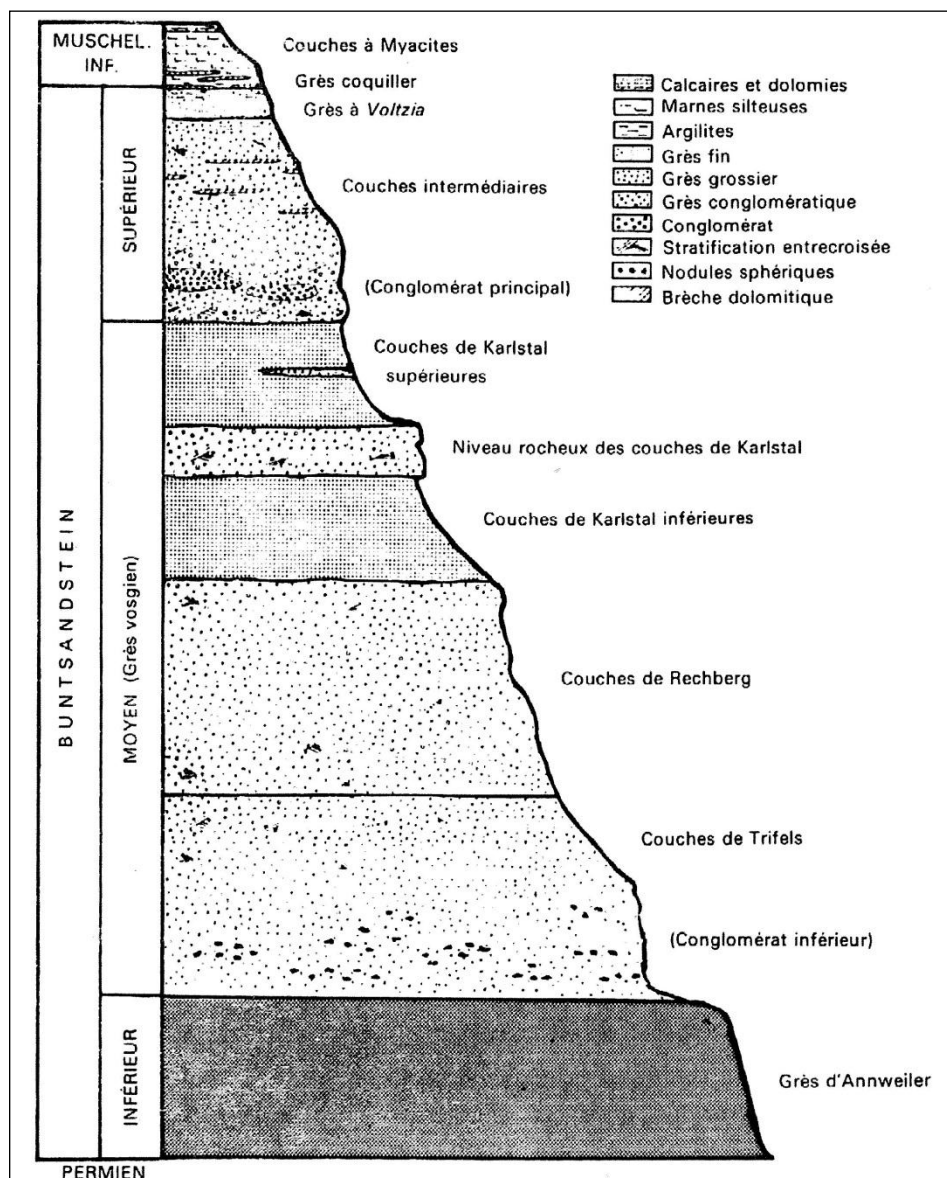


Illustration 11 – Stratigraphie détaillée du Buntsandstein
Notice de la feuille de Lembach (Menillet et al., 1989)

Le tableau multi-échelle est le suivant :

Code	Entité de niveau 2	Code	Entité de niveau 3
Code	Entités de niveau 2	Code	Entités de niveau 3
143AD	Marnes du Keuper de Lorraine et d'Alsace	143AD05	Marnes irisées inférieures du Keuper de Lorraine et d'Alsace
143AE	Calcaires du Muschelkalk supérieur (Trias moyen) et Dolomies et Argiles de la Lettenkohle (Keuper inférieur, Trias moyen), Est du Bassin Parisien	143AE01	Dolomie limite (si différenciée), Dolomie et Marnes bariolées de la Lettenkohle de Lorraine et d'Alsace
		143AE03	Dolomie inférieure de la Lettenkohle d'Alsace et de Lorraine
		143AE05	Calcaires à cératites et Calcaires à entroques du Muschelkalk supérieur de Lorraine et d'Alsace
143AI	Marnes et Argiles du Muschelkalk moyen et inférieur de Lorraine et d'Alsace	143AI01	Couches grises et rouges du Muschelkalk moyen et inférieur en Lorraine
		143AI03	Dolomie à Myophoria orbicularis, Marnes à Myacites (et Grès coquillier indifférencié) du Muschelkalk inférieur de Lorraine et d'Alsace
143AK	Grès du Trias inférieur (Buntsandstein), dans les bassins Rhin-Meuse	143AK01	Grès coquillier et Grès à Voltzia du Muschelkalk inférieur et du Buntsandstein supérieur de Lorraine et d'Alsace
		143AK03	Couches intermédiaires et Conglomérat principal du Buntsandstein supérieur de Lorraine et d'Alsace
		143AK05	Grès vosgien s.s. et Conglomérat inférieur de Lorraine et Grès Vosgiens indifférenciés du Buntsandstein et du Permien d'Alsace

Illustration 12 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 de l'Alsace bossue

4.3.2 La plaine d'Alsace

Cette entité est, par contraste avec le massif vosgien et ses contreforts, facilement identifiable. Il en va tout autrement lorsqu'il s'agit de d'identifier des unités hydrogéologique cohérentes. A l'aide des références bibliographiques et des travaux de modélisation hydrogéologique ont été définis les sous-ensembles suivant :

4.3.2.1 Le Plio-Quaternaire du Fossé Rhénan

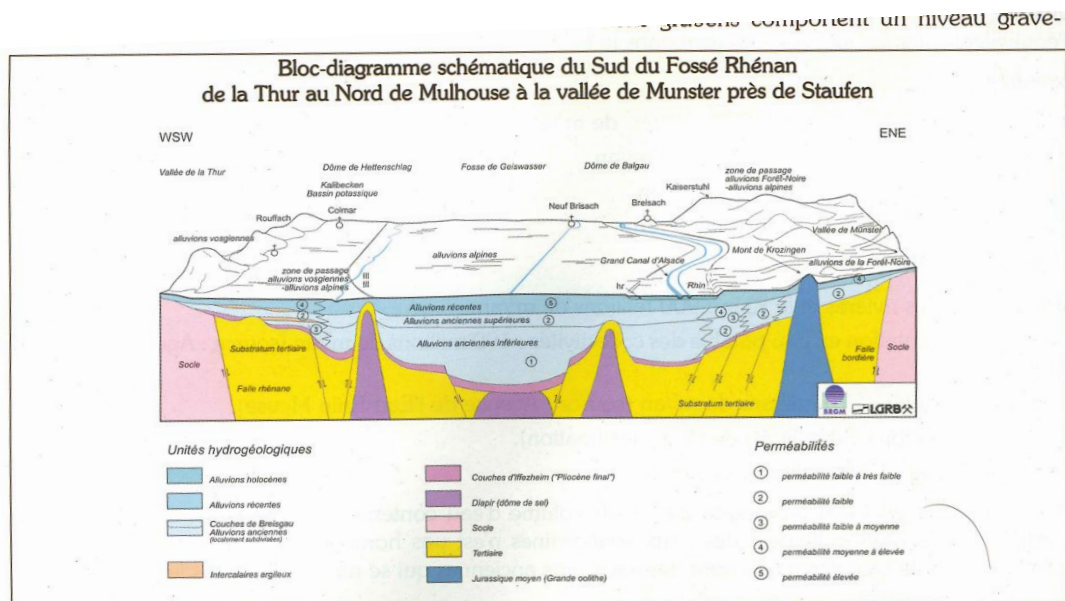
Comme évoqué précédemment, ce grand système aquifère est localisé dans la plaine du Rhin. Très perméable et d'une épaisseur allant de 10 à 250 m, il se compose d'alluvions d'origine diverses dont la composition varie aussi bien en profondeur que latéralement. L'illustration 13 montre une coupe illustrant ces variations.

Cette entité majeure de l'Alsace (3 000 km² environ) a été subdivisée en :

- alluvions rhénanes d'une part (alluvions d'origine alpine),
- alluvions vosgiennes d'autre part (alluvions de bordure).

Cette dichotomie se double d'une différenciation entre alluvions récentes (tranche superficielle du système aquifère) et alluvions anciennes, basée sur la modélisation hydrogéologique réalisée dans le cadre du projet MONIT du programme INTERREG III. Cette différenciation se

base sur des caractéristiques hydrogéologiques distinctes. L'illustration 14 ci-après présente les deux découpages réalisés.



source : Regierungspräsidium Freiburg (2002) Interreg II. Reconnaissance transfrontalière de l'aquifère profond dans la bande rhénane entre Fessenheim et Breisach.

Illustration 13 – Coupe schématique du Sud du Fossé Rhénan

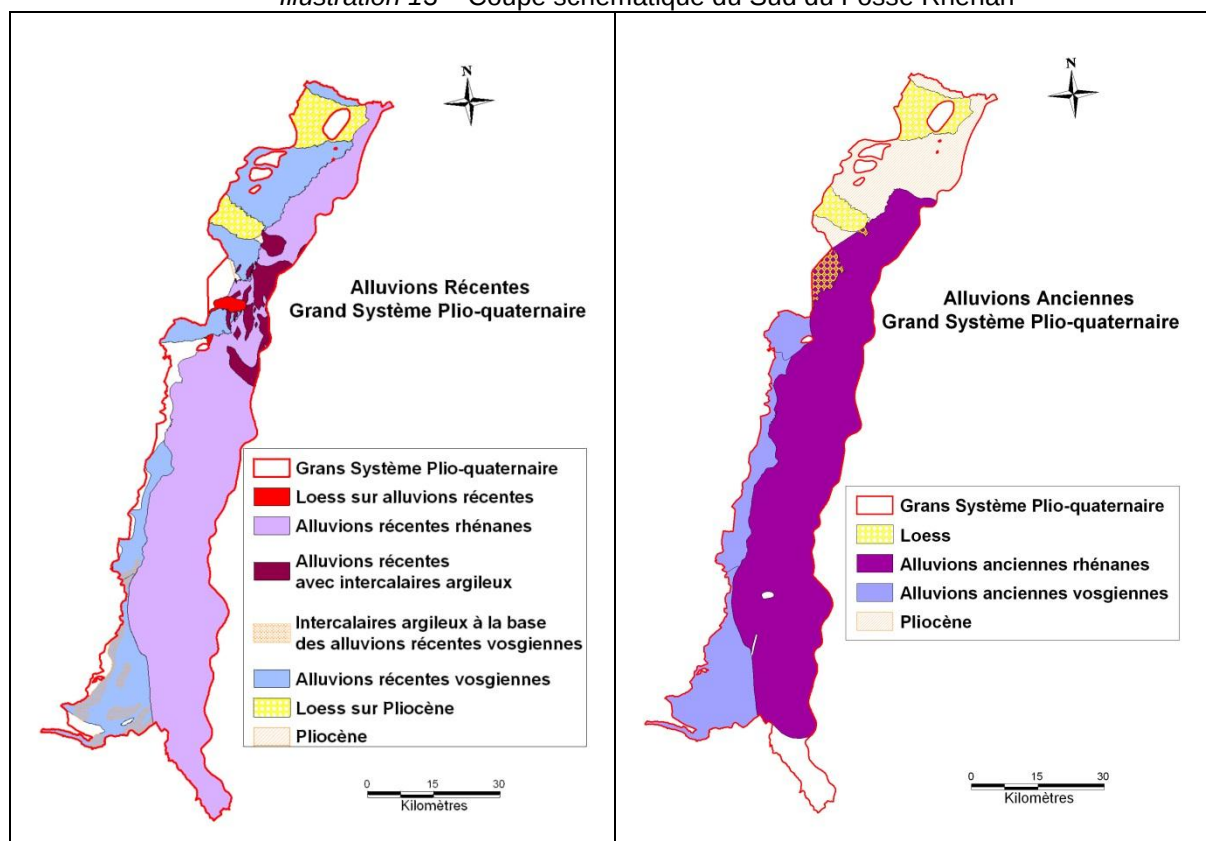


Illustration 14– Découpage du système plio –quaternaire de la plaine d'Alsace

Certaines intercalations argileuses significatives interviennent dans le découpage. Il s'agit de niveau argileux entre les alluvions vosgiennes récentes et anciennes (partie sud-ouest de la cartographie des alluvions récentes) et de niveau argileux à l'intérieur des alluvions rhénanes récentes (partie nord de la cartographie des alluvions récentes). Cette dernière intercalation joue localement un rôle d'écran important pour le dimensionnement de systèmes géothermiques en région strasbourgeoise.

Les alluvions pliocène d'Haguenau – Riedseltz qui affleurent dans le Nord de l'Alsace se raccordent aux alluvions rhénanes anciennes.

Le tableau multi-échelle est présenté par l'illustration 15.

Code	Entités de niveau 2	Code	Entités de niveau 3
221AA	Alluvions récentes de la Plaine d'Alsace	221AA01	Alluvions récentes vosgiennes de la Lauter
		221AA03	Alluvions récentes vosgiennes de la Moder et de la Sauer
		221AA05	Alluvions récentes vosgiennes de la Zorn
		221AA07	Alluvions récentes vosgiennes de la Zorn avec intercalaire argileux
		221AA09	Alluvions récentes vosgiennes de la Bruche
		221AA11	Alluvions récentes vosgiennes de la Bruche avec intercalaire argileux
		221AA13	Alluvions récentes vosgiennes de la Doller, Thur et Lauch
		221AA15	Alluvions récentes vosgiennes de la Giessen, Fecht
		221AA17	Alluvions récentes rhénanes
		221AA19	Alluvions récentes rhénanes avec intercalaire argileux
		221AA21	Intercalaires argileux de la Plaine d'Alsace
221AC	Alluvions anciennes de la Plaine d'Alsace	221AC01	Alluvions vosgiennes anciennes de la Bruche
		221AC03	Alluvions vosgiennes anciennes de l'Ehn
		221AC05	Alluvions vosgiennes anciennes de la Giessen, Fecht et Andlau
		221AC07	Alluvions vosgiennes anciennes de la Doller, Thur et Lauch
		221AC09	Alluvions anciennes rhénanes
221AE	Formations du Pliocène de la Plaine d'Alsace	221AE01	Formations du Pliocène de la Plaine d'Alsace

Illustration 15 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 du Plio–Quaternaire de la Plaine d'Alsace

La série oligocène qui constitue le substratum imperméable de l'aquifère rhénan a revêtu dans la région une importance économique particulière. En effet, elle contient vers le nord les horizons pétrolifères, bitumineux et salifères qui ont donné lieu aux exploitations de la région de Pechelbronn et vers le sud les horizons salifères qui ont donné lieu aux exploitation de mines de Potasse de la région de Mulhouse. Il s'agit globalement d'une variation latérale de facies dont la délimitation a pu être cartographiée (illustration 16). Dans la partie nord, l'entité alluvionnaire pliocène a été visualisée - bien qu'elle appartienne au grand système Plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace - afin de montrer sa position de couverture partielle de l'Oligocène.

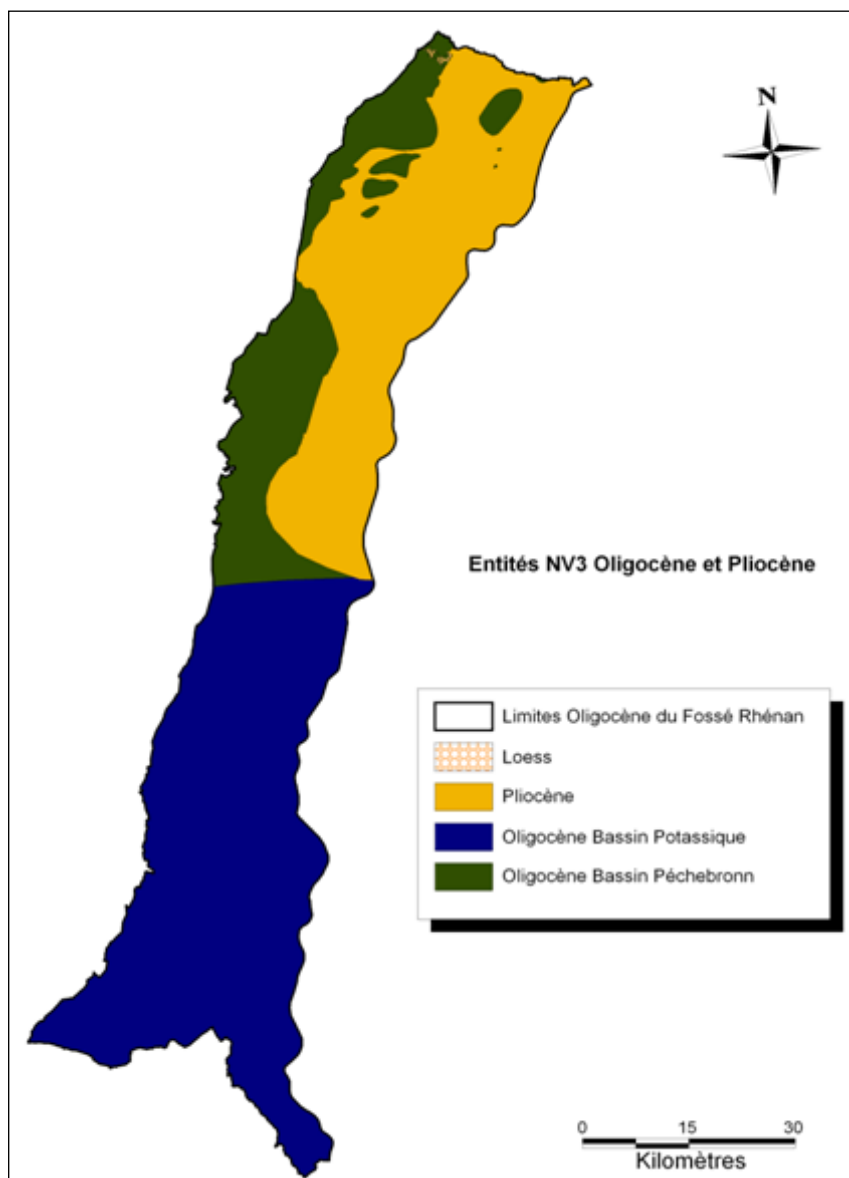


Illustration 16 – Oligocène (et Pliocène) du Fossé Rhénan

Le tableau multi-échelle est le suivant :

Code	Entité de niveau 2	Code	Entité de niveau 3
223AA	Formations Oligocène du Fossé Rhénan	223AA01	Formations Oligocènes du Bassin Salifère
		223AA02	Formations Oligocènes du Bassin du Péchelbronn

Illustration 17 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 de l'Oligocène du Fossé Rhénan

4.3.3 Formations du Fossé rhénan pré-Tertiaire

La surface estimée située sous les formations de l'Oligocène n'est pas uniforme : elle est le résultat d'une érosion, à partir du Portlandien, des formations émergées se succédant en de larges anticlinaux et synclinaux. Certaines formations se retrouvent donc tronquées par érosion.

Plus en profondeur se succèdent les formations allant du Jurassique au Trias inférieur. Elles sont regroupées en des entités aquifères ou non dont les contours épousent les limites du Fossé Rhénan à l'Ouest et la frontière avec l'Allemagne à l'Est. La série entière repose sur le socle qui a fait l'objet d'une analyse particulière.

Les entités qui se succèdent de "haut en bas" sont les suivantes :

- les **Calcaires du Malm** : ils ont été reconnus aquifères par quelques forages, situés essentiellement dans le sud du Fossé rhénan. Il s'agit essentiellement de calcaires blanc ou gris, compacts ou marneux ainsi que de marnes gréseuses ou jaunâtres. Suite à l'érosion de la surface pré-Tertiaire, leur épaisseur est variable, atteignant 122 mètres au sud de Mulhouse.
- Les **formations marno-calcaires allant du Rauracien au Bathonien** sont regroupées en une unité imperméable.
- Le faciès calcaire dit de la "**Grande Oolithe bajocienne**" a été reconnu aquifère par de nombreux forages réalisés dans le Fossé rhénan. Cette formation calcaire se situe à une profondeur variant entre 700 et 2000 mètres. Son épaisseur varie entre 0 et 200 mètres. En effet la formation disparaît vers le Nord du Fossé Rhénan pour faire place à un faciès marneux imperméable. La délimitation entre ces deux entités conjointes a été réalisée à l'aide des logs validés.
- Les **formations argileuses, marneuses, calcaires ou gréseuses** allant de l'**Aalénien au Keuper** sont regroupées en une unité imperméable.
- la série des **Calcaires du Muschelkalk supérieur** (*Calcaires à térébratules, à cératites et à entroques*) a été reconnue aquifère par de nombreux forages exécutés dans le Fossé rhénan. Les **formations du Lettenkohle** (dolomies, calcaires, marnes et grès) surmontent cette série. Les **marnes du Muschelkalk moyen** constituent le substratum de cette série calcaire.
Ces 3 entités de niveau 3 ont été regroupées en une entité de niveau 2, aquifère, appelée "*Calcaires et Marnes du Muschelkalk et Lettenkohle*", dont la profondeur varie de 400 à 3 000 m et l'épaisseur de 55 à 110 m ;
- Le **Muschelkalk inférieur**, essentiellement gréseux (grès coquillier) et la série sous-jacente des grès et conglomérats du Trias suivie éventuellement des grès permien constituent le dernier système aquifère sédimentaire avant le socle. Sa profondeur varie de 400 m à 3200 mètres et son épaisseur varie de 50 à 500 mètres.

L'illustration 18 montre l'allure de la surface pré-Tertiaire ainsi que la délimitation du niveau bajocien en deux unités distinctes (aquifères et imperméables).

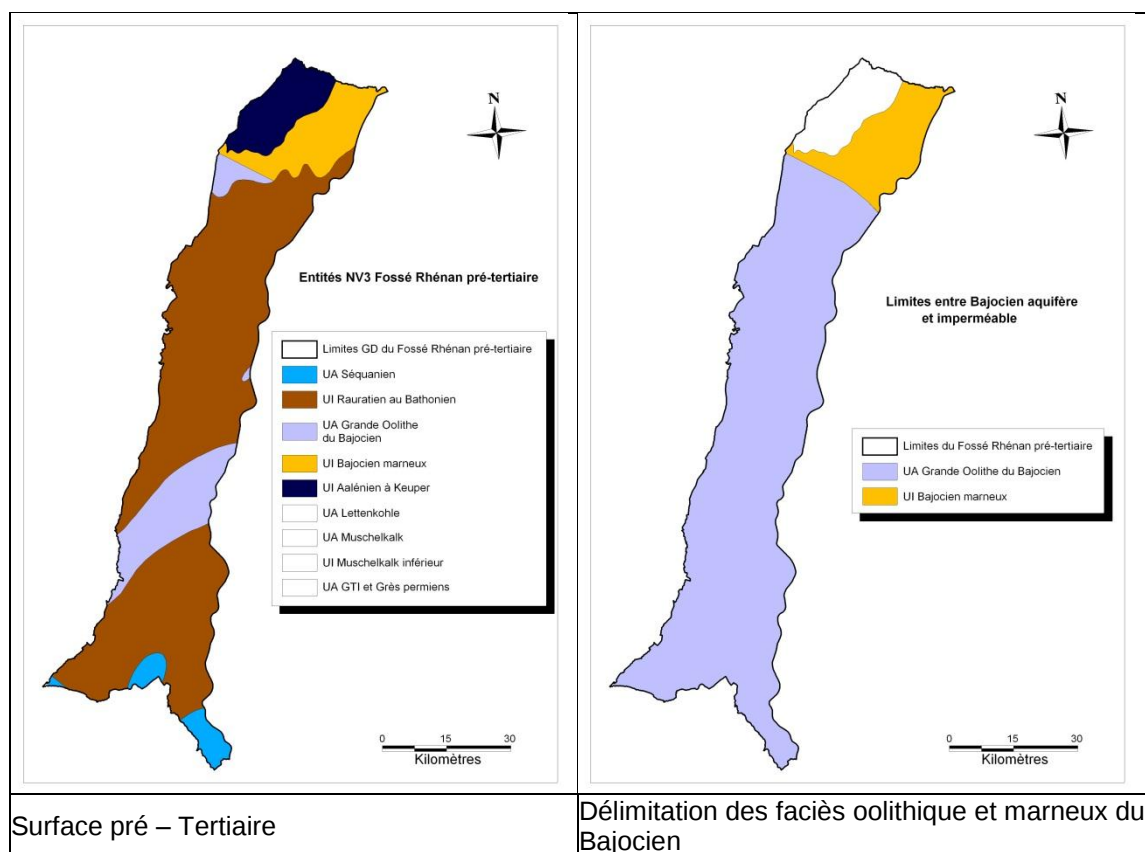


Illustration 18 – Découpage de la plaine d'Alsace (unités pré-Tertiaire)

Le tableau multi-échelle est le suivant :

Code	Entité de niveau 2	Code	Entité de niveau 3
215E	Calcaires du Malm (Séquanien)	215AE01	Calcaires du Malm (Séquanien)
227AC	Marnes et Calcaires du Rauracien au Bathonien (Rauracien, Oxfordien, Callovien, Bathonien)	227AC01	Marnes et Calcaires du Rauracien au Bathonien (Rauracien, Oxfordien, Callovien, Bathonien)
227AE	Calcaires et Marnes du Bajocien	227AE01	Calcaire de la Grande Oolithe bajocienne
		227AE03	Formations marneuses du Bajocien
227AG	Formations majoritairement argilo-marneuses et calcaires du Trias supérieur au Jurassique moyen (Aalénien) en Alsace	227AG01	Formations majoritairement argilo-marneuses et calcaires de l'Aalénien au Keuper en Alsace
227AI	Calcaires et Marnes du Muschelkalk et Lettenkohle	227AI01	Calcaire de la Lettenkohle
		227AI03	Calcaire du Muschelkalk
		227AI05	Muschelkalk Inférieur / Marnes
227AK	Grès du Trias inférieur et Grès du Permien	227AK01	Grès du Trias inférieur et Grès du Permien

Illustration 19 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 du Fossé Rhénan pré-Tertiaire

Remarque : le socle profond

Le substratum, c'est-à-dire le socle a fait l'objet d'un découpage (illustration 21) sur la base d'un recoupement de deux informations indépendantes :

- l'existence d'une cartographie lithologique réalisée à partir de travaux de reconnaissance géoélectrique (EDEL et al. 2002). Cette cartographie distingue ainsi des zones de roche plutonique et des zones de roches métamorphiques ;
- le résultat d'une étude allemande (STOBER, 1996) sur les caractéristiques des roches cristallines de socle sur la partie allemande du Fossé rhénan et pour le massif de la Forêt-Noire. Il apparaît que les roches plutoniques sont plus perméables que les roches métamorphiques bien que ces deux unités restent dans le domaine semi perméable.

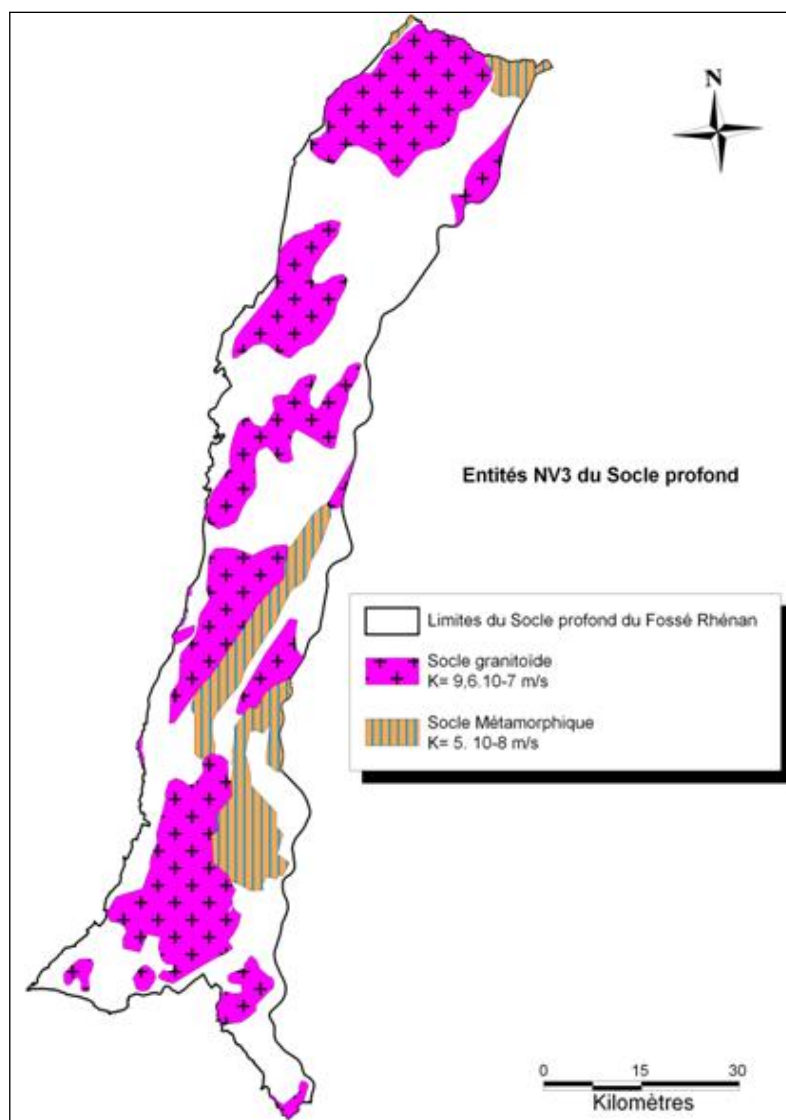


Illustration 20 – Découpage de la plaine d'Alsace (unités de socle)

4.3.4 Le Sundgau

Le Sundgau constitue la zone limitrophe Sud de l'Alsace, ne possédant pas les capacités aquifères de la nappe phréatique rhénane. Les aquifères sont insuffisamment reconnus. La

carte d'ensemble se base sur les délimitations issues du projet " Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan" .

Trois grandes entités ont été identifiées pour le découpage :

- La partie comprenant les unités de Cailloutis et de Molasse affleurantes et les autres entités de niveau 1 sous-jacentes
- Le Horst de Mulhouse, bien délimité géographiquement par un système de failles
- Le Jura alsacien à l'extrême sud qui s'apparente aux structures plissées rencontrées en Franche Comté

L'illustration 21 présente l'extension géographique de ces trois grandes entités avec quelques détails supplémentaires concernant les formations qui les composent.

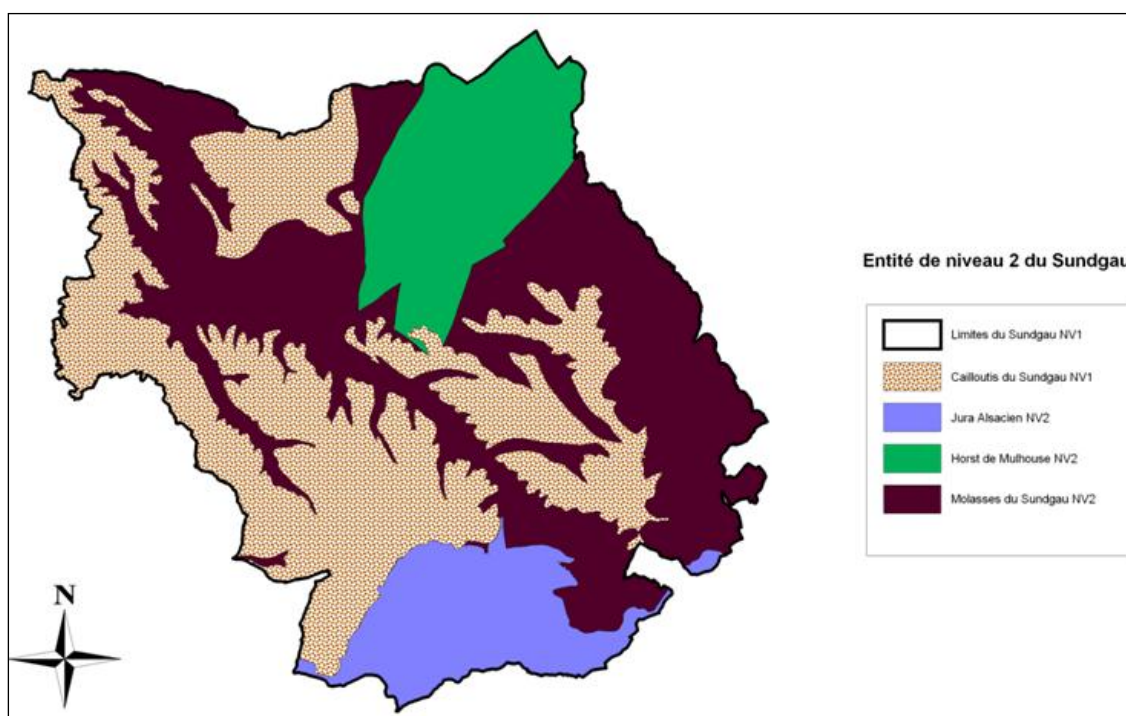


Illustration 21 – Découpage du Sundgau

4.3.4.1 Les cailloutis du Sundgau (225AC)

Les *cailloutis du Sundgau* sont des alluvions pliocènes composées de matériaux alpins ou vosgiens. Les rivières principales ont entaillé cet horizon jusqu'à son soubassement, isolant des ensembles indépendants de plus de 50 km². Ils constituent ainsi des plateaux en placages, d'un vingtaine de mètres d'épaisseur reposant sur la *Molasse alsacienne* sous-jacente. Les aquifères se trouvent en position perchée par rapport au fond des vallées qui les encadrent. Le pourtour des affleurements des *cailloutis du Sundgau* est jalonné de sources souvent utilisées pour l'AEP des villages (illustration 22). Cette ressource en eau est reconnue très vulnérable, notamment du fait des activités agricoles provoquant une contamination significative des eaux par les nitrates.

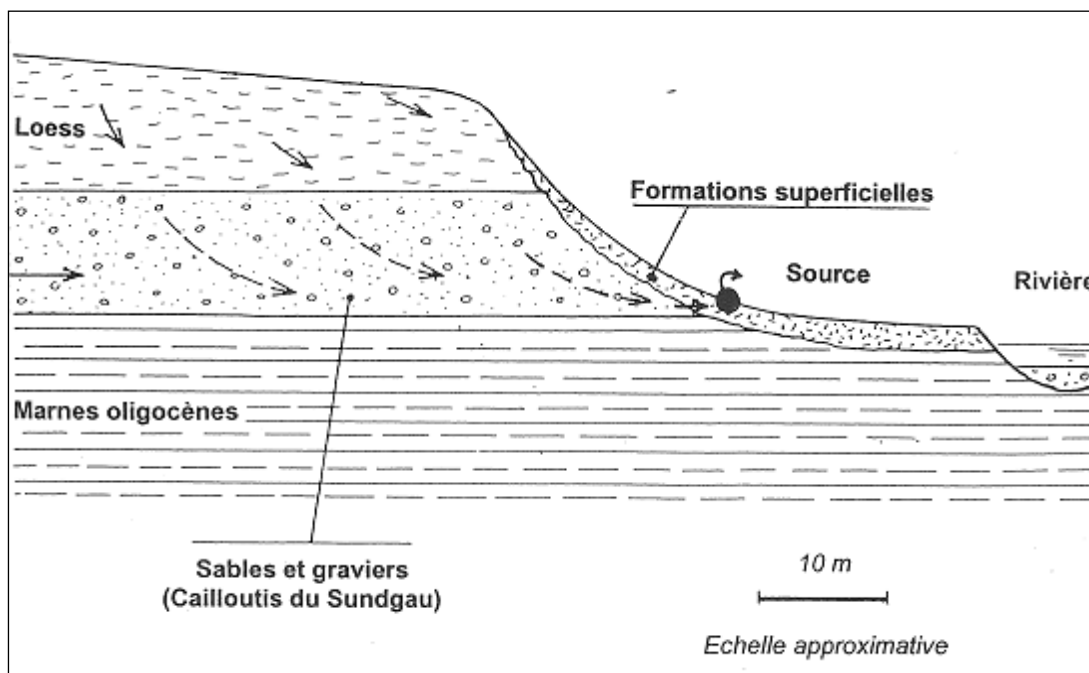


Illustration 22 – Circulations d'eau dans les Cailloutis du Sundgau
(Rapport BRGM 40722)

4.3.4.2 La Molasse alsacienne (225AE)

La *Molasse alsacienne* (Oligocène) comprend une puissante série de marnes, sables et calcaires déposées dans le Fossé Rhénan juste après son effondrement. L'appellation de "*Molasse alsacienne*" se réfère aux molasse alpines, séries de roches détritiques fines déposées après le soulèvement des Alpes. Les marnes qui sont les roches les plus représentées, constituent des terrains peu perméables, mais elles peuvent être intercalées de niveaux sableux peuvent s'intercaler qui sont, eux, aquifères. Une entité de Molasse alsacienne aquifère couvrant deux zones distinctes a été délimitée au niveau 3.

4.3.4.3 Les terrasses anciennes du Rhin

Le long de la bordure orientale du Sundgau, surplombant l'étroite vallée du Rhin entre Bâle et Mulhouse, les alluvions du Pléistocène, ancien et moyen, sont étagées en terrasses. Les parties subhorizontales et mal drainées de ces terrasses donnent des zones de sources, généralement sans débit importants. Elles sont localement captées par forages.

4.3.4.4 Le Sundgau Pré-Tertiaire

Sous la *Molasse alsacienne* se succèdent comme pour la Plaine d'Alsace, toute la série des formations pré-Tertiaires déjà identifiées jusqu'au socle, à savoir :

- les calcaires du Malm (Séquanien),
- les formations allant du Rauracien au Bathonien,
- la Grande Oolithe bajocienne,
- les formations allant de l'Aaléenien au Keuper,
- les formations aquifères du Lettenkohle et du Muschelkalk,
- les formations imperméables du Muschelkalk inférieur,
- la série des grès du Trias inférieur et du Permien.

Ces formations ont été fusionnées avec leur équivalent du Fossé rhénan pré-Tertiaire (attribution du même code).

4.3.4.5 Le Horst de Mulhouse (226)

Les dislocations post-Oligocène ont entraîné la surrection de formations plus anciennes dans le Sundgau. C'est le Horst de Mulhouse, formé d'une série de blocs monoclinaux.

Une première série de formations affleurantes de l'Oligocène ont été regroupées pour former une entité imperméable appelée " **Formations supérieures de l'Oligocène du Horst de Mulhouse (226AA01)**".

Sous-jacente, mais également affleurante par endroit, la série condensée de l'Eocène supérieur – Oligocène inférieur comprend deux formations perméables : le *Calcaire à Mélanies* (épaisseur 100 m), de nature karstique, et le *Haustein*, gréseux et calcaire dans sa partie inférieure (épaisseur 50 m), de porosité matricielle. La dynamique des écoulements est complexe en raison de la présence d'un réseau de failles mal connu.

Ces 2 formations ont été regroupées en une entité aquifère de niveau 3 appelée "**Calcaire à Mélanies (226AA03)**".

Sous ces formations se succèdent comme pour la Plaine d'Alsace, les formations pré-tertiaires regroupées dans les entités de niveau 3 suivantes:

- **Formations de l'Eocène inférieur et formations du Rauracien au Bathonien,**
- **Grande Oolithe bajocienne,**
- **Formations marneuses du Bajocien inférieur et de l'Aalénien au Keuper**
- **Dolomie et Argiles de la Lettenkohle,**
- **Calcaires du Muschelkalk,**
- **Marnes du Muschelkalk inférieur,**
- **Grès du Trias inférieur et du Permien**

4.3.4.6 Le Jura alsacien

Le Jura alsacien, constitué d'une série plissée de calcaires et de marnes d'âge Jurassique, représente, du point de vue structural, le front de plissements alpins du Jura.

En continuité avec le découpage déjà effectué en Franche – Comté et en s'appuyant sur la description des logs validés profonds, les entités suivantes ont été dégagées:

- Formations superficielles du Cénozoïque (Pléistocène à Eocène)
- Formations aquifères du Séquanien et formations marno-calcaires du Kimmérigien aux calcaires et oolithes du Rauracien
- Argiles bleues de l'Oxfordien-Argovien
- Grande Oolithe du Bajocien et Marnes et Calcaires roux sableux à Rhynchonelles du Bathonien supérieur au Callovien supérieur
- Formations du Lias indifférencié à l'Aalénien
- Formation du Lias inférieur reposant sur les Marnes du Keuper
- Marnes du Keuper niveau imperméable.

Le tableau multi-échelle est le suivant (illustration 23) :

Code	Entité de niveau 2	Code	Entité de niveau 3
225AA	Terrasses Anciennes du Rhin	225AA01	Terrasses Anciennes du Rhin
225AC	Cailloutis du Pliocène du Sundgau	225AC01	Cailloutis du Pliocène de la Largue
		225AC03	Cailloutis du Pliocène du Thalbach
		225AC05	Cailloutis du Pliocène du secteur de Nord Montreux
		225AC07	Cailloutis du Pliocène Ouest Largue
		225AC09	Cailloutis du Pliocène de la Largue et de la Doller
225AE	Molasse alsacienne de l'Oligocène	225AE01	Molasse alsacienne aquifère du Sundgau
		225AE03	Molasse alsacienne imperméable du Sundgau
226AA	Horst de Mulhouse, des Grès du Trias inférieur aux formations de l'Oligocène	226AA01	Formations supérieures de l'Oligocène du Horst de Mulhouse
		226AA03	Calcaires à Mélanie (Priabonien) du Horst de Mulhouse
		226AA05	Formations de l'Eocène inférieur et formations du Rauracien au Bathonien du Horst de Mulhouse
		226AA07	Grande Oolithe du Bajocien du Horst de Mulhouse
		226AA09	Formations marneuses du Bajocien inférieur et Formations de l'Aalénien au Keuper du Horst de Mulhouse
		226AA11	Dolomie et argiles de la Lettenkohle du Horst de Mulhouse
		226AA13	Calcaire du Muschelkalk du Horst de Mulhouse
		226AA15	Marnes du Muschelkalk inférieur du Horst de Mulhouse
		226AA17	Grès du Trias inférieur et formations gréseuses du Permien supérieur (Thuringien) du Horst de Mulhouse
515AX	Multicouche du Jura alsacien, des Marnes du Keuper (Trias supérieur) aux Calcaires aquifères du Jurassique supérieur	515AX01	Formations superficielles du Cénozoïque (Pléistocène à Eocène)
		515AX03	Formations aquifères calcaires (Séquanien), marnos-calcaires (Kimméridgien), Calcaires et Oolithiques (Rauracien)
		515AX05	Argiles bleues de l'Oxfordien-Argovien
		515AX07	Grande Oolithe du Bajocien et Marnes et Calcaires roux sableux à Rhynchonelles du Bathonien supérieur au Callovien supérieur
		515AX09	Formations du Lias supérieur
		515AX11	Formation du Lias inférieur
		515AX13	Marnes du Keuper niveau imperméable

Illustration 23 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 du Sundgau

4.3.5 Vallée de la Plaine

Une zone située au nord-ouest du Massif cristallin vosgien, ne peut y être rattachée. Comme pour l'Alsace bossue, il s'agit de formations sédimentaires d'âge permien et triasique, reposant sur le socle, qui appartiennent à la structure du Bassin Parisien. Ces formations sédimentaires sont considérées comme des unités perméables par analogie aux autres occurrences situées dans l'Alsace Bossue. La présence de sources au fond de la vallée de la Plaine atteste également de la présence en eaux souterraines dans ces formations.

4.3.6 Les zones de fractures

Entre la Plaine d'Alsace et le Massif vosgien s'intercalent des zones intermédiaires marquées dans le paysage par des collines (collines sous-vosgiennes). Ces zones intermédiaires sont bordées par des failles majeures mais également traversées par des systèmes de failles les découpant en une mosaïque de blocs. La géologie de ces zones est très complexe. D'une manière générale, on retrouve à l'affleurement comme en profondeur, ainsi que l'attestent les logs validés, toutes les formations jurassiques et triasiques déjà rencontrées dans d'autres zones.

Sans pouvoir détailler la mosaïque de blocs, en partie recouverte par des formations superficielles, deux entités globales peuvent être cependant délimitées :

- une entité regroupant les formations des grès triasiques reposant sur le socle, considérée comme aquifère;
- une entité regroupant tous les autres blocs de la zone de fractures. Bien que cette entité composite recèle des ressources en eau localement ou en profondeur, elle est préliminairement à toute recherche ultérieure, considérée comme imperméable.

Le tableau multi-échelle est le suivant :

Code	Entité de niveau 2	Code	Entité de niveau 3
230AA	Formations sédimentaires du Champ de Fractures de Saverne	230AA01	Formations Complexes et Faillées du Champ de fractures de Saverne
		230AA03	Grès du Trias inférieur et Grès du Permien du Champ de fractures de Saverne
230AC	Formations sédimentaires du Champ de Fractures Sud vosgien	230AC01	Formations Complexes et Faillées des Champs de fractures Sud Vosgien
		230AC03	Grès du Trias inférieur et Grès du Permien Champ de fractures Sud vosgien

L'illustration 25 ci-après précise le découpage de ces zones de fractures.

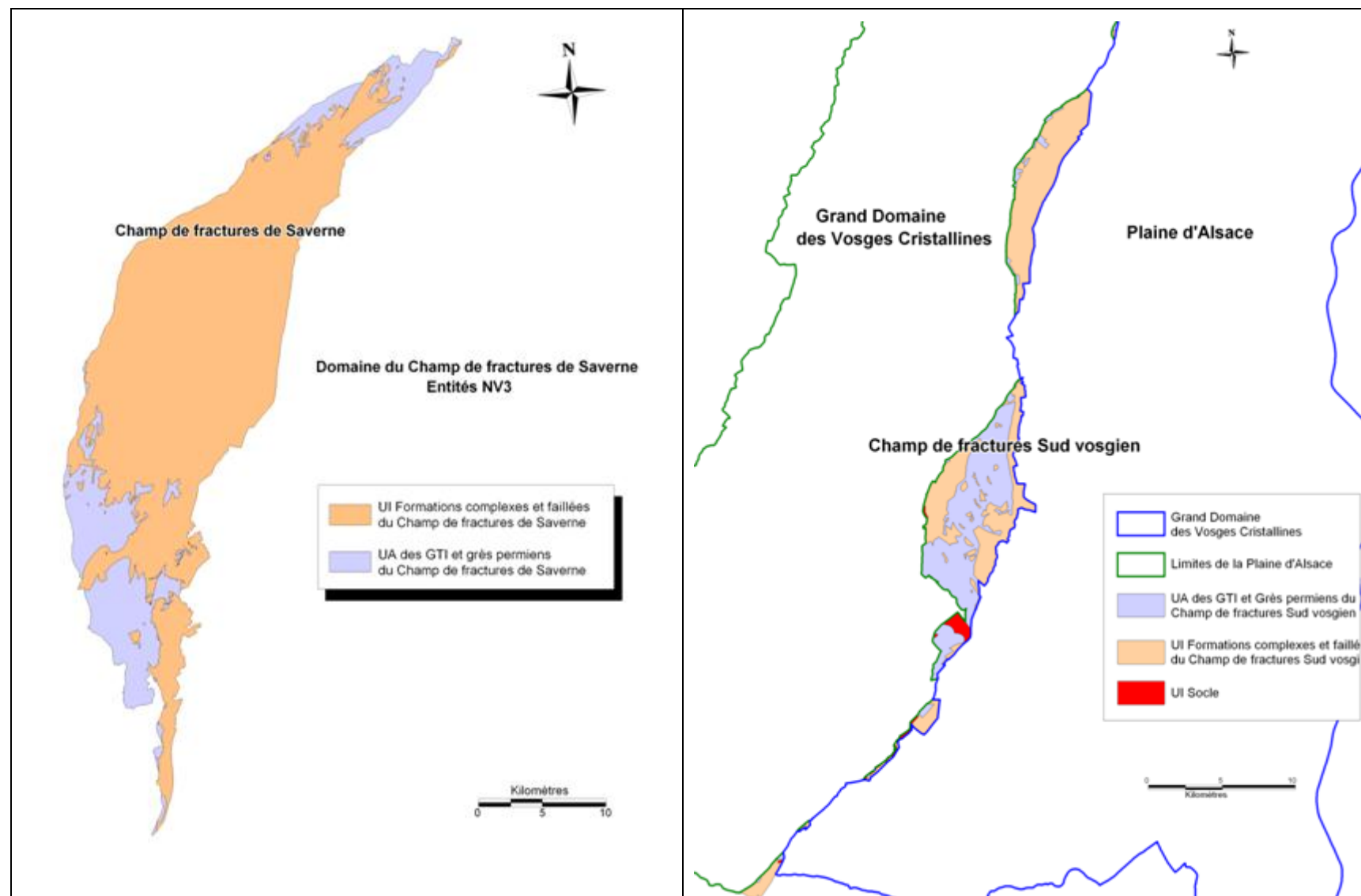


Illustration 24 - Découpage des zones de fractures

4.4 ENTITÉS DU SOCLE

La méthodologie générale (Rapport BRGM RP 52261- 2003), n'est pas applicable à toutes les régions : peu de données, en particulier données issues des forages, morcellement des formations, cartes non harmonisées ou manquantes (cas du Limousin et de l'Auvergne).

Pour pallier ces difficultés, une autre démarche a été utilisée, applicable à tous les domaines de socle du territoire, et qui permet aussi de préserver le travail qui a été effectué suivant la méthodologie générale.

Cette démarche (décrite en annexe 3) consiste à subdiviser les "bassins versants-entités" de niveau 2 en sous bassins (sous-secteurs BD-Carthage) et à les caractériser en fonction des données disponibles (lithologie, hydrogéologie).

4.4.1 Le socle vosgien

Sous cette dénomination est désignée la partie centrale et méridionale des Vosges présentant essentiellement des roches cristallines: plutoniques, volcaniques anciennes et métamorphiques.

Pour caractériser hydrogéologiquement les bassins versants, les résultats d'une étude réalisée par le CEGUM ont été mis à profit. Cette étude fournit **pour chaque portion de cours d'eau** les valeurs de débit mensuel minimal de chaque année civile (QMNA) de fréquence de retour 2 ans, 5 ans et 10 ans (illustration 25). La méthode de calcul utilisée par le CEGUM, nommée "DECLIC" (*Détermination des Ecoulements Caractéristiques sur le Linéaire des Cours d'eau*) utilise les données issues de la banque HYDRO (données des stations de mesures hydrologiques de bassin) et celles de la BD-Carthage.

Sur la base de cette étude, les bassins versants des cours d'eau vosgiens ont été évalués et classifiés selon leur débit d'étiage de fréquence quinquennale. Plus précisément le débit d'étiage des cours d'eau a été rapporté à la surface des bassins versants afin d'obtenir un débit d'étiage spécifique. Selon le CEGUM, la valeur de ce débit spécifique reflète indirectement la capacité d'infiltration des eaux superficielles par les terrains rencontrés et donc la capacité d'emménagement en eau du sous-sol. Ainsi un débit d'étiage spécifique relativement faible peut témoigner de la présence de formations perméables et inversement un débit d'étiage spécifique élevé peut témoigner de la présence de formations imperméables.

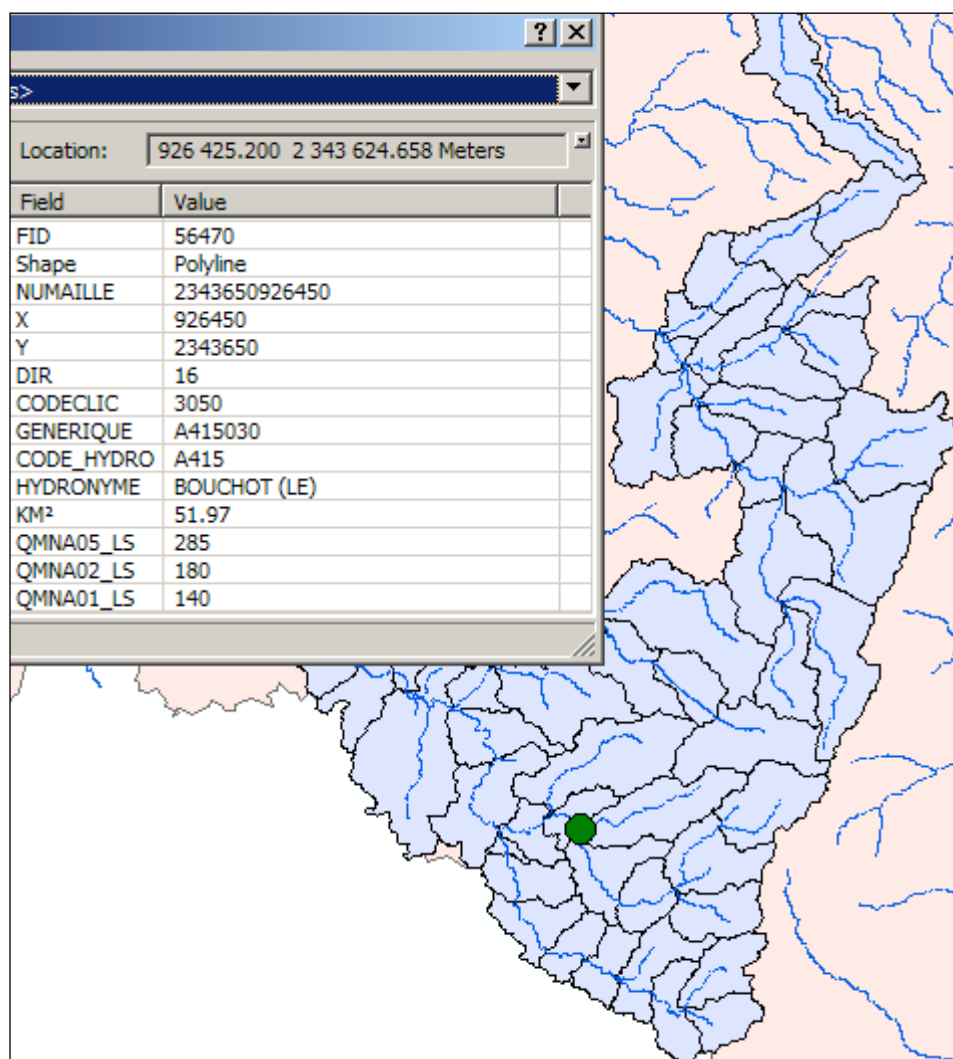


Illustration 25 –Exemple d' information fournie par la méthode "Déclic"

D'une manière pragmatique, un classement relatif des grands bassins vosgiens a été réalisé à partir de la moyenne générale des débits spécifiques (3 l/s/km^2)

L'illustration 26 détaille la cartographie de ces bassins versants.

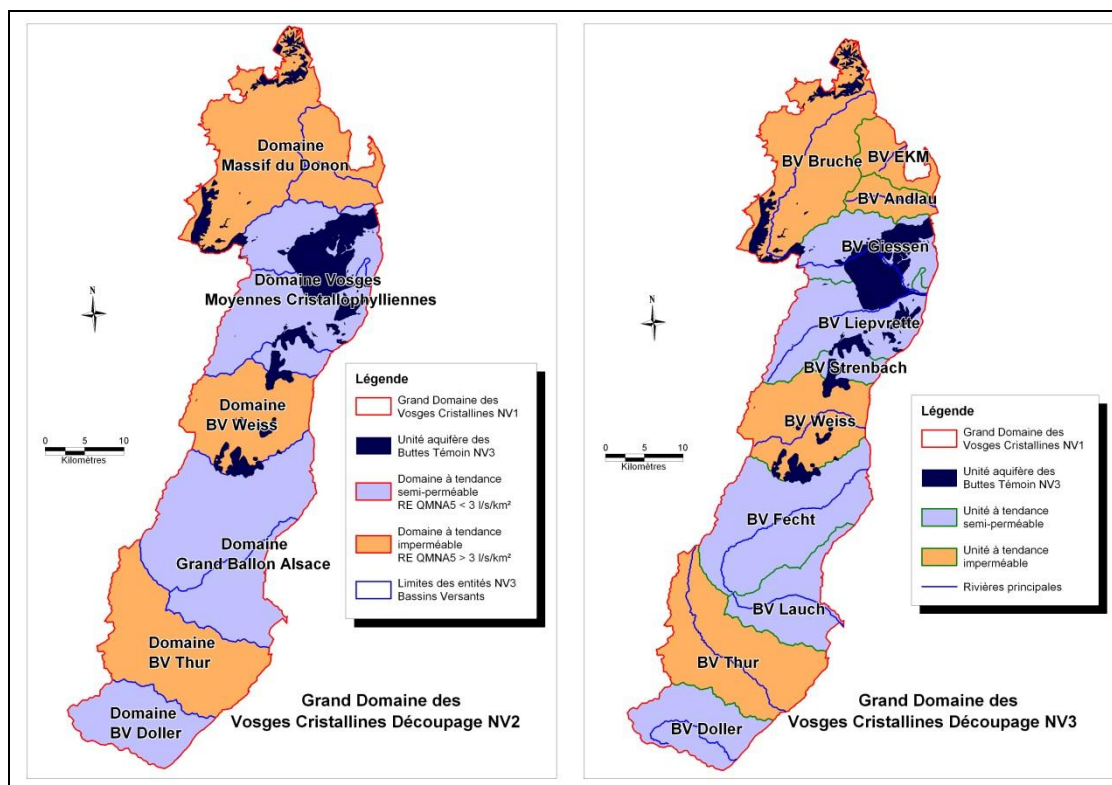


Illustration 26 – Découpage des Vosges Cristallines

Les buttes témoins de grès triasiques et permien signalées sur les cartes sont des entités classées en surcouche.

En l'absence d'informations suffisantes sur les ressources en eau souterraine des formations cristallines du Massif vosgien, aucune classification absolue (unité imperméable, semi-perméable ou imperméable) n'a été attribuée à ces entités.

Les valeurs des débits d'étiage spécifiques des bassins versant de la Doller ou de la Thur sont sans doute influencées par les soutiens de barrages qu'ils reçoivent en cas d'étiage. Seule une étude plus détaillée permettra de classer plus sûrement les caractéristiques hydrogéologiques des formations de ces bassins, notamment pour la Thur.

4.4.2 Caractérisation des entités du socle vosgien

4.4.2.1 . Entités de niveau 3

- Utilisation des données du CEGUM (DECLIC) qui fournissent par tronçon de cours d'eau la valeur du débit mensuel minimum de période de retour 5 ans QMNA5². Pour cela est pris en compte, pour chaque entité de niveau 3 précédemment définie, le tronçon le plus en aval de la zone du bassin versant sur socle, qui fournit cette valeur (en l/s) et la superficie du bassin versant concerné.
- Calcul du débit spécifique (QMNA5 / Surface de bassin versant) en l/s/km². Est ainsi obtenue une valeur de débit spécifique par bassin versant qui est un ordre de grandeur. En effet cette valeur n'est pas strictement représentative des formations de socle sur tous les bassins versants identifiés : d'une part, elle caractérise la surface totale des bassins (de la source au point aval), et d'autre part la surface de bassin versant considéré ne tient pas compte de la nature de la formation géologique présente (la surface sur socle peut ne représenter qu'une partie de ce bassin).
- Calcul de la moyenne des valeurs de débit spécifique obtenues pour tous les bassins versants et comparaison par bassin versant de sa valeur de débit spécifique avec la valeur moyenne. Ceci permet d'établir deux classes d'entités (celles pour lesquelles le débit spécifique est inférieur à la moyenne (classe 1) et celles pour lesquelles il est supérieur à la moyenne (classe 2)).
- Selon leur appartenance à la classe 1 ou à la classe 2, les unités sont caractérisées comme ayant tendance à être "infiltrantes", donc à tendance semi-perméables ou au contraire ayant tendance à favoriser le ruissellement, donc à tendance imperméable.

3.4.2.2. Caractérisation des entités de niveau 2

- Regroupement des entités de niveau 3 en entités de niveau 2 selon leur appartenance à l'une des deux classes et à un même grand bassin versant.
- Ainsi les entités appartenant à la classe 1 sont identifiées comme des domaines ayant tendance à conserver l'eau, donc à tendance semi-perméable, et celles appartenant à la classe 2 sont identifiées comme des domaines ayant tendance à moins conserver l'eau, donc à tendance imperméable.
- Une caractérisation lithologique succincte (présence de roches plutoniques et/ou volcaniques et/ou métamorphiques) complète les attributs de ces entités de niveau 2.

² QMNA 5 ans : c'est le débit de référence défini au titre 2 de la nomenclature figurant dans les décrets n° 93742 et 93743 du 29 mars 1993, pris en application de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992. C'est le débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A) (débit minimal de chaque année civile de fréquence de retour 5 ans). Il se calcule, par définition, à partir d'un mois calendaire à la différence de VCN30 (débit minimale sur 30 jours consécutifs) qui peut être à cheval sur 2 mois. C'est le débit mensuel minimal ayant la probabilité 1/5 de ne pas être dépassé une année donnée.

4.4.3 Tableau multi-échelle du thème socle

Au total, pour le domaine de socle, ont été identifiés :

- **11 unités de niveau local (NV3),**
- **6 domaines de niveau régional (NV2),**
- **1 grand domaine de socle de niveau national en Lorraine (NV1).**

231AM	Socle du bassin versant de la Doller	231AM01	Bassin versant de la Doller
231AN	Socle du bassin versant de la Thur	231AN01	Bassin versant de la Thur
231AO	Socle du Grand Ballon Vosgien	231AO01	Bassin versant de la Lauch
		231AO03	Bassin versant de la Fecht
231AP	Socle du Bassin versant de la Weiss	231AP01	Bassin versant de la Weiss
231AQ	Socle cristallophyllien des Vosges moyennes	231AQ01	Bassin versant de la Giessen
		231AQ03	Bassin versant de la Liepvrette
		231AQ05	Bassin versant de l'Andlau
231AR	Socle du Massif du Donon	231AR01	Bassin versant de la Bruche
		231AQ03	Bassins versants de la Ehn, Kirneck et Magel
		231AR05	Bassin versant du Strenbach

Illustration 27 – Entités de niveau 2 et de niveau 3 du Massif vosgien cristallin

4.5 ENTITES COMPLEMENTAIRES

Deux formations géologiques significatives, mais qui surmontent différentes formations ou entités ont été rangées dans le groupe des entités complémentaires (constituant la "surcouche" du référentiel). Il s'agit:

- des formations loessiques, formations d'origine éolienne, meuble et de granulométrie fine, celles-ci couvrent environ le tiers de la surface de la plaine rhénane. Dans les collines situées à l'Ouest de Strasbourg et au Nord de la Bruche, le loess atteint l'altitude de 210 mètres, c'est-à-dire qu'il s'élève à environ 70 mètres au-dessus du niveau du Rhin. L'épaisseur de loess atteint par endroits près de 50 mètres. A ce titre la couche loessique constitue une couverture imperméable atténuant la vulnérabilité des aquifères sous-jacents (alluvions vosgiennes ou rhénanes).
- des buttes témoins de grès triasiques et permien : le découpage des Vosges cristallines par des limites de bassins versants amène à considérer les formations de grès et arkoses triasiques et permien réparties en entités géographiquement discontinues comme des buttes témoins surmontant le socle. Leur extension varie de l'ordre du km² à 100 km² (butte témoin dans le bassin versant de la rivière Giessen). Ces buttes témoins peuvent contenir des aquifères qui contribuent au soutien hydraulique des bassins versants à l'intérieur desquels ils se situent.

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 28.

5.2 NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITÉS

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

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

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

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

Par ailleurs, à une nature de contact, il est possible dans certains cas de rattacher un type de limite (exemples fournis dans le tableau de l'illustration 29).

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

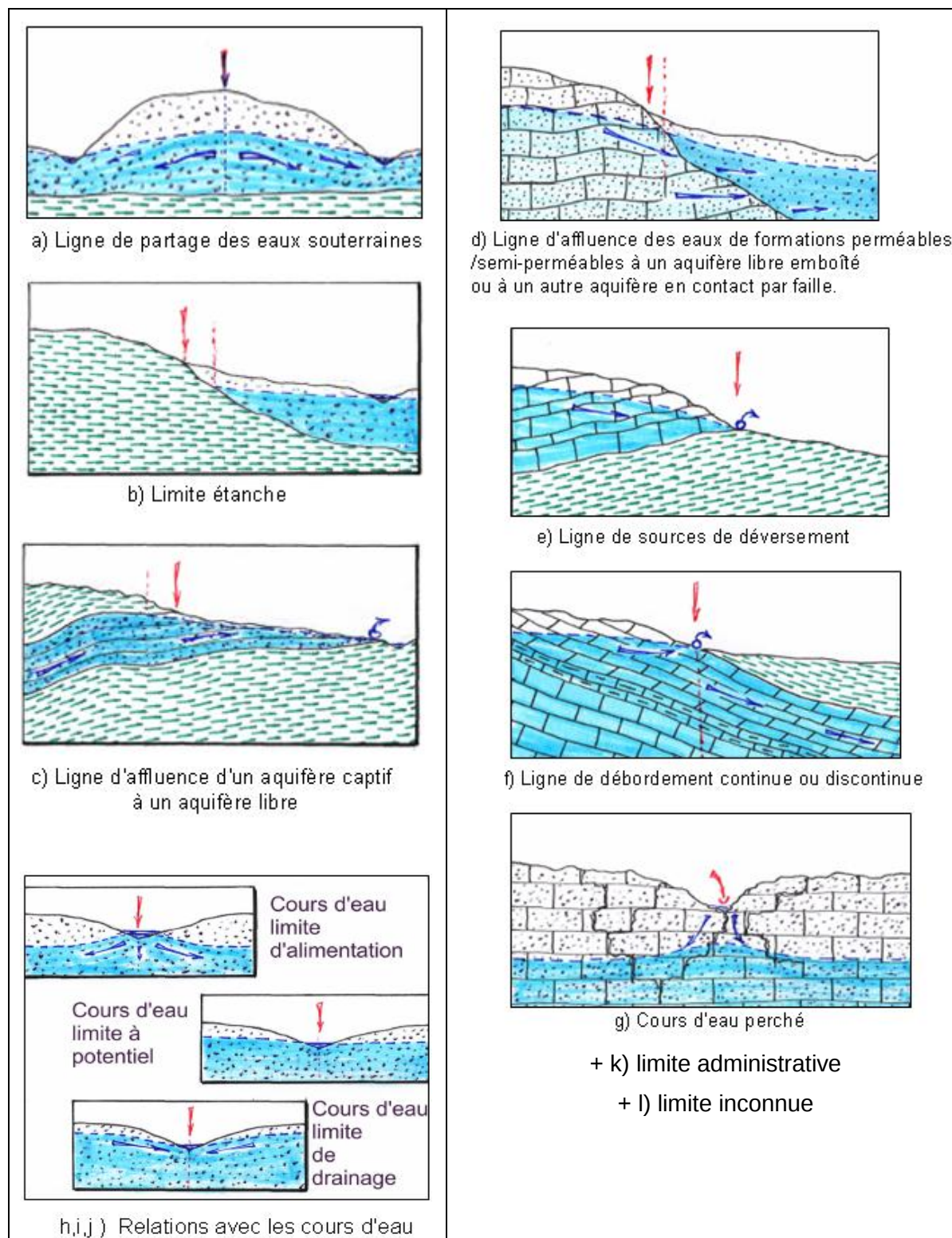


Illustration 28 – Types de limites possibles entre entités

Nature des contacts	Type de limite possible (guide méthodologique)
Aquifère sur aquifère	Ligne d'affluence des eaux de formations perméables ou semi-perméables à un aquifère libre emboîté ou à un autre aquifère en contact par faille (cas d)
Aquifère / aquifère	Ligne de partage des eaux souterraines (cas a) = Limite à flux nul
Aquifère/ domaine	Limite "étanche" (cas b) = Limite à flux nul
Aquifère sur domaine	Limite "étanche" (cas b) = Limite à flux nul Ligne de sources de déversement (cas e)
Aquifère sous domaine	Ligne d'affluence d'un aquifère captif à un aquifère libre (cas c) Généralisable en " Limite de recouvrement " (pouvant coïncider avec la limite de captivité). Cela ne préjuge pas du sens d'écoulement.
Domaine sur aquifère	Ligne de débordement continue ou discontinue (cas f)
Domaine / Domaine	Cas particulier de 2 formations peu perméables en contact (limite "étanche")

Illustration 29 – 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 construction du référentiel**". Ce modèle contrôle aussi la cohérence topologique de l'assemblage 3D et détecte les anomalies.

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

6.1 GÉODATABASE

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

Ces 2 tables (**RHF_Polygones_relatifs** et **RHF_Limites**) sont rangées dans un « jeu de classes d'entités » (dans le langage ArcGis) appelé « **GEOMETRIE** » (Illustration 30).

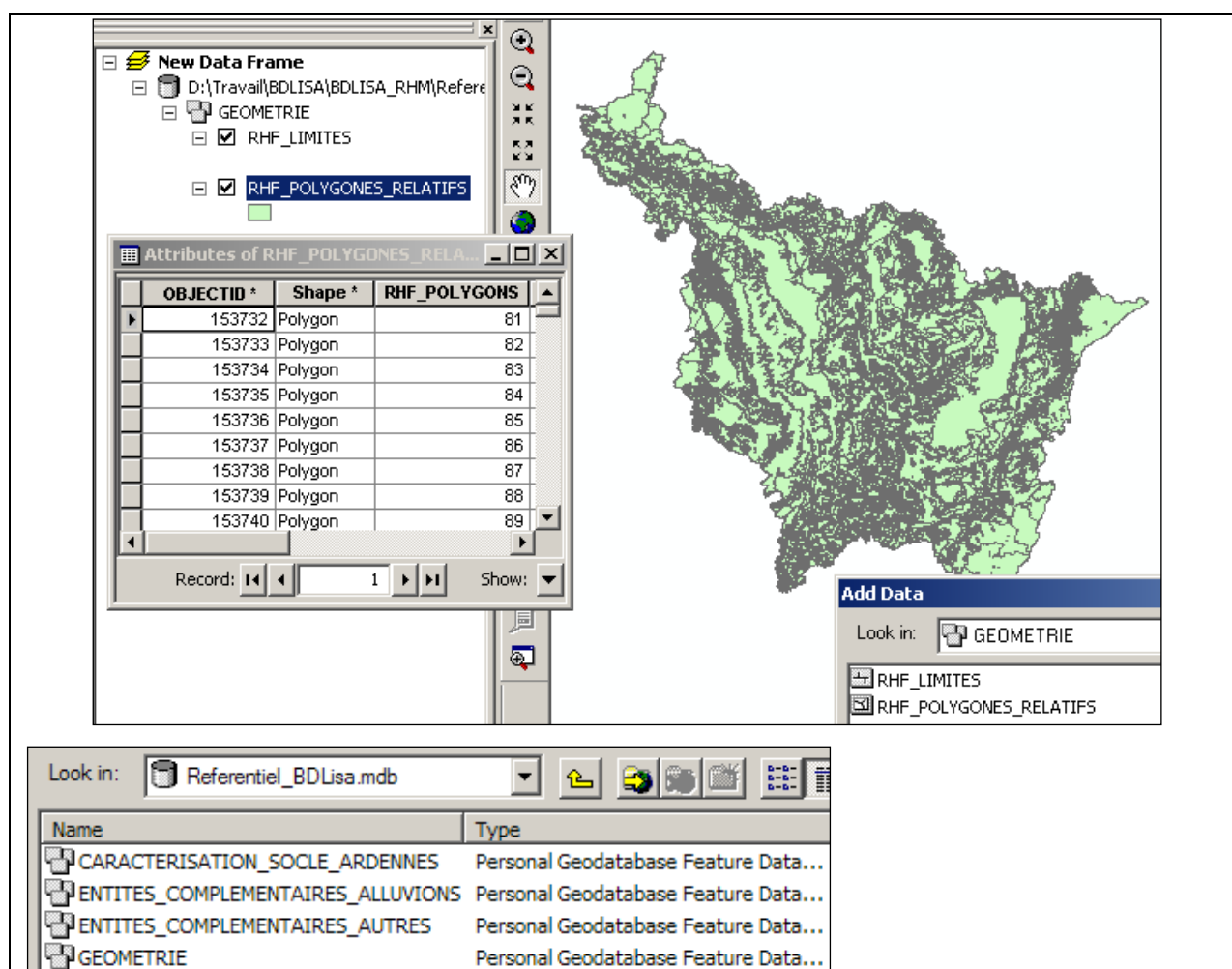
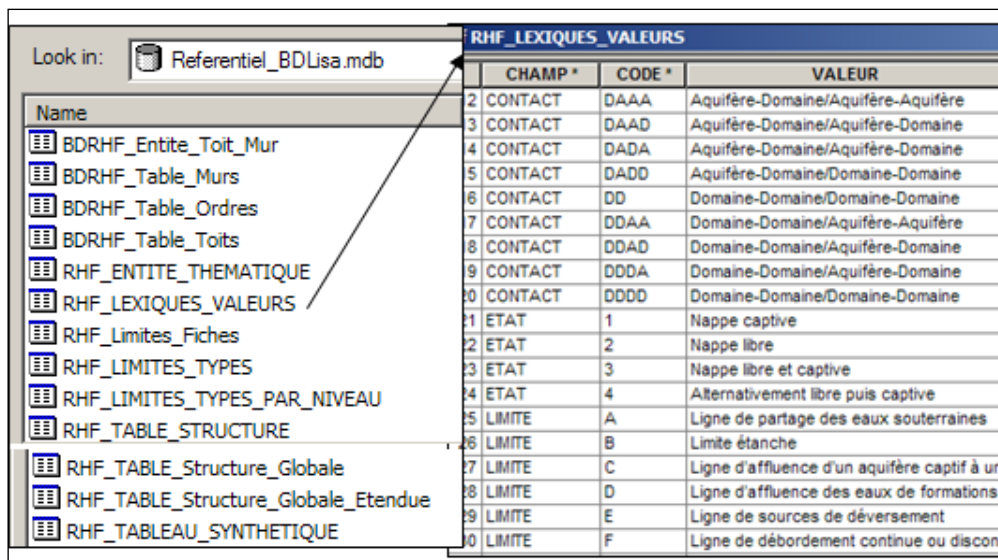


Illustration 30 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.

Outre les « Entités principales », la géodatabase comprend :

- les « **Entités complémentaires** » (partie inférieure de l'illustration 30) scindées en 2 classes, pour séparer les systèmes alluvionnaires des autres « entités complémentaires » (disjointes, morcelées et/ou locales) ;
- la caractérisation lithologique des entités du socle des Ardennes.

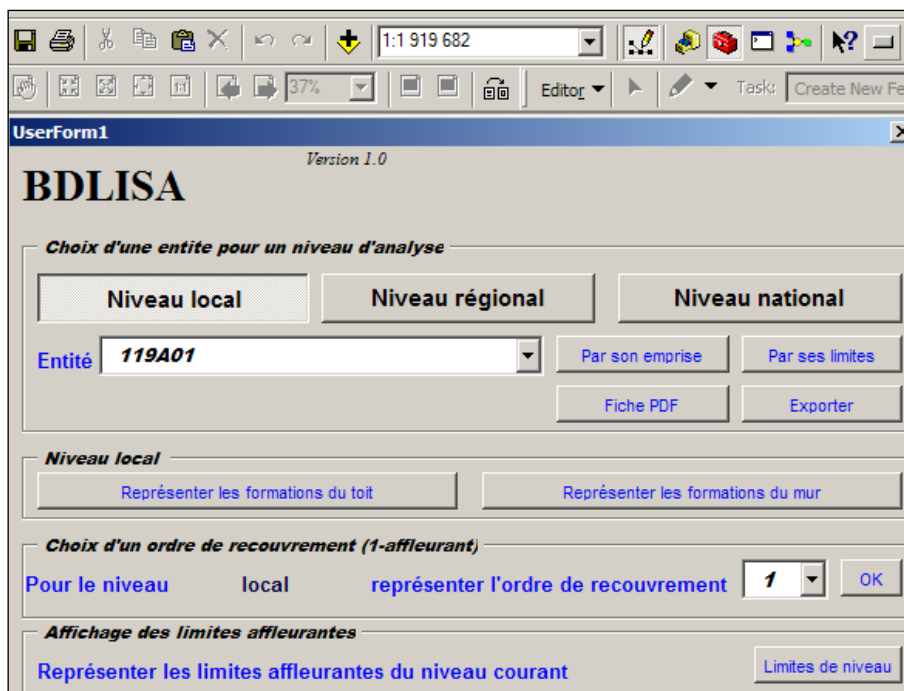
Elle contient aussi d'autres tables, sans géométrie associée (BDRHF_Table_Murs, BDRHF_Table_Toits, BDRHF_Table_Ordres,...illustration 31).



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

Illustration 31 - 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 32).



BDLISA Version 1.0

Choix d'une entité pour un niveau d'analyse

Niveau local Niveau régional Niveau national

Entité: **119A01** Par son emprise Par ses limites

Fiche PDF Exporter

Niveau local

Représenter les formations du toit Représenter les formations du mur

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

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

Affichage des limites affleurantes

Représenter les limites affleurantes du niveau courant Limites de niveau

Illustration 32 - Interface utilisateur de la géodatabase.

L'illustration 33 présente un exemple de sélection d'entité effectuée à partir du menu de l'illustration 33 ci-dessus ("Représenter l'entité par son emprise").

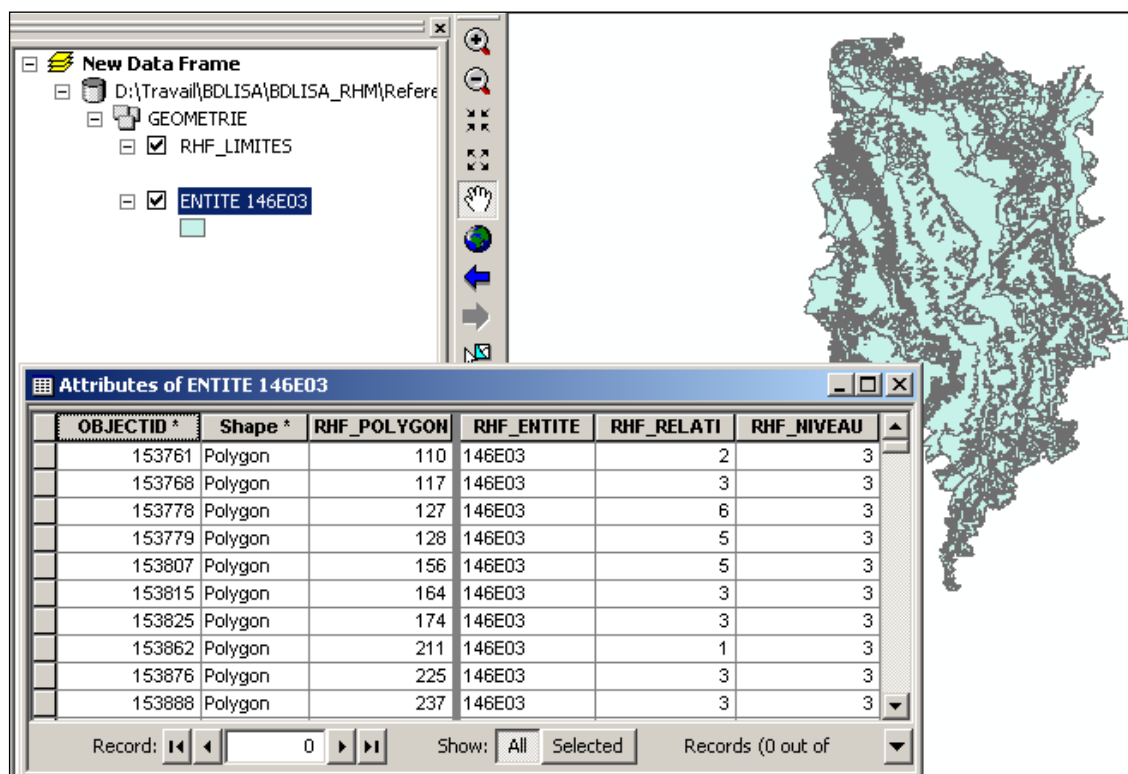
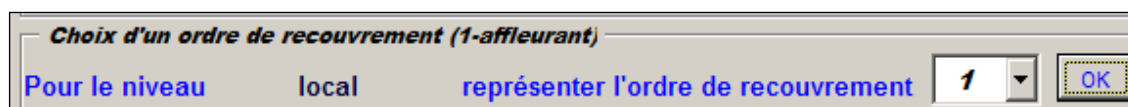


Illustration 33 : Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.

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 34).

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



L'illustration 35 présente une vue des entités de niveau 3 et d'ordre 1 (une couleur est affectée à chaque entité).

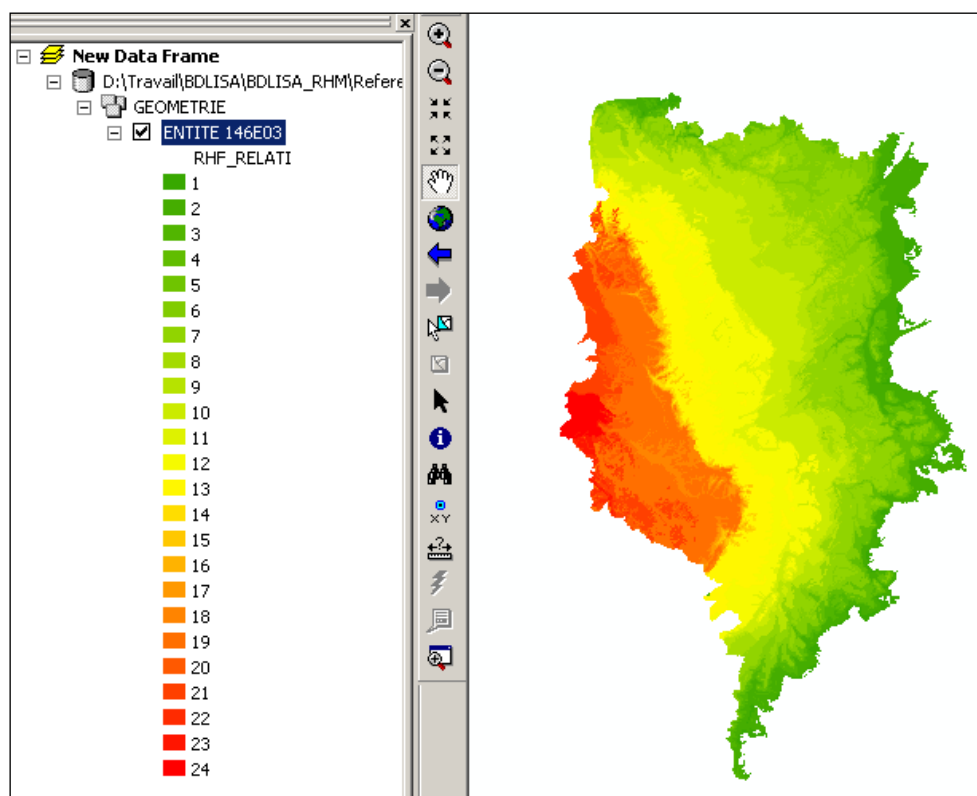


Illustration 34 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).

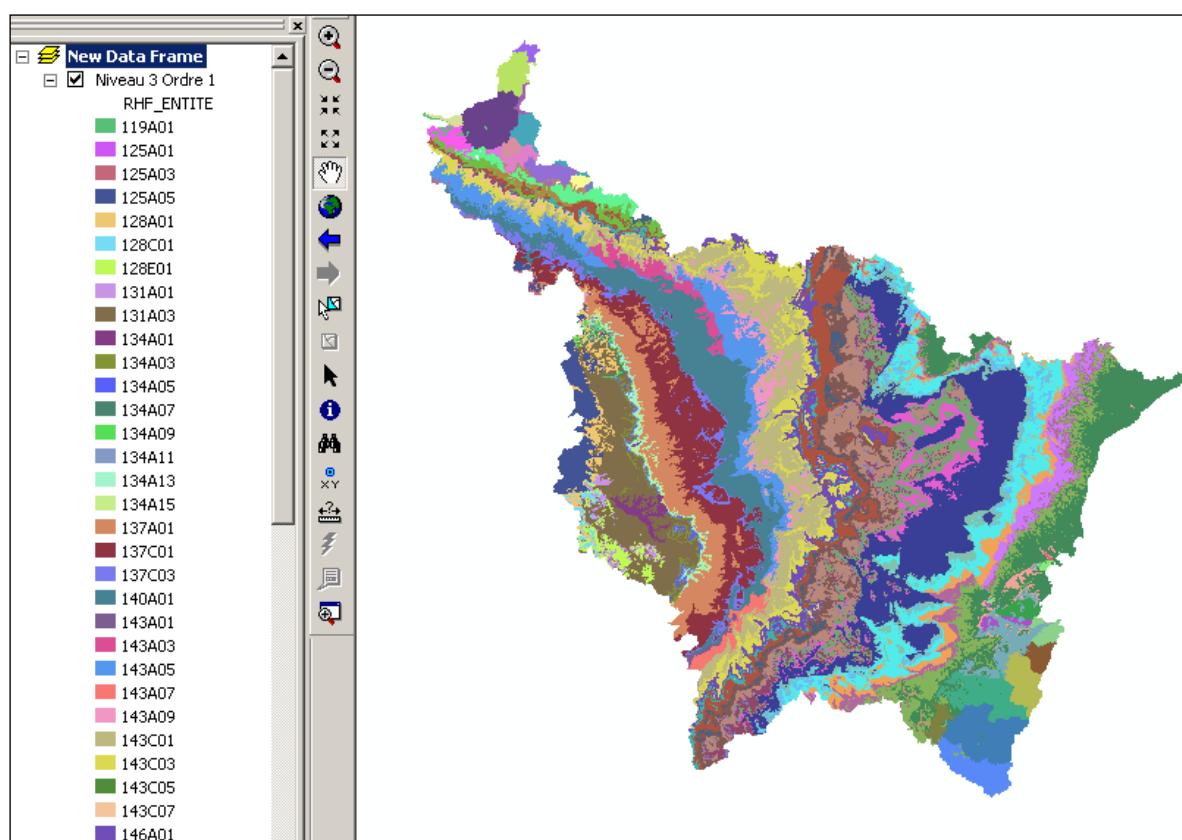


Illustration 35 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).

Limites et table de la nature des contacts

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

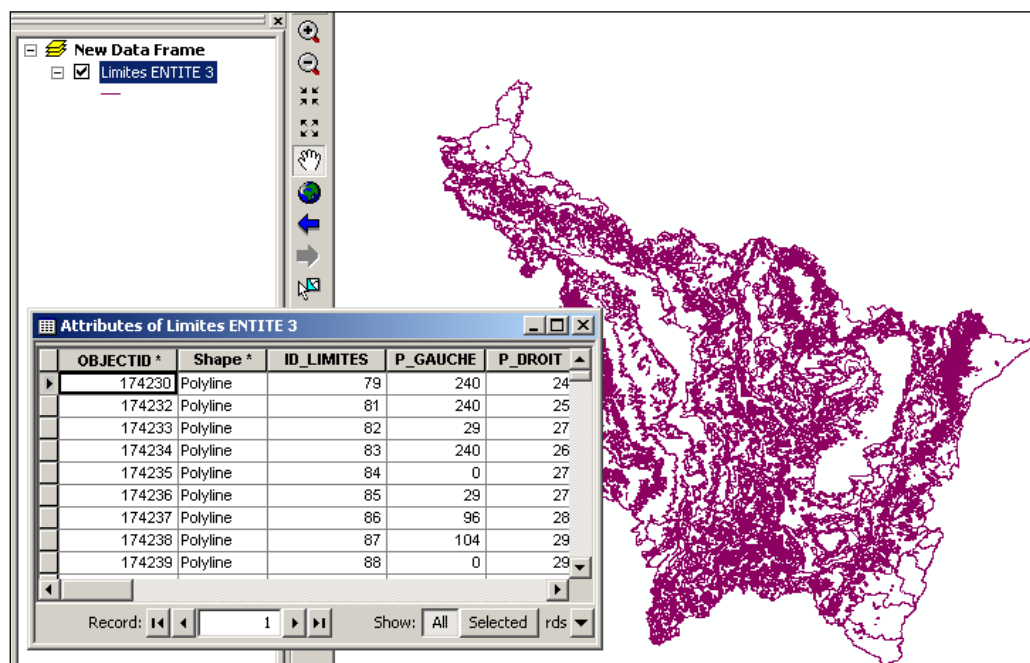


Illustration 36 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités

Cette table contient aussi la nature des contacts entre entités (illustration 37).

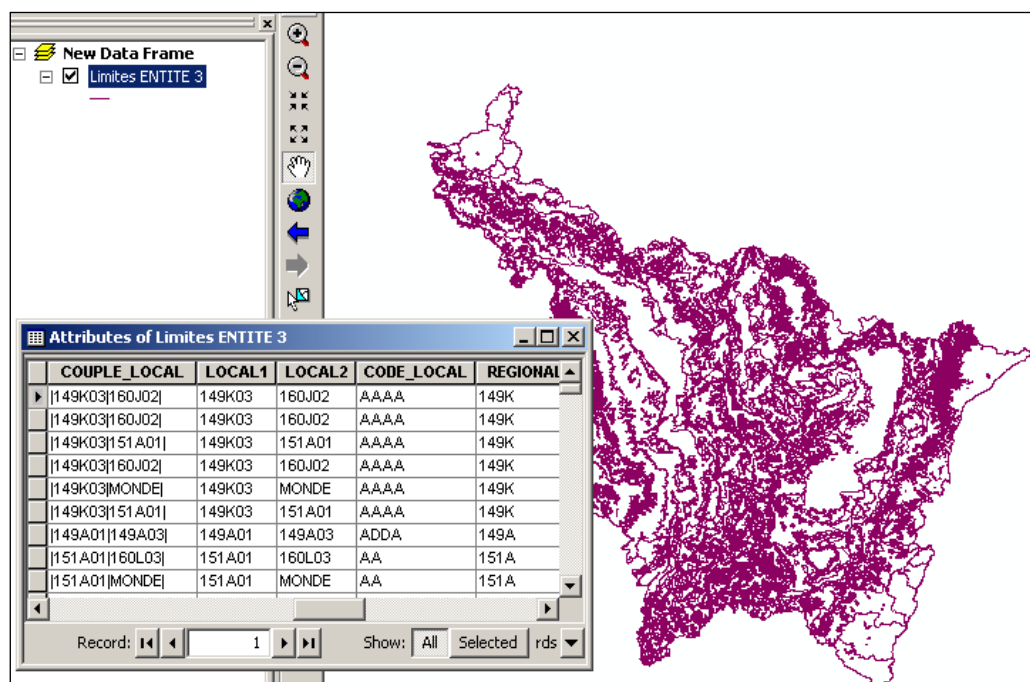


Illustration 37 - Table des limites: natures des contacts entre entités.

6.2 FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS

Le modèle de construction permet d'éditer automatiquement (Illustration 38) 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 construction.

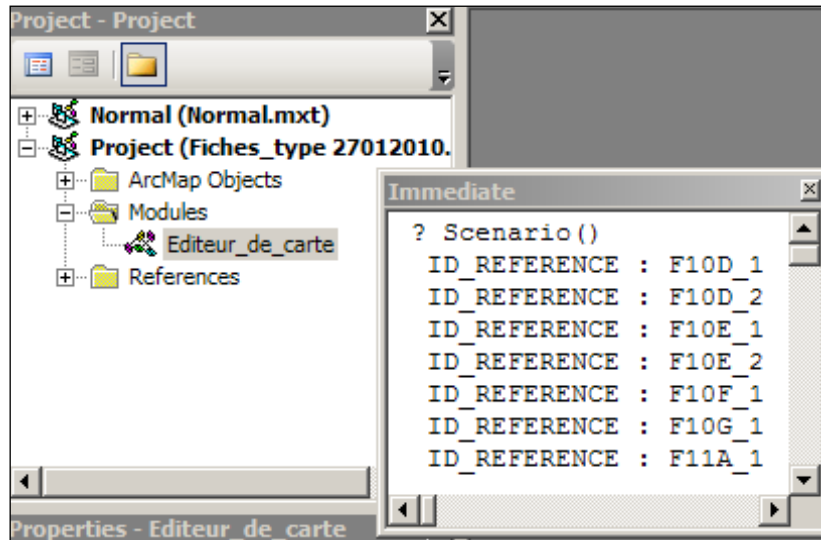


Illustration 38 : Editeur de cartes du modèle de construction du référentiel.

Une fiche d'analyse est constituée de plusieurs blocs d'informations. L'Illustration 39 et l'Illustration 40 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 39), 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 40) 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.

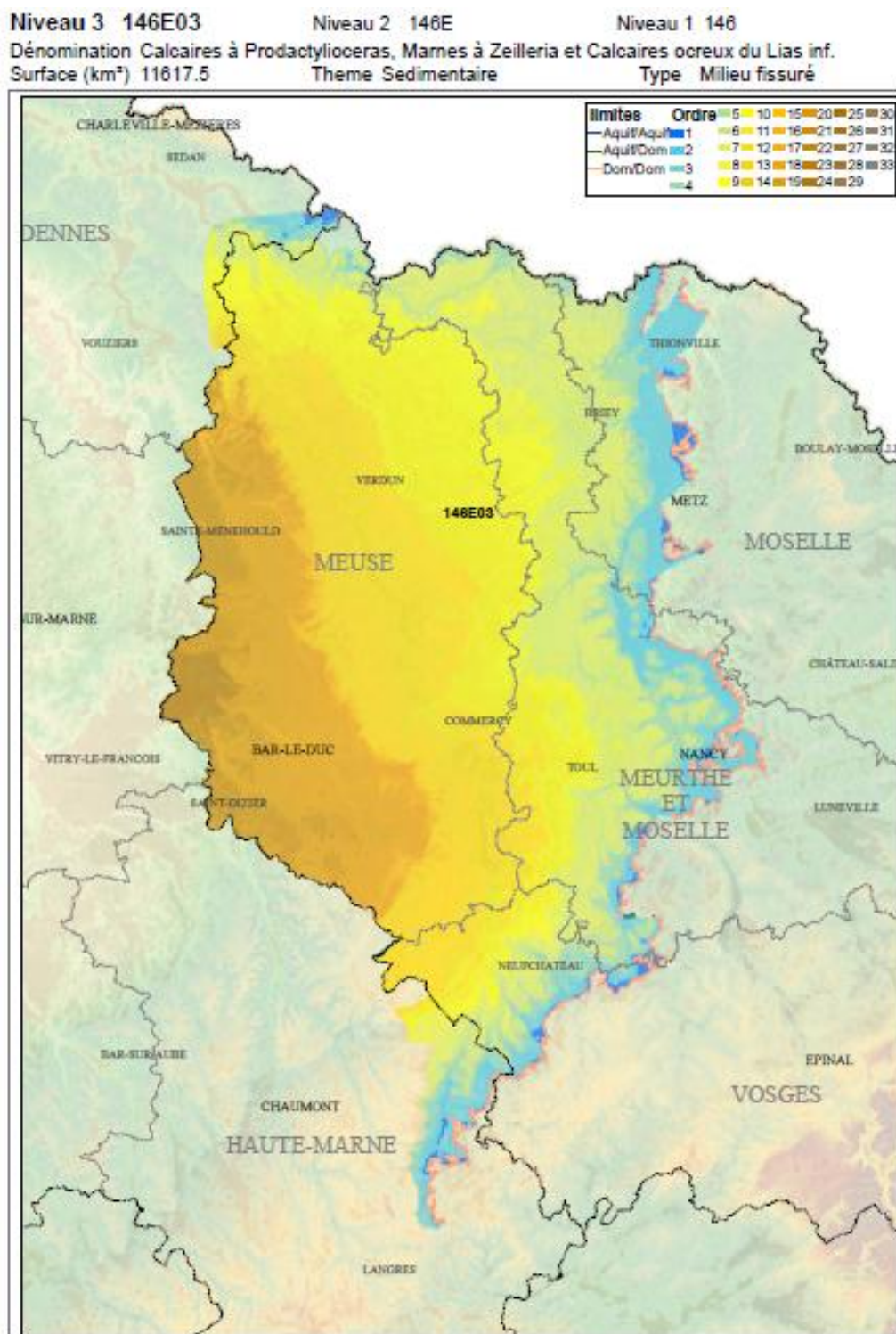


Illustration 39 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).

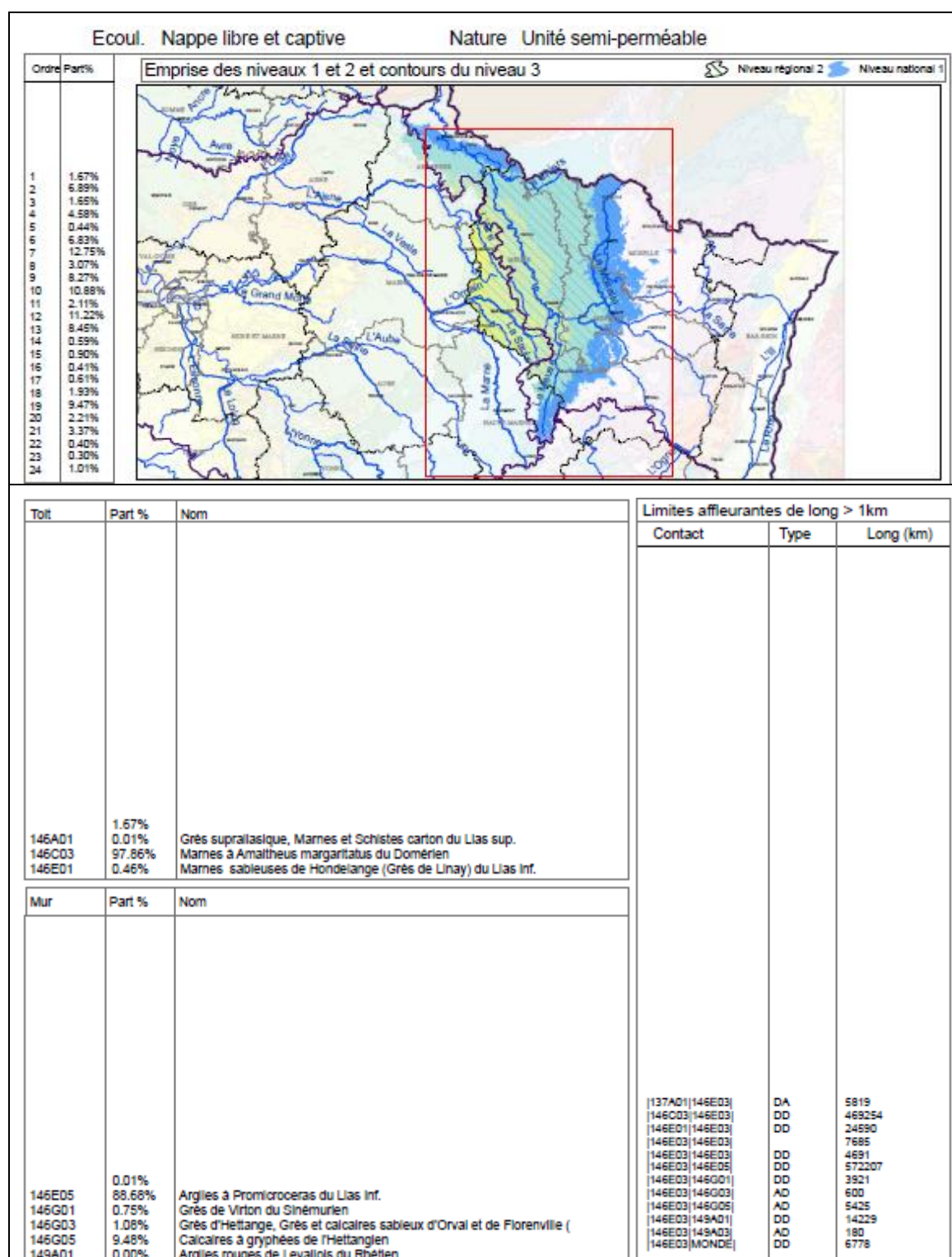


Illustration 40 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite)

7 Conclusion

La construction du référentiel hydrogéologique en Alsace (bassin Rhin-Meuse) a permis d'identifier et de délimiter :

- **77 entités hydrogéologiques au niveau local (NV3) dont 11 en domaine de socle ;**
- **29 systèmes aquifères ou domaines hydrogéologiques du niveau régional (NV2) dont 6 en domaine de socle,**
- **8 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1) dont 1 grand domaine de socle,**

Ces entités, ont été intégrées dans une "géodatabase" ArcGis (version 9.31) à laquelle est associée un "modèle de gestion", à la fois outil d'analyse (vérifiant la cohérence topologique 3D de l'ensemble des entités) et outil d'accès aux entités par l'intermédiaire d'un menu permettant d'effectuer de nombreuses requêtes.

Ce modèle de gestion du Référentiel offre une nouvelle approche numérique de l'hydrogéologie du territoire grâce à la notion d'ordre de superposition et aux possibilités de visualisation des toits et des murs de chacune des entités hydrogéologiques délimitées.

Par ailleurs un assemblage des entités à l'échelle du bassin et une harmonisation inter-régionale ont été réalisés.

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

8 Bibliographie

Documents généraux sur le référentiel :

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

SANDRE (2002) - Description des données sur le Référentiel Hydrogéologique Français Version 2.

Urban S., Boucher J., Mardhel V., Xu D. (2010) – Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Rhin-Meuse – Année 4. Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Alsace. Rapport d'étape. BRGM/RP-58091-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.

Autres documents :

Blanc M. Valleron M. (1991) – Les formations paléogènes évaporitiques du bassin potassique de Mulhouse et des bassins plus septentrionaux d'Alsace. Editions du BRGM.

Cruz – Mermy D. (2008) – La géologie d'Alsace ; synthèse pour le projet GEOCUBE. Notice BRGM ALSNT08N10.

Edel J-B., Lutz H., Elsass P. (2002) - Socle varisque et tectoniques rhénanes dans le Fossé rhénan supérieur méridional : traitement et interprétation de la carte gravimétrique du fossé à partir du levé haute densité des MDP.

Elsass P., Menillet F. (1999) – Inventaire 1998 de la qualité des eaux des aquifères du Sundgau. Notice Hydrogéologique BRGM R 40722.

Elsass P., Birtler C. (2006) – Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan ; Programme 2003 – 2006. Rapport BRGM RP-54876-FR.

Laboratoire de Géographie Physique / CEGUM / UFR Sciences Humaines et Arts Université de Metz (2003) - Application de la Méthode DECLIC aux cours d'eau du Bassin Rhin-Meuse. Rapport pour l'Agence de l'Eau Rhin – Meuse.

Laboratoire de Géographie Physique / CEGUM / UFR Sciences Humaines et Arts Université de Metz - Réalisation d'un programme de calcul automatique des débits d'étiage et des modules.

Sittler C. (1965) – Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien ; Etudes sédimentologiques et paléoclimatiques. Mémoire du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine.

Stober I. (1996) – Geohydraulik und hydrochemie der Thermalquellen von Bad Wildbad, Bad Liebenzell, Baden – Baden und Bad Säckingen. Sonderdruck aus Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen.

Talbot A, Babot Y (2002) – Atlas hydrogéologique du bassin Rhin-Meuse. Rapport pour l'Agence de Bassin Rhin – Meuse.

Cartes géologiques et notices :

SARREGUEMINES (0166N), BITCHE – WALSCHBRONN (0167N), LEMBACH (0168N), SARRE – UNION (0196N), BOUXWILLER (0197N), HAGUENAU (0198N), SELTZ – WISSEMBOURG (0199N), SAVERNE (0233N), BRUMATH – DRUSENHEIM (0234N), CIREY SUR VEZOUZE (0270N), MOLSHEIM (0271N), STRASBOURG (0271N), SAINT DIE (0306N), SELESTAT (0307N), BENFELD (0308N), GERARDMER (0341N), COLMAR ARTOLSHEIM (0342N), MUNSTER (0377N), NEUF-BRISACH OBERSAASHEIM (0378N), THANN (0412N), MULHOUSE – MULLHEIM (0413N), BELFORT (0444N), ALTKIRCH (0445N), DELLE (0475N), FERRETTE (0476N).,

Annexe 1 - Tableau multi-échelles

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Rhin-Meuse. Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Alsace.

Niveau local/NV2										Niveau régional/NV2										Niveau national/NV1									
RHF_ENTITE		RHF_DENOMINATION		RHF_ABSOLU		RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MILIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION		RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION		RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION		RHF_NATURE							
143A05	Marnes inférieures du Neupré de Lorraine et d'Alsace en Lorraine et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	43900	3	X	7	1	2	143AD		143AD	Dolomies et Marnes du (Tiras sup.) du Bassin parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	4	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12								
143A06	Dolomite (limite (le différencié), Dolomite et Marnes baroloises de la Lettenlohe en Lorraine, Alsace et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	42000	3	3	6	2	2	143AE		143AE	Calcaires du Muschelkalk supérieur (Tiras moyen) et Dolomites et Argiles de la Lettenlohe (excap. inf., Tiras moyen) du Bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12								
143A07	Dolomite inférieure de la Lettenlohe d'Alsace et de Lorraine en Lorraine, Alsace et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	42100	3	3	5	2	2	143AF		143AF	Calcaires du Muschelkalk supérieur (Tiras moyen) et Dolomites et Argiles de la Lettenlohe (excap. inf., Tiras moyen) du Bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12								
143A08	Calcaires célestes, calcaires à entroques et couches baroloises du Muschelkalk en Lorraine, Alsace et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	42200	3	3	5	2	2	143AG		143AG	Calcaires du Muschelkalk supérieur (Tiras moyen) et Dolomites et Argiles de la Lettenlohe (excap. inf., Tiras moyen) du Bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12								
143A09	Couches grises et rouges du Muschelkalk moyen et inférieur du Bassin Parisien	42400	3	3	6	1	2	143AH		143AH	Marnes et Argiles du Muschelkalk moyen et inférieur (Tiras moyen) du Bassin Parisien	4	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12								
143A10	Dolomite à Myoporia à Bocklans, Marnes à Wastels (le Tiras couillier, indifférencié) du Muschelkalk inférieur du Bassin Parisien	42500	3	3	6	2	2	143AI		143AI	Grès du Tiras inf. du bassin Parisien	4	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12								
143A11	Grès couilliers du Muschelkalk inférieur et Grès à Volzsa (Tiras inférieur) à l'est du bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	42600	3	3	5	1	2	143AJ		143AJ	Grès du Tiras inf. du bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12								
143A12	Grès intermédiaires et Conglomérat principal du Buntsandstein supérieur à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	42700	3	3	5	1	2	143AK		143AK	Grès du Tiras inf. du bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12								
143A13	Grès volcaniques et Conglomérat inférieur de Lorraine et Grès volcaniques indifférenciés du Buntsandstein et du Permien d'Alsace en Lorraine	42800	3	3	5	1	2	143AL		143AL	Grès du Tiras inf. du bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12								
143A14	Grès d'Arpewiller et Grès de senons du Buntsandstein en Lorraine dans le bassin Rhine-Méditerranée	42900	3	3	6	1	2	143AM		143AM	Grès du Tiras inf. du bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12	143	Grand système multicouche du Tiras du bassin Parisien	12								
143A15	Couches de Champenay, de Hagelle et Couches de St-Dié du Permien en Lorraine	43000	3	2	5	2	2	143AN		143AN	Houiller du Carbonifère supérieur dans le bassin Rhin-Meuse	4	145	Formations du Dévonien au Carbonifère supérieur ("houiller") du bassin Rhin-Meuse	2	145	Formations du Dévonien au Carbonifère supérieur ("houiller") du bassin Rhin-Meuse	2	145	Formations du Dévonien au Carbonifère supérieur ("houiller") du bassin Rhin-Meuse	2								
519A00	NV2 absent, nom de l'entité NV2 : Conglomérats, marnes et calcaires verticaux du golfe de Montebellard	600	3	3	4	2	2	519AB		519AB	Conglomérats, marnes et calcaires verticaux du golfe de Montebellard	4	519	Conglomérats, marnes et calcaires verticaux du golfe de Montebellard (dénomination provisoire)	2	519	Conglomérats, marnes et calcaires verticaux du golfe de Montebellard (dénomination provisoire)	2	519	Conglomérats, marnes et calcaires verticaux du golfe de Montebellard (dénomination provisoire)	2								
221A01	Aluvions récents volcaniques de la Lauter en Alsace	1200	3	2	5	1	1	221AA		221AA	Aluvions récents de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A02	Aluvions récents volcaniques de la Moselle et de la Saure en Alsace	1210	3	2	5	1	1	221AB		221AB	Aluvions récents de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A03	Aluvions récents volcaniques de la zone avec intercalaire argileux en Alsace	1220	3	2	6	1	1	221AC		221AC	Aluvions récents de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A04	Aluvions récents volcaniques de la Bruche en Alsace	1240	3	2	5	1	1	221AD		221AD	Aluvions récents de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A05	Aluvions récents volcaniques de la Bruche avec intercalaire argileux en Alsace	1250	3	2	6	1	1	221AE		221AE	Aluvions récents de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A06	Aluvions récents volcaniques de la Bruche avec intercalaire argileux en Alsace	1260	3	2	5	1	1	221AF		221AF	Aluvions récents de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A07	Aluvions récentes volcaniques de la Lauter en Alsace	1270	3	2	5	1	1	221AG		221AG	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A08	Aluvions récentes volcaniques de la Moselle et de la Saure en Alsace	1280	3	2	5	1	1	221AH		221AH	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A09	Aluvions récentes volcaniques de la zone avec intercalaire argileux en Alsace	1290	3	2	6	1	1	221AI		221AI	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A10	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1300	3	X	7	1	2	221AJ		221AJ	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A11	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1310	3	2	5	1	1	221AK		221AK	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A12	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1320	3	2	5	1	1	221AL		221AL	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A13	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1330	3	2	5	1	1	221AM		221AM	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A14	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1340	3	2	5	1	1	221AN		221AN	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A15	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1350	3	2	5	1	1	221AO		221AO	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A16	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1360	3	2	5	1	1	221AP		221AP	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A17	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1370	3	2	5	1	1	221AQ		221AQ	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A18	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1380	3	2	5	1	1	221AR		221AR	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A19	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1390	3	2	5	1	1	221AS		221AS	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A20	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1400	3	2	5	1	1	221AT		221AT	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A21	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1410	3	2	5	1	1	221AU		221AU	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A22	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1420	3	2	5	1	1	221AV		221AV	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A23	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1430	3	2	5	1	1	221AW		221AW	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A24	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1440	3	2	5	1	1	221AX		221AX	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A25	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1450	3	2	5	1	1	221AY		221AY	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A26	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1460	3	2	5	1	1	221AZ		221AZ	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A27	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1470	3	2	5	1	1	221BA		221BA	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A28	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1480	3	2	5	1	1	221BB		221BB	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A29	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1490	3	2	5	1	1	221BC		221BC	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	3	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1	221	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	1								
221A30	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1500	3	X	6	1	2	221BD		221BD	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	4	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2								
221A31	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1510	3	X	6	1	2	221BE		221BE	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	4	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2								
221A32	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1520	3	X	6	1	2	221BF		221BF	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	4	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2								
221A33	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1530	3	X	6	1	2	221BG		221BG	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	4	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2								
221A34	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1540	3	X	6	1	2	221BH		221BH	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	4	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2								
221A35	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1550	3	X	6	1	2	221BI		221BI	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	4	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2								
221A36	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1560	3	X	6	1	2	221BJ		221BJ	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	4	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2								
221A37	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1570	3	X	6	1	2	221BK		221BK	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	4	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2								
221A38	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1580	3	X	6	1	2	221BL		221BL	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	4	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2								
221A39	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1590	3	X	6	1	2	221BM		221BM	Aluvions récentes de la Plaine d'Alsace	4	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2	223	Grand système aquifère plio-quaternaire de la Plaine d'Alsace	2								
221A40	Aluvions récentes volcaniques de la Bruche en Alsace	1600	3	X	6	1	2	221BN		221BN																			

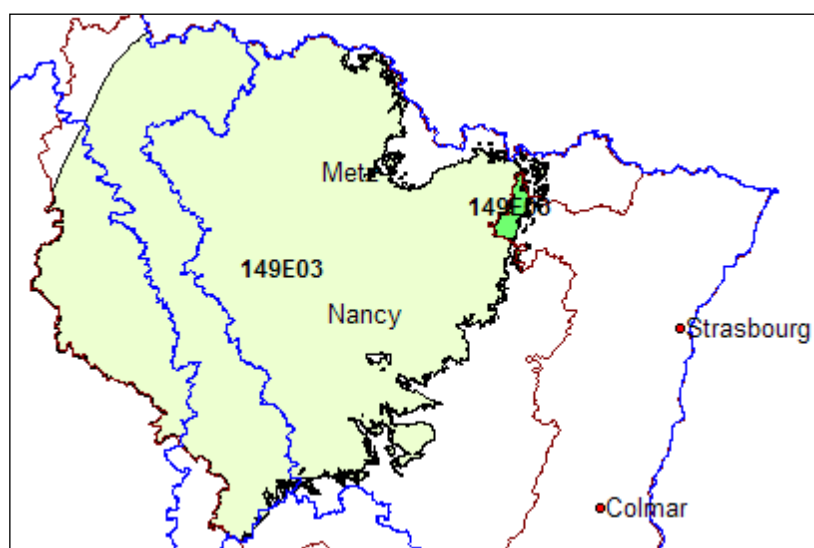
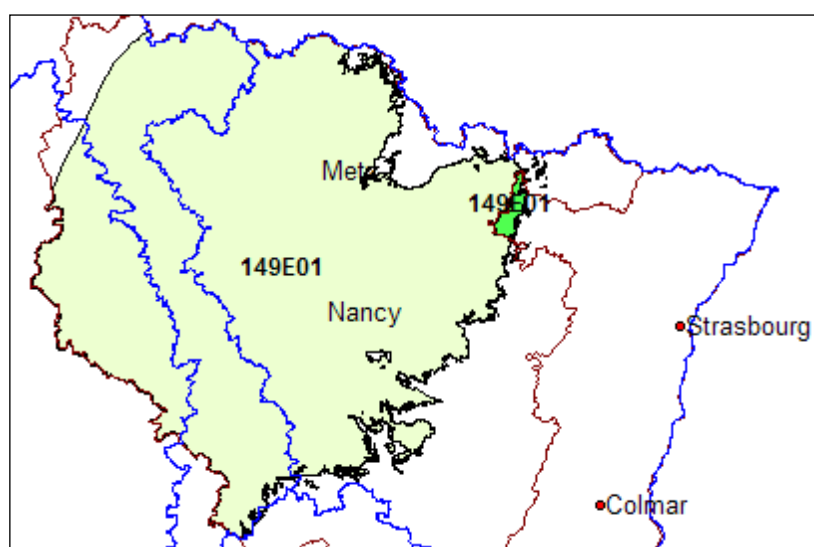
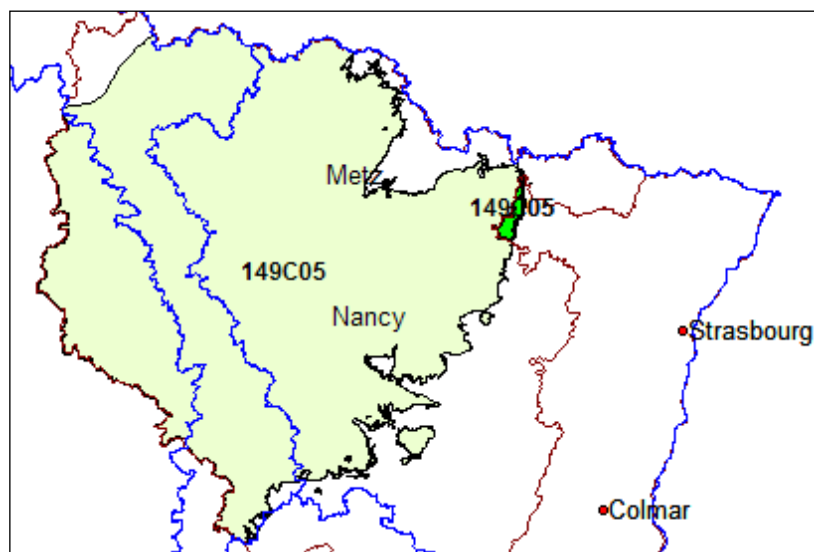
Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Rhin-Meuse. Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Alsace.

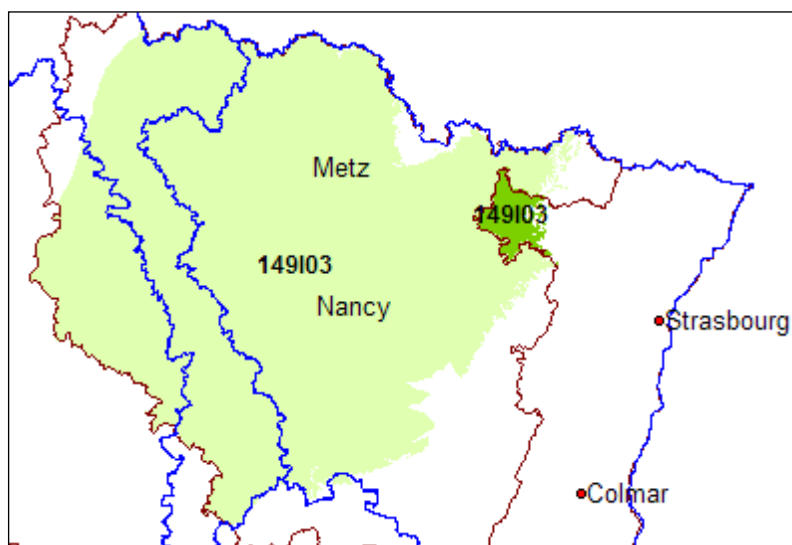
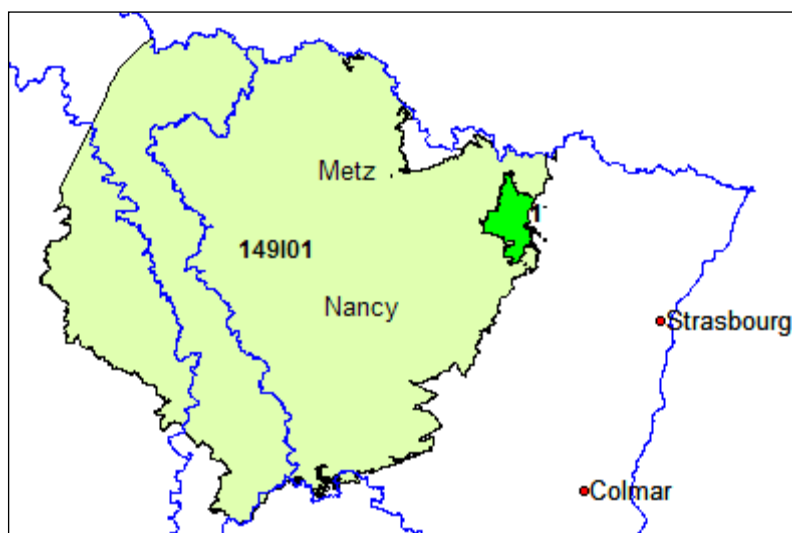
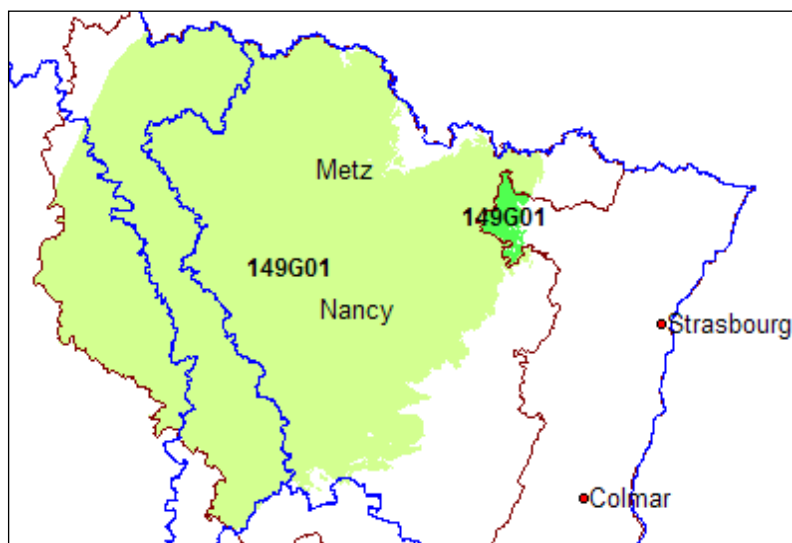
RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MLIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	N1_RHF_NATURE
225A03	Molasse alsacienne imperméable du Sundgau	15939	3	X	7	1	2	225A03	Molasse alsacienne imperméable du Sundgau	4	225	Grand système multicouche du Sundgau	11
225A01	Formations supérieures de l'Oligocène du Horst de Mulhouse	15940	3	X	7	1	2	225A01	Horst de Mulhouse, des Grès du Trias inférieur aux formations de l'Oligocène	4	226	Horst de Mulhouse	2
225A05	Formations de l'Éocène inférieur et formations du Rauracien au Bartenien du Horst de Mulhouse	30900	3	X	3	5	4	225A05	Horst de Mulhouse, des Grès du Trias inférieur aux formations de l'Oligocène	4	226	Horst de Mulhouse	2
225A07	Formations majeures du Bageocène inférieur et formations de l'Isabélien au Keuper du Horst de Mulhouse	37100	3	X	7	1	2	225A07	Horst de Mulhouse, des Grès du Trias inférieur aux formations de l'Oligocène	4	226	Horst de Mulhouse	2
225A09	Formations mineures du Bageocène inférieur et formations de l'Isabélien au Keuper du Horst de Mulhouse	37200	3	X	7	1	2	225A09	Horst de Mulhouse, des Grès du Trias inférieur aux formations de l'Oligocène	4	226	Horst de Mulhouse	2
225A11	Dolomie et argiles de la Lettenkiche du Horst de Mulhouse	42000	3	1	5	2	2	225A11	Horst de Mulhouse, des Grès du Trias inférieur aux formations de l'Oligocène	4	226	Horst de Mulhouse	2
225A13	Calcaire du Muschelkalk du Horst de Mulhouse	42200	3	1	5	2	2	225A13	Horst de Mulhouse, des Grès du Trias inférieur aux formations de l'Oligocène	4	226	Horst de Mulhouse	2
225A15	Marnes du Muschelkalk inférieur du Horst de Mulhouse	42500	3	X	7	1	2	225A15	Horst de Mulhouse, des Grès du Trias inférieur aux formations de l'Oligocène	4	226	Horst de Mulhouse	2
225A17	Grès du Trias inférieur et formations gréseuses du Permien supérieur (Thurgau) du Horst de Mulhouse	42800	3	1	5	4	2	225A17	Horst de Mulhouse, des Grès du Trias inférieur aux formations de l'Oligocène	4	226	Horst de Mulhouse	2
227A01	Marnes et Calcaires du Rauracien au Bartenien (Rauracien, Oxfordien, Colliacien, Bartenien) en Alsace	33010	3	X	7	1	2	227A01	Marnes et Calcaires du Bartenien à l'Oxfordien supérieur en Alsace	4	227	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
227A03	Calcaires du Malm (Baqarian) en Alsace	3300	3	1	5	4	2	227A03	Calcaires du Malm (Baqarian) en Alsace	0	227	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
227A05	Calcaire de la Grande Colithe Bageocène en Alsace	37200	3	1	5	4	2	227A05	Calcaire de la Grande Colithe Bageocène en Alsace	3	227	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
227A07	Formations mineures du Bageocène en Alsace	37130	3	X	7	1	2	227A07	Calcaire et Marnes du Bageocène en Alsace	3	227	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
227A09	Formations majoritairement argilo-marnées et calcaires du Trias supérieur au Jurassique moyen (Malm) en Alsace	41910	3	X	7	1	2	227A09	Formations majoritairement argilo-marnées et calcaires du Trias supérieur au Jurassique moyen (Malm) en Alsace	4	227	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
227A01	Calcaire de la Lettenkiche en Alsace	42010	3	1	5	2	2	227A01	Calcaire et Marnes du Muschelkalk et de la Lettenkiche (Trias moyen) en Alsace	3	227	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
227A03	Calcaire du Muschelkalk en Alsace	42210	3	1	5	2	2	227A03	Calcaire et Marnes du Muschelkalk et de la Lettenkiche (Trias moyen) en Alsace	3	227	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
227A05	Muschelkalk inférieur / Marnes en Alsace	42510	3	X	7	1	2	227A05	Grès du Permien et du Trias inférieur en Alsace	3	227	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
227A07	Grès du Trias inférieur et Grès du Permien en Alsace	42810	3	1	5	4	2	227A07	Grès du Permien et du Trias inférieur en Alsace	3	227	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
229A01	Formations Completes et Failles du Champ de Fractures de Saverne en Alsace	42830	3	3	6	2	2	229A01	Formations sédimentaires du Champ de Fractures de Saverne	4	230	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
229A03	Grès du Trias inférieur et Grès du Permien du Champ de Fractures de Saverne en Alsace	42840	3	2	5	2	2	229A03	Formations sédimentaires du Champ de Fractures de Saverne	4	230	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
230A01	Formations Completes et Failles des Champs de Fractures Sud Vosgien en Alsace	42850	3	3	6	2	2	230A01	Formations sédimentaires du Champ de Fractures Sud vosgien	4	230	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
230A03	Grès du Trias inférieur et Grès du Permien Champ de Fractures Sud vosgien en Alsace	42860	3	2	5	2	2	230A03	Formations sédimentaires du Champ de Fractures Sud vosgien	4	230	Grand domaine hydrogéologique du Fossé Rhéman pré-ventiaire	2
231A01	Formations volcaniques des Vosges dans le bassin versant de la Sarre Blanche en Lorraine	50000	3	X	7	2	3	231A01	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Sarre Blanche	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A03	Formations volcaniques et métamorphiques des Vosges dans le bassin versant de la Plaine en Lorraine	50000	3	X	7	2	3	231A03	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Plaine	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A05	Formations majoritairement métamorphiques, et volcaniques et plutoniques des Vosges dans le bassin versant de la Fave en Lorraine	50000	3	2	6	2	3	231A05	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Fave en Lorraine	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A07	Formations majoritairement métamorphiques, et plutoniques des Vosges sur les crêtes du bassin versant de la Moire en Lorraine	50000	3	2	6	2	3	231A07	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Moire en Lorraine	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A09	Formations majoritairement métamorphiques, et plutoniques des Vosges sur les crêtes du bassin versant de la Meurthe amont en Lorraine	50000	3	X	7	2	3	231A09	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Meurthe amont en Lorraine	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A01	Formations plutoniques et volcaniques du bassin versant de la Moselle (de sa source au confluent de la Moselle) en Lorraine	50000	3	X	7	2	3	231A01	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Moselle (de sa source au confluent de la Moselle) en Lorraine	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A03	Socle du massif vosgien sud	50001	3	2	5	2	3	231A03	Socle du Massif vosgien sud	4	231	Socle du Massif vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A05	Socle du bassin versant de la Doller en Alsace	50002	3	2	6	2	3	231A05	Socle des Vosges dans le bassin versant de la Doller	4	231	Socle du Massif vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A07	Socle du bassin versant de la Thur en Alsace	50003	3	2	7	2	3	231A07	Socle des Vosges dans le bassin versant de la Thur	4	231	Socle du Massif vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2

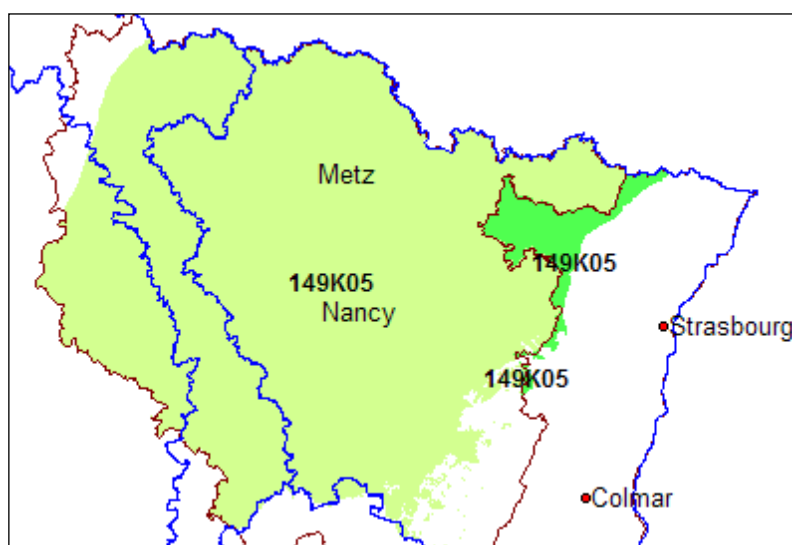
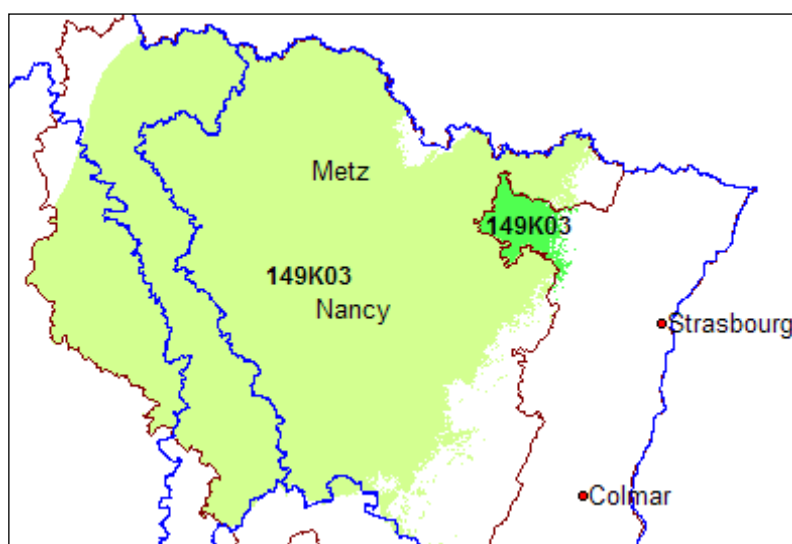
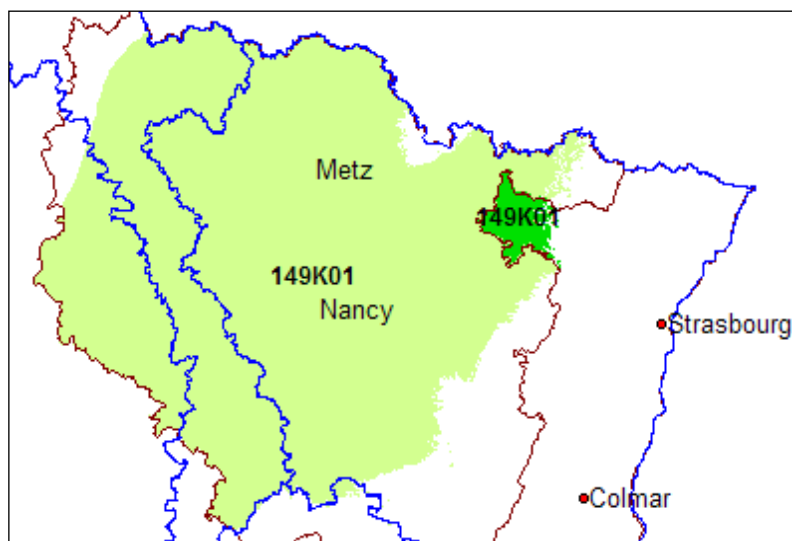
Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Rhin-Meuse. Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Alsace.

RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MILIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	N1_RHF_NATURE
231A001	Socle du bassin versant de la Lautz en Alsace	50000	3	2	6	2	3	231A0	Socle du Grand Ballon des Vosges	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Premier et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A003	Socle du bassin versant de la Ficht en Alsace	50000	3	2	6	2	3	231A0	Socle du Grand Ballon des Vosges	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Premier et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A001	Socle du bassin versant de la Weiss en Alsace	50000	3	2	6	2	3	231A0	Socle des Vosges dans le bassin versant de la Weiss	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Premier et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A001	Socle du bassin versant de la Gieslen en Alsace	50000	3	2	7	2	3	231A0	Socle cristallophyléen des Vosges moyennes	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Premier et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A003	Socle du bassin versant de la Luppreite en Alsace	50000	3	2	7	2	3	231A0	Socle cristallophyléen des Vosges moyennes	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Premier et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A006	Socle du bassin versant de l'Andlau en Alsace	50000	3	2	7	2	3	231A0	Socle cristallophyléen des Vosges moyennes	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Premier et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A001	Socle du bassin versant de la Bruche en Alsace	50000	3	2	7	2	3	231A0	Socle du Massif du Donon dans les Vosges	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Premier et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A008	Socle des bassins versants de la Elch, Kinnick et Miegel en Alsace	50000	3	2	7	2	3	231A8	Socle du Massif du Donon dans les Vosges	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Premier et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A006	Socle du bassin versant du Strebach en Alsace	50000	3	2	7	2	3	231A8	Socle du Massif du Donon dans les Vosges	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Premier et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231A001	Formations sédimentaires (Buntsandstein et Permien) de la vallée de la Plaine en Alsace	42920	3	2	5	4	2	231A5	Formations sédimentaires du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur) aux bords de la Vallée de la Plaine en Alsace	3	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin-Meuse et formations du Premier et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
502A000	N/A absent, nom de l'entité N/A2 : Formations sédimentaires et volcano-sédimentaires primaires de la bordure sud des Vosges	970	3	3	4	2	2	502A	Formations sédimentaires et volcano-sédimentaires primaires de la bordure sud des Vosges	4	502	Formations sédimentaires et volcano-sédimentaires primaires de la bordure sud des Vosges (dénomination provisoire)	1
515A003	N/A absent, nom de l'entité N/A2 : Calcaires jurassiques du Jura septentrional sous-couverture	730	3	1	3	3	2	515A0	Calcaires jurassiques du Jura septentrional sous-couverture	3	515	Formations secondaires et tertiaires du Jura (dénomination provisoire)	1
515A001	Formations supérieures des calcaires (Séquanien) marno-calcaires (Krimmberger), Calcaires et dolomites (Hauterive) en Alsace	20000	3	X	7	1	2	515A0	Multicouche du juras alacien, des Marnes du Keuper (Trias supérieur) aux Calcaires sauplées du jurasque supérieur	4	515	Formations secondaires et tertiaires du Jura (dénomination provisoire)	1
515A006	Argiles bleues de l'Orfoiden-Argoien en Alsace	30000	3	X	7	1	2	515A0	Multicouche du juras alacien, des Marnes du Keuper (Trias supérieur) aux Calcaires sauplées du jurasque supérieur	4	515	Formations secondaires et tertiaires du Jura (dénomination provisoire)	1
515A007	Grande colline du Bageien et Marnes et Calcaires rou-sableux à Rhyndorffelle du Bageien supérieur au Callovien supérieur en Alsace	3710	3	3	5	4	2	515A0	Multicouche du juras alacien, des Marnes du Keuper (Trias supérieur) aux Calcaires sauplées du jurasque supérieur	4	515	Formations secondaires et tertiaires du Jura (dénomination provisoire)	1
515A009	Formations du Lias supérieur en Alsace	40000	3	X	7	1	2	515A0	Multicouche du juras alacien, des Marnes du Keuper (Trias supérieur) aux Calcaires sauplées du jurasque supérieur	4	515	Formations secondaires et tertiaires du Jura (dénomination provisoire)	1
515A011	Formation du Lias inférieur en Alsace	41600	3	1	5	1	2	515A0	Multicouche du juras alacien, des Marnes du Keuper (Trias supérieur) aux Calcaires sauplées du jurasque supérieur	4	515	Formations secondaires et tertiaires du Jura (dénomination provisoire)	1
515A013	Marnes du Keuper niveau imperméable en Alsace	41900	3	X	7	1	2	515A0	Multicouche du juras alacien, des Marnes du Keuper (Trias supérieur) aux Calcaires sauplées du jurasque supérieur	4	515	Formations secondaires et tertiaires du Jura (dénomination provisoire)	1

Annexe 2 – Entités partagées avec l'Alsace (Alsace "bossue")







Annexe 3 - Note méthodologique sur le découpage en domaine de socle

La méthodologie de délimitation des entités en domaine de socle, exposée dans le guide méthodologique (Rapport BRGM RP 52261 - 2003) n'est pas applicable dans toutes les régions: peu de données, morcellement des formations, cartes non harmonisées ou manquantes. Pour pallier ces difficultés, une méthode a été proposée. Elle permet aussi d'avoir une homogénéité du découpage au niveau national.

Cette méthode, décrite au § 3.4 de cette annexe, peut être appliquée sur l'ensemble du territoire. Elle consiste à subdiviser les BV-Entités de niveau 2 en sous bassins (Sous-Secteurs ou Zones-Hydro BD-Carthage) et à les caractériser en fonction des données disponibles (lithologie, hydrogéologie). Proposée pour les régions Limousin et Auvergne, elle peut être reprise sans difficulté (et rapidement) pour les régions qui ont suivi (ou suivent) la méthodologie générale (Pays de Loire, Bretagne, Normandie), sans perdre le bénéfice du travail déjà réalisé. Elle est applicable aussi pour les régions MPY (entités NV3 constituées sur une base lithologique), en Alsace et en Lorraine.

On rappelle d'abord les grandes lignes de la méthodologie (rapport RP 52261- 2003) et son application à deux départements de la région Pays-de-la-Loire (49 et 72). On présente aussi le travail fait en MPY.

1. Entités NV1

D'après le guide méthodologique:

"Le découpage est réalisé en suivant les bassins versants des grands cours d'eau. On regroupera éventuellement les petits bassins côtiers en ensembles. L'échelle de découpage doit aboutir à des entités de niveau national NV1 d'une superficie de l'ordre de quelques milliers de km² (3 000 à 5 000 km² environ).

Délimiter les bassins versants à partir de la BD-Carthage sur la base de la région hydrographique ou du secteur".

2. Entités NV2

D'après le guide méthodologique:

"Quatre étapes sont prévues dans la méthodologie... Elles nécessitent des données de débit en nombre suffisant (stations de jaugeages bien réparties, historiques de mesures d'une demi-douzaine d'années au moins) et un état des connaissances hydrologiques permettant de savoir si la relation débit d'étiage - état des ressources est valide :

- *découpage en NV2 par subdivision du découpage national NV1, sur la base de critères morphologiques ;*
- *caractérisation du QES des bassins versants disposant de jaugeages (critère hydraulique) ;*
- *affectation d'un QES à chaque entité issue de l'étape 1 ci-dessus (critère hydraulique) ;*
- *regroupement des entités NV2 caractérisées par la même classe de ressource en eau, en visant une taille optimum des entités NV2 (perspective : critère de gestion)"*

En fait, souvent, le premier critère seul sera applicable, faute de données.

• Application en Pays-de-la-Loire (RP 56954, Mars 2009)

Etape 1: première sélection

Les sous-bassins hydrologiques situés dans les bassins NV1 (sous-secteurs hydrographiques BD-Carthage) ont été sélectionnés.

Ces sous-bassins ont fait l'objet de regroupements selon des critères de superficie (exemple : la Vaudelle et l'Orthe forment l'entité K5C) et de cours d'eau identiques (exemples : Sèvre Nantaise, Loir, Loire, Mayenne, Sarthe).

38 bassins NV2 de socle ont ainsi été obtenus (superficie de 87 à 2 165 km²).

Etape 2: prise en compte des débits spécifiques

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

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/km² pour isoler les bassins schisteux et/ou gréseux.

Etape 3: affectation d'un QES aux bassins

Un QES a pu être affecté aux 37 (sur 38) bassins NV2 renseignés: 29 stations situées vers l'exutoire caractérisent correctement les bassins versants, le reste correspondant à des stations situées au milieu du BV).

Les bassins ont ainsi été classés selon 4 classes de QES (<0.7, (0.7-1.75), (1.75-4), >4 l/s/km²).

Etape 4: regroupement suivant QES

Les bassins contigus (avec limite géographique en commun) se situant dans la même classe et dans le même bassin NV1 ont été rassemblés.

17 entités NV2 de socle ont ainsi été obtenues (illustrations 1 et 2)

3. Entités NV3

3.1. Critères du guide méthodologique

Dans le guide méthodologique (RP 52261- 2003, page 34):

1) Premier critère de découpage des NV3 : **l'épaisseur d'altérites et du milieu fracturé.**

"Au niveau des entités de niveau NV3, un recouvrement peut exister : quand elles existent, les altérites sont situées au-dessus de l'horizon fissuré des roches de socle (ces deux couches sont potentiellement aquifères). Comme les altérites n'ont été levées que sur certaines cartes géologiques et sur la base de connaissances anciennes hétérogènes, ces formations ne peuvent faire l'objet d'un traitement abouti au niveau NV3. Les placages importants cartographiés sont néanmoins pris en compte dans la partie « sédimentaire » du travail réalisé à ce stade de la BDRHF V2.

Les altérites présentent pourtant un intérêt non négligeable sur le plan hydrogéologique en domaine de socle. L'amélioration de la connaissance de ces formations (levé homogène à l'échelle départemental) permettrait de mettre à jour de la BD RHF V2 mais aussi de mieux appréhender les ressources en eau souterraine de socle".

Ce n'est pas toujours possible, comme mentionné par exemple dans le rapport de restitution du travail fait dans les départements 49 et 72 (RP 56954, Mars 2009, page 65).

Les altérites, lorsqu'elles sont cartographiées, seront extraites des cartes géologiques et intégrées comme "entités complémentaires" dans la surcouche du référentiel.

2) 2^{ième} critère de découpage: **les grandes classes lithologiques**

Critères indirects d'altération et de qualité hydrogéologique des altérites et de l'horizon fissuré. C'est le critère le plus susceptible d'être utilisé.

3) 5^{ième} critère : **le débit spécifique des forages**

si les données sont en nombre suffisants pour faire une étude statistique.

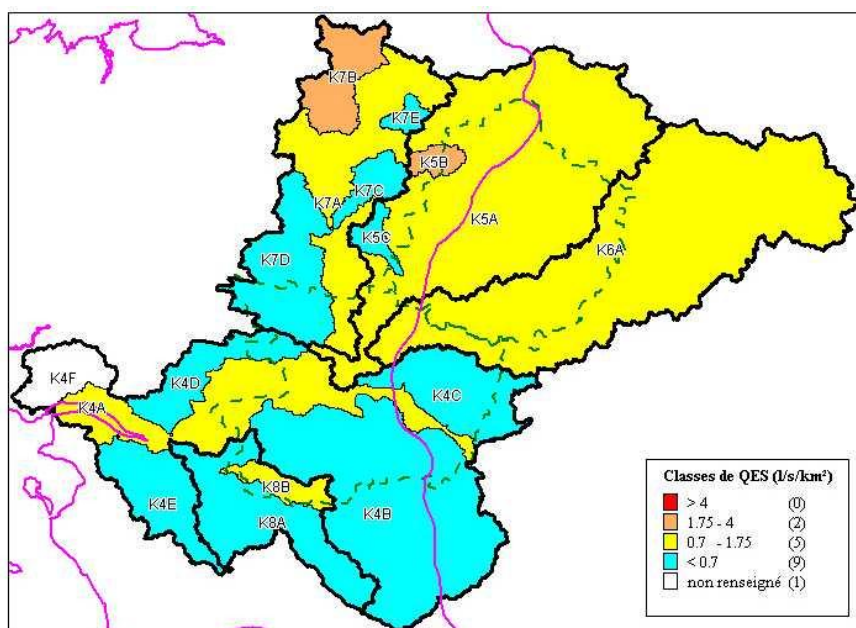


Illustration 1 - Classement des entités selon les valeurs de QES
(17 entités NV2 après assemblage)

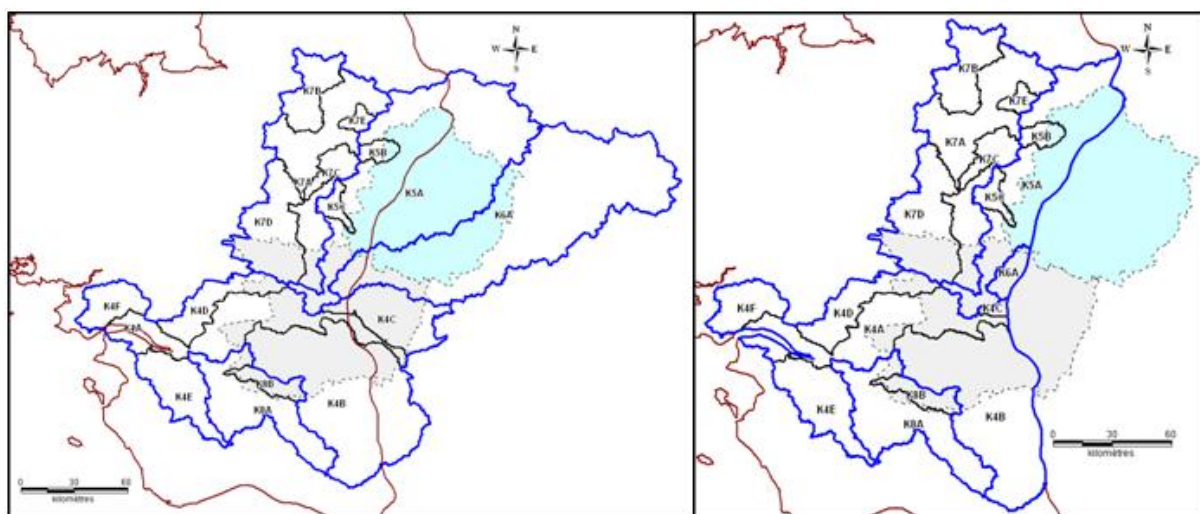


Illustration 2 - Entités de Socle de niveau NV2
(avant et après découpage grossier avec la limite des formations sédimentaires)

3.2. Exemple en Pays-de-la-Loire (RP 56954, Mars 2009)

1) Recensement et caractérisation des formations géologiques (cartes au 1/250 000)

Ont été recensées 70 formations géologiques appartenant à 21 ensembles lithostratigraphiques et tectono-métamorphiques.

Sur la base d'une **analyse statistique du débit des forages**, 34 entités géologiques (au 1/250 000) ont été retenues, caractérisées par leur nature aquifère ou pas.

2) Cartographie au 1/50 000 de ces entités géologiques

Les traitements précédents ont utilisé les contours géologiques au 1/250 000. *"En effet, seule cette carte synthétique permet d'avoir des formations géologiques interrégionales"...*

" Or, les entités hydrogéologiques de niveau NV3 devant être réalisées au 1/50 000, une correspondance entre les cartes géologiques (harmonisées au 1/50 000 et synthétique au 1/250 000) a dû être établie.....

De ce traitement résultent 34 entités géologiques à 1/50 000 " (illustration 3)

3) Délimitation des entités NV3

Par intersection des 34 entités géologiques à 1/50 000 et des 12 bassins versants issus des entités NV2 (illustration 4).

3.3. Exemple en Midi-Pyrénées (rapport RP-56952-FR, page 47)

Il n'est pas toujours possible de suivre la méthodologie décrite ci-dessus et appliquée en Pays-de-la-Loire, faute de données et/ou de cartes harmonisées. En MPY, les entités ont été définies uniquement sur des critères lithologiques. La démarche suivie est décrite ci-dessous.

"Pour la délimitation des unités de niveau NV3, les étapes suivantes ont été suivies :

- *distinction de trois classes lithologiques au sein des formations de socle,*
- *inventaire des formations géologiques appartenant à ces trois grands ensembles constituant le système à découper,*
- *extraction des polygones correspondant aux formations affleurantes des trois ensembles lithologiques,*
- *regroupement et fusion des polygones constitutifs de chaque entité,*

redécoupage des systèmes par les bassins versants NV2 (sous secteurs de la BD Carthage), aboutissant à 21 entités NV3.

Les trois classes lithologiques principales distinguées au sein des formations de socle en région Midi-Pyrénées) sont les suivantes:

- *les **ensembles granitiques**, considérés comme des unités aquifères en raison de la nature généralement perméable des produits d'altération résultant (de type arène granitique),*
- *les **ensembles cristallophylliens** (schistes, gneiss), considérées comme semi-perméables en raison de la nature globalement argileuse des produits d'altération résultant,*
- *le **domaine dit des "Monts de Lacaune"** situé dans la zone septentrionale de la Montagne noire. Il correspond à une succession complexe de séries schisto-pélitiques, schisto-gréseuses et de formations carbonatées. Une karstification importante pourrait être associée à ces dernières."*

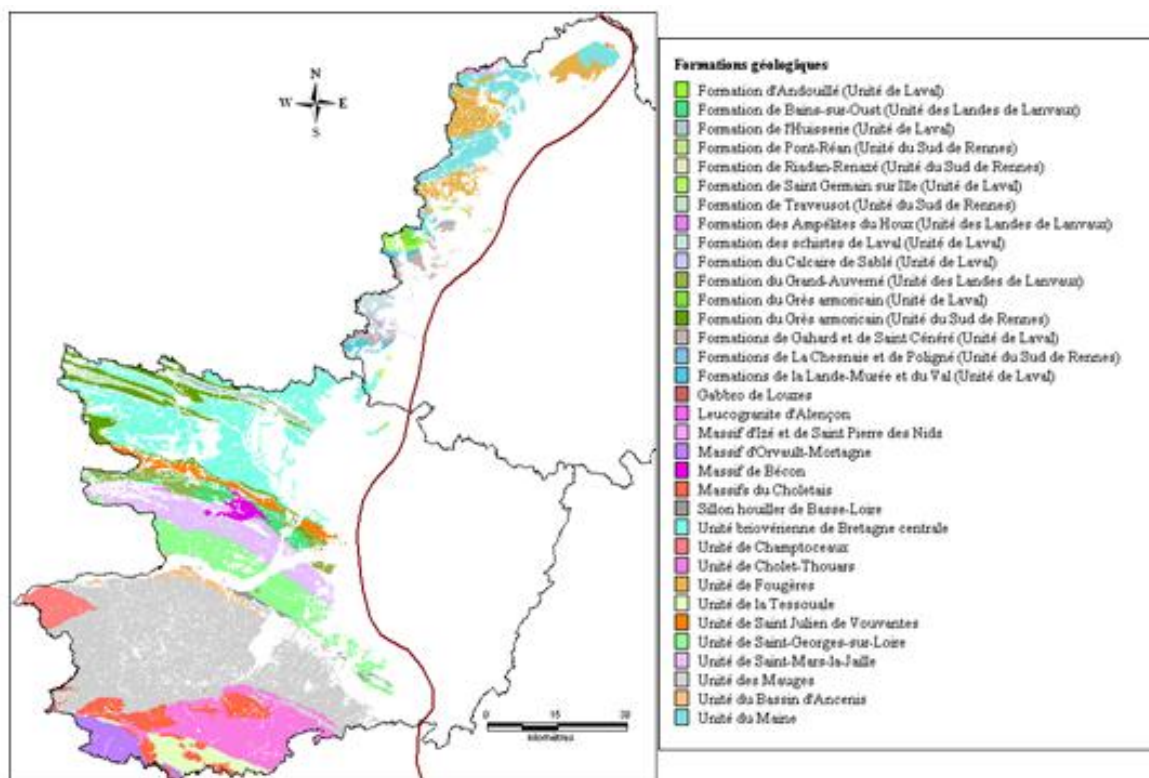


Illustration 3 – 34 entités géologiques au 1/50 000 dans les départements 49 et 72

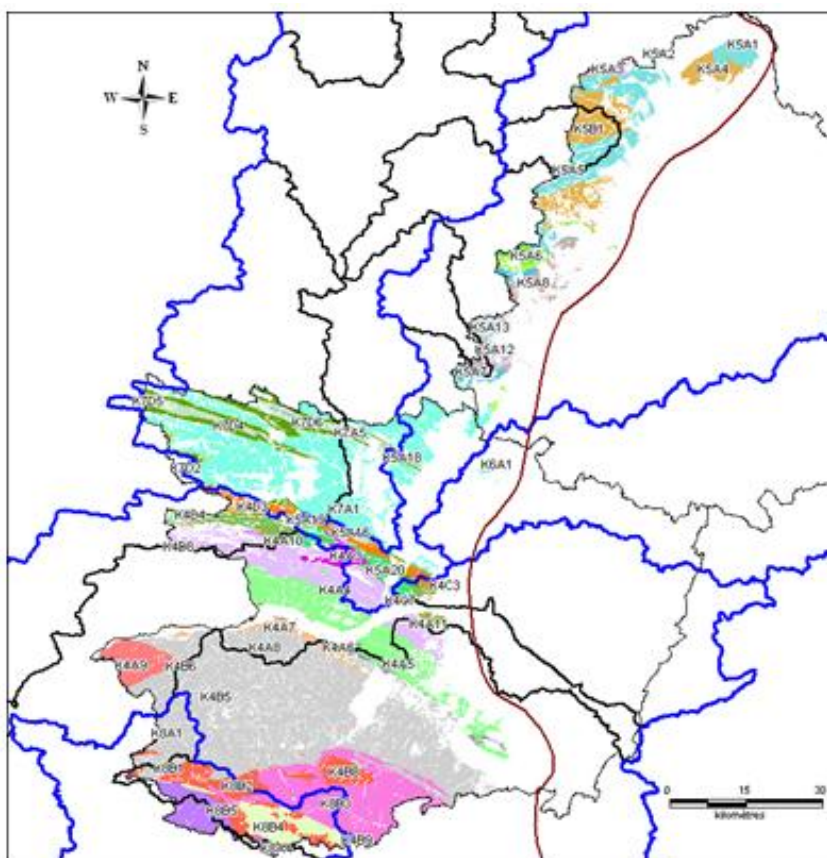


Illustration 4 – 91 entités hydrogéologiques NV3 dans les départements 49 et 72 (intersection entités géologiques ci-dessus) par BV NV2)

"La diversité des modes de formation des ensembles géologiques cartographiés (intrusions magmatiques, métamorphisme de contact, métamorphisme HP-HT, etc.) conduit à une complexité structurale sur toutes les zones de socle. La délimitation des ensembles est difficilement réalisable en pratique. Des formations cristallophylliennes peuvent ainsi être présentes au sein des unités granitiques et inversement. Les entités ont donc été délimitées en prenant en compte les dominantes lithologiques.

La méthodologie adoptée présente l'intérêt de délimiter des systèmes potentiellement aquifères par la prise en compte combinée d'indices lithologiques et de limites de bassins versant.

Cette méthode d'appréciation des potentialités aquifères des zones de socle présente toutefois des limites. Les formations granitiques peuvent en effet être associées à des altérites peu perméables tandis que les formations schisteuses et gneissiques peuvent être localement associées à des altérites perméables et capacitives (dépendant en partie de l'orientation de la schistosité et de la foliation).

Par ailleurs, la prise en compte locale d'intrusions filoniennes au sein de formations schisteuses pourrait indiquer la présence d'aquifères. Ce critère n'a pas été pris en compte en raison de la complexité géologique associée et du manque de données souligné au niveau local. De même, d'autres particularités géologiques locales donnent souvent lieu à la formation de petits aquifères indépendants dont l'extension limitée ne permet pas de définir une unité de niveau NV3".

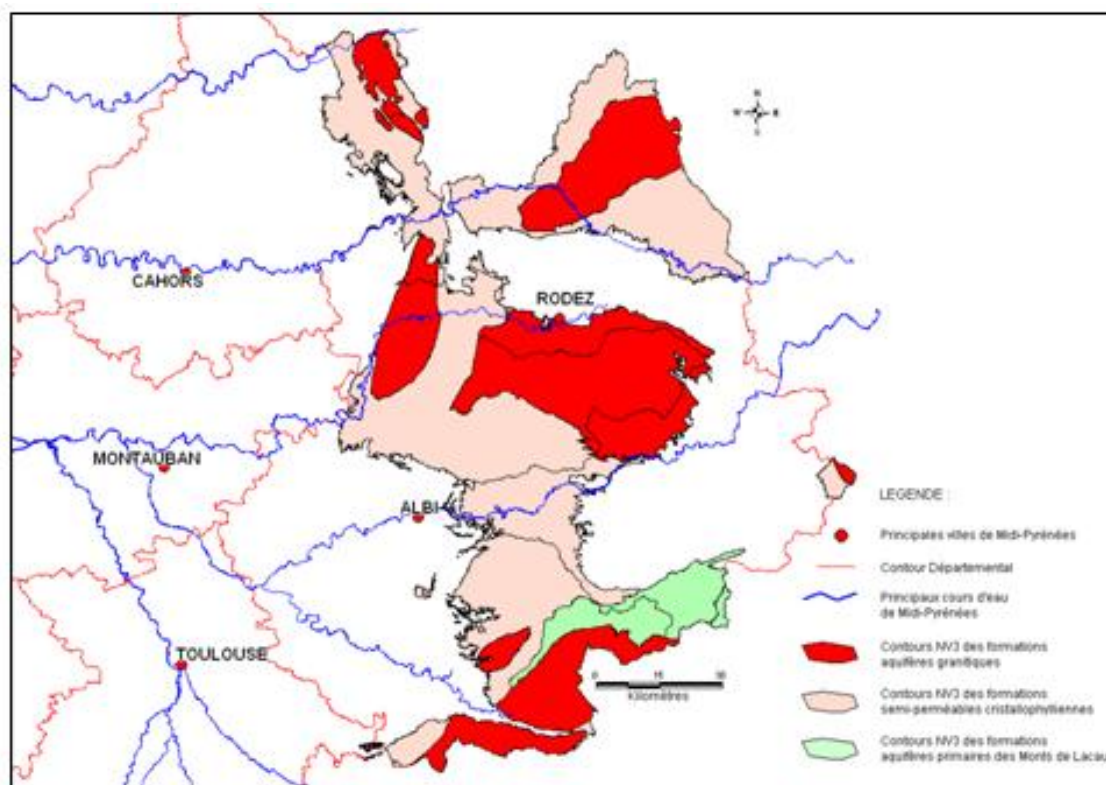


Illustration 5 – Entités NV3 de socle en MPY

3.4. Démarche proposée pour aboutir à un découpage du socle (relativement) homogène à l'échelle du territoire.

Proposition: découper en bassins versants Carthage (sous-secteurs ou zones hydrographiques et injecter l'information hydrogéologique dans les bassins (En général des "sous-secteurs" de la BD-Carthage).

Démarche

Après analyse lithologique (ou hydrogéologique si les données sont suffisantes) et regroupement en classes lithologiques (ou de perméabilité, type 5, 6 ou 7 du guide méthodologique), on peut procéder comme suit:

- 1) Intersection des regroupements avec **(selon les cas)** les zones hydrographiques (ZH) ou sous-secteurs (SSH) BD_Carthage (illustration 6). Utilisation de l'outil "Intersecter" des " Tools" ArcGis (" Analysis tools ")
- 2) sélection d'une classe de perméabilité (ou d'une lithologie) dans la table précédente (illustration 7):
 - imperméable (code 7)
 - semi-perméable (code 6)
 - perméable (code 5)
- 3) Opération de "récapitulation" par zone hydrographique (puisque plusieurs polygones par zone). On obtient ainsi une table (non géométrique) par classe de perméabilité (ex: nature_7, nature_6, nature_5).
- 4) Jointures successives de ces tables avec les zones hydrographiques pour récupérer les contours. On obtient ainsi une table (géométrique) comme celle présentée par l'illustration 10 ("*Entités_BV_nature*"), avec dans chaque bassin le % des types de perméabilité (des polygones étant non renseignés, on n'atteint pas toujours les 100%).

Comme le montre l'illustration 8, on voit qu'il est possible de regrouper certains BV ZH (dans l'exemple, les BV ZH contigus ayant plus de 55% du socle classés en "imperméable")

Quand il n'y a pas possibilité d'avoir des données hydro permettant de caractériser le degré de perméabilité des formations de socle, on pourra définir des grands ensembles lithologiques comme en MPY : roches plutoniques, roches métamorphiques, ... (à particulariser suivant le contexte local).

Remarque

On peut conserver la table attributaire de l'étape 2 (après intersection) et y introduire le code entité NV3 (illustration 7).

Intérêt de cette table attributaire: on y trouve toute l'information de détail. Elle peut être intégrée au référentiel comme table dérivée.

Voir les illustrations 8, 9 et 10.

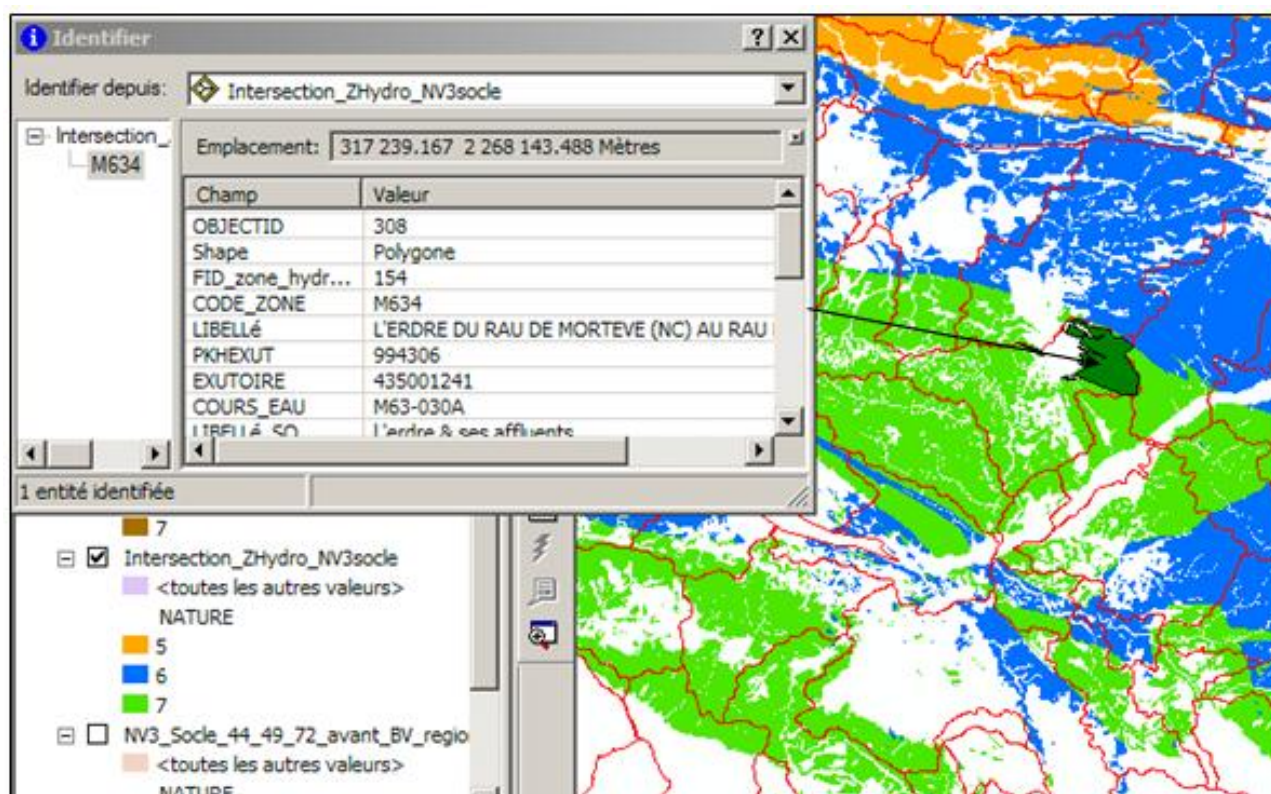


Illustration 6 - Intersection zones hydrographiques BDCartage avec entités définies suivant méthodologie générale (exemple départements 49 et 72)

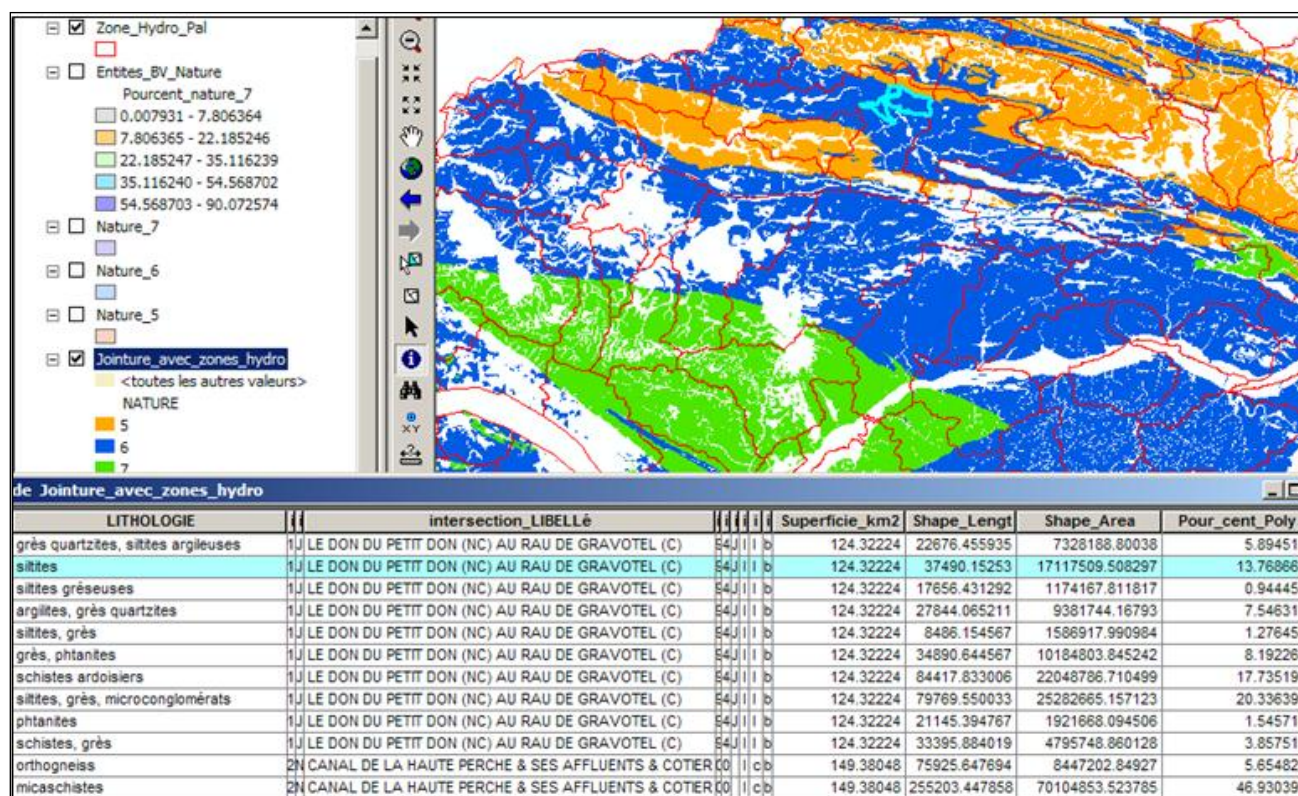


Illustration 7 - Calcul du pourcent d'occupation des types de lithologie dans chaque polygone élémentaire des zones hydrographiques

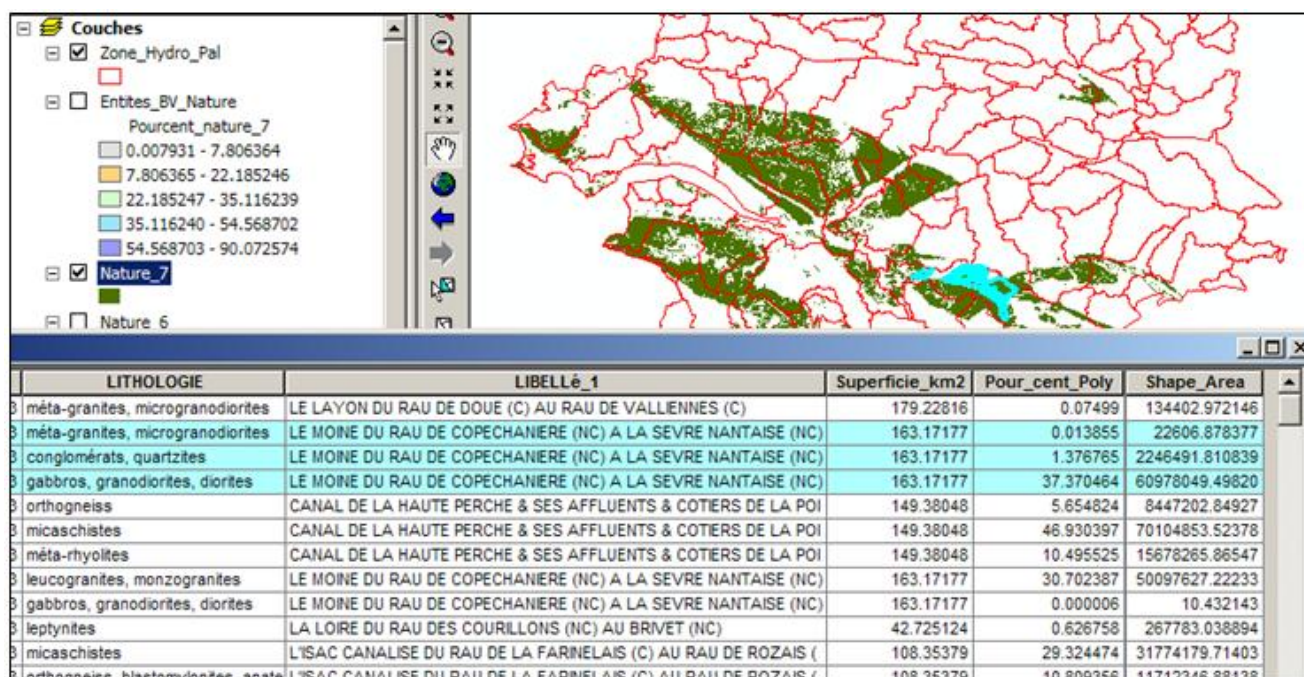


Illustration 8 – Sélection d'une classe de perméabilités

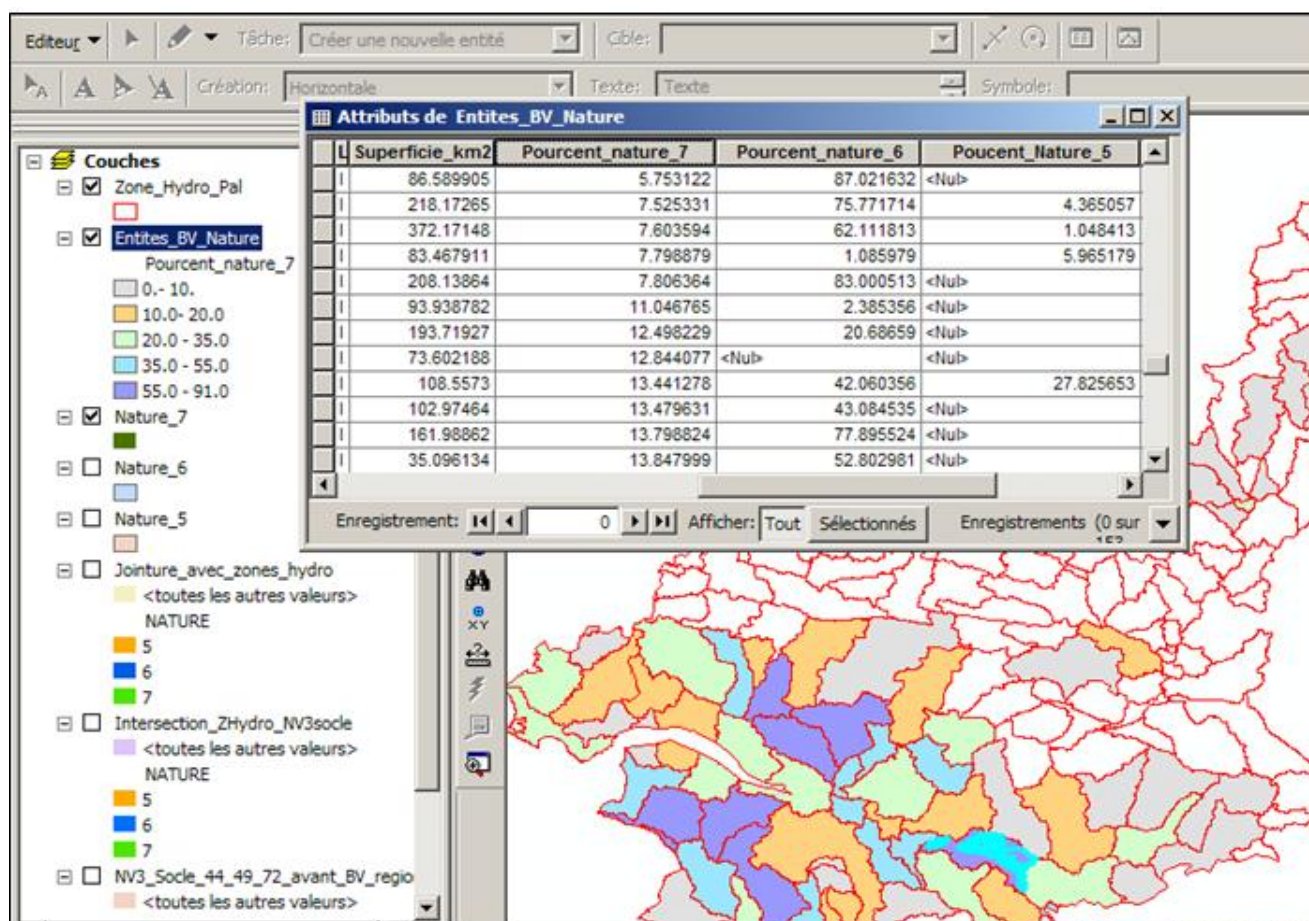


Illustration 9 – Table après étape 4

Attributs de Jointure_avec_zones_hydro						
	OBJECTID_12	OBJECTID	Shape *	FID_zone_hydro	CODE_ZONE	LIBE
	1	1	Polygone	3	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)
	2	2	Polygone	3	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)
	3	3	Polygone	3	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)
	4	4	Polygone	3	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)
	5	5	Polygone	3	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)
	6	6	Polygone	3	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)
	7	7	Polygone	3	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)
	8	8	Polygone	3	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)
	9	9	Polygone	3	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)
	10	10	Polygone	3	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)
	11	11	Polygone	4	N001	CANAL DE LA HAUTE PERCHE & SES AFFLUENTS & COTIERS D
	12	12	Polygone	4	N001	CANAL DE LA HAUTE PERCHE & SES AFFLUENTS & COTIERS D
	13	13	Polygone	4	N001	CANAL DE LA HAUTE PERCHE & SES AFFLUENTS & COTIERS D
	14	14	Polygone	5	M511	LE LAYON DU RAU DE DOUE (C) AU RAU DE VALLIENNES (C)
	15	15	Polygone	5	M511	LE LAYON DU RAU DE DOUE (C) AU RAU DE VALLIENNES (C)
	16	16	Polygone	5	M511	LE LAYON DU RAU DE DOUE (C) AU RAU DE VALLIENNES (C)

Attributs de Jointure_avec_zones_hydro							
THEME	NATURE	ETAT	MILIEU	NIVEAU	LITHOLOGIE	intersection_CODE_ZONE	CODE_ENTITE
3	6	2	2	3	siltites, grès	J792	100A01
3	6	2	2	3	grès, phtanites	J792	100A01
3	6	2	2	3	schistes ardoisiers	J792	100A01
3	5	2	2	3	siltites, grès, microconglomérats	J792	100A01
3	6	2	2	3	phtanites	J792	100A01
3	6	2	2	3	schistes, grès	J792	100A01
3	7	2	2	3	orthogneiss	N001	100A01
3	7	2	2	3	micaschistes	N001	100A01
3	7	2	2	3	méta-rhyolites	N001	100A02
3	7	2	2	3	méta-granites, microgranodiorites	M511	100A02
3	6	2	2	3	argilites schisteuses, schistes, grès	M511	100A02
3	6	2	2	3	argilites schisteuses, siltites gréseuses	M511	100A02
3	6	2	2	3	micaschistes, schistes, amphibolites	M511	100A02

Illustration 10 - Introduction d'un code entité après regroupements BV Carthage (ici regroupement des BV J792 et N001, pour donner l'entité 100A1)

Remarque: il s'agit ici juste d'un exemple indépendant de la lithologie

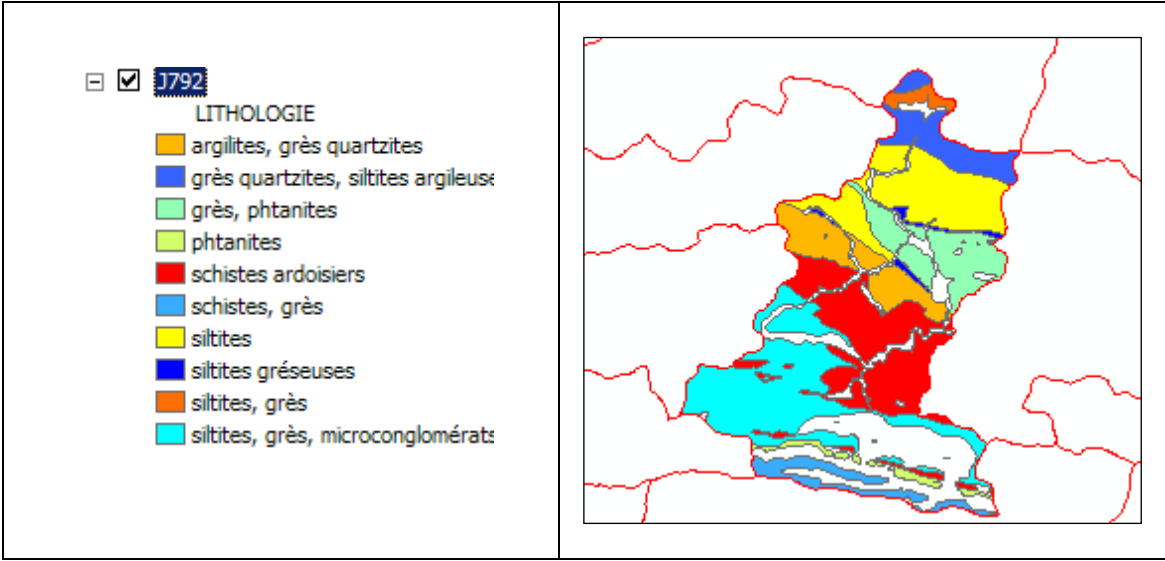


Illustration 11 – Exemple d'un BV-Entité caractérisé par une lithologie (sélection dans la table attributaire issue de l'étape d'intersection) (en blanc les polygones non renseignés)
La lithologie est ici bien détaillée mais peut aussi être réduite à quelques grandes classes

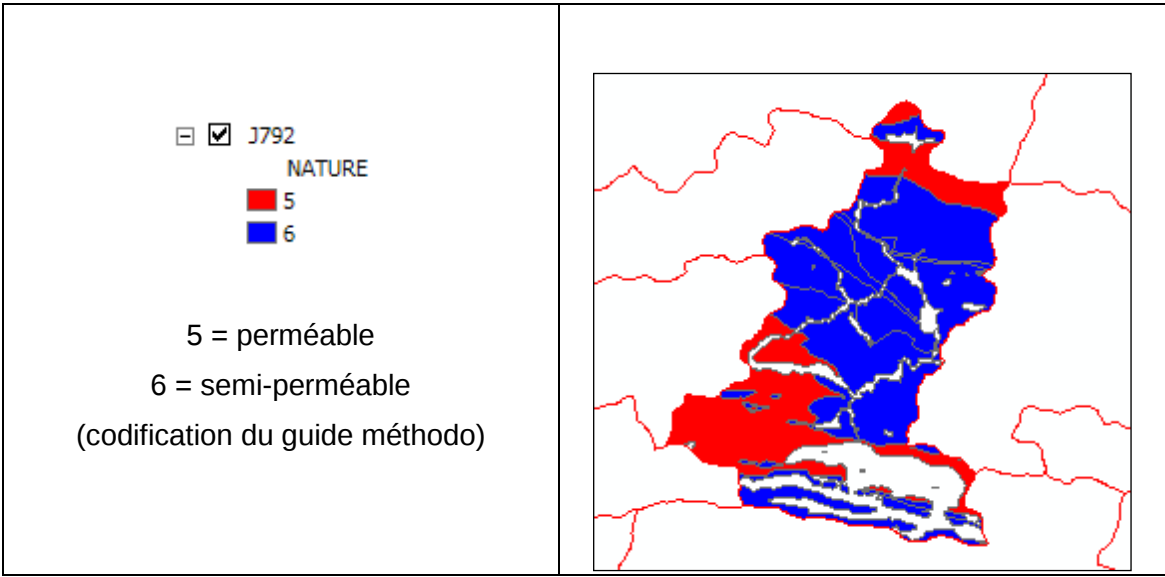


Illustration 12 – Exemple d'un BV-Entité caractérisé par une classe de perméabilité (sélection dans la table attributaire issue de l'étape 2) (en blanc les polygones non renseignés)

THEME	NATURE	ETAT	MILIEU	NIVEAU	LITHOLOGIE	CODE_ZONE	LIBELLÉ_1	Superficie	Pour_cent_Lithol
3	5	2	2	3	grès quartzites, siltites argileuses	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	5.89451
3	6	2	2	3	siltites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	13.7687
3	6	2	2	3	siltites gréseuses	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	0.944455
3	6	2	2	3	argilites, grès quartzites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	7.54631
3	6	2	2	3	siltites, grès	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	1.27646
3	6	2	2	3	grès, phtanites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	8.19226
3	6	2	2	3	schistes ardoisiers	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	17.735201
3	5	2	2	3	siltites, grès, microconglomérats	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	20.336399
3	6	2	2	3	phtanites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	1.54572
3	6	2	2	3	schistes, grès	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	3.85752

Illustration 13 – Extrait table attributaire du BV-Entité J792

3.5. Autre exemple

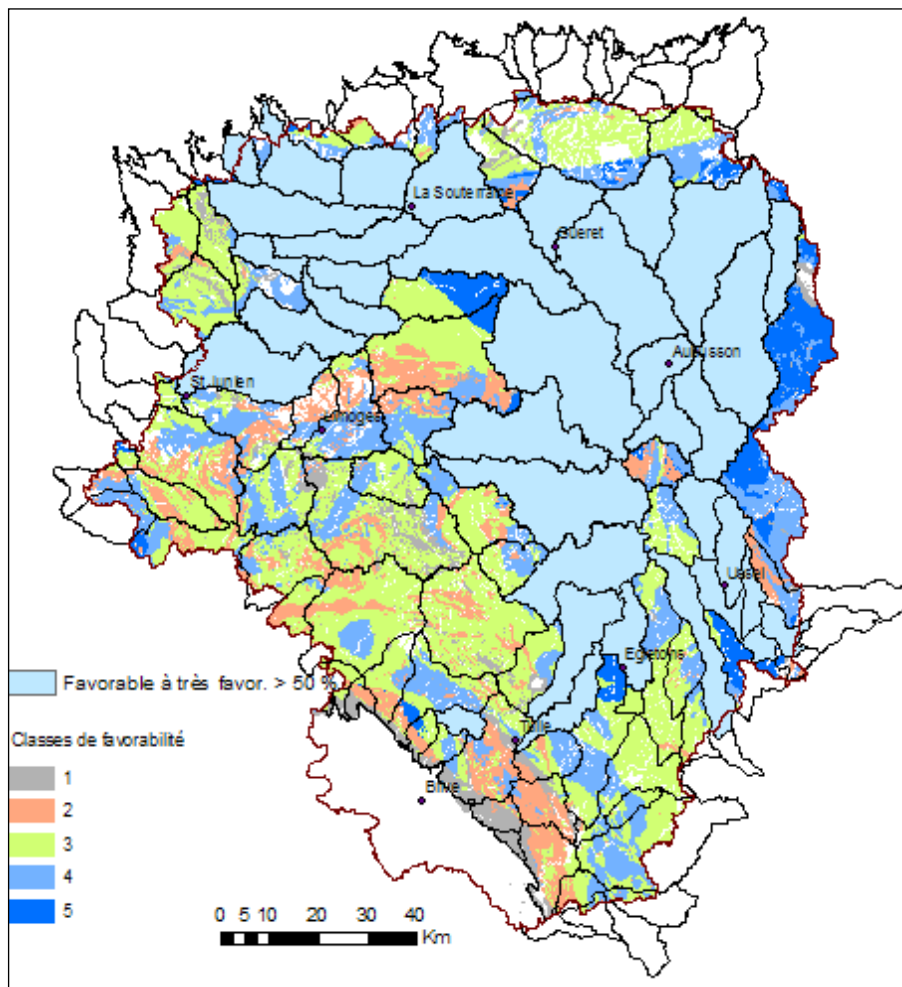
Cet exemple est relatif au socle en région Limousin où les entités NV3 ont pu être caractérisés par un critère "favorabilité" (potentiel aquifère).

Cette caractérisation a été faite avec ArcGis par intersection de la carte du "potentiel aquifère" avec la carte des entités BV-NV3.

Puis, par une suite d'opérations:

- sélections des polygones élémentaires par classe de "favorabilité",
- "récapitulations" par entité NV3, conduisant à des tables (non géométriques) où chaque entité est caractérisée par un pourcentage de "favorabilité",
- jointures successives de ces tables avec la table des entités NV3,

on aboutit à une carte et à une table attributaire associée où chaque entité NV3 est caractérisée par un pourcentage de "favorabilité" (illustration 15). Les classes de favorabilité 4 et 5 ont été regroupées (favorable à très favorable, équivalent de "nature=5" du guide méthodologique), de même que les classes 1 et 2 (défavorable à peu favorable, équivalent de "nature=7"). La classe de favorabilité 3 (moyennement favorable) peut correspondre quant à elle à "nature=6".



Shape *	CODE	Aire_km2	FV4et5_pcent	FV1et2_pcent	FV3_pcent	Total_FV_pcent
Polygone	P1C2	21.933187	3.7	0	96.3	100
Polygone	P0A4	104.616536	76.8	10.4	12.8	100
Polygone	P2-1	17.205592	0	99.8	0	99.8
Polygone	P3C2	32.896832	1.2	84.9	13.4	99.4
Polygone	L4D1	130.036507	82.8	6.9	9.7	99.4
Polygone	K5-2	413.643887	92.6	6.4	0	99.1
Polygone	P3D6	54.823673	3.3	92.2	3.2	98.7
Polygone	P3D1	203.684054	61.1	2.2	35.1	98.4
Polygone	L0B2	419.315648	17	33.9	47	98
Polygone	P1B2	42.938112	48.4	0.4	49	97.8
Polygone	L5A2	192.769261	46.8	0.6	50.1	97.5
Polygone	L4B1	188.998913	97.3	0	0	97.3
Polygone	L4A1	97.539569	49.1	41.5	6.3	96.9

Illustration 15 – Caractérisation des entités de socle par une potentialité aquifère

En résumé:

1) Une table attributaire ainsi construite (qui permet de faire des requêtes du type:

Code_Entité	Thème	Etat	Milieu	Nature-5 (%)	Nature-6 (%)	Nature-7 (%)	Litho-1 (%)	Litho-2 (%)	...	Litho-5 (%)
E1	3	2	2	55	30	10	<nul>	<nul>		<nul>
E2										

On peut ne pas arriver à 100 % compte tenu des formations de recouvrement.

Lexique Nature

Nature-5 =aquifère (correspondance avec unité aquifère du guide, code 5)

Nature-6 = peu aquifère (correspondance avec unité aquifère du guide, code 6)

Nature-7 = non aquifère (correspondance avec unité aquifère du guide, code 7)

Opérations possibles:

1) sélection des entités où les formations perméables (nature_5) occupent plus de 50 % de la superficie de l'entité" (illustration 15)

2) ou bien caractérisation des entités par le % d'un type de nature (illustration10)

S'il n'est pas possible de caractériser le champ nature, on remplit les champs lithologie.

Code_Entité	Thème	Etat	Milieu	Nature-5 (%)	Nature-6 (%)	Nature-7 (%)	Litho-1 (%)	Litho-2 (%)	...	Litho-5 (%)
E1	3	2	2	<nul>	<nul>	<nul>	45	30		10
E2										

Lexique lithologique. Exemple

Litho-1= Roches plutoniques fracturées

Litho-2= Roches métamorphiques fracturées

Litho-3= Roches métamorphiques compactes

Litho_4 = Sédimentaire ancien

Litho_5= ...

C'est évidemment moins précis que la caractérisation par classe de perméabilité (car dans le plutonique, il peut y avoir du plus ou moins perméable) mais cela apporte quand même une information.

Mêmes opérations possibles que celles ci-dessus.

2) une table plus détaillée

Exemple: l'entité est décomposée en plusieurs polygones en fonction de la lithologie présente cf aussi illustration 14).

THEME	NATURE	ETAT	MILIEU	NIVEAU	LITHOLOGIE	CODE_ZONE	LIBELLÉ_1	Superficie	Pour_cent_Lithol
3	5	2	2	3	grès quartzites, siltites argileuses	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	5.89451
3	6	2	2	3	siltites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	13.7687
3	6	2	2	3	siltites gréseuses	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	0.944455
3	6	2	2	3	argilles, grès quartzites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	7.54631
3	6	2	2	3	siltites, grès	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	1.27646
3	6	2	2	3	grès, phanites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	8.19226
3	6	2	2	3	schistes ardoisiers	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	17.735201
3	5	2	2	3	siltites, grès, microconglomérats	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	20.336399
3	6	2	2	3	phanites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	1.54572
3	6	2	2	3	schistes, grès	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	3.85752

Par rapport à la table globale, on a une localisation des différentes zones lithologiques ou des classes de perméabilité.

Annexe 4 - Lexique de caractérisation des entités

. Caractérisation des entités

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

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

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

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

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

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



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

Service géologique régional Alsace
15, rue du Tanin, Parc Club des Tanneries
Lingolsheim - BP 177
67834 – Tanneries – Cedex
Tél. : 03 88 77 48 90