

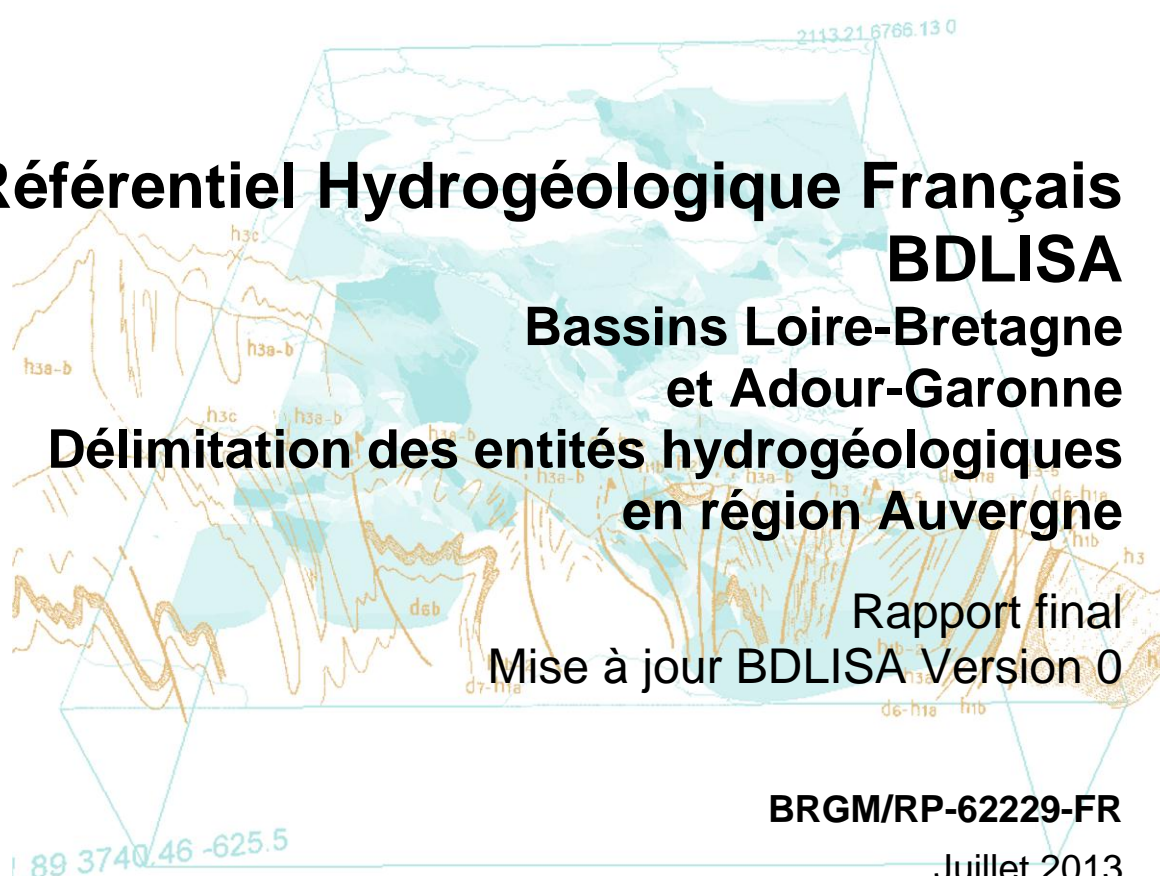


Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne Délimitation des entités hydrogéologiques en région Auvergne

Rapport final
Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP-62229-FR

Juillet 2013



Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne Délimitation des entités hydrogéologiques en région Auvergne

Rapport final
Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP-62229-FR
Juillet 2013

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

C. Bertin, J.J. Seguin, S.Schomburgk



Vérificateur : N. Pédron
Date : 25 Février 2011
Signature :

Approbateur : P. Rocher
Date :
Signature :

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, Auvergne.

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

Bertin C., Seguin J.J., Schomburgk S. – (2013) - Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne. Délimitation des entités hydrogéologiques en région Auvergne. Rapport final, Mise à jour version 0. BRGM/RP-62229-FR.

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

Synthèse

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la construction de la version 0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (anciennement BDRHF-V2). Elle concerne la région Auvergne comprenant les départements du Puy-de-Dôme, de l'Allier, du Cantal et de la Haute-Loire, situés majoritairement dans les bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne.

Le travail de délimitation des entités s'est avéré très délicat car seuls les départements du Cantal et de la Haute-Loire sont couverts par des cartes géologiques harmonisées. Pour le Puy-de-Dôme et l'Allier, huit cartes géologiques ne sont pas encore éditées et les cartes existantes présentent de très nombreuses discordances entre elles. A l'aide des informations et cartes existantes, le découpage aux 3 niveaux du référentiel (NV3, NV2 et NV1) aboutit à :

- **40 entités de niveau local** dans le thème socle, correspondant à des sous-secteurs hydrographiques de la BD-Carthage (le socle est en général à la fois affleurant et sous-couverture) ;
- **21 entités de niveau régional :**
 - 8 entités de niveau régional (NV2) dans le thème socle,
 - 7 entités dans le thème volcanisme,
 - 6 entités dans le thème sédimentaire,
- **15 entités de niveau national :**
 - 3 entités dans le thème socle,
 - 7 entités dans le thème volcanisme (identiques à celles du niveau 2),
 - 5 entités dans le thème sédimentaire.

A ces entités, s'ajoutent un ensemble d'entités "complémentaires" constituant une "surcouche" du référentiel et correspondant aux systèmes alluvionnaires et aux formations superficielles de nature variée (altérites, dépôts glaciaires, colluvions).

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

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

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

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

Avertissement

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

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

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

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

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

Sommaire

1	Introduction	7
2	Présentation du référentiel BDLISA.....	10
2.1	PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS.....	10
2.1.1	Principes de construction	10
2.1.2	Assemblage des entités	10
2.1.3	Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction	10
2.1.4	BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE	11
2.2	PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA.....	11
2.3	LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL	12
2.3.1	Les entités hydrogéologiques.....	12
2.3.2	Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques.....	13
2.3.3	Les "thèmes" des entités hydrogéologiques	13
2.3.4	L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques	13
2.3.5	L'attribut "Type de milieu" des entités hydrogéologiques	15
2.3.6	L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques.....	17
2.3.7	L'attribut "Origine de la construction" des entités hydrogéologiques	17
2.4	LE TABLEAU MULTI-EHELLES	18
2.5	LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS	18
2.5.1	Principes sous-jacents	18
2.5.2	Organisation des entités en 2 ensembles.....	19
2.5.3	Ordre absolu et ordre relatif.....	20
3	Méthodologie de délimitation des entités et assemblage par le modèle de gestion	23
3.1	PRINCIPES DIRECTEURS.....	23
3.1.1	Homogénéité du découpage	23
3.1.2	Emboîtement des niveaux.....	23
3.2	PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION.....	24
3.2.1	Identification et cadrage hydrogéologique général	24
3.2.2	De l'analyse des cartes géologiques au tableau multi-échelles	24
3.2.3	Individualisation de l'alluvial	24
3.2.4	Découpage des entités.....	25
3.2.5	Passage au modèle de gestion du référentiel.....	25
3.2.6	Organigramme	26

4	Mise en œuvre du découpage des entités	27
4.1	HISTOIRE GÉOLOGIQUE SIMPLIFIÉE DE LA RÉGION AUVERGNE	27
4.2	DONNÉES DE RÉFÉRENCE	28
4.3	TABLEAU MULTI-ÉCHELLES	28
4.3.1	Le thème "Socle"	28
4.3.2	Le thème "Sédimentaire"	28
4.3.3	Le thème "Volcanisme"	29
4.4	DÉCOUPAGE DES ENTITÉS DU THÈME SOCLE	30
4.4.1	Rappel de la méthodologie préconisée dans le guide national	30
4.4.2	Cas de la région Auvergne	30
4.4.3	Caractérisation du socle de la région Auvergne	31
4.4.4	Démarche de découpage	35
4.4.4.3	Sous-secteurs hydrographiques contenant des zones de socle	37
4.4.5	Caractérisation des entités NV3	41
4.5	DÉCOUPAGE DES ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE	46
4.5.1	Formations du Paléozoïque	47
4.5.2	Formations du Trias et du Lias	48
4.5.3	Formations du Tertiaire et du Plio-Quaternaire	50
4.6	DÉCOUPAGE DES ENTITÉS DU THÈME VOLCANISME	52
4.6.1	Démarche	52
4.6.2	Caractérisation des entités du thème "Volcanisme"	55
4.7	FORMATIONS SUPERFICIELLES	58
4.7.1	Les formations alluviales	58
4.7.2	Les formations superficielles variées	60
5	Limites des entités	63
5.1	LIMITES HYDRAULIQUES	63
5.2	NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITÉS	63
6	Outil de construction du référentiel	67
6.1	GÉODATABASE	67
6.2	FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS	72
7	Conclusion	75
8	Références bibliographiques	77

Liste des illustrations

Illustration 1 – Zone d'étude, essentiellement partagée entre le bassin Loire-Bretagne et le bassin Adour-Garonne	9
Illustration 2 – Types d'entités hydrogéologiques et codification	14
Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques	16
Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires.....	19
Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités	21
Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3	23
Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage	26
Illustration 8 – Localisation des ouvrages BSS caractérisés par une valeur niveau d'eau et rattachés au thème socle	32
Illustration 9 – Couverture géologique à 1/50 000 de la région auvergne avec indication du numéro des cartes non éditées.....	33
Illustration 10 – Zones de socle en Auvergne.....	34
Illustration 11 – Régions hydrographiques et secteurs de la BD-Carthage en Auvergne (bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne) contenant du socle.	36
Illustration 12 – Régions et secteurs hydrographiques de la BD-Carthage contenant des zones de socle (Dans cette figure les anciens codes sont utilisés)	36
Illustration 13 – Sous-secteurs hydrographiques de la BD-Carthage issus de la subdivision des secteurs ci-dessus. (Dans cette figure les anciens codes sont utilisés).....	37
Illustration 14 – Sous-secteurs contenant des zones de socle (Dans cette figure les anciens codes sont utilisés).....	38
Illustration 15 – Zones de socle de faible superficie incluses dans des sous-secteurs.....	39
Illustration 16 – Sous-secteurs hydrographiques de la BD-Carthage délimitant les entités NV3 contenant du socle (au nombre de 39) plus une entité socle "disjointe" Dans cette figure les anciens codes sont utilisés).....	40
Illustration 17 – Regroupement des formations du socle d'après les cartes géologiques harmonisées du Cantal et de la Haute-Loire.	41
Illustration 18 - Massifs granitiques cartographiés d'après les cartes géologiques harmonisées du Cantal et de la Haute-Loire	42
Illustration 19 – Regroupement des formations de socle en métamorphisme et plutonisme d'après les cartes géologiques harmonisées du Cantal et de la Haute-Loire	42
Illustration 20 – Exemple de caractérisation du socle par sa nature	43
Illustration 21 – Caractérisation du socle en distinguant métamorphisme et plutonisme.....	44
Illustration 22 – Pourcentage des zones de socle dans les 39 sous-secteurs hydrographiques constituant les entités NV3.....	44
Illustration 23 – Entités NV3 du socle en Auvergne.....	45

Illustration 24 – Couverture géologique du Puy-de-Dôme et exemple de discordances entre feuilles à l'échelle du 1/50 000	46
Illustration 25 – Entités correspondant aux formations du Carbonifère et du Permien	48
Illustration 26 – Entités correspondant aux formations du Lias et du Trias.....	49
Illustration 27 – Formations du Tertiaire et du Plio-Quaternaire	51
Illustration 28 – Limite schématiques des bassins versants de la chaîne des Puys	53
Illustration 29 - Entités du thème volcanisme	54
Illustration 30 – Système des "alluvions récentes"	59
Illustration 31 – Système des "alluvions anciennes"	60
Illustration 32 – Formations superficielles "variées"	61
Illustration 33 – Types de limites possibles entre entités	64
Illustration 34 – Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques	65
Illustration 35 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.....	67
Illustration 36 - Tables non géométriques de la géodatabase.....	68
Illustration 37 - Interface utilisateur de la géodatabase.....	68
Illustration 38 : Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.	69
Illustration 39 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).....	70
Illustration 40 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).....	70
Illustration 41 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités	71
Illustration 42 - Table des limites: natures des contacts entre entités.....	71
Illustration 43 : Editeur de cartes du modèle de construction du référentiel.	72
Illustration 44 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).	73
Illustration 45 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite)	74

Liste des annexes

Annexe 1- Tableau multi-échelles	79
Annexe 2 - Part relative des lithologies dans quelques entités de socle des départements du Puy-de-Dôme et de l'Allier	85
Annexe 3 - Lexique de caractérisation des entités	90

1 Introduction

Ce travail s'inscrit dans le projet national de construction de la deuxième version du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Version 0 (anciennement appelé BDRHF-V2).

Le projet a été confié en 2006 au BRGM par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer. L'opération bénéficie d'un soutien financier des Agences de l'Eau, de l'ONEMA (2008-2009) et, antérieurement à 2008, du MEEDM. Il est mené sous la direction d'un comité de pilotage, dont le secrétariat est assuré par la Direction de l'Eau et de la Biodiversité du MEEDM.

Le présent rapport est la mise à jour d'un travail réalisé en 2011 par C. Bertin (RP-59005-FR) en Auvergne 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 Auvergne. La présentation générale du référentiel, de ses principes de construction et de mise en œuvre est faite dans le rapport BRGM/RP-62261-FR, cité en bibliographie.

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

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

Il tient compte aussi de l'évolution des connaissances géologiques et hydrogéologiques, en particulier de l'harmonisation des cartes géologiques à l'échelle du 1/50 000^{ième}.

Le Référentiel BDLISA propose un découpage du territoire national (territoire métropolitain et départements d'outre-mer, à l'exception de Mayotte) en **entités hydrogéologiques** (formations géologiques aquifères ou non), délimitées à 3 niveaux de détail (national, régional et local) suivant des règles élaborées dans le cadre d'une méthodologie nationale.

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

Le référentiel en région Auvergne

Ce rapport rend compte de la réalisation du référentiel à la fois sur la partie Loire-Bretagne et sur la partie Adour-Garonne de la région Auvergne (illustration 1). Il existe également un secteur (situé au sud-est de la Haute-Loire) qui dépend du bassin Rhône-Méditerranée mais son emprise est minime sur la région Auvergne.

Les parties Loire-Bretagne et Adour-Garonne comportent des entités du "thème Socle", du "thème Sédimentaire" et du "thème Volcanisme". La partie située dans le bassin Rhône-Méditerranée comprend essentiellement du socle et une très petite superficie de volcanisme.

• Limites de la zone d'étude

Les limites de la zone d'étude correspondent aux limites administratives de la région Auvergne (26 180 km²). Le découpage s'est heurté à l'absence de plusieurs cartes géologiques à l'échelle du 1/50 000 sur lesquelles s'appuie le travail de délimitation et de caractérisation des entités. Il a été aussi nécessaire de procéder à une harmonisation simplifiée des formations géologiques

des départements du Puy-de-Dôme et de l'Allier pour lesquels il n'existe pas de carte géologique harmonisée.

- Difficultés de délimitation pour les différents thèmes

Pour les entités du "thème Socle", le découpage a été réalisé à partir de la BD-Carthage et la caractérisation a été faite en l'état actuel des connaissances géologiques et hydrogéologiques de la région Auvergne et en fonction des données disponibles et exploitables.

Pour les entités du "thème Sédimentaire", le découpage a été réalisé conformément aux recommandations du guide méthodologique national mais le manque de données n'a pas permis d'effectuer un découpage local des entités. La carte géologique au millionième a été utilisée pour compléter le découpage dans l'emprise des cartes géologiques à 1/50 000 manquantes.

Pour les entités du "thème Volcanisme", le manque de données et l'absence de deux cartes géologiques à 1/50 000 n'ont pas permis d'effectuer un découpage local des entités. Comme pour le sédimentaire, la carte géologique au millionième a été utilisée pour compléter le découpage dans l'emprise des cartes géologiques manquantes.

La construction du référentiel de la région Auvergne s'inscrit dans le cadre d'une convention entre le BRGM et l'ONEMA d'une part (niveaux 1 et 2) et entre le BRGM et les Agences de l'Eau Loire-Bretagne et Adour-Garonne d'autre part (niveaux 1, 2 et 3) qui apportent un soutien financier à l'opération.

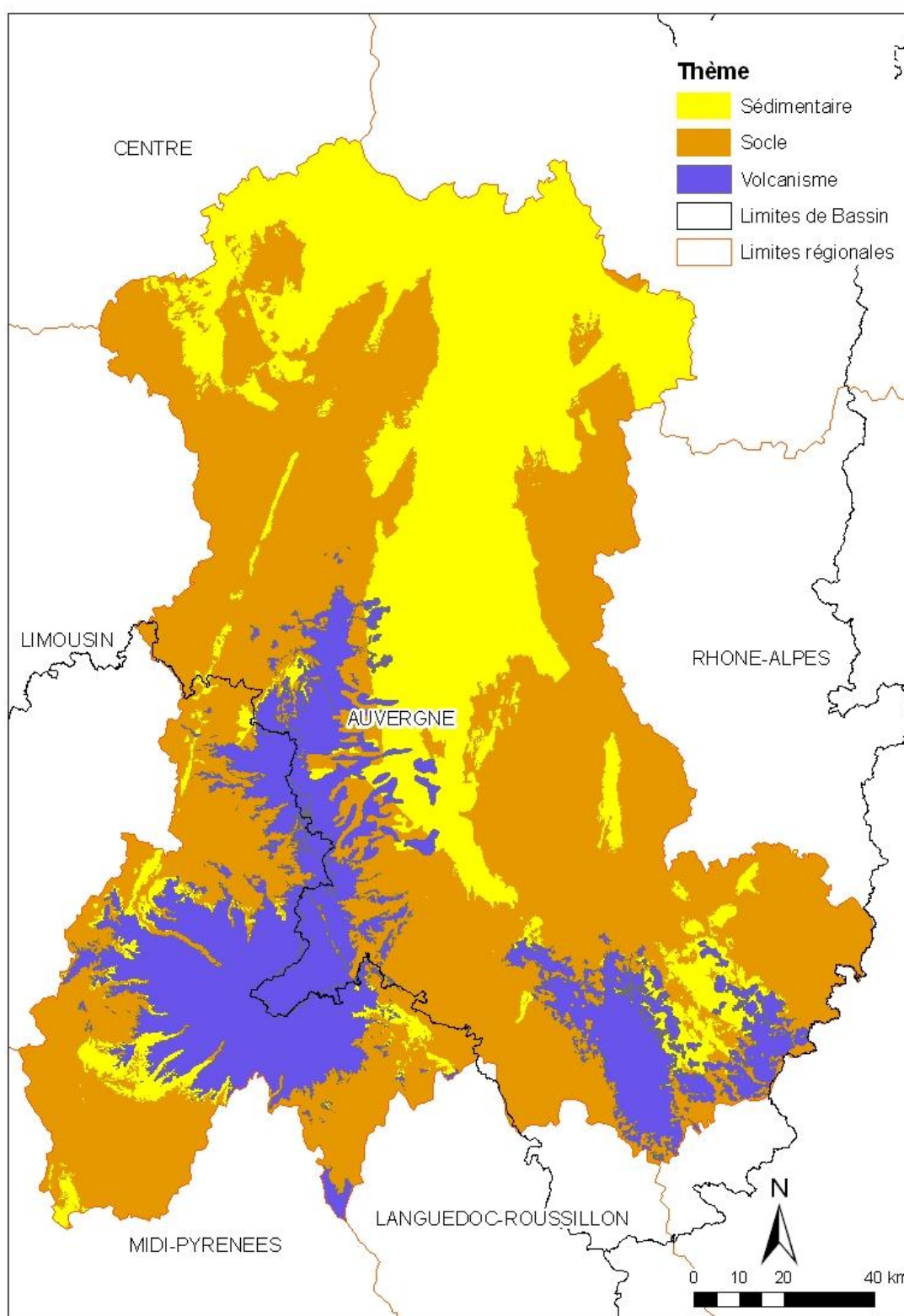


Illustration 1 – Zone d'étude, essentiellement partagée entre le bassin Loire-Bretagne et le bassin Adour-Garonne

2 Présentation du référentiel BDLISA

2.1 PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS

2.1.1 Principes de construction

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

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

2.1.2 Assemblage des entités

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

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

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

2.1.3 Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction

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

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

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

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

2.1.4 BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE

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

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

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

2.2 PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA

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

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

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

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

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

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

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

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

◆ La gestion du référentiel, à savoir :

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

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

2.3 LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL

2.3.1 Les entités hydrogéologiques

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

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

Les entités hydrogéologiques peuvent être multi-parties.

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

Codification de l'entité

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

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

Par exemple:

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

Dénomination de l'entité

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

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

Par exemple :

Sables verts de l'Albien du Bassin Parisien.

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

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

2.3.2 Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques

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

- le **niveau national (NV1)** fournit une représentation nationale des grands ensembles hydrogéologiques dont il montre la distribution spatiale et l'importance en tant que ressource quantitative. C'est le support d'études d'orientation à l'échelle nationale.
La gamme d'échelle d'utilisation cartographique est comprise entre le 1/500 000 et le 1/1 000 000.
- Le **niveau régional (NV2)** fournit une représentation régionale ou par bassin des entités hydrogéologiques (échelle de visualisation de l'ordre du 1/250 000). Il permet de caractériser les systèmes aquifères au regard de leur importance en tant que ressource régionale, de leur vulnérabilité (à la sécheresse, aux pollutions).
- Le **niveau local (NV3)** correspond à la représentation la plus détaillée du référentiel, à une échelle de l'ordre du 1/50 000. Il identifie l'ensemble des entités connues au sein des deux niveaux précédents. Il constitue le support d'études ponctuelles permettant d'améliorer les connaissances hydrogéologiques (carte piézométrique, carte de vulnérabilité, modélisation,...).

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

2.3.3 Les "thèmes" des entités hydrogéologiques

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

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

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

2.3.4 L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques

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

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

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

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

Illustration 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

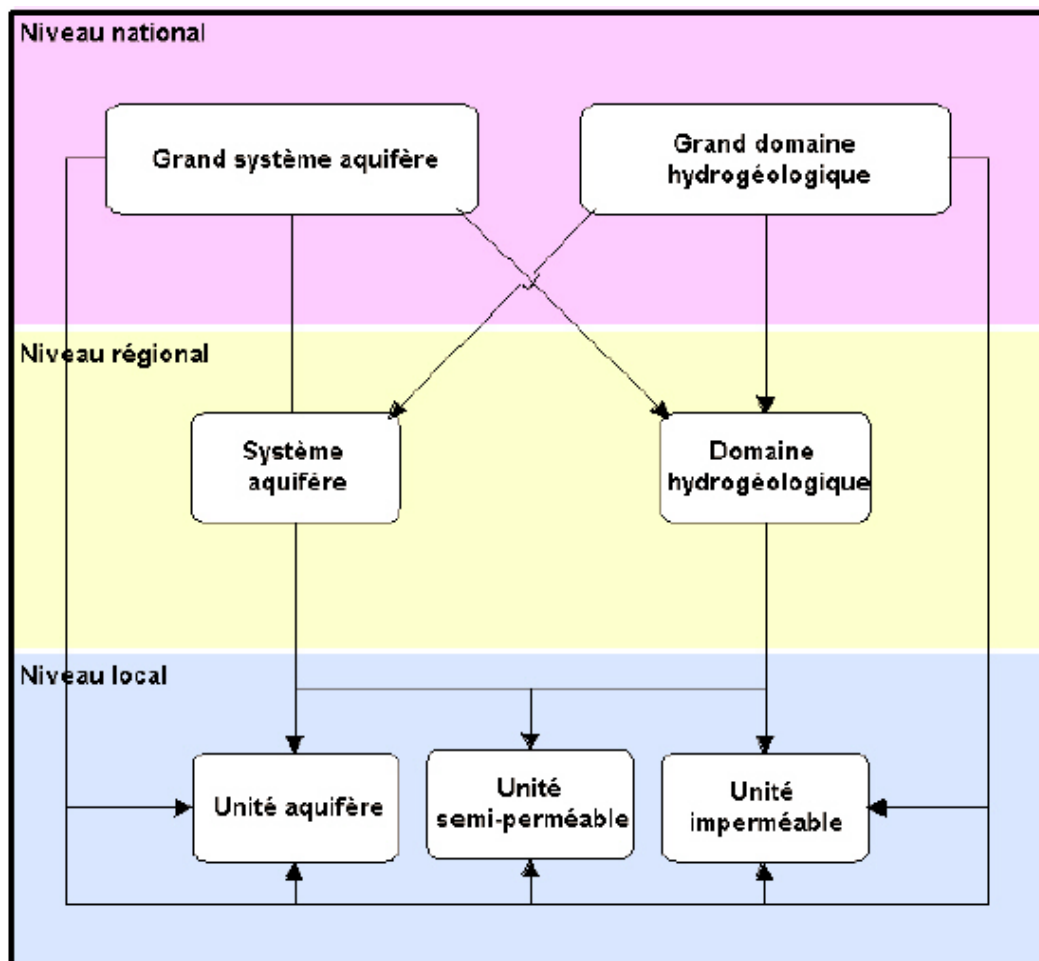


Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques

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.
		Entité construite pour complétude topologique

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

2.4 LE TABLEAU MULTI-ECHELLES

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

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

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

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

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

2.5 LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS

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

2.5.1 Principes sous-jacents

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

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

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

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

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

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

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

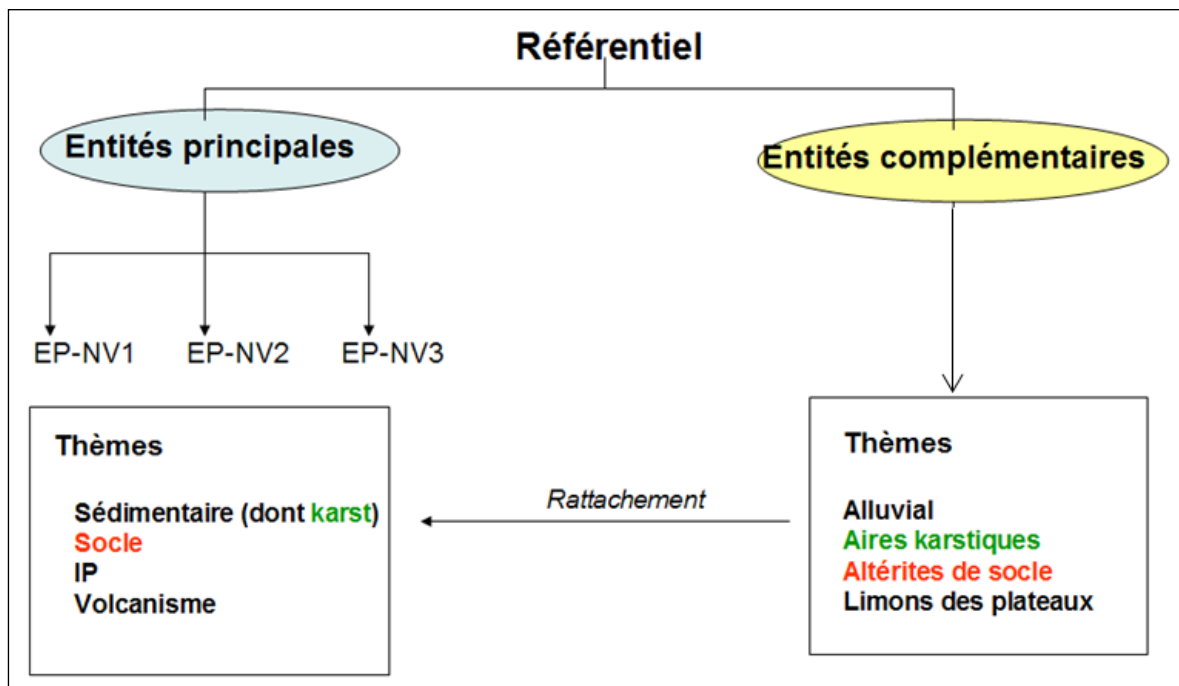


Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires

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. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

3) Complétude

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

4) Filiation

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

5) Héritage

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

2.5.2 Organisation des entités en 2 ensembles

1) Entités principales

Elles constituent l'essentiel du référentiel. Elles sont :

- différenciées et délimitées suivant les règles du guide méthodologique,

- structurées et assemblées suivant les principes généraux 2 à 5 ci-dessus.

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

2) Entités complémentaires

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

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

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

2.5.3 Ordre absolu et ordre relatif

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

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

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**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, 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.**

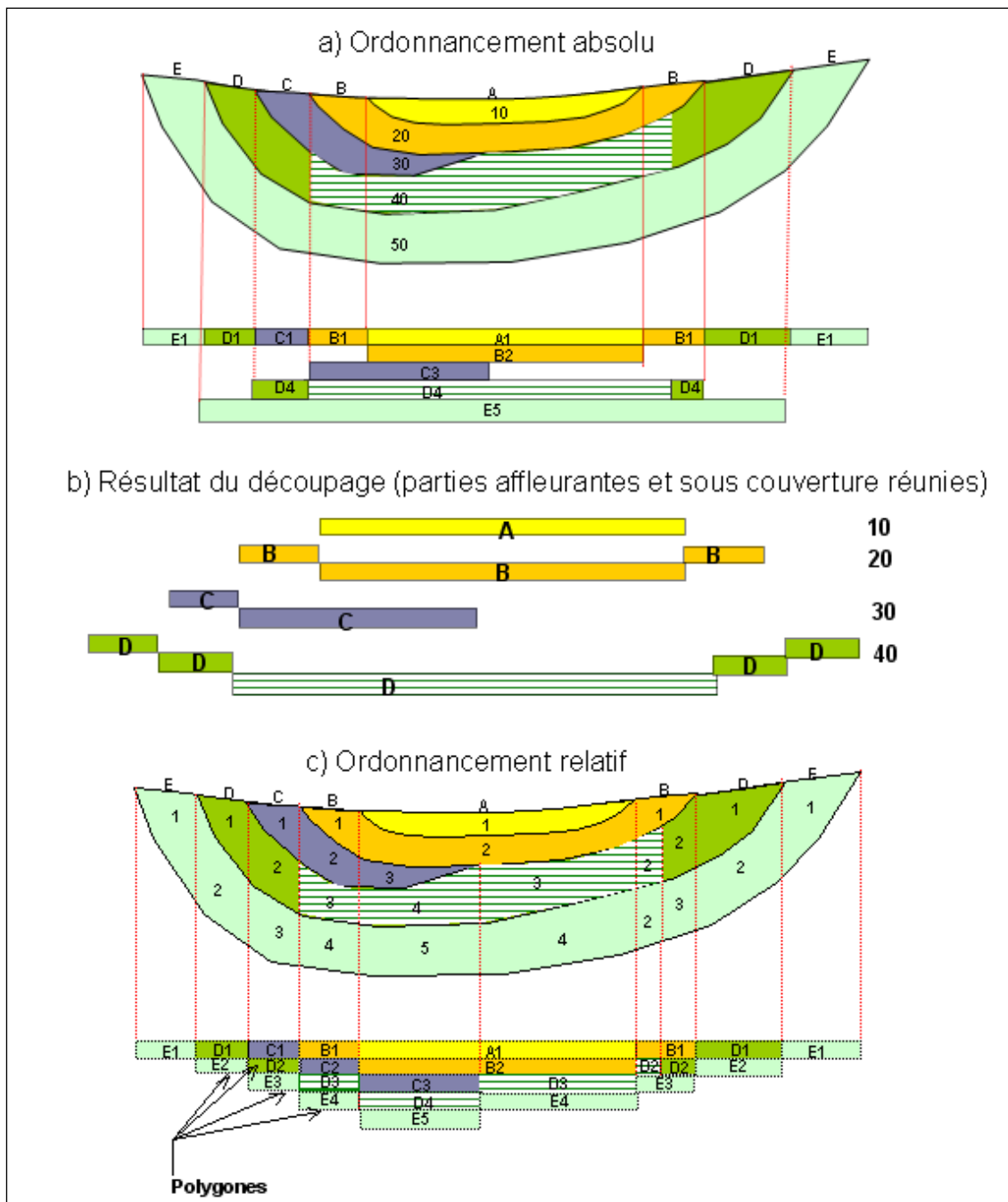


Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités

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 (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). 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- Σ NV3" est ajouté par le modèle de gestion (cas du bassin Rhône-Méditerranée et Corse). Dans le référentiel, cette entité "virtuelle" est identifiée par l'intermédiaire de l'attribut "Origine" (complétude partielle ou totale, cf. tableau du § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

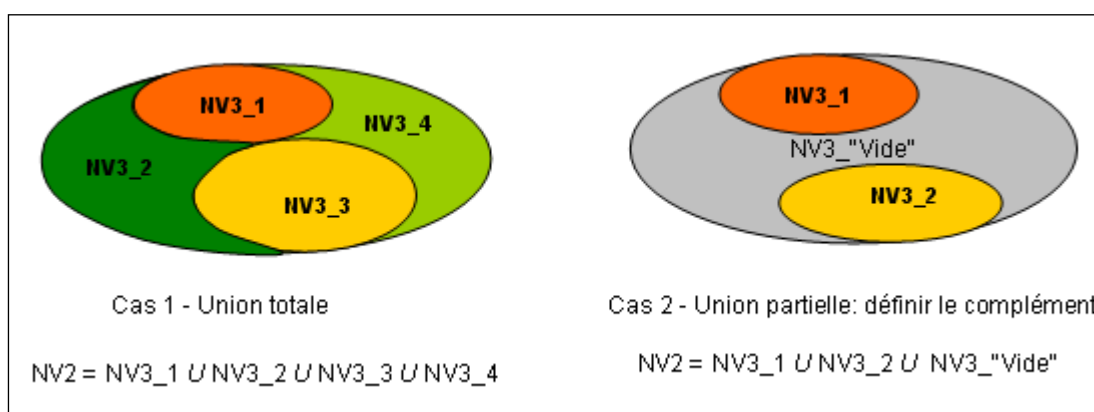


Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3

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. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

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

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

Remarques :

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

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

3.2.4 Découpage des entités

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

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

3.2.5 Passage au modèle de gestion du référentiel

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

3.2.6 Organigramme

La démarche générale de délimitation des entités est résumée par **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

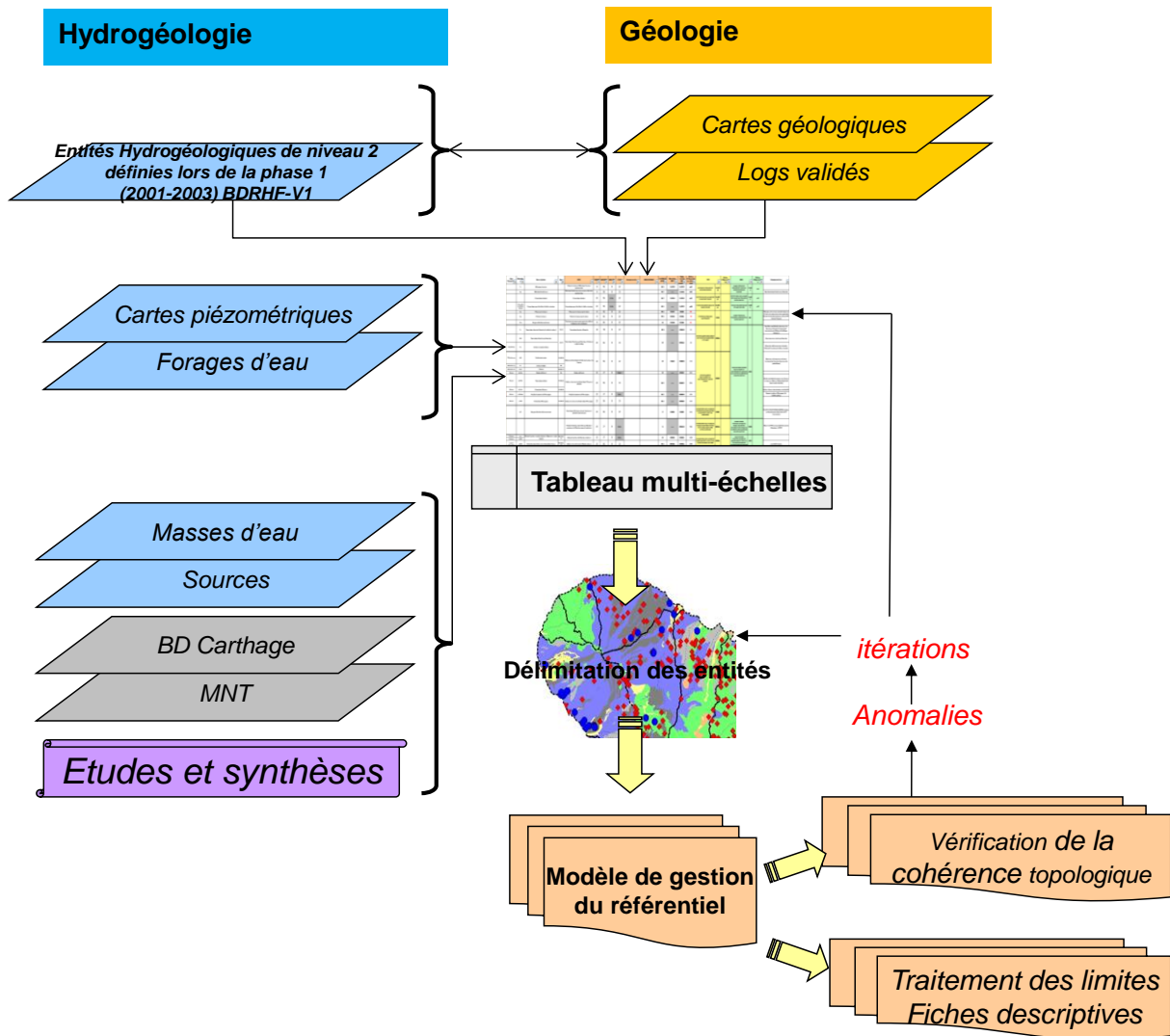


Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.

4 Mise en œuvre du découpage des entités

4.1 HISTOIRE GÉOLOGIQUE SIMPLIFIÉE DE LA RÉGION AUVERGNE

L'Auvergne offre une grande diversité géologique issue d'une histoire longue et complexe sur plus de 400 millions d'années (Ma), avec plusieurs étapes successives.

La première étape correspond à l'ouverture d'un domaine océanique à l'emplacement actuel du Massif central. Ce plancher océanique, il y a environ 400 Ma, s'enfonce sous la plaque européenne. L'intense métamorphisme qui en résulte produit des roches dont on retrouve des reliques dans plusieurs régions, notamment dans le Haut Allier.

Il y a environ 380 Ma, la fermeture de l'océan et la collision entre les plaques Afrique et Europe aboutissent à la formation de la chaîne hercynienne, et provoquent de vastes chevauchements des terrains ainsi qu'une intense déformation des roches. Les grands systèmes de failles, qui s'établissent vers 350 Ma, décalent horizontalement l'ensemble de ces terrains métamorphiques et favorisent la mise en place des premiers massifs granitiques.

Cette chaîne est ensuite soumise à une forte érosion qui conduit au passage de l'ensemble des terrains sous le niveau de la mer. Dans les bassins, localisés le long des grandes fractures de l'écorce terrestre, s'accumulent des sédiments riches en débris végétaux, à l'origine des gisements de charbon.

A partir de 250 Ma (début de l'ère secondaire), le Massif central est progressivement envahi par la mer mais les formations sédimentaires qui s'y déposent sont très érodées au cœur du massif et ne subsistent à l'affleurement que dans les grands bassins périphériques. En région Auvergne, elles ne sont observables aujourd'hui que dans son extrémité nord (terminaison méridionale du Bassin de Paris, Allier).

A l'ère tertiaire, il y a 30 à 40 Ma, intervient un nouveau soulèvement général lié à la genèse des Alpes, s'accompagnant de la formation de grandes failles qui compartimentent le massif et délimitent des bassins d'effondrement. En Auvergne, il s'agit notamment des Limagnes (Limagne d'Allier décomposée, du Nord au Sud, en Limagne Bourbonnaise, grande Limagne, Limagne d'Issoire et de Brioude), des bassins du Cher (région de Montluçon), d'Ambert-Ar lanc, d'Aurillac, de Saint-Flour et du Puy-en-Velay. Ces bassins sont le siège d'une sédimentation variée, lacustre ou marine, détritique à l'origine (produits de l'érosion) puis carbonatée, évaporitique et marneuse.

Les 15 derniers millions d'années de cette histoire sont marqués par la mise en place progressive des édifices volcaniques dans le Velay (Velay oriental et Devès), le Cantal (plus vaste stratovolcan d'Europe), l'Aubrac, le Cézallier, les Monts-Dore / Sancy (stratovolcan composite) et la Chaîne des Puys. Un volcanisme de moindre importance ou plus dispersé voit également le jour dans le Forez, la vallée de la Sioule, les Limagnes et la Comté.

Les stades les plus récents de l'évolution géologique régionale sont caractérisés par l'érosion des principaux reliefs, processus à l'origine des dépôts glaciaires et périglaciaires en altitude, ainsi que d'alluvions dans les vallées, notamment celles des fleuves Loire et Allier.

4.2 DONNÉES DE RÉFÉRENCE

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

- Cartes géologiques à 1/50 000 et leurs notices :
 - Cartes géologiques harmonisées à 1/50 000 du Cantal (15) et de la Haute-Loire (43) ;
 - Cartes géologiques vectorisées à 1/50 000 pour les départements du Puy-de-Dôme (63) et de l'Allier (03) : n° 548, 573, 574,575, 576, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 818, 619, 620, 621, 623, 643, 644, 645, 646, 668, 669, 670, 671, 692, 693, 694, 695, 716 , 718, 719, 740, 743, 765, 766 et 767 ;
 - Cartes géologiques vectorisées à 1/50 000 des régions limitrophes.
- Carte géologique de la France à l'échelle du millionième.
- BD-Carthage : limites des bassins versants (régions, secteurs, sous-secteurs et zones hydrographiques) sur les bassins Loire-Bretagne, Adour-Garonne et Rhône-Méditerranée-Corse. Edition 2008, version du 22/07/08, téléchargée sur le site du Sandre.

Ces données ont été utilisées en Lambert II étendu (Systèmes Français - Méridien de Paris).

- BDRHF-V1 : limites des entités de niveau 1 (NV1).
- Les données hydrométriques des stations de mesures du département de l'Allier en domaine cristallophyllien extraites de la "Banque Hydro" au 01/09/2009.
- Les données de forage (coupes géologiques, mesures hydrauliques) extraits de la Banque de données du Sous-Sol pour la région auvergne.
- Divers documents cités en bibliographie.

4.3 TABLEAU MULTI-ÉCHELLES

La construction d'un tableau multi-échelles est un préalable au découpage des entités, mais elle est néanmoins itérative et plusieurs versions se succèdent en général durant la phase de délimitation des entités. Le tableau final est présenté en annexe 1 (Sédimentaire, Volcanisme et Socle).

4.3.1 Le thème "Socle"

39 entités de niveau 3, correspondant à des sous-secteurs hydrographiques de la BD-Carthage, ont été retenues. Ces sous-secteurs ne sont pas totalement couverts par du socle affleurant (en raison du morcellement des formations). Le socle y sera donc aussi sous couverture, de sédimentaire ou de volcanisme (les limites "affleurant/sous couverture" sont gérées par le modèle de gestion via les ordres relatifs).

Ces 39 entités NV3 ont été regroupées en **9 entités NV2** correspondant à des secteurs hydrographiques BD-Carthage, entités elles mêmes regroupées en **3 entités NV1** contenues dans les 3 régions hydrographiques qui partagent la région Auvergne :

- la "*Loire de sa source à la Vienne*",
- la "*Garonne*",
- la "*Dordogne*".

4.3.2 Le thème "Sédimentaire"

Le premier travail a consisté à établir une correspondance entre entités hydrogéologiques et formations géologiques.

Ce travail s'est avéré très délicat car seuls les départements du Cantal et de la Haute-Loire sont couverts par des cartes géologiques harmonisées. Pour le Puy-de-Dôme et l'Allier, huit cartes géologiques ne sont pas encore éditées et les cartes existantes ont été réalisées par des auteurs différents si bien qu'il existe de très nombreuses discordances entre cartes, tant au niveau des contours qu'au niveau des appellations des formations géologiques. Le découpage au niveau local n'a donc pas pu être réalisé.

Au niveau régional, 6 entités hydrogéologiques ont été identifiées et ainsi nommées :

- Sables et Argiles du Bourbonnais du Plio-Quaternaire du bassin Loire-Bretagne, entité 104AA ;
- Formations de type Limagne Eocène-Oligocène, entité 113AL (ancien code 114A) ;
- Calcaires de l'Hettangien, entité 141AH (ancien code 146G) ;
- Sables Argiles et Grès du Trias, entité 143AC, 143AM (ancien code 149A) ;
- Formations gréseuses, Schistes et Conglomérats du Permien, entité 151U ;
- Formations schisto-gréseuses et niveaux houillers du Carbonifère (Stéphanien), entité 151AC ;

Ces entités NV2 ont été rattachées à 5 entités de niveau national :

- Entité 104 : Grand Domaine Hydrogéologique du Mio-Pliocène ;
- Entité 113 (ancien code 114) : Grand Domaine Hydrogéologique Eocène-Oligocène de la Limagne ;
- Entité 146: Grand Domaine Hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) ;
- Entité 143 (ancien code 149) : Grand Système Multicouche du Trias ;
- Entité 151 : Grand Domaine du Sédimentaire ancien du Paléozoïque ;

4.3.3 Le thème "Volcanisme"

Au niveau national, 7 entités hydrogéologiques sont distinguées pour le niveau national et **reconduites au niveau régional** (cf. guide méthodologique). Le découpage n'a pas pu être réalisé au niveau local du fait de l'absence de certaines cartes géologiques et de la méconnaissance globale de la structure des bassins versants hydrogéologiques. Ces 7 entités sont (avec leur code NV2) :

- la Chaîne des Puys du Quaternaire 153AA (ancien code 157A)
- le massif du Sancy- Mont Dore du Plio-Quaternaire 154AA (ancien code 159A)
- le massif du Cézallier 155AA (ancien code 161A)
- le volcanisme du Devès du Miocène au Pliocène 158AA (ancien code 163A)
- le volcanisme de l'Aubrac du Miocène sup. 160AA (ancien code 165A)
- le massif des Monts du Cantal du Miocène 156AA (ancien code 167A)
- le massif du Velay oriental du Miocène 159AA (ancien code 169A).

4.4 DÉCOUPAGE DES ENTITÉS DU THÈME SOCLE

4.4.1 Rappel de la méthodologie préconisée dans le guide national

Cette méthodologie est présentée dans rapport BRGM/RP-52261-FR (2003).

Entités NV1

Le découpage est réalisé en suivant les bassins versants des grands cours d'eau. On regroupe 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).

La délimitation des entités est faite à partir de la BD-Carthage sur la base de la région hydrographique ou du secteur.

Entités NV2

Le découpage se fait aussi par bassin versant. La démarche préconisée nécessite des données de débit en nombre suffisant : stations de jaugeages bien réparties, historiques de mesures d'une demi-douzaine d'années au moins. Elle repose sur la notion de débit spécifique d'étiage (QES) qui est le rapport VCN10 / superficie du bassin versant (le VCN10 est la moyenne des débits les plus bas de l'année sur une période de dix jours consécutifs). Quatre étapes sont prévues dans la méthodologie :

- découpage par subdivision des bassins versants 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).

Entités NV3

Dans le guide méthodologique, 3 critères principaux sont proposés :

1) **l'épaisseur d'altérites et du milieu fracturé;**

2) **la lithologie**, critère indirect de la "qualité" hydrogéologique des altérites et de l'horizon fissuré. C'est le critère le plus susceptible d'être utilisé;

3) **le débit spécifique des forages;** ce critère suppose qu'il existe suffisamment de forages et de données associées, ce qui n'est pas le cas général.

4.4.2 Cas de la région Auvergne

La méthodologie de découpage des niveaux 2 et 3, inspirée du contexte de la Bretagne, n'est pas applicable dans de nombreuses régions :

- peu de données,
- morcellement des formations,
- cartes géologiques non harmonisées ou manquantes.

En particulier, pour le niveau 3, il n'est pas toujours possible d'utiliser le critère "*altérites*", comme déjà mentionné dans le rapport de restitution du travail fait dans les départements du Maine-et-Loire et de la Sarthe (rapport BRGM/RP-56954-FR, Mars 2009, page 65).

Ces difficultés d'application sont toutes rencontrées dans la région Auvergne.

Pour pallier ces difficultés, une autre démarche a été utilisée, applicable (et appliquée) à tous les domaines de socle du territoire national, et qui permet aussi de préserver le travail effectué suivant la méthodologie générale (appliquée au socle des régions Bretagne et Pays de la Loire).

Cette démarche 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 et hydrogéologie si possible, lithologie seulement en l'absence de critères hydrogéologiques permettant de caractériser les potentialités aquifères des entités).

4.4.3 Caractérisation du socle de la région Auvergne

Les formations de socle en région Auvergne représentent environ 50% (50,3) des formations géologiques affleurantes. Elles sont présentes dans les 4 départements et sont plus ou moins morcelées.

La répartition entre roches métamorphiques et roches plutoniques est quasiment identique : 6 504 km² pour les roches plutoniques et 6 686 km² pour les roches métamorphiques (illustration 9), soit 13190 km² de socle.

Ces surfaces ont été calculées à partir de la carte géologique simplifiée de la France à 1/1 000 000 car de nombreuses cartes géologiques à 1/50 000 ne sont pas encore éditées sur la région Auvergne et l'harmonisation des cartes existantes n'a été réalisée que pour les départements du Cantal et de la Haute-Loire (illustration 9).

Un calcul plus précis prenant en compte les cartes géologiques des 2 départements qui ont été harmonisés (Cantal et Haute-Loire) et la carte au million pour compléter conduit à des évaluations à peu près identiques :

- 6 696 km² pour le plutonisme,
- 6 295 km² pour le métamorphisme,

soit 12 991 km² (49.6 % des formations affleurantes).

En l'absence d'harmonisation, il a été difficile de synthétiser la description des formations géologiques à l'échelle des départements de l'Allier et du Puy-de-Dôme. Sur certaines cartes également, les altérites ne sont pas différenciées et sont regroupées avec les formations superficielles sous l'appellation colluvions.

Par ailleurs, il n'existe que 102 ouvrages, implantés dans le socle, disponibles en BSS qui comportent une indication de niveau d'eau (illustration 8). Parmi eux, un tiers environ dispose de valeurs de débit spécifique soit environ 1 forage pour 129 km².

En comparaison, en Bretagne, pour le projet "Silures", l'étude a été menée sur 10 649 données de débits spécifiques, pour une superficie de la région de 28 087 km², soit environ 1 forage pour 2,6 km².

La carte de l'illustration 10 montre les zones de socle à l'affleurement, obtenues à partir des contours des formations géologiques des cartes à 1/50 000 (au droit des cartes non éditées, il n'a pas été fait de distinguer entre le socle affleurant et le socle sous couverture).

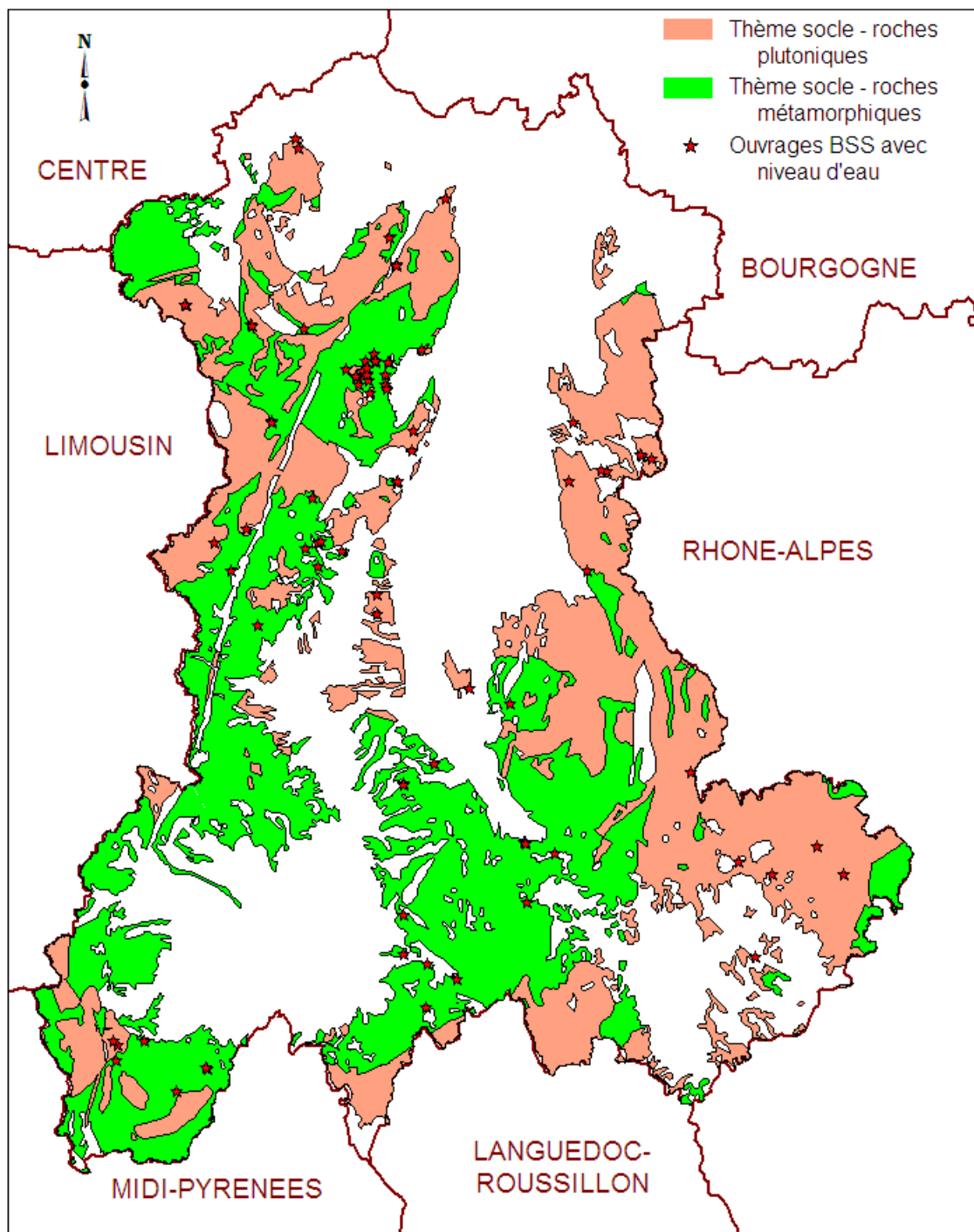


Illustration 8 – Localisation des ouvrages BSS caractérisés par une valeur niveau d'eau et rattachés au thème socle

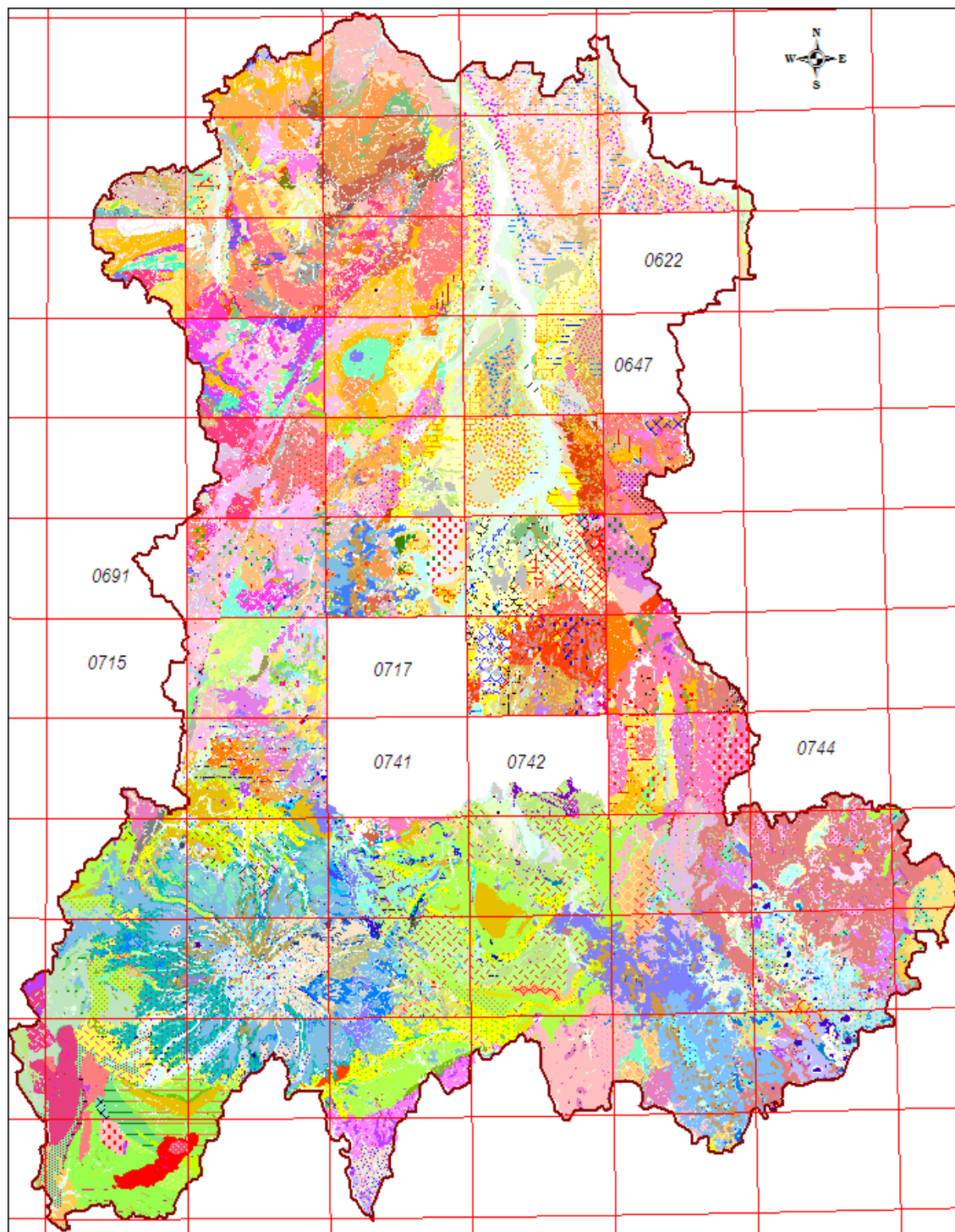


Illustration 9 – Couverture géologique à 1/50 000 de la région auvergne avec indication du numéro des cartes non éditées

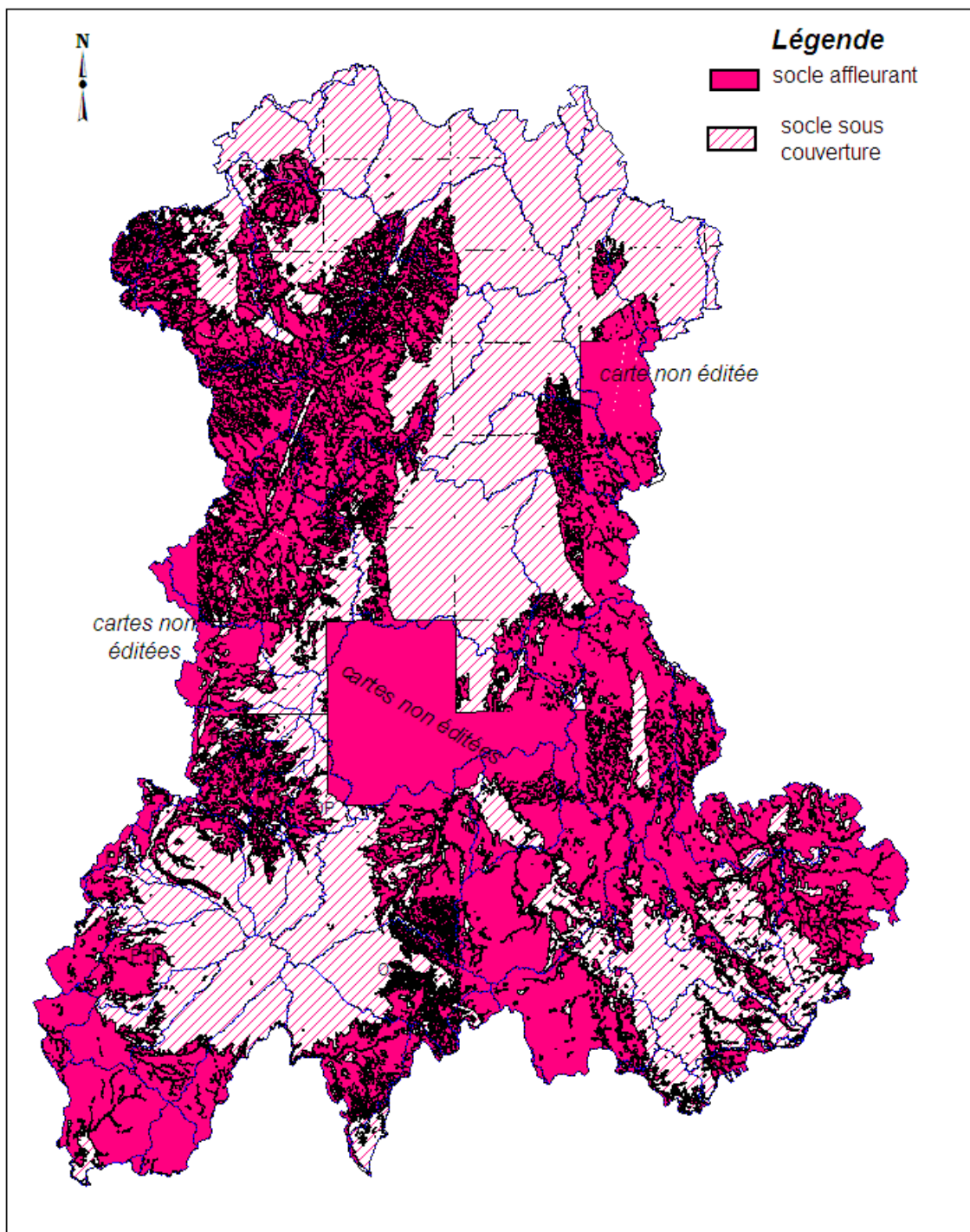


Illustration 10 – Zones de socle en Auvergne

Un test de découpage par bassin versant a été réalisé pour le département de l'Allier en utilisant la notion de débit d'étiage spécifique préconisée par le guide méthodologique. Il s'est

avéré que les données de sept stations hydrométriques seulement pouvaient être utilisées pour le découpage.

L'existence de conduites forcées sur la façade ouest de la région (Puy-de-Dôme et Cantal) pouvaient également biaiser le calcul des débits spécifiques d'étiage.

Compte tenu du nombre insuffisant de stations de jaugeages statistiquement représentatives des formations du socle, de la diversité et du morcellement des formations géologiques, de l'absence de 8 cartes géologiques, et plus globalement du manque de données, la démarche de découpage et de caractérisation des entités n'a pu être que simplifiée (de nombreux essais de découpage qui ont tenté de dégager des zones lithologiquement homogènes n'ont pas abouti à des résultats satisfaisants).

Les entités de socle qui sont définies seront donc des sous-secteurs hydrographiques dont certains ne contiendront que partiellement du socle affleurant. Dans ces sous-secteurs, il y aura donc du socle affleurant (ordre relatif 1) et du socle sous couverture de sédimentaire ou de volcanisme (ordre relatif >1).

Dans le paragraphe qui suit, on présente ce qui a été obtenu in fine.

4.4.4 Démarche de découpage

Les formations volcano-sédimentaires anciennes (Viséen) ont été rattachées aux formations du socle en raison d'une certaine analogie de fonctionnement hydrogéologique.

La BD-Carthage a été utilisée pour définir les entités de socle.

4.4.4.1 Régions hydrographiques contenant des zones de socle

Pour les bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne, les régions hydrographiques contenant les zones de socle de la région Auvergne sont (illustration 12) :

- la "*Loire de sa source à la Vienne*",
- la "*Garonne*",
- la "*Dordogne*".
-

Remarque :

Au sud-est de la région Auvergne, une zone de très faible superficie (18 km²) est rattachée au bassin Rhône-Méditerranée et a été intégrée dans la synthèse hydrogéologique réalisée dans ce bassin. Les raccordements sont prévus en année 6 du projet national (2011).

Au nord-ouest, une zone de très faible superficie (21 km²) est comprise dans la région hydrographique "*la Loire de la Vienne à la Maine*". L'entité socle incluse dans cette région hydrographique a été délimitée lors du travail réalisé en région Limousin (rapport BRGM RP-57837-FR, 2010).

4.4.4.2 Secteurs hydrographiques contenant des zones de socle

Les secteurs hydrographiques qui constituent les 3 régions hydrographiques ci-dessus sont au nombre de 10 (tableau de l'illustration 11 et illustration 12), avec des superficies, calculées dans l'emprise de la région Auvergne, allant de 100 à 7 800 km² :

- 6 dans le bassin Loire-Bretagne,
- 4 dans le bassin Adour-Garonne.

Les entités de socle ont été rattachées à 9 de ces bassins (le socle du secteur K6, le "Cher de l'Arnon à la Loire et la Loire du Cher à l'Indre" ayant été rattaché à la région Limousin).

Région hydrographique BD-Carthage	C o d e	Secteur BD-Carthage	Aire (km ²)
la Loire de sa source à la Vienne (nc)	K5	le Cher de sa source à l'Arnon (nc)	2359
la Loire de sa source à la Vienne (nc)	K0	la Loire de sa source au Rhins (c)	3057
la Loire de sa source à la Vienne (nc)	K3	l'Allier de la Dore (nc) à la Loire (nc)	5170
la Loire de sa source à la Vienne (nc)	K2	l'Allier de sa source à la Dore (c)	7798
la Loire de sa source à la Vienne (nc)	K1	la Loire du Rhins (nc) à l'Allier (nc)	1867
la Loire de sa source à la Vienne (nc)	K6	le Cher de l'Arnon (c) à la Loire & la Loire du Cher à l'Indre (nc)	100
La Garonne	O7	Le Lot de sa source au confluent du Dourdou	1650
La Garonne	O8	Le Lot du confluent du Dourdou (inclus) au confluent de la Garonne	410
La Dordogne	P0	La Dordogne de sa source au confluent de l'Auze	2058
La Dordogne	P1	La Dordogne du confluent de l'Auze (incluse) au confluent de la Cère	1651

Le code est le code des secteurs hydrographiques

Illustration 11 – Régions hydrographiques et secteurs de la BD-Carthage en Auvergne (bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne) contenant du socle.

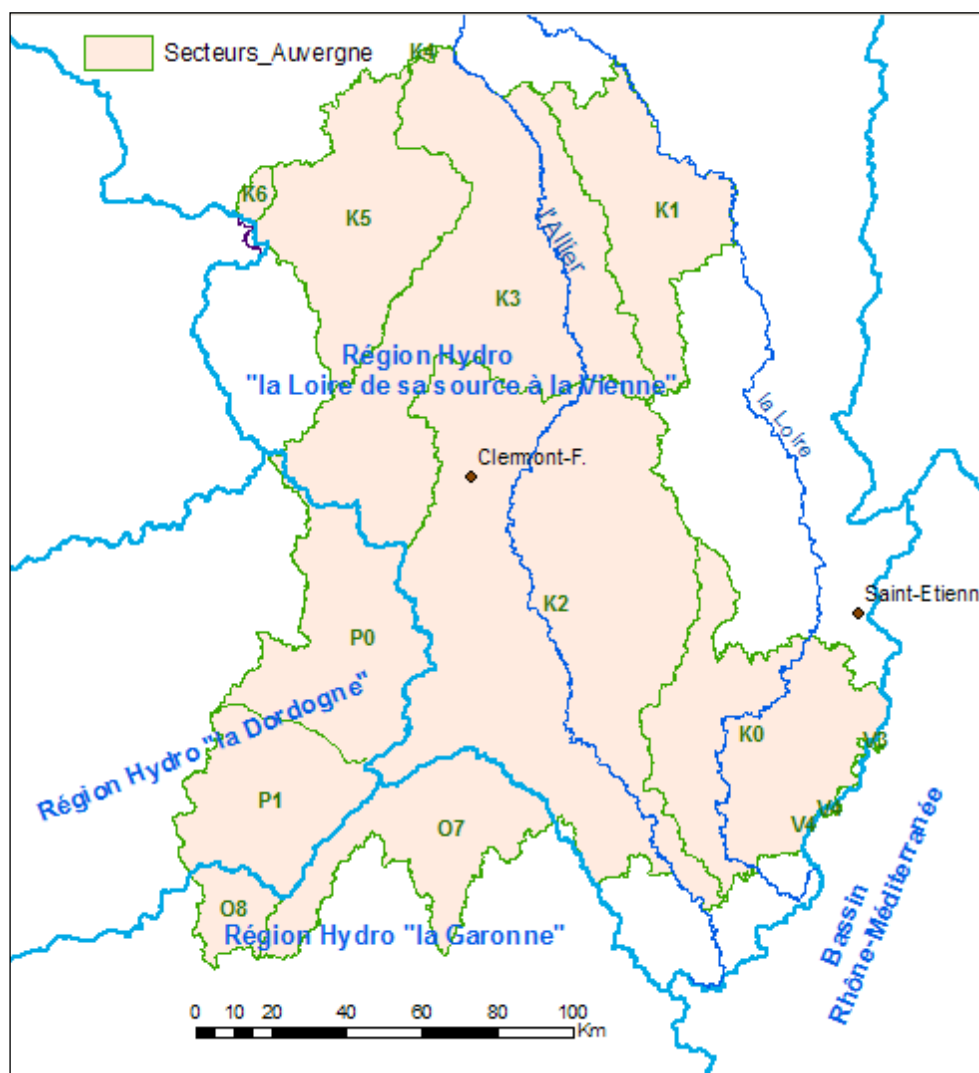


Illustration 12 – Régions et secteurs hydrographiques de la BD-Carthage contenant des zones de socle (Dans cette figure les anciens codes sont utilisés)

3.4.4.3. Sous-secteurs hydrographiques contenant des zones de socle

Les secteurs hydrographiques ci-dessus sont subdivisés en 56 sous-secteurs, soit totalement inclus dans la région Auvergne, soit partagés avec les régions voisines (illustration 13).

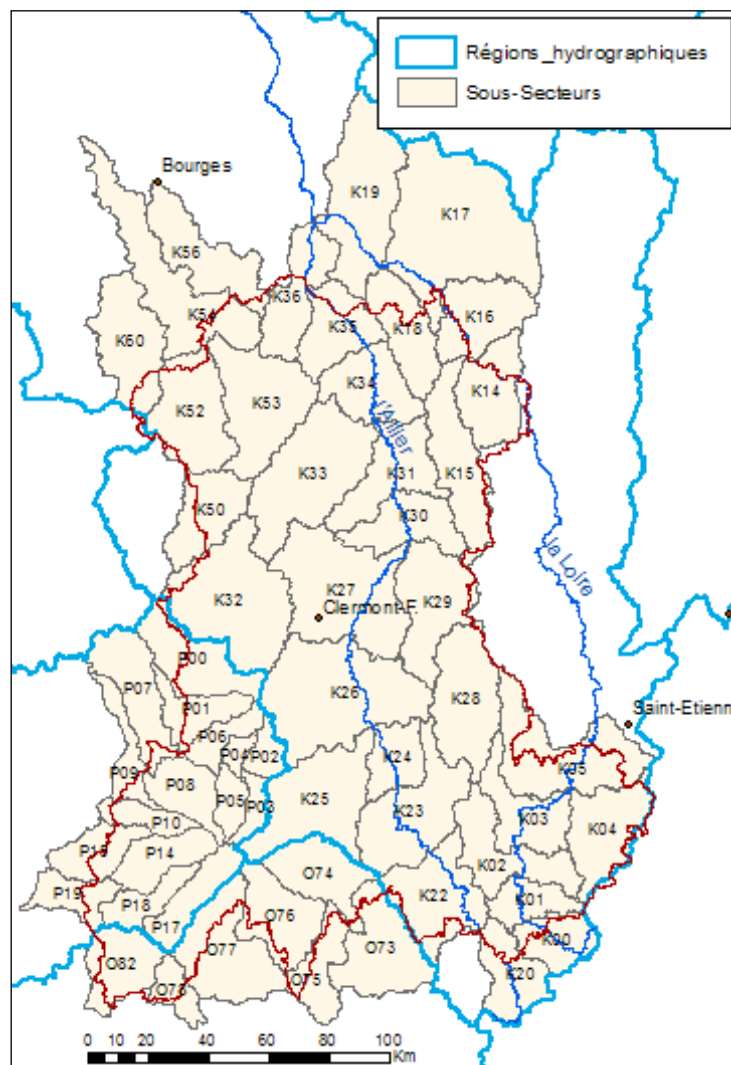


Illustration 13 – Sous-secteurs hydrographiques de la BD-Carthage issus de la subdivision des secteurs ci-dessus. (Dans cette figure les anciens codes sont utilisés)

En tenant compte des sous-secteurs totalement recouverts par du sédimentaire (K16, K17, K18 et K56) et des sous-secteurs de socle déjà délimités et caractérisés dans les régions voisines :

- P07, P09, P15, P19, K60 en Limousin,
- K20, O75, O73 en Lozère,

il reste à caractériser 44 entités de socle (illustration 14).

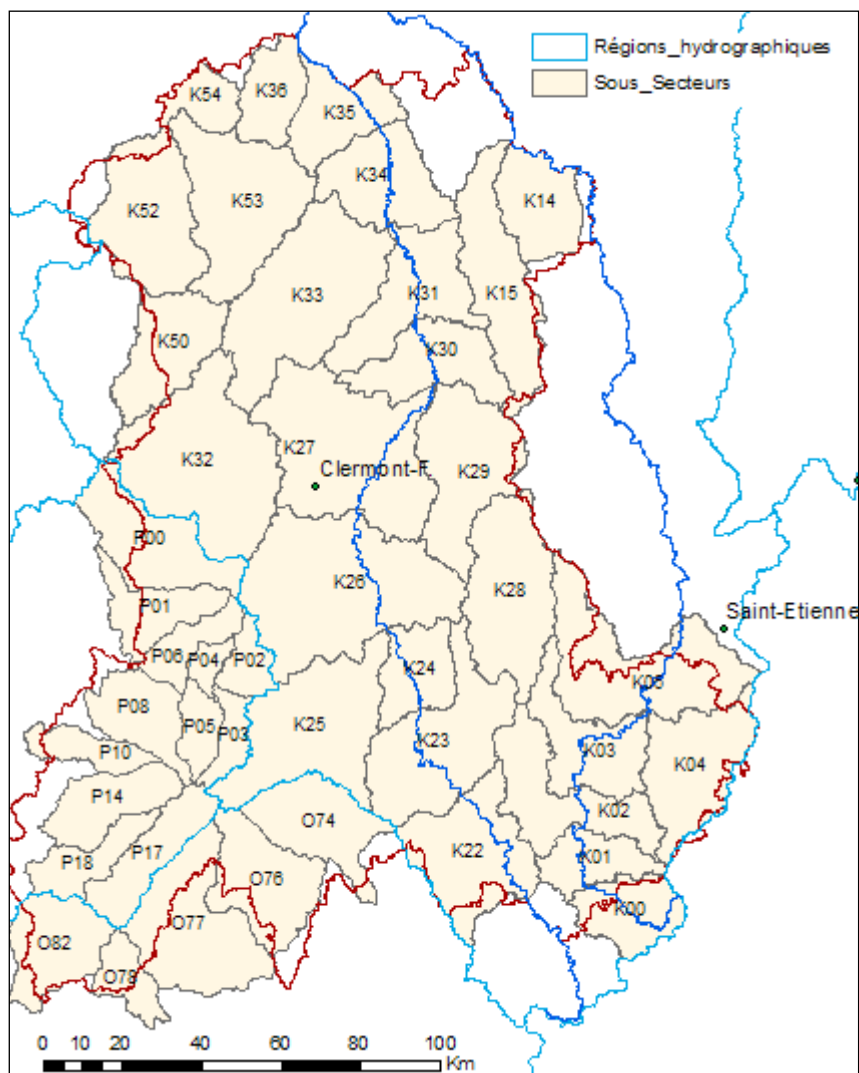


Illustration 14 – Sous-secteurs contenant des zones de socle (Dans cette figure les anciens codes sont utilisés)

Enfin, 4 secteurs ne contiennent que 2% à 6% de socle (cf § 3.4.4.4. suivant pour la caractérisation du socle) :

K54 (3.4 %), K36 (2.0%), K35 (2.1%), K31 (6.3%), K14 (6.2%)

Ces zones de socle dans ces 5 secteurs apparaissent en rouge sur la figure 15 ci-après. Elles ont été réunies en une seule entité affectée d'un même code.

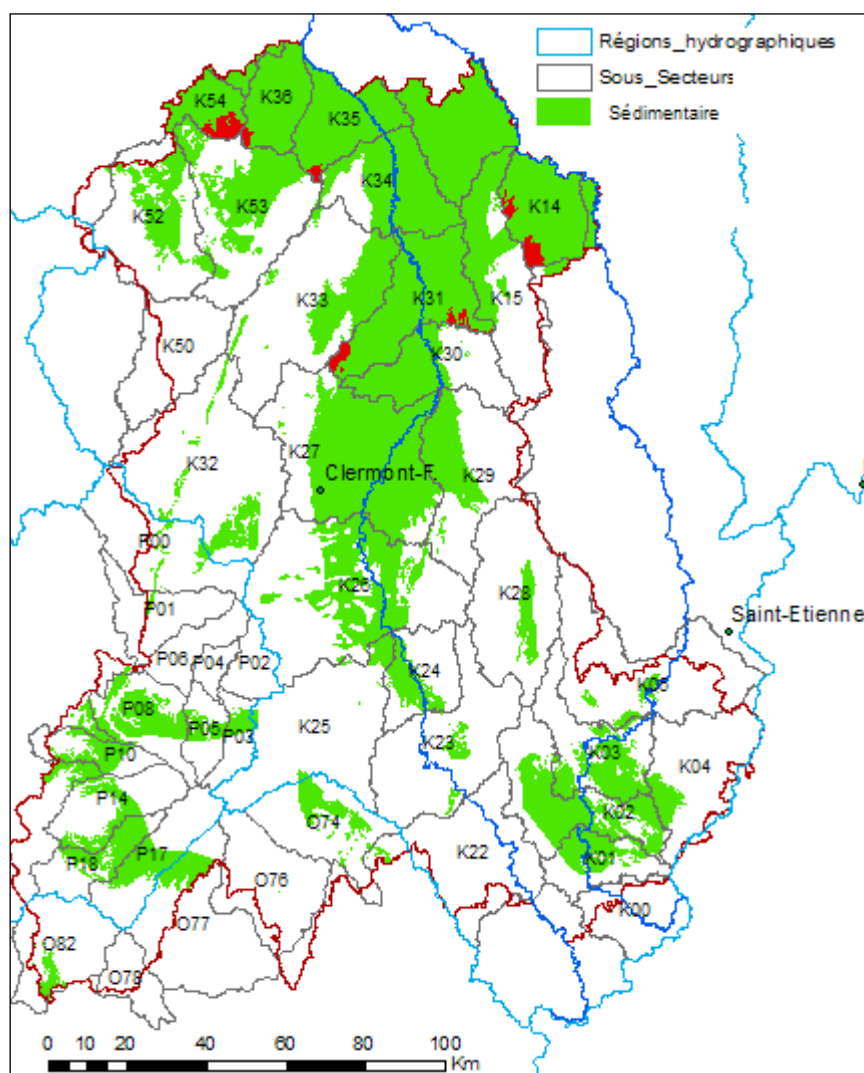


Illustration 15 – Zones de socle de faible superficie incluses dans des sous-secteurs (en rouge sur la carte) Dans cette figure les anciens codes sont utilisés

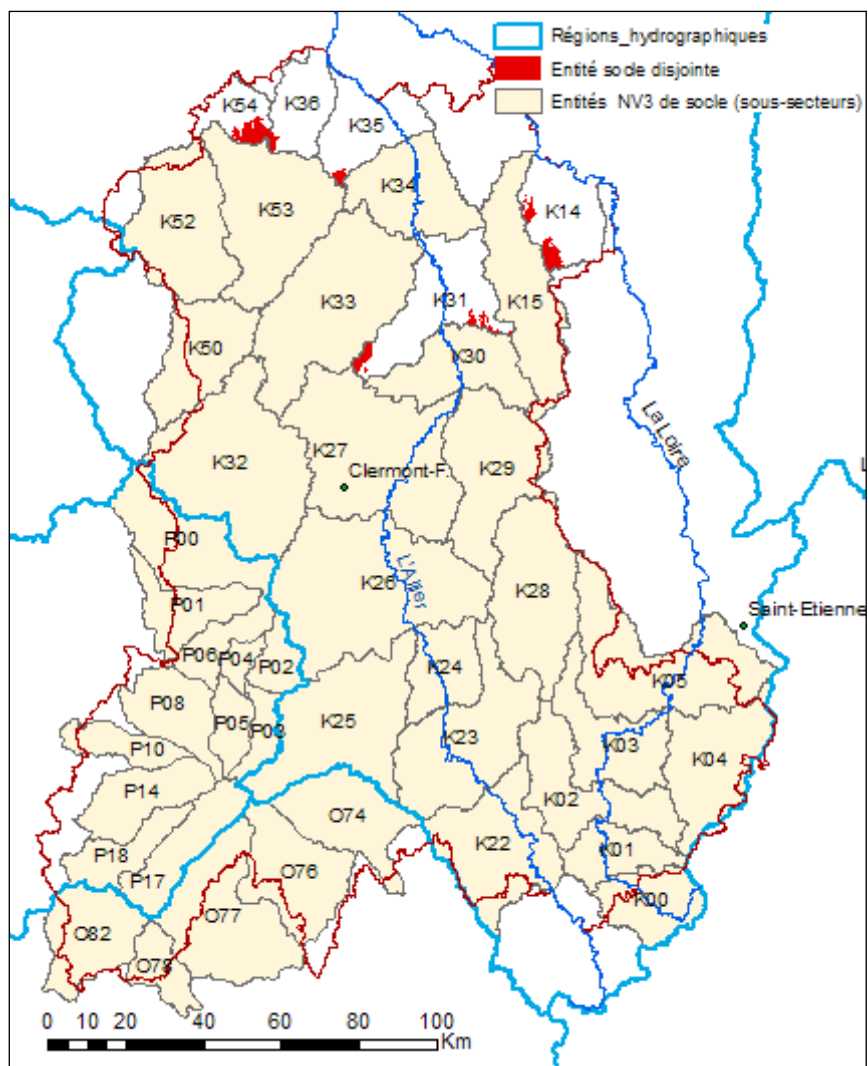


Illustration 16 – Sous-secteurs hydrographiques de la BD-Carthage délimitant les entités NV3 contenant du socle (au nombre de 39) plus une entité socle "disjointe" Dans cette figure les anciens codes sont utiisé)

4.4.5 Caractérisation des entités NV3

4.4.5.1 Caractérisation à partir des cartes harmonisées du Cantal et de la Haute-Loire

Pour les départements du Cantal et de la Haute-Loire qui sont couverts par des cartes géologiques harmonisées, les entités de socle ont été caractérisées à partir de critères lithologiques permettant de différencier les différentes formations de socle selon leur « potentiel » aquifère basé sur la perméabilité des produits d'altération. Ont ainsi été distinguées :

- des unités aquifères (codées 5 dans le champ "Nature" de la géodatabase) correspondant à des ensembles plutoniques regroupés dans cette classe en raison de la nature généralement perméable des produits d'altération (altérites) ;
- des unités semi-perméables (codées 6) qui regroupent des formations métamorphiques a priori moins perméables que les ensembles plutoniques en raison de leur teneur argileuse qui n'est pas négligeable au sein des produits d'altération. Cette classe comporte également les formations en filons qui peuvent localement constituer des aquifères ;
- des unités imperméables (codées 7), comprenant des roches métamorphiques de texture massive comme les éclogites et les amphibolites qui s'altèrent difficilement.

Les différentes formations de socle ont aussi été regroupées selon leur appartenance à des massifs d'importance régionale (25 ensembles ont été ainsi constitués) : granites de la Margeride, granites du Velay, orthogneiss de type Arc de Fix, métamorphisme du Vivarais, schistes de Vieillevie.... (illustrations 17 et 18). Un regroupement en 2 classes, métamorphisme et plutonisme, a ensuite été effectué (illustration 19).

0	Métamorphisme : amphibolites, éclogites
1	Métamorphisme : gneiss, schistes, leptynites...
2	Métamorphisme : orthogneiss de Pinols
3	Métamorphisme : orthogneiss de type Celoux
4	Métamorphisme : orthogneiss de type Grenier Montgon
5	Métamorphisme : orthogneiss type St-Flour
6	Métamorphisme : orthogneiss type arc de Fix
7	Métamorphisme : schistes de Montsalvy
8	Métamorphisme : schistes de Vieillevie
9	Métamorphisme : seritoschistes quartzeux
10	Métamorphisme du Vivarais : micaschistes, orthogneiss
11	Plutonisme : formations variées
12	Plutonisme : granite d'Omps-Boisset
13	Plutonisme : granite d'Ussel
14	Plutonisme : granite de Veinazès
15	Plutonisme : granite de la Margeride
16	Plutonisme : granite porphyroïde du Gour Noir
17	Plutonisme : granites alumineux
18	Plutonisme : granites du Forez
19	Plutonisme : granites du Velay
20	Plutonisme : granites et granodiorites de Marcolet et Glénat
21	Plutonisme : granites post-velaves
22	Plutonisme : leucogranites
23	Plutonisme peri et intra Velay
24	formations en filons

Illustration 17 – Regroupement des formations du socle d'après les cartes géologiques harmonisées du Cantal et de la Haute-Loire.

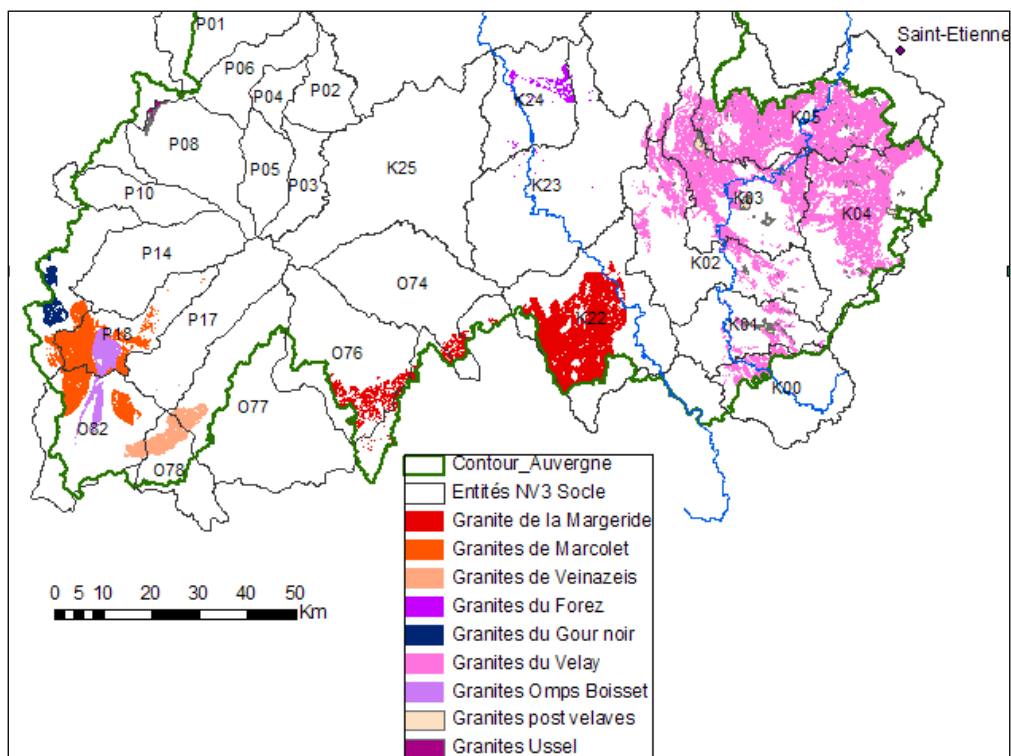


Illustration 18 - Massifs granitiques cartographiés d'après les cartes géologiques harmonisées du Cantal et de la Haute-Loire

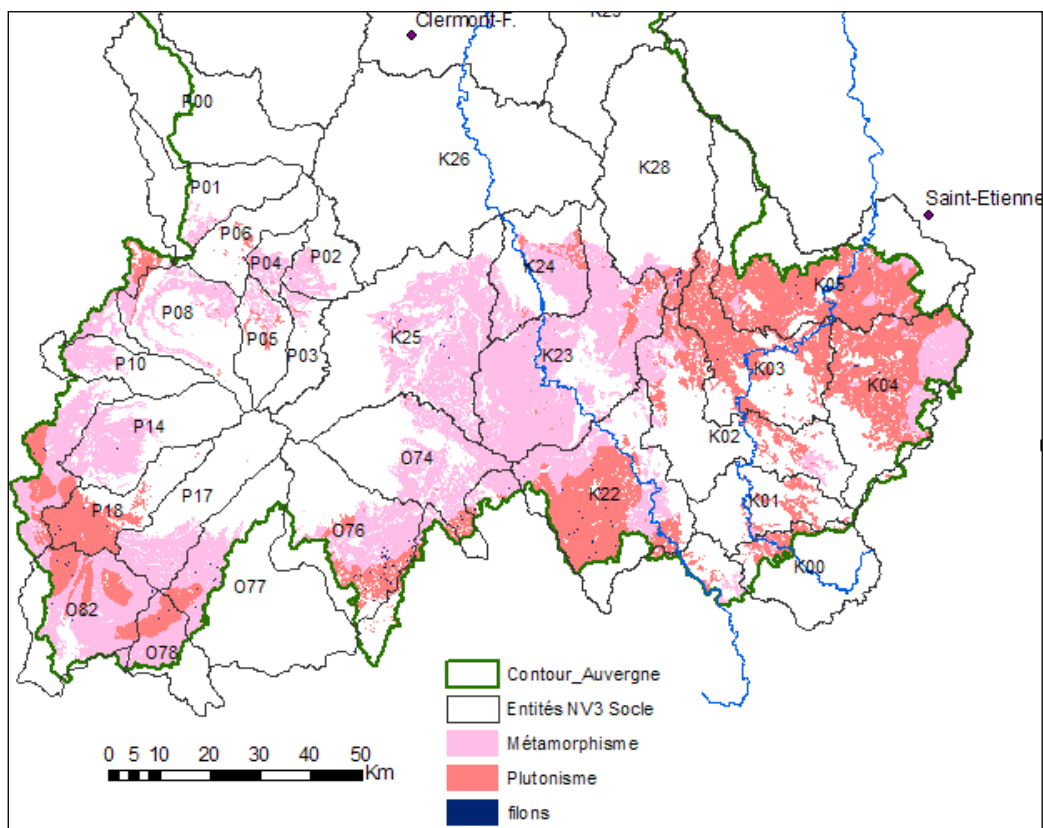


Illustration 19 – Regroupement des formations de socle en métamorphisme et plutonisme d'après les cartes géologiques harmonisées du Cantal et de la Haute-Loire

L'intersection des 25 ensembles lithologiques ci-dessus avec les sous-secteurs définis précédemment conduit à 228 unités lithologiques caractérisées chacune par leur nature (illustration 20 avec l'exemple de l'entité 280E13).

CODE	LIBELLE	DESCRIPTIO	NATURE
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Métamorphisme : gneiss, schistes, leptynites...	6
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Métamorphisme : amphibolites, éclogites	7
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Métamorphisme : gneiss, schistes, leptynites...	6
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Métamorphisme : orthogneiss de Pinols	6
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Métamorphisme : orthogneiss type arc de Fix	6
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Plutonisme : granites du Velay	5
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Métamorphisme : gneiss, schistes, leptynites...	6
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Métamorphisme : amphibolites, éclogites	7
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Plutonisme peri et intra Velay	5
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Plutonisme : leucogranites	5
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Plutonisme : granites du Velay	5
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Métamorphisme : gneiss, schistes, leptynites...	6
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Plutonisme : granites du Forez	5
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Métamorphisme : orthogneiss type arc de Fix	6
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Plutonisme : granites du Forez	5
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Métamorphisme : orthogneiss de type Celoux	6
280E13	L'Allier de la desges (nc) à la senouire (c)	Plutonisme peri et intra Velay	5
280E15	L'Allier du chapeauroux (nc) à la desges (c)	Plutonisme : granite de la Margeride	5
280E15	L'Allier du chapeauroux (nc) à la desges (c)	Plutonisme : granites du Velay	5
280E15	L'Allier du chapeauroux (nc) à la desges (c)	Plutonisme : leucogranites	5
280E15	L'Allier du chapeauroux (nc) à la desges (c)	Plutonisme : granites du Velay	5
280E15	L'Allier du chapeauroux (nc) à la desges (c)	formations en filons	6
280E15	L'Allier du chapeauroux (nc) à la desges (c)	Métamorphisme : orthogneiss type arc de Fix	6
280E15	L'Allier du chapeauroux (nc) à la desges (c)	Plutonisme peri et intra Velay	5
280E15	L'Allier du chapeauroux (nc) à la desges (c)	Métamorphisme : orthogneiss type arc de Fix	6
280E15	L'Allier du chapeauroux (nc) à la desges (c)	Métamorphisme : amphibolites, éclogites	7
280E15	L'Allier du chapeauroux (nc) à la desges (c)	Métamorphisme : orthogneiss de Pinols	6

Illustration 20 – Exemple de caractérisation du socle par sa nature

Cette caractérisation du potentiel aquifère reste relativement approximative notamment parce qu'elle est basée sur des généralités et non sur des données prenant en compte le degré d'altération réelle des formations géologiques, leur fracturation et en particulier la présence de fractures ouvertes ainsi que sur la présence (ou l'absence) d'aquifère.

Remarque

Pour les départements du Puy-de-Dôme et de l'Allier pour lesquels il n'existe pas de carte géologiques harmonisées et localement aucune carte à 1/50 000, il a été calculé lorsque cela était possible, la part relative de chaque lithologie dans les entités NV3. Le massif « dominant » (métamorphisme / plutonisme) a été précisé pour le thème socle (annexe 2).

4.4.5.2 Caractérisation globale

Pour l'ensemble de la région Auvergne, compte tenu des difficultés de caractérisation précise, les entités de socle ont été caractérisées en distinguant uniquement 2 grandes classes lithologiques : roches plutoniques et roches métamorphiques (cf/ tableau ci-dessous).

Dans les zones où les cartes à 1/50 000 manquaient, la carte géologique au millionième a été utilisée pour compléter la caractérisation.

CODE	LIBELLE	AireBV_km2	C_SS_SECT	AIRE_BV_AU	Pcent_Plut	Pcent_Meta	Som_Pcent
280E07	La Dore de sa source à la faye (c)	889.431568	K28	880	60.5	24.3	84.9
280F07	La Loire de la laussonne (nc) a la sumene (c)	669.149848	K02	669.20001	17.3	11.7	29
280F07	La Loire de la laussonne (nc) a la sumene (c)	669.149848	K02	669.20001	17.3	11.7	29
280F07	La Loire de la laussonne (nc) a la sumene (c)	669.149848	K02	669.20001	17.3	11.7	29
280F07	La Loire de la laussonne (nc) a la sumene (c)	669.149848	K02	669.20001	17.3	11.7	29
280F03	La Loire de la sumene (nc) au lignon (nc)	573.288732	K03	573.29999	53.8	0	53.8
280E07	La Dore de sa source à la faye (c)	889.431568	K28	880	60.5	24.3	84.9
280F03	La Loire de la sumene (nc) au lignon (nc)	573.288732	K03	573.29999	53.8	0	53.8
280E07	La Dore de sa source à la faye (c)	889.431568	K28	880	60.5	24.3	84.9

0 | Show: All Selected | Records (0 out of 228 Selected) | Options

Illustration 21 – Caractérisation du socle en distinguant métamorphisme et plutonisme

Pcent_Plut = pourcentage de roches plutoniques dans les entités (sous-secteurs)

Pcent_Meta = pourcentage de roches métamorphiques dans les entités (sous-secteurs)

Som_Pcent = pourcentage métamorphique+ plutonique dans les entités (sous-secteurs)

La carte de l'illustration 22 montre une différenciation des entités NV3 (sous-secteurs) en fonction du pourcentage de roches métamorphiques et plutoniques que chaque entité contient par rapport à sa superficie.

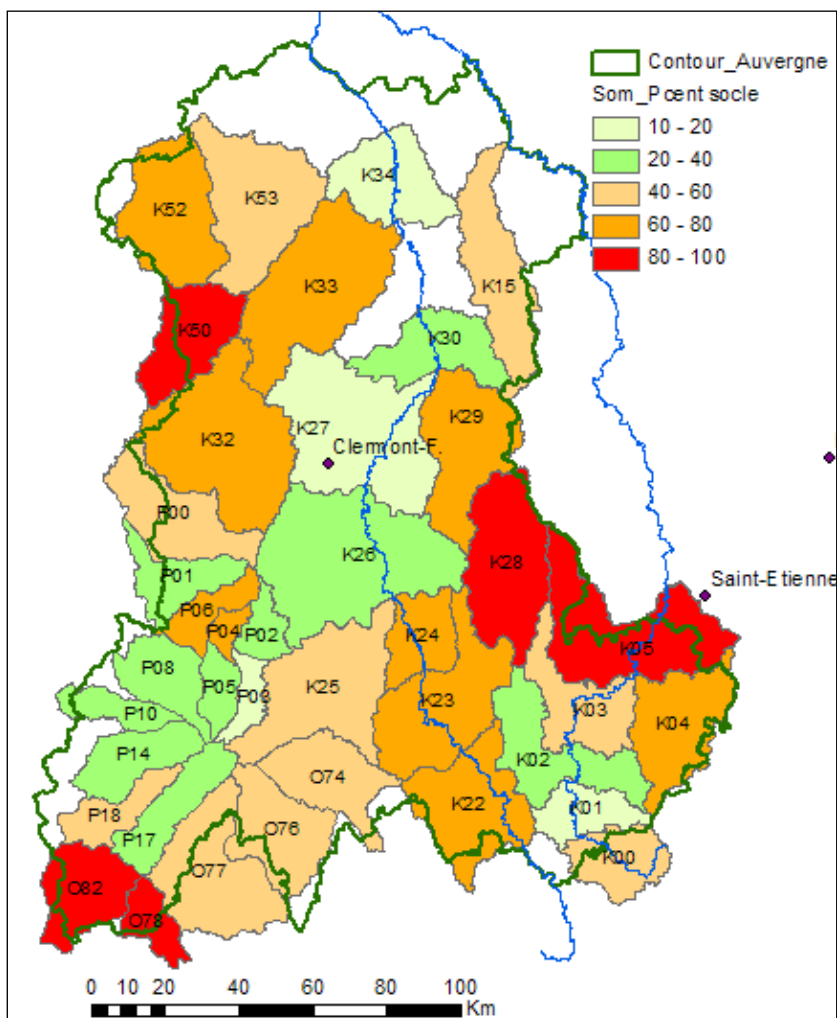


Illustration 22 – Pourcentage des zones de socle dans les 39 sous-secteurs hydrographiques constituant les entités NV3

En définitive, les entités de socle issues du regroupement et du réagencement des entités de l'illustration 23 sont présentées avec leur code par Illustration 23

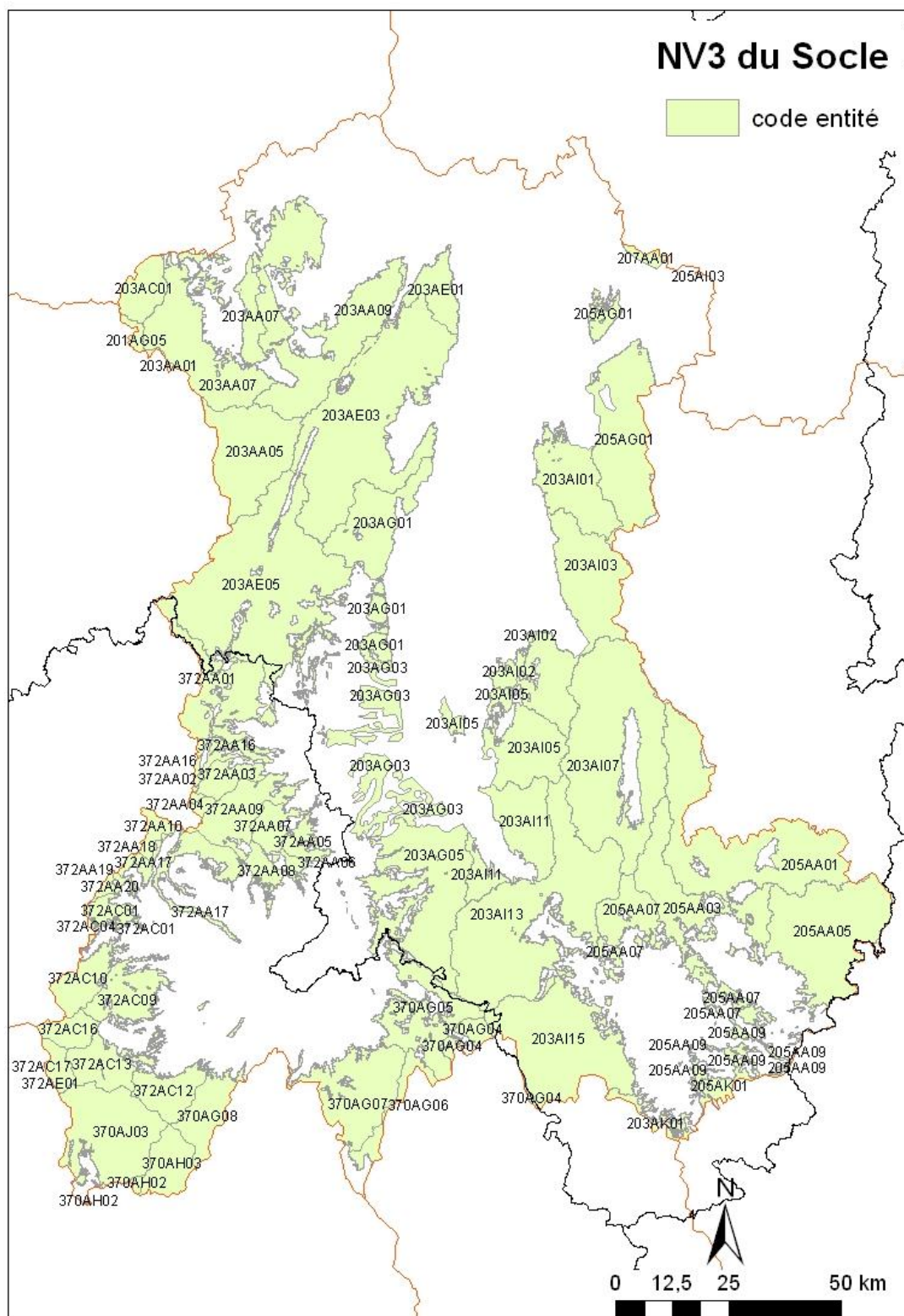


Illustration 23 – Entités NV3 du socle en Auvergne

4.5 DÉCOUPAGE DES ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE

Les formations sédimentaires représentent 30 % des formations géologiques affleurantes en Auvergne.

Pour les départements du Cantal et de la Haute-Loire, la sélection des entités s'est effectuée à partir des cartes géologiques harmonisées.

Pour les départements du Puy-de-Dôme et de l'Allier, le travail a été plus délicat car huit cartes géologiques n'ont toujours pas été éditées. De plus, les cartes géologiques existantes ont été réalisées à des époques différentes et par des auteurs différents si bien qu'il existe de très nombreuses discordances entre cartes, tant au niveau des contours qu'au niveau des appellations. L'illustration 24 présente les difficultés rencontrées pour le département du Puy-de-Dôme.

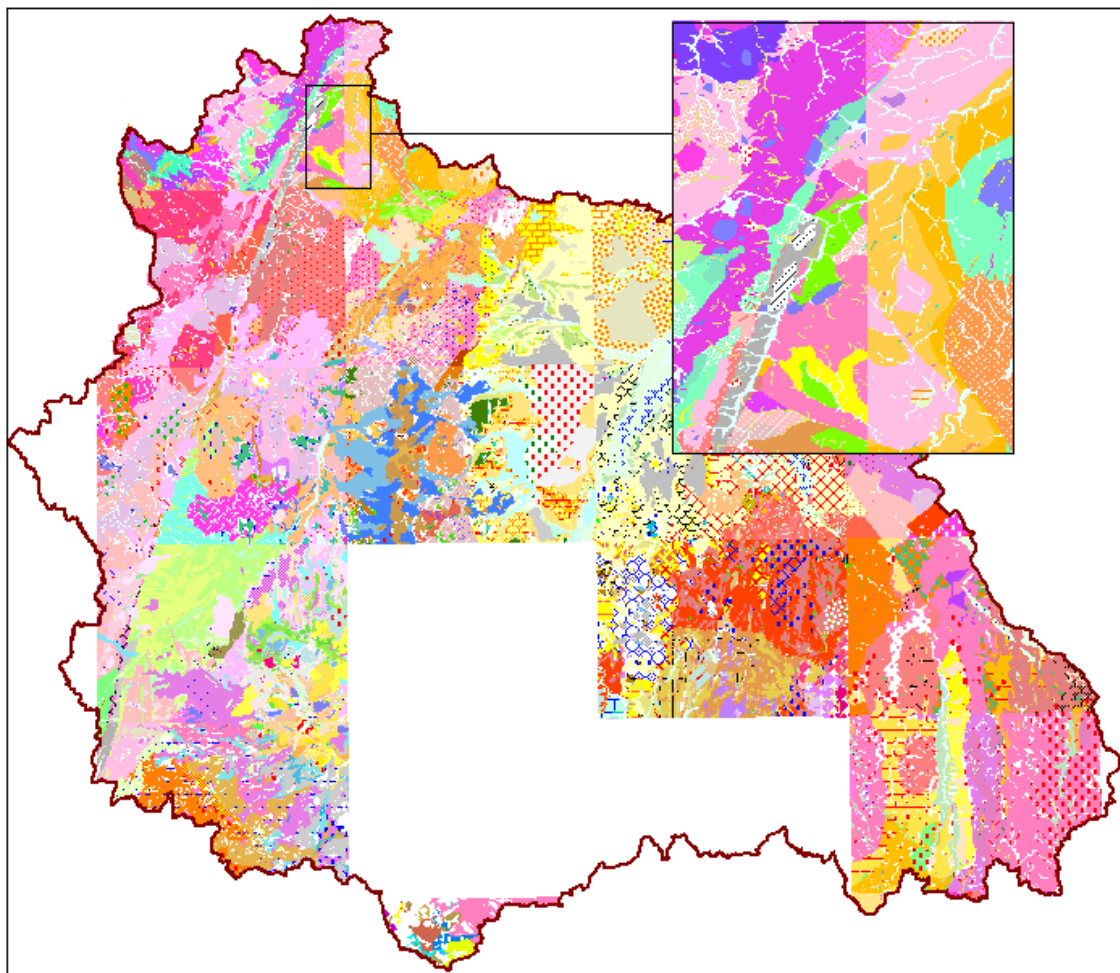


Illustration 24 – Couverture géologique du Puy-de-Dôme et exemple de discordances entre feuilles à l'échelle du 1/50 000

Pour chacune des 38 cartes géologiques éditées, il a été procédé dans un premier temps au tri des différentes formations géologiques représentées sur la carte, puis à l'assemblage des différents polygones de formations identiques.

Ce travail achevé, un examen des polygones des différentes cartes a permis d'identifier **6 entités hydrogéologiques** de niveau régional pour l'Auvergne :

- Sables et Argiles du Bourbonnais du Pliocène dans les bassins Loire-Bretagne et Seine-Normandie 104AA,
- Formations des sables et argiles de type Limagne et calcaires lacustres de l'Eocène-Oligocène dans le bassin Loire-Bretagne 113AL,
- Calcaires du Jurassique inférieur (Lias) , entité (141AH)
- Sables Argiles et Grès du Trias, entité 143AC et 143 AM)
- Formations gréseuses, Schistes et Conglomérats du Permien du Bec d'Allier et du Massif Central, 151AA,
- Formations gréseuses, schistes et conglomérats du Stéphien (Carbonifère supérieur) du bassin de Monceau-Les-Mines (Massif Central) 151AI.

Les polygones des différentes cartes ont ensuite été regroupés dans une couche SIG propre à chaque entité.

L'extension des parties sous couvertures a été définie à partir des données des forages extraits de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) ou de façon interprétée en l'absence d'information.

Le niveau local est identique au niveau régional.

4.5.1 Formations du Paléozoïque

4.5.1.1 Les formations du Carbonifère (151AC et 151 AI)

Elles apparaissent à la faveur de bassins peu étendus, compartimentés par des failles. Elles se présentent sous la forme de dépôts schisto-gréseux, de brèches, de conglomérats et de niveaux riches en houille (illustration 25).

Il existe peu de puits ou forages dans ces formations. Les grès et les schistes fissurés peuvent contenir des petits aquifères de faible productivité. Les nappes peuvent être libres ou captives.

4.5.1.2 Les formations du Permien (151AA)

Elles sont bien représentées dans le département de l'Allier (illustration 25). Les dépôts détritiques permien sont représentés par des formations gréseuses, argilo-gréseuses, des schistes et conglomérats.

Les ressources en eau sont peu importantes et sont essentiellement localisées dans les niveaux gréseux. Quelques forages ont montré cependant qu'il existait en profondeur des niveaux aquifères liés à des zones fracturées ou à des niveaux d'évaporites.

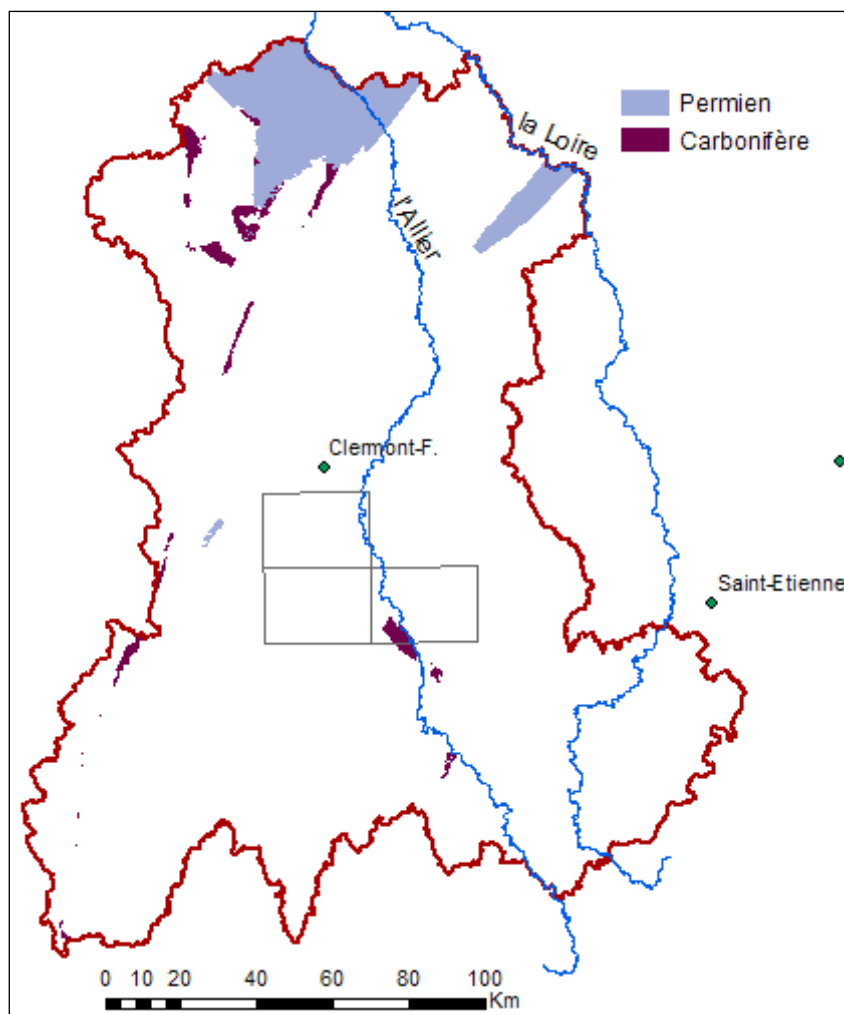


Illustration 25 – Entités correspondant aux formations du Carbonifère et du Permien

4.5.2 Formations du Trias et du Lias

Rattachées à la terminaison méridionale du bassin parisien, ces formations n'affleurent qu'à l'extrême nord du département de l'Allier.

4.5.2.1 Les formations du Trias (143AC et 143 AM)

Ces formations (illustration 26) se présentent sous plusieurs faciès : faciès détritiques grossiers (grès, sables), faciès argileux, faciès dolomitiques et faciès à gypse.

Le Trias renferme quelques nappes de faible profondeur dans les faciès sableux et gréseux essentiellement. Ces nappes peuvent être libres ou captives.

4.5.2.2 Les formations du Lias (141AB et 141AH)

Très peu représentées en Auvergne (illustration 26), les formations du Lias affleurantes sont des calcaires de l'Hettangien.

Il n'existe pas à notre connaissance de forages captant les niveaux aquifères de ces formations.

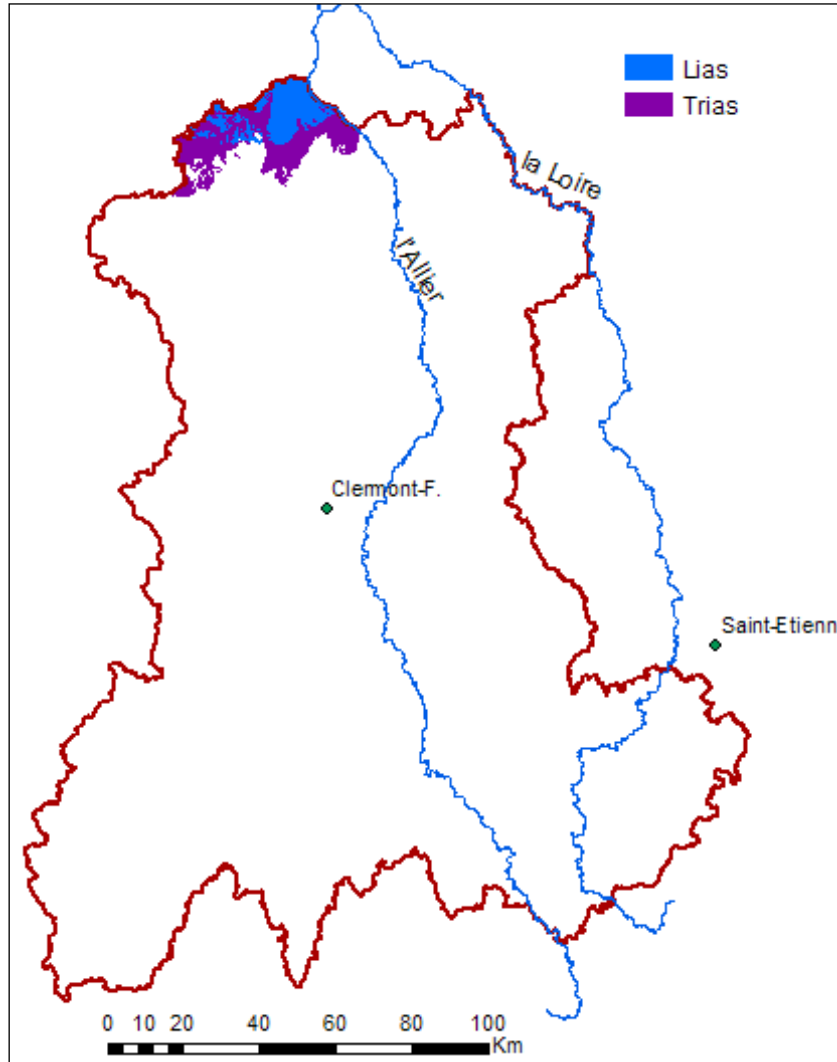


Illustration 26 – Entités correspondant aux formations du Lias et du Trias

4.5.3 Formations du Tertiaire et du Plio-Quaternaire

Ces formations représentent l'essentiel des formations sédimentaires affleurantes en Auvergne.

La carte géologique au millionième a été utilisée pour compléter la délimitation dans les zones où les cartes à 1/50 000 manquaient.

4.5.3.1 Les formations tertiaires (Eocène Oligocène) de type Limagne (113AL)

Elles se sont mises en place dans des bassins d'effondrement (illustration 27). Les dépôts sont assez variés : niveaux détritiques (sables et argiles) et carbonatés (marnes et calcaires). L'épaisseur de ces dépôts peut atteindre plusieurs centaines de mètres.

Les séquences sédimentaires telles que les sables, calcaires (fracturés ou partiellement karstifiés), marnes fracturées constituent des réservoirs aquifères potentiels.

Certaines formations se sont mises en place dans un contexte de type « lagune » qui a conduit à la création de lentilles de faible extension plus ou moins bien connectées entre elles ou prisonnières de niveaux imperméables et donc de potentiel aquifère limité.

La mixité des faciès peut également jouer un rôle sur les porosités et les perméabilités.

Les nappes sont être libres ou captives mais toujours de faible extension latérale et verticale. Elles sont traditionnellement exploitées par des puits domestiques ou de forages peu profonds (inférieurs à 100 m).

4.5.3.2 Les formations du Plio-quaternaire (104AA)

Ces formations fluvio-lacustres sont essentiellement situées dans le département de l'Allier et sont majoritairement représentées par les sables et argiles du Bourbonnais (illustration 27). Elles se composent de sables, argiles et graviers.

La puissance et la composition variable de ces formations conduisent à un système aquifère discontinu et hétérogène avec des petites nappes isolées, parfois superposées. Des connexions existent également avec les aquifères des formations tertiaires sous-jacentes. Ces nappes sont essentiellement sollicitées pour l'irrigation des terres agricoles mais les débits soutirés sont généralement assez modestes.

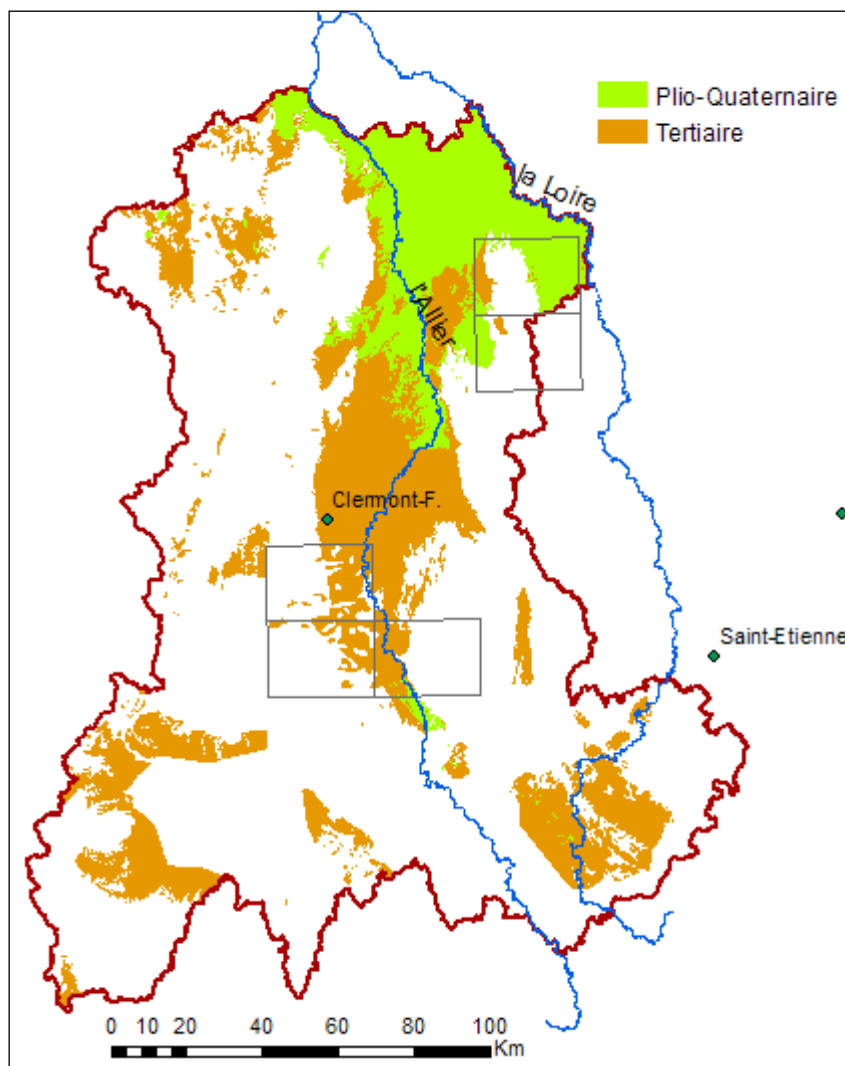


Illustration 27 – Formations du Tertiaire et du Plio-Quaternaire

4.6 DÉCOUPAGE DES ENTITÉS DU THÈME VOLCANISME

4.6.1 Démarche

Les formations volcaniques concernent les départements du Puy-de-Dôme, de la Haute-Loire et du Cantal. Elles représentent 18.5 % des formations affleurantes en Auvergne.

Les aquifères volcaniques présentent des propriétés très variées et ont souvent une structure complexe. Ils peuvent en effet trouver place dans des formations très poreuses et/ou au sein de formations fissurées de comportements hydrodynamiques très différents. Les épanchements laviques présentent une perméabilité de fractures et de fissures tandis que les formations pyroclastiques (scories par exemple) ont un rôle de réserve régulatrice. Les aquifères volcaniques fournissent une part importante de l'eau destinée à l'AEP en Auvergne.

Le découpage des entités volcaniques est issu des contours des cartes harmonisées et vectorisées du Cantal et de la Haute-Loire à l'échelle 1/50 000. Pour les secteurs où les cartes géologiques n'ont pas été harmonisées, la méthodologie utilisée est la même que pour le thème sédimentaire : tri des différentes formations géologiques représentées sur chaque carte, puis assemblage des différents polygones de formation identique pour toutes les cartes concernées par le thème volcanisme.

L'absence des cartes géologiques n° 717 et 741 n'a pas permis de tracer les contours méridionaux de l'entité « chaîne des Puys », de la partie orientale de l'entité « Sancy-Mont-Dore » et la partie nord de l'entité « Cézallier ». La carte géologique au millionième a donc été utilisée pour terminer les contours (qui sont donc provisoires dans ces secteurs).

Remarques :

1) *Les pointements volcaniques miocènes de la Limagne de Clermont-Ferrand et les formations volcano-sédimentaires (pépérites) n'ont pas été intégrées aux entités du thème volcanisme. Les formations volcaniques du Forez ainsi que le volcanisme du sillon houiller, sans intérêt hydrogéologique et de faible extension, ne sont pas intégrés non plus au thème volcanisme.*

2) *Le volcanisme de la chaîne de la Sioule a été rattaché à l'entité « Chaîne des puys » du fait de la conservation de ses formations et de leur proximité avec les épanchements de la chaîne des Puys. Il en est de même pour les coulées de basalte miocènes de Châteauguay, Nohanent et Gergovie.*

En domaine volcanique, les écoulements souterrains sont conditionnés par la topographie anté-volcanique. Les bassins versants topographiques étant rarement identiques aux bassins versants hydrogéologiques, il n'est pas possible d'utiliser la BD-Carthage pour procéder au découpage des entités de niveau local. Seule la connaissance de la paléo-topographie peut permettre de déterminer les bassins versants hydrogéologiques. Mais elle n'est connue que pour la Chaîne des Puys où 10 bassins versants hydrogéologiques ont été identifiés (illustration 28), mais certaines de leurs limites restent imprécises.

La morphologie globale du substratum des formations volcaniques du Devès et de l'Aubrac a été partiellement reconnue mais la différenciation des différents bassins versants hydrogéologiques n'est pas établie.

Les autres entités en particulier celles du Cantal et du Sancy-Mont-Dore ont des structures très complexes. Les écoulements souterrains n'y sont pas clairement identifiés.

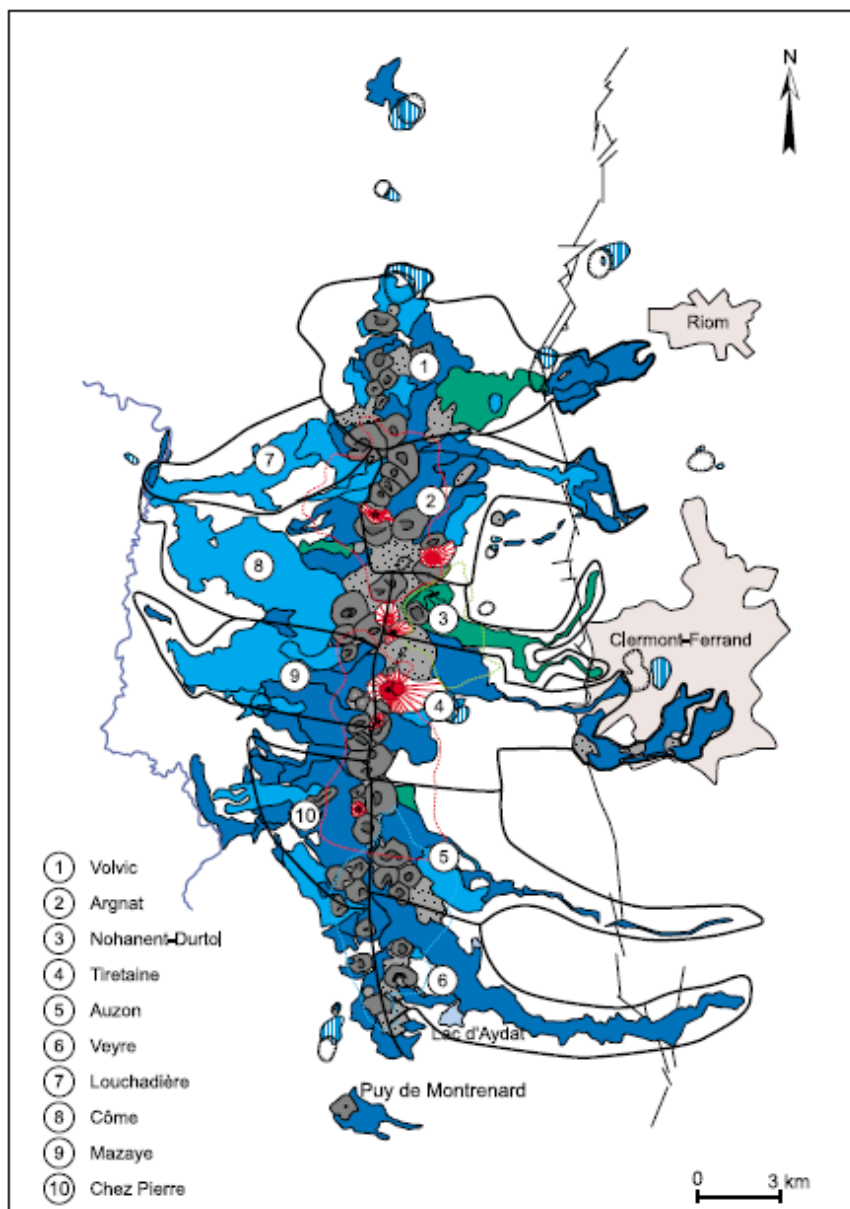


Illustration 28 – Limite schématiques des bassins versants de la chaîne des Puys
(source : Aquifères et eaux souterraines en France – BRGM éditions, 2006)

Ces informations partielles n'ont pas permis de réaliser le découpage au niveau local. Celui-ci pourra être réalisé pour l'entité Chaîne des Puys lorsque la carte géologique n°717 aura été éditée.

Pour la région Auvergne, 7 entités hydrogéologiques de niveau régional (NV2) sont définies (illustration 29) :

- le Massif volcanique de la Chaîne des Puys (153AA);
- le Massif volcanique du Sancy-Mont-Dore (154AA);
- le Massif volcanique du Cezallier (155AA);
- le Massif volcanique des Monts du Cantal (156AA);
- le Massif volcanique du Deves (158A3A);
- le Massif volcanique du Velay oriental (159AA);
- le Massif volcanique de l'Aubrac. (160A).
- le massif des Monts du Cantal du Miocène (156AA)
- le massif du Velay oriental du Miocène (159AA)

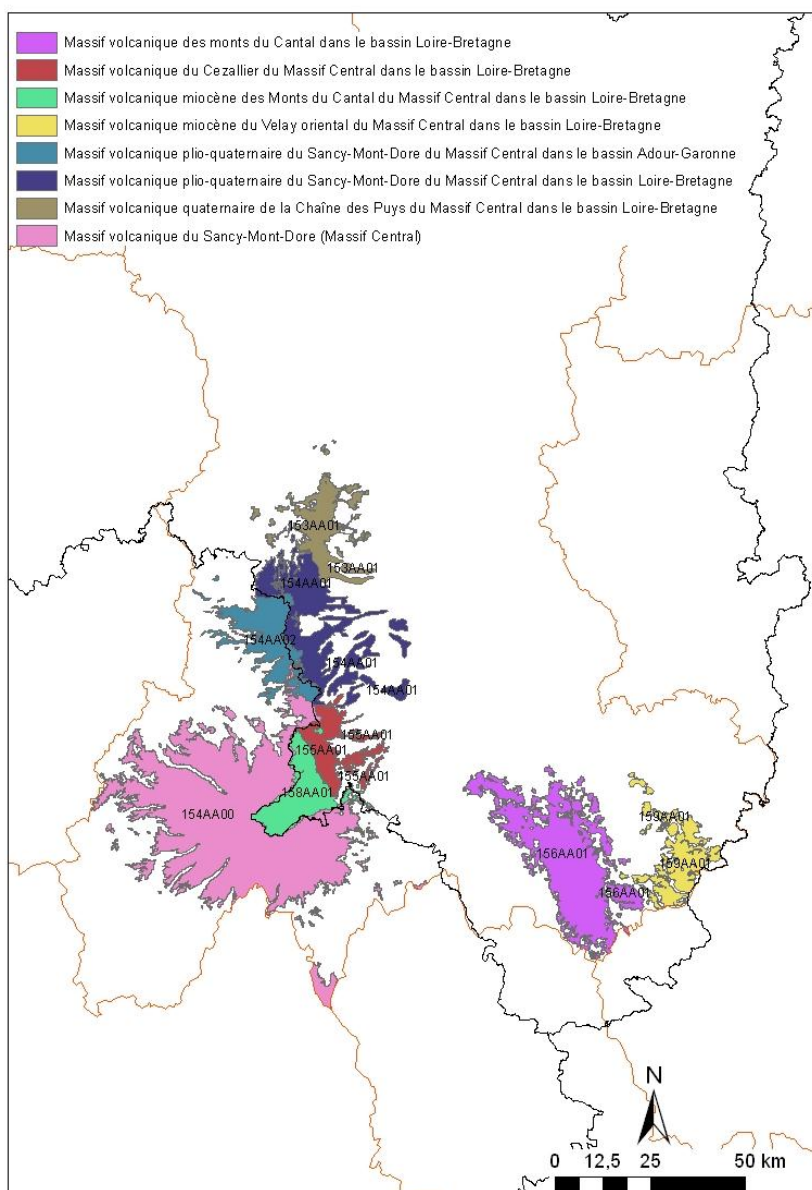


Illustration 29 - Entités du thème volcanisme

Pour le thème volcanisme, les niveaux nationaux (NV1) et régionaux (NV2) sont identiques (cf. guide méthodologique).

4.6.2 Caractérisation des entités du thème "Volcanisme"

On trouvera dans l'ouvrage collectif " *Aquifères et eaux souterraines en France*, Editions BRGM, 2006 " une caractérisation détaillée, géologique et hydrogéologique, des massifs volcaniques du Massif central.

Ce qui suit correspond à quelques extraits de cette caractérisation.

4.6.2.1 . Chaîne des Puys (153AA)

"La Chaîne des Puys a débuté son activité éruptive aux environs de -90 000 ans. Les dernières éruptions se sont localisées dans le Sud aux confins du Cézallier, vers 3 500 ans.

Les volcans s'étant édifiés au faite d'un môle granito-gneissique, toutes les vallées entaillant le plateau ont été à une ou plusieurs reprises envahies par des coulées de lave, qui les ont remblayées sur 10 à 100 m de hauteur. Entre ces coulées des niveaux plus ou moins importants de scories s'intercalent...".

"...après avoir percolé au travers de plusieurs dizaines, voire une centaine de mètres de matériaux volcaniques, les eaux d'infiltration vont circuler au contact du socle en direction du cœur des paléo-vallées. On ne rencontre un aquifère constitué, aux débits significatifs, que dans les vallées fossiles, qui jouent le rôle de drains et qui concentrent ainsi l'essentiel des écoulements sur une très faible surface. La largeur de la nappe reconnue par les sondages à Côme est de 400 m pour une emprise des coulées de plus de 2 km. Son épaisseur à cet endroit est au plus de 30 m, alors que la formation volcanique totalise 130 m...".

4.6.2.2 Mont Dore (154AA)

"L'activité éruptive s'est étendue sur une période de 4 millions d'années environ, couvrant la fin de l'ère tertiaire (Pliocène) et la plus grande partie du Quaternaire.

S'étendant sur 600 km², l'ensemble éruptif des Monts Dore appartient à la catégorie des grands volcans complexes ou strato-volcans. C'est donc par définition un édifice composite, construit sur une longue durée, de forme complexe, constitué par une alternance plus ou moins régulière de coulées de lave et de couches pyroclastiques de compositions variées, émises par de multiples bouches groupées sur une aire plus ou moins circulaire.

Il est constitué en majeure partie de produits de projections (brèches, cendres, coulées, ponces) localement entrecoupés de minces niveaux sédimentaires. Des trachytes, des phonolites, des rhyolites les traversent en intrusions ou s'érigent en dômes à leur surface, tandis que des coulées plus fluides (trachy-andésites, basaltes) s'y intercalent, couronnent l'édifice ou en revêtent les flancs...".

" Classiquement, des sources extrêmement nombreuses se trouvent au front ou au flanc des coulées basaltiques ou phonolitiques, jaillissant au contact de la cinérite inférieure, imperméable, saturée d'eau, non exploitable. De petites nappes peuvent exister aussi dans les formations volcano-sédimentaires intercalées situées entre deux niveaux cinéritiques.

Les captages sont nombreux et souvent équipés de drains ou de petites galeries poussés à l'amont sous la coulée, ce qui améliore notablement leur débit. On peut également trouver sous la coulée volcanique, des niveaux de ponces productifs au contact du socle sous-jacent ; ces ponces assurent d'ailleurs une excellente filtration de l'eau mais également un artésianisme marqué quand elles sont alimentées par des coulées pentues...".

4.6.2.3 Cézallier (155AA)

" Faisant le lien entre le Puy-de-Dôme et le Cantal, le Cézallier correspond à un large plateau de lave de 35 km de longueur environ pour une largeur d'environ 15 km. Il culmine à 1 555 m au Signal du Luguët.

Une bonne part du massif est constituée de coulées de basaltes, empilées sur un horst du socle métamorphique montant jusqu'à plus de 1 300 m d'altitude, de sorte que l'épaisseur des produits volcaniques atteint rarement 200 m.

L'alimentation en eau potable des collectivités du Cézallier se fait grâce à l'exploitation d'une multitude de petits captages au débit souvent inférieur au litre par seconde mais qui atteint parfois plusieurs l/s. Localement même, et sans que l'on dispose d'explication géologique nette, des complexes de sources captées par des syndicats produisent plusieurs dizaines de litres/seconde.

L'importance de la ressource est, comme pour le Mont-Dore, difficile à quantifier, bien qu'un bilan hydrologique des cours d'eau en été puisse donner des ordres de grandeur de ce paramètre".

4.6.2.4 Le Devès (158AA)

Le Devès est un vaste entablement basaltique allongé du Nord-Ouest au Sud-Est sur plus de 70 km depuis le plateau ardéchois, jusqu'au Brivadois et encadré par la Loire à l'Est et l'Allier à l'Ouest.

Le plateau est nettement dissymétrique. Son altitude moyenne s'inscrit entre 1 000 et 1 100 m, mais elle décroît de l'Ouest vers l'Est par une série de gradins allongés aussi Nord-Ouest - Sud-Est.

Les 150 cônes de scories basaltiques, appelés « gardes », brisent l'uniformité de ce relief. Ils s'alignent en sommet de plateau en une chaîne Nord- Ouest - Sud-Est qui culmine au mont Devès à 1 421 m.

Le sous-bassement du plateau du Devès est constitué, soit par le socle, soit par des séries sédimentaires. Le socle affleure plus particulièrement dans la partie sommitale du plateau, au niveau de sa limite occidentale, et notamment au niveau du flanc est des gorges de l'Allier, il est également présent sur la bordure orientale du Devès. Il est constitué essentiellement par le granite hétérogène du Velay, le granite de la Margeride et des formations cristallophylliennes.

Ce sont les coulées qui constituent l'essentiel des formations volcaniques du Devès. L'épaisseur totale considérable de ces coulées s'accroît probablement en direction du bassin du Puy et dépasse souvent 100 m.

Le plateau du Devès est un véritable "château d'eau" naturel drainé par d'importantes sources, dont les débits dépassent plusieurs dizaines de litres/seconde parfois la centaine de litres. Une grande partie de ces sources est exploitée pour l'AEP, notamment pour le Puy-en-Velay. Les principales se situent en général en bordure de plateau à la base ou dans le flanc de l'entablement. Les profondes entailles des vallons bordiers favorisent leur émergence.

4.6.2.5 Les Monts du Cantal (156AA)

Le Cantal est le plus vaste strato-volcan européen (2 700 km²). Sa forme est celle d'un tronc de cône aplati, entaillé par des vallées glaciaires radiales où s'opposent une zone centrale au relief accidenté de moyenne montagne (1 854 m au Plomb du Cantal) où dominent les brèches et les

intrusions et une zone de plateaux périphériques à faible pente externe (les planèzes). L'épaisseur des formations volcaniques dans la région sommitale est de l'ordre de 1 000 mètres.

Dès le Miocène inférieur il y a 20 millions d'années apparaissent les premières émissions de laves basaltiques du territoire cantalien. Sa longue histoire s'achèvera 16 Ma plus tard mais l'essentiel, c'est-à-dire le strato-volcan trachyandésitique, s'est édifié entre 9 et 6,5 Ma. Il est essentiellement constitué de « téphras » (ensemble de matières solides et liquides provenant du magma et des roches de la cheminée volcanique, entraînées par les gaz et éjectées lors des éruptions volcaniques) et de laves.

Les « téphras » sont les plus largement répandus, sont aussi les plus importants du point de vue volumétrique (75 %) et peuvent atteindre jusqu'à 450 m d'épaisseur. On y rencontre essentiellement les brèches andésitiques qui constituent les volcans les plus hauts et les coulées qui s'épandent sur les parties latérales du massif cantalien. Leurs variations de faciès sont très rapides et leur définition même indique leur hétérogénéité. Après les avoir considérés pendant longtemps comme de véritables éponges, on admet, au contraire aujourd'hui qu'ils sont quasiment imperméables.

Les basaltes planéziens (6 à 4 Ma) correspondent à la deuxième phase d'activité qui édifie de vastes plateaux triangulaires épais, de 50 à 250 m : les planèzes. Très discret dans le quart Sud-Ouest, mais largement présent sur les autres secteurs et très continu vers l'Est (planèze de Saint-Flour), cet ultime volcanisme basaltique montre une autonomie certaine vis-à-vis du centre du Cantal. Les planèzes nappent le strato-volcan sous jacent mais ne lui appartiennent pas.

Dans leur très grande majorité, les formations volcaniques sont fissurées ou fracturées, et fortement hétérogènes. Il en résulte de faibles capacités de rétention. Il y a une réelle difficulté à connaître le comportement des aquifères par les variations de faciès, latérales et en profondeur, en particulier pour les brèches volcaniques. Ces formations constituent donc avant tout, un assemblage de nombreux aquifères drainés de manière diffuse et indépendante.

Les émergences du domaine volcanique se localisent le plus souvent au front des coulées (zone de plateaux) mais également en fond et flancs de vallées, c'est notamment le cas pour les brèches.

4.6.2.6 Le Velay (159AA)

Géographiquement, le Velay oriental se décompose en trois ensembles bien distincts. Au Nord-Ouest, le graben de l'Emblavés allongé Nord-Ouest - Sud-Est est le pays des sucs, reliefs phonolitiques vigoureux, rocailleux, associés à quelques petits plateaux basaltiques. Au centre, s'étend le haut plateau basaltique de Champclause-Saint-Front, le Monastier-sur-Gazeille, son altitude est de 1 100 à 1 200 m. Enfin au Sud-Est le pays des Boutières, où se retrouve le paysage des sucs, dominé par le Gerbier des Joncs, culminant à 1 765 m.

Les hauts plateaux basaltiques du Velay oriental se sont édifiés au Miocène (entre 11,5 Ma et 8 Ma) tandis que les extrusions de lave différenciée alcaline (trachytiques et phonolitiques) ont selon les cas, soit précédé (Emblavés), soit suivi (Boutières) la phase d'édification du plateau basaltique oriental.

Les plateaux basaltiques sont beaucoup moins favorables à la constitution de ressources hydrologiques que leurs équivalents du Devès. En effet, il n'existe pas d'alignement de cônes coalescents susceptibles de servir de drains de réservoirs pour des nappes. L'altération argileuse prononcée des laves, qui sont beaucoup plus anciennes, ne favorise pas les circulations. Il existe localement des maars dont les remplissages de tufs volcaniques et de

sédiments peuvent constituer des réserves hydrologiques importantes. Quelques sources se manifestent soit au contact même du substratum, soit au niveau des couches rouges.

4.7 FORMATIONS SUPERFICIELLES

Pour compléter le référentiel, il a été tenu compte des formations superficielles suivantes, qui ont été intégrées dans la surcouche des "entités complémentaires" du référentiel :

- les formations alluviales récentes,
- les formations alluviales anciennes,
- les formations superficielles de nature variée.

4.7.1 Les formations alluviales

Les alluvions ont été scindées en deux ensembles se distinguant par leur comportement hydraulique; elles sont identifiées par les notations usuelles des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000.

4.7.1.1 Les formations alluviales récentes

Les principales ressources en eau souterraines de la région Auvergne sont contenues dans les alluvions récentes des cours d'eau. Ces alluvions (illustration 30), notées Fz et Fyz, sont connectées hydrauliquement au réseau hydrographique.

Les formations alluviales de l'Allier sont les plus sollicitées en particulier pour l'AEP des grandes villes. D'une puissance pouvant atteindre 10 m d'épaisseur, la nappe est libre. Ces caractéristiques hydrogéologiques s'améliorent de l'amont vers l'aval de la région.

Les alluvions du Cher et de la Loire, en particulier dans les secteurs aval de la région, sont bien développées et contiennent également une nappe libre dont le potentiel est intéressant.

Les plages alluviales des autres rivières sont plus limitées en épaisseur et en largeur. Les ressources y sont pas conséquent beaucoup plus modestes.

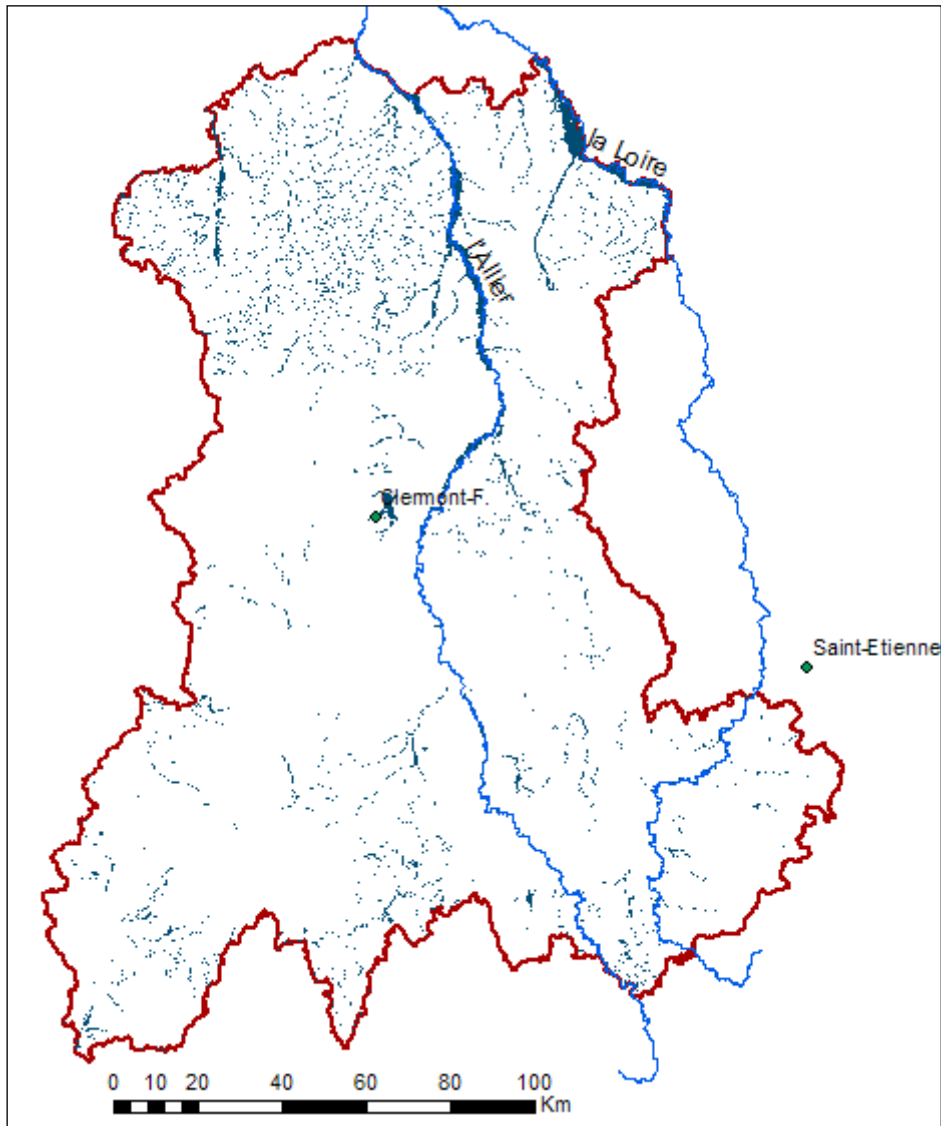


Illustration 30 – Système des "alluvions récentes"

4.7.1.2 Les formations alluviales anciennes

Ces alluvions sont généralement de faible épaisseur, semi-perméables car souvent argilisées, et déconnectées hydrauliquement des cours d'eau. Elles ont donc en général, un faible intérêt hydrogéologique (illustration 31).

Il peut exister localement une continuité horizontale entre les alluvions récentes et les alluvions anciennes. Dans ce cas de figure, on observe une seule nappe pour les deux formations.

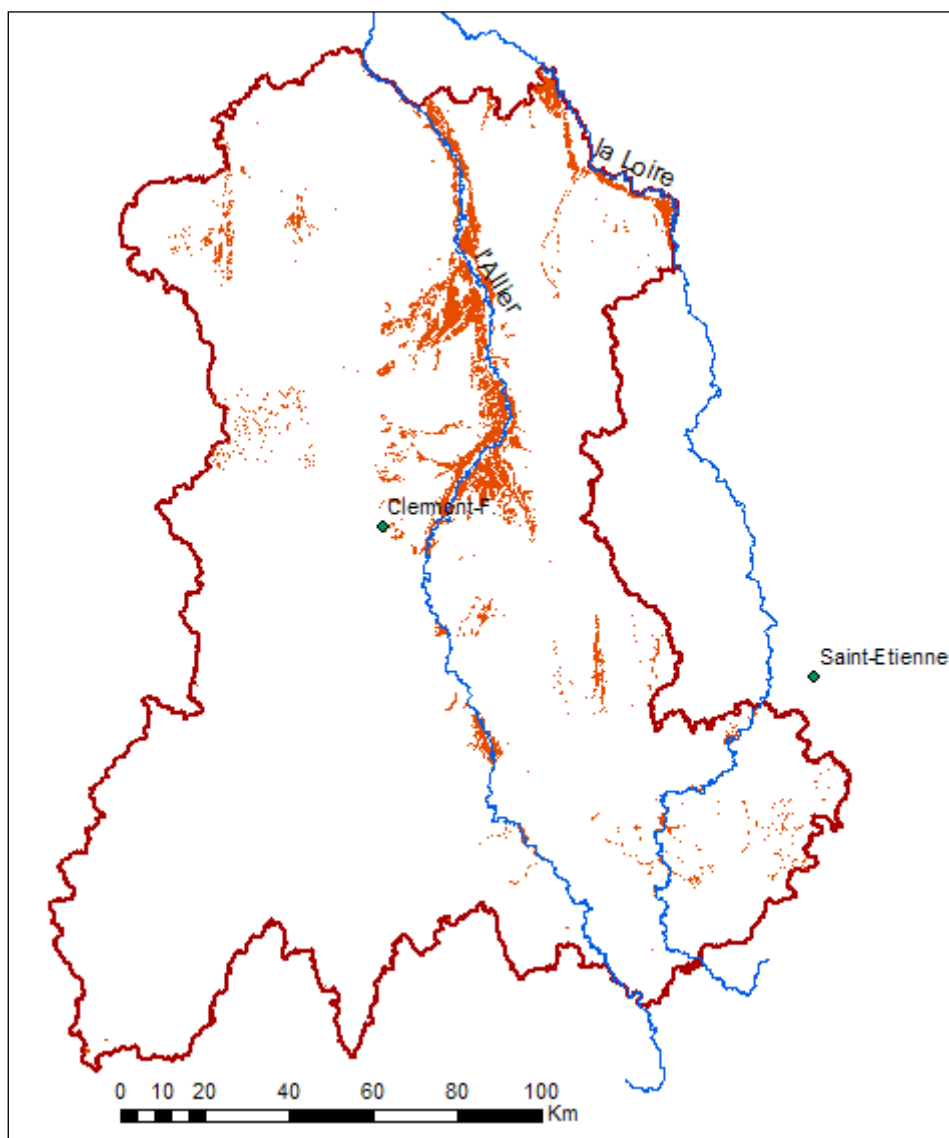


Illustration 31 – Système des "alluvions anciennes"

4.7.2 Les formations superficielles variées

Ces formations superficielles (illustration 32) peuvent avoir localement un rôle hydrogéologique important. Il s'agit en particulier des altérites, des dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires, des colluvions et des dépôts tourbeux.

Afin de conserver ces informations, les contours de ces formations ont été extraits des cartes géologiques à 1/50 000 et des cartes géologiques harmonisées et intégrés dans la couche des entités complémentaires.

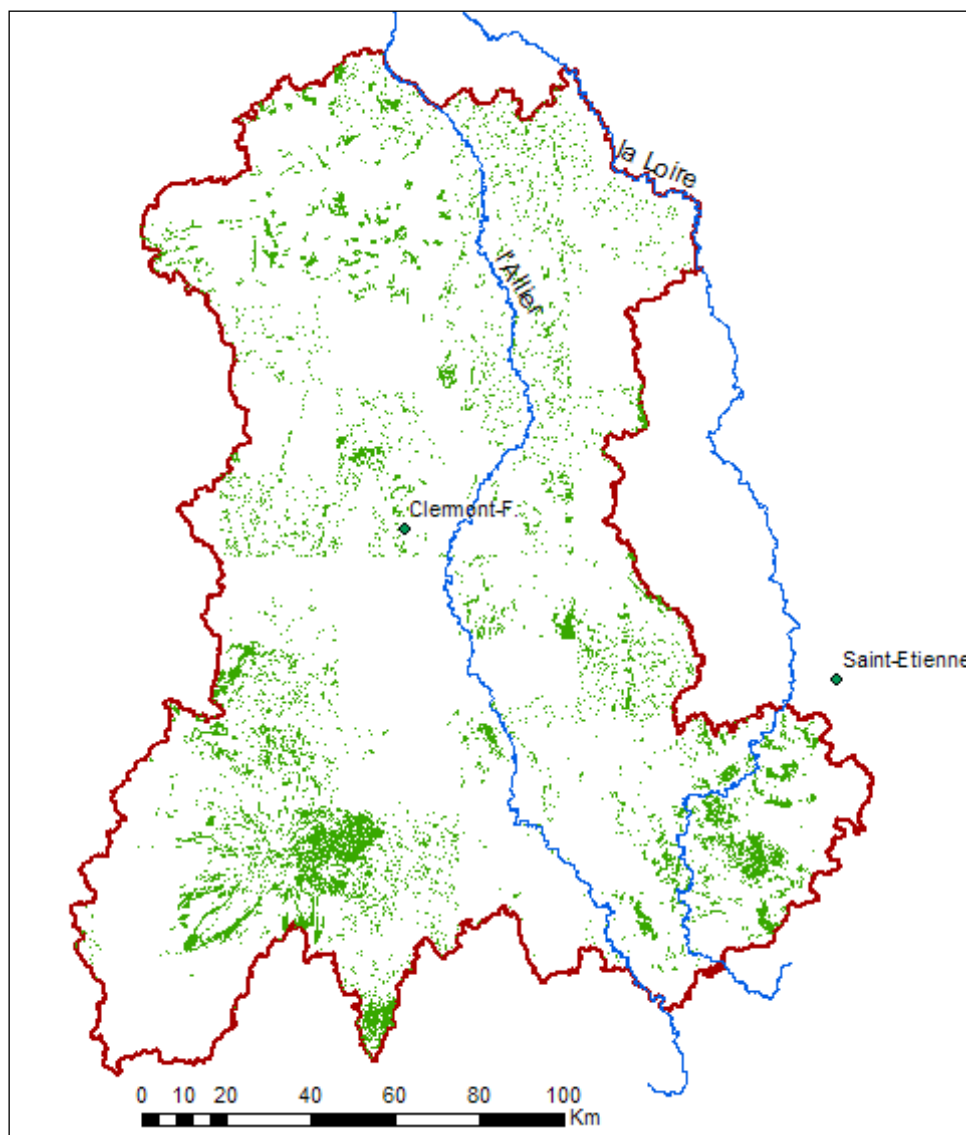


Illustration 32 – Formations superficielles "variées"

Les altérites

Les altérites jouent un rôle très important dans l'hydrogéologie en domaine de socle en constituant la partie capacitive de ces aquifères. Plus de la moitié des captages AEP de la région sont d'ailleurs implantés dans ces formations. Les aquifères de faibles extensions, sont souvent circonscrits aux limites des bassins versants topographiques.

Les levés géologiques de ces formations superficielles n'ont pas été réalisés de manière homogène sur l'ensemble de l'Auvergne : certains auteurs ne les ont parfois pas cartographiées ou les ont regroupées avec les colluvions. De même, leurs caractéristiques lithologiques et géométriques sont rarement connues. Une seule étude d'envergure¹ a été menée dans la région des Combrailles (Puy-de-Dôme).

¹ Rapport BRGM RP-52706-FR (2003)

Les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires

Ils sont bien développés sur le massif du Cantal, sur le massif volcanique de l'Aubrac, dans le Sancy et sur les hautes terres du Forez.

Les moraines peuvent contenir de petites nappes alimentées par les précipitations météoriques et le ruissèlement. Des captages exploitent localement ces aquifères peu profonds mais les débits soutirés sont peu importants.

Les colluvions

Ces formations superficielles regroupent des dépôts très variés qui peuvent contenir de petites nappes lorsque la fraction argileuse n'est pas trop importante.

Les dépôts tourbeux

Ils apparaissent en général dans des surcreusements des formations de socle ou des formations volcaniques des reliefs des quatre départements. Ces écosystèmes saturés en eau ne constituent pas de nappes sensu stricto mais ont rôle important dans la collecte, le stockage et la restitution des eaux souterraines et superficielles.

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 33.

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 34).

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

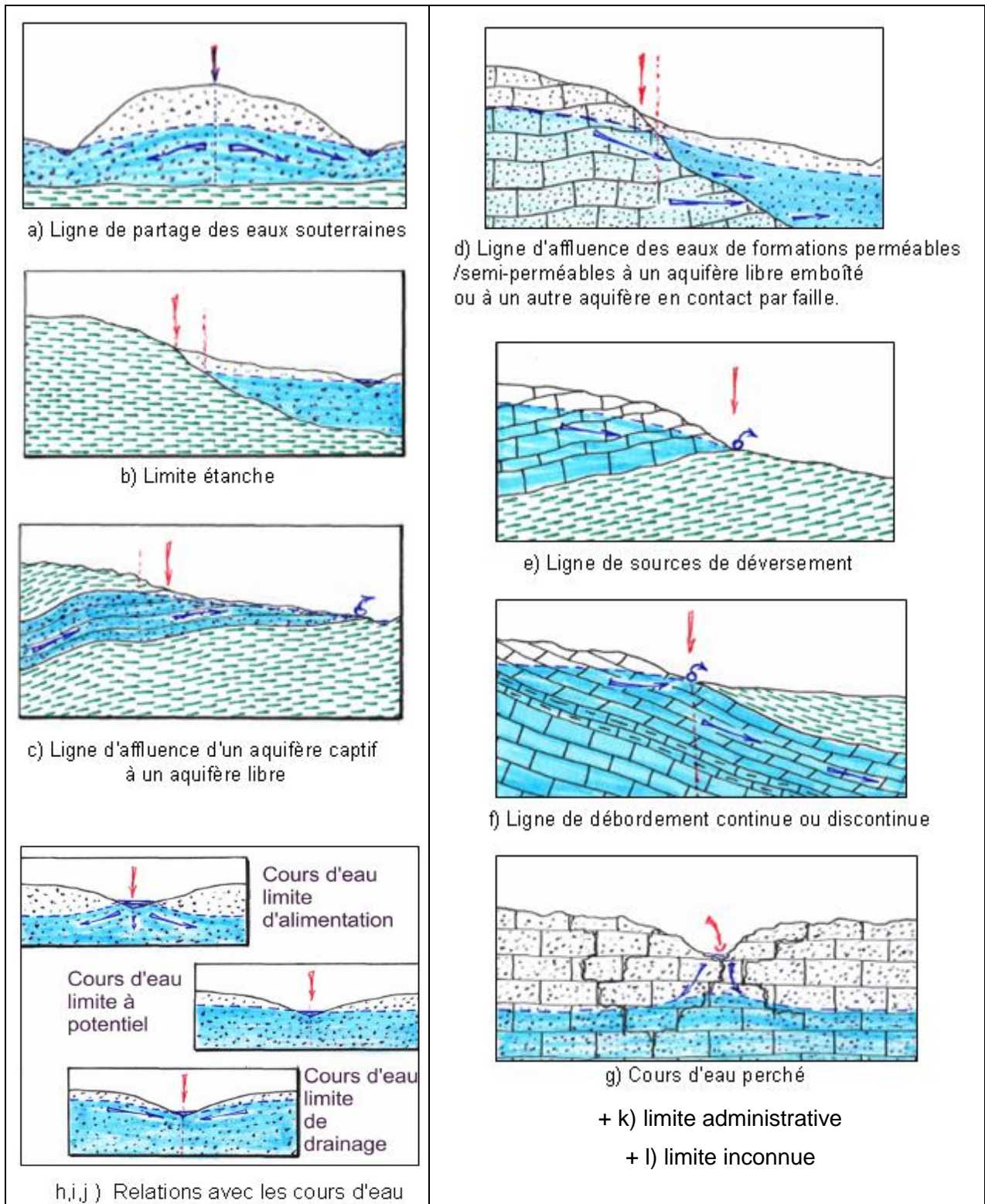


Illustration 33 – Types de limites possibles entre entités

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 34 – 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 35).

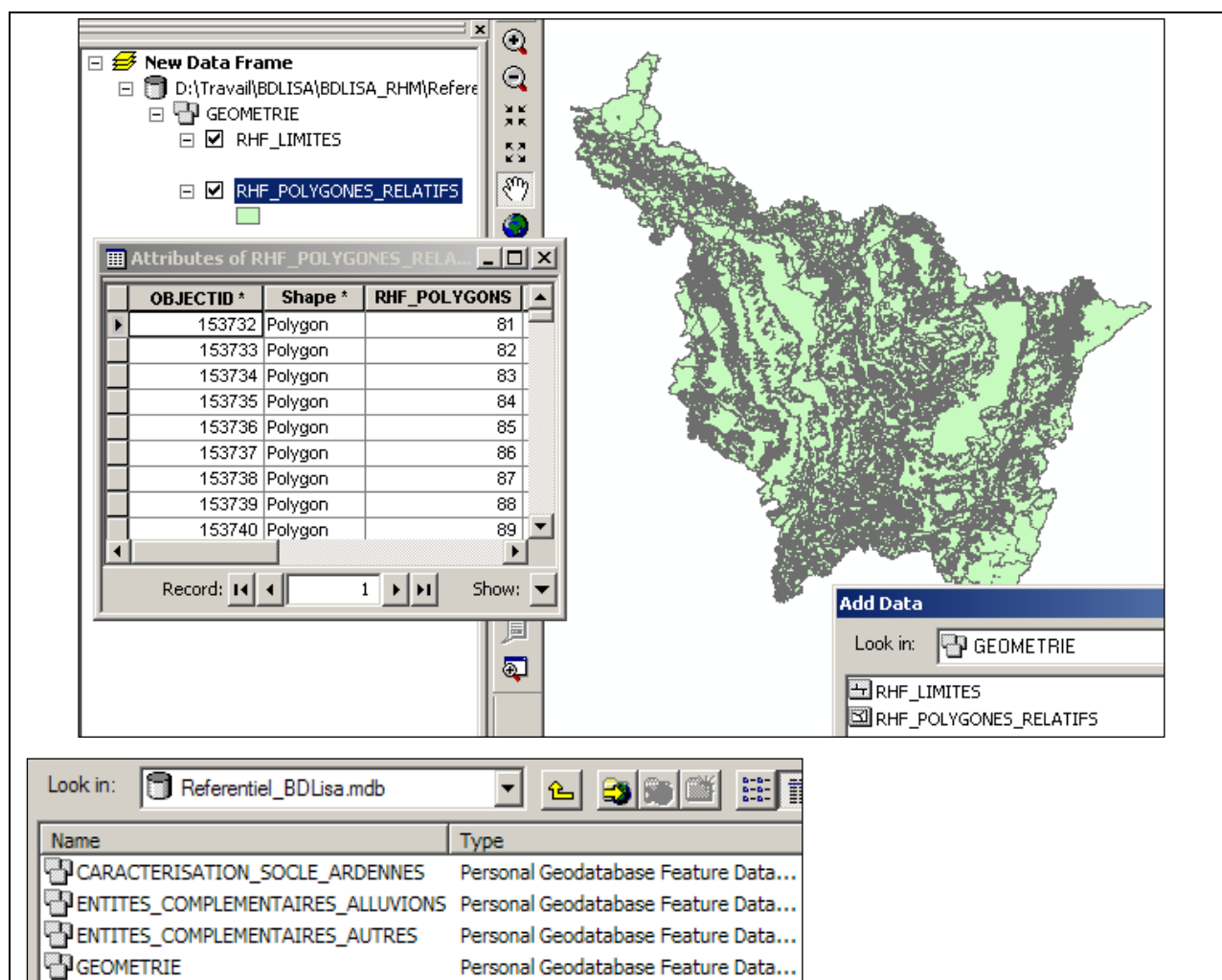


Illustration 35 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.

Outre les « Entités principales », la géodatabase comprend :

- les « **Entités complémentaires** » (partie inférieure de l'illustration 35) 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 36).

	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 36 - 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 37).

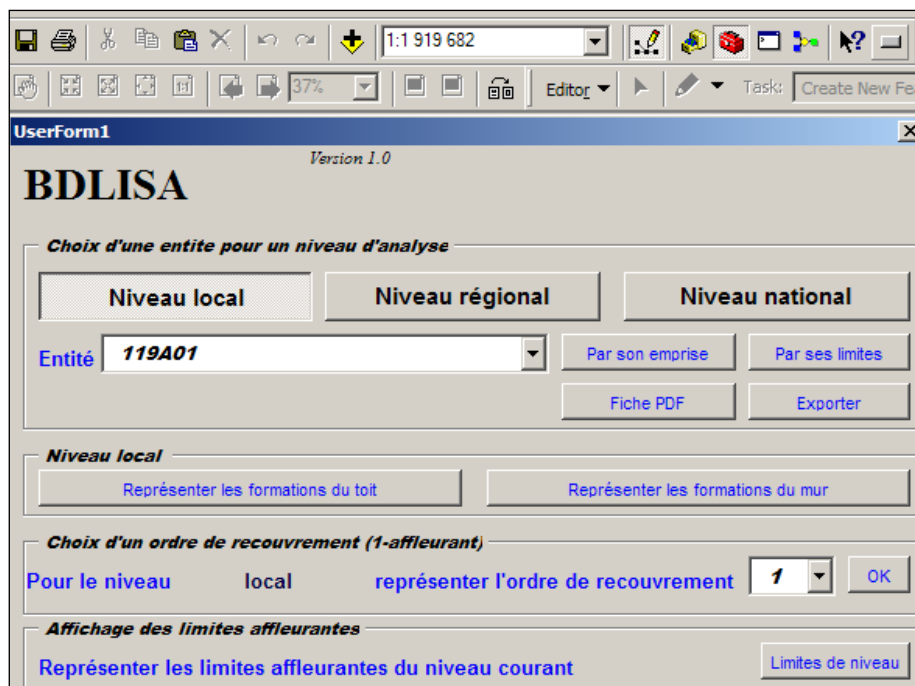


Illustration 37 - Interface utilisateur de la géodatabase.

L'illustration 38 présente un exemple de sélection d'entité effectuée à partir du menu de l'illustration 37 ci-dessus ("*Représenter l'entité par son emprise*").

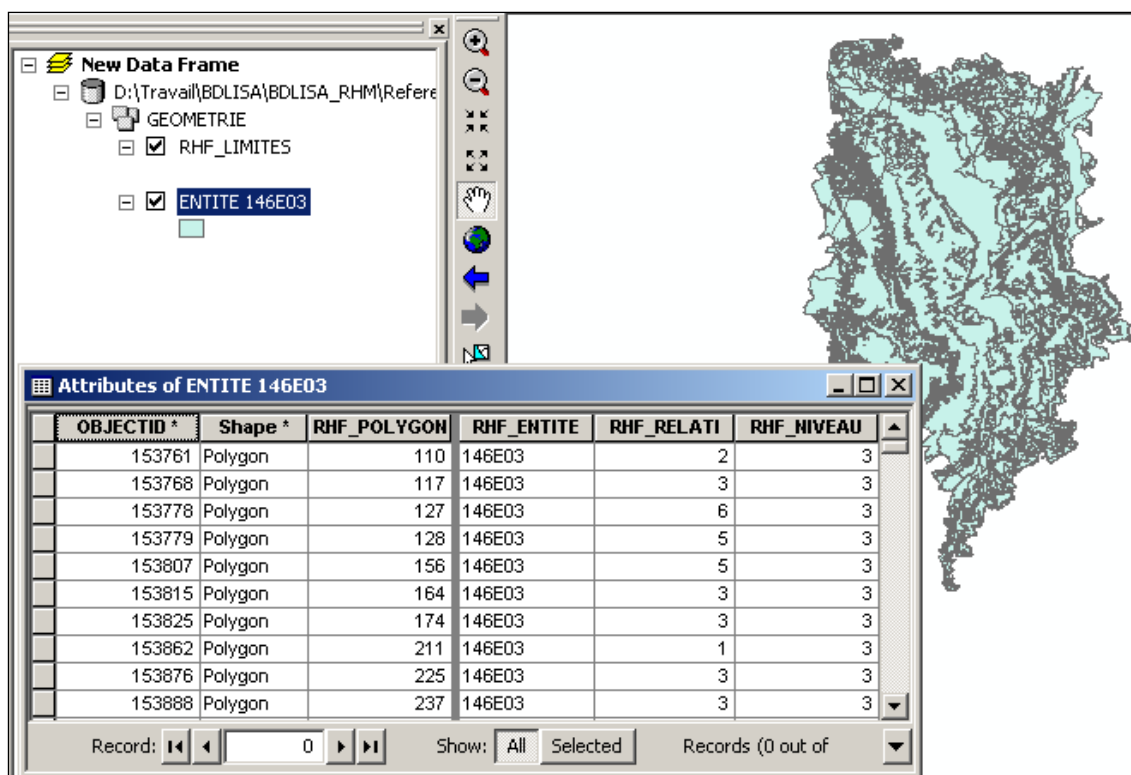
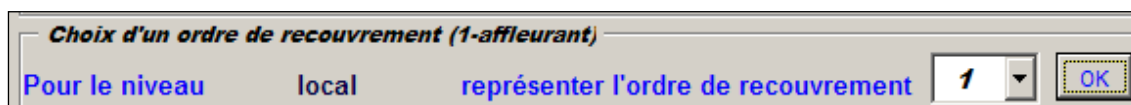


Illustration 38 : Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.

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 39).

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



L'illustration 40 présente une vue des entités de niveau 3 et d'ordre 1 (une couleur est affectée à chaque entité).

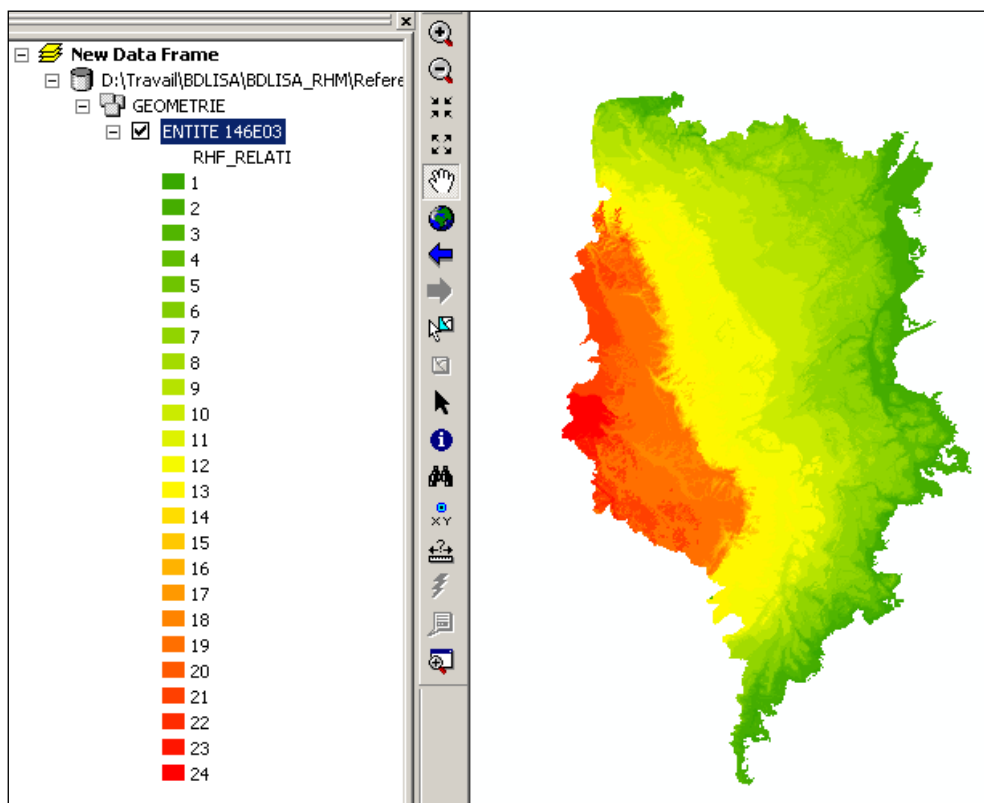


Illustration 39 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).

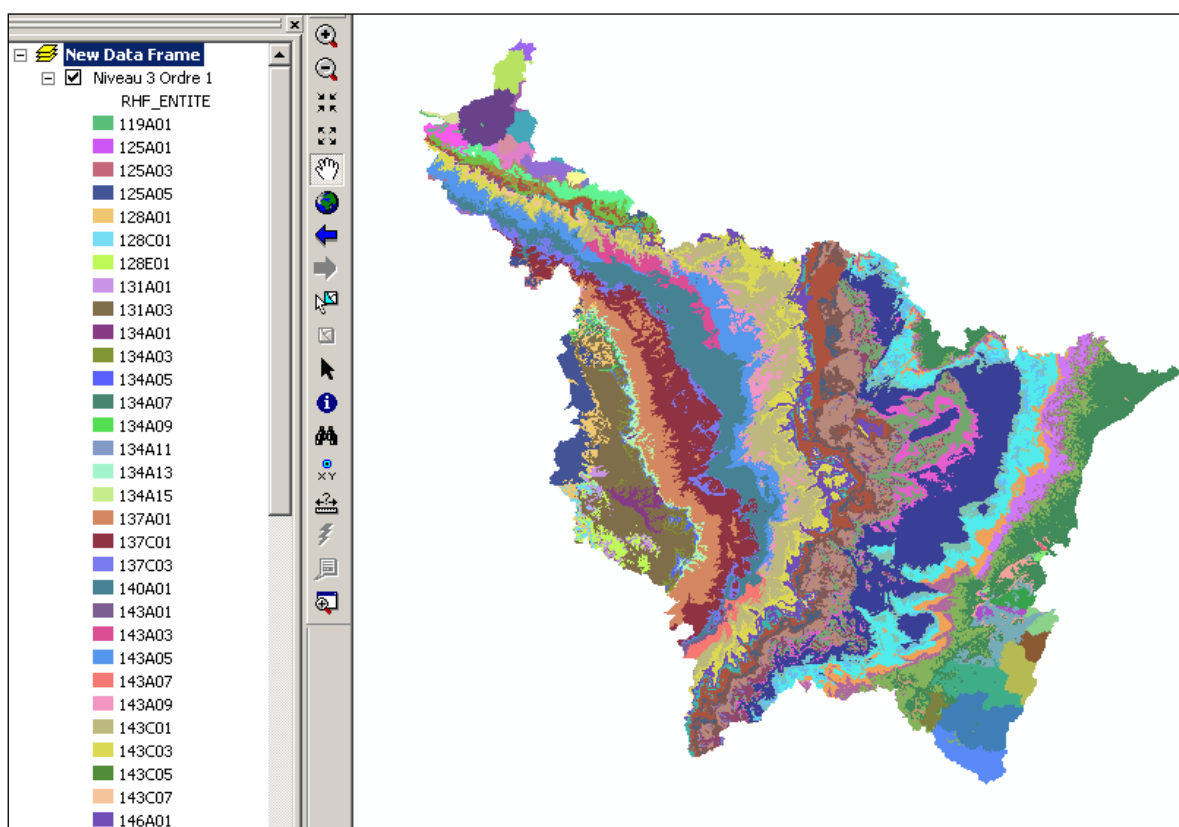


Illustration 40 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).

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).

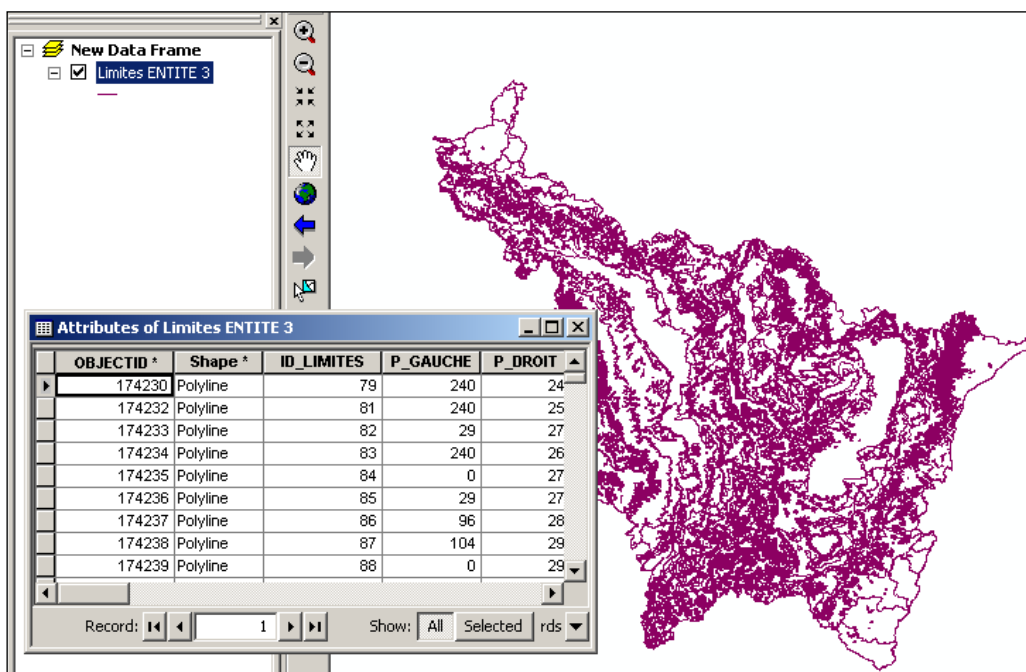


Illustration 41 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités

Cette table contient aussi la nature des contacts entre entités (illustration 42).

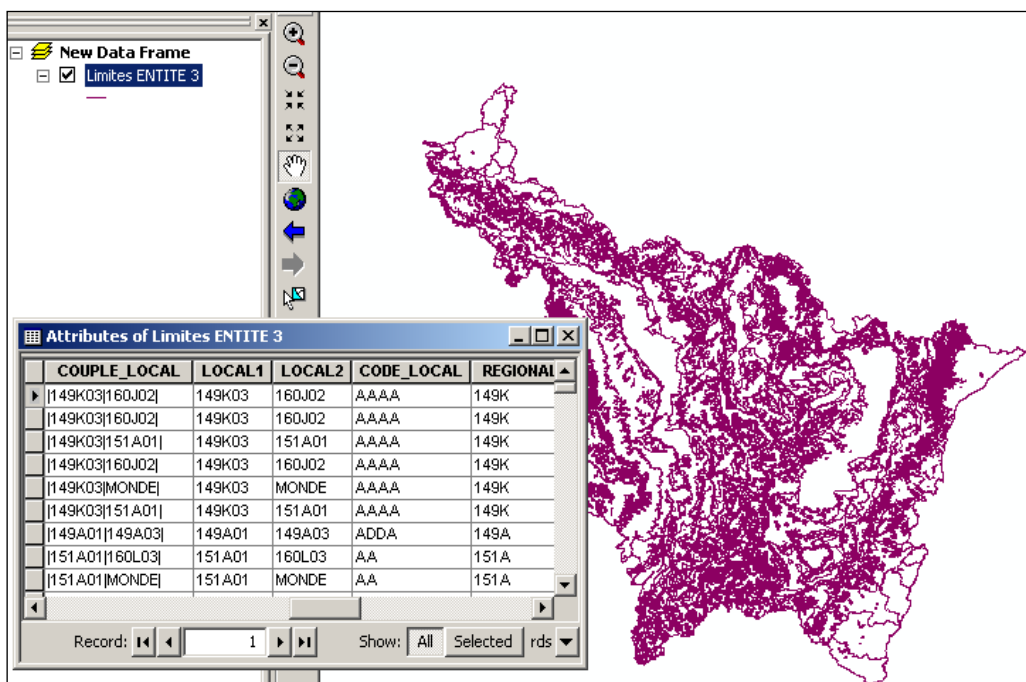


Illustration 42 - Table des limites: natures des contacts entre entités.

6.2 FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS

Le modèle de construction permet d'éditer automatiquement (Illustration 43) 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.

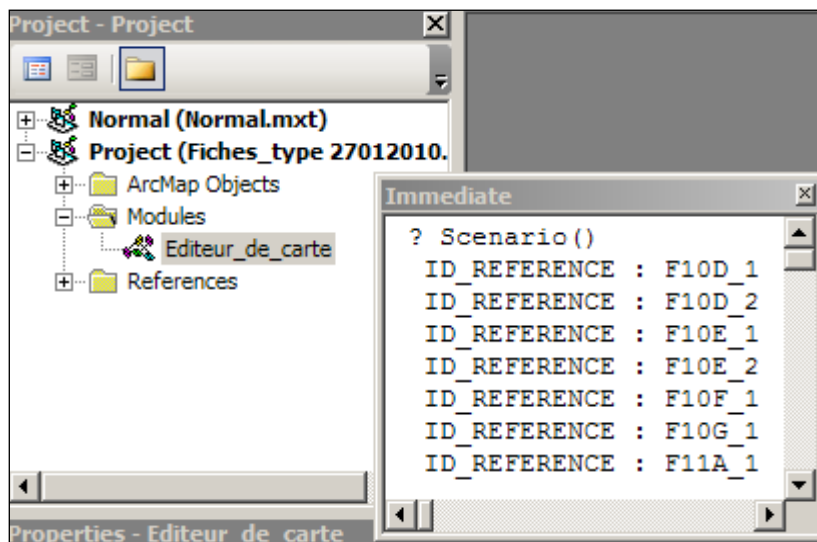


Illustration 43 : Editeur de cartes du modèle de construction du référentiel.

Une fiche d'analyse est constituée de plusieurs blocs d'informations. L'illustration 44 et l'illustration 45 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 44), 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 45) 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.

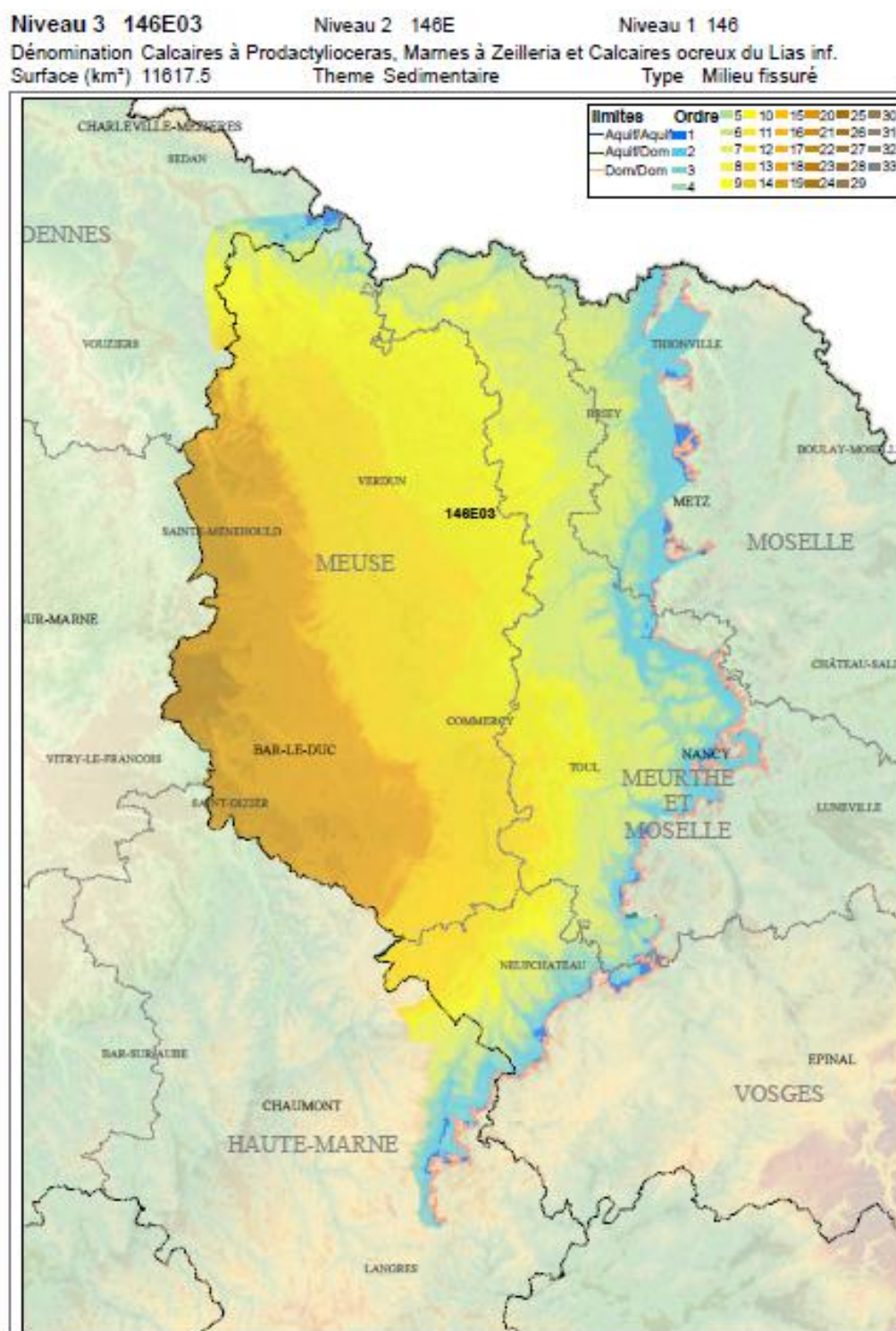


Illustration 44 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).

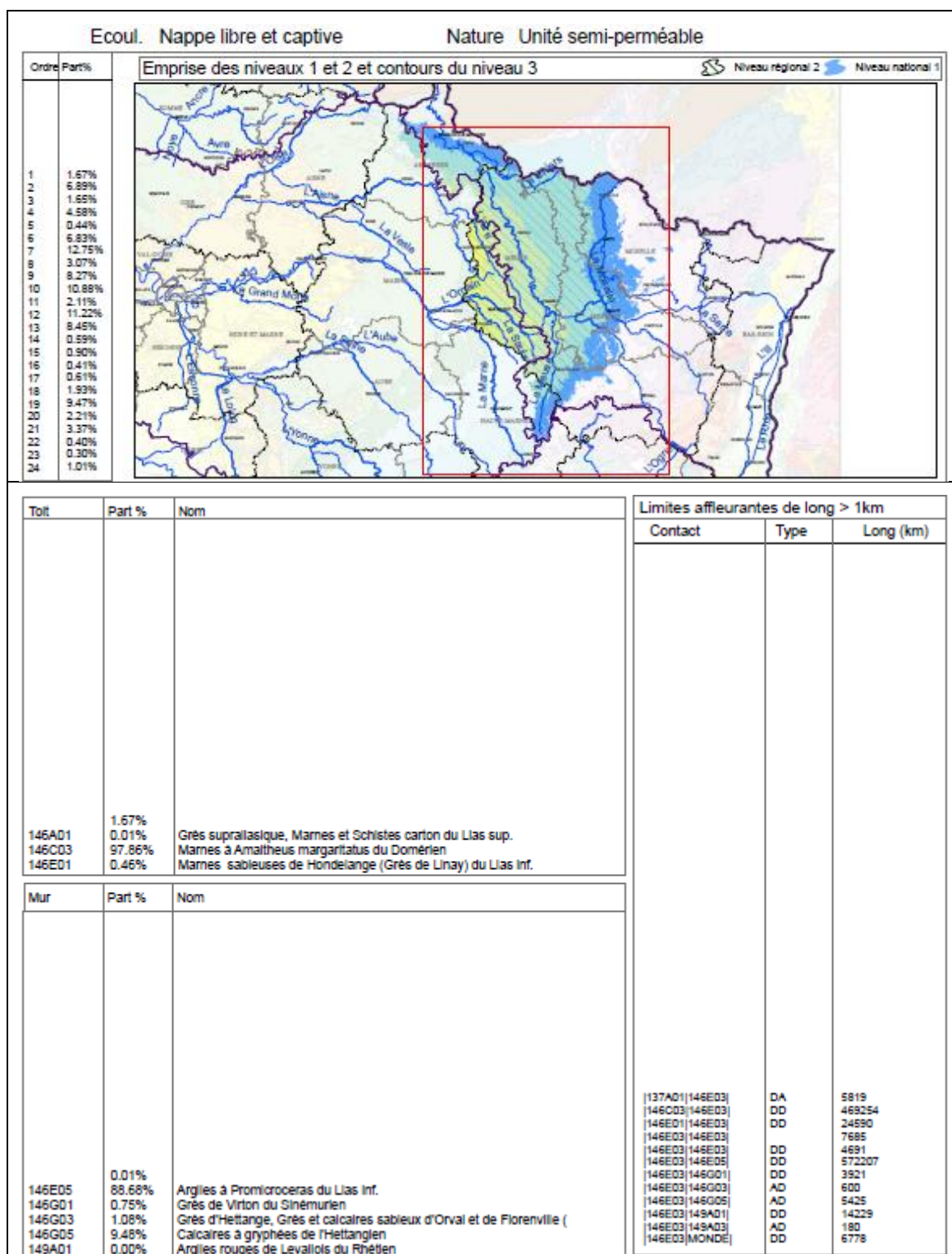


Illustration 45 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite)

7 Conclusion

Le référentiel hydrogéologique de la région Auvergne, essentiellement partagé entre les bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne, comprend :

- 40 entités de niveau local dans le thème socle, correspondant à des sous-secteurs hydrographiques de la BD-Carthage (le socle est en général à la fois affleurant et sous-couverture) ;
- 21 entités de niveau régional :
 - 8 entités de niveau régional (NV2) dans le thème socle,
 - 7 entités dans le thème volcanisme,
 - 6 entités dans le thème sédimentaire ;
- 15 entités de niveau national :
 - 3 entités dans le thème socle,
 - 7 entités dans le thème volcanisme (identiques à celles du niveau 2),
 - 5 entités dans le thème sédimentaire.

A ces entités dites "principales" s'ajoutent des entités "complémentaires" constituant une surcouche du référentiel. Elles regroupent des formations qui sont telles qu'elles ne permettent pas de respecter l'homogénéité du référentiel ou qui constituent des cas particuliers difficilement intégrables dans le cadre général du référentiel. Dans le référentiel de la région Auvergne sont rangées dans cette surcouche :

- les alluvions récentes et anciennes,
- les formations superficielles de nature variée (altérites, dépôts glaciaires, colluvions, dépôts tourbeux).

Le travail de délimitation des entités s'est avéré très délicat car seuls les départements du Cantal et de la Haute-Loire sont couverts par des cartes géologiques harmonisées. Pour le Puy-de-Dôme et l'Allier, huit cartes géologiques ne sont pas encore éditées et les cartes existantes présentent de très nombreuses discordances entre elles. Dans l'emprise des cartes manquantes, la carte géologique au millionième a été utilisée pour fermer certains contours. Il sera donc nécessaire de préciser le découpage du niveau local lorsque l'harmonisation aura été réalisée pour les départements du Puy-de-Dôme et de l'Allier.

Les entités, "principales" et "complémentaires", sont actuellement 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.

Une harmonisation inter-régionale (régions des bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne) et nationale a été réalisée suite au premier travail de délimitation à l'échelle régionale.

8 Références bibliographiques

- Bertin C., Seguin J.J. -2009. - Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne. Délimitation des entités hydrogéologiques en région Auvergne. Rapport d'étape. BRGM/RP-59005-FR
- Bourlier P. Y. (2003). Hydrogéologie du massif volcanique de l'Aubrac (Massif Central, France). DESS Gestion intégrée des ressources en eaux continentales, Université de Metz.
- Lecocq A. (1987). Hydrogéologie en milieu volcanique. Etude de la partie nord du plateau basaltique du Devès (Massif Central). Thèse de Doctorat Université Blaise Pascal.
- Petit V., Hanot F., Pointet T. (2003). Référentiel hydrogéologique BD RHF. Guide méthodologique de découpage des entités. Rapport BRGM/RP-52261-FR.
- Petit V. (2004). BDRHF - Découpage préalable et global. CDROM des documents. Présentation du contenu. Rapport BRGM/RP-53127-FR.
- Bilan de la ressource hydrogéologique des bassins de la Chaîne des Puys. Rapport définitif (2009). CETE Lyon/LRPC 63/07/19728 – BRGM-RP57092-FR
- Identification et caractérisation des ressources en matériaux de substitution aux granulats alluvionnaires dans le département du Puy-de-Dôme : la zones des Combrailles (2003). Rapport BRGM-RP57092-FR, LRPC 63/01/14525.
- Méthodologie de l'inventaire du potentiel géothermique des Limagnes : projet COPGEN. Compilation des données (2003). Rapport BRGM/RP-52644-FR
- SANDRE (2004). Description des données sur le référentiel hydrogéologique. Version 08 du 03/05/2004.
- Seguin J.J., Mardhel V., avec la collaboration de Schomburgk S. (2013) - Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA, version 0 Présentation du référentiel, principes de construction et mise en œuvre. Rapport final. BRGM/RP-62261-FR. 154 p., 57 ill., 2 ann., 1 DVD.
- Bertin C., Seguin J.J. avec la collaboration de Mardhel V. (2010) - Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne. Délimitation des entités hydrogéologiques en région Auvergne. Rapport d'étape. BRGM/RP-59005-FR.
- Cartes géologiques à 1/50 000 : n° 548, 573, 574, 575, 576, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 818, 619, 620, 621, 623, 643, 644, 645, 646, 668, 669, 670, 671, 692, 693, 694, 695, 716, 718, 719, 740, 743, 765, 766.
- Carte géologique harmonisée du département de la Haute-Loire (43). Notice géologique. Rapport final. (2009) Rapport BRGM/RP-56860-FR ;
- Carte géologique harmonisée du département du Cantal (15). Notice géologique. (2009) – Rapport BRGM/RP-56778-FR

Annexe 1- Tableau multi-échelles

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA - Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne . Délimitation des entités hydrogéologiques en région Auvergne

Niveau local (NVS)										Niveau régional (NVZ)										Niveau national (NAV)									
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													
139AA01	Sables argileux d'Arcennes du Pliocène en région Centre (bassin Loire-Bretagne)	1300	3	X	6	1	2	139AA4	Sables et argiles du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	4	139	Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	4	139	Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	2													
139AA03	Sables et argiles du Bouronnais du Mio-Pliocène en région Centre (bassin Loire-Bretagne)	1300	3	X	6	1	2	139AA4	Sables et argiles du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	4	139	Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	4	139	Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	2													
139AA07	Sables et argiles du Bouronnais du Mio-Pliocène en Bourgogne (bassin Loire-Bretagne)	1300	3	X	6	1	2	139AA4	Sables et argiles du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	4	139	Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	4	139	Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	2													
139AA09	Sables et argiles du Bouronnais du Mio-Pliocène en Auvergne (bassin Loire-Bretagne)	1300	3	X	6	1	2	139AA4	Sables et argiles du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	4	139	Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	4	139	Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	2													
139AA11	Sables et argiles du Bouronnais du Mio-Pliocène dans le département de la Loire (bassin Loire-Bretagne)	1300	3	X	6	1	2	139AA4	Sables et argiles du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	4	139	Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	4	139	Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien	2													
139AZ01	Formations jurassiennes (Calcaires à Entroques, Marnes) du Orléans en Bourgogne (bassin Loire-Bretagne)	33500	3	3	6	2	2	139AZ2	Formations jurassiennes (Calcaires à Entroques, Marnes) du Orléans en Bourgogne (bassin Loire-Bretagne)	4	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	4	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	12													
151AA01	Formations gréseuses, schistes et conglomérats du Permien du Bec d'Allier et du Massif Central (bassin Loire-Bretagne)	49000	3	X	6	2	2	151AA4	Formations gréseuses, schistes et conglomérats du Permien du Bec d'Allier et du Massif Central	4	151	Formations du Carbonifère au Permien (grés-schistes, niveau houillers) dans le Massif Central	4	151	Formations du Carbonifère au Permien (grés-schistes, niveau houillers) dans le Massif Central	2													
151AC01	Formations schisto-gréseuses et niveaux houillers du Carbonifère du Massif Central (bassin Loire-Bretagne)	49500	3	X	6	2	2	151AC2	Formations schisto-gréseuses et niveaux houillers du Carbonifère du Massif Central	4	151	Formations du Carbonifère au Permien (grés-schistes, niveau houillers) dans le Massif Central	4	151	Formations du Carbonifère au Permien (grés-schistes, niveau houillers) dans le Massif Central	2													
151AE01	Grés, schistes et charbons du Carbonifère du bassin stéphanois du Massif Central (bassin Loire-Bretagne)	49500	3	X	6	2	2	151AE2	Grés, schistes et charbons du Carbonifère du bassin stéphanois (Massif Central)	4	151	Formations du Carbonifère au Permien (grés-schistes, niveau houillers) dans le Massif Central	4	151	Formations du Carbonifère au Permien (grés-schistes, niveau houillers) dans le Massif Central	2													
151AJ01	Formations gréseuses, schistes et conglomérats du Stéphanois (Carbonifère supérieur) du bassin de Monceau-Les-Mines dans le Massif Central (bassin Loire-Bretagne)	49500	3	X	6	2	2	151AJ2	Formations gréseuses, schistes et conglomérats du Stéphanois (Carbonifère supérieur) du bassin de Monceau-Les-Mines (Massif Central)	4	151	Formations du Carbonifère au Permien (grés-schistes, niveau houillers) dans le Massif Central	4	151	Formations du Carbonifère au Permien (grés-schistes, niveau houillers) dans le Massif Central	2													
153AA01	Massif volcanique quaternaire de la Chaine des Puy's du Massif Central dans le bassin Loire-Bretagne	1120	3	2	5	4	5	153AA4	Massif volcanique de la Chaine des Puy's (Massif Central)	3	153	Massif volcanique de la Chaine des Puy's (Massif Central)	3	153	Massif volcanique de la Chaine des Puy's (Massif Central)	2													
154A01	Massif volcanique allé-quaternaire du Sancy-Mont-Dore du Massif Central dans le bassin Loire-Bretagne	1140	3	2	5	4	5	154AA4	Massif volcanique du Sancy-Mont-Dore (Massif Central)	3	154	Massif volcanique du Sancy-Mont-Dore (Massif Central)	3	154	Massif volcanique du Sancy-Mont-Dore (Massif Central)	1													
154AZ01	Massif volcanique allé-quaternaire du Sancy-Mont-Dore du Massif Central dans le bassin Adour-garonne	3010000	3	3	5	4	5	154AA4	Massif volcanique du Sancy-Mont-Dore (Massif Central)	3	154	Massif volcanique du Sancy-Mont-Dore (Massif Central)	3	154	Massif volcanique du Sancy-Mont-Dore (Massif Central)	1													
155AA01	Massif volcanique du Cézallier du Massif Central dans le bassin Loire-Bretagne	1150	3	2	5	4	5	155AA4	Massif volcanique du Cézallier (Massif Central)	3	155	Massif volcanique du Cézallier (Massif Central)	3	155	Massif volcanique du Cézallier (Massif Central)	2													
155AA02	Massif volcanique du Cézallier du Massif Central dans le bassin Adour-garonne	1150	3	2	5	4	5	155AA4	Massif volcanique du Cézallier (Massif Central)	3	155	Massif volcanique du Cézallier (Massif Central)	3	155	Massif volcanique du Cézallier (Massif Central)	2													
155AA03	Massif volcanique des monts du Cantal dans le bassin Loire-Bretagne	1180	3	2	5	4	5	155AA4	Massif volcanique des Monts du Cantal (Massif Central)	3	156	Massif volcanique des Monts du Cantal (Massif Central)	3	156	Massif volcanique des Monts du Cantal (Massif Central)	2													
155AA05	Massif volcanique des Monts du Cantal (Massif Central) dans le bassin Loire-Bretagne	3010000	3	3	5	4	5	155AA4	Massif volcanique des Monts du Cantal (Massif Central)	3	156	Massif volcanique des Monts du Cantal (Massif Central)	3	156	Massif volcanique des Monts du Cantal (Massif Central)	2													
155AA07	Massif volcanique du Céallier du Massif Central dans le bassin Loire-Bretagne	1150	3	2	5	4	5	155AA4	Massif volcanique du Céallier (Massif Central)	3	158	Massif volcanique du Céallier (Massif Central)	3	158	Massif volcanique du Céallier (Massif Central)	2													
155AA09	Massif volcanique en roche du velay oriental du Massif Central dans le bassin Loire-Bretagne	1240	3	2	5	4	5	155AA4	Massif volcanique du Velay oriental (Massif Central)	3	159	Massif volcanique du Velay oriental (Massif Central)	3	159	Massif volcanique du Velay oriental (Massif Central)	2													
159AA01	Massif volcanique de l'Audrac	3010000	3	3	5	4	5	159AA4	Massif volcanique de l'Audrac	3	160	Massif volcanique de l'Audrac	3	160	Massif volcanique de l'Audrac	2													
113AC06	Châtaignes lacustres de l'Écône du Charolais en Bourgogne (bassin Loire-Bretagne)	8080	3	3	5	4	2	113AC2	Châtaignes de l'Écône-Oligocène inf., m' éoliquement lacustres, du Bassin Parisien	3	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	4	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	12													
113AA01	Formations des sables et argiles de Type Limagne et calcaires lacustres de l'Écône-Oligocène dans le bassin de la Loire de sa source au Rhins	12100	3	X	6	1	2	113AA4	Formations des sables et argiles de Type Limagne et calcaires lacustres de l'Écône-Oligocène dans le bassin Loire-Bretagne	4	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	4	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	12													
113AA03	Formations des sables et argiles de Type Limagne et calcaires lacustres de l'Écône-Oligocène dans le bassin de la Loire de sa source au Rhins	12110	3	X	6	1	2	113AA4	Formations des sables et argiles de Type Limagne et calcaires lacustres de l'Écône-Oligocène dans le bassin Loire-Bretagne	4	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	4	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	12													
113AA05	Formations des sables et argiles de Type Limagne et calcaires lacustres de l'Écône-Oligocène dans le bassin de l'Allier de sa source à la Dore	12120	3	X	6	1	2	113AA4	Formations des sables et argiles de Type Limagne et calcaires lacustres de l'Écône-Oligocène dans le bassin Loire-Bretagne	4	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	4	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	12													
113AA07	Formations des sables et argiles de Type Limagne et calcaires lacustres de l'Écône-Oligocène dans le bassin de l'Allier de la Dore à la Loire	12130	3	X	6	1	2	113AA4	Formations des sables et argiles de Type Limagne et calcaires lacustres de l'Écône-Oligocène dans le bassin Loire-Bretagne	4	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	4	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	12													
113AA09	Formations des sables et argiles de Type Limagne et calcaires lacustres de l'Écône-Oligocène dans le bassin du Cher de sa source à l'Yvron	12140	3	X	6	1	2	113AA4	Formations des sables et argiles de Type Limagne et calcaires lacustres de l'Écône-Oligocène dans le bassin Loire-Bretagne	4	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	4	113	Grand système multicouche de l'Écône du Bassin Parisien	12													
370AG04	Solde du bassin versant de la Troisième au confluent de la Riberne (Indre)	5104000	3	2	6	2	3	370AG2	Solde de l'Uhr-Troyère	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	2													
370AG05	Solde du bassin versant de la Troisième au confluent de la Riberne au confluent de la	5104000	3	2	6	2	3	370AG2	Solde de l'Uhr-Troyère	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	2													
370AG06	Solde du bassin versant du Bes	5104000	3	2	6	2	3	370AG2	Solde de l'Uhr-Troyère	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	2													

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA - Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne. Délimitation des entités hydrogéologiques en région Auvergne

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
372A07	Solde du bassin versant de la Truyère du confluent du Bes au confluent de l'Endreque (inclus)	51042700	3	2	6	2	3	372A07	Solde de l'Uhr Truyère	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	2
372A08	Solde du bassin versant de la Truyère du confluent de l'Endreque au confluent du Lot	51048000	3	2	6	2	3	372A08	Solde de l'Uhr Truyère	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	2
372A09	Solde du bassin versant du lot du confluent du Dourdou au confluent du Cèze	51052000	3	2	6	2	3	372A09	Solde dans le bassin versant de la Garonne	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	2
372A10	Solde du bassin versant du lot du confluent de la Truyère au confluent du Dourdou	51053000	3	2	6	2	3	372A10	Solde dans le bassin versant de la Garonne	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	2
372A11	Solde du bassin versant du Cèze de sa source au confluent de Bervertou	51053900	3	2	6	2	3	372A11	Solde dans le bassin versant de la Garonne	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	2
372A12	Solde du bassin versant du lot du confluent de la Colagne au confluent de la Truyère	51073000	3	2	6	2	3	372A12	Solde de l'Uhr Lot en art	4	370	Solde dans le bassin versant de la Garonne	2
372A13	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de la Truyère	52010100	3	2	5	2	3	372A13	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A14	Solde dans le bassin versant de la Dordogne du Doignon au Lys (inclus) sur le granite d'Issel	52010200	3	2	5	2	3	372A14	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A15	Solde du bassin versant de l'École de sa source à la Dordogne	52010300	3	2	6	2	3	372A15	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A16	Solde du bassin versant de la Dordogne du Lys à la Rhue	52010400	3	2	6	2	3	372A16	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A17	Solde du bassin versant de la Dordogne du Lys à la Rhue	52010500	3	2	6	2	3	372A17	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A18	Solde du bassin versant de la Rhue de sa source au confluent de la Simorre	52010600	3	2	6	2	3	372A18	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A19	Solde du bassin versant de la Rhue de sa source au confluent de la Simorre au confluent de la Rhue	52010700	3	2	6	2	3	372A19	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A20	Solde du bassin versant de la Rhue de Chesjède	52010800	3	2	6	2	3	372A20	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A21	Solde du bassin versant de la Rhue de Chesjède au confluent de la Dordogne	52010900	3	2	6	2	3	372A21	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A22	Solde du bassin versant de la Dordogne de la Rhue à la Simorre sur le granite d'Issel	52011000	3	2	5	2	3	372A22	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A23	Solde du bassin versant de la Dordogne de la Rhue à la Simorre sur le granite d'Issel	52011100	3	2	5	2	3	372A23	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A24	Solde dans le bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de la Rhue non inclus	52011200	3	2	6	2	3	372A24	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A25	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de la Rhue à la Troucoure sur les unités sédimentaires d'Issel	52011300	3	2	6	2	3	372A25	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A26	Solde dans le bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de la Rhue à la Troucoure sur les unités sédimentaires d'Issel	52011400	3	2	6	2	3	372A26	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A27	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52011500	3	2	6	2	3	372A27	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A28	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52011600	3	2	6	2	3	372A28	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A29	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52011700	3	2	6	2	3	372A29	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A30	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52011800	3	2	5	2	3	372A30	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A31	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52011900	3	2	6	2	3	372A31	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A32	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52012000	3	2	6	2	3	372A32	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A33	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52020100	3	2	6	2	3	372A33	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A34	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52020200	3	2	6	2	3	372A34	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A35	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52020300	3	2	6	2	3	372A35	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A36	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52020400	3	2	6	2	3	372A36	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A37	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52020500	3	2	6	2	3	372A37	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A38	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52020600	3	2	6	2	3	372A38	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2
372A39	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	52020700	3	2	6	2	3	372A39	Solde du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent de l'Aure	4	372	Solde du bassin versant de la Dordogne	2

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA - Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne. Délimitation des entités hydrogéologiques en région Auvergne

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
203A013	Solde m'ém orbrique dans le bassin versant l'Allier de la Dèges (non inclus) à la source (inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la Dore (inclus) à l'est des formations sédimentaires de l'im agne en Auvergne, rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A015	Solde m'ém orbrique dans le bassin versant de l'Allier du Chapeauroux (non inclus) à la Dèges (inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A001	Solde m'ém orbrique dans le bassin versant de la Loire du Ligron (non inclus) au barrage de Grangent	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A003	Solde m'ém orbrique dans le bassin versant de la Loire de la Sum ère (non inclus) au Ligron (non inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A005	Solde m'ém orbrique dans le bassin versant du Ligron et ses affluents (non inclus) à la Sum ère (inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A007	Solde m'ém orbrique dans le bassin versant de la Loire de la Mélagne (non inclus) à la Laussonne (inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A009	Solde m'ém orbrique dans le bassin versant de la Loire de la Mélagne (non inclus) à la Laussonne (inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A001	Solde pluvionique dans le bassin versant de la Loire de l'Allier (non inclus) au Rhins (inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A003	Solde pluvionique dans le bassin versant de l'Allier et ses affluents (non inclus) à la Sum ère (inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A005	Solde m'ém orbrique dans le bassin versant de la Loire de la Mélagne (non inclus) à l'Allier (non inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A007	Solde m'ém orbrique dans le bassin versant de la Loire du grand (non inclus) à l'Allier (non inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A009	Solde m'ém orbrique dans le bassin versant de la Loire du barrage de Grangent au Grand (inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A001	Solde m'ém orbrique dans le bassin versant de la Loire de la Trissonne (non inclus) à l'Arroux (non inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A003	Solde m'ém orbrique et pluvionique, form ations prim aires cristallophyliennes et m agmatiques (gneiss, granites) dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Mélagne	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A005	Solde m'ém orbrique dans le bassin de la Loire du Rhins (non inclus) à l'Allier (non inclus) (Horses de Neuville Les Dèze, de Saint-Saulge, de la Machine)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A007	Solde pluvionique dans le bassin versant de la Loire de la Besbre (non inclus) à la Besbre (non inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
203A009	Solde pluvionique dans le bassin versant de la Loire de la Besbre (non inclus) à la Besbre (non inclus)	50000	3	2	6	2	3	203A1	Solde du Massif Central dans le bassin versant de l'Allier de sa source à la rive droite de l'Allier	4	203	Solde du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier	2
332A001	Bardès et conglom érats de la cràsagne, argiles à graviers, l'abbeyes et du Chemain, et graviers de l'abbeyes et	140100,00	3	3	6	1	2	332A1	Conglom érats et argiles à graviers oligo-scolaire en bordure du Massif Central	3	332	Grand domaine hydrogéologique des conglom érats et argiles à graviers oligo-scolaire en bordure du Massif Central	2

Annexe 2 - Part relative des lithologies dans quelques entités de socle des départements du Puy-de-Dôme et de l'Allier

Code entité	Code hydro	Sous-secteur hydrographique	Lithologie	Superficie lithologie (km2)	% Lithologie
280E03	K2I	la dore de la faye (nc) à l'allier (nc)	Formations sédimentaires tertiaires - type Limagne	134.2	17.0
		la dore de la faye (nc) à l'allier (nc)	Formations superficielles	166.8	21.1
		la dore de la faye (nc) à l'allier (nc)	Socle - Massif plutonique dominant	490.3	62.0
280A03	K5N	le cher de la tardes (nc) à l'aumance(nc)	Socle - Pas de massif dominant	437.6	58.1
		le cher de la tardes (nc) à l'aumance(nc)	Formations sédimentaires tertiaires - type Limagne	118.4	15.7
		le cher de la tardes (nc) à l'aumance(nc)	Formations sédimentaires mesozoïque - Trias	6.4	0.8
		le cher de la tardes (nc) à l'aumance(nc)	Formations sédimentaires paléozoïque - Stéphanien	22.3	3.0
		le cher de la tardes (nc) à l'aumance(nc)	Formations sédimentaires fluvio-lacustre plio-quaternaires	14.3	1.9
		le cher de la tardes (nc) à l'aumance(nc)	Formations superficielles	154.4	20.5
280A05	K5O	l'aumance & ses affluents	Socle - Massif plutonique dominant	491.9	49.8
		l'aumance & ses affluents	Formations sédimentaires tertiaires - type Limagne	117.8	11.9
		l'aumance & ses affluents	Formations sédimentaires mesozoïque - Trias	37.4	3.8
		l'aumance & ses affluents	Formations sédimentaires paléozoïque - Stéphanien	52.6	5.3
		l'aumance & ses affluents	Formations sédimentaires fluvio-lacustre plio-quaternaires	8.7	0.9
		l'aumance & ses affluents	Formations sédimentaires paléozoïque - Permien	110.8	11.2
		l'aumance & ses affluents	Formations superficielles	168.9	17.1
280A07	K5M	le cher de sa source à la tardes (nc)	Socle - Pas de massif dominant	323.6	90.8
		le cher de sa source à la tardes (nc)	Formations superficielles	32.7	9.2
280C05	K3E	l'allier de la sioule (nc) à la queune (c)	Socle - Massif plutonique dominant	104	16.9
		l'allier de la sioule (nc) à la queune (c)	Formations sédimentaires tertiaires - type Limagne	44.5	7.2
		l'allier de la sioule (nc) à la queune (c)	Formations sédimentaires paléozoïque - Stéphanien	13.1	2.1

		l'allier de la sioule (nc) à la queune (c)	Formations sédimentaires paléozoïque - Permien	21.9	3.6
		l'allier de la sioule (nc) à la queune (c)	Formations sédimentaires fluvio-lacustre plio-quaternaires	251.4	40.8
		l'allier de la sioule (nc) à la queune (c)	Formations superficielles	181.1	29.4

280C07	K3B	la sioule de la viouze (nc) à l'allier (nc)	Socle - Massif métamorphique dominant	811.9	65.8
		la sioule de la viouze (nc) à l'allier (nc)	Formations sédimentaires tertiaires - type Limagne	139.4	11.3
		la sioule de la viouze (nc) à l'allier (nc)	Formations sédimentaires paléozoïque - Stéphaniens	9.5	0.8
		la sioule de la viouze (nc) à l'allier (nc)	Formations sédimentaires fluvio-lacustre plio-quaternaires	14	1.1
		la sioule de la viouze (nc) à l'allier (nc)	Formations superficielles	259.2	21.0
280F01	K0E	la Loire du lignon (nc) au barrage de Grangent	Socle - Massif plutonique dominant	167.4	84.8
		la Loire du lignon (nc) au barrage de Grangent	Formations superficielles	30.1	15.0
280F03	K0D	la Loire de la Sumène (nc) au lignon (nc)	Socle - Massif plutonique dominant	17.6	85.0
		la Loire de la Sumène (nc) au lignon (nc)	Formations superficielles	3.1	15.0
285A09	P0O	La Rhue du confluent de la Santoire au confluent de la Rhue de Cheylade	Socle - Massif métamorphique dominant	21.8	55.5
		La Rhue du confluent de la Santoire au confluent de la Rhue de Cheylade	Volcanisme du Sancy- Mont Dore	10.9	27.7
		La Rhue du confluent de la Santoire au confluent de la Rhue de Cheylade	Volcanisme du Cézallier	0.5	1.3
		La Rhue du confluent de la Santoire au confluent de la Rhue de Cheylade	Formations superficielles	6.1	15.5
285A11	P0N	La Rhue du confluent de la Rhue de Cheylade au confluent de la Dordogne	Socle - Massif métamorphique dominant	49.5	44.3
		La Rhue du confluent de la Rhue de Cheylade au confluent de la Dordogne	Volcanisme du Sancy- Mont Dore	49.1	44.0
		La Rhue du confluent de la Rhue de Cheylade au confluent de la Dordogne	Formations superficielles	13.1	11.7
285A13	P0C	La Dordogne du confluent du Chavanon au confluent de la Rhue	Socle - Massif métamorphique dominant	92	46.9
		La Dordogne du confluent du Chavanon au confluent de la	Volcanisme du Sancy- Mont Dore	58.2	29.7

	Rhue			
	La Dordogne du confluent du Chavanon au confluent de la Rhue	Formations superficielles	39.5	20.2
	La Dordogne du confluent du Chavanon au confluent de la Rhue	Formations sédimentaires tertiaires - type Limagne	0.3	0.2
	La Dordogne du confluent du Chavanon au confluent de la Rhue	Formations sédimentaires paléozoïque - Stéphaniens	6	3.1

Annexe 3 - 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 - géochimique – hydraulique. La constitution des systèmes est issue de la connaissance à un instant donné du milieu souterrain. Le système aquifère est une entité de second niveau.
DH	4	Domaine hydrogéologique	Un domaine hydrogéologique est une entité hydrogéologique peu aquifère issue d'une subdivision verticale ou horizontale d'un grand domaine hydrogéologique ou d'un grand système. La subdivision s'effectue sur, au moins l'un des critères suivants : -lithologie, - structurale - stratigraphie - piézométrie - géochimique – hydraulique. Le domaine hydrogéologique est une entité du second niveau.
SA DH UA	5	Unité aquifère	L'unité aquifère est un système physique élémentaire présentant des conditions hydrodynamiques homogènes, suffisamment conductrices pour permettre la circulation de l'eau souterraine. Une unité aquifère est une entité hydrogéologique de niveau d'utilisation local présentant une perméabilité moyenne réputée supérieure à 10 ⁻⁶ m/s présentant des ressources en eau suffisante pour être exploitée. L'unité aquifère est une entité du 3ème niveau et elle correspond à la description la plus fine des entités hydrogéologiques pour le référentiel national. Ce concept résulte du découpage des domaines hydrogéologiques et des systèmes aquifères (éventuellement directement des grands domaines et des grands systèmes aquifères).
USP	6	Unité semi-perméable	Une unité semi-perméable est une entité hydrogéologique de niveau d'utilisation local présentant une perméabilité moyenne réputée comprise entre 10 ⁻⁹ m/s et 10 ⁻⁶ m/s et/ou présentant des ressources en eau mais de productivité insuffisante pour être exploitées. L'unité semi-perméable est une entité du 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 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Auvergne
Campus des Cézeaux
12, avenue des Landais
63170 AUBIERE
Tél. : 04.73.15.23.04