

Document public



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

Rapport Final

Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP- 62230-FR
Juillet 2013



Document public

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne

Délimitation des entités hydrogéologiques en région Limousin

Rapport final

BRGM/RP-62230-FR
Juillet 2013

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

T. Jaouen, B. Mauroux, F. Touchard
V. Mardhel, S.Schomburgk

Vérificateur :

Nom :

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom :

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.



Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : BDLISA, Référentiel hydrogéologique, Système aquifère, Domaine hydrogéologique, Région Limousin

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

Jaouen T., Mauroux B., Touchard F., Mardhel V. et Schomburgk S. (2013). Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne. Délimitation des entités hydrogéologiques en région Limousin. Rapport final. Mise à jour BDLISA Version 0. BRGM/RP-62230-FR.

Synthèse

Le présent rapport est la mise à jour d'un travail réalisé en 2010 par T. Jaouen, B. Mauroux, F. Touchard (RP-57837-FR) dans le cadre de la réalisation de BDRHF-V2. Cette mise à jour permet d'intégrer les entités hydrogéologiques décrites en 2010 à la version 0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères).

La délimitation des entités hydrogéologiques en région Limousin fait partie intégrante de la construction de la version 0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (anciennement BDRHF-V2). Elle concerne les départements de la Haute-Vienne, de la Creuse et de la Corrèze situés dans les bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne.

Une analyse des cartes géologiques harmonisées (échelle 1/50 000) et des logs validés des forages a permis de construire un tableau multi-échelles comprenant et caractérisant :

- **124 entités de niveau local (NV3)** dont 9 à composante sédimentaire, 1 issue du volcanisme et 114 relatives au socle,
- **48 systèmes ou domaines hydrogéologiques du niveau régional (NV2)** dont 5 de type sédimentaire, 1 de type volcanique et 42 de type socle,
- **20 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1)** distinguant 5 grands domaines ou grands systèmes sédimentaires et 15 grands domaines du socle du Massif central.

A ces entités, s'ajoutent six ensembles d'entités « complémentaires » correspondant aux systèmes alluvionnaires, aux formations du Cénozoïque, aux altérites, aux formations résiduelles et aux formations karstifiées.

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...).

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.

Avertissement

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

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

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

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

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

Sommaire

1. Introduction.....	9
2. Présentation du référentiel BDLISA	13
2.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS.....	13
2.1.1.Principes de construction	13
2.1.2.Assemblage des entités.....	13
2.1.3.Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction	13
2.1.4.BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE	14
2.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA	14
2.3. LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL.....	15
2.3.1.Les entités hydrogéologiques	15
2.3.2.Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques	16
2.3.3.Les "thèmes" des entités hydrogéologiques.....	16
2.3.4.L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques	17
2.3.5.L'attribut "Type de milieu" des entités hydrogéologiques.....	18
2.3.6.L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques	20
2.3.7.L'attribut "Origine de la construction" des entités hydrogéologiques.....	20
2.4. LE TABLEAU MULTI-EHELLES	21
2.5. LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS	21
2.5.1.Principes sous-jacents	22
2.5.2.Organisation des entités en 2 ensembles	23
2.5.3.Ordre absolu et ordre relatif	23
3. Méthodologie de délimitation des entités et assemblage par le modèle de gestion	25
3.1. PRINCIPES DIRECTEURS.....	25
3.1.1.Homogénéité du découpage	25
3.1.2.Emboîtement des niveaux.....	25
3.2. PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION	26
3.2.1.Identification et cadrage hydrogéologique général	26
3.2.2.De l'analyse des cartes géologiques au tableau multi-échelles	26
3.2.3.Individualisation de l'alluvial	27
3.2.4.Découpage des entités	27
3.2.5.Passage au modèle de gestion du référentiel	27
3.2.6.Organigramme.....	28
4. Mise en œuvre du découpage des entités	29
4.1. BRÈVE CARACTÉRISATION GÉOLOGIQUE DU LIMOUSIN	29
4.1.1.Socle.....	29
4.1.2.Les formations sédimentaires	30

4.2. DONNÉES DE RÉFÉRENCE	34
4.3. TABLEAUX MULTI-ÉCHELLES	34
4.3.1. Le thème « Socle ».....	34
4.3.2. Le thème « Sédimentaire » et le thème « Volcanisme »	34
4.4. DÉCOUPAGE DES ENTITÉS DU THÈME SOCLE	37
4.4.1. Rappel de la méthodologie préconisée dans le guide national	37
4.4.2. Difficultés d'application	37
4.4.3. Démarche suivie en région Limousin	38
4.4.4. Le potentiel aquifère du socle du Limousin	45
4.5. DÉCOUPAGE DES ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE.....	48
4.5.1. Formations du Paléozoïque (Carbonifère et Permien) et du Trias	48
4.5.2. Formations du Jurassique	50
4.6. FORMATIONS SUPERFICIELLES.....	52
4.6.1. Les formations alluviales	53
4.6.2. Les formations détritiques du Cénozoïque.....	55
4.6.3. Les altérites	56
4.6.4. Les formations résiduelles	58
4.6.5. Les formations karstifiées	58
5. Limites des entités	61
5.1. LIMITES HYDRAULIQUES.....	61
5.2. NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITES	61
6. Outil de construction du référentiel	65
6.1. GÉODATABASE	65
6.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS.....	70
7. Conclusion.....	73
8. Références bibliographiques	75

Liste des illustrations

Illustration 1 - Progression du référentiel sur le territoire métropolitain et dans les DOM	10
Illustration 2 – Zone d'étude, partagée entre le bassin Loire-Bretagne et le bassin Adour-Garonne	12
Illustration 3 – Types d'entités hydrogéologiques et codification	17
Illustration 4 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques	19
Illustration 5 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires	22
Illustration 6 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités	24
Illustration 7 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3	25

Illustration 8 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.	28
Illustration 9 - Géologie simplifiée des formations anté-triasiques formant le socle en région Limousin (d'après la carte au 1/250 000 établie dans le cadre du projet SILURES)	31
Illustration 10 – Simplification de la géologie du socle en région Limousin par regroupement des unités géologiques de l'illustration 9.....	32
Illustration 11 - Schéma structural de la partie sédimentaire de la zone d'étude : Bassin de Brive et Causse de Martel	33
Illustration 12 - Log hydrostratigraphique du thème Sédimentaire en région Limousin, établi à partir des correspondances entre les formations sédimentaires en région Limousin et les entités identifiées en région Midi-Pyrénées et Aquitaine – (Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).	36
Illustration 13 – Localisation des forages caractérisés par une valeur de débit spécifique	39
Illustration 14 - Tableau récapitulatif des secteurs hydrographiques sélectionnés.....	40
Illustration 15 – Entités du socle de niveau 2.....	41
Illustration 16 – Classement des débits spécifiques d'étiage.....	42
Illustration 17 - Entités du socle de niveau 2- (Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).	43
Illustration 18 – Exemple de regroupement de bassins versants pour former une entité NV3 (Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).	44
Illustration 19 - Entités du socle de niveau 3- (Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).	45
Illustration 20 – Potentiel aquifère du socle exprimé par 5 classes de favorabilité.....	46
Illustration 21 – « Potentiel hydrogéologique » des formations de socle du Limousin	46
Illustration 22 – Caractérisation des entités NV3 de socle par leur potentiel aquifère (critère « favorabilité » issu du projet SILURES Limousin)-(Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).	47
Illustration 23 – Entité NV3 regroupant les formations du Stéphaniens-(Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).....	49
Illustration 24 – Entité NV2 correspondant aux formations permotriasiques -(Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).	49
Illustration 25 – Entités NV3 du Jurassique-(Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).	50
Illustration 26 – Entité NV3 du Toarcien -(Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).	51
Illustration 27 – Entités NV3 du Dogger -(Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).	52
Illustration 28 – Alluvions « récentes »	54
Illustration 29 – Alluvions anciennes	55
Illustration 30 - Formations détritiques du Cénozoïque.....	56
Illustration 31 – Formations altéritiques cartographiées du socle	57
Illustration 32 – Formations résiduelles de la région Limousin	58
Illustration 33 – Formations karstifiées de la région Limousin.	59
Illustration 34 - Types de limites possibles entre entités.....	62

Illustration 35 - Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques.....	63
Illustration 36 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.....	65
Illustration 37 - Tables non géométriques de la géodatabase.....	66
Illustration 38 - Interface utilisateur de la géodatabase.....	66
Illustration 39 - Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.....	67
Illustration 40 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).....	68
Illustration 41 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).....	68
Illustration 42 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités.....	69
Illustration 43 - Table des limites : natures des contacts entre entités.....	69
Illustration 44 - Éditeur de cartes du modèle de construction du référentiel.....	70
Illustration 45 - Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).....	71
Illustration 46 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite).....	72

Liste des annexes

Annexe 1 - Tableau multi-échelles.....	77
Annexe 2 - Carte géologique au 1/ 250 000 simplifiée.....	85
Annexe 3 - Essai de caractérisation hydrogéologique des entités du thème Socle.....	91
Annexe 4 - Méthodologie de délimitation des entités hydrogéologiques en domaine de socle.....	97
Annexe 5 - Lexique de caractérisation des entités et des limites.....	113

1. Introduction

Le travail de délimitation des entités hydrogéologiques en région Limousin s'inscrit dans le projet national de construction de la deuxième version du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (anciennement appelé BDRHF-V2).

Ce programme national confié en 2006 au BRGM par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) bénéficie du soutien financier des Agences de l'Eau, de l'ONEMA (2008-2009) et, antérieurement à 2008, de celui du MEEDDM. 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.

La constitution du référentiel a été planifiée sur 4 ans (illustration 1). Elle a débuté en 2006 (2006-2007 étant l'année 1 du projet et 2009-2010 l'année 4). Une année 5 est prévue pour réaliser une harmonisation, au niveau national, de l'ensemble des découpages régionaux.

Un premier travail de type méthodologique (phase 1 de la construction), mené sur la période 2001-2003, avait permis :

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

Les documents produits à l'issue de cette première phase sont listés en bibliographie.

Caractéristiques de la version 2 du Référentiel BDLISA

Cette deuxième version du référentiel hydrogéologique français est destinée à remédier à certaines insuffisances de la version 1, en particulier :

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

Elle tient compte aussi de l'évolution des connaissances géologiques et hydrogéologiques et s'appuie sur les cartes géologiques départementales harmonisées à l'échelle du 1/50 000 pour celles existantes.

Cette version prévoit un découpage du territoire national en entités hydrogéologiques (formations géologiques aquifères ou non) délimitées à 3 niveaux de détail - national (niveau 1), régional (niveau 2) et local (niveau 3) - suivant des règles élaborées dans le cadre d'une méthodologie nationale.

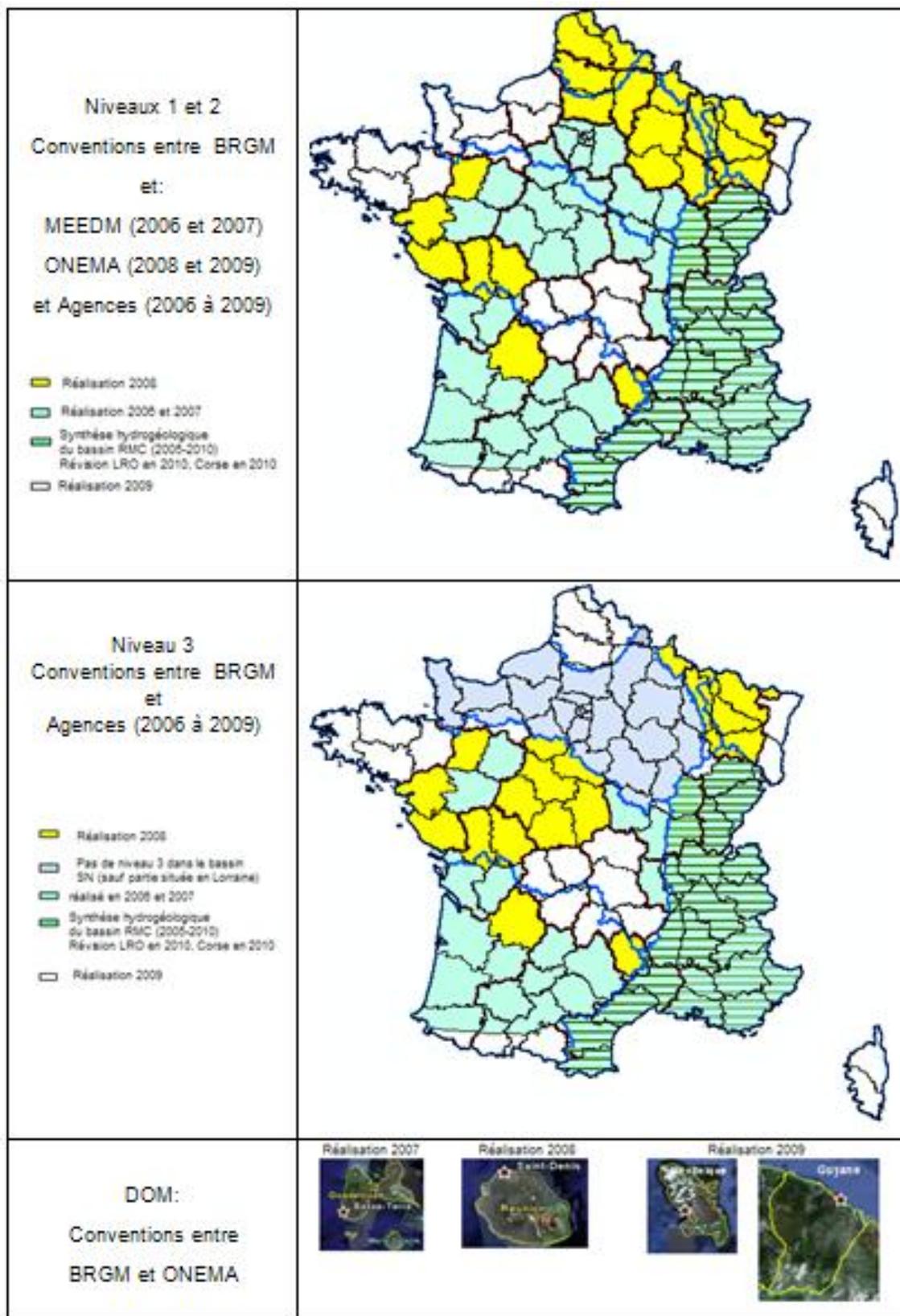


Illustration 1 - Progression du référentiel sur le territoire métropolitain et dans les DOM

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

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

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

Le référentiel en région Limousin

Le présent rapport rend compte de la réalisation du référentiel à la fois sur les parties des bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne de la région Limousin (illustration 2). La partie Loire-Bretagne se rattache totalement au Massif central et elle ne comporte que des entités du thème « socle ». La partie située en Adour-Garonne comprend quant à elle, une proportion importante de socle mais aussi, dans sa partie méridionale, les premières formations sédimentaires du Bassin Aquitain. Des constructions volcaniques sont aussi présentes à l'est du département de la Corrèze.

• Limites de la zone d'étude

Pour le socle, les contours de la zone d'étude ne correspondent pas aux limites administratives de la région Limousin, les bassins versants s'étendant au-delà de celles-ci (à l'exception de la limite est, où les entités se prolongeant en région Auvergne sont traitées par le Service Géologique Régional (SGR) Auvergne).

• Thème « Socle »

Le découpage des entités étant déjà réalisé aux trois niveaux pour les régions Aquitaine et Midi-Pyrénées, le découpage des entités du thème « Sédimentaire » s'est « calé » sur le travail déjà accompli dans ces régions par les SGR afférant.

Le découpage pour les entités du thème « Socle » a été réalisé en l'état actuel des connaissances hydrogéologiques de la région Limousin et en fonction des données disponibles et exploitables. Pour le découpage des entités nationales (NV1) et régionales (NV2), ce découpage a pu être effectué selon la méthodologie préconisée par le guide méthodologique national (Rapport BRGM/RP-52261-FR). Celui des entités locales NV3, par manque de données, a été réalisé différemment, par subdivision des entités NV2 en bassins versants, chaque bassin étant caractérisée par un ou plusieurs types lithologiques et par une potentialité aquifère. Les avancées du projet SILURES-Limousin permettront ultérieurement de mieux caractériser les entités locales (NV3).

• Thème « Sédimentaire »

Le découpage a été réalisé conformément aux recommandations du guide méthodologique national et aux travaux réalisés en région Aquitaine et Midi-Pyrénées. Le tableau multi-échelles produit est le prolongement de ces derniers.

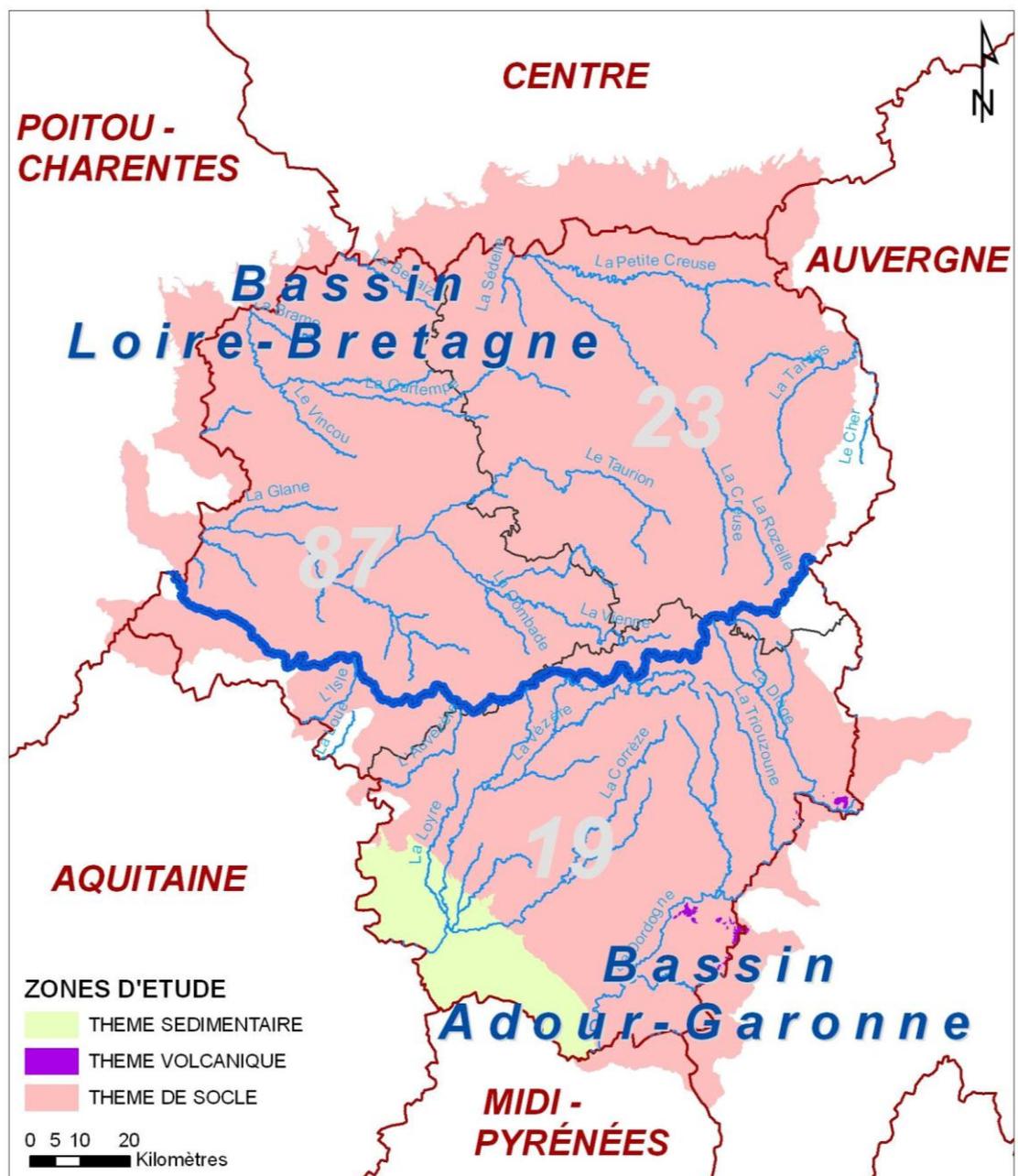


Illustration 2 – Zone d'étude, partagée entre le bassin Loire-Bretagne et le bassin Adour-Garonne

La construction du référentiel de la région Limousin (année 4 du projet national) 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.

2. Présentation du référentiel BDLISA

2.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS

2.1.1. Principes de construction

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

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

2.1.2. Assemblage des entités

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

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

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

2.1.3. Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction

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

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

- les "**Entités principales**", qui ont fait l'objet d'un traitement topologique garantissant la cohérence de leur assemblage 3D ;
- les "**Entités complémentaires**", regroupant différents types d'entités qui ne permettent pas de respecter l'homogénéité du référentiel ou qui constituent des cas particuliers difficilement intégrables dans le cadre général du référentiel au stade actuel de son

avancement (cf. §2.5). Il en est ainsi des systèmes alluvionnaires des 5 bassins du "projet national" pour lesquels il n'existe pas actuellement de différenciation entre parties productives et non productives. Ces systèmes très ramifiés sont extraits des cartes géologiques ; ils sont transverses par rapport aux entités principales qu'ils recouvrent et n'entrent pas dans les possibilités de traitements topologiques offerts par le modèle de gestion.

2.1.4. BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE

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

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

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

2.2. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA

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

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 3 – 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 4) 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

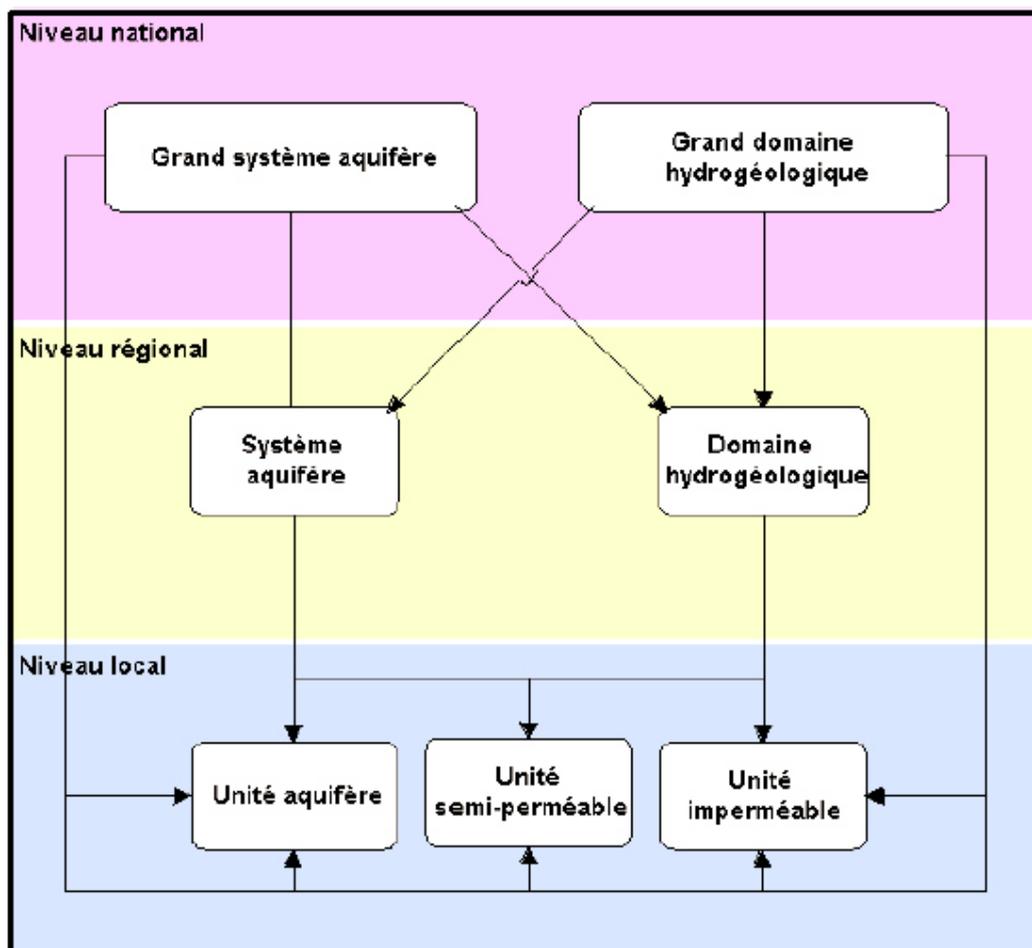


Illustration 4 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques

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

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

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

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

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

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

Remarque

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

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

2.3.6. L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques

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

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

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

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

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

		création de l'entité.
4	Agrégation par héritage	L'ensemble des limites de l'entité hydrogéologique ont été héritées par agrégation des niveaux les plus fins la constituant.

2.4. LE TABLEAU MULTI-EHELLES

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

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

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

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

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

2.5. LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS

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

2.5.1. Principes sous-jacents

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

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

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

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

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

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

Cette structure du référentiel est résumée par l'illustration 5 ci-après.

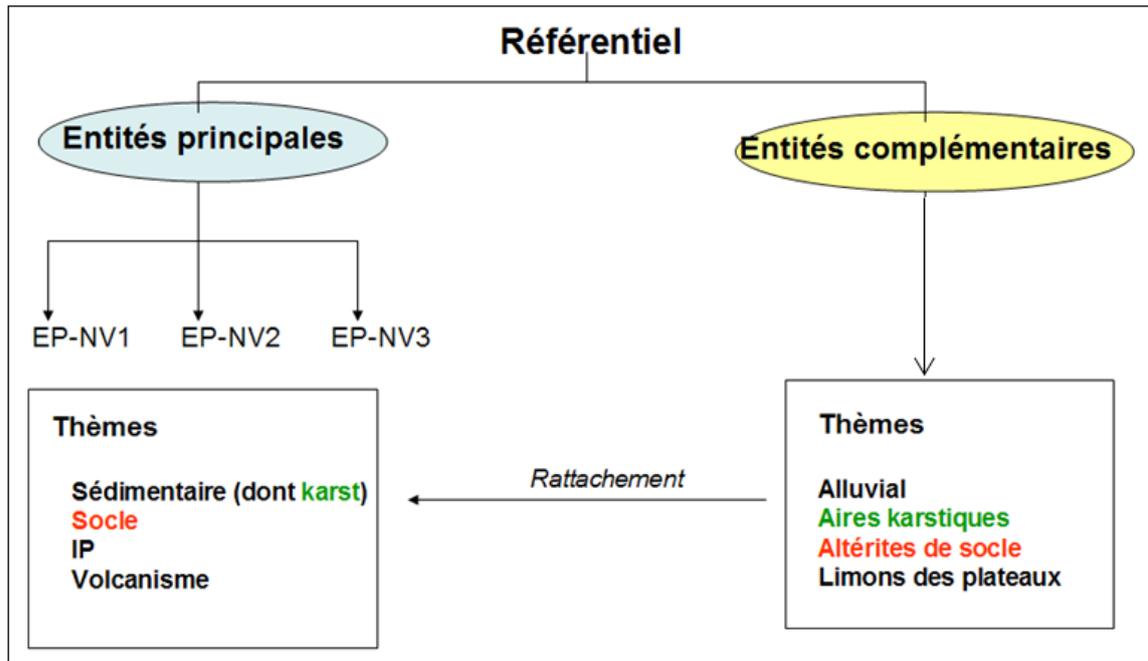


Illustration 5 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires

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

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

3) Complétude

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

4) Filiation

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

5) Héritage

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

2.5.2. Organisation des entités en 2 ensembles

1) Entités principales

Elles constituent l'essentiel du référentiel. Elles sont :

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

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

2) Entités complémentaires

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

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

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

2.5.3. Ordre absolu et ordre relatif

Dans la phase de construction du référentiel, un numéro d'ordre est affecté à chaque entité délimitée (Illustration 6a). Cet ordre est dit "absolu" (codé par exemple sous la forme 10, 20, 30, 40,...) et peut correspondre à un âge stratigraphique.

La délimitation des entités conduit à une "pile hydro-stratigraphique" d'entités (le tableau multi-échelles) qui sont ordonnées sur la verticale grâce au numéro d'ordre absolu (par exemple 10, 20, 30, ... Illustration 6a).

Le modèle de gestion du référentiel permet de passer automatiquement du mode de représentation des entités par ordonnancement absolu (illustration 6b) à un mode de représentation des entités par ordonnancement relatif (illustration 6c), **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 6 **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.**

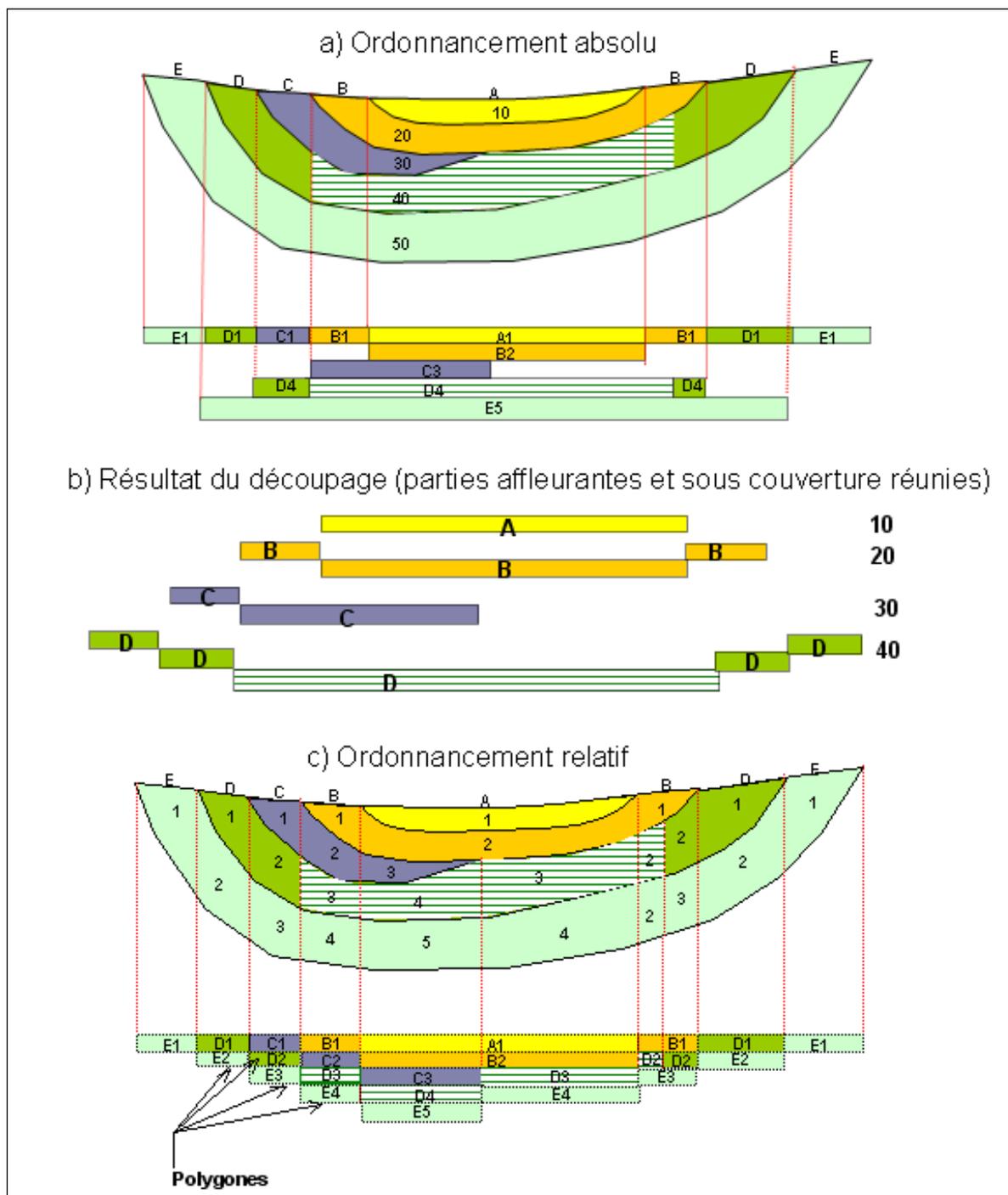


Illustration 6 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités

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

3.1. PRINCIPES DIRECTEURS

3.1.1. Homogénéité du découpage

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

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

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

3.1.2. Emboîtement des niveaux

Les entités du niveau 1 résultent de l'assemblage de celles du niveau 2, ces dernières résultant elles-mêmes d'un regroupement des entités du niveau 3 (illustration 7). Cet assemblage est réalisé à partir du niveau 3 par le modèle de gestion du référentiel, qui contrôle aussi la cohérence de l'ensemble et signale les anomalies éventuelles.

Lorsque les entités de niveau 3 délimitées dans un niveau 2 ne permettent pas de reconstituer en totalité ce niveau 2 (car seules des entités d'intérêt ont été délimitées), le complément "NV2-ΣNV3" est ajouté par le modèle de gestion (cas du bassin Rhône-Méditerranée et Corse). Dans le référentiel, cette entité "virtuelle" est identifiée par l'intermédiaire de l'attribut "Origine" (complétude partielle ou totale, cf. tableau du §2.3.7).

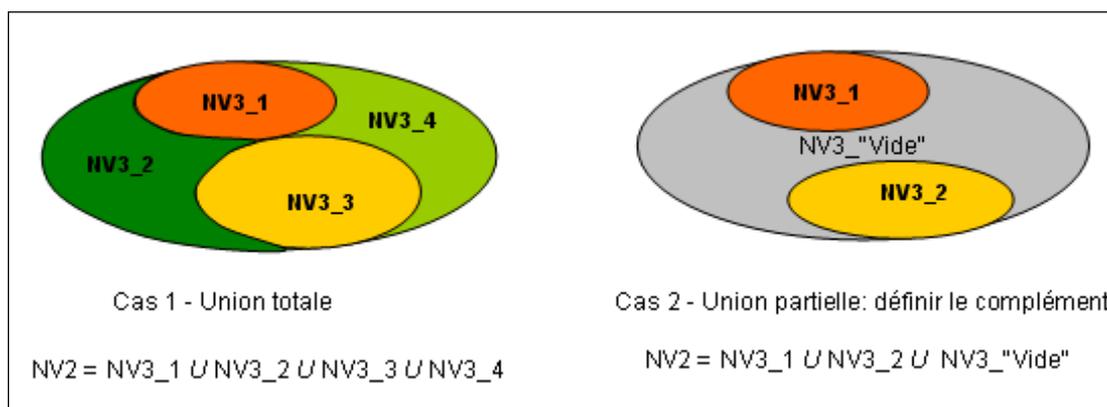


Illustration 7 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3

3.2. PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION

3.2.1. Identification et cadrage hydrogéologique général

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

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

1) Analyse des cartes géologiques

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

2) Constitution de la base de données associée au référentiel

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

3) Rattachement des entités hydrogéologiques aux formations géologiques affleurantes

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

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

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

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

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

5) Construction du tableau multi-échelles

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

3.2.3. Individualisation de l'alluvial

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

A l'exception de la plaine alluviale du Rhin, les alluvions sont intégrées dans une couche particulière du modèle de gestion (une "**surcouche**", cf. §2.5.2).

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

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

Remarques :

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

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

3.2.4. Découpage des entités

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

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

3.2.5. Passage au modèle de gestion du référentiel

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

3.2.6. Organigramme

La démarche générale de délimitation des entités est résumée par l'illustration 8.

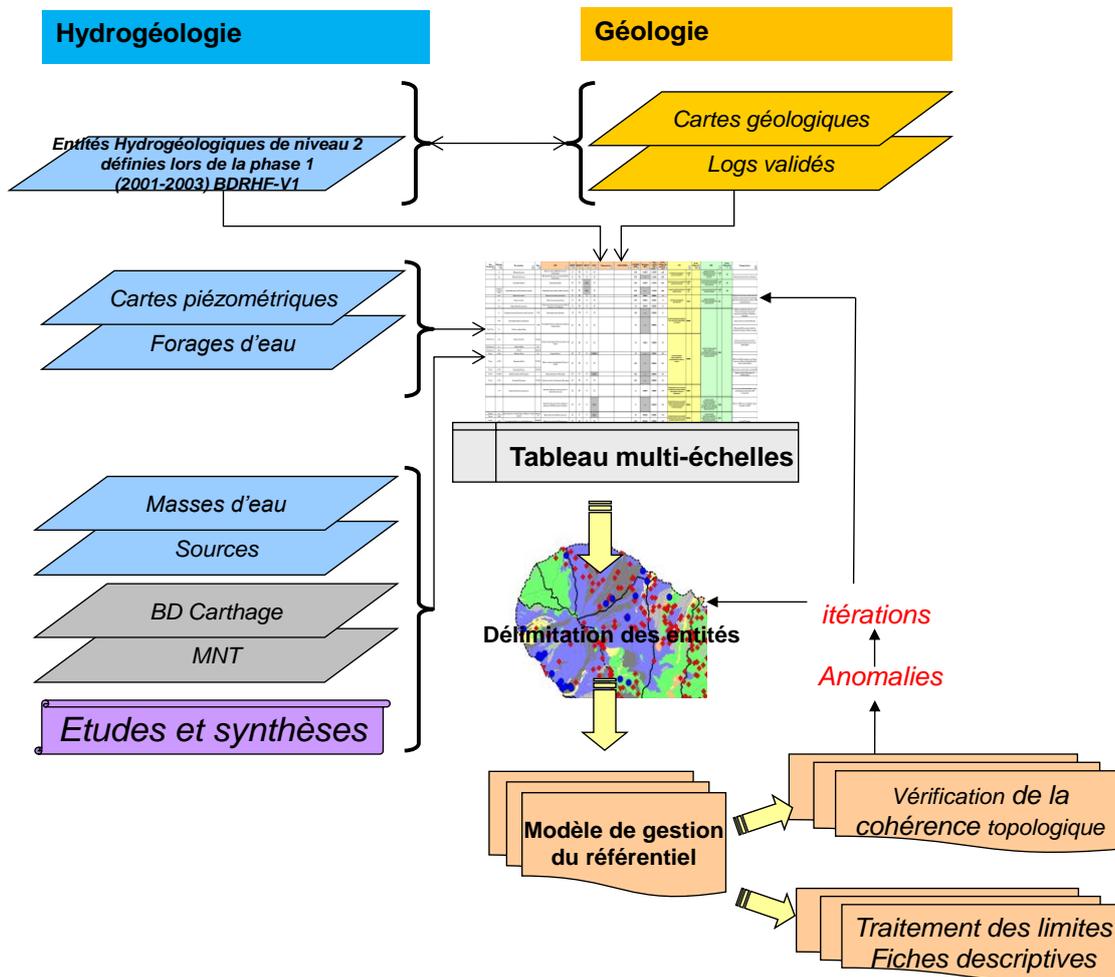


Illustration 8 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.

4. Mise en œuvre du découpage des entités

4.1. BRÈVE CARACTÉRISATION GÉOLOGIQUE DU LIMOUSIN

Cette caractérisation est reprise du rapport « SILURES *Limousin - module 1* » (Rapport BRGM RP/57901-FR).

La région Limousin se rattache à 2 grands domaines géologiques : d'une part le Massif central qui représente 93 % de la superficie de la région, avec des formations plutoniques et métamorphiques, et d'autre part le Bassin Aquitain incluant le bassin permotriasique de Brive (composé de grès, de calcaires et d'argilites) et la bordure corrézienne jurassique (essentiellement calcaire).

4.1.1. Socle

1) Les granitoïdes

Le socle plutonique représente 50 % environ de la superficie du Limousin (illustrations 9 et 10).

Les granitoïdes sont constitués par trois grandes familles : les leucogranites, les granodiorites et les diorites. Les diorites qui sont les plus anciennes, sont des roches grenues composées de plagioclases et souvent ne renfermant pas de quartz. Les granodiorites et monzogranites ont une origine crustale proche du granite. Ils présentent une répartition en complexe notamment au niveau de la Creuse. Ils se sont mis en place au Tournaisien (360 - 350 Ma). Enfin, les leucogranites, âgés le plus souvent du Namuro-Wesphalien (330 - 300 Ma), ont une origine purement crustale.

Les granodiorites et leucogranites se retrouvent sous forme de complexes ou parfois en pointements. Les diorites forment de petits massifs isolés le plus souvent en liaison avec les massifs granitiques.

Les granitoïdes représentent 53,6 % du socle avec 27,8 % pour les granites, 21,6 % pour les leucogranites et 4,2 % pour les autres roches plutoniques.

2) Les roches métamorphiques

Le socle métamorphique représente environ 43 % de la superficie du territoire limousin.

Les formations métamorphiques rencontrées correspondent à des unités lithostratigraphiques charriées les unes sur les autres. Parmi celles-ci, il est distingué :

- un **autochtone relatif** du Dévonien moyen correspondant à des micaschistes dépourvus d'intercalations,
- une « **unité inférieure de gneiss** », datée du Dévonien moyen,
- une « **unité ophiolitique** »,
- une « **unité d'anatexites** » ou **de migmatites** du Dévonien supérieur dérivant des gneiss,
- une « **unité supérieure de gneiss** » d'origine volcano-sédimentaire, sous forme de complexes, en Corrèze et en Haute-Vienne,
- une **unité** dite de « **Thiviers – Payzac** » de paragneiss dérivés de tufs volcanoclastiques.

Les roches métamorphiques composent 46,4 % du socle limousin avec 31,8 % pour les gneiss, 13,1 % pour les migmatites et 1,5 % pour les autres roches métamorphiques.

Dans le cadre du projet SILURES Limousin, une carte géologique à l'échelle du 1/250 000 a été réalisée à partir des cartes géologiques départementales harmonisées à l'échelle du 1/50 000

et de l'apport des interprétations des sondages géologiques et de la géophysique aéroportée (annexe 2). Afin de disposer d'un document plus synthétique mais toutefois représentatif de la géologie régionale, il a été aussi établi, par regroupement de certaines de ces unités, un nouveau fond géologique comprenant 67 unités lithostratigraphiques.

Deux visions encore plus simplifiées de cette géologie sont proposés par l'illustration 9 (regroupement en 18 classes) et l'illustration 10 (regroupement en 8 grands ensembles géologiques des classes de l'illustration 9).

4.1.2. Les formations sédimentaires

Les terrains sédimentaires (illustration 11) représentent environ 4 % du territoire limousin. Ils sont regroupés en quelques sous-ensembles :

- le **Bassin de Brive** au sud de la région; il comprend des successions détritiques grésoconglomératiques à intercalations carbonatées (du Stéphalien au Trias) ;
- le **Causse de Martel**, constitué des grands ensembles sédimentaires carbonatés du Jurassique inférieur (Hettangien) au Jurassique moyen (Bathonien) se poursuivant en Aquitaine et Midi-Pyrénées ;
- le **Bassin tertiaire de Gouzon** ;
- et des **petits bassins houillers** du Stéphalien localisés au niveau des accidents cassants des complexes granitiques.

Il existe aussi des formations plus discontinues comprenant les épandages détritiques du Cénozoïque (qui comblent les bassins d'effondrement et se retrouvent sous la forme de plaquages en domaines de socle et sédimentaire), les altérites et les formations alluviales.

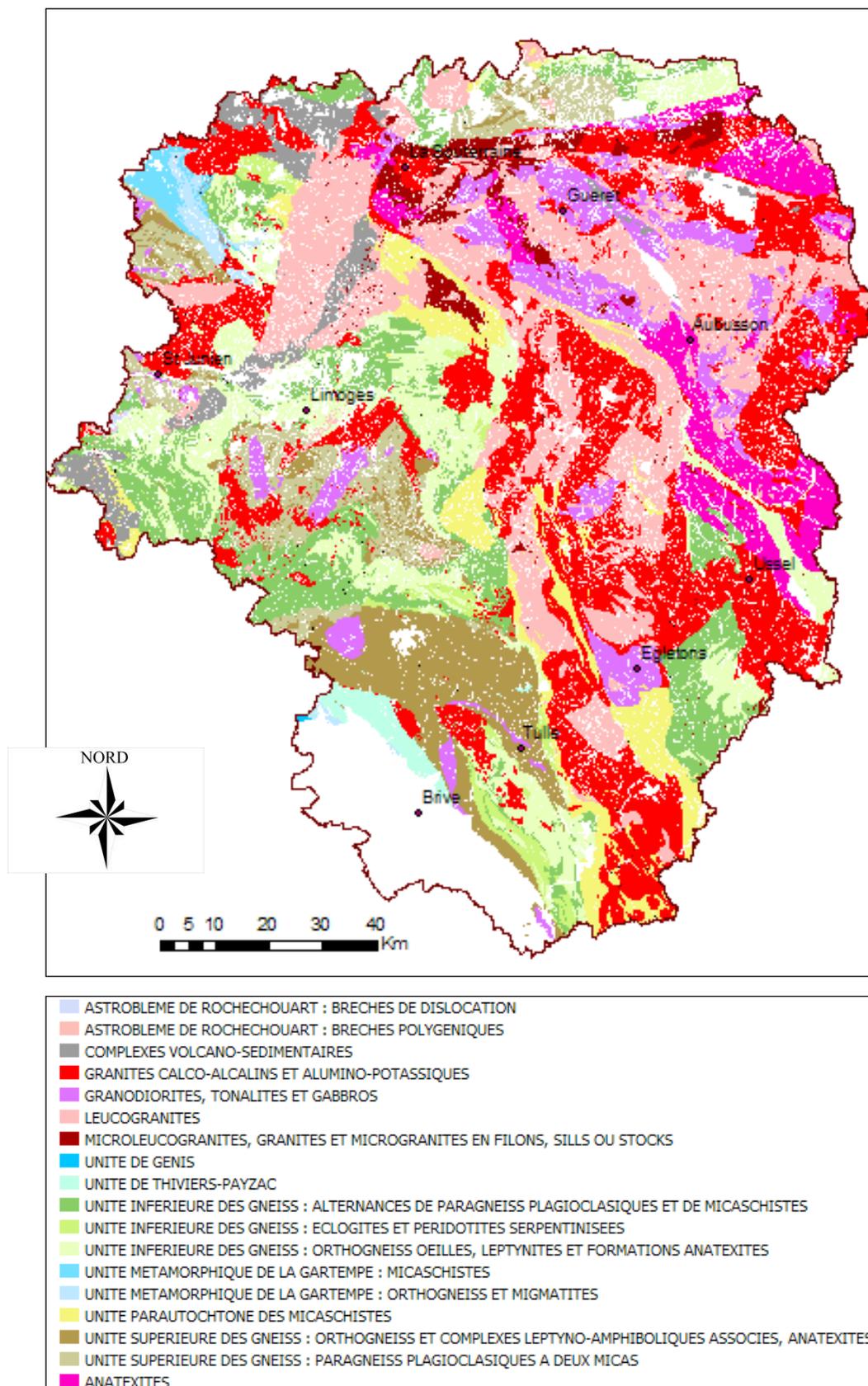


Illustration 9 - Géologie simplifiée des formations anté-triasiques formant le socle en région Limousin (d'après la carte au 1/250 000 établie dans le cadre du projet SILURES)

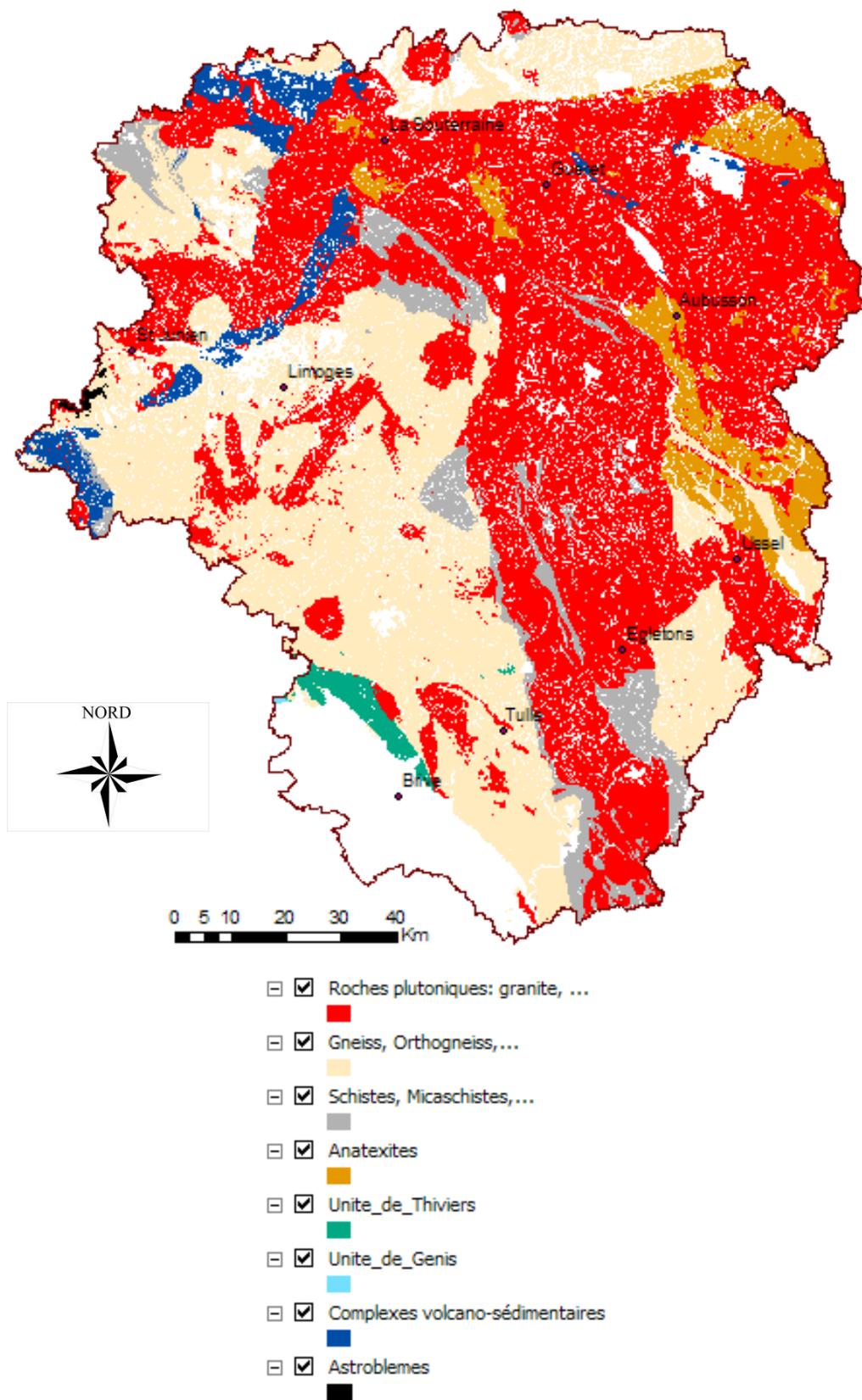


Illustration 10 – Simplification de la géologie du socle en région Limousin par regroupement des unités géologiques de l'illustration 9

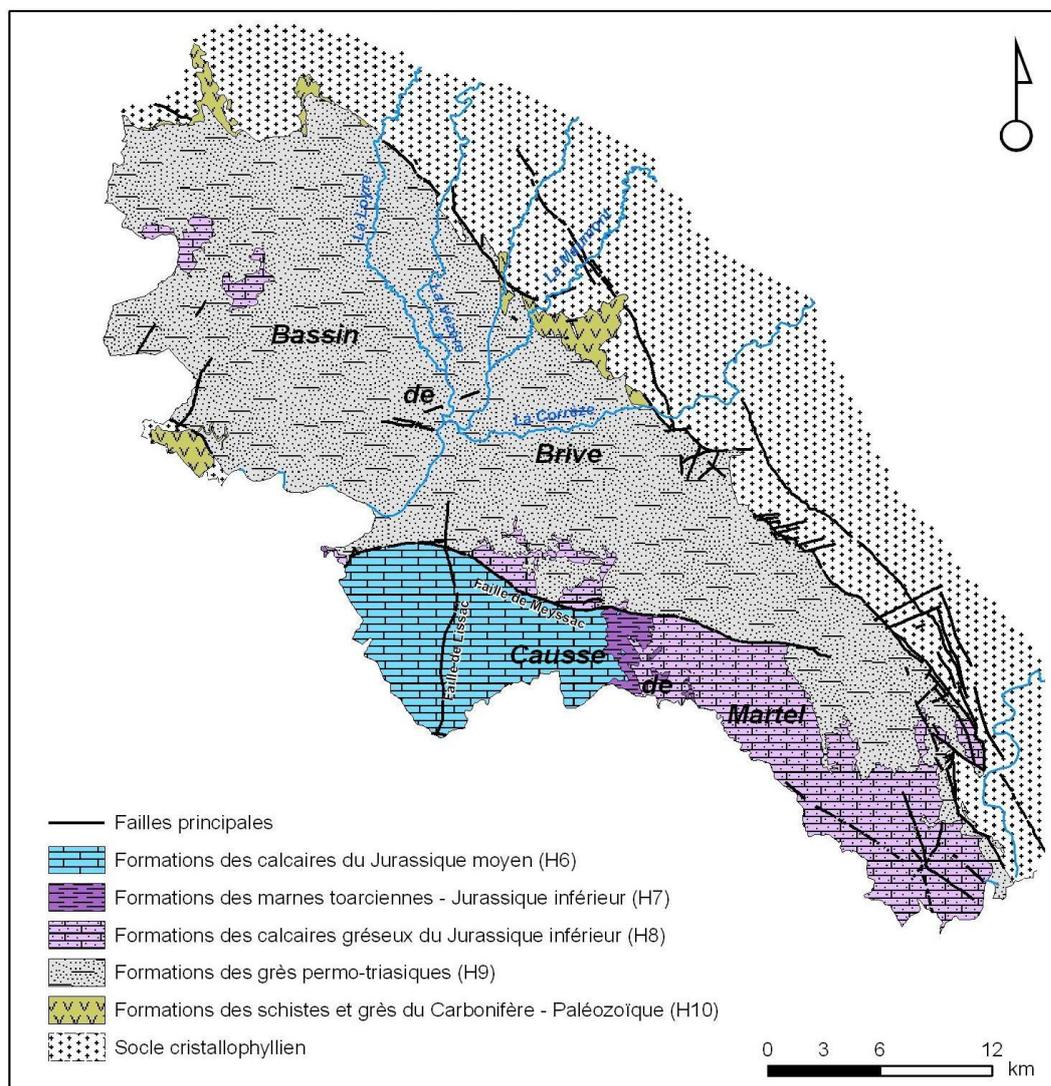


Illustration 11 - Schéma structural de la partie sédimentaire de la zone d'étude : Bassin de Brive et Causse de Martel

4.2. DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Les données et documents utilisés pour mettre en œuvre le découpage sont les suivants (cf. aussi les Références bibliographiques) :

- Cartes géologiques et leurs notices :
 - Carte géologique à 1/250 000 de la région Limousin ;
 - Carte géologique à 1/250 000 de la région Poitou-Charentes ;
 - Cartes géologiques harmonisées à 1/50 000 de la Haute-Vienne (87), de la Creuse (23) et de la Corrèze (19) pour le Limousin et de l'Indre (36) et du Cher (18) pour la région Centre ;
 - Cartes géologiques vectorisées à 1/50 000 limitrophes ;
- BD Carthage : limites des bassins versants (régions, secteurs, sous-secteurs et zones hydrographiques) sur les bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne. Edition 2008, version du 22/07/08, téléchargée le 01/05/09 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 de la zone d'étude en domaine cristallophyllien extraites de la « Banque Hydro » au 01/07/2009.
- Les données de forage (coupes géologiques, mesures hydrauliques) extraits de la Banque de données du Sous-Sol inclus dans la zone d'étude.
- Atlas pétrolier du Bassin Aquitain.
- Les informations bibliographiques : rapports et notes du BRGM, rapports d'études externes, thèses (P. Marchet, 1991 et P. Muet, 1985) cités en bibliographie.

4.3. TABLEAUX MULTI-ÉCHELLES

Un tableau multi-échelles a été construit, qui inclus le thème « Socle » et le thème « Sédimentaire » (annexe 1).

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.

4.3.1. Le thème « Socle »

Les entités des 3 niveaux (NV1, NV2, NV3) résultent d'un découpage en bassins versants (extraits de la BD-Carthage, cf. § 3.4). Le tableau identifie :

15 entités NV1, 42 entités NV2, 113 entités NV3

Dans ce tableau multi-échelles, conformément au principe d'ordonnement des formations, toutes les entités ont le même ordre absolu d'apparition (2000), supérieur à l'ordre d'apparition le plus grand du tableau multi-échelles des formations du Sédimentaire, puisque celles-ci reposent sur le socle.

4.3.2. Le thème « Sédimentaire » et le thème « Volcanisme »

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

Cette correspondance est réalisée en 2 étapes :

1) Dans une première étape, établissement de la correspondance stricte entre les entités hydrogéologiques de niveau régional et les formations géologiques régionales de la carte harmonisée de Corrèze à l'échelle 1/50 000.

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

Pour les séries sédimentaires paléozoïques et mésozoïques du Bassin Aquitain, il a été tenu compte des travaux effectués en régions Midi-Pyrénées et Aquitaine.

A partir des données recueillies (mentionnées ci-dessus, § 3.1.), de la description des formations de la carte géologique harmonisée de Corrèze à l'échelle du 1/50 000 et des tableaux multi-échelles élaborés en région Midi-Pyrénées et Aquitaine, un log « hydrostratigraphique » synthétique a été construit (Illustration 12). Le tableau multi-échelle du thème Sédimentaire en a été directement déduit (Annexe 1).

Remarque :

Hormis les formations superficielles rangées dans la surcouche du référentiel, les formations volcaniques sont considérées comme les plus superficielles de la pile « hydrostratigraphique » (ordre d'apparition absolu le plus petit).

EXTRAIT CARTE GÉOLOGIQUE HARRONNEE DE CORNEZE 1/50 000		EQUIVALENCES (M/3)			LIBELLÉ PROVISOIRE	
CODE	NOTATION	DESCRIPTION	MPY	AQ	LIM	
24	poSH	Piccola : bassins et dômes associés - volcanisme picote du SUD-HOLLER	N/A	N/A	HE-1	UNITÉ VOLCANIQUES PICOENES DU SUD-HOLLER
25	poCA	Piccola : bassin porphyrique noir en olive - volcanisme picote sur calcaire en				
26	poCA	Piccola : bassin mélanocristal de type silicémie - volcanisme picote supracristallin				UNITÉ VOLCANIQUES PICOENES DU CENTRAL
27	poCA	Piccola : bassin et dômes à lavue coarctée - volcanisme picote supracristallin				
28	poCA	Piccola : bassin porphyrique à olive - volcanisme picote supracristallin				
30	mé-Ca	Médiane supérieure (7 à 8 Ma) : provinces de Bortne-Ogues et dômes associés - volcanisme médiane du Centre				UNITÉ AQUIFERE DES CALCAIRES MCRITOLIQUES ET BIOLASTIQUES DU BATHONIEN SUP
35	35c	Bathonien supérieur : calcaires fins et biolastiques	H62427	H6243	HE-1	
36	35c	Bathonien moyen : calcaires à bancs minces				UNITÉ AQUIFERE DES CALCAIRES DU BATHONIEN
37	35c	Bathonien moyen : calcaires en plaquettes et marbres noirs				
38	35c	Bathonien moyen : calcaires coniques et biolastiques	H62428	H6244	HE-2	
39	3a	Bathonien inférieur : calcaires subthungieniques et marbres noirs, laminites plus abondantes au sommet				UNITÉ AQUIFERE DES CALCAIRES BIOLASTIQUES ET COLITOLIQUES DU BAUCIEN
40	3a	Baucien : calcaire conique massif	H62429	H6245	HE-3	
41	3a	Ashérien : calcaire roux-trépoint biolastique sur limonite à Gryphées baumontii (encore bauchoni)				UNITÉ IMPRÉVÉNABLE DES MARNES NOIRES D'UTRICHEN EN ADOUR-GARONNE
42	3a	Troglon : marnes noires devenant calcaires au sommet	H2241	H9241	HE-1	
43	3b2	Dornien supérieur : calcaires biolastiques et grès au rous, Gryphées et Pectens nombreux				UNITÉ AQUIFERE DES CALCAIRES GRÉSILUX DU DORNÉNIEN SUPÉRIEUR EN ADOUR-GARONNE
44	3b1	Dornien inférieur : marbres noirs micacés	H3041	H10043	HE-1	
45	3a	Stémurien : formations de Pannocet de Cavaignac : calcaires micacés à microfossiles (40-50 m), calcaires gréseux (45 m)	H3042	H10042	HE-2	UNITÉ SEMI-PERMIÉABLE DES MARNES ET CALCAIRES ANGLEUX DU COMIÈNIEN INFÉRIEUR
46	3a-b	Stémurien supérieur : alternance de calcaires coniques et de calcaires subthungieniques				UNITÉ AQUIFERE DES GRÈS ET CALCAIRES DE L'HEITTINGEN ET SÉNÉLIÈRE EN ADOUR-GARONNE
47	3a	Stémurien inférieur : alternance de calcaires et de dolomites	H3043	H10041	HE-3	
48	3a-b	Stémurien inférieur : calcaires et dolomites (2a). Heittingen supérieur : dolomites (10)				UNITÉ AQUIFERE DES GRÈS ET CALCAIRES DU PERMO-TRIAS EN ADOUR-GARONNE
50	11c	Heittingen supérieur / Formation de Cavaignac : dômes, calcaires et dolomites argileuses (150 m)				
51	11b	Heittingen inférieur / Formation du Mail (a) : grès verts et noirs et dolomites en dôme (2-20 m)				UNITÉ AQUIFERE DES GRÈS ET CALCAIRES DU PERMO-TRIAS EN ADOUR-GARONNE
52	11a	Trias congroméris et grès blancs				
55	1	Trias congroméris et grès blancs				UNITÉ AQUIFERE DES GRÈS ET CALCAIRES DU PERMO-TRIAS EN ADOUR-GARONNE
56	1-3	Saonco-Thungien : Grès de la Lougnac				
57	1-3c	Saonco-Thungien : Grès de la Ramble et Angles de Stouan				
58	1-3b	Saonco-Thungien : Grès de la Mayssat et Angles de la Barrière				
59	1-3a	Saonco-Thungien : Grès de Grémion				
60	1	Aulunien : mollière				UNITÉ SEMI-PERMIÉABLE DES GRÈS ET CONGLOMÉRATS DU PERMO-TRIAS EN ADOUR-GARONNE
61	1-10B	Aulunien : Grès gris de Brignac	H322b	H10241	HE-1	
62	1-10A	Aulunien : Grès rouges de Brive et Grès rouges supérieurs Grès de Viasc				UNITÉ SEMI-PERMIÉABLE DES GRÈS ET CONGLOMÉRATS DU PERMO-TRIAS EN ADOUR-GARONNE
63	1-10C	Aulunien : niveau calcaire supérieur				
64	1-10D	Aulunien : Grès à Viasc				UNITÉ SEMI-PERMIÉABLE DES GRÈS ET CONGLOMÉRATS DU PERMO-TRIAS EN ADOUR-GARONNE
65	1-10E	Aulunien : Grès de Quarcroche et Grès rouges inférieurs				
66	1-10F	Saprenien (?) : Formation non consolidée à blocs arrondis monogéniques de tourterelles, avec marces sabuleuses				UNITÉ SEMI-PERMIÉABLE DES GRÈS, CONGLOMÉRATS ET SCHISTES STEPHANIENS EN ADOUR-GARONNE
67	1-10G	Saprenien : conglomérats, sables et grès incolores				
68	1-10H	Saprenien inférieur : sables et grès	H334 + H342	H10241	HE-1	
69	1-10I	Saprenien inférieur : sables et grès				UNITÉ SEMI-PERMIÉABLE DES GRÈS, CONGLOMÉRATS ET SCHISTES STEPHANIENS EN ADOUR-GARONNE
70	1-10J	Saprenien inférieur : sables et grès				
71	1-10K	Saprenien (?) : pseudoconglomérats (travertins, moellons < 10 mètres)				

Illustration 12 - Log hydrostratigraphique du thème Sédimentaire en région Limousin, établi à partir des correspondances entre les formations sédimentaires en région Limousin et les entités identifiées en région Midi-Pyrénées et Aquitaine – (Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).

4.4. DÉCOUPAGE DES ENTITÉS DU THÈME SOCLE

4.4.1. Rappel de la méthodologie préconisée dans le guide national

Entités NV1

Le découpage est réalisé en suivant les bassins versants des grands cours d'eau. Eventuellement, les petits bassins côtiers peuvent être regroupés en ensemble. 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. Difficultés d'application

Cette 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, Mars 2009, page 65) :

« Au niveau des entités de niveau NV3, un recouvrement peut exister : quand elles existent, les altérites sont situées au-dessus de l'horizon fissuré des roches de socle (ces deux couches sont potentiellement aquifères). Comme les altérites n'ont été levées que sur certaines cartes

géologiques et sur la base de connaissances anciennes hétérogènes, ces formations ne peuvent faire l'objet d'un traitement abouti au niveau NV3. Les placages importants cartographiés sont néanmoins pris en compte dans la partie « sédimentaire » du travail réalisé.

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

Cas du Limousin

Sur l'ensemble de la région Limousin (16 942 km²), les informations compilées (données BSS, et documents consultés) n'ont permis de recueillir que 387 valeurs de débit spécifique (illustration 13), soit environ 1 donnée pour 64 km².

En comparaison, en Bretagne, pour le projet « SILLURES Bretagne », l'étude a été menée sur 10 649 valeurs de débits spécifiques, pour une superficie de la région de 28087 km², soit environ 1 donnée pour 2,6 km².

Alternative de découpage

La méthode, applicable à l'ensemble du territoire pour le découpage de niveau 3, consiste à subdiviser les « entités - bassins versants » de niveau 2 en sous - bassins (sous-secteurs ou Zones-Hydrographiques BD-Carthage), à les caractériser en fonction des données disponibles (lithologie, hydrogéologie) et à les regrouper éventuellement lorsque des bassins voisins présentent une similitude relativement aux descripteurs utilisés pour les caractériser.

4.4.3. Démarche suivie en région Limousin

La première étape du découpage des entités de socle a été d'établir la limite socle – sédimentaire sur le pourtour du secteur d'étude. Ces contours ont été tracés à partir des cartes harmonisées à 1/50 000 disponibles pour les régions Centre et Limousin, des cartes vectorisées à 1/50 000 des départements de la Vienne et de la Dordogne et de la carte géologique vectorisée du Poitou-Charentes à 1/250 000.

Les entités transrégionales ont été prolongées vers les régions Poitou-Charentes, Centre et Auvergne.

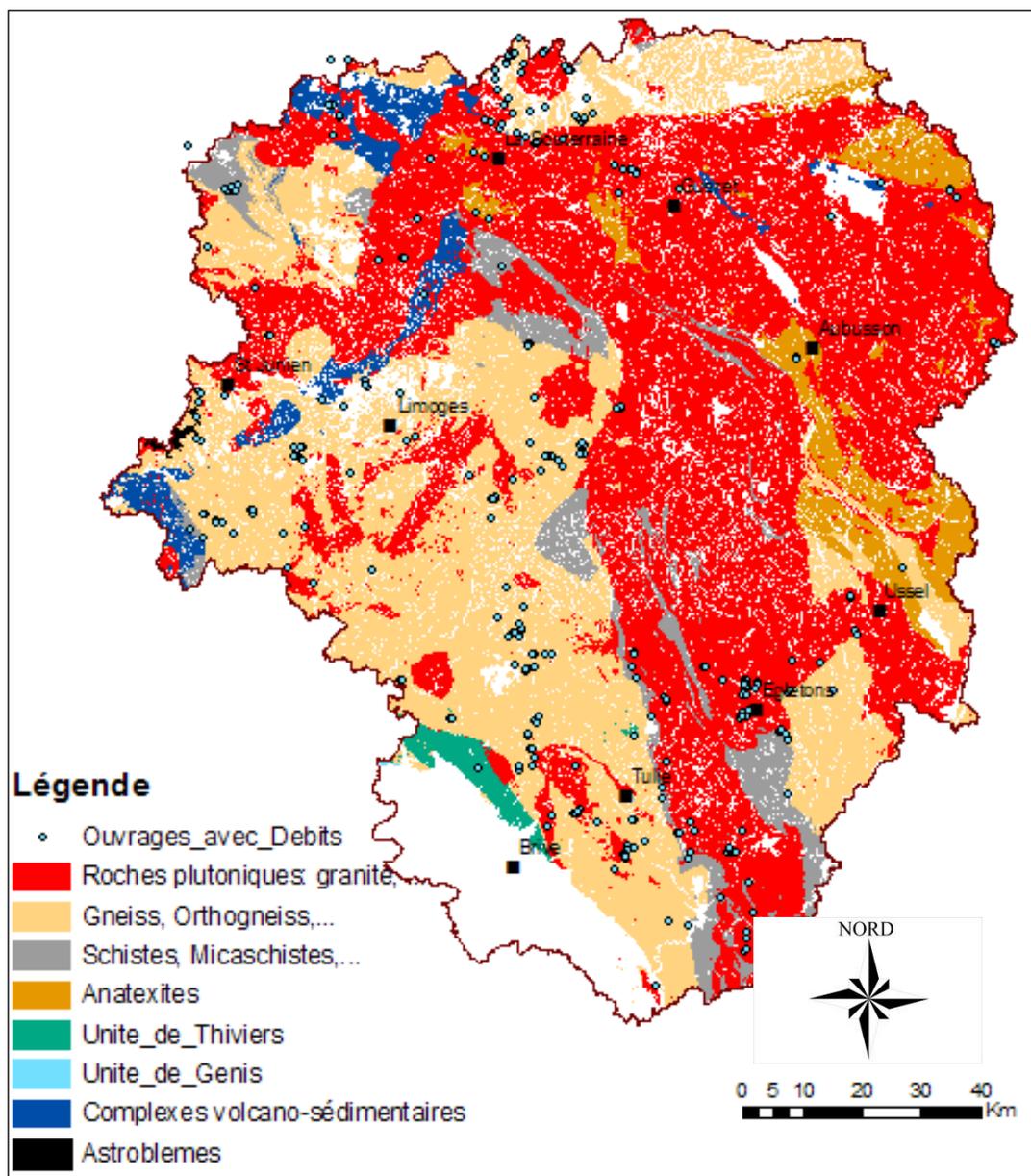


Illustration 13 – Localisation des forages caractérisés par une valeur de débit spécifique (387 forages)

a) Entités NV1

Elles ont été constituées à partir des **secteurs hydrographiques** de la BD Carthage pour les bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne (tableau de l'illustration 14).

SECTEUR	LIBELLE
201	Socle du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de la Vienne (inclus) à la Maine (exclus)
203	Socle du Massif Central dans le bassin versant de la Loire de sa source à la Vienne (exclus), rive gauche de l'Allier
372	Socle du bassin versant de la Dordogne

Illustration 14 - Tableau récapitulatif des secteurs hydrographiques sélectionnés

La limite socle – sédimentaire sur le pourtour de la région (nord, ouest et sud) a été tracée à partir des cartes harmonisées à 1/50 000 disponibles pour les régions Centre et Limousin, des cartes vectorisées à 1/50 000 des départements de la Vienne et de la Dordogne et de la carte géologique vectorisée de Poitou-Charentes à 1/250 000. Les bassins de la BD Carthage préalablement sélectionnés ont ensuite été découpés selon ce contour.

b) Entités NV2

La délimitation des entités NV2 a nécessité plusieurs étapes :

- subdivision des entités NV1 selon les contours des sous-secteurs hydrographiques de la BD Carthage ;
- calcul du débit d'étiage spécifique (QES en l/s/km², défini au § 3.4.1 ci-dessus) sur les stations hydrométriques situées le plus à l'aval des cours d'eau et, si possible, avec un historique de données d'au moins 10 ans ;
- regroupement des bassins contigus situés dans la même entité NV1 et de même classe de QES.

Les stations hydrographiques utilisables ne permettant de caractériser que 14 sous-secteurs hydrographiques de la BD Carthage sur les 96 compris dans les entités NV1, il a été décidé d'exploiter également les stations qui renseignaient des bassins versants plus étendus (regroupant plusieurs sous-secteurs) ainsi que les bassins versants de plus petite surface (regroupant une ou plusieurs zones hydrographiques). Ainsi, 57 bassins versants dont beaucoup se recouvrent, ont pu être caractérisés.

Les **débits d'étiage spécifiques** ont été calculés à partir des VCN10 et des superficies des bassins (données DIREN) pour les 57 bassins versants sélectionnés. (Illustrations 15 et 16). Pour ce traitement, les stations hydrométriques sélectionnées sont celles situées le plus à l'aval des cours d'eau, et avec au moins 10 années de mesures si possible. Les bassins versants de la BD Carthage ne correspondant généralement pas aux bassins versants des stations de jaugeage, une tolérance a été admise : superficie équivalente à +/- 10 %.

Le tableau de codification des bassins a été complété pour y intégrer les valeurs du débit d'étiage spécifique et le nom de la station ayant permis le calcul.

Pour la détermination des seuils de QES, l'avis d'un expert (Patrick Fayard, DIREN Limousin, SEMA / Cellule hydrométrique) a été pris en compte. Ce dernier a jugé de la pertinence des

seuils définissant les quatre classes de QES mais surtout il a écarté les cours d'eau sous influence anthropique (barrages ou prélèvements). Après ce premier tri, seulement 40 stations se sont avérées exploitables. En effet, celles localisées sur le cours de la Dordogne, de la Vézère, de la Vienne, du Taurion, de la Gartempe se sont révélés inutilisables à cause de la gestion anthropique des cours d'eau.

Les regroupements effectués et le découpage final ont été soumis la DIREN Limousin (Patrick Fayard, SEMA / Cellule hydrométrie).

Les entités NV2 sont illustrées par des contours bleus (illustration 17).

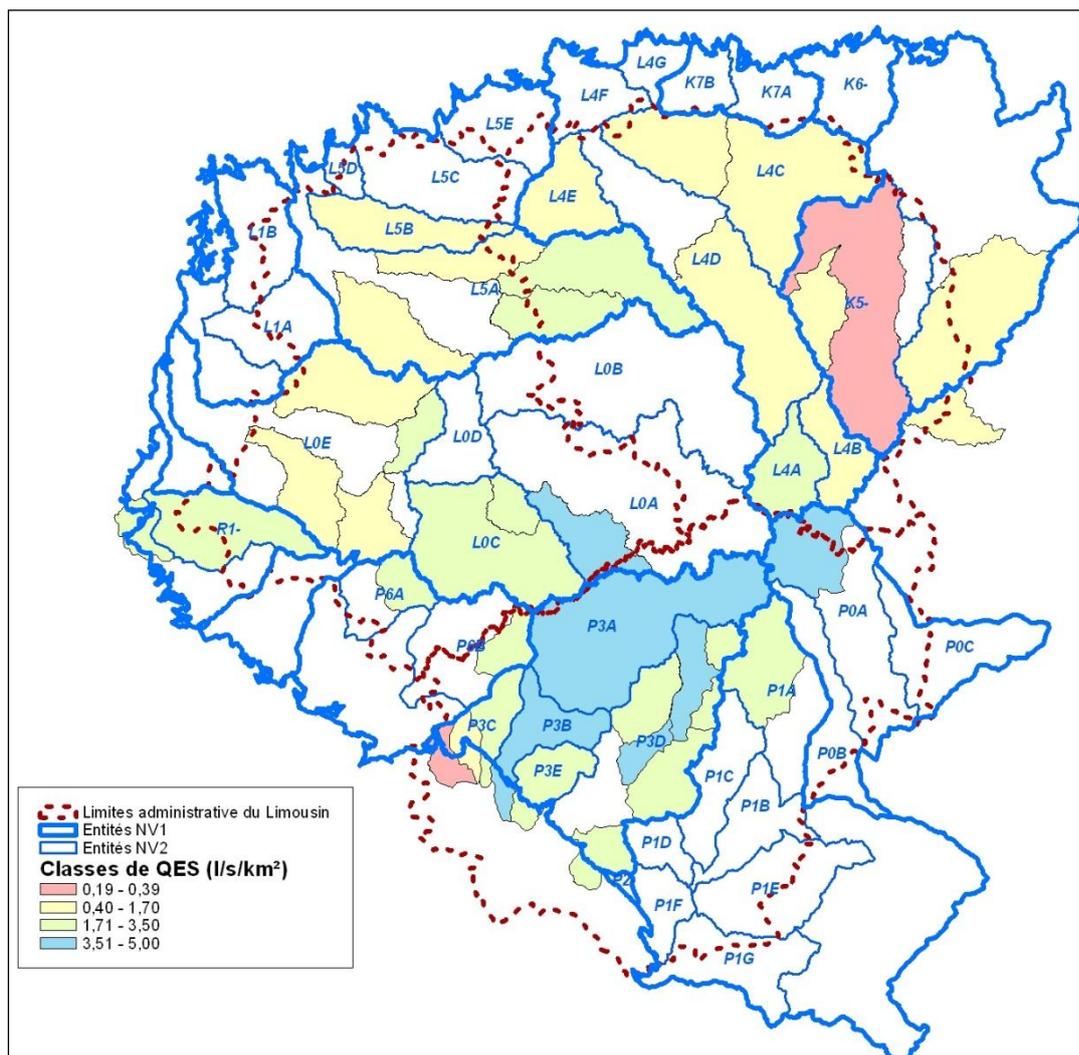


Illustration 15 – Entités du socle de niveau 2

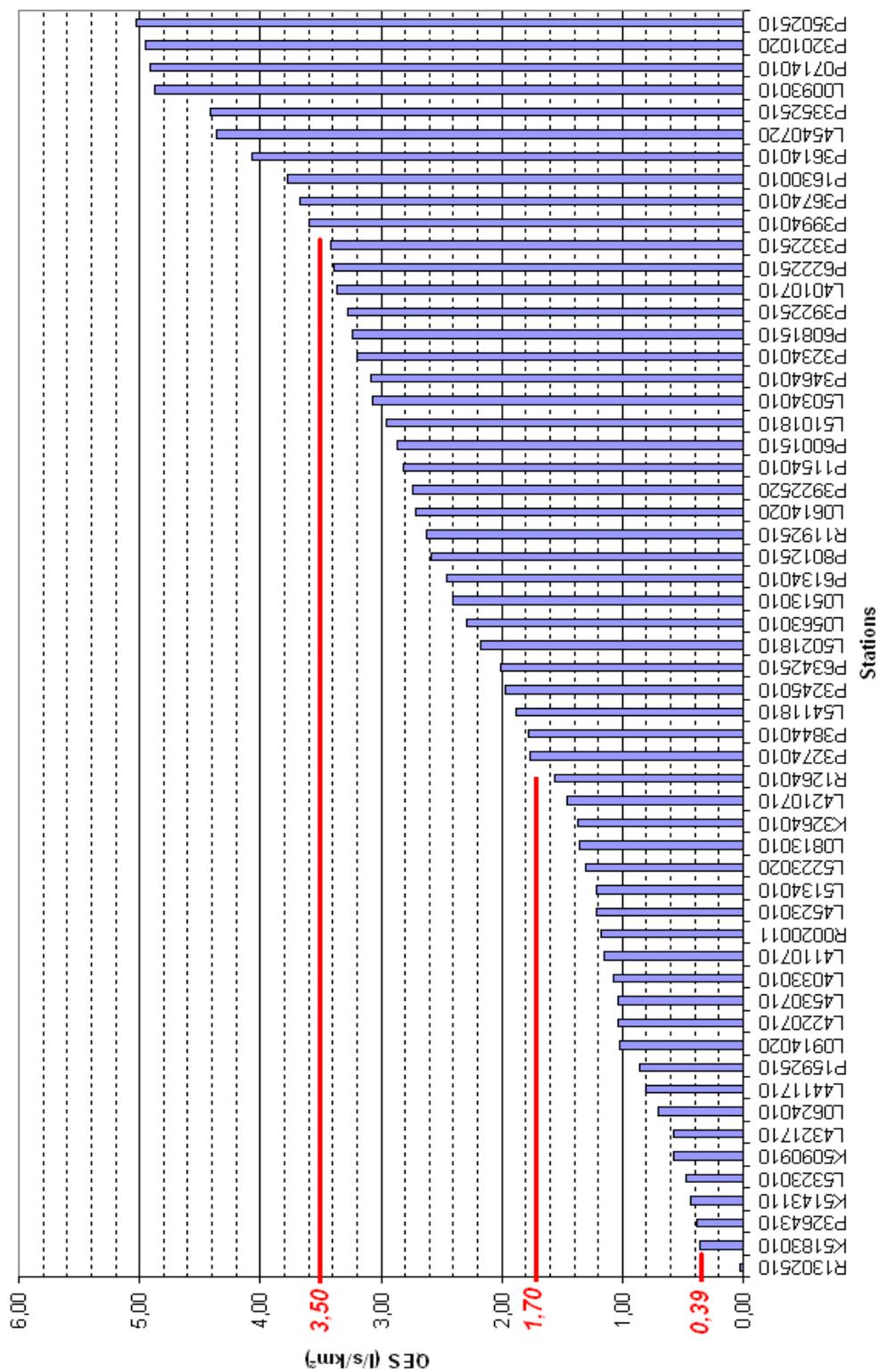


Illustration 16 – Classement des débits spécifiques d'étiage.

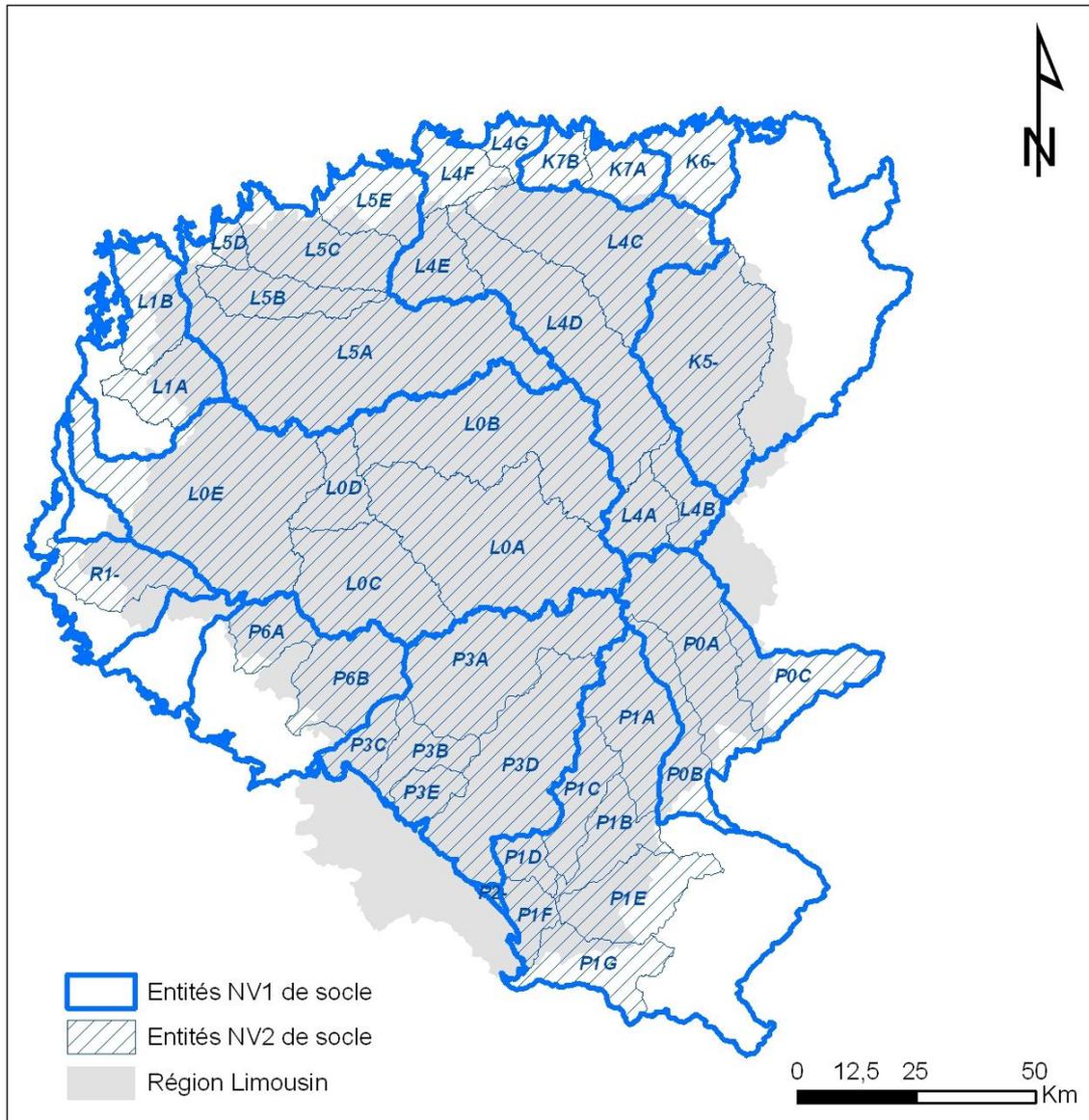


Illustration 17 - Entités du socle de niveau 2- (Cette figure a été réalisée avec les anciens codes et libellés d'entités).

c) **Entités NV3**

La complexité des formations cristallophylliennes du Massif central et le manque de données n'a pas permis d'appliquer la méthodologie initialement préconisée pour le découpage des entités NV3 de socle et appliquée en année 2 du projet dans les départements de la Sarthe et du Maine-et-Loire.

Comme indiqué au § 3.4.2, le découpage des entités NV3 a donc été réalisé par subdivisions des bassins versants NV2 (BV-NV2) en partant des zones hydrographiques (ZH) de la BD Carthage.

Ces zones hydrographiques ont été regroupées au sein d'une même entité NV2 si, pour deux unités contiguës :

- la lithologie dominante était similaire. Cette lithologie a été établie à partir de la cartographie géologique régionale à l'échelle du 1/250 000 (projet SILURES Limousin) ; deux classes ont été constituées regroupant :

- les **formations métamorphiques** : schistes, micaschistes, paragneiss, leptynites, orthogneiss, anatectites, amphibolite, ainsi que tous les intermédiaires (complexe leptyno-amphibolique, paragneiss fin, orthogneiss migmatitique, etc.) ;
 - les **formations plutoniques** : leucogranite, granite, granodiorite, monzogranite, syénite, monzonite, diorite ainsi que tous les intermédiaires.
- la morphologie du bassin versant était similaire (taille, allongement, densité du réseau, etc.).

Un exemple de regroupement est présenté par l'illustration 18.

A l'issue de ce traitement, **113 entités NV3 ont pu être délimitées** (illustration 19) avec une superficie comprise entre 6 et 610 km². Lorsque ces entités appartenaient à des unités géomorphologiques particulières du Limousin, celles-ci ont été précisées dans le libellé de l'entité NV3.

Remarque

Les formations détritiques du Stéphien et du Cénozoïque remplissant les bassins d'effondrement intra-cristallins, bien qu'étant d'origine sédimentaire, sont traitées dans le thème Socle et ont prises en compte dans la caractérisation des entités NV3 (Annexe 1) pour plus de cohérence.

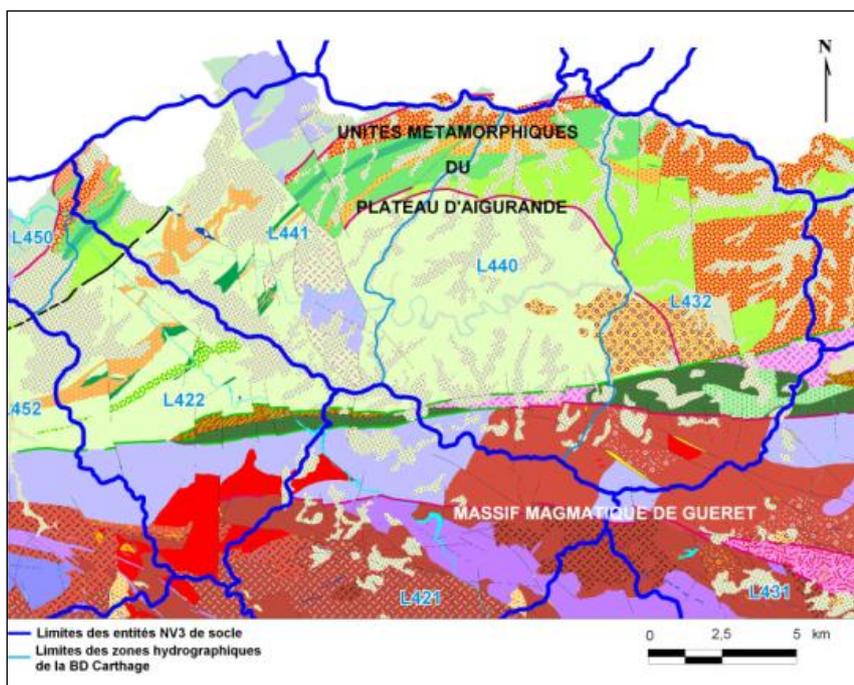


Illustration 18 – Exemple de regroupement de bassins versants pour former une entité NV3 (Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).

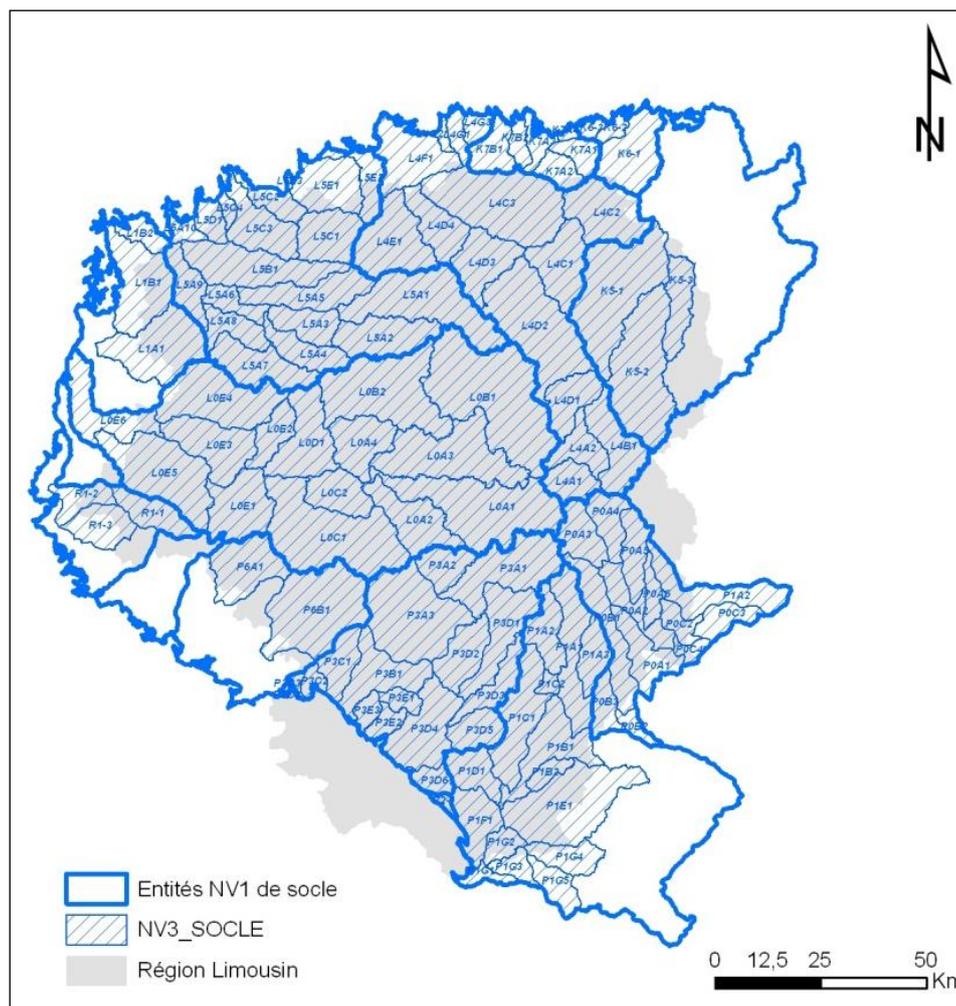


Illustration 19 - Entités du socle de niveau 3- (Cette figure a été réalisée avec les anciens codes et libellés d'entités).

4.4.4. Le potentiel aquifère du socle du Limousin

a) Cartographie du potentiel aquifère du Limousin

Les entités NV3 délimitées ont pu être caractérisées en utilisant la carte du « *Potentiel hydrogéologique* » du Limousin réalisée dans le cadre du projet SILURES Limousin module 1 (rapport BRGM RP-57901-FR).

Cette carte des potentialités a été obtenue par croisement entre une carte des potentialités aquifères théoriques (établie d'après des critères pétrographiques) et une carte de l'âge de l'altération des formations.

Les formations sédimentaires (Bassin de Brive, petits bassins carbonifères, alluvions, formations superficielles) ont été exclues de la cartographie; les filons aussi, en raison de leur petite taille.

Pour hiérarchiser les terrains en fonction de leur potentiel aquifère, 5 classes de « favorabilité » ont été définies (tableau de l'illustration 20 et carte de l'illustration 21).

Les formations géologiques situées dans l'emprise des profils d'altération antérieurs au Lias ont été affecté d'un code de favorabilité de 1 (défavorable), quelle que soit leur composition pétrographique.

code	Légende	Superficie totale (km ²)	Superficie totale (%)
0	Formations non concernées par la classification (formations sédimentaires, formations superficielles, filons)	2 315	13,5
1	Défavorable	741	4,3
2	Peu favorable	1 399	8,1
3	Favorable	4 547	26,4
4	Très favorable	4 950	28,8
5	Extrêmement favorable	3 252	18,9
total		17 204	100

Illustration 20 – Potentiel aquifère du socle exprimé par 5 classes de favorabilité.

Les formations favorables, très favorables et extrêmement favorables couvrent 12 750 km², soit 74 % de la superficie totale de la région ; les formations très favorables et extrêmement favorables couvrent 8 200 km², soit 48 % de la superficie totale de la région.

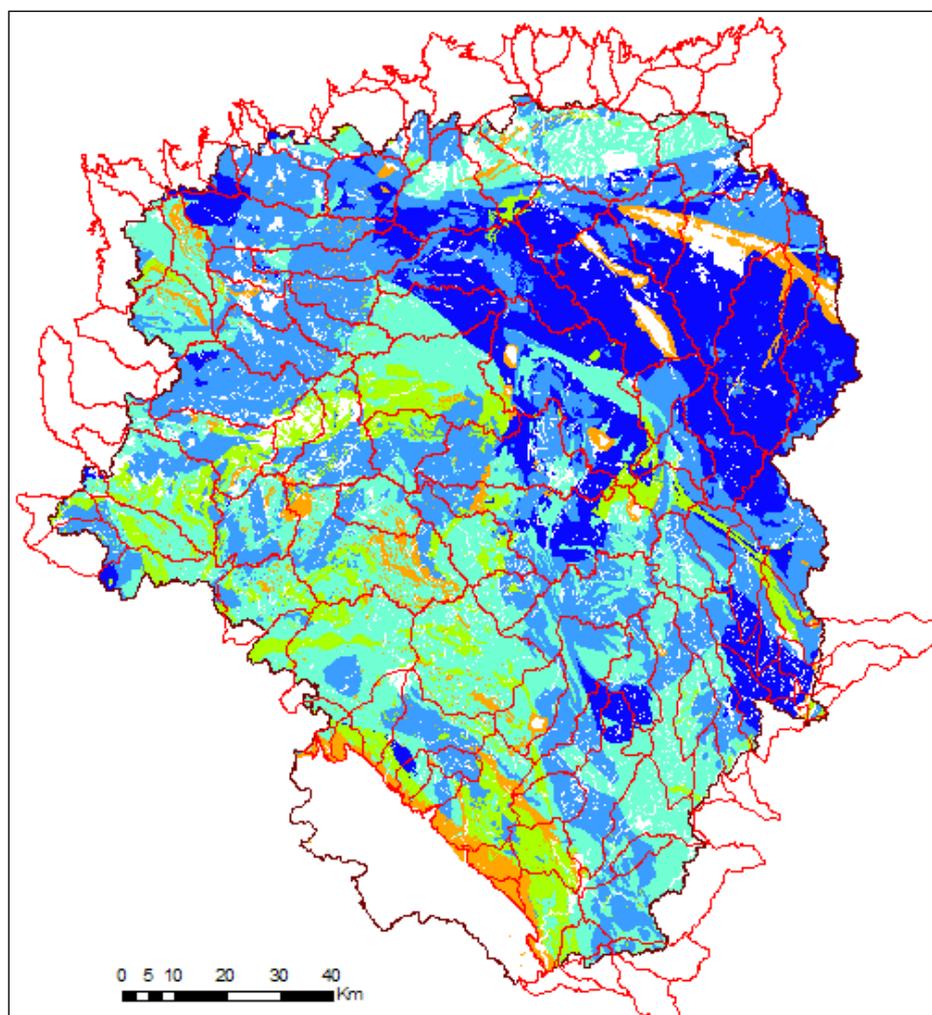


Illustration 21 – « Potentiel hydrogéologique » des formations de socle du Limousin (Projet SILURES Limousin, rapport BRGM RP-57901-FR)

b) Caractérisation des entités NV3 par le critère favorabilité

Cette caractérisation a été faite avec Arc Gis par intersection de la carte du « potentiel hydrogéologique » (illustration 22) avec la carte des entités NV3. Puis, une suite d'opérations :

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

permet d'aboutir à une carte et à une table attributaire associée où chaque entité NV3 est caractérisée par un pourcentage de « favorabilité » (illustration 23). Les classes de favorabilité 4 et 5 ont été regroupées, de même que les classes 1 et 2.

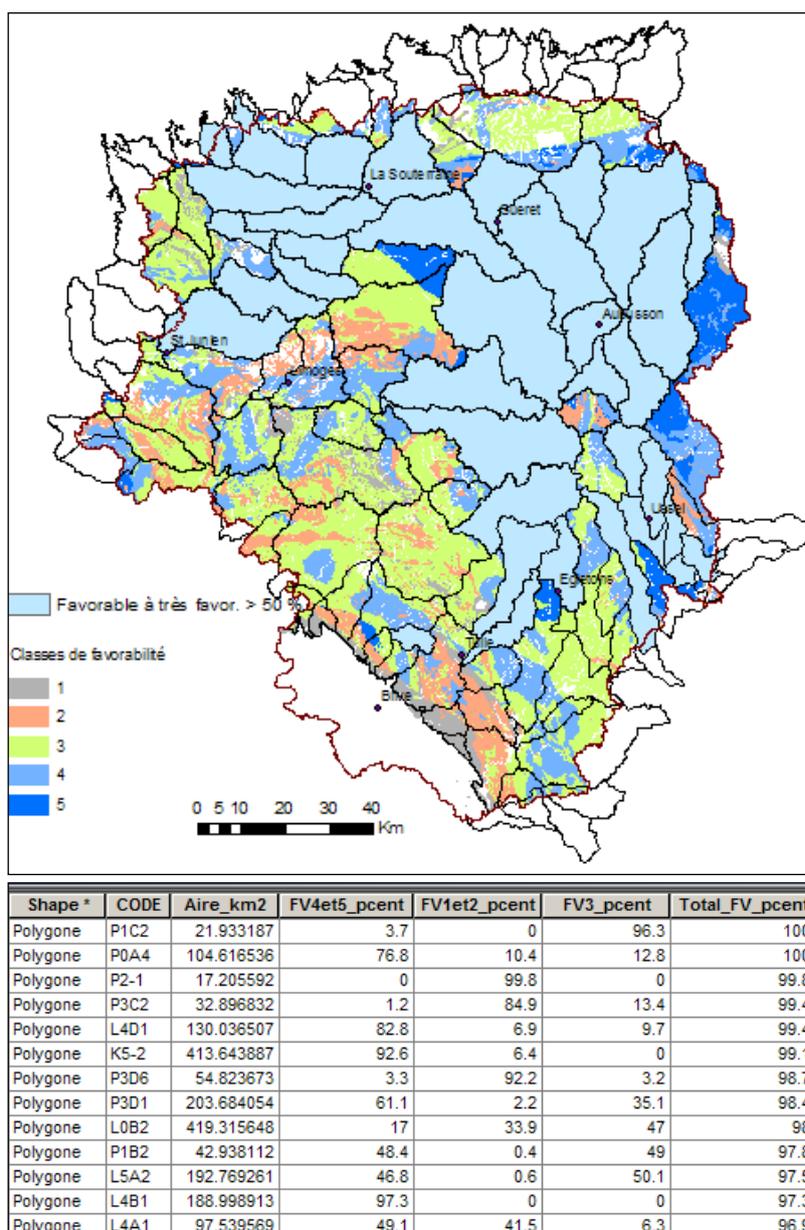


Illustration 22 – Caractérisation des entités NV3 de socle par leur potentiel aquifère (critère « favorabilité » issu du projet SILURES Limousin)-(Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).

4.5. DÉCOUPAGE DES ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE

Les parties affleurantes de chaque entité identifiée dans le tableau multi-échelles ont été extraites de la carte géologique harmonisée vectorisée au 1/50 000 de la Corrèze. Ces polygones sont ensuite regroupés dans une couche SIG propre à chaque entité et fusionnés (une entité = 1 table). Le découpage de ces parties affleurantes a parfois nécessité une extension de leurs contours, principalement sous les alluvions récentes, les éboulis, colluvions, Le travail de découpage a été réalisé avec Arc Gis.

L'extension latérale des parties sous couvertures a été définie à partir des données des forages extraits de la Banque de données du Sous-Sol (BSS), de l'atlas pétrolier de la « *Géologie du Bassin Aquitain* », des travaux réalisés dans le cadre du Référentiel Hydrogéologique pour les régions Midi-Pyrénées et Aquitaine et des thèses de P. Marchet (1991) et P. Muet (1985) traitant plus particulièrement du Causse de Martel. Au sud, les entités ont été découpées par la limite administrative régionale, le relai étant pris par les travaux effectués dans les régions Aquitaine et Midi-Pyrénées.

4.5.1. Formations du Paléozoïque (Carbonifère et Permien) et du Trias

Ces formations, les plus anciennes en Limousin pour le thème sédimentaire, apparaissent à la faveur de bassins compartimentés par des failles et enclavés dans le socle cristallophyllien ou formant sa bordure. Seules les formations de grande extension, affleurant largement au niveau du Bassin de Brive et se prolongeant sous le Causse de Martel (Corrèze), ont été intégrées dans le thème Sédimentaire.

Remarque : les grabens intra-cristallins ont été rattachés au thème Socle.

a) Les formations du Carbonifère (Stéphanien)

Les formations du Carbonifère se présentent sous la forme d'épandages volcano-détritiques rhyolitiques ou trachytiques de faible épaisseur (< 10 mètres) surmontés par un conglomérat de base. Il en résulte une importante série de dépôts détritiques schisto-gréseux et arkosiques à intercalations riches en houille.

Une seule entité, classée semi-perméable, a été délimitée au niveau local : Schistes, grès et conglomérats du Stéphanien du bassin Adour-Garonne 368AA-(H10-1) (Illustration 23). Aucun forage n'a permis d'établir leur extension latérale sous les formations du Permien.

b) Les formations du Permo-Trias (Permien et Trias)

Les formations du Permien et du Trias sont largement représentées dans le Bassin de Brive et leur extension est vraisemblable sous le Causse de Martel. Les dépôts détritiques permien sont majoritairement représentés par des formations gréseuses lenticulaires au sein desquelles alternent des bancs lenticulaires de grès argileux, de psammites et des niveaux plus calcaires voire bitumineux. Les conglomérats et grès blancs du Trias, constituent avec les formations permien sous-jacentes un puissant aquitard.

Une seule unité, classée semi-perméable a été délimitée pour cet ensemble : dolomies, grès et argilites du permo-trias du Bassin Aquitain 366AA-(H9-1) (Illustration 24).

La faille de Meyssac, délimitant le Bassin de Brive et le Causse de Martel, décale ces formations en profondeur. La continuité et la présence de cette entité sous les formations d'âge Jurassique du Causse de Martel n'est pas avérée. Mais, conformément aux données de l'atlas « *Géologie du Bassin Aquitain* » et au Référentiel Hydrogéologique de la région Midi-Pyrénées, cette entité est supposée continue vers le sud jusqu'à la limite de la zone d'étude.

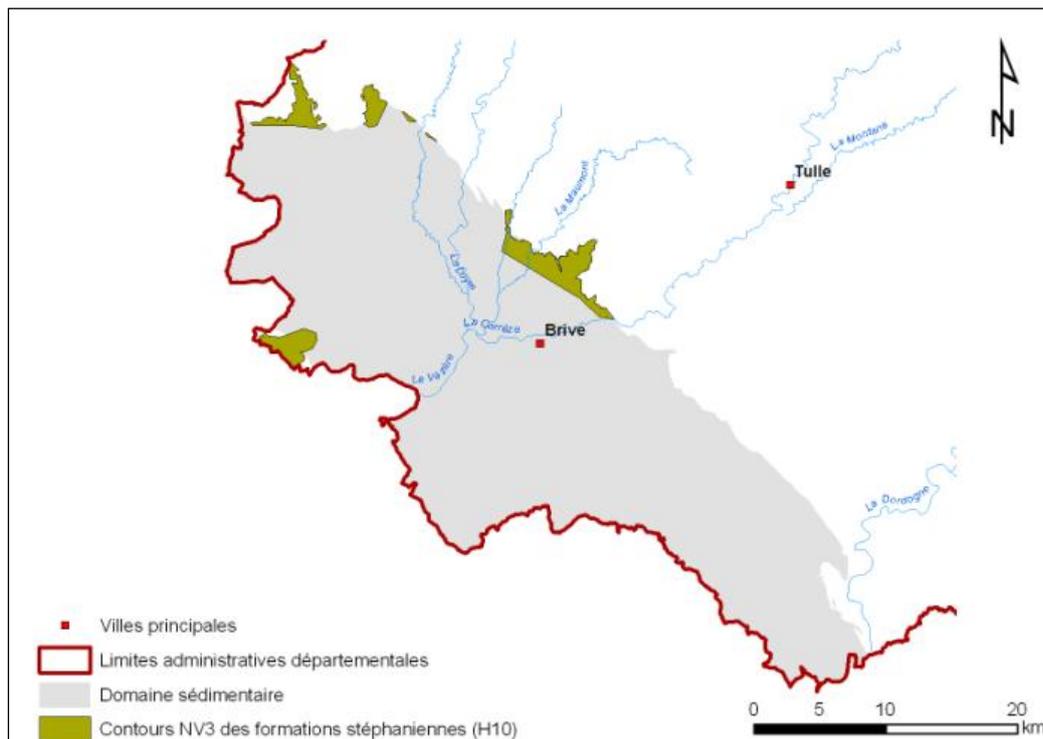


Illustration 23 – Entité NV3 regroupant les formations du Stéphanien-(Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).

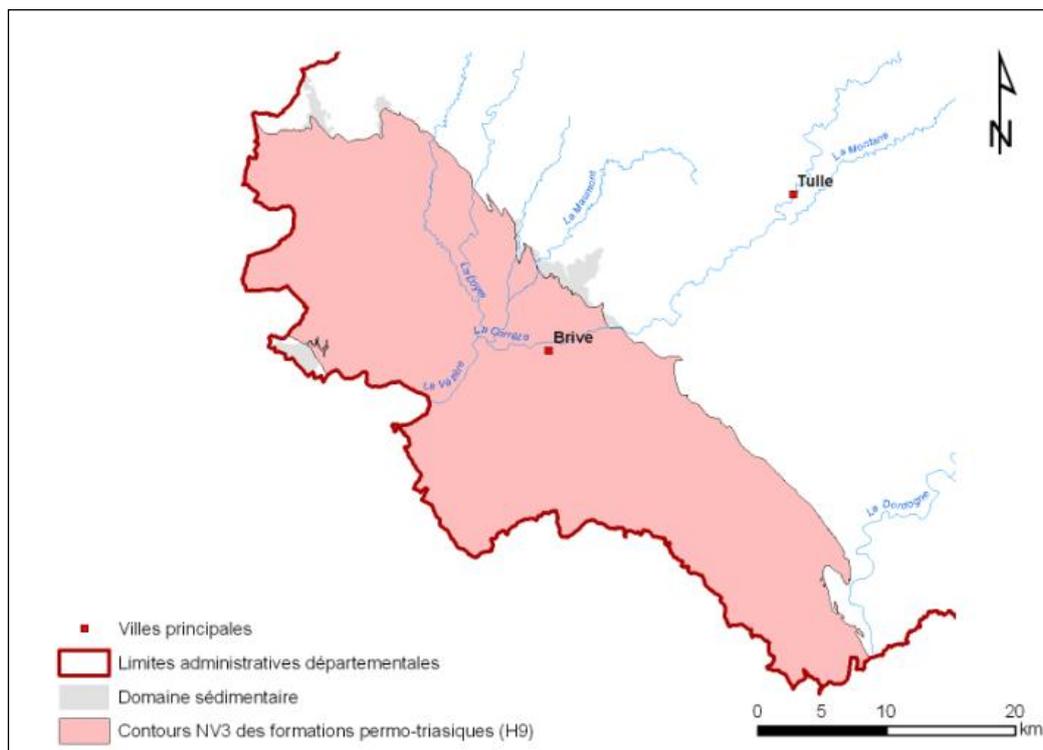


Illustration 24 – Entité NV2 correspondant aux formations permo-triasiques -(Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).

4.5.2. Formations du Jurassique

Les formations du Jurassique occupent l'extrême sud-ouest du département de la Corrèze. Elles recouvrent une petite partie des formations permo-triasiques du Bassin de Brive au nord de la faille de Meyssac et elles s'étendent vers le sud pour former le Causse de Martel qui se prolonge jusqu'à la Dordogne en région Midi-Pyrénées.

Les formations les plus basales, reposant sur l'aquitard permo-triasique, s'enfoncent rapidement et profondément dans le Bassin Aquitain, ce qui rend difficile leur délimitation. Le découpage s'est appuyé sur les travaux effectués dans les régions Midi-Pyrénées et Aquitaine.

a) Les formations aquifères du Jurassique inférieur (Lias inférieur et moyen)

Les formations aquifères du Lias inférieur à moyen sont décrites comme un ensemble de type multicouche délimité par les unités imperméables ou semi-perméables du Trias, du Pliensbachien (Carixien à Domérien moyen) et du Toarcien. Ce sont les seules formations d'âge Jurassique identifiées au nord de la faille de Meyssac.

La première entité aquifère correspond aux grès et calcaires de l'Hettangien – Sinémurien (362AA03) dont le mur semi-perméable est constitué par les formations détritiques du Trias. Les marno-calcaires du Carixien et du Domérien inférieur forment le toit semi-perméable de cette entité (362AA02), la séparant de l'entité aquifère des calcaires gréseux du Domérien supérieur (362AA01).

Ces deux entités aquifères, délimitées par une entité semi-perméable, ont été regroupées à l'échelle régionale (Calcaires, grès, dolomies et anhydrite de l'Infra-toarcien du sud du Bassin Aquitain 362AA (H8). Elles apparaissent très largement à l'affleurement, en particulier à la faveur des failles de Meyssac et de Lissac qui les mettent en contact avec les formations aquifères du Jurassique moyen (Illustration 25).

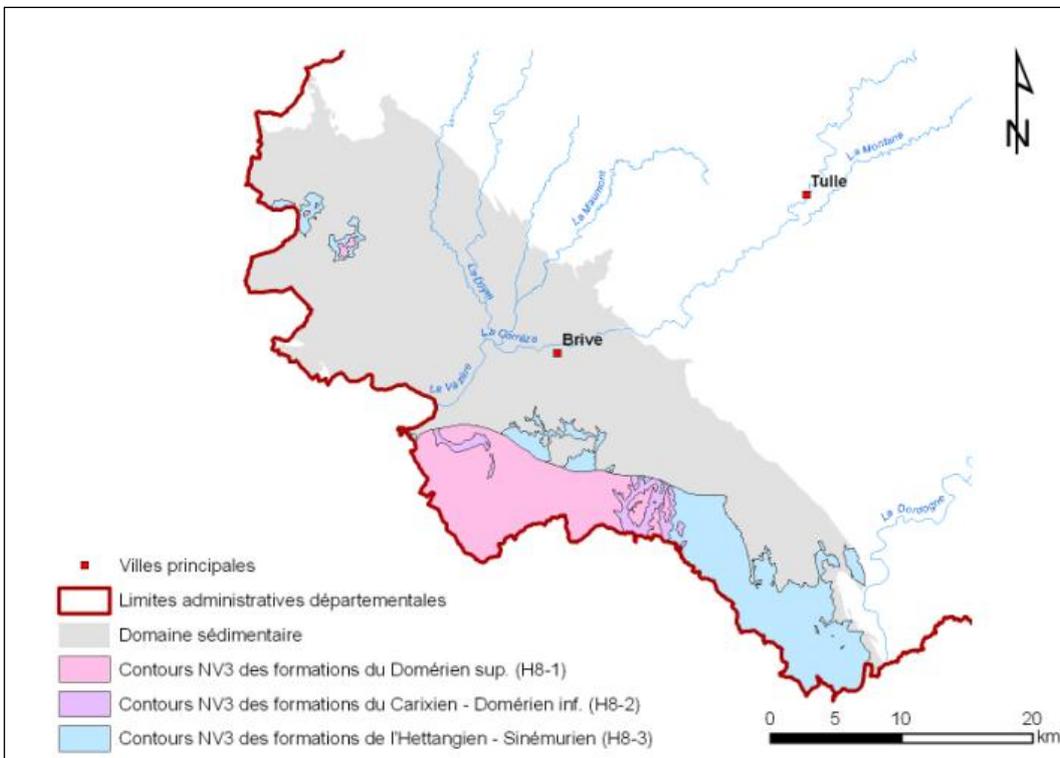


Illustration 25 – Entités NV3 du Jurassique-(Cette figure a été réalisée avec les anciens codes et libellés d'entités).

b) Les formations du Toarcien (Lias supérieur)

Les marnes toarciennes (appelées couramment « *schistes cartons* » à l’affleurement) forment un mur imperméable au sein de l’ensemble Jurassique, majoritairement aquifère. Une seule entité locale a été individualisée : 360AA01 **H7-1**, correspondant aux entités régionales Marnes du Toarcien du Bassin Aquitain (360AA -**H7**).

Cette formation sépare l’aquifère du Jurassique inférieur (362AA-**H8**) de l’aquifère du Jurassique moyen (368AE-**H6**). Néanmoins, des communications entre ces deux aquifères peuvent se produire à la faveur de la fracturation ou de failles à fort rejet vertical : faille de Meyssac et de Lissac (Illustration 26).

Au nord de la région Limousin, des plaquages de marnes toarciennes reposent sur le socle. D’un très faible intérêt hydrogéologique de par leur faible surface (< 500 km²), leur caractère fortement discontinu et leur nature argileuse, ces formations n’ont pas été prises en compte dans le thème Sédimentaire mais intégrées au thème Socle.

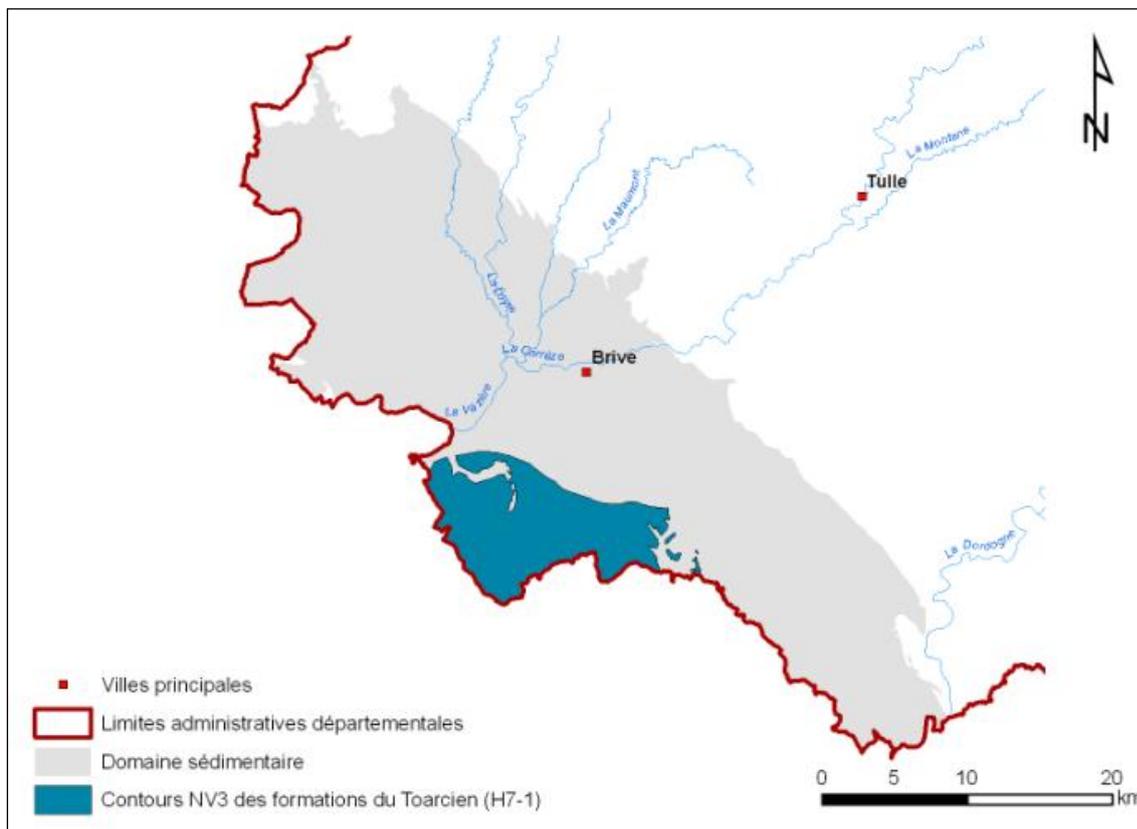


Illustration 26 – Entité NV3 du Toarcien -(Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d’entités).

c) Les formations aquifères du Jurassique moyen (Dogger)

La seconde entité aquifère remarquable correspond aux calcaires du Jurassique moyen (Aalénien, Bajocien et Bathonien) : Calcaires du Dogger du Bassin Aquitain, au sud de la Faille d’Aiffres-Boutonne 358AE (-**H6**). C’est une formation puissante se prolongeant au sud de la région Limousin pour former le Causse de Martel. Aucun compte-rendu de traçage réalisé dans la partie corrézienne de cet ensemble karstifié n’a pu être obtenu.

A l’échelle régionale, trois entités aquifères séparées par des inter-bancs marneux ont été individualisées dans cet ensemble. Les Calcaires micritiques et bioclastiques du Bathonien

moyen à Oxfordien du nord du bassin aquitain (358AE03-**H6-3**), sont séparés des Calcaires et dolomies du Bajocien du nord du bassin aquitain (358AE07-**H6-1**) par l'entité aquifère des Marno-calcaires du Bathonien basal du nord du bassin aquitain (358AE05-**H6-2**). Les marnes constituant le toit et le mur de l'entité **H6-2** forment une barrière hydraulique isolant ces trois entités et formant ainsi un aquifère multicouche (Illustration 27).

Cependant, des communications inter-couches peuvent se produire localement à la faveur de la fracturation ou de la diminution de l'épaisseur de ces faciès peu perméables.

Cette subdivision est un choix qui a été fait pour garder une cohérence dans le découpage interrégional vis-à-vis des régions Midi-Pyrénées et Aquitaine.

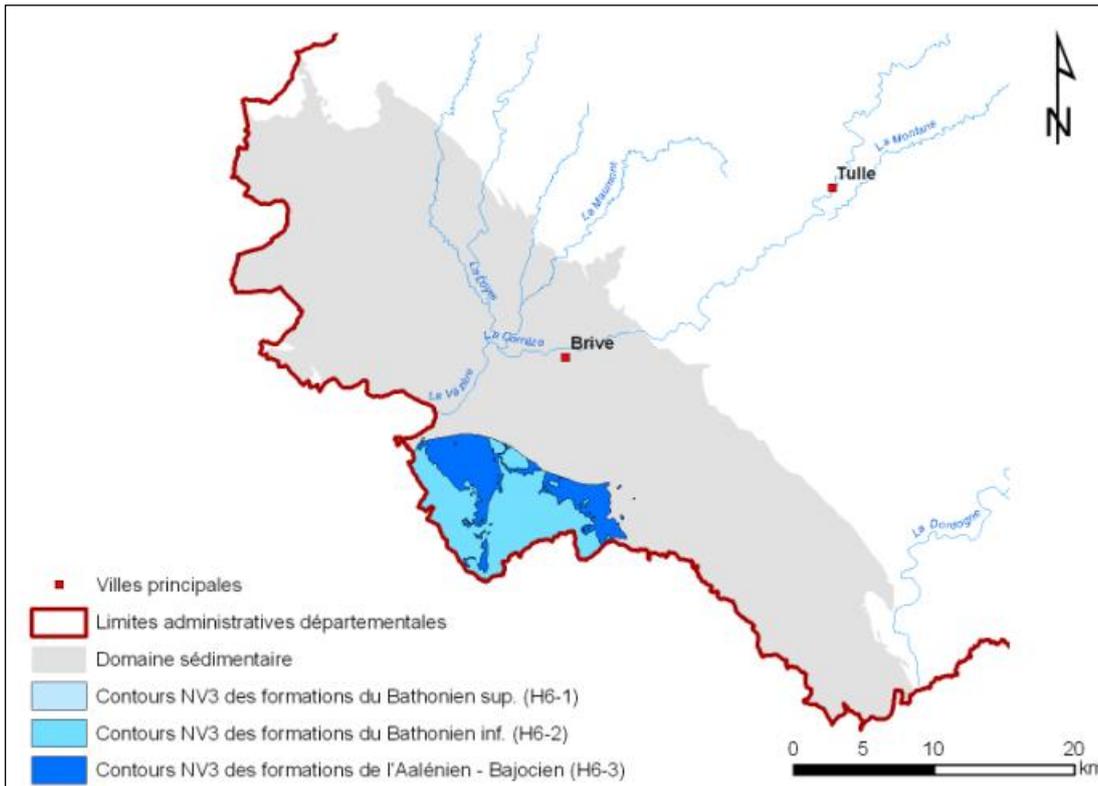


Illustration 27 – Entités NV3 du Dogger -(Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).

4.6. FORMATIONS SUPERFICIELLES

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

- les formations alluviales anciennes et récentes,
- les formations résiduelles,
- les formations sédimentaires reconnues comme karstifiées,
- les placages sédimentaires détritiques et les altérites rencontrés en domaine de socle.

4.6.1. 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 harmonisées à l'échelle 1/50 000.

- **Les formations alluviales récentes** (illustration 28)

Ces alluvions aquifères, connectées hydrauliquement au réseau hydrographique correspondent aux basses, moyennes et hautes terrasses. Au sein de cette surcouche, deux entités ont été redéfinies :

- les alluvions récentes de la basse terrasse notées Fz et Fy;
- les alluvions anciennes de la moyenne et de la haute terrasse notées Fx et Fw.

Contrairement au domaine sédimentaire où ces formations alluviales étagées restent connectées hydrauliquement, en domaine de socle, les formations plus anciennes (Fx et Fw) surplombent les formations plus récentes. De plus, les formations alluviales anciennes sont absentes des vallées incisées du centre du Limousin. Seules des formations colluvions et des formations alluviales récentes occupent les fonds de ces vallées.

Ces formations alluviales constituent souvent une ressource exploitée tant dans les grandes vallées alluviales que dans celles plus resserrées des massifs (Plateau du Millevaches).

- **Les formations alluviales anciennes** (illustration 29)

Ces alluvions, de très faibles épaisseurs, sont généralement semi-perméables et déconnectées hydrauliquement des alluvions plus récentes. Elles sont donc d'un très faible intérêt hydrogéologique. Elles correspondent aux hautes ou très hautes terrasses notées Fu-Fv.

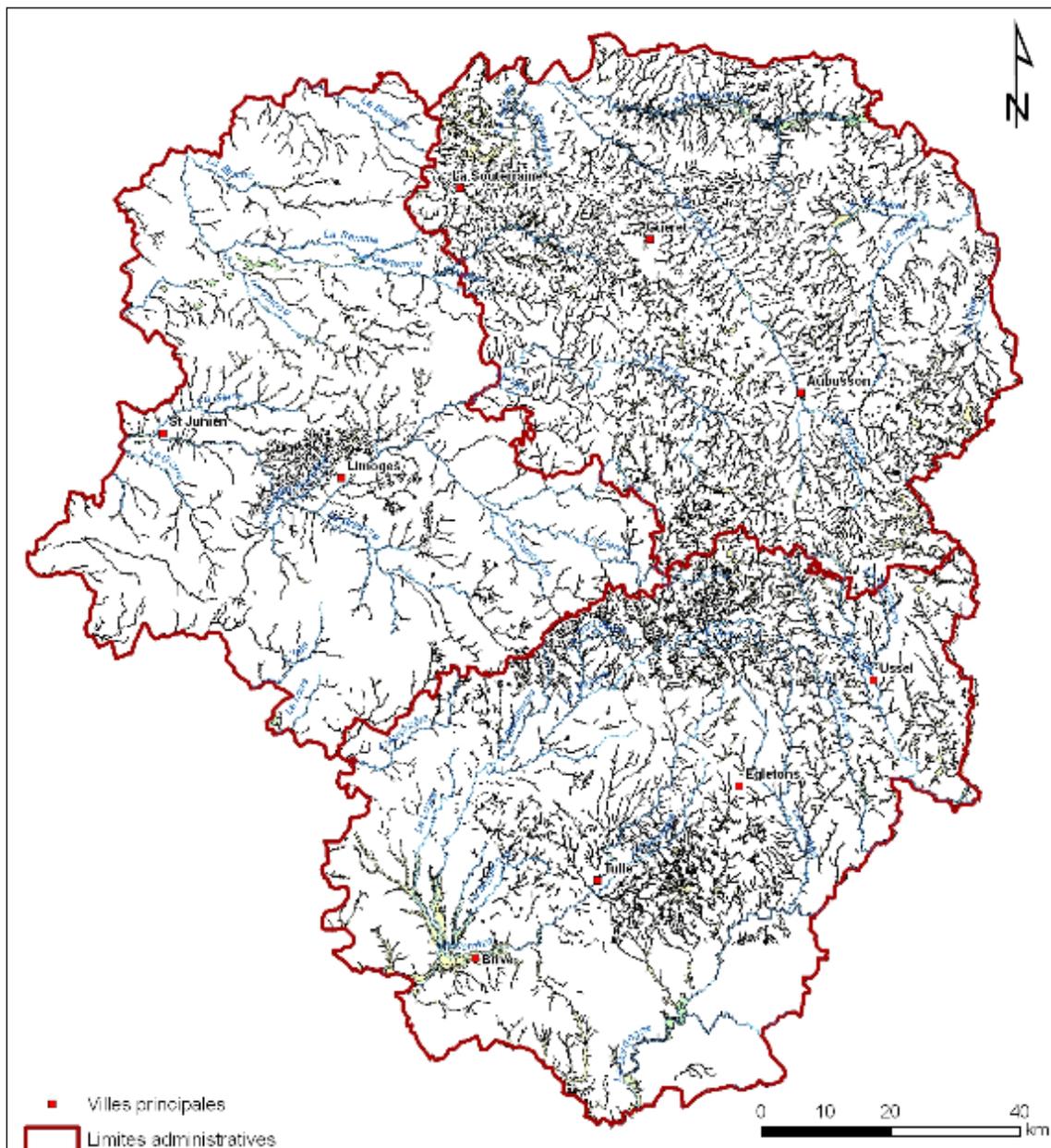


Illustration 28 – Alluvions « récentes »

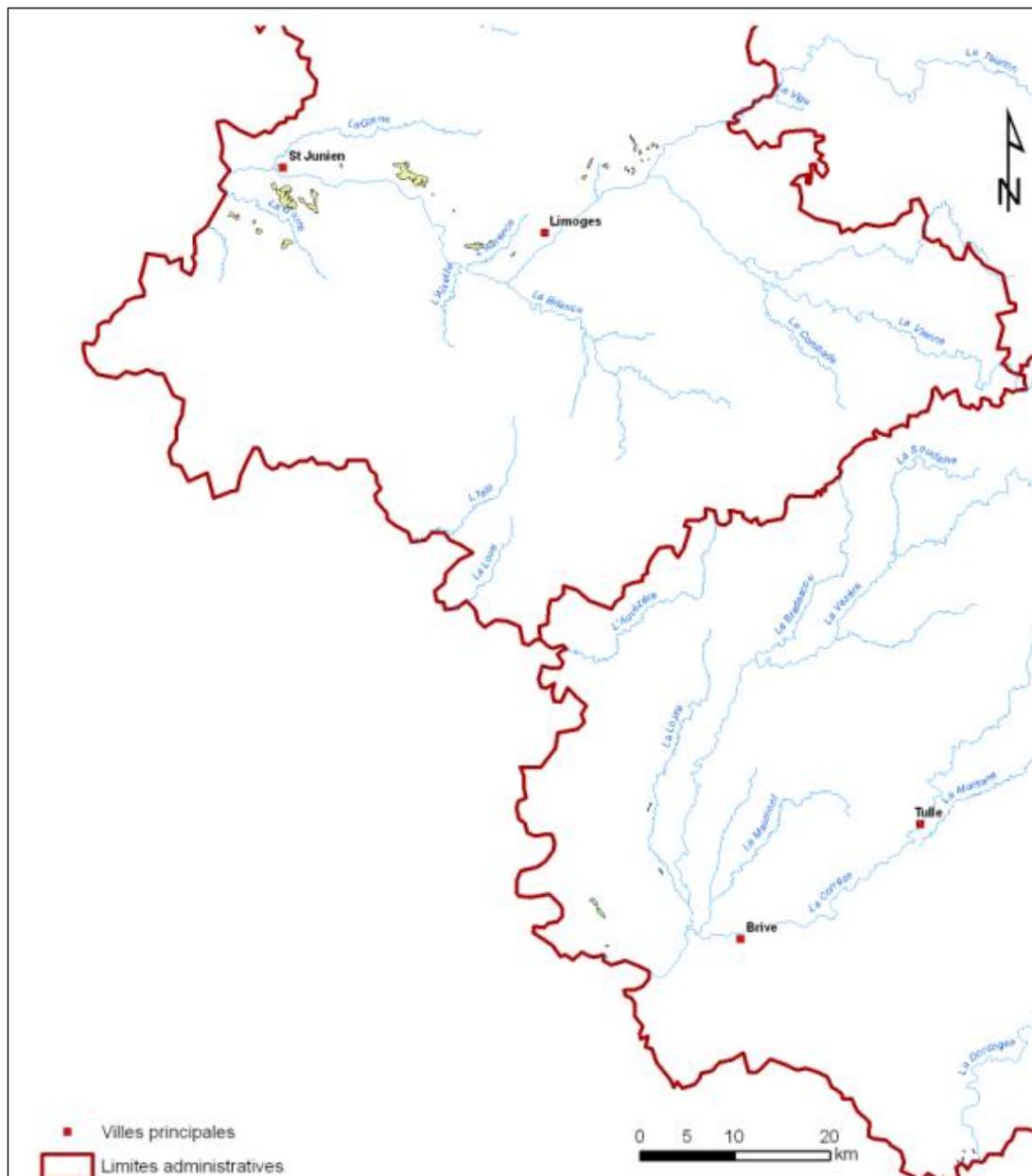


Illustration 29 – Alluvions anciennes

4.6.2. Les formations détritiques du Cénozoïque

Des formations détritiques continentales se retrouvent sur l'ensemble de la région Limousin, tant sur le socle que sur les formations sédimentaires. Ces formations occupent les zones basses situées en bordure des reliefs du Massif central ou au sein de bassins intra-cristallins. Leur intérêt hydrogéologique varié dépend de leur relation hydraulique avec le substratum sur lequel elles reposent et de leur perméabilité. De faible extension et parfois situées au sein du socle, ces formations n'ont pas été rattachées au thème Sédimentaire. Cependant, lorsqu'elles présentaient un intérêt hydrogéologique, elles ont été prises en compte lors du découpage des entités de socle.

Pour conserver cette information, toutes les formations détritiques terrigènes du Cénozoïque (Éocène, Miocène et Pliocène) ont été intégrées à la surcouche du référentiel à partir de

l'extraction de leurs contours des cartes géologiques harmonisées et vectorisées de la région Limousin (Illustration 30).

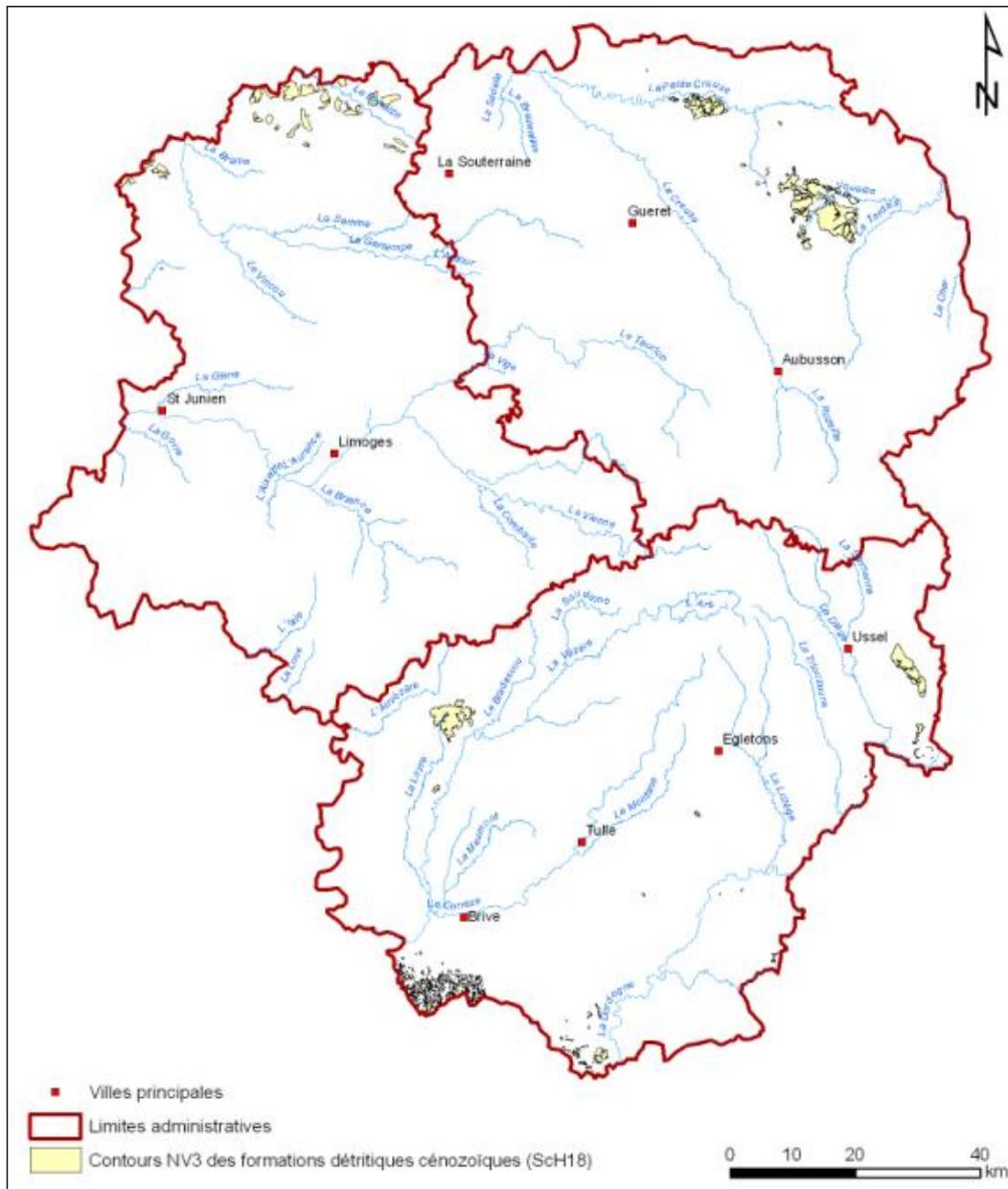


Illustration 30 - Formations détritiques du Cénozoïque

4.6.3. Les altérites

Les altérites recouvrant les formations de socle jouent un rôle important dans l'hydrogéologie en domaine de socle en constituant la partie capacitive de ces aquifères. Cependant, les levés géologiques de ces formations superficielles n'ont pas été réalisés de manière homogène sur l'ensemble du Limousin et leurs caractéristiques lithologiques et géométriques sont rarement connues. Les contours des altérites des cartes géologiques harmonisées et vectorisées à l'échelle 1/50 000 de la zone d'étude, pour ceux existants, ont donc été extraits et stockés dans une surcouche « Formations altéritiques du socle » de manière à conserver cette information (Illustration 31).

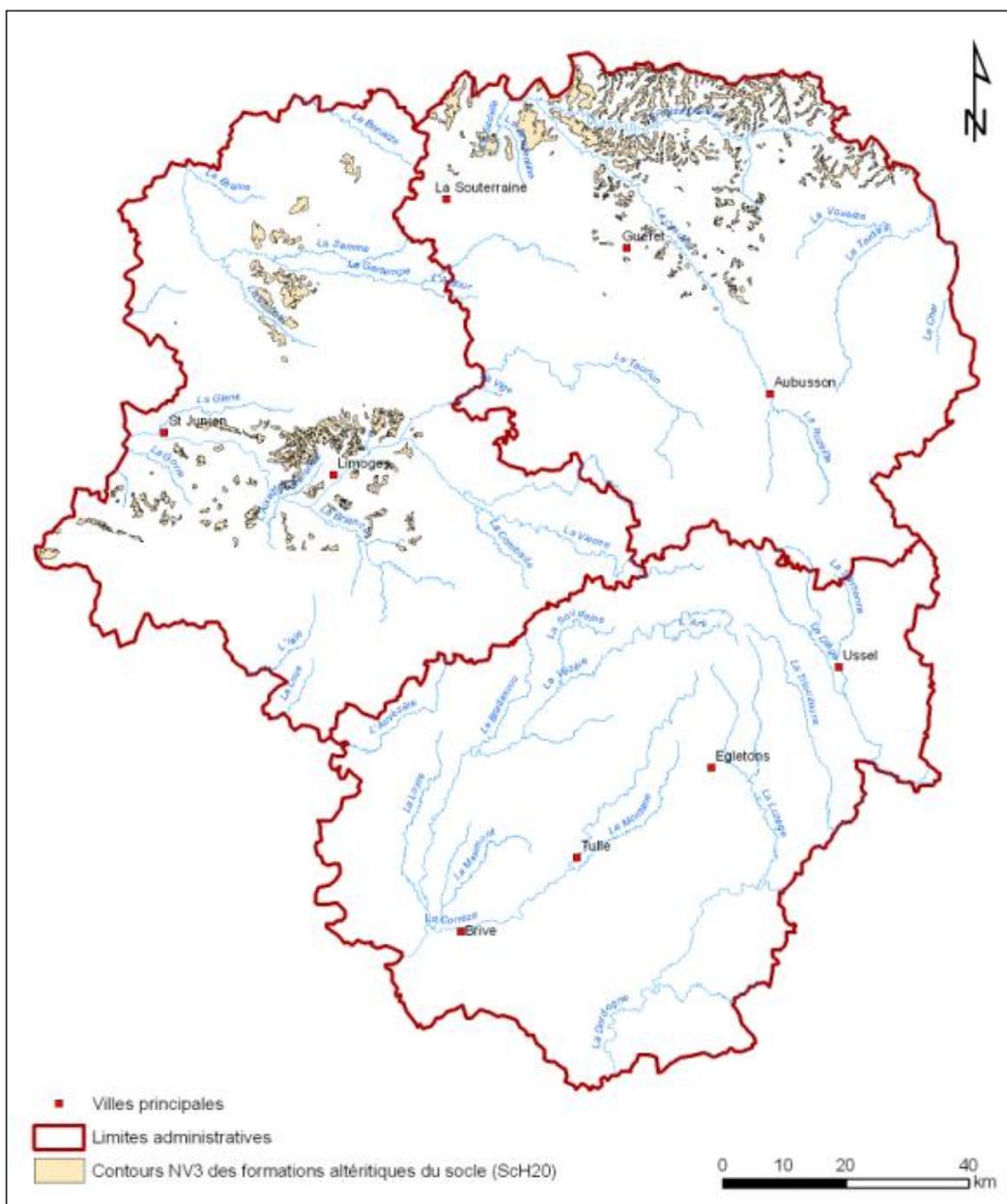


Illustration 31 – Formations altéritiques cartographiées du socle

4.6.4. Les formations résiduelles

Ces formations isolées sont issues de l'érosion des systèmes sédimentaires déjà identifiés. La multiplication de ces micro-systèmes a entraîné leur regroupement dans une même entité afin d'en simplifier la gestion et la représentation (Illustration 32).

En région Limousin, ces buttes témoins sont exclusivement constituées par l'unité des « grès, calcaires et calcaires marneux du Lias », parfois surmontés par une relique de marnes toarciennes. Leurs contours sont extraits de la carte géologique harmonisée et vectorisée du département de la Corrèze au 1/50 000.

4.6.5. Les formations karstifiées

Les formations sédimentaires du Jurassique du Bassin Aquitain sont souvent karstifiées. Dans la partie méridionale du Bassin de Brive, à partir de la faille de Meyssac, débute le Causse de Martel qui se prolonge vers le sud jusqu'en région Midi-Pyrénées. Le Causse de Martel constitue un système hydrogéologique autonome appartenant aux causses du Quercy. En vue d'une harmonisation à venir, cet ensemble a été considéré comme entité karstique. Il pourra être rattaché aux entités délimitées en région Midi-Pyrénées (Illustration 33).

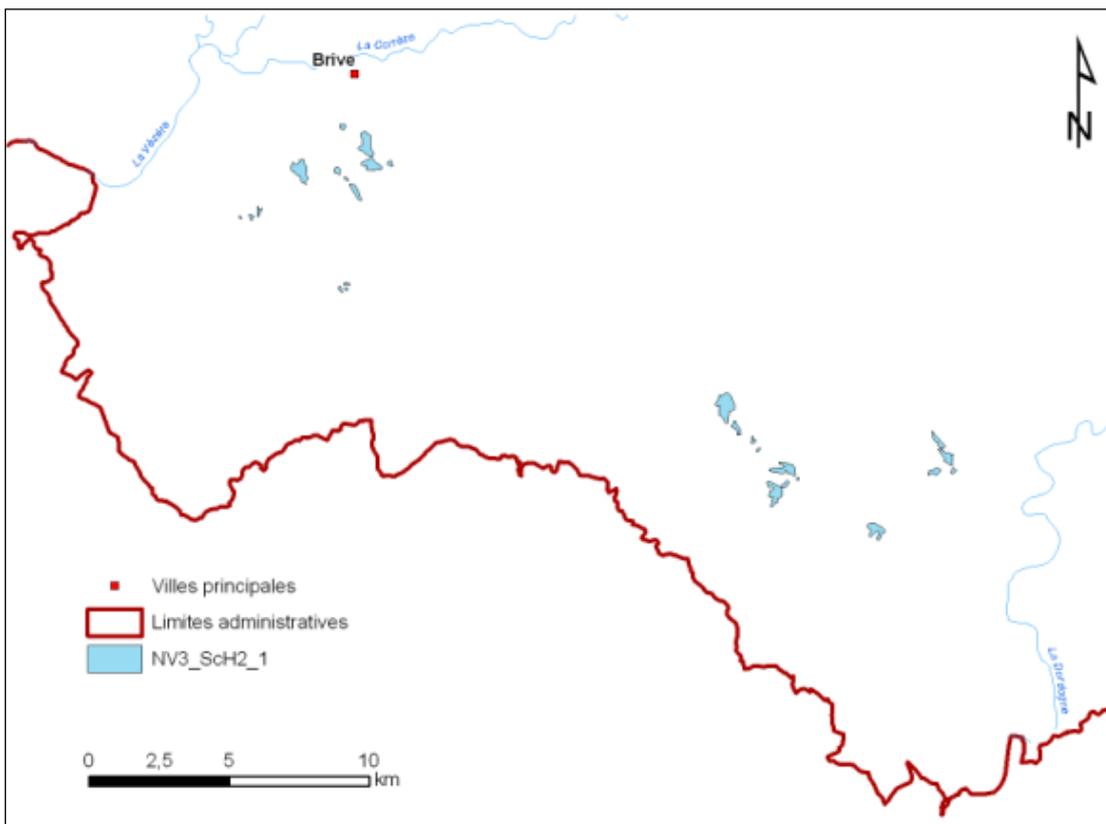


Illustration 32 – Formations résiduelles de la région Limousin

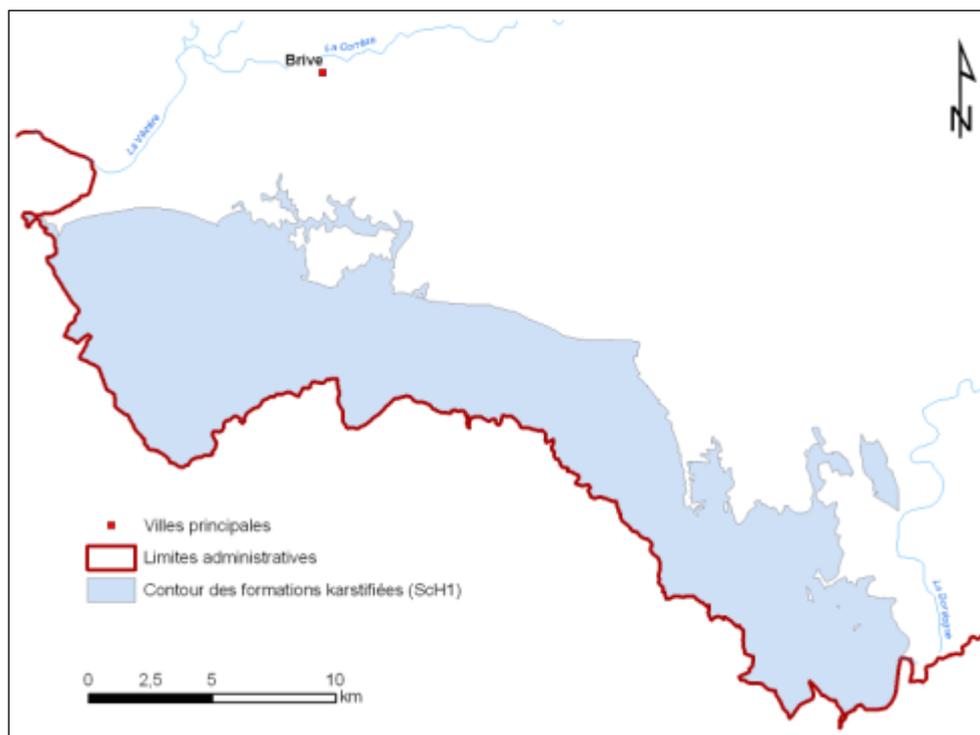


Illustration 33 – Formations karstifiées de la région Limousin.

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 34.

5.2. NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITES

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

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

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

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

Par ailleurs, à une nature de contact, il est possible dans certains cas de rattacher un type de limite (exemples fournis dans le tableau de l'illustration 35).

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

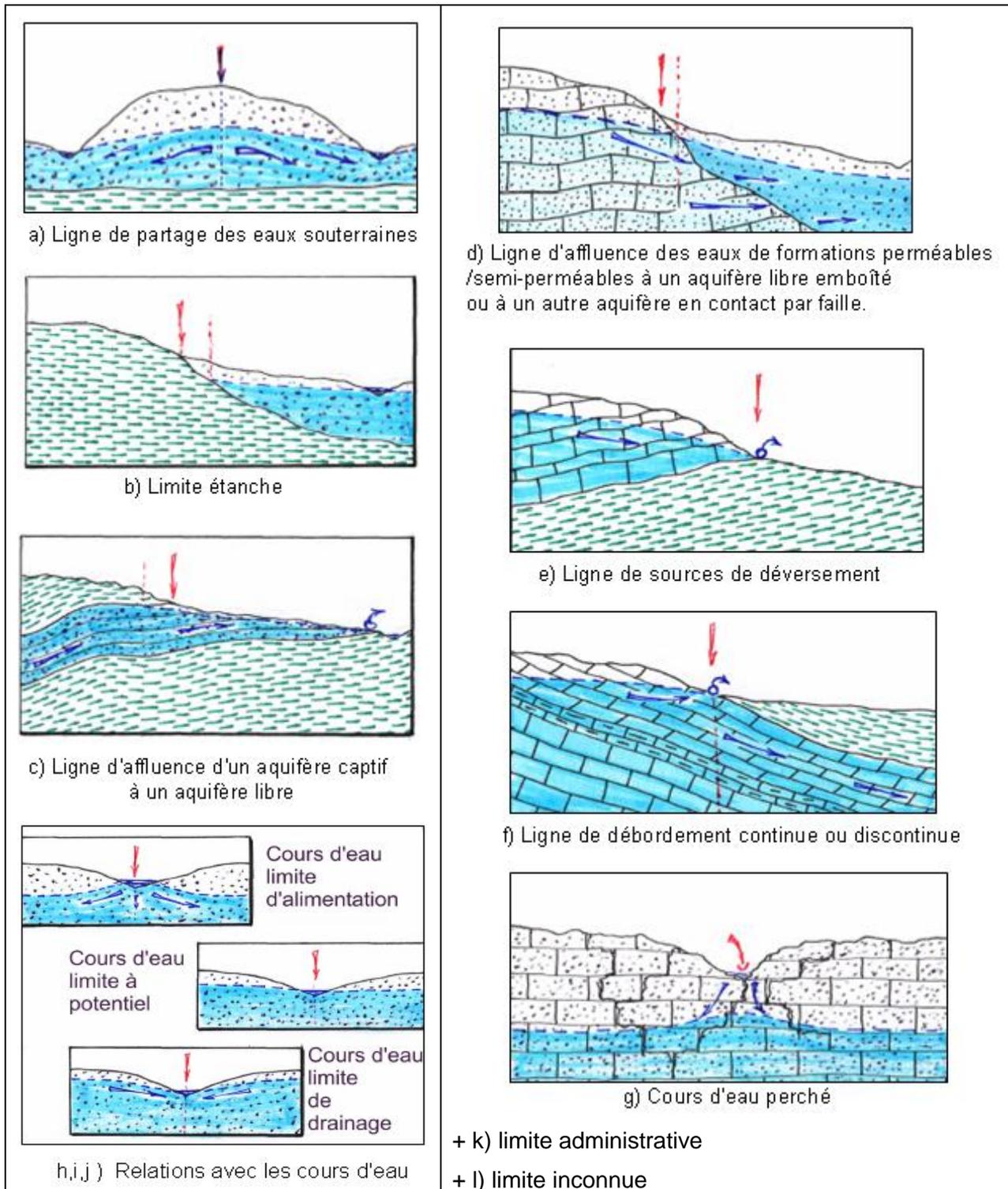


Illustration 34 - Types de limites possibles entre entités.

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

Illustration 35 - 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 deux tables (**RHF_Polygones_relatifs** et **RHF_Limites**) sont rangées dans un « jeu de classes d'entités » (dans le langage ArcGis) appelé « **GEOMETRIE** » (illustration 36).

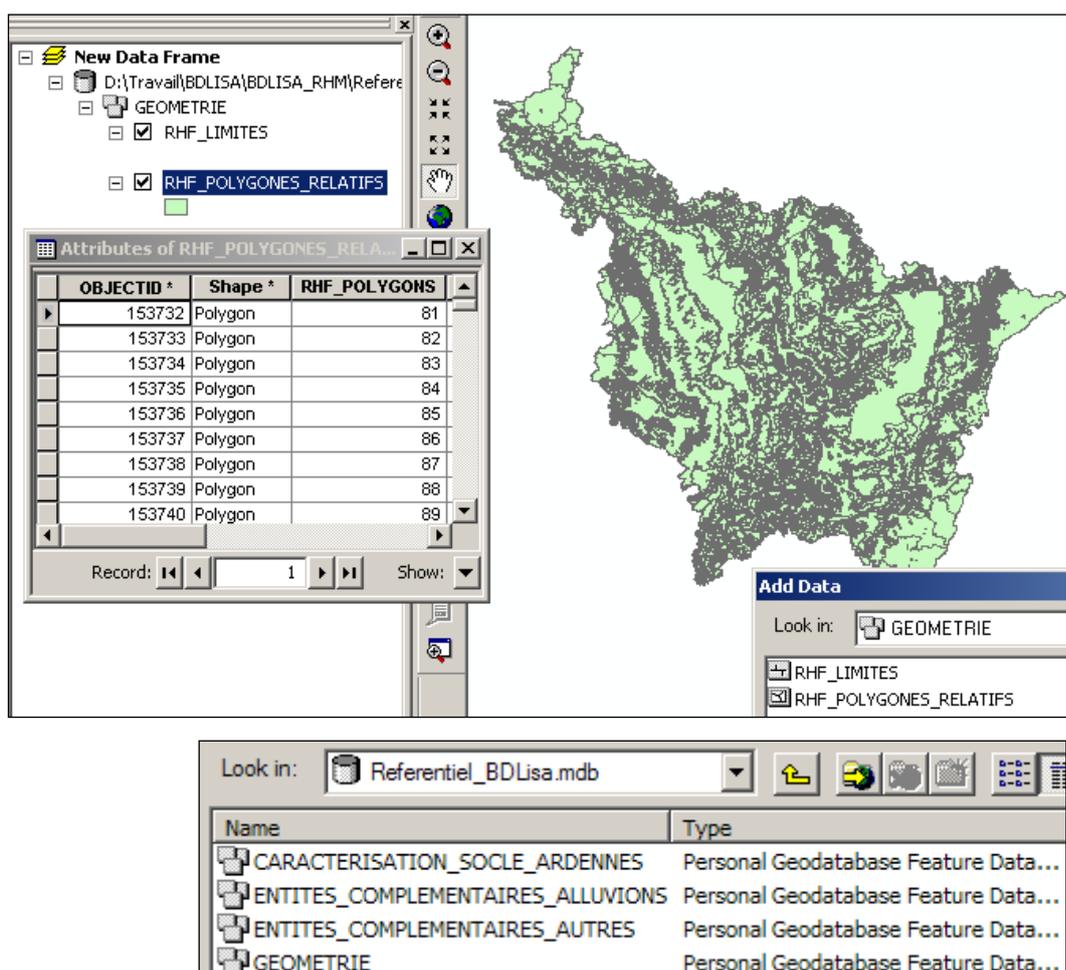


Illustration 36 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.

Outre les « Entités principales », la géodatabase comprend :

les « **Entités complémentaires** » (partie inférieure de l'illustration 36) scindées en deux classes, pour séparer les systèmes alluvionnaires des autres « entités complémentaires » (disjointes, morcelées et/ou locales) ;

la caractérisation lithologique des entités du socle des Ardennes.

Elle contient aussi d'autres tables, sans géométrie associée (BDRHF_Table_Murs, BDRHF_Table_Toits, BDRHF_Table_Ordres,...illustration 37).

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 37 - 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 38).

Illustration 38 - Interface utilisateur de la géodatabase.

L'illustration 39 présente un exemple de sélection d'entité effectuée à partir du menu de l'illustration 38 ci-dessus (« Représenter l'entité par son emprise »).

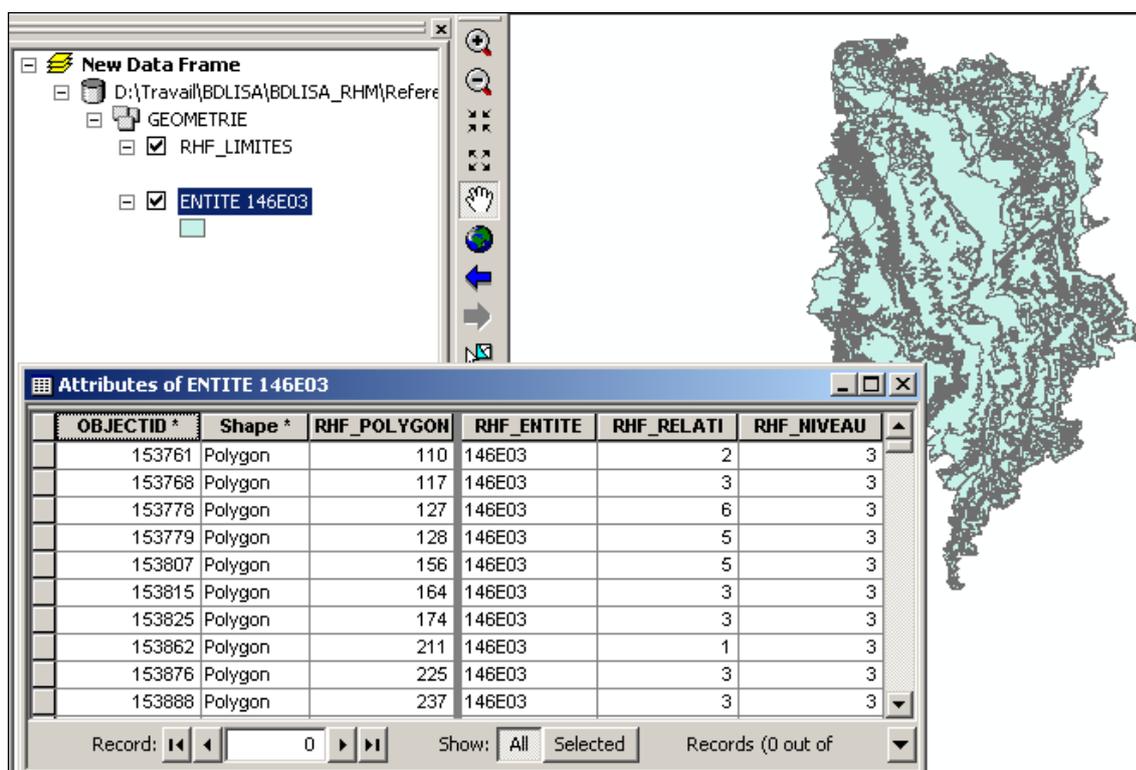


Illustration 39 - Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.

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 40).

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



L'illustration 41 présente une vue des entités de niveau 3 et d'ordre 1 (une couleur est affectée à chaque entité).

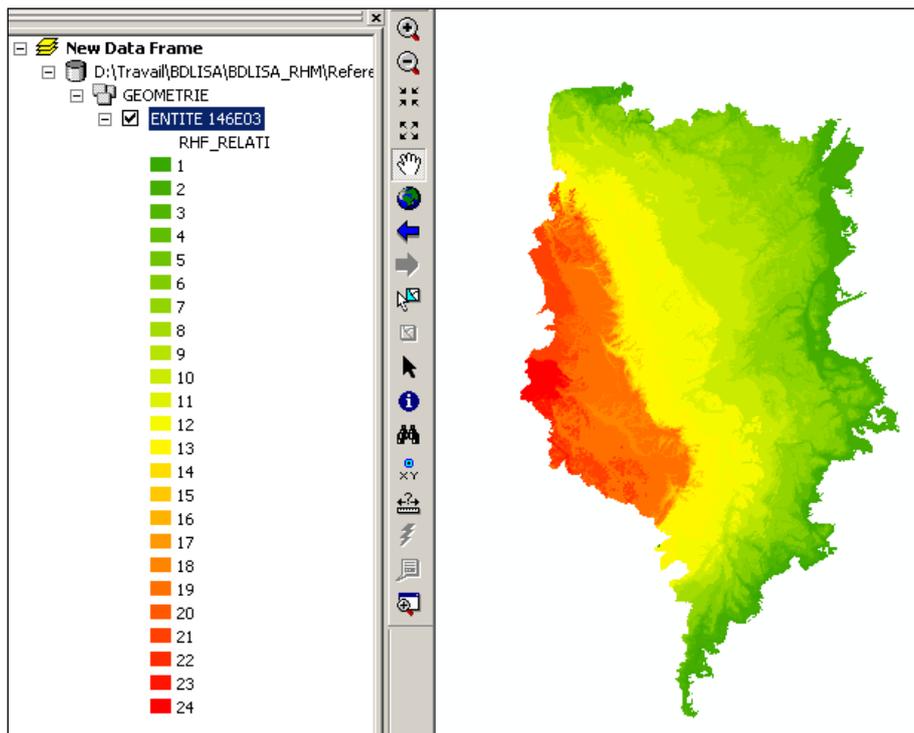


Illustration 40 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).

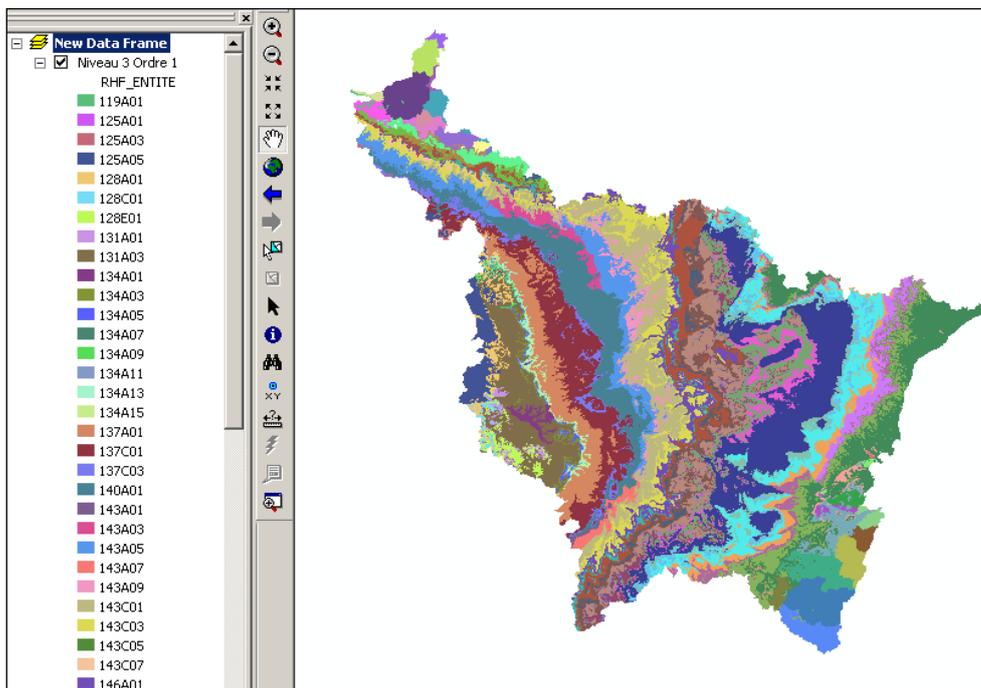


Illustration 41 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).

Limites et table de la nature des contacts

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

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

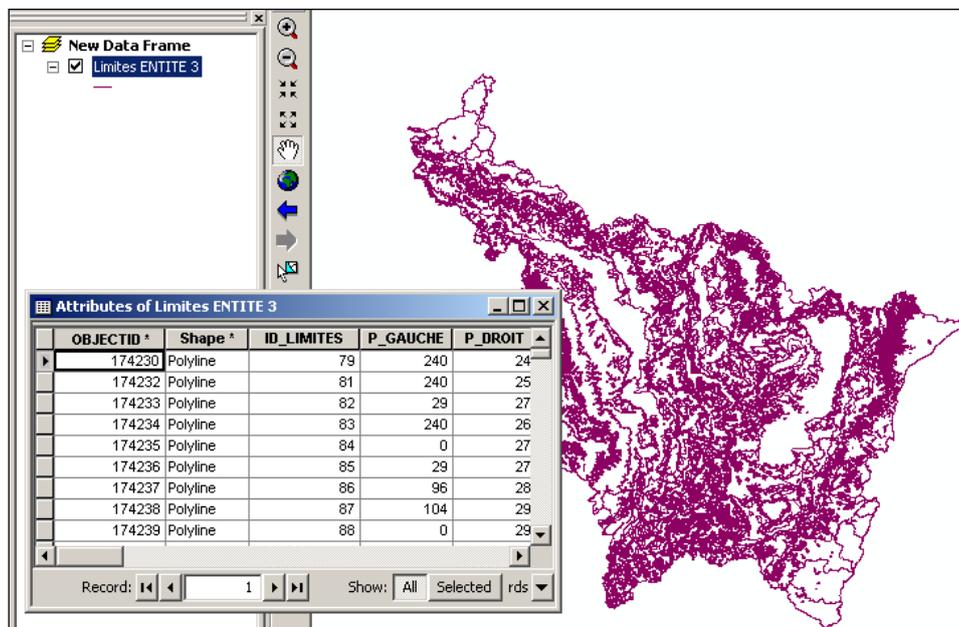


Illustration 42 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités.

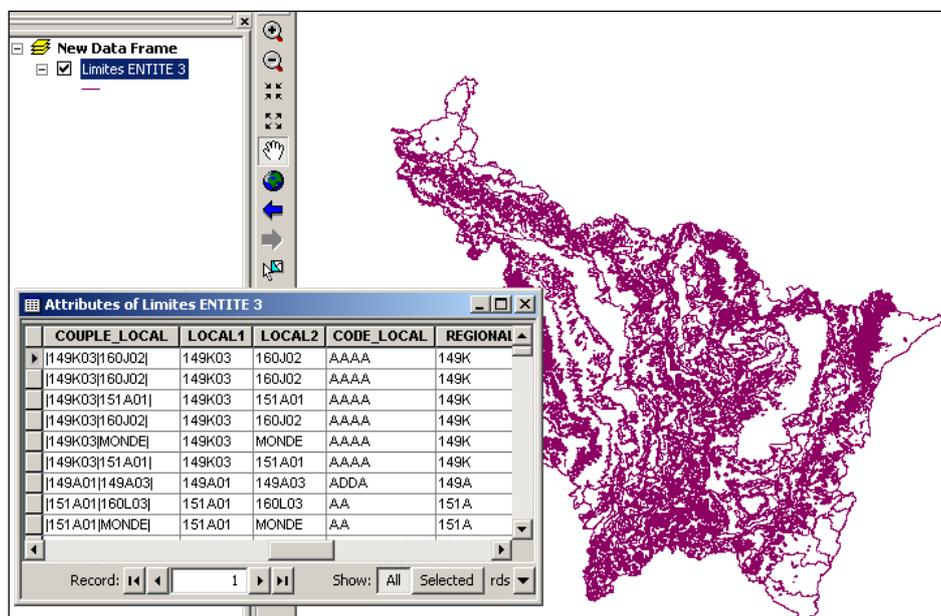


Illustration 43 - Table des limites : natures des contacts entre entités.

6.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS

Le modèle de construction permet d'éditer automatiquement (illustration 44) 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.

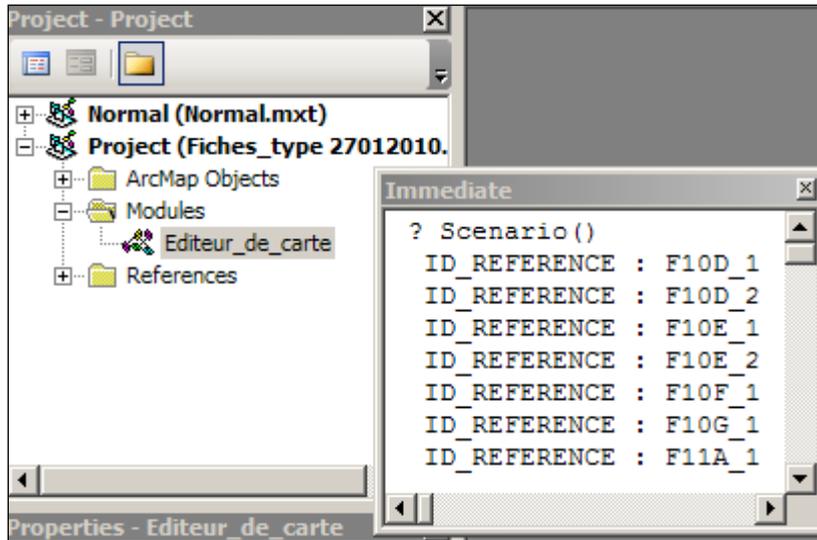


Illustration 44 - Éditeur de cartes du modèle de construction du référentiel.

Une fiche d'analyse est constituée de plusieurs blocs d'informations. Les illustrations 45 et 46 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 45), 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 46) 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.

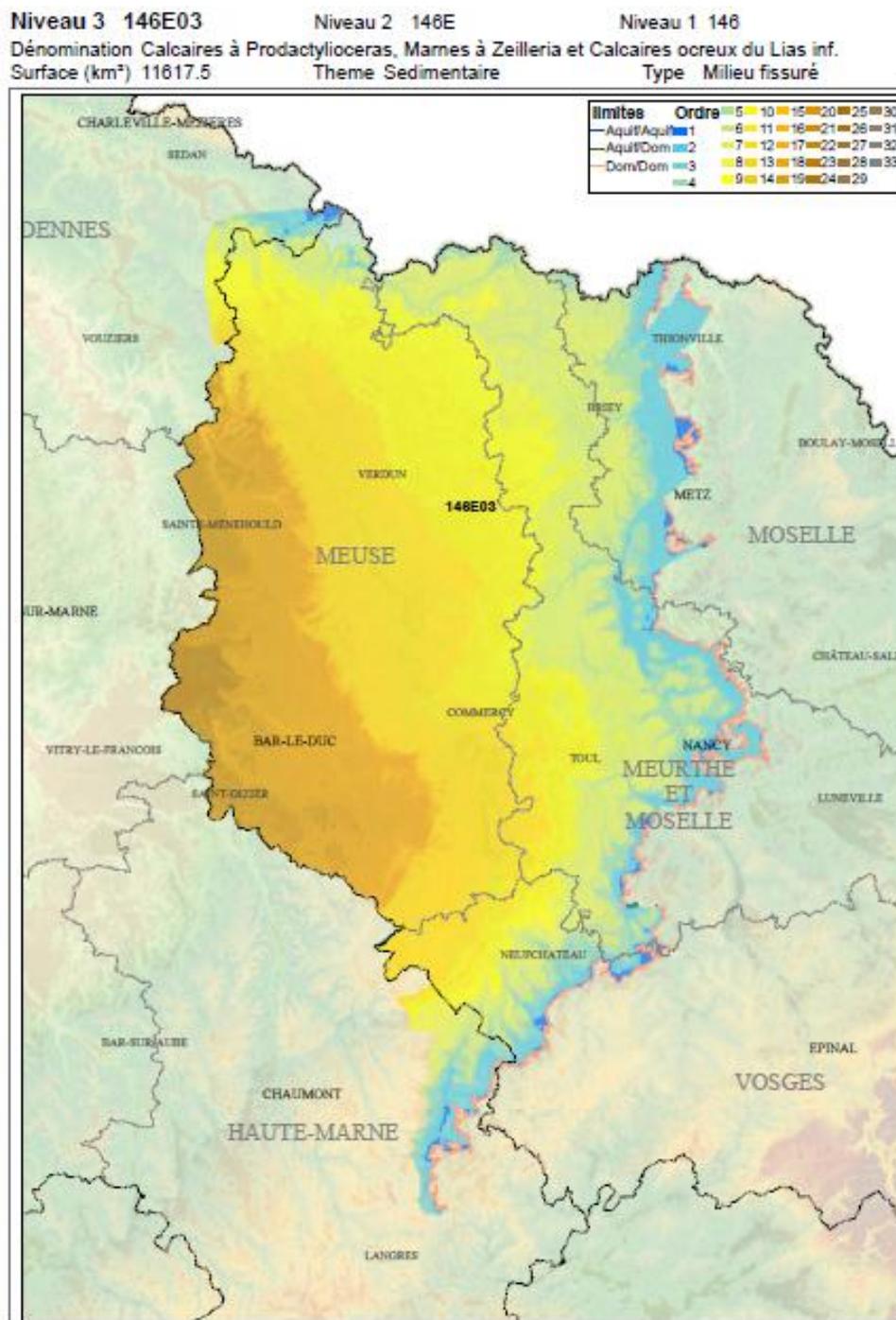


Illustration 45 - Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).

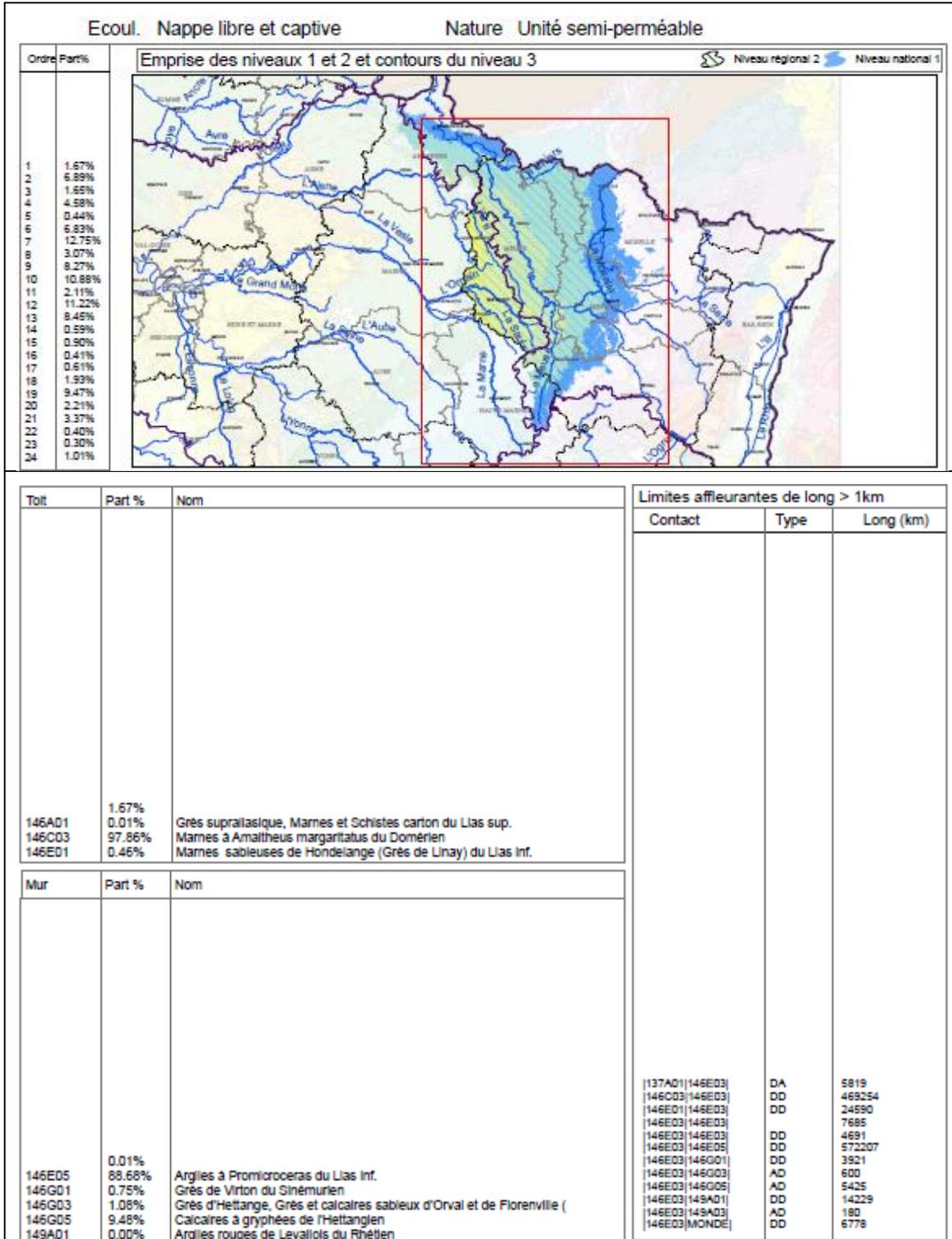


Illustration 46 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite)

7. Conclusion

Le référentiel hydrogéologique de la région Limousin, partagée entre les bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne, comprend :

- 9 unités de niveau local (NV3) dans le domaine sédimentaire, 2 dans le domaine volcanique et 114 entités de socle,
- 5 systèmes ou domaines du niveau régional (NV2) de type sédimentaire, 1 de type volcanique et 42 de type socle,
- 20 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1) distinguant 5 entités sédimentaires et 15 entités de socle.

A ces entités dites « principales » s'ajoutent des entités dites « 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 Limousin sont notamment rangées dans ce groupe:

- les alluvions récentes et anciennes,
- les formations du Cénozoïque,
- les altérites,
- les formations résiduelles,
- les formations karstifiées.

Les entités NV3 du socle ont pu être caractérisées par une « potentialité aquifère » en utilisant la carte du « *Potentiel hydrogéologique* » du Limousin réalisée dans le cadre du projet Silures-module 1 (rapport BRGM RP-57901-FR).

Cette carte des potentialités a été obtenue par croisement entre une carte des potentialités aquifères théoriques (établie d'après des critères pétrographiques) et une carte de l'âge de l'altération des formations.

Les entités, « principales » et « complémentaires », sont actuellement intégrées dans une « géodatabase » Arc Gis (version 10) à laquelle est associée un « modèle de construction », à la fois outil d'analyse (vérifiant la cohérence topologique 3D de l'ensemble des entités) et outil d'accès aux entités par de nombreuses requêtes.

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

8. Références bibliographiques

Jaouen T., Touchard F. avec la collaboration de Mardhel V. (2010). Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne. - Année 4. Délimitation des entités hydrogéologiques en région Limousin. Rapport d'étape. BRGM/RP-58093-FR

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

Rapports de fin de phase 1

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. BDRHF - Découpage préalable et global. CDROM des documents. Présentation du contenu. Rapport BRGM/RP-53127-FR.

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

Cartes géologiques

Chèvremont Ph., Donsimoni M. (2009) – Carte géologique harmonisée du département de la Corrèze (19). Notice géologique – Rapport BRGM/RP-56816-FR ;

Chèvremont Ph. (2009) – Carte géologique harmonisée du département de la Creuse (23). Notice géologique – Rapport BRGM/RP-57456-FR ;

Chèvremont Ph. (2009) – Carte géologique harmonisée du département de la Haute-Vienne (87). Notice géologique – Rapport BRGM/RP-57447-FR

Socle

Lachassagne P., Wyns R. (2005) Aquifères de socle : nouveaux concepts. Application à la prospection et la gestion de la ressource en eau, Géosciences - La revue du BRGM pour une terre durable, N°2 - pp. 32-37.

Mauroux B., Wyns R., Castagnac C., Prognon C., Zammit C., Martelet G., Lions J., Touchard F. et Karnay G. (2010) - SILURES Limousin. Module 1 « Silures Base de données ». Recueil des données, interprétations et bilans. Rapport BRGM RP/57901-FR.

Sédimentaire

BRGM – Société Elf de Recherche – Société Esso de Recherche et d'exploitation du pétrole – Société Nationale des pétroles d'Aquitaine (1968) – Géologie du Bassin d'Aquitaine.

Marchet P. (1991) - Approche de la structure et de l'évolution des systèmes aquifères karstiques par analyse de leur fonctionnement : application au NW du Causse de martel (Quercy - France) – Thèse, Université Paul Sabatier de Toulouse.

Muet P. (1985) - Structure, fonctionnement et évolution de 2 systèmes aquifères karstiques du Nord du Causse de Martel (Corrèze) – Thèse, Université d'Orléans.

Paloc H., (1972) – Atlas Hydrogéologique du Languedoc-Roussillon - Carte Hydrogéologique de la Région des Grands Causses (Feuille n°2 de la carte hydrogéologique du Languedoc-Roussillon à l'échelle du 1/200 000). Coédition CERGA et BRGM.

Annexe 1 - Tableau multi-échelles

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

Niveau régional (N2)		Niveau national (N1)		Niveau régional (N2)		Niveau national (N1)		Niveau régional (N2)		Niveau national (N1)	
RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MLIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE
144A01	Calcaires et Dolomites et Calcaires à Oolites de l'Entre-deux-Mers dans le bassin de la Vienne, partie septentrionale (bassin Loire-Bretagne)	4320	3	3	3	3	3	144A	Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. Bassin Loire-Bretagne	3	144
158A02	Massif volcanique des monts du Cantal dans le bassin Adour-Garonne	500300	3	3	3	3	3	158A	Massif volcanique des Monts du Cantal (Massif Central)	3	158
113A01	Sables et Argiles de Brenne du Burconnien en région Centre et SE. Poitou-Charentes (bassin Loire-Bretagne)	8000	3	X	6	1	2	113A	Grand système multicouche de l'Estuaire du Bassin Parisien	4	113
114A03	Formations tertiaires indifférenciées de Poitou-Charentes	16800	3	X	7	1	2	114A	Grand système multicouche de l'Estuaire du Bassin Parisien	4	114
372A05	Socle du bassin versant de la Dordogne de sa source au confluent du Cherain (inclus)	52001100	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A02	Socle du bassin versant de la Dordogne du Beignon au lys (inclus) sur le granite d'Ussel	52003000	3	2	5	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A03	Socle du bassin versant de l'Eclat de sa source à la Dordogne	52003100	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A04	Socle du bassin versant de la Dordogne du lys à la Rhue	52003400	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A06	Socle du bassin versant de la Rhue du confluent de la Rhue de Cheylade au confluent de la Dordogne	52003900	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A10	Socle du bassin versant de la Dordogne de la Rhue à la Surnonne sur le granite d'Ussel	52001100	3	2	5	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A11	Socle du bassin versant de la Dordogne de la Liège sur les unités métamorphiques d'Ussel	52001100	3	2	5	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A12	Socle du bassin versant de la Dordogne de la Liège sur les unités métamorphiques d'Ussel	52001200	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A13	Socle du bassin versant de la Dordogne de la Liège sur les unités métamorphiques d'Ussel	52001300	3	2	5	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A14	Socle du bassin versant de la Saronne de sa source à la Diege	52001400	3	2	5	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A15	Socle du bassin versant de la Saronne de sa source à la Diege	52001500	3	2	5	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A16	Socle dans le bassin versant de la Dordogne du confluent du Cheiron au confluent de la Rhue non inclus	52001600	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A17	Socle du bassin versant de la Saronne	52001700	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A18	Socle dans le bassin versant de la Dordogne et la Trieuzouane de la Rhue à la Trieuzouane sur les unités métamorphiques d'Ussel	52001800	3	2	5	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A19	Socle du bassin versant de la Dordogne du confluent de l'Auze au confluent de la Luzège	52002000	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A20	Socle du bassin versant de la Dordogne du confluent de l'Auze (inclus) au confluent de la Luzège	52002100	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A21	Socle du bassin versant de la Luzège de sa source à la Dordogne	52002200	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A22	Socle du bassin versant de la Luzège de sa source à la Luzège sur les unités métamorphiques du Limousin (Ugl)	52002300	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A23	Socle du bassin versant de la Dordogne de l'Auze à la Maronne sur les unités métamorphiques (Ugl) et les leucogranites du Plateau de Millevache	52002400	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A25	Socle du bassin versant de la Glane de Servière de la source à la Dordogne sur les leucogranites du plateau de Millevache	52002500	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A26	Socle du bassin versant de l'Espouze de sa source au Doustre sur les unités leucogranites du plateau de Millevache	52002600	3	2	5	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A27	Socle du bassin versant de la Dordogne du confluent de l'Auze (inclus) au confluent de la Cre (inclus)	52002700	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A28	Socle du bassin versant de la Dordogne du confluent de l'Auze (inclus) au confluent de la Cre (inclus)	52002800	3	X	7	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A29	Socle du bassin versant de la Dordogne du confluent de l'Auze (inclus) au confluent de la Cre (inclus)	52002900	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A30	Socle du bassin versant de la Dordogne du confluent de l'Auze (inclus) au confluent de la Cre (inclus)	52003000	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A31	Socle du bassin versant de la Dordogne du confluent de l'Auze (inclus) au confluent de la Cre (inclus)	52003100	3	X	7	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372
372A34	Socle du bassin versant de la Dordogne du confluent de l'Auze (inclus) au confluent de la Cre (inclus)	52003400	3	2	6	2	3	372A	Socle du bassin versant de la Dordogne	4	372

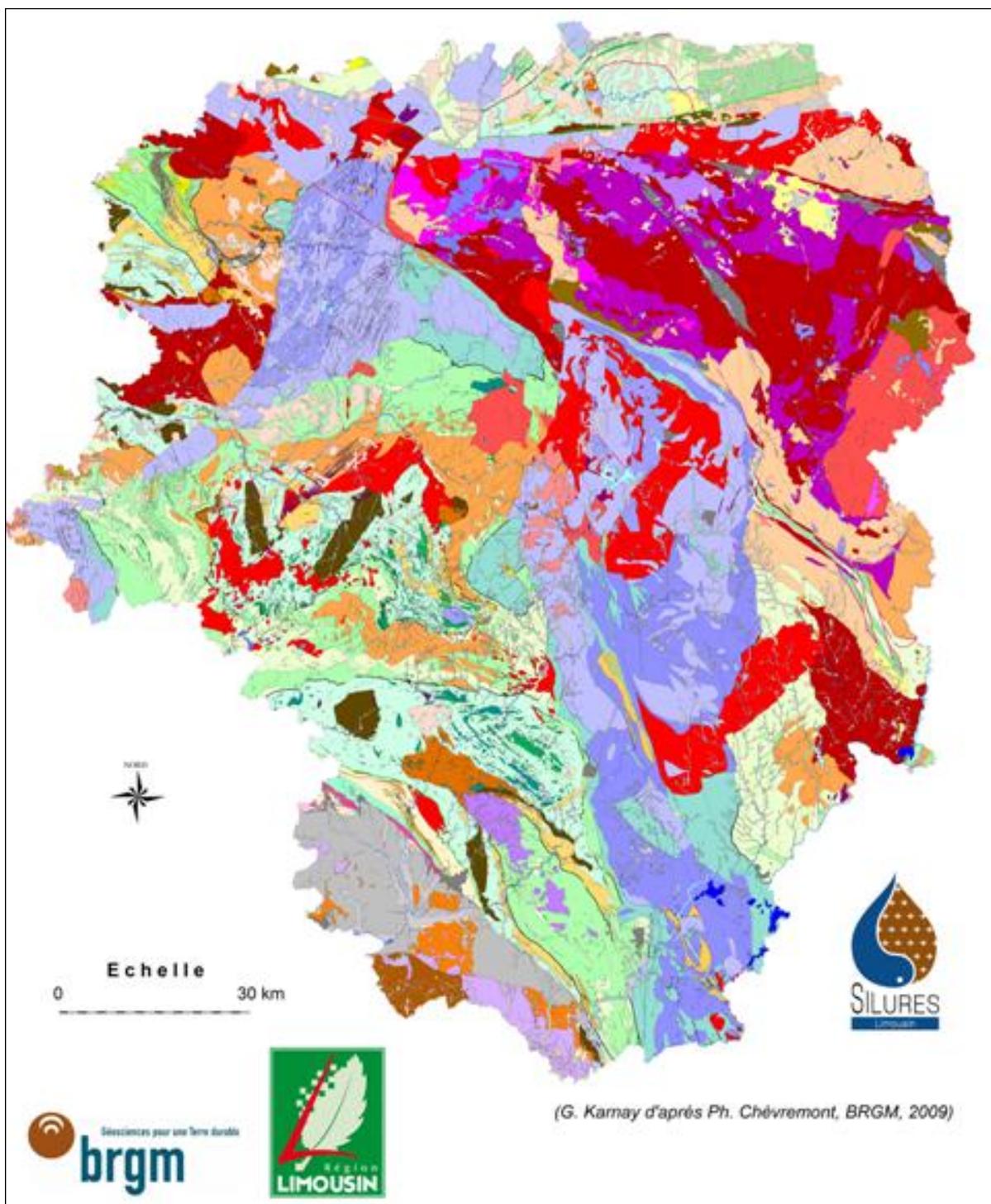
Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA - Bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne - Délimitation des entités hydrogéologiques en région Limousin

RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE
293A05	Socle métamorphique dans le bassin versant du Rau de Palle et ses affluents de sa source au confluent de l'Indre (Mésarche des unités mécomorphiques du Plateau d'Aligrande)	50000	3	2	6	2	293AC	Socle du Massif Central dans le bassin versant de l'Indre de sa source à l'ignéale et l'annon de sa source au ruisseau de l'étang de Villiers	4	293	Socle du Massif Central dans le bassin versant de la borie de sa source à la Vienné (excluz, rive gauche de l'Allier)	2
293A06	Socle métamorphique dans le bassin versant de l'Indre du Rau des Pailles à la fin du socle de l'Indre du Rau des Pailles à la fin du socle du Massif Central (Unité mécomorphique du Plateau d'Aligrande)	50000	3	2	6	2	293AC	Socle du Massif Central dans le bassin versant de l'Indre de sa source à l'ignéale et l'annon de sa source au ruisseau de l'étang de Villiers	4	293	Socle du Massif Central dans le bassin versant de la borie de sa source à la Vienné (excluz, rive gauche de l'Allier)	2
293A08	Socle métamorphique dans le bassin versant de la Vouère de sa source à la fin du socle Vouère de sa source à la fin du socle du Massif central (Unités mécomorphiques du Plateau d'Aligrande)	50000	3	2	6	2	293AC	Socle du Massif Central dans le bassin versant de l'Indre de sa source à l'ignéale et l'annon de sa source au ruisseau de l'étang de Villiers	4	293	Socle du Massif Central dans le bassin versant de la borie de sa source à la Vienné (excluz, rive gauche de l'Allier)	2
293A09	Socle métamorphique dans le bassin versant de la Couarde et ses affluents de sa source à la fin du Massif central (Unités mécomorphiques du Plateau d'Aligrande)	50000	3	2	6	2	293AC	Socle du Massif Central dans le bassin versant de l'Indre de sa source à l'ignéale et l'annon de sa source au ruisseau de l'étang de Villiers	4	293	Socle du Massif Central dans le bassin versant de la borie de sa source à la Vienné (excluz, rive gauche de l'Allier)	2
293A09	Socle métamorphique dans le bassin versant de la Stouffe de sa source à la Vouère (incluz)	50000	3	2	6	2	293AE	Socle du Massif Central dans le bassin versant de la Stouffe de sa source à l'Allier (incluz)	4	293	Socle du Massif Central dans le bassin versant de la borie de sa source à la Vienné (excluz, rive gauche de l'Allier)	2
396A01	Moyennes terrasses (sables, graviers et galets) Quaternaires du bassin Adour	1010100	3	2	5	1	396AA	Terrasses (sables, graviers et galets) quaternaires du bassin Adour-Adour	3	396	Grand système aquifère des terrasses quaternaires du bassin Adour-Garonne	1
396A02	Hautes terrasses (sables, graviers et galets) Quaternaires du bassin Adour-Garonne	1010200	3	2	6	1	396AA	Terrasses (sables, graviers et galets) quaternaires du bassin Adour-Garonne	3	396	Grand système aquifère des terrasses quaternaires du bassin Adour-Garonne	1
324A02	Sables argileux de l'éocène supérieur de Beblériou (Cholles)	2101000	3	3	6	1	324AA	Sables, graviers, galets fluviatiles et calcaires de l'éocène supérieur du Bassin Aquitain	3	329	Grand système aquifère des sables fluviatiles et des calcaires de l'éocène supérieur du nord du Bassin Aquitain	1
324A03	Breches et conglomérats de la Grègne, argiles à graviers de l'Aligèze et du Carnouala, et graviers d'Isol (Coligo-Ecène)	14010100	3	3	6	1	324AA	Sables, graviers, galets fluviatiles et calcaires de l'éocène supérieur du Bassin Aquitain	3	329	Grand système aquifère des sables fluviatiles et des calcaires de l'éocène supérieur du nord du Bassin Aquitain	1
358A03	Calcaires mottés et blockaïques du Bathonien moyen à l'orientation du nord du bassin aquitain	27040200	3	1	5	2	358AE	Calcaires du Dogger du Bassin Aquitain, au sud de la Faille d'Affres-Bouronne	3	358	Grand système aquifère multicouche des calcaires et dolomites du Jurassique moyen à supérieur du Bassin Aquitain	12
358A05	Marno-calcaires du Bathonien basal du nord du bassin aquitain	27040300	3	X	7	1	358AE	Calcaires du Dogger du Bassin Aquitain, au sud de la Faille d'Affres-Bouronne	3	358	Grand système aquifère multicouche des calcaires et dolomites du Jurassique moyen à supérieur du Bassin Aquitain	12
358A07	Calcaires et dolomites du Bajocien du nord du bassin aquitain	27040400	3	X	7	1	358AF	Calcaires du Dogger du Bassin Aquitain, au sud de la Faille d'Affres-Bouronne	3	358	Grand système aquifère multicouche des calcaires et dolomites du Jurassique moyen à supérieur du Bassin Aquitain	12
396A01	Marnes du Tournien du bassin aquitain	28101100	3	X	7	1	396AA	Marnes du Tournien du Bassin Aquitain	4	369	Grand domaine hydrogéologique des marnes du Lia supérieur du Bassin Aquitain	2
396A01	Calcaires et grès du Domerien supérieur	28101300	3	1	5	2	396AA	Calcaires, grès, dolomites et anhydrite de l'infra-tourcien au sud du Bassin Aquitain	3	362	Grand système aquifère des calcaires, grès, dolomites et anhydrite de l'infra-tourcien du Bassin Aquitain	1
396A02	Marnes du Domerien inférieur	2810200	3	X	7	1	396AA	Calcaires, grès, dolomites et anhydrite de l'infra-tourcien au sud du Bassin Aquitain	3	362	Grand système aquifère des calcaires, grès, dolomites et anhydrite de l'infra-tourcien du Bassin Aquitain	1
396A03	Calcaires, dolomites et anhydrite de l'Heuzangein-Siermuelien	2810300	3	1	5	2	396AA	Calcaires, grès, dolomites et anhydrite de l'infra-tourcien au sud du Bassin Aquitain	3	362	Grand système aquifère des calcaires, grès, dolomites et anhydrite de l'infra-tourcien du Bassin Aquitain	1
396A01	Grès et dolomites infra-tourcien - parties profondes captives	28103100	3	1	5	4	396AG	Grès et dolomites de l'infra-tourcien du bassin Aquitain, au sud de la faille d'Affres-Bouronne	3	362	Grand système aquifère des calcaires, grès, dolomites et anhydrite de l'infra-tourcien du Bassin Aquitain	1
396A01	Grès et dolomites du Permien - Tréas	31101100	3	1	6	1	396AA	Calcaires, grès et argilles du permien du Bassin Aquitain	3	366	Dolomites, grès et argilles du Permien du Bassin Aquitain	2
372A01	Schistes, grès, conglomérats du Stephanien nord-aquitain	32010100	3	1	6	4	372AA	Schistes, grès et conglomérats du Stephanien du bassin Adour-Garonne	4	372	Socle du bassin versant de la Dorogye	2
372A01	Socle du bassin versant de la Roanne de sa source au confluent du Colroux	52041100	3	X	7	2	372AG	Socle du bassin versant de la Vézère de sa source au confluent de la Correz (incluz)	4	372	Socle du bassin versant de la Dorogye	2
372A01	Chougnac (incluz) sur les remparts granitiques du Limousin	52041200	3	X	7	2	372AG	Socle du bassin versant de la Vézère de sa source au confluent de la Correz (incluz)	4	372	Socle du bassin versant de la Dorogye	2
372A01	Socle du Massif Central (bassin de l'Indre) sur les unités mécomorphiques du Limousin	52041500	3	2	6	2	372AG	Socle du bassin versant de la Vézère de sa source au confluent de la Correz (incluz)	4	372	Socle du bassin versant de la Dorogye	2
372A01	Socle du bassin versant de l'Indre de sa source à la fin du socle du Massif central (bassin de l'Indre) sur les unités mécomorphiques du Limousin	52041600	3	2	6	2	372AG	Socle du bassin versant de la Vézère de sa source au confluent de la Correz (incluz)	4	372	Socle du bassin versant de la Dorogye	2
372A01	Socle du bassin versant de la Vézère au confluent de la Correz au confluent du Cern	52050100	3	2	6	2	372AK	Socle du bassin versant de la Vézère de sa source au confluent de la Correz (incluz)	4	372	Socle du bassin versant de la Dorogye	2
372A01	Socle du bassin versant de l'Indre au confluent du Périgord (incluz) au confluent de la Loze	52060100	3	2	6	2	372AK	Socle du bassin versant de l'Indre de sa source au confluent de la Dronne	4	372	Socle du bassin versant de la Dorogye	2
372A02	Socle du bassin versant de l'Indre de sa source au confluent du Périgord	52060200	3	2	6	2	372AK	Socle du bassin versant de l'Indre de sa source au confluent de la Dronne	4	372	Socle du bassin versant de la Dorogye	2
372A01	Socle du bassin versant de l'Indre de sa source au confluent de la Loze	52060300	3	2	6	2	372AK	Socle du bassin versant de l'Indre de sa source au confluent de la Dronne	4	372	Socle du bassin versant de la Dorogye	2
372A04	Socle du bassin versant de l'Anuère de sa source au confluent des Belles-Dames	52060400	3	2	6	2	372AK	Socle du bassin versant de l'Indre de sa source au confluent de la Dronne	4	372	Socle du bassin versant de la Dorogye	2
372A05	Socle du bassin versant de l'Anuère au confluent des Belles-Dames (incluz) au confluent de l'Indre	52060500	3	2	6	2	372AK	Socle du bassin versant de l'Indre de sa source au confluent de la Dronne	4	372	Socle du bassin versant de la Dorogye	2

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

RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MLIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	NT_RHF_NATURE
372AV03	Socle du bassin versant de la Dronne de sa source au confluent de la Colle (leclap)	52970106	3	2	6	2	3	372AV03	Socle du bassin versant de la Dronne	4	372	Socle du bassin versant de la Dronne	2
374A003	Socle du bassin versant de la Charente de sa source au confluent de la Bonlieure	53000106	3	2	6	2	3	374A003	Socle du bassin versant de la Charente de sa source au confluent de la Tardaire	4	374	Socle du bassin versant de la Charente	2
374A020	Socle du bassin versant de la Colle de leurs sources à leur confluent	53300206	3	2	6	2	3	374A020	Socle du bassin versant de la Bonlieure	4	374	Socle du bassin versant de la Charente	2
374A030	Socle du bassin versant de la Tardaire au confluent de la Colle au confluent du Tiroix sur les heurgraites et unités métamorphiques du Limousin	53300306	3	2	6	2	3	374A030	Socle du bassin versant de la Bonlieure	4	374	Socle du bassin versant de la Charente	2
374A034	Socle dans le bassin versant du Tiroix sur les heurgraites du Limousin	53300406	3	2	5	2	3	374A034	Socle du bassin versant de la Bonlieure	4	374	Socle du bassin versant de la Charente	2
374A035	Socle du bassin versant du Bandiat	53300506	3	2	6	2	3	374A035	Socle du bassin versant de la Bonlieure	4	374	Socle du bassin versant de la Charente	2

Annexe 2 - Carte géologique au 1/ 250 000 simplifiée



Carte géologique simplifiée du Limousin à l'échelle du 1 / 250 000

Légende des unités litho-structurales du Limousin

	Formations superficielles : colluvions, éboulis, dépôts de pente et de fond de doline, altérites
	Dépôts sédimentaires : Alluvions et nappes fluviales
	Dépôts sédimentaires : Tertiaire
	Dépôts sédimentaires : Jurassique moyen
	Dépôts sédimentaires : Jurassique inférieur
	Dépôts sédimentaires : Trias
	Astroblème de Rochechouart : brèches de retombée
	Astroblème de Rochechouart : brèches de dislocation
	Dépôts sédimentaires : Permien
	Dépôts sédimentaires : Carbonifère
	Volcanisme Mio-Pliocène à basanite et phonolite et éboulis associés
	Volcanisme Dévono-Carbonifère et Carbonifère supérieur : rhyolites, tufs rhyo-dacites, trachy-andésites, andésites
	Filons variés
	Filons de quartz
	Leucogranites : Namurien-Westphalien
	Leucogranites : Namurien
	Leucogranites : Viséen supérieur-Namurien
	Leucogranites : Viséen
	Leucogranites : Tournaisien-Viséen
	Leucomonzogranites et Granitoïdes leucocrates : Dévonien supérieur-Tournaisien
	Granites, granodiorites : Namurien-Westphalien
	Granites, monzogranites : Viséen supérieur - Namurien
	Granites, monzogranites : Tournaisien supérieur-Viséen inférieur
	Granites, granodiorite, monzogranites : Famenien-Tournaisien
	Granites-granodiorites en petits corps et filons : Frasnien-Faménien (Dévonien supérieur)
	Granodiorite à monzodiorite : Viséen moyen-Namurien
	Monzogranite-granodiorite : Dévonien supérieur-Tournaisien
	Granodiorite : Tournaisien supérieur-Viséen inférieur
	Tonalite : Tournaisien supérieur
	Granodiorites-tonalites, diorites quartzifères-tonalites : Dévonien supérieur-Tournaisien
	Diorites quartzifères-tonalites : Stéphaniens-Autunien
	Diorites et gabbros mésocrates à mélanocrates, diorites et monzodiorites quartzifères, hornblendites, tonalites - Ligne Tonalitique du Limousin : Dévonien supérieur
	Diorites et gabbros mésocrates : Dévonien supérieur

Légende des unités litho-structurales du Limousin (suite et fin)

	Unité épizonale de Génis (UG) : porphyroïdes roses à flammes
	Unité Anatectique d'Aubusson (UAA)
	Unité Anatectique du Chavanon (UAC)
	Unité épi- à mésozonale de Thiviers-Payzac (UTP) : schistes et gneiss
	Unité épi- à mésozonale de Thiviers-Payzac (UTP) : quartzites de Payzac, leptynites et Grès de Thiviers (= métatufs rhyodacitiques, métagrauwackes)
	Unité épi- à mésozonale de Thiviers-Payzac (UTP) : prasinites et amphibolites dérivant de tufs basiques, dolérites, basaltes, dacites
	Unité épi- à mésozonale de Thiviers-Payzac (UTP) : amphibolites intercalées dans les Quartzites de Payzac
	Unité métamorphique de la Gartempe (UMG) : micaschistes quartzo-micaschistes et schistes
	Unité métamorphique de la Gartempe (UMG) : métatufs andésitiques mésocrates
	Unité métamorphique de la Gartempe (UMG) : orthogneiss
	Unité métamorphique de la Gartempe (UMG) : quartzites et quartzo-leptynites
	Unité métamorphique de la Gartempe (UMG) : migmatites résultant d'une anatexie intense des orthogneiss
	Unité métamorphique de la Gartempe (UMG) : amphibolites plagioclasiques dérivant de basaltes, de gabbros ou de microgabbros
	Unité métamorphique de la Gartempe (UMG) : Péridotites serpentinisées
	Unité Para-autochtone des micaschistes (UPM) : marbres et gneiss carbonatés
	Unité Para-autochtone des micaschistes (UPM) : micaschistes, paragneiss et gneiss
	Unité Para-autochtone des micaschistes (UPM) : orthogneiss anatectiques, gneiss leptynitiques et kinzigitique
	Unité Para-autochtone des micaschistes (UPM) : métatexites-diatexites, migmatites
	Unité Para-autochtone des micaschistes (UPM) : amphibolites
	Unité Supérieure des Gneiss (USG) : paragneiss
	Unité Supérieure des Gneiss (USG) : Orthogneiss leptynitiques et Complexe leptyno-amphibolique
	Unité Supérieure des Gneiss (USG) : Quartzites feldspathiques
	Unité Supérieure des Gneiss (USG) : métatexites, diatexites et migmatites
	Unité Supérieure des Gneiss (USG) : amphibolites
	Unité Supérieure des Gneiss (USG) : pyroxénites, péridotites, écolites
	Unité Inférieure des Gneiss (UIG) : schistes, micaschistes et paragneiss
	Unité Inférieure des Gneiss (UIG) : gneiss
	Unité Inférieure des Gneiss (UIG) : gneiss et orthogneiss leptynitiques, orthogneiss oeilés
	Unité Inférieure des Gneiss (UIG) : quartzites
	Unité Inférieure des Gneiss (UIG) : métatexites, diatexites, migmatites et granitoïdes d'anatexie
	Unité Inférieure des Gneiss (UIG) : amphibolites
	Unité Inférieure des Gneiss (UIG) : écolites plus ou moins amphibolitisées, péridotites serpentinisées, gabbros

Annexe 3 - Essai de caractérisation hydrogéologique des entités du thème Socle

Pour déterminer l'intérêt hydrogéologique des formations de socle, un indice défini par le produit de deux paramètres est souvent utilisé (cf. par exemple le rapport BRGM/RP-55001-FR) :

- le pourcentage de forages ayant fourni un débit instantané au moins égal à 10 m³/h (critère considéré comme une image des probabilités de succès),
- le débit moyen du quartile supérieur (ou moyenne des débits des 25 % « meilleurs forages »). Ce paramètre est représentatif de la perméabilité des axes de drainage souterrain.

Suivant les valeurs prises par cet indice (appelé « indice global »), il est possible d'apprécier la nature aquifère (ou pas) des formations de socle (exemple fourni dans le tableau ci-dessous établi pour les formations de socle des départements de la Sarthe et du Maine-et-Loire).

	Classes	Indice global	Nature entité
	1	≥ 10	Unité aquifère
	2	7.5 à 10	Unité aquifère
	3	5 à 7.5	Unité semi-perméable
	4	2.5 à 5	Unité semi-perméable
	5	< 2.5	Unité imperméable

Préalablement au calcul de cet indice, un regroupement des formations géologiques des cartes harmonisées au 1/50 000 à partir de la carte géologique à 1/250 000 du Limousin a été réalisé. En procédant ainsi, une carte géologique simplifiée a été élaborée comprenant 16 types lithologiques cristallophylliens et 2 formations superficielles. Ces formations superficielles ont été conservées étant donné qu'elles participent aux débits instantanés mesurés. 381 débits instantanés ont pu être extraits de la base de données hydrodynamiques réalisée pour le projet SILURES (données issues de la Banque de données du Sous-Sol).

Néanmoins, le nombre de forage demeure le caractère limitant de cette approche statistique puisque :

- 11 types lithologiques sur les 18 sont renseignées par moins de 10 forages (sur 27% de la surface de socle du Limousin) et ne peuvent donc être statistiquement traités ;
- 7 types lithologiques sont renseignés dont :
 - 2 pour lesquels l'indice global est supérieur à 5 (semi-perméable : vert ou aquifère : bleu) mais pour lesquels moins de 20 forages sont disponibles ;
 - 5 autres types (imperméables ou semi-perméables) pour lesquels on possède en moyenne 1 forage pour 30 km².

A titre de comparaison, ce même travail, réalisé en région Pays-de-la-Loire, a mobilisé 1 801 forages pour les départements du Maine-et-Loire et de la Sarthe. 1 896 forages complémentaires de la région Bretagne ont permis d'affiner cette approche statistique. Compte tenu du nombre restreint de forages disponibles et du contexte géologique régional complexe, il est hasardeux d'essayer d'établir un lien entre la lithologie et les caractéristiques hydrogéologiques du sous-sol. C'est pourquoi, une autre voie a été recherchée en réalisant une analyse statistique englobant davantage de paramètres pour déterminer lesquels déterminent les grandes caractéristiques hydrogéologiques.

GÉOLOGIE SIMPLIFIÉE					STATISTIQUES					
CODE	DESCRIPTIONS	SUPERFICIE UNITE (KM²)	NOMBRE FORAGE	KMFORAGE	INDICE DE PRODUCTIVITE MOYEN (M³/H/M)	NOMBRE FORAGES > 10 m3/h	%FORAGES > 10 m3/h	MELLEUR QUARTILE	DEBIT MOYEN DU MELLEUR QUARTILE (M³/H)	INDICE GLOBAL
3	Dépôts sédimentaires : Alluvions et rasses fluviales	645,39	2	322,69	0,96	2,00	100,00%	N/A	N/A	N/A
20	Dépôts sédimentaires : Tertiaire	97,06	3	32,35	0,29	1,00	33,33%	N/A	N/A	N/A
120	Léocozoïques	3289,97	88	37,03	0,14	16,00	18,18%	6,99	14,49	2,63
148	Léocozoïques et Granitoides leucocrates : Devonien supérieur-Tournaisien	135,50	19	7,13	0,46	9,00	47,37%	19,35	44,44	21,05
204	Granites, monzogranites : Tournaisien supérieur-Véséen inférieur	1423,79	39	37,47	0,21	9,00	23,09%	8,13	15,96	3,79
208	Granites, granodiorite, monzogranites : Famenin-Tournaisien	1591,05	6	285,18	0,09	0,00	0,00%	N/A	N/A	N/A
254	Monzogranite-granodiorite : Devonien supérieur-Tournaisien	709,97	4	177,49	0,10	0,00	0,00%	N/A	N/A	N/A
259	Granodiorite : Tournaisien supérieur-Véséen inférieur	131,29	1	131,29	0,00	0,00	0,00%	N/A	N/A	N/A
272	Granodiorite-oronales, dômes quartzifères-oronales : Devonien supérieur-Tournaisien	81,18	1	81,18	0,03	0,00	0,00%	N/A	N/A	N/A
280	Dômes et gabbros - Ligne Tonalitique du Limousin : Devonien supérieur	220,17	2	110,09	0,20	1,00	50,00%	N/A	N/A	N/A
310	Unités métamorphiques du Limousin : Unités Anarctiques d'Aubusson (UAA)	711,66	11	64,70	0,16	4,00	36,36%	15,00	17,43	6,34
334	Unités métamorphiques du Limousin : Unités de Thiviers-Buzac	85,04	3	28,85	0,02	0,00	0,00%	N/A	N/A	N/A
350	Unités métamorphiques du Limousin : Schistes, mica-chistes et paragneiss	3199,30	106	30,17	0,21	27,00	25,47%	9,75	19,17	4,99
360	Unités métamorphiques du Limousin : amphibolites	101,20	2	50,60	1,08	2,00	100,00%	N/A	N/A	N/A
392	Unités métamorphiques du Limousin : métalexes, dialexes, migmatites et granulites d'axaltes	927,03	53	17,49	0,10	7,00	13,21%	6,90	11,92	1,57
404	Unités métamorphiques du Limousin : orthogneiss leptynites et complexes leptyno-amphibolite	207,86	6	34,64	0,06	1,00	16,67%	N/A	N/A	N/A
454	Unités métamorphiques du Limousin : gneiss	192,00	2	96,00	0,33	2,00	100,00%	N/A	N/A	N/A
464	Unités métamorphiques du Limousin : gneiss et orthogneiss leptynites, orthogneiss, schistes	1094,27	34	32,19	0,17	6,00	17,65%	7,91	13,13	2,32

Illustration 1 - Résultats de l'approche statistique après regroupement des formations géologiques (381 forages) - (Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).

Annexe 4 - Méthodologie de délimitation des entités hydrogéologiques en domaine de socle

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

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

D'abord, les grandes lignes de la méthodologie (rapport BRGM-RP-52261-FR 2003) sont rappelées et son application à deux départements de la région Pays-de-la-Loire (49 et 72). Le travail fait en Midi-Pyrénées est présenté.

1. Entités NV1

D'après le guide méthodologique :

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

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

2. Entités NV2

D'après le guide méthodologique :

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

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

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

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

Etape 1: première sélection

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

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

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

Etape 2: prise en compte des débits spécifiques

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

Pour la détermination des seuils de QES, l'avis d'expert (J. RAFFY, DIREN Bretagne) a été pris en compte. Celui-ci a jugé de la pertinence des seuils définissant les quatre classes de QES, le premier seuil de QES étant fixé 0.7 l/s/km² pour isoler les bassins schisteux et/ou gréseux.

Etape 3: affectation d'un QES aux bassins

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

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

Etape 4: regroupement suivant QES

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

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

3. Entités NV3

3.1. Critères du guide méthodologique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

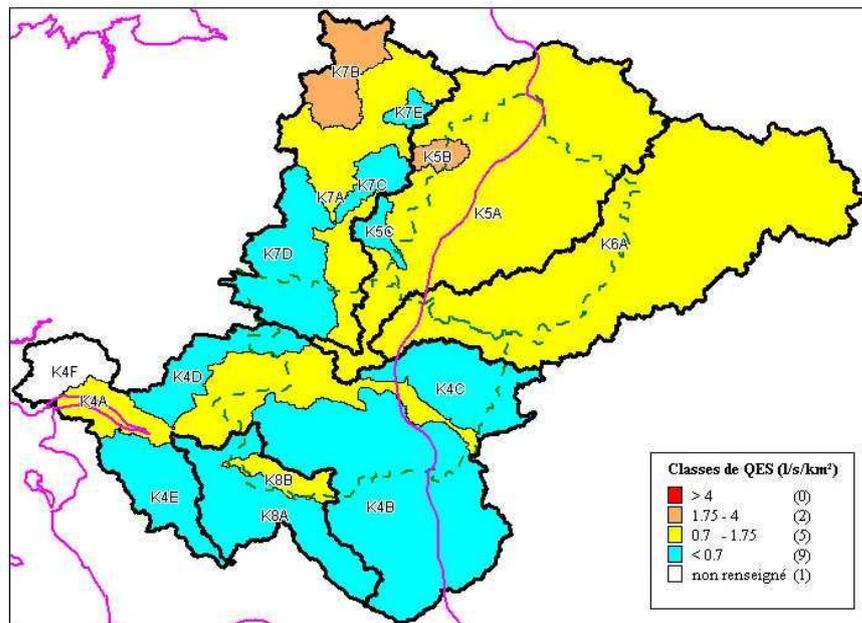


Illustration 1 - Classement des entités selon les valeurs de QES (17 entités NV2 après assemblage)

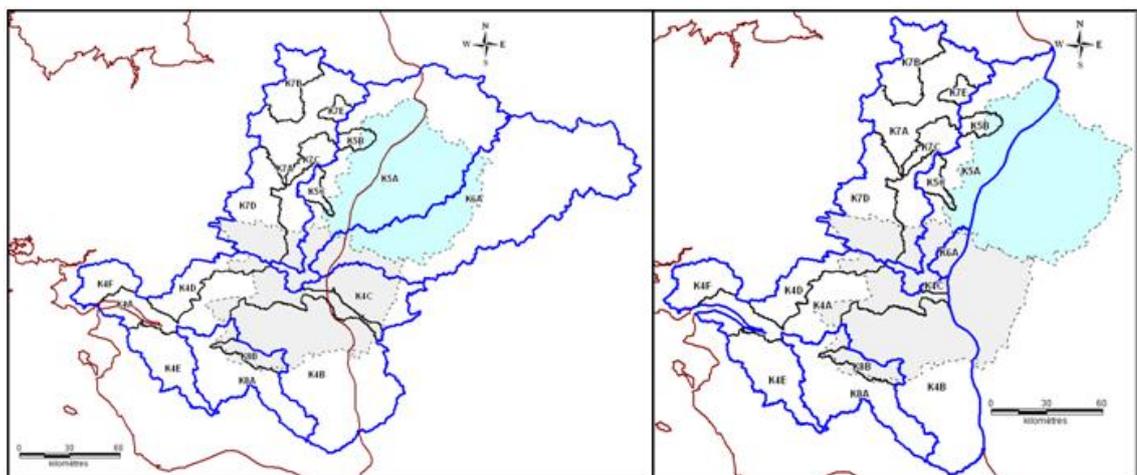


Illustration 2 - Entités de Socle de niveau NV2 (avant et après découpage grossier avec la limite des formations sédimentaires)

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

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

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

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

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

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

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

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

3) Délimitation des entités NV3

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

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

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

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

- *distinction de trois classes lithologiques au sein des formations de socle,*
- *inventaire des formations géologiques appartenant à ces trois grands ensembles constituant le système à découper,*
- *extraction des polygones correspondant aux formations affleurantes des trois ensembles lithologiques,*
- *regroupement et fusion des polygones constitutifs de chaque entité,*
- *redécoupage des systèmes par les bassins versants NV2 (**sous-secteurs de la BD Carthage**), aboutissant à 21 entités NV3.*

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

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

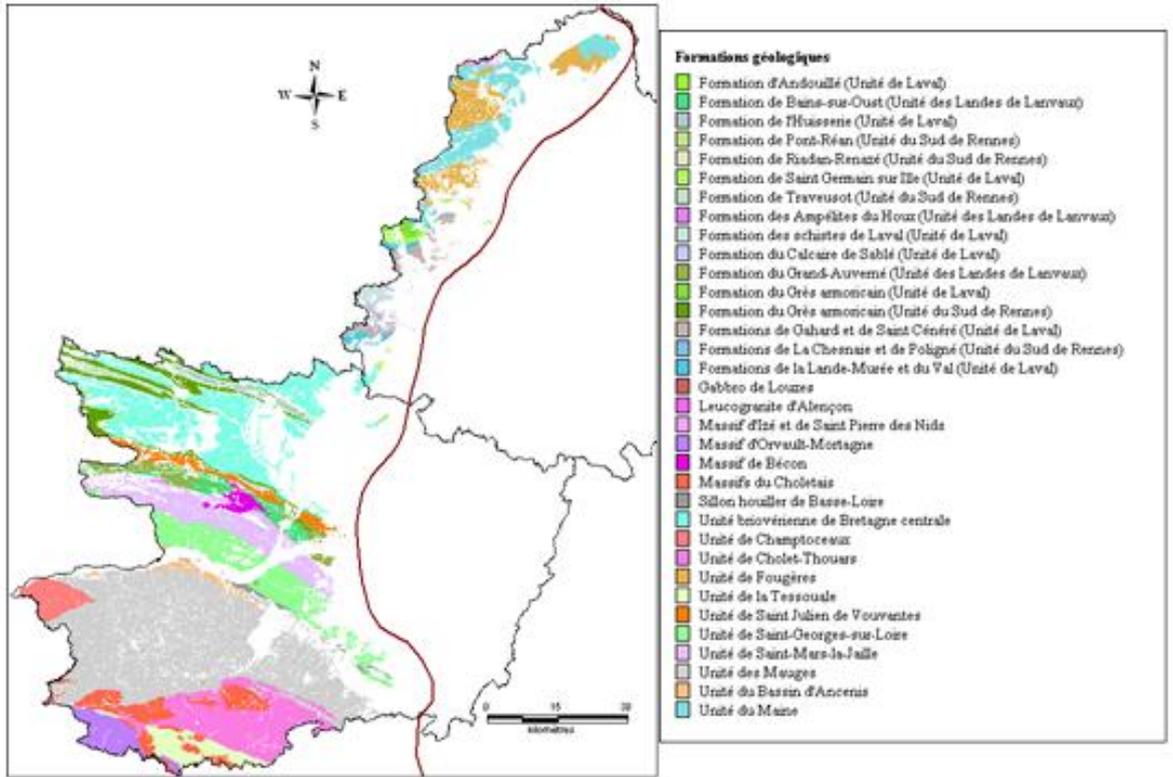


Illustration 3 – 34 entités géologiques au 1/50 000 dans les départements 49 et 72

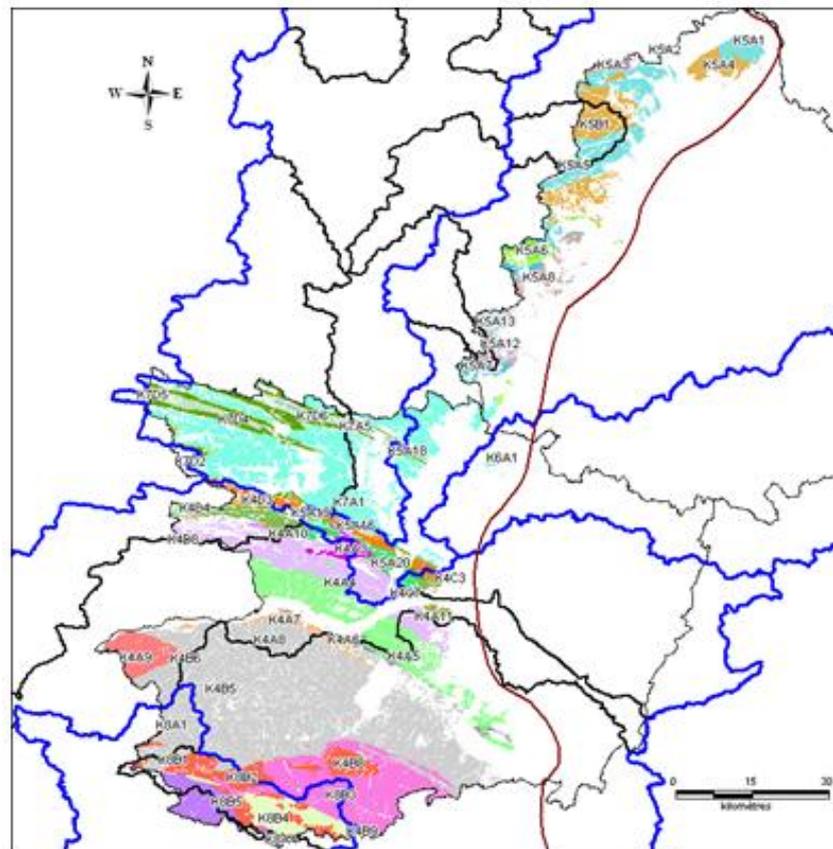


Illustration 4 – 91 entités hydrogéologiques NV3 dans les départements 49 et 72 (Intersection entités géologiques ci-dessus) par BV NV2)

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

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

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

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

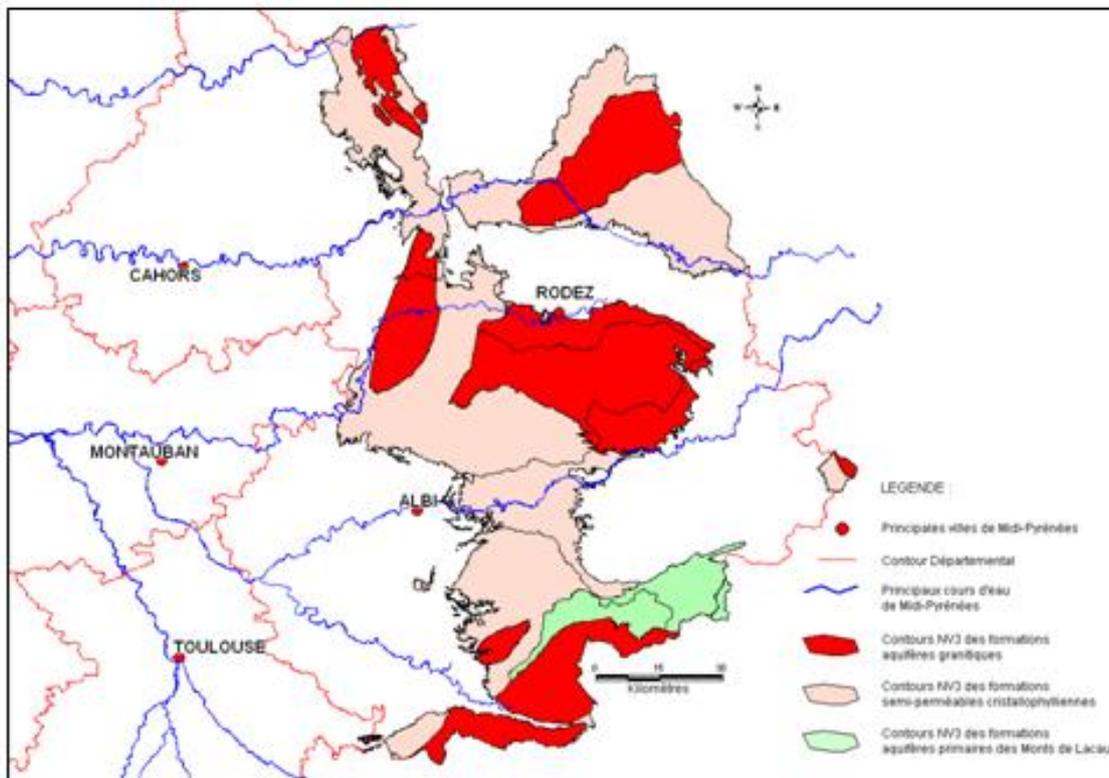


Illustration 5 – Entités NV3 de socle en MPY

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

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

Démarche

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

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

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

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

Remarque

La table attributaire de l'étape 2 (après intersection) peut être conservée et le code entité NV3 (illustration 7) y introduire.

L'intérêt de cette table attributaire réside dans le fait que toute l'information de détail y est présente. Elle peut être intégrée au référentiel comme table dérivée.

Voir les illustrations 8, 9 et 10.

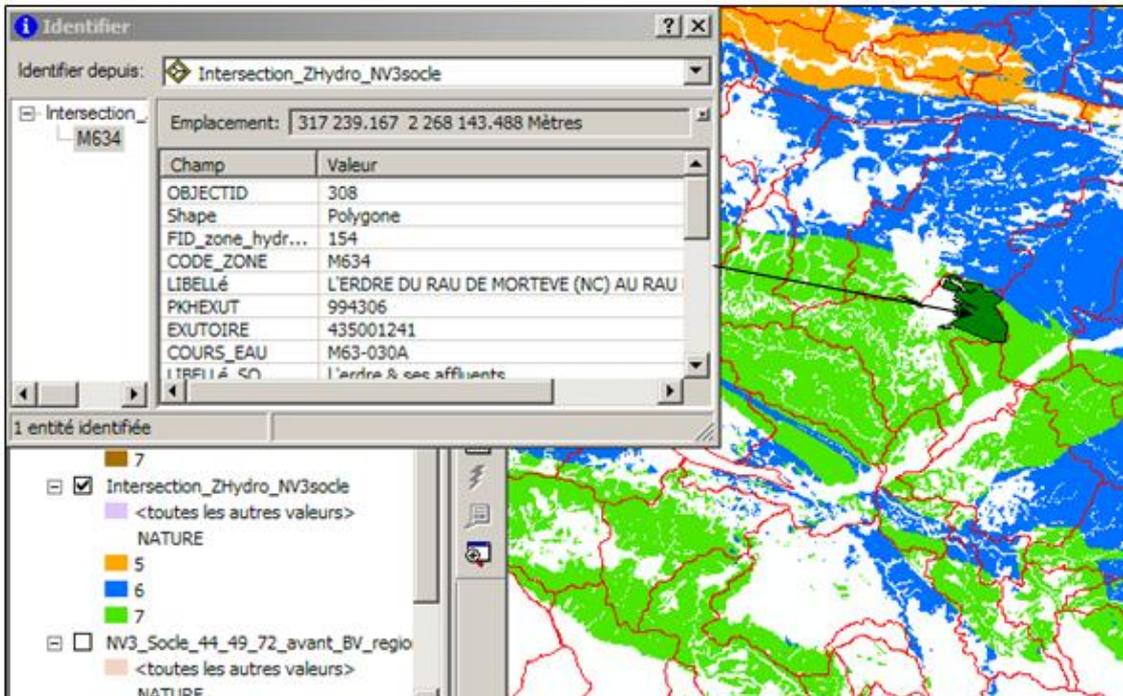


Illustration 6 - Intersection des zones hydrographiques BD Carthage avec des entités définies suivant la méthodologie générale (exemple départements 49 et 72)

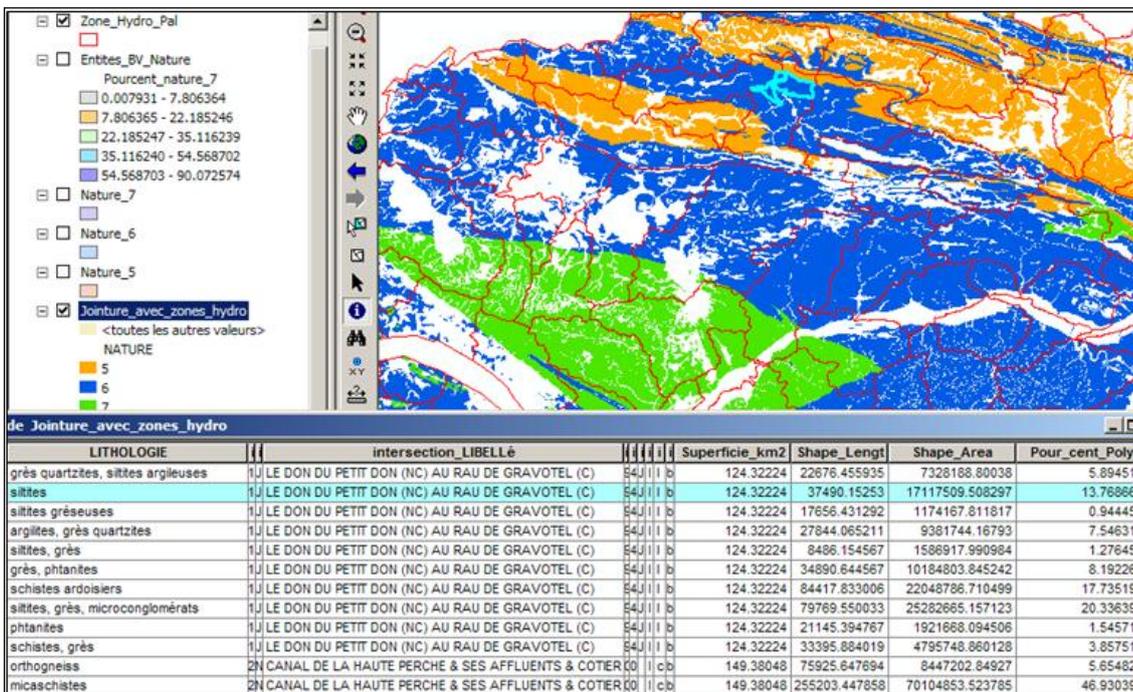


Illustration 7 - Calcul du pourcentage d'occupation des types de lithologie dans chaque polygone élémentaire des zones hydrographiques - (Cette figure a été réalisé avec les anciens codes et libellés d'entités).

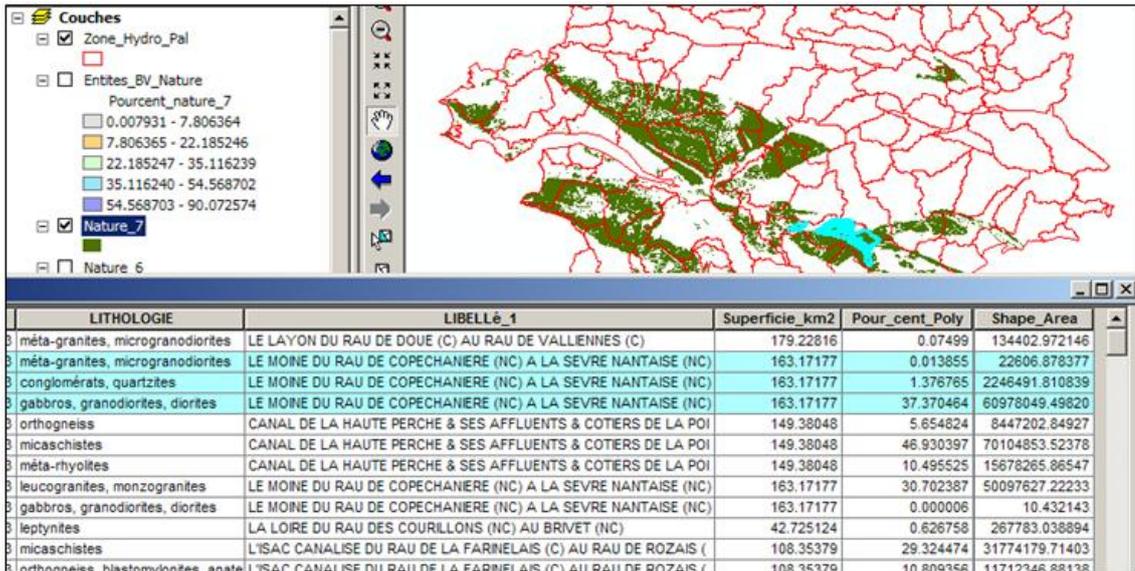


Illustration 8 – Sélection d'une classe de perméabilités

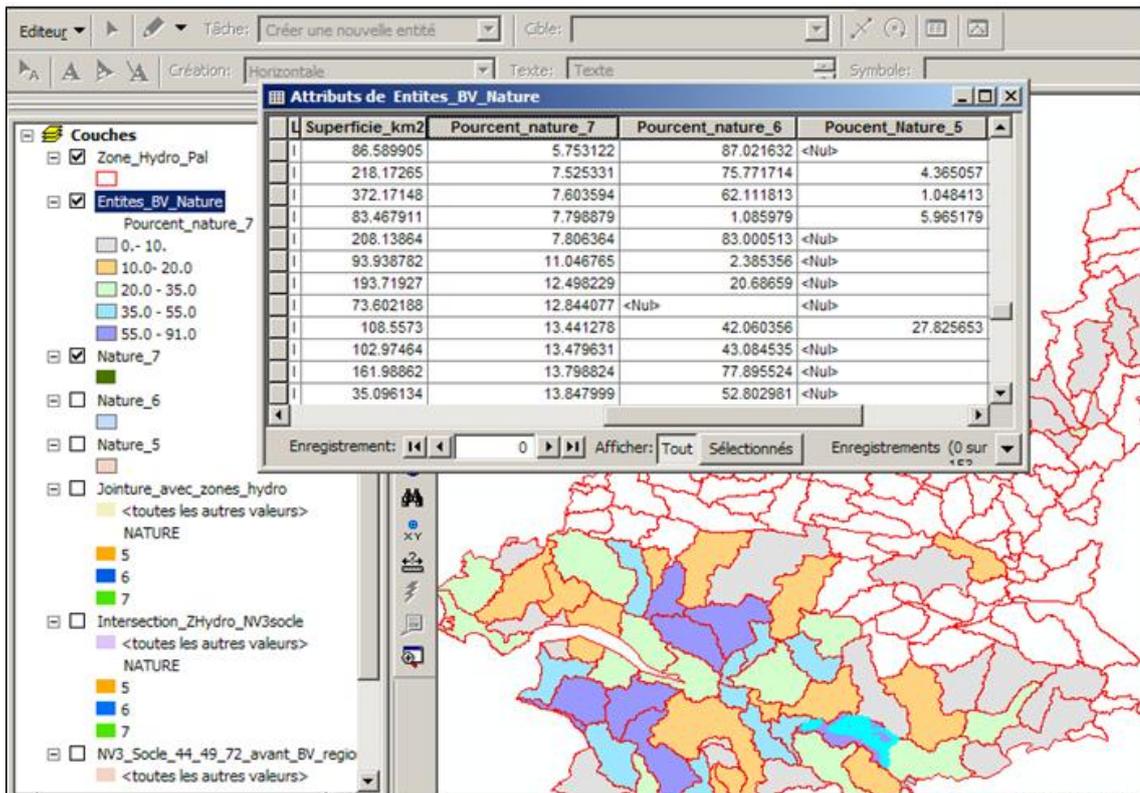


Illustration 9 – Table après l'étape 4

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

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

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

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

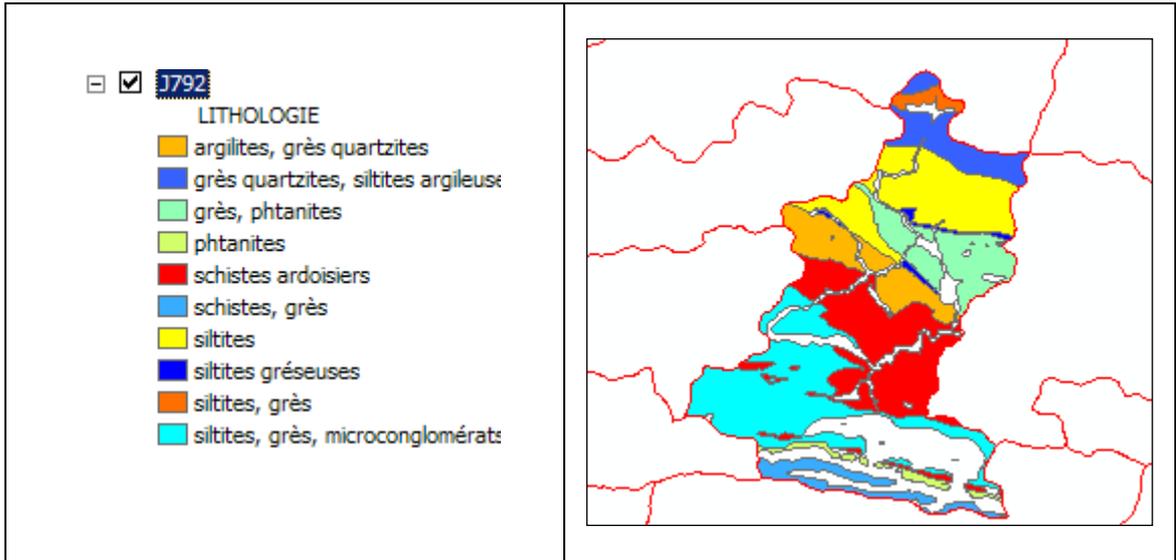


Illustration 11 – Exemple d'un BV-Entité caractérisé par une lithologie (sélection dans la table attributaire issue de l'étape d'intersection) (en blanc les polygones non renseignés)

La lithologie est ici bien détaillée mais peut aussi être réduite à quelques grandes classes

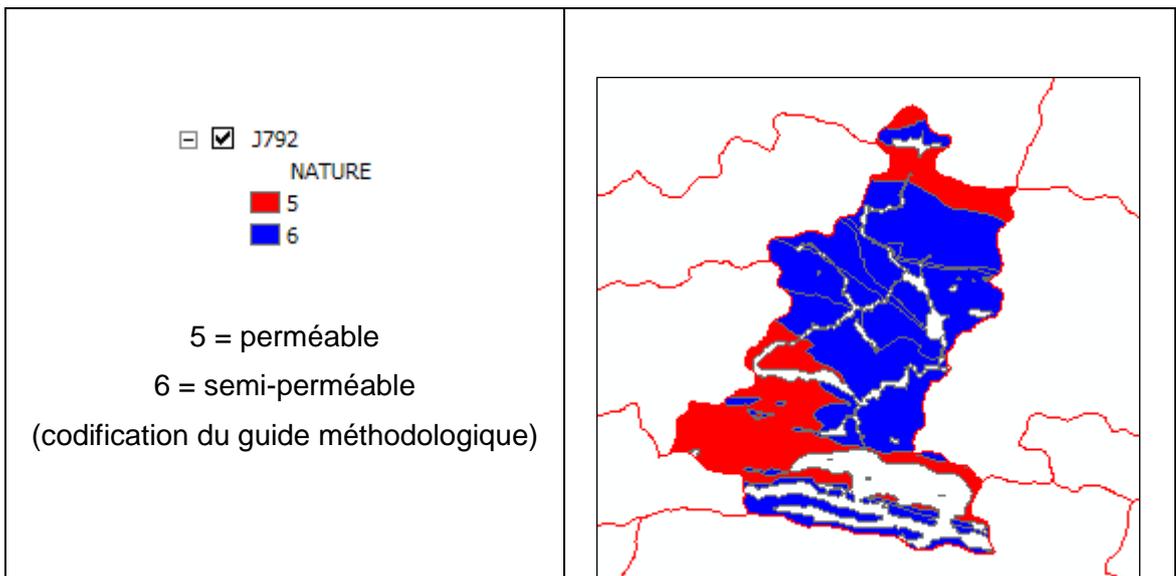


Illustration 12 – Exemple d'un BV-Entité caractérisé par une classe de perméabilité (sélection dans la table attributaire issue de l'étape 2) (en blanc les polygones non renseignés)

THEME	NATURE	ETAT	MILIEU	NIVEAU	LITHOLOGIE	CODE_ZONE	LIBELLÉ_1	Superficie	Pour_cent_Lithol
3	5	2	2	3	grès quartzites, siltites argileuses	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	5.89451
3	6	2	2	3	siltites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	13.7687
3	6	2	2	3	siltites gréseuses	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	0.944455
3	6	2	2	3	argilites, grès quartzites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	7.54631
3	6	2	2	3	siltites, grès	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	1.27846
3	6	2	2	3	grès, phtanites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	8.19226
3	6	2	2	3	schistes ardoisiers	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	17.735201
3	5	2	2	3	siltites, grès, microconglomérats	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	20.336399
3	6	2	2	3	phtanites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	1.54572
3	6	2	2	3	schistes, grès	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	3.85752

Illustration 13 – Extrait table attributaire du BV-Entité J792

3.5. Autre exemple

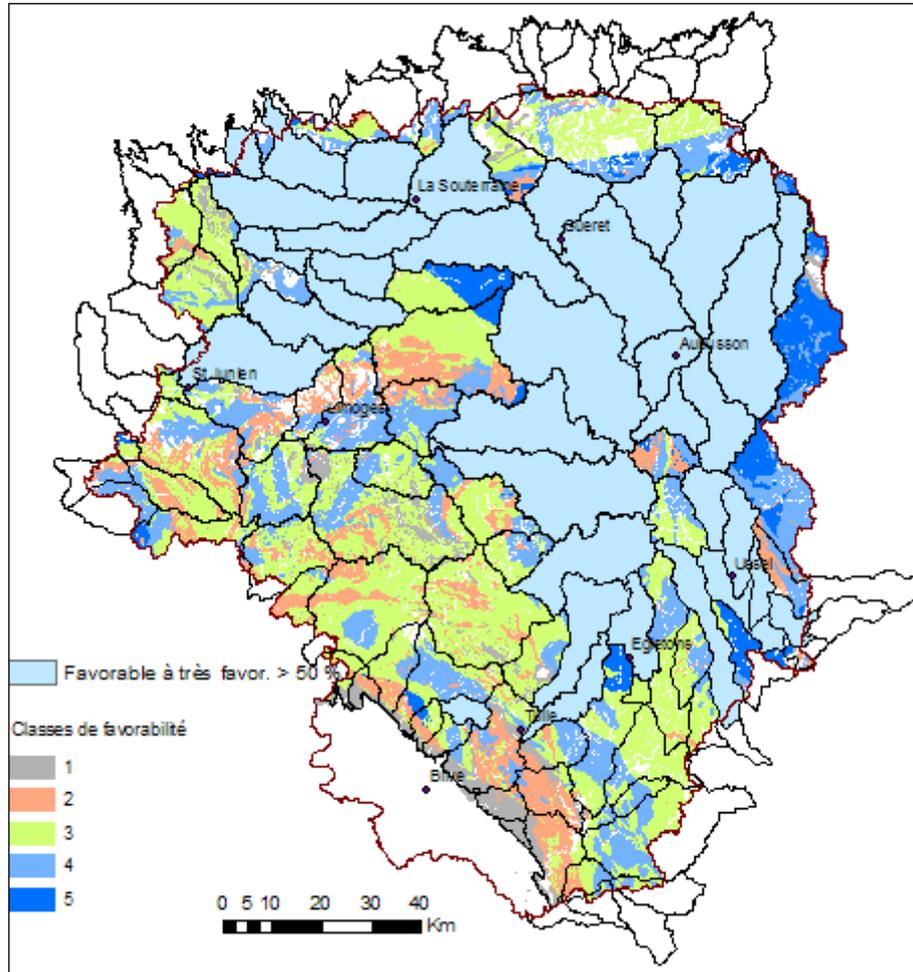
Cet exemple est relatif au socle en région Limousin où les entités NV3 ont pu être caractérisées par un critère « favorabilité » (potentiel aquifère).

Cette caractérisation a été faite avec Arc Gis par intersection de la carte du « potentiel aquifère » avec la carte des entités BV-NV3.

Puis, une suite d'opérations :

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

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



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

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

En résumé:

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

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

Il n'est pas possible d'arriver à 100 % compte tenu des formations de recouvrement.

Lexique Nature

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

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

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

Opérations possibles:

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

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

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

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

Lexique lithologique. Exemple

Litho-1= Roches plutoniques fracturées

Litho-2= Roches métamorphiques fracturées

Litho-3= Roches métamorphiques compactes

Litho_4 = Sédimentaire ancien

Litho_5= ...

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

Mêmes opérations possibles que celles ci-dessus.

2) une table plus détaillée

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

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

Par rapport à la table globale, les différentes zones lithologiques ou des classes de perméabilité sont localisées.

Annexe 5 - Lexique de caractérisation des entités et des limites

. Caractérisation des entités

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

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

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

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

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

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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Service géologique régional Limousin
1, avenue d'ESTER
ESTER – BP 6932
87069 – Limoges Cedex 3 - France
Tél. : 05 55 35 27 86