Document public

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Bassins Rhin-Meuse et Seine-Normandie

Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Lorraine et dans les secteurs du bassin Rhin-Meuse en Champagne-Ardenne

Rapport final

Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP- 62216-FR
Juillet 2013

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

ONEMA Office national de l'eau et des milieux aquatiques

eau seine normandie

AGENCE DE L'EAU RHIN•MEUSE
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Géosciences pour une Terre durable brgm

Document public

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Bassins Rhin-Meuse et Seine-Normandie

Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Lorraine et dans les secteurs du bassin Rhin-Meuse en Champagne-Ardenne

Rapport final
Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP- 62216-FR
Juillet 2013

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2008 EAU-I13

**G. Fourniguet, J. Boucher, D. Nguyen-Thé,
J. Warin,D. Xu, S.Schomburgk**

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : J.J. Seguin	Nom : D. Midot
Date : 22/06/2010	Date :
Signature :	Signature **:**

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

ONEMA
Office national de l'eau
et des milieux aquatiques

eau seine NORMANDIE

AGENCE DE L'EAU RHIN•MEUSE
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DU MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : BDLISA, Référentiel hydrogéologique français, système aquifère, domaine hydrogéologique, Lorraine, Champagne-Ardenne, bassin Rhin-Meuse, bassin Seine-Normandie.

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

Fourniguet G., Boucher J., Nguyen-Thé D., Warin J., Xu D. Schomburgk (2013) – Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassins Rhin-Meuse et Seine-Normandie –. Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Lorraine et dans les secteurs du bassin Rhin-Meuse en Champagne-Ardenne. Rapport final, Mise à jour BDLISA Version 0. BRGM/RP- 62216-FR, 210 p., 43 ill., 9 ann.
.

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

Synthèse

Le présent rapport est la mise à jour d'un travail réalisé en 2010 par G. Fourniguet (RP-57519-FR) dans le cadre de la réalisation de BDRHF-V2. Cette mise à jour permet d'intégrer les entités hydrogéologiques décrites en Lorraine et Champagne dans le bassin Rhin-Meuse en 2010 à la version 0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (*Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères*).

Le territoire couvert par la délimitation des entités hydrogéologiques correspond à la région Lorraine (située dans le bassin Rhin-Meuse et pour partie dans le bassin Seine-Normandie) et à une partie de la région Champagne-Ardenne située dans le bassin-Rhin-Meuse (nord du département des Ardennes et est du département de la Haute-Marne).

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

- dans les formations du sédimentaire, qui couvrent la plus grande partie du secteur d'étude,
- et en domaine de socle : socle des Ardennes et Vosges cristallines.

A partir des cartes géologiques harmonisées (échelle du 1/50000), des logs géologiques vérifiés de forages et de critères hydrogéologiques, ont été identifiés et délimités :

- **84 entités hydrogéologiques au niveau local (NV3) dont 24 en domaine de socle** (12 dans le socle des Ardennes et 12 dans les Vosges cristallines) ;
- **34 systèmes aquifères ou domaines hydrogéologiques du niveau régional (NV2) dont 11 en domaine de socle** ;

13 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1) dont 2 grands domaines de socle.

Suite à l'harmonisation nationale des entités BDLISA à l'échelle nationale le nombre d'entités BDLISA dans cette zone a changé (regroupement d'entités transrégionales, découpage par bassin etc.) Cependant le présent rapport ne fait état que des entités identifiées lors de la délimitation des entités en Lorraine et Champagne. (BRGM/RP-57519-FR)

A ces entités, s'ajoutent **3 ensembles d'entités « complémentaires »**, identiques aux trois niveaux de découpage, constituant une **« surcouche » du référentiel** :

- les systèmes alluvionnaires ;
- les formations fluvio-glaciaires ;
- les formations glaciaires.

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

Avertissement

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

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

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

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

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

Sommaire

1 Introduction 13

2 Présentation du référentiel BDLISA 17

2.1 PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS 17
2.1.1 Principes de construction 17
2.1.2 Assemblage des entités 17
2.1.3 Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction 17
2.1.4 BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE 18

2.2 PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA 18

2.3 LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL 19
2.3.1 Les entités hydrogéologiques 19
2.3.2 Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques 20
2.3.3 Les "thèmes" des entités hydrogéologiques 20
2.3.4 L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques 21
2.3.5 L'attribut "Type de milieu" des entités hydrogéologiques 23
2.3.6 L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques 24
2.3.7 L'attribut "Origine de la construction" des entités hydrogéologiques 25

2.4 LE TABLEAU MULTI-ECHELLES 25

2.5 LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS 26
2.5.1 Principes sous-jacents 26
2.5.2 Organisation des entités en 2 ensembles 27
2.5.3 Ordre absolu et ordre relatif 27

3 Méthodologie de délimitation des entités et assemblage par le modèle de gestion 30

3.1 PRINCIPES DIRECTEURS 30
3.1.1 Homogénéité du découpage 30
3.1.2 Emboîtement des niveaux 30

3.2 PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION 31
3.2.1 Identification et cadrage hydrogéologique général 31
3.2.2 De l'analyse des cartes géologiques au tableau multi-échelles 31
3.2.3 Individualisation de l'alluvial 32
3.2.4 Découpage des entités 32

3.2.5 Passage au modèle de gestion du référentiel 32
3.2.6 Organigramme 32

4 Mise en œuvre du découpage 35

4.1 DONNÉES DE RÉFÉRENCE 35

4.2 IDENTIFICATION ET DÉCOUPAGE DES ENTITÉS 38
4.2.1 « Entités principales » du thème « Sédimentaire » 38
4.2.2 Thème « Socle » 40
4.2.3 Thème « Alluvions » 54

4.3 LES ENTITÉS DU SÉDIMENTAIRE 54
4.3.1 Le Permo-Carbonifère (145) 55
4.3.2 Grand système multicouche du Trias 55
4.3.3 Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inférieur (Lias) du bassin de Paris 69
4.3.4 Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Callovien à l'Aalénien du bassin de Paris 73
4.3.5 Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du bassin de Paris 82
4.3.6 Grand système aquifère du Kimméridgien à l'Oxfordien supérieur du bassin de Paris 82
4.3.7 Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimméridgien du Bassin de Paris 88
4.3.8 Grand système aquifère du Tithonien du bassin de Paris 90
4.3.9 Grand système multicouche du Crétacé inférieur, Albien à Néocomien du bassin de Paris 91
4.3.10 Grand domaine hydrogéologique des Argiles, Marnes et Gaizes du Cénomanien inférieur et de l'Albien supérieur du bassin de Paris 93

4.4 LES ENTITÉS EN ZONE DE SOCLE 94
4.4.1 Socle Vosgien 94
4.4.2 Socle des Ardennes 99

4.5 FORMATIONS ALLUVIONNAIRES, FLUVIO-GLACIAIRES ET GLACIAIRES100

5 Limites des entités 101

5.1 LIMITES HYDRAULIQUES 101

5.2 NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITES 101

6 Outil de construction du référentiel 105

6.1 GÉODATABASE 105

6.2 FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS 110

7 Conclusion 113

8 Bibliographie 115

Liste des illustrations

Illustration 1 : Carte du bassin Rhin-Meuse (la région Lorraine est délimitée par un trait rouge et le bassin Rhin-Meuse par un trait bleu). 15

Illustration 2 – Types d'entités hydrogéologiques et codification.....21

Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques 23

Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires.....26

Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités 29

Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3.....30

Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage. 33

Illustration 8 : Carroyage des cartes géologiques avec leur numéro.....36

Illustration 9 : Implantation des sondages avec logs géologiques vérifiés. 37

Illustration 10 : Socle des Ardennes et Socle vosgien (partie Lorraine). 41

Illustration 11 : Information fournie par la méthode « DECLIC ». 43

Illustration 12 : Entités de niveau 3 délimitées et zones hydrographiques BD Carthage (une couleur par entité).....44

Illustration 13 : Exemple de construction d'une entité socle de niveau 3 (entité située à l'ouest de Remiremont). 44

Illustration 14 : Zones hydrographiques BD Carthage (31) couvrant la zone de socle des Ardennes. 47

Illustration 15 : Extension du socle des Ardennes et zones hydrographiques BD Carthage. 48

Illustration 16 : Regroupement des formations géologiques en 4 classes lithologiques. 49

Illustration 17 : Caractérisation de chaque zone hydrographique par une lithologie 50

Illustration 18 : Regroupement des zones hydrographiques (ZH) en 9 zones lithologiques (ZL) 51

Illustration 19 : Dernières étapes de la construction des entités NV3 dans le socle des Ardennes. 52

Illustration 20 : Liste et caractérisation des entités NV3 et NV2 du socle des Ardennes. Entre parenthèse, les anciens codes attribués aux entités 53

Illustration 21 : Tableau lithostratigraphique des formations du Trias (Courel et Maget-Mégnien et al ; 1980). 57

Illustration 22 : Variations latérales de faciès des formations du Lias (coupe sud-nord de la Lorraine, d'après Allouc et Hanzo in Mégnien et al., 1980). 67

Illustration 23 : Variations latérales de faciès dans les formations du Jurassique moyen. Coupe sud-nord du bassin Rhin-Meuse 75

Illustration 24 : Schéma conceptuel du fonctionnement hydrogéologique d'un réservoir minier, avant et après ennoyage (exemple du réservoir Sud, coupe schématique SO-NE), (d'après Douche modifié, in Vaute et al., 2007). 77

Illustration 25 : Exemple de découpage sous SIG de l'unité de la « Formation ferriffère (Minette de Lorraine) de l'Aalénien-Bajocien ». Les zones de travaux miniers sont limitées par un trait noir, et après application du tampon par un trait rouge. La formation géologique affleurante est délimitée par des traits jaunes lorsqu'elle est exploitée et par des traits bleus lorsqu'elle est hors zone exploitée. Données BRGM, DRIRE Lorraine et IGN. 79

Illustration 26 : Profil stratigraphique des formations de l'Oxfordien et du Kimméridgien inférieur (Mégnien et al., 1980). 84

Illustration 27 : Profil stratigraphique des formations du Tithonien (ex-Portlandien) (figure extraite de la Synthèse géologique du Bassin de Paris, Mégnien et al. BRGM, 1980). 91

Illustration 28 : Valeurs de QMNA et débits spécifiques d'étiage calculés pour les bassins versants identifiés sur le socle côté versant lorrain. 95

Illustration 29 : Entités de niveau 3 identifiées sur le socle vosgien, côté versant lorrain. 97

Illustration 30 : Entités de niveau 2 identifiées sur le socle vosgien, côté versant lorrain. 98

Illustration 31 : Entités de niveau 3 et de niveau 2 du socle des Ardennes. 100

Illustration 32 - Types de limites possibles entre entités. 102

Illustration 33 - Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques. 103

Illustration 34 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap. 105

Illustration 35 - Tables non géométriques de la géodatabase. 106

Illustration 36 - Interface utilisateur de la géodatabase. 106

Illustration 37 : Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général. 107

Illustration 38 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs). 108

Illustration 39 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1). 108

Illustration 40 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités 109

Illustration 41 - Table des limites: natures des contacts entre entités. 109

Illustration 42 : Editeur de cartes du modèle de construction du référentiel. 110

Illustration 43 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche). 111

Illustration 44 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite) 112

Liste des annexes

Annexe 1 - Tableaux multi-échelles 123

Annexe 2 - Cartes des entités NV3 partagées entre la Lorraine et Champagne-Ardenne (partie bassin Rhin-Meuse) 131

Annexe 3 - Cartes des entités NV3 partagées entre la Lorraine et l'Alsace (Alsace « bossue ») 140

Annexe 4 - Note méthodologique sur le découpage en domaine de socle 145

Annexe 5 - Lexique de caractérisation des entités 164

1 Introduction

Le présent rapport est la mise à jour d'un travail réalisé en 2010 par G. Fourniguet (RP-57519-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) dans le Bassin Rhin-Meuse en Lorraine et Champagne-Ardenne. La présentation générale du référentiel, de ses principes de construction et de mise en œuvre est faite dans le rapport BRGM/RP-62261-FR, cité en bibliographie.

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

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

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

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

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

- le sédimentaire (bassin aquitain, bassin de Paris,…) ;
- le socle (Massif armoricain, Massif central, Vosges, Ardennes, …) ;
- l'alluvial ;
- le volcanisme ;
- les formations intensément plissées (massifs montagneux).

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

Zone d'étude

Pour le bassin Rhin-Meuse, la zone d'étude comprend la majorité du territoire de la région Lorraine, une partie du département des Ardennes et du département de la Haute-Marne (situés en région Champagne-Ardenne) ; s'y ajoute la partie du bassin Seine-Normandie située en Lorraine (dans les départements de la Meuse et des Vosges). La partie du bassin Rhône-Méditerranée-Corse située en Lorraine (dans le département des Vosges) est réalisée par ailleurs. La surface couverte est d'environ 24000 km² pour le bassin Rhin-Meuse hors Alsace et de 2000 km^2 environ pour la partie de la Lorraine située dans le bassin Seine-Normandie.

Pour les secteurs situés dans le bassin Rhin-Meuse, l'étude a été réalisée dans le cadre de deux conventions : l'une, nationale, signée en 2008 entre l'ONEMA et le BRGM pour la réalisation des niveaux 1 et 2 du référentiel, l'autre régionale, signée en 2009 entre l'Agence de

l'eau Rhin-Meuse et le BRGM pour la réalisation du niveau 3, l'Agence apportant aussi un soutien financier pour la réalisation des niveaux 1 et 2.

Par ailleurs, une convention d'aide financière a également été signée en 2009 entre l'Agence de l'eau Seine-Normandie et le BRGM pour la réalisation du niveau 3 du référentiel sur la partie de la Lorraine située dans le bassin Seine-Normandie (pour des raisons de continuité des entités).

Les couches sédimentaires du bassin de Paris forment un empilement plus ou moins régulier qui s'appuie sur les terrains anciens du Massif Central et des Vosges (cf. illustration 1). Dans la région Lorraine, ces terrains dessinent des arcs successifs depuis les terrains les plus récents du Crétacé supérieur de l'ouest du département de la Meuse, jusqu'aux couches les plus anciennes du Trias à l'est (Vosges gréseuses). Ces terrains s'appuient au sud-est de la région Lorraine sur la bordure occidentale du socle cristallin des Vosges. A cet empilement se superposent les alluvions récentes des cours d'eau.

Le découpage a été réalisé conformément aux recommandations du guide méthodologique national (rapport BRGM/RP-52264-FR) et aux propositions faites en 2007 dans le cadre de l'actualisation de ce guide demandée par le Comité de Pilotage du Référentiel. Il a été mené en concertation avec les régions voisines afin d'obtenir une bonne homogénéité des travaux.

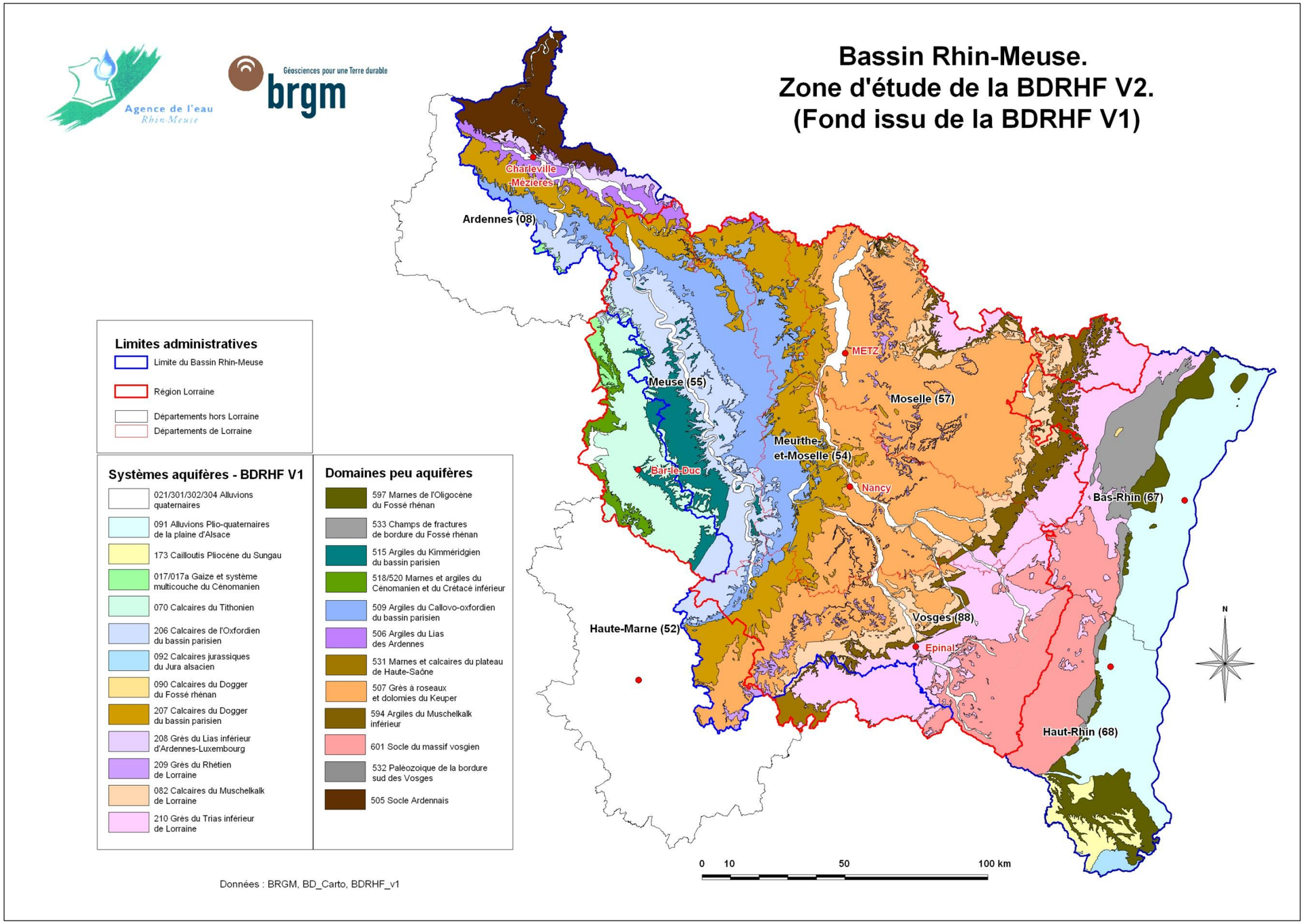


Illustration 1 : Carte du bassin Rhin-Meuse (la région Lorraine est délimitée par un trait rouge et le bassin Rhin-Meuse par un trait bleu).

2 Présentation du référentiel BDLISA

2.1 PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS

2.1.1 Principes de construction

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

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

2.1.2 Assemblage des entités

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

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

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

2.1.3 Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction

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

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

- les "***Entités principales",*** qui ont fait l'objet d'un traitement topologique garantissant la cohérence de leur assemblage 3D ;
- les ***"Entités complémentaires",*** regroupant différents types d'entités qui ne permettent pas de respecter l'homogénéité du référentiel ou qui constituent des cas particuliers difficilement intégrables dans le cadre général du référentiel au stade actuel de son avancement (cf. §**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Il en est ainsi des systèmes

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

2.1.4 BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE

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

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

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

2.2 PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.3 LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL

2.3.1 Les entités hydrogéologiques

Une entité hydrogéologique est une partie de l'espace géologique , aquifère ou non aquifère, correspondant à un système physique caractérisé au regard de son état et de ses caractéristiques hydrogéologiques. Une entité hydrogéologique est :
- délimitée à une certaine échelle (un "**niveau**", cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.),
- rattachée à un type de formation géologique (un "**thème**", cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.),
- définie par ses potentialités aquifères (une "**nature**", cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.) et la présence ou non d'une nappe libre ou captive ou libre puis captive (un "**état**"),
- caractérisée par un type de porosité (un "**milieu**", cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

Les entités hydrogéologiques peuvent être multi-parties.

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

<u>Codification de l'entité</u>

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)

<u>Dénomination de l'entité</u>

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

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

Par exemple :

Sables verts de l'Albien du Bassin Parisien.

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

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

2.3.2 Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques

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

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

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

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

2.3.3 Les "thèmes" des entités hydrogéologiques

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

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

- **thème "Volcanisme"** (codé 5) : volcanisme tertiaire et quaternaire ayant conservé une géométrie, une morphologie et/ou une structure volcanique identifiable,

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

2.3.4 L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques

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

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

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

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

Illustration 2 – Types d'entités hydrogéologiques et codification

• Le Grand Système Aquifère

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

• Le Grand Domaine Hydrogéologique

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

• Le Système Aquifère

Le Système Aquifère est une entité hydrogéologique aquifère issue d'une subdivision verticale ou horizontale d'un grand système aquifère ou d'un grand domaine hydrogéologique. La subdivision s'effectue sur, **au moins** l'un des critères suivants :*lithologie, structure, stratigraphie, piézométrie, géochimie, hydraulique*.
La constitution des systèmes est issue de la connaissance à instant donné du milieu souterrain.

Le système aquifère est une entité de niveau régional NV2.

• Le Domaine Hydrogéologique

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

Le domaine hydrogéologique est une entité de niveau régional NV2.

• L'unité aquifère

L'unité aquifère est un système physique élémentaire présentant des conditions hydrodynamiques homogènes, suffisamment conductrice pour permettre la circulation de l'eau souterraine. Une unité aquifère est une entité hydrogéologique de niveau local présentant une perméabilité moyenne supérieure (ou supposée supérieure) à 10^{-6} m/s présentant des ressources en eau suffisante pour être exploitée.

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

• L'unité semi-perméable

Une unité semi-perméable est une entité hydrogéologique de niveau local avec une perméabilité moyenne comprise entre 10^{-9} m/s et 10^{-6} m/s. Cette unité peut contenir des ressources en eau mais sa productivité est insuffisante pour que ces ressources puisent être exploitées.
L'unité semi-perméable est le résultat du découpage d'un domaine hydrogéologique ou d'un système aquifère (éventuellement directement d'un grand domaine ou d'un grand système aquifère).

• L'unité imperméable

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

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

Liaisons entre les entités

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

- une entité hydrogéologique appartient à une seule nature par niveau ;
- une entité hydrogéologique a toujours une "entité mère" hormis pour le niveau national ;

- une entité hydrogéologique peut avoir de 0 à n "entités filles" hormis pour les unités du niveau local.

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

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

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

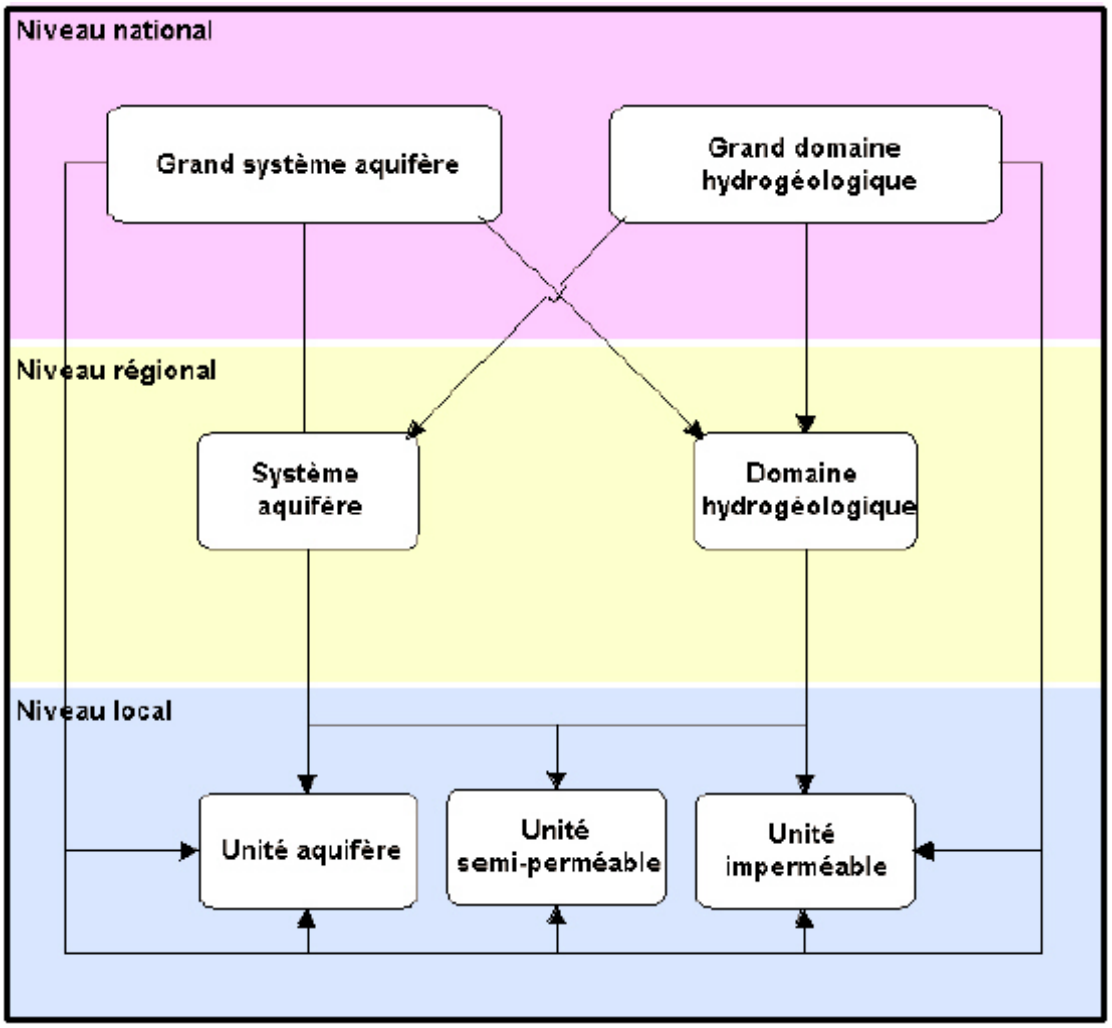


Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques

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

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

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

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

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

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

Remarque

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

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

2.3.6 L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques

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

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

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

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

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

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

2.4 LE TABLEAU MULTI-ECHELLES

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

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

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

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

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

2.5 LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS

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

2.5.1 Principes sous-jacents

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

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

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

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

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

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

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

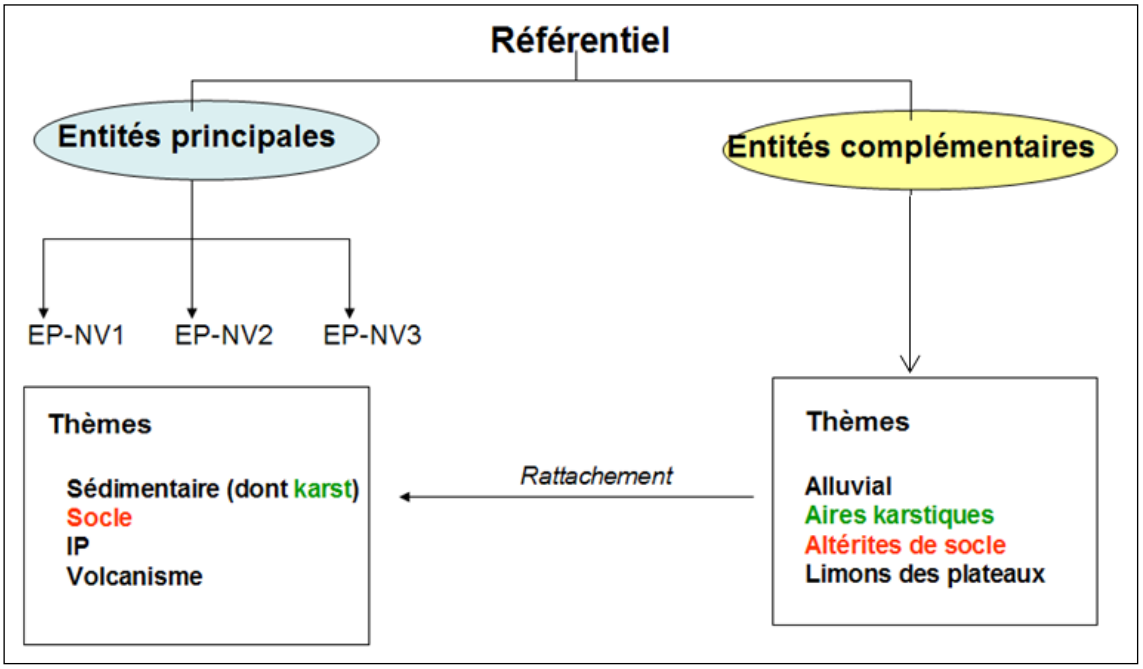


Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires

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

3) Complétude

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

4) Filiation

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

5) Héritage

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

2.5.2 Organisation des entités en 2 ensembles

1) Entités principales

Elles constituent l'essentiel du référentiel. Elles sont :
- différenciées et délimitées suivant les règles du guide méthodologique,
- structurées et assemblées suivant les principes généraux 2 à 5 ci-dessus.

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

2) Entités complémentaires

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

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

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

2.5.3 Ordre absolu et ordre relatif

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

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

Le modèle de gestion du référentiel permet de passer automatiquement du mode de représentation des entités par ordonnancement absolu (illustration 5b) à un mode de représentation des entités par ordonnancement relatif (illustration 5c), **qui est celui de la représentation des entités dans le SIG** et qui correspond à l'ordre réel de superposition des entités dans une coupe verticale qui pourrait être réalisée dans le référentiel.

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

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

Remarque: dans l'exemple présenté par l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, les entités sont constituées d'une partie affleurante et d'une partie sous couverture, réunies lors de la phase de délimitation. **Le modèle de gestion restitue automatiquement les parties sous couverture**.

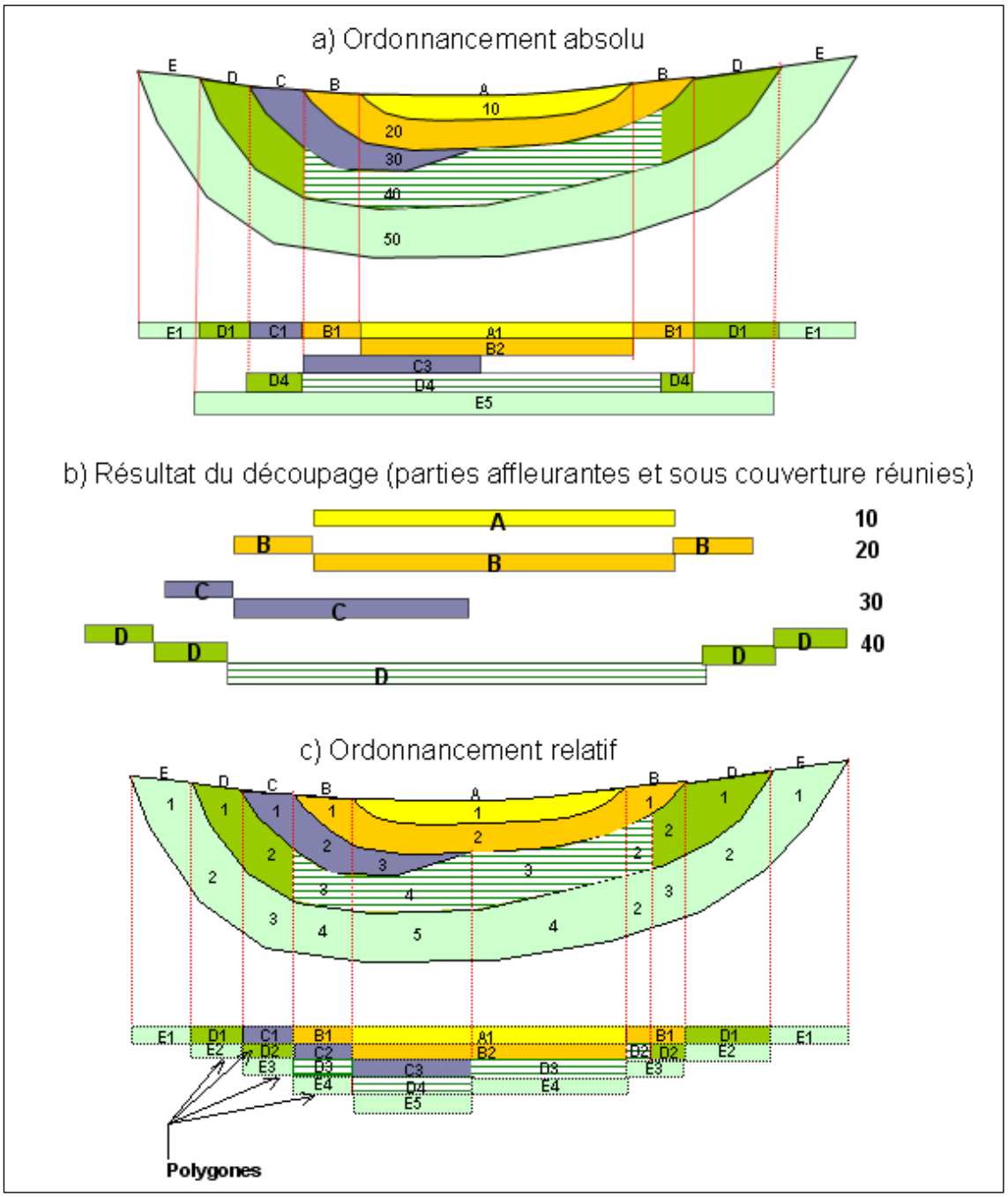


Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités

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

3.1 PRINCIPES DIRECTEURS

3.1.1 Homogénéité du découpage

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

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

3.1.2 Emboîtement des niveaux

Les entités du niveau 1 résultent de l'assemblage de celles du niveau 2, ces dernières résultant elles-mêmes d'un regroupement des entités du niveau 3 (Illustration 6). Cet assemblage est réalisé à partir du niveau 3 par le modèle de gestion du référentiel, qui contrôle aussi la cohérence de l'ensemble et signale les anomalies éventuelles.

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

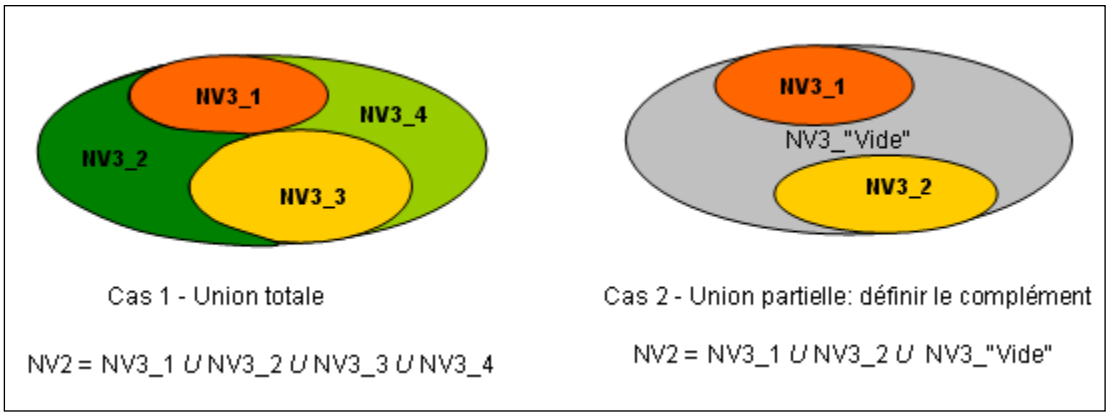


Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3

3.2 PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION

3.2.1 Identification et cadrage hydrogéologique général

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

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

1) Analyse des cartes géologiques

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

2) Constitution de la base de données associée au référentiel

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

3) Rattachement des entités hydrogéologiques aux formations géologiques affleurantes

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

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

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

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

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

5) Construction du tableau multi-échelles

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

3.2.3 Individualisation de l'alluvial

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

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

Dans le "projet national", il n'y a pas eu, au stade actuel de développement du référentiel, de différenciation entre parties aquifères et non aquifères. Les systèmes alluvionnaires ont été extraits des cartes géologiques au 1/50 000 et sont maintenues inchangés dans leurs contours quel que soit le niveau (NV1, NV2 ou NV3).
Dans le "projet Rhône-Méditerranée et Corse ", les parties aquifères des alluvions ont été individualisées. Une notion d'enjeu leur est affectée.
Remarques :
Dans le modèle de gestion du référentiel, les entités sous recouvrement alluvionnaire sont donc considérées d'**ordre 1** comme les entités affleurantes.
Les terrasses alluviales dites anciennes, peu aquifères et non connectées aux cours d'eau, ne sont pas prises en compte dans le thème alluvial.

3.2.4 Découpage des entités

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

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

3.2.5 Passage au modèle de gestion du référentiel

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

3.2.6 Organigramme

La démarche générale de délimitation des entités est résumée par Illustration 7.

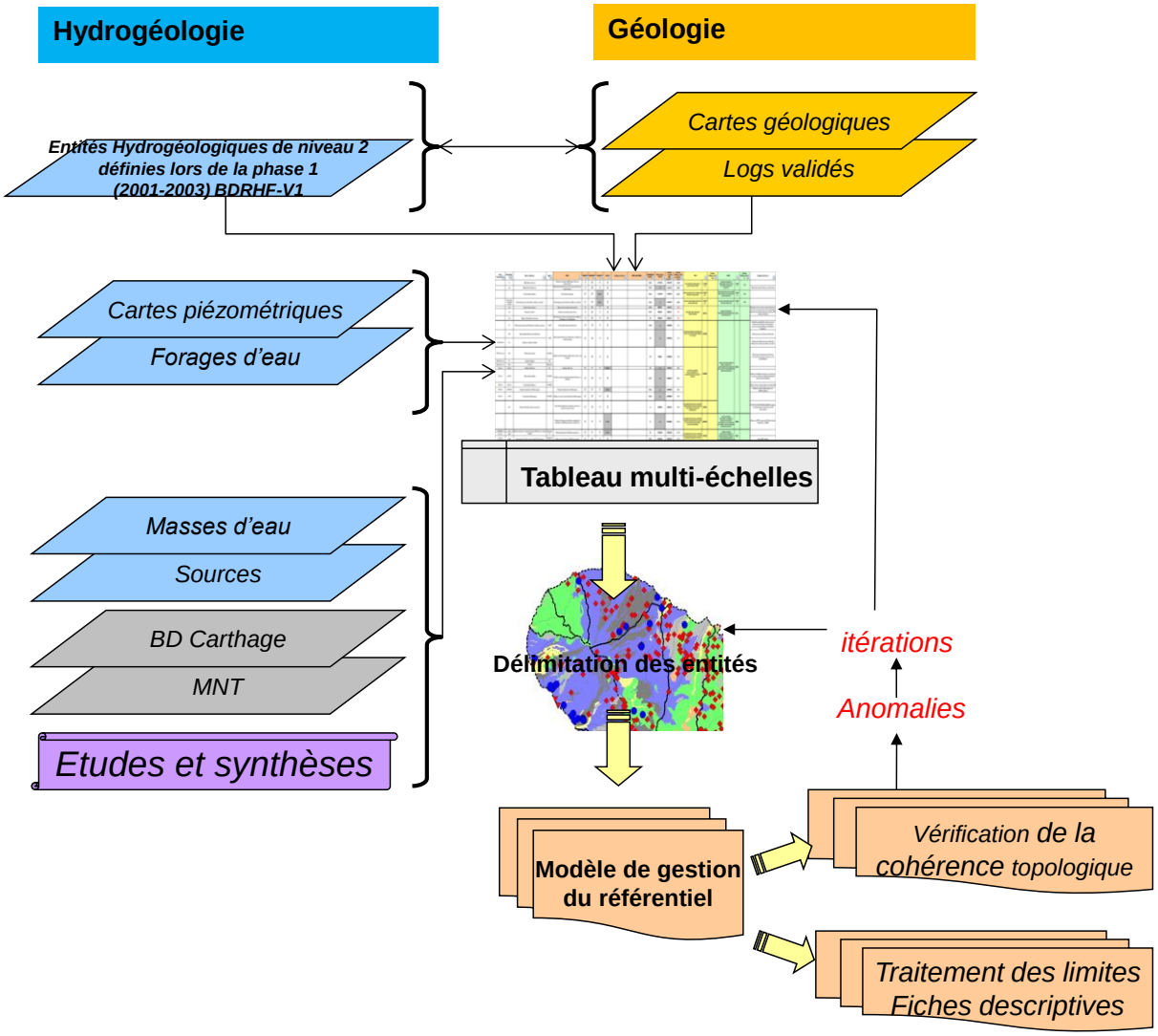


Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.

4 Mise en œuvre du découpage

4.1 DONNÉES DE RÉFÉRENCE

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

- les 60 cartes géologiques vectorisées à l'échelle 1/50 000 intéressant le secteur d'étude (cf. illustration 8) ;
- les légendes et notices numérisées de ces cartes (format tif et format PDF) ;
- les cartes géologiques harmonisées des quatre départements lorrains (Meurthe-et-Moselle, Meuse, Moselle et Vosges) ;
- les logs géologiques vérifiés des sondages extraits de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) pour la Lorraine (cf. illustration 9), au nombre de 2886 et totalisant 41201 passes décrites ;
- les ouvrages de la BSS, dont notamment ceux identifiant des nappes d'eau souterraine exploitées ou reconnues ;
- les couches SIG des polygones des entités définies par le découpage indicatif effectué aux niveaux 1 et 2 lors de la phase méthodologique d'élaboration du référentiel ;
- les informations et cartes issues de différents rapports d'études : rapport « *Eaux souterraines du département des Vosges : caractérisation des principales ressources exploitables et révision du modèle de gestion de la nappe des grès du Trias inférieur* » (Vaute *et al.,* 2007), rapport « A*tlas du potentiel géothermique des aquifères lorrains »* (Bourgine *et al.,* 2007)*, e*t rapport « *Cartographie des formations superficielles appliquée aux communes constituant la Communauté Urbaine du Grand Nancy* (Fourniguet *et al.* 2006) ;
- les cartes topographiques numérisées de l'IGN au 1/25 000 (Scan25) ;
- les couches SIG de l'AERM issues de l'étude de synthèse du bassin Rhin-Meuse de 1994 (courbes équipotentielles, murs, toits) ;
- les couches SIG des travaux miniers du bassin ferrifère lorrain issues de l'étude SAGE – Bassin ferrifère lorrain (Vaute *et al.*, 2006) ;
- les couches SIG des masses d'eau du bassin ;
- les délimitations des principaux aquifères faites dans le cadre de la réalisation de l'Atlas géothermique de la Lorraine ;
- les informations et cartes issues de différents travaux (études, synthèses, mentionnées en références bibliographiques), notamment la « *Synthèse géologique du Bassin de Paris »* (Mégnien *et al.,* 1980).

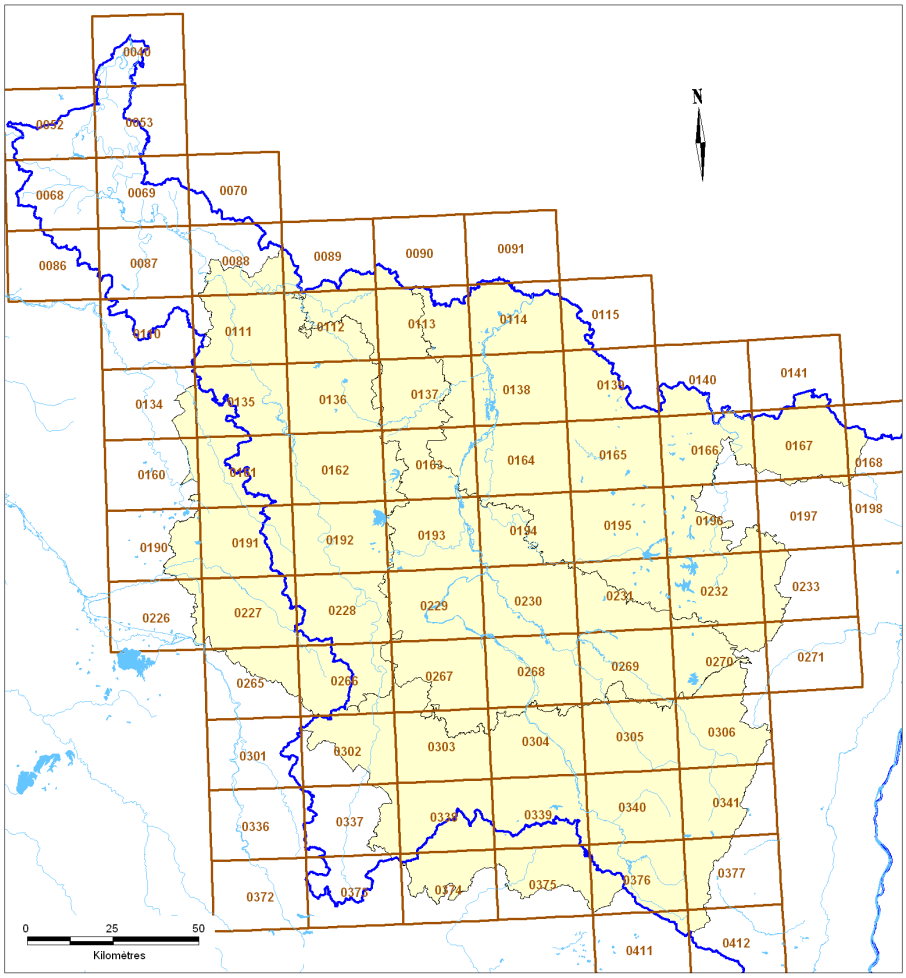


Illustration 8 : Carroyage des cartes géologiques avec leur numéro.

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

- la BD Carthage (Base de Données sur la CARtographie Thématique des Agences de l'eau et du Ministère de l'Environnement) du bassin Rhin-Meuse, édition 2008 ;
- les résultats des travaux effectués par le CEGUM (Centre d'Etudes Géographiques de l'Université de Metz) pour l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, sur le thème de la spatialisation des étiages et de la contribution des eaux souterraines aux écoulements de surface dans le bassin Rhin-Meuse ;
- les forages de la Banque des données du Sous-Sol (BSS) implantés sur le Massif Vosgien en zone de socle.

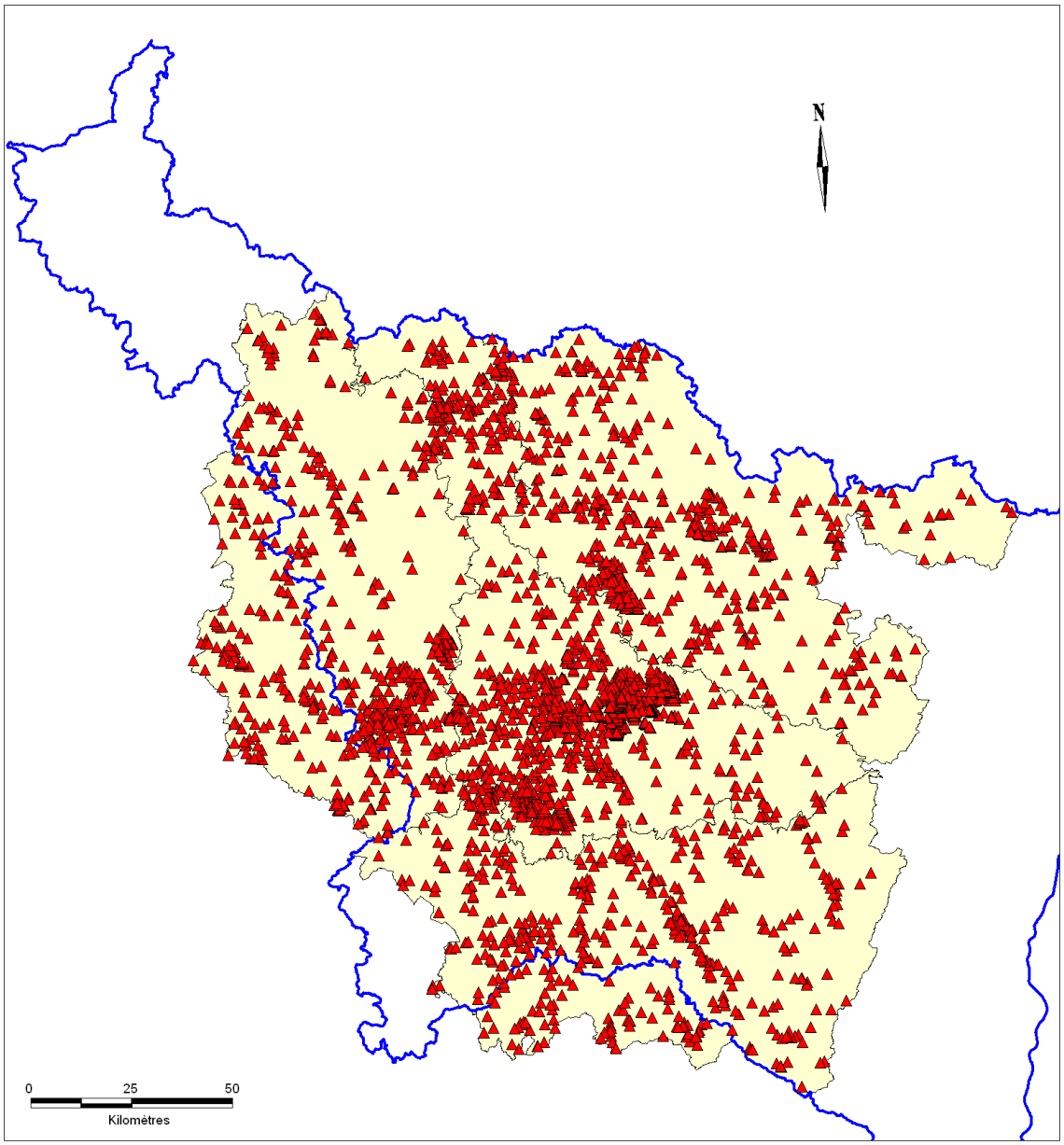


Illustration 9 : Implantation des sondages avec logs géologiques vérifiés.

4.2 IDENTIFICATION ET DÉCOUPAGE DES ENTITÉS

4.2.1 « Entités principales » du thème « Sédimentaire »

Le thème « Sédimentaire » regroupe les entités identifiées dans les grands ensembles sédimentaires de Lorraine. Les formations gréseuses du Permien qui forment un aquifère régionalement connu sont rattachées à ce thème, qui s'étend donc du Permien au Crétacé.

Remarque

Les formations superficielles (limons, dépôts éoliens, placages divers) sont intégrées dans la surcouche des « Entités complémentaires ». Lorsqu'elles sont présentes, elles sont extraites des cartes géologiques et les « vides » qui en résultent sont « comblés » de façon à restituer les entités sous-jacentes. Ce travail est long et nécessite souvent une interprétation.

Les alluvions récentes et celles qui sont connectées hydrauliquement aux cours d'eau sont traitées dans le thème « alluvial », lui aussi intégré dans la surcouche des Entités complémentaires.

Les formations résiduelles de faible extension (appelées « formations témoins » et comprenant éventuellement des buttes témoins) sont rattachées aux formations d'origine sur la base d'une analyse lithostratigraphique.

4.2.1.1 *Déroulement des tâches pour les parties affleurantes des entités*

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

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

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

- **Identification des entités par traitement de données**

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

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

Faire des regroupements pertinents de caissons nécessite de comprendre au mieux ce qui peut les différencier sur les plans lithologique et hydrogéologique et comment les formations se succèdent les unes aux autres (verticalement et latéralement). L'analyse de ce document est donc complétée par la consultation des notices, des cartes harmonisées départementales et des données de référence listées (cf. § 3.1) afin d'assurer une cohérence à l'échelle d'une grande formation.

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

- **Etablissement du tableau multi-échelle**

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

- **Tracé des contours de chaque entité**

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

- d'une part, de réaliser de nouvelles vectorisations au niveau des contacts entre cartes géologiques pour assurer la continuité des entités ;
- d'autre part, notamment pour les secteurs où, sur la carte géologique, des formations superficielles (limons, alluvions…) masquent le substratum, de connaître la nature des formations sédimentaires sous-jacentes afin de définir les contours des entités.

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

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

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

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

- **Révision du tableau multi-échelle**

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

- **Reprise du tracé des contours**

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

- **Réitération des tâches précédentes**

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

- **Vérification de la cohérence, homogénéisation**

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

4.2.1.2 *Déroulement des tâches pour les parties sous couverture des entités*

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

La délimitation sous couverture a pu s'appuyer au niveau 3 sur la « *Synthèse géologique du Bassin de Paris »* (Mégnien *et al.,* 1980)*,* notamment sur les cartes d'extension des principaux faciès qui y sont incluses et sur l'analyse de la distribution stratigraphique des formations.

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

4.2.1.3 *Résultats : le tableau multi-échelle final*

Le tableau multi-échelle relatif aux formations sédimentaires est consultable en annexe 1.

Au total, pour le thème sédimentaire, ont été identifiés :

– **56 unités (aquifères, semi-perméables et imperméables) du niveau local (NV3),** dont 23 partagées avec le bassin Seine-Normandie et 9 avec la région Alsace (Alsace bossue) ;

– **23 systèmes ou domaines du niveau régional (NV2),** dont 15 partagés avec le bassin Seine-Normandie et 4 avec la région Alsace (Alsace bossue) ;

– **11 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1)**.

4.2.2 Thème « Socle »

Dans l'étude, deux zones de socle ont été traitées (cf. illustration 10) :

- l'une située dans la partie centrale et méridionale des Vosges, constituée essentiellement de roches plutoniques, de roches volcaniques anciennes et de roches métamorphiques ;
- l'autre située au nord-ouest du bassin Rhin-Meuse, qui correspond au socle des Ardennes, constitué essentiellement de roches sédimentaires anciennes.

Dans ces deux zones, l'identification des processus d'altération (et d'érosion) via la connaissance de l'épaisseur des altérites (identification de leur nature), et l'épaisseur de l'horizon fissuré ne sont pas disponibles sur les cartes géologiques. De même, les caractéristiques hydrogéologiques issues des forages disponibles (notamment les débits spécifiques, ceux de soufflage en cours de travaux….) sont très mal connues.

L'utilisation des tracés de failles et l'analyse photo-aérienne des zones fracturées (critères mentionnés dans le guide méthodologique) n'apparaissent pas essentielles.

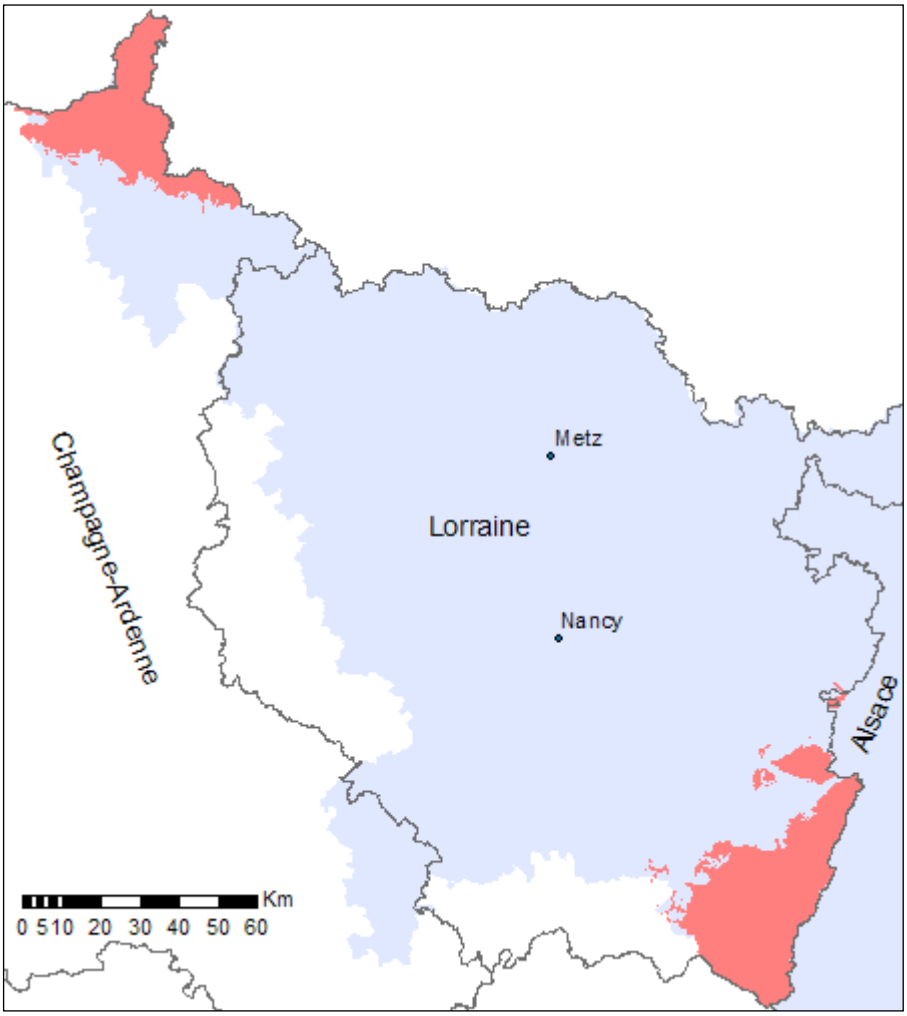


Illustration 10 : Socle des Ardennes et Socle vosgien (partie Lorraine).

En effet, les failles tectoniques productives représentent généralement une petite partie de la ressource aquifère à l'échelle d'un bassin versant (une faille productive n'est pas un système aquifère), d'où une importance limitée de cette méthode.

La connaissance des limites des bassins versants (issues de la BD Carthage) est ainsi le critère de base pour la méthodologie de découpage qui a été adoptée pour les entités de socle.

Par ailleurs, la méthodologie générale (Rapport BRGM/RP-52261-FR, 2003), n'est pas applicable à toutes les régions : insuffisance de données disponibles, en particulier celles

issues de forages, morcellement des formations et cartes harmonisées manquantes (cas du Limousin et de l'Auvergne).

Pour pallier ces difficultés, une autre démarche a été utilisée, applicable à tous les domaines de socle du territoire et qui permet aussi de préserver le travail qui a été effectué suivant la méthodologie générale.
Cette démarche (décrite en annexe 5) consiste à subdiviser les « bassins versants-entités » de niveau 2 en sous bassins (sous-secteurs BD Carthage) et à les caractériser en fonction des données disponibles (lithologie, hydrogéologie).

4.2.2.1 ***Socle vosgien***

Pour caractériser hydrogéologiquement les bassins versants, les résultats d'une étude réalisée par le CEGUM ont été mis à profit. Cette étude fournit **pour chaque portion de cours d'eau** les valeurs du débit mensuel minimal de chaque année civile (QMNA) de fréquence de retour 2 ans, 5 ans et 10 ans (cf. illustration 11). La méthode de calcul utilisée par le CEGUM, nommée « DECLIC » (*Détermination des Ecoulements Caractéristiques sur le Linéaire des Cours d'eau*) utilise les données issues de la banque HYDRO (données des stations de mesures hydrologiques de bassin) et celles de la BD Carthage,

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

D'une manière pragmatique, un classement relatif des bassins versants a été réalisé à partir de la moyenne générale des débits spécifiques obtenue (**4,46 l/s/km²** pour les versants du côté lorrain du massif).

La méthodologie de découpage est la suivante :

1) Découpage de l'entité de niveau 1 selon les critères lithologiques (présence de roches plutoniques, de roches volcaniques anciennes et de roches métamorphiques). Les limites des zones de socle correspondent aux limites d'affleurement relevées sur les cartes géologiques.
2) Découpage des entités de niveau 3 par bassin versant en s'appuyant sur les zones hydrographiques de la BD Carthage. On ne considère que la partie du socle appartenant au bassin versant.
   L'illustration 12 montre les zones hydrographiques BD-Carthage couvrant la zone de socle vosgien et les entités de niveau 3 qui ont été délimitées.

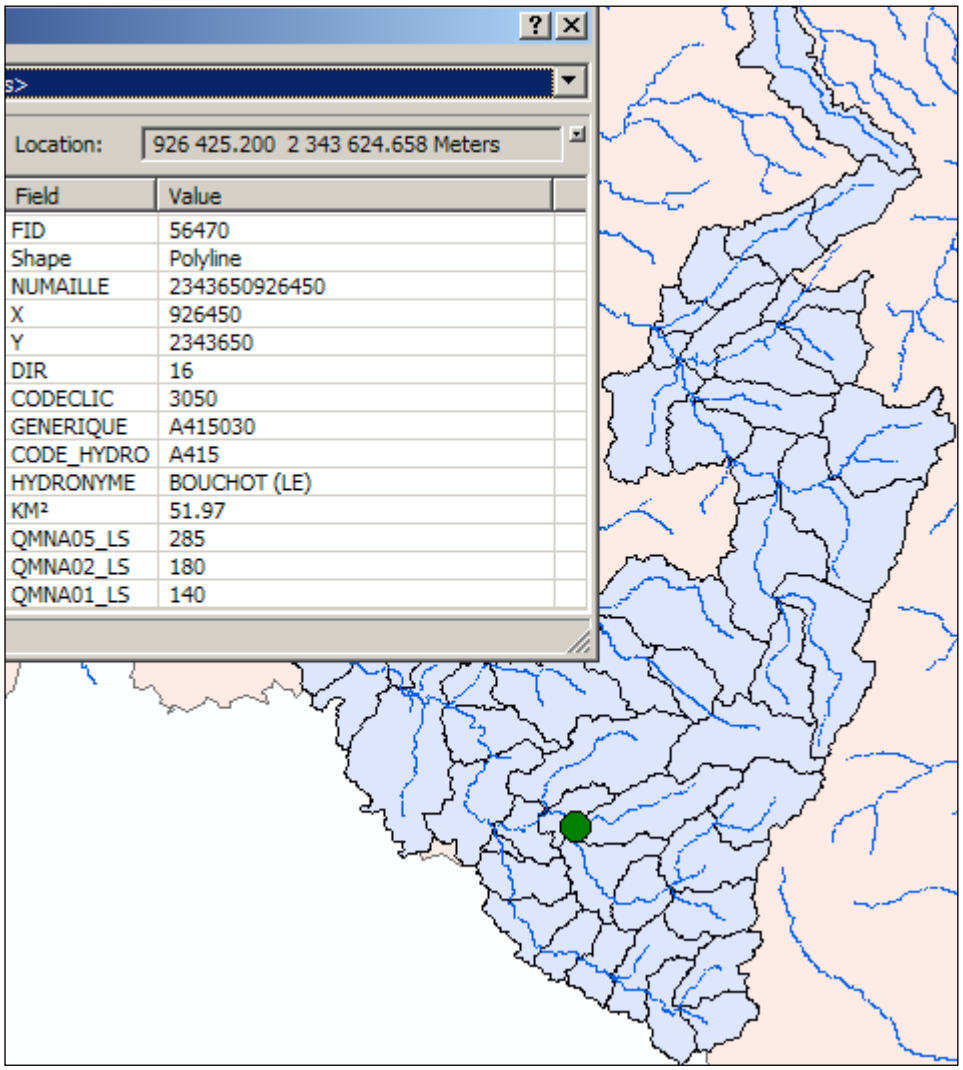


Illustration 11 : Information fournie par la méthode « DECLIC ».

L'illustration 13 ci-après montre un exemple de construction d'une entité de niveau 3 à partir de la carte géologique.

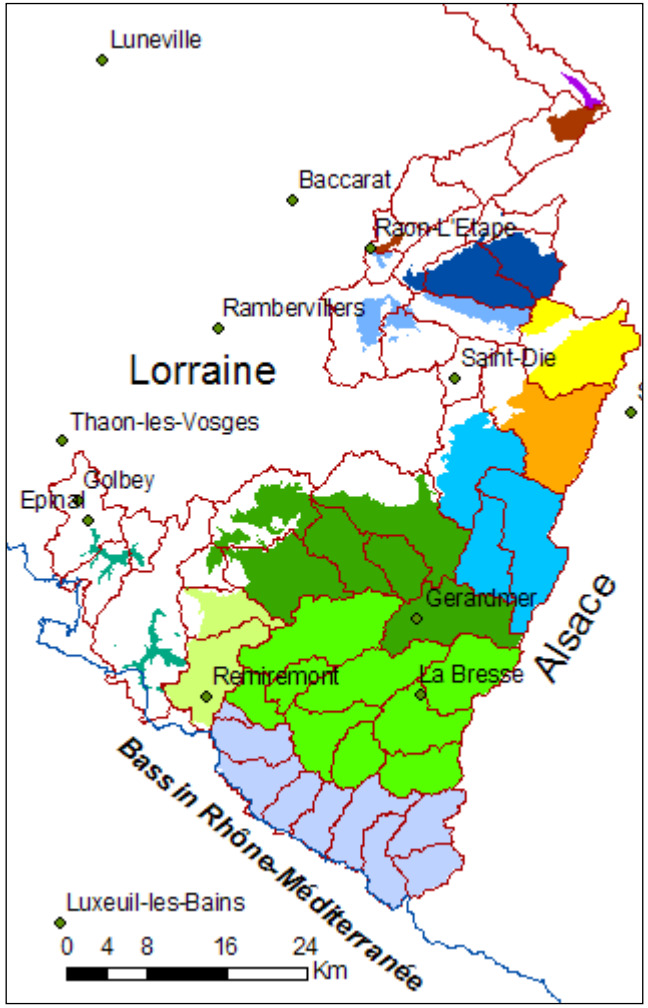


Illustration 12 : Entités de niveau 3 délimitées et zones hydrographiques BD Carthage (une couleur par entité).

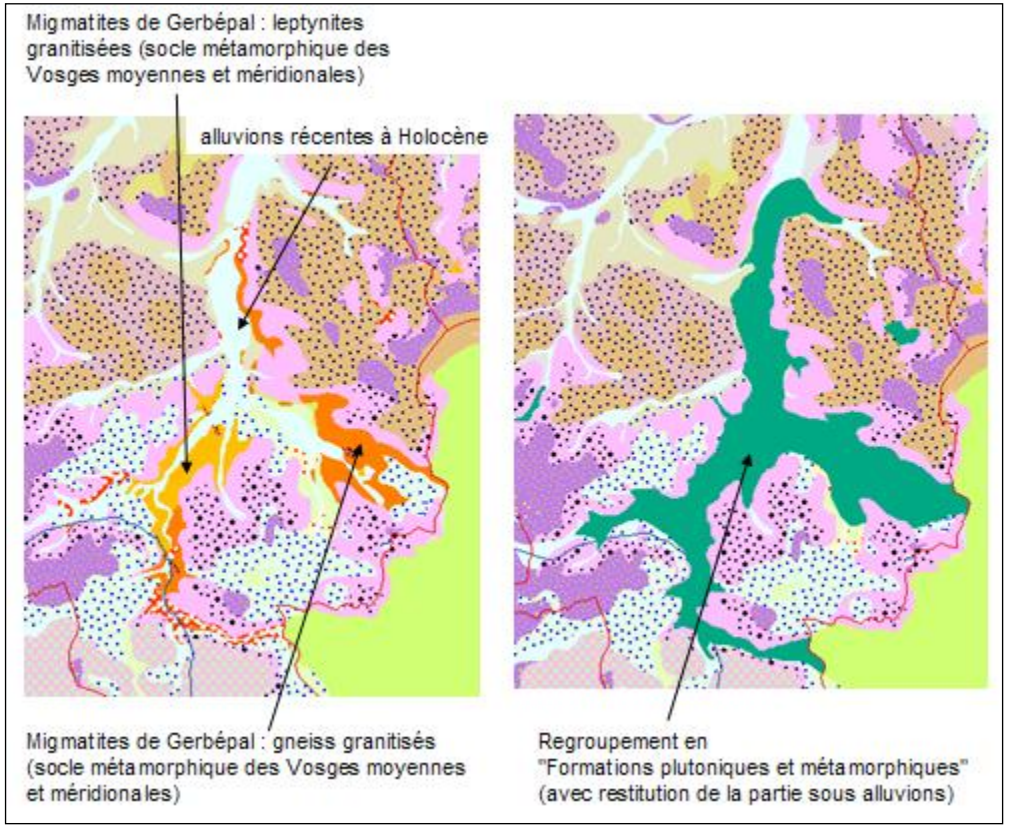


Illustration 13 : Exemple de construction d'une entité socle de niveau 3 (entité située à l'ouest de Remiremont).

3) Caractérisation des entités de niveau 3 :

- Utilisation des données du CEGUM (DECLIC) qui fournissent par tronçon de cours d'eau la valeur du débit mensuel minimum de période de retour 5 ans QMNA5 [2] (cf. illustration 11). Pour cela est pris en compte, pour chaque entité de niveau 3 précédemment définie, le tronçon le plus en aval de la zone du bassin versant sur socle, qui fournit cette valeur (en l/s) et la superficie du bassin versant concerné (cf. illustration 11).
- Calcul du débit spécifique (QMNA5 / Surface de bassin versant) en l/s/km^2. Est ainsi obtenue une valeur de débit spécifique par bassin versant qui est un ordre de grandeur. En effet cette valeur n'est pas strictement représentative des formations de socle sur tous les bassins versants identifiés : d'une part, elle caractérise la surface totale des bassins (de la source au point aval), et d'autre part la surface de bassin versant considéré ne tient pas compte de la nature de la formation géologique présente (la surface sur socle peut ne représenter qu'une partie de ce bassin).
- Calcul de la moyenne des valeurs de débit spécifique obtenues pour tous les bassins versants et comparaison par bassin versant de sa valeur de débit spécifique avec la valeur moyenne. Ceci permet d'établir deux classes d'entités (celles pour lesquelles le débit spécifique est inférieur à la moyenne (classe 1) et celles pour lesquelles il est supérieur à la moyenne (classe 2).
- Selon leur appartenance à la classe 1 ou à la classe 2, les unités sont caractérisées comme ayant tendance à être « infiltrantes », donc à tendance semi-perméables, ou au contraire ayant tendance à favoriser le ruissellement, donc à tendance imperméable.

4) Caractérisation des entités de niveau 2 :

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

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

- **Tableau multi-échelle du socle**

Le tableau multi-échelle établi pour les formations de socle est consultable en annexe 2. Il intègre les 3 niveaux d'identification (NV1, NV2 et NV3).

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

- **12 unités de niveau local (NV3)** ;
- **7 domaines de niveau régional (NV2)** ;
- **1 grand domaine de socle de niveau national en Lorraine (NV1)**.

4.2.2.2 *Socle des Ardennes*

A l'exception de quelques filons de microgranites, le socle ardennais est constitué par des terrains sédimentaires anciens, décrits en § 5.2.2.
Cette zone n'ayant pas été couverte par l'étude du CEGUM, la construction des entités de niveau 3 a été réalisée :

- à partir des zones hydrographiques de BD Carthage, au nombre de 31 sur le secteur (illustration 14) ;
- et sur des critères lithologiques, utilisés pour regrouper ces zones hydrographiques en « unités lithologiques », base de la construction des entités de niveau 3.

CODE ZONE	LIBELLE
B704	La Meuse du ruisseau de Fau aux Manises (inclus).
B701	La Meuse de la Faligée au ruisseau de Fau.
B700	La Meuse de la Semoy à la Faligée (inclus).
B702	Le Ruisseau de Fau de sa source au ruisseau le Galop (inclus).
B703	Le Ruisseau de Fau du ruisseau le Galop à la Meuse.
B705	La Meuse des Manises au ruisseau de la Fontaine aux Bairons (inclus).
B610	La Semoy du Hourut au Nabruay.
B611	La Semoy du Nabruay (inclus) à la Meuse.
B562	La Meuse de la Goutelle à la Semoy.
B554	La Sormonne de l'Audry au Thin.
B557	La Sormonne du Thin au ruisseau de This.
B550	La Sormonne de sa source à la Cense (inclus).
B551	La Sormonne de la Cense à l'Audry.
B710	L'Eau Noire (= Viroin) de sa source au ruisseau Riz de France (= frontière franco-belge) (= amont confluent du ruisseau
B711	Le ruisseau (Fond de Pernelle) de sa source à la frontière franco-belge (= amont confluent Viroin).
B706	La Meuse du ruisseau de la Fontaine aux Bairons au Viroin.
B731	La Hulle.
B560	La Meuse de la Sormonne à la Goutelle.
B561	La Goutelle.
B504	La Vrigne.
B503	La Meuse du Ru de Glaire aux ruisseaux de la Vrigne et à la Bar (confluents situés face à face sur la Meuse).
B500	La Meuse de la Chiers à la Givonne (inclus).
B600	La Semoy de sa source en Belgique au Hourut (inclus) (= Frontière).
B467	La Magne.
B468	La Chiers de la Magne à la Meuse.
B466	La Chiers du Vaudimé à la Magne.
B732	La Houille de la Hulle au ruisseau d'Olenne (inclus).
B713	Le Viroin de la frontière franco-belge à la Meuse.
B720	La Meuse du Viroin à la Houille.
B733	La Houille du ruisseau d'Olenne à la Meuse.
B740	La Meuse de la Houille à la frontière franco-belge.

Illustration 14 : Zones hydrographiques BD Carthage (31) couvrant la zone de socle des Ardennes.

La carte de l'illustration 15 précise la lithologie de ce domaine de socle, limité au sud par les formations sédimentaires des « *Calcaires et Grès du Sinémurien* » et les « *Grès du Lotharingien-Carixien* ». Les formations géologiques reportées sur cette carte, au nombre de 18, résultent d'un regroupement des formations de la carte géologique harmonisée des Ardennes en grands ensembles lithologiques.

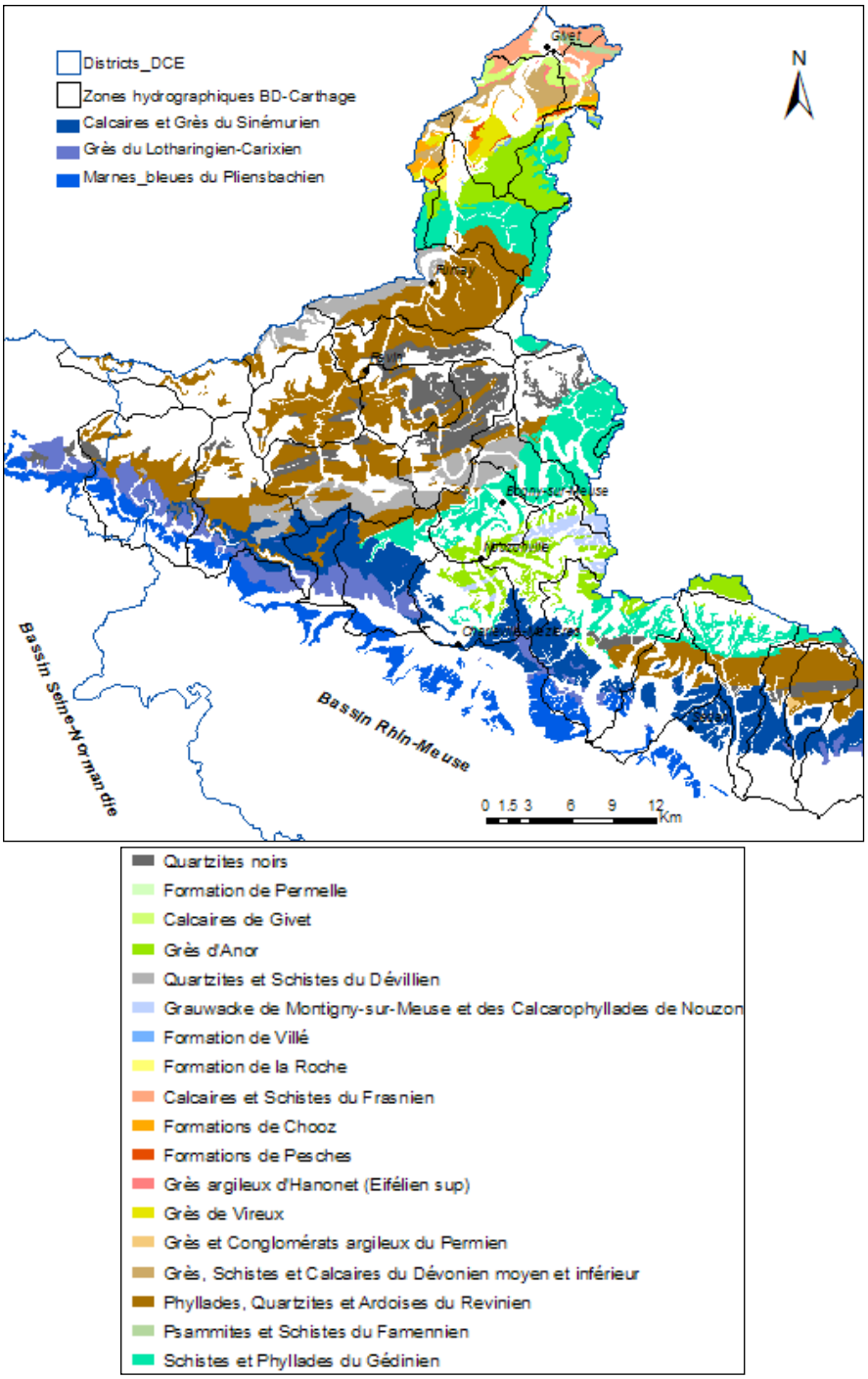


Illustration 15 : Extension du socle des Ardennes et zones hydrographiques BD Carthage.

Remarque : les zones « en blanc » sur cette carte correspondent à des altérites, pour l'essentiel, et à des alluvions.

Chacun de ces ensembles a été caractérisé, qualitativement, par un degré de perméabilité permettant de le ranger dans l'une des 3 classes prévues par le guide méthodologique national: aquifère, semi-perméable, perméable (§ 5.2.2.).

La démarche de construction des entités NV3 a été la suivante (avec ArcGis) :

• **Etape 1** - Regroupement des 18 types lithologiques ci-dessus (illustration 15) en 4 classes (illustration 16) avec les dominantes lithologiques suivantes :

- **Grès**, dont les *Grès d'Anor*, les *Grès de Vireux* ;
- **Calcaires et Schistes** incluant les *Calcaires et Schistes du Frasnien* (Dévonien supérieur), *les Calcaires de Givet, …* ;
- **Quartzites et Schistes,** dont les *Phyllades, Quartzites et Ardoises du Revinien* (Cambrien supérieur), les *Quartzites et Schistes du Dévillien* (Cambrien moyen), les *Quartzites noirs* ;
- **Schistes et Phyllades**, dont les *Schistes et Phyllades du Gédinien* (Dévonien inférieur).

Remarque : l'hétérogénéité spatiale de la géologie et l'imbrication des différentes formations a nécessité cette simplification supplémentaire afin d'aboutir à une spatialisation relativement homogène.

Sur la carte de l'illustration 16 sont aussi cartographiées les zones qualifiées comme « *aquifère* », « *semi-perméable* » et « *imperméable* ».

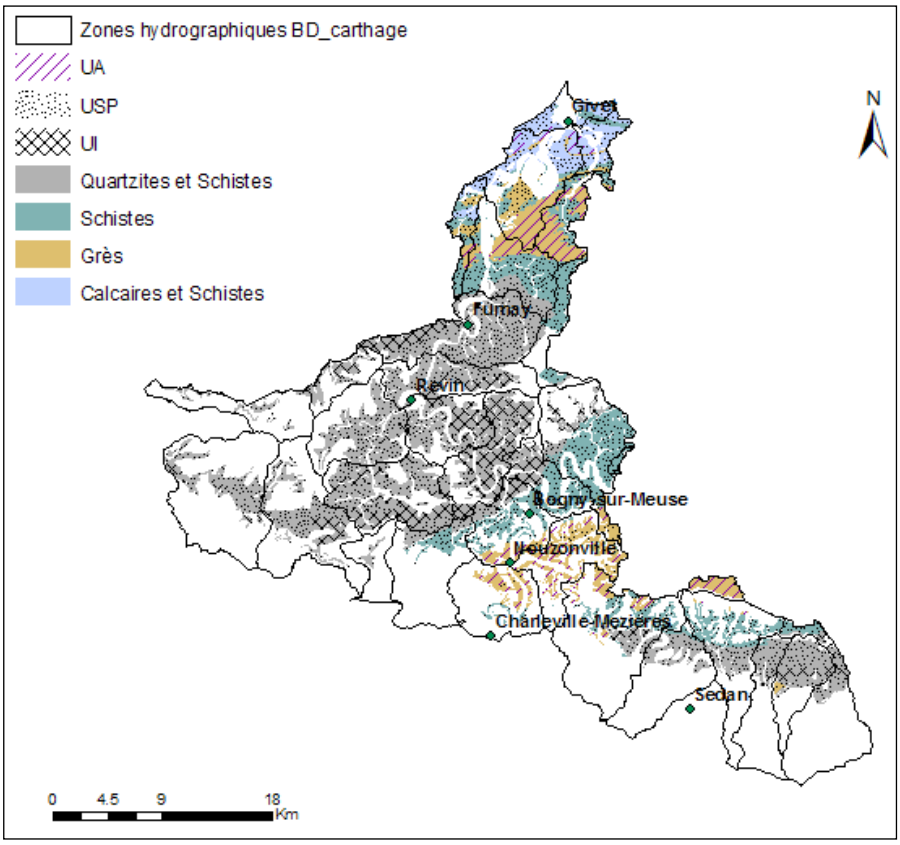


Illustration 16 : Regroupement des formations géologiques en 4 classes lithologiques.

• **Etape 2** - Intersection de la couche SIG de ces 4 classes lithologiques avec la couche des 31 zones hydrographiques BD Carthage.

Chaque zone hydrographique a été caractérisée par le pourcentage de la classe lithologique qu'elle contient (illustration 17).

Attributes of quartzite_schiste

OID	CODE_ZONE	Count_C	Sum_percent
0	B466	2	12.7584
1	B467	2	58.2575
2	B468	2	22.601
3	B500	2	13.7858
4	B503	1	19.5731
5	B504	2	6.5683
6	B550	3	20.795
7	B551	3	34.2783

Illustration 17 : Caractérisation de chaque zone hydrographique par une lithologie
(dans cet exemple le groupement quartzites et schistes)

En fonction des pourcentages obtenus, un **regroupement des zones hydrographiques** a pu être opéré, conduisant à **9 grandes « zones lithologiques »** (illustration 19).

Au sud, les « zones lithologiques » intègrent pour une large part des formations du thème « Sédimentaire » (Calcaires et Grès du Sinémurien et Grès du Lotharingien-Carixien, cf. illustration 15 ci-dessus).

La constitution de « zones lithologiques » homogènes n'a pas toujours été possible, ainsi :

- la zone lithologique appelée « Formations mixtes » (en vert sur la carte) comprend des Grès (*Grès d'Anor*, *Grès de Vireux*), des Calcaires (*Calcaire de Givet*), des Schistes (*Schistes et Phyllades du Gédinien, Schistes et Calcaires du Dévonien*) ;
- la zone lithologique nommée « Formations mixtes et sédimentaire dominant » (en orange sur la carte) comprend, outre les terrains sédimentaires du Lias, majoritaires, des Schistes (*Schistes et Phyllades du Gédinien,* des Quartzites (*Quartzites et Schistes du Dévillien, Quartzites noirs*).

La couverture d'altérites, très présente à l'ouest, n'a pas non plus facilité la caractérisation.

• **Etape 3** - Découpage des « zones lithologiques » pour éliminer les parties situées dans les formations du sédimentaire. Pour cela, l'entité NV2 (« *Calcaires argileux du Lias inférieur* ») qui vient s'adosser au socle a été utilisée (illustration 18).

• **Etape 4** - Construction des entités de niveau 3 par intersection des « zones lithologiques » avec les secteurs hydrographiques de BD Carthage (illustration 19). Il y a 4 grands secteurs:

- « la Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge » ;
- « la Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy » ;
- « la Semoy » (ce secteur, qui s'étend aussi en Belgique est divisé en 3 parties non jointives en France) ;
- « la Chiers ».

L'intersection conduit à 12 entités NV3 principales (illustration 20).

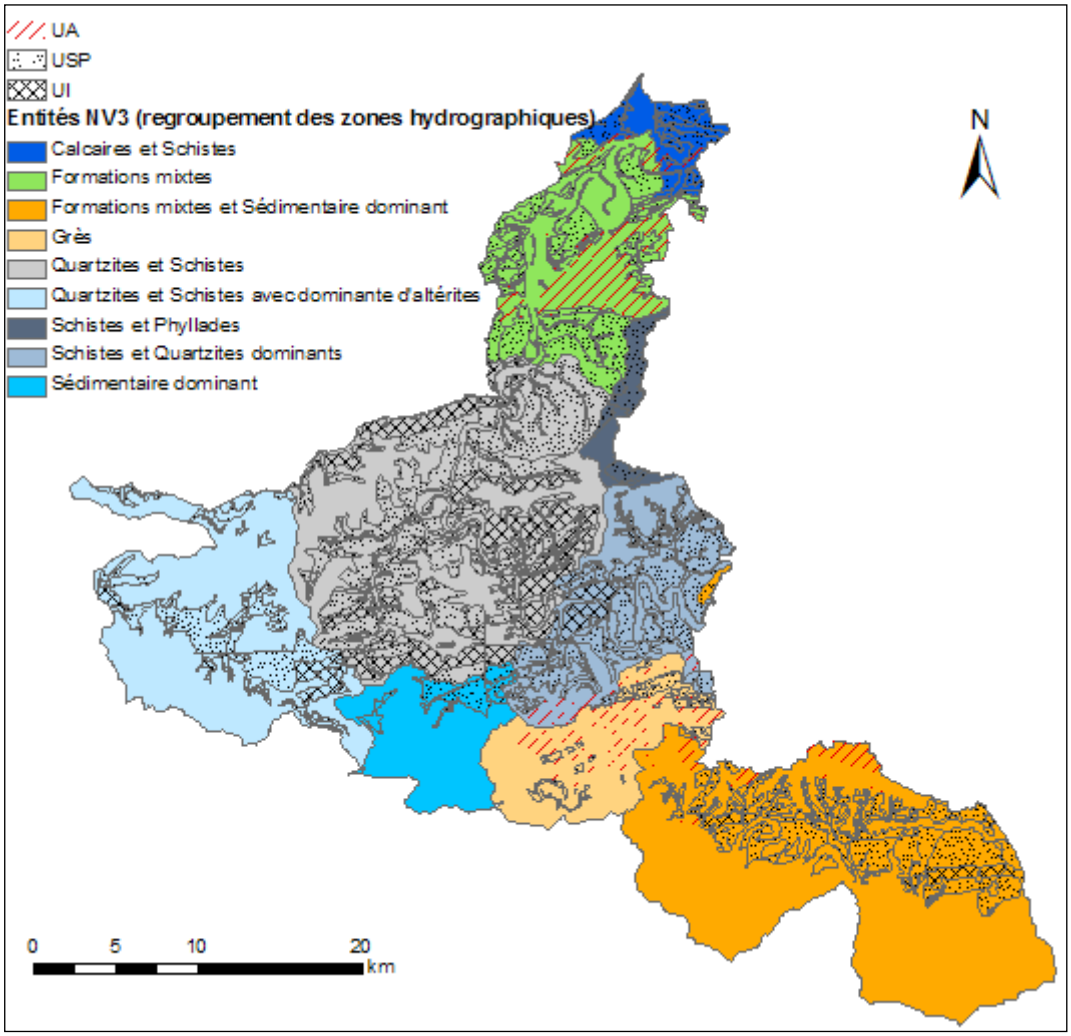
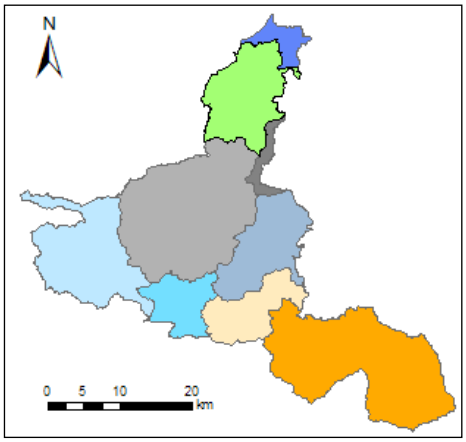
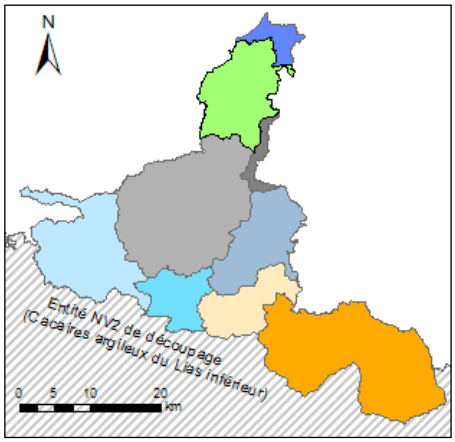


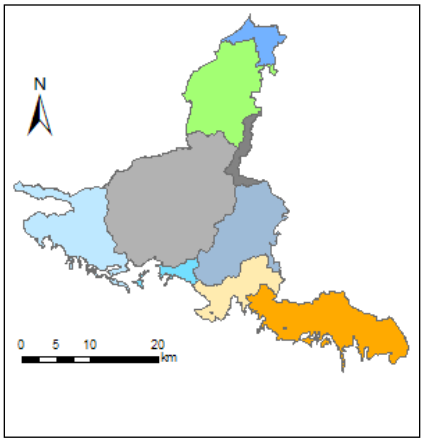
Illustration 18 : Regroupement des zones hydrographiques (ZH) en 9 zones lithologiques (ZL)
(Une zone lithologique est un assemblage de zones hydrographiques).



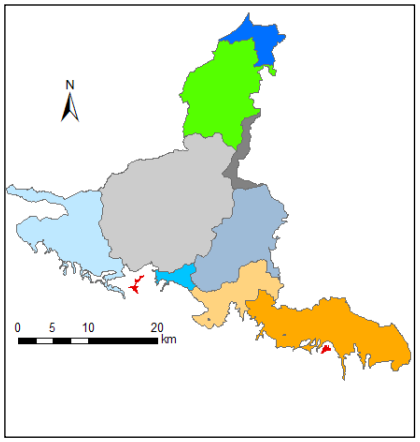
1) Zones lithologiques avant découpage



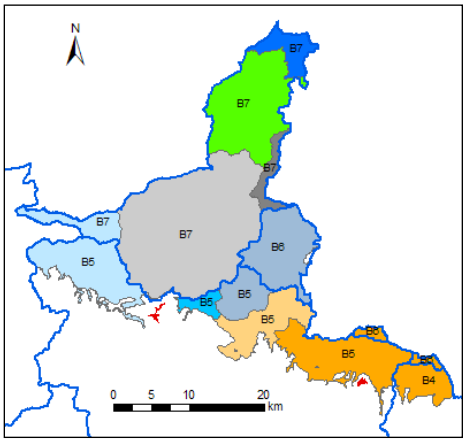
2) Zones lithologiques et entité de découpage



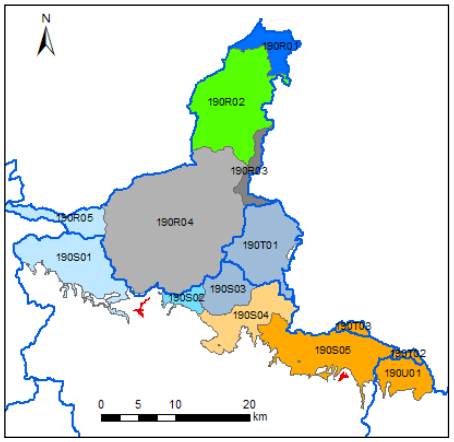
3) Zones lithologiques après découpage



4) Zones lithologiques avec dissociation des « pointements » de socle situés dans le thème « sédimentaire » (en rouge)



5) Intersection des « zones lithologiques » avec les secteurs hydrographiques de BD Carthage



6) Codification des entités NV3

Illustration 19 : Dernières étapes de la construction des entités NV3 dans le socle des Ardennes.

Code Entité NV3	Code entité NV2	Code Secteur	Nom du secteur BD Carthage	Lithologie
211A01 (170A01)	211AA	B7	La Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge	**Calcaires et Schistes**
211AA02 (170A02)	211AA	B7	La Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge	**Mixte**: Grès (d'Anor, de Vireux), Schistes et Phyllades (du Gédinein), Schistes et Calcaires (du Dévonien), Calcaire de Givet
211AA03(170A03)	211AA	B7	La Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge	**Schistes et Phyllades** (du Gédinien)
211AA04 (170A04)	211AA	B7	La Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge	**Quartzites et Phyllades**
211AA05 (170A05)	211AA	B7	La Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge	**Quartzites et Phyllades + altérites**
211AC01(170C01)	211AC	B5	La Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy	**Quartzites et Phyllades + altérites**
211AC02 (170C02)	211AC	B5	La Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy	**Schistes et Phyllades** (du Gédinien)
211AC03 (170C03)	211AC	B5	La Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy	Mixte: **Schistes et Phyllades** (du Gédinien), **Quartzites et Phyllades, Grès** (d'Anor)
211AC04(170C04)	211AC	B5	La Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy	**Grès** (Grès d'Anor) + Grauwacke de Montigny
211AC05 (170C05)	211AC	B5	La Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy	**Schistes et Phyllades** (du Gédinien), **Quartzites et Phyllades**
211AE01 (170E01)	211AE	B6	La Semoy	**Schistes et Phyllades** (du Gédinien) + quartzites et Grès d'Anor
211AG01 (170G01)	211AG	B4	La Chiers	**Quartzites et Phyllades, Schistes**

Illustration 20 : Liste et caractérisation des entités NV3 et NV2 du socle des Ardennes. Entre parenthèse, les anciens codes attribués aux entités

4.2.3 Thème « Alluvions »

Les alluvions ont été extraites de la carte géologique harmonisée et intégrées dans le groupe des « Entités complémentaires » (cf. § 2.2.2).

Une différenciation a été faite en fonction de la codification de la carte géologique et des informations disponibles par ailleurs (cf. § 5.3). Ont été ainsi individualisées :

- les alluvions fluviatiles récentes à actuelles (Fz) ;
- les alluvions anciennes des basses terrasses (Fy).

Dans la partie vosgienne de la Lorraine sont également présentes des formations fluvio-glaciaires et des formations glaciaires différenciées en fonction de la codification de la carte géologique, qui ont été individualisées :

- les formations fluvio-glaciaires du Riss (Pléistocène moyen récent) (FGx) ;
- les formations fluvio-glaciaires du Würm (Weichsélien) (FGy) ;
- les formations fluvio-glaciaires du Riss-Würm (Pléistocène moyen à supérieur) (FGx-y) ;
- les moraines du Riss (Pléistocène moyen récent) (Gx) ;
- les moraines du Würm (Weichsélien) (Gy) ;
- les moraines du Riss-Würm (Pléistocène moyen à supérieur) (Gx-y).

4.3 LES ENTITÉS DU SÉDIMENTAIRE

Remarque : Les cartes d'illustration du découpage des entités présentées dans ce chapitre concernent la partie du bassin Rhin-Meuse et celle du bassin Seine-Normandie situées en Lorraine. Les cartes des entités partagées entre la Lorraine et Champagne-Ardenne (partie bassin Rhin-Meuse) sont présentées dans l'annexe 3 et celles partagées entre la Lorraine et l'Alsace (Alsace « bossue ») dans l'annexe 4.

4.3.1 Le Permo-Carbonifère (145)

En Lorraine, cet ensemble, directement plaqué sur le socle vosgien, correspond à un système aquifère (niveau 2).

4.3.1.1 *Système aquifère du Permien (145AA)*

Ce système contient une entité de niveau 3.

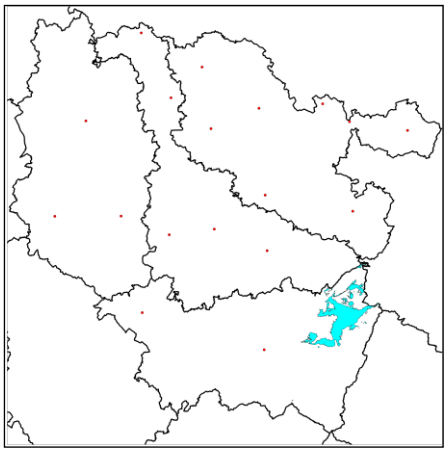
- **Unité aquifère des Couches de Champenay, de Frapelle et Couches de St-Dié (145AA01)**

Cette unité est composée des formations suivantes :

- *Couches de Saint-Dié* : grès, grès feldspathiques et minéralisation stratiforme en fluorine dans les horizons carbonatés de la base (Thuringien),
- *Couches de Champenay* : grès feldspathiques, schistes argileux (Thuringien),
- *Couches de Frapelle* : grès feldspathiques, conglomérats, brèches, tufs (Saxonien),
- *Couches de Meisenbuckel et de Frapelle* indifférenciées : formation volcano-sédimentaire (Saxonien),
- *Arkoses et conglomérats* (Autunien).

Limites

Pour le *Système aquifère du Permien*, l'extension correspond uniquement à l'emprise de la formation affleurante, à laquelle sont ajoutées les parties sous couverture où des inclusions de formations sus-jacentes affleurent. En effet, l'hypothèse d'une extension vers l'ouest de ce système ne peut être confirmée en raison de l'absence de logs vérifiés de sondages.



Extension du système aquifère du Permien.

Cet ensemble de formations du Permien est individualisé et pour respecter le Grand système multicouche du Trias (niveau 1) harmonisé, n'y est pas intégré.

En Lorraine, cet ensemble de formations constitue un niveau aquifère présent dans les ouvrages de la BSS identifiant des nappes d'eau souterraine exploitées ou reconnues. La notice de la carte géologique de Saint-Dié (Von Eller *et al.,* 1975) indique que les Grès du Permien, malgré leur caractère argileux, peuvent être localement un aquifère intéressant du fait de débits réguliers (mais néanmoins faibles).

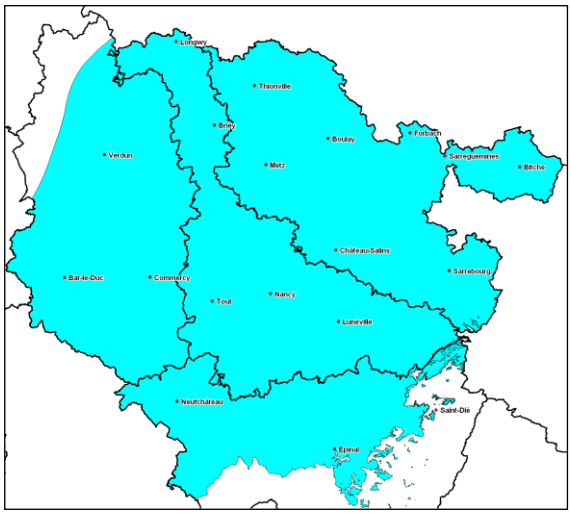
4.3.2 Grand système multicouche du Trias

Un tableau lithostratigraphique des formations géologiques du Trias est présenté dans l'illustration 21. Ce grand système est constitué de 6 entités NV2.

4.3.2.1 ***Système aquifère des Grès du Buntsandstein (143)***

Limites

Pour le *Système aquifère des Grès du Buntsandstein*, les limites d'extension sous couverture sont, en l'absence de données plus récentes, celles qui ont été établies lors de l'étude « *Eaux souterraines du département des Vosges : caractérisation des principales ressources exploitables et révision du modèle de gestion de la nappe des grès du Trias inférieur* » - Rapport BRGM/RP-55653-FR (Vaute *et al.,* 2007), étude dont le principal objectif était la révision du modèle conceptuel, de la géométrie, des conditions aux limites et des données du modèle de gestion de la nappe des Grès du Trias en Lorraine (version 2003).



Extension du système aquifère des Grès du Buntsandstein en Lorraine (hors bassin Rhône-Méditerranée).

Le rapport de modélisation fournit notamment l'extension du réservoir aquifère définie pour la construction du modèle hydrodynamique. Ainsi, au sud et à l'ouest, en l'absence d'informations suffisamment détaillées, la limite du modèle a été établie en suivant une ligne de moindre épaisseur du réservoir (20 à 90 m au maximum). Cette limite se situe à environ 70 km de la limite de la zone connue et exploitée de la nappe des *Grès du trias Inférieur*, dans une zone très profonde, chaude et salée. Cette limite pourrait correspondre à la limite occidentale du système des *Grès du Buntsandstein*. Elle a été reprise et modifiée lors de la modélisation de la géométrie de l'aquifère du Buntsandstein faite dans le cadre de la réalisation de l'Atlas du potentiel géothermique des aquifères lorrains. C'est cette limite, confirmée par la limite d'extension du faciès du *Grès du Buntsandstein* indiquée dans le document « *Synthèse géologique du Bassin de Paris* » qui a été retenue.

Une grande partie du réservoir des *Grès du trias inférieur* en Lorraine et dans les Vosges du Nord constitue ce système aquifère de niveau 2 (*Système aquifère des Grès du Buntsandstein*). Il est formé de grès plus ou moins fins, avec quelques passées argileuses dans la partie supérieure et quelques passées conglomératiques au centre et à la base. Les formations sous-jacentes sont constituées, selon les secteurs, par les *Grès argileux du Permien* ou directement par le socle (granite des Vosges, roches dévoniennes dans le bassin houiller). La nappe est captive pour l'essentiel du territoire de la Lorraine et libre aux affleurements le long des Vosges et dans le bassin houiller. Pour la partie captive de la nappe, la couverture imperméable de ce système est constituée par les *Marnes du Muschelkalk moyen et inférieur*.

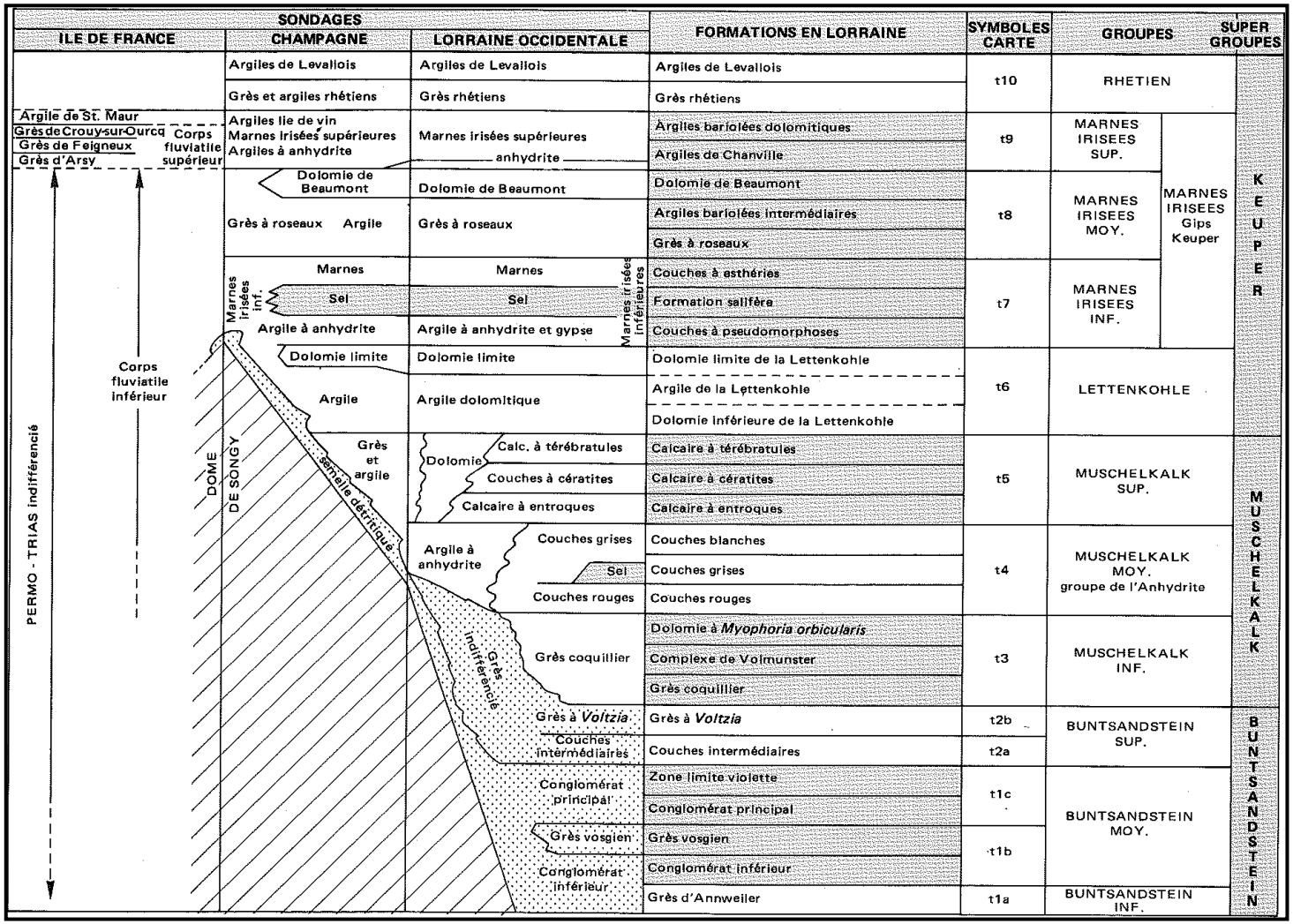


Illustration 21 : Tableau lithostratigraphique des formations du Trias (Courel et Maget-Mégnien et al ; 1980).

La perméabilité dans la « masse » est faible mais renforcée par des fissures et la productivité d'un forage dépend du degré de fissuration des grès. La surface des affleurements est d'environ 3000 km² et le volume d'eau contenu dans le réservoir des grès du Trias inférieur est évalué à 30 milliards de m^3 en affleurement (SDAGE Rhin-Meuse, 1996), et à 500 milliards de m^3 sous couverture, dont 150 milliards de m^3 d'eau douce sont exploitables pour l'eau potable, le reste étant trop minéralisé (Laurent, 2001).

Quatre entités de niveau 3 ont été différenciées dans ce système.

- **Unité semi-perméable du Grès d'Annweiler et Grès de Senones du Buntsandstein (143AK07)**

En termes géologiques, le *Grès d'Annweiler* est regroupé avec le *Grès de Senones* qui, au niveau de la carte de Cirey-sur-Vezouze (n° 270), est son équivalent. Le grès de Senones est constitué de grès argileux plus grossiers que le grès d'Annweiler et a une épaisseur de 60 à 100 m.

Globalement, le regroupement de ces formations a conduit à une entité NV3 considérée comme une unité semi-perméable. Cependant l'aquifère principal du Buntsandstein d'après l'Atlas du potentiel géothermique des aquifères lorrains (Bourgine *et al.*, 2007) exclut le *Grès de Senones* du fait de son caractère imperméable, mais prend en compte le *Grès d'Annweiler* semi-perméable. Dans le découpage du référentiel, la faible superficie des affleurements de l'entité explique en partie la décision d'un tel regroupement. Il a été décidé de découper suivant des critères stratigraphiques et non pas en termes de sous-réservoir hydrogéologique.

- **Unité aquifère des Grès vosgiens *s.s.* et Conglomérat inférieur de Lorraine et Grès vosgiens indifférenciés du Buntsandstein et du Permien d'Alsace (143AK05)**

Le découpage de cette entité tient compte à la fois de ses caractéristiques lithostratigraphiques et hydrogéologiques. Les formations géologiques appartiennent au Buntsandstein moyen et s'étendent sur trois départements (Moselle, Meurthe-et-Moselle et Vosges). Elles sont essentiellement représentées par les *Grès vosgiens* auxquels s'ajoute à la base le *Conglomérat inférieur*. Le *Conglomérat principal* sus-jacent est exclu du regroupement.

La base des Grès vosgiens est souvent conglomératique dans la zone d'étude, sa puissance est d'environ 10 mètres. Il s'agit du *Conglomérat inférieur*, grès conglomératique peu cimenté à éléments roulés de quartz et de quartzite (Mégnien *et al.*, 1980).

Les Grès vosgiens, dont l'épaisseur peut dépasser 300 mètres sont essentiellement constitués par un grès rouge à grain moyen en bancs lenticulaires de 0,5 à 4 mètres d'épaisseur, séparés par des intercalations meubles, sableuses et argileuses (Carte Saverne, Menillet, 1979).

Le regroupement de ces deux formations est justifié par le fait que les Grès vosgiens, considérés comme l'une des formations les plus aquifères de la Lorraine, sont inscrits entre les deux dépôts de perméabilité plus faible que sont les conglomérats sus et sous-jacents.

- **Unité aquifère des Couches intermédiaires et Conglomérat principal du Buntsandstein supérieur de Lorraine et d'Alsace (143AK03)**

La base de cette entité est le *Conglomérat principal* composé d'un conglomérat à galets de quartz et de quartzite et à matrice gréseuse analogue au Grès vosgien. Sa puissance d'environ 10 à 15 mètres s'amenuise à partir de la carte de Vittel en allant vers l'Est. Les *Couches intermédiaires* ne subsistent le plus souvent que sous forme de placages, plus ou moins épais, au-dessus des reliefs tabulaires constitués par le *Conglomérat principal* (Hameurt, 1985). Elles sont constituées par un ensemble de bancs de grès lenticulaire, généralement brun-rouge séparés par de minces niveaux sablo-argileux (Mégnien *et al.*, 1980). Les épaisseurs sont de 50 à 70 mètres environ.

D'après certaines informations disponibles (cf. carte de Saverne – n° 233 - et Menillet, 1979), à la base des *Couches intermédiaires* et dans la partie supérieure du *Conglomérat principa*l, fréquemment des sources perchées de faible débit émergent à flanc de colline à la faveur d'interstratifications d'horizons moins perméables ou de diaclases. Cette caractéristique, différente de l'entité précédente où les débits rencontrés sont plus importants, nous a permis d'identifier cette nouvelle entité.

- **Unité aquifère du Grès coquillier et Grès à *Voltzia* du Muschelkalk inférieur et du Buntsandstein supérieur de Lorraine et d'Alsace (143AK01)**

Cette unité correspond au toit du système aquifère du Buntsandstein et est composée des *Grès à Voltzia* à la base puis du *Grès coquillier du Muschelkalk*, si ce dernier est différencié et considéré comme aquifère. Les *Grès à Voltzia* comprennent trois strates géologiques : le Grès à meules, le Grès argileux, et au sommet, l'Argilite-limite, dont l'épaisseur totale est de 35 mètres environ (Mégnien et *al.,* 1980). De son côté le Grès coquillier, d'une dizaine de mètres d'épaisseur est formé par une alternance de grès silteux[3] ou argileux.
Le regroupement s'appuie tout d'abord sur le fait que, malgré l'intercalation des Argilites-limites imperméables (Goguel, 1959), ces deux formations ont relativement les mêmes caractéristiques, c'est-à-dire qu'elles délivrent de faibles débits et que leurs eaux sont souvent ferrugineuses (Theobald, 1967). Dans les Vosges ces deux formations sont souvent réunies dans un même caisson de la carte géologique.

De plus, les *Grès à Voltzia* gardent leur faciès classique jusqu'au sud de la Lorraine. Dans cette région, ils seraient en partie synchrones du Muschelkalk inférieur du Nord-Est de la Lorraine (Mégnien *et al.,* 1980).

Sur la carte n° 197 de Bouxwiller, et au Nord-Ouest de la carte n°167 de Bitche, le *Grès coquillier* (notations t3 et t3a-b) est exclu car il n'est pas différencié des *Argiles du Muschelkalk inférieur* qui sont cartographiées dans le domaine hydrogéologique des *Marnes et Argiles du Muschelkalk moyen et inférieur*. Le *Grès coquillier* disparaît au Sud de la Lorraine.

La délimitation, au sud et à l'ouest, du système des *Grès du Buntsandstein*, sous couverture, a été réalisée à partir des informations du rapport «*Eaux souterraines du département des Vosges : caractérisation des principales ressources exploitables et révision du modèle de gestion de la nappe des grès du Trias inférieur* » - Rapport BRGM/RP-55653-FR (Vaute *et al.*, 2007). Ce document fournit notamment les extensions du réservoir aquifère définies pour les besoins de la modélisation : « au sud et à l'ouest, en l'absence d'informations suffisamment

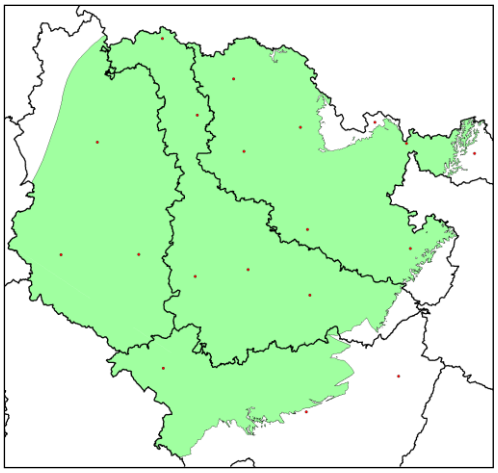
[3] Silteux : qui se rapporte à un silt, mot anglais désignant des sédiments détritiques meubles dont le grain est compris entre 1/256 mm et 1/16 mm.

détaillées, la limite du modèle a été établie en suivant une ligne de moindre épaisseur du réservoir (20 à 90 m au maximum). Cette limite se situe à environ 70 km de la limite de la zone connue et exploitée de la nappe des grès du Trias inférieur, dans une zone très profonde, chaude et salée ». Cette limite a été reprise lors de la modélisation de la géométrie de l'aquifère du Buntsandstein faite dans le cadre de la réalisation de l'Atlas du potentiel géothermique des aquifères de Lorraine. C'est cette limite, confirmée par la limite d'extension du faciès du Grès du Buntsandstein indiquée dans le document « Synthèse géologique du Bassin de Paris » qui a été choisie.

4.3.2.2 *Domaine hydrogéologique des Marnes et Argiles du Muschelkalk moyen et inférieur (143AI)*

Limites

Pour le *domaine des Marnes et Argiles du Muschelkalk moyen et inférieur*, en l'absence de données spécifiques, la même limite d'extension que celle des Grès du Buntsandstein sous couverture a été reprise.



Extension du domaine hydrogéologique des Marnes et Argiles du Muschelkalk moyen et inférieur en Lorraine.

Deux entités de niveau 3 ont été distinguées.

- **Unité semi-perméable de la Dolomie à *Myophoria orbicularis*, Marnes à *Myacites* (et Grès coquillier indifférencié) du Muschelkalk inférieur de Lorraine et d'Alsace (143AI03)**

Cette unité regroupe les formations du *Muschelkalk moyen et inférieur* à l'exception du *Grès coquillier* sauf dans le cas des cartes numéros 167 et 197.

Trois formations se succèdent. Tout d'abord les *Couches à Myacites*, puis les *Couches à térébratules* (marnes silteuses grises bleuâtres en plaquettes avec de minces intercalations de grès dolomitique ou de dolomie gréseuse) d'une dizaine de mètres d'épaisseur et enfin la *Dolomie à Myophoria* d'environ 4 mètres composée de dolomie lumachellique gris beige correspondant au toit de l'entité (Mégnien *et al.*, 1980).

Il s'agit d'une entité semi-perméable intégrant pour les cartes n° 167 et n° 197 le *Grès coquillier*, peu aquifère et souvent très minéralisé.

- **Unité semi-perméable des Couches blanches, grises et rouges du Muschelkalk moyen et inférieur de Lorraine et d'Alsace (143AI01)**

La limite inférieure est marquée par le toit de la *Dolomie à Myophoria*. Cette unité est composée du bas vers le haut de trois couches appelées rouges (20 à 30 m), grises (40 à 50 m) et blanches (environ 5 m).

Les *Couches rouges* sont des argiles bariolées silteuses avec plaquettes gréseuses ou dolomitiques. Les *Couches grises* sont plus ou moins dolomitiques avec une partie inférieure comportant du sel gemme avec développement de gypse ou d'anhydrite (Mégnien *et al.*, 1980). Les *Couches blanches* quant à elles sont des calcaires dolomitiques blanchâtres poreux à passages vacuolaires et imprégnations de gypse ou d'anhydrite.

Il est admis que les *Couches rouges* sont imperméables ; par contre, les *Couches grises* donnent naissance à des sources multiples avec de faibles débits et des eaux souvent fortement minéralisées (voire salées) en raison de la présence de lentilles de gypses irrégulièrement intercalées. La notice explicative de la carte n° 339 indique que « les marnes dolomitiques feuilletées des couches grises présentent souvent une perméabilité suffisante pour avoir donné lieu à des captages, utilisés encore récemment pour l'alimentation en eau potable de certaines agglomérations », et que « les eaux étant très minéralisées (sulfate de calcium) et les captages très difficiles à protéger, ce type d'alimentation tend à être systématiquement abandonné au profit de forages du Buntsandstein ».

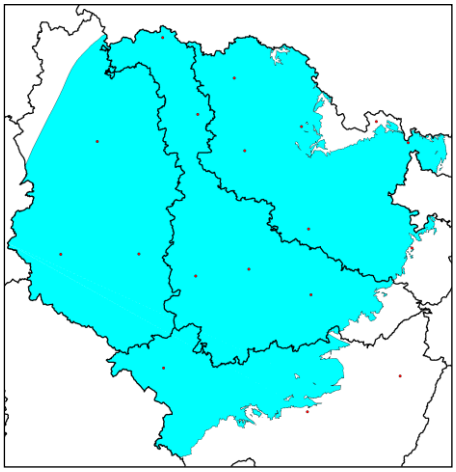
Au sud de la Lorraine, dans les Vosges, les *Couches blanches*, à la base du système aquifère, constituent un gîte hydrominéral et sont notamment exploitées (cartes n° 338 d'Epinal et n° 339 de Vittel) pour leur qualité en tant qu'eaux minérales. Elles constituent ainsi une entité à part entière. Elles sont cartographiées indépendamment du reste du Muschelkalk moyen sur les cartes n° 338, 339 et 270 et ont ainsi été délimitées. Afin d'éviter une coupure franche de la formation au niveau du contact avec les cartes voisines où la formation n'est pas différenciée, il a décidé de prolonger les limites sur ces cartes lorsque c'était possible, par extrapolation à partir de la formation indifférenciée présente et dans la continuité. Ceci concerne les cartes n° 304 (nord de la carte n° 338) et n° 340 (est de la carte n° 338) pour une superficie restreinte. De plus sur la carte n° 339, une extrapolation de l'entité est nécessaire sous les alluvions de la Moselle pour être en continuité avec les affleurements des Couches blanches à l'est de la ville de Golbey.

Cependant, dans la partie nord du département de la Moselle et en Alsace bossue, la cartographie géologique ne différencie pas les formations des *Couches blanches* des autres formations du Muschelkalk moyen (même caisson), ce qui justifie leur rattachement à l'entité présente.

4.3.2.3 *Système aquifère des Calcaires du Muschelkalk supérieur*

Limites

Pour le système aquifère des *Calcaires du Muschelkalk supérieur* et le système aquifère des *Dolomies et Argiles de la Lettenkohle*, la délimitation sous couverture est basée sur la limite d'extension des formations carbonatées du Muschelkalk établie dans la « Synthèse géologique du bassin de Paris ». Les logs vérifiés de la BSS confirment bien la présence de ces formations géologiques.



Extension du système aquifère des Calcaires du Muschelkalk supérieur en Lorraine.

Une entité de niveau 3 a été distinguée.

- **Unité aquifère des Calcaires à cératites et Calcaires à entroques du Muschelkalk supérieur de Lorraine et d'Alsace (143AE05)**

Cette unité est constituée par les formations du *Muschelkalk supérieur* d'une épaisseur totale de 55 à 60 mètres. Les *Calcaires à entroques* à la base sont un massif sub-lithostratigraphique compact, en bancs épais, fortement fissurés avec des joints marneux, d'environ 10 mètres d'épaisseur moyenne, pouvant atteindre 15 à 19 mètres dans les Vosges près des régions de Contrexéville et Vittel.

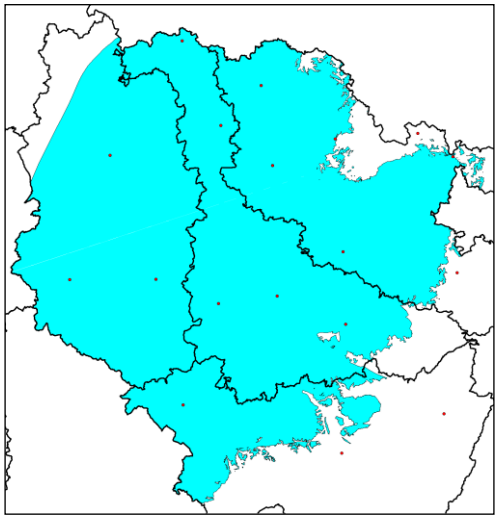
En revanche, les *Calcaires à cératites* passent d'environ 30 mètres dans ces régions à environ 50 mètres d'épaisseur dans l'ensemble de la Lorraine et localement 100 mètres. Ils sont composés d'une alternance de bancs calcaires et de lits marneux (bleus violacés). Au sommet de ce regroupement les *Calcaires à térébratules*, d'environ 6 mètres d'épaisseur, sont retrouvés dans la zone d'étude (Mégnien *et al.*, 1980).

Les calcaires très fissurés sont propices au flux d'eau. De plus les lits marneux des Calcaires à cératites jouent le rôle d'écran moins perméable que le reste de la formation, permettant ainsi de faire la séparation avec le système aquifère sus-jacent (décrit ci-après). Sur la carte n° 304 de Mirecourt, les *Calcaires à cératites et à entroques* sont associés à la « *Dolomie de Vittel* » de la Lettenkohle : l'ensemble est regroupé dans l'unité du *Calcaire à cératites et du Calcaire à entroques*.

4.3.2.4 *Système aquifère des Dolomies et Argiles de la Lettenkohle)*

Limites

Pour le système aquifère des *Dolomies et Argiles de la Lettenkohle*, la délimitation sous couverture est identique à celle des *Calcaires du Muschelkalk supérieur.*



Extension du système aquifère des Dolomies et Argiles de la Lettenkohle en Lorraine.

Deux entités de niveau 3 ont été distinguées.

- **Unité aquifère de la Dolomie inférieure de la Lettenkohle de Lorraine et d'Alsace (143AE03)**

Cette entité est surtout présente dans la partie sud du bassin Rhin-Meuse. Elle correspond à une seule formation géologique : la *Dolomie inférieure de la Lettenkohle (Dolomie de Vittel* localement) constituée de dolomie gris-blanchâtre caverneuse qui confère en partie sa perméabilité à l'entité. Sa puissance est assez faible, et bien que la *Dolomie inférieure* soit en contact direct avec les *Calcaires à cératites* (exemple de la carte n° 167) situés au-dessous et parfois difficile à distinguer de ces formations sous-jacentes, il a été décidé d'individualiser cette unité de par l'exploitation qui en est faite dans la région de Vittel. En termes de réservoir, les *Argiles bariolées de la Lettenkohle* sont le toit du système aquifère.

La notice de la carte n° 338 de Vittel renseigne sur les eaux minérales du *Muschelkalk* et de la *Lettenkohle*. Cette région est connue pour celles de Contrexéville et Vittel. Dans la notice de cette carte (Minoux, 1979), il est précisé que ce sont des eaux minérales froides, sulfatées calciques et magnésiennes qui se minéralisent, soit à la limite du Keuper inférieur et de la Lettenkohle (type A), correspondant donc à l'unité aquifère de la *Dolomie inférieure (différenciée) ou Dolomie de Vittel*, soit dans la zone Calcaire à entroques-Couches blanches (type B), correspondant donc au *Système aquifère des Calcaires du Muschelkalk supérieur*: Leur autonomie par rapport à la nappe infra-triasique a pu être démontrée.

Sur la carte géologique n° 374, dans le prolongement de la carte 338, la *Dolomie inférieure* n'est pas différenciée, son découpage correspond à une interprétation issue de la carte géologique harmonisée des Vosges, dans l'objectif d'avoir une continuité. En effet les connaissances géologiques de la région sont suffisantes pour justifier cette extrapolation.

- **Unité semi-perméable de la Dolomie limite (si différenciée), Dolomie et Marnes bariolées de la Lettenkohle de Lorraine et d'Alsace (143AE01)**

Les *Argiles bariolées de la Lettenkohle* constituent le toit de l'ensemble aquifère du Muschelkalk supérieur et de la Lettenkohle mais également la base de la présente entité. Il s'agit d'argiles bariolées avec intercalation de formations dolomitiques. Au-dessus, la *Dolomie limite* (2-5 m d'épaisseur) est un excellent repère lithostratigraphique du fait de sa présence sur toute la Lorraine.

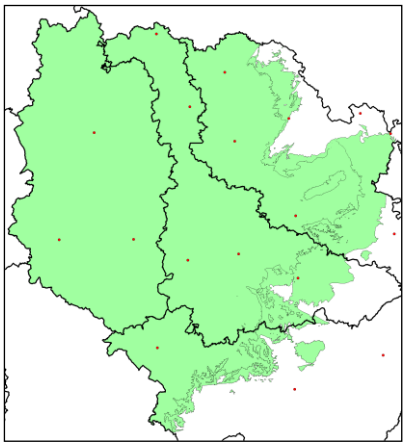
Du nord au sud l'ensemble passe d'environ 25 m d'épaisseur à une dizaine de mètres aux alentours de Vittel. La *Dolomie limite* est parfois gréseuse et présente des amas de gypse ou d'anhydrites comme les *Marnes irisées du Keuper*. Lorsqu'elle est altérée au niveau des affleurements elle est diaclasée et devient poreuse ou vacuolaire (Mégnien *et al.*, 1980).

Comme expliqué précédemment, ce découpage prend en compte la géologie des cartes au 1/50 000 et les problèmes d'harmonisation obligent à prendre certaines décisions qui peuvent être fondées davantage sur la géologie que sur l'hydrogéologie. Ainsi, sur certaines cartes, la dolomie limite est bien différenciée, alors que sur d'autres, seul l'ensemble dolomie supérieure (ou dolomie limite), argiles bariolées et dolomie inférieure est cartographié. Ceci impose donc le découpage présent avec ce regroupement.

4.3.2.5 *Domaine hydrogéologique des Dolomies et Marnes du Keuper*

Limites

Pour le domaine hydrogéologique des *Dolomies et Marnes du Keuper*, la délimitation sous couverture est basée sur la limite d'extension des *Argiles à anhydrite du Keuper* établie dans la « Synthèse géologique du Bassin de Paris ».



Extension du domaine hydrogéologique des Dolomies et Marnes du Keuper en Lorraine.

Trois entités de niveau 3 ont été distinguées:

- **Unité imperméable des Marnes irisées inférieures du Keuper de Lorraine et d'Alsace (143AD05)**

Cette entité est composée d'argiles de couleurs diverses alternées datées du Keuper inférieur. Ce sont des argiles gypsifères qui s'épaississent dans l'axe du synclinal de Sarreguemines en raison de l'existence d'une importante formation salifère (Mégnien *et al.*, 1980), exploitée encore actuellement à Varangéville et dans ses alentours, près de Nancy. Ainsi leur épaisseur, sur l'ensemble de la zone d'étude, varie de 250 mètres à Château-Salins à 114 mètres à Mirecourt (données de forages).

Sur toutes les cartes géologiques cette formation est individualisée des formations sus et sous-jacentes.

C'est une unité considérée comme imperméable.

- **Unité semi-perméable de la Dolomie de Beaumont, Marnes bariolées intermédiaires et Grès à roseaux du Keuper (143AD03)**

Trois formations peu épaisses s'intercalent entre les *Marnes irisées inférieures* et les *Marnes irisées supérieures*.

Ainsi l'ensemble des *Marnes irisées moyennes* (correspondant à cette unité) est composé de bas en haut du *Grès à roseaux*, de l'intercalation des *Marnes bariolées intermédiaire*s, puis de la *Dolomie de Beaumont*.

Le *Grès à roseaux* est constitué de grès contenant notamment des débris de végétaux. D'après les notices des cartes géologiques, la puissance de cette formation, est d'environ 30 mètres en Moselle et seulement de 10 mètres dans les Vosges. Ce niveau est connu comme aquifère mais offre des ressources limitées.

La *Dolomie de Beaumont* quant à elle, est une dolomie calcaire dure qui s'altère en dalles au niveau des affleurements. D'une épaisseur d'environ 10 mètres, elle représente un niveau aquifère intéressant à défaut de meilleure ressource en eau (Maubeuge, 1972).

Ces 2 formations renferment des nappes exploitées et reconnues, identifiées dans des forages d'eau de la BSS.

Les *Marnes bariolées intermédiaire*s sont souvent dolomitiques et contiennent du gypse en abondance (Mégnien *et al.*, 1980).

Sur les cartes géologiques, ces 3 formations sont souvent groupées et non différenciées, c'est pourquoi il a été décidé de créer une entité unique nommée *Unité semi-perméable de la Dolomie de Beaumont, des Marnes bariolées intermédiaires et du Grès à roseaux*. Par ailleurs, nombre de forages captent simultanément les nappes de la Dolomie de Beaumont et du Grès à roseaux, bien qu'il s'agisse d'une pratique à proscrire. Il est à noter aussi que sur les cartes n° 164 de Metz et n° 165 de St-Avold, le groupement de formations constituant cette entité n'est pas présent systématiquement à l'affleurement entre les formations sous-jacentes des Marnes irisées inférieures et sus-jacentes des Argiles de Chanville.

D'autre part sur la carte n° 268 de Bayon, seule la *Dolomie de Beaumont* a été cartographiée, les *Marnes intermédiaires* et le *Grès à Roseaux* ne sont pas différenciés des *Marnes irisées inférieures* et sont donc incluses dans l'*Unité imperméable des Marnes irisées inférieures* décrite précédemment.

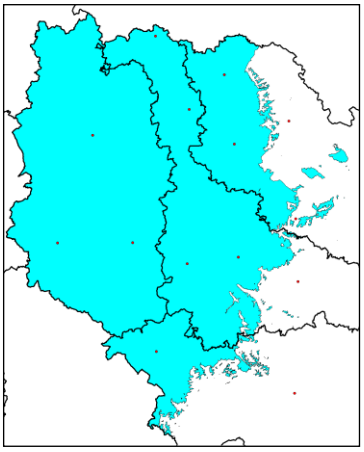
- **Unité imperméable des Marnes irisées supérieures du Keuper (143AD01)**

Cette entité est composée à la base par les *Argiles de Chanville* à dominante rougeâtre (passage marqué après la Dolomie de Beaumont) avec intercalations gypseuses et au-dessus par les *Argiles bariolées dolomitiques* versicolores (Mégnien *et al.*, 1980). L'ensemble des deux formations est nommé sous le nom de *Marnes irisées supérieures* (cf. carte géologique harmonisée de la Moselle, BRGM, 2007). C'est cette appellation que nous retenons.

4.3.2.6 *Système aquifère des Grès rhétiens*

Limites

Pour le système aquifère des *Grès rhétiens*, la délimitation sous couverture est basée sur la limite d'extension des *Grès du Keuper* établie dans la « Synthèse géologique du bassin de Paris » qui va au-delà des limites de la zone d'étude en Lorraine. Les limites d'extension sous couverture à l'ouest sont donc celles de la zone d'étude en Lorraine.



Extension du système aquifère des Grès rhétiens en Lorraine.

- **Unité aquifère des Grès rhétiens (143AB03)**

Au niveau du Keuper supérieur ou Rhétien, les *Grès infraliasiques* ou *Grès rhétiens* sont une formation gréseuse perméable à intercalation d'argiles noires avec une puissance moyenne de 20-25 m pouvant se réduire à 15 m localement (Mégnien *et al.*, 1980). Leur différenciation est faite sur la plupart des cartes géologiques sauf sur les cartes n° 268 de Bayon et n° 269 de Lunéville où un seul caisson représente toutes les formations du Rhétien, qui sont alors incluses dans l'*unité imperméable des Argiles de Levallois* (voir ci-après). Ils sont surmontés par les *Argiles de Levallois* qui sont imperméables.

En Lorraine, cette formation constitue un niveau aquifère présent dans les ouvrages de la BSS identifiant des nappes d'eau souterraine exploitées ou reconnues.

- **Unité imperméable des Argiles rouges de Levallois du Rhétien (143AB01)**

La formation des *Argiles de Levallois,* qui sont des argiles rouges, est un niveau repère d'un peu moins de dix mètres d'épaisseur. Elle est imperméable.

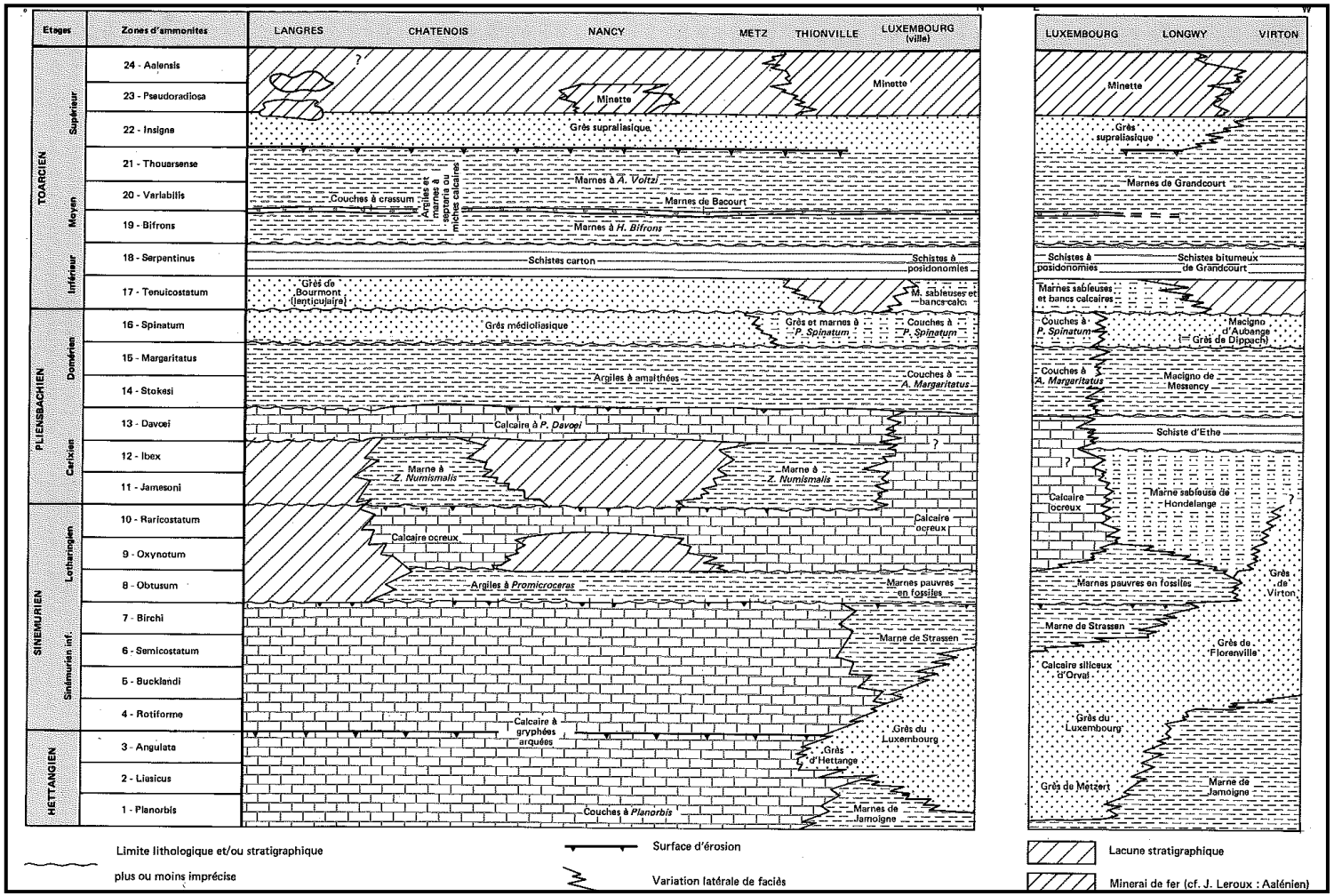


Illustration 22 : Variations latérales de faciès des formations du Lias (coupe sud-nord de la Lorraine, d'après Allouc et Hanzo in Mégnien et al., 1980).

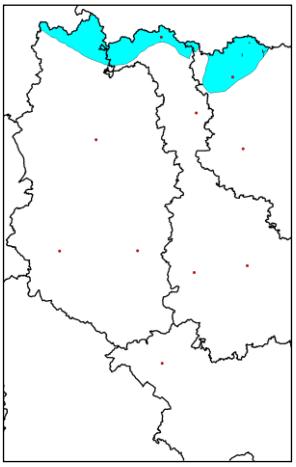
4.3.3 Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inférieur (Lias) du bassin de Paris

Les formations du Lias présentent des variations latérales de faciès. Le grand domaine comprend 4 entités de niveau 2.

4.3.3.1 *Système aquifère des Calcaires et Grès du Sinémurien-Hettangien (141AG07)*

Limites

En l'absence de données de forages suffisantes, les limites sous couverture du système aquifère des *Grès du Sinémurien-Hettangien* ont été définies à partir des limites de la masse d'eau n°1018 des Grès du Lias inférieur d'Hettange-Luxembourg. Les informations fournies par la *Synthèse géologique du bassin de Paris* (Mégnien *et al.*, 1980) n'infirment pas ce choix.



Extension du système aquifère des Grès du Sinémurien-Hettangien en Lorraine.

Deux entités de niveau 3 ont été distinguées dans ce système aquifère.

- **Unité aquifère des Grès d'Hettange, Grès et calcaires sableux d'Orval et de Florenville (141AG03)**

Les *Grès d'Hettange* correspondent à un faciès gréseux qui se développe dans les marno-calcaires de la base du Jurassique (le Lias). Ils s'étendent d'est en ouest d'Hettange à Charleville-Mézières sur la bordure nord de Lorraine, sur la bordure sud des Ardennes, du Luxembourg et de la Belgique. Ses affleurements ne sont que marginaux dans le bassin Rhin-Meuse. Ils sont visibles sur les cartes n° 88 de Francheval, n° 91 du Luxembourg et n°114 de Thionville (limites de la Moselle, de la Meuse et du Luxembourg). Il s'agit d'un grès très perméable.

Les affleurements lorrains sont très peu étendus ; d'après les notices des cartes géologiques, dans la partie captive, des forages d'une profondeur de 50 à 200 mètres ont des débits allant de 30 à 60 m^3/h vers Montmédy et Hettange. Beaucoup de collectivités locales en dépendent. C'est un réservoir très important surtout utilisé en Belgique et au Luxembourg.

Plusieurs dénominations sont attribuées à la formation : *Grès d'Hettange*, *Grès de Florenville*, *Grès du Luxembourg*, *Calcaires sableux d'Orval.* En l'absence de logs vérifiés de la BSS, notamment dans la partie ouest, les limites sous couverture ont été définies à partir des limites de la masse d'eau n° 1018 des *Grès du Lias inférieur d'Hettange-Luxembourg*. Les limites fournies dans la synthèse du bassin de Paris n'infirment pas ce choix.

- **Unité aquifère du Calcaire à Gryphées de l'Hettangien (141AG05)**

Le *Calcaire à Gryphées* forme cette unité est un calcaire marneux fissuré dont la proportion de marnes augmente du sud au nord. Le *Calcaire à Gryphées* ne constitue au voisinage des

affleurements que des ressources locales, de qualité médiocre s'amoindrissant en période sèche ; à flanc de coteau, de multiples sources en émergent (Minoux, 1967). En Lorraine, cette formation constitue un niveau aquifère présent dans les ouvrages de la BSS identifiant des nappes d'eau souterraine exploitées ou reconnues.

Sa puissance est d'environ 30 mètres en Lorraine pour se réduire à une dizaine de mètres à l'ouest des Vosges à la limite avec la Haute-Marne. Ainsi plus on va vers le sud du bassin, moins le *Calcaire à Gryphées* est perméable. Le découpage de cette entité sous couverture a été réalisé à partir des données de logs vérifiés de la BSS et de la figure 4.4 du document « Synthèse géologique du Bassin de Paris » (cf. illustration 27) dans laquelle le calcaire à gryphées subit une variation latérale de faciès au nord de la Lorraine (secteur de Thionville-Luxembourg-Longwy) sous le nom de *Grès d'Hettange, du Luxembourg*.

Ainsi, en Moselle le tableau d'harmonisation géologique est le suivant :

Notation géologique	Description
l1-2a	Alternances de calcaires et de marnes gris-bleues à gryphées (« Calcaire à Gryphées ») (Hettangien p.p.- Sinémurien s.s.)
l1	Grès indurés très fossilifères (Grès d'Hettange) (Hettangien)

Il est constaté que le Calcaire à gryphées surmonte les Grès d'Hettange.

Dans les Ardennes le tableau d'harmonisation géologique est le suivant :

Notation géologique	Description
l2a(2)	Grès calcareux (Sinémurien inférieur)
l2a(1)	Calcaire sableux d'Orval (équivalent latéral des Grès d'Hettange) (Hettangien-Sinémurien inférieur)
l1(2)	Calcaire à Gryphées (Hettangien)

Il apparaît donc que le Calcaire à Gryphées se situe sous l'équivalent latéral des Grès d'Hettange.

Ceci est pris en compte dans le découpage de l'entité du Calcaire à gryphées, avec la création de deux « polygones », dont l'un est spécifique de la partie ardennaise située à l'affleurement et sous couverture du Grès d'Hettange.

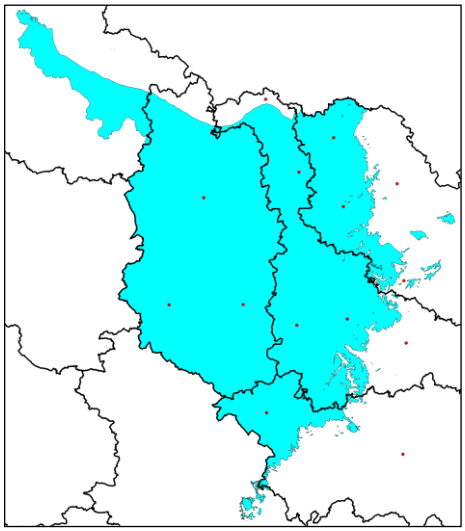
En Lorraine, cette formation constitue un niveau aquifère identifié dans les nombreux ouvrages de la BSS comme exploité ou reconnu, notamment en Moselle et Meurthe-et-Moselle.

- **Unité semi-perméable du Grès de Virton du Sinémurien (141AG01)**

Le *Grès de Virton* est l'équivalent latéral des *Argiles à Promicroceras* (illustration 35) pour la partie extrême nord de la Lorraine (Meuse). Un seul affleurement de cette formation est cartographié sur la carte n° 88 de Francheval. Son extension est plus importante en Belgique. La présence de deux logs vérifiés de la BSS comportant une description de la formation à une profondeur d'environ 65 m a cependant permis d'établir une limite de l'entité sous couverture. Dans le tableau multi-échelle, cette entité a un numéro d'ordre d'apparition voisin de celui des *Argiles à Promicroceras* de par sa position stratigraphique. Aucun forage d'eau de la BSS n'exploite cette unité en Lorraine.

Limites

Pour le système aquifère des *Calcaires et Grès du Sinémurien-Hettangien*, la délimitation sous couverture a été réalisée à partir des données de logs vérifiés de la BSS et du document « *Synthèse géologique du bassin de Paris* » dans lequel la distribution stratigraphique des formations qui est fournie montre notamment que l'unité aquifère de niveau 3 du *Calcaire à gryphées* subit une variation latérale de faciès au nord de la Lorraine (secteur de Thionville-Luxembourg-Longwy) sous le nom de *Grès d'Hettange*, du Luxembourg (cf. ci-avant).



Extension de l'unité aquifère du Calcaire à gryphées.

4.3.3.2 *Domaine hydrogéologique des Marnes et Calcaires argileux du Lias inférieur*

Ce domaine hydrogéologique est constitué de 3 entités NV3.

- **Unité imperméable des Argiles à *Promicroceras* du Lias inférieur (141AE05)**

Il s'agit d'une puissante série argileuse datée du Lotharingien inférieur. Ces argiles sont des argilites en général feuilletées, micacées, sableuses, avec des alignements de nodules calcaires souvent fossilifères et phosphatés. Connue dans toute la Lorraine, cette formation a une épaisseur de 30 mètres en Lorraine centrale et d'environ 50 mètres dans le nord. Au nord de la Moselle et en Meuse elle passe à une puissante série marno-calcaire sableuse (Mégnien *et al.*, 1980). Cette formation est très imperméable et fait partie intégrante de la dépression liasique de la vallée de la Moselle.

- **Unité semi-perméable des Calcaires à *Prodactylioceras,* Marnes à *Zeilleria* et Calcaires ocreux du Lias inférieur (141AE03)**

L'entité regroupe trois formations datées du Lotharingien supérieur et du Carixien. A la base les *Calcaires ocreux* sont un calcaire très induré, entrecoupé de fins lits marneux ou sableux (Mégnien *et al.*, 1980). Au niveau de Nancy, une lacune stratigraphique apparaît, réduisant considérablement la puissance de cette formation. Au-dessus, les *Marnes à Zeilleria* constituent un écran imperméable d'une épaisseur de 1 à 13 mètres. Au sommet de ce regroupement on retrouve les *Calcaires à Prodactylioceras Davoei* d'une épaisseur d'environ 1 à 3 mètres. Ces calcaires comme les *Calcaires ocreux*, ont des niveaux aquifères faibles ne pouvant subvenir qu'à des besoins ponctuels et faibles. L'eau de ce dernier niveau est souvent minéralisée au vu de sa teneur en pyrite ou en gypse (Maubeuge, 1974).

Ces formations ont peu d'intérêt, malgré les innombrables puits collectant souvent les eaux superficielles creusés pour des besoins particuliers (Dormois *et al.* , 1967). Elles sont regroupées dans une même unité semi-perméable. Sur la carte n° 268 de Bayon, les *Calcaires ocreux* sont indifférenciés des *Argiles à Promicroceras* et donc partie intégrante de l'entité précédente.

- **Unité semi-perméable des Marnes sableuses de Hondelange (Grès de Linay) du Lias inférieur (141AE01)**

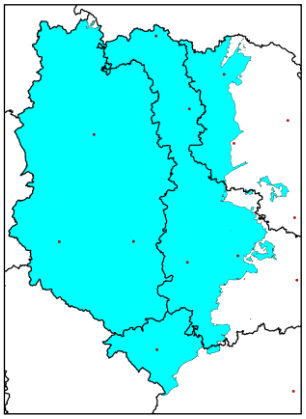
Au voisinage de la frontière belgo-luxembourgeoise, dès le Lotharingien supérieur, la formation du *Calcaire ocreux* devient plus épaisse et plus grossièrement détritique, avec les Grès et Marnes de Hondelange.

Cette formation gréseuse alimente des sources abondantes et nombreuses en fond de vallée. La perméabilité de fissuration est prédominante. Aussi les recherches d'eau par forage ainsi que les forts débits sont dus au hasard des forages. Au niveau de la vallée de la Chiers, ces calcaires gréseux peuvent fournir des débits intéressants en cas de besoin (Maubeuge, 1982). Ici l'entité est marginale à l'affleurement dans notre zone d'étude puisqu'un seul polygone est vectorisé sur la carte n° 88 de Montmédy-Francheval. Cependant il est nécessaire de l'individualiser pour être en harmonie avec le découpage réalisé dans les Ardennes.

4.3.3.3 *Domaine hydrogéologique des Calcaires et Grès du Domérien*

Limites

Les limites d'extension de ce domaine sous couverture à l'ouest sont celles de la zone d'étude en Lorraine.



Extension du système aquifère des Calcaires et Grès du Domérien en Lorraine.

Ce domaine hydrogéologique, en Lorraine, est constitué de 2 entités NV3.

- **Unité imperméable des Marnes à *Amaltheus margaritatus* du Domérien (141AC03)**

Cette entité se compose des *Marnes à Amalthées* du Domérien. Cette formation argileuse affleure et sa puissance est comprise entre 150 et 200 mètres. Ces argiles sont imperméables et représentent les formations principales de la dépression liasique de la vallée de la Moselle. Sur l'ensemble de la zone d'étude, les formations présentes sont homogènes et les variations latérales de faciès commencent à apparaître dans les Ardennes (hors de la zone d'étude).

- **Unité semi-perméable des Grès médioliasiques du Domérien (141AC01)**

Sur toutes les cartes où affleure le Lias supérieur, le grès est différencié cartographiquement des formations sus-jacentes. Seule sur la carte n° 113 (Goguel *et al.*, 1963) il est indifférencié des *Marnes à Amalthées* sous-jacentes. Dans ce cas les *Grès médioliasiques* sont inclus dans l'entité précédente.

Cette formation gréseuse peut fournir des ressources locales en eau peu importantes. De plus l'eau est souvent très minéralisée (Maubeuge, 1959). Des lignes de sources s'observent à la base de cette formation dans les reliefs de la côte de Moselle, s'appuyant sur l'écran imperméable des *Marnes à Amalthées*. Cette unité est une nappe exploitée et reconnue,

identifiée dans des forages d'eau de la BSS situés dans les secteurs proches de la Côte de Moselle et dans le nord de la Meuse dans le *Macigno d'Aubange* (grès appelé macigno par les Belges).

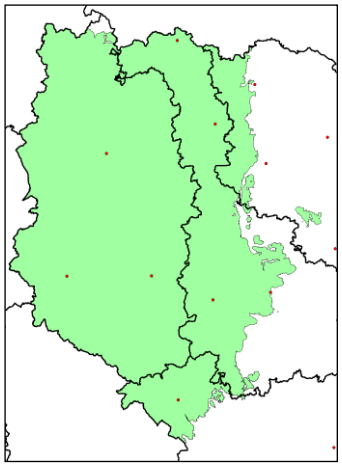
4.3.3.4 *Domaine hydrogéologique des Marnes du Lias supérieur*

Ce domaine hydrogéologique est constitué d'une seule entité NV3, considérée comme semi-perméable :

- **Unité semi-perméable du Grès supraliasique, Marnes et Schistes carton du Lias supérieur (141AA01)**

Limites

Les limites d'extension de ce domaine sous couverture à l'ouest sont celles de la zone d'étude en Lorraine.



Extension du domaine hydrogéologique des Marnes du Lias supérieur en Lorraine.

Ces formations constituent le sommet du Lias, à la base de la Côte de Moselle. Les auteurs des cartes géologiques écrivent que la formation gréseuse du Grès supraliasique peut fournir des ressources locales en eau peu importantes et que l'eau est souvent très minéralisée (Maubeuge, 1959). Les Schistes carton peuvent montrer des suintements aquifères mais l'eau est souvent ferrugineuse et peut contenir du sulfure d'hydrogène (H2S) par réduction des pyrites (Goguel *et al.*, 1963).

La formation du Grès supraliasique est une nappe exploitée et reconnue, identifiée dans des forages d'eau de la BSS situés à proximité de la Côte de Moselle et particulièrement dans les secteurs de Thionville et de l'agglomération nancéienne.

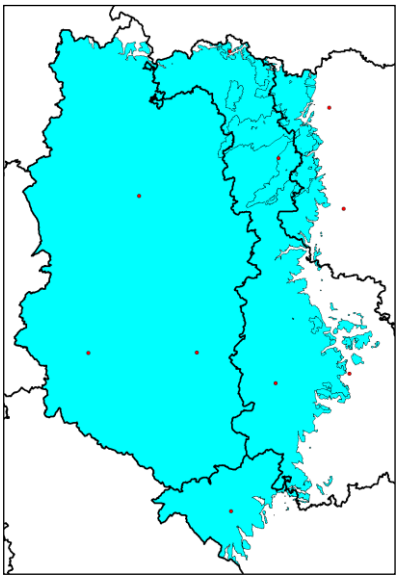
4.3.4 Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Callovien à l'Aalénien du bassin de Paris

Ce grand système multicouche est constitué de l'ensemble à dominante calcaire des formations du Jurassique moyen. L'illustration 35 renseigne sur les variations de faciès observées.

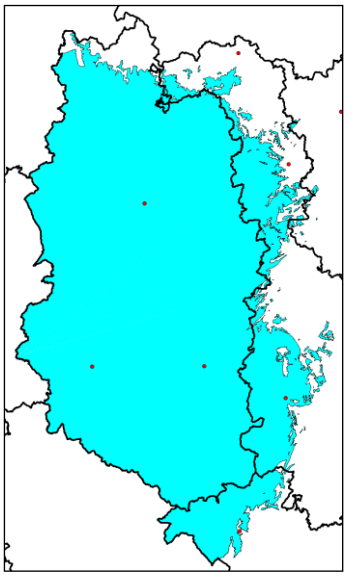
Deux systèmes aquifères sont identifiés dans ce grand système multicouche :

- *le système aquifère des Calcaires de l'Aalénien-Bajocien ;*
- *le système aquifère des Calcaires du Bathonien-Callovien.*

L'extension des 2 systèmes aquifères est précisée par les cartes ci-dessous.



Extension du système aquifère des Calcaires de l'Aalénien-Bajocien (incluant la partie exploitée de la formation ferrugineuse), en Lorraine.



Extension du système aquifère des Calcaires du Bathonien-Callovien en Lorraine.

4.3.4.1 ***Système aquifère des Calcaires de l'Aalénien-Bajocien***

Ce système comprend les formations déposées depuis l'Aalénien jusqu'à la base du Bajocien supérieur (Marnes de Longwy).

La formation de l'Aalénien composée d'oolithes ferrugineuses fait partie du Jurassique moyen (Dogger). Elle se situe à la base du grand réservoir du Dogger, dont elle est séparée par la fine couche imperméable des Marnes micacées.

Cette formation a été exploitée en Lorraine sous le nom de Minette à partir de son affleurement, par des galeries et des puits d'extraction. Avec l'exploitation du minerai de fer et son arrêt, le foudroyage et l'ennoyage des zones concernées ont modifié irrémédiablement les liaisons hydrauliques antérieures à l'exploitation minière. Le foudroyage de l'écran des Marnes micacées est définitif et une communication entre les deux aquifères anciennement indépendants est devenue inévitable. De plus les fracturations infligées aux calcaires du Dogger lors du démantèlement des Marnes micacées perturbent les flux hydrauliques à l'intérieur même de l'aquifère par rapport à son état initial (illustration 23).

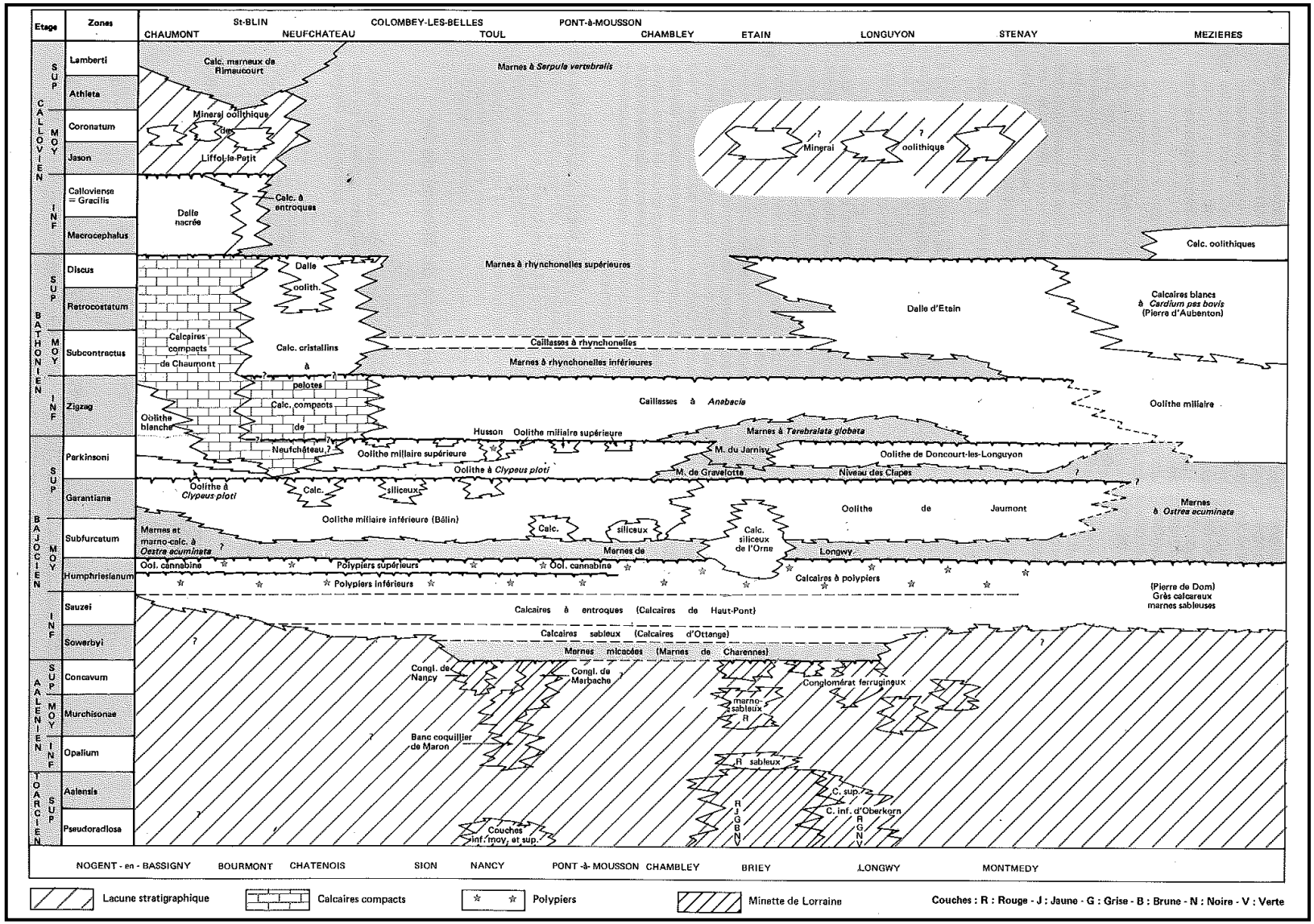


Illustration 23 : Variations latérales de faciès dans les formations du Jurassique moyen. Coupe sud-nord du bassin Rhin-Meuse (Le Roux in Mégnien et al., 1980).

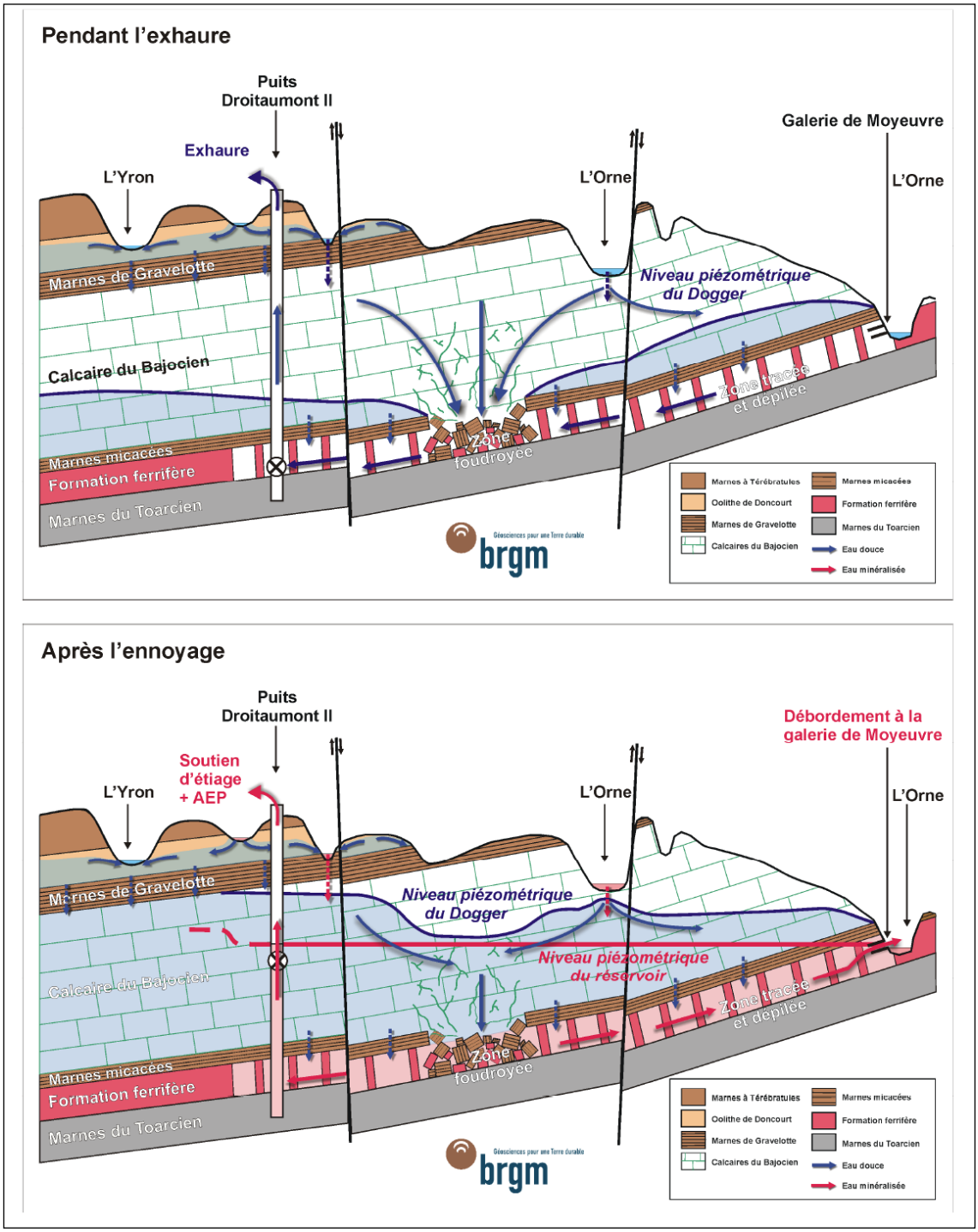


Illustration 24 : Schéma conceptuel du fonctionnement hydrogéologique d'un réservoir minier, avant et après ennoyage (exemple du réservoir Sud, coupe schématique SO-NE), (d'après Douche modifié, in Vaute et al., 2007).

C'est pourquoi lors de l'identification des entités hydrogéologiques, il a été nécessaire de découper la formation de l'Aalénien en deux unités. D'une part une entité hydrogéologique indépendante de l'aquifère principal du Dogger, correspondant à la partie non exploitée de la formation, et d'autre part une entité qui a une liaison hydraulique avec l'aquifère principal. Ces deux entités ont le même ordre d'apparition dans le tableau multi-échelle. Ce sont :

- l'unité de la *Formation ferrugineuse de l'Aalénien* considérée comme semi-perméable et regroupant les formations de l'Aalénien hors zones d'exploitation.
- l'unité de la *Formation ferrugineuse (Minette de Lorraine)* considérée comme aquifère et en liaison hydraulique plus ou moins directe avec les entités du grand aquifère des Calcaires à polypiers du Dogger

Pour mettre en œuvre ce découpage sous SIG, il a été nécessaire de superposer les données géologiques et la carte des zones correspondant aux travaux miniers (source DRIRE Lorraine). A cette dernière a été appliquée une zone tampon de 200 m, correspondant aux zones d'influences supposées de l'exploitation minière (illustration 24). Cette zone correspond à la somme de la zone d'influence des travaux miniers projetée en surface (par précaution on prend un angle de 30° à partir de la bordure externe des travaux miniers au fond) augmentée de l'incertitude de calage des plans des travaux miniers. Cette zone tampon permet de déterminer l'influence des travaux miniers en termes de stabilité géo-mécanique, voire en termes d'augmentation de la perméabilité. Elle est de ce fait fusionnée avec les travaux miniers.

2 entités NV3 ont ainsi été obtenues :

- **Unité semi-perméable de la Formation ferrugineuse de l'Aalénien (139AP07)**

Elle correspond à la formation de l'Aalénien (affleurement et partie sous couverture) à laquelle a été retranchée la zone de la couche affectée par les travaux miniers (zone des travaux et tampon appliqué).

- **Unité aquifère de la Formation ferrifère (Minette de Lorraine) de l'Aalénien-Bajocien (139AP05)**

Elle correspond à la partie de la formation de l'Aalénien en Lorraine affectée par les travaux miniers (zone des travaux et tampon appliqué) et en liaison hydraulique avec l'unité sus-jacente.

Le système aquifère des *Calcaires de l'Aalénien-Bajocien* comprend aussi 2 autres unités aquifères.

- **Unité aquifère des Calcaires à polypiers, Calcaires oolithiques et à entroques, Calcaires sableux et Marnes micacées de l'Aalénien-Bajocien (139AP03)**

Cette unité a une épaisseur pouvant atteindre 150 m. La base est constituée des *Marnes micacées* qui passent aux *Calcaires sableux* puis aux *Calcaires à entroques* (Bajocien inférieur). Au-dessus les *Calcaires à polypiers* (Bajocien moyen) karstiques et fissurés sont présents avec au sud de la zone d'étude à partir du nord de Pont-à-Mousson (carte n° 193) une séparation en *Polypiers inférieurs et supérieurs* (*Oolithe cannabine*). Notons qu'au niveau de Briey (carte n° 137), les *Calcaires à polypiers* ont une faible puissance et sont surmontés par les *Calcaires siliceux de l'Orne*.
En Lorraine, cette formation constitue un niveau aquifère identifié dans les nombreux ouvrages de la BSS qui l'exploitent, au revers de la Côte de Moselle, des Vosges au Pays-Haut.

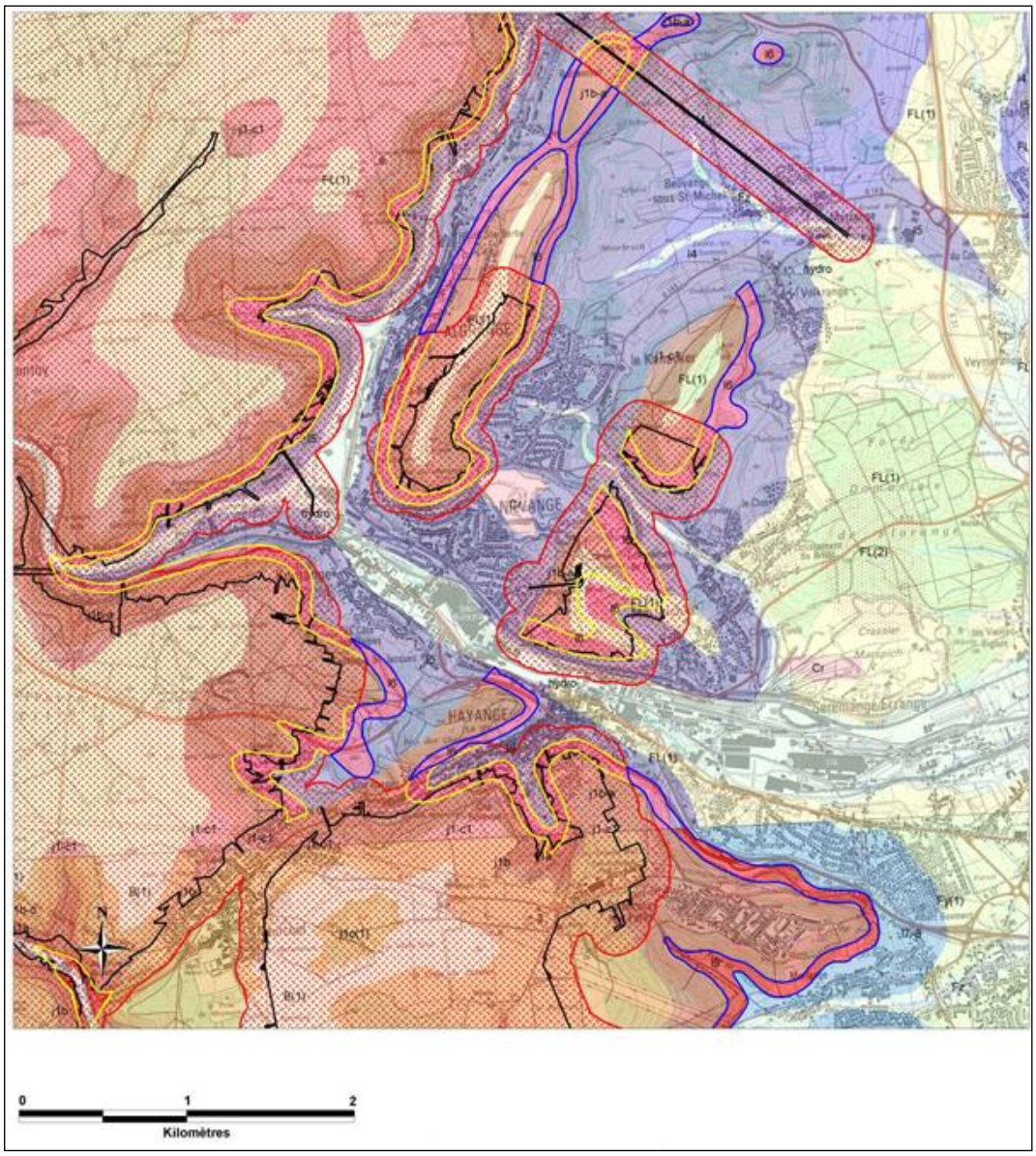


Illustration 25 : Exemple de découpage sous SIG de l'unité de la « Formation ferriffère (Minette de Lorraine) de l'Aalénien-Bajocien ». Les zones de travaux miniers sont limitées par un trait noir, et après application du tampon par un trait rouge. La formation géologique affleurante est délimitée par des traits jaunes lorsqu'elle est exploitée et par des traits bleus lorsqu'elle est hors zone exploitée. Données BRGM, DRIRE Lorraine et IGN.

- **Unité aquifère des Oolithes avec passées marneuses et Marnes de Longwy de l'Aalénien-Bajocien (139AN01)**

Comme expliqué ci-dessus cette entité débute avec les *Marnes de Longwy*. Pour la partie captive, il y a peu de différences avec le reste de l'aquifère principal du Dogger. Cependant au niveau des affleurements, les intercalations des formations oolithiques donnent naissance à des lignes de sources dont la base est formée par les faciès marneux qui se succèdent dans la partie supérieure des dépôts du Bajocien. Dans la partie nord de la zone d'étude, les *Marnes à Terebratula* peuvent être considérées comme le mur de l'aquifère. Plus au sud jusqu'à Châtenois (carte n° 303) et Bourmont (carte n° 337), les Oolithes miliaires agissent comme écran moins perméable que le reste des formations oolithiques.

En Lorraine, cette formation constitue un niveau aquifère identifié dans les nombreux ouvrages de la BSS qui l'exploitent, à l'ouest et au sud-ouest de la Côte de Moselle, des Vosges au Pays-Haut.

De nombreuses variations latérales de faciès sont observables dans le Bajocien (cf. illustration 23).

4.3.4.2 *Système aquifère des Calcaires du Bathonien-Callovien*

Il comprend 5 entités NV3.

- **Unité semi-perméable des Caillasses à *Anabacia* (et Marnes à *Terebratula)* du Bathonien-Callovien (139AM09)**

Ce niveau constant sur l'ensemble de la zone d'étude peut donner naissance à des lignes de sources au niveau des affleurements. Le débit, régi par la fissuration, est irrégulier ; l'eau est dure (Maubeuge, 1982) Il s'agit de la formation des *Caillasses à Anabacia* datée du Bathonien inférieur présentant des faciès marno-calcaires. Dans la partie centrale de la zone d'étude, les *Marnes à Terebratula* sont présentes et séparent cette entité de la précédente. En revanche dans le reste de l'aire d'étude, la connexion entre ces deux unités est réelle.

En Lorraine, cette formation constitue un niveau aquifère identifié dans certains ouvrages de la BSS, par exemple dans le secteur de Lommerange, Trieux et Anderny (ouest de Thionville).

A l'affleurement, la formation géologique correspondante est présente du nord au sud de la Lorraine jusqu'à Neufchâteau. Les données de logs vérifiés de sondages indiquent la présence de passées de *Caillasses à Anabacia* en profondeur. Il a donc été décidé de délimiter l'entité sous couverture en en tenant compte. Ainsi, cette entité s'étend jusqu'à la limite de la zone d'étude.

- **Unité aquifère de la Dalle oolithique du Bathonien-Callovien (Sud Lorraine) (139AM07)**

La Dalle oolithique, présente au sud de la Lorraine, à partir de Colombey-les-Belles, associée à des calcaires cristallins, est la nappe située directement sous le Callovien . D'après certaines notices de cartes géologiques, elle permet l'alimentation de puits de villages avec des débits moyens.

- **Unité imperméable des Marnes et Caillasses à rhynchonelles de Lorraine (139AM05)**

Du sud au nord de la zone d'étude, le Bathonien présente des variations importantes de faciès qui confèrent aux formations en question des caractères hydrogéologiques divers en fonction de la position géographique où l'on se trouve. Dans le département des Vosges, deux niveaux géologiques sont présents, les Marnes à rhynchonelles et une Dalle oolithique. Plus au nord dans la partie centrale de la Lorraine (limite entre Meuse et Meurthe-et-Moselle), les Marnes à rhynchonelles sont seules présentes. Enfin, dans le nord, à partir du secteur de la carte géologique d'Etain (n° 136) la puissante série marneuse du Bathonien voit sa partie supérieure se transformer en un faciès oolithique et aquifère. Les deux faciès (marneux et oolithique) affleurent tous les deux, puis, au niveau de la carte géologique n° 88 de Montmédy seule la Dalle d'Etain est présente, les Marnes à rhynchonelles ayant complètement disparu.

En ce qui concerne cet ensemble de formations, une petite ligne aquifère peut apparaître au sein des formations marneuses au niveau des Caillasses à rhynchonelles, qui sont des marno-calcaires représentés par de petites huîtres et des Brachiopodes (Mégnien *et al.*, 1980). Cette passée plus perméable est rarement indifférenciée du reste des Marnes à rhynchonelles. Sa faible épaisseur (5 m) comparativement à la puissante série marneuse ainsi que le régime aléatoire et les faibles débits de la nappe rendent ce niveau très peu intéressant en termes de ressource aquifère. C'est pourquoi l'ensemble des Marnes et Caillasses à rhynchonelles est considéré comme imperméable.

A l'affleurement, la formation géologique correspondante est présente du nord au sud de la Lorraine jusqu'à Neufchâteau. Cependant des données de logs vérifiés de sondages indiquent la présence de passées de Marnes à rhynchonelles en profondeur. Il a donc été décidé de délimiter l'entité sous couverture en en tenant compte. Ainsi, cette entité s'étend vers le sud-ouest jusqu'à la limite de la zone d'étude. Cette entité est d'un ordre d'apparition proche (variation de faciès) des entités de la Dalle d'Etain et de la Dalle oolithique.

- **Unité aquifère de la Dalle d'Etain du Bathonien-Callovien (Nord Lorraine) (139AM03)**

La Dalle d'Etain, présente au nord nord-ouest à partir d'Etain, peut offrir des circulations dans les diaclases avec des débits importants au-dessus des niveaux plus imperméables de marnes à rhynchonelles. Ces deux formations sont regroupées, du fait de leur position stratigraphique équivalente, dans une même entité, l'unité aquifère de la Dalle d'Etain et de la Dalle oolithique. Ces 2 formations constituent par ailleurs un niveau aquifère unique identifié dans des ouvrages de la BSS qui l'exploitent ou le reconnaissent.

L'extension de cette entité est définie comme correspondant approximativement à la superficie de l'affleurement de la formation géologique, avec délimitation sous couverture en fonction de la présence de logs vérifiés de la BSS et d'ouvrages identifiant cette nappe d'eau souterraine exploitée ou reconnue.

- **Unité aquifère de la Dalle nacrée du Bathonien-Callovien (Sud Lorraine) (139AM01)**

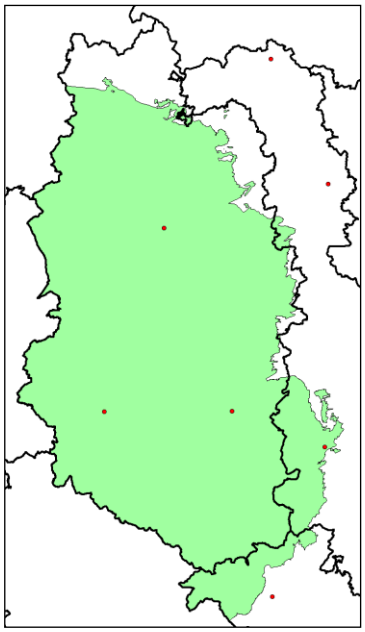
Elle correspond à un changement de faciès des Argiles de la Woëvre. Ce n'est que vers le sud de la Lorraine, aux confins avec la Haute-Marne, dans la région de Saint-Blin, dans les Vosges, qu'apparaissent brutalement les calcaires à entroques et oolithiques de la Dalle nacrée (Mégnien *et al.*, 1980) sur les cartes géologiques n°302 (Neufchâteau) et n° 267 (Vézelise). La Dalle nacrée et les formations marno-calcaires à oolithes ferrugineuses déterminent des niveaux aquifères grâce à la répartition régulière des marnes et des calcaires. Ces formations ont été dans le passé à l'origine de l'implantation de fermes et de villages. Ces formations

marginales dans la zone d'étude, constituent toutefois l'Unité aquifère de la Dalle nacrée. Là aussi, la présence de logs vérifiés de la BSS a permis de délimiter l'unité sous couverture.

4.3.5 Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du bassin de Paris

Limites

Elles correspondent à celles de la zone d'étude.



Domaine hydrogéologique des Marnes callovo-oxfordiennes.

Ce grand domaine comprend un domaine, le **Domaine hydrogéologique des Marnes callovo-oxfordiennes**, constitué d'une seule entité NV3.

- **Unité imperméable des Argiles de la Woëvre du Callovo-oxfordien (137AB31)**

C'est une importante série de marnes et argiles gris bleuté à noires, à rares nodules ou bancs calcaires, dont l'épaisseur est comprise entre 150 m et 250 m.

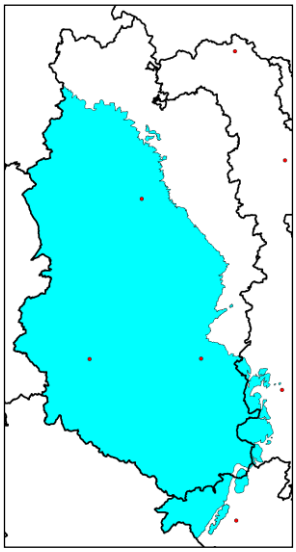
4.3.6 Grand système aquifère du Kimméridgien à l'Oxfordien supérieur du bassin de Paris

Il comprend 2 systèmes aquifères :

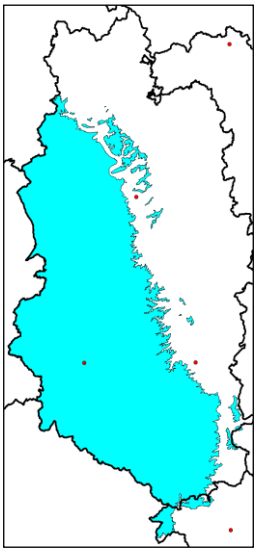
- *le système aquifère des Calcaires de l'Oxfordien ;*
- *le système aquifère des Calcaires du Kimméridgien inférieur et Séquanien.*

En Lorraine, l'ensemble des formations géologiques concernées appartiennent à 3 niveaux aquifères référencés dans les nombreux ouvrages de la BSS qui les exploitent ou les reconnaissent.

Le profil stratigraphique des formations géologiques rencontrées est illustré ci-après (illustration 26).



Système aquifère des Calcaires de l'Oxfordien en Lorraine.



Système aquifère des Calcaires du Kimméridgien inférieur et Séquanien en Lorraine.

4.3.6.1 ***Système aquifère des Calcaires de l'Oxfordien***

- **Unité semi-perméable des terrains à chailles avec localement Oolithes ferrugineuses, Calcaires marneux et Marnes blanches des Eparges de l'Oxfordien (135AA05)**

Cette entité est constituée majoritairement des Terrains à chailles d'une épaisseur de 40 m dans la partie sud de la Lorraine (de Neufchâteau dans le département des Vosges jusqu'à Commercy dans la Meuse). Cette puissance diminue au-delà de Commercy. Ces terrains se présentent sous la forme d'une alternance de calcaires un peu gréseux avec des lamellibranches et des lits d'argiles sableuses (Mégnien *et al.*, 1980). Les oolithes ferrugineuses sont présentes localement dans deux secteurs, de Commercy à Verdun, puis au-delà de Dun-sur-Meuse au nord, avec une épaisseur de 5 à 10 m. Elles sont surmontées localement par les Marnes blanches des Eparges. Dans la lacune, seuls affleurent les calcaires marneux d'une puissance de 8 à 10 m, parfois surmontés également des marnes.

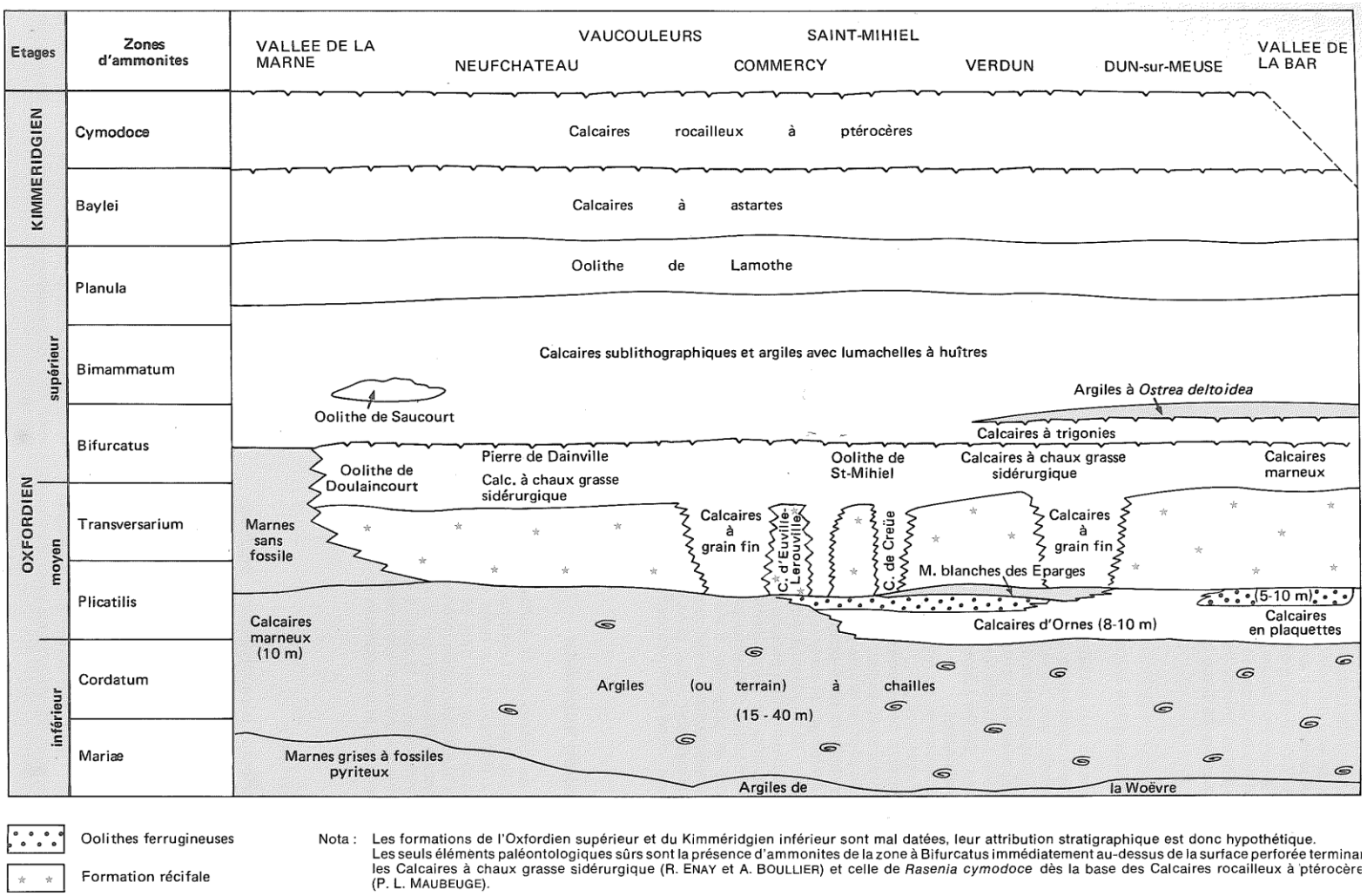


Illustration 26 : Profil stratigraphique des formations de l'Oxfordien et du Kimméridgien inférieur (Mégnien et al., 1980).

Les Marnes blanches déterminent des lignes de sources très importantes surtout au niveau de la cuesta puisque c'est le seul exutoire du plateau calcaire de l'Oxfordien du côté de la rive droite de la Meuse. Là où elles disparaissent, la ligne aquifère descend un peu plus bas vers l'oolithe ferrugineuse. De plus, une ligne aquifère marque aussi souvent le pied du Terrain à chailles sur l'ensemble de cette entité qui est considérée comme une unité semi-perméable.

- **Unité aquifère des Calcaires en plaquettes et Calcaires à polypiers de l'Oxfordien (135AA03)**

Cette entité comprend à la base des formations calcaires récifales (un niveau de calcaires à polypiers surmonté par des calcaires biodétritiques, comme la Pierre d'Euville-Lérouville, et un second niveau de calcaires à polypiers) d'une puissance maximale estimée à 70 m. Au-dessus, se situe un ensemble de Calcaires à plaquettes.

Du point de vue hydrogéologique, une nappe existe à la base des Calcaires à polypiers de l'Oxfordien (cf. notice de la carte n° 112 Longwy). Dans la vallée de la Meuse, ils peuvent être aquifères par fissuration et en liaison avec ses alluvions. Localement, d'après la carte n° 161 de Clermont-en-Argonne, en forage, les débits ponctuels prélevés à la nappe sont très variables : quelques dizaines de m^3/h à la cité de Billemont, 50 à 70 m^3/h aux puits AEP de Dugny et 200 m^3/h au forage AEP de Belleray. L'eau est moyennement minéralisée, bicarbonatée.

Cette unité est le réservoir principal du Grand système aquifère du Kimméridgien à l'Oxfordien du bassin de Paris et est en liaison hydraulique directe avec l'unité sus-jacente appartenant au Système des Calcaires du Kimméridgien inférieur et Séquanien, mais pour une raison d'harmonisation à l'échelle du Bassin de Paris, elle en est séparée.

4.3.6.2 *Système aquifère des Calcaires du Kimméridgien inférieur et Séquanien*

Il est constitué d'une seule entité NV3.

- **Unité aquifère des Calcaires rocailleux à ptérocères, Calcaires à Astartes, Oolithe de Lamothe, Calcaires sublithographiques et Argiles à *Ostrea* du Kimméridgien inférieur (135AA01)**

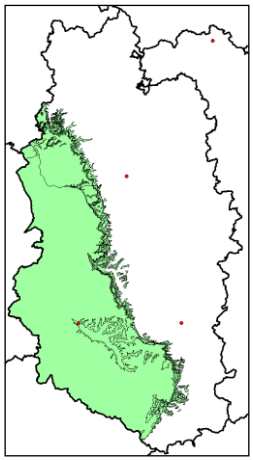
La base de ces formations a une épaisseur de 50 à 70 m, constituée de calcaires argilo-sableux et *Calcaires sublithographiques* très durs. Cependant au nord de Verdun, ces formations contiennent un niveau argileux d'une épaisseur d'environ 10 m, appelé *Argiles à Ostrea.* Au-dessus se situent un niveau oolithique appelé *l'Oolithe de Lamothe*, puis un niveau calcaire bien stratifié de *Calcaires à Astartes*, surmontés par les *Calcaires rocailleux à ptérocères* du Kimméridgien inférieur. La puissance totale de ces formations est d'environ 120 m (cf. Mégnien *et al.*, 1980).

En règle générale, la base de l'entité correspond à un écran argilo-calcaire, sur lequel se situe le réservoir, où des sources et déversements prennent naissance, avec des débits variables pouvant être captés pour l'AEP (cf. carte n° 161 de Clermont-en-Argonne). Des débits de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de m3/j peuvent être décelés dans la formation des *Calcaires à Astartes* (carte n° 111 de Stenay).

4.3.7 Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimméridgien du Bassin de Paris

4.3.7.1 *Domaine hydrogéologique des Marnes du Kimméridgien*

Sur l'ensemble du Bassin de Paris, cette entité NV2 est considérée comme un domaine. Cependant, en Lorraine, des niveaux calcaires présentent localement des débits d'eau non négligeables utilisés pour l'AEP et ont été identifiés au niveau 3 du référentiel lorsque les données le permettent. D'autre part, l'absence de différenciation (caisson unique) sur la carte n° 227 de Bar-le-Duc oblige à créer une entité spécifique semi-perméable de libellé *Marnes et Calcaires indifférenciés du Kimméridgien supérieur* correspondant à la pile formant ce domaine.



Domaine hydrogéologique des Marnes du Kimméridgien en Lorraine.

Ce domaine est constitué de 8 entités NV3.

- **Unité imperméable des Marnes à exogyres inférieures du Kimméridgien (133AA08)**

Ces marnes de 12 m d'épaisseur moyenne constituent un écran imperméable.

- **Unité aquifère des Calcaires blancs inférieurs du Kimméridgien (133AA13)**

La puissance de ces calcaires est évaluée à une douzaine de mètres, mais elle peut atteindre 20 m à Verdun. Localement (carte n° 161), au pied de la Côte du Barrois et au contact des marnes, des débits d'eau variables de 0,5 à 2,5 L/s voire de 8 à 10 L/s exceptionnellement sont observés et de plus certaines communes alimentent leur adduction par des captages de cette nappe. En Lorraine, cette formation constitue un niveau aquifère identifié par des ouvrages de la BSS qui l'exploitent ou le reconnaissent, notamment dans le secteur de Romagne-sous-Montfaucon et Cunel, à l'extrémité nord de l'affleurement en Meuse.

- **Unité imperméable des Marnes à exogyres moyennes du Kimméridgien (133AA04)**

Ces marnes ont une épaisseur moyenne de 10 à 15 m.

Les deux entités de niveau 3 ci-dessus, correspondant aux formations des *Calcaires blancs supérieurs* et *Marnes à exogyres supérieures,* sont majoritairement présentes sur les cartes géologiques. Cependant, pour les cartes n° 134 et 135, ces formations deviennent deux formations « indifférenciées » marno-calcaires qui ont chacune une nappe reconnue et sont définies et nommées, d'une part, *Unité semi-perméable des Marnes à exogyres et Marno-calcaires supérieurs A* d'ordre d'apparition égal à celui des Calcaires blanc supérieurs, et d'autre part, *Unité semi-perméable des Marnes à exogyres et Marno-calcaires supérieurs B* d'ordre d'apparition égal à celui des Marnes à exogyres supérieures (cf. unités décrites ci-après).

- **Unité aquifère des Calcaires blancs supérieurs du Kimméridgien (133AA05)**

La puissance de ces calcaires serait de l'ordre de 10 à 12 m. La limite supérieure de la formation est floue par suite d'un passage très progressif aux marnes sus-jacentes. D'après la carte n° 191 de Vaubécourt, les niveaux calcaires du Kimméridgien supérieur contiennent de petites nappes dont les sources de trop plein soulignent en rive droite de l'Aire les contours de ces niveaux et dont les sources de déversement en rive gauche sont parfois utilisées pour les adductions communales (Nicey-sur-Aire, Pierrefitte-sur-Aire, Neuville-en-Verdunois). La carte n° 161 de Clermont-en-Argonne précise que la commune de DombasIe-en-Argonne s'alimente à partir de sources issues de cette nappe. La carte n° 228 de Commercy indique que les deux niveaux de calcaires blancs du Kimméridgien déterminent des horizons aquifères soulignés par la position des villages ou des fermes. La délimitation de l'entité sous couverture par rapport à l'entité des Marnes à exogyres et Marno-calcaires supérieurs a été réalisée à partir de l'interprétation des données des logs de sondages vérifiés de la BSS.

En Lorraine, cette formation constitue un niveau aquifère identifié dans des ouvrages de la BSS qui l'exploitent ou le reconnaissent, notamment dans la région est de Bar-le-Duc.

- **Unité imperméable des Marnes à exogyres supérieures du Kimméridgien (133AA01)**

Cet ensemble marneux imperméable, d'une épaisseur de 45 m, est composé d'une formation marno-calcaire et de marnes bitumeuses au sommet.

- **Unité semi-perméable des Marnes à exogyres et Marno-calcaires supérieurs A du Kimméridgien (133AA09)**

L'ensemble peut atteindre une puissance de 20 à 25 mètres. Les marnes sont gris foncé à noirâtre, à très nombreuses exogyres, épaisses de 15 à 20 mètres. Les calcaires ont une épaisseur à peu près constante de 5 mètres. Il s'agit de calcaires fins avec présence de nombreuses ammonites à la base. Ils affleurent parfaitement à Épinonville, Charpentry et Malancourt.

La carte n° 135 précise que ces calcaires apparaissent sous la forme d'un liséré peu important sur les flancs de la vallée du Vadelaincourt et du front de côte. Ils affleurent, en revers de côte, dans la région de Montfaucon et Véry. Leur hétérogénéité (succession de calcaire fin et de calcaire marneux) et leur degré de fissuration élevé semblent leur conférer une bonne perméabilité. En effet, le débit de certaines sources dépasse souvent 2 L/s à l'étiage. C'est le cas des sources de la Grosse Fontaine à Dombasle, du bois Brûlé à Réticourt, de Fontaine Drunel à Montfaucon, de Launois à Septsarges, du lavoir d'Ivoiry et de Fontaine Buyeaux à Véry. Elles alimentent, en particulier, les communes d'Esnes-en-Argonne et de Septsarges, ainsi qu'un grand nombre de lavoirs et de fontaines, à Épinonville, Cierges, Nantillois et Dombasle. Les eaux sont bicarbonatées calciques, très minéralisées. La délimitation de l'entité sous couverture par rapport à l'entité des Calcaires blancs supérieurs a été réalisée à partir de l'interprétation des données des logs de sondages vérifiés de la BSS.

- **Unité semi-perméable des Marnes à exogyres et Marno-calcaires supérieurs B du Kimméridgien (133AA07)**

La carte n° 135 indique que l'épaisseur de l'ensemble varie entre 15 et 20 mètres. Les marnes sont gris foncé à noirâtre à très nombreuses exogyres ; leur épaisseur est de 12 à 15 m au maximum. La puissance du niveau calcaire est variable : 5 à 8 m au maximum.

Dans la vallée du Vadelaincourt et sur le front de côte jusqu'à Malancourt, le débit des sources ne dépasse guère 0,5 L/s à l'étiage. Par contre, dans les communes de Véry et Épinonville,

certaines peuvent avoir un débit de 3 à 4 L/s (lavoir de Claire Fontaine à Éclisfontaine, par exemple).

Il faut citer localement le caractère karstique de cet horizon. En effet, à Épinonville, on note de nombreuses bétoires dans les argiles supérieures, où se perdent les eaux de ruissellement qui réapparaissent à la source de Claire Fontaine. A citer, également, les bétoires du bois Hémont et de la région de la ferme d'Exmorieux, à Éclisfontaine. Aucune alimentation collective en eau potable ne se fait à partir de cette nappe, si ce n'est quelques lavoirs.

- **Unité imperméable des Marnes et Calcaires indifférenciés du Kimméridgien supérieur**

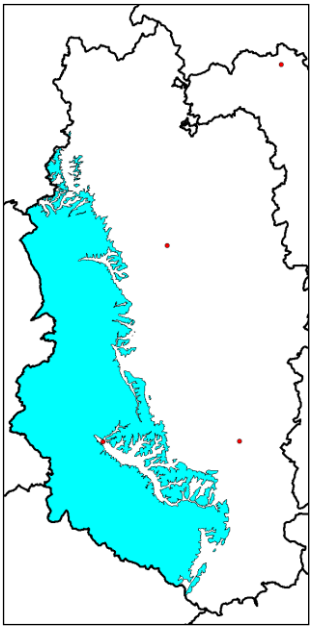
Cette unité a été créée du fait de l'absence de différenciation (caisson unique) sur la carte n° 227 de Bar-le-Duc qui oblige à créer une entité spécifique de libellé *Marnes et Calcaires indifférenciés du Kimméridgien supérieur* correspondant à la pile formant le domaine (couches SIG spécifiques, cf. annexe 1).

4.3.8 Grand système aquifère du Tithonien du bassin de Paris

Le Tithonien, d'une épaisseur atteignant les 100 m, est constitué à sa base par les Calcaires lithographiques (Calcaires du Barrois), surmontés localement (carte n° 161) par la « Pierre chaline », les Calcaires argileux à débris, localement par l'Oolithe de Bure (présente du sud de la Lorraine jusqu'à Clermont-en-Argonne vers le nord (cf. carte n° 266), les Calcaires cariés et les Calcaires tubuleux (illustration 27).

Cet ensemble correspond, du nord du département de la Meuse jusqu'à la commune de Laimont (carte n° 191), à l'*unité aquifère des Calcaires lithographiques, Oolithes de Bure, Calcaires à débris du Tithonien*, en contact avec les Sables verts du Crétacé sus-jacents.

Au sud de Laimont, la partie supérieure de cet ensemble tithonien est séparée des Sables Verts par les dépôts à dominante sableuse de la transgression marine du Crétacé inférieur, qui est donc non alimentée, expliquant l'identification d'une entité de niveau 3 appelée *Unité imperméable des Calcaires marneux*.



Extension du système aquifère des Calcaires du Tithonien en Lorraine.

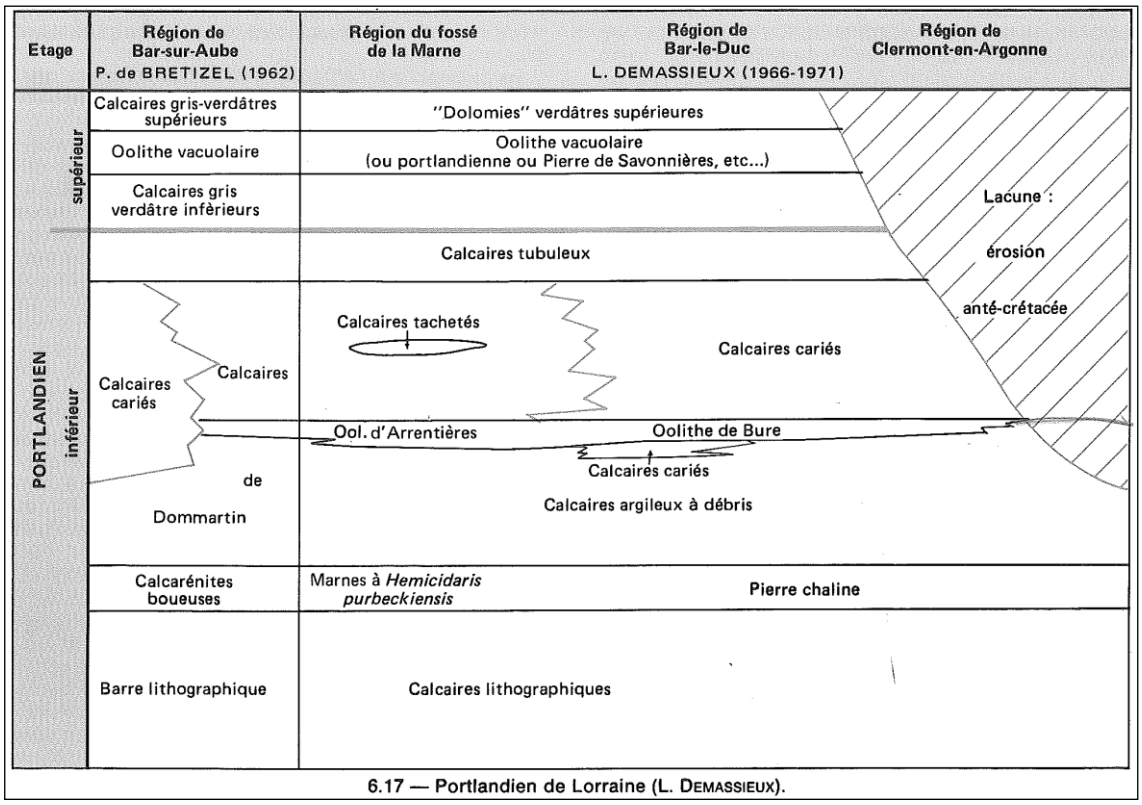


Illustration 27 : Profil stratigraphique des formations du Tithonien (ex-Portlandien) (figure extraite de la Synthèse géologique du Bassin de Paris, Mégnien et al. BRGM, 1980).

4.3.8.1 *Système aquifère des Calcaires du Tithonien*

Ce système comprend 2 entités NV3.

- **Unité aquifère des Calcaires lithographiques, Oolithes de Bure, Calcaires à débris du Tithonien (131AA03)**

Cette nappe est reconnue pour alimenter les adductions communales du plateau du Barrois. Elle est en contact direct avec les Sables Verts du Crétacé qui alimentent en eau la partie supérieure de l'ensemble.

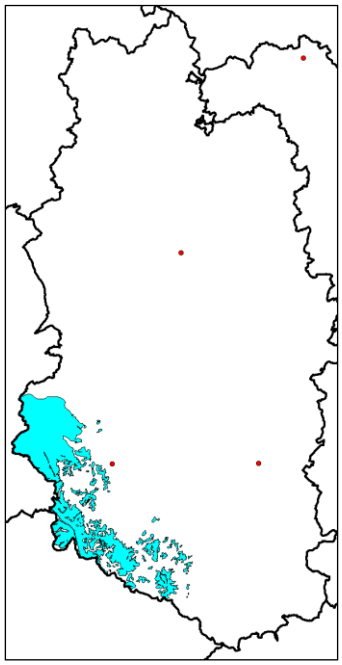
En Lorraine, les ouvrages de la BSS identifient 2 niveaux aquifères qui les exploitent ou les reconnaissent, répartis sur l'ensemble du territoire concerné.

- **Unité imperméable des Calcaires marneux du Tithonien (131AA01)**

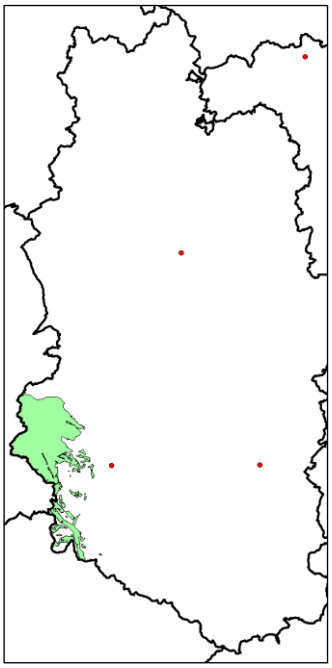
Cette entité correspond à la partie du Tithonien composée de Calcaires cariés et Calcaires tubuleux.

4.3.9 Grand système multicouche du Crétacé inférieur, Albien à Néocomien du bassin de Paris

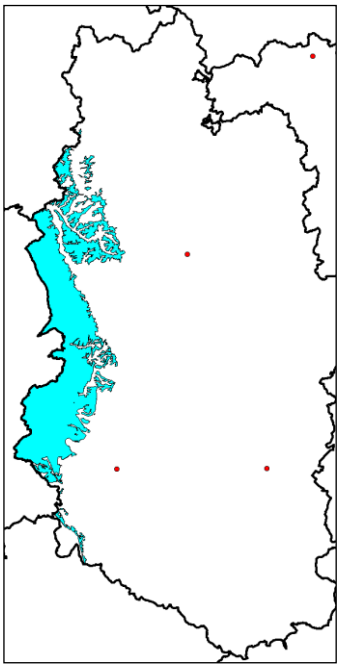
La stratigraphie correspondant à ce grand système est celle de la base du Crétacé inférieur (Valanginien à Albien inférieur) et superpose un complexe de grès ferrugineux, de calcaires, d'argiles plastiques et de sables. Le découpage réalisé est basé sur cette stratigraphie et s'accorde avec le découpage des entités de niveau 2 défini dans le bassin Seine-Normandie.



Extension du système aquifère des Sables du Néocomien en Lorraine.



Extension du domaine hydrogéologique des Argiles, Sables et Marnes de l'Aptien-Barrémien en Lorraine.



Extension du système aquifère des Sables de l'Albien en Lorraine.

4.3.9.1 *Système aquifère des Sables du Néocomien*

- **Unité semi-perméable des Sables et Calcaires marneux de l'Hauterivien et du Valanginien (127AG13)**

Les Sables du Néocomien ne sont présents dans le département de la Meuse qu'au sud de la commune de Laimont. Les sables et calcaires marneux du Valanginien ont une épaisseur d'une dizaine de mètres en moyenne, comme ceux de l'Hauterivien, soit une vingtaine de mètres pour l'ensemble. La présence des logs vérifiés atteignant cette formation dans cette zone permet de confirmer la localisation de l'entité qui a une superficie réduite.
En Lorraine, ces nappes des Sables du Néocomien sont toujours de faible importance. Cette médiocrité est liée à la faible épaisseur des horizons sableux et à leur mauvaise perméabilité. La nappe des sables et grès du Valanginien a un débit variable, les eaux y sont minéralisées et ferrugineuses. La nappe des « calcaires à Spatangues » hauteriviens est présente quand la base de l'étage est marneuse (niveau conglomératique ferrugineux de 2 m), mais peu importante.

4.3.9.2 *Domaine hydrogéologique des Argiles, Sables et Marnes de l'Aptien-Barrémien*

Les Argiles, Sables et Marnes de l'Aptien-Barrémien ne sont présents dans le département de la Meuse qu'au sud de la commune de Laimont (20 km au nord-ouest de Bar-le-Duc. Les Argiles ostréennes ont une épaisseur passant de 15 m au sud à 5 m voire moins à la hauteur de la discontinuité du secteur de Laimont. Les Grès et sables piquetés sont soumis à la même variation tandis que les Argiles à Plicatules ont une épaisseur évoluant de 10 à 5 m voire moins.

- **Unité semi-perméable des Argiles à Plicatules, Grès et sables piquetés, Argiles ostréennes (127AC07)**

Malgré leur appartenance à un domaine hydrogéologique, les formations argilo-sableuses (Grès et sables piquetés) du Barrémien supérieur délimitées par deux couches argileuses (Argiles ostréennes à la base et Argiles à Plicatules au sommet) présentent une nappe d'eau assez ferrugineuse à débit moyen, pouvant être abondante localement (cf. carte 265). L'unité est ainsi caractérisée comme semi-perméable. La présence des logs vérifiés atteignant cette formation permet également de confirmer la localisation de l'entité et son extension sous couverture vers l'ouest.

4.3.9.3 *Système aquifère des Sables de l'Albien*

- **Unité semi-perméable des Sables verts, Sables verts inférieurs et Sables indifférenciés de l'Albien (127AA13)**

En Lorraine, dans la partie nord de la Meuse, seule la formation des Sables verts (sables glauconieux ayant à leur base un niveau irrégulier de nodules phosphatés) de l'Albien est présente. Ces sables d'épaisseur comprise entre 5 et 15 m en moyenne, pourraient être regroupés avec les calcaires du Tithonien, qui correspondent à une même masse d'eau souterraine, les premiers reposant en discordance[4] sur les seconds. Mais bien que présentant un aquifère unique et continu, ce réservoir a des perméabilités différentes, liées à la porosité des sédiments pour les Sables et à la fissuration pour les Calcaires. De plus la nappe des sables verts a une faible épaisseur et donc est peu importante en termes de ressource, puisqu'elle se situe aux marges orientales du Bassin de Paris.

En Lorraine, quelques ouvrages de la BSS identifient localement ce niveau aquifère. Mais ces Sables verts de l'Albien constituent à l'échelle du Bassin de Paris une ressource très importante. L'entité définie en Lorraine est donc rattachée au système des Sables et Gaizes de l'Albien.

Dans la partie sud-meusienne, l'ensemble géologique est constitué à la base de Sables gargasiens, surmontés par les Sables verts. Ces derniers sont compacts et peu perméables et ne contiennent qu'une nappe peu importante. Ce sont les Sables gargasiens (sables quartzeux jaunâtres) de l'Aptien supérieur qui présentent les meilleures nappes, riches en eau pure, à grands débits. Nous rattachons ces derniers aux Sables verts dans l'entité définie comme *Unité semi-perméable des Sables verts, Sables verts inférieurs et Sables indifférenciés*.

4.3.10 Grand domaine hydrogéologique des Argiles, Marnes et Gaizes du Cénomanien inférieur et de l'Albien supérieur du bassin de Paris

Ce grand domaine ne comprend qu'une seule entité NV2, le domaine hydrogéologique des Argiles du Gault, Marnes et Gaizes.

4.3.10.1 *Domaine hydrogéologique des Argiles du Gault, Marnes et Gaizes*

Ce domaine est constitué en Lorraine de 2 entités NV3, l'unité imperméable des Argiles du Gault et l'unité aquifère de la Gaize d'Argonne.

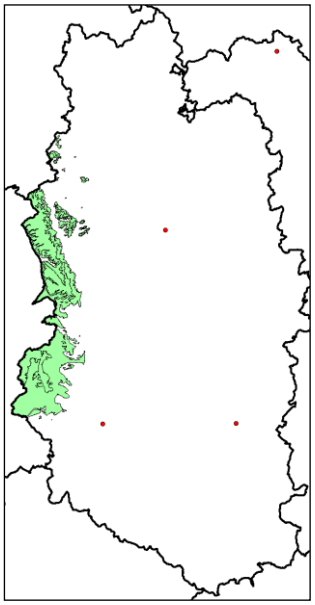
- **Unité imperméable des Argiles du Gault (125AA05)**

[4] Discordance : dépôt sédimentaire sur une formation géologique en partie érodée.

Elle correspond à une épaisse série d'argiles foncées (20 à 30 m), déposées dans des conditions marines franches, dans un milieu ouvert propice aux ammonites, mais toutefois peu profond.

- **Unité aquifère de la Gaize d'Argonne (125AA03)**

De par ses structures sédimentaires, la gaize indique des milieux à fort hydrodynamisme, qui caractérisent une régression par rapport aux Argiles du Gault. Elle correspond à un ensemble épais de 90 m, qui s'efface au sud de Seuil-d'Argonne.
La gaize, roche sédimentaire siliceuse, en partie détritique et en partie d'origine chimique, présente des horizons très divers en épaisseur et en nature (gaize noduleuse, argileuse, siliceuse, lenticulaire, grossière). Ces différents faciès ont des comportements hydrauliques très différents. La rencontre éventuelle de fissures détermine des circulations préférentielles. On comprend pourquoi les forages peuvent avoir des productivités très variables en fonction de la qualité des strates rencontrées. La perméabilité varie entre 10^{-2} et 10^{-4} m/s. La productivité des ouvrages d'exploitation peut atteindre 70 à 80 m^3/h.
La qualité des eaux est bonne mais l'aquifère est relativement sensible aux pollutions bactériologiques dans sa partie libre. Ce niveau aquifère est caractérisé par un grand nombre de sources, dont certaines sont captées pour l'alimentation en eau potable.



Extension du domaine hydrogéologique des Argiles du Gault, Marnes et Gaizes en Lorraine.

En Lorraine, quelques ouvrages de la BSS identifient localement ce niveau aquifère.

4.4 LES ENTITÉS EN ZONE DE SOCLE

4.4.1 Socle Vosgien

A l'échelle nationale (NV1), une seule entité a été distinguée, celle des formations de socle du Massif Vosgien versant lorrain, représentant 1365 km^2. A l'échelle locale (NV3), 12 entités ont été identifiées et délimitées, la plus étendue ayant une superficie de 356 km^2. En l'absence d'informations suffisantes sur les ressources en eau souterraine des formations cristallines du Massif vosgien, aucune classification n'a été faite en termes d'unité imperméable, semi-perméable ou imperméable. Les enclaves sédimentaires en zone de socle sont des entités classées en surcouche.

4.4.1.1 *Identification des entités de niveau 3*

Chaque bassin versant de niveau 3 a été caractérisé par un débit spécifique d'étiage (en L/s/km^2) issu de la méthode DECLIC. Cette valeur est ensuite comparée à la moyenne des débits spécifiques des bassins versants (4,46 L/s/km^2) pour établir une partition des bassins selon deux tendances de perméabilité : semi-perméable ou imperméable. Dans le tableau (illustration 28), cette valeur de débit spécifique est indiquée sur fond bleu ou orange selon qu'elle est inférieure ou supérieure à la moyenne. Il est à noter que le débit spécifique obtenu pour la Sarre blanche, dont la surface de bassin versant est très petite, avec une valeur très

élevée, a été exclu pour le calcul de la moyenne. Chaque entité de niveau 3 est ainsi caractérisée comme **unité à tendance semi-perméable** ou comme **unité à tendance imperméable**.

Bassin Versant (secteur sur socle)	Zones Hydrographiques en zone de socle	Coord. X (L2e) pt. aval cours d'eau sur socle	Coord. Y (L2e) pt. aval cours d'eau sur socle	QMNA 1/2	QMNA 1/5	QMNA 1/10	Rapport QMNA 1/2 / QMNA 1/5	Rapport QMNA 1/2 / QMNA 1/10	Surface BV concernée (km2)	Débit spécifique d'étiage (QMNA 1/5) (L/s/km2)	Commentaires	
1 : La Moselle (de sa source au confluent de la Moselotte)	A400	919050	2343350	1350	780	585	1,73076923	2,30769231	217,49	3,586371787		
	A401											
	A402											
	A403											
	A404											
	A405											
	A406											
	A407											
	A408											
2 : La Moselle jusqu'au confluent de la Vologne	A420	915150	2354250	4409	2479	1840	1,77853973	2,39619565	668,01	3,71102229	BV cumulé. 15 % de surf. hors socle	Présence d'une prise d'eau
	A421											
3: La Moselle en aval de la Vologne	A440	905 750	2 360 050	8400	5250	4130	1,6	2,03389831	1219,88	4,30	BV cumulé. 90 % de surface hors socle	
	A441											
	A442											
	A443											
4 : La Moselotte	A410	919150	2343450	2840	1850	1490	1,53513514	1,90604027	361,46	5,11813202		
	A411											
	A412											
	A413											
	A414											
	A415											
	A416											
	A417											
	A418											
5 : La Vologne	A430	917350	2356550	2668	1836	1505	1,45315904	1,77275748	356,13	5,155420773	20 % de surface hors socle	
	A431											
	A432											
	A433											
	A434											
	A435											
	A436											
6 : La Morte	A604	948 850	2 374 050	338	239	204	1,41422594	1,65686275	61,51	3,885547066		
7 : La Fave	A603	949 150	2 374 850	212	152	129	1,39473684	1,64341085	81,91	1,855695275	20 % surf. hors socle	
8 : La Meurthe amont	A600	943 750	2 371 450	1467	1066	897	1,37617261	1,63545151	176,17	6,050973492		
	A601											
	A602											
9 : La Meurthe La Hure	A607	933 750	2 388050	4370	3110	2600	1,40514469	1,68076923	726,23	4,282389876	BV cumulé. Grande surface hors socle	
	A608											
	A609											
	A615											
10 : Le Rabodeau	A610	937 050	2 385 450	1030	765	660	1,34640523	1,56060606	127,66	5,992480025	50 % de surface hors socle	
	A611											
	A612											
	A613											
	A614											
11 : La Plaine	A620	934 650	2 388 550	899	645	545	1,39379845	1,64954128	125,54	5,137804684	90 % de surface hors socle	**Moyenne D. s.**
	A623											**4,46**
12 : la Sarre blanche	A900	952 550	2 405 750	145	94	72	1,54255319	2,01388889	10,17	9,24287119	A part	

Illustration 28 : Valeurs de QMNA et débits spécifiques d'étiage calculés pour les bassins versants identifiés sur le socle côté versant lorrain.

Il est à noter que les valeurs de QMNA et débits spécifiques ne sont pas strictement représentatives sur tous les bassins versants identifiés. D'une part ces valeurs tiennent compte de la surface totale des bassins (de la source au point aval), et d'autre part la surface de bassin versant considéré ne tient pas compte de la nature de la formation géologique présente (la surface effectivement sur socle peut ne représenter qu'une partie de ce bassin). De plus la présence d'aménagements hydrauliques influence les débits obtenus pour certains tronçons de cours d'eau (présence d'une prise d'eau par exemple). Les commentaires apportés dans le tableau de calcul font état de ces biais.

Ont été obtenues **6 unités à tendance semi-perméable** (cf. illustration 29) :

- Bassin versant de la Moselle (de sa source au confluent de la Moselotte) (231AI03) ;
- Bassin versant de la Moselle (de la Moselotte au confluent de la Vologne) (231AI02);
- Bassin versant de la Moselle (en aval de la Vologne) (231AI01)
- Bassin versant de la Morte (231AE05);
- Bassin versant de la Fave (231AE03);
- Bassin versant de la Meurthe et de la Hure (231AD01).

Ont été obtenues **6 unités à tendance imperméable** (cf. illustration 29) :

- Bassin versant de la Moselotte (231AG02);

- Bassin versant de la Vologne (231AG01) ;
- Bassin versant de la Meurthe amont (231AE07);
- Bassin versant du Rabodeau (231AC02);
- Bassin versant de la Plaine (231AC01);
- Bassin versant de la Sarre blanche (231AA01).

Pour chacune de ces unités, une caractérisation lithologique succincte (présence de roches plutoniques et/ou volcaniques et/ou métamorphiques) complète les attributs liés à la couche SIG.

4.4.1.2 *Identification des entités de niveau 2*

A l'échelle régionale (NV2) nous avons regroupé les bassins versants en entités de niveau 2 en fonction de leur classe d'appartenance. L'entité NV3 « Bassin versant de la Sarre blanche » est, elle, reprise comme entité NV2 « Domaine à tendance imperméable du bassin versant de la Sarre blanche ». 7 entités ont été ainsi définies, dont la plus étendue à une superficie de 632 km^2 (cf. illustration 30).

Ont été obtenus **3 domaines à tendance semi-perméable** :

- Domaine à tendance semi-perméable du bassin versant de la Moselle (231AI) ;
- Domaine à tendance semi-perméable des bassins versants de la Fave et de la Morte (231AE);
- Domaine à tendance semi-perméable du bassin versant Meurthe – Hure (231AD).

Ont été obtenus **4 domaines à tendance imperméable** :

- Domaine à tendance imperméable des bassins versants de la Moselotte et de la Vologne (231AG) ;
- Domaine à tendance imperméable du bassin versant de la Meurthe amont (231AE) ;
- Domaine à tendance imperméable des bassins versants du Rabodeau et de la Plaine (231AC) ;
- Domaine à tendance imperméable du bassin versant de la Sarre blanche (231AA).

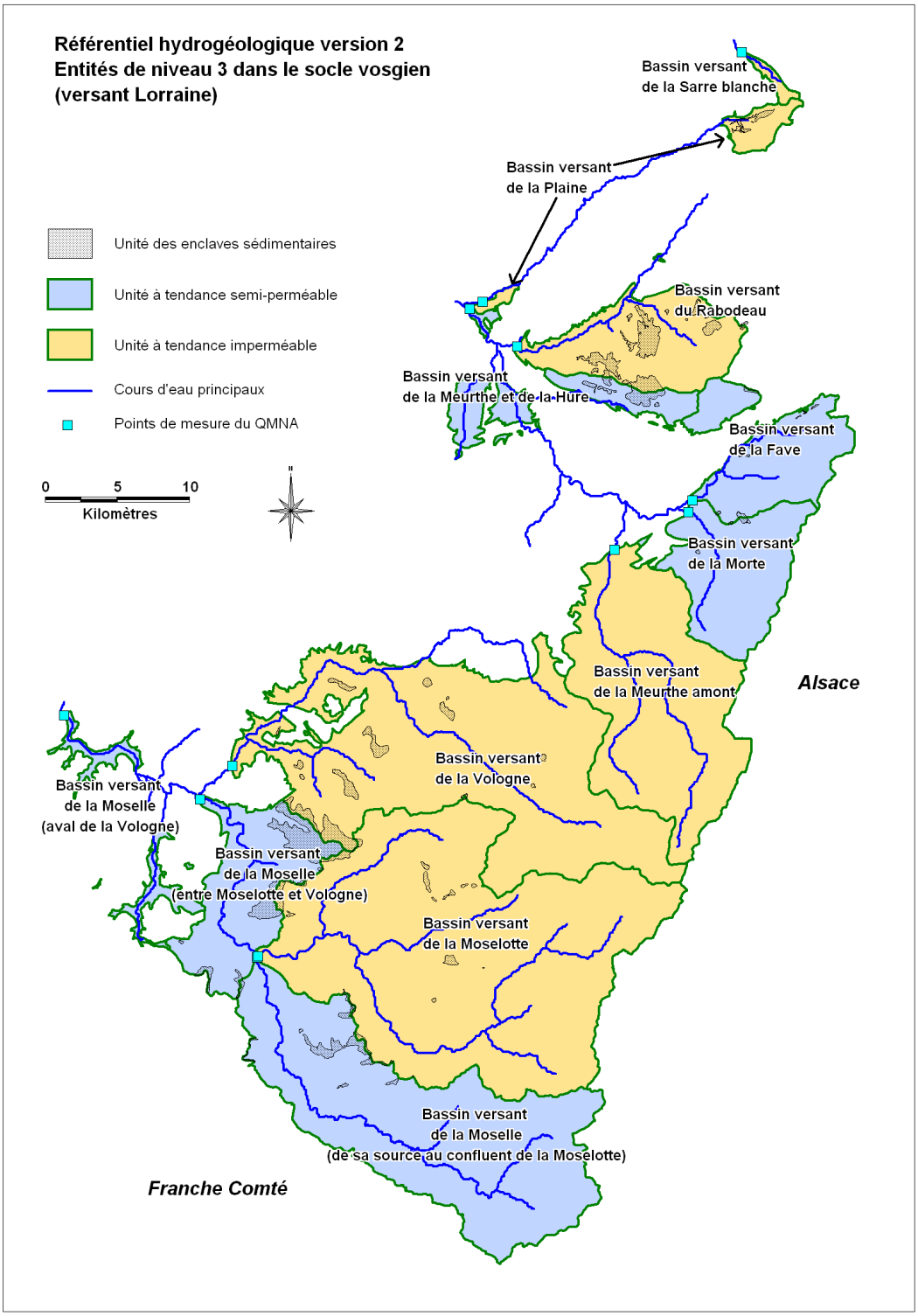


Illustration 29 : Entités de niveau 3 identifiées sur le socle vosgien, côté versant lorrain.

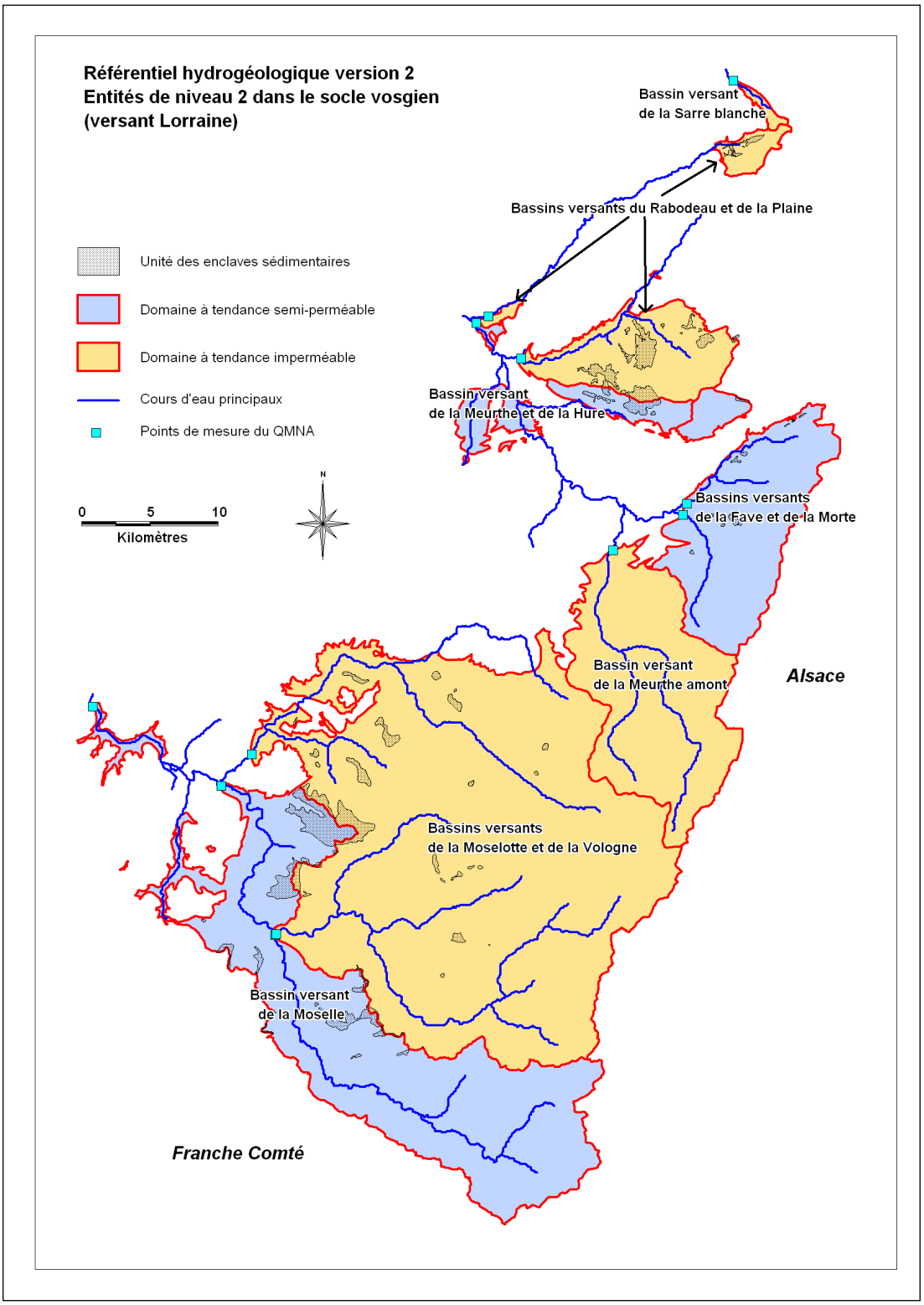


Illustration 30 : Entités de niveau 2 identifiées sur le socle vosgien, côté versant lorrain.

4.4.2 Socle des Ardennes

Cette entité du socle, autrement dit l'Ardenne primaire, correspond à toute la partie occidentale du grand massif schisteux ardenno-rhénan surélevé par l'orogenèse hercynienne. Elle se rattache au massif rhénan par une sorte d'isthme occupé par les terrains primaires de l'Eifel. Elle est limitée au nord et à l'ouest par un recouvrement de terrains crétacés, au nord-est par le « golfe » de Cologne occupé par des terrains quaternaires, au sud-est par le Trias du « golfe » de Luxembourg et au sud par les terrains jurassiques appartenant au bord septentrional du Bassin de Paris.

Plusieurs plis principaux dus à l'action de l'orogenèse hercynienne affectent les terrains primaires ardennais. Ce sont :
- la zone anticlinale de l'Ardenne qui remonte au jour les trois massifs cambriens de Rocroi, Serpont et Stavelot dans les aires de culmination ou la couverture dévonienne a pu être décapée tandis que, dans les aires d'ennoyage, le Dévonien reste seul visible ;
- l'anticlinal de Givonne, avec le petit massif cambrien de Givonne, séparé de l'axe de l'Ardenne par le synclinal de Charleville-Mézières-Neufchâteau-Eifel ;
- l'anticlinal du Brahant qui fait apparaître le Cambrien et le Siluro-Ordovicien dans les fonds de vallées ;
- la ride anticlinale faillée du Condroz, entre le Brahant et l'axe de l'Ardenne, qui ramène au jour un Siluro-Ordovicien découpé par de nombreuses failles dont la principale est la faille du Midi d'âge hercynienne ; elle divise la région dévonocarbonifère en deux parties : le synclinal de Namur au nord et le synclinal de Dinant au sud.

• <u>Calcaires de Givet</u>

Dans la région de Givet, la fracturation (tectonique ou liée à l'altération) dans les terrains primaires représente une cible en termes de recherche d'eau. Les terrains les plus favorables sont les calcaires d'âge givétien et couvinien, ainsi que les grès et quartzites du Dévonien inférieur (Grès d'Anor) et du Cambrien. Les fractures ouvertes sont inexistantes dans les séries schisteuses. La karstification a affecté les terrains carbonatés du Givétien (grottes de Hierges-Vaucelles et grottes de Nichet sur la commune de Fromelennes). Le développement de ces cavités peut atteindre 450 mètres sur parfois trois niveaux à une profondeur maximum de 50 mètres. Ce karst n'est que partiellement actif.

• <u>Grès d'Anor</u>

On les trouve dans la région de Givet, Fumay et Charleville-Mézières. Il s'agit de Grès carbonatés blancs, alternant quelquefois avec des Schistes phylladeux (Fumay). Le caractère schisteux et quartzitique est plus prononcé dans la région de Charleville-Mézières. L'épaisseur de la formation est d'environ 600 mètres vers Givet et de 450 mètres environ dans la région de Fumay.

Les terrains favorables à la fracturation sont certes les Calcaires d'âge givétien et couvinien, mais aussi les Grès et Quartzites du Dévonien inférieur (Grès d'Anor) et du Cambrien. Les fractures ouvertes sont inexistantes dans les séries schisteuses. Dans la région de Givet, des sources naissent au contact des Grès d'Anor du Praguien et des schistes verts de Saint-Hubert.

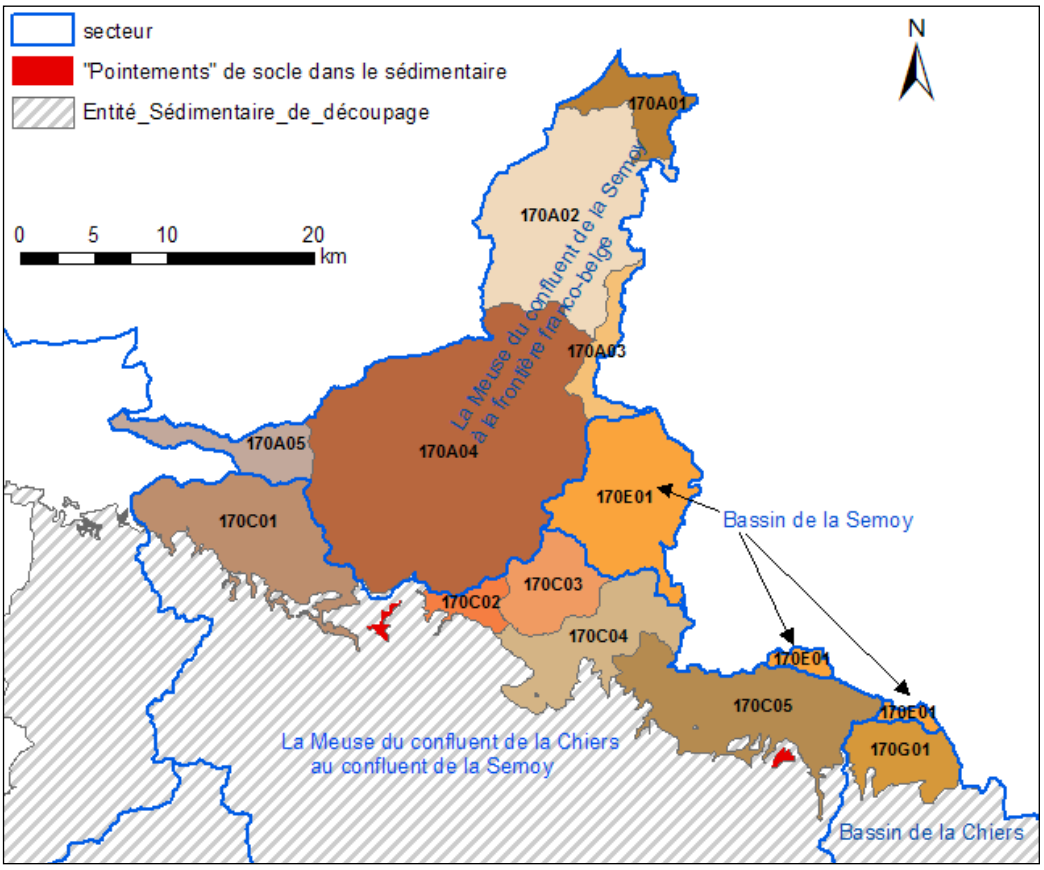


Illustration 31 : Entités de niveau 3 et de niveau 2 du socle des Ardennes.

4.5 FORMATIONS ALLUVIONNAIRES, FLUVIO-GLACIAIRES ET GLACIAIRES

En Lorraine, ces formations ont été extraites des cartes géologiques harmonisées des départements lorrains. Une différenciation a été faite en fonction de la codification indiquée et des informations relatives à l'hydrogéologie disponibles dans les notices des cartes. Ainsi ont été individualisées les formations pouvant être le siège d'une nappe :

- les alluvions fluviatiles récentes à actuelles (code géologique Fz),
- les alluvions anciennes des basses terrasses (Fy).

Dans la partie vosgienne de la Lorraine sont également présentes des formations fluvio-glaciaires et des formations glaciaires. Elles sont différenciées en fonction de la codification de la carte géologique, des informations relatives à l'hydrogéologie disponibles dans les notices et de la présence d'ouvrages de la BSS identifiant des nappes d'eau souterraine exploitées ou reconnues.

Ainsi ont été individualisées les formations pouvant être le siège d'une nappe (formations situées à l'est du département des Vosges) :

- les formations fluvio-glaciaires du Riss (Pléistocène moyen récent) (FGx),
- les formations fluvio-glaciaires du Würm (Weichsélien) (FGy),
- les formations fluvio-glaciaires du Riss-Würm (Pléistocène moyen à supérieur) (FGx-y),
- les moraines du Riss (Pléistocène moyen récent) (Gx),
- les moraines du Würm (Weichsélien) (Gy),
- les moraines du Riss-Würm (Pléistocène moyen à supérieur) (Gx-y).

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 32.

5.2 NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITES

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

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

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

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

Par ailleurs, à une nature de contact, il est possible dans certains cas de rattacher un type de limite (exemples fournis dans le tableau de l'illustration 33).

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

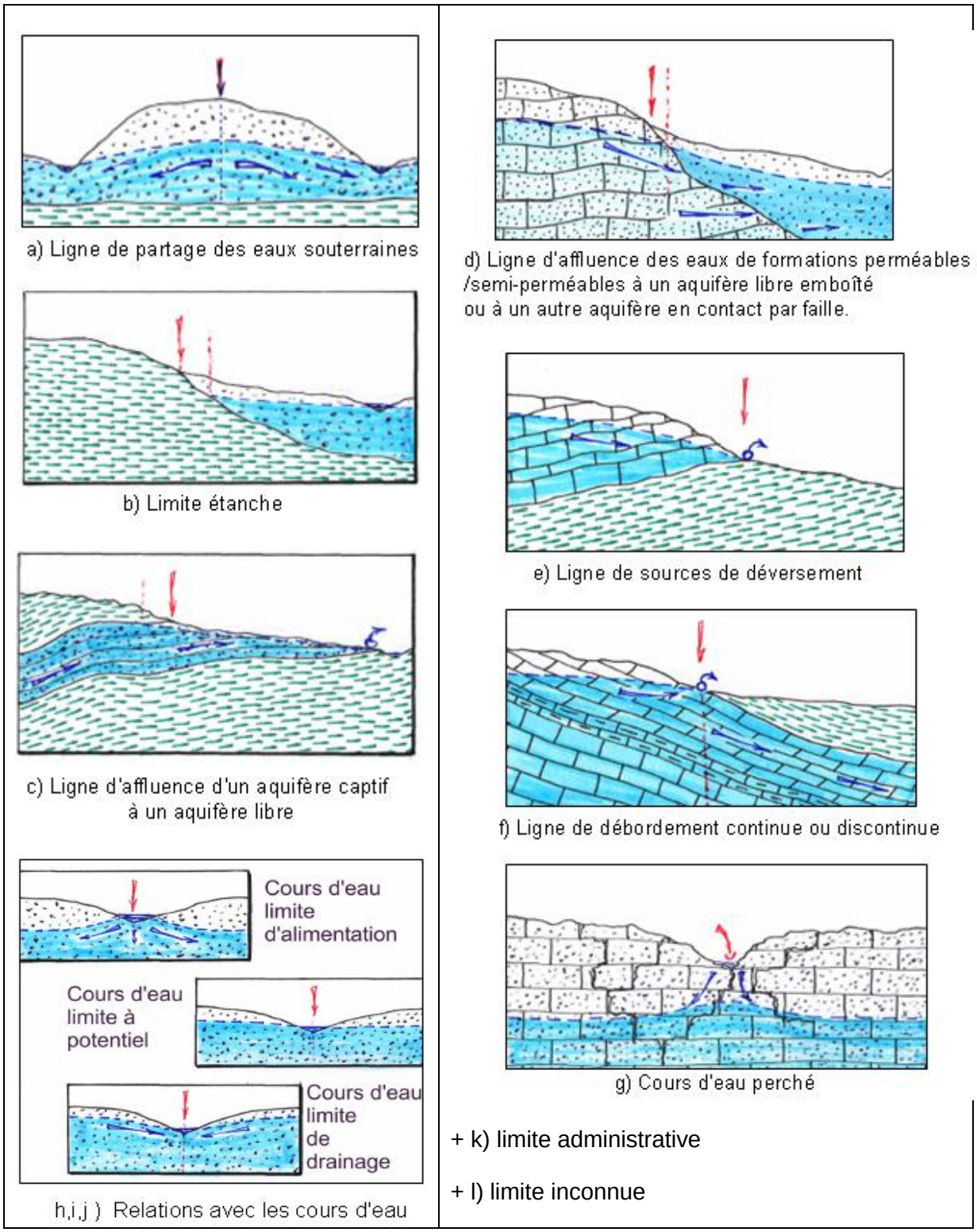


Illustration 32 - Types de limites possibles entre entités.

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

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

6 Outil de construction du référentiel

L'assemblage des entités, après numérisation des contours, a été réalisé à l'aide d'un outil développé sous ArcGis et appelé "**modèle de 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 polylignes représentant les limites des entités d'ordre 1 (pour les entités NV3 uniquement).

Ces 2 tables (**RHF_Polygones_relatifs** et **RHF_Limites**) sont rangées dans un « *jeu de classes d'entités* » (dans le langage ArcGis) appelé **« GEOMETRIE »** (Illustration 34).

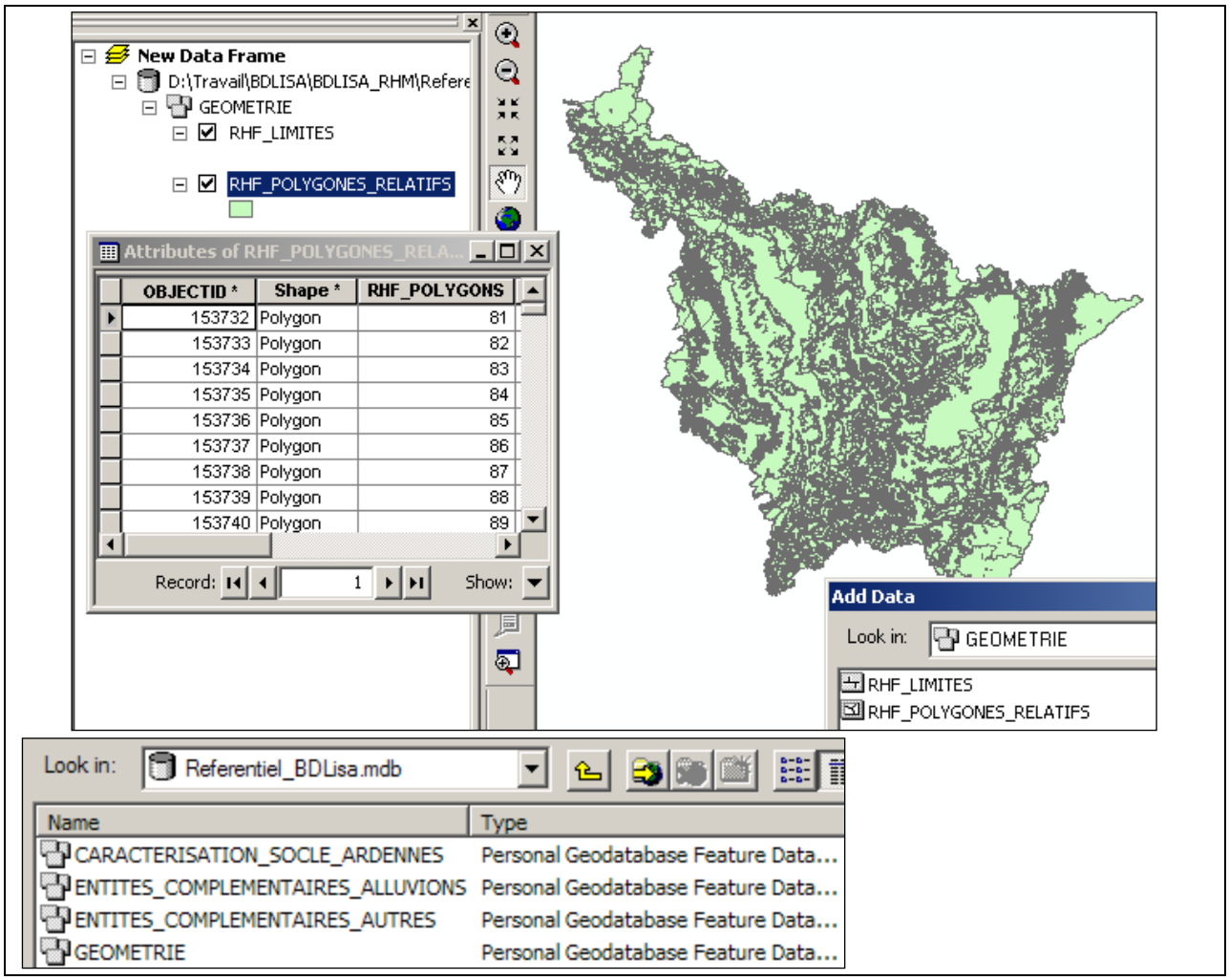


Illustration 34 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.

Outre les « Entités principales », la géodatabase comprend :

- les « **Entités complémentaires** » (partie inférieure de l'Illustration 34) scindées en 2 classes, pour séparer les systèmes alluvionnaires des autres « entités complémentaires » (disjointes, morcelées et/ou locales) ;
- la caractérisation lithologique des entités du socle des Ardennes.

Elle contient aussi d'autres tables, sans géométrie associée (BDRHF_Table_Murs, BDRHF_Table_Toits, BDRHF_Table_Ordres,…illustration 35).

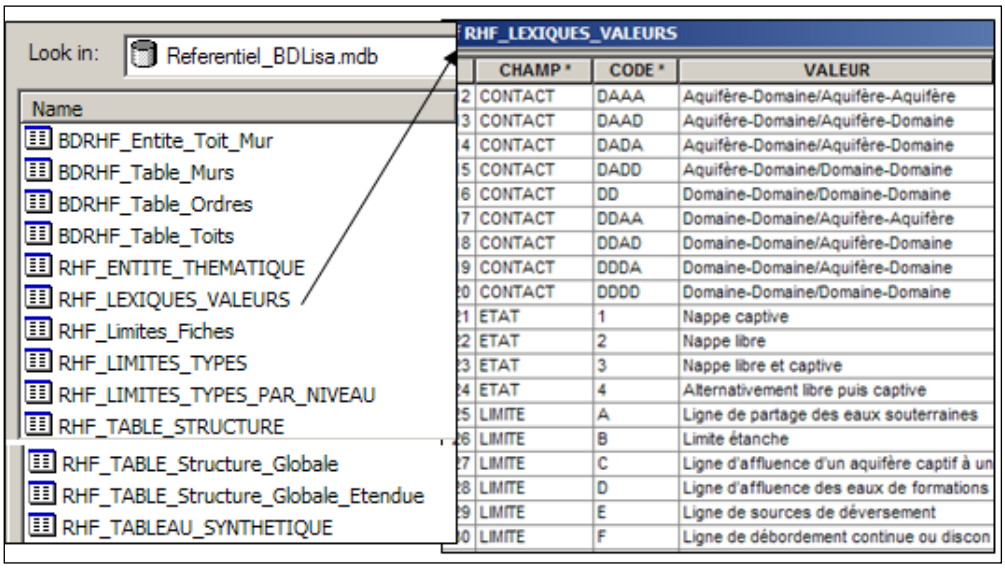


Illustration 35 - Tables non géométriques de la géodatabase.

La structure de la géodatabase est conforme à celle d'un Système de Gestion de Base de Données Relationnelle (SGBDR). Son exploitation est facilitée par une boîte à outils pilotée par un menu général (Illustration 36).

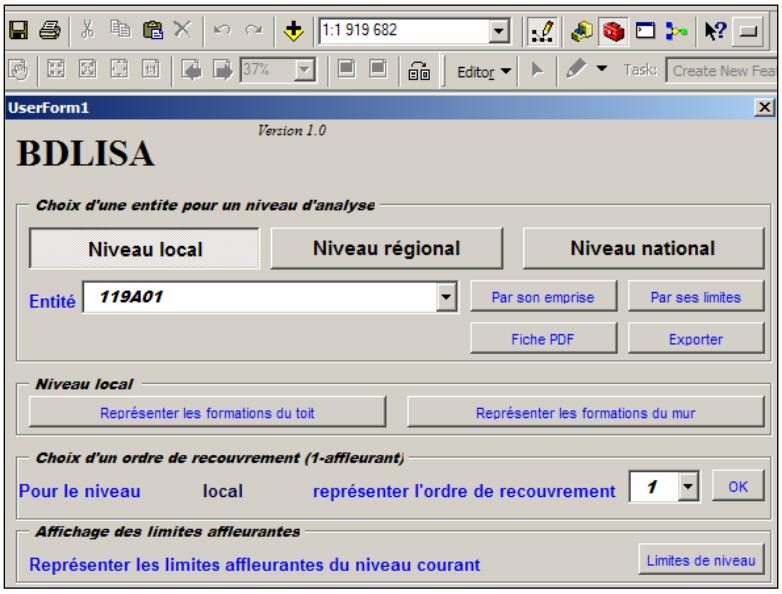
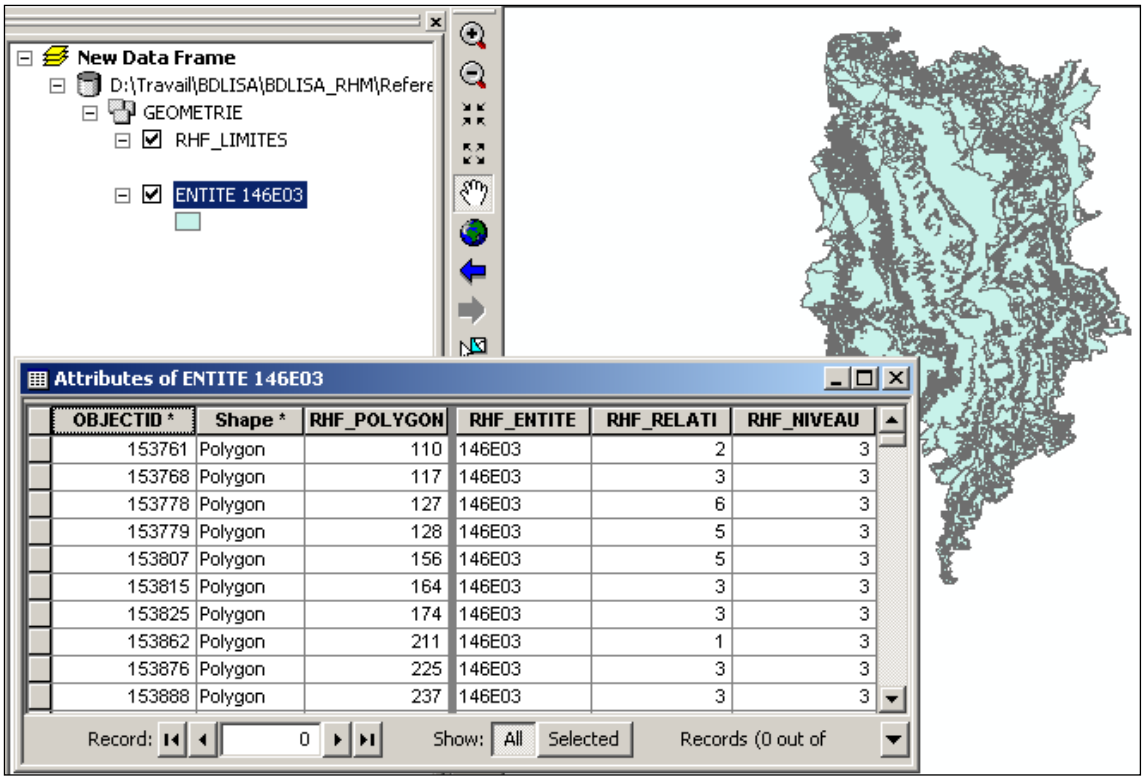


Illustration 36 - Interface utilisateur de la géodatabase.

L'illustration 37 présente un exemple de sélection d'entité effectuée à partir du menu de l'Illustration 36 ci-dessus ("*Représenter l'entité par son emprise"*).

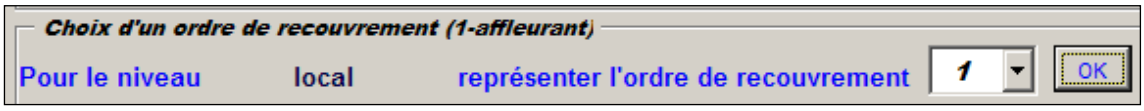


OBJECTID *	Shape *	RHF_POLYGON	RHF_ENTITE	RHF_RELATI	RHF_NIVEAU
153761	Polygon	110	146E03	2	3
153768	Polygon	117	146E03	3	3
153778	Polygon	127	146E03	6	3
153779	Polygon	128	146E03	5	3
153807	Polygon	156	146E03	5	3
153815	Polygon	164	146E03	3	3
153825	Polygon	174	146E03	3	3
153862	Polygon	211	146E03	1	3
153876	Polygon	225	146E03	3	3
153888	Polygon	237	146E03	3	3

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

La table attributaire correspondante contient le numéro d'ordre relatif de chaque polygone constitutif de l'entité, ce qui permet de représenter celle-ci en affectant une couleur à chaque numéro d'ordre et de connaître ainsi le nombre d'entités situées au dessus d'elle, des affleurements jusqu'à sa limite d'extension en profondeur (Illustration 38).

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



L'Illustration 39 présente une vue des entités de niveau 3 et d'ordre 1 (une couleur est affectée à chaque entité).

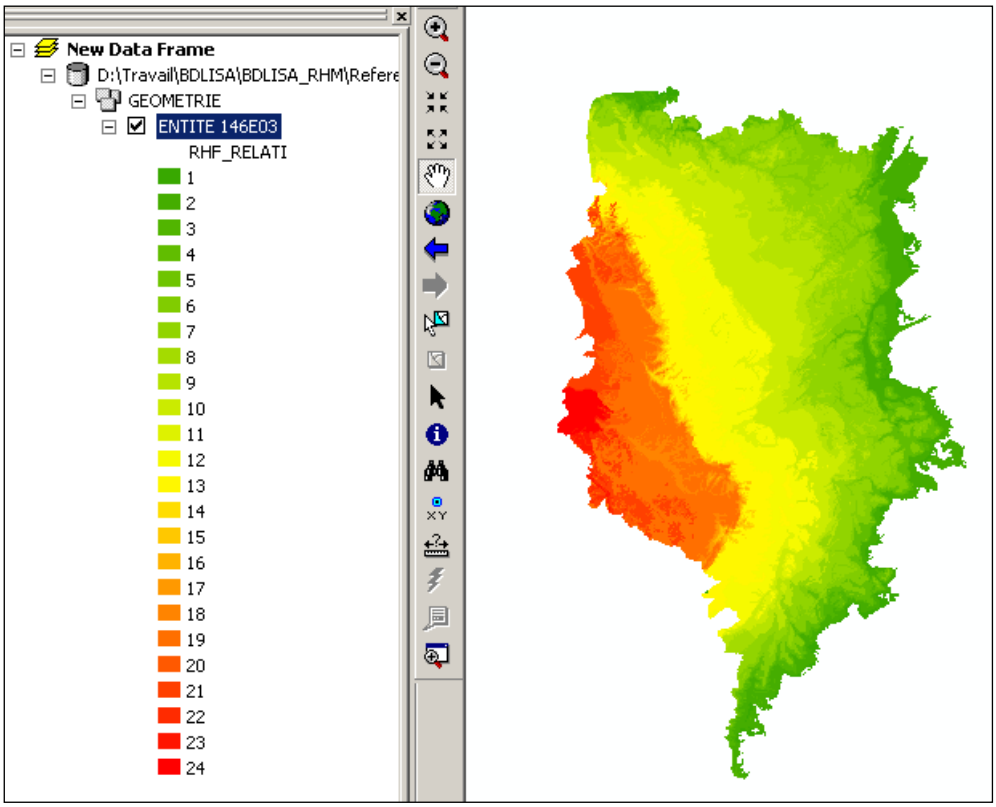


Illustration 38 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).

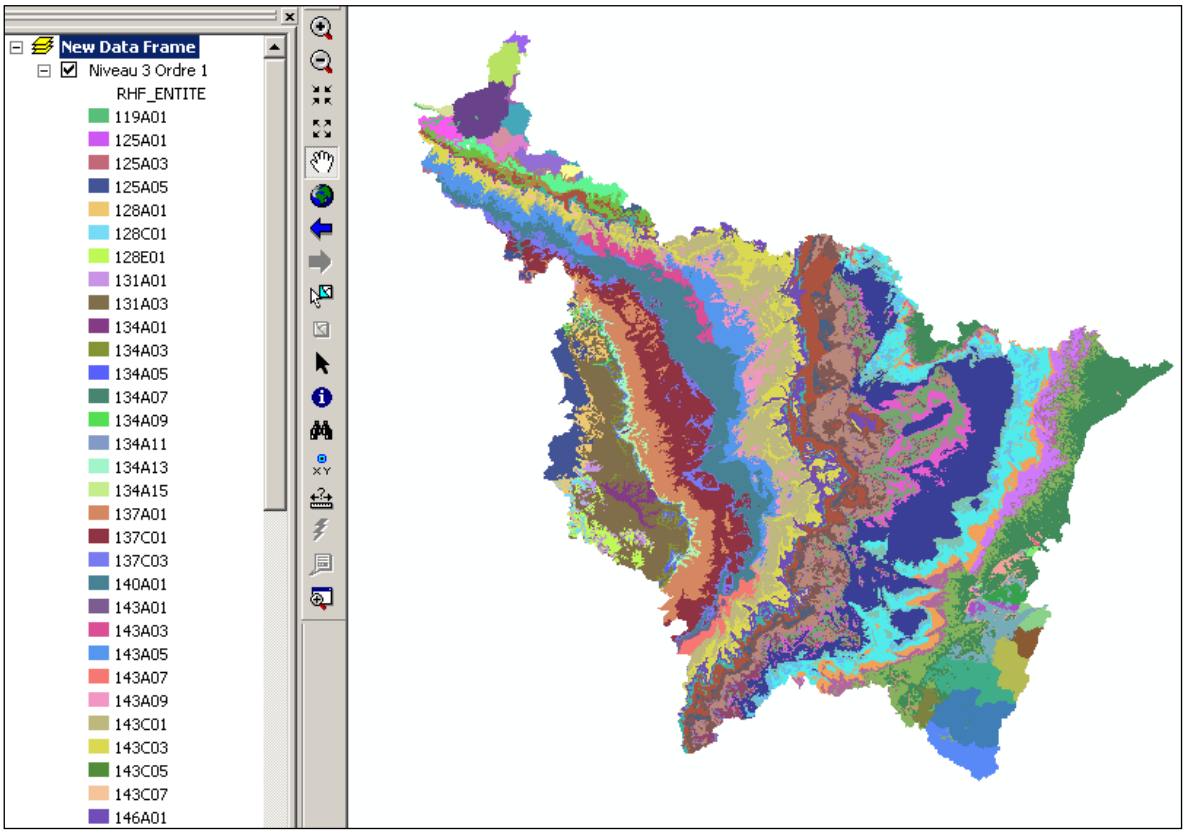
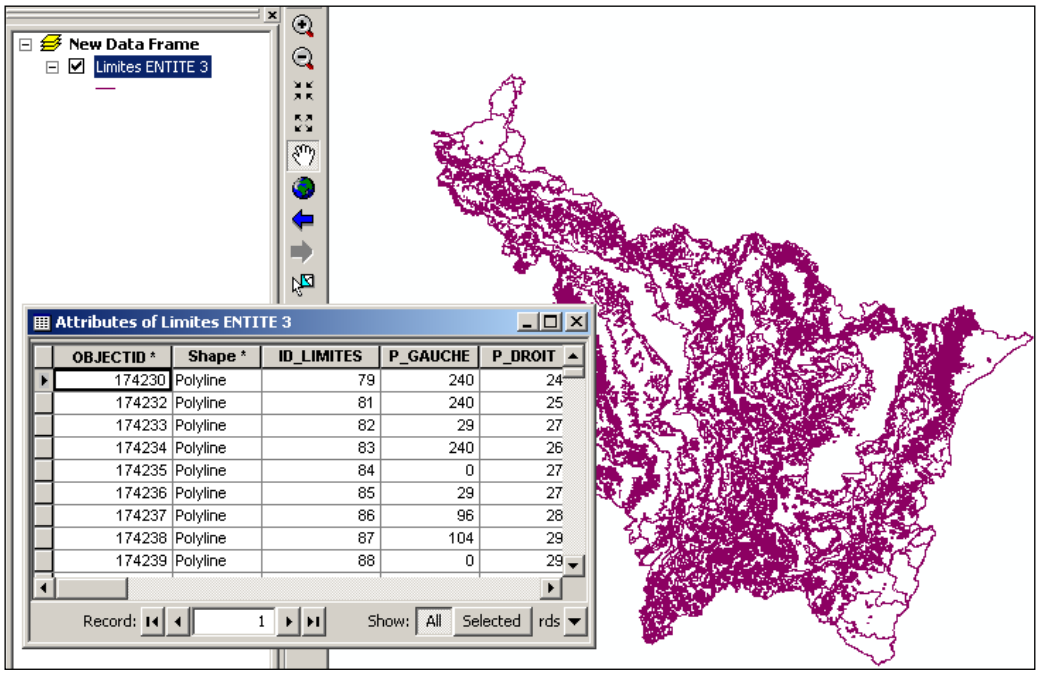


Illustration 39 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).

Limites et table de la nature des contacts

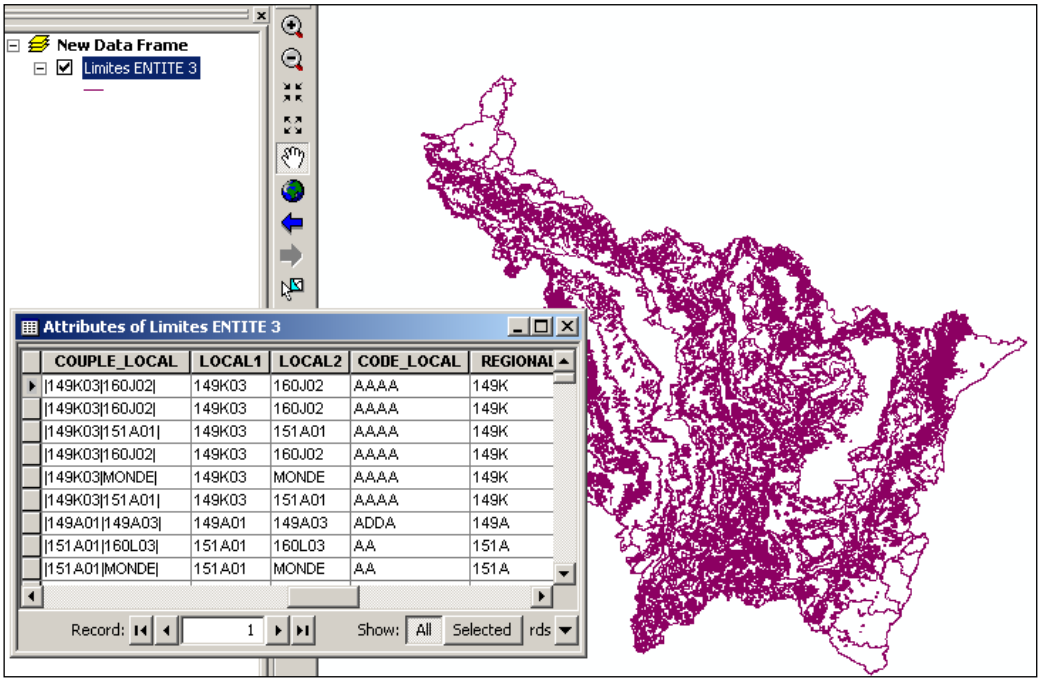
Elles sont aussi accessibles par le menu général. La table des limites contient l'identifiant des limites (champ ID_LIMITES) et l'identification des polygones situés de part et d'autre d'une limite (champs P_GAUCHE et P_DROIT).



OBJECTID *	Shape *	ID_LIMITES	P_GAUCHE	P_DROIT
174230	Polyline	79	240	24
174232	Polyline	81	240	25
174233	Polyline	82	29	27
174234	Polyline	83	240	26
174235	Polyline	84	0	27
174236	Polyline	85	29	27
174237	Polyline	86	96	28
174238	Polyline	87	104	29
174239	Polyline	88	0	29

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

Cette table contient aussi la nature des contacts entre entités (illustration 41).



COUPLE_LOCAL	LOCAL1	LOCAL2	CODE_LOCAL	REGIONAL
|149K03|160J02|	149K03	160J02	A,A,A,A	149K
|149K03|160J02|	149K03	160J02	A,A,A,A	149K
|149K03|151A01|	149K03	151A01	A,A,A,A	149K
|149K03|160J02|	149K03	160J02	A,A,A,A	149K
|149K03|MONDE|	149K03	MONDE	A,A,A,A	149K
|149K03|151A01|	149K03	151A01	A,A,A,A	149K
|149A01|149A03|	149A01	149A03	ADDA	149A
|151A01|160L03|	151A01	160L03	A,A	151A
|151A01|MONDE|	151A01	MONDE	A,A	151A

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

6.2 FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS

Le modèle de construction permet d'éditer automatiquement (Illustration 42) 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.

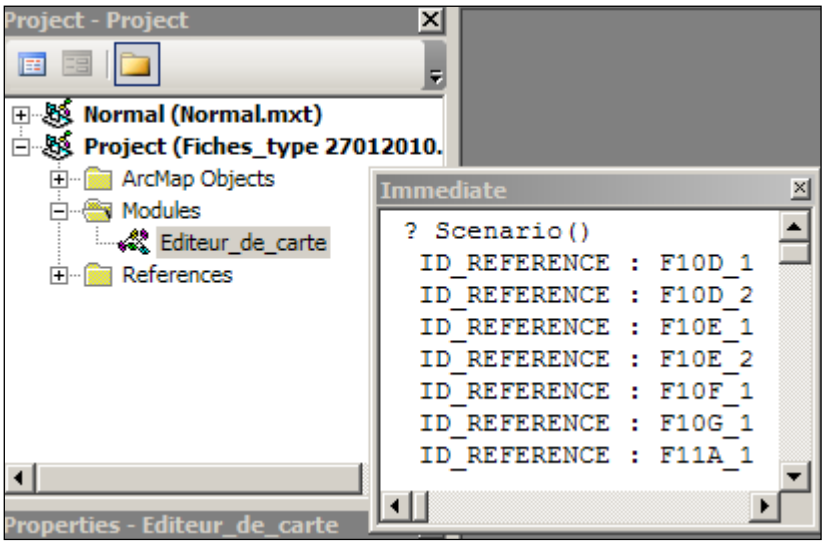


Illustration 42 : Editeur de cartes du modèle de construction du référentiel.

Une fiche d'analyse est constituée de plusieurs blocs d'informations. L'Illustration 43 et l'Illustration 44 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 43), 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 44) représente l'emprise de l'entité de niveau 2 (et celle de niveau 1) à laquelle appartient l'entité de niveau 3

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

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

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

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

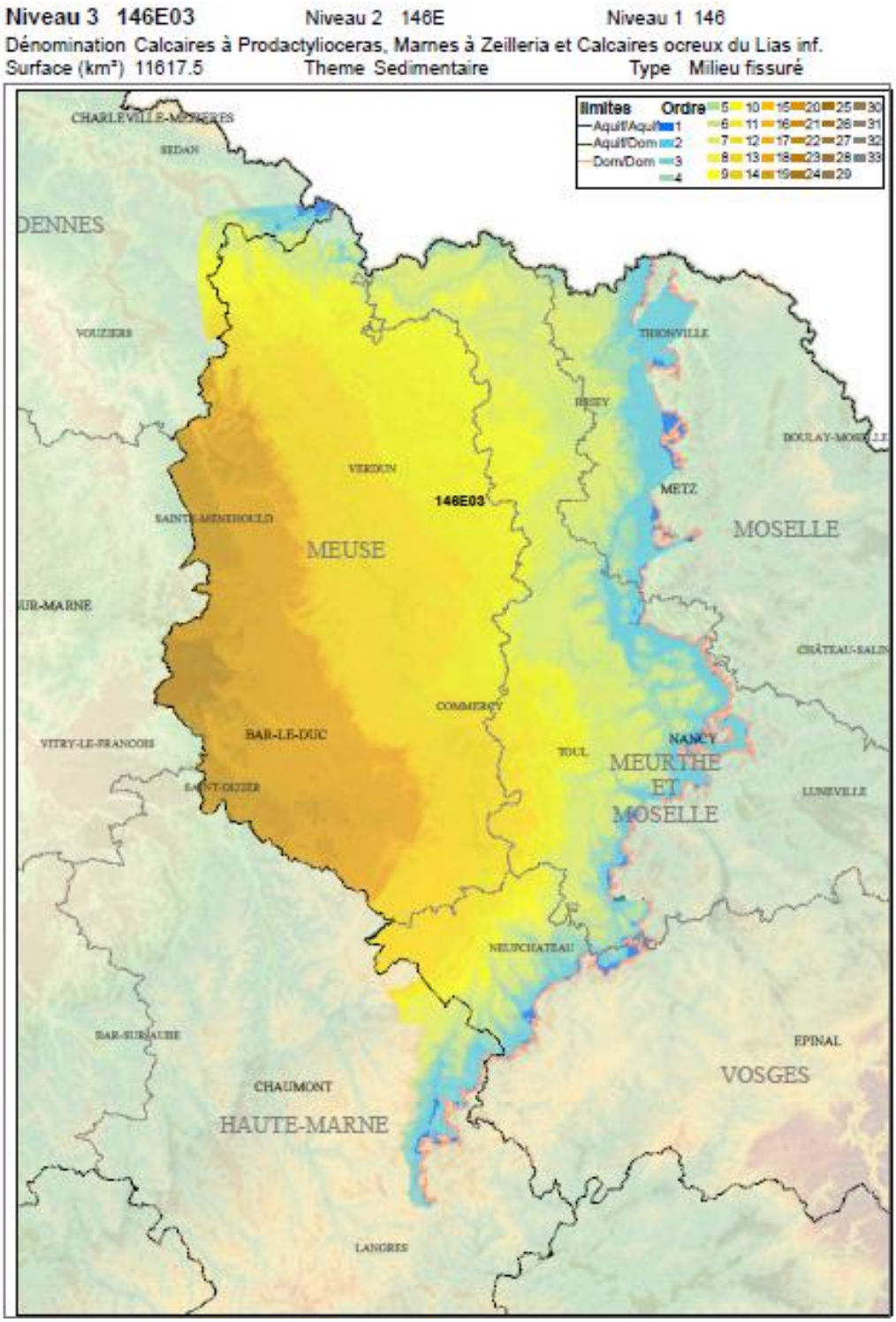


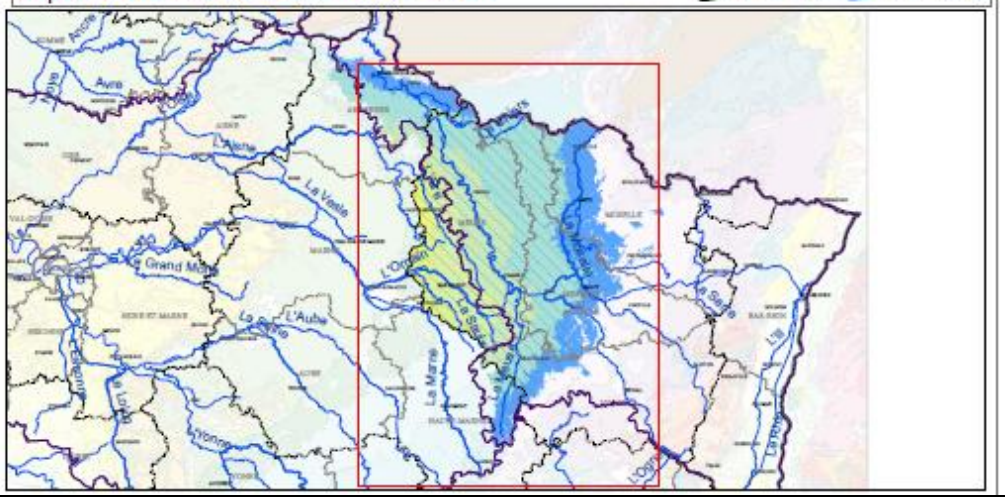
Illustration 43 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).

Ecoul. Nappe libre et captive Nature Unité semi-perméable

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

Emprise des niveaux 1 et 2 et contours du niveau 3

Niveau régional 2 Niveau national 1



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

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

Limites affleurantes de long > 1km

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

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

7 Conclusion

La construction du Référentiel hydrogéologique en Lorraine (bassin Rhin-Meuse et bassin Seine-Normandie) et dans les secteurs du bassin Rhin-Meuse situés en Champagne-Ardenne a permis d'identifier et de délimiter :

- **80 entités hydrogéologiques au niveau local (NV3) dont 24 en domaine de socle** ;
- **34 systèmes aquifères ou domaines hydrogéologiques du niveau régional (NV2) dont 11 domaines de socle** ;
- **13 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1) dont 2 grands domaines de socle**.

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

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

Une harmonisation inter-régionale et nationale a été réalisée suite à au travail décrit dans ce « rapport régional » (rapport d'étape), qui porte en particulier sur :

- les raccordements géométriques des entités d'une région à l'autre,
- la vérification de la cohérence 3D du Référentiel à l'échelle du bassin,
- la nomenclature des entités (appellation et codification).

Toutes les entités ont ensuite été intégrées dans une géodatabase propre au bassin Rhin-Meuse

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

.

8 Bibliographie

Documents généraux sur le référentiel :

Fourniguet G., Boucher J., Nguyen-Thé D. avec la collaboration de **Mardhel V., Warin J., Xu D. (2010)** Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassins Rhin-Meuse et Seine-Normandie. Année 3. Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en Lorraine et dans les secteurs du bassin Rhin-Meuse en Champagne-Ardenne. Rapport d'étape. BRGM/RP-57519-FR**.**

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

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

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

Autres documents :

Andre G. (2003) - Caractérisation des déformations méso-cénozoïques et des circulations de fluides dans l'Est du bassin de Paris, Thèse, Université de Nancy 1.

Babot *et al.* (1992) - Projet d'extension et d'approfondissement d'une carrière de calcaire à Montois-La-Montagne (57). Etude hydrogéologique BRGM/RP-35511, Lor 4592.

BD Carthage (2008) – Base de données sur la cartographie thématique des Agences de l'eau et du Ministère chargé de l'environnement, http://sandre.eaufrance.fr.

Bourgine B., Denis L., Fihline-Trésarieu T. *et al.* (2007) - Atlas du potentiel géothermique des aquifères lorrains. Rapport BRGM/RP-54987-FR.

Cartannaz C., Géron A., Rambourg D. *et al*. (2009) - Carte des curiosités géologiques de la Lorraine. BRGM, Académie de Nancy-Metz. http://www3.ac-nancy-metz.fr/base-geol/.

Castany G., Margat J. (1977) - Dictionnaire français d'hydrogéologie. Editions du BRGM.

Foucault A., Raoult J.-F. (2000) - Dictionnaire de géologie. Masson Sciences/Dunod, 5e édition.

Fourniguet G., Blanchin R., Tisot J.-P. *et al.* (2006) - Cartographie des formations superficielles appliquée aux communes constituant la Communauté Urbaine du Grand Nancy. Rapport BRGM/RP-55079-FR.

Harmand D., Le Roux J. (2006) - La Lorraine géographique. In Géologie et Géographie de la Lorraine, Editions Serpenoise, Lexa-Chomard et Pautrot Christian (coord.), pp 132-260.

Hervé D. (1980) - Etude de l'acquisition d'une teneur en sulfates par les eaux stockées dans les mines de fer de Lorraine. Mémoire de thèse de l'Institut National Polytechnique de Lorraine.

Jaillet S. (1999) - Recul de couverture et karstification dans un karst couvert de bas plateaux : Le Barrois (Lorraine / Champagne – France). Actes du colloque Karst-99.

Kimmel M. (2000) - Contribution à l'étude des circulations hydrauliques dans le bassin ferrifère Lorrain. Rapport INERIS-DRS-00-25302/R1.

Laurent A. (2001) – Synthèse du SDAGE Rhin-Meuse sur les eaux souterraines. Carte DIREN Lorraine.

Le Nindre Y.-M. (1995) – Synthèse cartographique à 1/250 000e des réservoirs aquifères du bassin Rhin-Meuse, Rapport final. Rapport BRGM/RR-38618-FR.

Martin J.-C., Robelin C., Zammit C. (2007) - Référentiel Hydrogéologique Français. BD RHF Version 2 - Bassin Loire Bretagne. Année1 – Délimitation des entités hydrogéologiques en région Centre. Rapport BRGM/RP-56055-FR.

Megnien C., Megnien F., Debrand-Passard S. (1980) - Synthèse Géologique du bassin de Paris.- in Mégnien C., Mémoire du B.R.G.M., Orléans.

Ramon S., Zumstein J.-F. (1992) - Carte hydrogéologique du bassin Rhin-Meuse à 1/500 000e et Coupe hydrogéologique schématique à 1/600 000e. Agence de l'eau Rhin-Meuse, 1000 ex.

Remy V. (2001) - Aléa karstique dans le bassin ferrifère lorrain. Etude préliminaire. Rapport de stage BRGM.

Roux J.-C., Margat J. *et al.* (2002) - Colloque : Les aquifères auront leur carte d'identité. « Le référentiel hydrogéologique et les masses d'eau souterraine de la France ». MEDD, BRGM, AEAG, AIH.

Talbot A., Babot Y., Garadi A. *et al.* (2002) - Atlas hydrogéologique du bassin Rhin-Meuse. AERM, document ANTEA/SIROM.

Vaute L. (2007) - Surveillance des eaux souterraines du bassin ferrifère lorrain en 2006. Rapport BRGM /RP-56142-FR.

Vaute L., Khiat M.-O., Douche A. *et al.* (2005) - Construction et mise en œuvre d'un simulateur hydrogéologique et chimique du bassin ferrifère lorrain. Phase 1 : Synthèse hydrogéologique. Rapport BRGM/RP-53277-FR.

Vaute L., Durendeau B. (2005) - Synthèse cartographique du fonctionnement des aquifères karstiques dans le département de la Meuse (hors bassin Rhin-Meuse). Note BRGM LOR05N305.

Vaute L. (2003) - Révision du modèle hydrogéologique de gestion de la nappe des grès du Trias inférieur en Lorraine. Rapport BRGM/RP-51355-FR.

Vaute L. (2001) - Surveillance des eaux souterraines du bassin en 2000. Rapport BRGM/RP-50820-FR.

Cartes géologiques et notices :

Meurthe-et-Moselle :

Chèvremont Ph. (2004) – Carte géologique harmonisée du département de la Meurthe-et-Moselle. Rapport BRGM/RP-53503-FR.

Goguel J., Lemoine M., Maubeuge P.-L. (1959) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Longwy Audun-le-Roman (90-113). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Lemoine M., Maubeuge P.L. (1959), 8 p.

Goguel J. (1963) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Vézelise (267). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Nicklès M., Maubeuge P.L. (1964), 8 p.

Goguel J. (1965) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Chambley (163). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Clermonté J., Maubeuge P.L. (1965), 8 p.

Hilly J., Allouc J., Marchal C., *et al.* (1977) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Bayon (268). Orléans : BRGM. Notice explicative par Marchal Cl., Allouc J. (1977), 28 p.

Laugier R., Marchal C., Marechal B. (1972) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Parroy (231). Orléans : BRGM. Notice explicative par Laugier R., Marchal Cl., Maréchal B. (1972), 11 p.

Le Roux J., Fauvel P.-J., Vincent P.-L. (1982) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Briey (137). Orléans : BRGM. Notice explicative par Le Roux J., Bellorini J.P., Pitonon B., Steiner P. (1982), 32 p.

Maubeuge P.L. (1969) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Longuyon-Gorcy (112-89). Orléans : BRGM. Notice explicative par Maubeuge P.L. (1969), 11 p.

Maubeuge P.-L. (1973) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Nomeny (194). Orléans : BRGM. Notice explicative par Maubeuge P.L. (1973), 11 p.

Menillet F., Durand M., Clermonte J. *et al.* (1978) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Cirey-sur-Vézouze (270). Orléans : BRGM. Notice explicative par Ménillet F., Durand M., Clermonté J., Von Eller J.P., Juteau T., Hollinger J., Maïaux C., Lougnon J. (1978), 48 p.

Menillet F., Durand M., Le Roux J. *et al.* (2005) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Lunéville (269). Orléans : BRGM. Notice explicative par Ménillet F. avec la collaboration de Durand M., Cordier S., Le Roux J., Charnet F., Hanot F. (2005), 67 p.

Vincent P.-L. (1976) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Nancy (230). Orléans : BRGM. Notice explicative par Vincent P.L., Le Roux J., Haguenauer B., Flageollet J.C., Gury M., Timbal J., Billoret R., Guillaume Ch., Thomas A., Ricour J. (1976), 44 p.

Vincent P.-L. (1984) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Toul (229). Orléans : BRGM. Notice explicative par Vincent P.L., Le Roux J., Flageollet J.C., Timbal J., Ch. Guillaume, J. Delaunay, J. Ricour, Vogt J. (1984), 57 p.

Vincent P.-L., Renaud P., Boehm C. *et al.* (1987) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Pont-à-Mousson (193). Orléans : BRGM. Notice explicative par Vincent P.L., Allemmoz M., Clermonté J., Le Roux J., Guillaume Ch., Vogt J. (1987), 34 p.

Meuse :

Allouc J., Harmand D., Fauvel P.-J. *et al.* (2007) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Revigny-sur-Ornain (190). Orléans : BRGM. Notice explicative par Allouc J., Harmand D., Fauvel P.J., Le Roux J. (2007), 99 p.

Basse de Menorval E. (1969) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Verdun-Sur-Meuse (135). Orléans : BRGM. Notice explicative par Bresson G., Maiaux C., De Montrot J. (1969), 31 p.

Basse de Menorval E. (1988) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Sainte-Menehould (160). Orléans : BRGM. Notice explicative par Blondeau A. Pomerol B. (1988) 40 p.

Demassieux L., Le Roux J. (1969) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Vaubécourt (191). Orléans : BRGM. Notice explicative par Demassieux L. et Le Roux J. (1969), 8 p.

Donsimoni M. (2007) - Carte géologique harmonisée du département de la Meuse. Rapport BRGM/RP-55513-FR.

Goguel J. (1964) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Commercy (228). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Clermonté J., Maubeuge P.L. (1964), 8 p.

Goguel J. (1958) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Etain (136). Orléans : BRGM. Notice explicative par Maubeuge P.L. (1958), 8 p.

Goguel J. (1962) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Saint Mihiel (192). Orléans : BRGM. Notice explicative par Clermonté J., Maubeuge P.L. (1962), 8 p.

Laurain M., Menillet F., Pluchery E. (1998) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Monthois (134). Orléans : BRGM. Notice explicative par Laurain M., Ménillet F., Pluchery E. (1998), 41 p.

Maiaux C., Demassieux L., Le Roux J. *et al.* (1975) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Clermont-en-Argonne (161). Orléans : BRGM. Notice explicative par Maiaux C., Demassieux L. (1975), 16 p.

Maubeuge P.-L. (1969) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Vigneulles-Lès-Hattonchâtel (162). Orléans : BRGM. Notice explicative par Maubeuge P.L. (1969), 8 p.

Maubeuge P.-L. (1970) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Gondrecourt-Le Château (266). Orléans : BRGM. Notice explicative par Maubeuge P.L. (1970), 8 p.

Maubeuge P.-L. (1976) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Stenay (111). Orléans : BRGM. Notice explicative par Maubeuge P.L. (1976), 20 p.

Maubeuge P.-L. (1982) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Montmédy-Francheval (88). Orléans : BRGM. Notice explicative par Maubeuge P.L. (1982), 31 p.

Stchepinsky V. (1959) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Saint-Dizier (226). Orléans : BRGM. Notice explicative par Stchepinsky V. (1959), 12 p.

Stchepinsky V. (1962) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Bar-le-Duc (227). Orléans : BRGM. Notice explicative par Stchepinsky V. (1962).

Stchepinsky V. (1962) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Joinville (265). Orléans : BRGM. Notice explicative par Stchepinsky V. (1962).

Moselle :

Bintz J., Berners H.-P. (1985) - Carte géol. Luxembourg (1/25 000), feuille Remich (13).

Goguel J., Guillaume M., Lemoine M. (1959) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Château-Salins (195). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Guillaume M. (1959), 6 p.

Goguel J., Guillaume M., Lemoine M. (1959) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Sarre-Union (196). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Guillaume M., Guillaume L. (1959), 6 p.

Goguel J., Guillaume M., Guillaume L. *et al.* (1960) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Saint-Avold (165). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Guillaume M., Guillaume L., Meyer G., Schumacher E., Van Werveke L., Segond R. (1960), 6 p.

Goguel J., Blanalt J.-G., Legagneur G. *et al.* (1967) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Sarreguemines (166). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Guillaume M., Limasset J.Cl. (1967), 12 p.

Goguel J., Blanalt J.-G., Théobald N. *et al.* (1967) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Bitche / Walsbronn (167-141) Orléans : BRGM. Notice explicative par Théobald N., Perriaux J., Langenfeld F., Both J. (1967), 12 p.

Goguel J., Théobald N., Lemoine M. (1955) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Boulay-Moselle (139). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Théobald N. (1955), 6 p.

Goguel J., Théobald N., Lemoine M. (1959) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Thionville / Waldwisse (114-115). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Théobald N. (1959).

Goguel J., Théobald N., Schömer R. *et al.* (1955) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Forbach (140). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Théobald N., Schömer R., Britz K., Manderscheid G. (1955), 6 p.

Guillaume L., Guillaume M., Limasset J.-C. (1968) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Sarrebourg (232). Orléans : BRGM. Notice explicative par Guillaume L., Guillaume M., Limasset J.Cl. (1968), 11 p.

Maubeuge P.-L. (1972) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Metz (164). Orléans : BRGM. Notice explicative par Maubeuge P. L. (1972), 7 p.

Ménillet F., Benecke E.-W., Schumacher E. *et al.* (1989) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Lembach (168). Orléans : BRGM. Notice explicative par Ménillet F., Coulombeau C., Geissert F., Konrad H.J., Schwoerer P. (1989), 91 p.

Ménillet F., Vogt H., Letterman M. *et al.* (1979) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Saverne (233) Orléans : BRGM. Notice explicative par Menillet F., Vogt H., Boudot J. P., Hoff M., Geissert F., Schwoerer P., Lougnon J. (1979), 61 p.

Ménillet F., Vogt H., Reichelt R. *et al.* (1979) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Bouxwiller (197) Orléans : BRGM. Notice explicative par Ménillet F., Vogt H., Boudot J.P., Petry F., Thévenin A., Geissert F., Schwoerer P. (1979), 59 p.

Roger J. (2007) - Carte géologique harmonisée du département de la Moselle. Rapport BRGM/RP-55492-FR.

Simler L., Both J., Daum J.-R. *et al.* (1970) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Haguenau (198) Orléans : BRGM. Notice explicative par Menillet F., Théobald N.,

Cavelier Cl., Geissert F., Boudot J.P., Thévenin A., Dillmann F., Schwoerer P., Blumenroeder J., Sittler Cl. (1970), 48 p.

Theobald N., Blanalt J.-G., Von Eller J.-P. *et al.* (1975) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Molsheim (271) Orléans : BRGM. Notice explicative par Menillet F., Théobald N., Lillié F., Vogt H., Boudot J.P., Thévenin A., Schwoerer P., Lougnon J. (1975), 82 p.

Theobald N., Heintz E., Hillard F. *et al.* (1959) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Uckange (138). Orléans : BRGM. Notice explicative par Goguel J., Théobald N., Heintz E., Hillard F. (1959), 6 p.

Vosges :

Chèvremont Ph. (2008) - Carte géologique harmonisée du département des Vosges. Rapport BRGM/RP-56439-FR.

Chrétien J.-C., Verbecq F., Meyer R. (1974) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Rambervillers (305). Orléans : BRGM. Notice explicative par : CHRETIEN J.C., VERBECQ F., MEYER R. (1974), 8 p.

Coulon M., Paicheler J.-C., Guerin H. (1986) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Thann (412). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Coulon M., Paicheler J.C., Guérin H (1986), 137 p.

Desprez N., Durand M., Jurain G. ***et al.*** (1971) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Plombières les-Bains (375). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Desprez N., Durand M., Jurain G., Minoux G. (1971), 14 p.

Dormois R., Maubeuge P.-L., Minoux G. (1967) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Châtenois (303). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Dormois R., Maubeuge P.L., Minoux G. (1967), 16 p.

Durand M., Vincent P.-L. (1988) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Epinal (339). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Durand M., Vincent P.L (1988), 43 p.

Gagny C., Jung J., Huu Nghiep H. *et al.* (1976) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Munster (377). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Gagny C., Jung J., Huu Nghiep H., Ménillet F., Fluck P. (1976), 71 p.

Guintrand Y., Rossi M., Griveaux B. *et al.* (1974) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Giromagny (411). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Guintrand Y., Rossi M., Griveaux B., Thiébaut J., Théobald N. (1974), 23 p.

Hameurt J., Fluck P., Von Eller J.-P. (1978) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Gérardmer (341). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Hameurt J., Fluck P., Von Eller J.P. (1978), 73 p.

Hameurt J., Durand M., Flageollet J.-C. *et al.* (1985) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Bruyères (340). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Hameurt J., Durand M., Flageollet J.C., Vincent P.L. (1985), 51 p.

Hameurt J., Hollinger J., Durand M. *et al.* (1979) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Remiremont (376). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Hameurt J., Hollinger J., Durand M., Vincent P.L., Flageollet J.C. (1979), 49 p.

Maubeuge P.-L. (1976) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Bourmont (337). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Maubeuge P.L (1976), 18 p.

Maubeuge P.-L. (1982) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Bourbonne-les-Bains (373). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Maubeuge P.L. (1982), 31 p.

Maubeuge P.-L. (1974) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Neufchâteau (302). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Maubeuge P.L. (1974), 17 p.

Minoux G. (1979) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Vittel (338). Orléans : BRGM. Notice explicative par : MINOUX G (1979), 6 p.

Minoux G., **Théobald N.** (1974) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Monthureux-sur-Saône (374). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Minoux G., Théobald N. (1974), 29 p.

Minoux G. (1978) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Mirecourt (304). Orléans : BRGM. Notice explicative par : MINOUX G. (1978), 26 p.

Von Eller J.-P., Hameurt J., Juteau T. *et al.* (1975) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Saint-Dié (306). Orléans : BRGM. Notice explicative par : Von Eller J.P., Hameurt J., Juteau T., Pfeiffer B. (1975), 45 p.

Annexe 1 - Tableaux multi-échelles

Niveau local=NV3								Niveau régional=NV2			Niveau national=NV1		
RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MILIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	N1_RHF_NATURE
139AM01	Dalle nacrée du Callovien inférieur et calcaires marneux et oolitiques du Bathonien supérieur à l'est du Bassin Parisien	34000	3	3	5	1	2	139AM	Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) du Bassin parisien, à l'est du sillon marneux du Bathonien-Callovien	3	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	12
139AM03	Dalle d'Etain du Bathonien-Callovien Nord Lorraine à l'est du Bassin Parisien (bassin Rhin-Meuse)	34100	3	3	5	2	2	139AM	Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) du Bassin parisien, à l'est du sillon marneux du Bathonien-Callovien	3	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	12
139AM05	Calcaires blancs, dalle d'étain, marnes à Rhynchonelles du Bathonien moyen à l'est du Bassin Parisien	34200	3	3	6	1	2	139AM	Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) du Bassin parisien, à l'est du sillon marneux du Bathonien-Callovien	3	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	12
139AM07	Dalle oolithique du Bathonien-Callovien (Sud Lorraine) en Lorraine et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Rhin-Meuse)	34301	3	3	5	4	2	139AM	Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) du Bassin parisien, à l'est du sillon marneux du Bathonien-Callovien	3	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	12
139AM09	Caillasses à Anabacia et marnes à Térébratules du Bathonien-Callovien à l'est du Bassin Parisien	34300	3	3	6	1	2	139AM	Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) du Bassin parisien, à l'est du sillon marneux du Bathonien-Callovien	3	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	12
139AM19	Oolithes avec passées marneuses, Oolithe miliaire, Oolithe de Jaumont, Oolithe de Doncourt, Oolithe blanche et Grande Oolithe du Bathonien inférieur et Bajocien supérieur	34400	3	3	5	1	2	139AM	Calcaires du Bathonien-Callovien inférieur (Dogger) du Bassin parisien, à l'est du sillon marneux du Bathonien-Callovien	3	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	12
139AN99	Marnes et calcaires marneux indifférenciés, Marnes de Longwy en Lorraine et Marnes à Liostrea acuminata en Champagne du Bajocien supérieur-Bathonien du Bassin Parisien	36900	3	X	6	1	2	139AN	Marnes du Bajocien-Bathonien du Bassin parisien	4	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	12
139AP09	Formation ferrifère (Minette de Lorraine) de l'Aalénien-Bajocien en Lorraine (bassin Rhin-Meuse)	37200	3	3		2		139AP	Calcaires de l'Aalénien-Bajocien du Bassin Parisien	3	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	12
139AP10	Formation ferrugineuse (minerai de fer oolithique) de l'Aalénien de l'est du Bassin Parisien (bassin Rhin-Meuse)	37510	3	3	6	2	2	139AP	Calcaires de l'Aalénien-Bajocien du Bassin Parisien	3	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	12
139AP99	Calcaires de l'Aalénien-Bajocien du Bassin Parisien	37500	3	3	5	4	2	139AP	Calcaires de l'Aalénien-Bajocien du Bassin Parisien	3	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Bassin Parisien	12
141AB01	Grès supraliasiques, marnes et schistes carton du Lias sup. du Bassin Parisien	38890	3	X	7	1	2	141AB	Marnes du Toarcien (Lias sup.) du Bassin Parisien	4	141	Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) du Bassin Parisien	2
141AB99	Marnes du Toarcien (Lias sup.) du Bassin Parisien	38900	3	X	7	1	2	141AB	Marnes du Toarcien (Lias sup.) du Bassin Parisien	4	141	Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) du Bassin Parisien	2
141AC01	Grès médioliasique du Domérien, grès et calcaire gréseux et marnes du Pliensbachien du Bassin Parisien	39500	3	3	6	1	2	141AC	Grès, marnes et calcaires du Pliensbachien (Lias moyen) du Bassin Parisien	4	141	Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) du Bassin Parisien	2
141AG01	Grès de Virton du Sinémurien en Champagne et Lorraine (bassin Rhin-Meuse)	41000	3	3	6	1	2	141AG	Calcaires, Grès, Calcaires argileux et Argiles de l'Hettangien-Sinémurien (Lias inf.) du Bassin Parisien	4	141	Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) du Bassin Parisien	2
141AG03	Grès d'Hettange, Grès et calcaires sableux d'Orval et de Florenville (Hettangien) au nord de la Champagne et de la Lorraine (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	41100	3	3	5	1	2	141AG	Calcaires, Grès, Calcaires argileux et Argiles de l'Hettangien-Sinémurien (Lias inf.) du Bassin Parisien	4	141	Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) du Bassin Parisien	2
141AG05	Calcaires, grès, calcaires argileux et argiles de l'Hettangien-Sinémurien (Lias inf.) du Bassin Parisien	41120	3	3	5	4	2	141AG	Calcaires, Grès, Calcaires argileux et Argiles de l'Hettangien-Sinémurien (Lias inf.) du Bassin Parisien	4	141	Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) du Bassin Parisien	2
141AG07	Grès d'Hettange sous Calcaires à gryphées de l'Hettangien au nord de la Lorraine (bassin Rhin-Meuse)	41140	3	3	5	1	2	141AG	Calcaires, Grès, Calcaires argileux et Argiles de l'Hettangien-Sinémurien (Lias inf.) du Bassin Parisien	4	141	Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) du Bassin Parisien	2
143AB01	Argiles rouges de Levallois du Rhétien en Lorraine et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Rhin-Meuse, majoritairement)	41450	3	X	7	1	2	143AB	Grès rhétiens et argiles rouges (Trias supérieur) du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	4	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AB03	Grès rhétiens en Lorraine et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Rhin-Meuse, majoritairement)	41451	3	3	5	1	2	143AB	Grès rhétiens et argiles rouges (Trias supérieur) du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	4	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AB99	Grès et argiles indifférenciés du Rhétien (Trias sup.) du Bassin Parisien	41459	3	3	6	1	2	143AB	Grès rhétiens et argiles rouges (Trias supérieur) du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	4	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AD01	Marnes irisées supérieures et Argiles de Chanville du Keuper en Lorraine et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	41800	3	X	7	1	2	143AD	Dolomies et Marnes du Keuper (Trias sup.) du Bassin parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	4	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AD03	Dolomie de Beaumont, Marnes irisées moyennes et Grès à roseaux du Keuper en Lorraine et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	41850	3	3	5	4	2	143AD	Dolomies et Marnes du Keuper (Trias sup.) du Bassin parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	4	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AD05	Marnes irisées inférieures du Keuper de Lorraine et d'Alsace en Lorraine et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	41900	3	X	7	1	2	143AD	Dolomies et Marnes du Keuper (Trias sup.) du Bassin parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	4	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AE01	Dolomie limite (si différenciée), Dolomie et Marnes bariolées de la Lettenkohle en Lorraine, Alsace et Chamagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	42000	3	3	6	2	2	143AE	Calcaires du Muschelkalk supérieur (Trias moyen) et Dolomies et Argiles de la Lettenkohle (Keuper inf., Trias moyen) du Bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AE03	Dolomie inférieure de la Lettenkohle d'Alsace et de Lorraine en Lorraine, Alsace et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	42100	3	3	5	2	2	143AE	Calcaires du Muschelkalk supérieur (Trias moyen) et Dolomies et Argiles de la Lettenkohle (Keuper inf., Trias moyen) du Bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12

RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MILIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	N1_RHF_NATURE
143AE05	Calcaires à cératites, calcaires à entroques et couches blanches du Muschelkalk en Lorraine, Alsace et Champagne à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	42200	3	3	5	2	2	143AE	Calcaires du Muschelkalk supérieur (Trias moyen) et Dolomies et Argiles de la Lettenkohle (Keuper inf., Trias moyen) du Bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AE99	Calcaires du Muschelkalk supérieur (Trias moyen) et Dolomies et Argiles de la Lettenkohle (Keuper inf., Trias moyen) du Bassin Parisien	41950	3	1	5	5	2	143AE	Calcaires du Muschelkalk supérieur (Trias moyen) et Dolomies et Argiles de la Lettenkohle (Keuper inf., Trias moyen) du Bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AF01	Formations variées du Muschelkalk supérieur et Lettenkohle Nord Franche-Comté	42250	3	3	3	1	2	143AF	Formations variées du Muschelkalk supérieur et de la Lettenkohle (Trias moyen) Nord Franche-Comté (bassin Rhône-Méditerranée)	3	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AI01	Couches grises et rouges du Muschelkalk moyen et inférieur du Bassin Parisien	42400	3	3	6	1	2	143AI	Marnes et Argiles du Muschelkalk moyen et inférieur (Trias moyen) du Bassin Parisien	4	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AI03	Dolomie à Myophoria orbicularis, Marnes à Myacites (et Grès coquillier indifférencié) du Muschelkalk inférieur du Bassin Parisien	42500	3	3	6	2	2	143AI	Marnes et Argiles du Muschelkalk moyen et inférieur (Trias moyen) du Bassin Parisien	4	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AI99	Marnes et argiles du Muschelkalk moyen et inférieur (Trias moyen) du Bassin parisien, partie indifférenciée du Bassin Parisien	42599	3	X	7	1	2	143AI	Marnes et Argiles du Muschelkalk moyen et inférieur (Trias moyen) du Bassin Parisien	4	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AJ01	Domaine marneux du Muschelkalk moyen (Trias moyen), Nord Franche-Comté dans le bassin Rhône-Méditerranée	42520	3	3	4	1	2	143AJ	Domaine marneux du Muschelkalk moyen (Trias moyen), Nord Franche-Comté dans le bassin Rhône-Méditerranée	4	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AK01	Grès coquilliers du Muschelkalk inférieur et Grès à Voltzia (Trias inférieur) à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	42600	3	3	5	1	2	143AK	Grès du Trias inf. du Bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AK03	Couches intermédiaires et Conglomérat principal du Buntsandstein supérieur à l'est du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	42700	3	3	5	1	2	143AK	Grès du Trias inf. du Bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AK05	Grès vosgien s.s. et Conglomérat inférieur de Lorraine et Grès Vosgiens indifférenciés du Buntsandstein et du Permien d'Alsace en Lorraine	42800	3	3	5	1	2	143AK	Grès du Trias inf. du Bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AK07	Grès d'Annweiler et Grès de Senones du Buntsandstein en Lorraine dans le bassin Rhône Méditerranée	42900	3	3	6	1	2	143AK	Grès du Trias inf. du Bassin Parisien	3	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143AL01	Grès du Trias inférieur Nord Franche-Comté	42950	3	3	3	1	2	143AL	Grès du Trias inférieur Nord Franche-Comté, dans le bassin Rhône-Méditerranée	3	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
143DA00	NV3 absent, nom de l'entité NV2 : Dolomies et Marnes du Keuper dans le bassin Rhône-Méditerranée	42240	3	0				143DA	Dolomies et Marnes du Keuper dans le bassin Rhône-Méditerranée	4	143	Grand système multicouche du Trias du bassin Parisien	12
145AA01	Couches de Champenay, de Frapelle et Couches de St-Dié du Permien en Lorraine	43000	3	2	5	2	2	145AA	Houiller du Carbonifère supérieur dans le bassin Rhin-Meuse	4	145	Formations du Dévonien au Carbonifère supérieur ("Houiller") du bassin Rhin-Meuse	2
123CA01	Gaize de l'Argonne, Gaize de Vouziers, Gaize de Marlemont, Marnes de Givron, Sables de la Hardoye du Cénomanien supérieur de l'est du Bassin Parisien	23400	3	3	5	1	2	123CA	Gaize de l'Argonne, Gaize de Vouziers, Gaize de Marlemont, Marnes de Givron, Sables de la Hardoye du Cénomanien supérieur de l'est du Bassin Parisien	0	123	Grand système multicouche du Cénomanien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12
125AA01	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur à moyen et de l'Albien supérieur du Bassin Parisien	24900	3	X	7	1	2	125AA	Argiles du Gault, marnes et gaizes du Cénomanien inférieur à moyen et de l'Albien supérieur du Bassin parisien	4	125	Grand domaine hydrogéologique des Argiles, Marnes et Gaizes du Cénomanien inf. et de l'Albien sup. du Bassin Parisien	12
127AA99	Sables indifférenciés et argiles de l'Apto-Albien du Bassin Parisien	26900	3	3	5	1	2	127AA	Sables verts de l'Aptien-Albien du Bassin parisien	3	127	Grand système multicouche du Crétacé inf. du Bassin Parisien	12
127AC01	Argiles de l'Aptien-Barrémien du Bassin Parisien	27910	3	X	7	1	2	127AC	Argiles de l'Albien inférieur au Barrémien (Aptien-Barrémien) du Bassin Parisien	4	127	Grand système multicouche du Crétacé inf. du Bassin Parisien	12
127AC03	Sables argileux du Barrémien supérieur du Bassin Parisien	27920	3	3	5	1	2	127AC	Argiles de l'Albien inférieur au Barrémien (Aptien-Barrémien) du Bassin Parisien	4	127	Grand système multicouche du Crétacé inf. du Bassin Parisien	12
127AC05	Lumachelles, argiles et marnes ostréennes du Barrémien inférieur du Bassin Parisien	27930	3	X	7	1	2	127AC	Argiles de l'Albien inférieur au Barrémien (Aptien-Barrémien) du Bassin Parisien	4	127	Grand système multicouche du Crétacé inf. du Bassin Parisien	12
127AG03	Calcaires du Néocomien de l'Hauterivien-Barrémien du Bassin Parisien	28920	3	3	5	1	2	127AG	Sables, grès et calcaires du Crétacé inférieur (Néocomien) dans les bassins Seine-Normandie (majoritairement), nord-Loire Bretagne et sud Artois-Picardie	3	127	Grand système multicouche du Crétacé inf. du Bassin Parisien	12
127AG05	Sables et argiles du Wealdien (Néocomien), sables blancs, grès ferrugineux et marnes du Valanginien calcaires marneux (Hauterivien) du Bassin Parisien	28930	3	X	6	1	2	127AG	Sables, grès et calcaires du Crétacé inférieur (Néocomien) dans les bassins Seine-Normandie (majoritairement), nord-Loire Bretagne et sud Artois-Picardie	3	127	Grand système multicouche du Crétacé inf. du Bassin Parisien	12
131AA94	Dolomies du Tithonien du Bassin Parisien	30015	3	0	5			131AA	Calcaires du Tithonien du Bassin Parisien	3	131	Grand système aquifère du Tithonien du Bassin Parisien	1
131AA95	Calcaires marneux du Tithonien en Lorraine et Champagne	30020	3	X	7	4	2	131AA	Calcaires du Tithonien du Bassin Parisien	3	131	Grand système aquifère du Tithonien du Bassin Parisien	1
131AA97	Calcaires du Tithonien inférieur du Bassin Parisien	30030	3	3	5	5	2	131AA	Calcaires du Tithonien du Bassin Parisien	3	131	Grand système aquifère du Tithonien du Bassin Parisien	1
133AA01	Marnes à exogyres supérieures et marnes et calcaires indifférenciés du Kimméridgien en Lorraine (bassin Seine-Normandie)	31010	3	X	7	1	2	133AA	Marnes du Kimméridgien du Bassin Parisien	4	133	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimmeridgien du Bassin Parisien	2
133AA02	Marnes et calcaires indifférenciés du Kimméridgien supérieur B en Lorraine (bassin Seine-Normandie)	31020	3	X	7	1	2	133AA	Marnes du Kimméridgien du Bassin Parisien	4	133	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimmeridgien du Bassin Parisien	2
133AA04	Marnes à exogyres moyennes et marnes et calcaires indifférenciés du Kimméridgien en Lorraine (bassin Seine-Normandie)	31030	3	X	7	1	2	133AA	Marnes du Kimméridgien du Bassin Parisien	4	133	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimmeridgien du Bassin Parisien	2
133AA05	Calcaires blancs supérieurs du Kimmeridgien en Lorraine (bassin Seine-Normandie)	31020	3	3	5	1	2	133AA	Marnes du Kimméridgien du Bassin Parisien	4	133	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimmeridgien du Bassin Parisien	2

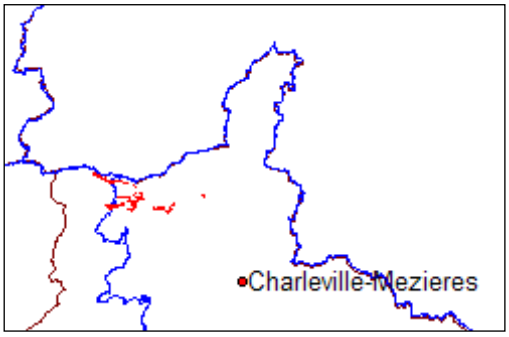
RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MILIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	N1_RHF_NATURE
133AA06	Marnes et calcaires indifférenciés du Kimméridgien supérieur D en Lorraine (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	31040	3	X	7	4	2	133AA	Marnes du Kimméridgien du Bassin Parisien	4	133	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimmeridgien du Bassin Parisien	2
133AA07	Marnes à exogyres et marno-calcaires supérieurs B du Kimmeridgien en Lorraine (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	31011	3	3	6	1	2	133AA	Marnes du Kimméridgien du Bassin Parisien	4	133	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimmeridgien du Bassin Parisien	2
133AA08	Marnes à exogyres inférieures et marnes et calcaires indifférenciés du Kimméridgien en Lorraine (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	31050	3	X	7	1	2	133AA	Marnes du Kimméridgien du Bassin Parisien	4	133	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimmeridgien du Bassin Parisien	2
133AA09	Marnes à exogyres et marno-calcaires supérieurs A du Kimmeridgien en Lorraine (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	31021	3	X	6	1	2	133AA	Marnes du Kimméridgien du Bassin Parisien	4	133	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimmeridgien du Bassin Parisien	2
133AA13	Calcaires blancs inférieurs du Kimmeridgien en Lorraine (bassin Seine-Normandie et bassin Rhin-Meuse)	31040	3	3	5	2	2	133AA	Marnes du Kimméridgien du Bassin Parisien	4	133	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimmeridgien du Bassin Parisien	2
135AA51	Calcaires de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur du Bassin Parisien, calcaires rocailleux à ptérocères, Calcaires à Astartes, Oolithe de Lamothe, Calcaires sublithographiques et Argiles à Ostrea	31100	3	3	5	4	2	135AA	Calcaires de l'Oxfordien supérieur au Kimméridgien du Bassin Parisien	3	135	Grand système aquifère du Kimmeridgien à l'Oxfordien sup. du Bassin Parisien	1
135AA61	Calcaire corallien de l'Oxfordien moyen à supérieur du Bassin Parisien	31900	3	3	5	4	2	135AA	Calcaires de l'Oxfordien supérieur au Kimméridgien du Bassin Parisien	3	135	Grand système aquifère du Kimmeridgien à l'Oxfordien sup. du Bassin Parisien	1
137AB01	Terrains à chailles, oolithe ferrugineuse et calcaires marneux du Callovo-Oxfordien du Bassin Parisien (bassin Seine-Normandie)	33100	3	X	7	1	2	137AB	Marnes du Callovo-Oxfordien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
137AB99	Marnes indifférenciées du Callovo-Oxfordien du Bassin parisien	32920	3	X	7	1	2	137AB	Marnes du Callovo-Oxfordien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
141AC03	Marnes à Amaltheus margaritatus du Domérien en Lorraine, Marnes et argiles du Pliensbachien du Bassin Parisien	39600	3	X	7	1	2	141AC	Grès, marnes et calcaires du Pliensbachien (Lias moyen) du Bassin Parisien	4	141	Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) du Bassin Parisien	2
141AE01	Marnes sableuses de Hondelange (Grès de Linay) du Lias inf. en Champagne et Nord Lorraine (bassin Rhin-Meuse)	39980	3	X	6	2	2	141AE	Marnes et Calcaires argileux du Lias inf. du Bassin Parisien	4	141	Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) du Bassin Parisien	2
141AE05	Argiles à Promicroceras du Lias inf. du Bassin Parisien	40000	3	X	7	1	2	141AE	Marnes et Calcaires argileux du Lias inf. du Bassin Parisien	4	141	Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inf. (Lias) du Bassin Parisien	2
231AA01	Formations volcaniques des Vosges dans le bassin versant de la Sarre blanche en Lorraine	50000	3	X	7	2	3	231AA	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Sarre blanche	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AC01	Formations volcaniques et métamorphiques des Vosges dans le bassin versant de la Plaine en Lorraine	50000	3	X	7	2	3	231AC	Socle cristallin des Vosges dans les bassins versants du Rabodeau et de la Plaine	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AC02	Formations volcaniques et plutoniques des Vosges dans le bassin versant du Rabodeau en Lorraine	50000	3	X	7	2	3	231AC	Socle cristallin des Vosges dans les bassins versants du Rabodeau et de la Plaine	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AD01	Formations plutoniques et volcaniques des Vosges dans le bassin versant de la Meurthe et de la Hure avant le confluent avec la Plaine en Lorraine	50000	3	2	6	2	3	231AD	Formations plutoniques et volcaniques des Vosges dans le bassin versant de la Meurthe et de la Hure avant le confluent avec la Plaine en Lorraine	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AE03	Formations majoritairement métamorphiques, et volcaniques et plutoniques des Vosges dans le bassin versant de la Fave en Lorraine	50000	3	2	6	2	3	231AE	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Meurthe de sa source au confluent du Rabodeau	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AE05	Formations majoritairement métamorphiques, et plutoniques des Vosges sur les crêtes du bassin versant de la Morte en Lorraine	50000	3	2	6	2	3	231AE	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Meurthe de sa source au confluent du Rabodeau	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AE07	Formations majoritairement métamorphiques, et plutoniques des Vosges sur les crêtes du bassin versant de la Meurthe amont en Lorraine	50000	3	X	7	2	3	231AE	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Meurthe de sa source au confluent du Rabodeau	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AG01	Formations plutoniques et métamorphiques des Vosges dans le bassin versant de la Vologne en Lorraine	50000	3	X	7	2	3	231AG	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Moselotte et de la Vologne	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AG02	Formations plutoniques des Vosges dans le bassin versant de la Moselotte en Lorraine	50000	3	X	7	2	3	231AG	Socle cristallin des Vosges dans le bassin versant de la Moselotte et de la Vologne	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AI01	Formations plutoniques et métamorphiques des Vosges dans le bassin versant de la Moselle (en aval de la Vologne) en Lorraine	50000	3	2	6	2	3	231AI	Socle des Vosges dans le bassin versant de la Moselle	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AI02	Formations métamophiques et plutoniques des Vosges dans le bassin versant de la Moselle (de la Moselotte au confluent de la Vologne) en Lorraine	50000	3	2	6	2	3	231AI	Socle des Vosges dans le bassin versant de la Moselle	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AI03	Formations plutoniques et volcaniques du bassin versant de la Moselle (de sa source au confluent de la Moselotte) en Lorraine	50000	3	2	6	2	3	231AI	Socle des Vosges dans le bassin versant de la Moselle	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AJ01	Socle du massif vosgien sud	50001	3	2	5	2	3	231AJ	Socle du Massif vosgien sud	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AM01	Socle du bassin versant de la Doller en Alsace	50002	3	2	6	2	3	231AM	Socle des Vosges dans le bassin versant de la Doller	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AN01	Socle du bassin versant de la Thur en Alsace	50000	3	2	7	2	3	231AN	Socle des Vosges dans le bassin versant de la Thur	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AO03	Socle du bassin versant de la Fecht en Alsace	50000	3	2	6	2	3	231AO	Socle du Grand Ballon des Vosges	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AP01	Socle du bassin versant de la Weiss en Alsace	50000	3	2	6	2	3	231AP	Socle des Vosges dans le bassin versant de la Weiss	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231AQ01	Socle du bassin versant de la Giessen en Alsace	50000	3	2	7	2	3	231AQ	Socle cristallophyllien des Vosges moyennes	4	231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2

RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MILIEU	RHF_THEME
231AQ03	Socle du bassin versant de la Liepvrette en Alsace	50000	3	2	7	2	3
231AR01	Socle du bassin versant de la Bruche en Alsace	50000	3	2	7	2	3
231AS01	Formations sédimentaires (Buntsandstein et Permien) de la Vallée de la Plaine en Alsace	42820	3	2	5	4	2

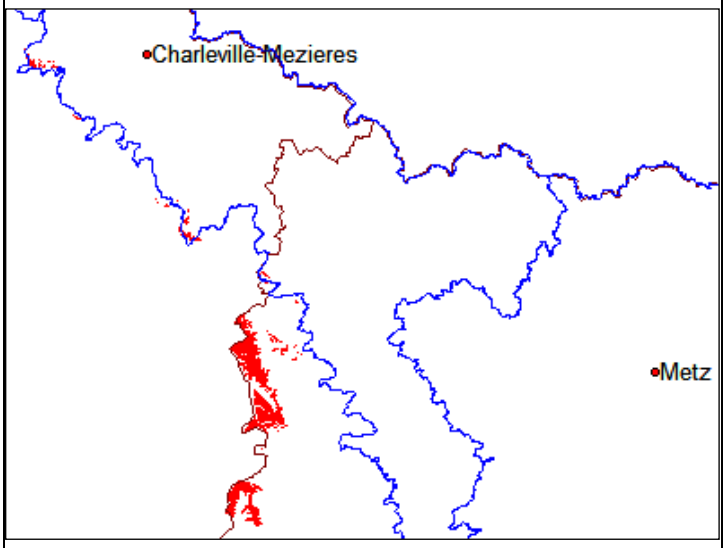
RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE
231AQ	Socle cristallophyllien des Vosges moyennes	4
231AR	Socle du Massif du Donon dans les Vosges	4
231AS	Formations sédimentaires du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur) de la Vallée de la Plaine en Alsace	3

RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	N1_RHF_NATURE
231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2
231	Socle du Massif Vosgien dans le bassin Rhin Meuse et formations du Permien et du Buntsandstein (Trias inférieur)	2

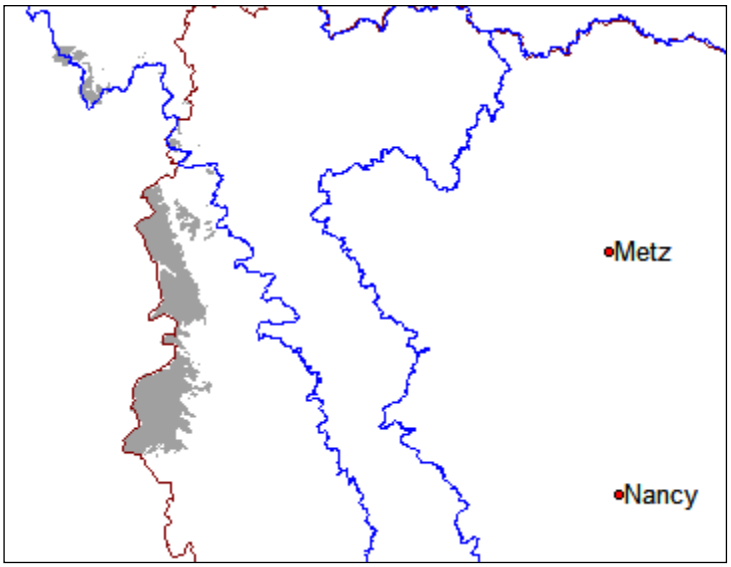
Annexe 2 - Cartes des entités NV3 partagées entre la Lorraine et Champagne-Ardenne (partie bassin Rhin-Meuse)



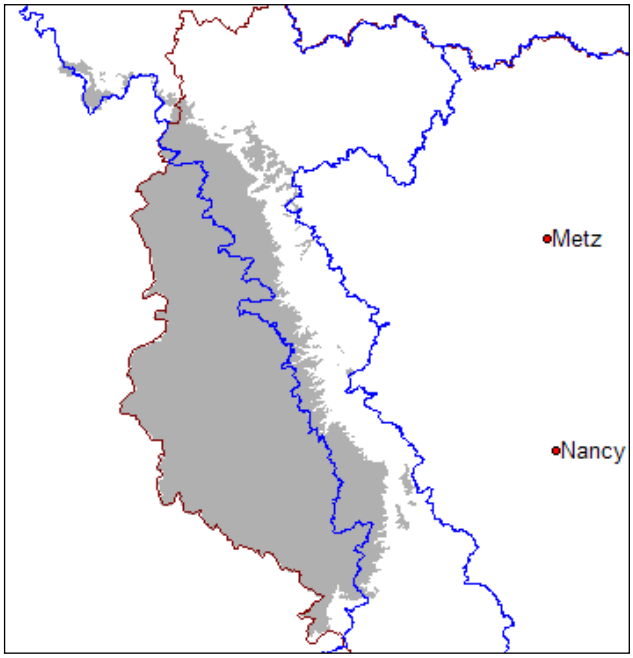
119A01 - Sables du Quesnoy



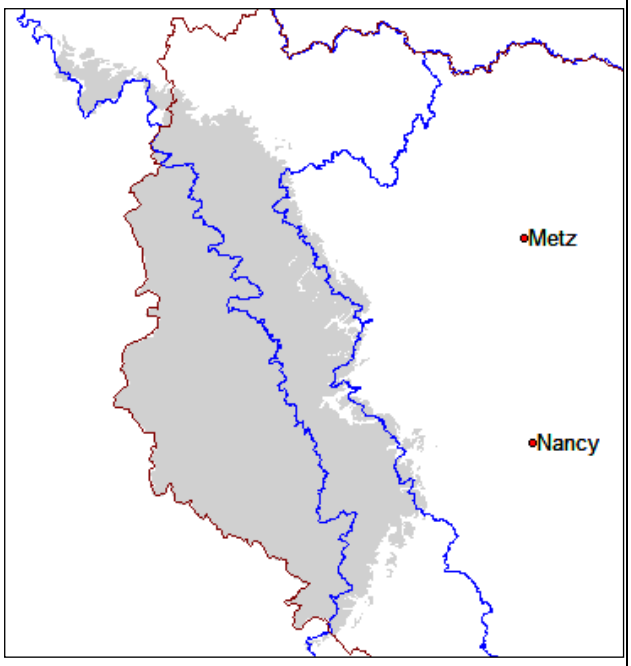
125A03 - Gaize d'Argonne



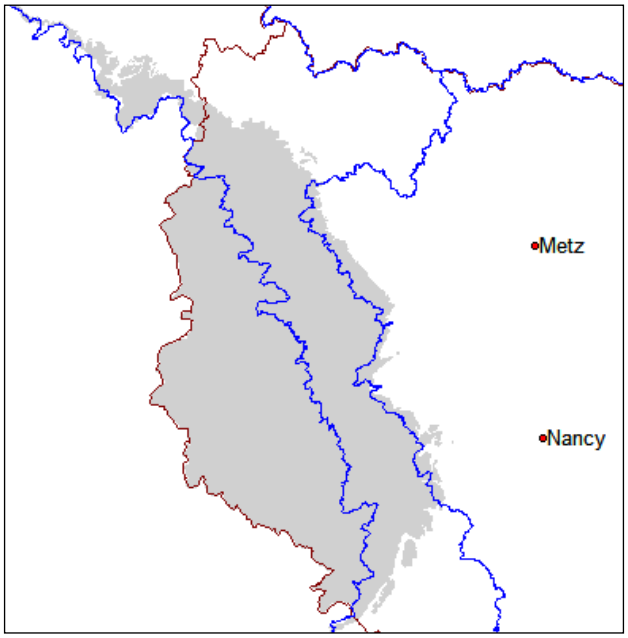
125A05 - Argiles du Gault



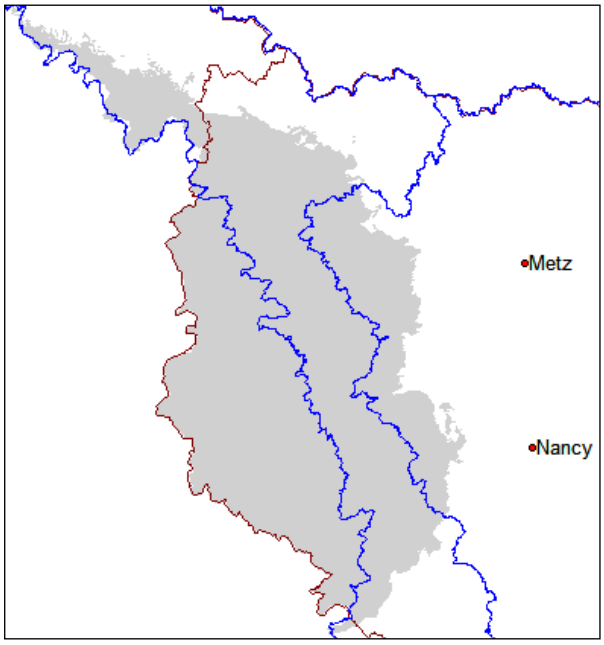
137A01 - Calcaires rocailleux à ptérocères, Calcaires à Astartes, Oolithe de Lamothe, Calcaires sublithographiques et Argiles à *Ostrea* du Kimméridgien inférieur



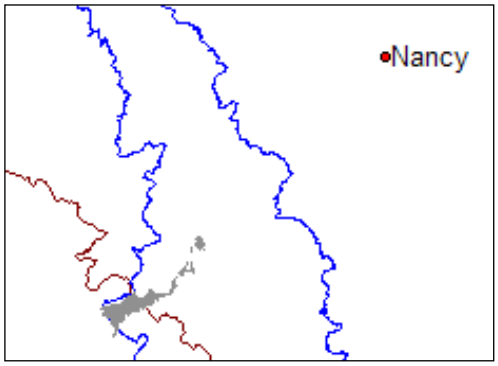
137C01 - Calcaires en plaquettes et Calcaires à polypiers de l'Oxfordien



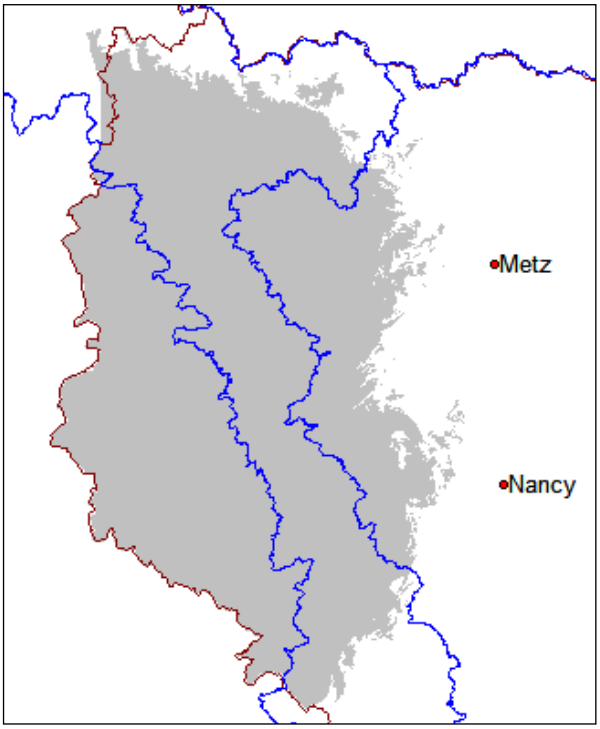
137C03 - Terrains à chailles avec localement Oolithes ferrugineuses, Calcaires marneux et Marnes blanches des Eparges de l'Oxfordien



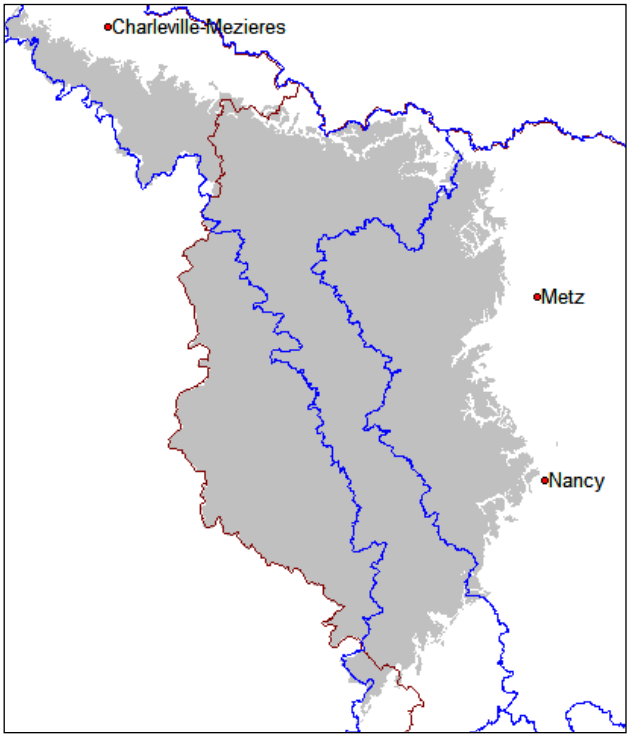
140A01 - Argiles de la Woëvre du Callovo-Oxfordien



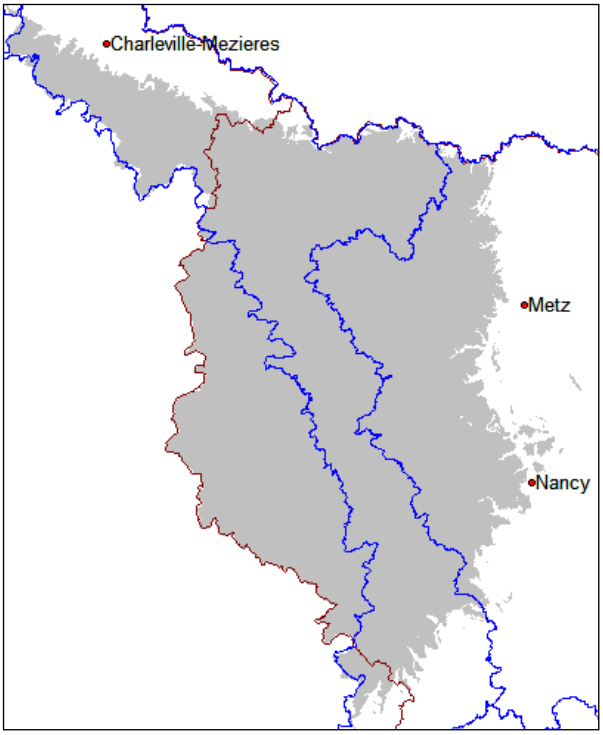
143A01 - Dalle nacrée du Bathonien-Callovien (Sud Lorraine)



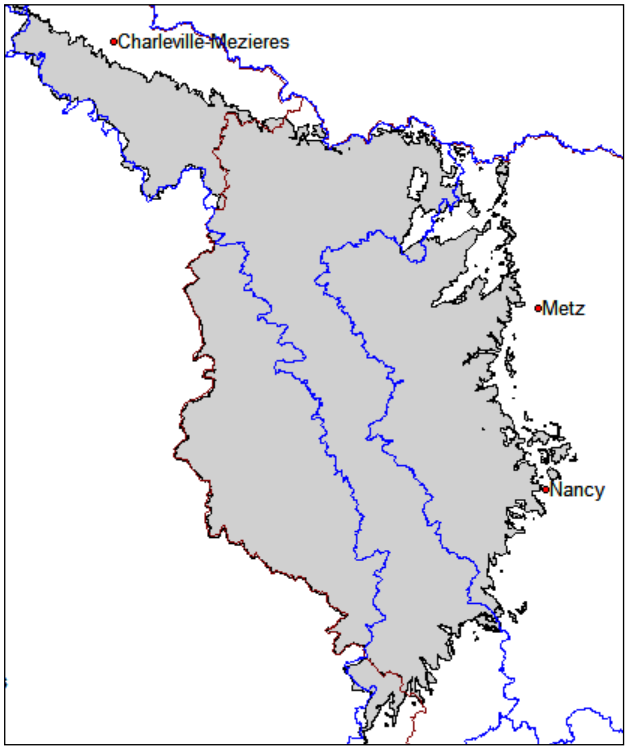
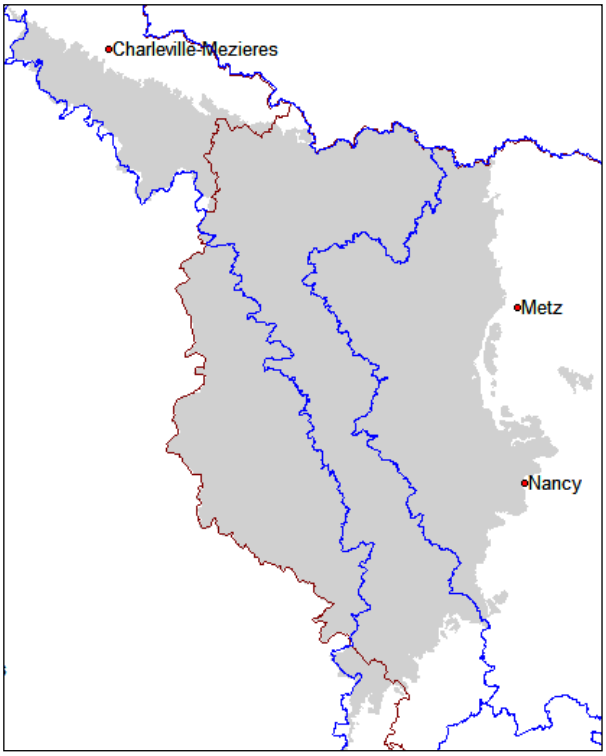
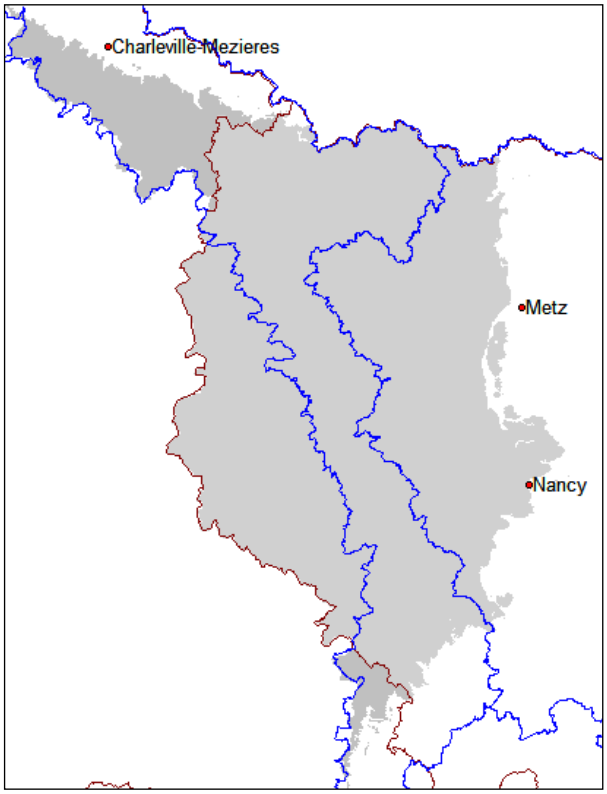
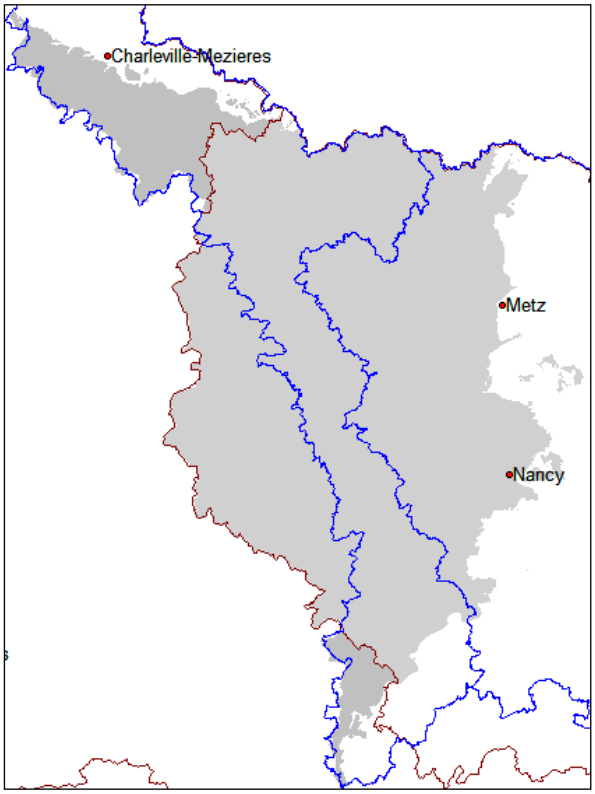
143A09 - Caillasse à *Anabacia* (et Marnes à *Terebratula*) du Bathonien-Callovien



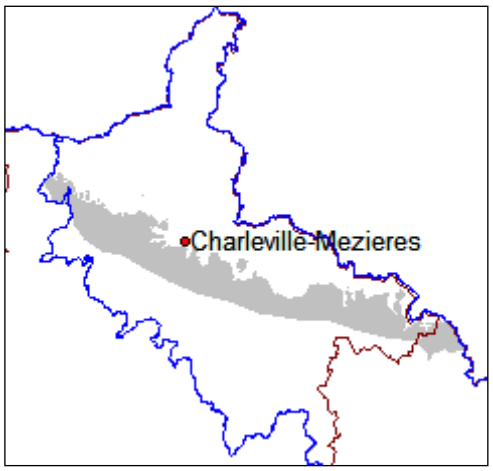
143C01 - Oolithes avec passées marneuses et Marnes de Longwy de l'Aalénien-Bajocien



143C03 - Calcaires à polypiers, Calcaires oolithiques et à entroques, Calcaires sableux

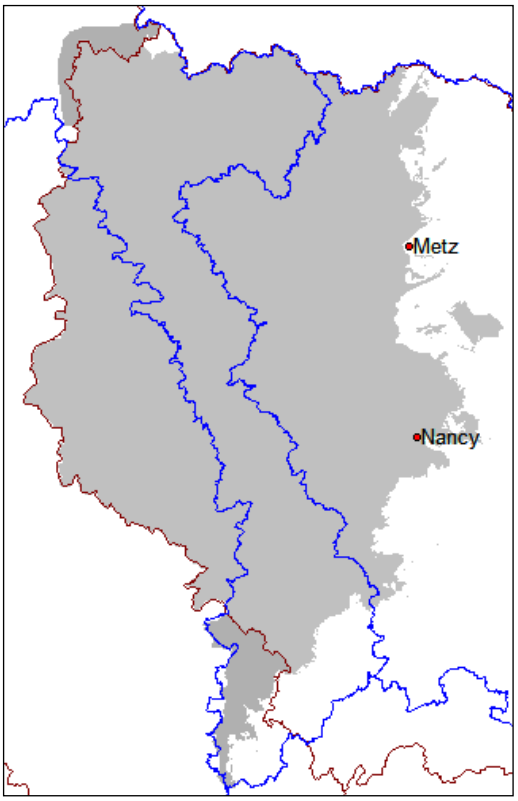
	et Marnes micacées de l'Aalénien-Bajocien
 143C07 - Formation ferrugineuse de l'Aalénien	 146A01 - Grès supraliasique, Marnes et Schistes carton du Lias supérieur
	

146C01 - Grès médioliasique (Domérien)

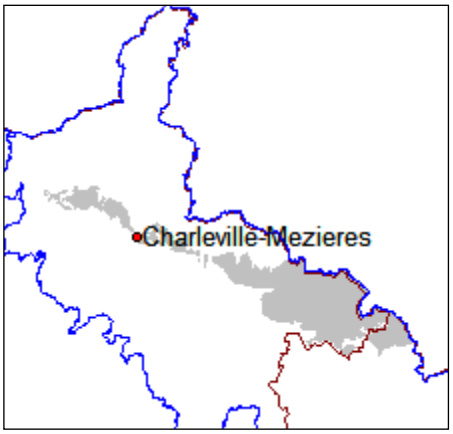


146E01 - Marnes sableuses de Hondelange (Grès de Linay) du Lias inférieur

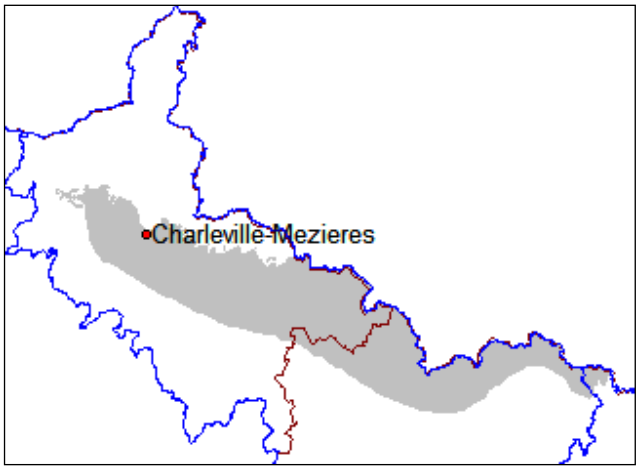
146C03 - Marnes à *Amaltheus margaritatus* du Domérien



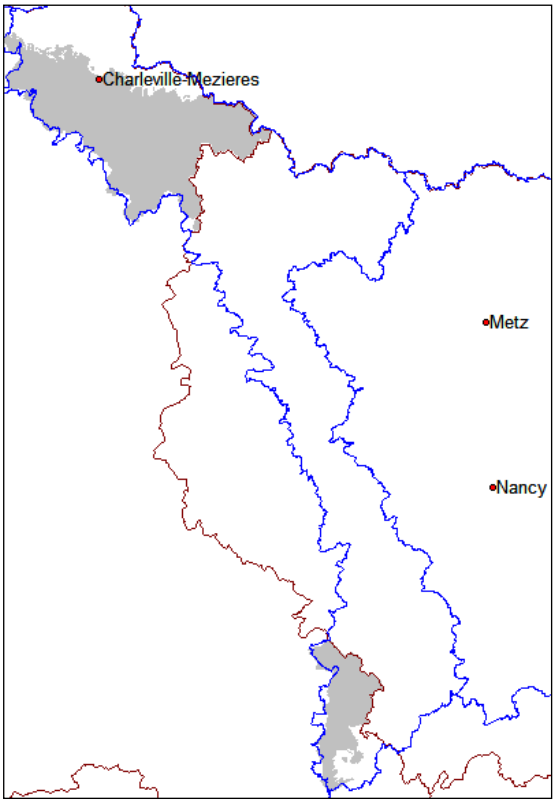
146E03 - Calcaires à *Prodactylioceras*, Marnes à *Zeilleria* et Calcaires ocreux du Lias inférieur



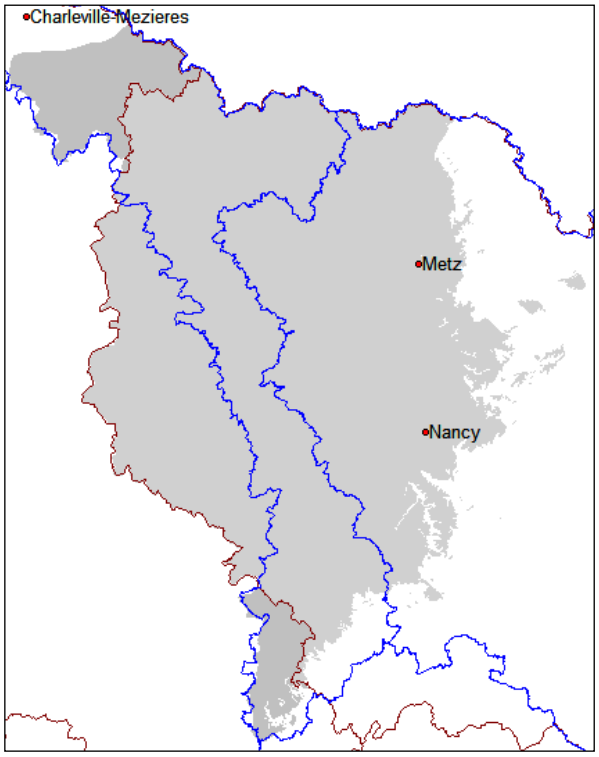
146G01 - Grès de Virton du Sinémurien



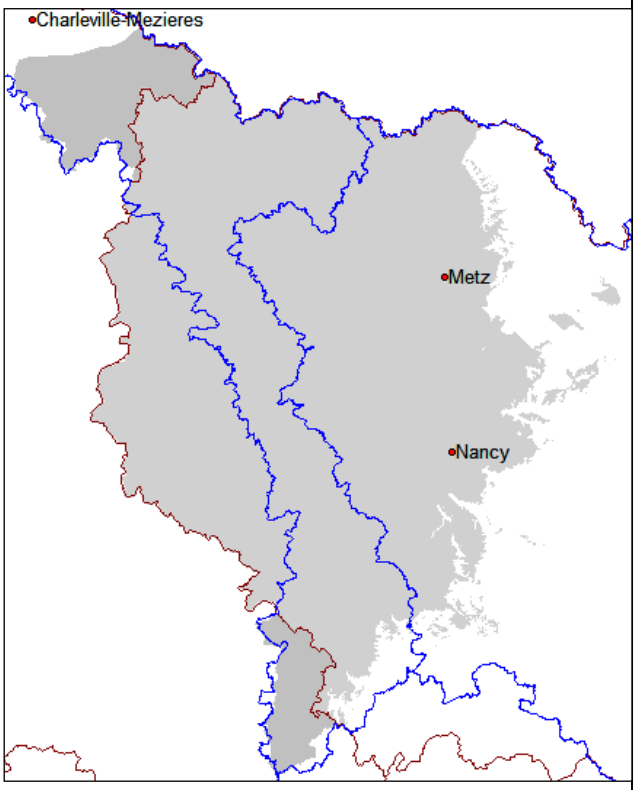
146G03 - Grès d'Hettange, Grès et calcaires sableux d'Orval et de Florenville (Hettangien)



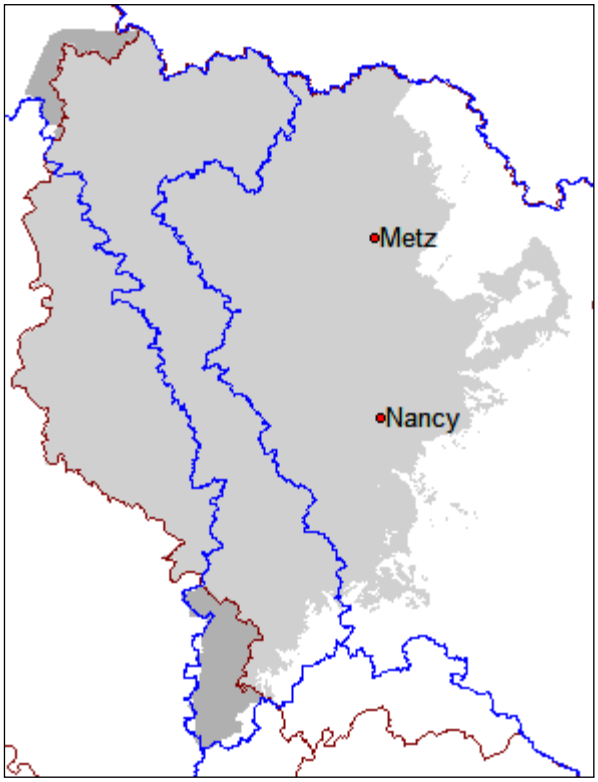
146G09 - Marnes de Warcq, calcaires argileux et calcaires gréseux de l'Hettangien



149A01 - Argiles rouges de Levallois du Rhétien

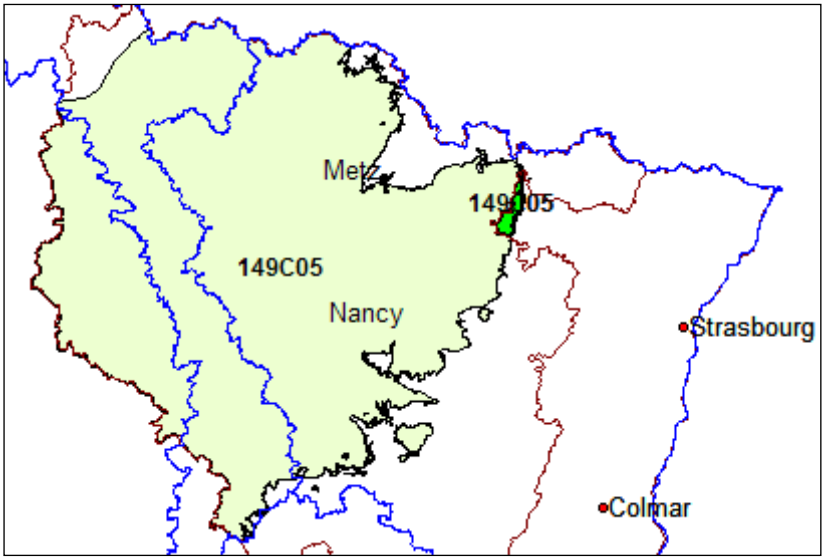


149A03 - Grès rhétiens

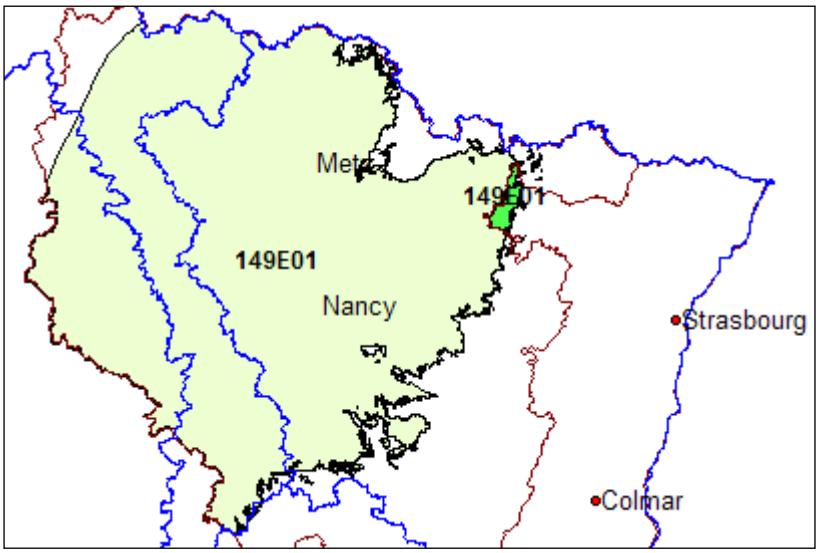


149C01 - Marnes irisées supérieures et Argiles de Chanville du Keuper

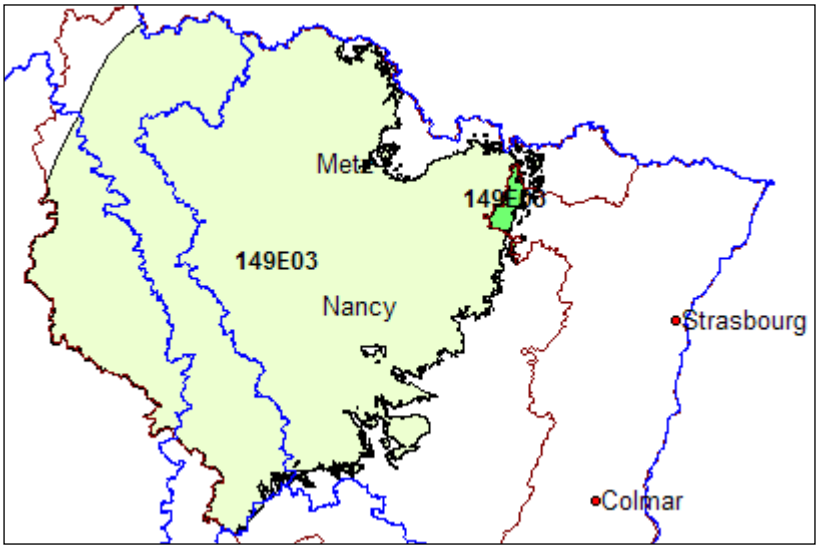
Annexe 3 - Cartes des entités NV3 partagées entre la Lorraine et l'Alsace (Alsace « bossue »)



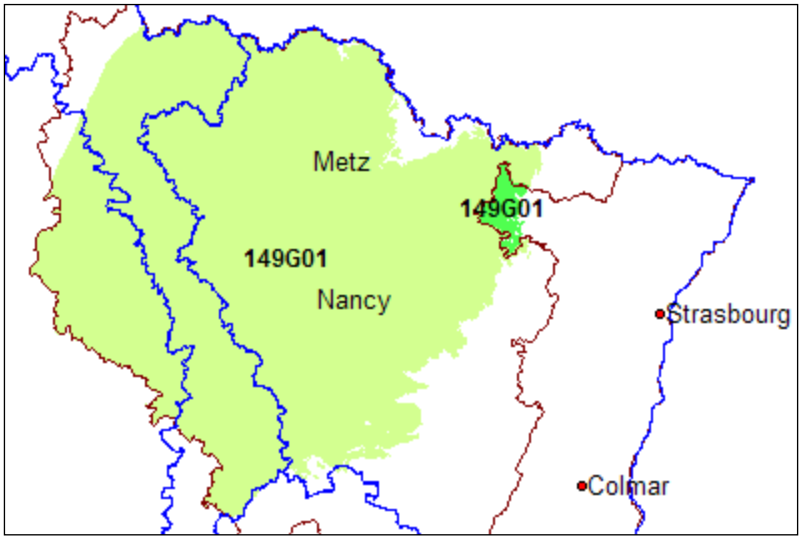
Marnes irisées inférieures du Keuper de Lorraine et d'Alsace



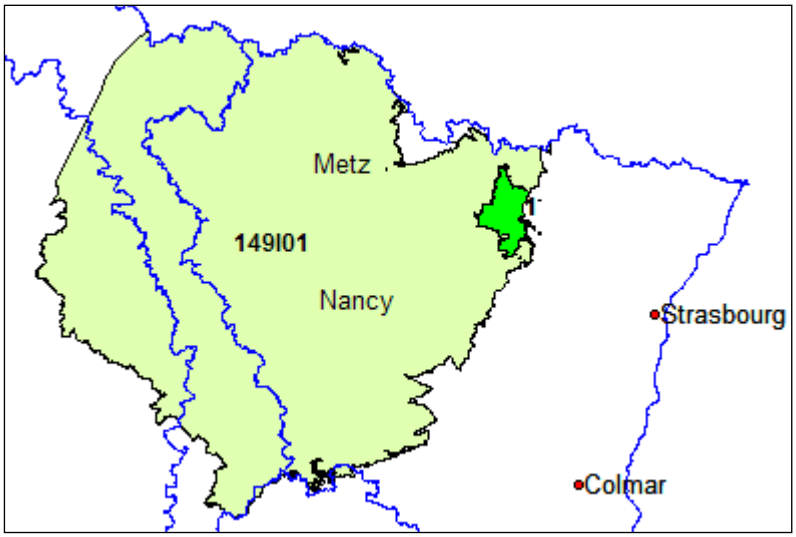
Dolomie limite (si différenciée), Dolomie et Marnes bariolées de la Lettenkohle de Lorraine et d'Alsace



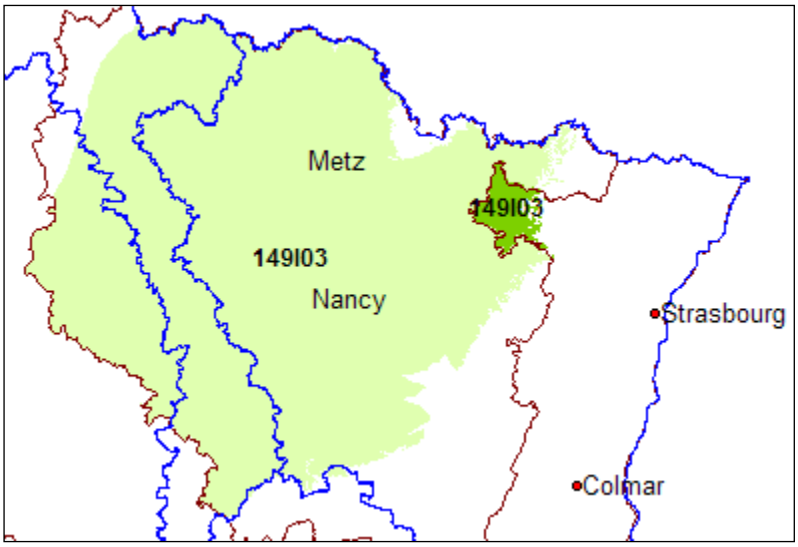
Dolomie inférieure de la Lettenkohle de Lorraine et d'Alsace



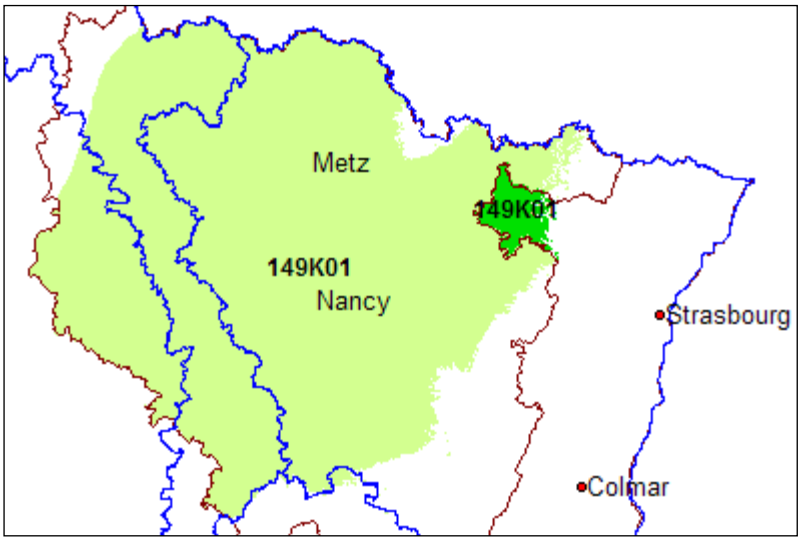
Calcaires à cératites et Calcaires à entroques du Muschelkalk supérieur de Lorraine et d'Alsace



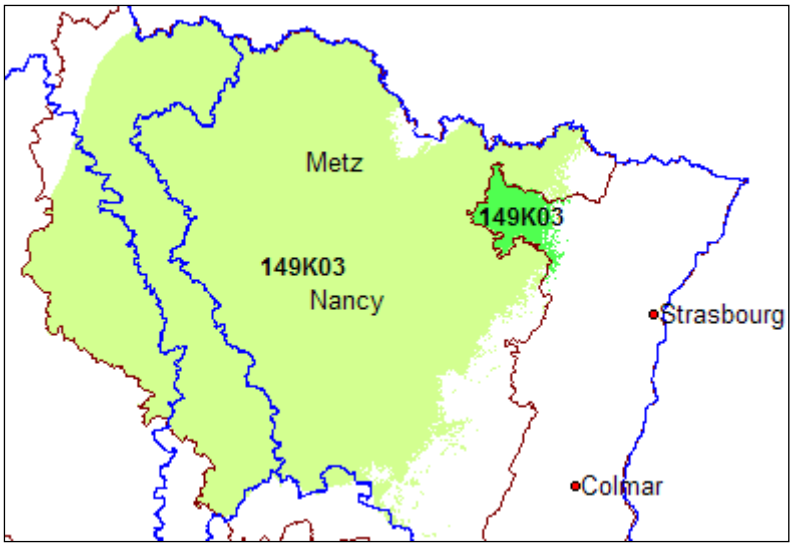
Couches blanches, grises et rouges du Muschelkalk moyen et inférieur de Lorraine et d'Alsace



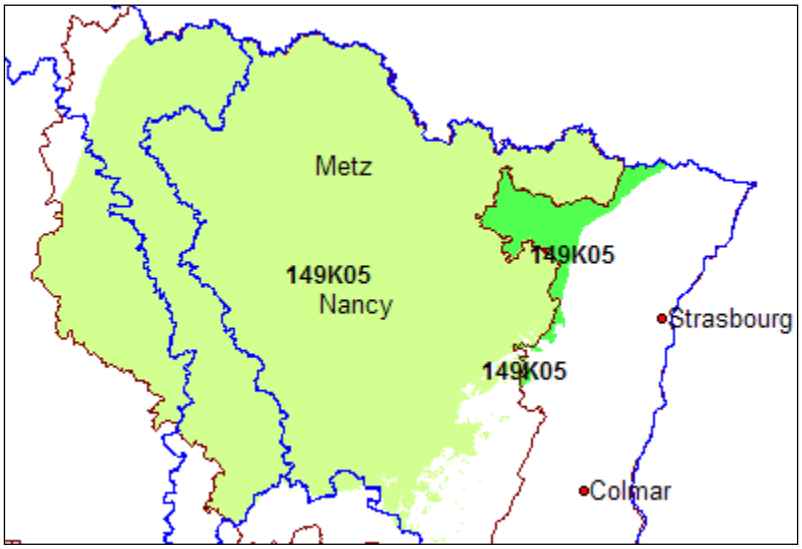
Dolomie à *Myophoria orbicularis*, Marnes à Myacites (et Grès coquillier indifférencié) du Muschelkalk inférieur de Lorraine et d'Alsace



Grès coquillier et Grès à *Voltzia* du Muschelkalk inférieur et du Buntsandstein supérieur de Lorraine et d'Alsace



Couches intermédiaires et Conglomérat principal du Buntsandstein supérieur de Lorraine et d'Alsace



Grès vosgien *s.s.* et Conglomérat inférieur de Lorraine et Grès vosgiens indifférenciés du Buntsandstein et du Permien d'Alsace

Annexe 4 - Note méthodologique sur le découpage en domaine de socle

La méthodologie de délimitation des entités en domaine de socle, exposée dans le guide méthodologique (Rapport BRGM RP 52261 - 2003) n'est pas applicable dans toutes les régions: peu de données, morcellement des formations, cartes non harmonisées ou manquantes. Pour pallier ces difficultés, une méthode a été proposée. Elle permet aussi d'avoir une homogénéité du découpage au niveau national.
Cette méthode, décrite au § 3.4 de cette annexe, peut être appliquée sur l'ensemble du territoire. Elle consiste à subdiviser les BV-Entités de niveau 2 en sous bassins (Sous-secteurs ou Zones Hydro BD-Carthage) et à les caractériser en fonction des données disponibles (lithologie, hydrogéologie). Proposée pour les régions Limousin et Auvergne, elle peut être reprise sans difficulté (et rapidement) pour les régions qui ont suivi (ou suivent) la méthodologie générale (Pays de Loire, Bretagne, Normandie), sans perdre le bénéfice du travail déjà réalisé. Elle est applicable aussi pour les régions MPY (entités NV3 constituées sur une base lithologique), en Alsace et en Lorraine.

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

1. Entités NV1

D'après le guide méthodologique:

« Le découpage est réalisé en suivant les bassins versants des grands cours d'eau. On regroupera éventuellement les petits bassins côtiers en ensembles. L'échelle de découpage doit aboutir à des entités de niveau national NV1 d'une superficie de l'ordre de quelques milliers de km^2 (3 000 à 5 000 km^2 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 km^2).

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/km^2 pour isoler les bassins schisteux et/ou gréseux.

Etape 3: affectation d'un QES aux bassins

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

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

Etape 4: regroupement suivant QES

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

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

3. Entités NV3

3.1. Critères du guide méthodologique

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

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

« *Au niveau des entités de niveau NV3, un recouvrement peut exister : quand elles existent, les altérites sont situées au-dessus de l'horizon fissuré des roches de socle (ces deux couches sont potentiellement aquifères). Comme les altérites n'ont été levées que sur certaines cartes géologiques et sur la base de connaissances anciennes hétérogènes, ces formations ne peuvent faire l'objet d'un traitement abouti au niveau NV3. Les placages importants cartographiés sont néanmoins pris en compte dans la partie « sédimentaire » du travail réalisé à ce stade de la BDRHF V2.*
Les altérites présentent pourtant un intérêt non négligeable sur le plan hydrogéologique en domaine de socle. L'amélioration de la connaissance de ces formations (levé homogène à l'échelle départemental) permettrait de mettre à jour de la BD RHF V2 mais aussi de mieux appréhender les ressources en eau souterraine de socle ».

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

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

2) 2ième 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) 5ième critère : **le débit spécifique des forages**

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

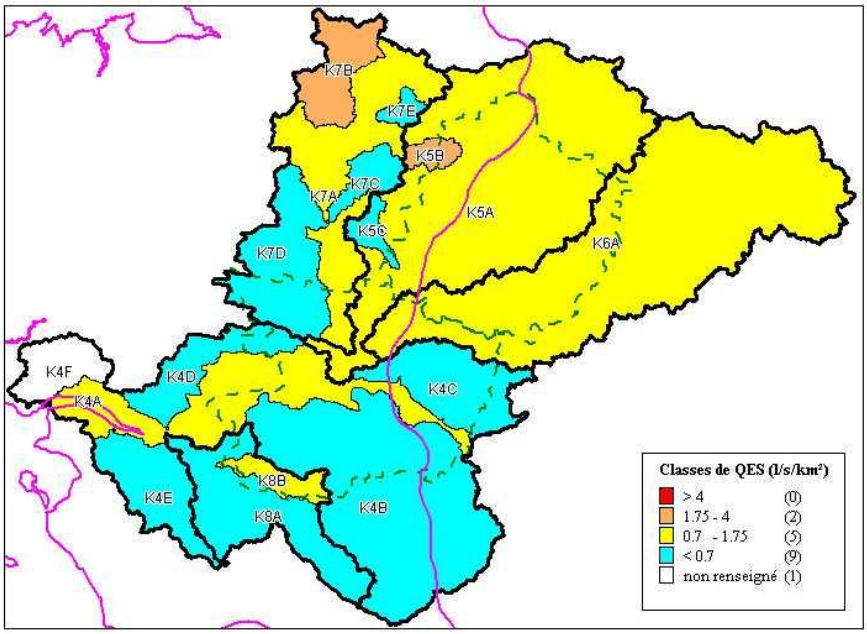


Illustration 1 - Classement des entités selon les valeurs de QES
(17 entités NV2 après assemblage)

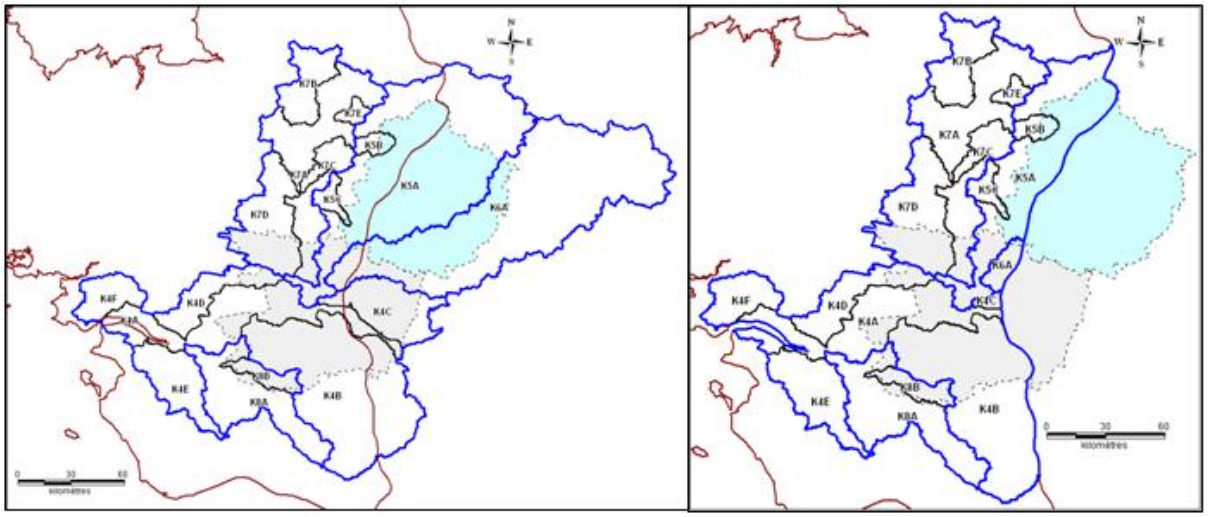


Illustration 2 - Entités de Socle de niveau NV2
(avant et après découpage grossier avec la limite des formations sédimentaires)

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

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

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

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

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

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

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

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

3) Délimitation des entités NV3

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

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

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

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

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

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

- *les **ensembles granitiques**, considérés comme des unités aquifères en raison de la nature généralement perméable des produits d'altération résultant (de type arène granitique),*

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

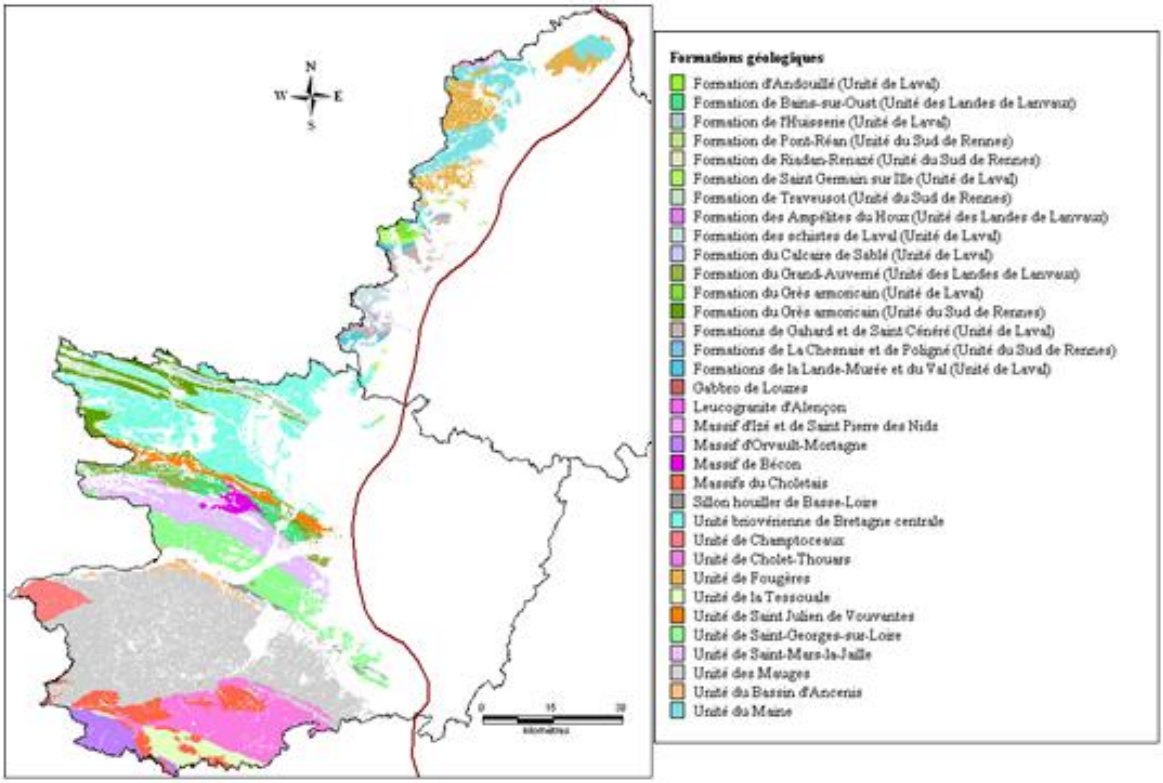


Illustration 3 – 34 entités géologiques au 1/50 000 dans les départements 49 et 72

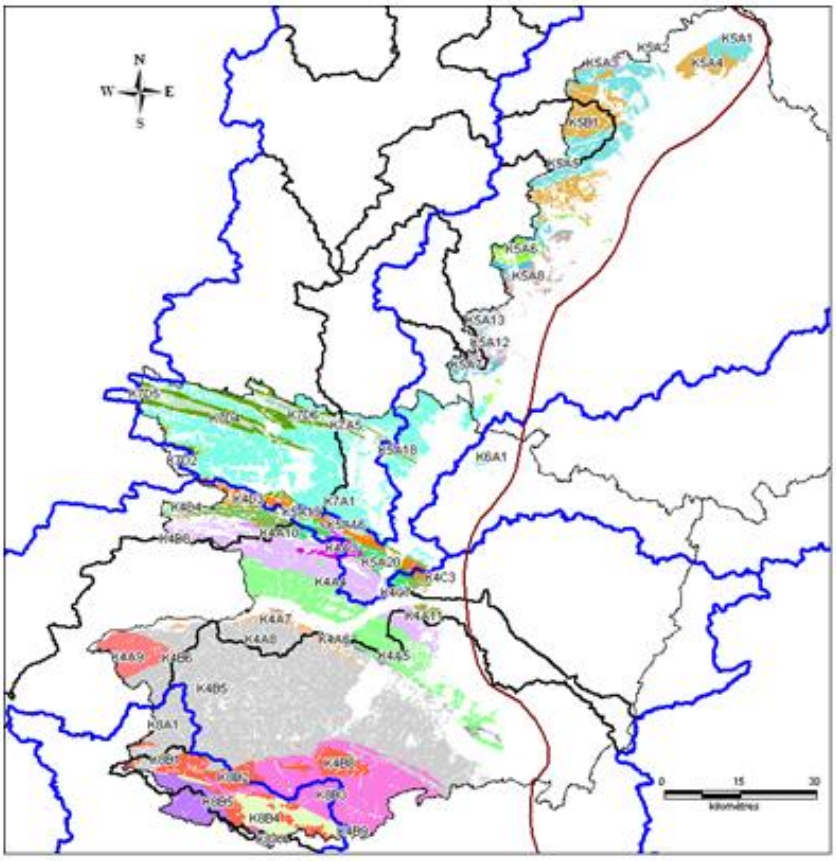


Illustration 4 – 91 entités hydrogéologiques NV3 dans les départements 49 et 72
(intersection entités géologiques ci-dessus par BV NV2)

« *La diversité des modes de formation des ensembles géologiques cartographiés (intrusions magmatiques, métamorphisme de contact, métamorphisme HP-HT, etc.) conduit à une complexité structurale sur toutes les zones de socle. La délimitation des ensembles est difficilement réalisable en pratique. Des formations cristallophylliennes peuvent ainsi être présentes au sein des unités granitiques et inversement. Les entités ont donc été délimitées en prenant en compte les dominantes lithologiques.*
La méthodologie adoptée présente l'intérêt de délimiter des systèmes potentiellement aquifères par la prise en compte combinée d'indices lithologiques et de limites de bassins versant.

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

Par ailleurs, la prise en compte locale d'intrusions filoniennes au sein de formations schisteuses pourrait indiquer la présence d'aquifères. Ce critère n'a pas été pris en compte en raison de la complexité géologique associée et du manque de données souligné au niveau local. De même, d'autres particularités géologiques locales donnent

souvent lieu à la formation de petits aquifères indépendants dont l'extension limitée ne permet pas de définir une unité de niveau NV3 ».

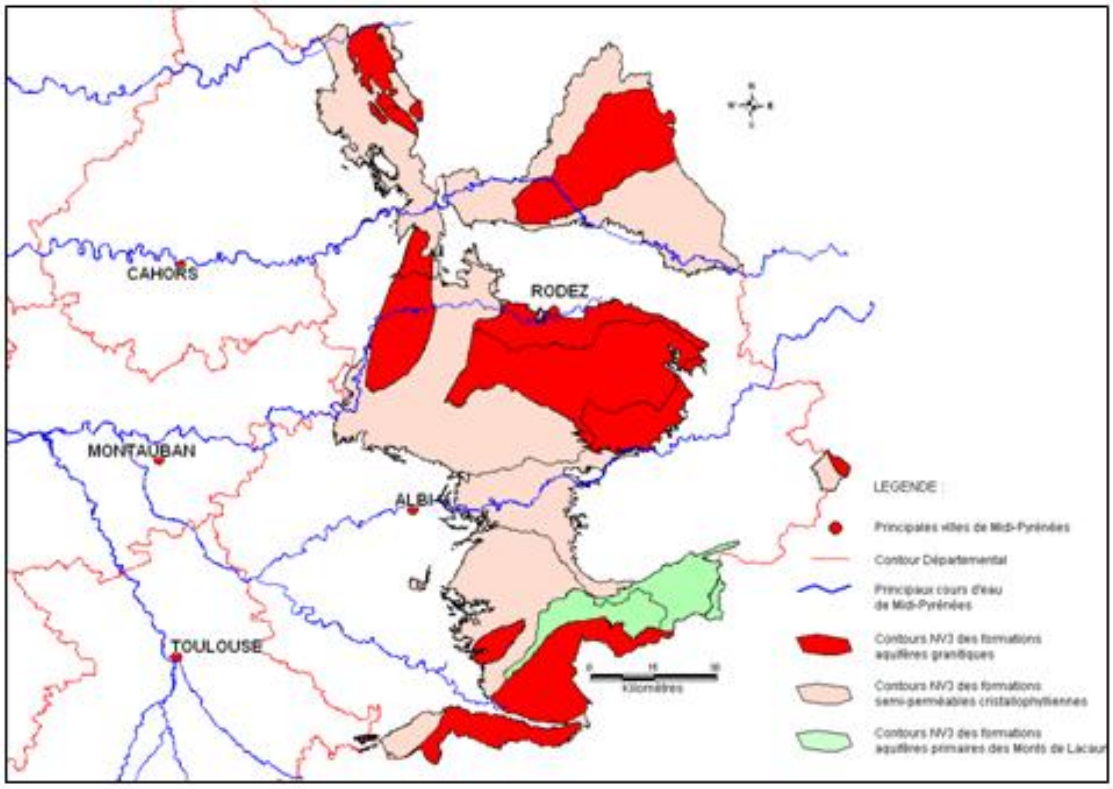


Illustration 5 – Entités NV3 de socle en MPY

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

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

Démarche

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

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

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

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

<u>Remarque</u>

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

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

Voir les illustrations 8, 9 et 10.

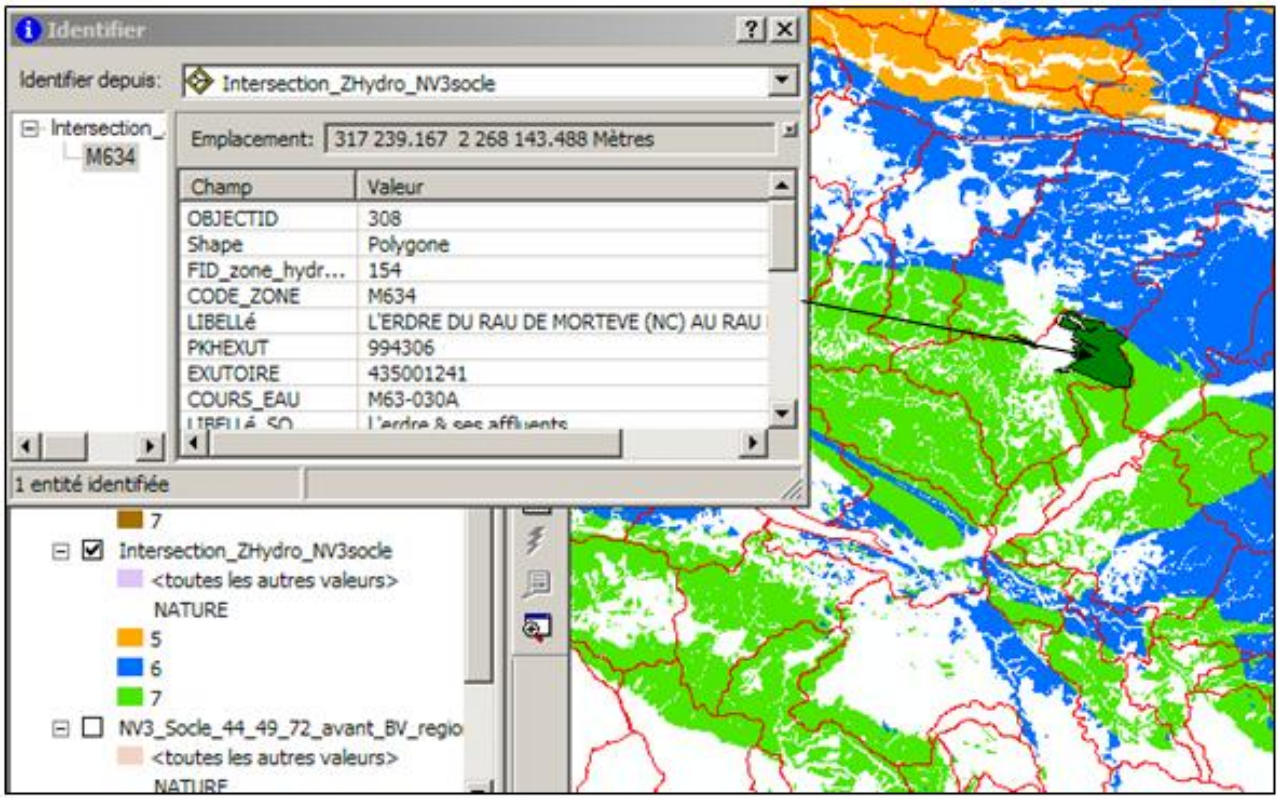
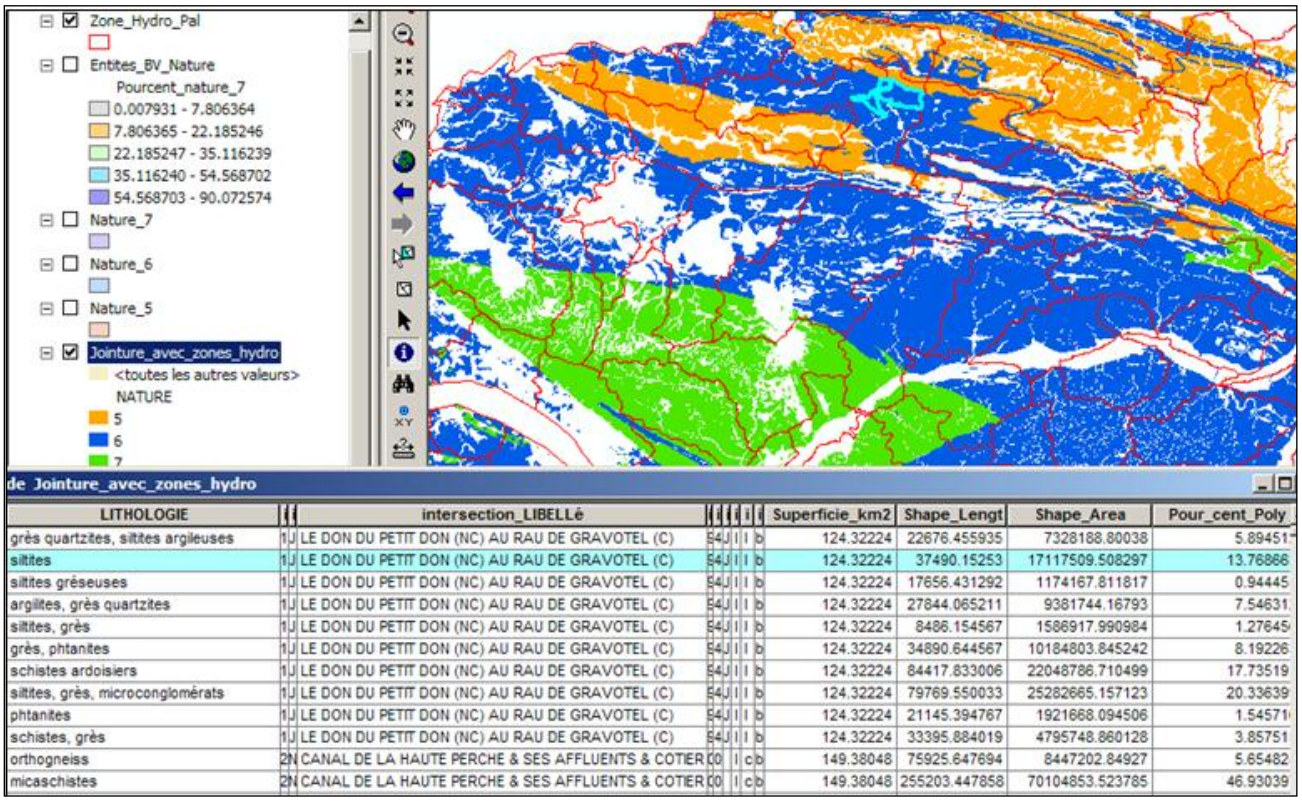
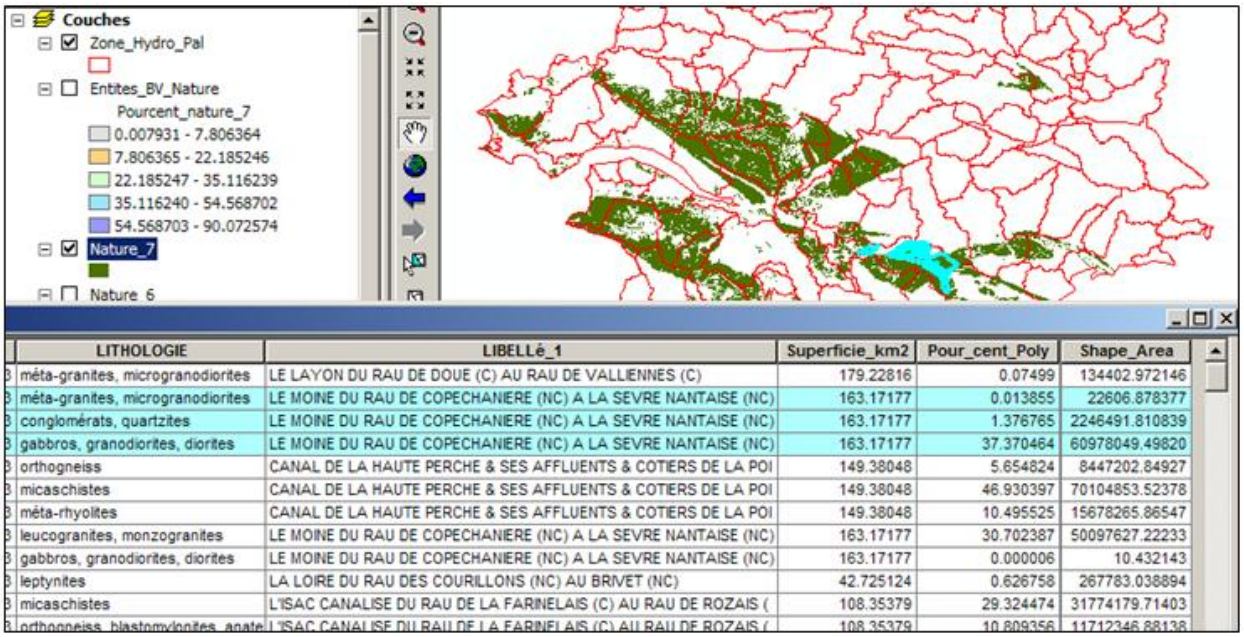


Illustration 6 - Intersection zones hydrographiques BDCartage avec entités définies suivant méthodologie générale (exemple départements 49 et 72)



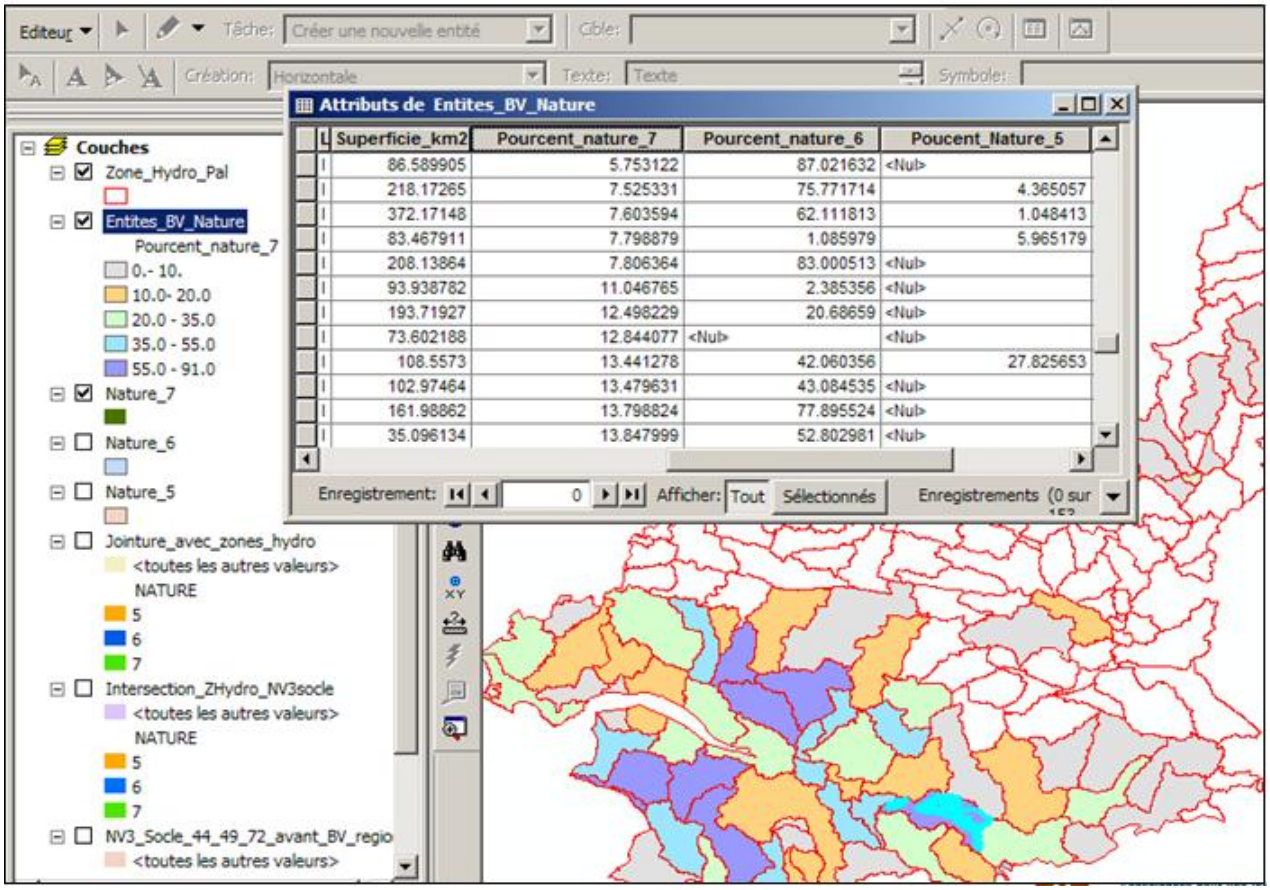
LITHOLOGIE		intersection_LIBELLé					Superficie_km2	Shape_Lengt	Shape_Area	Pour_cent_Poly
grès quartzites, siltites argileuses	1J	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)	54J	I	I	b	124.32224	22676.455935	7328188.80038	5.89451
siltites	1J	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)	54J	I	I	b	124.32224	37490.15253	17117509.508297	13.76866
siltites gréseuses	1J	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)	54J	I	I	b	124.32224	17656.431292	1174167.811817	0.94445
argilites, grès quartzites	1J	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)	54J	I	I	b	124.32224	27844.065211	9381744.16793	7.54631
siltites, grès	1J	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)	54J	I	I	b	124.32224	8486.154567	1586917.990984	1.27645
grès, phtanites	1J	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)	54J	I	I	b	124.32224	34890.644567	10184803.845242	8.19226
schistes ardoisiers	1J	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)	54J	I	I	b	124.32224	84417.833006	22048786.710499	17.73519
siltites, grès, microconglomérats	1J	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)	54J	I	I	b	124.32224	79769.550033	25282665.157123	20.33639
phtanites	1J	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)	54J	I	I	b	124.32224	21145.394767	1921668.094506	1.54571
schistes, grès	1J	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL (C)	54J	I	I	b	124.32224	33395.884019	4795748.860128	3.85751
orthogneiss	2N	CANAL DE LA HAUTE PERCHE & SES AFFLUENTS & COTIER	00		I	c	b	149.38048	75925.647694	8447202.84927	5.65482
micaschistes	2N	CANAL DE LA HAUTE PERCHE & SES AFFLUENTS & COTIER	00		I	c	b	149.38048	255203.447858	70104853.523785	46.93039

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



	LITHOLOGIE	LIBELLé_1	Superficie_km2	Pour_cent_Poly	Shape_Area
3	méta-granites, microgranodiorites	LE LAYON DU RAU DE DOUE (C) AU RAU DE VALLIENNES (C)	179.22816	0.07499	134402.972146
3	méta-granites, microgranodiorites	LE MOINE DU RAU DE COPECHANIERE (NC) A LA SEVRE NANTAISE (NC)	163.17177	0.013855	22606.878377
3	conglomérats, quartzites	LE MOINE DU RAU DE COPECHANIERE (NC) A LA SEVRE NANTAISE (NC)	163.17177	1.376765	2246491.810839
3	gabbros, granodiorites, diorites	LE MOINE DU RAU DE COPECHANIERE (NC) A LA SEVRE NANTAISE (NC)	163.17177	37.370464	60978049.49820
3	orthogneiss	CANAL DE LA HAUTE PERCHE & SES AFFLUENTS & COTIERS DE LA POI	149.38048	5.654824	8447202.84927
3	micaschistes	CANAL DE LA HAUTE PERCHE & SES AFFLUENTS & COTIERS DE LA POI	149.38048	46.930397	70104853.52378
3	méta-rhyolites	CANAL DE LA HAUTE PERCHE & SES AFFLUENTS & COTIERS DE LA POI	149.38048	10.495525	15678265.86547
3	leucogranites, monzogranites	LE MOINE DU RAU DE COPECHANIERE (NC) A LA SEVRE NANTAISE (NC)	163.17177	30.702387	50097627.22233
3	gabbros, granodiorites, diorites	LE MOINE DU RAU DE COPECHANIERE (NC) A LA SEVRE NANTAISE (NC)	163.17177	0.000006	10.432143
3	leptynites	LA LOIRE DU RAU DES COURILLONS (NC) AU BRIVET (NC)	42.725124	0.626758	267783.038894
3	micaschistes	L'ISAC CANALISE DU RAU DE LA FARINELAIS (C) AU RAU DE ROZAIS (	108.35379	29.324474	31774179.71403
3	orthogneiss, blastomylonites, agate	L'ISAC CANALISE DU RAU DE LA FARINELAIS (C) AU RAU DE ROZAIS (	108.35379	10.809356	11712346.88138

Illustration 8 – Sélection d'une classe de perméabilités



L	Superficie_km2	Pourcent_nature_7	Pourcent_nature_6	Poucent_Nature_5
I	86.589905	5.753122	87.021632	<Nul>
I	218.17265	7.525331	75.771714	4.365057
I	372.17148	7.603594	62.111813	1.048413
I	83.467911	7.798879	1.085979	5.965179
I	208.13864	7.806364	83.000513	<Nul>
I	93.938782	11.046765	2.385356	<Nul>
I	193.71927	12.498229	20.68659	<Nul>
I	73.602188	12.844077	<Nul>	<Nul>
I	108.5573	13.441278	42.060356	27.825653
I	102.97464	13.479631	43.084535	<Nul>
I	161.98862	13.798824	77.895524	<Nul>
I	35.096134	13.847999	52.802981	<Nul>

Illustration 9 – Table après étape 4

Attributs de Jointure_avec_zones_hydro

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

Attributs de Jointure_avec_zones_hydro

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

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

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

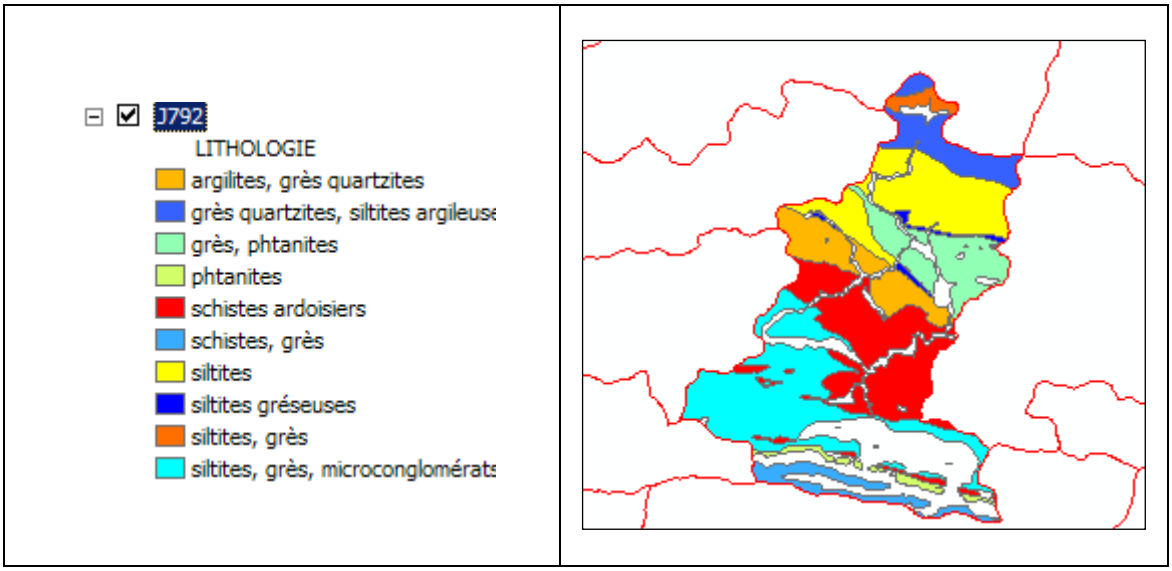


Illustration 11 – Exemple d'un BV-Entité caractérisé par une lithologie (sélection dans la table attributaire issue de l'étape d'intersection) (en blanc les polygones non renseignés) La lithologie est ici bien détaillée mais peut aussi être réduite à quelques grandes classes

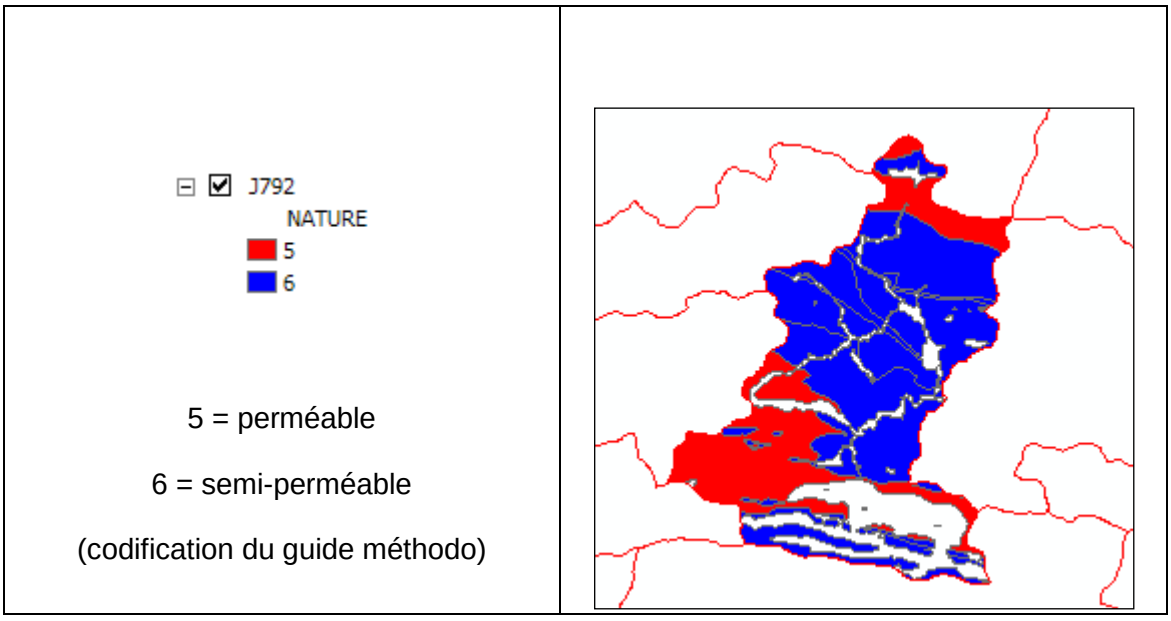


Illustration 12 – Exemple d'un BV-Entité caractérisé par une classe de perméabilité (sélection dans la table attributaire issue de l'étape 2) (en blanc les polygones non renseignés)

THEME	NATURE	ETAT	MILIEU	NIVEAU	LITHOLOGIE	CODE_ZONE	LIBELLé_1	Superficie	Pour_cent_Lithol
3	5	2	2	3	grès quartzites, siltites argileuses	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	5.89451
3	6	2	2	3	siltites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	13.7687
3	6	2	2	3	siltites gréseuses	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	0.944455
3	6	2	2	3	argilites, grès quartzites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	7.54631
3	6	2	2	3	siltites, grès	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	1.27646
3	6	2	2	3	grès, phtanites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	8.19226
3	6	2	2	3	schistes ardoisiers	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	17.735201
3	5	2	2	3	siltites, grès, microconglomérats	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	20.336399
3	6	2	2	3	phtanites	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	1.54572
3	6	2	2	3	schistes, grès	J792	LE DON DU PETIT DON (NC) AU RAU DE GRAVOTEL	124.322	3.85752

Illustration 13 – Extrait table attributaire du BV-Entité J792

3.5. Autre exemple

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

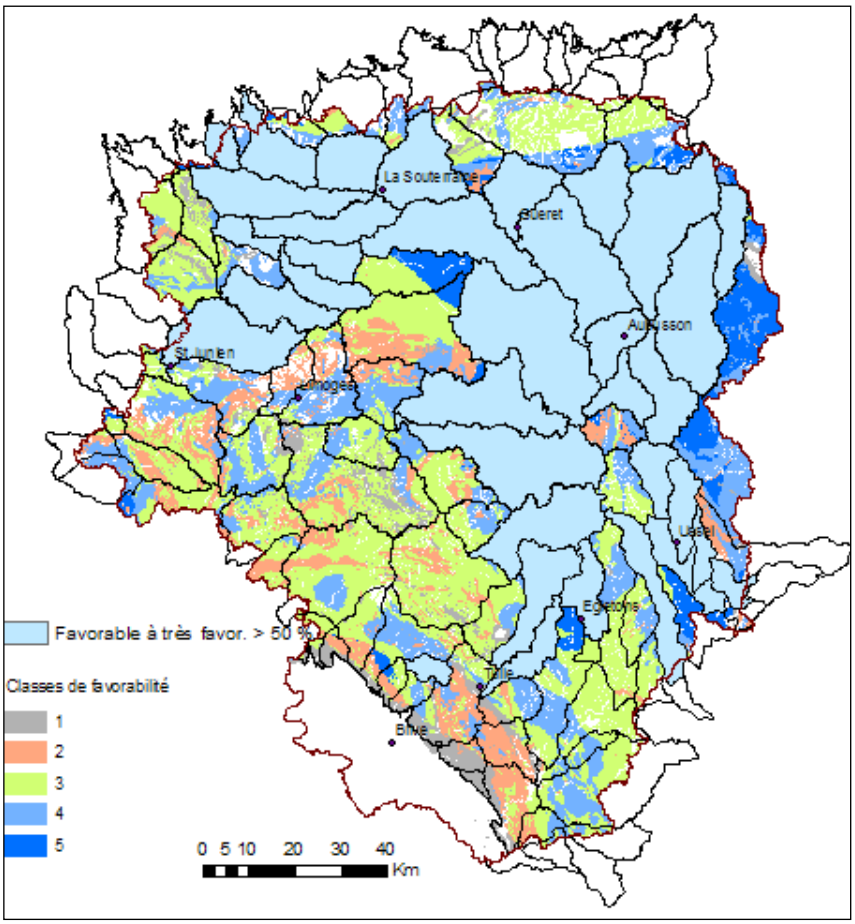
Cette caractérisation a été faite avec ArcGis par intersection de la carte du « potentiel aquifère » avec la carte des entités BV-NV3.

Puis, par une suite d'opérations:

- sélections des polygones élémentaires par classe de « favorabilité »,

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

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



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

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

En résumé :

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

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

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

<u>Lexique Nature</u>

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)

<u>Opérations possibles</u>:

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, 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

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

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

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

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

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

Service géologique régional Lorraine
1 allée du Parc de Brabois
54500 – Vandoeuvre-lès-Nancy – France
Tél. : 03 83 44 81 49