



# 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

Juin 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**

Juin 2010

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

**G. Fourniguet, J. Boucher, D. Nguyen-Thé**  
avec la collaboration de  
**J. Warin et D. Xu**



**Vérificateur :**

Nom : J.J. Seguin

Date : 22/06/2010

Signature :

**Approbateur :**

Nom : D. Midot

Date : 01/07/2010

Signature :

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

**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.** (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, 210 p., 43 ill., 9 ann., 1 cédérom.

© BRGM, 2010, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.



## Synthèse

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la construction de la deuxième version du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (anciennement BDRHF-V2). 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 :

- **80 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.**

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.

Une géodatabase sous ArcGis (actuellement version 9.31) rassemblant toutes ces entités, leurs limites et les informations associées, a été constituée (fournie dans le cédérom joint à ce rapport). Elle est exploitable via un menu général permettant d'effectuer de nombreuses requêtes sur les entités (par niveau, par thème, ...). Des fiches permettant d'analyser les « relations » de chaque entité avec ses voisines et de vérifier ainsi la cohérence de l'assemblage 3D du référentiel ont été intégrées aussi au cédérom.



## Sommaire

|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introduction .....</b>                                                                    | <b>9</b>  |
| <b>2. Caractéristiques du référentiel BDLISA et méthodologie de découpage des entités .....</b> | <b>15</b> |
| 2.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION.....                                                             | 15        |
| 2.1.1. Les « thèmes » du référentiel .....                                                      | 15        |
| 2.1.2. Les différents types d'entités hydrogéologiques.....                                     | 16        |
| 2.1.3. Les niveaux d'identification .....                                                       | 17        |
| 2.1.4. Codification et dénomination des entités.....                                            | 18        |
| 2.2. LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS.....                                               | 18        |
| 2.2.1. Principes sous-jacents.....                                                              | 18        |
| 2.2.2. Organisation des entités en 2 ensembles .....                                            | 19        |
| 2.2.3. Ordre absolu et ordre relatif.....                                                       | 20        |
| 2.3. PRINCIPES ET DÉMARCHE DE DÉLIMITATION .....                                                | 20        |
| 2.3.1. Principes de base du découpage .....                                                     | 20        |
| 2.3.2. Démarche générale .....                                                                  | 22        |
| 2.3.3. Restitution par le modèle de gestion des 3 niveaux du découpage .....                    | 24        |
| 2.3.4. Vérification de la topologie .....                                                       | 24        |
| 2.4. CARACTÉRISATION DES ENTITÉS ET DES LIMITES .....                                           | 25        |
| 2.4.1. Caractérisation des entités .....                                                        | 25        |
| 2.4.2. Caractérisation des limites .....                                                        | 26        |
| <b>3. Mise en œuvre du découpage .....</b>                                                      | <b>29</b> |
| 3.1. DONNÉES DE RÉFÉRENCE .....                                                                 | 29        |
| 3.2. IDENTIFICATION ET DÉCOUPAGE DES ENTITÉS .....                                              | 32        |
| 3.2.1. « Entités principales » du thème « Sédimentaire » .....                                  | 32        |
| 3.2.2. Thème « Socle » .....                                                                    | 35        |
| 3.2.3. Thème « Alluvions » .....                                                                | 49        |
| <b>4. Résultats : géodatabase et fiches d'analyse.....</b>                                      | <b>51</b> |
| 4.1. GÉODATABASE.....                                                                           | 51        |
| 4.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS .....                                                         | 57        |
| <b>5. Description des entités hydrogéologiques .....</b>                                        | <b>61</b> |
| 5.1. LES ENTITÉS DU SÉDIMENTAIRE.....                                                           | 61        |
| 5.1.1. Le Permo-Carbonifère .....                                                               | 61        |

|                                                                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.1.2. Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inférieur (Lias) du bassin de Paris .....                                                 | 79         |
| 5.1.3. Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Callovien à l'Aalénien du bassin de Paris .....                             | 84         |
| 5.1.4. Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du bassin de Paris .....                                                        | 94         |
| 5.1.5. Grand système aquifère du Kimméridgien à l'Oxfordien supérieur du bassin de Paris .....                                               | 95         |
| 5.1.6. Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimméridgien du Bassin de Paris .....                                                     | 100        |
| 5.1.7. Grand système aquifère du Tithonien du bassin de Paris .....                                                                          | 102        |
| 5.1.8. Grand système multicouche du Crétacé inférieur, Albien à Néocomien du bassin de Paris .....                                           | 104        |
| 5.1.9. Grand domaine hydrogéologique des Argiles, Marnes et Gaizes du Cénomanien inférieur et de l'Albien supérieur du bassin de Paris ..... | 106        |
| 5.2. LES ENTITÉS EN ZONE DE SOCLE .....                                                                                                      | 107        |
| 5.2.1. Socle Vosgien .....                                                                                                                   | 107        |
| 5.2.2. Socle des Ardennes .....                                                                                                              | 112        |
| 5.3. FORMATIONS ALLUVIONNAIRES, FLUVIO-GLACIAIRES ET GLACIAIRES                                                                              | 113        |
| <b>6. Conclusion .....</b>                                                                                                                   | <b>115</b> |
| <b>7. Bibliographie .....</b>                                                                                                                | <b>117</b> |

## Liste des illustrations

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Illustration 1 : Progression du référentiel sur le territoire métropolitain et dans les DOM .....                                                  | 10 |
| Illustration 2 : Carte du bassin Rhin-Meuse (la région Lorraine est délimitée par un trait rouge et le bassin Rhin-Meuse par un trait bleu). ..... | 13 |
| Illustration 3 : Types d'entités hydrogéologiques. ....                                                                                            | 16 |
| Illustration 4 : Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités .....                                       | 21 |
| Illustration 5 : Représentation d'une entité hydrogéologique affleurante et sous couverture. .                                                     | 23 |
| Illustration 6 : Construction d'une entité NV2 à partir des entités NV3. ....                                                                      | 24 |
| Illustration 7 : Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage .....                    | 25 |
| Illustration 8 : Nature des contacts entre entités et limites hydrogéologiques correspondantes (en relation avec l'annexe 9) .....                 | 27 |
| Illustration 9 : Carroyage des cartes géologiques avec leur numéro. ....                                                                           | 30 |
| Illustration 10 : Implantation des sondages avec logs géologiques vérifiés .....                                                                   | 31 |

|                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Illustration 11 : Socle des Ardennes et Socle vosgien (partie Lorraine).....                                                                                                                                                   | 36 |
| Illustration 12 : Information fournie par la méthode « DECLIC ».....                                                                                                                                                           | 38 |
| Illustration 13 : Entités de niveau 3 délimitées et zones hydrographiques BD Carthage (une couleur par entité).....                                                                                                            | 39 |
| Illustration 14 : Exemple de construction d'une entité socle de niveau 3 (entité située à l'ouest de Remiremont).....                                                                                                          | 39 |
| Illustration 15 : Zones hydrographiques BD Carthage (31) couvrant la zone de socle des Ardennes. ....                                                                                                                          | 41 |
| Illustration 16 : Extension du socle des Ardennes et zones hydrographiques BD Carthage. ....                                                                                                                                   | 43 |
| Illustration 17 : Regroupement des formations géologiques en 4 classes lithologiques. ....                                                                                                                                     | 44 |
| Illustration 18 : Caractérisation de chaque zone hydrographique par une lithologie.....                                                                                                                                        | 45 |
| Illustration 19 : Regroupement des zones hydrographiques (ZH) en 9 zones lithologiques (ZL).....                                                                                                                               | 46 |
| Illustration 20 : Dernières étapes de la construction des entités NV3 dans le socle des Ardennes. ....                                                                                                                         | 47 |
| Illustration 21 : Liste et caractérisation des entités NV3 et NV2 du socle des Ardennes.....                                                                                                                                   | 48 |
| Illustration 22 : Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap. ....                                                                                                                                                       | 51 |
| Illustration 23 : Tables non géométriques de la géodatabase. ....                                                                                                                                                              | 52 |
| Illustration 24 : Interface utilisateur de la géodatabase. ....                                                                                                                                                                | 53 |
| Illustration 25 : Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général. ....                                                                                                                                      | 54 |
| Illustration 26 : Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).....                                                                                                                 | 55 |
| Illustration 27 : Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1). ....                                                                                                                                                | 55 |
| Illustration 28 : Table des limites.....                                                                                                                                                                                       | 56 |
| Illustration 29 : Table des natures de contacts entre entités. ....                                                                                                                                                            | 56 |
| Illustration 30 : Editeur de cartes du modèle de gestion du référentiel.....                                                                                                                                                   | 57 |
| Illustration 31 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).....                                                                                                                                                 | 58 |
| Illustration 32 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite).....                                                                                                                                                 | 59 |
| Illustration 33 : Tableau lithostratigraphique des formations du Trias (Courel et Maget-Mégny et al ; 1980).....                                                                                                               | 65 |
| Illustration 34 : Variations latérales de faciès des formations du Lias (coupe sud-nord de la Lorraine, d'après Allouc et Hanzo in Mégny et al., 1980). ....                                                                   | 77 |
| Illustration 35 : Variations latérales de faciès dans les formations du Jurassique moyen. Coupe sud-nord du bassin Rhin-Meuse .....                                                                                            | 87 |
| Illustration 36 : 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)..... | 89 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Illustration 37 : Exemple de découpage sous SIG de l'unité de la « Formation ferrifère (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. .... | 91  |
| Illustration 38 : Profil stratigraphique des formations de l'Oxfordien et du Kimméridgien inférieur (Mégny et al., 1980). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 97  |
| Illustration 39 : Profil stratigraphique des formations du Tithonien (ex-Portlandien) (figure extraite de la Synthèse géologique du Bassin de Paris, Mégny et al. BRGM, 1980). ....                                                                                                                                                                                                                                                                              | 103 |
| Illustration 40 : Valeurs de QMNA et débits spécifiques d'étiage calculés pour les bassins versants identifiés sur le socle côté versant lorrain. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 107 |
| Illustration 41 : Entités de niveau 3 identifiées sur le socle vosgien, côté versant lorrain. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 110 |
| Illustration 42 : Entités de niveau 2 identifiées sur le socle vosgien, côté versant lorrain. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 111 |
| Illustration 43 : Entités de niveau 3 et de niveau 2 du socle des Ardennes. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 113 |

## Liste des annexes

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Annexe 1 - Tableau multiéchelle des entités du thème « Sédimentaire » .....                                         | 125 |
| Annexe 2 - Tableau multiéchelle des entités du thème « Socle » .....                                                | 135 |
| Annexe 3 - Cartes des entités NV3 partagées entre la Lorraine et Champagne-Ardenne (partie bassin Rhin-Meuse) ..... | 141 |
| Annexe 4 - Cartes des entités NV3 partagées entre la Lorraine et l'Alsace (Alsace « bossue ») .....                 | 149 |
| Annexe 5 - Echelle stratigraphique du Bassin de Paris et log stratigraphique synthétique de la Lorraine .....       | 155 |
| Annexe 6 - Charte stratigraphique du Permien au Dévonien.....                                                       | 165 |
| Annexe 7 - Note méthodologique sur le découpage en domaine de socle.....                                            | 169 |
| Annexe 8 - Lexique de caractérisation des entités hydrogéologiques et des limites.....                              | 185 |
| Annexe 9 - Le modèle de gestion du référentiel.....                                                                 | 189 |

# 1. Introduction

Ce travail s'inscrit dans le projet national de construction de la deuxième version du Référentiel Hydrogéologique Français BDRHF-V2, renommée BDLISA en 2008.

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

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

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

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

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

Cette deuxième version du référentiel hydrogéologique doit remédier à certaines insuffisances de la version 1, qui sont en particulier :

- le manque d'homogénéité et parfois de précision des découpages ;
- l'absence de hiérarchisation des entités hydrogéologiques ;
- l'absence de représentation cartographique des entités non affleurantes et des structures multicouche des bassins sédimentaires notamment.

Elle tient compte aussi de l'évolution des connaissances géologiques et hydrogéologiques ; elle utilise en particulier les cartes géologiques harmonisées à l'échelle du 1/50 000.

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

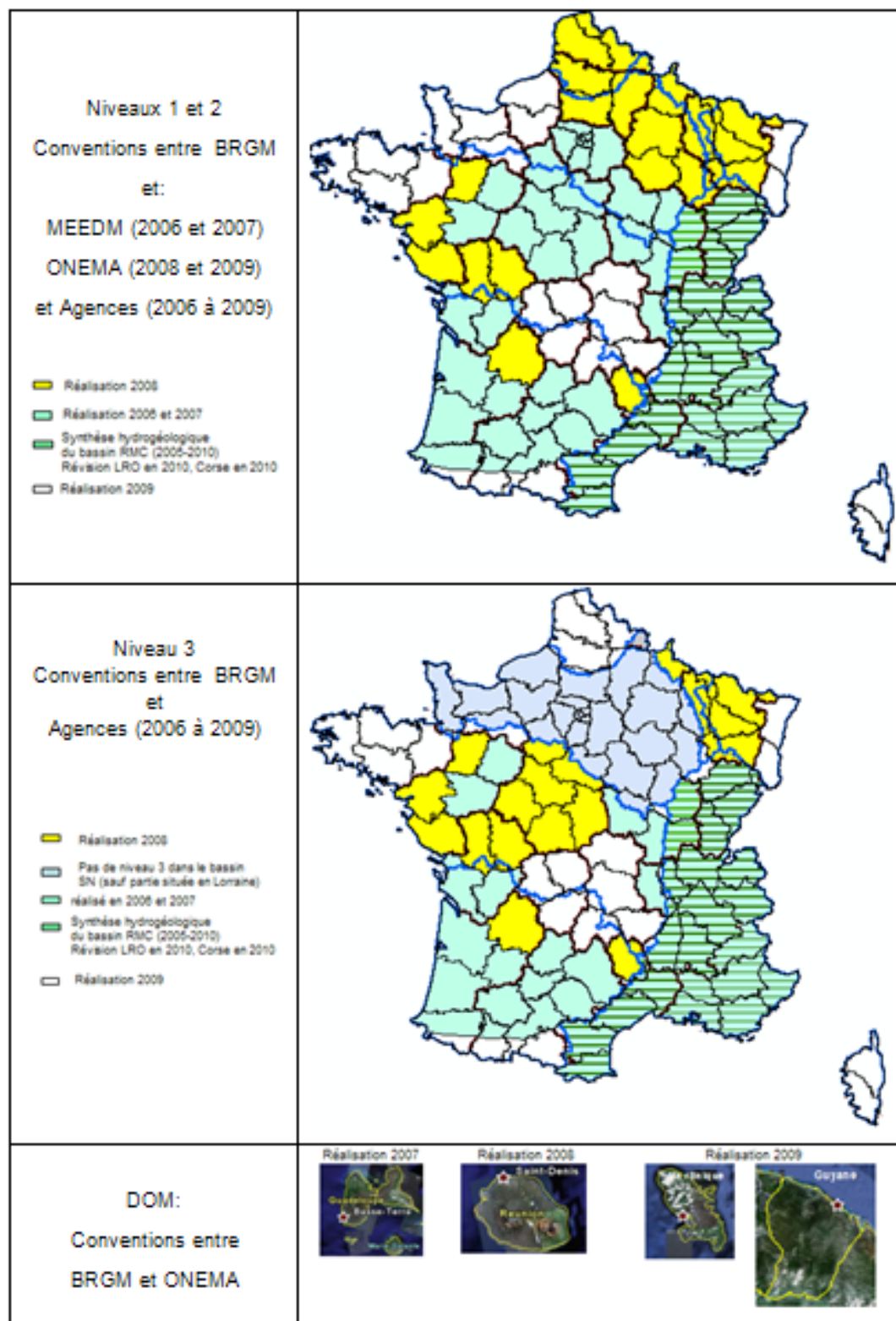


Illustration 1 : Progression du référentiel sur le territoire métropolitain et dans les DOM.



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

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

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

### **Zone d'étude**

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 km<sup>2</sup> pour le bassin Rhin-Meuse hors Alsace et de 2000 km<sup>2</sup> 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 2). 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.



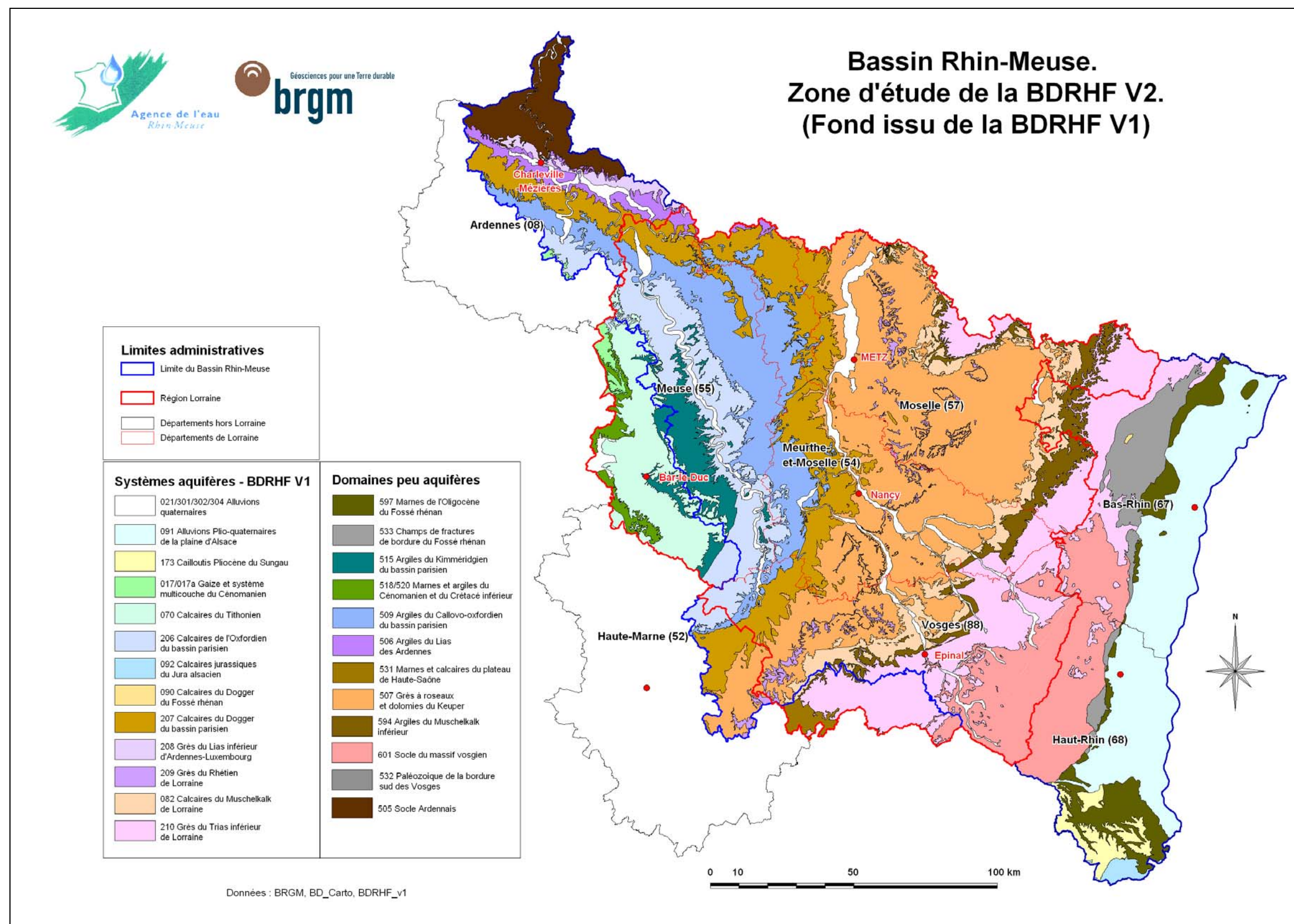


Illustration 2 : Carte du bassin Rhin-Meuse (la région Lorraine est délimitée par un trait rouge et le bassin Rhin-Meuse par un trait bleu).



## 2. Caractéristiques du référentiel BDLISA et méthodologie de découpage des entités

La délimitation des entités hydrogéologiques respecte les grandes lignes de la méthodologie détaillée dans le guide méthodologique national (rapport BRGM RP-52264-FR, 2004) ; elle a fait l'objet d'adaptations pour tenir compte :

- de contextes particuliers non abordés dans le guide méthodologique,
- d'une conceptualisation plus poussée nécessitée par la mise au point d'un modèle de gestion du référentiel (décrit en annexe 9), actuellement supporté par le logiciel ArcGis (version 9.31).

Ces adaptations ont été soumises au Comité de pilotage du projet et seront mentionnées dans une version actualisée du guide méthodologique (à paraître en 2010).

Dans ce chapitre on rappelle succinctement les définitions et les points importants de la méthodologie nationale.

### 2.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION

#### 2.1.1. Les « thèmes » du référentiel

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

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

### 2.1.2. Les différents types d'entités hydrogéologiques

Une entité hydrogéologique est une partie de l'espace géologique délimitée en fonction de ses potentialités aquifères. Suivant l'échelle d'identification de l'entité (niveau national, régional ou local) et selon que l'entité est aquifère ou peu aquifère, le guide méthodologique établit la classification suivante :

|                       | Aquifère                     | Peu ou pas aquifère                 |                        |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Niveau National (NV1) | Grand Système Aquifère (GSA) | Grand Domaine Hydrogéologique (GDH) |                        |
| Niveau Régional (NV2) | Système Aquifère (SA)        | Domaine Hydrogéologique (DH)        |                        |
| Niveau Local (NV3)    | Unité aquifère (UA)          | Unité semi-perméable (USP)          | Unité imperméable (UI) |

*Illustration 3 : Types d'entités hydrogéologiques.*

#### • Le grand système aquifère (NV1)

Le grand système aquifère est un système physique composé d'un ou plusieurs systèmes aquifères et circonscrit par des limites litho-stratigraphiques et/ou structurales.

#### • Le grand domaine hydrogéologique (NV1)

Le grand domaine hydrogéologique est un système physique peu ou pas aquifère. Il peut contenir des formations aquifères mais sans grande extension latérale et isolées dans la formation peu perméable.

#### • Le système aquifère (NV2)

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 l'un au moins des critères suivants : lithologique, structural, stratigraphique, piézométrique, géochimique, hydraulique.

#### • Le domaine hydrogéologique (NV2)

Un domaine hydrogéologique est une entité hydrogéologique peu ou pas aquifère issue d'une subdivision verticale ou horizontale d'un grand domaine hydrogéologique ou d'un grand système. La subdivision s'effectue sur l'un au moins des critères suivants : lithologique, structural, stratigraphique, piézométrique, géochimique, hydraulique.

#### • L'unité aquifère (NV3)

L'unité aquifère est un système physique élémentaire présentant des conditions hydrodynamiques homogènes ; elle est suffisamment conductrice pour permettre la circulation d'eaux souterraines. Il s'agit alors d'une entité hydrogéologique de niveau local présentant une perméabilité moyenne supérieure à  $10^{-6}$  m/s et contenant des ressources en eau suffisantes pour être exploitées.

Cette unité intègre trois grands groupes bien distincts dans leur fonctionnement hydrodynamique :

- les aquifères capacitifs et perméables, constituant de bons réservoirs aisément exploitables,
- les aquifères capacitifs mais peu perméables, constituant des réservoirs à stock d'eau important mais difficilement exploitables (par exemple la craie peu fissurée),
- les aquifères peu capacitifs et à forte perméabilité : il s'agit surtout des calcaires au niveau des fractures, où des pompages à fort débit sont possibles localement et périodiquement.

#### • L'unité semi-perméable (NV3)

Une unité semi-perméable est une entité hydrogéologique de niveau local présentant une perméabilité moyenne comprise entre  $10^{-9}$  m/s et  $10^{-6}$  m/s et/ou contenant des ressources en eau mais de productivité insuffisante pour être exploitées.

#### • L'unité imperméable (NV3)

L'unité imperméable est une formation géologique à très faibles circulations d'eau. Sa perméabilité est considérée comme inférieure à  $10^{-9}$  m/s.

### 2.1.3. Les niveaux d'identification

Trois niveaux d'identification des entités hydrogéologiques ont été retenus dans ce nouveau référentiel. Ces niveaux d'utilisation reflètent les besoins très différents des futurs utilisateurs du référentiel. Ils ne définissent pas l'échelle de numérisation (précision du contour, qui est le 1/50 000) mais correspondent à des échelles d'utilisation et de représentation de l'information (ils correspondent aussi à des échelles de visualisation cartographiques différentes). Sont ainsi distingués :

- le **niveau national (NV1)** qui fournit une représentation nationale des grands ensembles hydrogéologiques (systèmes et domaines). Il met en évidence leur distribution spatiale et leur 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)** qui permet une représentation régionale ou par bassin des entités hydrogéologiques (système et domaine) à une échelle de l'ordre du 1/250 000. Il doit permettre une qualification des systèmes aquifères au regard de leur importance en tant que ressource régionale, de leur vulnérabilité (à la sécheresse, aux pollutions) ;
- le **niveau local (NV3)** qui 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, en s'appuyant sur les deux niveaux précédents et en les complétant, dans certaines zones, par l'identification des unités aquifères locales. Il constitue le support d'études ponctuelles permettant d'améliorer les connaissances hydrogéologiques (carte piézométrique, modélisation,...).

#### 2.1.4. Codification et dénomination des entités

Un code, attribué par le SANDRE, sera affecté à chaque entité. Il est construit avec :

- un champ de 3 chiffres pour une entité de niveau national ;
- une lettre pour désigner une entité de niveau régional contenue dans une entité de niveau national ;
- un champ de 2 chiffres pour désigner une entité de niveau local contenue dans une entité de niveau régional.

Par exemple :

- **098** (entité de niveau national),
- **098A** (entité de niveau régional),
- **098A01** (entité de niveau local).

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 : Calcaires oxfordiens du bassin de Paris.

**Dans cette phase de construction du référentiel, codification et dénomination des entités sont provisoires. Une harmonisation sera faite au niveau national lorsque tout le territoire sera couvert par le référentiel (année 5 prévue en 2010).**

## 2.2. 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.

### 2.2.1. 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 (annexe 9). 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 »**

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

Les « **Entités principales** » font l'objet d'un traitement topologique qui garantit la cohérence de leur assemblage 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,
- aires karstifiées délimitées par des tracés...

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

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

Le modèle de gestion permet de passer d'un ordre dit absolu à un ordre dit relatif (cf. § 2.2.3 et illustration 4 ci-après).

### **3) Complétude**

Couverture totale de l'espace aux niveaux 1 et 2.

### **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.

## **2.2.2. Organisation des entités en 2 ensembles**

### **1) Entités principales**

Elles constituent l'essentiel du référentiel. Elles sont :

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

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

## 2) Entités complémentaires

Elles constituent une « surcouche » du référentiel. Elles regroupent différents types d'entités qui sont telles qu'elles ne permettent pas de respecter l'homogénéité du référentiel ou qui constituent des cas particuliers difficilement intégrables dans le cadre général du référentiel (voir la liste du paragraphe 2.2.1.).

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.

### 2.2.3. Ordre absolu et ordre relatif

Dans le tableau multiéchelle, un numéro d'ordre est affecté à chaque entité délimitée (cf. illustration 4a). 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 multiéchelle) qui sont ordonnées sur la verticale grâce au numéro d'ordre absolu (cf. illustration 4b).

Le modèle de gestion du référentiel permet de passer automatiquement du mode de représentation des entités par ordonnancement absolu (illustration 4 b) à un mode de représentation des entités par ordonnancement relatif (cf. illustration 4c), **qui est celui de la représentation des entités dans le SIG** et qui correspond à l'ordre réel de superposition des entités dans une coupe verticale qui pourrait être réalisée dans le référentiel.

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

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

## 2.3. PRINCIPES ET DÉMARCHE DE DÉLIMITATION

### 2.3.1. Principes de base du découpage

Conformément au guide méthodologique, l'échelle de travail adoptée pour le découpage des entités est le 1/50 000, et ceci quel que soit le niveau d'identification (du local au national). Par conséquent, les contours des entités des niveaux 1 et 2 ont la même précision que ceux du niveau 3, à savoir le 1/50 000 (qui est la précision des contours des formations géologiques des cartes géologiques à 1/50 000).

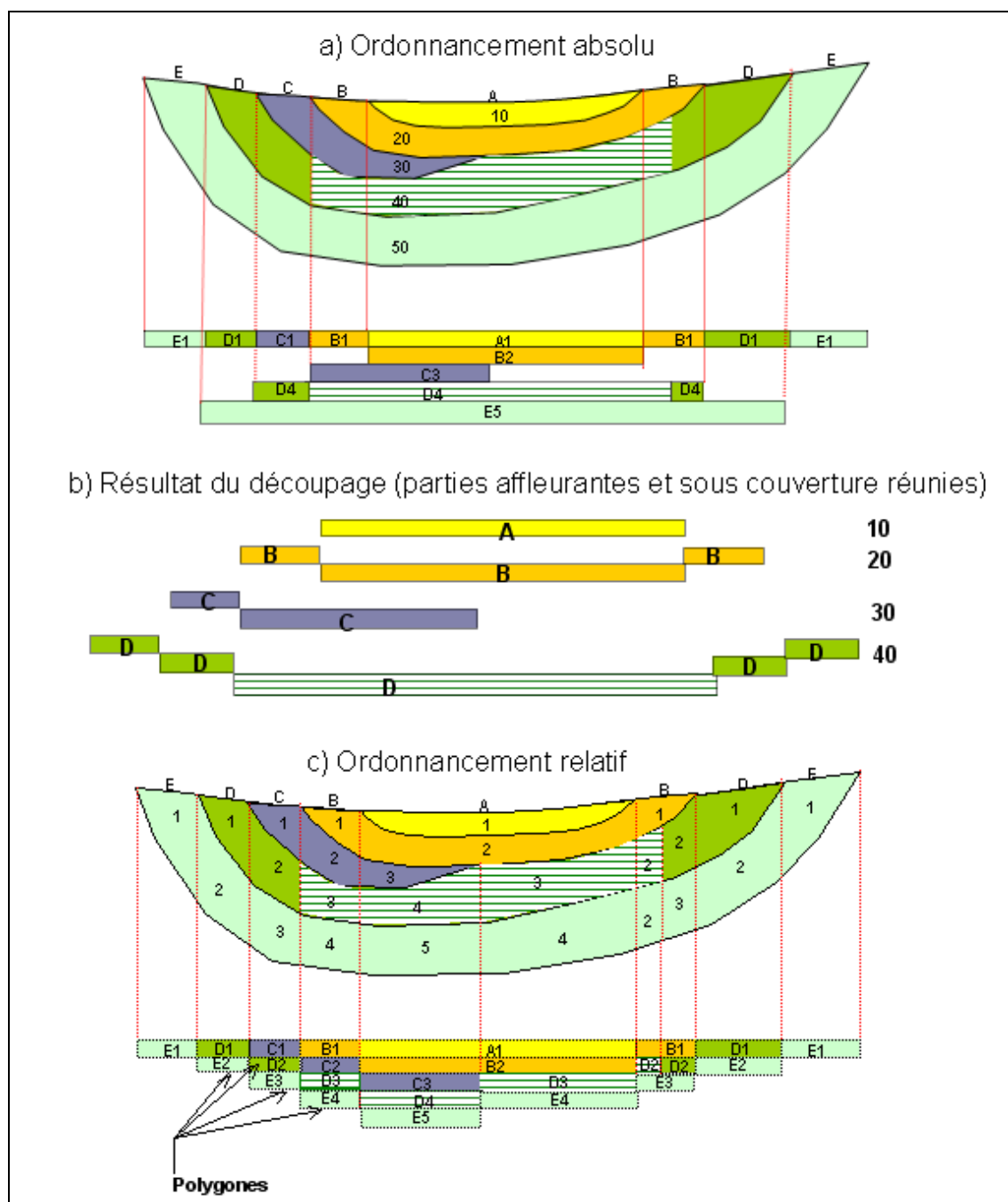


Illustration 4 : Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités.

**Remarque** : dans l'exemple présenté par l'illustration 4, 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.**

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 (il peut néanmoins exister des cas où une entité de niveau 3 s'étendant sur 2 entités de niveau 2 appartenant à des thèmes différents, en général pour le passage de « l'Intensément plissée » au « Sédimentaire »). Il n'y a donc pas de simplification des contours (lissage) d'un niveau à un autre.

Les entités hydrogéologiques de chaque niveau d'identification sont représentées par un ou plusieurs polygones correspondant aux parties affleurantes et sous couvertures.

Le découpage des entités est réalisé sur la base des connaissances géologiques et hydrogéologiques actuelles. Des mises à jour (nouvelles entités de niveau 3, corrections des contours) sont donc susceptibles d'être effectuées ultérieurement en fonction de la progression des connaissances.

### **2.3.2. Démarche générale**

La démarche de découpage est largement itérative et un travail synchrone sur les niveaux 2 et 3 permet d'optimiser le processus de découpage.

Les principales étapes de la délimitation des entités sont résumées ci-après.

#### **• Identification et cadrage hydrogéologique général**

Le cadrage hydrogéologique consiste à identifier et à nommer les grandes entités hydrogéologiques des niveaux national et régional dans le secteur d'étude.

Les tests du découpage réalisés en 2003 lors de la phase méthodologique d'élaboration du référentiel (Rapport BRGM RP-53127FR – 2004) ont permis de dresser une première liste des entités à prendre en compte aux niveaux 1 et 2 et ainsi d'avoir une extension territoriale indicative.

#### **• Elaboration d'un tableau multiéchelle (TME)**

Ce tableau récapitule tous les types d'entités existant dans la zone d'étude 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.

Dans la phase d'élaboration du TME on recherche une correspondance d'une part entre les formations géologiques des cartes au 1/50 000 et les formations géologiques mentionnées dans les logs de forages et d'autre part entre ces formations géologiques ainsi mises en relation (cartes et logs) et les entités hydrogéologiques.

#### **• Individualisation de l'alluvial**

Le référentiel hydrogéologique définit les formations alluviales comme l'ensemble des dépôts de plaines alluviales associés aux terrasses connectées hydrauliquement avec les cours d'eau.

La complexité cartographique des formations alluviales rend difficile les traitements topologiques, appliqués aux autres entités (multiplication des polygones et des « arcs » limites). Les alluvions sont donc intégrées dans le SIG dans une couche particulière désignée surcouche (§ 2.2). Elles sont extraites des cartes géologiques au 1/50 000 et sont maintenues inchangées dans leurs contours quel que soit le niveau de détail (NV1, NV2, NV3).

Parallèlement à cette surcouche globale des alluvions, une surcouche contenant les parties alluvionnaires productives peut être constituée.\*

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

#### • Découpage des entités du sédimentaire

Dans le thème sédimentaire, une entité est constituée de la partie affleurante **et** de la partie sous couverture représentées chacune par un ou plusieurs polygones (cf. illustration 5).

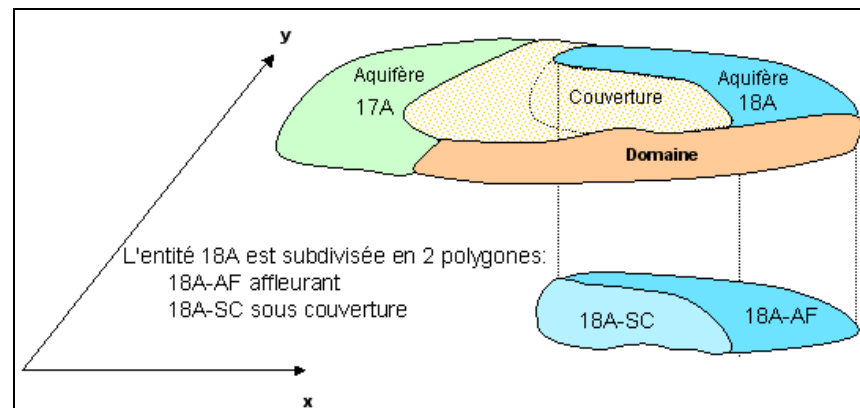


Illustration 5 : Représentation d'une entité hydrogéologique affleurante et sous couverture.

La séparation en entités différentes (partie affleurante et partie sous couverture) ne sera réalisée que si les conditions le justifient : différence marquée de fonctionnement ou de qualité chimique, surfaces affleurantes et sous couverture à peu près équivalentes.

Les limites entre systèmes aquifères sont les crêtes piézométriques et non les cours d'eau (contrairement aux délimitations de la BDRHF-V1).

### 2.3.3. Restitution par le modèle de gestion des 3 niveaux du découpage

A partir du découpage des entités effectué au niveau local (NV3) et du tableau multiéchelle faisant apparaître les 3 niveaux du découpage (NV3, NV2 et NV1), le modèle de gestion du référentiel permet de constituer automatiquement le niveau 2 (par agrégation des entités de niveau 3) puis le niveau 1 (par agrégation des entités de niveau 2, cf. illustration 6).

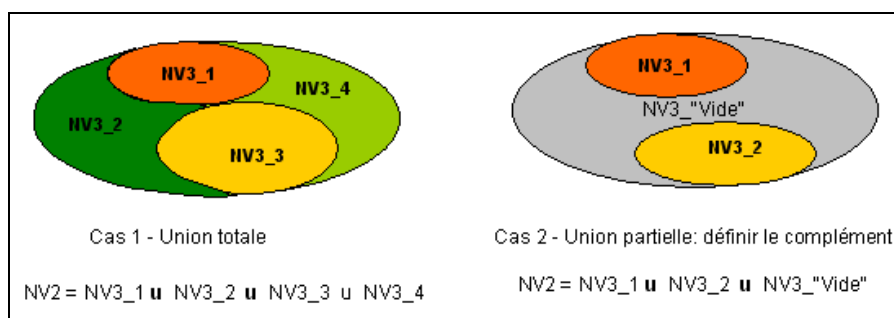


Illustration 6 : Construction d'une entité NV2 à partir des entités NV3.

### 2.3.4. Vérification de la topologie

Lorsque toutes les entités sont découpées, il s'agit de vérifier la cohérence topologique de l'ensemble. Cette vérification est réalisée par le modèle de gestion du référentiel.

Ce modèle est présenté en détail en annexe 9. Entre autres possibilités, il permet de passer automatiquement d'un ordonnancement absolu des entités (correspondant à l'ordre dans lequel toutes les entités identifiées se succèdent sur la verticale, en général un ordre correspondant à un âge stratigraphique) à un ordonnancement relatif, qui est celui de la représentation des entités dans le SIG et qui correspond à l'ordre réel de superposition des entités dans une coupe verticale qui pourrait être réalisée dans le référentiel (cf. illustration 4 ci-dessus).

L'ordonnancement absolu est repéré par un numéro d'ordre « absolu » affecté à chaque entité dans le tableau multiéchelle, utilisé par le modèle de gestion pour passer à un ordre relatif.

Le modèle de gestion du référentiel permet de vérifier la cohérence 3D de l'assemblage des entités en mettant en évidence les anomalies de recouvrement. Il permet aussi d'éliminer automatiquement des artefacts du découpage.

La démarche générale de délimitation des entités est résumée par l'illustration 7.

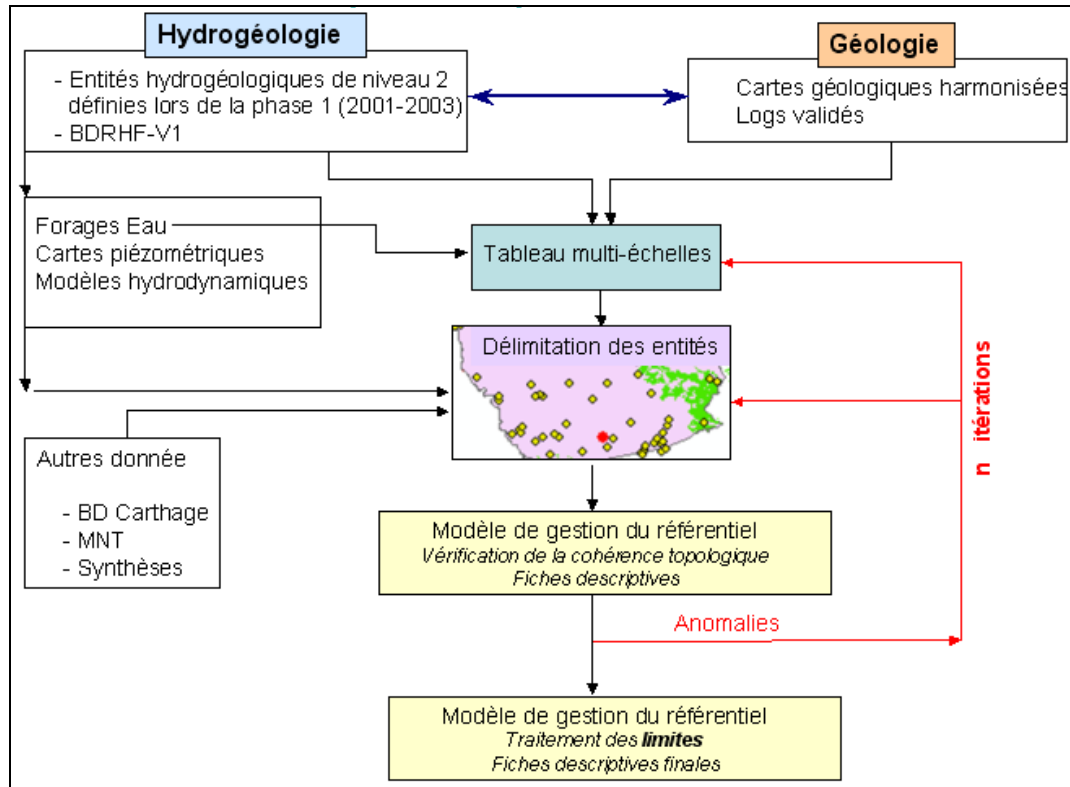


Illustration 7 : Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.

## 2.4. CARACTÉRISATION DES ENTITÉS ET DES LIMITES

### 2.4.1. Caractérisation des entités

Dans le référentiel une entité est caractérisée (actuellement) par les attributs suivants (cf. annexe 8) :

- **le thème d'appartenance de l'entité** (alluvial, sédimentaire, socle, ....) ;
- **la nature** de l'entité (grand système aquifère, système aquifère, unité aquifère, grand domaine hydrogéologique, domaine hydrogéologique, unité semi-perméable, unité imperméable) ;
- **le type de milieu caractérisant l'entité** (poreux, fissuré, karstique, à double porosité) ;
- **l'état hydrodynamique de la nappe** contenue dans le réservoir (libre, captive, libre et captive, alternativement libre et captive).

La caractérisation des entités se fait d'abord au niveau 3. Il ne sera pas toujours possible et pertinent de définir globalement une entité de niveau 2 (et *a 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 fissures, karstique, à double porosité) et de l'état de la nappe (libre, captive, ...).

**Le choix a donc été fait de ne pas caractériser globalement les entités de niveau 2 (et de niveau 1) par un type de milieu (porosité) et par un type de nappe (libre, captive,...).**

## 2.4.2. Caractérisation des limites

Les limites latérales entre une entité et ses voisines ont été 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 sont extraites automatiquement par le modèle de gestion du référentiel et intégrées dans la géodatabase du référentiel.

Comme pour la caractérisation des entités, et pour les mêmes raisons, les limites sont identifiées uniquement au niveau 3. Dans cette version du référentiel, elles sont caractérisées uniquement par la nature des contacts entre entités (cf. tableau de l'illustration 8).

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

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

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

Ces aspects sont détaillés en annexe 9 - § 1.2.4.



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 8).

| <b>Nature des contacts</b> | <b>Type de limite possible (guide méthodologique)</b>                                                                                                                                                               |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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)<br>= 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<br>Ligne de sources de déversement (cas E)                                                                                                                           |
| Aquifère sous domaine      | Ligne d'affluence d'un aquifère captif à un aquifère libre (cas C)<br>Généralisable en « <b>Limite de recouvrement</b> » (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          | /                                                                                                                                                                                                                   |

*Illustration 8 : Nature des contacts entre entités et limites hydrogéologiques correspondantes (en relation avec l'annexe 9).*



## 3. Mise en œuvre du découpage

### 3.1. 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 9) ;
- 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 10), 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 « *Atlas du potentiel géothermique des aquifères lorrains* » (Bourguin et al., 2007), et 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 équipotentiels, 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).

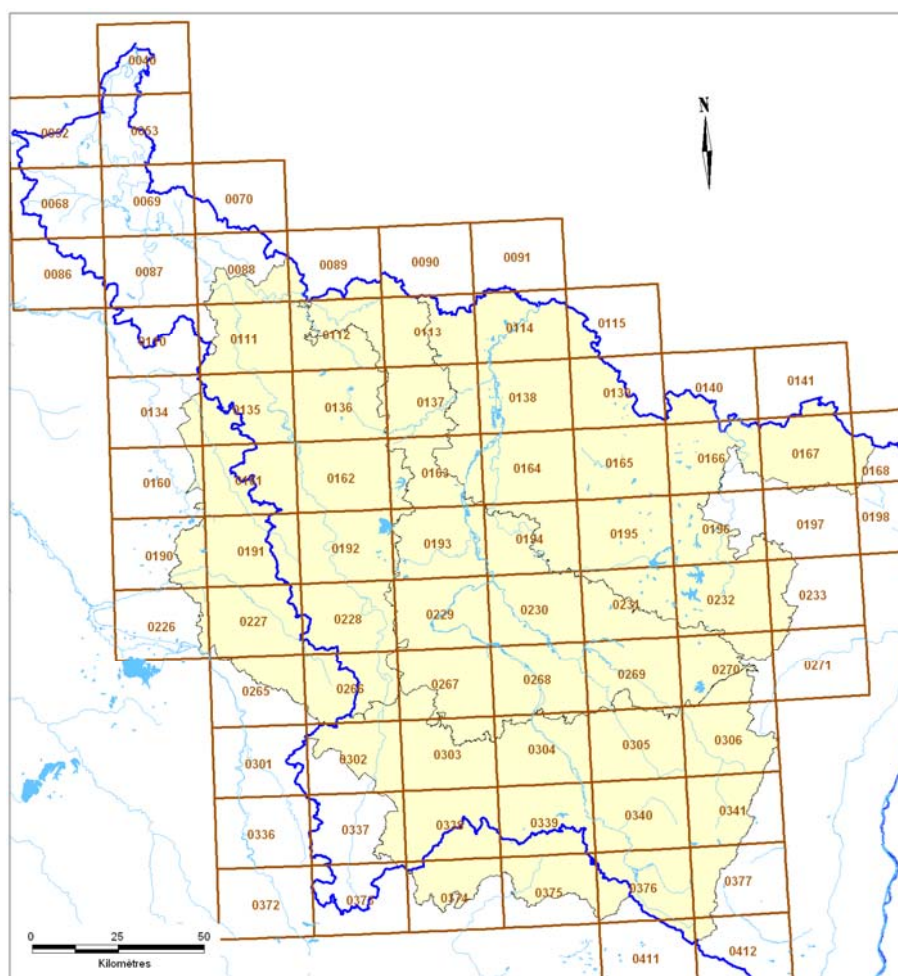
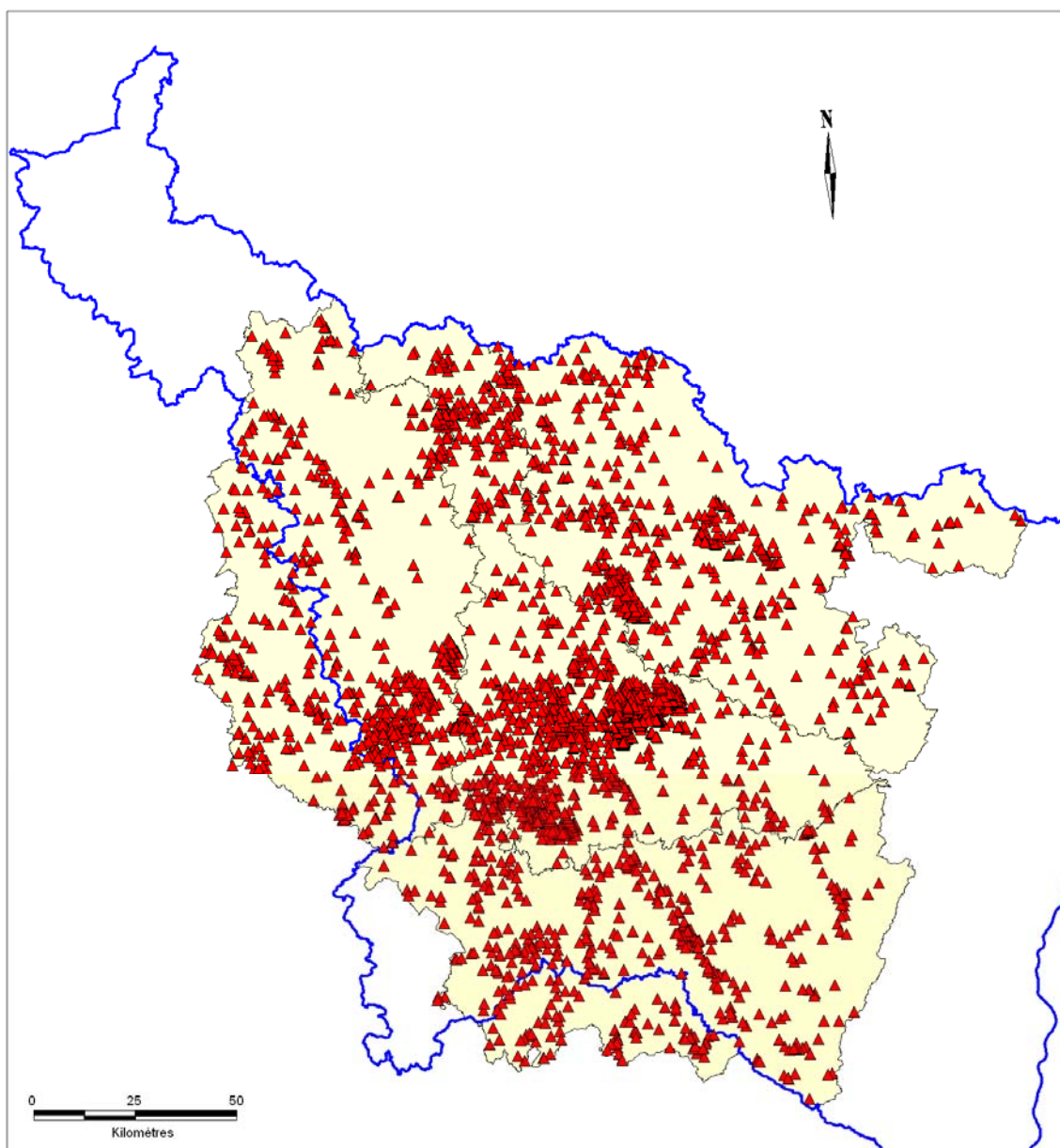


Illustration 9 : Carroyage des cartes géologiques avec leur numéro.

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 10 : Implantation des sondages avec logs géologiques vérifiés.*

### 3.2. IDENTIFICATION ET DÉCOUPAGE DES ENTITÉS

#### 3.2.1. « 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 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.

##### 3.2.1.1. 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 1<sup>ère</sup> tâche consiste pratiquement à regrouper côte à côte dans un document de travail, pour un ensemble de mêmes formations géologiques, les caissons<sup>1</sup> 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.

---

<sup>1</sup> 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 1<sup>ère</sup> identification des entités hydrogéologiques.

- **Etablissement du tableau multiéchelle**

A partir de l'analyse précédente, il est possible de commencer à élaborer un tableau multiéchelle 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 multiéchelle**

Prenant en compte les contours réalisés et les difficultés rencontrées, l'expertise de l'hydrogéologue et du géologue permet de réviser le tableau multiéchelle 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 appartenant 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.

### **3.2.1.2. 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* » (Mégny 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.

### **3.2.1.3. Résultats : le tableau multiéchelle final**

Le tableau multiéchelle 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).**

Ces entités sont décrites au chapitre 5.

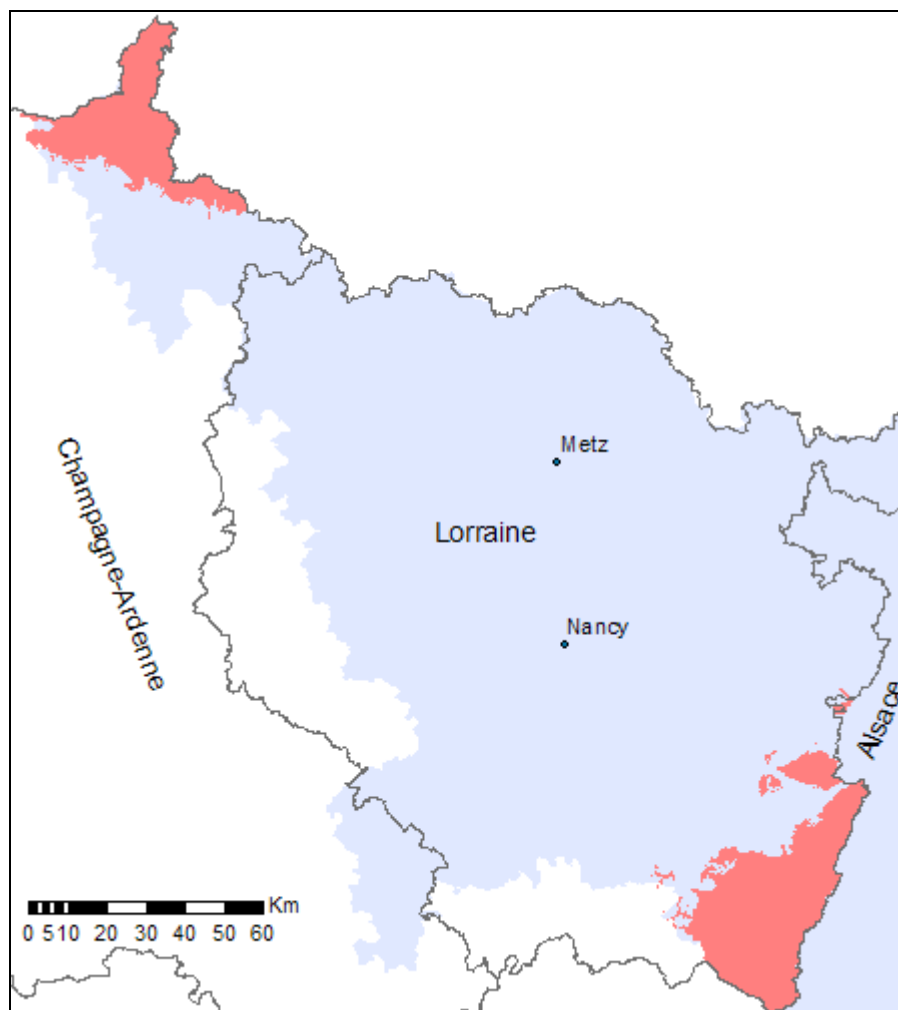
### 3.2.2. Thème « Socle »

Dans l'étude, deux zones de socle ont été traitées (cf. illustration 11) :

- 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 11 : 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 7) 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).

### 3.2.2.1. 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 12). La méthode de calcul utilisée par le CEGUM, nommée « DECLIC » (*Détermination des Ecoulements Caractéristiques sur le Linéaire des Cours d'eau*) utilise les données issues de la banque HYDRO (données des stations de mesures hydrologiques de bassin) et celles de la BD Carthage,

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

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/km<sup>2</sup>** 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 13 montre les zones hydrographiques BD-Carthage couvrant la zone de socle vosgien et les entités de niveau 3 qui ont été délimitées.

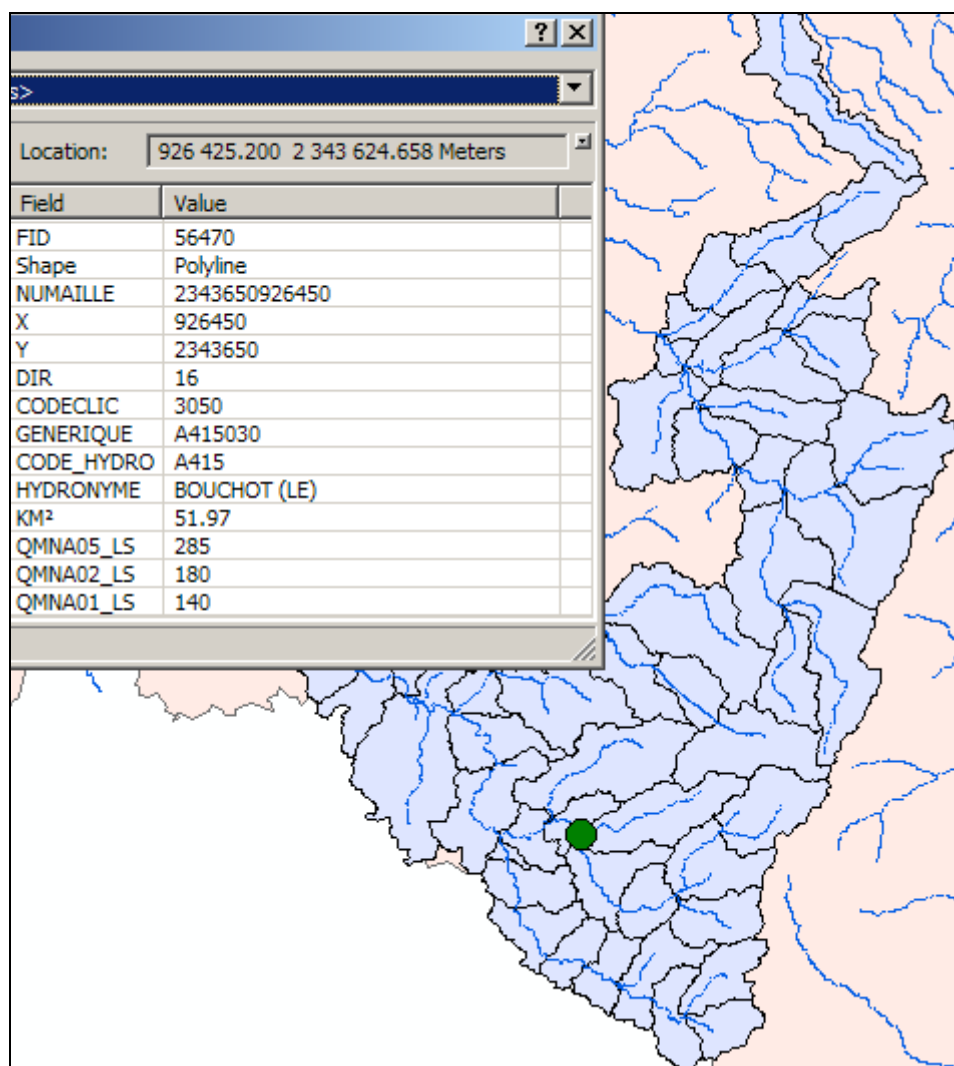


Illustration 12 : Information fournie par la méthode « DECLIC ».

L'illustration 14 ci-après montre un exemple de construction d'une entité de niveau 3 à partir de la carte géologique.

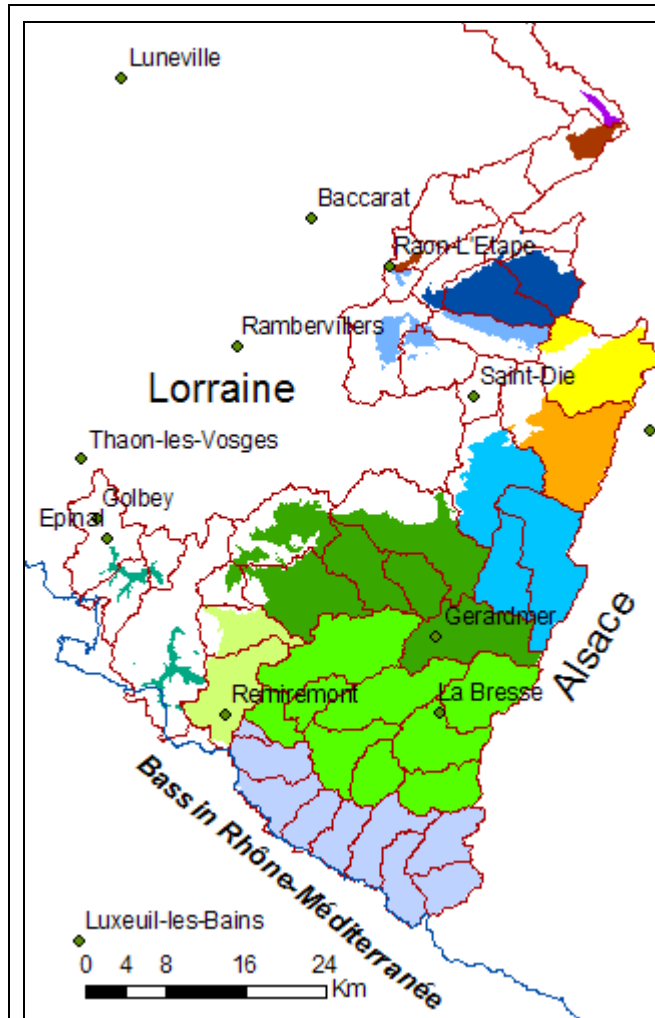


Illustration 13 : Entités de niveau 3 délimitées et zones hydrographiques BD Carthage (une couleur par entité).

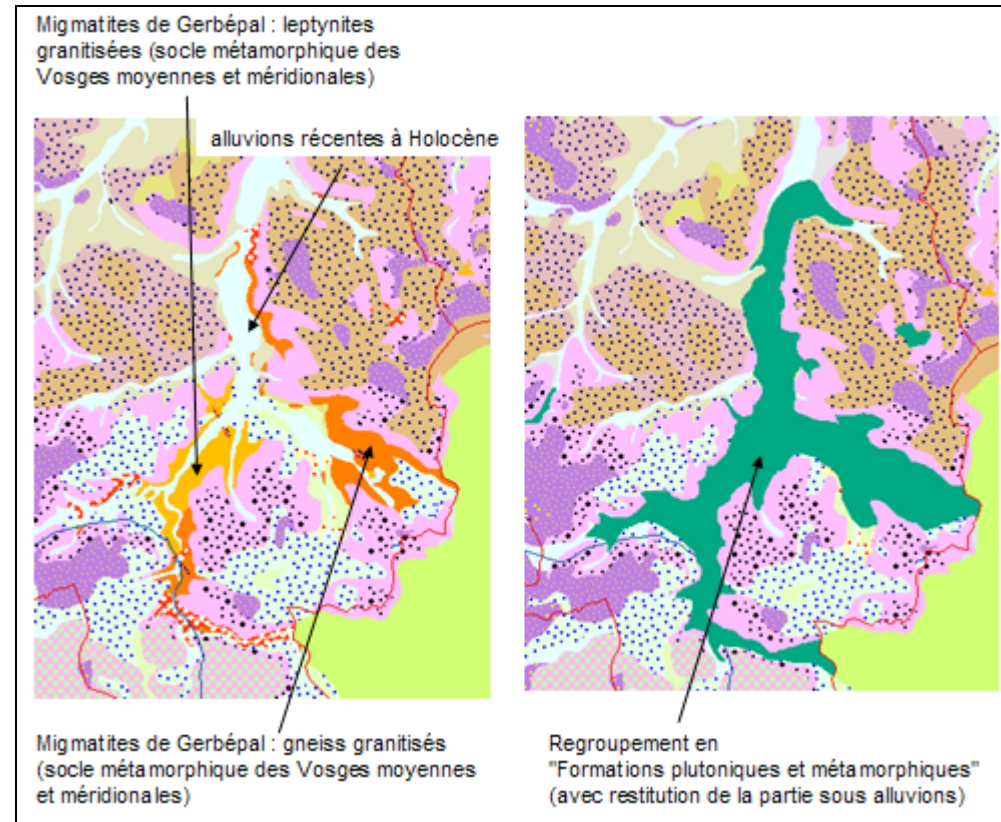


Illustration 14 : Exemple de construction d'une entité socle de niveau 3 (entité située à l'ouest de Remiremont).

### 3) Caractérisation des entités de niveau 3 :

- o 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<sup>2</sup> (cf. illustration 12). 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 12).
- o Calcul du débit spécifique (QMNA5 / Surface de bassin versant) en l/s/km<sup>2</sup>. 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).
- o 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).
- o 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 :

- o 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.
- o 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.
- o Une caractérisation lithologique succincte (présence de roches plutoniques et/ou volcaniques et/ou métamorphiques) complète les attributs de ces entités de niveau 2.

---

<sup>2</sup> 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 multiéchelle du socle

Le tableau multiéchelle 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).**

#### 3.2.2.2. 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 15) ;
- 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 Bairois (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 Bairois au Viroin.                                                              |
| B731      | La Hulle.                                                                                                               |
| B560      | La Meuse de la Sormonne à la Goutelle.                                                                                  |
| B561      | La Goutelle.                                                                                                            |
| B504      | La Vrine.                                                                                                               |
| B503      | La Meuse du Ru de Glaire aux ruisseaux de la Vrine 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 15 : Zones hydrographiques BD Carthage (31) couvrant la zone de socle des Ardennes.

La carte de l'illustration 16 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.



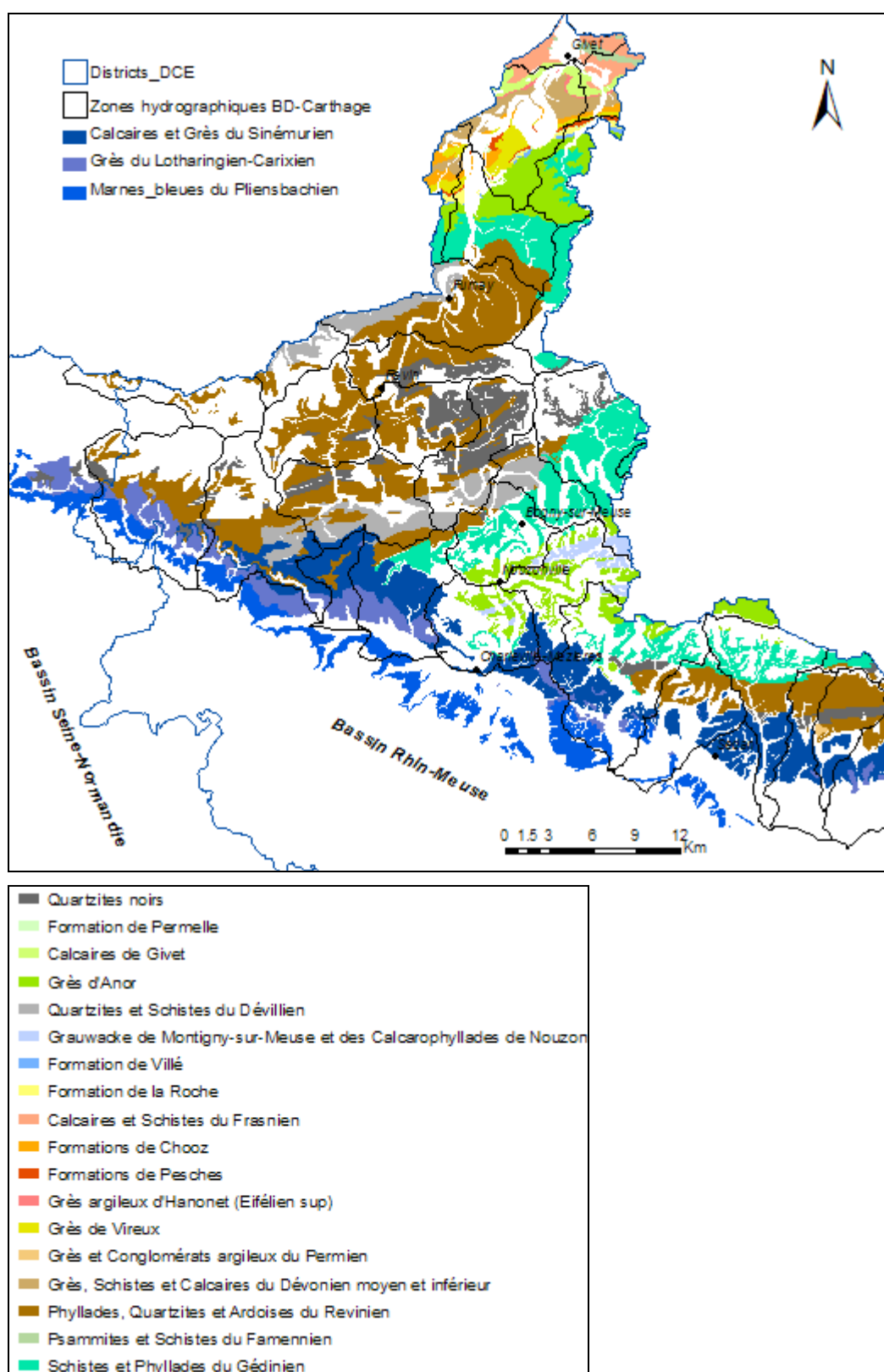


Illustration 16 : Extension du socle des Ardennes et zones hydrographiques BD Carthage.

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 16) en 4 classes (illustration 17) 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 17 sont aussi cartographiées les zones qualifiées comme « aquifère », « semi-perméable » et « imperméable ».

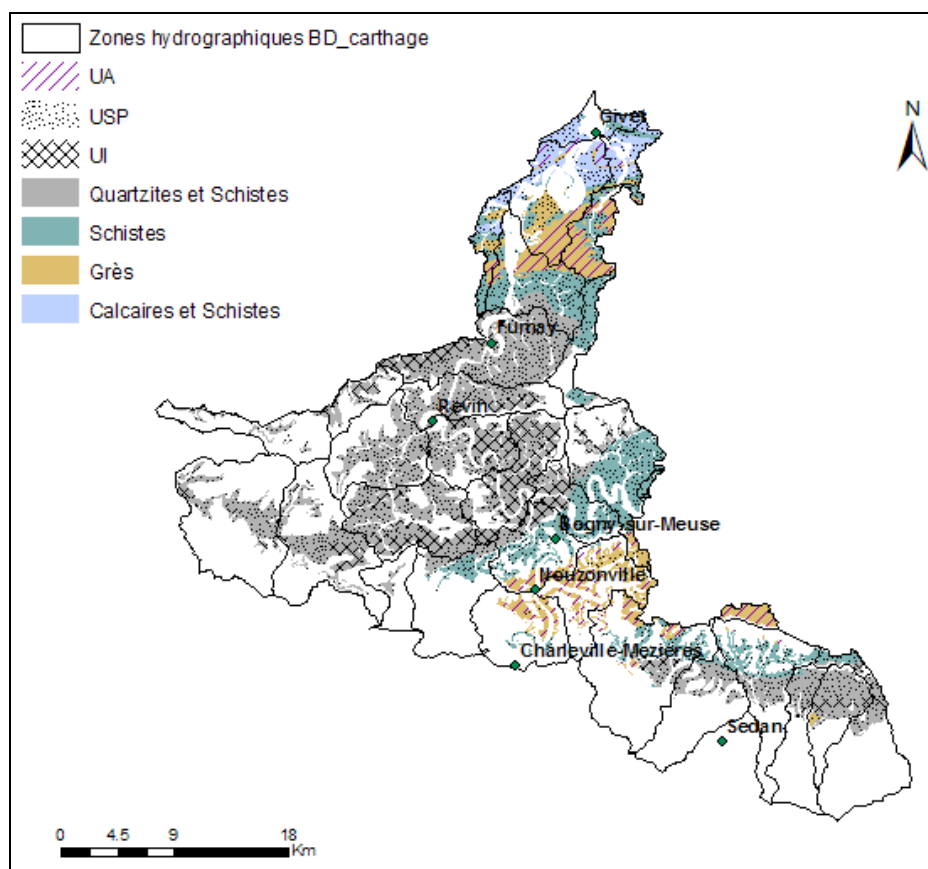


Illustration 17 : Regroupement des formations géologiques en 4 classes lithologiques.

- **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 18).

|   | 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 18 : 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 16 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 20).

• **Etape 4** - Construction des entités de niveau 3 par intersection des « zones lithologiques » avec les secteurs hydrographiques de BD Carthage (illustration 20). 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 21).

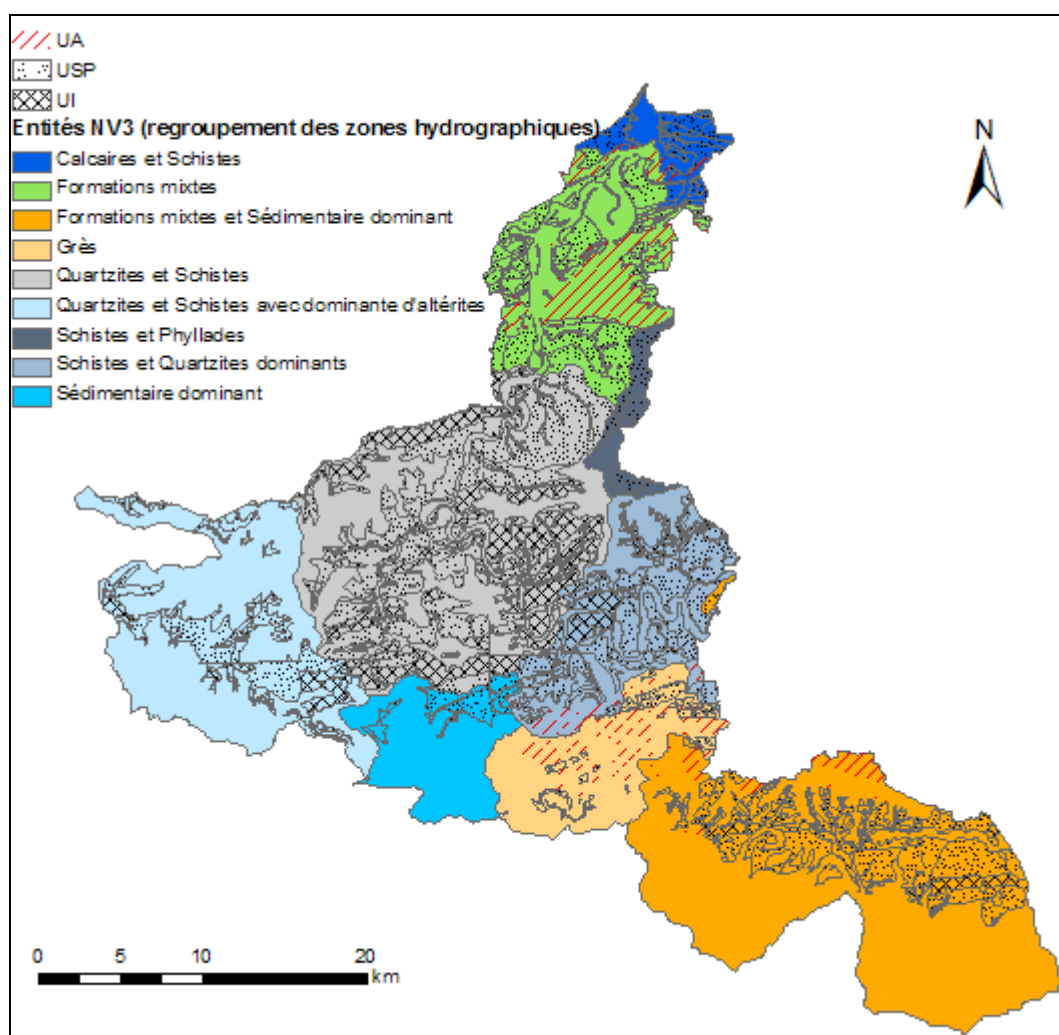
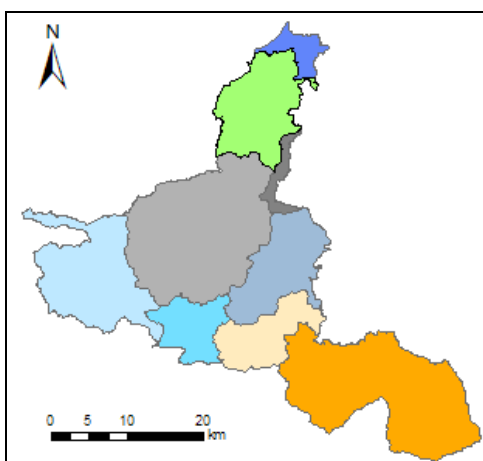
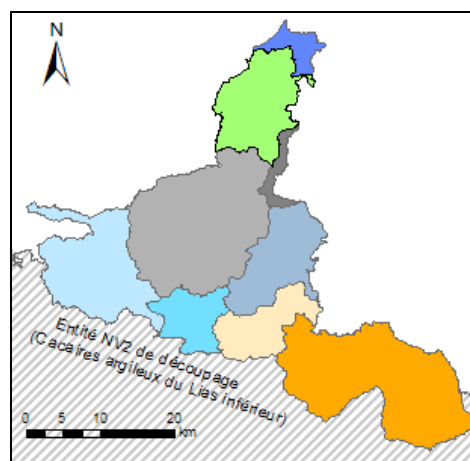


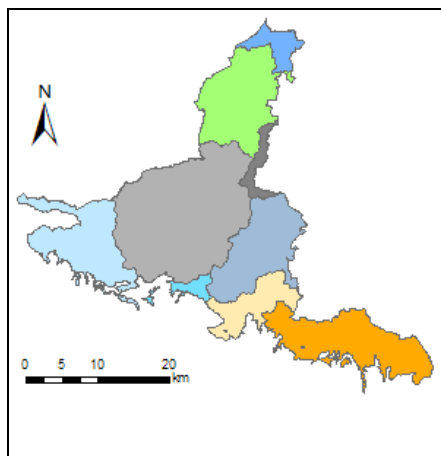
Illustration 19 : Regroupement des zones hydrographiques (ZH) en 9 zones lithologiques (ZL)  
(Une zone lithologique est un assemblage de zones hydrographiques).



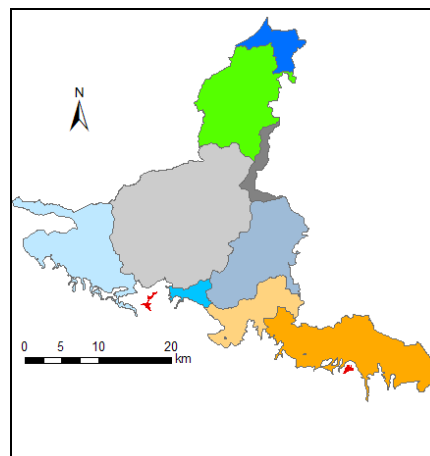
1) Zones lithologiques avant découpage



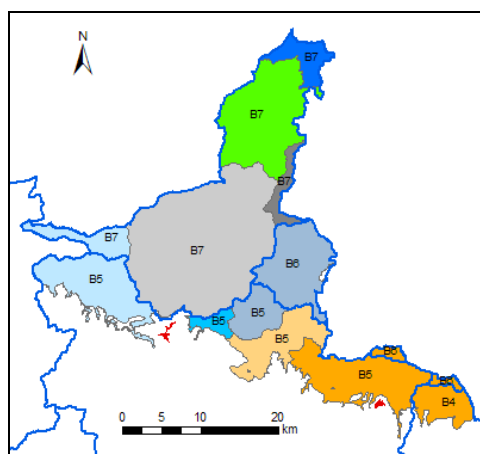
2) Zones lithologiques et entité de découpage



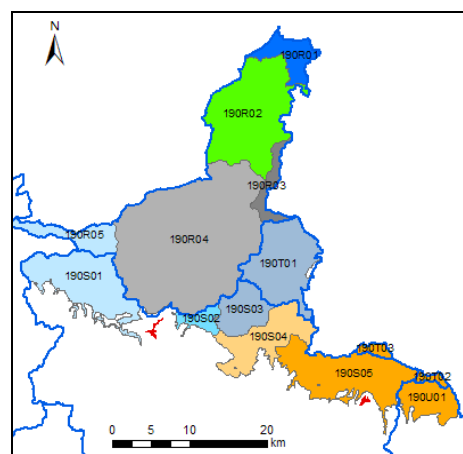
3) Zones lithologiques après découpage



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 20 : 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                                                                                                                          |
|-----------------|-----------------|--------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 170A01          | 170A            | B7           | La Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge | <b>Calcaires et Schistes</b>                                                                                                        |
| 170A02          | 170A            | B7           | La Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge | <b>Mixte:</b> Grès (d'Anor, de Vireux), Schistes et Phyllades (du Gédinien), Schistes et Calcaires (du Dévonien), Calcaire de Givet |
| 170A03          | 170A            | B7           | La Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge | <b>Schistes et Phyllades</b> (du Gédinien)                                                                                          |
| 170A04          | 170A            | B7           | La Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge | <b>Quartzites et Phyllades</b>                                                                                                      |
| 170A05          | 170A            | B7           | La Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge | <b>Quartzites et Phyllades + altérites</b>                                                                                          |
| 170C01          | 170C            | B5           | La Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy   | <b>Quartzites et Phyllades + altérites</b>                                                                                          |
| 170C02          | 170C            | B5           | La Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy   | <b>Schistes et Phyllades</b> (du Gédinien)                                                                                          |
| 170C03          | 170C            | B5           | La Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy   | Mixte: <b>Schistes et Phyllades</b> (du Gédinien), <b>Quartzites et Phyllades</b> , <b>Grès</b> (d'Anor)                            |
| 170C04          | 170C            | B5           | La Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy   | <b>Grès</b> (Grès d'Anor) + Grauwacke de Montigny                                                                                   |
| 170C05          | 170C            | B5           | La Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy   | <b>Schistes et Phyllades</b> (du Gédinien), <b>Quartzites et Phyllades</b>                                                          |
| 170E01          | 170E            | B6           | La Semoy                                                      | <b>Schistes et Phyllades</b> (du Gédinien) + quartzites et Grès d'Anor                                                              |
| 170G01          | 170G            | B4           | La Chiers                                                     | <b>Quartzites et Phyllades, Schistes</b>                                                                                            |

*Illustration 21 : Liste et caractérisation des entités NV3 et NV2 du socle des Ardennes.*

### 3.2.3. 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 fluviales 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. Résultats : géodatabase et fiches d'analyse

### 4.1. GÉODATABASE

Il s'agit d'une géodatabase ArcGis (version 9.31) dont la structure est décrite en détail en annexe 9. Elle contient la table des polygones représentant les « **Entités principales** » et la table des polygones représentant les limites des entités d'ordre 1.

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 22).

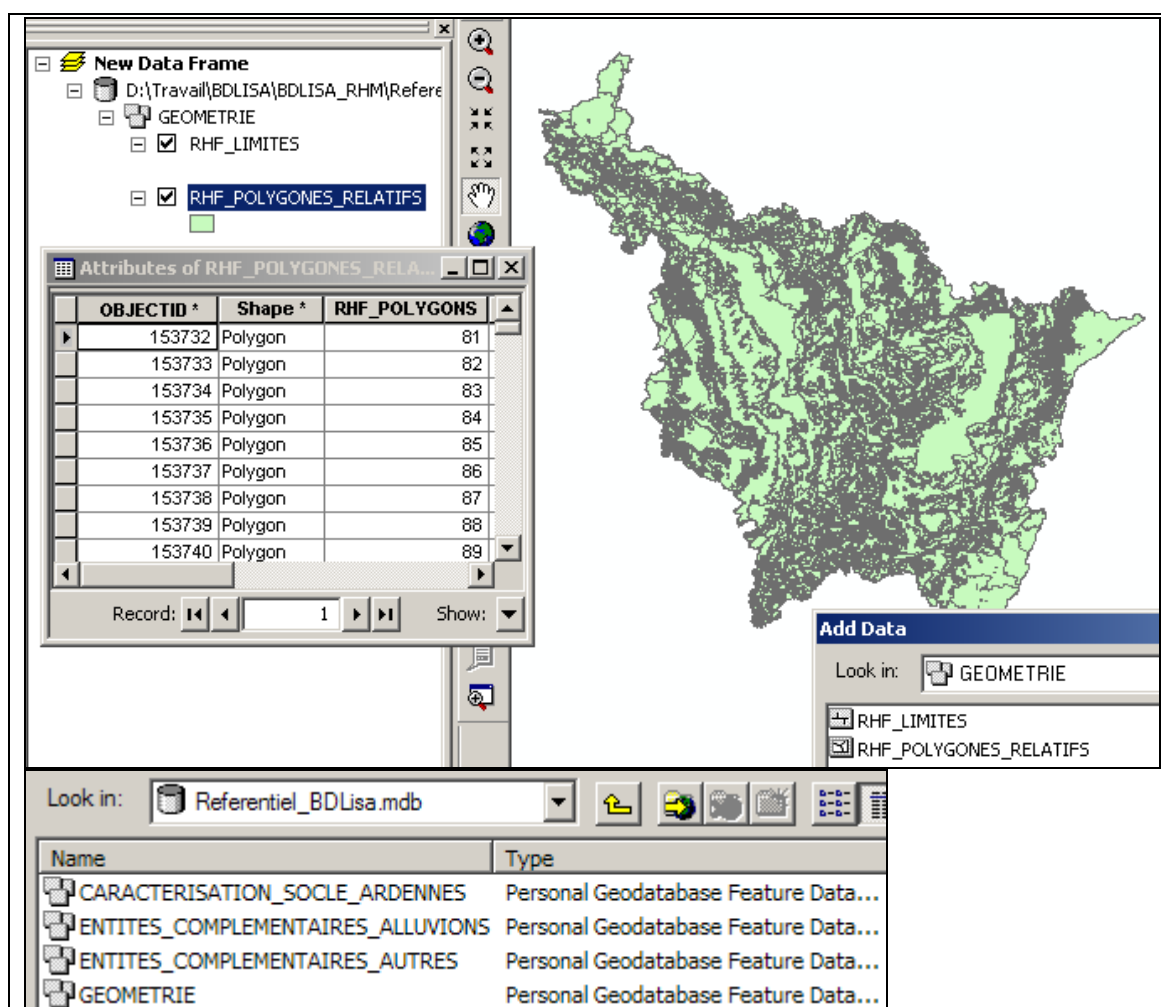
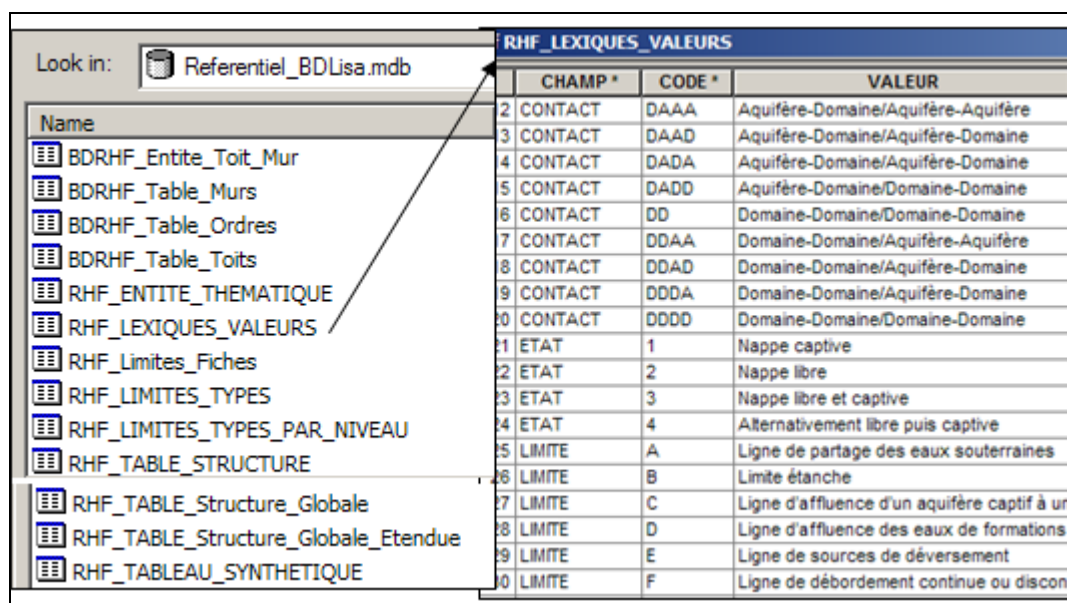


Illustration 22 : Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.

Outre les « Entités principales », la géodatabase comprend :

- les « **Entités complémentaires** » (partie inférieure de l'illustration 22) 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 23). Ces tables sont décrites en annexe 9.



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

Illustration 23 : 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 (cf. illustration 24). Pour accéder au menu, il faut appeler le « projet » ArcGis de nom « **BDLISA\_931.mxd** ».

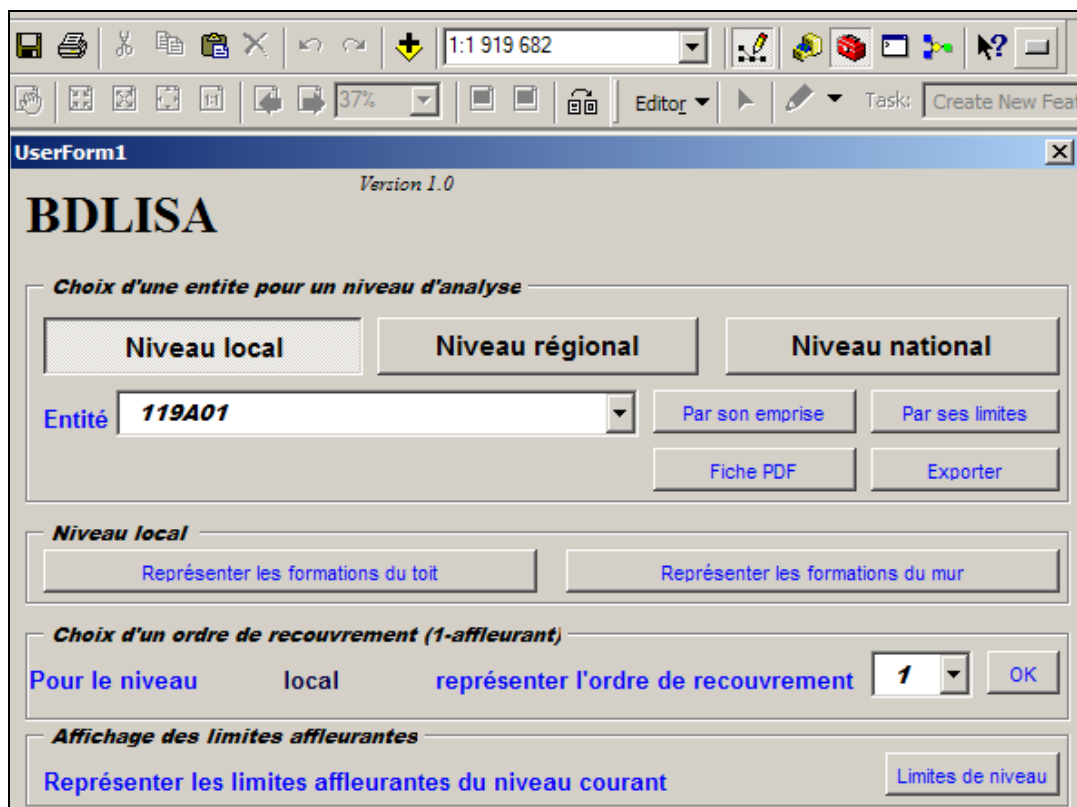


Illustration 24 : Interface utilisateur de la géodatabase.

L'icône grise dans la barre de menu, à droite (rectangle grisé, provisoire) permet d'appeler l'interface utilisateur.

L'illustration 25 présente un exemple de sélection d'entité (F8HIM\_1, Sables verts de l'Albien) effectuée à partir du menu ci-dessus (illustration 25, « Représenter l'entité par son emprise »).

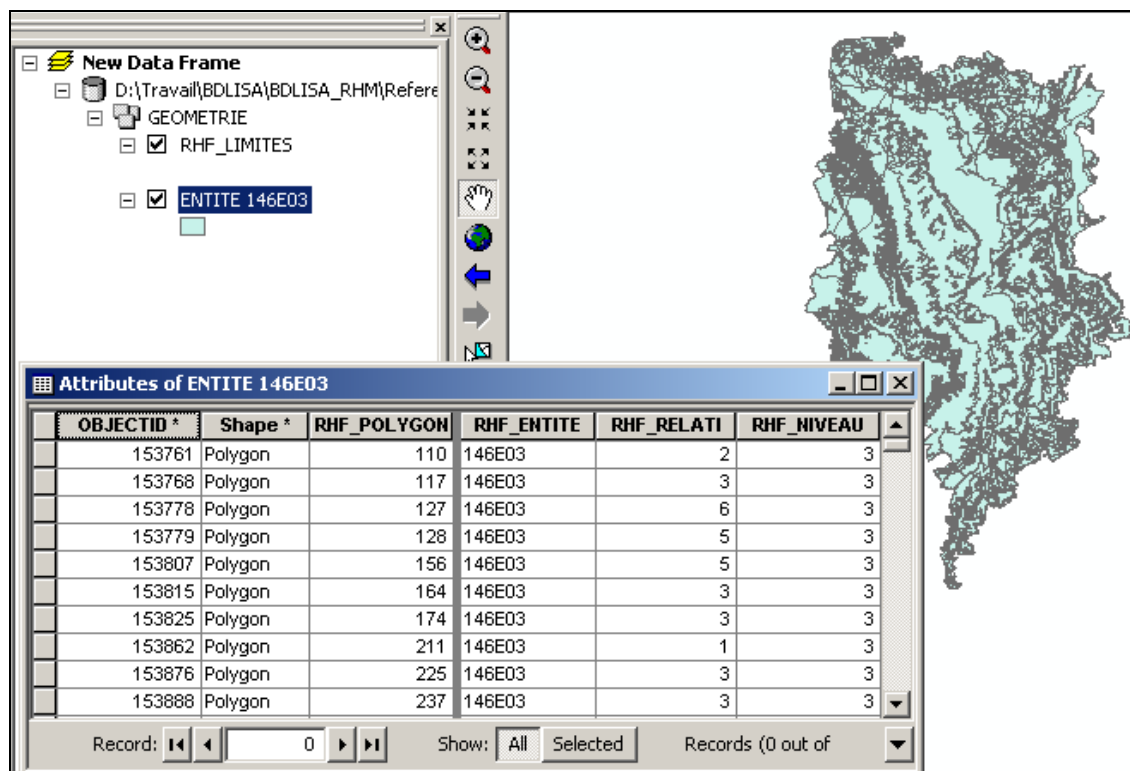
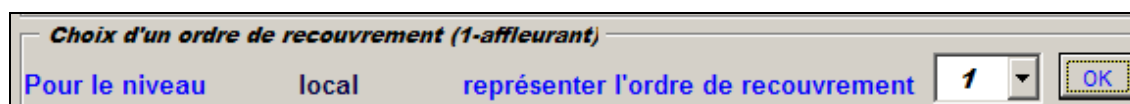


Illustration 25 : Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.

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 26).

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



L'illustration 27 présente une vue des entités de niveau 3 et d'ordre 1 (une couleur a est affectée à chaque entité).

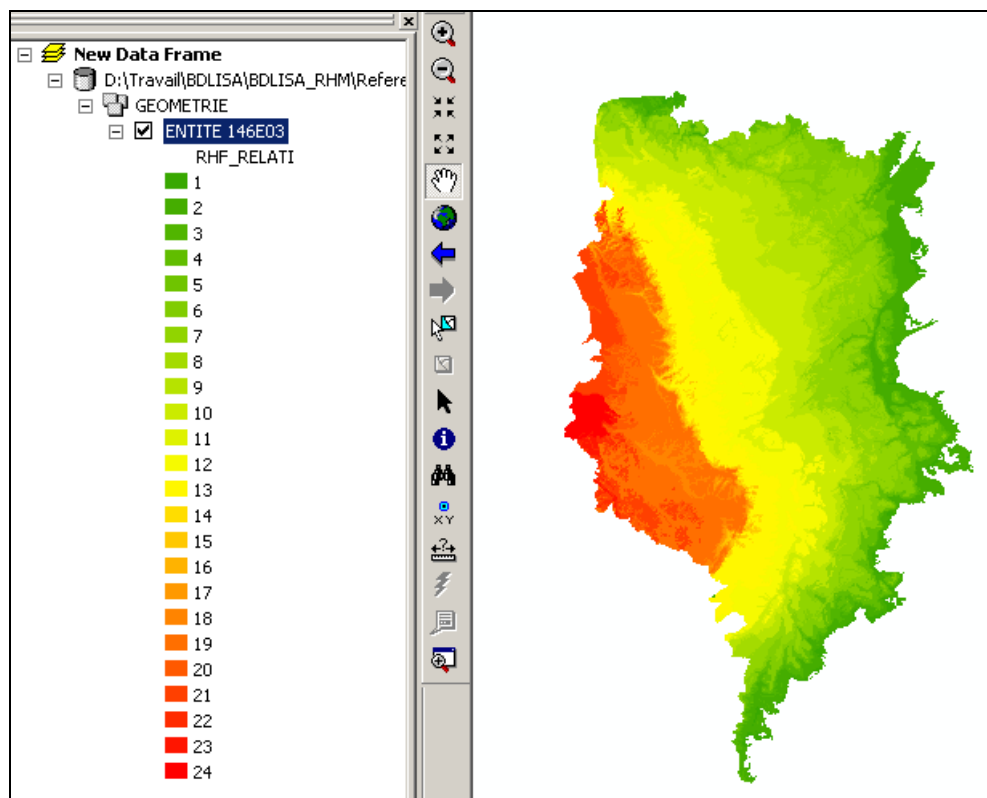


Illustration 26 : Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).

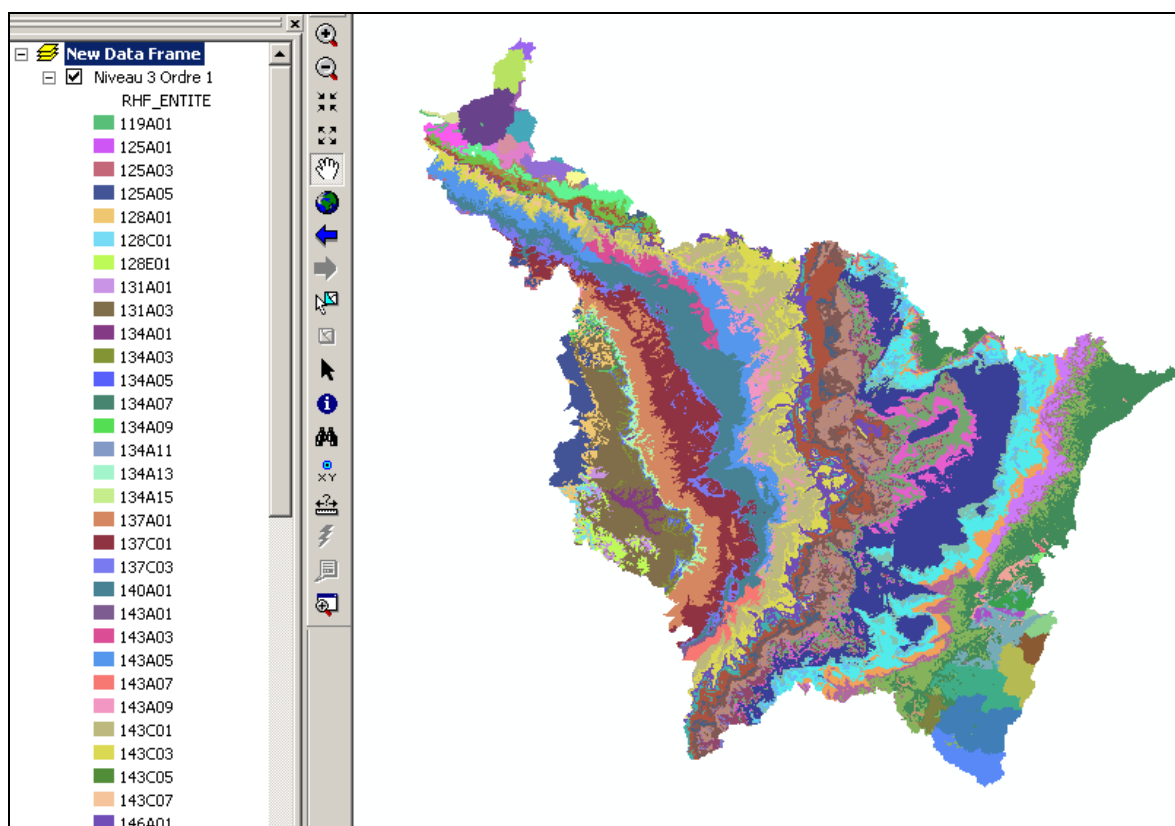
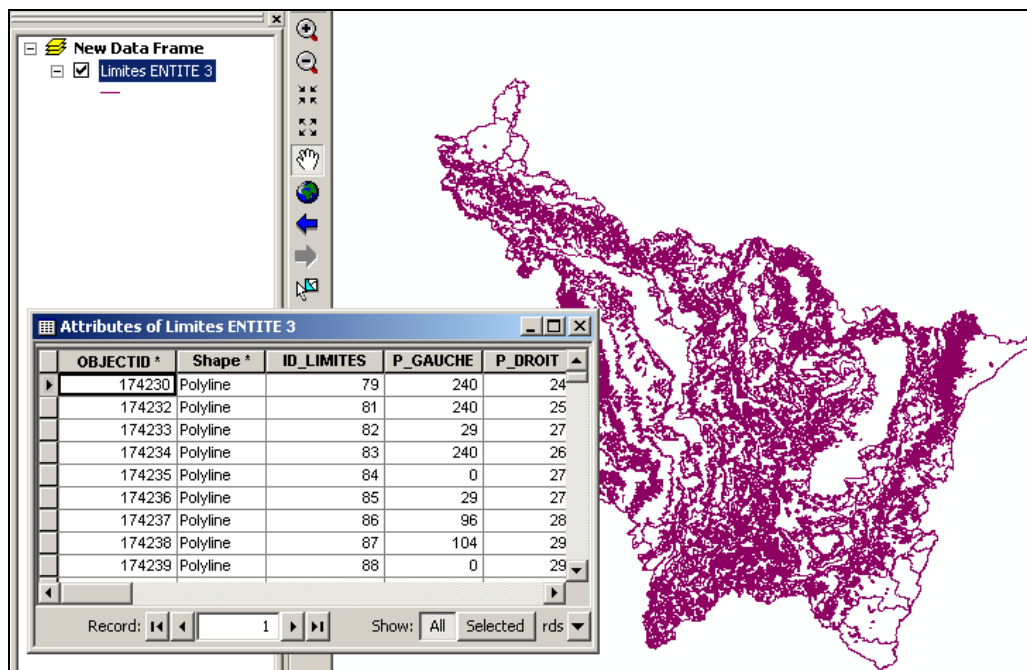


Illustration 27 : Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).

## Limites et table des limites

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).

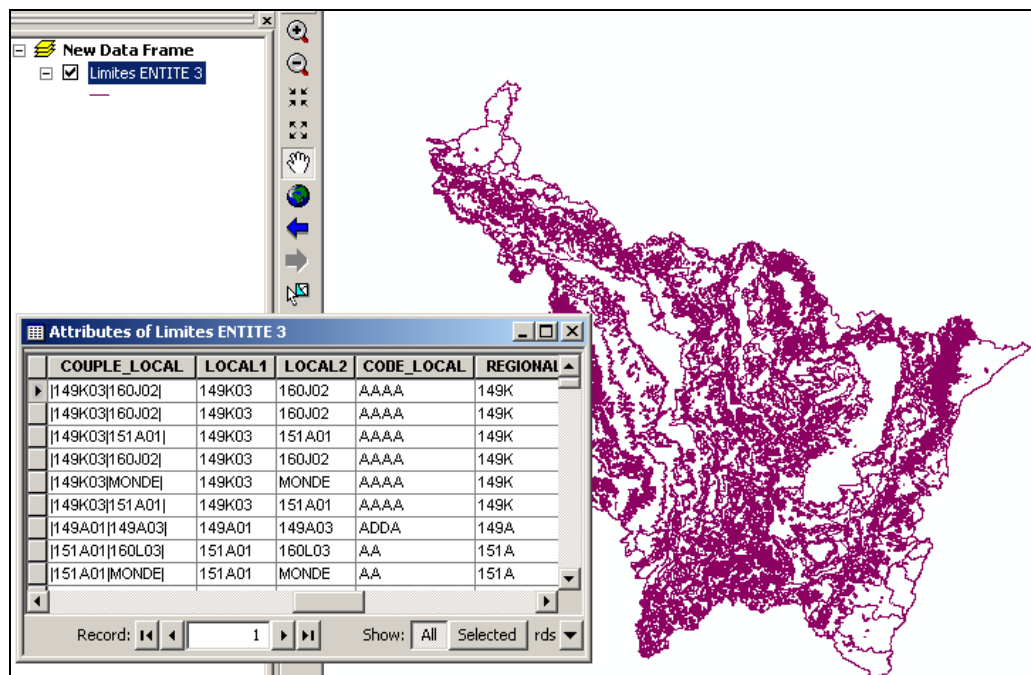


The screenshot shows a GIS interface with a map of a region. A window titled 'Attributes of Limites ENTITE 3' is open, displaying a table of limit attributes. The table has the following columns: OBJECTID, Shape, ID\_LIMITES, P\_GAUCHE, and P\_DROIT. The data is as follows:

| 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 28 : Table des limites.

Cette table contient aussi la nature des contacts entre entités (illustration 29).



The screenshot shows a GIS interface with a map of a region. A window titled 'Attributes of Limites ENTITE 3' is open, displaying a table of contact nature attributes. The table has the following columns: COUPLE\_LOCAL, LOCAL1, LOCAL2, CODE\_LOCAL, and REGIONAL. The data is as follows:

| COUPLE_LOCAL    | LOCAL1 | LOCAL2 | CODE_LOCAL | REGIONAL |
|-----------------|--------|--------|------------|----------|
| [149K03 160J02] | 149K03 | 160J02 | AAAA       | 149K     |
| [149K03 160J02] | 149K03 | 160J02 | AAAA       | 149K     |
| [149K03 151A01] | 149K03 | 151A01 | AAAA       | 149K     |
| [149K03 160J02] | 149K03 | 160J02 | AAAA       | 149K     |
| [149K03 MONDE]  | 149K03 | MONDE  | AAAA       | 149K     |
| [149K03 151A01] | 149K03 | 151A01 | AAAA       | 149K     |
| [149A01 149A03] | 149A01 | 149A03 | ADDA       | 149A     |
| [151A01 160L03] | 151A01 | 160L03 | AA         | 151A     |
| [151A01 MONDE]  | 151A01 | MONDE  | AA         | 151A     |

Illustration 29 : Table des natures de contacts entre entités.

## 4.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS

Le modèle de gestion permet d'éditer automatiquement (illustration 30) pour chaque entité une fiche au format pdf permettant d'analyser les « relations » de l'entité avec ses voisines et de vérifier la cohérence de l'assemblage 3D effectué par le modèle de gestion.

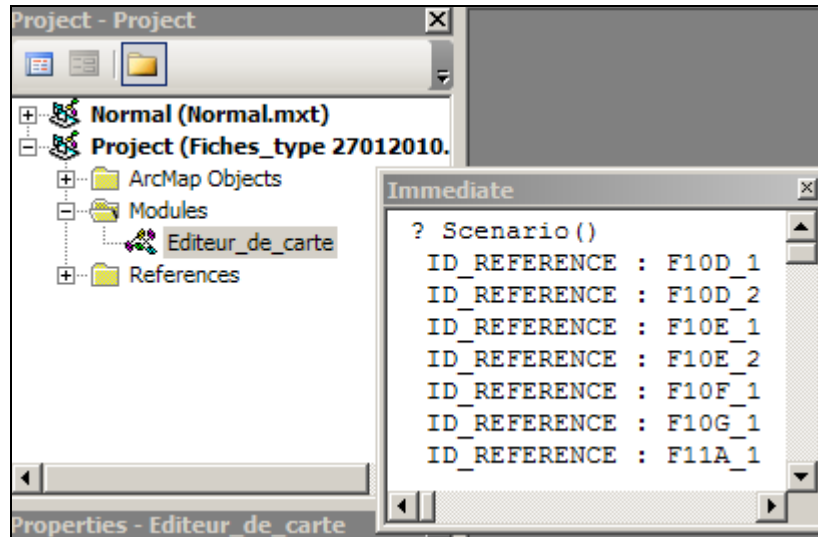


Illustration 30 : Editeur de cartes du modèle de gestion du référentiel.

Une fiche d'analyse est constituée de plusieurs blocs d'informations. Les illustrations 31 et 32 fournissent un exemple pour une entité de niveau 3 (« Calcaires à *Prodactylioceras*, Marnes à *Zeilleria* et Calcaires ocreux du Lias inférieur », 146E03).

- Sur la partie droite de la fiche (illustration 31), 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 32) 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 (cf. § 2.4.2 et annexe 9) et la longueur (en km) de chaque tronçon de limite partagée.

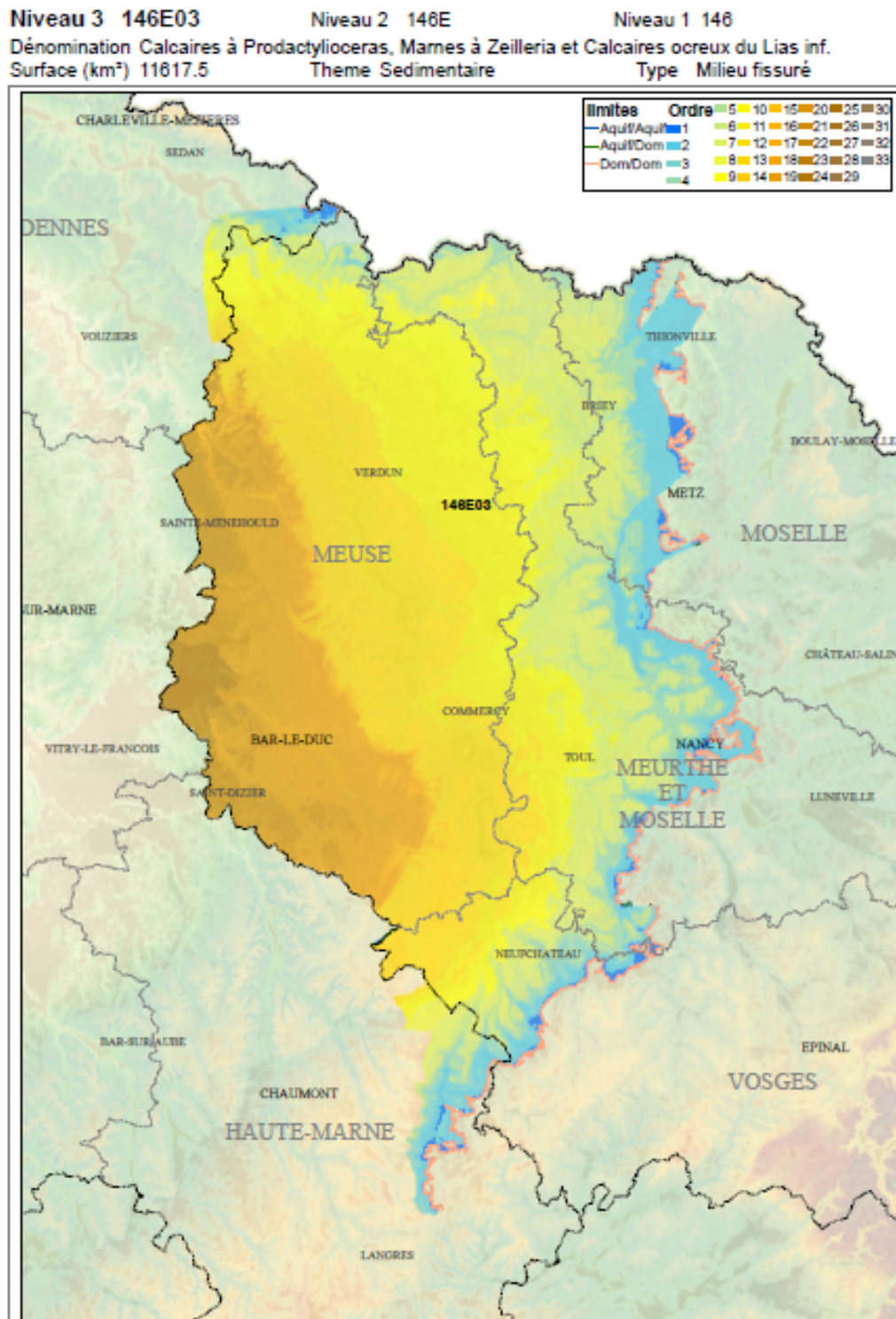


Illustration 31 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).



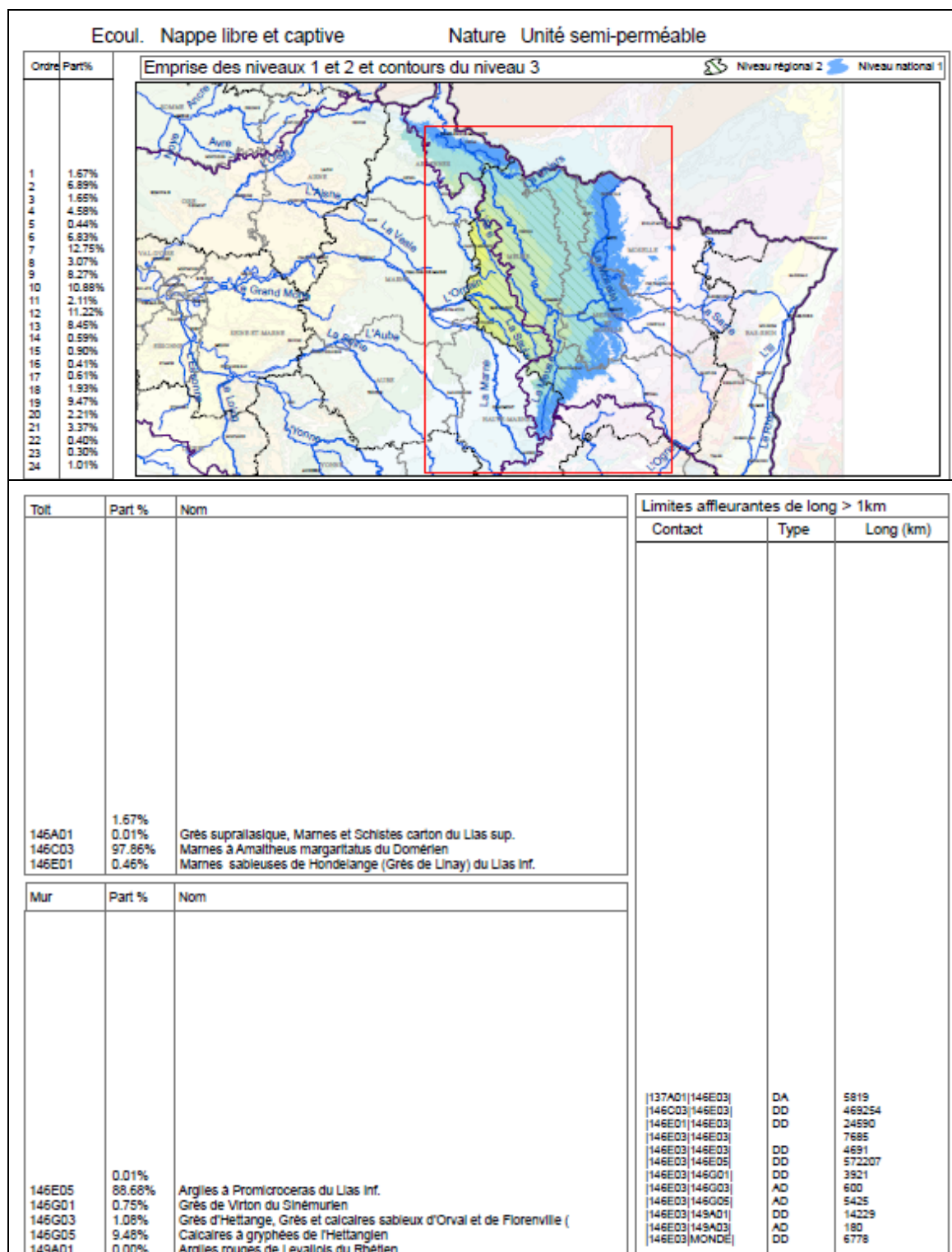


Illustration 32 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite)



## 5. Description des entités hydrogéologiques

### 5.1. 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.

#### 5.1.1. Le Permo-Carbonifère

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

##### 5.1.1.1. Système aquifère du Permien

Ce système contient une entité de niveau 3.

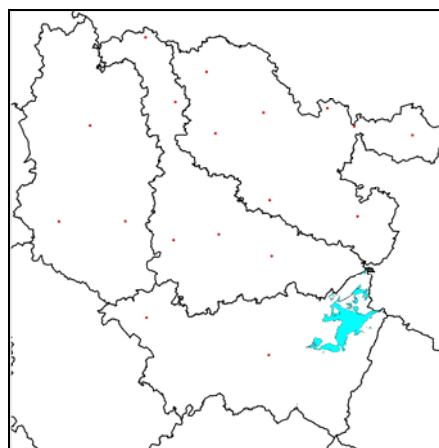
- **Unité aquifère des Couches de Champenay, de Frapelle et Couches de St-Dié du Permien**

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).

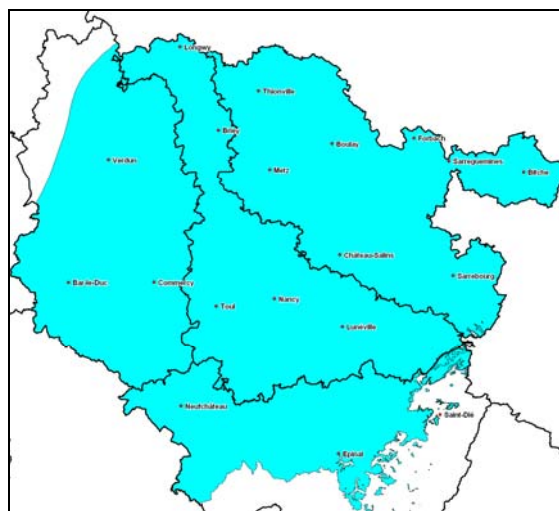
Grand système multicouche du Trias

Un tableau lithostratigraphique des formations géologiques du Trias est présenté dans l'illustration 33. Ce grand système est constitué de 6 entités NV2.

### 5.1.2.1. Système aquifère des Grès du Buntsandstein

#### 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*.



| SONDAGES                |                            |                             | FORMATIONS EN LORRAINE                 | SYMBOLES<br>CARTE | GROUPES                   |                                              | SUPER<br>GROUPES           |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|
| ILE DE FRANCE           | CHAMPAGNE                  | LORRAINE OCCIDENTALE        |                                        |                   |                           |                                              |                            |
|                         | Argiles de Levallois       | Argiles de Levallois        | Argiles de Levallois                   | t10               | RHETIEN                   |                                              | K<br>E<br>U<br>P<br>E<br>R |
|                         | Grès et argiles rhétiens   | Grès rhétiens               | Grès rhétiens                          |                   |                           |                                              |                            |
| Argile de St. Maur      | Argiles lie de vin         | Marnes irisées supérieures  | Argiles bariolées dolomitiques         | t9                | MARNES<br>IRISEES<br>SUP. | MARNES<br>IRISEES<br>Gips<br>Keuper          |                            |
| Grès de Crouy-sur-Ourcq | Marnes irisées supérieures | Marnes irisées supérieures  | Argiles de Chanville                   |                   |                           |                                              |                            |
| Grès de Feigneux        | Argiles à anhydrite        | anhydrite                   | Dolomie de Beaumont                    |                   |                           |                                              |                            |
| Grès d'Arsy             | Dolomie de Beaumont        | Dolomie de Beaumont         | Argiles bariolées intermédiaires       | t8                | MARNES<br>IRISEES<br>MOY. |                                              |                            |
|                         | Grès à roseaux Argile      | Grès à roseaux              | Grès à roseaux                         |                   |                           |                                              |                            |
|                         | Marnes                     | Marnes                      | Couches à astéries                     |                   |                           |                                              |                            |
|                         | Sel                        | Sel                         | Formation salifère                     | t7                | MARNES<br>IRISEES<br>INF. |                                              |                            |
|                         | Argile à anhydrite         | Argile à anhydrite et gypse | Couches à pseudomorphoses              |                   |                           |                                              |                            |
|                         | Dolomie limite             | Dolomie limite              | Dolomie limite de la Lettenkohle       |                   |                           | LETTENKOHLE                                  |                            |
|                         | Argile                     | Argile dolomitique          | Argile de la Lettenkohle               | t6                |                           |                                              |                            |
|                         | Grès et argile             | Dolomie                     | Dolomie inférieure de la Lettenkohle   |                   |                           |                                              |                            |
|                         |                            | Calc. à térébratules        | Calcaire à térébratules                |                   |                           |                                              |                            |
|                         |                            | Couches à cératites         | Calcaire à cératites                   | t5                | MUSCHELKALK<br>SUP.       |                                              |                            |
|                         |                            | Calcaire à entroques        | Calcaire à entroques                   |                   |                           | MUSCHELKALK<br>MOY.<br>groupe de l'Anhydrite |                            |
|                         | Argile à anhydrite         | Couches grises              | Couches blanches                       |                   |                           |                                              |                            |
|                         |                            | Sel                         | Couches grises                         | t4                |                           |                                              |                            |
|                         |                            | Couches rouges              | Couches rouges                         |                   |                           |                                              |                            |
|                         |                            | Grès coquillier             | Dolomie à <i>Myophoria orbicularis</i> | t3                | MUSCHELKALK<br>INF.       |                                              |                            |
|                         |                            | Grès à <i>Volzia</i>        | Complexe de Volmunster                 |                   |                           | BUNTSANDSTEIN<br>SUP.                        |                            |
|                         |                            | Couches intermédiaires      | Grès coquillier                        |                   |                           |                                              |                            |
|                         |                            | Couches intermédiaires      | Grès à <i>Volzia</i>                   | t2b               |                           |                                              |                            |
|                         |                            | Couches intermédiaires      | Couches intermédiaires                 | t2a               |                           |                                              |                            |
|                         |                            | Conglomérat principal       | Zone limite violette                   | t1c               | BUNTSANDSTEIN<br>MOY.     |                                              |                            |
|                         |                            | Conglomérat principal       | Conglomérat principal                  |                   |                           |                                              |                            |
|                         |                            | Grès vosgien                | Grès vosgien                           | t1b               |                           | BUNTSANDSTEIN<br>INF.                        |                            |
|                         |                            | Conglomérat inférieur       | Conglomérat inférieur                  |                   |                           |                                              |                            |
|                         |                            | Grès d'Annweiler            | Grès d'Annweiler                       | t1a               |                           |                                              |                            |

Illustration 33 : Tableau lithostratigraphique des formations du Trias (Courel et Maget-Mégnyen 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 km<sup>2</sup> et le volume d'eau contenu dans le réservoir des grès du Trias inférieur est évalué à 30 milliards de m<sup>3</sup> en affleurement (SDAGE Rhin-Meuse, 1996), et à 500 milliards de m<sup>3</sup> sous couverture, dont 150 milliards de m<sup>3</sup> 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**

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**

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 (Mégnyen *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**

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 (Mégnyen *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 principal*, 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**

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 (Mégnyen *et al.*, 1980). De son côté le Grès coquillier, d'une dizaine de mètres d'épaisseur est formé par une alternance de grès silteux<sup>3</sup> 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 (Mégnyen *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.

---

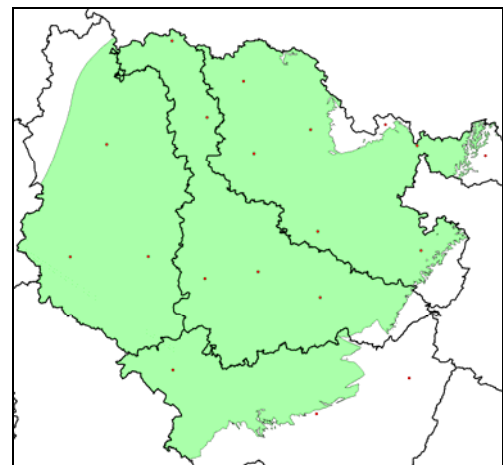
<sup>3</sup> Silteux : qui se rapporte à un silt, mot anglais désignant des sédiments détritiques meubles dont le grain est compris entre 1/256 mm et 1/16 mm.

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 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.

#### 5.1.2.2. Domaine hydrogéologique des Marnes et Argiles du Muschelkalk moyen et inférieur

##### 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**

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**

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 (Mégnyen *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 ».

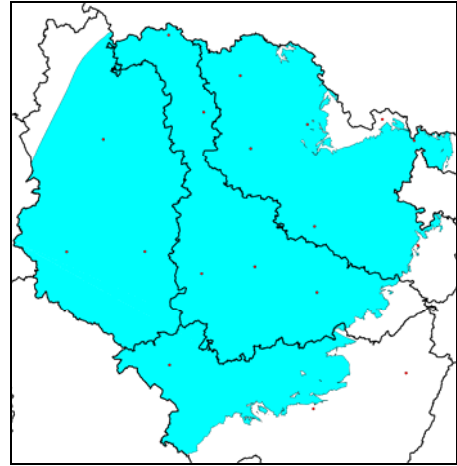
Au sud de la Lorraine, dans les Vosges, les *Couches blanches*, à la base du système aquifère, constituent un gîte hydrominéral et sont notamment exploitées (cartes n° 338 d'Epinal et n° 339 de Vittel) pour leur qualité en tant qu'eaux minérales. Elles constituent ainsi une entité à part entière. Elles 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.

### 5.1.2.3. 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**

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.

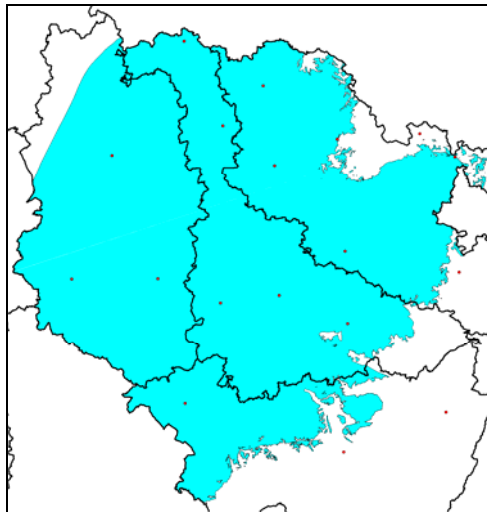
En revanche, les *Calcaires à cératites* passent d'environ 30 mètres dans ces régions à environ 50 mètres d'épaisseur dans l'ensemble de la Lorraine et localement 100 mètres. Ils sont composés d'une alternance de bancs calcaires et de lits marneux (bleus violacés). Au sommet de ce regroupement les *Calcaires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

#### 5.1.2.4. 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**

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 infratriasique 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**

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.

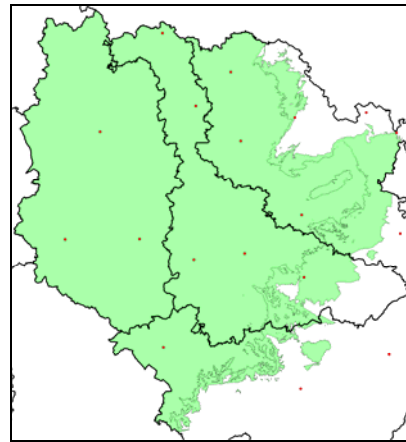
Du nord au sud l'ensemble passe d'environ 25 m d'épaisseur à une dizaine de mètres aux alentours de Vittel. La *Dolomie limite* est parfois gréseuse et présente des amas de gypse ou d'anhydrites comme les *Marnes irisées du Keuper*. Lorsqu'elle est altérée au niveau des affleurements elle est diaclasée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

#### 5.1.2.5. 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**

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 (Mégnyen *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**

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 intermédiaires*, 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 intermédiaires* sont souvent dolomitiques et contiennent du gypse en abondance (Mégnyen 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**

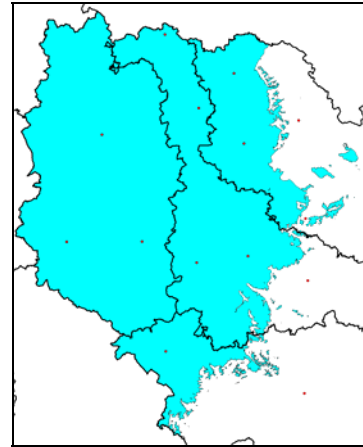
Cette entité est composée à la base par les *Argiles de Chanville* à dominante rougeâtre (passage marqué après la Dolomie de Beaumont) avec intercalations gypseuses et au-dessus par les *Argiles bariolées dolomitiques* versicolores (Mégnyen et al., 1980). L'ensemble des deux formations est nommé sous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



#### 5.1.2.6. 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**

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 (Mégnyen *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**

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.



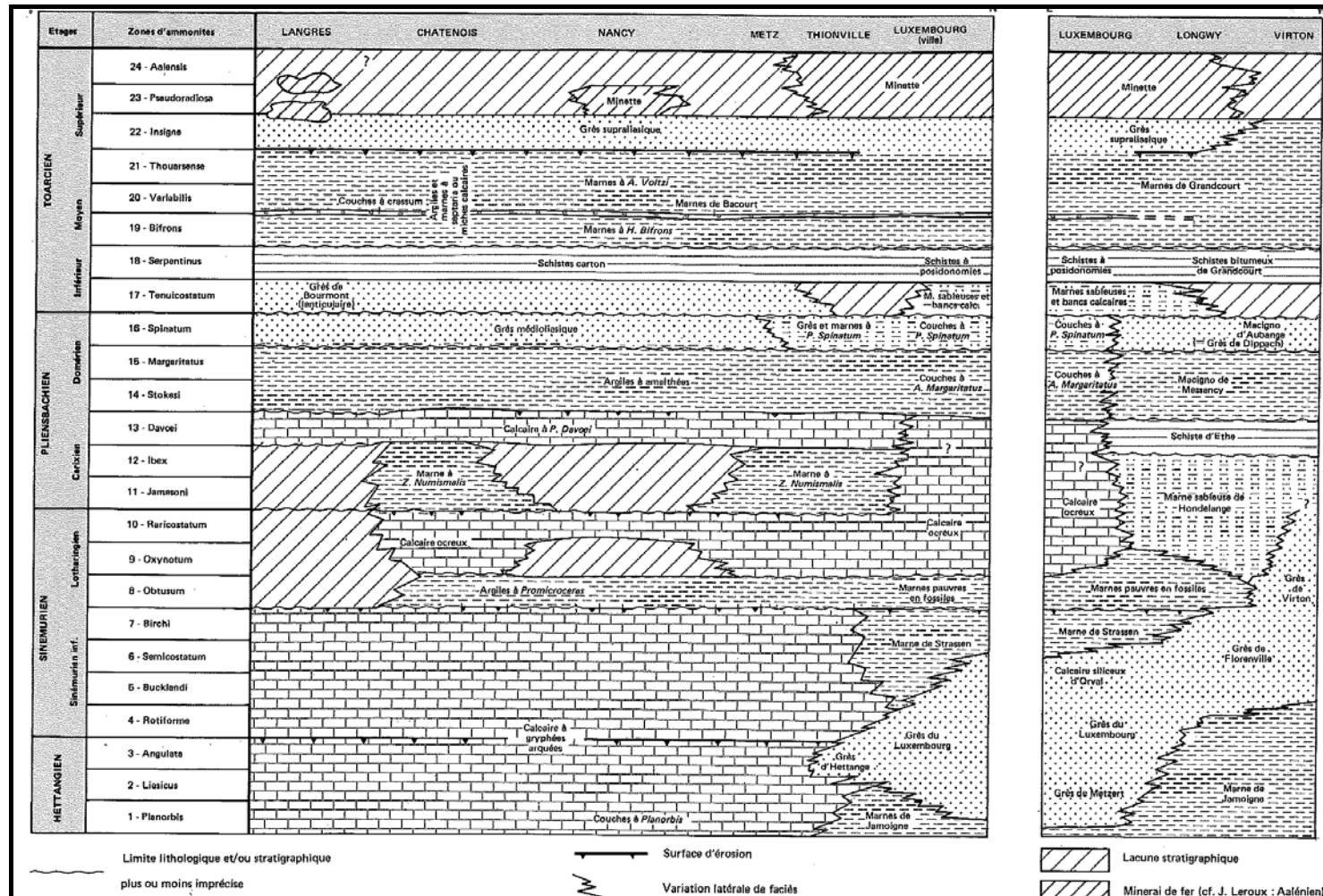


Illustration 34 : Variations latérales de faciès des formations du Lias (coupe sud-nord de la Lorraine, d'après Allouc et Hanzo in Mégnien et al., 1980).



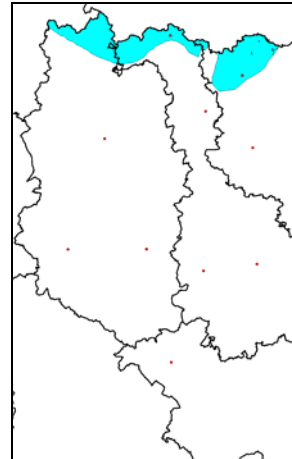
### 5.1.2. Grand domaine hydrogéologique du Jurassique inférieur (Lias) du bassin de Paris

Les formations du Lias présentent des variations latérales de faciès (illustration 34). Le grand domaine comprend 4 entités de niveau 2.

#### 5.1.3.1. Système aquifère des Calcaires et Grès du Sinémurien-Hettangien

##### 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* (Mégrien et al., 1980) n'infirmement 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**

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<sup>3</sup>/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'infirmement pas ce choix.

- **Unité aquifère du Calcaire à Gryphées de l'Hettangien**

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'amointrissant en période sèche ; à flanc de coteau, de multiples sources 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 grises-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 calcaireux (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.

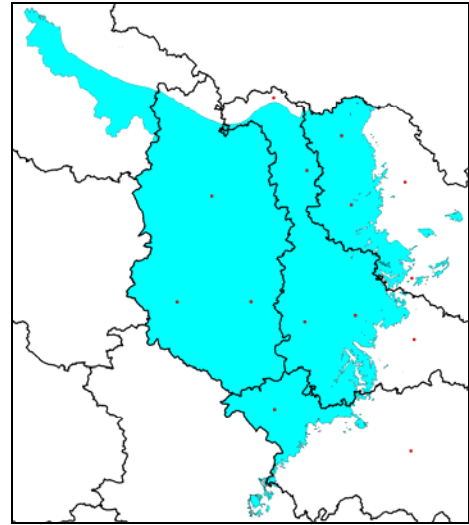
En Lorraine, cette formation constitue un niveau aquifère identifié dans les nombreux ouvrages de la BSS comme exploité ou reconnu, notamment en Moselle et Meurthe-et-Moselle.

- **Unité semi-perméable du Grès de Virton du Sinémurien**

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 multiéchelle, 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.

#### **5.1.3.2. 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**

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 (Mégnyen *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**

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 (Mégnyen *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**

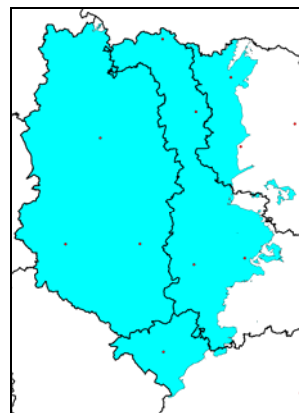
Au voisinage de la frontière belgo-luxembourgeoise, dès le Lotharingien supérieur, la formation du *Calcaire ocreux* devient plus épaisse et plus grossièrement détritique, avec les Grès et Marnes de Hondelange.

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.

### 5.1.3.3. 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**

Cette entité se compose des *Marnes à Amalthees* 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**

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 Amalthees* 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 Amalthees*. 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).

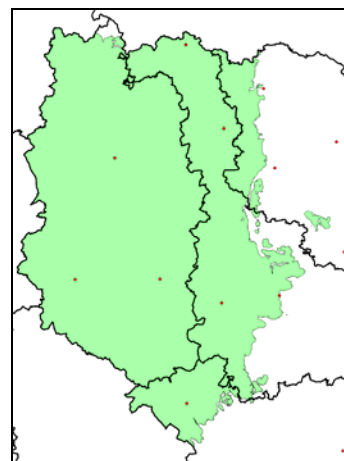
#### 5.1.3.5. Domaine hydrogéologique des Marnes du Lias supérieur

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**

##### 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 (H<sub>2</sub>S) 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.

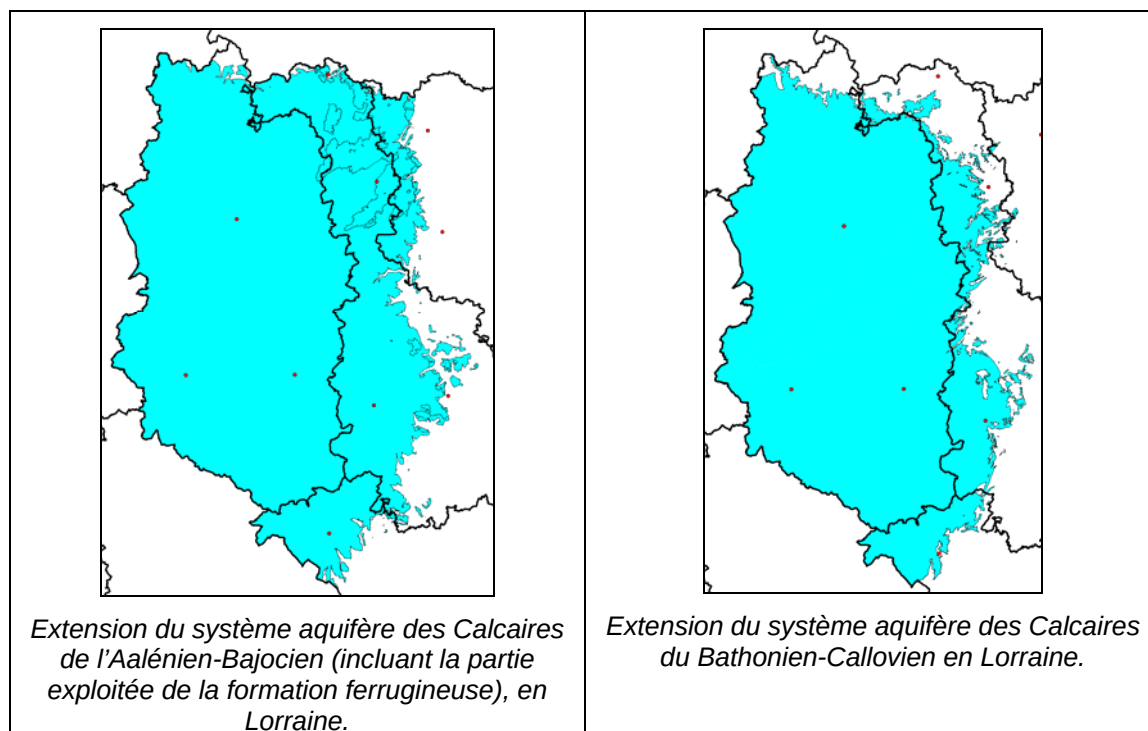
### 5.1.3. Grand système multicouche du Jurassique moyen (Dogger) du Callovien à l'Aalénien du bassin de Paris

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.



#### **5.1.4.1. 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 36).



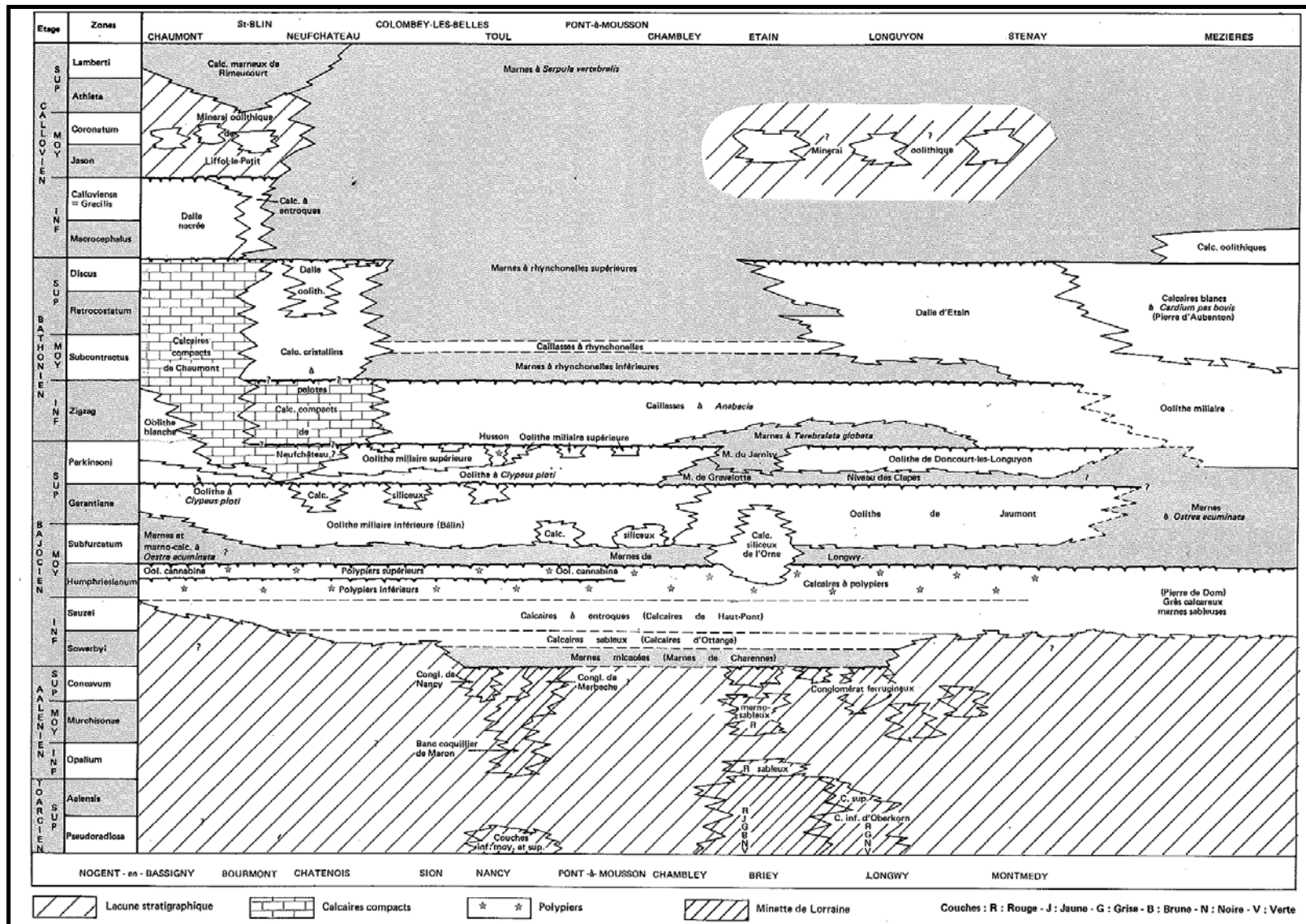


Illustration 35 : Variations latérales de faciès dans les formations du Jurassique moyen. Coupe sud-nord du bassin Rhin-Meuse (Le Roux in Mégien et al., 1980).



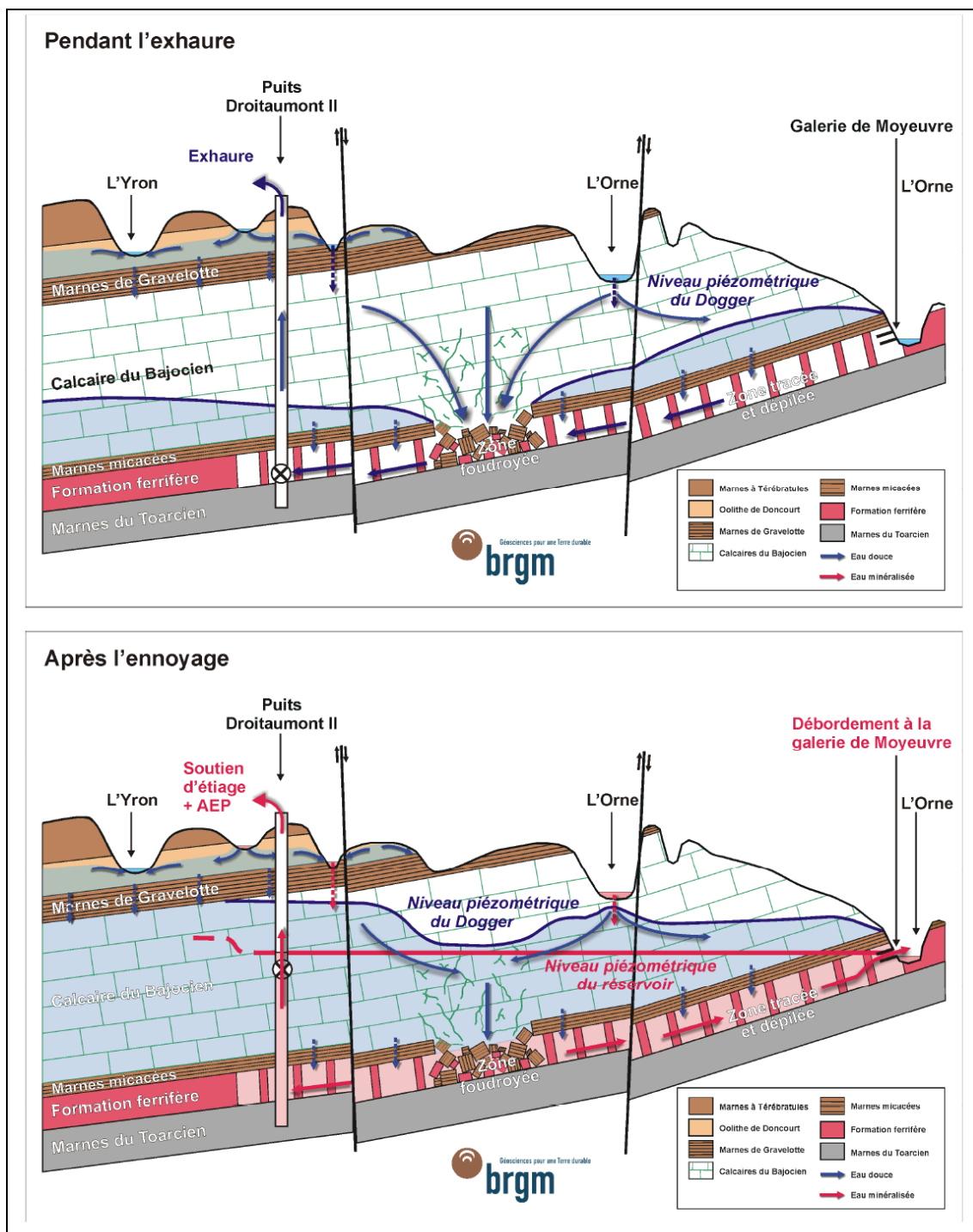


Illustration 36 : Schéma conceptuel du fonctionnement hydrogéologique d'un réservoir minier, avant et après envoi (exemple du réservoir Sud, coupe schématique SO-NE), (d'après Douche modifié, in Vaute et al., 2007).

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 multiéchelle. 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 37). 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**

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**

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.

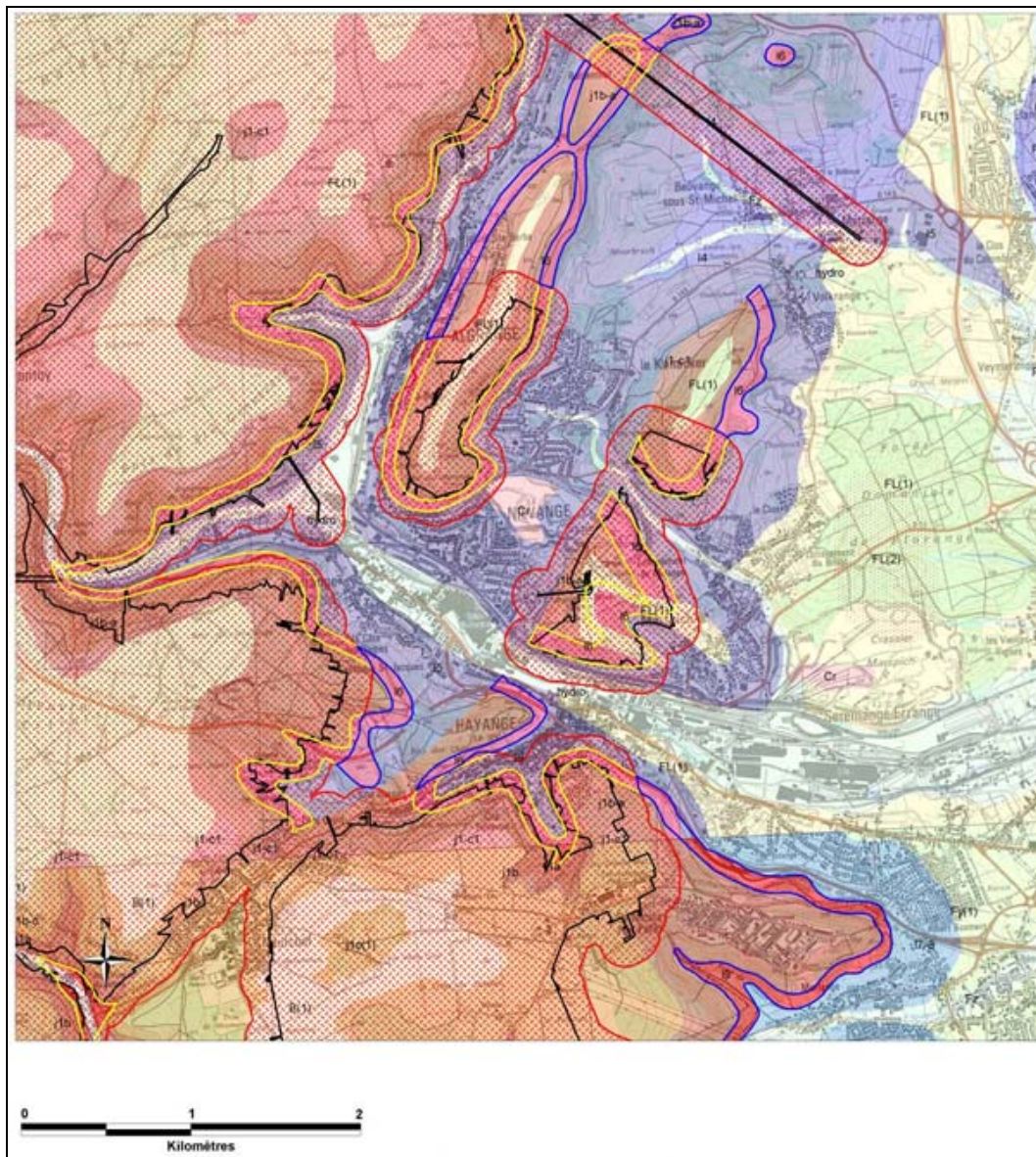
Le système aquifère des *Calcaires de l'Aalénien-Bajocien* comprend aussi 2 autres unités aquifères.

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

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 37 : Exemple de découpage sous SIG de l'unité de la « Formation ferrifère (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**

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 35).

#### 5.1.4.2. 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**

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)**

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 (décrit en 5.1.5). 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**

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 (Mégny *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)**

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.

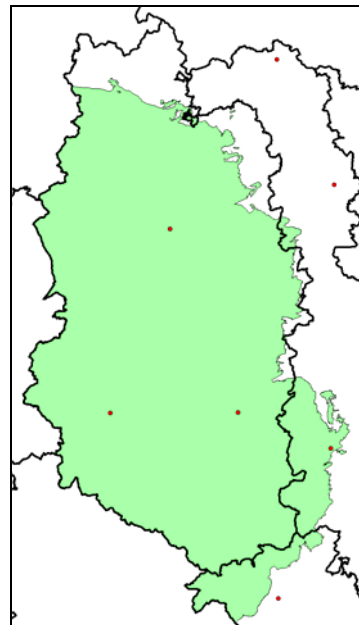
- **Unité aquifère de la Dalle nacrée du Bathonien-Callovien (Sud Lorraine)**

Elle correspond à un changement de faciès des Argiles de la Woèvre (décrits en 5.1.5). 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 (Mégny *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.

#### 5.1.4. 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 Woèvre du Callovo-oxfordien.**

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.

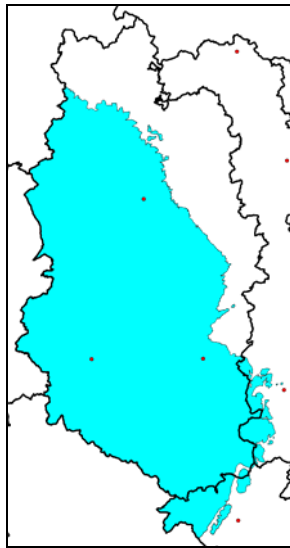
### 5.1.5. Grand système aquifère du Kimméridgien à l'Oxfordien supérieur du bassin de Paris

Il comprend 2 systèmes aquifères :

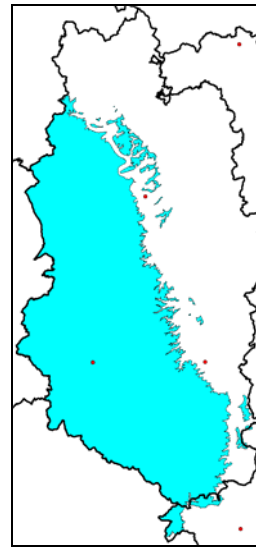
- le système aquifère des Calcaires de l'Oxfordien ;
- le système aquifère des Calcaires du Kimméridgien inférieur et Séquanien.

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 38).



*Système aquifère des Calcaires de l'Oxfordien en Lorraine.*



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

#### 5.1.6.1. 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**

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 (Mégnyen *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.





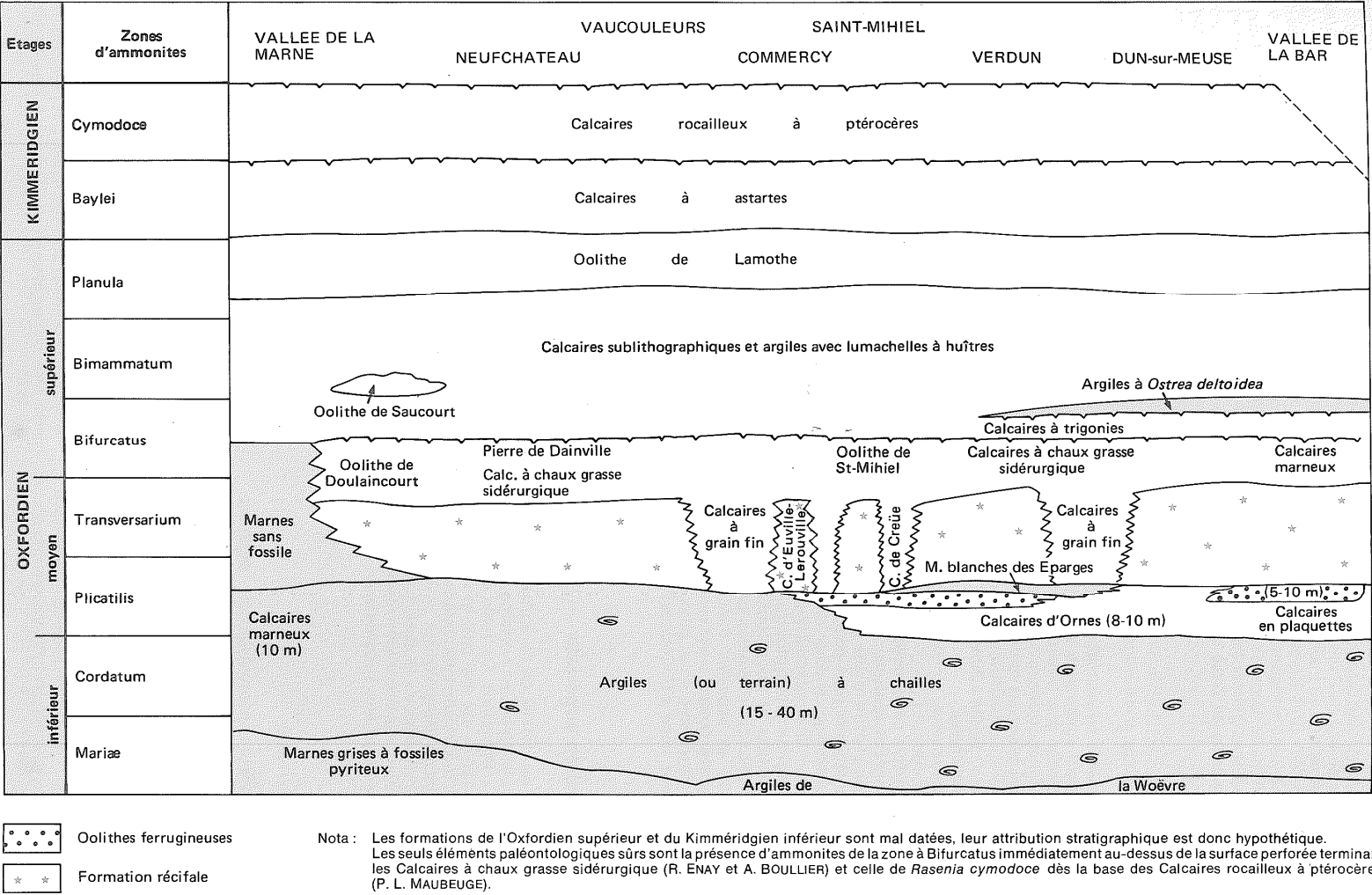


Illustration 38 : Profil stratigraphique des formations de l'Oxfordien et du Kimmeridgien inférieur (Mégnyen et al., 1980).





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**

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<sup>3</sup>/h à la cité de Billefont, 50 à 70 m<sup>3</sup>/h aux puits AEP de Dugny et 200 m<sup>3</sup>/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.

#### **5.1.6.2. Système aquifère des Calcaires du Kimméridgien inférieur et Séquanien**

Il est constitué d'une seule entité NV3.

- **Unité aquifère des Calcaires rocailloux à ptérocères, Calcaires à Astartes, Oolithe de Lamothe, Calcaires sublithographiques et Argiles à Ostrea du Kimméridgien inférieur**

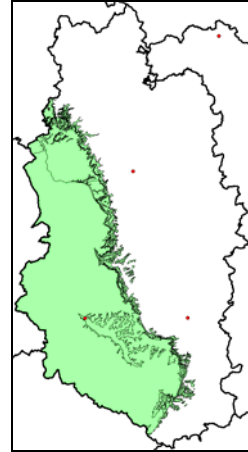
La base de ces formations a une épaisseur de 50 à 70 m, constituée de calcaires argilo-sableux et *Calcaires sublithographiques* très durs. Cependant au nord de Verdun, ces formations contiennent un niveau argileux d'une épaisseur d'environ 10 m, appelé *Argiles à Ostrea*. Au-dessus se situent un niveau oolithique appelé *l'Oolithe de Lamothe*, puis un niveau calcaire bien stratifié de *Calcaires à Astartes*, surmontés par les *Calcaires rocailloux 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 m<sup>3</sup>/j peuvent être décelés dans la formation des *Calcaires à Astartes* (carte n° 111 de Stenay).

## 5.1.6. Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Kimméridgien du Bassin de Paris

### 5.1.7.1. 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**

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

- **Unité aquifère des Calcaires blancs inférieurs du Kimméridgien**

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**

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**

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 Dombasle-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**

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**

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**

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 bétoures dans les argiles supérieures, où se perdent les eaux de ruissellement qui réapparaissent à la source de Claire Fontaine. A citer, également, les bétoures 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**

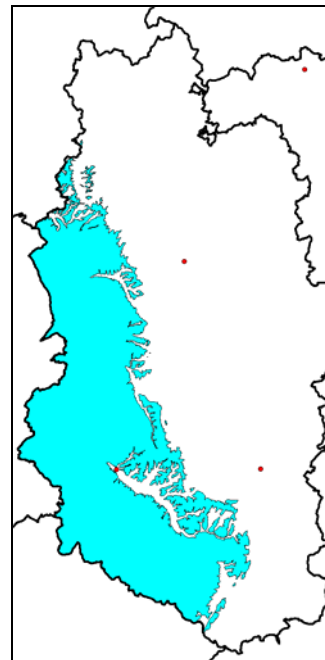
Cette unité a été créée du fait de l'absence de différenciation (caisson unique) sur la carte n° 227 de Bar-le-Duc qui oblige à créer une entité spécifique de libellé *Marnes et Calcaires indifférenciés du Kimméridgien supérieur* correspondant à la pile formant le domaine (couches SIG spécifiques, cf.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

### 5.1.7. 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 39).

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.

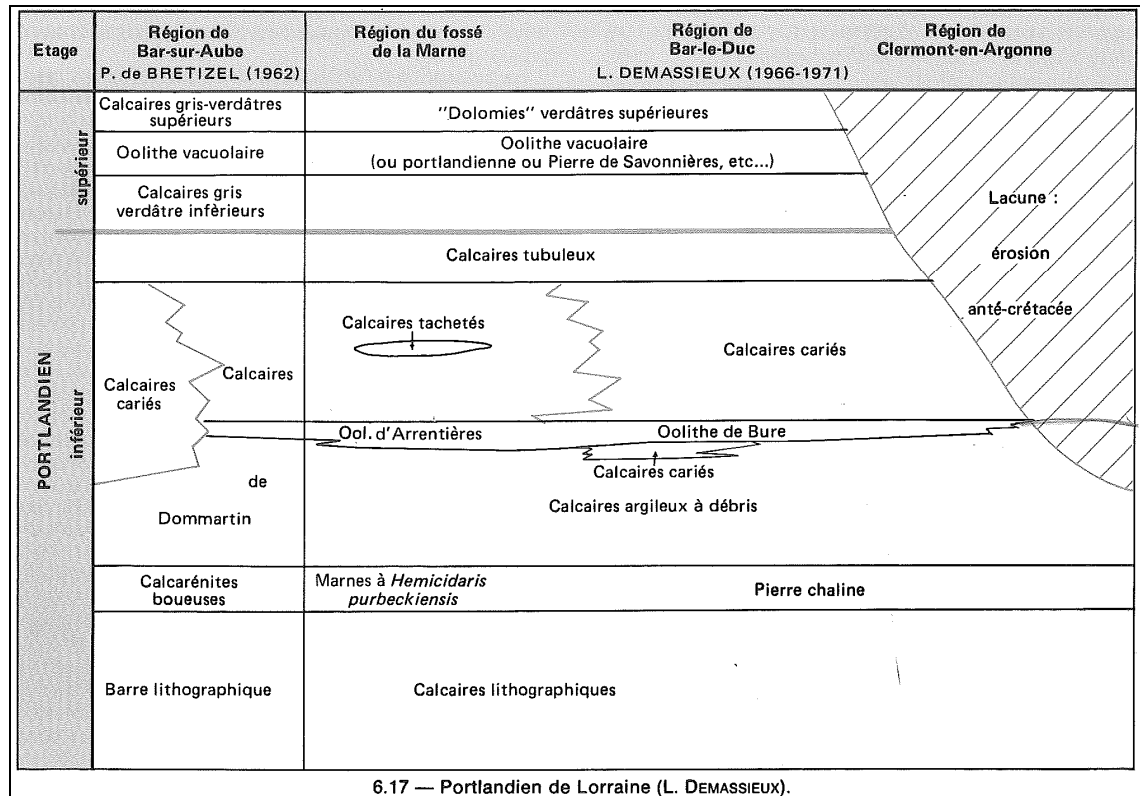


Illustration 39 : Profil stratigraphique des formations du Tithonien (ex-Portlandien) (figure extraite de la Synthèse géologique du Bassin de Paris, Mégnien et al. BRGM, 1980).

#### 5.1.8.1. 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**

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.

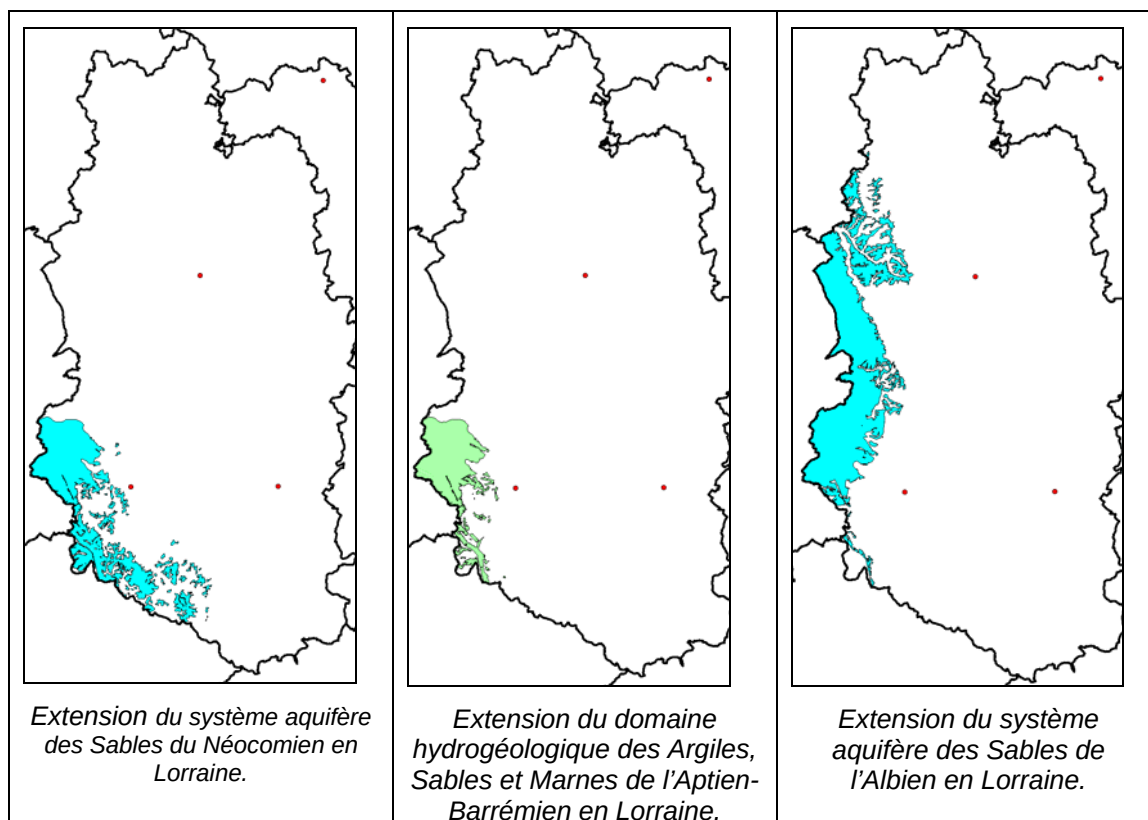
En Lorraine, les ouvrages de la BSS identifient 2 niveaux aquifères qui les exploitent ou les reconnaissent, répartis sur l'ensemble du territoire concerné.

- **Unité imperméable des Calcaires marneux du Tithonien**

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

### 5.1.8. 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.



#### 5.1.9.1. Système aquifère des Sables du Néocomien

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

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.

#### 5.1.9.2. 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**

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.

#### 5.1.9.3. Système aquifère des Sables de l'Albien

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

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<sup>4</sup> 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*.

---

<sup>4</sup> Discordance : dépôt sédimentaire sur une formation géologique en partie érodée.

### 5.1.9. 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.

#### 5.1.10.1. 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

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.

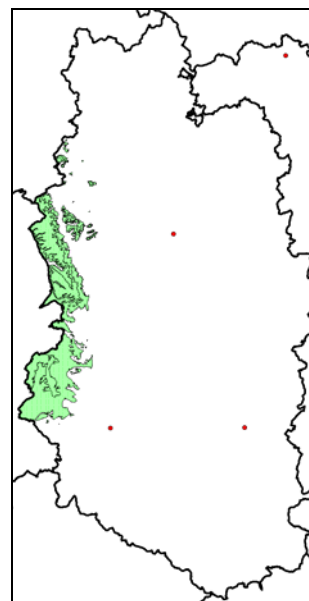
##### • Unité aquifère de la Gaize d'Argonne

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<sup>3</sup>/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.

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



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



## 5.2. LES ENTITÉS EN ZONE DE SOCLE

### 5.2.1. Socle Vosgien

Le principe du découpage a été explicité en § 3.2.2.

A l'échelle nationale (NV1), une seule entité a été distinguée, celle des formations de socle du Massif Vosgien versant lorrain, représentant 1365 km<sup>2</sup>. A l'échelle locale (NV3), 12 entités ont été identifiées et délimitées, la plus étendue ayant une superficie de 356 km<sup>2</sup>. 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.

#### 5.2.1.1. 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<sup>2</sup>) issu de la méthode DECLIC. Cette valeur est ensuite comparée à la moyenne des débits spécifiques des bassins versants (4,46 L/s/km<sup>2</sup>) pour établir une partition des bassins selon deux tendances de perméabilité : semi-perméable ou imperméable. Dans le tableau de l'illustration 40, 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 | GMNA 1/2  | OMNA 1/5 | GMNA 1/10 | Rapport OMNA 1/2 / GMNA 1/5 | Rapport OMNA 1/2 / GMNA 1/10 | Surface BV concernée (km2) | Débit spécifique d'étiage (OMNA 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                                   |                                               |                                               |           |          |           |                             |                              |                            |                                                |                                       |                            |
| 2 : La Moselle jusqu'au confluent de la Vologne            | A408                                   | 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                                   |                                               |                                               |           |          |           |                             |                              |                            |                                                |                                       |                            |
| 5 : La Vologne                                             | A418                                   | 917350                                        | 2356550                                       | 2668      | 1836     | 1505      | 1,45315904                  | 1,77275748                   | 356,13                     | 5,155420773                                    | 20 % de surface hors socle            |                            |
|                                                            | A430                                   |                                               |                                               |           |          |           |                             |                              |                            |                                                |                                       |                            |
|                                                            | A431                                   |                                               |                                               |           |          |           |                             |                              |                            |                                                |                                       |                            |
|                                                            | A432                                   |                                               |                                               |           |          |           |                             |                              |                            |                                                |                                       |                            |
|                                                            | A433                                   |                                               |                                               |           |          |           |                             |                              |                            |                                                |                                       |                            |
|                                                            | A434                                   |                                               |                                               |           |          |           |                             |                              |                            |                                                |                                       |                            |
| 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                                   |                                               |                                               |           |          |           |                             |                              |                            |                                                |                                       |                            |
| 11 : La Plaine                                             | A614                                   | 934 650                                       | 2 388 550                                     | 899       | 645      | 545       | 1,39379845                  | 1,64954128                   | 125,54                     | 5,137804684                                    | 90 % de surface hors socle            | Moyenne D. s. 4,46         |
|                                                            | A620                                   |                                               |                                               |           |          |           |                             |                              |                            |                                                |                                       |                            |
| 12 : la Sarre blanche                                      | A623                                   | A900                                          | 952 550                                       | 2 405 750 | 145      | 94        | 72                          | 1,54255319                   | 2,01388889                 | 10,17                                          | 9,24287119                            | A part                     |

Illustration 40 : 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 41) :

- Bassin versant de la Moselle (de sa source au confluent de la Moselotte) ;
- Bassin versant de la Moselle (de la Moselotte au confluent de la Vologne) ;
- Bassin versant de la Moselle (en aval de la Vologne) ;
- Bassin versant de la Morte ;
- Bassin versant de la Fave ;
- Bassin versant de la Meurthe et de la Hure.

Ont été obtenues **6 unités à tendance imperméable** (cf. illustration 41) :

- Bassin versant de la Moselotte ;
- Bassin versant de la Vologne ;
- Bassin versant de la Meurthe amont ;
- Bassin versant du Rabodeau ;
- Bassin versant de la Plaine ;
- Bassin versant de la Sarre blanche.

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.

#### 5.2.1.1. 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 a une superficie de 632 km<sup>2</sup> (cf. illustration 42).

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

- Domaine à tendance semi-perméable du bassin versant de la Moselle ;
- Domaine à tendance semi-perméable des bassins versants de la Fave et de la Morte ;
- Domaine à tendance semi-perméable du bassin versant Meurthe - Hure.

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

- Domaine à tendance imperméable des bassins versants de la Moselotte et de la Vologne ;
- Domaine à tendance imperméable du bassin versant de la Meurthe amont ;
- Domaine à tendance imperméable des bassins versants du Rabodeau et de la Plaine.
- Domaine à tendance imperméable du bassin versant de la Sarre blanche.

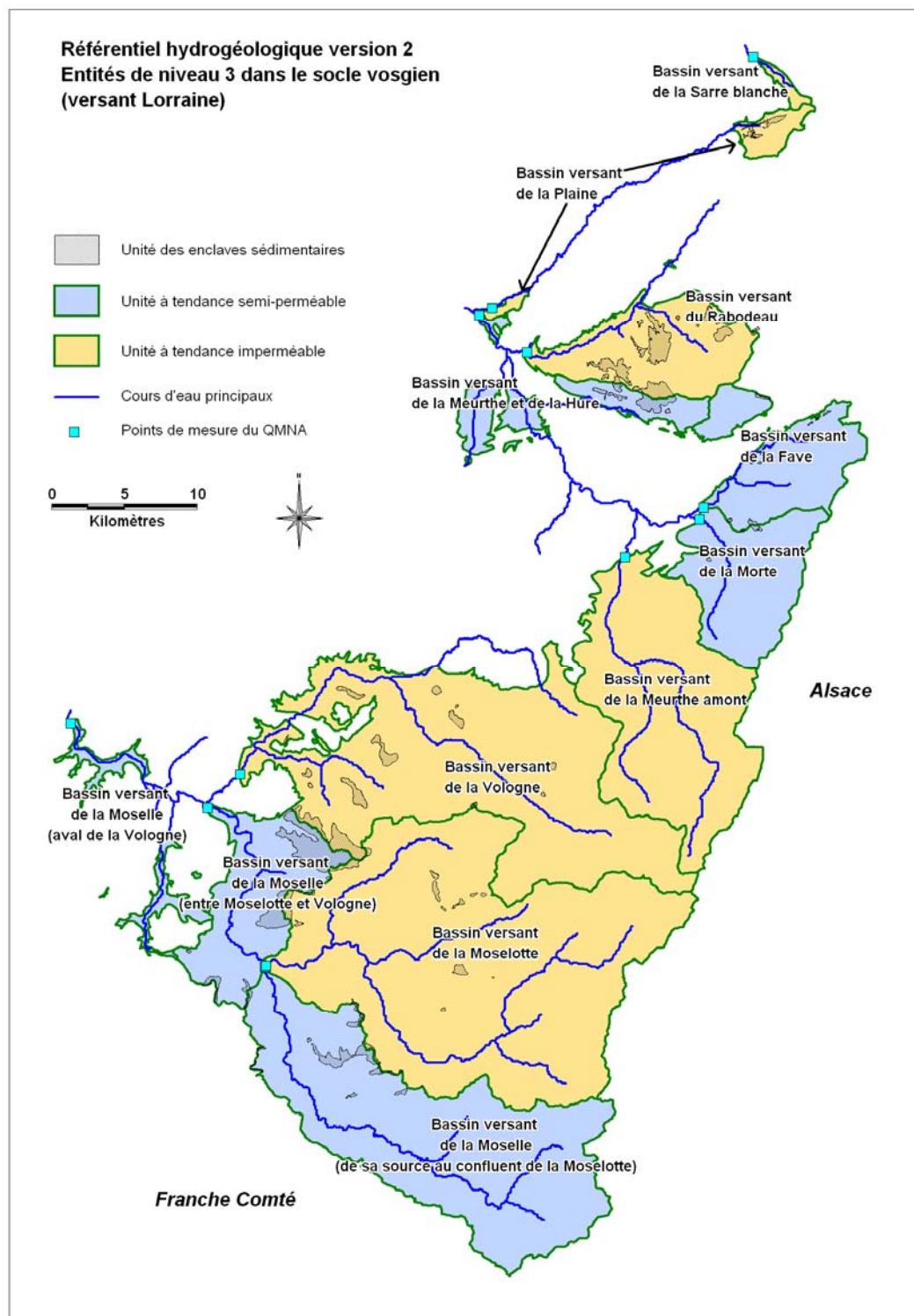


Illustration 41 : Entités de niveau 3 identifiées sur le socle vosgien, côté versant lorrain.

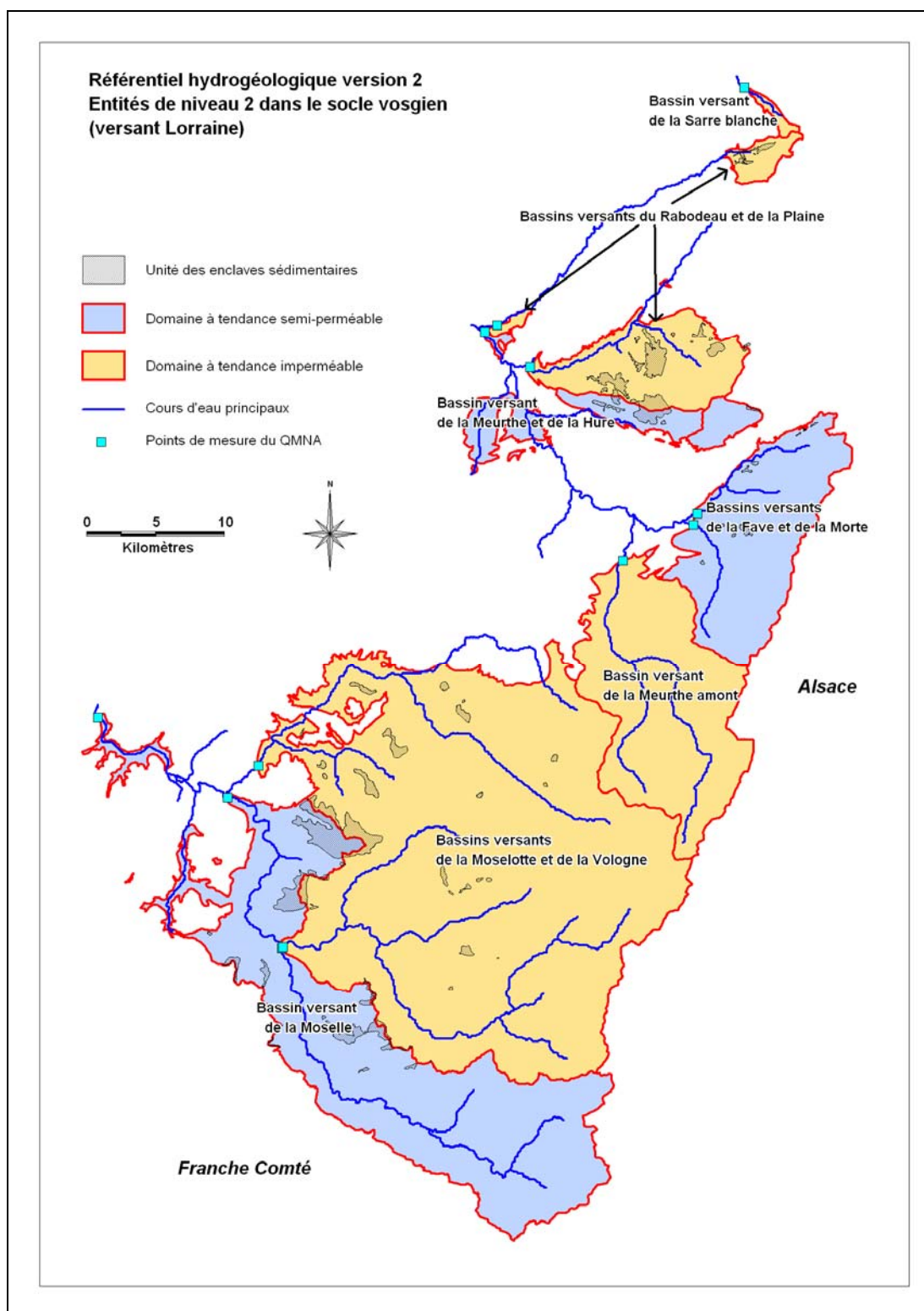


Illustration 42 : Entités de niveau 2 identifiées sur le socle vosgien, côté versant lorrain.

### 5.2.2. 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'orogénèse 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'orogénèse 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.

#### • Calcaires de Givet

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.

#### • Grès d'Anor

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.

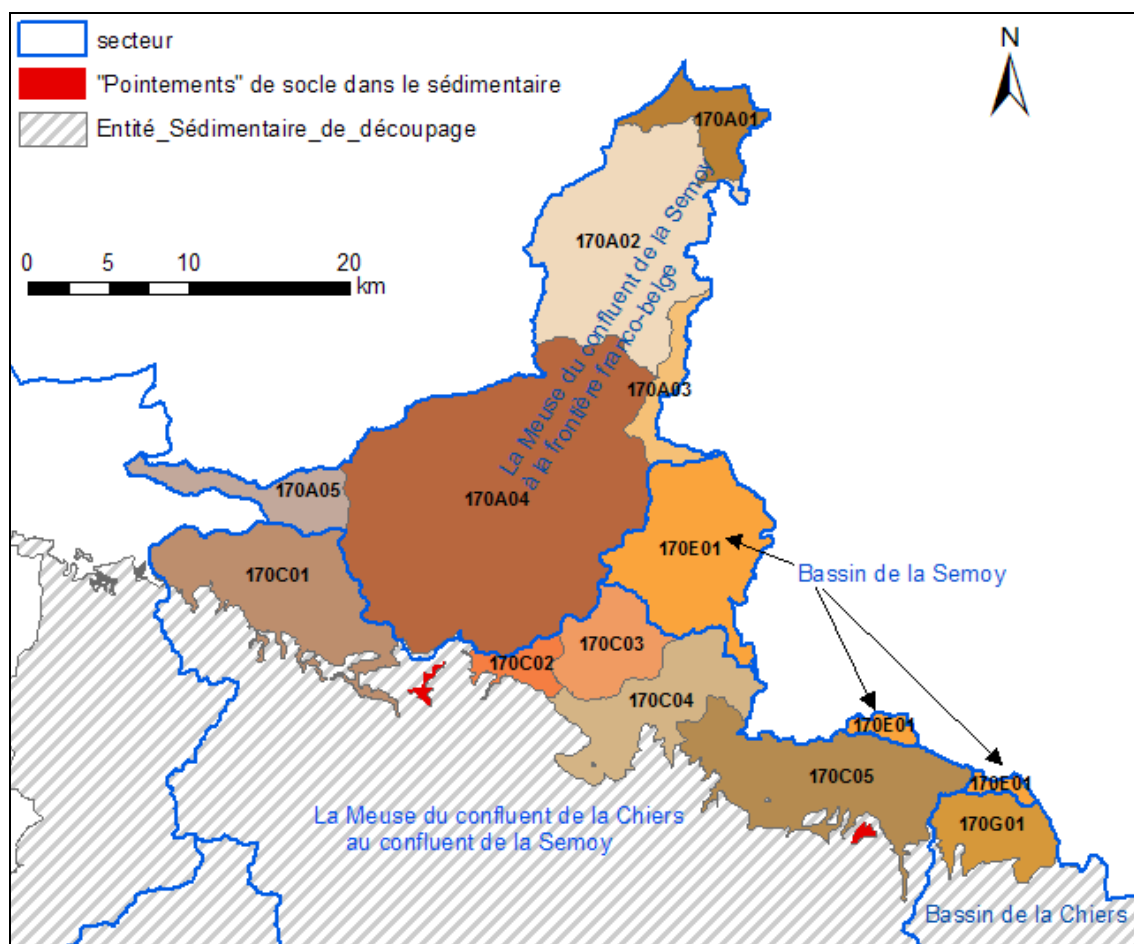


Illustration 43 : Entités de niveau 3 et de niveau 2 du socle des Ardennes.

### 5.3. 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 fluviales 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).



## 6. 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.

A ce « rapport régional » (rapport d'étape) succèdera un rapport de synthèse présentant l'ensemble du Référentiel dans le bassin Rhin-Meuse (Alsace et Lorraine). Cette dernière phase de travail portera 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 seront intégrées dans une géodatabase propre au bassin Rhin-Meuse.



## 7. Bibliographie

### Documents généraux sur le référentiel :

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

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

### 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, 5<sup>e</sup> 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 1/250 000<sup>e</sup> 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 Mégnyen C., Mémoire du B.R.G.M., Orléans.

**Ramon S., Zumstein J.-F.** (1992) - Carte hydrogéologique du bassin Rhin-Meuse à 1/500 000<sup>e</sup> et Coupe hydrogéologique schématique à 1/600 000<sup>e</sup>. 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., Durendeu 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 Vézelize (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., Loughnon 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., Maïaux 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 Ménillet F., Vogt H., Boudot J. P., Hoff M., Geissert F., Schwoerer P., Loughon 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., Lillie F., Vogt H., Boudot J.P., Thévenin A., Schwoerer P., Loughon 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., Thiébaud 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 - Tableau multiéchelle des entités du thème « Sédimentaire »**



| NV1 LORRAINE - CHAMPAGNE - ALSACE bossue                                      |      |              | NV2 LORRAINE - CHAMPAGNE - ALSACE bossue        |      |              | NV3 LORRAINE - CHAMPAGNE - ALSACE bossue                                     |        |              |                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|--------------|-------------------------------------------------|------|--------------|------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|---------------------------------------|
| Nom Provisoire Entité                                                         | Code | Ordre absolu | Nom Provisoire Entité                           | Code | Ordre absolu | Nom Provisoire Entité                                                        | Code   | Ordre absolu |                                       |
| GSM du Paléocène au Crétacé sup.                                              | 119  | 1800         | Sables du Thanétien                             | 119A | 1800         | Sables du Quesnoy                                                            | 119A01 | 1800         | SN-CHA et RM-CHA (absent en Lorraine) |
| GD des Argiles, Marnes et Gaizes du Cénomanién inf. et de l'Albien sup. du BP | 125  | 2500         | Argiles du Gault, Marnes et Gaizes              | 125A | 2500         | Marnes du Fréty                                                              | 125A01 | 2450         |                                       |
| GSM du Crétacé inf. Albien à Néocomien du BP                                  | 128  | 2700         | Sables de l'Albien                              | 128A | 2700         | Gaize d'Argonne                                                              | 125A03 | 2500         | SN-LOR<br>SN-CHA et RM-CHA            |
|                                                                               |      |              | Argiles, Sables et Marnes de l'Aptien-Barrémien | 128C | 2800         | Argiles du Gault                                                             | 125A05 | 2550         | SN-LOR<br>SN-CHA et RM-CHA            |
|                                                                               |      |              | Sables du Néocomien                             | 128E | 2900         | Sables verts, Sables verts inférieurs et Sables indifférenciés de l'Albien   | 128A01 | 2700         | SN-LOR et RM-LOR                      |
| GSA du Tithonien du BP                                                        | 131  | 3000         | Calcaires du Tithonien                          | 131A | 3000         | Argiles à Plicatules, Grès et sables piquetés, Argiles ostréennes            | 128C01 | 2800         |                                       |
| GD des Marnes du Kimméridgien du BP                                           | 134  | 3100         | Marnes du Kimméridgien                          | 134A | 3100         | Sables et calcaires marneux de l'Hauterivien et du Valanginien               | 128E01 | 2900         | SN-LOR (uniquement en Lorraine SN)    |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Calcaires marneux du Tithonien                                               | 131A01 | 3000         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Calcaires lithographiques, Oolithes de Bure, Calcaires à débris du Tithonien | 131A03 | 3050         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Marnes et Calcaires indifférenciés du Kimméridgien supérieur niveau A        | 134A01 | 3110         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Marnes à exogyres supérieures du Kimméridgien                                | 134A03 | 3110         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Marnes à exogyres et Marno-calcaires supérieurs B du Kimméridgien            | 134A07 | 3110         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Marnes et Calcaires indifférenciés du Kimméridgien supérieur niveau B        | 134A02 | 3120         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Calcaires blancs supérieurs du Kimméridgien                                  | 134A05 | 3120         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Marnes à exogyres et Marno-calcaires supérieurs A du Kimméridgien            | 134A09 | 3120         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Marnes et Calcaires indifférenciés du Kimméridgien supérieur niveau C        | 134A04 | 3150         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Marnes à exogyres moyennes du Kimméridgien                                   | 134A11 | 3150         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Marnes et Calcaires indifférenciés du Kimméridgien supérieur niveau D        | 134A06 | 3160         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Calcaires blancs inférieurs du Kimméridgien                                  | 134A13 | 3160         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Marnes et Calcaires indifférenciés du Kimméridgien supérieur niveau E        | 134A08 | 3170         |                                       |
|                                                                               |      |              |                                                 |      |              | Marnes à exogyres inférieures du Kimméridgien                                | 134A15 | 3170         |                                       |



| NV1 LORRAINE - CHAMPAGNE - ALSACE bossue                                      |      |              |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|--------------|
| Nom Provisoire Entité                                                         | Code | Ordre absolu |
| GSA du Kimméridgien à l'Oxfordien sup. du BP                                  | 137  | 3200         |
| GD des Marnes du Callovien du BP                                              | 140  | 3300         |
| GSM du Jurassique moyen (Dogger) du Callovien à l'Aalénien du Bassin de Paris | 143  | 3400         |

| NV2 LORRAINE - CHAMPAGNE - ALSACE bossue         |      |              |
|--------------------------------------------------|------|--------------|
| Nom Provisoire Entité                            | Code | Ordre absolu |
| Calcaires du Kimméridgien inférieur et Séquanien | 137A | 3200         |
| Calcaires de l'Oxfordien                         | 137C | 3250         |
| Marnes callovo-oxfordiennes                      | 140A | 3300         |
| Calcaires du Bathonien - Callovien               | 143A | 3400         |
| Calcaires de l'Aalénien-Bajocien                 | 143C | 3700         |

| NV3 LORRAINE - CHAMPAGNE - ALSACE bossue                                                                                                                        |        |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|
| Nom Provisoire Entité                                                                                                                                           | Code   | Ordre absolu |
| Calcaires rocaillieux à ptérocères, Calcaires à Astartes, Oolithe de Lamothe, Calcaires sublithographiques et Argiles à <i>Ostrea</i> du Kimméridgien inférieur | 137A01 | 3200         |
| Calcaires en plaquettes et Calcaires à polypiers de l'Oxfordien                                                                                                 | 137C01 | 3250         |
| Terrains à chailles avec localement Oolithes ferrugineuses, Calcaires marneux et Marnes blanches des Eparges de l'Oxfordien                                     | 137C03 | 3260         |
| Argiles de la Woèvre du Callovo-Oxfordien                                                                                                                       | 140A01 | 3300         |
| Dalle nacrée du Bathonien-Callovien (Sud Lorraine)                                                                                                              | 143A01 | 3400         |
| Dalle d'Etain du Bathonien-Callovien (Nord Lorraine)                                                                                                            | 143A03 | 3410         |
| Marnes et Caillasse à rhynchonelles de Lorraine et Marno-Calcaires à oolithes indifférenciés des Ardennes du Bathonien-Callovien                                | 143A05 | 3420         |
| Dalle oolithique du Bathonien-Callovien (Sud Lorraine)                                                                                                          | 143A07 | 3430         |
| Caillasses à <i>Anabacia</i> (et Marnes à <i>Terebratula</i> ) du Bathonien-Callovien                                                                           | 143A09 | 3440         |
| Oolithes avec passées marneuses et Marnes de Longwy de l'Aalénien-Bajocien                                                                                      | 143C01 | 3700         |
| Calcaires à polypiers, Calcaires oolithiques et à entroques, Calcaires sableux et Marnes micacées de l'Aalénien-Bajocien                                        | 143C03 | 3710         |
| Formation ferrifère (Minette de Lorraine) de l'Aalénien-Bajocien                                                                                                | 143C05 | 3720         |
| Formation ferrugineuse de l'Aalénien                                                                                                                            | 143C07 | 3740         |

|                                      |
|--------------------------------------|
| SN-LOR et RM-LOR<br>SN-CHA et RM-CHA |
| SN-LOR et RM-LOR<br>SN-CHA et RM-CHA |
| SN-LOR et RM-LOR<br>SN-CHA et RM-CHA |
| SN-LOR et RM-LOR<br>SN-CHA et RM-CHA |
| RM-LOR<br>SN-CHA et RM-CHA           |
|                                      |
|                                      |
| SN-LOR et RM-LOR<br>RM-CHA           |
| SN-LOR et RM-LOR<br>RM-CHA           |
| SN-LOR et RM-LOR<br>RM-CHA           |
| SN-LOR et RM-LOR<br>RM-CHA           |





| NV1 LORRAINE - CHAMPAGNE - ALSACE bossue             |        |              | NV2 LORRAINE - CHAMPAGNE - ALSACE bossue       |      |              | NV3 LORRAINE - CHAMPAGNE - ALSACE bossue                                                            |        |              |                                |
|------------------------------------------------------|--------|--------------|------------------------------------------------|------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|--------------------------------|
| Nom Provisoire Entité                                | Code   | Ordre absolu | Nom Provisoire Entité                          | Code | Ordre absolu | Nom Provisoire Entité                                                                               | Code   | Ordre absolu |                                |
| GD du Jurassique inférieur (Lias) du Bassin de Paris | 146    | 3900         | Marnes du Lias supérieur                       | 146A | 3900         | Grès supraliasique, Marnes et Schistes carton du Lias supérieur                                     | 146A01 | 3900         | SN-LOR et RM-LOR<br>RM-CHA     |
|                                                      |        |              | Calcaires et Grès du Domérien                  | 146C | 3950         | Grès médioliasiques (Domérien)                                                                      | 146C01 | 3950         | SN-LOR et RM-LOR<br>RM-CHA     |
|                                                      |        |              | Marnes et Calcaires argileux du Lias inférieur | 146E | 4000         | Marnes à <i>Amaltheus margaritatus</i> du Domérien                                                  | 146C03 | 3960         | SN-LOR et RM-LOR<br>RM-CHA     |
|                                                      |        |              |                                                |      |              | Marnes sableuses de Hondelange (Grès de Linay) du Lias inférieur                                    | 146E01 | 4000         | RM-LOR et RM-CHA               |
|                                                      |        |              |                                                |      |              | Calcaire à <i>Prodactylioceras</i> , Marnes à <i>Zeilleria</i> et Calcaire ocreux du Lias inférieur | 146E03 | 4010         | SN-LOR et RM-LOR<br>RM-CHA     |
| Argiles à <i>Promicroceras</i> du Lias inférieur     | 146E05 | 4020         | SN-LOR et RM-LOR                               |      |              |                                                                                                     |        |              |                                |
|                                                      |        |              | Calcaires et Grès du Sinémurien-Hettangien     | 146G | 4100         | Grès de Virton du Sinémurien                                                                        | 146G01 | 4100         | RM-LOR et RM-CHA               |
|                                                      |        |              |                                                |      |              | Grès d'Hettange, Grès et calcaires sableux d'Orval et de Florenville (Hettangien)                   | 146G03 | 4110         | RM-LOR et RM-CHA               |
|                                                      |        |              |                                                |      |              | Calcaire à gryphées de l'Hettangien                                                                 | 146G05 | 4120         | SN-LOR et RM-LOR               |
|                                                      |        |              |                                                |      |              | Grès d'Hettange sous Calcaire à gryphées de l'Hettangien                                            | 146G07 | 4130         |                                |
|                                                      |        |              |                                                |      |              | Marnes de Warcq, calcaires argileux et calcaires gréseux de l'Hettangien                            | 146G09 | 4140         | RM-CHA<br>(absent en Lorraine) |



|                   |     |      |                                                        |      |      |                                                                                                                                                      |        |      |                            |
|-------------------|-----|------|--------------------------------------------------------|------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|----------------------------|
| GSM du Trias      | 149 | 4150 | Grès rhétiens                                          | 149A | 4150 | Argiles rouges de Levallois du Rhétien                                                                                                               | 149A01 | 4150 | SN-LOR et RM-LOR<br>RM-CHA |
|                   |     |      | Dolomies et Marnes du Keuper                           | 149C | 4180 | Grès rhétiens                                                                                                                                        | 149A03 | 4160 | SN-LOR et RM-LOR<br>RM-CHA |
|                   |     |      |                                                        |      |      | Marnes irisées supérieures du Keuper                                                                                                                 | 149C01 | 4180 | SN-LOR et RM-LOR<br>RM-CHA |
|                   |     |      | Dolomies et Argiles de la Lettenkohle                  | 149E | 4200 | Dolomie de Beaumont, Marnes bariolées<br>intermédiaires et Grès à roseaux du Keuper                                                                  | 149C03 | 4185 |                            |
|                   |     |      |                                                        |      |      | Marnes irisées inférieures du Keuper de Lorraine<br>et d'Alsace                                                                                      | 149C05 | 4190 | LOR-ALS                    |
|                   |     |      | Calcaires du Muschelkalk supérieur                     | 149G | 4220 | Dolomie limite (si différenciée), Dolomie et Marnes<br>bariolées de la Lettenkohle de Lorraine et d'Alsace                                           | 149E01 | 4200 | LOR-ALS                    |
| Permo-Carbonifère | 151 | 4300 | Marnes et Argiles du Muschelkalk<br>moyen et inférieur | 149I | 4240 | Dolomie inférieure de la Lettenkohle de Lorraine et<br>d'Alsace                                                                                      | 149E03 | 4210 | LOR-ALS                    |
|                   |     |      | Grès du Buntsandstein                                  | 149K | 4260 | Calcaires à cératites et Calcaires à entroques du<br>Muschelkalk supérieur de Lorraine et d'Alsace                                                   | 149G01 | 4220 | LOR-ALS                    |
|                   |     |      |                                                        |      |      | Couches blanches, grises et rouges du<br>Muschelkalk moyen et inférieur de Lorraine et<br>d'Alsace                                                   | 149I01 | 4240 | LOR-ALS                    |
|                   |     |      |                                                        |      |      | Dolomie à <i>Myophoria orbicularis</i> , Marnes à<br>Myacites (et Grès coquillier indifférencié) du<br>Muschelkalk inférieur de Lorraine et d'Alsace | 149I03 | 4250 | LOR-ALS                    |
|                   |     |      |                                                        |      |      | Grès coquillier et Grès à <i>Voltzia</i> du Muschelkalk<br>inférieur et du Buntsandstein supérieur de Lorraine<br>et d'Alsace                        | 149K01 | 4260 | LOR-ALS                    |
|                   |     |      |                                                        |      |      | Couches intermédiaires et Conglomérat principal<br>du Buntsandstein supérieur de Lorraine et d'Alsace                                                | 149K03 | 4270 | LOR-ALS                    |
|                   |     |      |                                                        |      |      | Grès vosgien s.s. et Conglomérat inférieur de<br>Lorraine et Grès vosgiens indifférenciés du<br>Buntsandstein et du Permien d'Alsace                 | 149K05 | 4280 | LOR-ALS                    |
|                   |     |      |                                                        |      |      | Grès d'Annweiler et Grès de Senones du<br>Buntsandstein                                                                                              | 149K07 | 4290 | LOR                        |
|                   |     |      |                                                        |      |      | Couches de Champenay, de Frapelle et Couches<br>de St-Dié du Permien                                                                                 | 151A01 | 4300 | LOR                        |
|                   |     |      | Permien                                                | 151A | 4300 |                                                                                                                                                      |        |      |                            |



## **Annexe 2 - Tableau multiéchelle des entités du thème « Socle »**



| NV1 LORRAINE          |      |              | NV2 LORRAINE                                                                 |      |              | NV3 LORRAINE                                                                                                                       |        |              |
|-----------------------|------|--------------|------------------------------------------------------------------------------|------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|
| Nom Provisoire Entité | Code | Ordre absolu | Nom Provisoire Entité                                                        | Code | Ordre absolu | Nom Provisoire Entité                                                                                                              | Code   | Ordre absolu |
| Socle Vosgien         | 160  | 5000         | Bassin versant de la Sarre blanche                                           | 160A | 5000         | Formations volcaniques du bassin versant de la Sarre blanche                                                                       | 160A01 | 5000         |
|                       |      |              | Bassins versants du Rabodeau et de la Plaine                                 | 160C | 5000         | Formations volcaniques et métamorphiques du bassin versant de la Plaine                                                            | 160C01 | 5000         |
|                       |      |              | Bassin versant de la Meurthe et de la Hure avant le confluent avec la Plaine | 160D | 5000         | Formations volcaniques et plutoniques du bassin versant du Rabodeau                                                                | 160C02 | 5000         |
|                       |      |              | Bassins versants de la Morte et de la Fave                                   | 160F | 5000         | Formations plutoniques et volcaniques du bassin versant de la Meurthe et de la Hure avant le confluent avec la Plaine              | 160D01 | 5000         |
|                       |      |              | Bassin versant de la Meurthe amont                                           | 160H | 5000         | Formations majoritairement métamorphiques, et volcaniques et plutoniques du bassin versant de la Fave                              | 160F01 | 5000         |
|                       |      |              | Bassins versants de la Moselotte et de la Moselle                            | 160J | 5000         | Formations majoritairement métamorphiques, et plutoniques sur les crêtes du bassin versant de la Morte                             | 160F02 | 5000         |
|                       |      |              | Bassin versant de la Moselle                                                 | 160L | 5000         | Formations majoritairement métamorphiques, et plutoniques sur les crêtes du bassin versant de la Meurthe amont                     | 160H01 | 5000         |
|                       |      |              |                                                                              |      |              | Formations plutoniques et métamorphiques du bassin versant de la Vologne                                                           | 160J01 | 5000         |
|                       |      |              |                                                                              |      |              | Formations plutoniques du bassin versant de la Moselotte                                                                           | 160J02 | 5000         |
|                       |      |              |                                                                              |      |              | Formations plutoniques et métamorphiques du bassin versant de la Moselle (en aval de la Vologne)                                   | 160L01 | 5000         |
|                       |      |              |                                                                              |      |              | Formations métamorphiques et plutoniques du bassin versant de la Moselle (du confluent de la Moselotte au confluent de la Vologne) | 160L02 | 5000         |
|                       |      |              |                                                                              |      |              | Formations plutoniques et volcaniques du bassin versant de la Moselle (de sa source au confluent de la Moselotte)                  | 160L03 | 5000         |



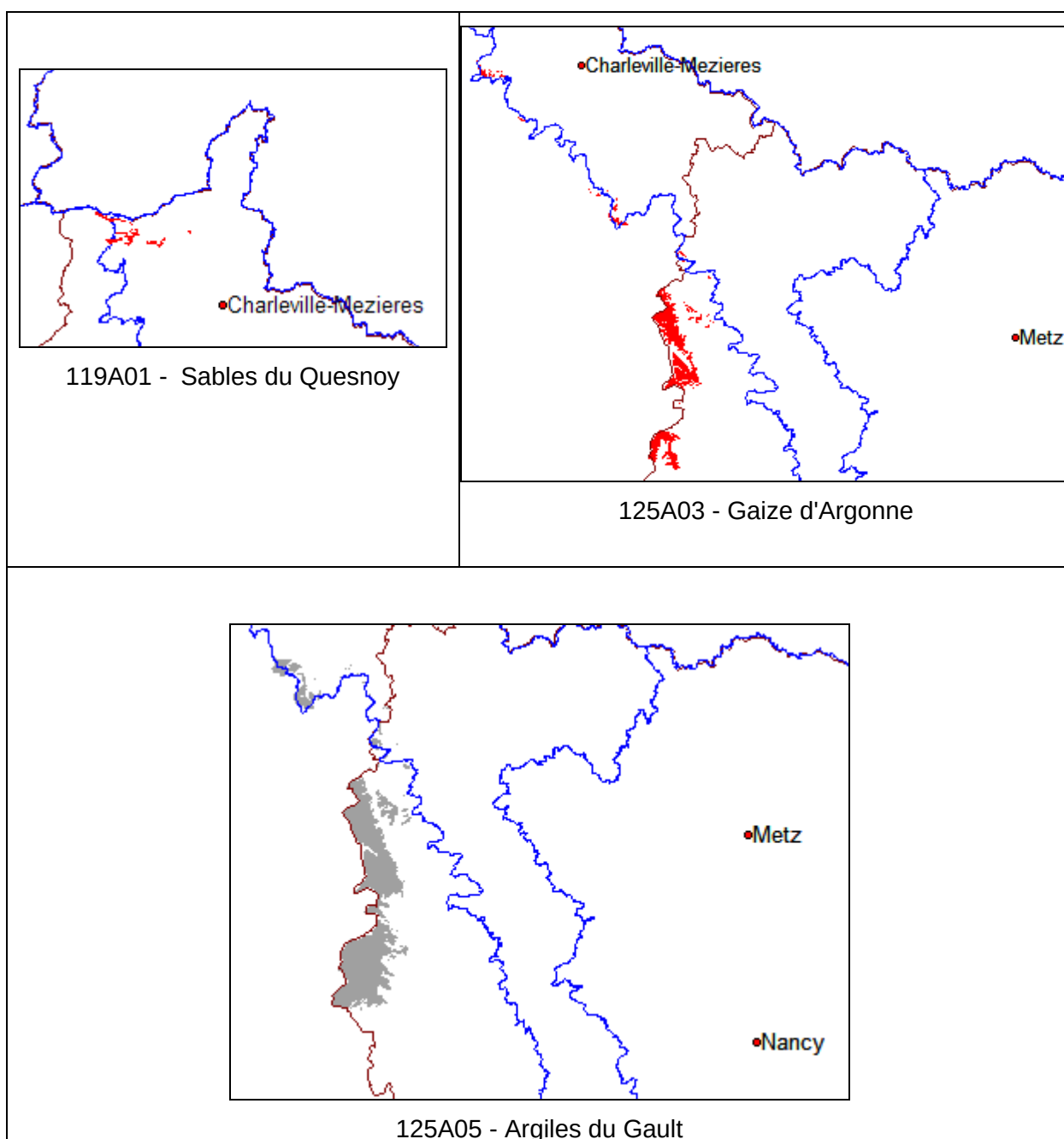


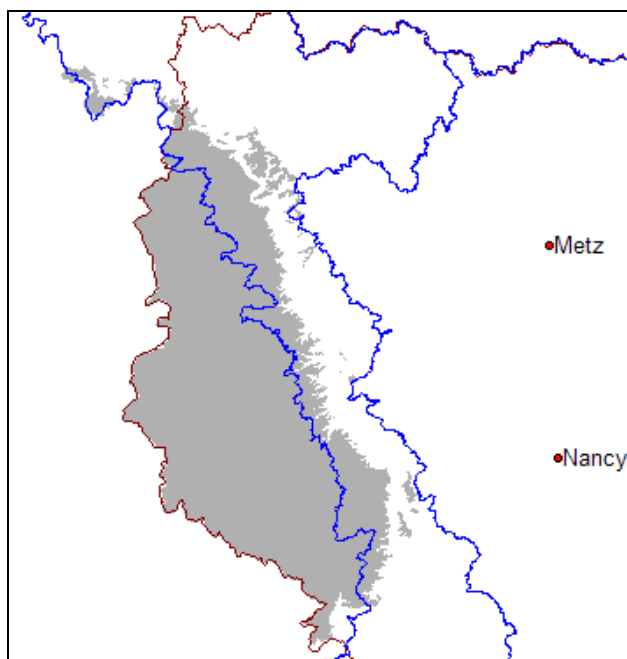
| NV1 LORRAINE          |      |              | NV2 LORRAINE                                                  |      |              | NV3 LORRAINE                                                                                                                                                          |        |              |
|-----------------------|------|--------------|---------------------------------------------------------------|------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|
| Nom Provisoire Entité | Code | Ordre absolu | Nom Provisoire Entité                                         | Code | Ordre absolu | Nom Provisoire Entité                                                                                                                                                 | Code   | Ordre absolu |
| Socle des Ardennes    | 170  | 5000         | La Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge | 170A | 5000         | Calcaires et Schistes du BV de la Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-                                                                               | 170A01 | 5000         |
|                       |      |              |                                                               |      |              | Grès (d'Anor et de Vireux), Schistes et Phyllades du Gédinien, Schistes et Calcaires du Dévonien et Calcaire de Givet du BV de la Meuse du confluent de la Semoy à la | 170A02 | 5000         |
|                       |      |              |                                                               |      |              | Schistes et Phyllades du Gédinien du BV de la Meuse du confluent de la Semoy à la                                                                                     | 170A03 | 5000         |
|                       |      |              |                                                               |      |              | Quartzites et Phyllades du BV de la Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-                                                                             | 170A04 | 5000         |
|                       |      |              |                                                               |      |              | Quartzites et Phyllades avec recouvrement d'altérites du BV de la Meuse du confluent de la Semoy à la frontière franco-belge                                          | 170A05 | 5000         |
|                       |      |              | La Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy   | 170C | 5000         | Quartzites et Phyllades avec recouvrement d'altérites du BV de la Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy                                            | 170C01 | 5000         |
|                       |      |              |                                                               |      |              | Schistes et Phyllades du Gédinien du BV de la Meuse du confluent de la Chiers au                                                                                      | 170C02 | 5000         |
|                       |      |              |                                                               |      |              | Schistes et Phyllades du Gédinien, Quartzites et Phyllades, Grès d'Anor du BV de la Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la                                | 170C03 | 5000         |
|                       |      |              |                                                               |      |              | Grès d'Anor et Grauwacke de Montigny du BV de la Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy                                                             | 170C04 | 5000         |
|                       |      |              |                                                               |      |              | Schistes et Phyllades du Gédinien, Quartzites et Phyllades du BV de la Meuse du confluent de la Chiers au confluent de la Semoy                                       | 170C05 | 5000         |
|                       |      |              | La Semoy                                                      | 170E | 5000         | Schistes et Phyllades du Gédinien, Quartzites du BV de la Semoy                                                                                                       | 170E01 | 5000         |
|                       |      |              | La Chiers                                                     | 170G | 5000         | Quartzites et Phyllades, Schistes du BV de la Chiers                                                                                                                  | 170G01 | 5000         |



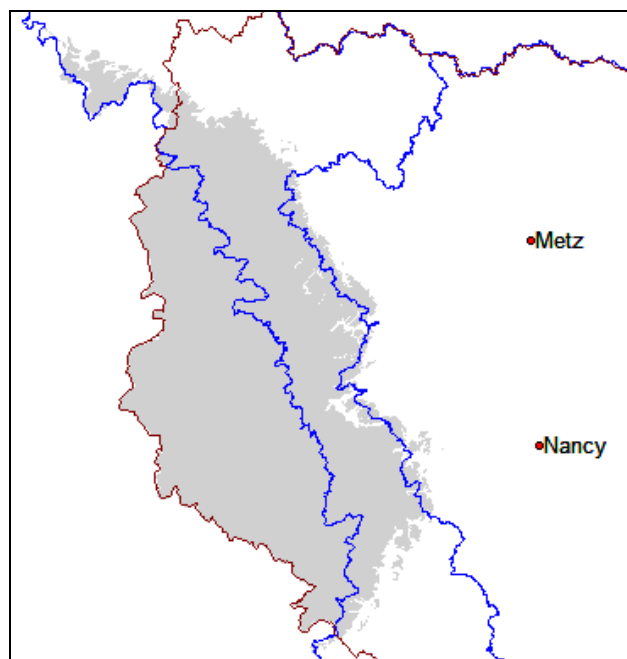
## **Annexe 3 - Cartes des entités NV3 partagées entre la Lorraine et Champagne-Ardenne (partie bassin Rhin-Meuse)**



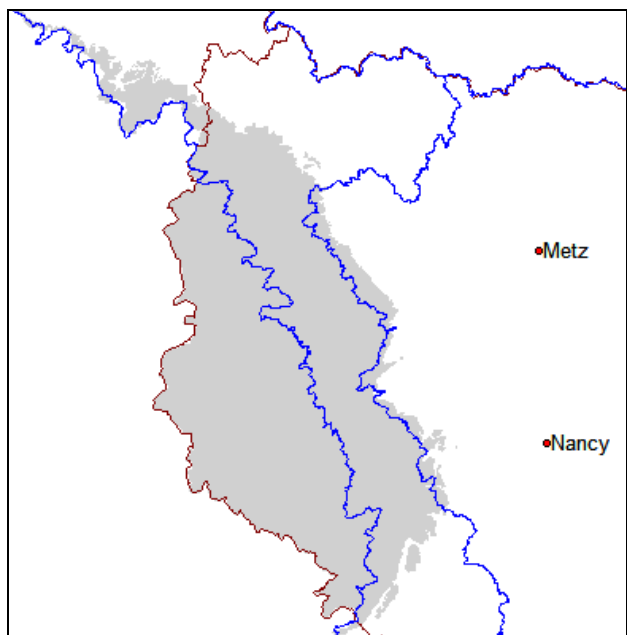




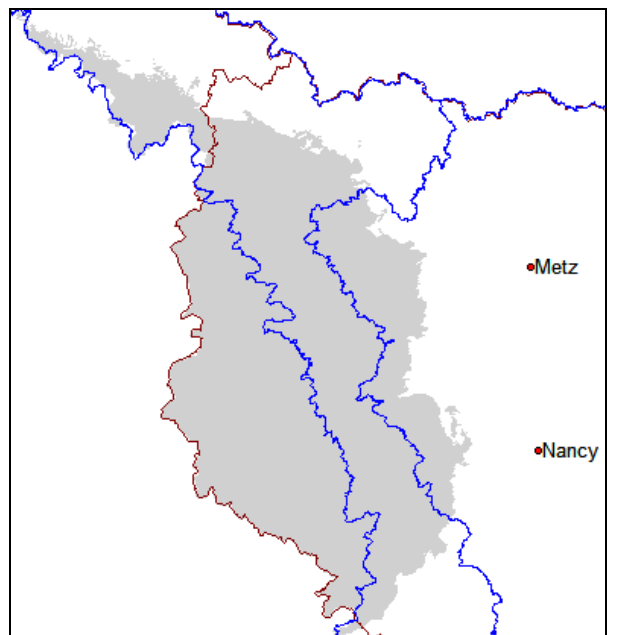
137A01 - Calcaires rocailloux à ptérocères, Calcaires à Astartes, Oolithe de Lamothe, Calcaires sublithographiques et Argiles à *Ostrea* du Kimméridgien inférieur



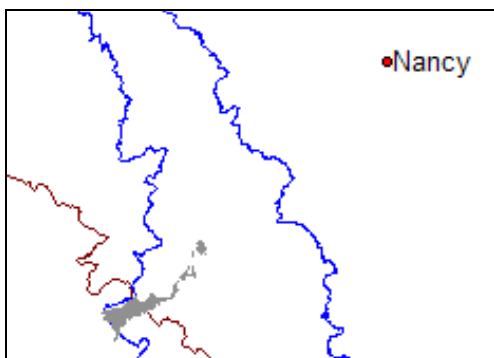
137C01 - Calcaires en plaquettes et Calcaires à polypiers de l'Oxfordien



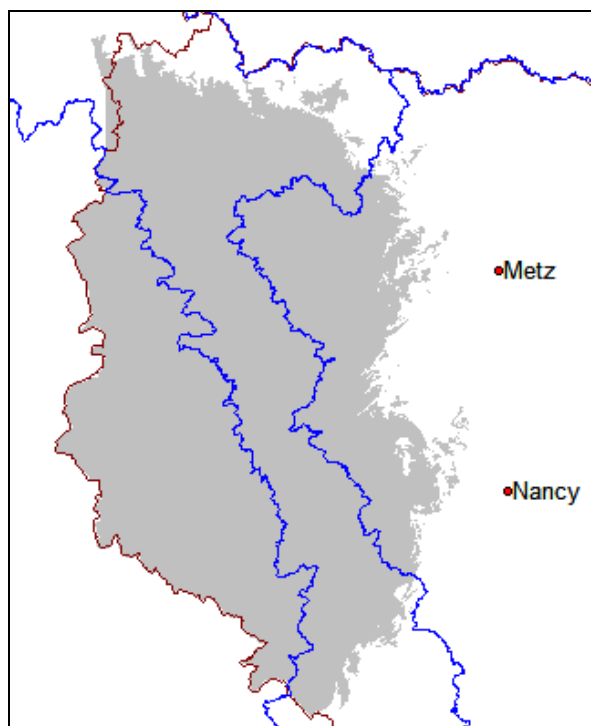
137C03 - Terrains à chailles avec localement Oolithes ferrugineuses, Calcaires marneux et Marnes blanches des Eparges de l'Oxfordien



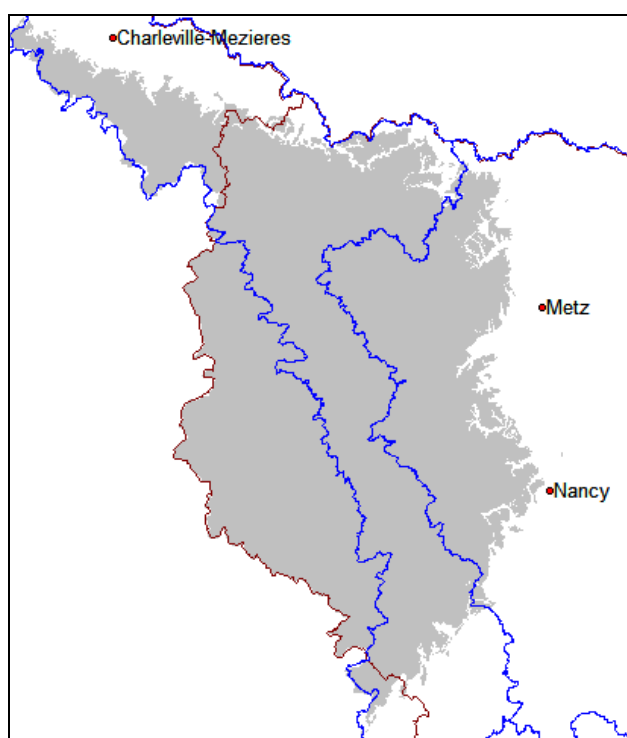
140A01 - Argiles de la Woèvre du Callovo-Oxfordien



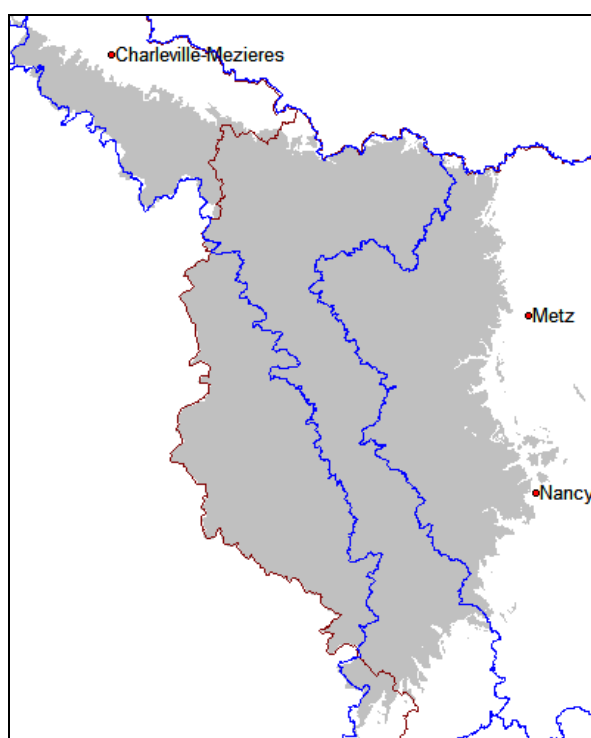
143A01 - Dalle nacrée du Bathonien-Callovien (Sud Lorraine)



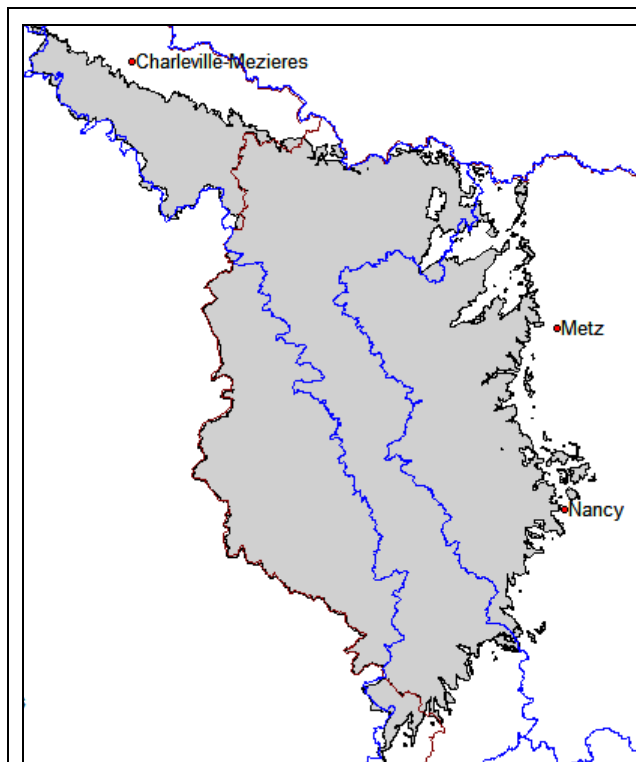
143A09 - Caillasse à *Anabacia* (et Marnes à *Terebratula*) du Bathonien-Callovien



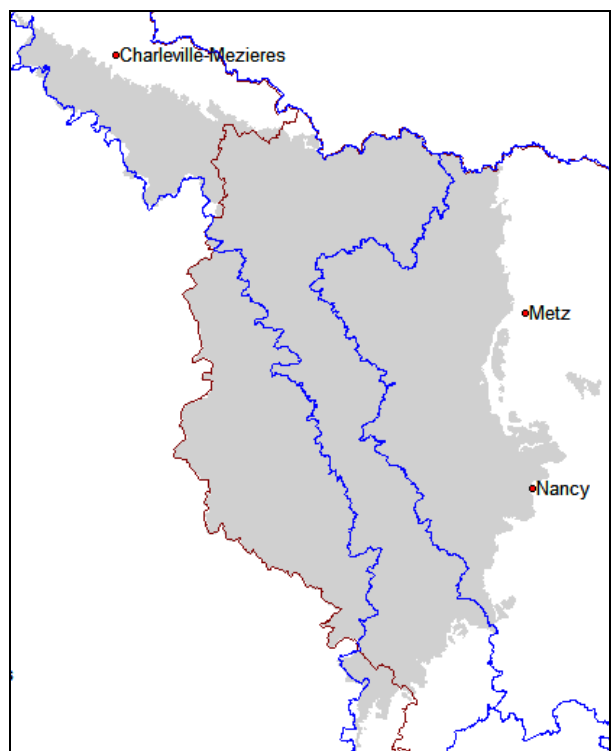
143C01 - Oolithes avec passées marneuses et Marnes de Longwy de l'Aalénien-Bajocien



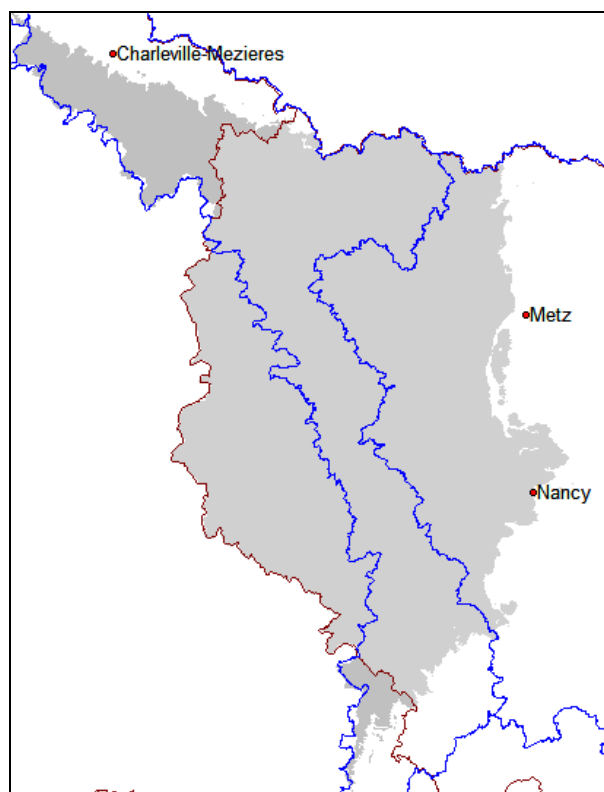
143C03 - Calcaires à polypiers, Calcaires oolithiques et à entroques, Calcaires sableux et Marnes micacées de l'Aalénien-Bajocien



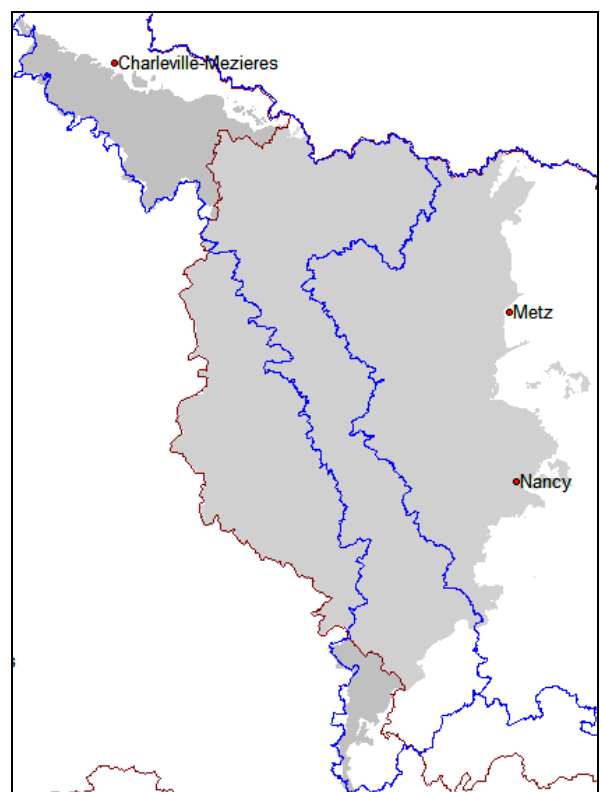
143C07 - Formation ferrugineuse de l'Aalénien



146A01 - Grès supraliasique, Marnes et Schistes carton du Lias supérieur

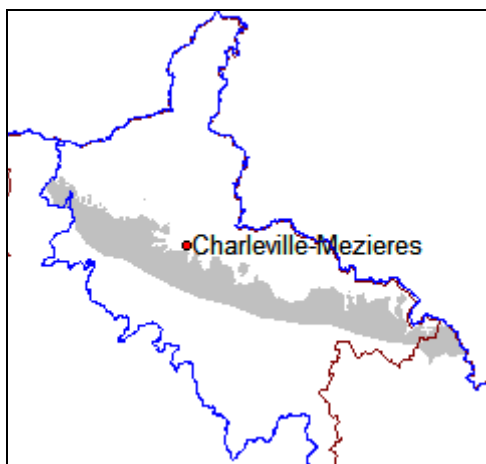


146C01 - Grès médioliasique (Domérien)

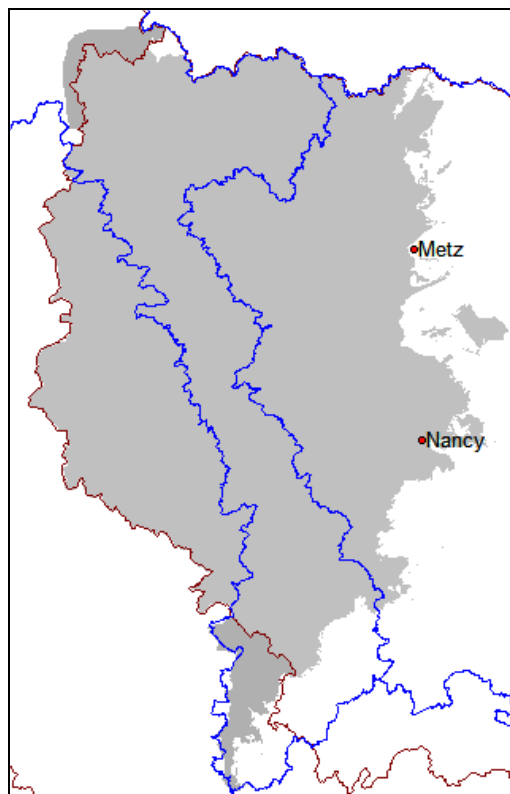


146C03 - Marnes à *Amaltheus margaritatus* du Domérien

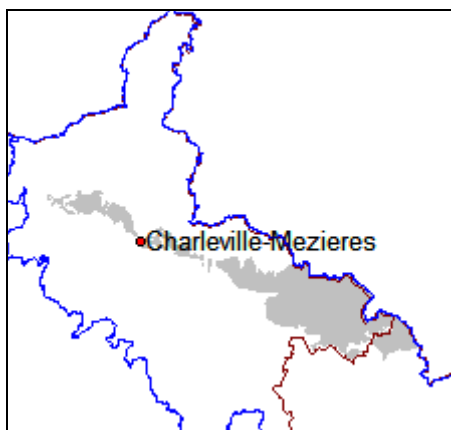




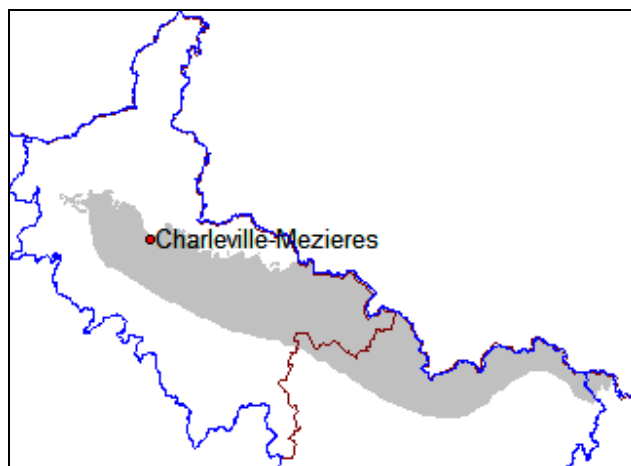
146E01 - Marnes sableuses de Hondelange (Grès de Linay) du Lias inférieur



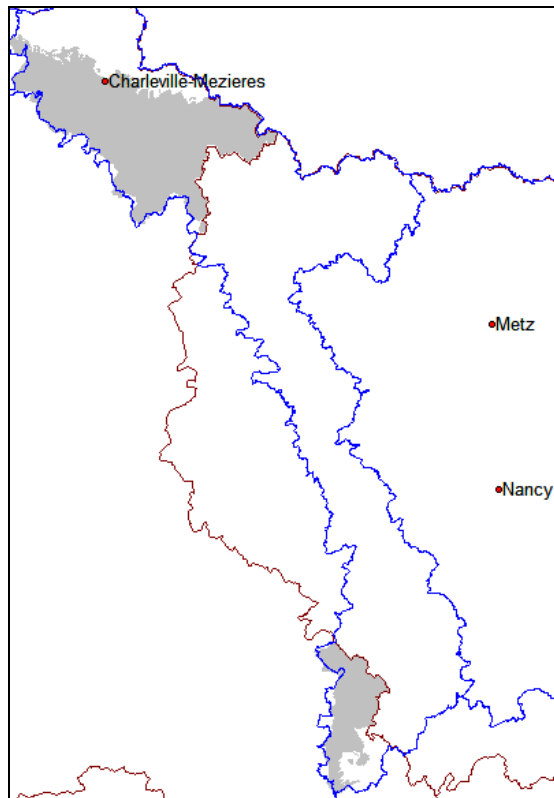
146E03 - Calcaires à *Prodactylioceras*, Marnes à *Zeilleria* et Calcaires ocreux du Lias inférieur



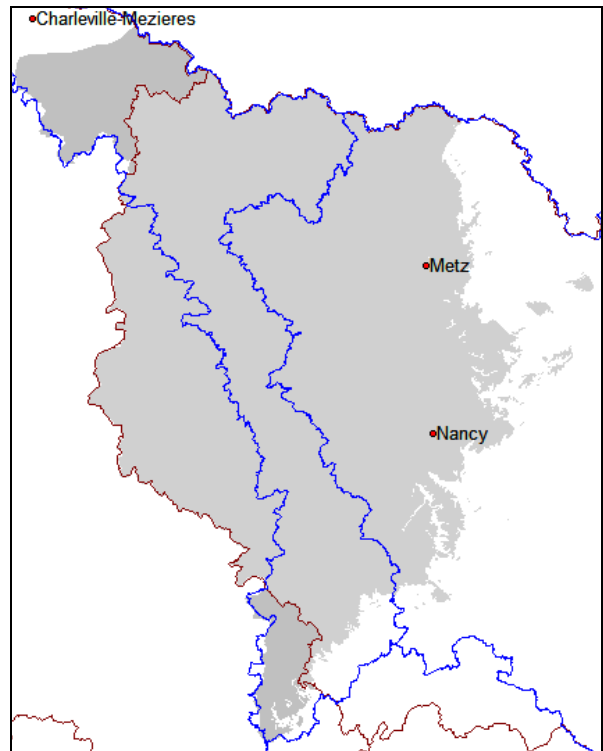
146G01 - Grès de Virton du Sinémurien



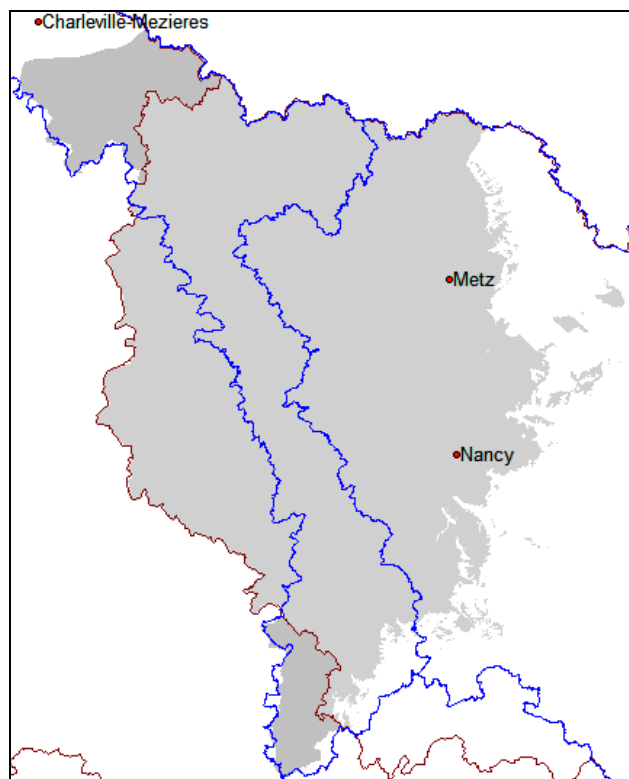
146G03 - Grès d'Hettange, Grès et calcaires sableux d'Orval et de Florenville (Hettangien)



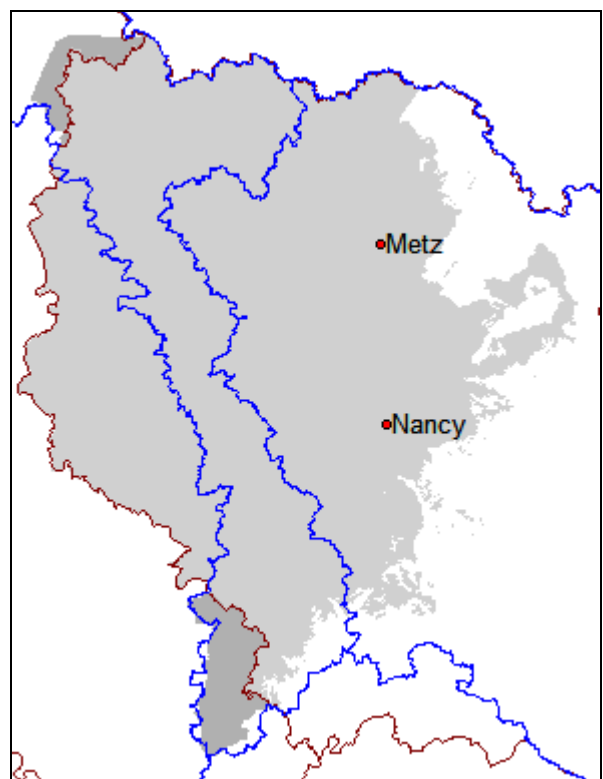
146G09 - Marnes de Warcq, calcaires argileux et calcaires gréseux de l'Hettangien



149A01 - Argiles rouges de Levallois du Rhétien



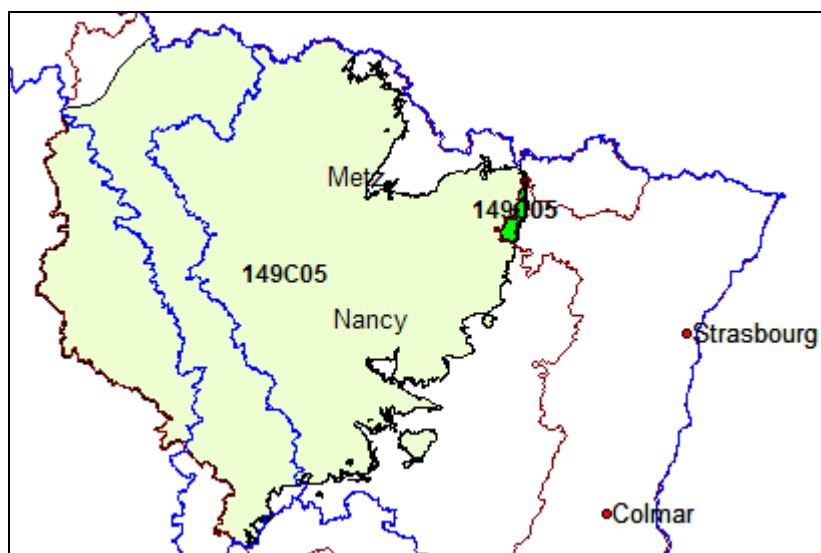
149A03 - Grès rhétiens



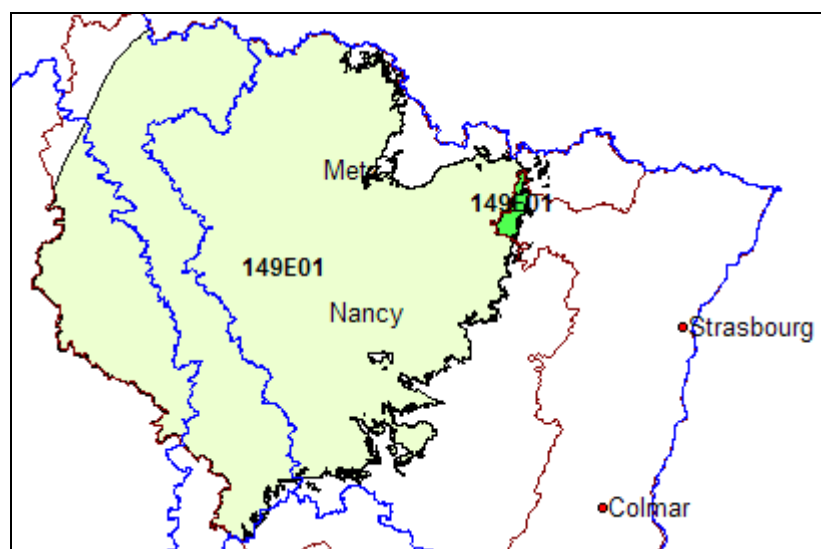
149C01 - Marnes irisées supérieures et Argiles de Chanville du Keuper

## **Annexe 4 - Cartes des entités NV3 partagées entre la Lorraine et l'Alsace (Alsace « bossue »)**

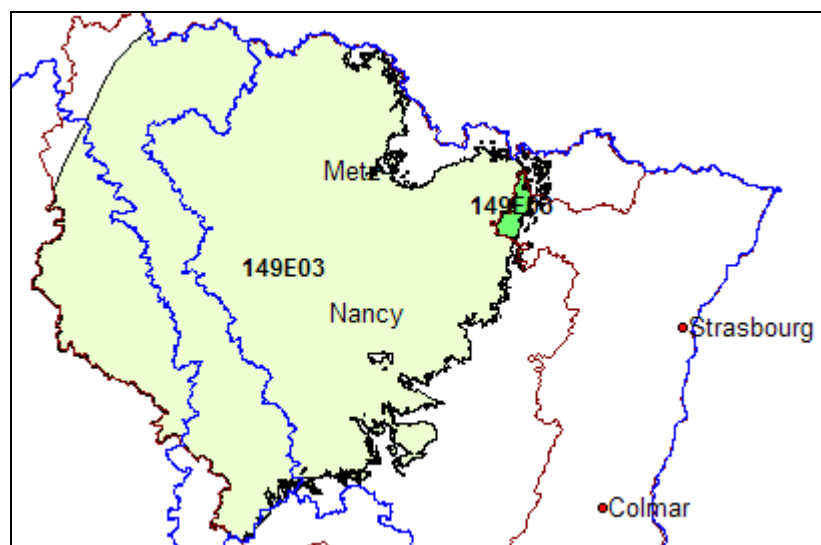




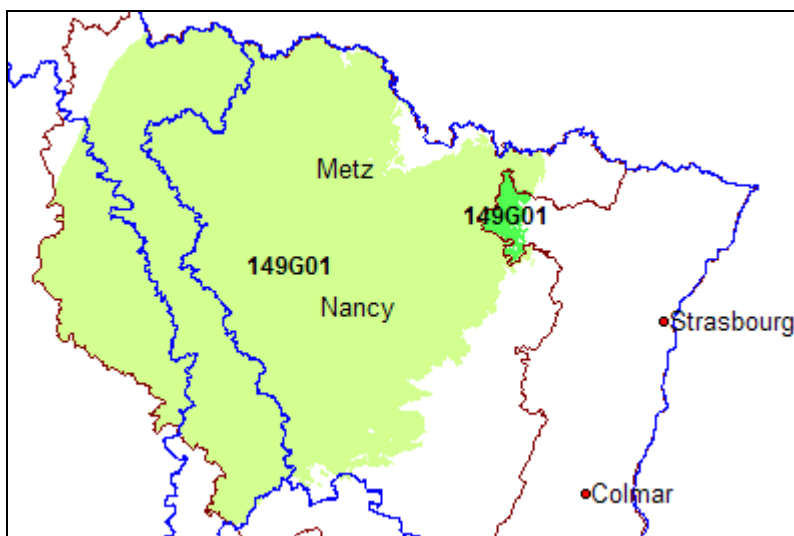
Marnes irisées inférieures du Keuper de Lorraine et d'Alsace



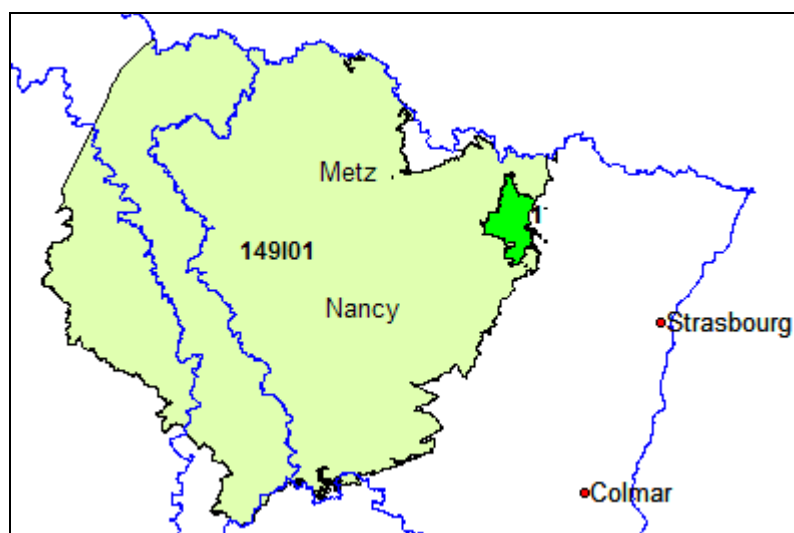
Dolomie limite (si différenciée), Dolomie et Marnes bariolées de la Lettenkohle de Lorraine et d'Alsace



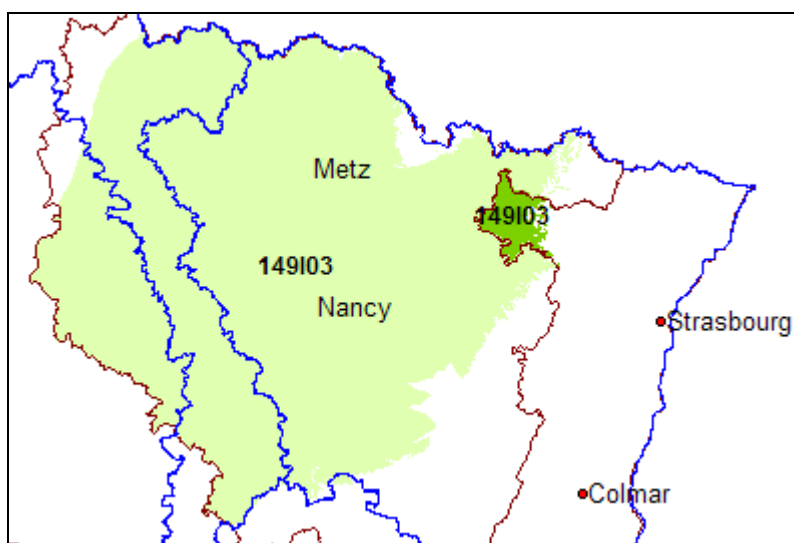
Dolomie inférieure de la Lettenkohle de Lorraine et d'Alsace



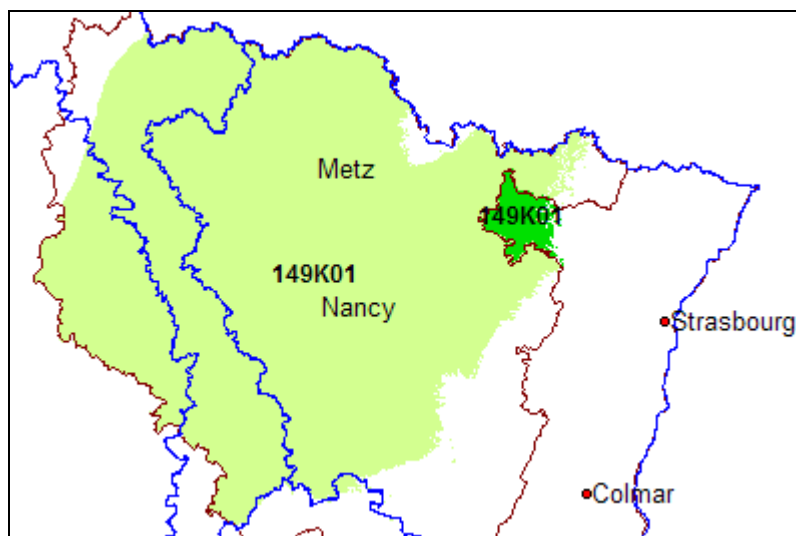
Calcaires à cératites et Calcaires à entroques du Muschelkalk supérieur de Lorraine et d'Alsace



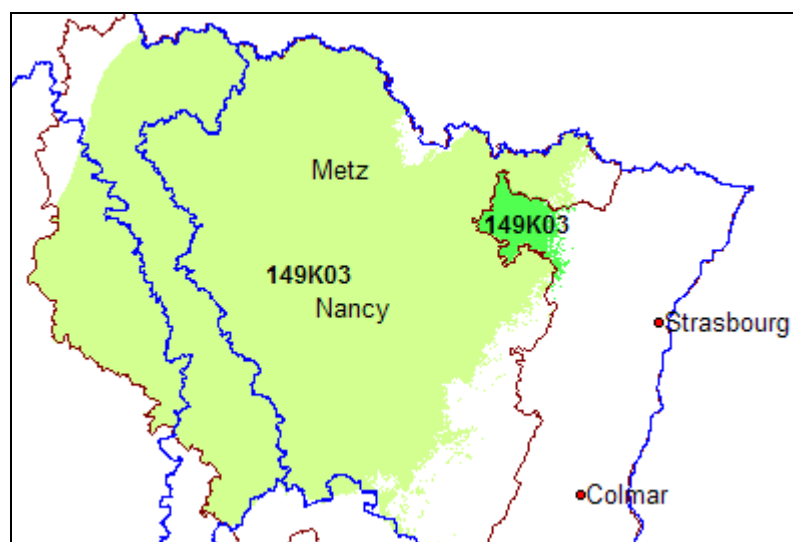
Couches blanches, grises et rouges du Muschelkalk moyen et inférieur de Lorraine et d'Alsace



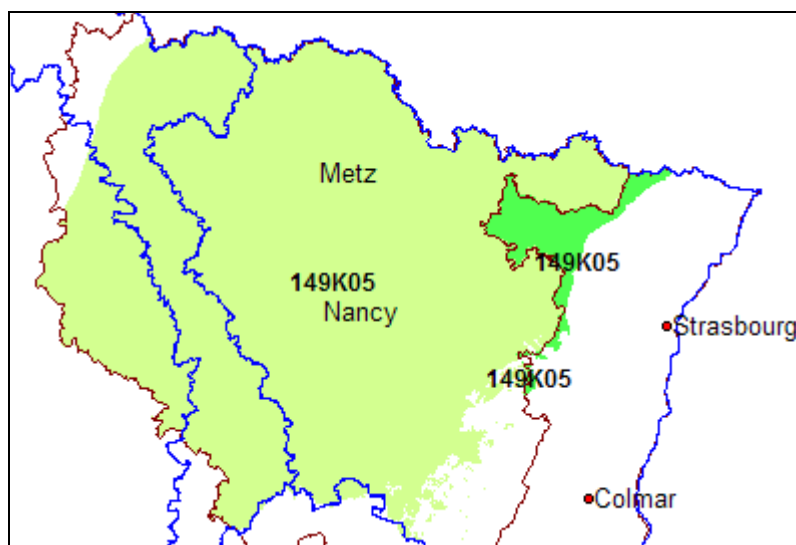
Dolomie à *Myophoria orbicularis*, Marnes à *Myacites* (et Grès coquillier indifférencié) du Muschelkalk inférieur de Lorraine et d'Alsace



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 5 - Echelle stratigraphique du Bassin de Paris et log stratigraphique synthétique de la Lorraine**

(Bassin de Paris : M. Donsimoni – 1999-2001 – BRGM ; log stratigraphique Lorraine : Cartannaz *et al.* - Carte des curiosités géologiques de la Lorraine, 2009, BRGM, Académie de Nancy-Metz. <http://www3.ac-nancy-metz.fr/base-geol/>)



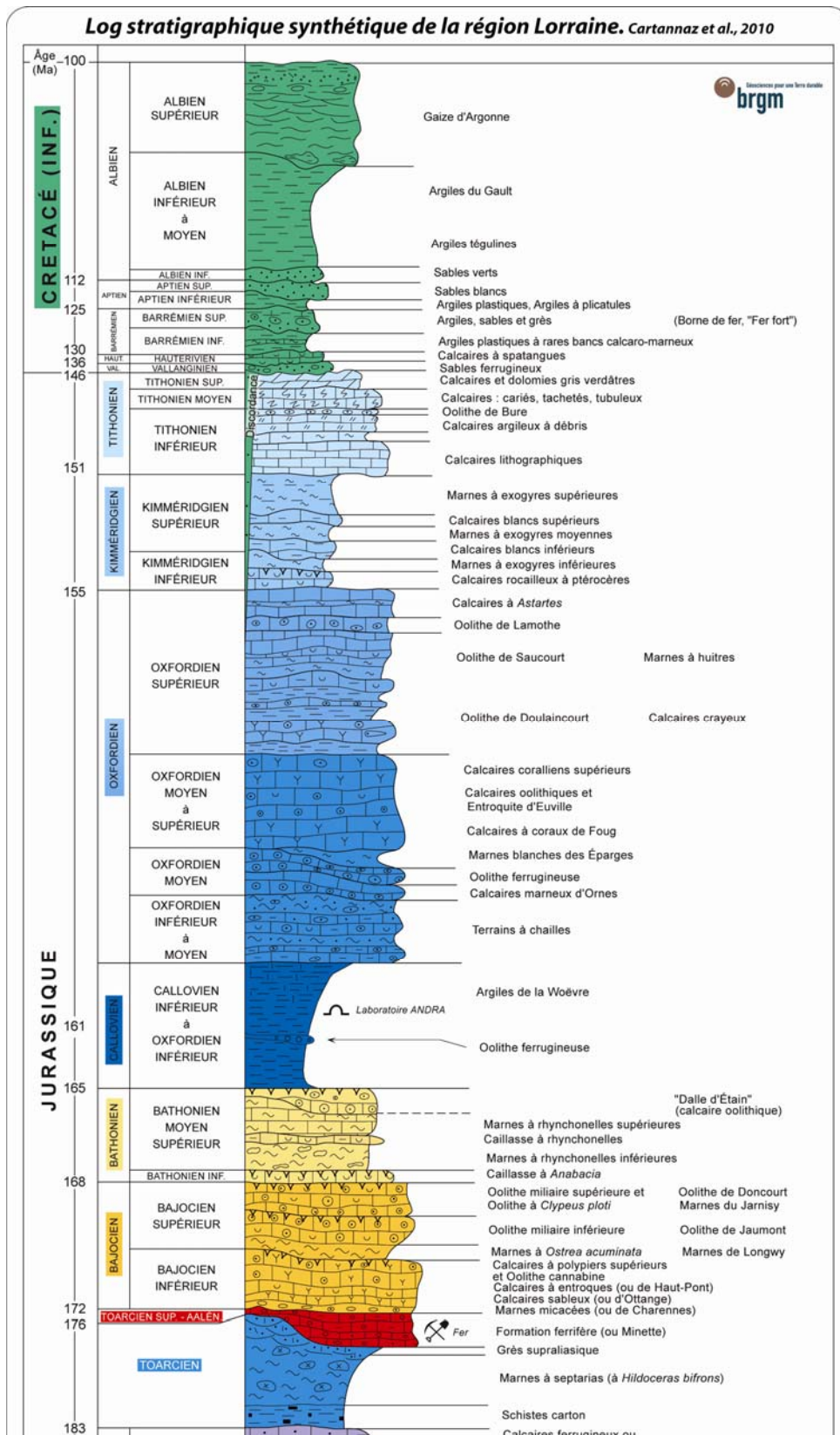
| SYSTEMES<br>PERIODES            | SERIES<br>EPOQUES  | ETAGES                                   | DUREE<br>(M.a.) | AGE<br>(M.a.) | SOUS-ETAGES ou<br>AUTRES DENOMINATIONS                                                                       | SOUS<br>SOUS-ETAGES            | FORMATIONS            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



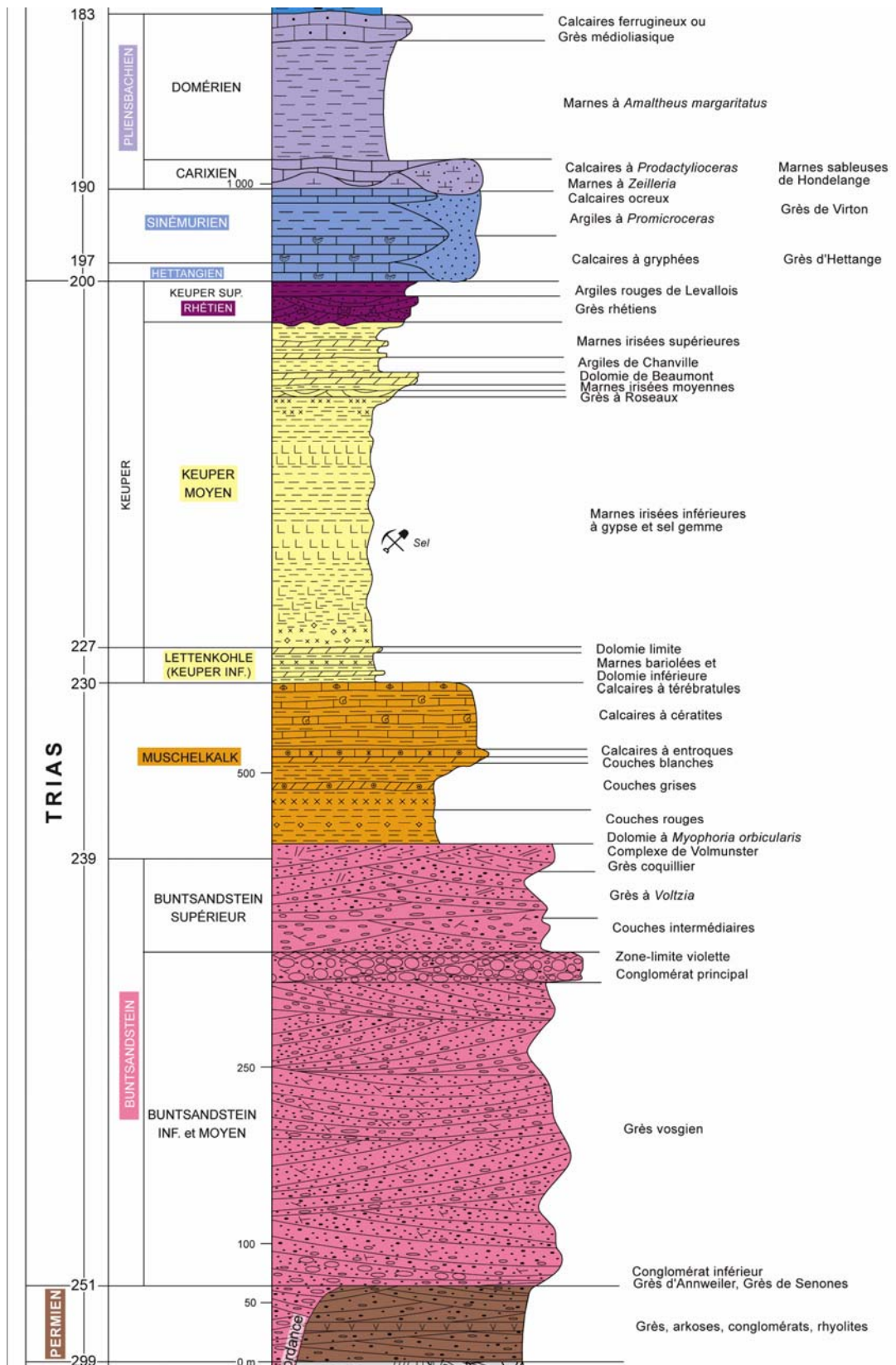
|         |           |                       |      |       |                  |  |                                            |
|---------|-----------|-----------------------|------|-------|------------------|--|--------------------------------------------|
| CRETACE | Paléocène | <i>Thanétien</i>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



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









## **Annexe 6 - Charte stratigraphique du Permien au Dévonien**



[illegible]



## **Annexe 7 - 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<sup>2</sup> (3 000 à 5 000 km<sup>2</sup> 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<sup>2</sup>).**

### 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<sup>2</sup> 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/km<sup>2</sup>).

### Etape 4: regroupement suivant QES

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

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

## 3. Entités NV3

### 3.1. Critères du guide méthodologique

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

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

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

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

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

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

## 2) 2<sup>ième</sup> critère de découpage: les grandes classes lithologiques

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

## 3) 5<sup>ième</sup> critère : le débit spécifique des forages

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

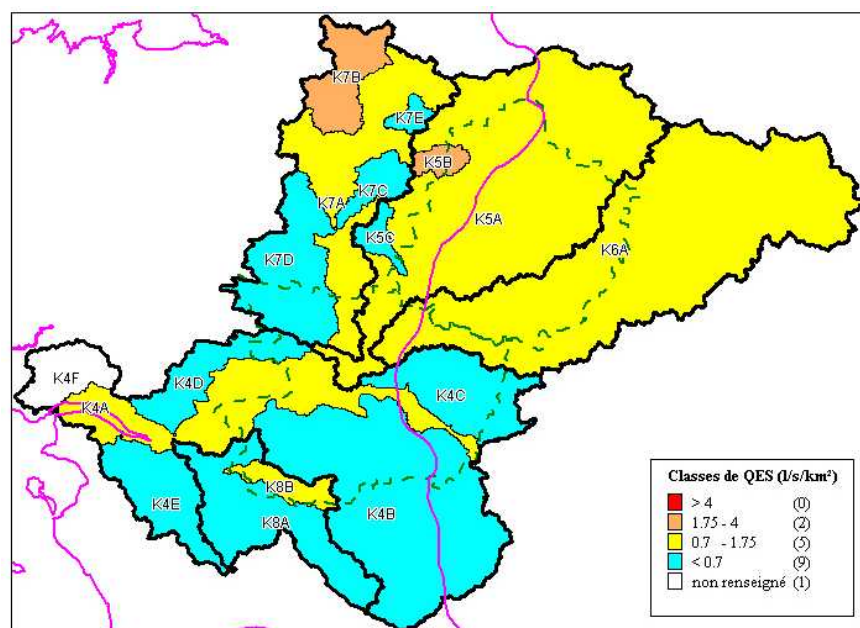


Illustration 1 - Classement des entités selon les valeurs de QES  
(17 entités NV2 après assemblage)

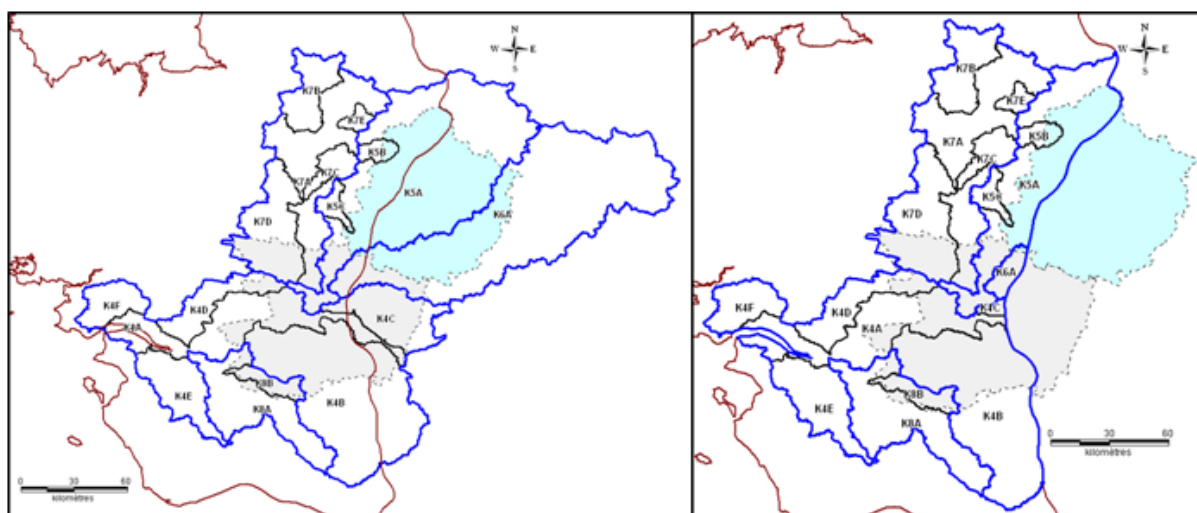


Illustration 2 - Entités de Socle de niveau NV2  
(avant et après découpage grossier avec la limite des formations sédimentaires)

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

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

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

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

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

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

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

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

#### 3) Délimitation des entités NV3

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

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

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

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

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

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

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

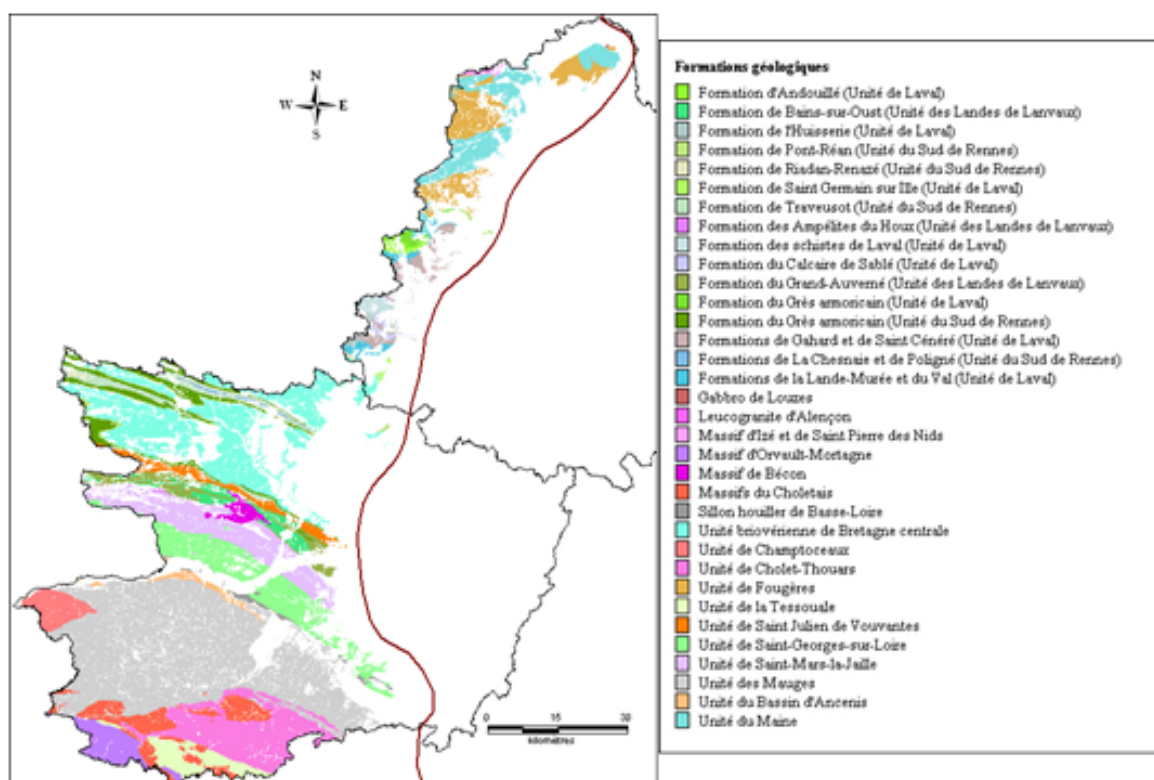


Illustration 3 – 34 entités géologiques au 1/50 000 dans les départements 49 et 72

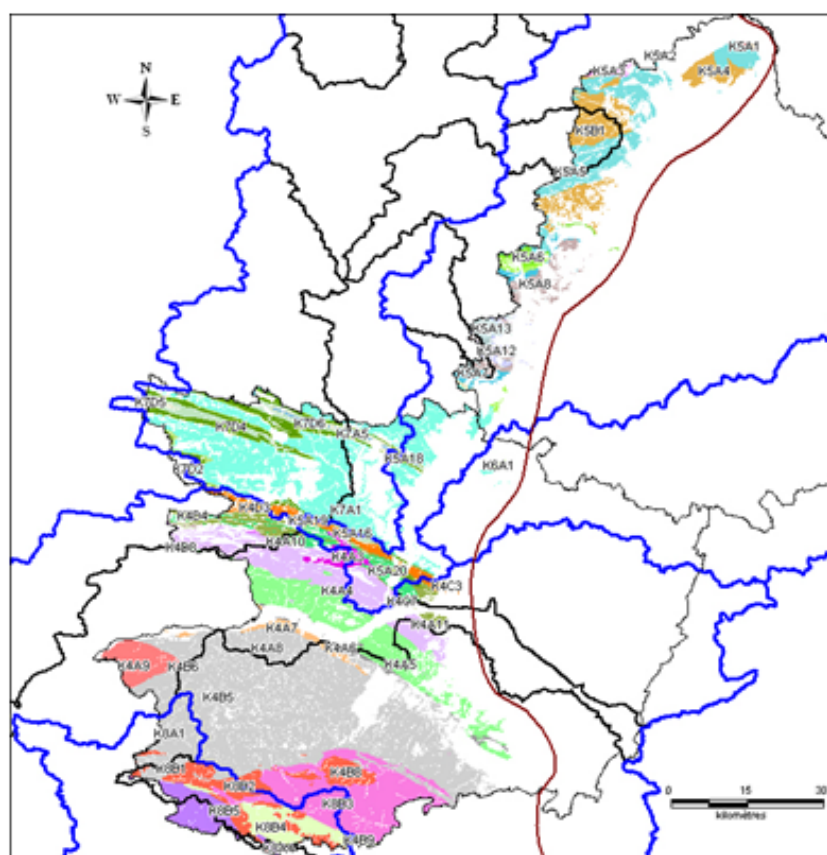


Illustration 4 – 91 entités hydrogéologiques NV3 dans les départements 49 et 72 (intersection entités géologiques ci-dessus par BV NV2)

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

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

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

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

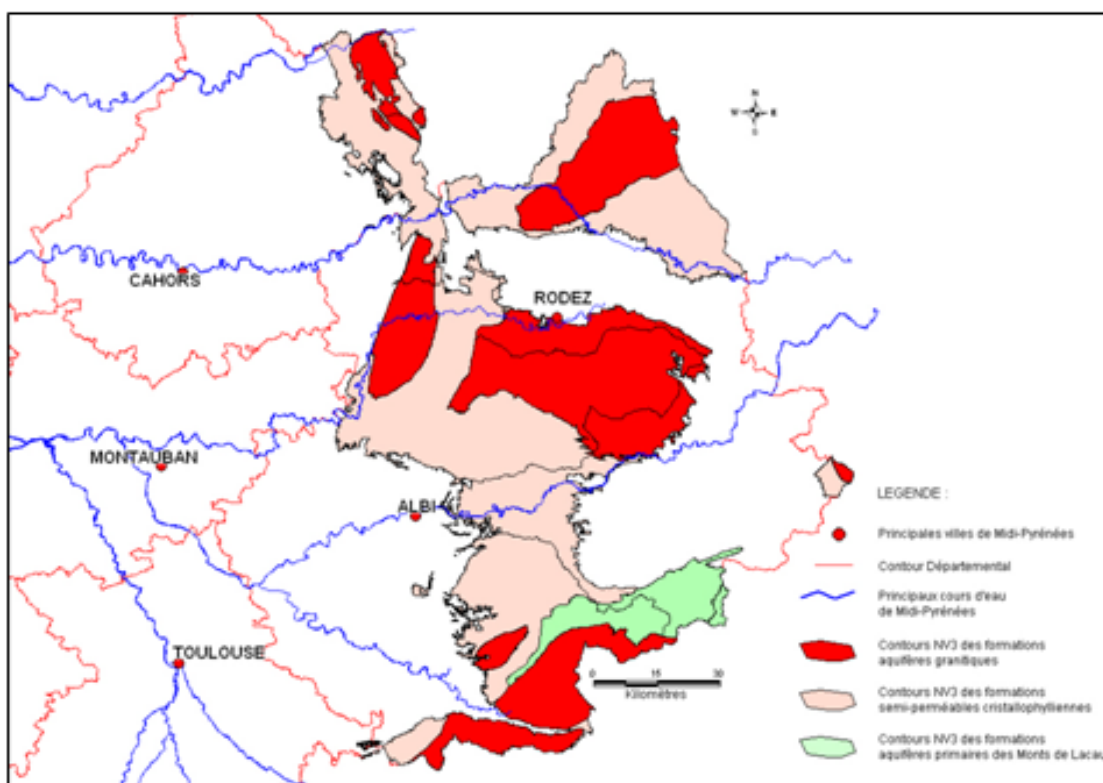


Illustration 5 – Entités NV3 de socle en MPY

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

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

#### Démarche

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

- 1) Intersection des regroupements avec **(selon les cas)** les zones hydrographiques (ZH) ou sous-secteurs (SSH) BD\_Carthage (illustration 6). Utilisation de l'outil « Intersecter » des « Tools » ArcGis (« Analysis tools »)
- 2) sélection d'une classe de perméabilité (ou d'une lithologie) dans la table précédente (illustration 7):
  - imperméable (code 7)
  - semi-perméable (code 6)
  - perméable (code 5)
- 3) Opération de « récapitulation » par zone hydrographique (puisque plusieurs polygones par zone). On obtient ainsi une table (non géométrique) par classe de perméabilité (ex: nature\_7, nature\_6, nature\_5).
- 4) Jointures successives de ces tables avec les zones hydrographiques pour récupérer les contours. On obtient ainsi une table (géométrique) comme celle présentée par l'illustration 10 (« Entités\_BV\_nature »), avec dans chaque bassin le % des types de perméabilité (des polygones étant non renseignés, on n'atteint pas toujours les 100%).

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

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

#### Remarque

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

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

Voir les illustrations 8, 9 et 10.



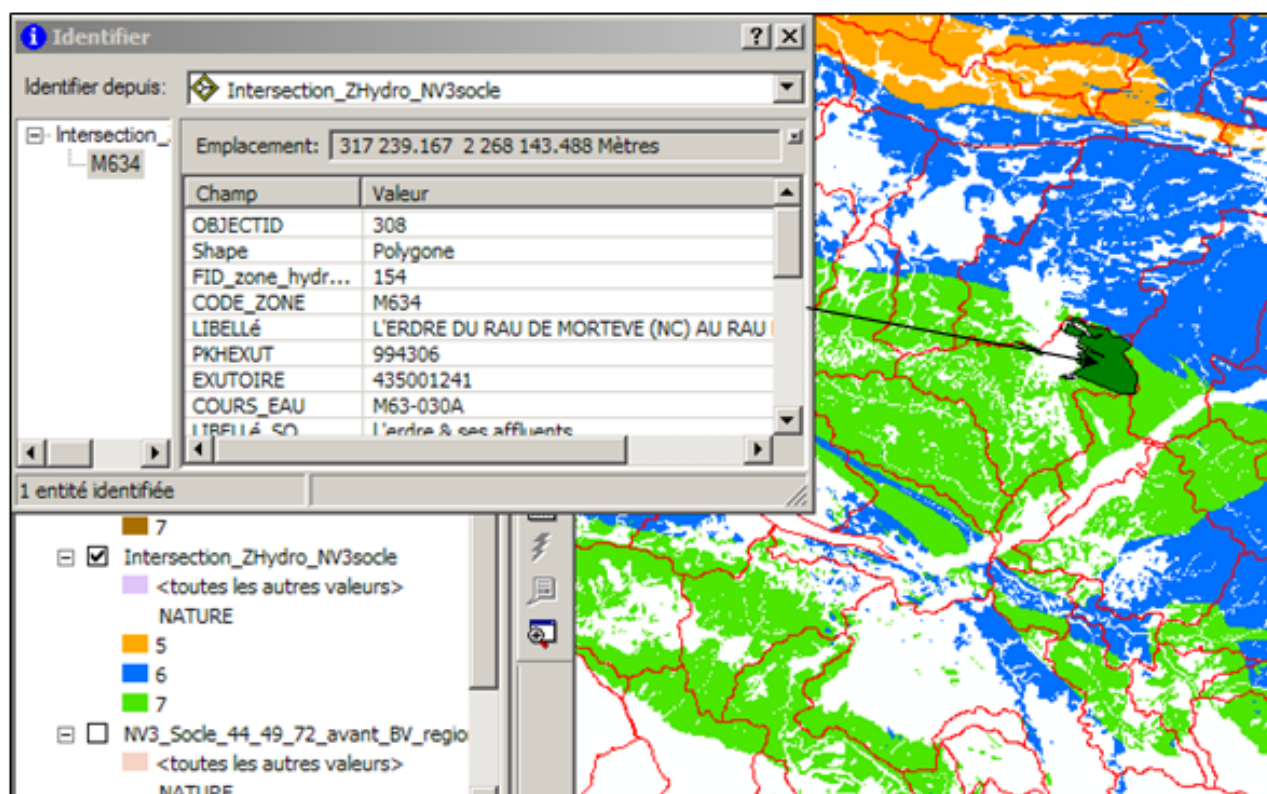


Illustration 6 - Intersection zones hydrographiques BDCartage avec entités définies suivant méthodologie générale (exemple départements 49 et 72)

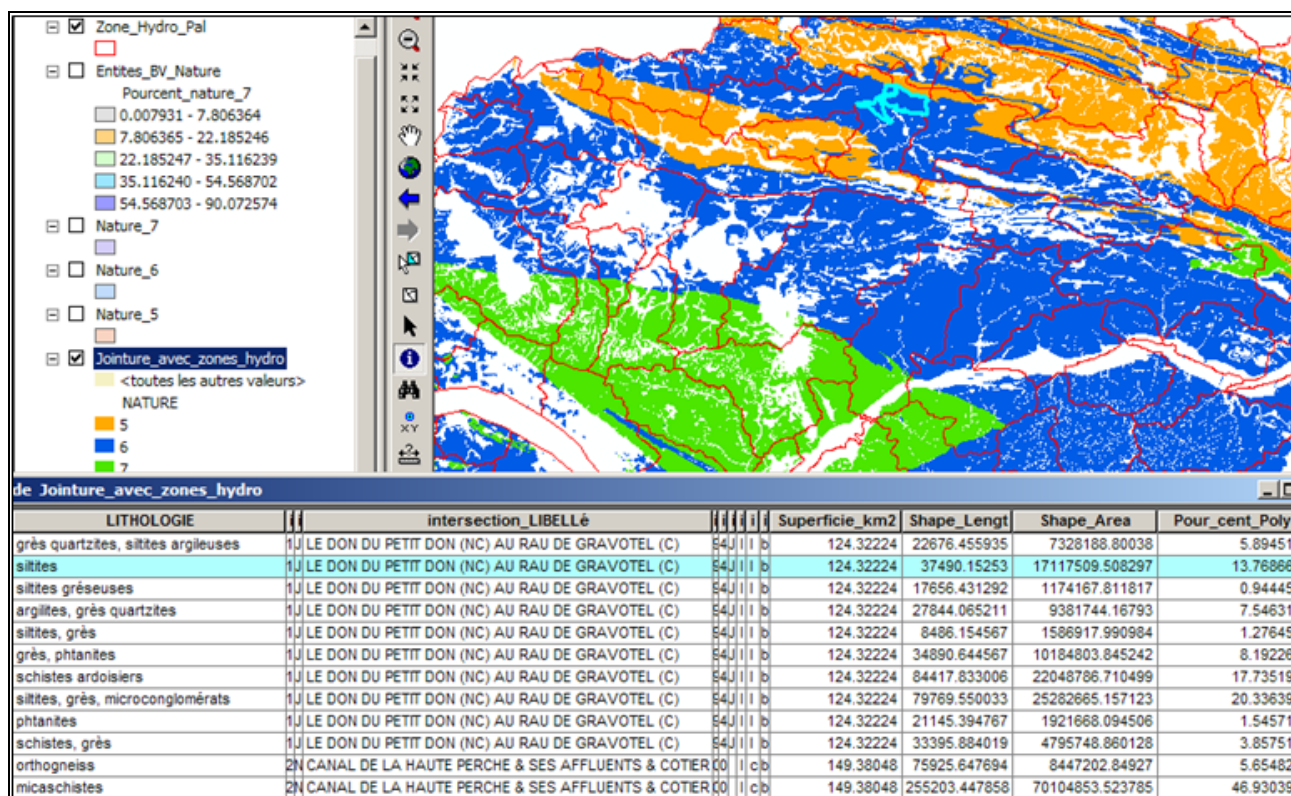


Illustration 7 - Calcul du pourcent d'occupation des types de lithologie dans chaque polygone élémentaire des zones hydrographiques



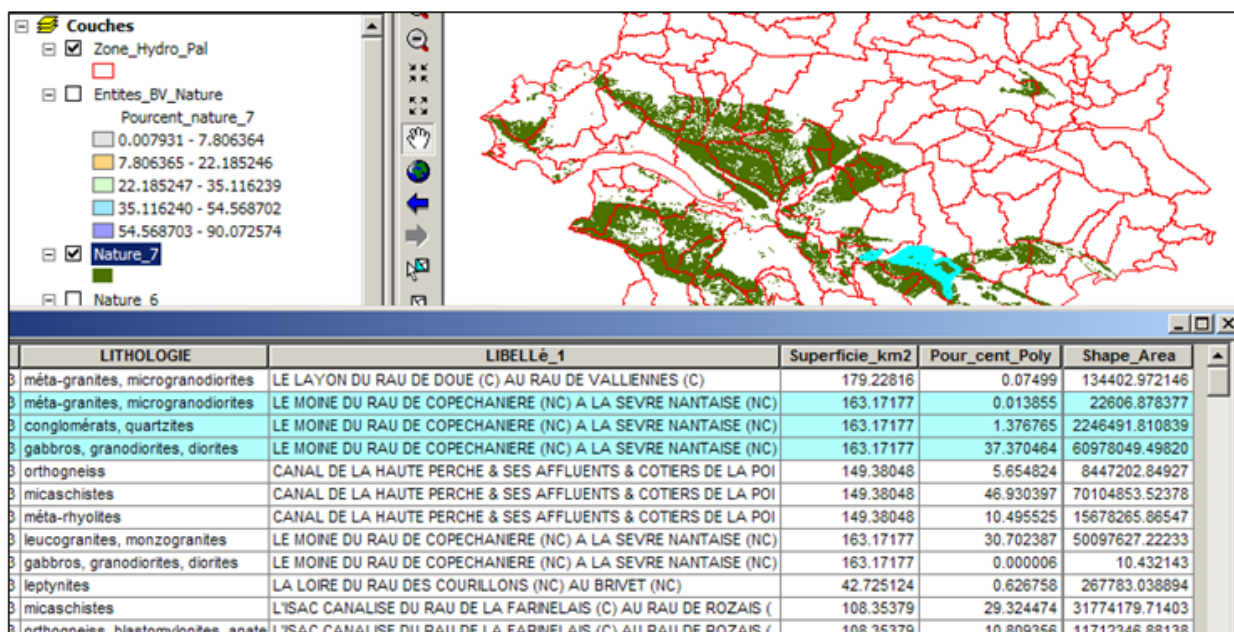


Illustration 8 – Sélection d'une classe de perméabilités

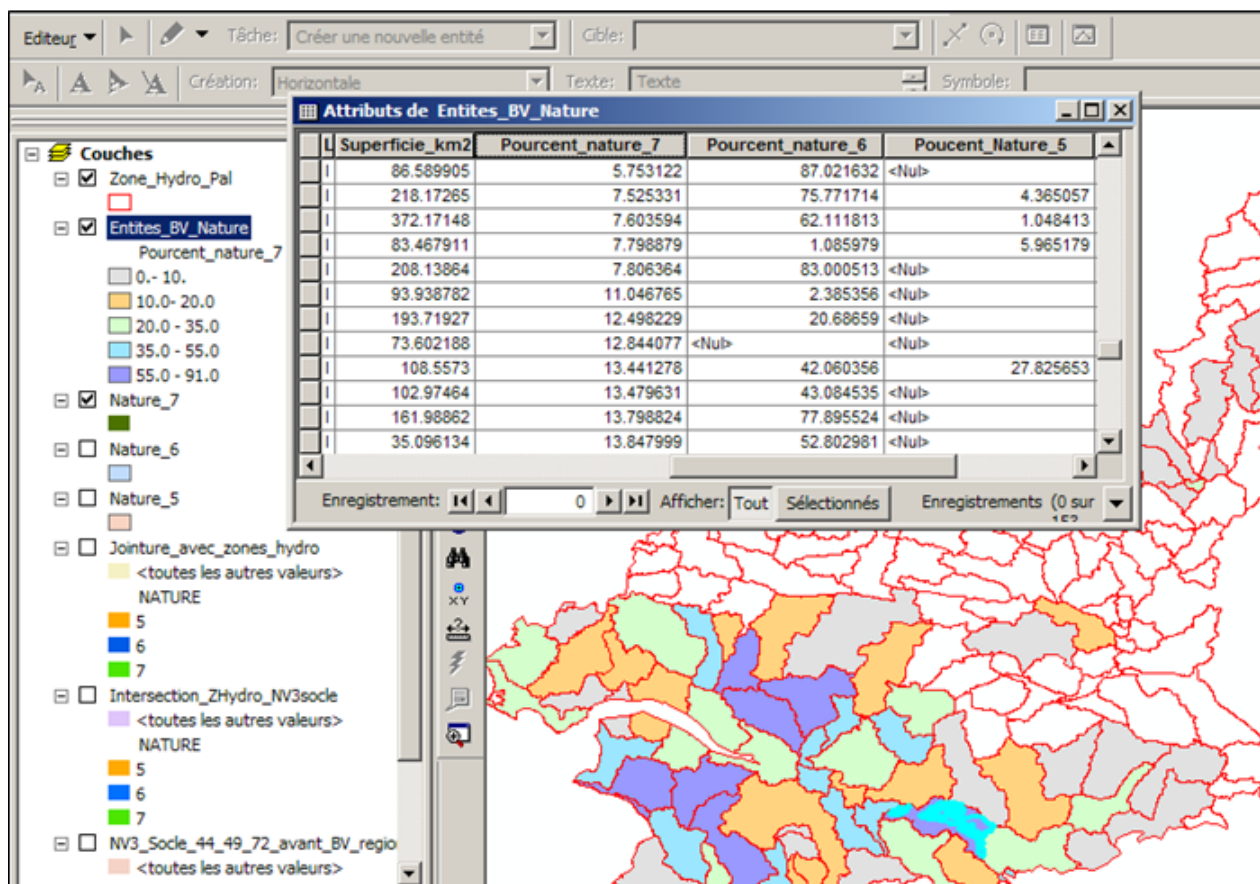


Illustration 9 – Table après étape 4

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

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

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

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

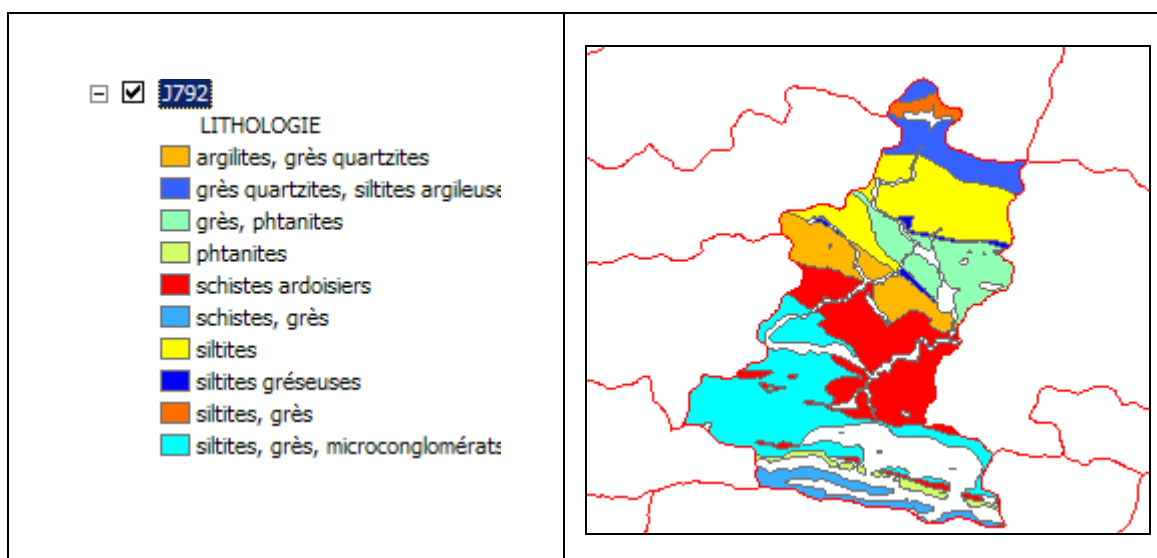


Illustration 11 – Exemple d'un BV-Entité caractérisé par une lithologie  
(sélection dans la table attributaire issue de l'étape d'intersection)  
(en blanc les polygones non renseignés)

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

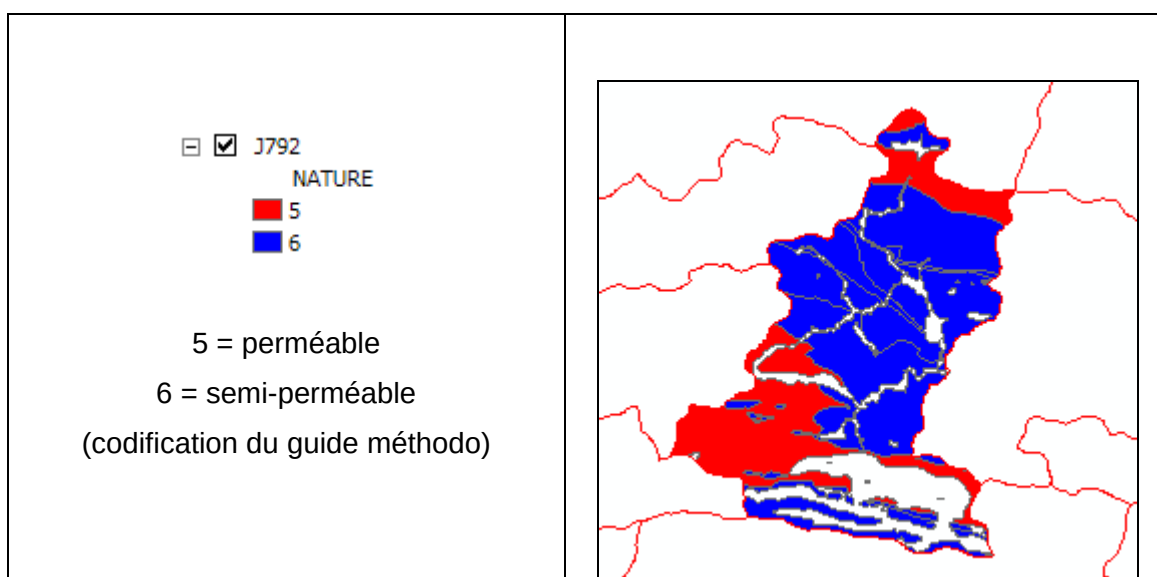


Illustration 12 – Exemple d'un BV-Entité caractérisé par une classe de perméabilité  
(sélection dans la table attributaire issue de l'étape 2)  
(en blanc les polygones non renseignés)

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

Illustration 13 – Extrait table attributaire du BV-Entité J792

### 3.5. Autre exemple

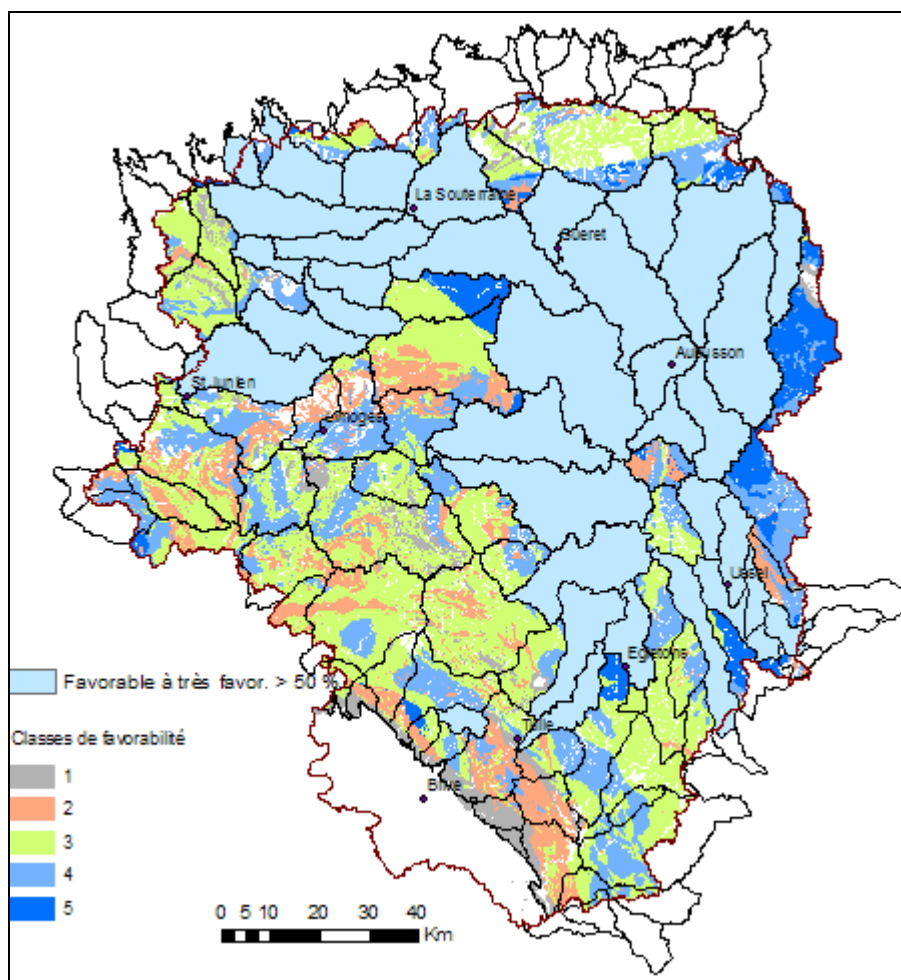
Cet exemple est relatif au socle en région Limousin où les entités NV3 ont pu être caractérisées par un critère « favorabilité » (potentiel aquifère).

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<br>(%) | Nature-6<br>(%) | Nature-7<br>(%) | Litho-1<br>(%) | Litho-2<br>(%) | .. | Litho-5<br>(%) |
|-------------|-------|------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----|----------------|
| E1          | 3     | 2    | 2      | 55              | 30              | 10              | <nul>          | <nul>          |    | <nul>          |
| E2          |       |      |        |                 |                 |                 |                |                |    |                |

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

Lexique Nature

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

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

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

Opérations possibles:

1) sélection des entités où les formations perméables (nature\_5) occupent plus de 50 % de la superficie de l'entité (illustration 15),

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

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

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

Lexique lithologique. Exemple

Litho-1= Roches plutoniques fracturées

Litho-2= Roches métamorphiques fracturées

Litho-3= Roches métamorphiques compactes

Litho\_4 = Sédimentaire ancien

Litho\_5= ...

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

Mêmes opérations possibles que celles ci-dessus.

**2) une table plus détaillée**

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

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

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

## **Annexe 8 - Lexique de caractérisation des entités hydrogéologiques et des limites**

(guide méthodologique, rapport BRGM RP-52261-FR)





## 1. Caractérisation des entités

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

- **l'ordre d'apparition absolu** de l'entité, qui est l'ordre du tableau multiéchelle ;
- **le thème d'appartenance de l'entité**, parmi 5 possibilités (cf. tableau ci-dessous) ;
- **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 | Code | Libellé                         |
|----------|------|---------------------------------|
| ALL      | 1    | Alluvial                        |
| SED      | 2    | Sédimentaire                    |
| SOC      | 3    | Socle                           |
| IPM      | 4    | Intensément plissés de montagne |
| VOL      | 5    | Volcanisme                      |

Thème de rattachement des entités à une formation géologique

| Notation | Code | Libellé                       |
|----------|------|-------------------------------|
| GSA      | 1    | Grand système aquifère        |
| GDH      | 2    | Grand Domaine hydrogéologique |
| SA       | 3    | Système aquifère              |
| DH       | 4    | Domaine hydrogéologique       |
| UA       | 5    | Unité aquifère                |
| USP      | 6    | Unité semi-perméable          |
| UIP      | 7    | Unité imperméable             |

Nature des entités

| Notation | Code | Libellé          |
|----------|------|------------------|
| INC      | 0    | Inconnu          |
| PM       | 1    | Milieu poreux    |
| PF       | 2    | Milieu fissuré   |
| PK       | 3    | Milieu karstique |
| DP       | 4    | Double porosité  |

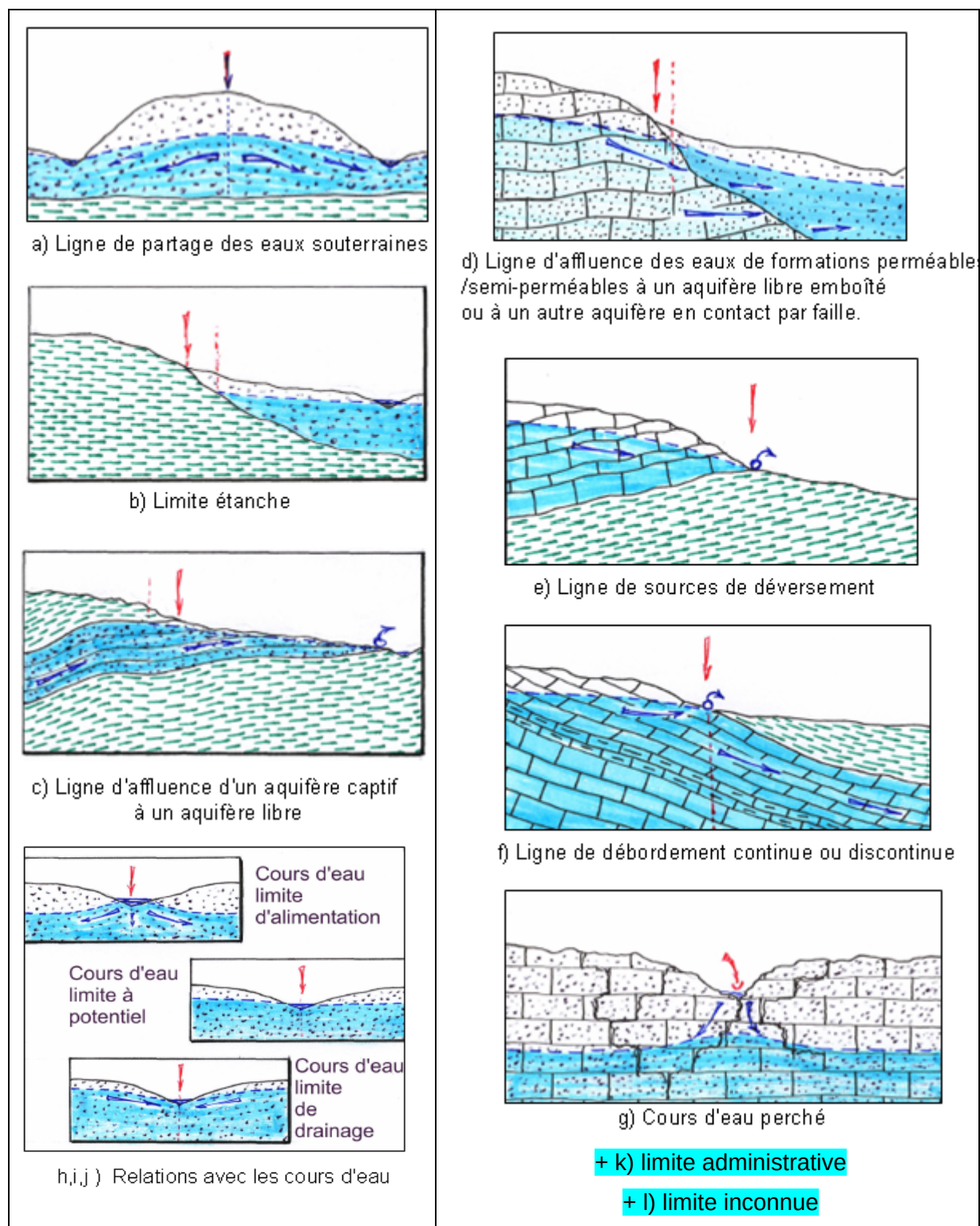
PM =porosité matricielle PF=porosité de fissure,....

Type de milieu (porosité)

| Notation | Code | Libellé                            |
|----------|------|------------------------------------|
| C        | 1    | Nappe captive                      |
| L        | 2    | Nappe libre                        |
| LC       | 3    | Libre et captive                   |
| ALC      | 4    | Alternativement libre puis captive |

Etat de la nappe

## 2. Les 12 types de limites définis dans le guide méthodologique



## **Annexe 9 - Le modèle de gestion du référentiel**



# 1. Le modèle de gestion

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

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

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

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

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

- 1) d'archiver dans un réservoir de données unique l'ensemble des informations relatives aux entités: leur géométrie et leur caractérisation;
- 2) de restituer ces informations, à savoir :
  - le niveau de regroupement des entités (NV1, NV2, NV3),
  - le code, le nom des entités,
  - la nature des entités,
  - le thème des entités,
  - le type de milieu des entités,
  - l'état des entités.
  - la position relative des entités les unes par rapport aux autres
    - o en deux dimensions (X,Y)
    - o en trois dimensions (X,Y et ordre de recouvrement ou ordre absolu)
  - la nature et le type de contact composant les limites entre les entités.

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

## 1.1. FONCTIONNALITÉS DU MODÈLE

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

### 1.1.1. Phase d'élaboration du référentiel

Le modèle de gestion permet :

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

### 1.1.2. Phase d'exploitation du référentiel

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

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

## 1.2. ORGANISATION ET PRINCIPES DE BASE DU MODÈLE

### 1.2.1. Organisation des entités en « Entités principales » et « Entités complémentaires »

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

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

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

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

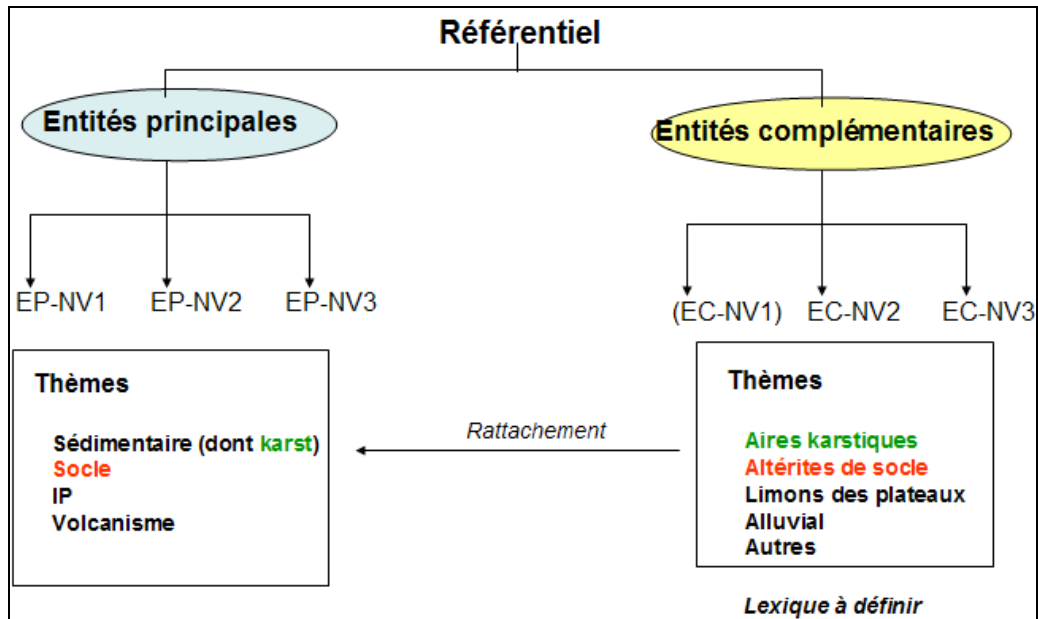


Illustration A1 – Organisation générale du référentiel

### 1.2.2. Ordonnancement vertical

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

L'ordonnancement absolu est repéré par un numéro d'ordre « absolu » affecté à chaque entité dans le tableau multiéchelle, tableau utilisé par le modèle de gestion pour passer à un ordre relatif.

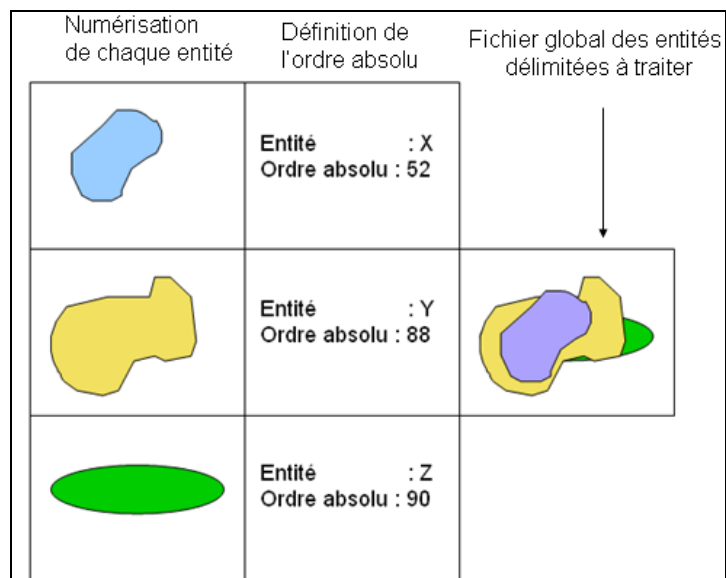


Illustration A2 – Ordonnancement des entités par un âge absolu

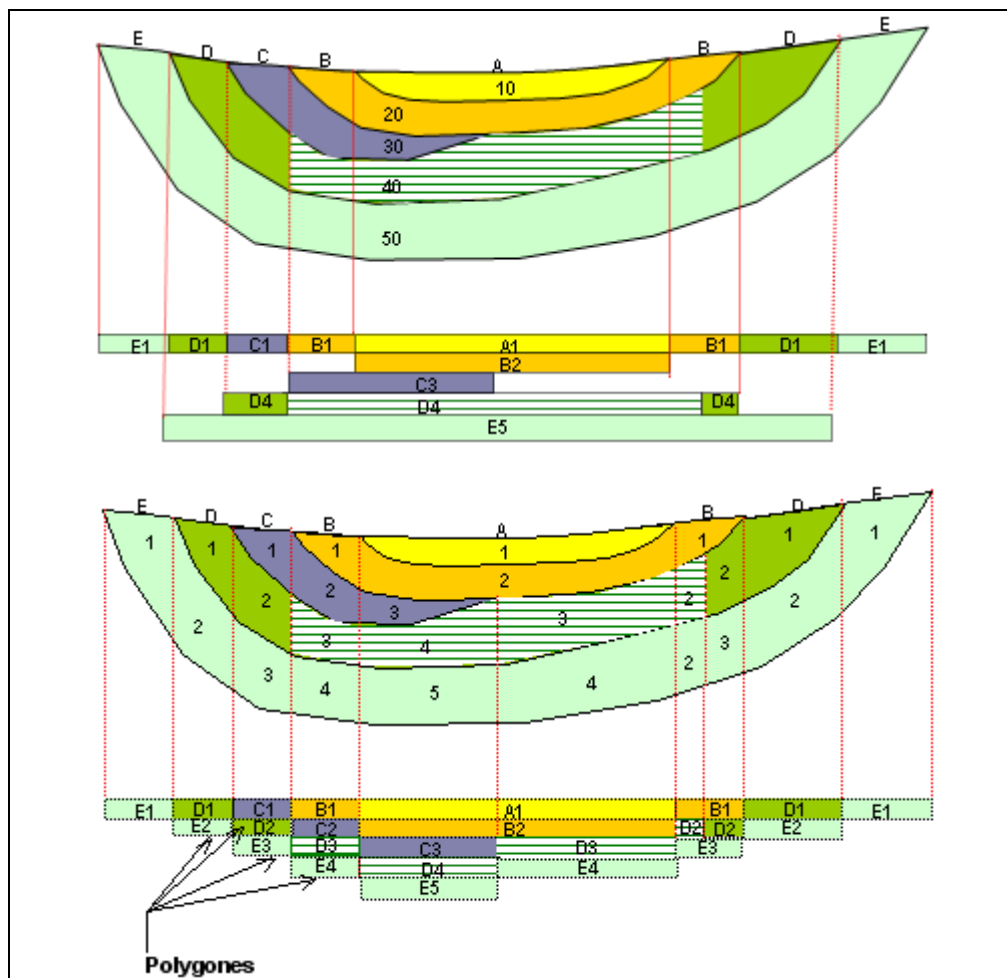


Illustration A3 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif.

### 1.2.3. Complétude

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

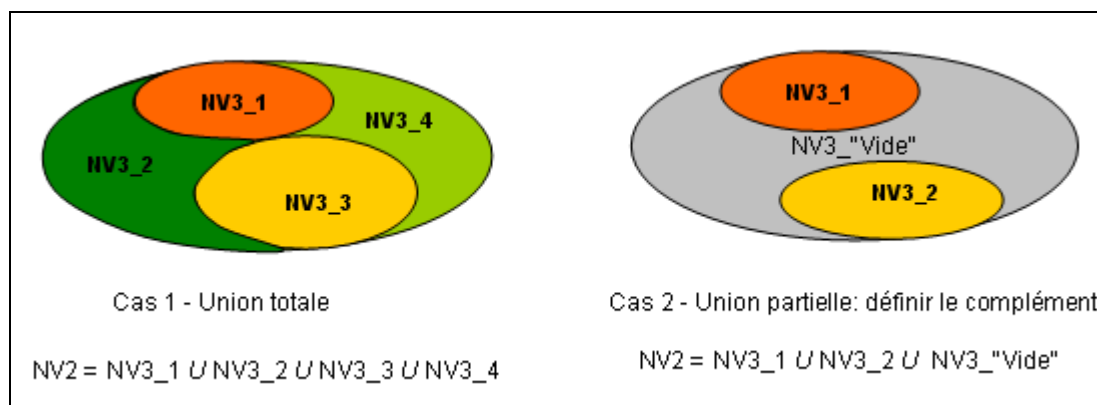


Illustration A4 - Reconstitution d'une entité de niveau 2 à par d'entités de niveau 3.



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

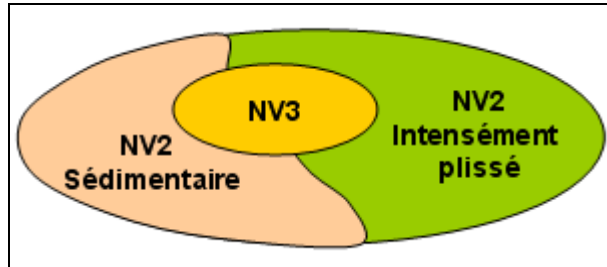


Illustration A5 – Entité de niveau 3 s'étendant sur 2 entités de niveau 2.

#### 1.2.4. Héritage

##### • Attributs des entités

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

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

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

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

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

##### • Limites

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

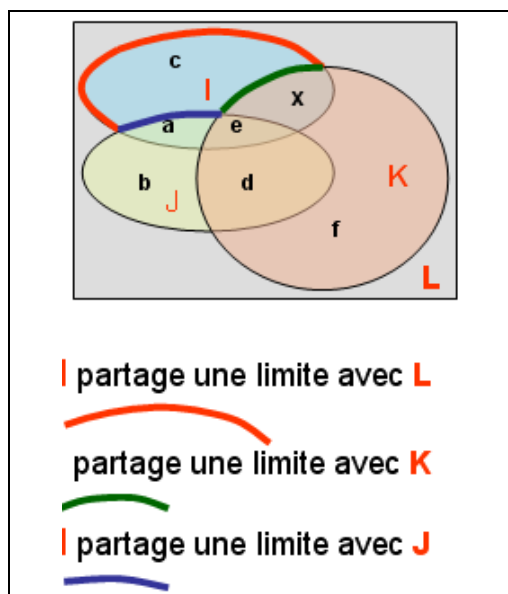


Illustration A6 – Restitution des limites des entités à partir de la table des polygones.

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

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

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

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

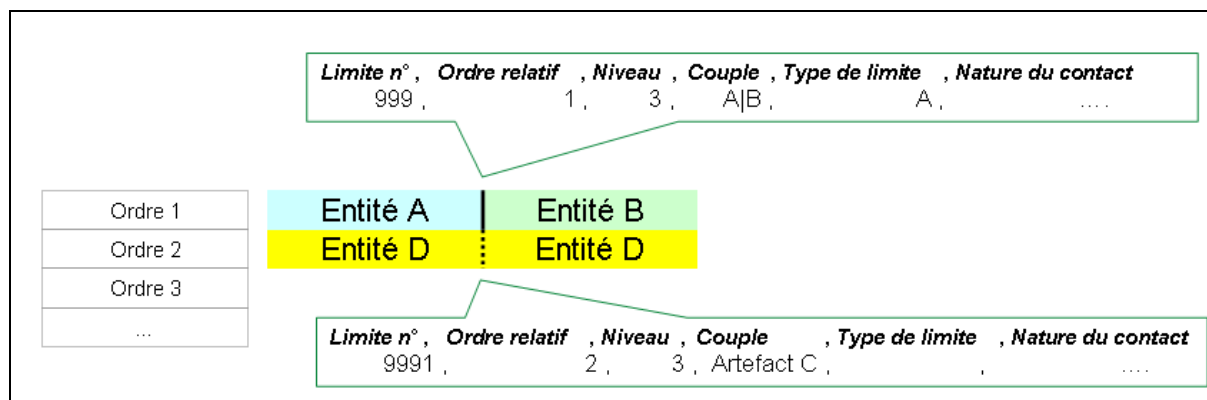


Illustration A7 – Exemple de contacts entre entités

Les artefacts de découpage sont conservés car ils peuvent être la cause de changement de type hydrogéologique des limites. Cette propriété est illustrée par la notion de **nature des contacts** que le référentiel déduit automatiquement de la superposition relative des entités et l'analyse de leur nature. L'illustration suivante présente un schéma de définition de la nature des contacts déduits pour chacune des limites identifiées (artefacts compris).

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

*Illustration A8 – Nature des contacts possibles entre entités*

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

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

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

*Illustration A9 – Types de limites*

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

*Illustration A9 (suite) – Types de limites*



## 2. Géodatabase associée au modèle de gestion

### 2.1. MODÈLE CONCEPTUEL DES DONNÉES

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

- la table des polygones qui constituent les entités (formes géométriques), appelée « RHF\_Polygones relatifs »
- la table des limites des entités (polylignes), appelée « RHF\_Limites »
- le tableau synthétique de définition des entités
- le tableau de définition des limites

et de requêtes dérivées, par exemple « REQUETE\_toits » et « REQUETE\_murs » des entités (illustration A11).

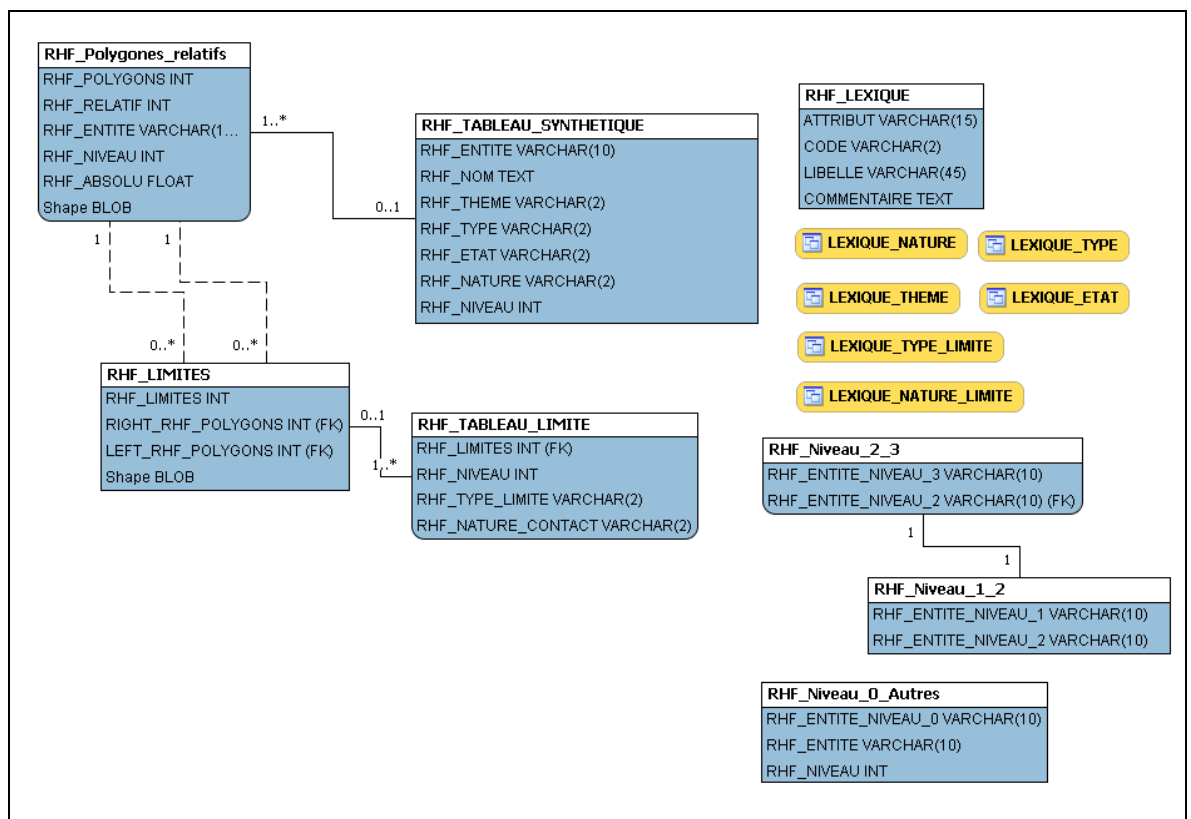
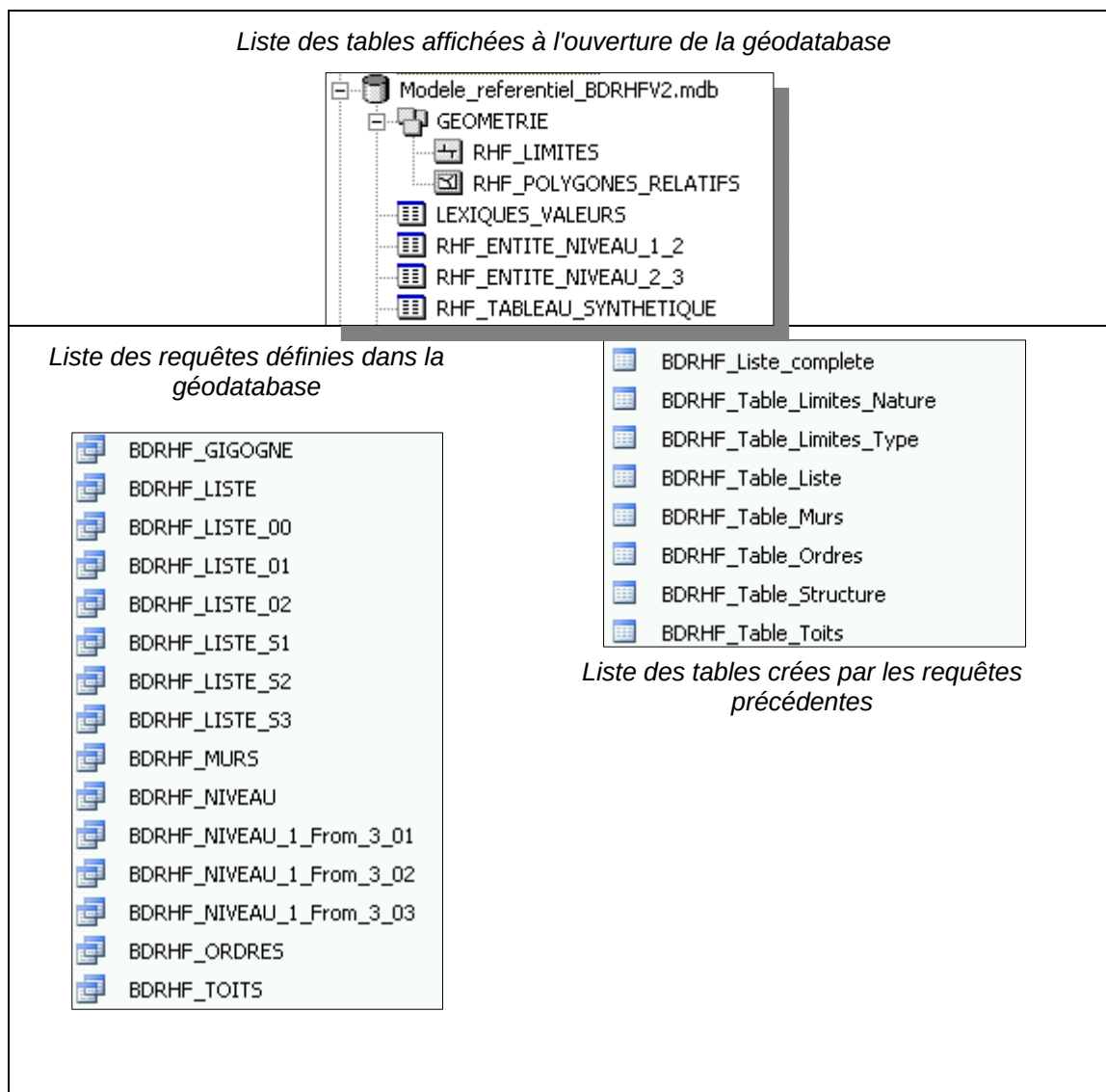


Illustration A10 – Modèle conceptuel de la géodatabase

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



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

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

## 2.2. DESCRIPTION DES TABLES

### 2.2.1. Table des « RHF\_Polygones relatifs »

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



En sélectionnant « RHF\_Polygones relatifs », la couche des polygones qui composent les entités s'affiche à l'écran (illustration A12). Un niveau puis un ordre de superposition peuvent être sélectionnés.

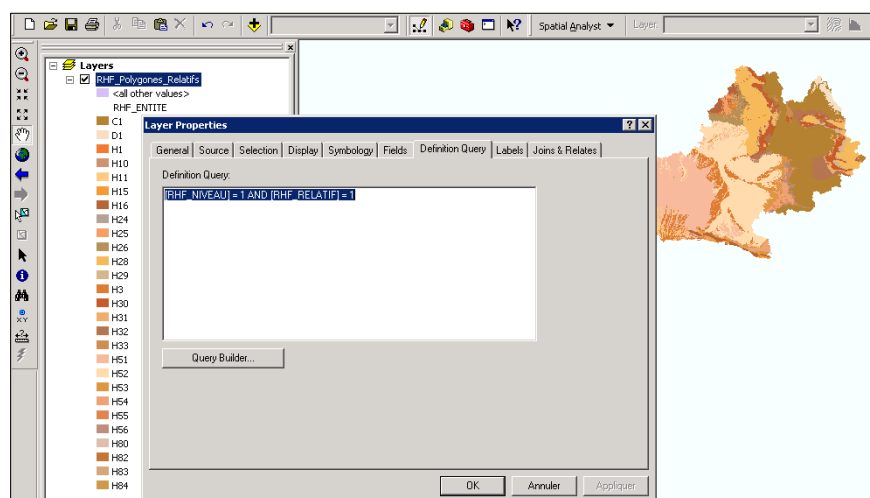


Illustration A12 – Table des polygones multiples de niveau 1 et d'ordre 1 en région MPY

Dans l'illustration suivante, la couche de RHF\_Polygones\_Relatifs est affichée pour les 3 niveaux de regroupement du référentiel

- [RHF\_NIVEAU] = 1 AND [RHF\_RELATIF] = 1
- [RHF\_NIVEAU] = 2 AND [RHF\_RELATIF] = 1
- [RHF\_NIVEAU] = 3 AND [RHF\_RELATIF] = 1

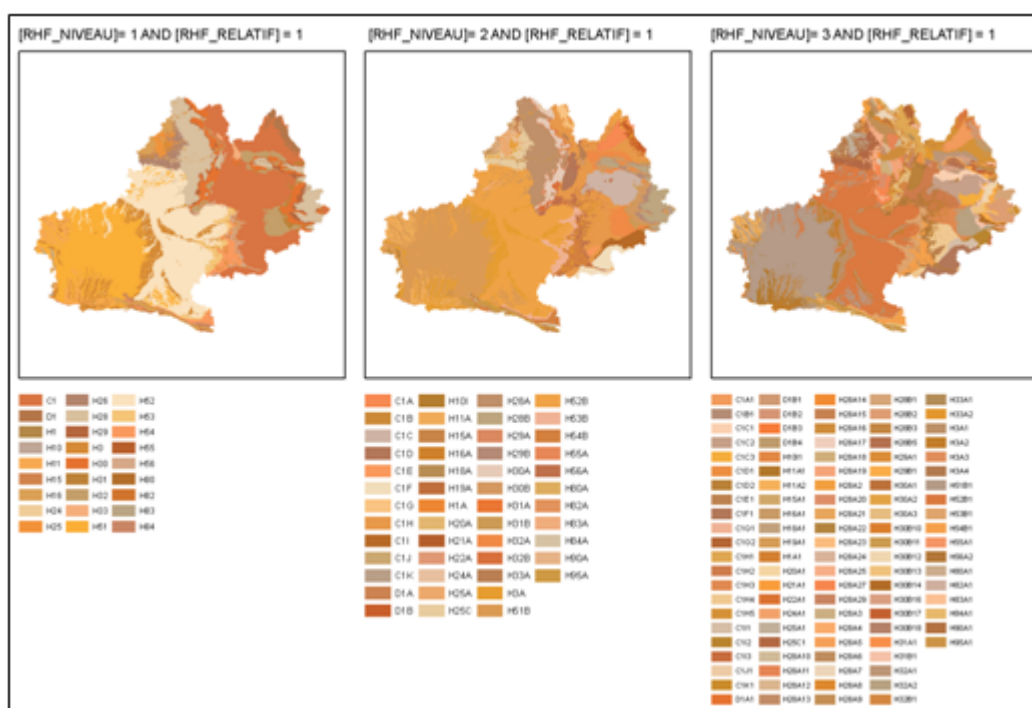


Illustration A13 – Sélection des entités d'ordre 1 pour les 3 niveaux de découpage du référentiel

### 2.2.2. Table RHF\_Tableau\_Synthetique

La table RHF\_Tableau\_Synthetique est la transcription au format MSACCESS du tableau synthétique.

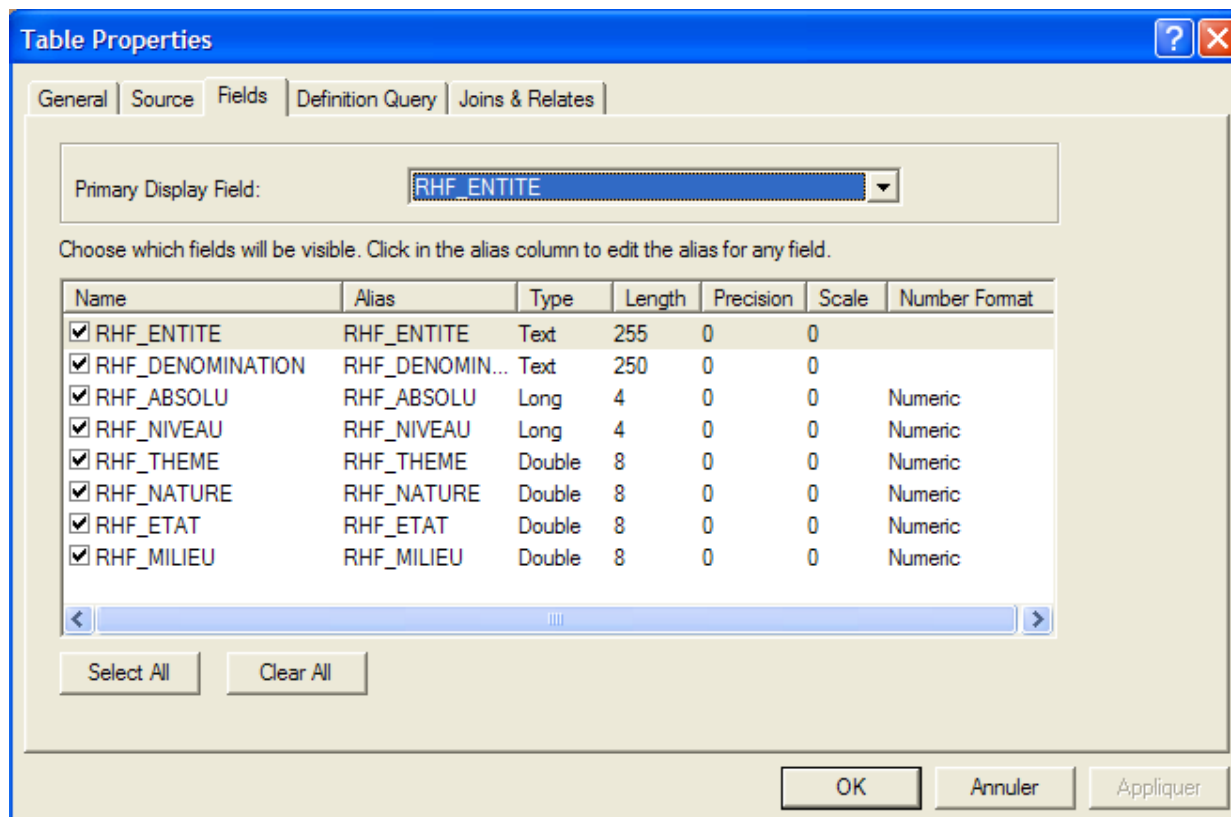


Illustration A14 - Table RHF\_Tableau\_Synthetique

Le champ RHF\_ENTITE permet la jointure thématique avec la table des polygones d'entités (RHF\_Polygones\_multiples).

| Attributes of RHF_TABLEAU_SYNTHETIQUE |                                                                                                         |            |            |           |            |          |            |  |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|-----------|------------|----------|------------|--|
| RHF_ENTITE                            | RHF_DENOMINATION                                                                                        | RHF_ABSOLU | RHF_NIVEAU | RHF_THEME | RHF_NATURE | RHF_ETAT | RHF_MILIEU |  |
| F10                                   | KIMMERIDGIEN-CALLOVIEN                                                                                  | 16115      | 1          | <Null>    | <Null>     | <Null>   | <Null>     |  |
| F10F                                  | Domaine hydrogéologique des marnes et calcaires inférieurs du Kim. au callovien                         | 16300      | 2          | <Null>    | <Null>     | <Null>   | <Null>     |  |
| F10F1                                 | Unité aquifère des calcaires à Astartes du Perche (Oxfordien supérieur)                                 | 16300      | 3          | 2         | 5          | 3        | 4          |  |
| F10F2                                 | Unité aquifère des calcaires coralliens de l'Oxfordien moyen                                            | 16900      | 3          | 2         | 5          | 3        | 4          |  |
| F10G                                  | Domaine hydrogéologique des marnes callovo-oxfordiennes                                                 | 16455      | 2          | <Null>    | <Null>     | <Null>   | <Null>     |  |
| F10G1                                 | Unité semi-perméable des marnes bleues à Encrines (oxfordien moyen - oxfordien supérieur)               | 16455      | 3          | 2         | <Null>     | 3        | 1          |  |
| F10G10                                | Unité semi-perméable des marnes de Domfront en Champagne, du Chevain et des oolites de Suré (Callovi)   | 16230      | 3          | 2         | 6          | 3        | 1          |  |
| F10G11                                | Unité semi-perméable des calcaires marneux à brachiopodes (Callovien inférieur)                         | 16300      | 3          | 2         | 6          | 3        | 1          |  |
| F10G2                                 | Unité imperméable des marnes à spongiaires (Callovien à Oxfordien moyen)                                | 16700      | 3          | 2         | <Null>     | 3        | 1          |  |
| F10G3                                 | Unité aquifère des sables du Vairais et de Mortagne (Oxfordien inférieur)                               | 16995      | 3          | 2         | 5          | 3        | 1          |  |
| F10G4                                 | Unité imperméable des marnes à Pernes et des marnes sableuses de la Vacherie et de la Buraisaire (Call) | 16000      | 3          | 2         | <Null>     | 3        | 1          |  |
| F10G5                                 | Unité aquifère des sables de Saint-Fulgent-des-Ormes (Callovien supérieur)                              | 16115      | 3          | 2         | <Null>     | 3        | 1          |  |
| F10G6                                 | Unité imperméable des marnes de Montmarlo et de Montbizot (Callovien supérieur)                         | 16120      | 3          | 2         | <Null>     | 3        | 1          |  |
| F10G7                                 | Unité aquifère des calcaires sableux de Teillé (Callovien moyen)                                        | 16125      | 3          | 2         | <Null>     | 3        | 1          |  |
| F10G8                                 | Unité imperméable des marnes de Maresché et de Saint-Calez-en-Saosnois (Callovien moyen)                | 16200      | 3          | 2         | <Null>     | 3        | 1          |  |
| F10G9                                 | Unité semi-perméable des marnes d'Assé le Riboul et des oolites (Callovien inférieur et moyen)          | 16210      | 3          | 2         | <Null>     | 3        | 1          |  |
| F11                                   | DOGGER                                                                                                  | 16470      | 1          | <Null>    | <Null>     | <Null>   | <Null>     |  |
| F11S                                  | Domaine hydrogéologique des marnes du Dogger                                                            | 16472      | 2          | <Null>    | <Null>     | <Null>   | <Null>     |  |
| F11S1                                 | Unité semi-perméable des marnes de Bourg le Roi (Baéonien supérieur)                                    | 16472      | 3          | 2         | 6          | 3        | 1          |  |
| F11T                                  | Système aquifère des calcaires du DOGGER (Bajocien-Baéonien)                                            | 16470      | 2          | <Null>    | <Null>     | <Null>   | <Null>     |  |
| F11T1                                 | Unité aquifère des calcaires noduleux à silex du Baéonien                                               | 16470      | 3          | 2         | 5          | 3        | 2          |  |
| F11T2                                 | Unité aquifère des oolites ferrugineuses et du calcaire à Montivaultia (Baéonien supérieur)             | 16470      | 3          | 2         | 5          | 3        | 3          |  |
| F11T3                                 | Unité aquifère des calcaires et oolites du Saosnois (Bajocien supérieur à Baéonien supérieur)           | 16770      | 3          | 2         | 5          | 3        | 3          |  |
| F11T4                                 | Unité aquifère des calcaires graveleux de la champagne, de Conlie (Aalénien moyen, Bajocien, Baéonien)  | 16900      | 3          | 2         | 5          | 3        | 3          |  |
| F11T5                                 | Unité aquifère des arkoses d'Alençon et des graviers, sables et grès de tessé (Aalénien)                | 17160      | 3          | 2         | 5          | 3        | 1          |  |
| F12                                   | Lias                                                                                                    | 17560      | 1          | <Null>    | <Null>     | <Null>   | <Null>     |  |
| F12A                                  | Domaine hydrogéologique marnes du Lias supérieur                                                        | 17560      | 2          | <Null>    | <Null>     | <Null>   | <Null>     |  |
| F12A1                                 | Unité semi-perméable des calcaires marneux et marnes du Tessé                                           | 17560      | 3          | 2         | <Null>     | 3        | 2          |  |

Illustration A15 – Jointure avec la table RHF\_Tableau\_Synthetique

Ainsi, la table **RHF\_Polygones\_Multiples** est en règle générale associée à la table **RHF\_Tableau synthétique** pour permettre une représentation thématique basée sur la nature, le type, l'état ou le milieu des entités.

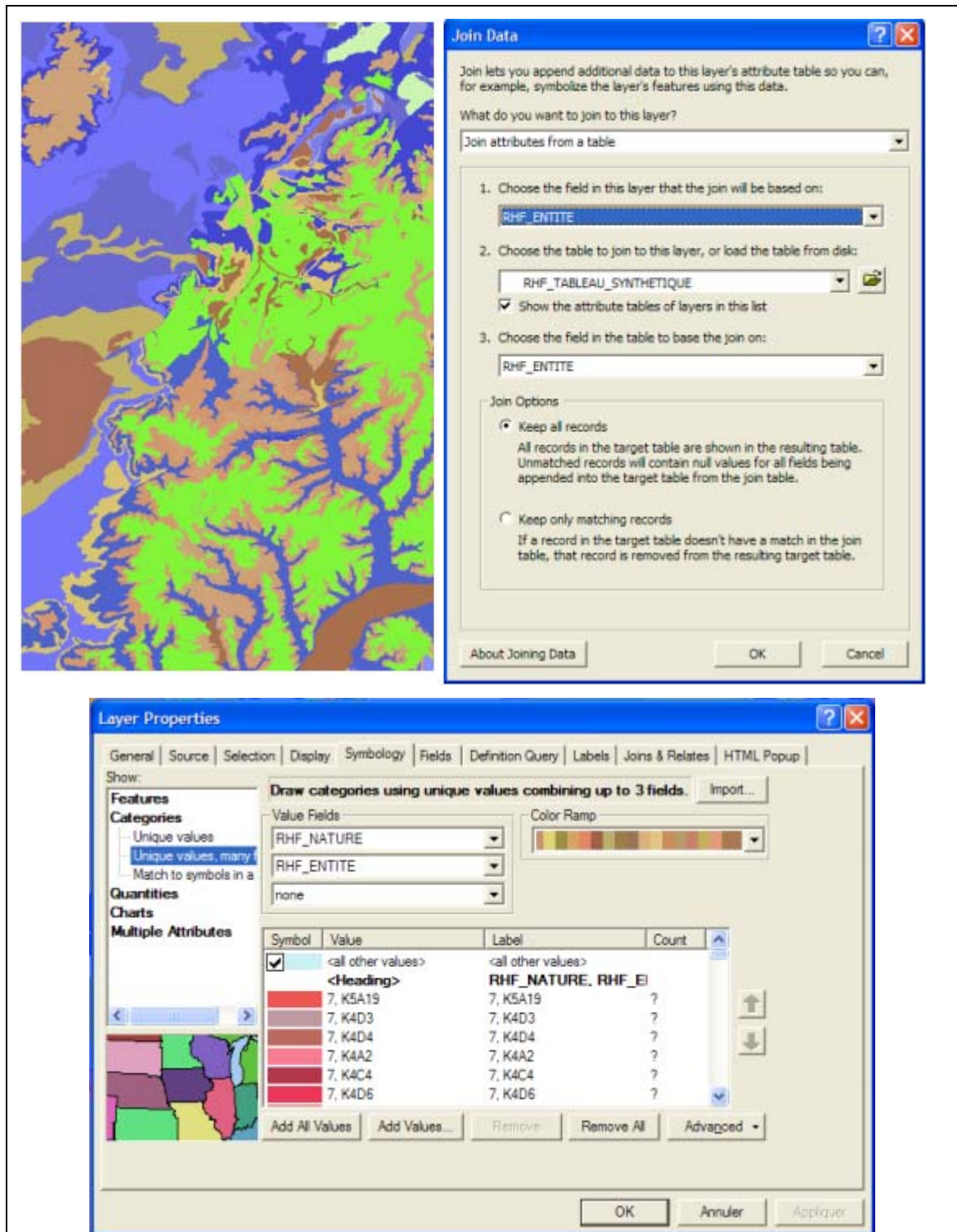
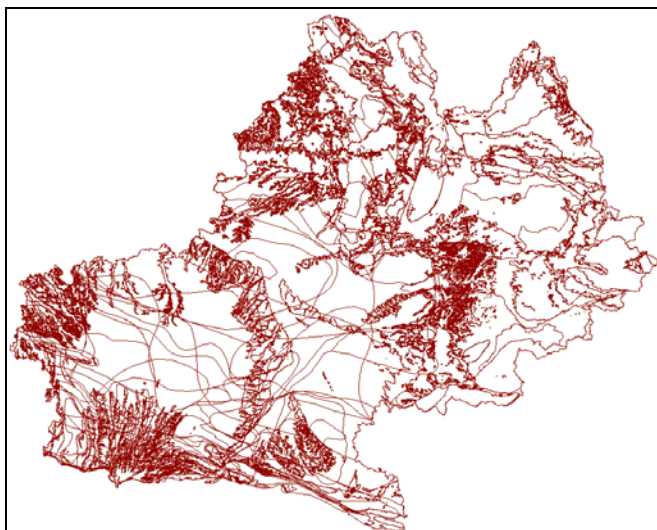


Illustration A16 –Exemple d'analyse thématique après jointure

### 2.2.3. Table des limites

La seconde couche vecteur correspondant à la table des limites (illustration A17), appelée « RHF\_**Limites** » (limites des entités d'ordre 1 et plus).

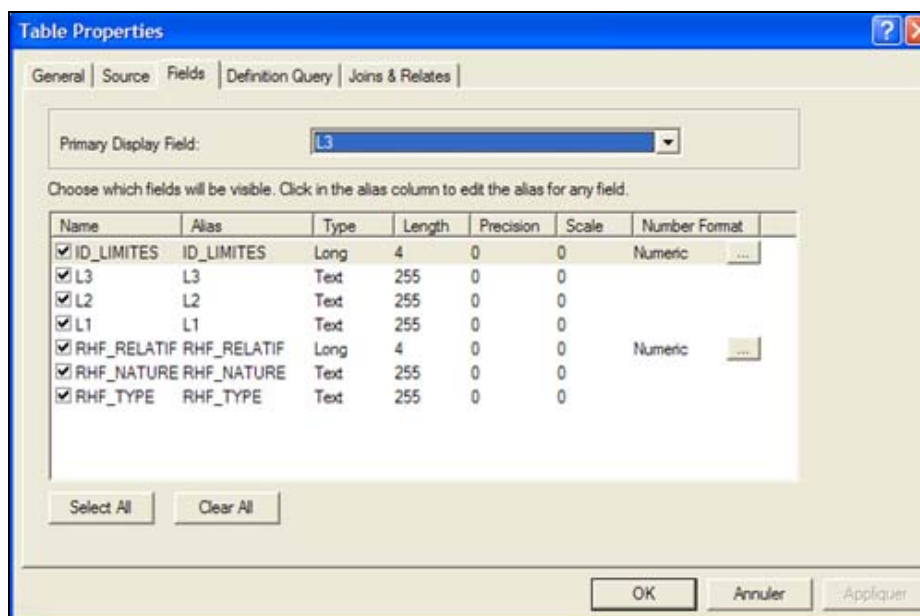


*Illustration A17 – Table des limites des entités d'ordre 1  
(exemple de la région Midi-Pyrénées)*

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

### 2.2.4. Table RHF\_Limites\_nature

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



*Illustration A18 – Table de la nature des limites*

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

par exemple : |F10G1|F11T1|.

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

par exemple : |F10G1|Monde|.

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

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

par exemple : |F10G|F11T|.

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

par exemple : |F10G|Monde|.

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

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

par exemple : |F10|F11|.

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

par exemple : |F10|Monde|.

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

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

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

Le champ **RHF\_Type** définit la typologie de la limite décrite par le producteur de données.

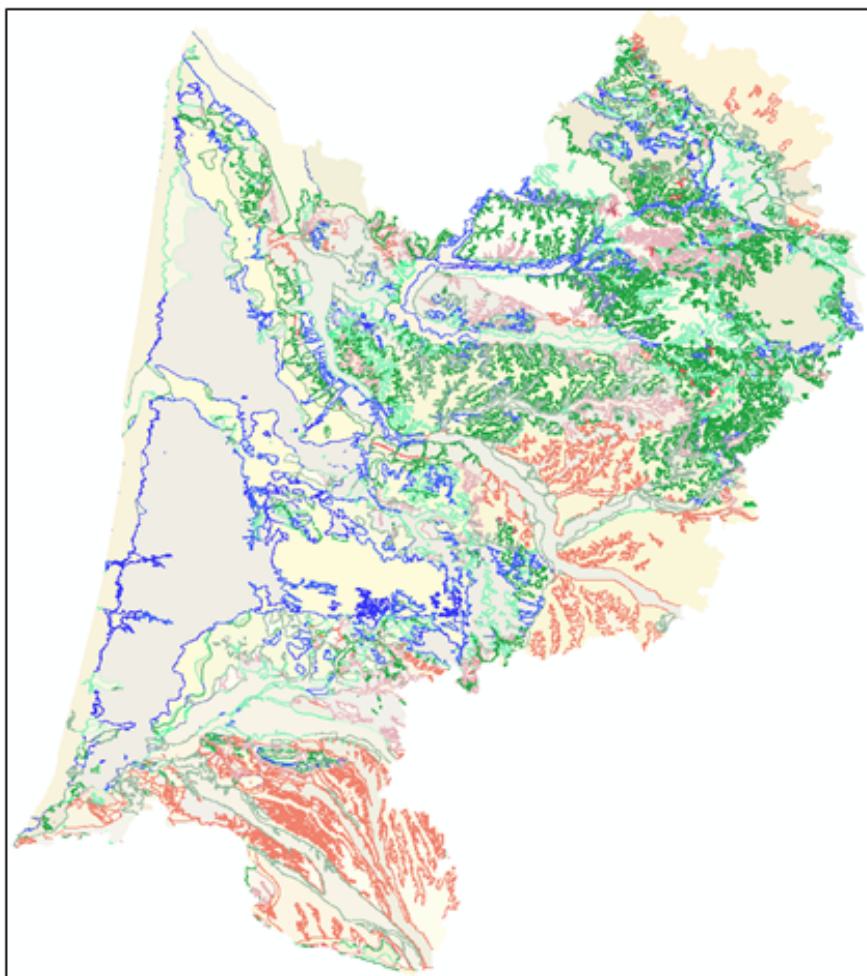
Le champ **RHF\_Nature** définit la nature du contact établi par la limite entre les entités d'ordre relatif 1 et 2.



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

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

*Illustration A19 – Lexique de la nature des contacts*



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

## 2.2.5. Requêtes sur le modèle et tables associées

### Requêtes Toits et murs

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

Dans l'illustration suivante,

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

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| A | b | i | i | k |
| e | A | b | i | i |
|   | e | A | c | i |
|   |   | f | A | c |
|   |   |   | f | A |
|   |   |   |   | f |

Les requêtes permettant l'extraction de ces données sont REQUETE\_MURS et REQUETE\_TOITS, elles sont également transcrites sous formes de tables BDRHF\_Table\_Murs et BDRHF\_Table\_Murs

Table (requête) : BDRHF\_TABLE\_TOIT (BDRHF\_TOIT)

| RHF_ENTITE | RHF_ABSOLU | Position | TOIT | LIBELLE          | ORDRE_ABSO | Part_Toits   | SToits    | Surface      | RHF_NIVEAU |
|------------|------------|----------|------|------------------|------------|--------------|-----------|--------------|------------|
| 10A        | 100        | Toit     | 1B   | Domaine aquifère | 10         | 0.5628394038 | 711758480 | 48054244348  | 2          |
| 10A        | 100        | Toit     | 7B   | Système aquifère | 70         | 0.0017709860 | 2239563   | 2529170755.2 | 2          |
| 10A        | 100        | Toit     | 8B   | Domaine impen    | 80         | 0.0742439338 | 93887793  | 11381268398  | 2          |
| 10A1       | 100        | Toit     | 1B4  | Domaine aquifère | 10         | 0.9297574797 | 17265823  | 37140487.444 | 3          |
| 10A2       | 100        | Toit     | 1B3  | Domaine aquifère | 10         | 0.0004950633 | 57642     | 116433589.51 | 3          |
| 10A2       | 100        | Toit     | 1B4  | Domaine aquifère | 10         | 0.8677559751 | 101035943 | 465734358.05 | 3          |
| 10A3       | 100        | Toit     | 1B7  | Domaine aquifère | 10         | 0.649815871  | 151132818 | 1395467467.8 | 3          |
| 10A3       | 100        | Toit     | 7B41 | Unité aquifère d | 70         | 0.0096293022 | 2239563   | 465155822.59 | 3          |
| 10A4       | 100        | Toit     | 1B5  | Domaine aquifère | 10         | 0.2818628625 | 89605078  | 317903100.79 | 3          |
| 10A4       | 100        | Toit     | 1B6  | Domaine aquifère | 10         | 0.4512132491 | 143442091 | 317903100.79 | 3          |
| 10A5       | 100        | Toit     | 1B3  | Domaine aquifère | 10         | 0.4961843609 | 119449097 | 2648088433.8 | 3          |
| 10A6       | 100        | Toit     | 1B2  | Domaine aquifère | 10         | 0.5742847963 | 82878229  | 1010208883.7 | 3          |
| 10A6       | 100        | Toit     | 8B5  | Domaine impen    | 80         | 0.0132702258 | 1915100   | 144315554.81 | 3          |
| 10A7       | 100        | Toit     | 1B8  | Domaine aquifère | 10         | 0.0052030419 | 324017    | 124549065.16 | 3          |
| 10A7       | 100        | Toit     | 8B5  | Domaine impen    | 80         | 0.1076240756 | 6702239   | 124549065.16 | 3          |
| 10A9       | 100        | Toit     | 1B1  | Domaine aquifère | 10         | 0.0408405365 | 6667742   | 295325399.14 | 3          |

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

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

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

Table (requête) : BDRHF\_TABLE\_MUR (BDRHF\_MUR)

| BDRHF_Table_Murs : Table |            |          |      |               |              |             |              |              |              |            |
|--------------------------|------------|----------|------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| RHF_ENTITE               | RHF_ABSOLU | Position | MURS | LIBELLE       | ORDRE_ABSOLU | Smurs       | Aire         | Part_Mur     | Surface      | RHF_NIVEAU |
| 1                        | 10         | Mur      | 10   | Grand système | 100          | 847686972   | 1974761781.9 | 0.4292603694 | 88864280188  | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 11   | Grand domaine | 110          | 40936870    | 1974761781.9 | 0.0207300295 | 63192377022  | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 12   | Grand système | 120          | 75500861    | 1974761781.9 | 0.0382328956 | 37520473857  | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 21   | Grand système | 20           | 114308450   | 1974761781.9 | 0.0578846781 | 51343806331  | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 3    | Grand domaine | 30           | 116647627   | 1974761781.9 | 0.0590692144 | 1.007129E+11 | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 4    | Grand système | 40           | 43530245    | 1974761781.9 | 0.0220432892 | 19747617819  | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 4    | Grand système | 41           | 7878785     | 1974761781.9 | 0.0039897395 | 13823332474  | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 4    | Grand système | 42           | 375791      | 1974761781.9 | 0.0001902969 | 3949523563.9 | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 5    | Grand système | 60           | 104651691   | 1974761781.9 | 0.0529945900 | 78990471278  | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 5    | Grand système | 65           | 33115719    | 1974761781.9 | 0.0167694753 | 1974761781.9 | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 51   | Grand domaine | 50           | 60766447    | 1974761781.9 | 0.0307715328 | 61217615240  | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 7    | Grand système | 70           | 290111334   | 1974761781.9 | 0.1469095344 | 98738089097  | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 9    | Grand Système | 90           | 27446597    | 1974761781.9 | 0.0138986876 | 9873808909.7 | 1          |
| 1                        | 10         | Mur      | 9    | Grand Système | 91           | 113210525   | 1974761781.9 | 0.0573286996 | 35545712075  | 1          |
| 10                       | 100        | Mur      | 11   | Grand domaine | 110          | 16576785913 | 16584901422  | 0.9995106689 | 2.063162E+13 | 1          |
| 10                       | 100        | Mur      | 12   | Grand système | 120          | 7656744     | 16584901422  | 0.0004616394 | 66339605887  | 1          |

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

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

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

2.2.6. Table des ordres

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

| RHF_ENTITE | RHF_RELATIF | Parts    |
|------------|-------------|----------|
| H100A1     | 28          | 0.022571 |
| H100A1     | 29          | 0.012848 |
| H100A1     | 30          | 0.004165 |
| H100A1     | 31          | 0.000197 |
| H100A2     | 1           | 0.000342 |
| H100A2     | 2           | 0.000377 |
| H100A2     | 3           | 0.000641 |
| H100A2     | 4           | 0.002055 |
| H100A2     | 5           | 0.005208 |
| H100A2     | 6           | 0.01559  |
| H100A2     | 7           | 0.009378 |
| H100A2     | 8           | 0.016857 |
| H100A2     | 9           | 0.024464 |
| H100A2     | 10          | 0.036881 |

Illustration A25 - Table des ordres







**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemain  
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