

Bassin Seine-Normandie

Année 3

Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1 et 2 en région Picardie

Rapport d'étape

BRGM/RP-57516-FR

Août 2010



3 5000 00081282 5

• •

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA

Bassin Seine-Normandie Année 3

Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1 et 2 en région Picardie Rapport d'étape

BRGM/RP-57516-FR
Août 2010

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 08EAU13 et 08EAU144

R. Dufrénoy
Avec la collaboration de **P. Chrétien, V. Mardhel, D. Xu**



Vérificateur

Nom : J.J. Seguin
Date : 9 Août 2010

Approbateur

Nom : D. Maton
Date :

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



Mots clés : Référentiel hydrogéologique, système aquifère, domaine hydrogéologique, Picardie

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

R. Dufrénoy avec la collaboration de P. Chrétien, V. Mardhel, D. Xu (2010) – Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Année 3. Bassin Seine-Normandie. Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1 et 2 en région Picardie. Rapport d'étape.
BRGM/RP-57516-FR. 102 p., 35 ill., 5 ann.

Synthèse

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la construction de la version 2 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (anciennement BDRHF-V2). Elle concerne la partie de la région Picardie située dans le bassin Seine-Normandie. La délimitation des entités est réalisée au niveau régional (NV2) et national (NV1). De nombreuses entités s'étendant aussi dans le bassin Artois-Picardie, leur délimitation s'est poursuivie dans ce bassin.

A partir des cartes géologiques harmonisées (échelle du 1/50 000), des logs validés de forages et de critères hydrogéologiques, ont été identifiées et délimitées:

- **31 entités de niveau régional (NV2) : 15 systèmes aquifères et 16 domaines**, (dont 1 entité de socle) ;
- **17 entités de niveau national (NV1), grands systèmes multicouches, grands systèmes aquifères ou grands domaines**, dont 1 entité de socle.
- **4 groupes d'entités "complémentaires" constituant une "surcouche" du référentiel** et dont les contours restent identiques aux trois niveaux de découpage : les alluvions, les formations "résiduelles" (buttes témoins), les placages de sables du Thanétien et les formations superficielles autres que les précédentes.

Une géodatabase sous ArcGis (actuellement version 9.31) rassemblant toutes ces entités, leurs limites et les informations associées a été constituée (fournie dans le cdrom 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 ces voisines et de vérifier ainsi la cohérence de l'assemblage 3D du référentiel ont été intégrées aussi au cdrom.

...

Sommaire

1. Introduction	9
2. Caractéristiques du référentiel BDLISA et méthodologie de découpage des entités	13
2.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION.....	13
2.1.1. Les "thèmes" du référentiel	13
2.1.2. Les différents types d'entités hydrogéologiques.....	13
2.1.3. Les niveaux d'identification	15
2.1.4. Codification et dénomination des entités	15
2.2. LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS.....	16
2.2.1. Principes sous-jacents.....	16
2.2.2. Organisation des entités en 2 ensembles	16
2.2.3. Ordre absolu et ordre relatif.....	17
2.3. PRINCIPES ET DÉMARCHE DE DÉLIMITATION	17
2.3.1. Principes de base du découpage	17
2.3.2. Démarche générale	19
2.3.3. Restitution par le modèle de gestion des 3 niveaux de découpage	20
2.3.4. Vérification de la topologie	21
2.4. CARACTÉRISATION DES ENTITÉS ET DES LIMITES	22
2.4.1. Caractérisation des entités	22
2.4.2. Caractérisation des limites	22
3. Mise en œuvre du découpage des entités	25
3.1. DONNÉES DE RÉFÉRENCE	25
3.2. DÉMARCHE	25
3.2.1. Cartes géologiques harmonisées	25
3.2.2. Le tableau multi-échelles	28
3.2.3. Utilisation des logs géologiques validés	28
3.3. DÉCOUPAGE DES ENTITÉS	34
3.3.1. Méthode.....	34
3.3.2. Exemple de délimitation à l'affleurement d'une entité : la formation des sables d'Auvers (Bartonien inférieur)	35

4. Résultats : géodatabase et fiches d'analyse	37
4.1. GÉODATABASE	37
4.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS.....	42
5. Description des entités hydrogéologiques.....	45
5.1. ENTITÉS "PRINCIPALES"	45
5.1.1. Grand Système Multicouche Oligo-Miocène du Bassin de Paris.....	45
5.1.2. Grand Domaine de l'Oligocène inférieur à l'Eocène supérieur	45
5.1.3. Grand Système Multicouche de l'Eocène du Bassin de Paris	45
5.1.4. Grand Domaine des Argiles de l'Yprésien inférieur	47
5.1.5. Grand Système Multicouche 119 du Paléocène et Grand système Multicouche 121 du Crétacé supérieur (Séno-Turonien)	47
5.1.6. Grand Système Multicouche du Cénomanien à l'Albien supérieur du Bassin de Paris	48
5.1.7. Grand Domaine des Argiles, Marnes et Gaizes du Cénomanien inf. et de l'Albien sup. du Bassin de Paris.....	49
5.1.8. Grand Système Multicouche du Crétacé inférieur (Albien à Néocomien) du Bassin de Paris	49
5.1.9. Grand Système Aquifère du Tithonien du Bassin de Paris	49
5.1.10. Grand Domaine des Marnes du Kimmeridgien du Bassin de Paris ..	50
5.1.11. Grand Système Aquifère du Kimmeridgien à l'Oxfordien sup. du Bassin de Paris (NV1).....	50
5.1.12. Grand Domaine des Marnes du Callovien du Bassin de Paris	50
5.1.13. Grand Système Multicouche du Jurassique moyen du Callovien à l'Aalénien (Dogger) du Bassin de Paris.....	50
5.1.14. Grand Domaine du Jurassique inf. (Lias) du Bassin de Paris.....	52
5.1.15. Grand Système Multicouche du Trias	52
5.1.16. Permo-Carbonifère.....	52
5.1.17. Socle	53
5.2. SURCOUCHE DES ENTITÉS COMPLÉMENTAIRES.....	53
5.2.1. Formations superficielles alluviales.....	53
5.2.2. Formations "résiduelles"	54
5.2.3. Formations superficielles	54
6. Conclusion.....	57
7. Bibliographie	59

Liste des illustrations

Illustration 1 - Progression du référentiel sur le territoire métropolitain et dans les DOM	10
Illustration 2 – La région Picardie, zone de délimitation des entités hydrogéologiques	12
Illustration 3 - Types d'entités hydrogéologiques	13
Illustration 4 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités	18
Illustration 5 - Représentation d'une entité hydrogéologique affleurante et sous couverture	20
Illustration 6 - Construction d'une entité NV2 à partir des entités NV3	20
Illustration 7 - Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage	21
Illustration 8 - Nature des contacts entre entités et limites hydrogéologiques correspondantes	23
Illustration 9 - Etapes de l'élaboration du référentiel	26
Illustration 10 - Vue de la carte géologique harmonisée de la région Picardie à l'échelle du 1/50 000	27
Illustration 11 - Extrait du tableau de correspondance entre formations géologiques et entités hydrogéologiques	29
Illustration 12 - Vue synthétique de l'organisation spatiale des entités sédimentaires de niveau 2 en Picardie	31
Illustration 13 - Répartition spatiale des forages utilisés extraits de la BSS	33
Illustration 14 - Utilisation des forages afin de déterminer l'extension globale d'une formation géologique	33
Illustration 15 - Relations entre les parties à l'affleurement, sous-couverture et l'extension globale d'une entité hydrogéologique	34
Illustration 16 - Etape 1 : délimitation approximative incluant les affleurements de la formation	35
Illustration 17 - Etape 2 : délimitation ayant tenu compte des limites des terrains plus anciens	36
Illustration 18 - Comparaison entre l'extension finale (rouge et noir) et l'extension non affinée (en vert)	36
Illustration 19 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap	37
Illustration 20 - Tables non géométriques de la géodatabase	38
Illustration 21 - Interface utilisateur de la géodatabase	38
Illustration 22 - Exemple de sélection d'une entité de niveau 2 via le menu général	39
Illustration 23 - Cartographie d'une entité de niveau 2 ("Sables du Thanétien") avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs)	40
Illustration 24 - Exemple de sélection : entités de niveau 2 et d'ordre 1	40
Illustration 25 - Table des limites identifiant les polygones situés de part et d'autre d'une limite	41
Illustration 26 - Table des limites contenant la nature des contacts entre entités	41
Illustration 27 - Editeur de cartes du modèle de gestion du référentiel	42
Illustration 28 - Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche)	43
Illustration 29 - Exemple de fiche descriptive (partie droite) d'une entité	44
Illustration 30 - Jurassique moyen, écorché des faciès. Extrait de la "Synthèse géologique du Bassin de Paris" – BRGM - 1980	51
Illustration 31 - Formations superficielles alluviales	53
Illustration 32 – Formations résiduelles	55

Illustration 33 - Formations superficielles extraites des cartes géologiques harmonisées	55
--	----

Liste des annexes

Annexe 1 - Tableau multi-échelles	61
Annexe 2 - Brefs rappels de la géologie de la Picardie	67
Annexe 3 - Echelle stratigraphique du bassin de Paris	71
Annexe 4 - Lexique de caractérisation des entités	77
Annexe 5 - Le modèle de gestion du référentiel et la géodatabase des entités	81

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 (MEEDDM). L'opération bénéficie d'un 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 (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 ;
- de réaliser un premier découpage, indicatif, des entités identifiées ;
- de mettre au point une méthodologie de découpage sur la base de 6 tests réalisés sur le territoire de chacune des Agences de l'Eau ;
- d'élaborer un modèle conceptuel de données pour l'élaboration de la future base de données du Référentiel.

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

Cette deuxième version du référentiel hydrogéologique doit remédier à certaines insuffisances de la version 1, 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, les structures multicouches des bassins sédimentaires en particulier.

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.

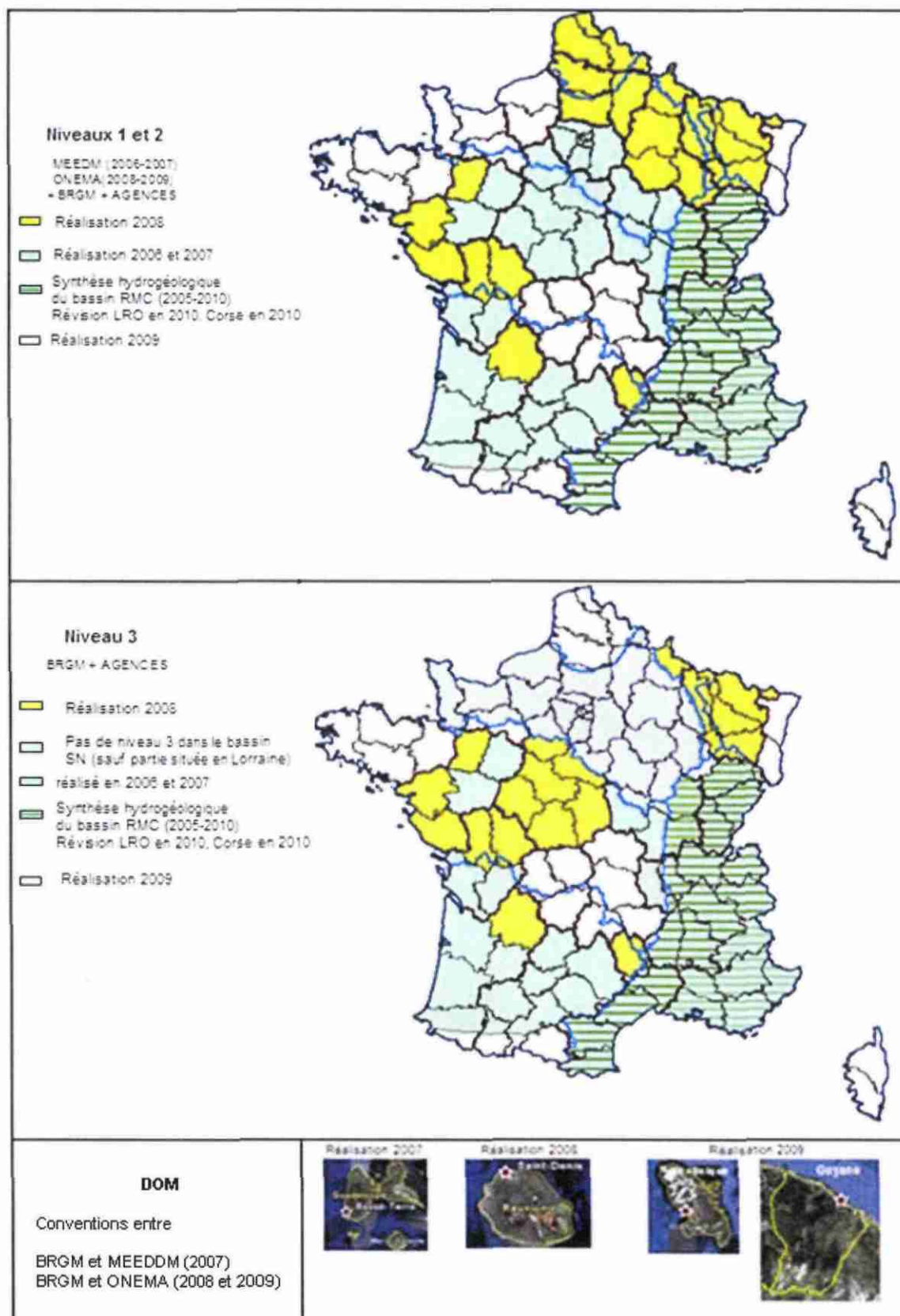


Illustration 1 - Progression du référentiel sur le territoire métropolitain et dans les DOM

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

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

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

Région Picardie

Le secteur concerné par la délimitation concerne en principe les deux départements de la région Picardie située dans le bassin Seine Normandie: Aisne et Oise (illustration 2). Mais, en raison de l'extension des entités vers le nord, la délimitation dont ce rapport rend compte est présentée pour l'ensemble de la région (incluant donc le département de la Somme), après harmonisation avec les régions voisines (Nord – Pas de Calais, Normandie, Ile de France, Champagne).

La délimitation des entités est réalisée au niveau régional (NV2) et national (NV1). De nombreuses entités s'étendant aussi dans le bassin Artois-Picardie, leur délimitation s'est poursuivie dans ce bassin. Le rapport BRGM/RP-57520-FR (Mai 2010) présente le découpage effectué dans le bassin Artois-Picardie (où les entités ont été délimitées aux 3 niveaux).

Le contexte géologique de la région Picardie est présenté brièvement en annexe 2.

Le travail a été mené dans le cadre de conventions (année 3 du programme de construction du référentiel, 2008) entre le BRGM et l'ONEMA d'une part et le BRGM et l'Agence de l'Eau Seine-Normandie d'autre part. Le projet a reçu un soutien financier de l'ONEMA et de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. Ces conventions prévoyaient une délimitation des entités aux seuls niveaux 1 et 2.

La délimitation a été effectuée conformément aux recommandations du guide méthodologique national (Rapport BRGM RP-52261-FR, 2003) et aux propositions soumises en 2007, 2008 et 2009 au comité de pilotage du Référentiel pour actualiser ce guide (rapport à paraître).

...

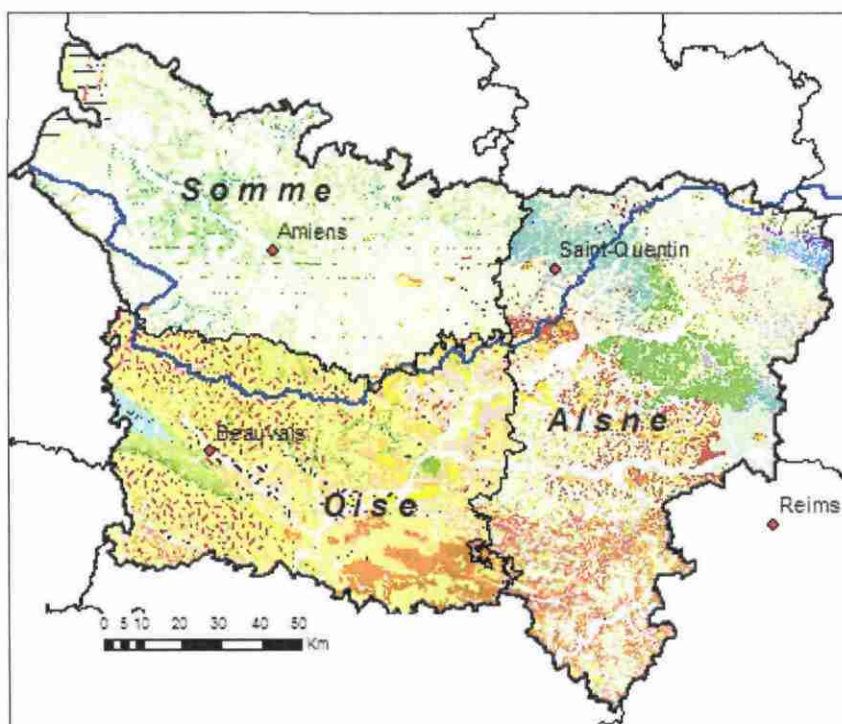


Illustration 2 – La région Picardie, zone de délimitation des entités hydrogéologiques
(sur fond des cartes géologiques harmonisées des départements de l'Oise, de l'Aisne et de la Somme)

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 5), 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).

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 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, 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 suffisante pour être exploitée.

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 peuvent être possible 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 les échelles 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)** 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)** 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)** 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, 118C03** (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 parisien*.

Dans cette phase de construction du référentiel, la dénomination des entités est provisoire.

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 5). 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 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 traçages,

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 (§ 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** (découle de 4) : 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 :

- systèmes alluvionnaires (transverses par rapport aux entités principales),
- formations superficielles, hétérogènes et morcelées, peu épaisses et/ou de faible extension spatiale, qui sont relativement indépendantes, hydrodynamiquement, des formations sous-jacentes.
- altérites cartographiées des zones de socle,
- aires karstifiées délimitées par des tracés,

Ces entités peuvent se superposer aux 3 niveaux de 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 multi-échelles, un numéro d'ordre est affecté à chaque entité délimitée (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 multi-échelles) qui sont ordonnées sur la verticale grâce au numéro d'ordre absolu (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 (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_n ,
- 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 1/50000, 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).

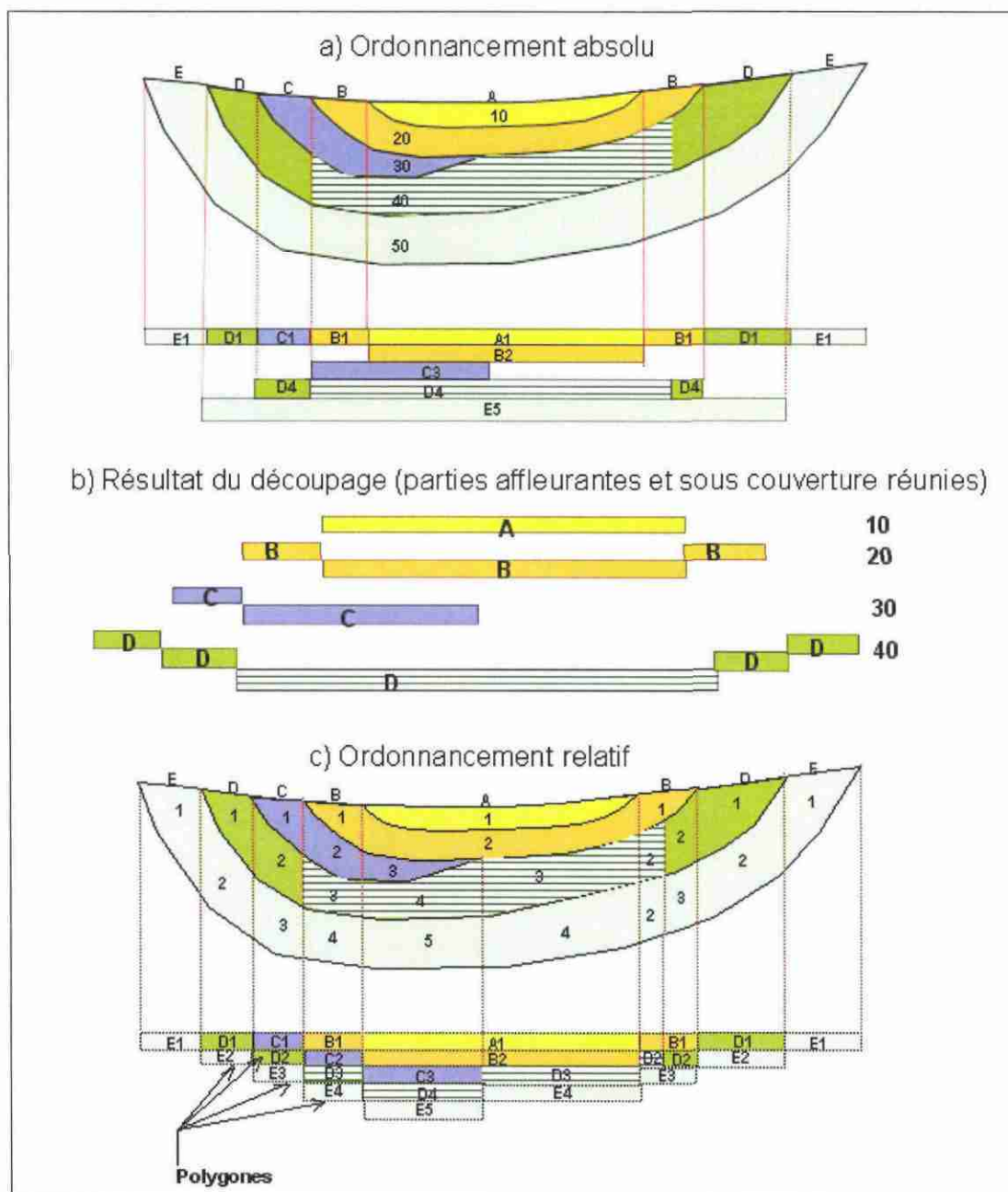


Illustration 4 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités

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 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 de niveau national et régional dans le secteur d'étude.

Les tests de découpage réalisés en 2003 lors de la phase méthodologique d'élaboration du référentiel (Rapport BRGM RP-53127 – 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 multi-échelles (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 1/50000 et les formations géologiques mentionnées dans les logs de forage 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 plaine alluviale 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 (§ 2.2.3). 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 (§ 2.2.3).

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 (illustration 5).

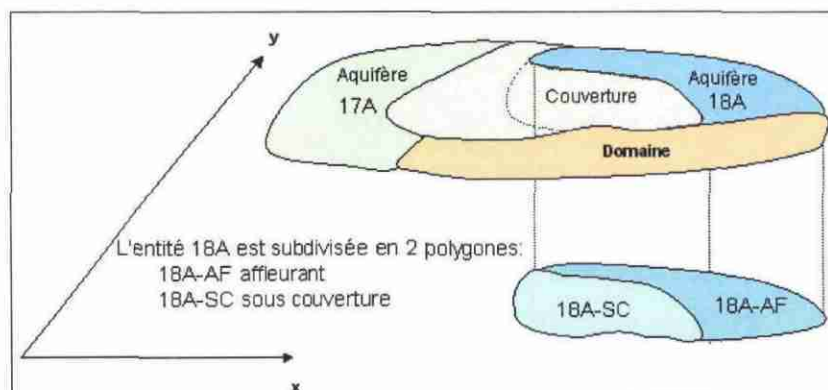


Illustration 5 - Représentation d'une entité hydrogéologique affleurante et sous couverture

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 de découpage

A partir du découpage des entités effectué au niveau local (NV3) et du tableau multi-échelles faisant apparaître les 3 niveaux de 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, illustration 6).

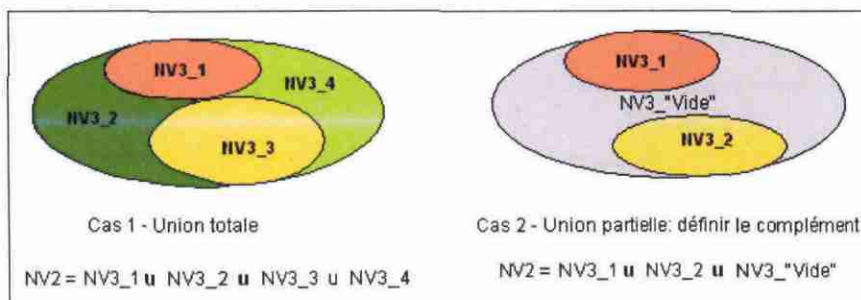


Illustration 6 - Construction d'une entité NV2 à partir des entités NV3

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 5. 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 (illustration 4 ci-dessus).

L'ordonnancement absolu est repéré par un numéro d'ordre "absolu" affecté à chaque entité dans le tableau multi-échelle, utilisé par le modèle de gestion pour passer à un ordre relatif.

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

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

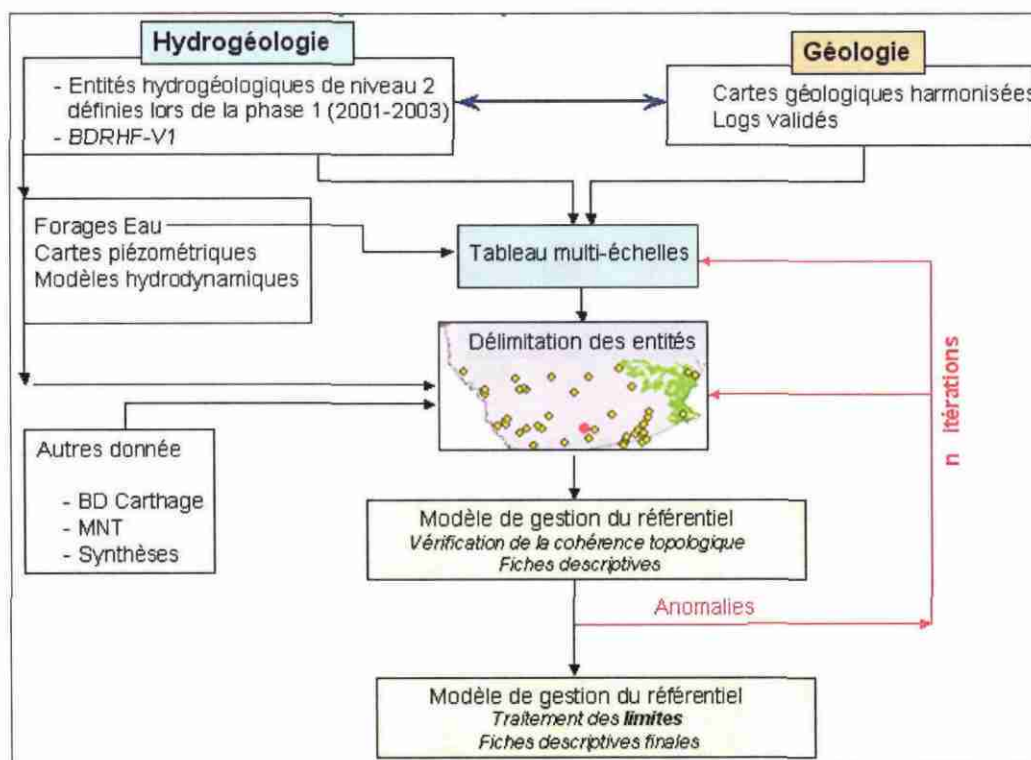


Illustration 7 - Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage

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 4) :

- **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 à fortiori de niveau 1) par un attribut unique, surtout lorsque les entités de niveau 3 constitutives d'un niveau 2 sont de types différents ; il en est ainsi du type de milieu (à porosité matricielle, de fissure, karstique, à double porosité) et de l'état de la nappe (libre, captive, ...).

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 (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 B) 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 5 (§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).

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

Illustration 8 - Nature des contacts entre entités et limites hydrogéologiques correspondantes

...

3. Mise en œuvre du découpage des entités

3.1. DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Pour réaliser le découpage des entités hydrogéologiques, plusieurs sources d'informations et de données ont été utilisées :

- Cartes géologiques vectorisées de la région Picardie à 1/50 000,
- Cartes géologiques à 1/50 000 et notices,
- Cartes géologiques harmonisée à 1/50 000 de la Picardie,
- Cartographie des masses d'eau souterraines (MESO),
- Test de découpage de la phase 1 (2001-2003),
- Logs géologiques validés extraits de la Banque de données du Sous-Sol : **5268 forages** ont été extraits, totalisant **55141 passes lithologiques**.
- Le MNT (Modèle Numérique de terrain) au pas de 50 m a été utilisé pour fermer des polygones d'entités présentes à l'affleurement et dont le tracé était interrompu sur de courtes distances par des formations superficielles.
- Informations recueillies dans différents rapports d'études, cités en bibliographie,
- Informations fournies par les géologues des Services Géologiques Régionaux de Picardie et du Nord - Pas de Calais.

3.2. DÉMARCHE

La démarche est résumée par l'illustration 9 qui présente les différentes séquences de délimitation des entités. Elle implique une analyse des cartes géologiques harmonisées et des logs validés et la mise en œuvre du modèle de gestion du référentiel.

3.2.1. Cartes géologiques harmonisées

La carte géologique harmonisée de Picardie (illustration 10), comme les autres cartes géologiques harmonisées, est le résultat d'une synthèse des cartes géologiques existantes et de données géologiques actualisées, synthèse qui permet d'obtenir une cohérence régionale, une homogénéité cartographique (légende et mode de représentation des formations géologiques) et assure une continuité des formations indépendamment du carroyage d'origine à 1/50 000.

Cette carte harmonisée a permis de dresser une liste exhaustive des formations géologiques de la région Picardie.

Les polygones constitutifs de chaque entité à l'affleurement ont ensuite été regroupés dans une couche SIG propre à l'entité considérée.

Remarque :

Dans la démarche de délimitation des entités, le réseau hydrographique a été extrait de l'ensemble des cartes harmonisées et les "vides" ont été comblés pour restituer les formations sous-jacentes.

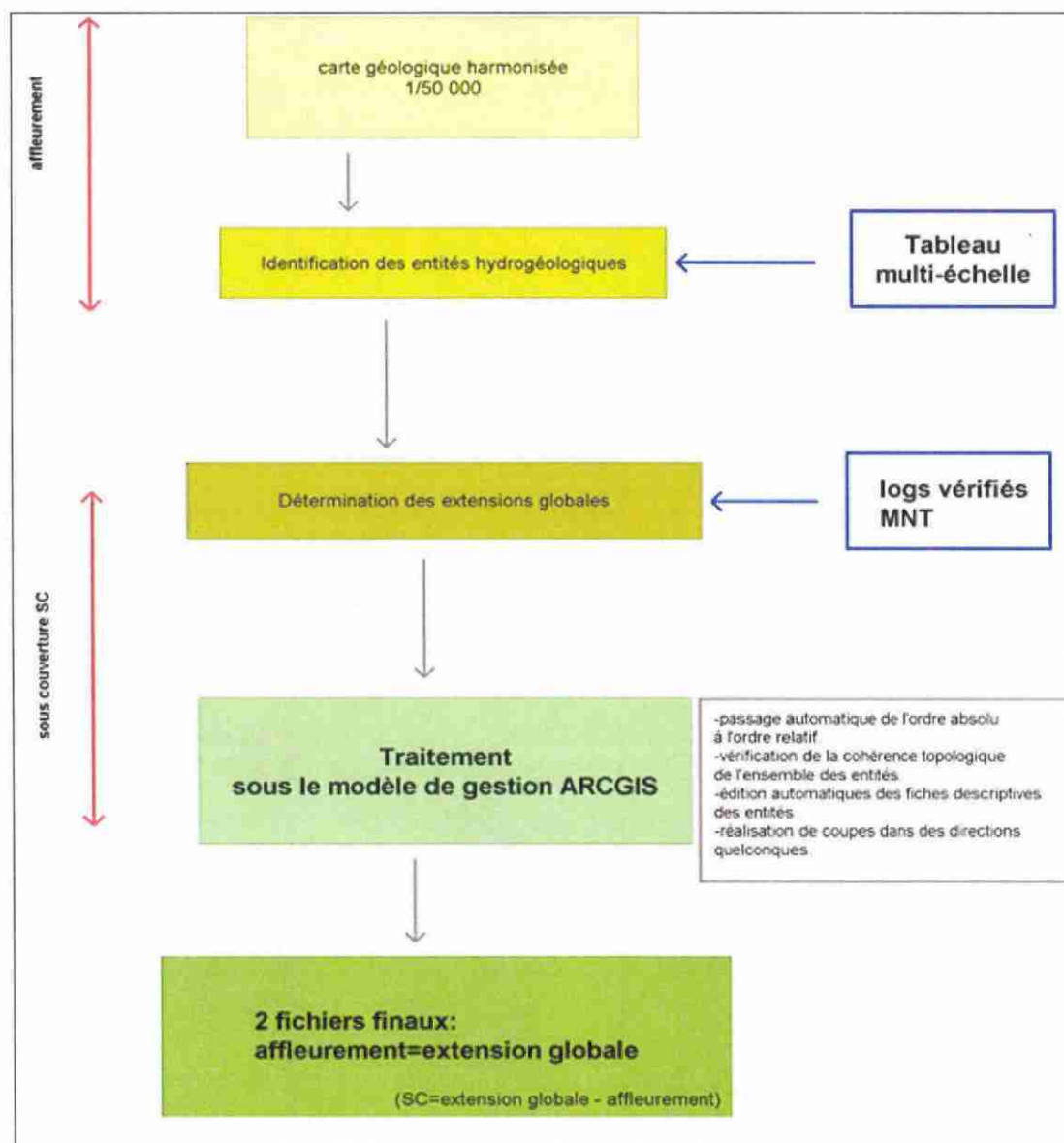


Illustration 9 - Etapes de l'élaboration du référentiel

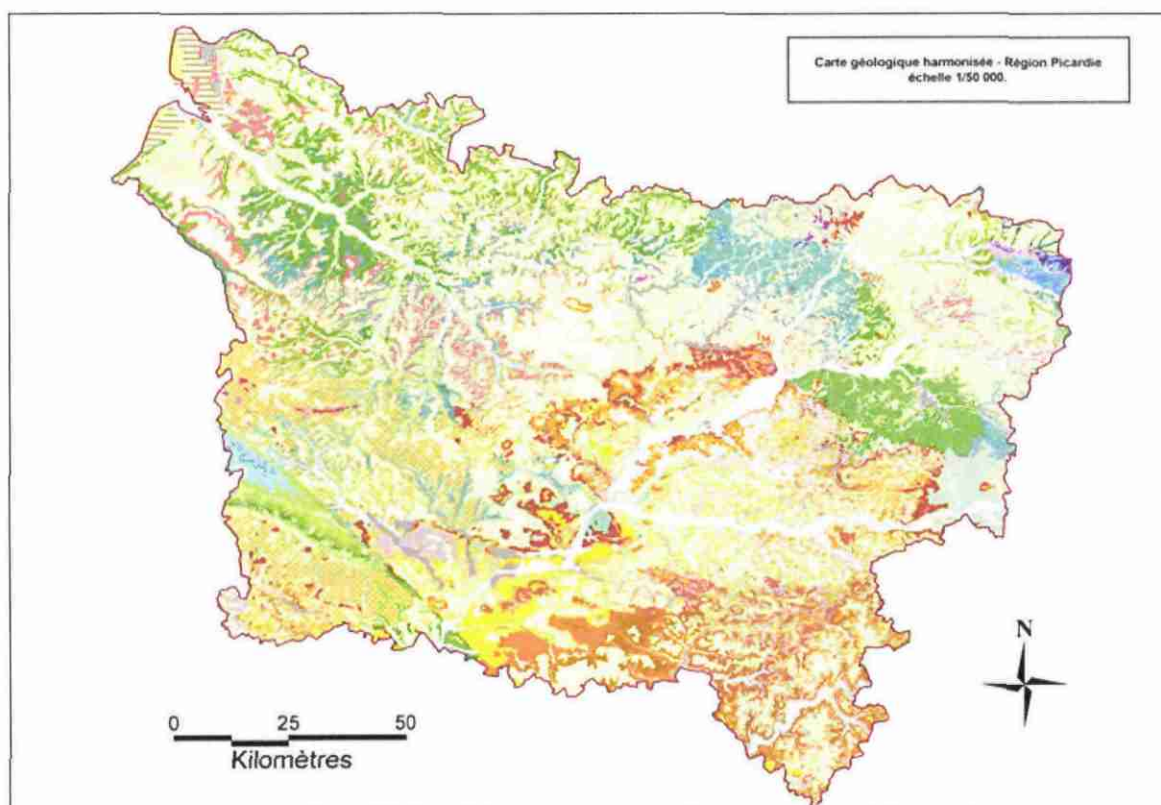


Illustration 10 - Vue de la carte géologique harmonisée de la région Picardie à l'échelle du 1/50 000

3.2.2. Le tableau multi-échelles

Le tableau multi-échelles a été élaboré à partir de l'inventaire des formations identifiées dans les cartes géologiques au 1/50 000 harmonisées et des sources d'informations listées ci-dessus (§ 3.1), en particulier les logs géologiques validés.

La construction de ce tableau est largement itérative et plusieurs versions se succèdent durant la phase de délimitation des entités.

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

Cette correspondance est réalisée en 2 étapes :

1) Dans une première étape, établissement de la correspondance stricte entre les entités hydrogéologiques de niveau régional et les formations géologiques régionales de la carte harmonisée.

Toutes les formations des cartes géologiques harmonisées sont listées et classées dans le tableau multi-échelles où les regroupements se font selon les 2 niveaux d'identification (NV1 et NV2). Une entité hydrogéologique de niveau régional peut être rattachée à une ou plusieurs formations géologiques cartographiées.

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

La difficulté de ces deux étapes est de parvenir à une correspondance stricte, éliminant par exemple les cas où une formation géologique locale se partage entre deux entités hydrogéologiques.

L'illustration 11 présente un extrait du tableau de correspondance entre les formations géologiques et les entités hydrogéologiques.

Le tableau multi-échelles complet de la région Picardie est présenté en Annexe 1. Il comprend :

- **31 entités de niveau régional (NV2): 15 systèmes aquifères et 16 domaines**, (dont 1 entité de socle),
- **17 entités de niveau national (NV1), grands systèmes multicouches, grands systèmes aquifères ou grands domaines**, dont 1 entité de socle.

L'illustration 12 offre une vue synthétique de l'organisation des entités de niveau 2 (l'ordonnancement vertical et équivalence latérale des formations les unes par rapport aux autres) suivant un découpage géographique schématique (Est et Ouest du Sud du Bassin et Est et Ouest du Nord du Bassin).

3.2.3. Utilisation des logs géologiques validés

Les forages de la région ont été extraits de la BSS ainsi que ceux situés dans une zone large de 10 km tout autour afin de s'affranchir des effets de bordure (illustration 13 ci-après).

Les descriptions associées aux logs de forages sont utilisées pour déterminer les limites des entités en profondeur (illustration 14 ci-après).

Age	Entités NV2	Notation géologie harmonisée	Libellé formation géologique harmonisée
Oligocène	Sables et grès de Fontainebleau	g1c(2)	Sables de Fontainebleau (Rupélien - "Stampien"- supérieur, partie moyenne)
Oligocène	Calcaires de Brie	g1c(1)	Argiles à meulière, Meulière de Brie et de Montmorency (Rupélien - "Stampien"- supérieur)
Eocène supérieur	Marnes vertes et supra-gypseuses	g1b	Marnes à huîtres, Argiles à corbules (Rupélien - "Stampien"- inférieur)
Eocène supérieur	Marnes vertes et supra-gypseuses	g1a	Argile verte de Romainville, Caillasses d'Orgemont, Calcaire de Sannois (faciès "Sannoisien") (Rupélien - "Stampien"- inférieur)
Eocène supérieur	Marnes vertes et supra-gypseuses	e7c	Marnes supragypseuses : marnes blanchâtres, verdâtres et grises ("Marnes bleues d'Argenteuil, Marnes blanches de Pantin") (faciès "Ludien" supérieur) (Priabonien)
Eocène supérieur	Marnes vertes et supra-gypseuses	e7	Ludien indifférencié: Marnes et calcaires à Pholadomya ludensi, Masses du gypse, Marnes bleues d'Argenteuil, Marnes blanches de Pantin
Eocène supérieur	Calcaires de Champigny et faciès gypseux associés	e7b(2)	Calcaire de Champigny: faciès silicifié
Eocène supérieur	Calcaires de Champigny et faciès gypseux associés	e7b(3)	Calcaire de Champigny: faciès gypseux
Eocène supérieur	Calcaires de Champigny et faciès gypseux associés	e7b	Calcaire de Champigny, Marnes à Pholadomya ludensis, faciès "Ludien" inférieur et moyen) (Priabonien)
Eocène supérieur	Sables et grès de Beauchamp, sables d'Auvers	e6b2	Sables et grès de Marines, Sables de Cresnes, Sables de Monceau (faciès "Marinésien" supérieur) (Bartonien supérieur)
Eocène supérieur	Sables et grès de Beauchamp, sables d'Auvers	e6b1	Sable quartzeux verdâtre d'Ezanville, Calcaire de Ducy, Horizon de Mortefontaine et Calcaire et Marnes de Saint-Ouen)
Eocène supérieur	Sables et grès de Beauchamp, sables d'Auvers	e6aG	Argiles ("Argile de Saint-Gobain, Argiles de Villeneuve-sur-Verberie") (faciès "Auversien") (Bartonien inférieur)
Eocène supérieur	Sables et grès de Beauchamp, sables d'Auvers	e6aB(2)	Horizon de Mont-Saint-Martin
Eocène supérieur	Sables et grès de Beauchamp, sables d'Auvers	e6aB(1)	Sables et grès de Beauchamp: calcaires (faciès de bordure)
Eocène supérieur	Sables et grès de Beauchamp, sables d'Auvers	e6aB	Sables et grès de Beauchamp
Eocène supérieur	Sables et grès de Beauchamp, sables d'Auvers	e6a2	Sables roux à niveaux de galets ("Sables d'Auvers") (faciès "Auversien") (Bartonien inférieur)
Eocène supérieur	Sables et grès de Beauchamp, sables d'Auvers	e6a2-4	Série supérieure sableuse du faciès "Auversien" (Bartonien inférieur)
Eocène supérieur	Sables et grès de Beauchamp, sables d'Auvers	e6a	Sables d'Auvers et Sables de Beauchamps (faciès "Auversien") (Bartonien inférieur indifférencié)
Eocène moyen et inf.	Marnes et caillasses du Lutétien supérieur	e5cMC	Calcaire à miliolites, Calcaire à cérithes, Marnes et Caillasses (Lutétien supérieur)
Eocène moyen et inf.	Calcaires du Lutétien	e5bD	Calcaire grossier dolomitisé (Lutétien moyen)
Eocène moyen et inf.	Calcaires du Lutétien	e5bCG	Calcaire grossier (Calcaire à Ditrupes et à Miliolites, calcaire à Orbitolites, Cérithes géants et Miliolites)
Eocène moyen et inf.	Calcaires du Lutétien	e5b	Calcaire et sable calcaire à mollusques et foraminifères benthiques : miliolites, alvéolines et orbitolites (Lutétien moyen)
Eocène moyen et inf.	Calcaires du Lutétien	e5a-b	Calcaire grossier à glauconie, Calcaire à miliolites, Banc à verrains, Calcaire à Orbitolites (Lutétien inférieur et moyen)
Eocène moyen et inf.	Calcaires du Lutétien	e5aD	Faciès dolomitique du Lutétien inférieur
Eocène moyen et inf.	Calcaires du Lutétien	e5aG	Calcaires et sables glauconieux ("Glauconie grossière"), Calcaire à Nummulites laevigatus ("Pierre à Liards")
Eocène moyen et inf.	Calcaires du Lutétien	e5	Sables calcaires à glauconie, Calcaire à Nummulites laevigatus, Calcaire à miliolites, Calcaire à cérithes et Marnes
Eocène moyen et inf.	Argiles de Laon - Yprésien supérieur	e4b(2)	Argile de Laon (faciès "Cuisien" supérieur) (Yprésien supérieur)

Illustration 11 - Extrait du tableau de correspondance entre formations géologiques et entités hydrogéologiques

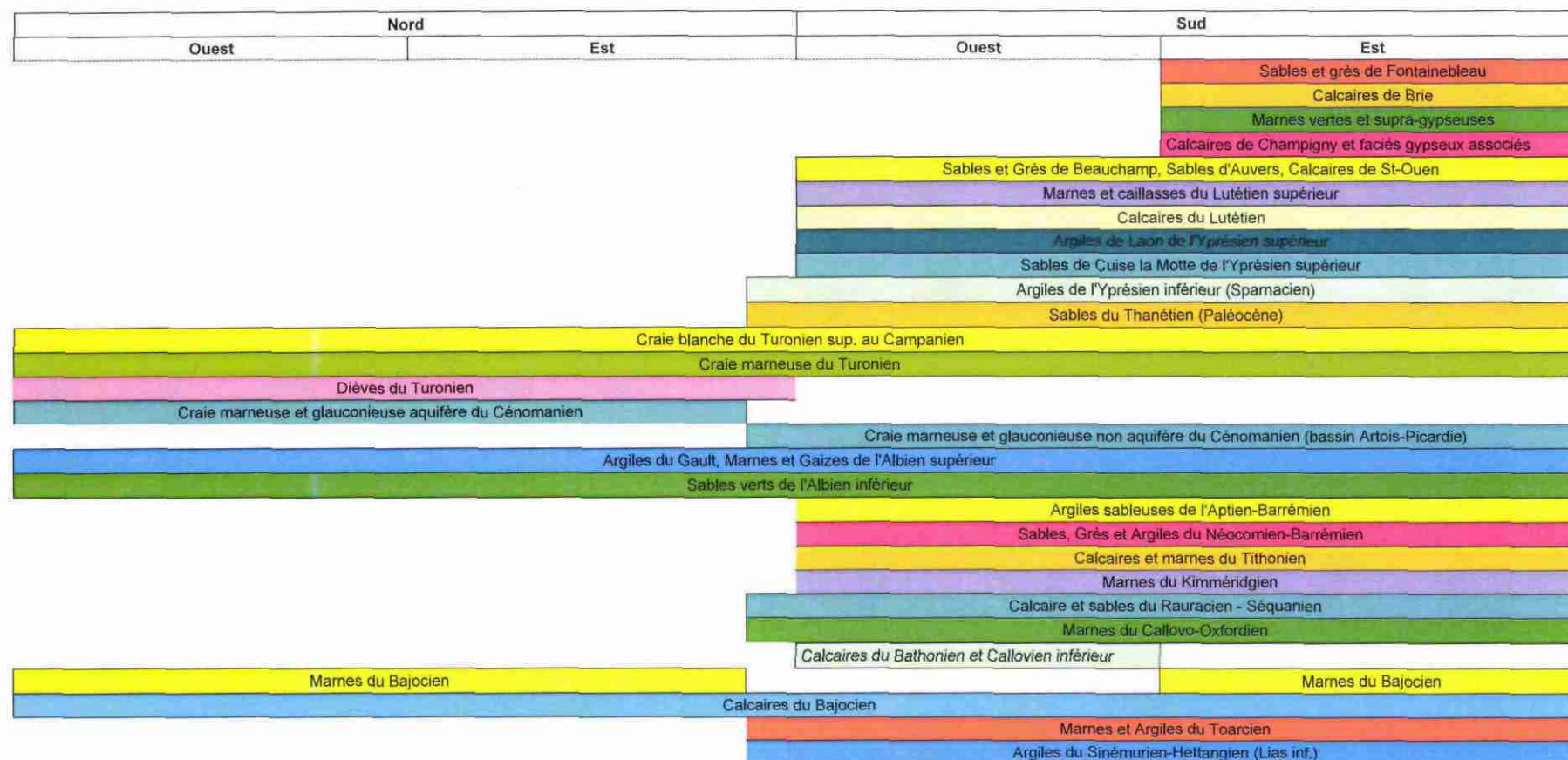


Illustration 12 - Vue synthétique de l'organisation spatiale des entités sédimentaires de niveau 2 en Picardie

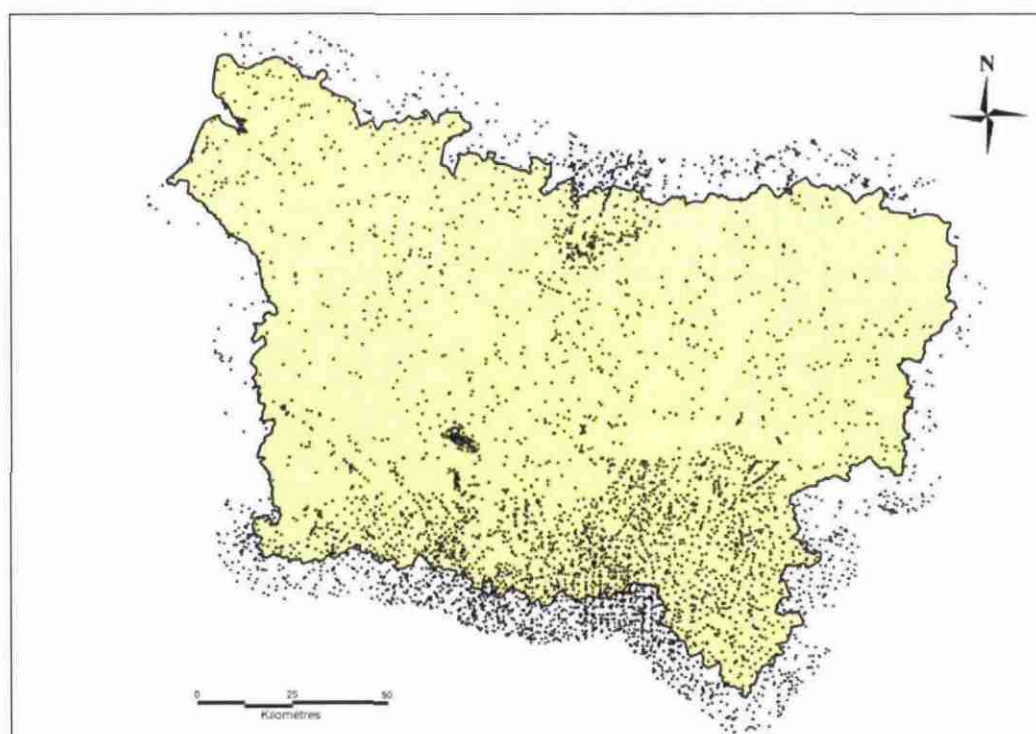


Illustration 13 - Répartition spatiale des forages utilisés extraits de la BSS

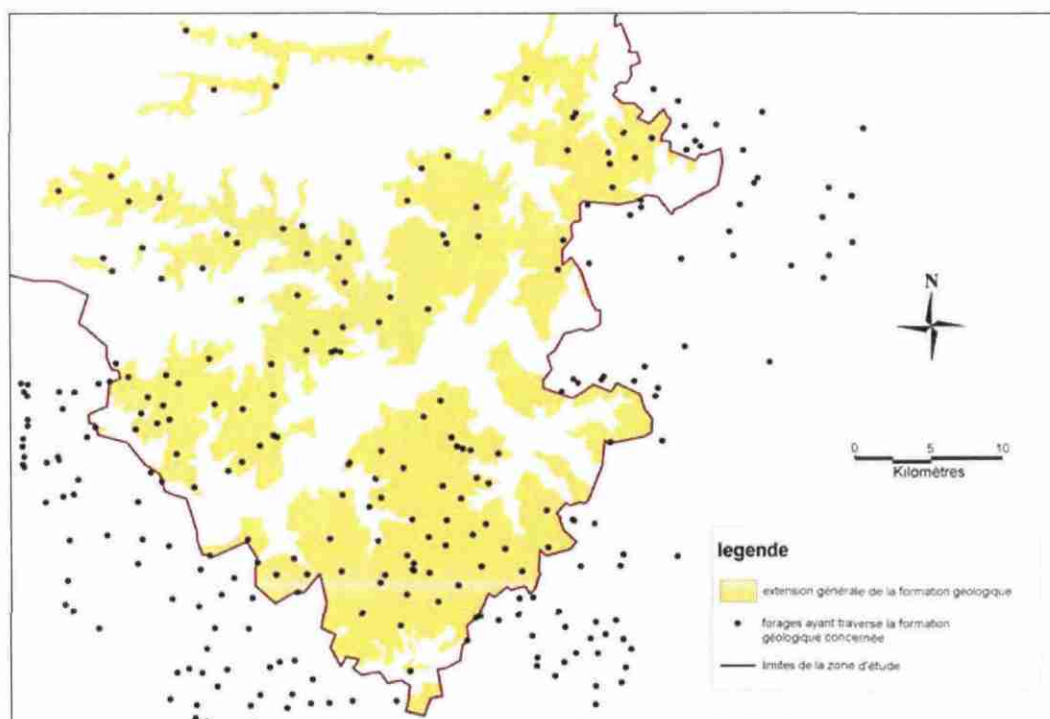


Illustration 14 - Utilisation des forages afin de déterminer l'extension globale d'une formation géologique

3.3. DÉCOUPAGE DES ENTITÉS

3.3.1. Méthode

En général, une entité est constituée d'une partie affleurante et d'une partie sous couverture. L'objectif est de regrouper ces deux parties pour obtenir l'extension globale de l'entité.

Cas des entités recouvertes par une surcouche

Le travail consiste à ôter les formations superficielles qui seront rangées dans la "surcouche" du référentiel (alluvions, placages, formations résiduelles dont buttes témoins, ...) afin de combler les lacunes spatiales qui résultent de cette suppression et reconstituer ainsi les entités sous-jacentes.

Cas général

Le tracé de la courbe enveloppe d'une formation s'appuie sur les données de forages, la connaissance régionale des hydrogéologues et géologues, et sur les affleurements de la couche considérée. Il s'appuie également sur les affleurements plus anciens : le contour d'une entité donnée ne pouvant pas recouper les zones d'affleurements d'une formation plus ancienne.

Lorsque toutes les entités sont délimitées, à l'affleurement et en profondeur (Illustration 15), les polygones constitutifs sont intégrés dans le modèle de gestion du référentiel (supporté par ArcGis). Après traitements topologiques, le modèle restitue automatiquement parties affleurantes et sous couvertures.

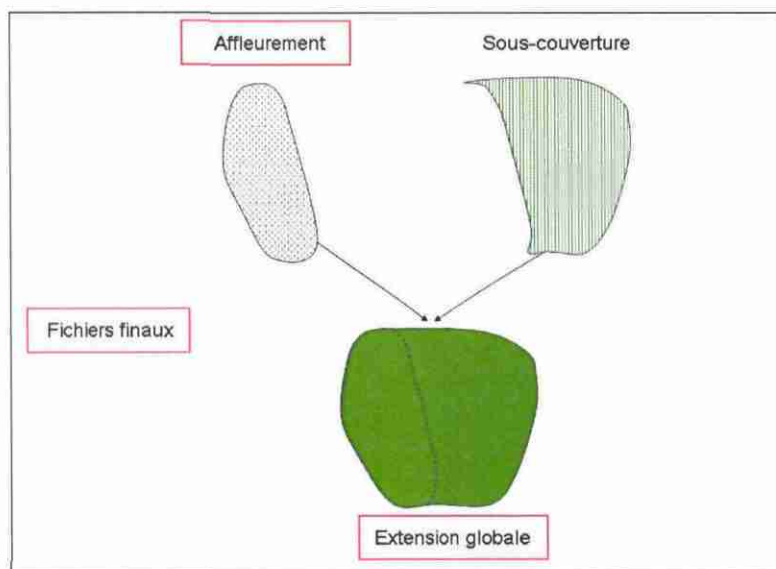


Illustration 15 - Relations entre les parties à l'affleurement, sous-couverture et l'extension globale d'une entité hydrogéologique

Les limites d'extension des entités sous-couverture peuvent être approximatives faute de données (forages) en nombre suffisant. Elles pourront évoluer en fonction des connaissances ultérieurement acquises.

3.3.2. Exemple de délimitation à l'affleurement d'une entité : la formation des sables d'Auvers (Bartonien inférieur)

La formation des sables d'Auvers est une formation aquifère qui s'étend au Sud de la Picardie. Ses affleurements sont fournis par la carte géologique harmonisée de la Picardie à l'échelle du 1/50 000

L'extension doit inclure l'ensemble des affleurements de la formation (**1ère contrainte de digitalisation**) mais ne peut en aucun cas être présente au dessus des affleurements plus anciens (**2ème contrainte**).

Après une première étape de délimitation approximative englobant les affleurements (illustration 16), le découpage prend appui sur les terrains plus anciens affleurant (illustration 17).

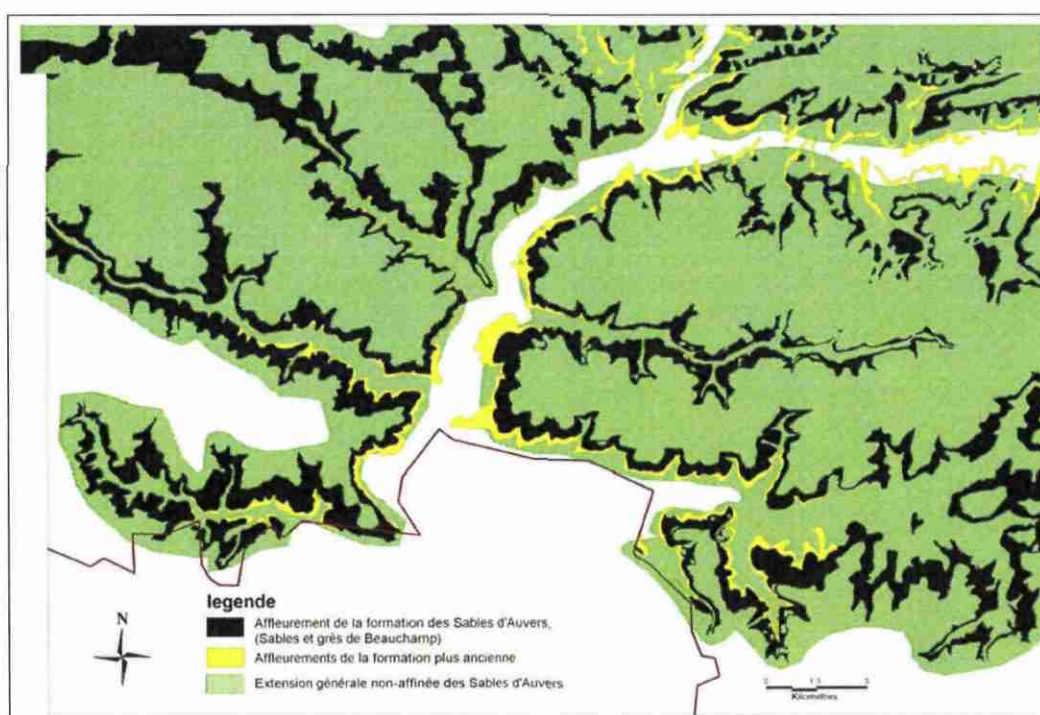


Illustration 16 - Etape 1 : délimitation approximative incluant les affleurements de la formation

Il faut ensuite corriger et préciser les contours de l'extension, tout en respectant les contraintes fixées précédemment (illustration 18).

L'extension finale présente deux niveaux de précision en fonction des données disponibles. Au niveau des contacts entre les affleurements de la formation et les affleurements plus anciens le niveau de précision est identique à celui de la carte harmonisée (contours identiques). Ces contacts constituent les points de contrainte majeurs du contour de l'extension. Ailleurs, plus on s'éloigne de ces points de contrainte, moins le niveau de précision est élevé, les contours de l'entité étant masqué par les formations superficielles.

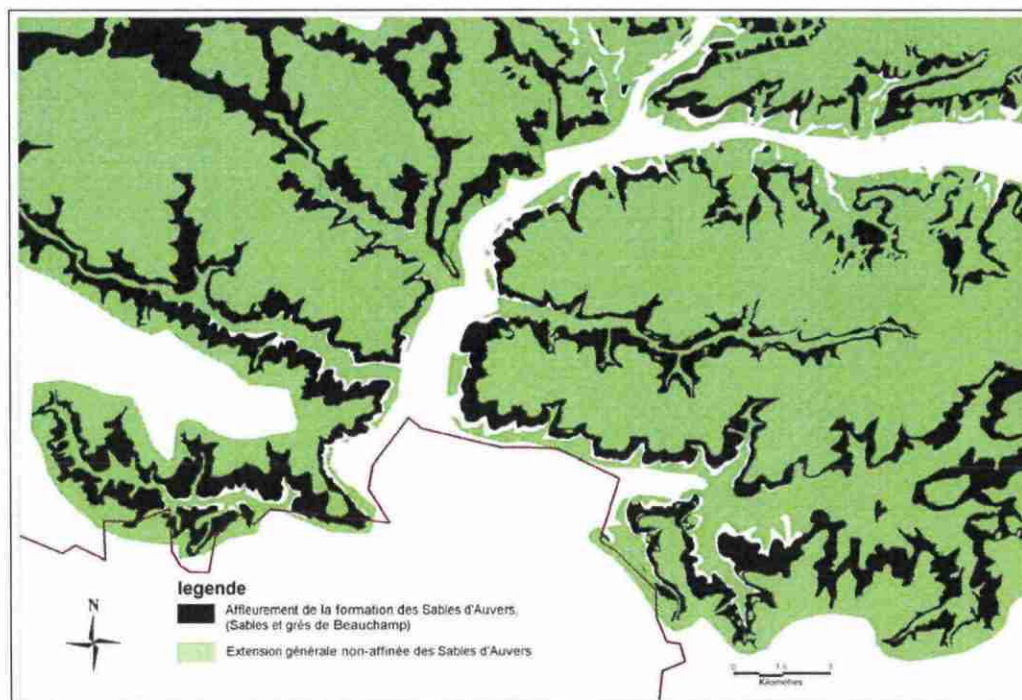


Illustration 17 - Etape 2 : délimitation ayant tenu compte des limites des terrains plus anciens

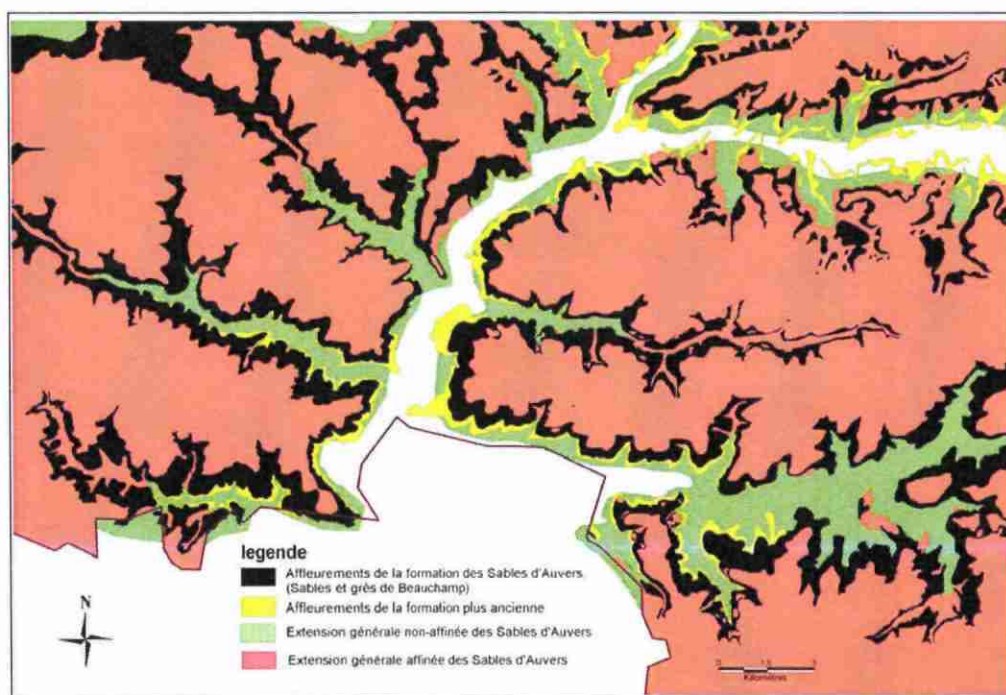


Illustration 18 - Comparaison entre l'extension finale (rouge et noir) et l'extension non affinée (en vert)

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 5.

Elle contient la table des polygones représentant les entités 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 19).

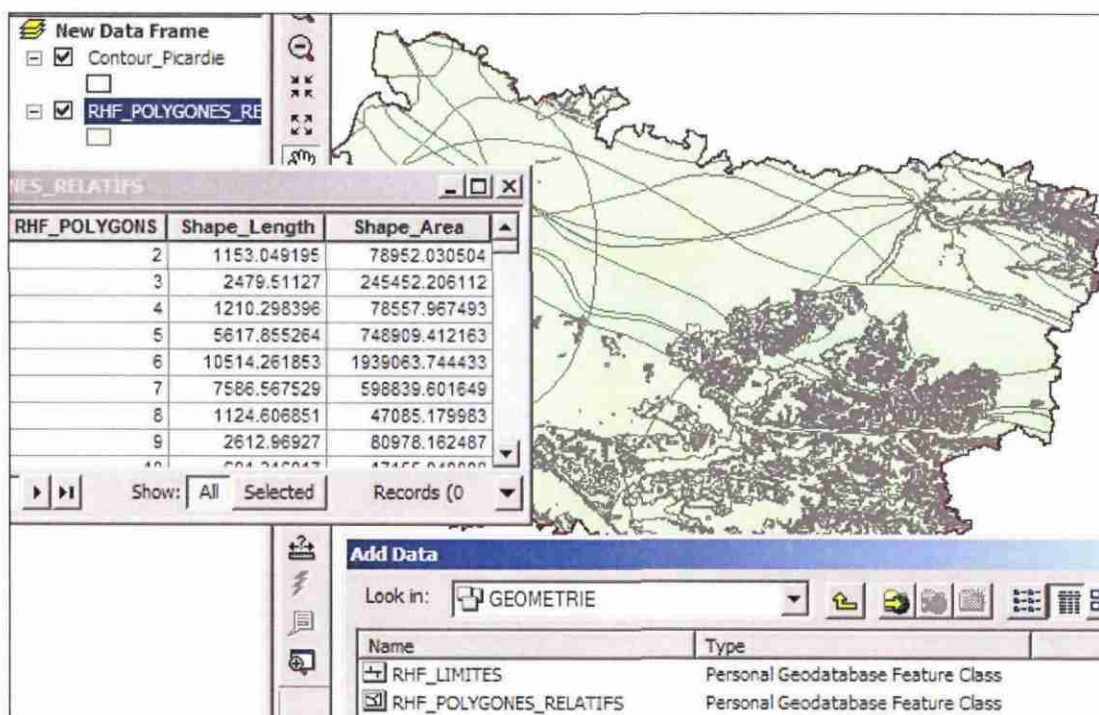


Illustration 19 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap

La géodatabase contient aussi d'autres tables, sans géométrie associée (BDRHF_Table_Murs, BDRHF_Table_Toits, BDRHF_Table_Ordres,...illustration 20). Ces tables sont décrites en annexe 5.

Remarque

Le modèle de gestion du référentiel a été conçu pour réaliser la construction du référentiel à partir des entités de niveau 3. Lorsque seules les entités de niveau 2 sont délimitées, une couche d'entités de niveau 3 est néanmoins créée par duplication des entités de niveau 2 pour que le modèle puisse fonctionner (de façon ascendante : NV3, ensuite NV2 par agrégation des NV3 puis NV1 par agrégation des NV2). Dans ce cas, le code affecté à l'entité se termine par un double 0, par exemple 107A00.

Look in: Referentiel_BDLisa.mdb

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 20 - Tables non géométriques de la géodatabase

La structure de la géodatabase est conforme à celle d'un Système de Gestion de Base de Données Relationnelle (SGBDR). Son exploitation est facilitée par une boîte à outils pilotée par un menu général (illustration 21).

1:1 832 857

100% Editor Task: Create New Feature Target

UserForm1 Version 1.0

BDLISA

Choix d'une entité pour un niveau d'analyse

Niveau local Niveau régional Niveau national

Entité 107C00 Par son emprise Par ses limites

107G00 Calcaires de Brie

110A00 Marnes vertes et supra-g

113A00 Calcaires de Champigny

113E00 Masses et Marnes du Gyp

113K00 Sables et Grès de Beauv

113P00 Marnes et Caillasses du l

113R00 Calcaires du Lutétien

113T00 Argiles de Laon de l'Ypre

Fiche PDF Exporter

Représenter les formations du mur

Pour le 1 de recouvrement 1 OK

Affichage des limites affleurantes

Représenter les limites affleurantes du niveau courant Limites de niveau

Coupes

Coupe

Espace de travail \\Res002\Projets\Eau\BDRHF V2 SMPICARDIE\A REFERENTIEL LISA Picardie\

Illustration 21 - Interface utilisateur de la géodatabase

L'icône en forme de rectangle gris en haut à gauche du ? permet d'appeler le menu.

L'illustration 22 présente un exemple de sélection d'entité (119B, "Sables du Thanétien") effectuée à partir du menu ci-dessus (illustration 21, "Représenter l'entité par son emprise").

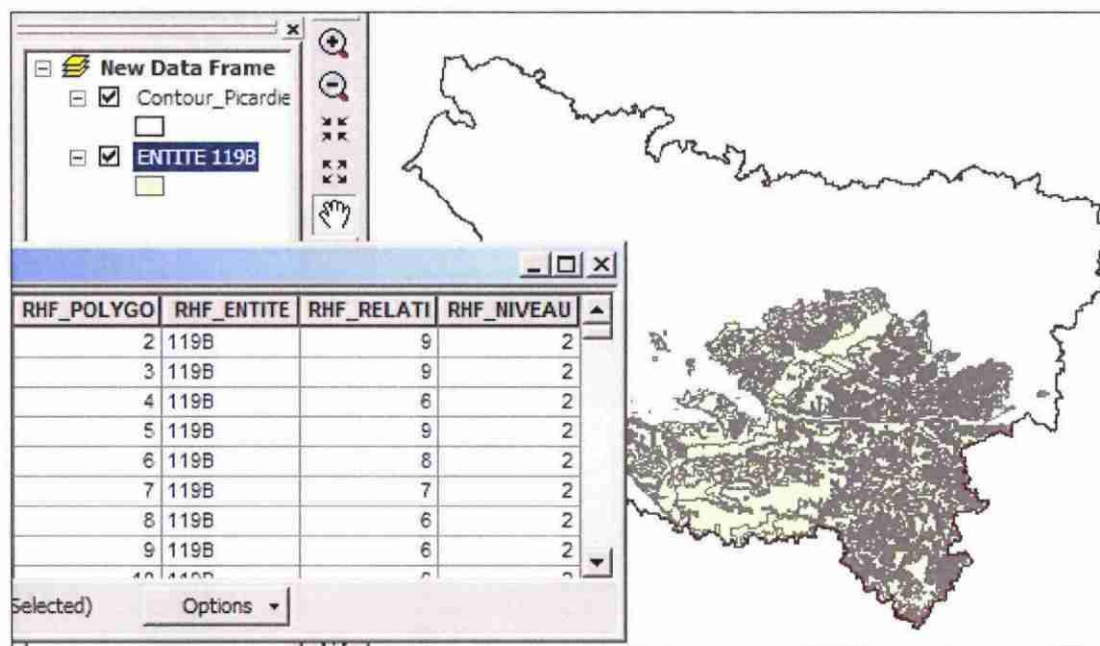


Illustration 22 - Exemple de sélection d'une entité de niveau 2 via le menu général

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 23).

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



L'illustration 24 présente une vue des entités de niveau 2 et d'ordre 1 (une couleur est affectée à chaque entité).

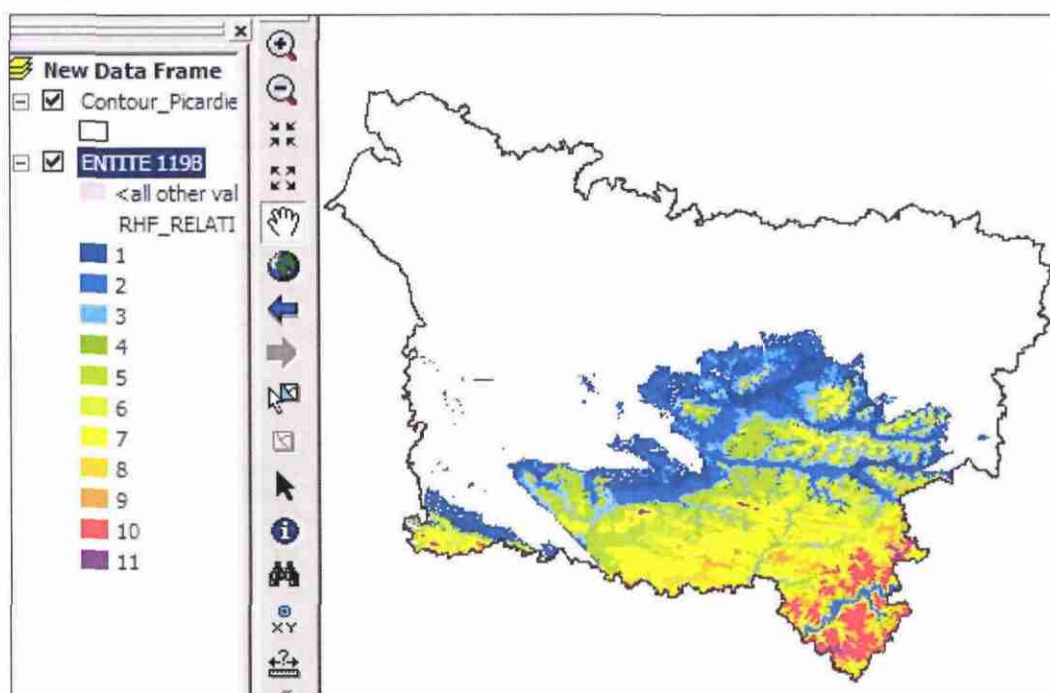


Illustration 23 - Cartographie d'une entité de niveau 2 ("Sables du Thanétien") avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs)

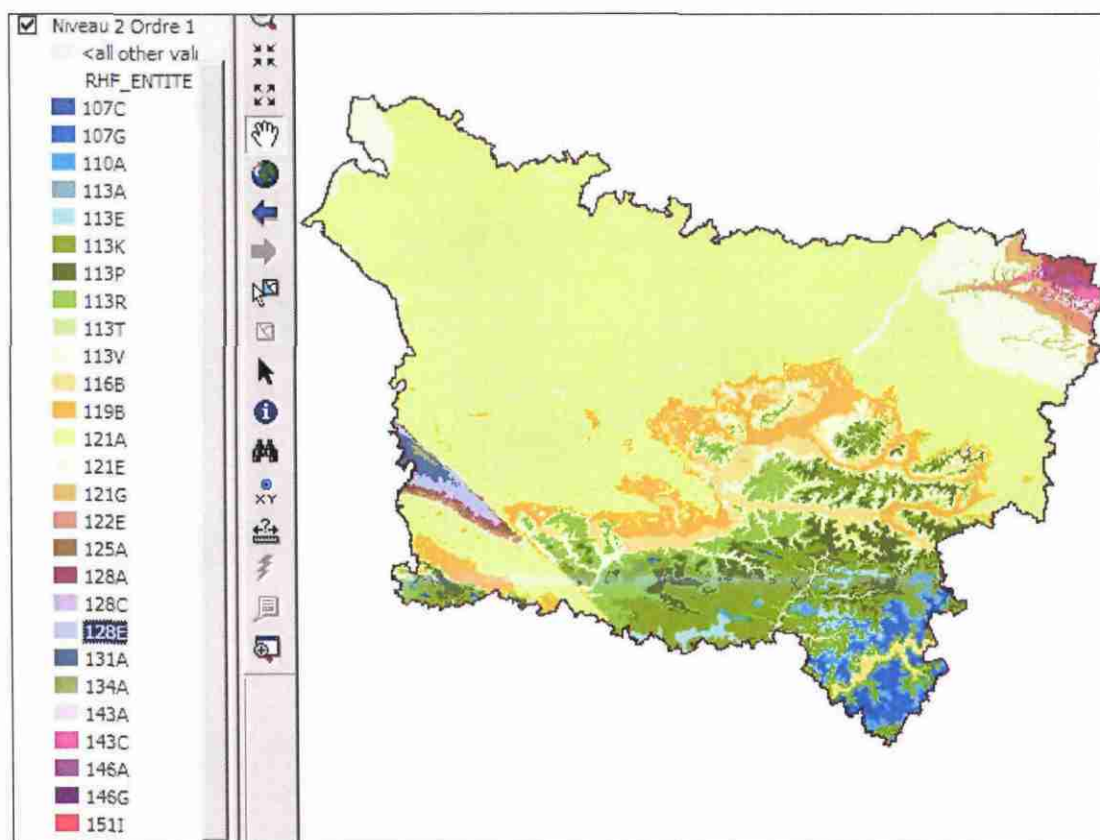
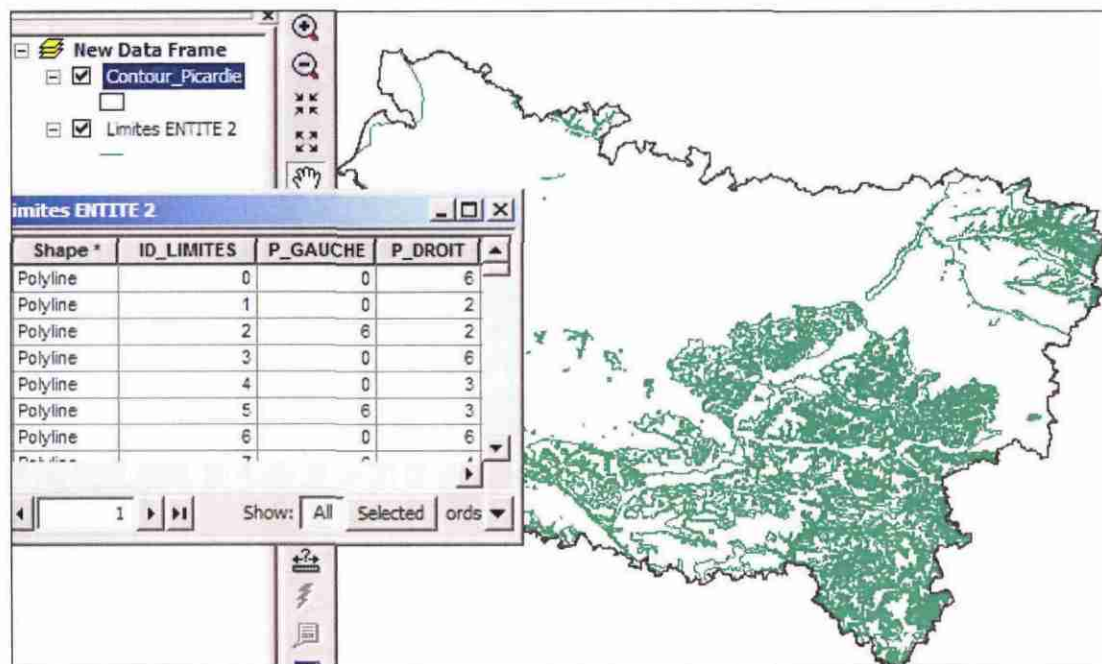


Illustration 24 - Exemple de sélection : entités de niveau 2 et d'ordre 1

Limites et table attributaire associée

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).

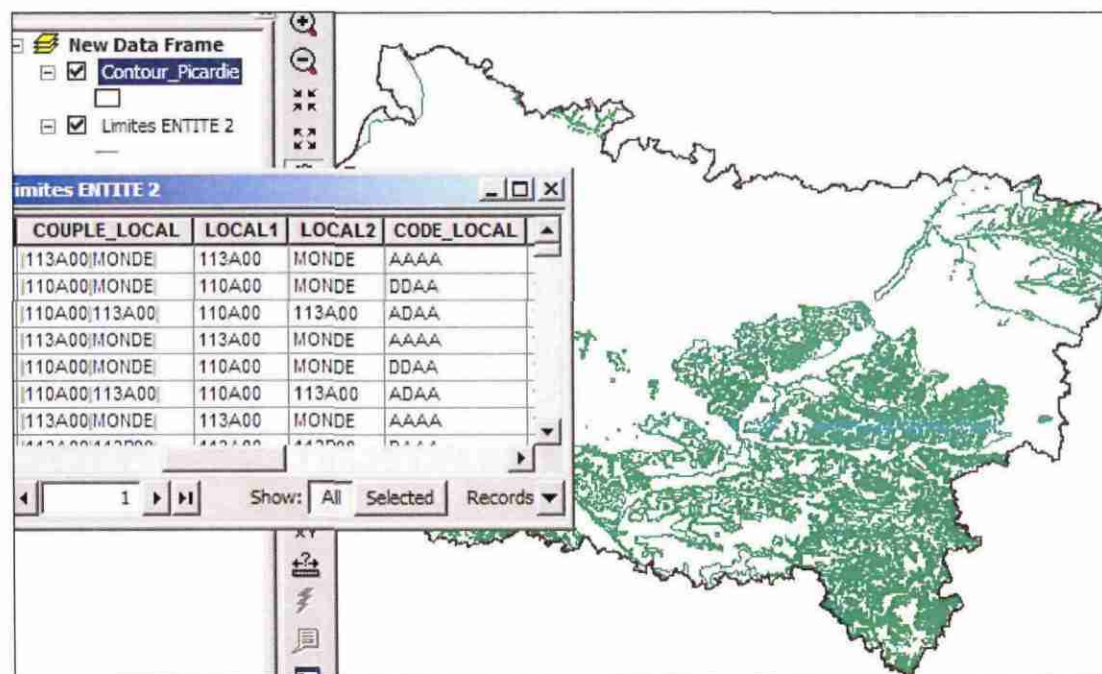


The screenshot shows a GIS interface with a map of Picardie on the right and a data table window titled 'limites ENTITE 2' on the left. The table has columns: Shape, ID_LIMITES, P_GAUCHE, and P_DROIT. The data rows are as follows:

Shape *	ID_LIMITES	P_GAUCHE	P_DROIT
Polyline	0	0	6
Polyline	1	0	2
Polyline	2	6	2
Polyline	3	0	6
Polyline	4	0	3
Polyline	5	6	3
Polyline	6	0	6
Polyline	7	0	6

Illustration 25 - Table des limites identifiant les polygones situés de part et d'autre d'une limite

Cette table contient aussi la nature des contacts entre entités (illustration 26).



The screenshot shows a GIS interface with a map of Picardie on the right and a data table window titled 'limites ENTITE 2' on the left. The table has columns: COUPLE_LOCAL, LOCAL1, LOCAL2, and CODE_LOCAL. The data rows are as follows:

COUPLE_LOCAL	LOCAL1	LOCAL2	CODE_LOCAL
113A00 MONDE	113A00	MONDE	AAAA
110A00 MONDE	110A00	MONDE	DDAA
110A00 113A00	110A00	113A00	ADAA
113A00 MONDE	113A00	MONDE	AAAA
110A00 MONDE	110A00	MONDE	DDAA
110A00 113A00	110A00	113A00	ADAA
113A00 MONDE	113A00	MONDE	AAAA
113A00 113A00	113A00	113A00	AAAA

Illustration 26 - Table des limites contenant la nature des contacts entre entités

4.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS

Le modèle de gestion permet d'éditer automatiquement (illustration 27) 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.

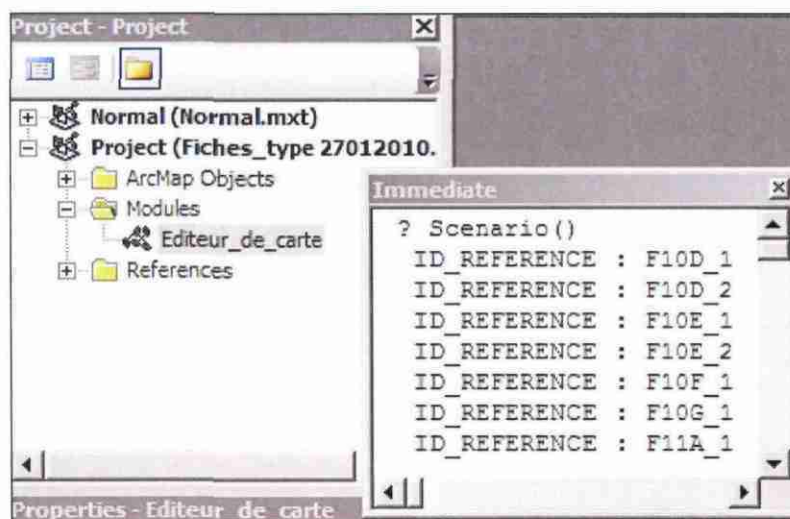


Illustration 27 - Editeur de cartes du modèle de gestion du référentiel

Une fiche d'analyse est constituée de plusieurs blocs d'informations. Les illustrations 28 et 29 fournissent un exemple pour une entité de niveau 2 (119B, "Sables du Thanétien").

- Sur la partie gauche de la fiche (illustration 28), 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 de la partie droite de la fiche (illustration 29) 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 (de même pour l'emprise NV1).

La superficie des parties affleurantes (ordre 1) et des parties sous recouvrements (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 5) et la longueur (en km) de chaque tronçon de limite partagée.

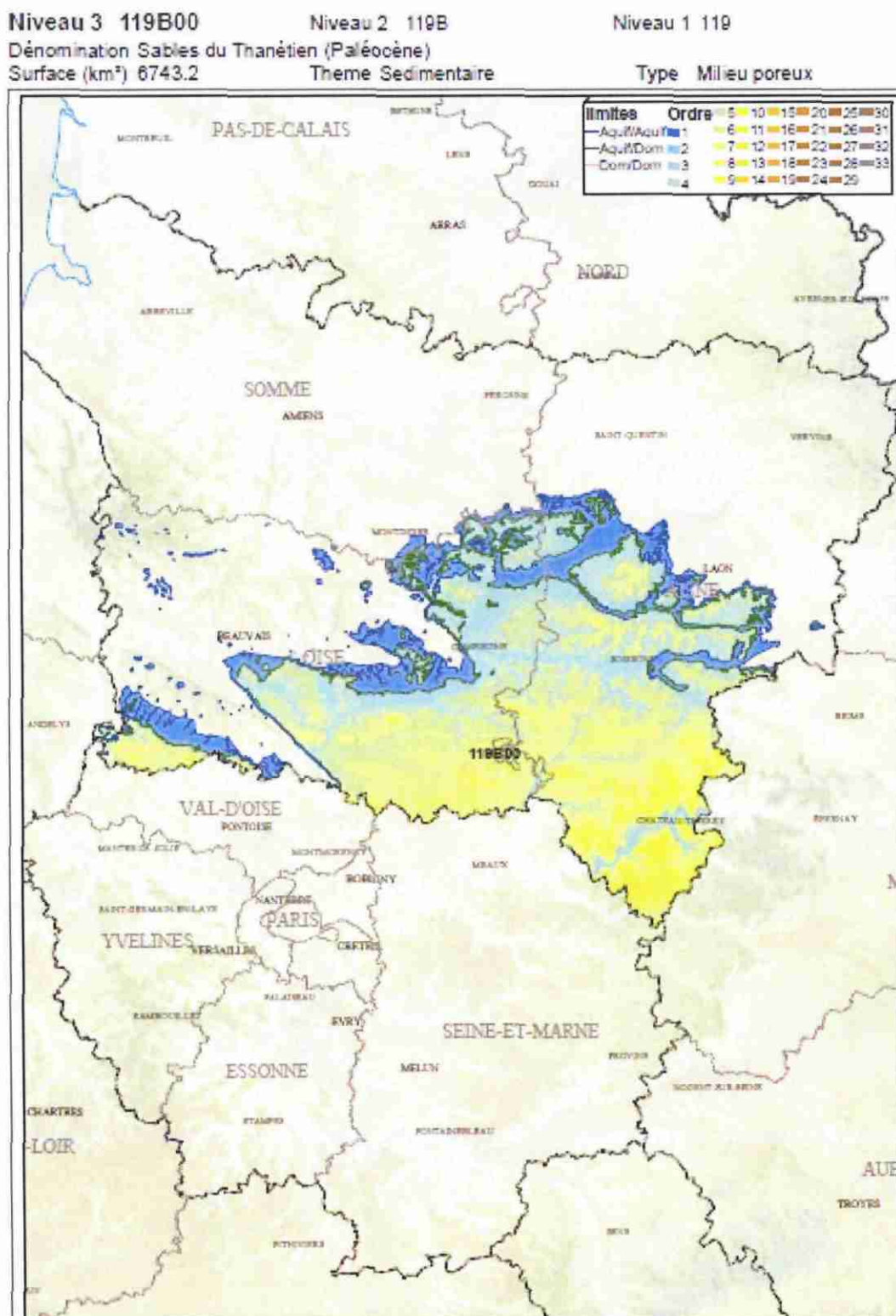


Illustration 28 - Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche)

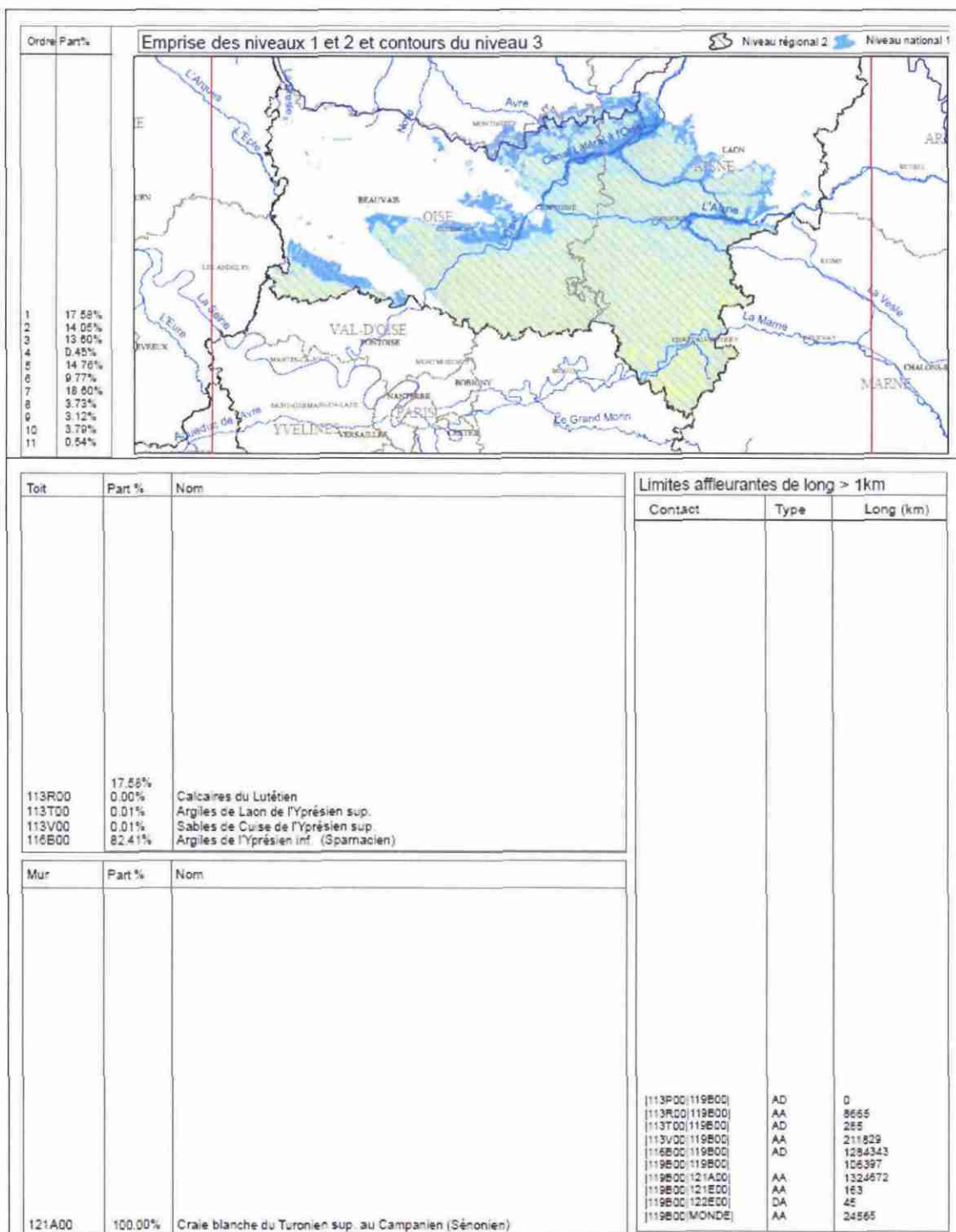


Illustration 29 - Exemple de fiche descriptive (partie droite) d'une entité

5. Description des entités hydrogéologiques

5.1. ENTITÉS "PRINCIPALES"

5.1.1. Grand Système Multicouche Oligo-Miocène du Bassin de Paris

Cet ensemble de niveau 1 comprend les entités NV2 suivantes.

1) *Sables et Grès de Fontainebleau*

Une trentaine de forages ont permis de délimiter l'emprise de cette formation, Il s'agit d'une assise de sables blancs qui n'occupe qu'une très petite surface au sud est de la région. Ces sables se sont déposés en milieu marin et auraient été ensuite repris dans une phase éolienne à la fin du cycle Stampien qui aurait ainsi donné cette alternance observée de cordons dunaires à grésification et de chenaux dunaires.

Malgré leur caractère aquifère, les *Sables et Grès de Fontainebleau* ne constituent pas une ressource en eau souterraine en Picardie du fait de leur faible extension. Dans l'Aisne, ils sont associés aux Calcaires et Meulière de Brie sous-jacents (cf ci-après) pour constituer un aquifère bicouche à nappe libre.

2) *Calcaires de Brie*

Ces calcaires ne sont présents en Picardie qu'au Sud du département de l'Aisne. 66 passes lithologiques y attestent leur présence. Cette assise est composée de marnes calcareuses tendres et de calcaires plus ou moins durs. L'épaisseur des calcaires de Brie (Argiles à meulière non comprises) n'excède pas la dizaine de mètres. Les faciès latéraux sont représentés par les *Caillasses d'Ogremont*, les *Calcaire de Sannois* et les *Marnes à huîtres*.

Bien qu'étant aquifères, les *Calcaires de Brie* ne sont pas exploités en Picardie. La nappe qu'ils renferment donne naissance au contact des marnes supra-gypseuses à des sources de déversement.

5.1.2. Grand Domaine de l'Oligocène inférieur à l'Eocène supérieur

Cet ensemble de niveau 1 ne comprend en Picardie que l'entité NV2 suivante :

Marnes vertes et supra-gypseuses

Les affleurements de cette formation ont permis de délimiter cette entité, les logs lithologiques confirment son extension au sud est.

5.1.3. Grand Système Multicouche de l'Eocène du Bassin de Paris

Cet ensemble de niveau 1 comprend les entités NV2 suivantes.

1) *Calcaires de Champigny et faciès gypseux associés*

Les *Calcaires de Champigny* présentent des variations latérales de faciès, décrites dans la synthèse géologique du Bassin de Paris (cf. réf. bibliographiques). A leur base, plus siliceux, ils constituent un réservoir aquifère conséquent qui est à l'origine des sources de la Dhuys qui, après avoir fourni de l'eau potable à Paris pendant de longues années, alimentent désormais la ville de Marne-la-Vallée.

2) *Marnes et Calcaires de l'Eocène inférieur*

Cette formation regroupe les *Calcaires de Saint-Ouen*, les *Sables et Grès de Beauchamp* ainsi que les *Sables d'Auvers*.

Les *Calcaires de Saint-Ouen* sont marneux, ce qui leur confère une faible perméabilité. Ils contiennent de nombreuses intercalations gypseuses et les eaux sont souvent minéralisées. Les *Sables de Beauchamp et d'Auvers* sont des sables fins, d'assez faible perméabilité d'interstices. Ces deux formations sont localement aquifères et contiennent des nappes de faible extension qui sont peu exploitées.

3) Marnes et caillasses du Lutétien supérieur

3272 passes de sondages identifient cette entité puissante de 10 à 30 m, constituée de calcaires durs alternant avec des marnes.

4) Calcaires du Lutétien

Le découpage de cette entité de niveau 2 a été réalisé en prenant appui sur les affleurements et les nombreuses données de forages la concernant.

Le réservoir du Lutétien, à prédominance calcaire, présente des faciès plus sableux à la base (en continuité avec les *Sables de l'Yprésien supérieur* là où les *Argiles de Laon* n'existent pas ou ont disparu par érosion) et plus marneux dans la partie sommitale (lire ci-dessus). Les transitions lithologiques ne sont pas progressives, et cette hétérogénéité structurelle se répercute dans la transmissivité de l'aquifère, qui peut atteindre des valeurs élevées supérieures à 10^{-2} m²/s dans les calcaires diaclasés, et baisser à 10^{-4} m²/s dans les bancs marneux.

5) Argiles de Laon – Yprésien supérieur

Les *Argiles de Laon* sont localisées au Sud-Est de la région comme la plupart des formations sédimentaires présentes en Picardie. Cette formation est constituée d'argiles grises ou vertes coupées de lits sableux. Elle est caractérisée par de nombreuses variations de faciès (*Sables d'Hérouval*, *Grès de Belleu*, *Grès de Fosses*, *Sables de Brasles*, *Sables de Glennes*...).

Peu épaisses et discontinues, les *Argiles de Laon* ne constituent pas un horizon imperméable mais plutôt une éponte semi-perméable.

5) Sables de Cuise – Yprésien supérieur

Ce niveau est bien identifié au dessus des faluns à *Nummulites planatus* et *Tiritella solanderi*. Constitué de sables fins gris à stratification entrecroisée avec des lits de mollusques marins, saumâtres et continentaux. Ce faciès passe latéralement aux Sables de Pierrefonds.

L'épaisseur de cette formation lui assure une réserve en eau importante, bien alimentée au niveau des affleurements très étendus du Sud de l'Oise et de l'Aisne, et à l'aplomb des réservoirs calcaires sus-jacents en l'absence des *Argiles de Laon*. Reposant sur les *Argiles du Sparnacien* qui en constituent le mur, la nappe est drainée par les vallées qui la recoupent. De nombreuses sources émergent des sables au contact des argiles sparnaciennes.

Au sud du département de l'Aisne, l'aquifère des Sables de Cuise est en communication hydraulique avec l'aquifère des Calcaires du Lutétien, ce qui accroît sa productivité; mais plus au Nord les Argiles de Laon s'intercalent entre ces deux aquifères et la productivité des sables diminue.

5.1.4. Grand Domaine des Argiles de l'Yprésien inférieur

Cet ensemble de niveau 1 ne comprend en Picardie que l'entité NV2 suivante :

Argiles du Sparnacien – Yprésien inférieur

Cette entité regroupe les argiles à lignite et argiles et sables coquilliers ("*Sables de Sinceny*"), les *Faluns à Cyrènes* ("Fausses glaises"), le *Tuffeau de Mont-Notre-Dame*, les *Marnes azoïques de Sinceny*, *Marnes sableuses à huîtres de Marquéglise*, les *Calcaires de Mortemer* et les Sables calcaires ("*Calcaires de Clairoix*") ce qui laisse entrevoir des différenciations envisageables pour un niveau 3.

5.1.5. Grand Système Multicouche 119 du Paléocène et Grand système Multicouche 121 du Crétacé supérieur (Séno-Turonien)

Ces 2 entités de niveau 1 comprennent les entités NV2 suivantes.

1) Sables du Thanétien (Paléocène)

Les *Sables du Thanétien* (ex-Landénien) s'étendent sur pratiquement 7000 km² dans le quart Sud-Est de la région.

Plus au nord, cette formation ne subsiste que par lambeaux sous forme de placages. Ceux-ci ont été extraits de la carte géologique harmonisée et intégrés dans la "surcouche" des entités complémentaires, solution qui permet d'obtenir une certaine homogénéité du découpage d'ensemble. Le code affecté à ces placages dans la surcouche permet de les rattacher à l'entité principale.

Grâce à sa perméabilité homogène d'interstices, le réservoir thanétien contient une nappe continue, libre à la périphérie des dépôts tertiaires, mais le plus souvent captive sous les argiles du Sparnacien. Même en présence d'un mur très argileux comme dans le Nord de l'Aisne, il est en communication avec celui de la craie et constitue alors une roche magasin drainée par la nappe sous-jacente, naturellement ou par les pompages.

2) Craie blanche du Turonien Supérieur-Campanien

La Craie blanche est pratiquement présente partout dans le nord de la France et son épaisseur est de plusieurs dizaines de mètres. Les terrains crayeux affleurent sur la moitié du territoire picard au Nord d'une ligne Gisors-Beauvais-Noyon-Laon-Reims. De par sa structure poreuse et son réseau de fissures secondaire, la craie constitue un réservoir aquifère continu, étendu et épais. La nappe qu'elle contient est libre puis devient captive sous les couvertures argilo-sableuses et les alluvions tourbeuses de certaines vallées (Somme, Marquenterre).

La nappe de la craie constitue la ressource en eau la plus importante du département, en superficie puisqu'elle couvre presque tout le territoire, et en production puisqu'elle satisfait les trois quarts des besoins en eau du département.

On distingue deux types de porosité dans la craie : la porosité d'interstice (ou primaire, ou matricielle) et la porosité de fissures (ou secondaire, ou macroporosité), liée au degré de fissuration de la roche. La première contribue à la perméabilité matricielle, de l'ordre de 10⁻⁵ m.s⁻¹, et la deuxième à la perméabilité de fractures, de l'ordre de 10⁻³ à 10⁻² m.s⁻¹. C'est elle qui conditionne l'écoulement de la nappe.

La fissuration de la craie est d'origine tectonique et climatique (« weathering¹ »). Seuls les cinquante premiers mètres sous le niveau de la nappe sont concernés par ce

¹ Altération sous l'effet des conditions météorologiques

phénomène. Au-delà, ces fissures disparaissent et la craie devient trop compacte pour être suffisamment perméable. Cette craie peu perméable devient le mur de la nappe, à l'exception de certaines zones où l'on rencontre des lits de silex qui permettent à l'eau de circuler.

La nappe de la craie est libre dans tout le Nord du département de l'Aisne (hormis sous les alluvions tourbeuses des cours d'eau où elle peut être localement captive). Son alimentation dépend des précipitations efficaces qui s'infiltrant via la zone non saturée, qui peut atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur sous les plateaux. Elle devient captive dans la moitié Sud du département, sous recouvrement des terrains tertiaires. Cette craie sous recouvrement tertiaire a moins subi le « weathering » qui confère au réservoir sa porosité de fissures et de ce fait, elle y est moins productive.

La profondeur de la nappe va de plus de 60 m sous les plateaux à moins de 1 m en vallée humides.

3) Craie marneuse du Turonien

Cette formation crayeuse surmonte la Craie à *Actinomax plenus* et représente classiquement la partie inférieure du Turonien dans l'ensemble du Bassin parisien. Cette craie, blanche à jaunâtre, forme une grande partie de la falaise nord-est du Pays de Bray. C'est une craie très fine, argileuse, se délitant facilement au gel, assez pauvre en silex et très exploitée pour les marnages des champs limoneux. Le Turonien supérieur est parfois légèrement dolomitisé. Le Turonien supérieur, caractérisé paléontologiquement par la présence de *Micraster leskei* (= *M. breviporus*) se rencontre au Sud-Ouest (Escames et Hémécourt) et au Nord-Est (Fontaine- Bonneleau) de la feuille. Dans ces secteurs, la craie présente un aspect généralement grenu, une teinte grise à jaunâtre et renferme des silex à cortex large dispersés dans la masse crayeuse. La teinte jaunâtre est due à l'altération. En outre la craie renferme des niveaux indurés ou noduleux ("à durillons") par recristallisation de calcite. Ce faciès est bien développé aux environs de Fontaine-Bonneleau. Il s'agit du niveau de *meule inférieure*. A l'Est du village d'Escames, à la limite du Turonien supérieur et du Coniacien inférieur, à quelques décimètres au-dessus de l'horizon de meule inférieure, on rencontre un niveau de marnes gris-blanc d'une dizaine de centimètres d'épaisseur.

4) Dièves du Turonien (Thiérache-Vermandois-Noyonnais)

Très peu de logs précisent l'extension de cette formation. La délimitation résulte d'une interpolation des données de forage et de recherche bibliographiques.

Ces argiles vertes ou bleuâtres, plastiques, peu calcaires, épaisses d'une trentaine de mètres appelées "dièves moyennes" ou "dièves bleues" par les anciens auteurs, affleurent largement dans la partie ouest de la feuille. Ces argiles contiennent de petites "poupées" calcaires fréquentes à la partie supérieure de la formation. On y trouve aussi quelques cristaux de pyrite et de gypse.

5.1.6. Grand Système Multicouche du Cénomanien à l'Albien supérieur du Bassin de Paris

Cet ensemble de niveau 1 comprend en picardie une seule entité de niveau 2 :

Craies marneuses et glauconieuses du Cénomanien

Les craies du Cénomanien occupent la majeure partie du territoire picard avec une lacune au Nord-Ouest (importante diminution d'épaisseur révélée par les logs géologiques).

5.1.7. Grand Domaine des Argiles, Marnes et Gaizes du Cénomanien inf. et de l'Albien sup. du Bassin de Paris

Cet ensemble de niveau 1 ne comprend en Picardie que l'entité NV2 suivante :

Argiles du Gault, Marnes et Gaizes de l'Albien supérieur

Avec une épaisseur se réduisant du nord est vers le sud ouest (40 à 60m vers Bully, 1m à Pont-Audemer), cette formation argileuse s'étend sur l'ensemble du pays de Bray, où elle affleure, et de la région Picardie.

5.1.8. Grand Système Multicouche du Crétacé inférieur (Albien à Néocomien) du Bassin de Paris

Cet ensemble de niveau 1 comprend les entités NV2 suivantes.

1) Sables verts de l'Albien inférieur

Dans le pays de Bray, les sables verts affleurent à la périphérie de la boutonnière d'une façon pratiquement continue sauf dans la partie septentrionale où, au nord d'une ligne Sainte-Geneviève – Grumesnil, ils disparaissent et semblent passer latéralement au faciès du Gault. Ils affleurent également en Thiérache dans l'Aisne. Ces sables sont reconnus dans toute la région et contiennent une nappe captive sous les Argiles du Gault.

L'aquifère est peu épais et peu profond au Nord mais sa puissance augmente vers le Sud pour atteindre une profondeur de 700 m et une épaisseur de 50 m à Château-Thierry.

Cette nappe est très peu exploitée du fait de l'ensablement rapide des ouvrages. En outre dans le Sud du département, l'aquifère des *Sables verts de l'Albien* est classé en ZRE (Zone de Répartition des Eaux), ce qui lui confère un statut particulier assorti d'une réglementation stricte qui interdit tout nouveau forage captant la nappe. Une grande partie de l'aquifère des Sables verts de l'Albien est en effet considérée comme une ressource stratégique à préserver quantitativement et qualitativement pour l'alimentation en eau potable de la ville de Paris.

2) Sables du Néocomien

Cette formation ("Faciès Wealdien"), de nature argilo-sableuse à faciès deltaïque continental, est comprise entre les terrains jurassiques et les argiles du Barrémien. Elle affleure suivant une auréole continue autour du "noyau Jurassique" de l'anticlinal du Pays de Bray. La nature du milieu de sédimentation de ce faciès ne permet d'y faire de subdivisions lithostratigraphiques fines. Cependant d'après certaines coupes il est possible de distinguer 2 ensembles séparés par ravinement : un ensemble inférieur constitué de sables fins à moyens à lits humifères ou ligniteux et un ensemble supérieur constitué de sables grossiers avec lentilles d'argiles.

5.1.9. Grand Système Aquifère du Tithonien du Bassin de Paris

Cet ensemble de niveau 1 comprend 3 étages du Tithonien.

1) Calcaires et Marnes du Tithonien

- *Tithonien inférieur. Calcaire lithographique* (épaisseur de l'ordre de 10 m). Le calcaire lithographique du Tithonien inférieur est à pâte fine, beige clair, très dur et se présentant en petits bancs de 15 à 20 cm. Niveau repère cartographique, il constitue une surface structurale à faible pendage de part et d'autre de l'axe du dôme de Belle fontaine.

• *Tithonien moyen. Argiles, Marnes et Grès*, (épaisseur 90 m environ). Cette formation regroupe des niveaux lithologiques variés :

- des argiles noires à la base, alternant avec des dalles d'un calcaire bleuté très dur,
- les marnes à *Ostrea catalaunica* qui affleurent au Sud de Wambez,
- des sables et des grès calcaires à *Anomia laevigata* ; ces couches passent localement à un bref niveau sableux verdâtre et très fin.

• *Tithonien supérieur. Sables et grès à Trigonies* (épaisseur 20 m environ). Cette assise débute par des sables ocre, très fins et très argileux, passant à un sable grossier, riche en galets de quartz. Dans la partie moyenne, les sables sont très fins et très argileux. Des lits d'argile noirâtre s'y intercalent, déterminant un niveau de sources (source Bonneval, Fontaine-sous-le-Bois, près d'Hanvoile). Le sommet est marqué par des sables ocre et des grès ferrugineux.

5.1.10. Grand Domaine des Marnes du Kimmeridgien du Bassin de Paris

Ce grand domaine ne comprend en Picardie que l'entité NV2 suivante :

1) Marnes du Kimméridgien (domaine NV2)

Le Kimméridgien est essentiellement constitué d'argiles noirâtres, de calcaires marneux et de sables argileux.

5.1.11. Grand Système Aquifère du Kimmeridgien à l'Oxfordien sup. du Bassin de Paris (NV1)

Ce grand domaine ne comprend en Picardie que l'entité NV2 suivante :

Calcaires du Kimméridgien inf. et Oxfordien sup.

Ces calcaires n'affleurent pas en Picardie, le découpage de cette entité résulte de l'interpolation des données de forages profonds. En effet cette formation se rencontre à plus de 1300 m de profondeur au sud ; plus au nord, la profondeur passe à 300m, d'où la rareté des forages la discriminant.

5.1.12. Grand Domaine des Marnes du Callovien du Bassin de Paris

Ce grand domaine ne comprend en Picardie que l'entité NV2 suivante :

Marnes Callovo-Oxfordiennes

Pour les mêmes raisons que pour la formation des calcaires du Kimméridgien inf. et Oxfordien sup., cette formation, considérée comme un domaine hydrogéologique, a été découpée par interpolation des forages profonds. Le découpage s'étant appuyé sur les Marnes à *Ostrea acuminata*.

5.1.13. Grand Système Multicouche du Jurassique moyen du Callovien à l'Aalénien (Dogger) du Bassin de Paris

Cet ensemble de niveau 1 comprend les entités NV2 suivantes.

1) Calcaires du Bathonien et Callovien inférieur

La délimitation du contour de cette entité a été tirée de la synthèse du Bassin de Paris (illustration 31 ci-après). En effet, celle-ci est bornée à la limite septentrionale d'érosion du Jurassique et confortée des données apportées par les données de forages profonds de la banque de données du sous sol. Notons l'absence de sillon marneux dans la région Picarde.

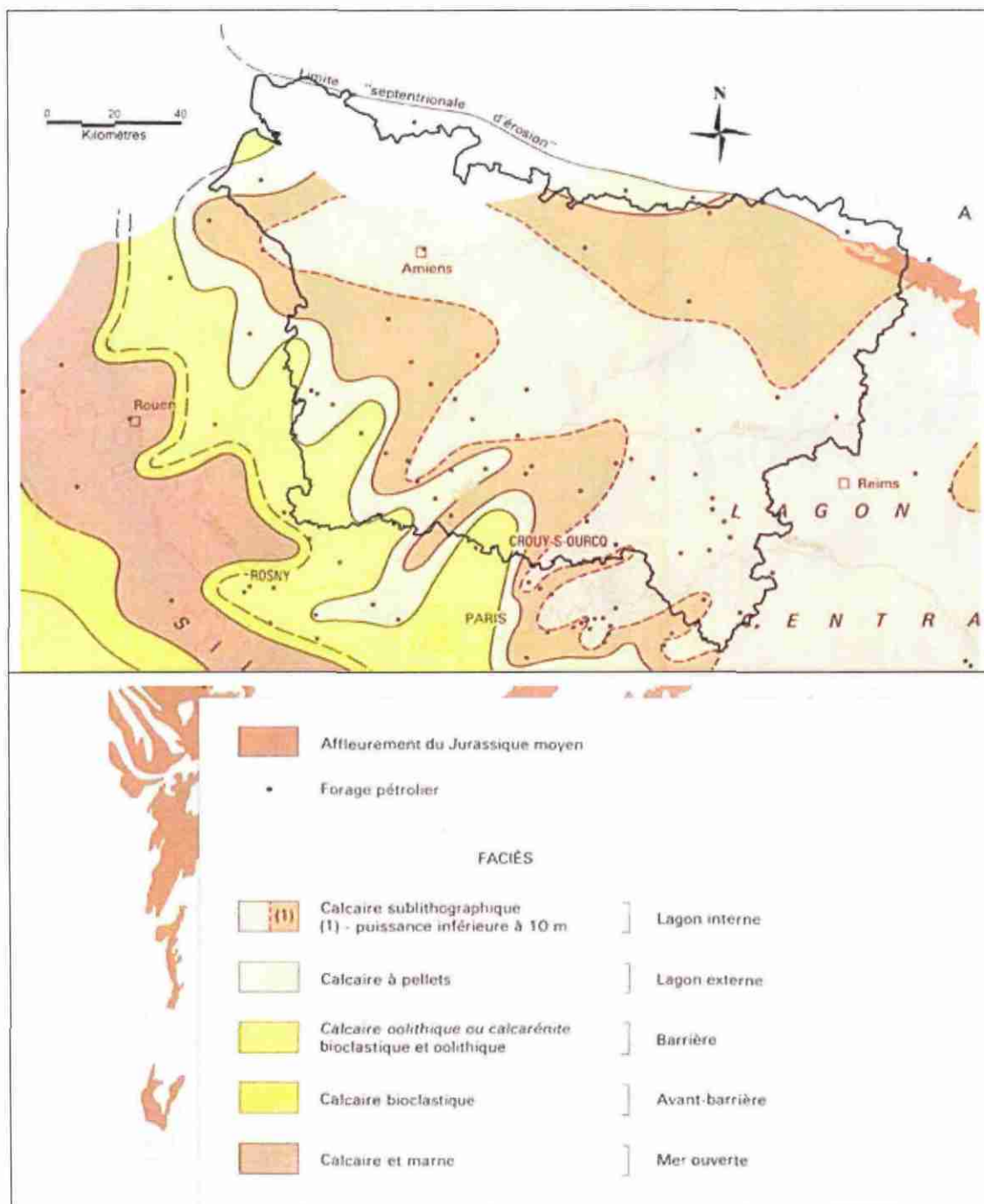


Illustration 30 - Jurassique moyen, écorché des faciès. Extrait de la "Synthèse géologique du Bassin de Paris" –BRGM - 1980

2) Marnes du Bajocien

Les *Marnes du Bajocien*, ne sont pas présentes partout comme l'indique la Synthèse du Bassin de Paris. Celle-ci intègre les *Marnes à Liostrea acuminata*.

3) Calcaires du Bajocien

Les *Calcaires Bajocien* sont présents sous pratiquement toute la région Picardie bien qu'ils n'affleurent que dans le nord est. Cette formation est constituée par une alternance marno-calcaire à la base passant progressivement, vers le sommet, à des calcaires finement cristallins.

La perméabilité de l'aquifère est assurée par les nombreuses diaclases qui le fissurent. Sa profondeur n'excède pas une dizaine de mètres sous les plateaux. La transmissivité des calcaires du Bajocien est de l'ordre de 10^{-3} m.s^{-1} .

5.1.14. Grand Domaine du Jurassique inf. (Lias) du Bassin de Paris

Cet ensemble de niveau 1 comprend les entités NV2 suivantes.

1) Marnes et Argiles du Toarcien

Cette formation n'affleure que sur 200 m². Le Toarcien tend à remonter vers la surface plus on va vers le nord pour disparaître en région Nord-Pas-de-Calais.

2) Grès du Domérien

La majorité du faciès Domérien représenté dans la région Picardie est composé d'un calcaire bioclastique gréseux et d'argile à passées de calcaire gréseux plus au nord est.

Dans la partie est-sud-est, le Domérien est représenté par des argiles, des marnes et un calcaire argileux.

Le Domérien présente une lacune en profondeur au nord est de la région (cf. synthèse du Bassin de Paris).

3) Argiles du Lias

Ces argiles n'affleurent que sur une petite surface au nord est de la Picardie. Les données de forage recueillies étant très peu nombreux, le découpage s'est en grande partie réalisé grâce à des recherches bibliographiques, notamment sur la Synthèse du Bassin de Paris.

5.1.15. Grand Système Multicouche du Trias

Sables et Grès du Trias moyen à supérieur (NV2)

Il n'y a pas d'affleurement du Trias en Picardie. Toutefois il est présent au sud de la région. Les affleurements et le travail réalisé en Haute Normandie ainsi que les données de forages ont permis de délimiter l'emprise de cette formation.

5.1.16. Permo-Carbonifère

Schistes et Grès du Carbonifère et du Permien

Les affleurements du carbonifère et du Permien font défaut en région Picardie. Les données des régions voisines et de forages ont été utilisées pour approximer le contour de cette entité.

5.1.17. Socle

Le socle n'affleure que dans l'extrême nord est de la Picardie (socle des Ardennes). Etant donné la profondeur à laquelle se trouvent les formations de socle, les logs lithologiques sont très rares. Pour le niveau 2, le socle regroupe toutes les formations géologiques postérieures au Carbonifère.

5.2. SURCOUCHE DES ENTITÉS COMPLÉMENTAIRES

5.2.1. Formations superficielles alluviales

Il s'agit des formations alluviales anciennes et récentes, extraites des cartes géologiques harmonisées (illustration 31) :

- Fx : Alluvions fluviales anciennes (Pleistocène moyen)
- Fy : Alluvions anciennes : sables et graviers
- Fz : Alluvions fluviales actuelles et récentes (Holocène)
- Fzt : Alluvions récentes associées à des tourbes
- F : Alluvions anciennes d'âge indéterminé : galets, sables

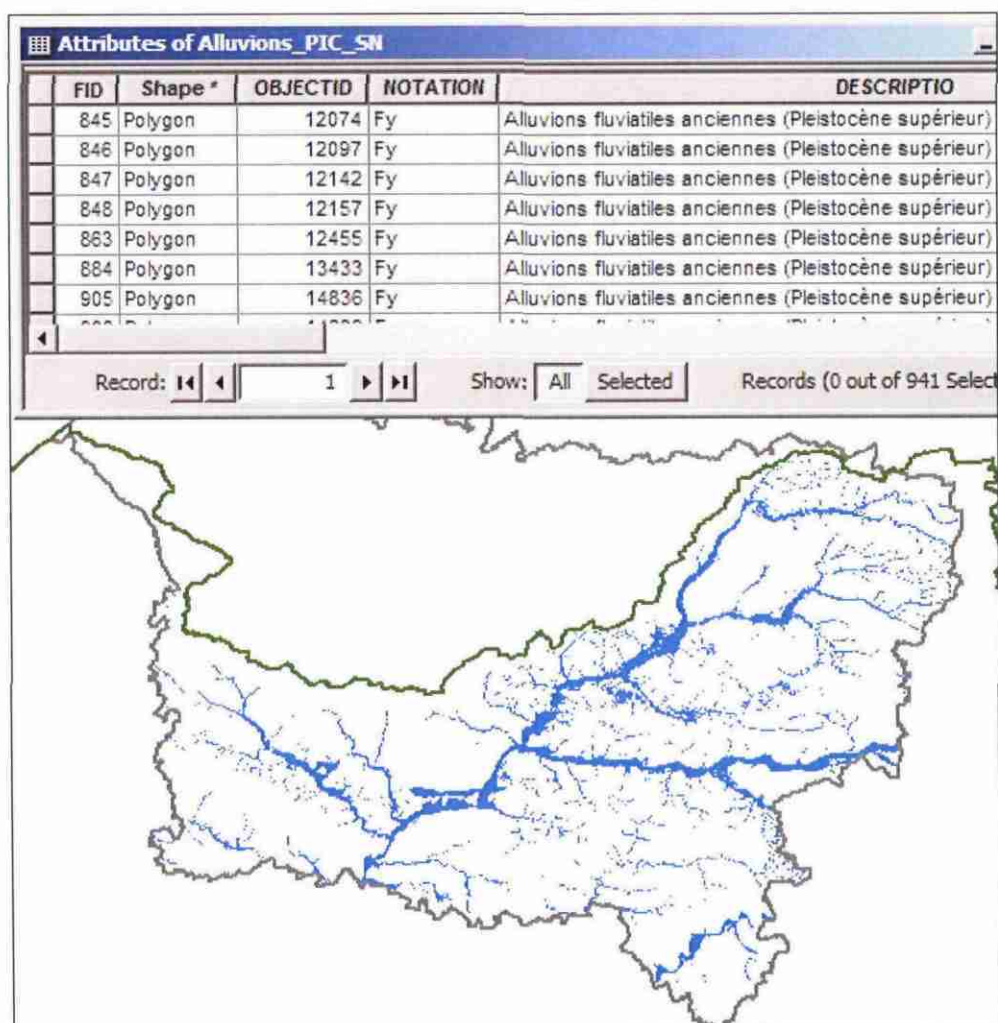


Illustration 31 - Formations superficielles alluviales

La couche SIG correspondante est notée EC_Alluvions.

5.2.2. Formations "résiduelles"

Ces formations (illustration 32), intégrées dans la surcouche du référentiel, répondent aux 2 critères suivants :

- dimension restreinte,
- faible rôle hydrogéologique

Le libellé des polygones permet à tout moment de les rattacher à l'entité dont ils sont issus.

Le choix de ranger en surcouche des polygones isolés ou bien de les rattacher à l'entité principale (pour en faire une entité de type "multi-parties") est laissé à l'appréciation de l'hydrogéologue en fonction du contexte.

Ces formations "résiduelles" comprennent en particulier les placages des *Sables du Thanétien* (différenciés sur l'illustration 32 des autres formations résiduelles).

Au Paléocène, dans tout le Nord de la France, une transgression marine datée du Thanétien est à l'origine de dépôts de sables glauconieux verts plus ou moins argileux et de granulométrie très fine. Ces dépôts sont accompagnés de dépôts de sables d'origine continentale.

Les sables Thanétien sont généralement associés à la craie pour constituer un aquifère bicouche, soit à nappe libre, ce qui est le cas dans la zone intermédiaire entre le Crétacé et le Tertiaire, soit à nappe captive comme c'est le cas sous le Sparnacien. Cependant, dans certains secteurs comme le Nord de l'Aisne notamment, où l'on observe des placages et des buttes témoins de Thanétien, les deux formations sont séparées par des couches argileuses (argiles de Vaux-sous-Laon) qui isolent les réservoirs sableux du réservoir crayeux. Dans ce cas, les sables Thanétien renferment une petite nappe généralement permanente mais de faible importance donnant naissance à quelques petites sources qui se déversent assez rapidement dans le réservoir crayeux.

La couche SIG correspondante est notée "EC_Formations_résiduelles"

5.2.3. Formations superficielles

Sont rangées dans cette catégorie elles correspondent aux dépôts alluviaux récents et anciens, aux colluvions, aux dépôts sableux éoliens du Quaternaire formant les dunes, aux éboulis et glissement en masse de terrains Tertiaires, aux limons de plateaux et de pentes et aux dépôts marins de l'Holocène (illustration 33).

La couche SIG correspondante est notée "EC_Fsup_divers"

...

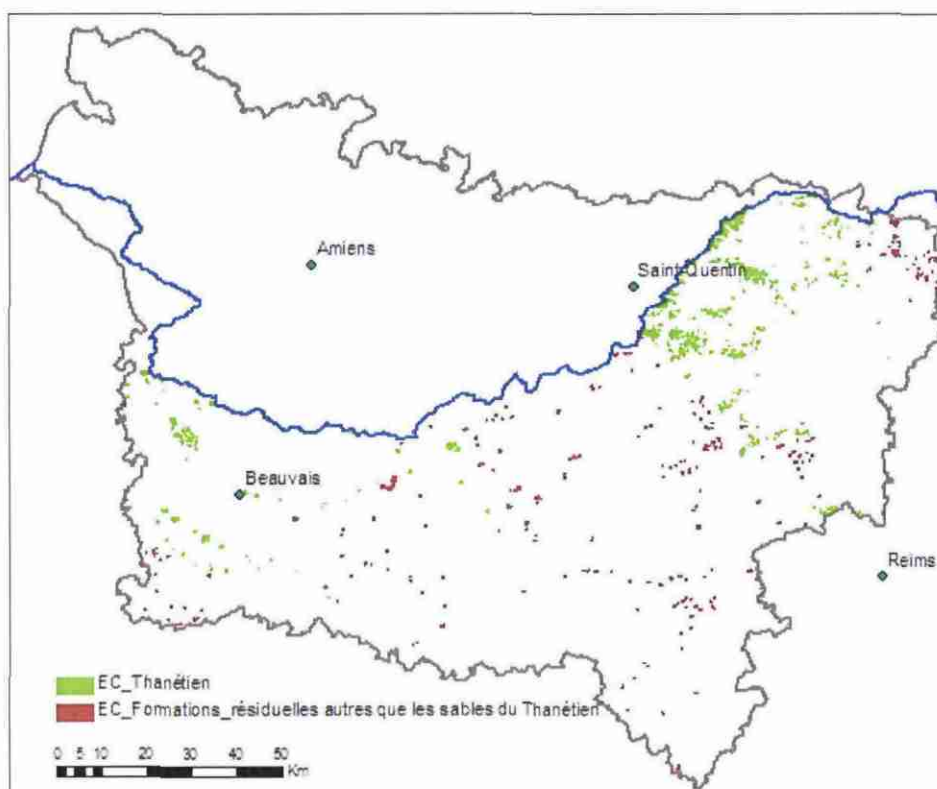


Illustration 32 – Formations résiduelles

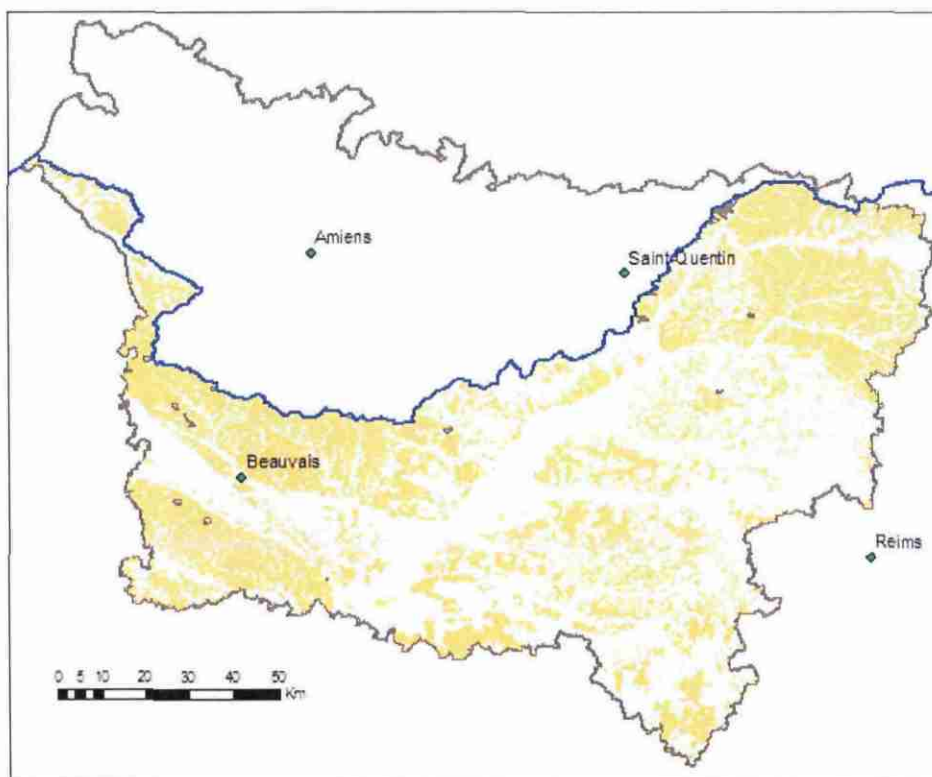


Illustration 33 - Formations superficielles extraites des cartes géologiques harmonisées (Limens des plateaux, colluvions, dépôts sableux éoliens, ...)

6. Conclusion

En Picardie, à partir des cartes géologiques harmonisées (échelle du 1/50 000), des logs validés de forages et de critères hydrogéologiques, ont été identifiées et délimitées :

- **31 entités de niveau régional (NV2) : 15 systèmes aquifères et 16 domaines** (dont 1 entité de socle),
- **17 entités de niveau national (NV1), grands systèmes multicouches, grands systèmes aquifères ou grands domaines**, dont 1 entité de socle.

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

- les systèmes alluvionnaires (transverses par rapport aux entités principales),
- les formations résiduelles (buttes témoins)
- les placages de sable du Thanétien,
- les autres formations superficielles.

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.

Une harmonisation inter-régionale (régions du bassin Seine-Normandie) est prévue à la suite de ce rapport. Elle portera en particulier sur :

- les raccordements des entités d'une région à l'autre,
- le nom des entités et leur code (codification nationale).

...

7. Bibliographie

Allier D., Chrétien P. avec la collaboration de Baraton A., Leveau E., Minard D. et Tourlière B. (2009) – Atlas hydrogéologique numérique de l'Aisne – Notice. Rapport BRGM/RP-57439-FR

Bernon N. et al. (2009) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de l'Aisne. Rapport BRGM RP/57155-FR

Bernon N. et al. (2009) – Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de l'Oise. Rapport BRGM RP/57154-FR

Caous J.Y., Roux J.C. (1981) – Ressources en eaux souterraines de la Picardie (France), Bulletin du BRGM (deuxième série), Section III, n°1, pp.19 à 52.

Caulier P. (1974) – Etude des faciès de la craie et de leurs caractéristiques hydrauliques dans la région du Nord. Thèse Université des Science et technologies de Lille 1.

Mégnién C. (1980) - Synthèse géologique du Bassin de Paris, Mémoires du B.R.G.M. n° 101, 102, 103.

Minguely B. (2007) – Caractérisation géométrique 3-D de la couverture sédimentaire méso-cénozoïque et du substratum varisque dans le Nord de la France : apports des données de sondages et des données géophysiques. Thèse.

Roux J.C. et al. (2006) - Aquifères et eaux souterraines en France. Tome 1, Collection scientifique et technique, BRGM éditions. P.263 à 272.

Revue GEOLOGUES, n° 133/134, Spécial Belgique et Nord de la France, Septembre 2002.

Rapports de la phase 1 de construction du référentiel

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

Petit V. (2004) – BDRHF - Découpage préalable et global. CDROM des documents. Présentation du contenu. Rapport BRGM/RP-53127-FR.

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

Annexe 1 - Tableau multi-échelles

Code	Entité NV1 de rattachement dans le BP	Ordre	Thème	Nature	Code	Entité NV2	Ordre	Thème	Nature	Milieu	Etat	Présence Inter-Régionale
107	GSM de l'Oligo-Miocène du BP	400	2	2	107C	Sables et Grès de Fontainebleau	400	2	3	1	2	oui
					107G	Calcaires de Brie	600	2	3	2	2	oui
110	GDH de l'Oligocène inf. à l'Eocène sup. (Sannoisien au Ludien) du BP	700	2	2	110A	Marnes vertes et supra-gypseuses	700	2	4	1		oui
113	GSM de l'Eocène du BP	800	2	12	113A	Calcaires de Champigny	800	2	3	4	3	oui
					113E	Masses et Marnes du Gypse	800	2	4	1		oui
					113K	Sables et Grès de Beauchamp, Sables d'Auvers du Bartonien	1100	2	3	1	3	oui
					113P	Marnes et Caillasses du Lutétien supérieur	1300	2	4	1		oui
					113R	Calcaires du Lutétien	1400	2	3	4	3	oui
					113T	Argiles de Laon de l'Yprésien sup.	1500	2	4	1		oui
					113V	Sables de Cuise de l'Yprésien sup.	1600	2	3	1	3	oui
116	GDH des Argiles de l'Yprésien inf. (Sparnacien) du BP	1700	2	2	116B	Argiles de l'Yprésien inf. (Sparnacien)	1700	2	4	1		oui
119	GSM du Paléocène du BP	1800	2	12	119B	Sables du Thanétien (Paléocène)	1800	2	3	1	3	oui
121	GSM du Campanien au Turonien du BP	2050	2	12	121A	Craie blanche du Turonien sup. au Campanien (Séno-Turonien)	2050	2	3	4	3	oui
					121E	Craie marneuse du Turonien	2100	2	3	4	3	oui
					121G	Dièves du Turonien (Thierache-Vermandois-Noyonnais)	2300	2	4	1		oui
122	GSM du Cénomanien à l'Albien sup. du BP	2400	2	12	122E	Craie marneuse et glauconieuse du Cénomanien	2400	2	4	4		oui
125	GDH des Argiles, Marnes et Gaizes du Cénomanien inf. et de l'Albien sup.	2500	2	2	125A	Argiles du Gault, Marnes et Gaizes de l'Albien sup.	2500	2	4	1		oui
128	GSM du Crétacé inf. du BP	2700	2	12	128A	Sables verts de l'Albien	2700	2	3	1	3	oui
					128C	Argiles de l'Aptien-Barrémien	2800	2	4	1		oui
					128E	Sables et Grès du Néocomien	2900	2	0	1	3	oui
131	GSA du Tithonien du BP	3000	2	1	131A	Calcaires du Tithonien	3000	2	0	4	3	oui
134	GDH des Marnes du Kimmeridgien du BP	3100	2	2	134A	Marnes du Kimmeridgien	3100	2	4	1		oui
137	GSA du Kimmeridgien à l'Oxfordien sup. du BP	3200	2	1	137A	Calcaires du Kimmeridgien	3200	2	0	4	1	oui
140	GDH des Marnes du Kimmeridgien du BP	3300	2	2	140A	Marnes du Callovo-Oxfordien	3300	2	4	1		oui

Code	Entité NV1 de rattachement	Ordre	Thème	Nature	Code	Entité NV2	Ordre	Thème	Nature	Milieu	Etat	Présence Inter-Régionale
143	GSM du Jurassique moyen (Dogger)	3400	2	12	143A	Calcaires du Bathonien et Callovien inférieur (Dogger)	3400	2	3	2	3	oui
					143B	Marnes du Bajocien	3600	2	4	1		oui
					143C	Calcaires du Bajocien	3700	2	3	2	3	oui
146	GDH du Jurassique inf. (Lias)	3900	2	2	146A	Marnes et Argiles du Toarcien (Lias sup.)	3900	2	4	1		oui
					146G	Argiles du Sinémurien-Hettangien (Lias inf.)	4000	2	4	1		oui
149	GSM du Trias	4180	2	12	149A	Sables et Grès du Trias moyen à supérieur	4180	2	0	1	3	oui
151	Sédimentaire ancien du bassin de Paris	4300	3	2	151I	Socle des Ardennes (Schistes, Schistes et quartzites, Grès d'Anor)	5000	3	4	2		oui

Annexe 2 - Brefs rappels de la géologie de la Picardie

La Picardie se situe entre la région parisienne et le nord de la France. Soumise à un climat tempéré à régime océanique, elle est occupée par 2 bassins hydrographiques principaux : l'Oise et la Somme. Son sous sol est essentiellement constitué de terrains sédimentaires étagés du jurassique moyen (auréoles du bassin de Paris) à l'Oligocène et composés de sables, argiles et calcaires. La grande proportion de terrains perméables lui confère une richesse en nappes d'eau souterraines, bien réparties, de bonne qualité et fortement utilisées.

Primaire

Le primaire n'affleure que dans l'extrême nord-est de la région, aux confins des Ardennes où il est représenté par des terrains schisto-gréseux du Cambrien et du Dévonien, épais de plusieurs centaines de mètres et très tectonisés, formant une succession de plis d'axe est-ouest, déversés vers le nord.

Vers le sud, le socle primaire s'ennoie progressivement sous les couches du Secondaire jusqu'à une profondeur allant de 1500 à 2000 m dans l'extrême sud de la région.

Jurassique

D'une façon générale, la plupart des assises du Jurassique se terminent en biseau vers le nord tandis qu'elles augmentent sensiblement d'épaisseur vers le sud. Cette terminaison en biseau correspond en fait aux limites de transgression des différentes mers jurassiques. Ainsi, les formations du Lias s'arrêtent-elles au sud d'une ligne Le Tréport-Amiens-Saint-Quentin, le Kimméridgien légèrement au nord d'Amiens et le Bathonien le long d'une ligne qui suit sensiblement la limite nord des départements de la Somme et de l'Aisne,

Le Lias, qui n'affleure qu'au nord-est du département de l'Aisne, est représenté par des calcaires cristallins gréseux avec alternance de marnes plastiques et argiles pyriteuses. Vers le sommet (Toarcien), on rencontre des schistes bitumineux (schistes carton) et des marnes. La puissance du Lias varie de moins de 100 m au nord à plus de 250 m au sud. Le Dogger est représenté par des marnes argileuses et calcaires marneux de l'Aalénien (quelques dizaines de mètres), des calcaires cristallins argilo-gréseux du Bajocien, épais de 100 à 150 m, des calcaires oolithiques ou pisolithiques blancs, en bancs massifs, du Bathonien, épais de 50 m au nord à 200 m au sud.

L'ensemble affleure au nord-est de l'Aisne, dans la région d'Hirson.

Le Malm est essentiellement formé d'assises marneuses argileuses avec intercalations de marno-calcaires (Callovo-Oxfordien) puis de calcaires subllthographiques et grès marneux (Lusitanien, Kimméridgien, Portlandien). Il n'affleure pas dans le nord-est de l'Aisne, mais sa partie supérieure apparaît par contre dans l'axe du Pays de Bray. Son épaisseur varie de quelques mètres au nord à plus de 650 m au sud.

Crétacé inférieur

Il est représenté par des marnes argileuses et grès calcaires (Néocomien) avec sables et argiles à la base (faciès wealdien), puis par des argiles bariolées (Barrémien) et des argiles grises à noires (Aptien), l'ensemble allant de quelques mètres d'épaisseur, au nord, à plus de 650 m au sud.

Crétacé moyen

Représenté par l'Albien et le Cénomanien, sa base comprend l'assise des « Sables verts », qui s'étend à l'ensemble de la région. Ce sont des sables quartzeux, glauconieux, parfois argileux mais pouvant être très localement grossiers et grésifiés. Leur épaisseur va de quelques mètres, au nord de l'Aisne, à plus de 100 m, dans la région de Compiègne, mais tourne en moyenne autour de 50 à 60 m.

Ils sont surmontés par les « Argiles du Gault », noires compactes, comportant des intercalations lenticulaires sableuses ; celles-ci s'étendent également sous toute la région sur une épaisseur moyenne de 50 m avec toutefois épaississement constant vers le centre du bassin de Paris.

Le Cénomanien débute par une assise de faible épaisseur, marno-sableuse, glauconieuse, à galets de phosphates de chaux le « Tourtia », puis il est constitué par craies marneuses, grises, glauconieuses et à silex.

Dans le Pays-de-Bray, on rencontre à la base un niveau siliceux : la « Gaize », surmonté de craie en plaquettes.

L'épaisseur totale du Cénomanien atteint quelques dizaines de mètres.

Crétacé supérieur

On distingue d'abord le Turonien, formé :

- dans sa moitié inférieure, de marnes vertes ou bleues appelées localement « Dièves » bien représentées dans la Somme et le nord de l'Aisne (mais qui, vers le sud, font place à des craies marneuses),
- dans sa moitié supérieure, de craie blanche à silex comprenant quelques niveaux indurés et parfois phosphatés.

La puissance du Turonien varie de quelques dizaines de mètres au nord à plus de 100 m dans le sud de la région.

Vient ensuite le Sénonien représenté par la craie blanche classique, bien connue dans la région, puissante de plusieurs dizaines de mètres également et s'épaississant notablement vers le sud.

L'épaisseur maximale connue par sondage des assises crayeuses du Crétacé est de 581 m à Etrepilly dans l'Aisne, près de Château-Thierry.

Tertiaire

Le Tertiaire occupe plus de la moitié sud du département de l'Aisne et une bonne partie de l'est et du sud du département de l'Oise. On le trouve cependant encore sur le plateau picard, réparti çà et là sous forme de lambeaux ou de placages peu épais.

Il débute dans la région par le Thanétien représenté essentiellement par des sables quartzeux fins, glauconieux et parfois argileux (sables de Bracheux). Présents dans la quasi totalité de la zone tertiaire, sauf au sud de l'Aisne, leurs affleurements forment une auréole continue autour des massifs tertiaires depuis le Vexin jusqu'au Laonnois.

Sur le plateau crayeux, ils subsistent encore sous forme de placages ou de petites buttes témoins très localisées.

Dans le Noyonnais et le Soissonnais, ils renferment des niveaux argileux, marneux ou calcaires lacustres, Leur épaisseur totale varie entre 20 et 50 m.

Au-dessus viennent les dépôts du Sparnacien composés d'argile plastique à intercalations sableuses et ligniteuses d'une épaisseur globale d'une vingtaine de mètres. Ils sont surmontés par les « sables de Cuise » (Yprésien supérieur) épais de 30 à 60 m, composés de sables fins gris à verts, à bancs gréseux et lits d'argiles intercalés vers le sommet. S'étendant à l'ensemble de la zone tertiaire, ils constituent les versants de la plupart des allées.

Séparé du Cuisien par un niveau argileux presque constant de 1 à 2 m (argile de Laon), on rencontre ensuite le Lutétien, calcaire à la base (calcaire grossier épais de 30 m) et marno-calcaire au sommet (marnes et caillasses épaisses de 10 à 15 m). Les calcaires forment en général une corniche nette le long des versants de la plupart des vallées.

Recouvrant le Lutétien, existent des sables, grès (horizons d'Auvers et de Beauchamp) et marno-calcaires (niveau de Saint-Ouen) du Bartonien que surmonte la série des marnes et gypse du Ludien. Les épaisseurs varient de 30 m pour les sables, à 10-15 m pour les marno-calcaires et une vingtaine de mètres pour la série ludienne. Dans le sud de l'Aisne, en rive gauche de la Marne, la série du gypse prend un faciès calcaire et siliceux : le « calcaire de Champigny » qui peut atteindre une épaisseur de 40 m.

Le Tertiaire se poursuit ensuite par des dépôts d'âge oligocène, représentés par :

- le Sannoisien : marnes vertes (10 à 15 m), calcaire et meulière de Brie (10 m),
- le Stampien : marnes à huîtres (quelques mètres), sables de Fontainebleau (30 à 40 m au total).

Quaternaire

Les principales vallées sont comblées par des dépôts alluvionnaires grossiers, sablo-graveleux à la base, et fins, argilo-tourbeux, au sommet, sur une puissance totale de 5 à 15 m. Sur les plateaux et dans le fond des vallées sèches existe un recouvrement de limons argilo-sableux dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs mètres.

Aperçu structural

Au point de vue structural, les traits les plus marquants sont, d'une part, le pendage général faible et régulier des couches vers le centre du bassin de Paris, affecté toutefois de légers plissements secondaires NW-SE, d'origine hercynienne (direction armoricaine : synclinaux de la Somme, de l'Aisne, du Thérain, anticlinaux du Ponthieu, du Vimeu, de Margny-lès-Compiègne) et l'existence de l'anticlinal faillé du Pays-de-Bray, au sud-ouest de la région qui fait apparaître à l'affleurement le Jurassique supérieur.

Annexe 3 - Echelle stratigraphique du bassin de Paris

(M. Donsimoni – 1999-2001 – BRGM)

SYSTEMES PERIODES	SERIES EPOQUES	ETAGES	DUREE (M.a.)	AGE (M.a.)	SOUS-ETAGES ou AUTRES DENOMINATIONS	SOUS 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
							Sables à silex
			1.629 700	1.64			
NEOGENE			14.66	16.3	Lacune d'émersion du Miocène et du Pliocène (formation des Argiles à silex, Argiles à meulière, Meulière de)		
	Miocène (basal)	<i>Burdigalien</i>	5.2	21.5			Sables de Lozère, Sables de Sologne
		<i>Aquitainien</i>	1.8	23.3			Calcaire de Beauce
PALEOGENE ou NUMMULITIQUE	Oligocène	<i>Stampien ou Rupélien</i>			<i>Stampien s.s.</i>		Calcaire d'Etampes
							Sables et Grès de Fontainebleau supérieur
							Sables et Grès de Fontainebleau inférieur
							Falun de Jeune, Arg. à Corbules, Marnes à Huîtres, Calc. d'Etréchy
	Eocène	<i>Priabonien</i>			<i>Sannoisien</i>		Calcaire de Sannois
							Caillasse d'Orgemont
							Argile verte de Romainville
							Glaïses à Cyrènes
		<i>Bartonien (s.s.)</i>	12.1	35.4			
					<i>Ludien</i>	<i>Supérieur</i>	Marnes blanches de Pantin, Gypse Marabet
						<i>Moyen</i>	Marnes bleues d'Argenteuil
							Gypse 1 ^{re} masse
							Marnes d'entre deux masses
							Gypse 2 ^{re} masse
							Marnes à Lucines
			3.2	38.6		<i>Inférieur</i>	Gypse 3 ^{re} masse
	<i>Lutétien</i>	<i>Lutétien</i>					Marnes à <i>Pholadomia luteensis</i>
					<i>Marinésien</i>	<i>Marinésien sup.</i>	Gypse 4 ^{re} masse = Calc. de Noisy-le-Sec ou Marnes à Paludines
							Sables de Monceau, Sables de Cresnes, Sables de Marnes
							Calcaire de Saint-Duen s.s.
		<i>Lutétien</i>			<i>Marinésien inf. et moy.</i>		Sables de Mortefontaine, Calcaire de Ducy, Sables d'Ezanville
					<i>Auvervien</i>	<i>Auvervien sup.</i>	Sables de Beauchamp, Sables d'Auvers
			3.5	42.1		<i>Auvervien inf.</i>	Calcaire de Montagny
	<i>Lutétien</i>	<i>Lutétien</i>			<i>Supérieur</i>		Marnes et caillasses, Calcaire à Cérithes
					<i>Moyen</i>		Calcaire grossier supérieur
					<i>Inférieur</i>		Calcaire grossier moyen
	<i>Lutétien</i>	<i>Lutétien</i>					Calcaire grossier inférieur
			7.9	50			Glauconie grossière

CRETACE	Paléocène	<i>Thanétien</i>	4	60.5			Sables et Conglomérats de Bracheux
		<i>Dano - Montien</i>	4.5	65			Marnes de Meudon
	Supérieur	<i>Campanien</i>	18	83			Calcaire pisolitique
		<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 mameuse grise
					<i>Moyen</i>		Craie mameuse blanche
			1.9	90.4	<i>Inférieur</i>		Craie mameuse grisâtre
		<i>Cénomanién</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>		Mame de Bienne
					<i>Moyen</i>		Argiles du Gault
							Sables de Frécombault
							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
		<i>Barrémien</i>					Sable
					<i>Supérieur</i>		Argile
					<i>Inférieur</i>		Sable
			7.3	131.8			Argile
		<i>Hauterivién</i>					Sables de Perthes
							Argile
							Sables de Châteaurenard
							Argile
		<i>Valanginién</i>					Sables de Château-Landon
			3.2	135			Argile
							Grès du Puisetlet
							Argile
			5.7	140.7			Sables de Griselles
							Argile

JURASSIQUE	Malm	<i>Tithonien = Portlandien</i>			
		<i>Kimméridgien</i>	14	154.7	
		<i>Oxfordien</i>			<i>Séquanien</i>
	Dogger		2.4	157.1	<i>Rauracien</i>
		<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>Domérien</i>
			7.5	194.5	<i>Carixien</i>
		<i>Sinemurien</i>	9	203.5	<i>Lotharingien</i>
					<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>Lettenkhole</i>
		<i>Anisien</i>	1.6	241.1	<i>Muschelkalk</i>
	Inférieur	<i>Werfénien</i>	3.9	245	<i>Buntsandstein</i>

Annexe 4 - Lexique de caractérisation des entités

(d'après le 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 multi-échelles ;

le thème d'appartenance de l'entité, parmi 5 possibilités (cf tableau) ;

la nature de l'entité, parmi 7 possibilités (cf tableau ci-dessous) ;

le type de milieu caractérisant l'entité: poreux, fissuré, karstique, double porosité ;

l'état hydrodynamique de la nappe contenue dans le réservoir: libre, captive, libre et captive, alternativement libre et captive.

Nouveau code	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

Nouveau code	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

Nouveau code	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,....

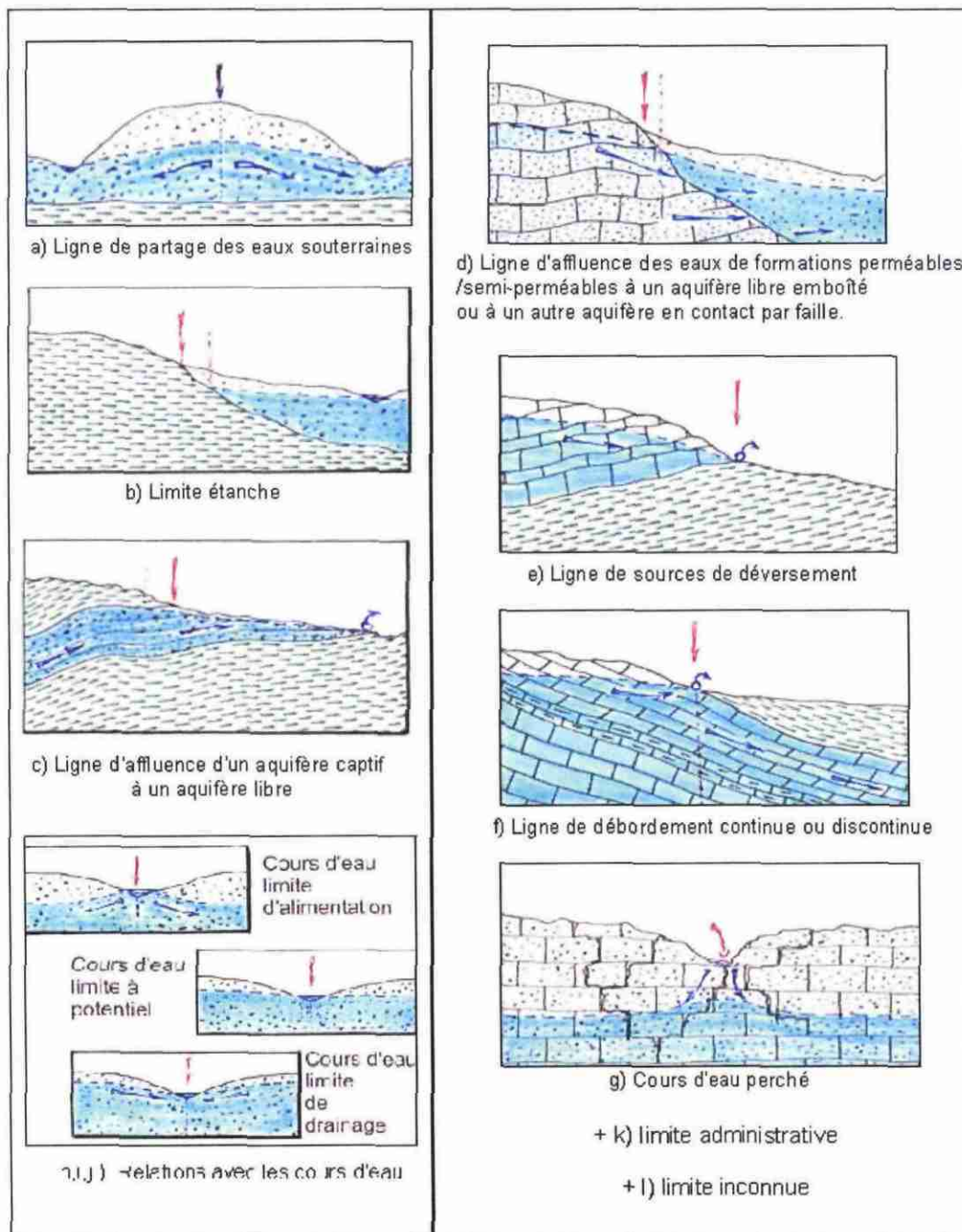
Type de milieu (porosité)

Nouveau code	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. Types de limites

12 types sont définis dans le guide méthodologique :



Annexe 5 - Le modèle de gestion du référentiel et la géodatabase des entités

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
 - en deux dimensions (X,Y)
 - 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 multi-échelles 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'ordre 1, 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 traçages,

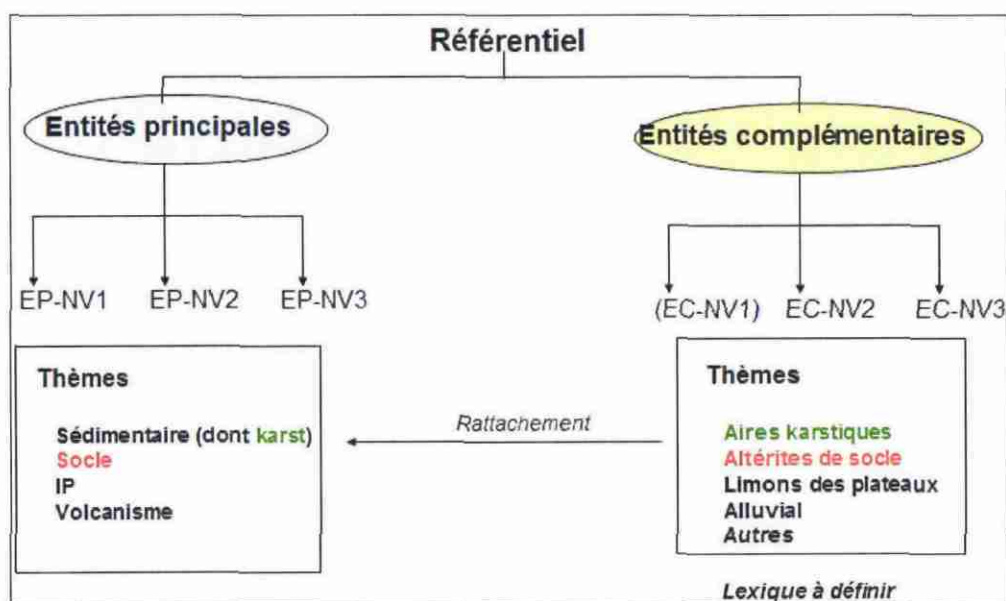


Illustration A1 - Organisation générale du référentiel

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 multi-échelle, tableau utilisé par le modèle de gestion pour passer à un ordre relatif.

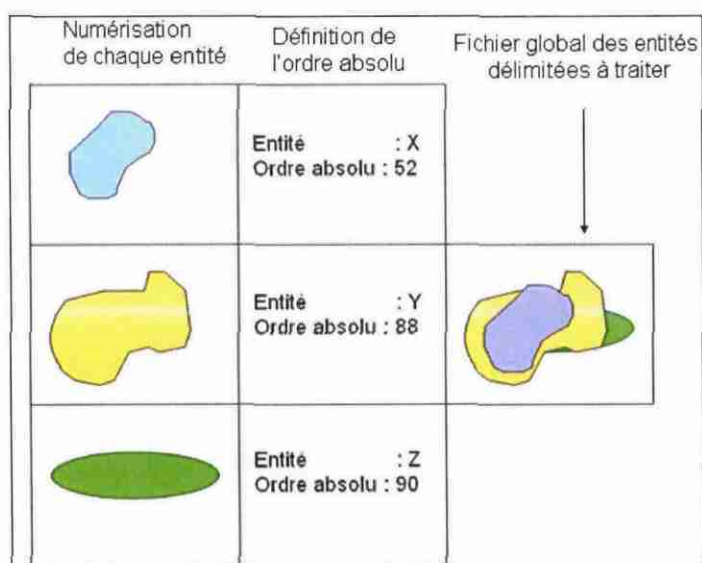


Illustration A2 - Ordonnancement des entités par un âge absolu

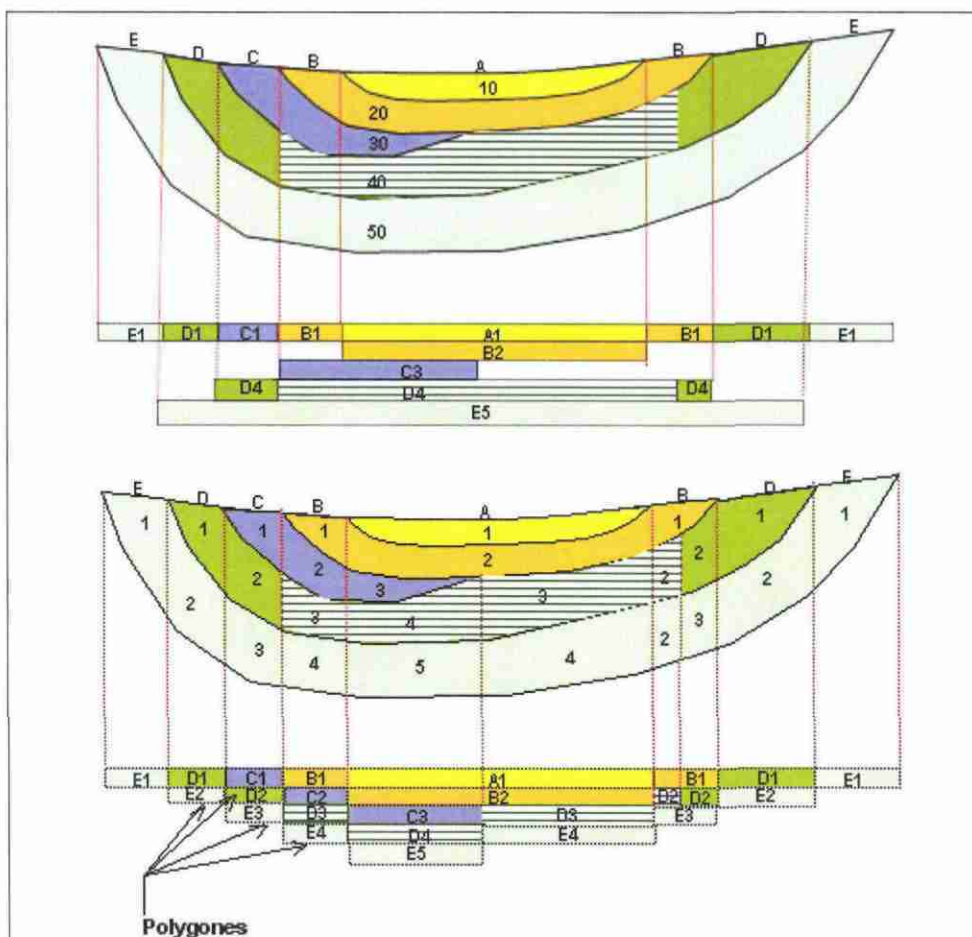


Illustration A3 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif.

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).

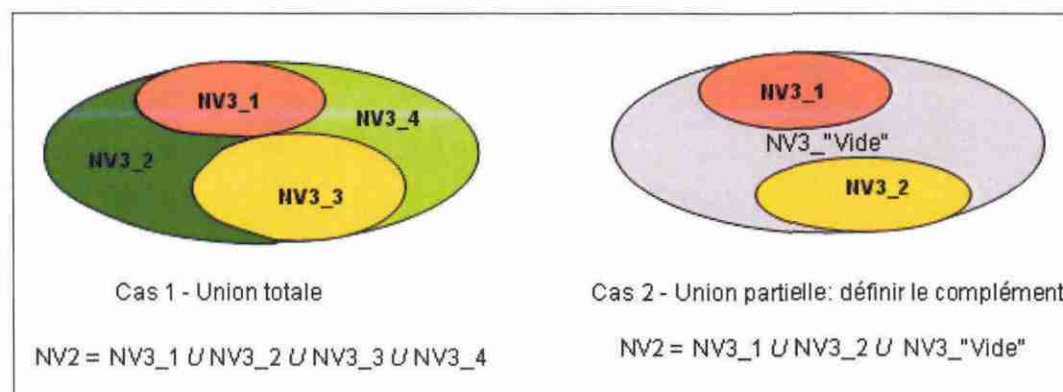


Illustration A4 - Reconstitution d'une entité de niveau 2 à par d'entités de niveau 3.

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").

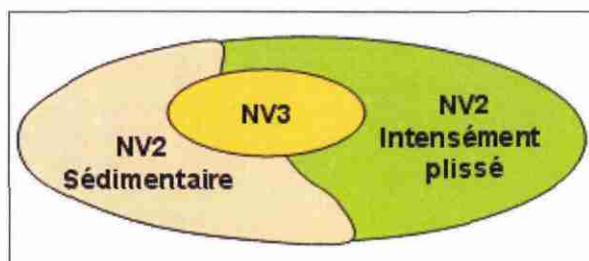


Illustration A5 - Entité de niveau 3 s'étendant sur 2 entités de niveau 2.

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.

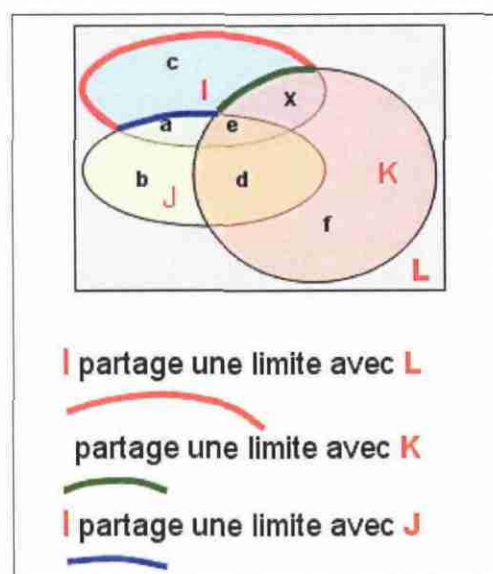


Illustration A6 - Restitution des limites des entités à partir de la table des polygones.

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 de la donnée, 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.

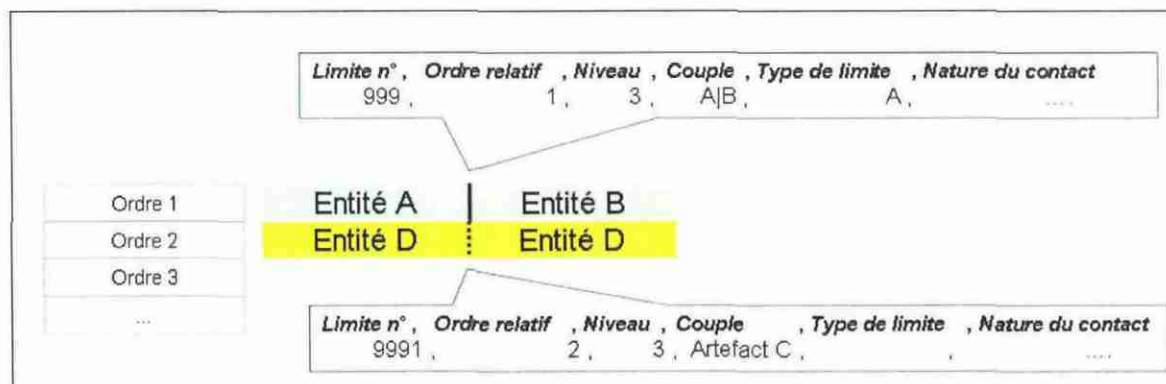


Illustration A7 – Exemple de contacts entre entités

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 parisien 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 parisien.
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 parisien.

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 (polygones), 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).

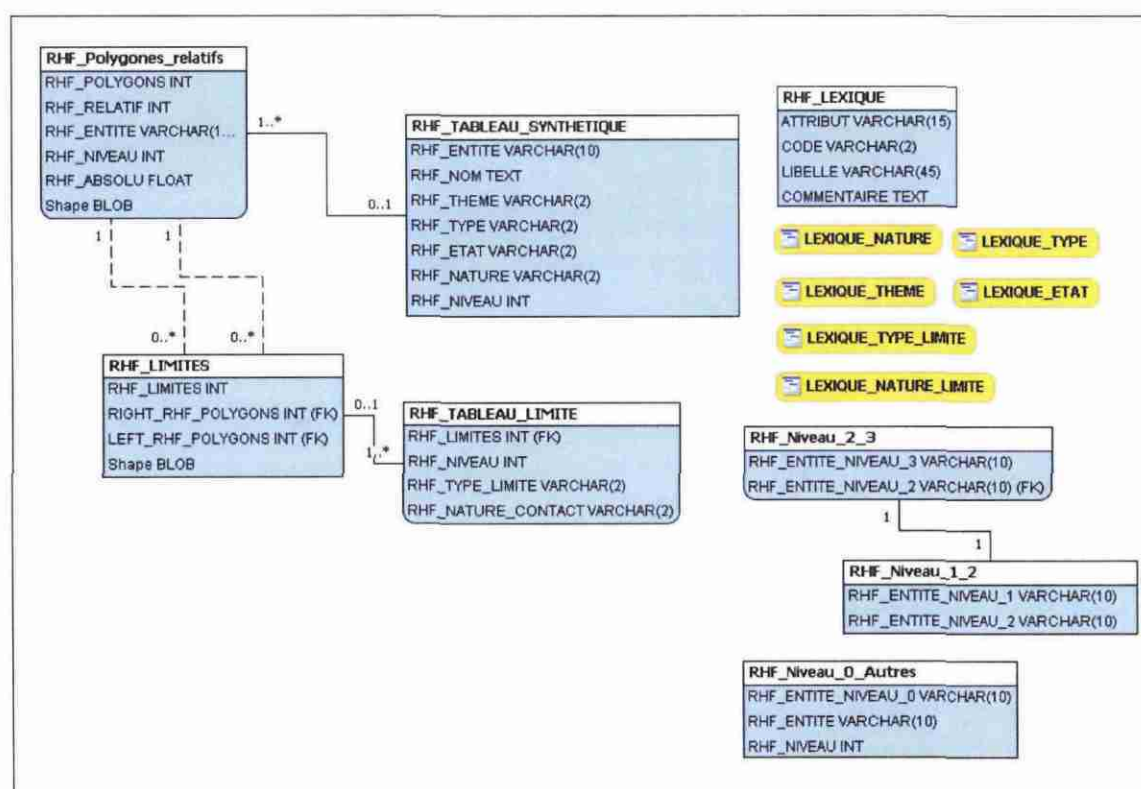


Illustration A10 – Modèle conceptuel de la géodatabase

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 préfixée avec **BDRHF_**

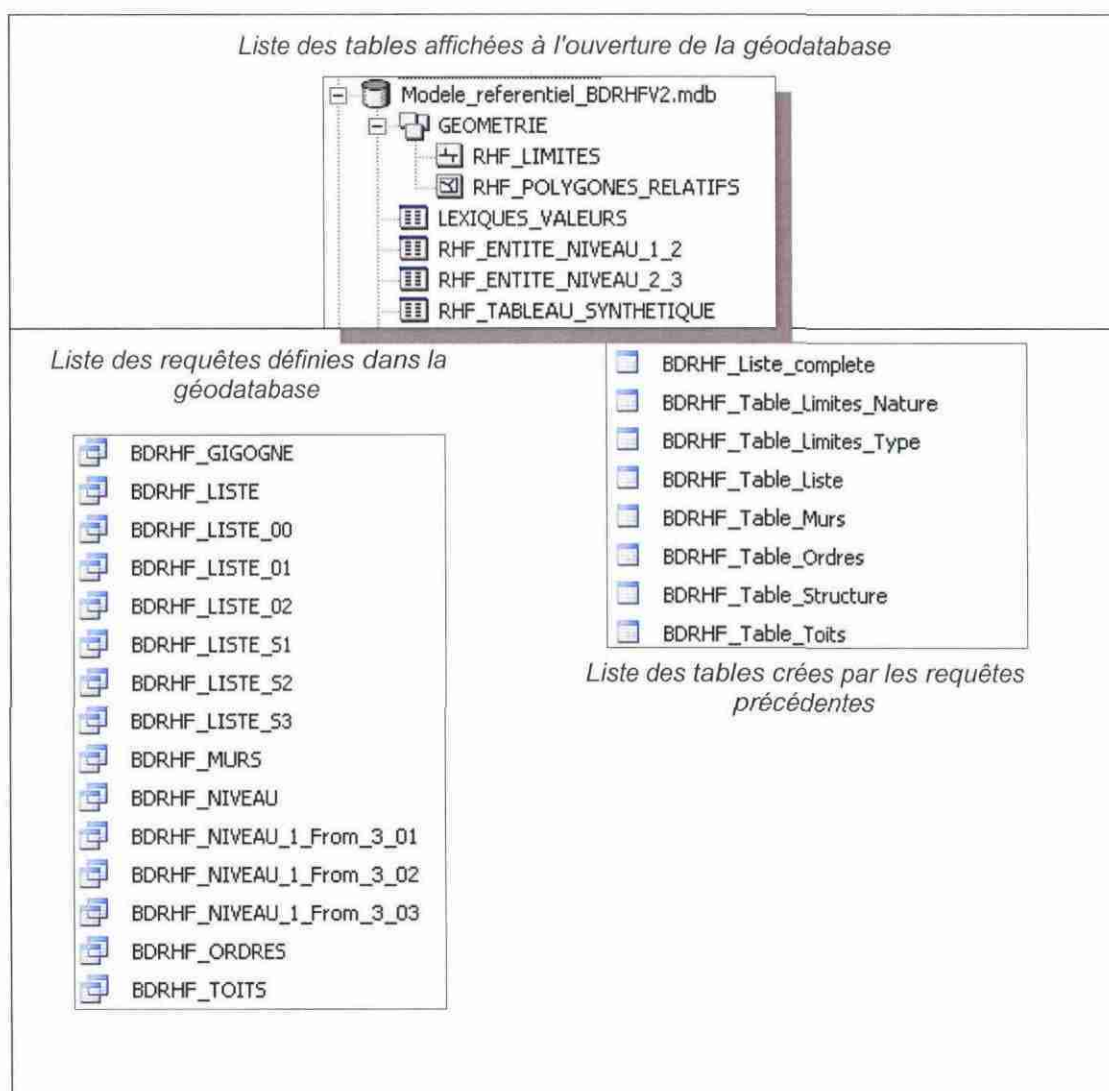


Illustration A11 - Liste des tables et des requêtes dans la géodatabase du référentiel

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 a 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).



ion A12 - Table des polygones multiples de niveau 1 et d'ordre 1 en région MPY

- [RHF_NIVEAU] = 1 AND [RHF_RELATIF] = 1
- [RHF_NIVEAU] = 2 AND [RHF_RELATIF] = 1
- [RHF_NIVEAU] = 3 AND [RHF_RELATIF] = 1

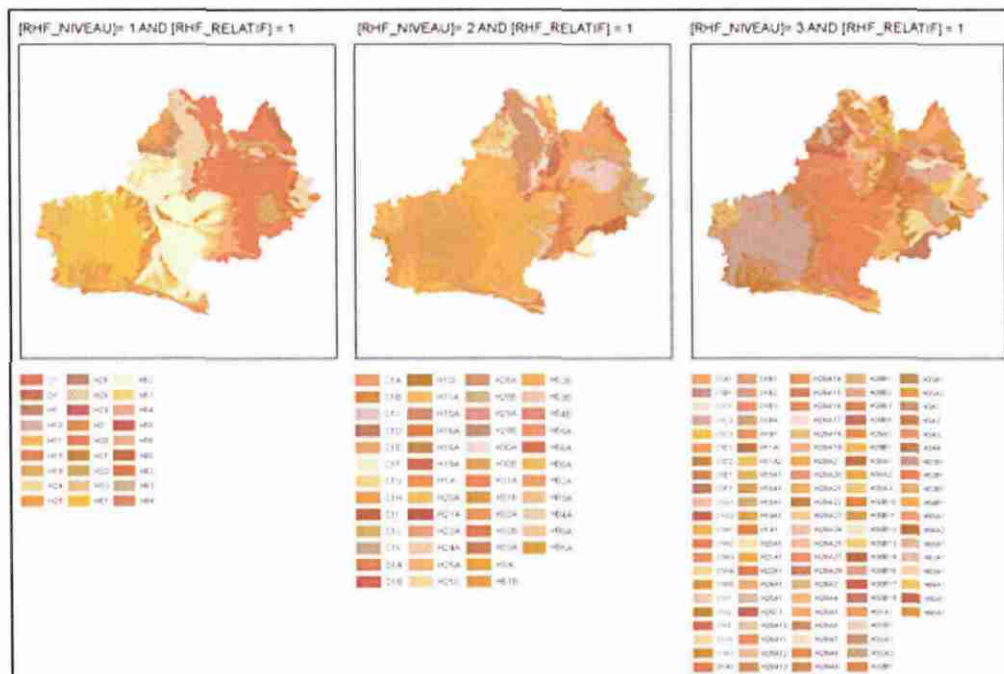


Illustration A13 - Sélection des entités d'ordre 1 pour les 3 niveaux de découpage du référentiel

2.2.2. Table RHF_Tableau_Synthetique

La table RHF_Tableau_Synthetique est la transcription au format MSACCESS du tableau synthétique.

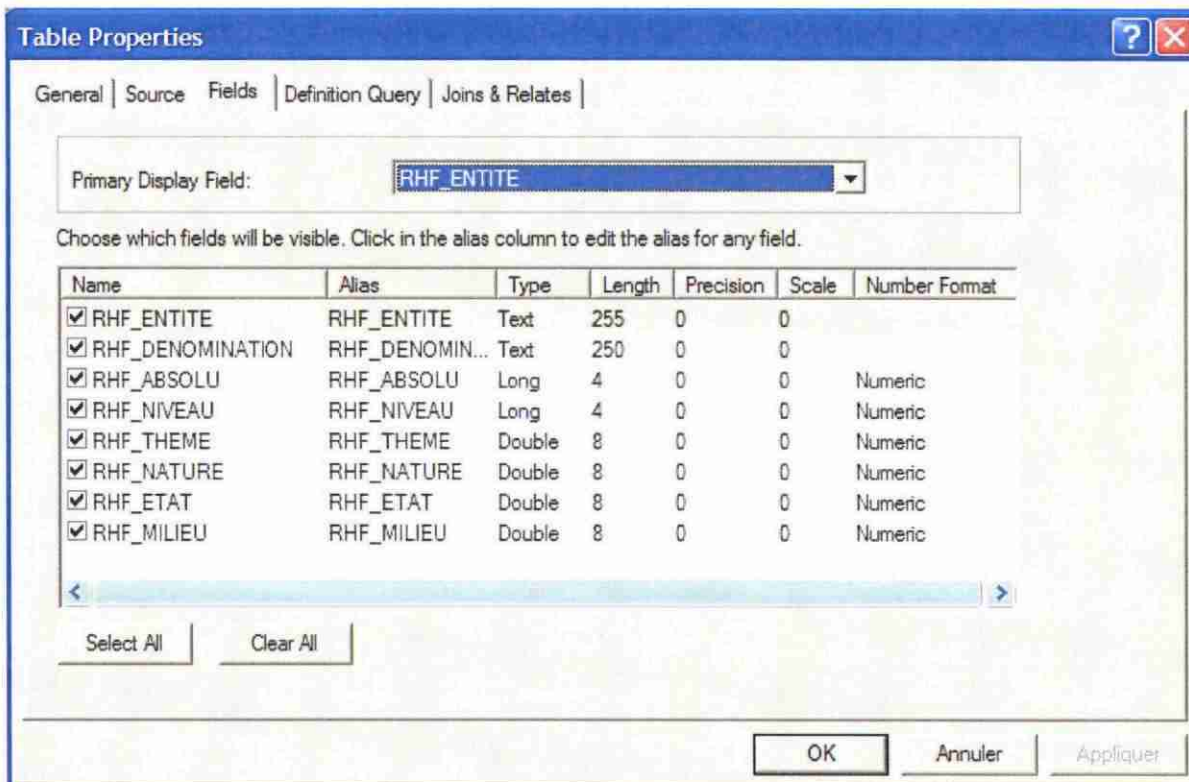


Illustration A14 - Table RHF_Tableau_Synthetique

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-CALLOVEN	16115	1	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F10F	Domaine hydrogéologique des marnes et calcaires inférieurs du Kim. au callovien	15300	2	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F10F1	Unité aquifère des calcaires à Astartes du Perche (Oxfordien supérieur)	15300	3	2	5	3	4
F10F2	Unité aquifère des calcaires coralliens de l'Oxfordien moyen	15900	3	2	5	3	4
F10G	Domaine hydrogéologique des marnes callovo-oxfordiennes	15455	2	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F10G1	Unité semi-perméable des marnes bleues à Encrines (oxfordien moyen - oxfordien supérieur)	15455	3	2	<Null>	3	1
F10G10	Unité semi-perméable des marnes de Domfront en Champagne, du Chevain et des collines 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)	15700	3	2	<Null>	3	1
F10G3	Unité aquifère des sables du Vairais et de Mortagne (Oxfordien inférieur)	15995	3	2	5	3	1
F10G4	Unité aquifère des marnes à Pernes et des marnes saboteuses de la Vacherie et de la Buralaire (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 Montmarie et de Montbuzot (Callovien supérieur)	16120	3	2	<Null>	3	1
F10G7	Unité aquifère des calcaires sableux de Teille (Callovien moyen)	16125	3	2	<Null>	3	1
F10G8	Unité imperméable des marnes de Mareaché 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 collines (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 (Béaenien supérieur)	16472	3	2	6	3	1
F11T	Système aquifère des calcaires du DOGGER (Bajocien-Béaenien)	16470	2	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>
F11T1	Unité aquifère des calcaires noduleux à silex du Béaenien	16470	3	2	5	3	2
F11T2	Unité aquifère des collines ferrugineuses et du calcaire à Montivaulte (Béaenien supérieur)	16470	3	2	5	3	3
F11T3	Unité aquifère des calcaires et collines du Saosnois (Bajocien supérieur à Béaenien supérieur)	16770	3	2	5	3	3
F11T4	Unité aquifère des calcaires graveleux de la champagne, de Conlie(Aalénien moyen, Bajocien, Béaenien)	16900	3	2	5	3	3
F11T5	Unité aquifère des arkoses d'Alençon et des graviers, sables et grès de tessé (Aalénien)	17180	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 marnes de la Champagne et de la Normandie	17560	3	2	<Null>	3	1

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.

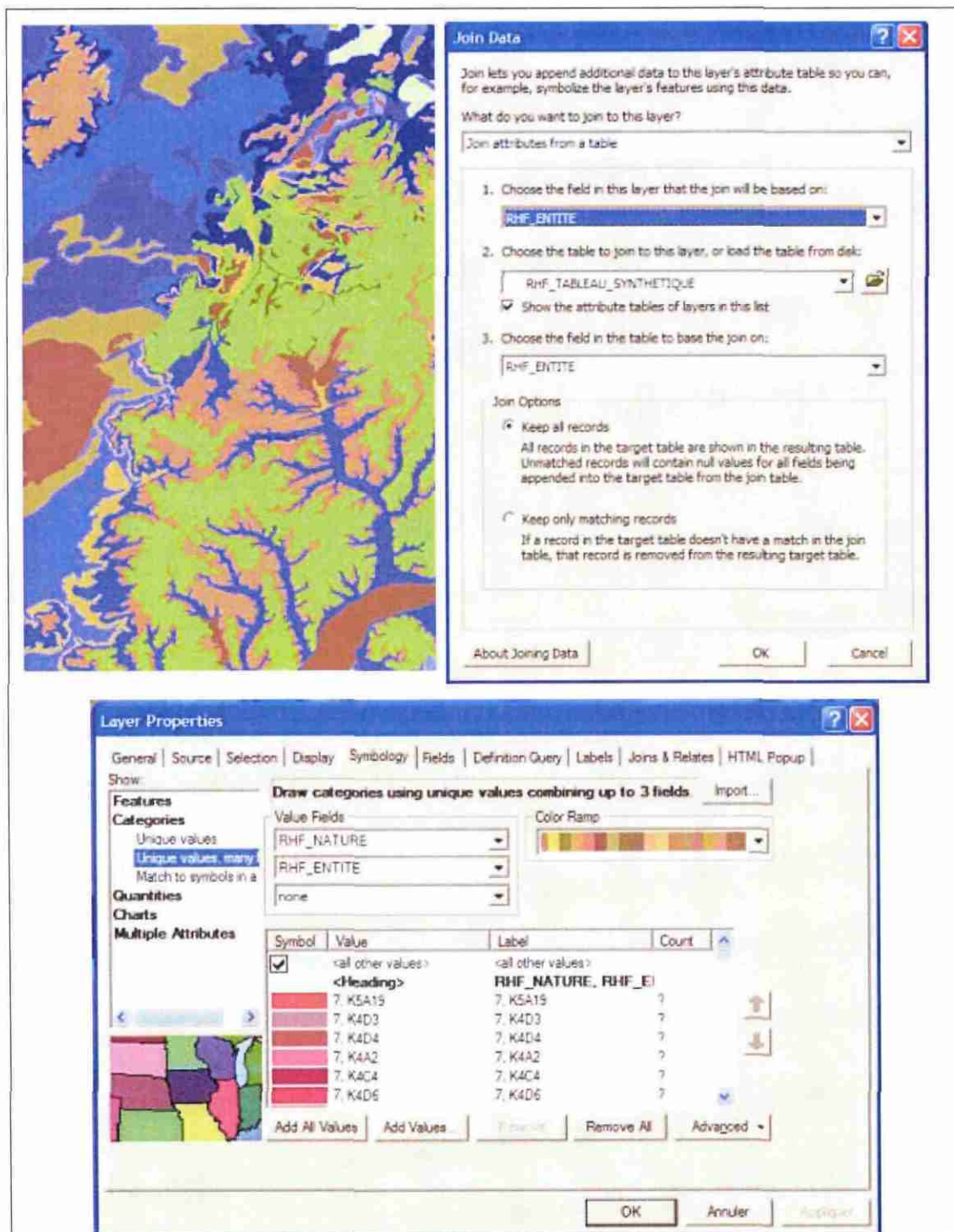


Illustration A16 - Exemple d'analyse thématique après jointure

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).

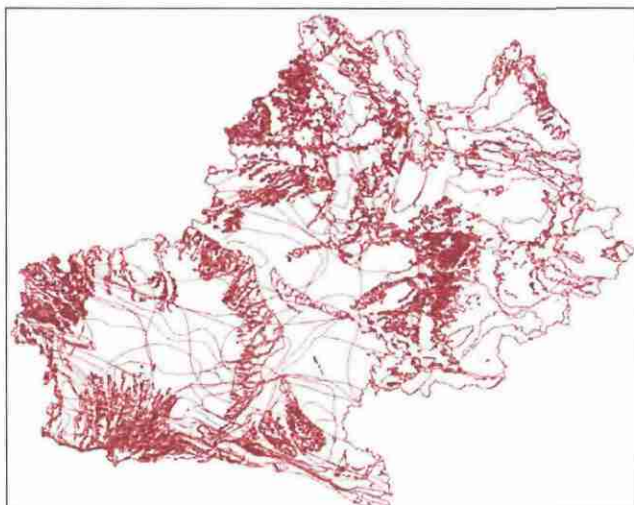


Illustration A17 - Table des limites des entités d'ordre 1
(exemple de la région Midi-Pyrénées)

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

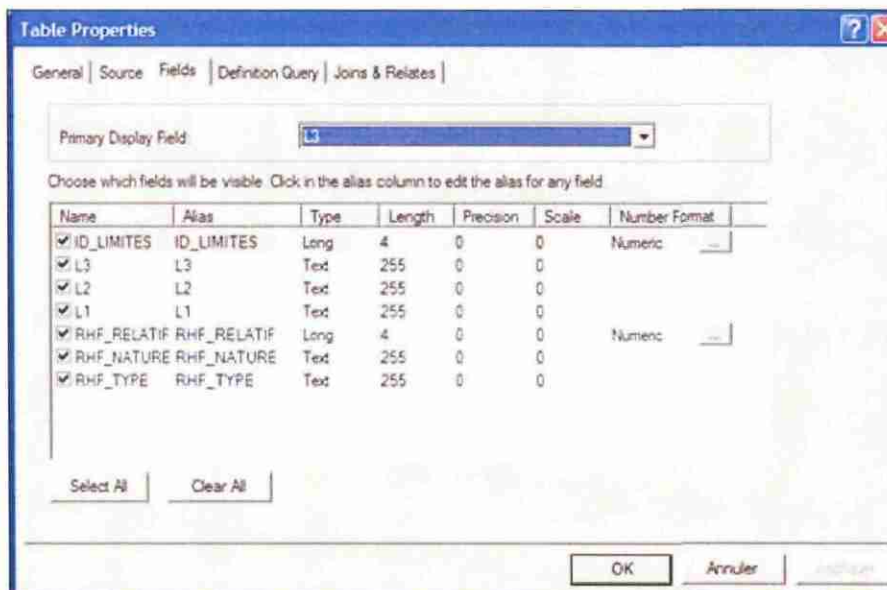


Illustration A18 - Table de la nature des limites

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_LEXIKES_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

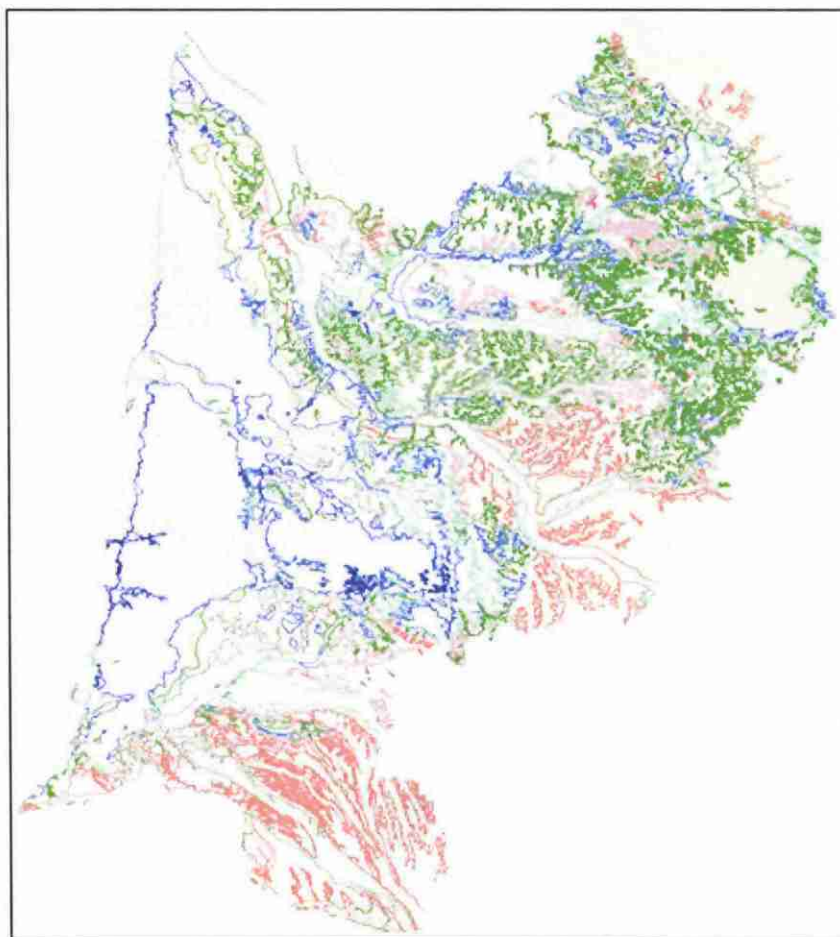


Illustration A20 - Exemple de représentation des limites en fonction de la nature des contacts (référentiel de l'Aquitaine)

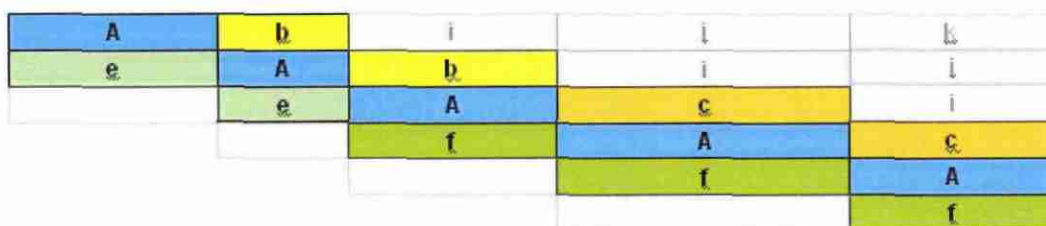
2.2.5. Requêtes sur le modèle et tables associées

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



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 imperméable	80	0.0742439338	93887793	11381268398	2
10A1	100	Toit	1B4	Domaine aquifère	10	0.9297574797	17266823	37140487.444	3
10A2	100	Toit	1B3	Domaine aquifère	10	0.0004960633	57642	116433589.51	3
10A2	100	Toit	1B4	Domaine aquifère	10	0.8677559751	101036943	466734358.05	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 imperméable	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 imperméable	80	0.1076240756	6702239	124549065.16	3
10A8	100	Toit	1B1	Domaine aquifère	10	0.0000000000	6557717	306236308.14	3

	Description des attributs de la table/requête des toits
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)
TOIT	Code de l'entité au toit
LIBELLE	Dénomination de l'entité au toit
ORDRE_ABSOLU	Ordre absolu de l'entité au toit
Part_Toits	Par relative de la surface de l'entité étudiée dont le toit est composée par cette unité
SToits	Surface du toit considéré

Illustration A21 - Caractérisation des "toits"

Table (requête) : BDRHF_TABLE_MUR (BDRHF_MUR)

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	114306450	1974761781.9	0.0578646781	51343606331		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	7876785	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	0.0573266996	35645712075		1
10	100 Mur	11	Grand domaine	110	16576785913	16584901422	0.9995106689	2.063162E+13		1
10	100 Mur	12	Grand système	120	75500861	16584901422	0.0001902969	3949523563.9		1

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 A22 - Caractérisation des "murs"

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	0.024484
H100A2	10	0.036881

Illustration A23 - Table des ordres



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Service géologique régional Picardie
Polytech de Rivery
7 rue Anne Frank
80136 – Rivery – France
Tél. : 03 22 91 42 47