

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Bassin Artois-Picardie Années 3 et 4

Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1,2 et 3 en régions Nord-Pas de Calais et Picardie

BRGM/RP-57520-FR

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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



Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Bassin Artois-Picardie Années 3 et 4

Délimitation des entités hydrogéologiques de
niveaux 1,2 et 3 en régions Nord-Pas de Calais et
Picardie

BRGM/RP-57520-FR
Mai 2010

DUFRENOY R., PETIT V. avec la collaboration
de MARDHEL V. et Xu D.

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 08EAU13 et 08EAU151



Vérificateur

Original signé par: J.J. SEGUIN

Approbateur

Original signé par: JR MOSSMANN

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



Mots clés : Référentiel hydrogéologique, système aquifère, domaine hydrogéologique, Nord Pas de Calais, Picardie, Artois-Picardie.

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

DUFRENOY R., PETIT V. avec la collaboration de MARDHEL V. et XU D. - 2010 - Référentiel Hydrogéologique Français - BDLISA. Bassin Artois-Picardie. Années 3 et 4. Délimitation des entités hydrogéologiques de niveaux 1, 2 et 3 en régions Nord-Pas de Calais et Picardie. Rapport d'étape. BRGM/RP-57520-FR

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

Synthèse

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la construction de la version 2 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (anciennement BDRHF-V2). Elle concerne le bassin Artois-Picardie.

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:

- **41 entités hydrogéologiques de niveau local (NV3),**
- **31 entités de niveau régional (NV2), systèmes aquifères ou domaines,**
- **16 entités de niveau national (NV1), grands systèmes multicouches, grands systèmes aquifères ou grands domaines,**
- **6 groupes d'entités "complémentaires" constituant une "surcouche" du référentiel** et dont les contours restent identiques aux trois niveaux de découpage : les alluvions, les colluvions, les altérites, les formations "résiduelles", 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.....	11
2. Caractéristiques du référentiel BDLISA et méthodologie de découpage des entités.....	15
2.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION.....	15
2.1.1. Les "thèmes" du référentiel	15
2.1.2. Les différents types d'entités hydrogéologiques	15
2.1.3. Les niveaux d'identification	17
2.1.4. Codification et dénomination des entités.....	17
2.2. LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS	18
2.2.1. Principes sous-jacents	18
2.2.2. Organisation des entités en 2 ensembles.....	18
2.2.3. Ordre absolu et ordre relatif	19
2.3. PRINCIPES ET DÉMARCHE DE DÉLIMITATION.....	19
2.3.1. Principes de base du découpage	19
2.3.2. Démarche générale	21
2.3.3. Restitution par le modèle de gestion des 3 niveaux de découpage	22
2.3.4. Vérification de la topologie	23
2.4. CARACTÉRISATION DES ENTITÉS ET DES LIMITES.....	24
2.4.1. Caractérisation des entités.....	24
2.4.2. Caractérisation des limites	24
3. Mise en œuvre du découpage des entités.....	27
3.1. DONNÉES DE RÉFÉRENCE.....	27
3.1.1. Cartes géologiques	28
3.1.2. Modèle numérique de terrain	29
3.1.3. Logs géologiques.....	31

3.2. ÉLABORATION DU TABLEAU MULTI-ÉCHELLES.....	31
3.3. DÉLIMITATION DES ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE	35
3.3.1. Méthodologie	35
3.3.2. Exemples de délimitation d'une entité hydrogéologique	37
4. Résultats: géodatabase et fiches d'analyse.....	43
4.1. GÉODATABASE	43
4.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS.....	47
5. Description des entités hydrogéologiques	51
5.1. ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE DU QUATERNAIRE AU CRÉTACÉ ..	51
5.1.1. Le Quaternaire [UA – 001A01]	51
5.1.2. Grand Système Multicouche de l'Eocène du Bassin Parisien.....	51
5.1.3. Grand Domaine des Argiles de l'Yprésien inférieur (Sparnacien)	52
5.1.4. Grand Système Multicouche du Paléocène au Crétacé supérieur (Séno-Turonien).....	52
5.1.5. Grand Système Multicouche du Cénomaniens à l'Albien supérieur.....	54
5.1.6. Grand Domaine des Argiles, Marnes et Gaizes du Cénomaniens inf. et de l'Albien supérieur.....	55
5.1.7. Grand Système Multicouche du Crétacé inf. Albien à Néocomien.....	55
5.2. ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE DU JURASSIQUE AU TRIAS	56
5.2.1. Grand système Aquifère du Tithonien du Bassin Parisien	58
5.2.2. Grand Domaine des Marnes du Kimméridgien	58
5.2.3. Grand Système Aquifère du Kimméridgien à l'Oxfordien supérieur	58
5.2.4. Grand Domaine des Marnes du Callovien du Bassin Parisien.....	59
5.2.5. Grand Système Multicouche du Jurassique moyen, Callovien à Aalénien (Dogger) du Bassin Parisien.....	59
5.2.6. Grand Domaine du Jurassique inférieur (Lias) du Bassin Parisien	60
5.3. ENTITÉS DU THÈME SOCLE.....	61
5.3.1. Le Houiller.....	64

5.4. ENTITÉS COMPLÉMENTAIRES (SURCOUCHE DU RÉFÉRENTIEL)	65
5.4.1. Alluvions	65
5.4.2. Colluvions	66
5.4.3. Les Altérites	66
5.4.4. Formations superficielles peu aquifères	68
5.4.5. Formations "témoins"	68
5.4.6. Les placages	69
6. Conclusion	71
5. Bibliographie	73

Liste des illustrations

Illustration 1 : Progression du référentiel sur le territoire métropolitain et dans les DOM	12
Illustration 2 - Localisation de la zone d'étude	14
Illustration 3 –Types d'entités hydrogéologiques.....	15
Illustration 4 : Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités	20
Illustration 5 - Représentation d'une entité hydrogéologique affleurante et sous couverture.....	22
Illustration 6 – Construction d'une entité NV2 à partir des entités NV3.....	22
Illustration 7 - Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.....	23
Illustration 8 - Nature des contacts entre entités et limites hydrogéologiques correspondantes	25
Illustration 9 - Extrait de la carte géologique harmonisée de la région Nord Pas de Calais.....	27
illustration 10 – Nom et numéro des cartes géologiques vectorisées au 1/50 000.....	28
illustration 11 – Deux coupes géologiques du Nord-Pas de Calais. (J. Beckelynck, 1981).....	29
Illustration 12 – Vue du Modèle Numérique de Terrain (MNT IGN au pas de 50 m) dans le bassin Artois-Picardie	30
<i>Illustration 13- Exemple d'utilisation de la topologie.....</i>	30
Illustration 14 – Répartition des logs géologiques extraits de la BSS	32
illustration 15 – Exemple de log géologique extrait de la BSS.....	32
Illustration 16 - Tableau de synthèse schématique illustrant l'organisation spatiale des entités sédimentaires de niveau 3 en Nord-Pas-de-Calais	33
Illustration 17- Construction d'une entité. Etape 1: partie affleurante. Etape 2 partie sous couverture.	35
Illustration 18 – Représentation d'une entité: en général une partie affleurante et une partie sous couverture	36
Illustration 19 - Affleurements dans le bassin Artois-Picardie des craies marneuses du Turonien moyen et inférieur.....	37
Illustration 20 – Délimitation approximative incluant les affleurements de la formation.....	38
illustration 21 – Délimitation finale (en rouge) comparée à la délimitation de l'étape 1 (en violet).	38
Illustration 22 – Limites de mise en captivité et d'improductivité de la nappe de la Craie	40
Illustration 23 – Limites des affleurements du Thanétien (ex-Landénien, J.Y. Caous).....	40
Illustration 24 - Représentation des limites du Cénomaniens aquifère	41
illustration 25 – Coupe schématique Nord - Sud (AB) – extrait de la coupe géologique schématique de Verchin à Wardrecques-BRGM	42
illustration 26 – Localisation géographique des principaux aquifères du Nord de la France.....	42
Illustration 27 – Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.....	43
Illustration 28 – Tables non géométriques de la géodatabase.....	44

Illustration 29 – Menu général de la géodatabase	44
Illustration 30 - Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général	45
Illustration 31 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs)	46
Illustration 32 – Exemple de sélection: entités de niveau 3 et d'ordre 1	46
Illustration 33 - Table des limites.	47
Illustration 34 – Table des natures de contacts entre entités	47
Illustration 35 – Editeur de cartes du modèle de gestion du référentiel.....	48
Illustration 36 – Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche)	49
Illustration 37 – Exemple de fiche descriptive (partie droite) d'une entité.....	50
Illustration 38 –Subdivisions stratigraphiques du Crétacé	52
<i>Illustration 39 - épaisseur de l'Albien- Aptien (B.Minguely)</i>	56
Illustration 40 – Série synthétique et simplifiée des formations jurassiques du Boulonnais (J.Thierry et al., 1996)	57
Illustration 41- ecorché du Paléozoïque (CFP et al., 1965).	62
Illustration 42 – Affleurements du socle dans le bassin Artois Picardie	63
Illustration 43 – Extrait de la Charte Stratigraphique BRGM (Y. Callec et al., 2006).....	63
Illustration 44 - Coupe géologique nord-sud du socle (région Est de Béthune)	64
<i>Illustration 45 – Localisation des alluvions en Artois-Picardie</i>	66
Illustration 46 – Localisation des colluvions en Artois-Picardie.	67
Illustration 47 – Localisation des altérites en Artois-Picardie.....	67
Illustration 48 - Formations superficielles peu aquifères en Artois-Picardie	68
Illustration 49 - Exemple d'identification de "formations témoins"	69
Illustration 50 – Localisation des placages de sables du Thanétien.....	70

Liste des annexes

Annexe 1 – Tableau multi-échelles	75
Annexe 2 - Brefs rappels de l'histoire géologique de la région Nord-Pas-de-Calais (Nord du Bassin de Paris)	77
Annexe 3 - Echelle stratigraphique du bassin de Paris	81
Annexe 4 - Lexique de caractérisation des entités	89
Annexe 5 Le modèle de gestion du référentiel et la géodatabase associée.....	93

1. Introduction

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

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

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.

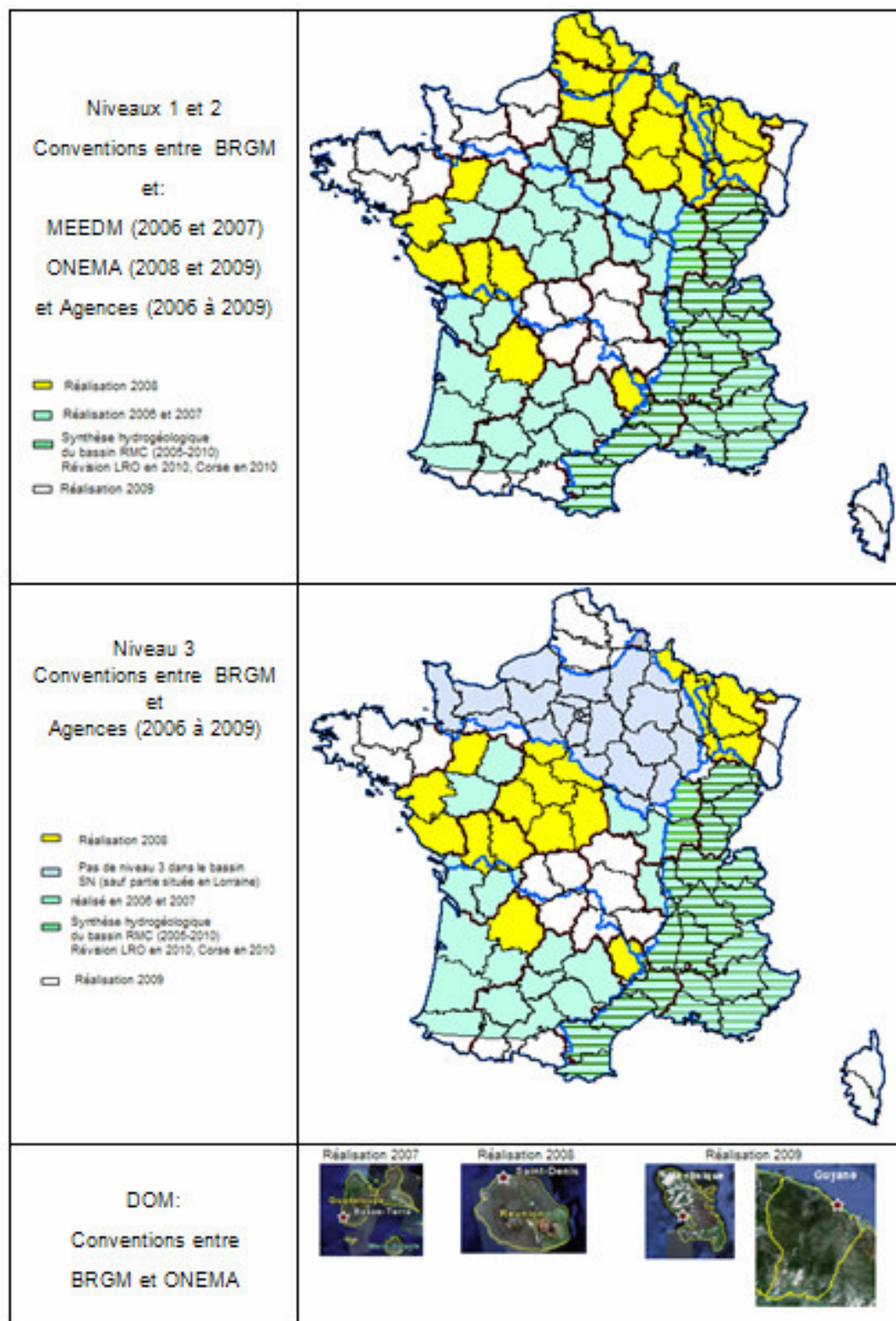


Illustration 1 : Progression du référentiel sur le territoire métropolitain et dans les DOM

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.

Bassin Artois-Picardie

Le présent rapport rend compte des travaux de délimitation des entités hydrogéologiques dans le bassin Artois-Picardie.

Cette opération a reçu un soutien financier de l'ONEMA et de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie. Pour les niveaux national et régional (NV1 et NV2), elle s'inscrit dans le cadre d'une convention de partenariat entre le BRGM et l'ONEMA d'une part (convention du 24/01/2008), le BRGM et l'Agence de l'Eau Artois-Picardie d'autre part (convention n° 68306 du 02/07/2009).

La réalisation du niveau local (NV3) a fait l'objet d'une convention particulière entre le BRGM et l'Agence de l'Eau Artois-Picardie (convention n° 80341 du 19/03/2010).

Le travail a porté sur:

- le découpage (identification et cartographie) des entités hydrogéologiques du thème "Sédimentaire" de l'Eocène au jurassique moyen (Bajocien).
- le découpage des entités hydrogéologiques correspondant aux formations du Quaternaire et du Paléozoïque dans les départements du Nord (59), du Pas-de-Calais (62), de la Somme(80) et d'une partie de L'Aisne (60).

Le contexte géologique du Bassin Artois-Picardie est présenté en annexe 2. L'illustration 2 présente le secteur d'étude, qui s'étend sur les deux départements de la région Nord-Pas-de-Calais, sur le département de la Somme et sur une partie du département de l'Aisne.

Le secteur est borné au Nord-ouest par la Mer du Nord, à l'ouest par la Manche et par la zone des formations de Socle à l'est (socle des Ardennes). Les formations affleurantes sont essentiellement du Crétacé inférieur et du Tertiaire.

Le critère structural a aussi été utilisé, notamment dans le Boulonnais où les failles majeures ont été utilisées dans la délimitation des entités.

Pour des raisons méthodologiques, la délimitation a été conduite simultanément aux trois niveaux de découpage. Ce rapport fait donc aussi état du découpage au niveau 3 (NV3), difficilement dissociable des 2 autres niveaux. Enfin, ce rapport doit être considéré comme un rapport d'étape, l'harmonisation interrégionale (Bassin Parisien) restant à faire ainsi que la validation du découpage des entités.

Parmi les entités du secteur d'étude, plusieurs s'étendent à la fois sur les régions Nord-Pas-de-Calais et Picardie. Une concertation et une méthode de travail commune aux Services géologiques régionaux de ces deux régions ont donc été mises en place pour la délimitation des entités hydrogéologiques selon les trois niveaux de découpage (local, régional et national).

Ce travail a été réalisé conformément aux recommandations du guide méthodologique national édité en 2003 par le BRGM et aux propositions faites en 2007 dans le cadre de l'actualisation de ce guide demandée par le comité de pilotage du Référentiel.

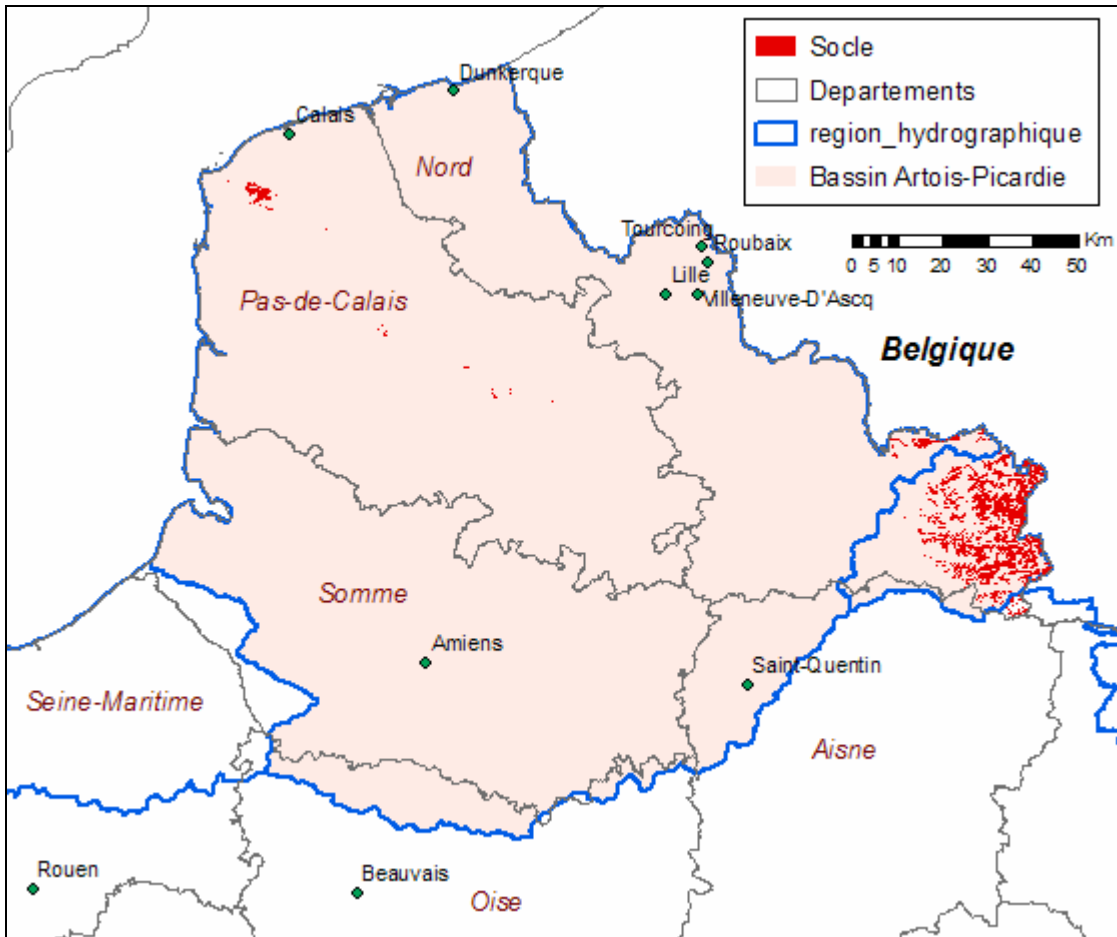


Illustration 2 - Localisation de la zone d'étude

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

La délimitation des entités hydrogéologiques respecte les principes généraux de la méthodologie détaillée dans le guide méthodologique national (rapport BRGM RP-52264-FR, 2004). Mais des adaptations ont été nécessaires 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 en 2010).

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

2.1. PRINCIPES DE CONSTRUCTION

2.1.1. Les "thèmes" du référentiel

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

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

2.1.2. Les différents types d'entités hydrogéologiques

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

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

Illustration 3 – Types d'entités hydrogéologiques

• **Le grand système aquifère (NV1)**

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

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

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

• **Le système aquifère (NV2)**

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

• **Le domaine hydrogéologique (NV2)**

Un domaine hydrogéologique est une entité hydrogéologique peu 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 sont possibles localement et périodiquement.

• **L'unité semi-perméable (NV3)**

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

• **L'unité imperméable (NV3)**

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

2.1.3. Les niveaux d'identification

Trois niveaux d'identification des entités hydrogéologiques ont été retenus dans ce nouveau référentiel. Ces niveaux d'utilisation reflètent les besoins très différents des futurs utilisateurs du référentiel. Ils ne définissent pas 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, codification et dénomination des entités sont provisoires. Une harmonisation sera faite au niveau national lorsque tout le territoire sera couvert par le référentiel (année 5 prévue en 2010).

2.2. LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS

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

2.2.1. Principes sous-jacents

Le "modèle de gestion du référentiel" a été développé sous ArcGis (actuellement version 9.31) et s'appuie sur un modèle conceptuel de données (annexe 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,

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

2) Ordonnement vertical des entités en définissant un ordre de superposition. Le modèle de gestion permet de passer d'un ordre dit absolu à un ordre dit relatif (§ 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 traçages,
- "pointements" de socle dans le sédimentaire.

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).

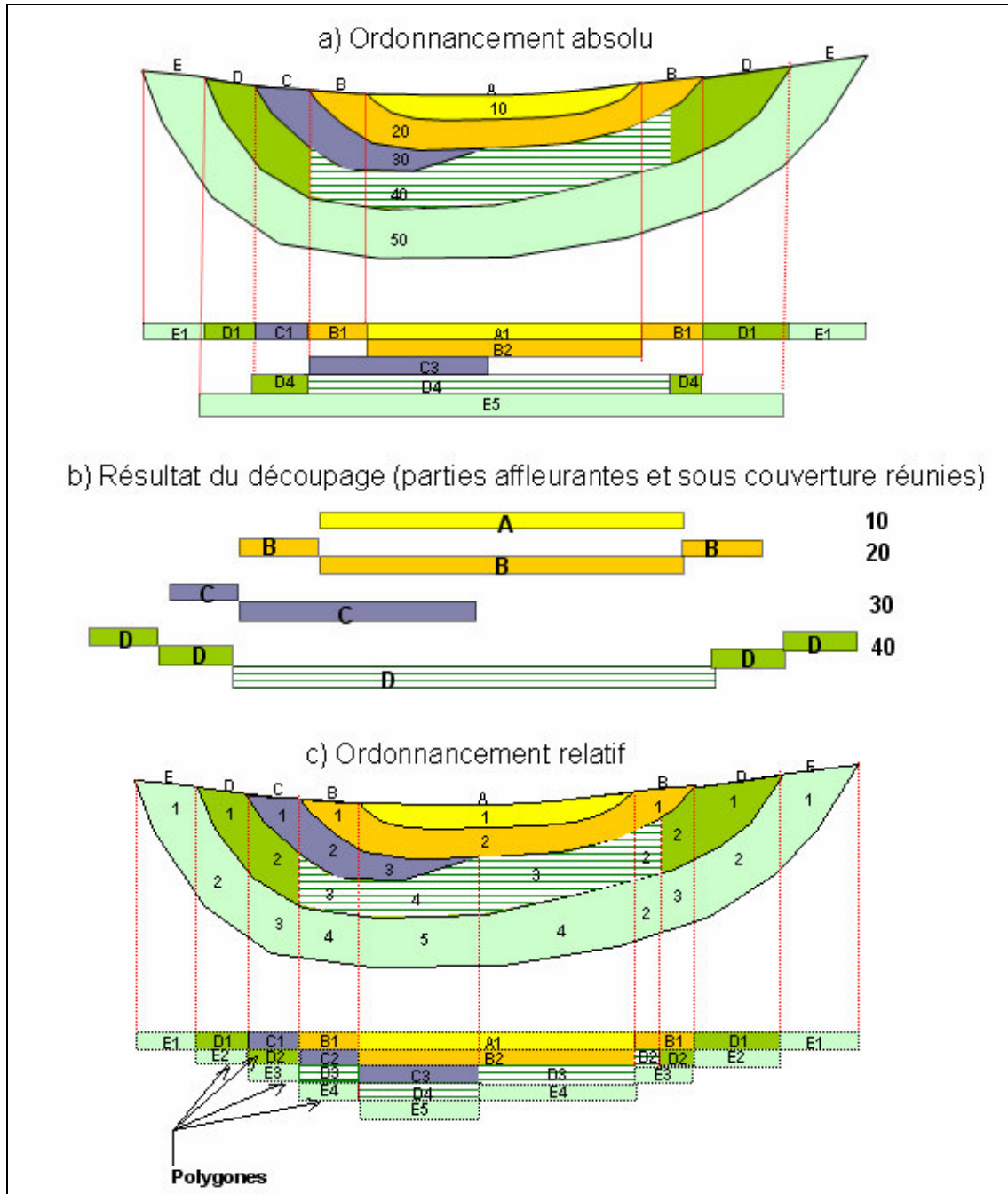


Illustration 4 : Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités

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).

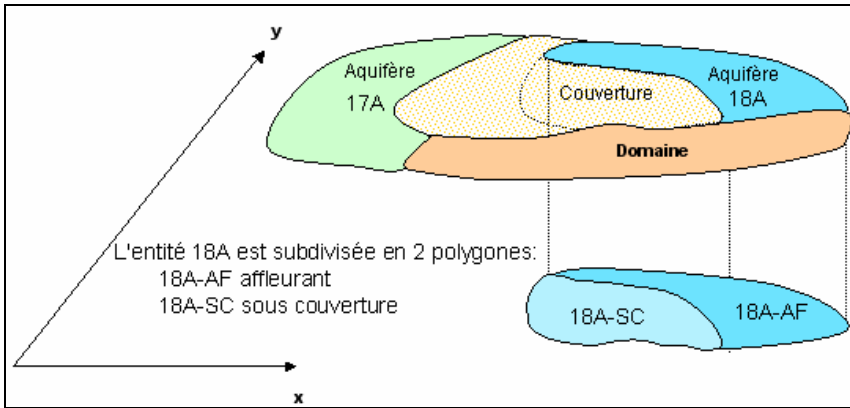


Illustration 5 - Représentation d'une entité hydrogéologique affleurante et sous couverture

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).

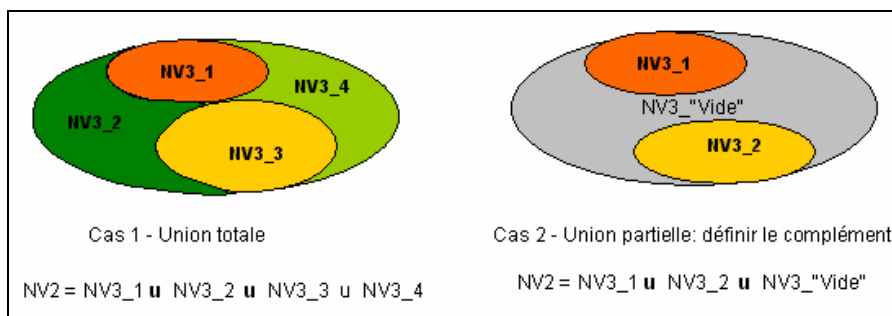


Illustration 6 – Construction d'une entité NV2 à partir des entités NV3

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.

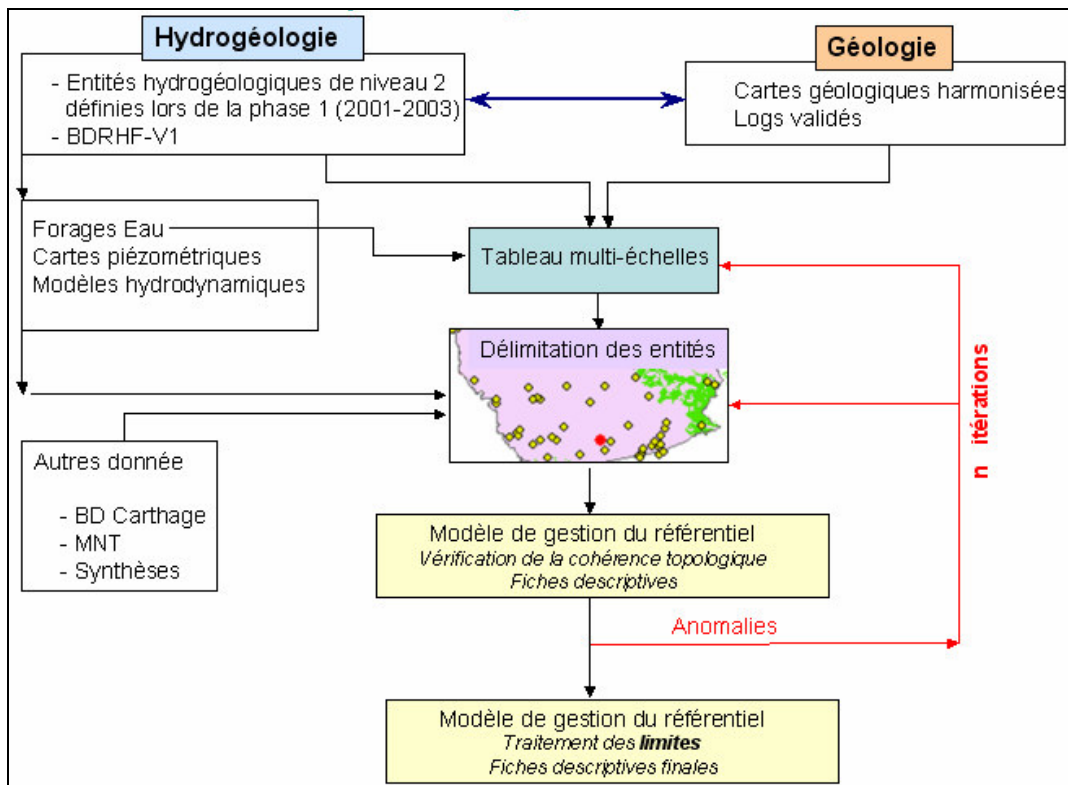


Illustration 7 - Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage

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

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

- cartes géologiques harmonisées (illustration 9) des régions Nord-Pas-de-Calais et Picardie à l'échelle du 1/50 000^{ème},
- cartes géologiques à 1/50 000^{ème} et notices,
- Modèle Numérique de Terrain de l'IGN au pas de 50 m (MNT),
- référentiel des masses d'eau souterraines (MESO),
- logs géologiques vérifiés extraits de la BSS (illustration 10),
- coupes géologiques,
- cartes de toits et murs de formations géologiques,
- informations recueillies dans différents rapports d'études, cités en bibliographie,
- informations fournies par les géologues régionaux des Services Géologiques Nord-Pas-de-Calais et Picardie.

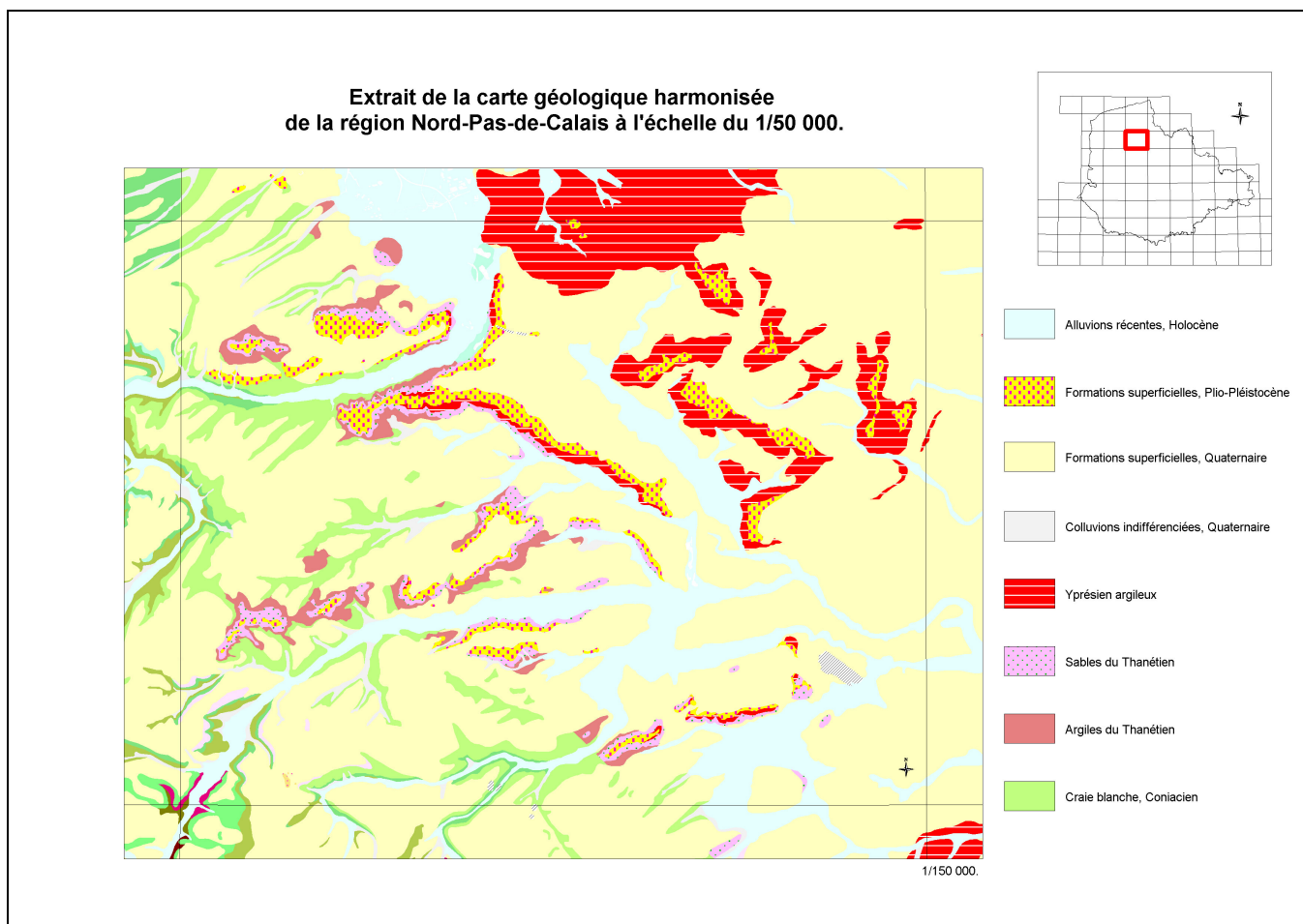


Illustration 9 - Extrait de la carte géologique harmonisée de la région Nord Pas de Calais.

Les cartes vectorisées au 1/50 000^{ème} ont été essentiellement utilisées pour subdiviser des entités de niveau régional (NV2) en niveau local (NV3). En effet, la distinction des formations géologiques y est plus détaillée que sur les cartes harmonisées. De plus, ces cartes contiennent souvent les informations relatives aux appellations locales utilisées dans la bibliographie régionale.

Des coupes géologiques (illustration 11) ont été utilisées afin de préciser les contours des formations en profondeur. Ces coupes fournissent aussi des indications sur l'extension de la formation géologique considérée.

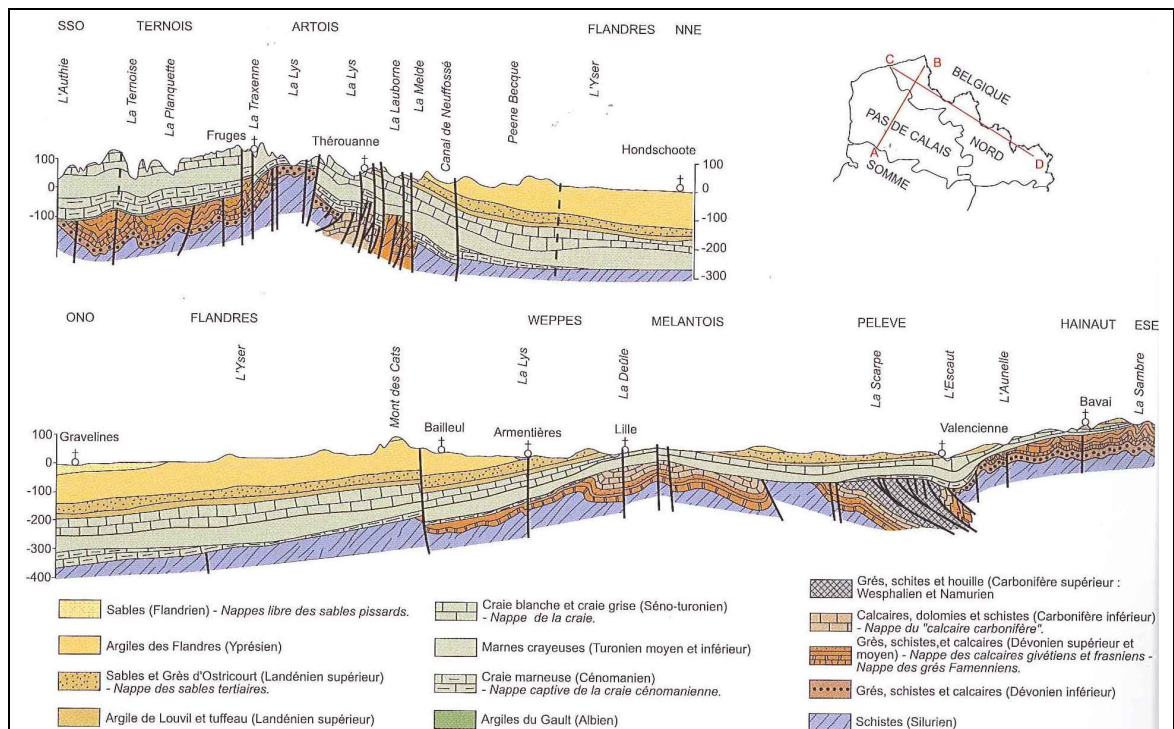


illustration 11 – Deux coupes géologiques du Nord-Pas de Calais. (J. Beckelyncq, 1981)

3.1.2. Modèle numérique de terrain

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) de l'IGN, au pas de 50 m, a été utilisé afin d'approcher au mieux les limites des formations peu profondes présentant une discontinuité au niveau des affleurements (présence de placages) et pour lesquelles les données de sondages faisaient défaut (illustrations 12 et 13).

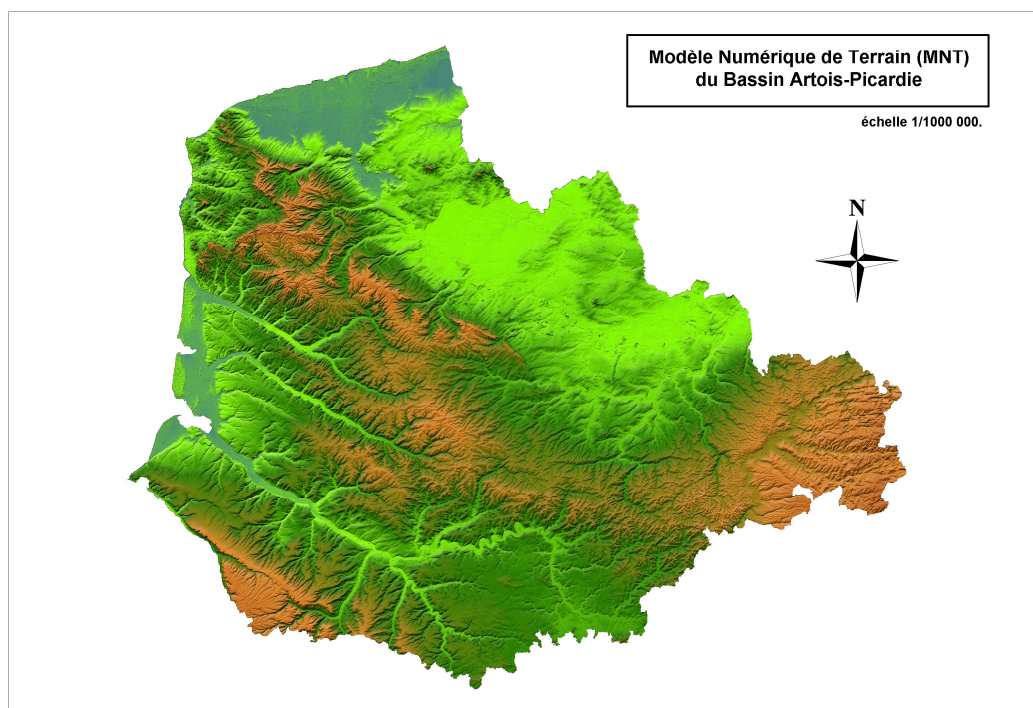


Illustration 12 – Vue du Modèle Numérique de Terrain (MNT IGN au pas de 50 m) dans le bassin Artois-Picardie

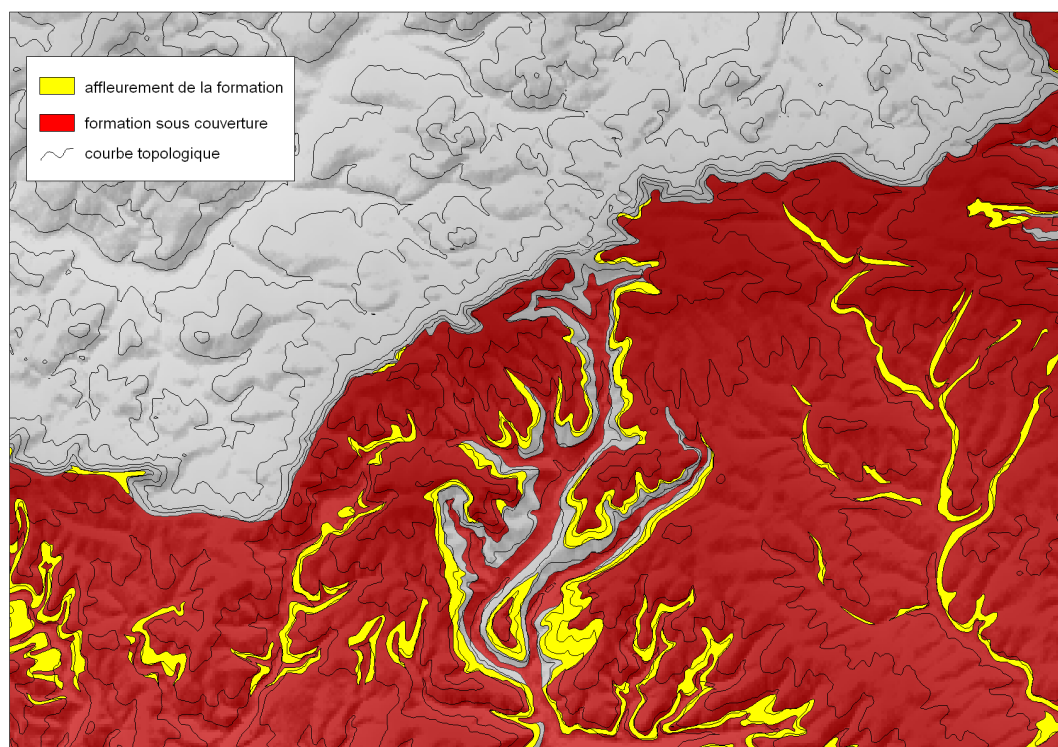


Illustration 13- Exemple d'utilisation de la topologie

3.1.3. Logs géologiques

Dans le bassin, 4032 logs géologiques vérifiés ont été extraits de la Banque de données du Sous-Sol (illustrations 14 et 15). Ces logs, auxquels correspondent 31711 passes lithologiques, fournissent des informations sur les profondeurs et épaisseurs des formations géologiques. Ils ont permis d'affiner le découpage et de préciser les limites des entités sous recouvrement.

La répartition de ces logs est assez uniforme dans l'ensemble avec une densité qui s'accroît dans les régions de Péronne - Cambrai, les Ardennes et de Lille. La densité est moindre dans les secteurs de Valenciennes, Saint-Quentin, Douai, Arras, Montreuil.

3.2. ÉLABORATION DU TABLEAU MULTI-ÉCHELLES

Un pseudo-log stratigraphique valable pour l'ensemble du secteur étudié a été élaboré. Ce document de travail permet de réfléchir à l'ordonnement vertical et à l'équivalence latérale des formations les unes par rapport aux autres. Toutes les formations issues des cartes géologiques au 1/50 000 sont listées, classées et regroupées suivant des critères litho-stratigraphiques et hydrogéologiques. Le tableau multi-échelles constitue l'étape finale de l'analyse géologique et hydrogéologique avec des regroupements opérés suivant les 3 niveaux de délimitation (NV1, NV2 et NV3). Il comprend l'ensemble des formations depuis les alluvions récentes (Quaternaire) jusqu'au Gédinien (Dévonien inférieur). Il est reporté en **annexe 1**.

Le tableau de l'illustration 16 permet de fournir une représentation synthétique du positionnement relatif des entités NV3 suivant un découpage géographique schématique.

Au total, ont été identifiées et délimitées:

- **41 entités de niveau local (NV3),**
- **31 systèmes aquifères ou domaines du niveau régional (NV2),**
- **16 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1).**
- **6 groupes d'entités complémentaires** constituant la "**surcouche**" du référentiel et dont les contours restent identiques aux trois niveaux de découpage:
 - les alluvions,
 - les colluvions
 - les altérites,
 - les formations résiduelles,
 - les placages de sables du Thanétien,
 - les autres formations superficielles.

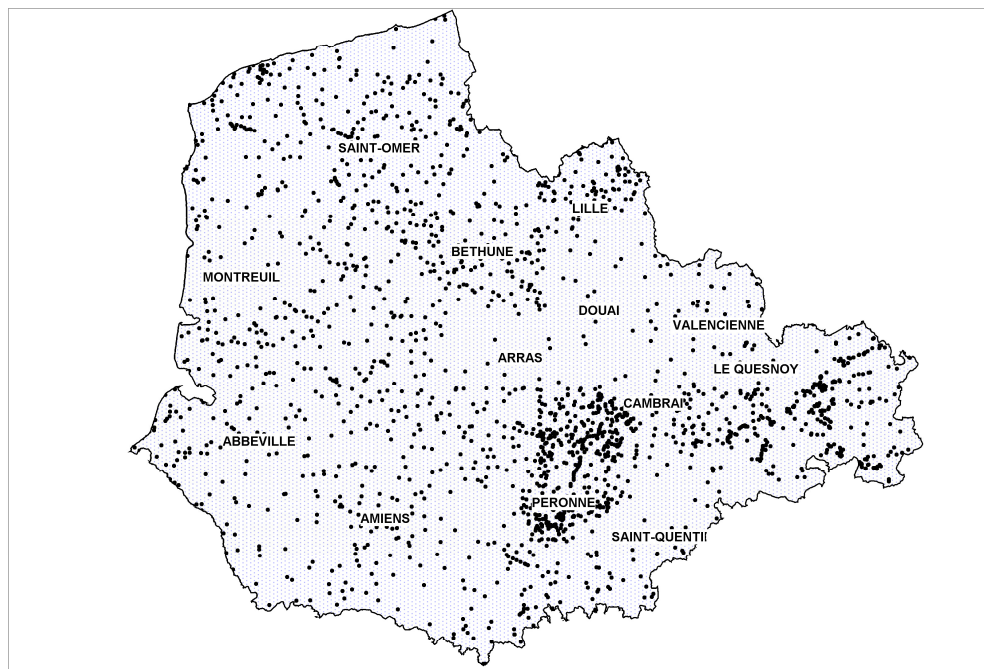


Illustration 14 – Répartition des logs géologiques extraits de la BSS

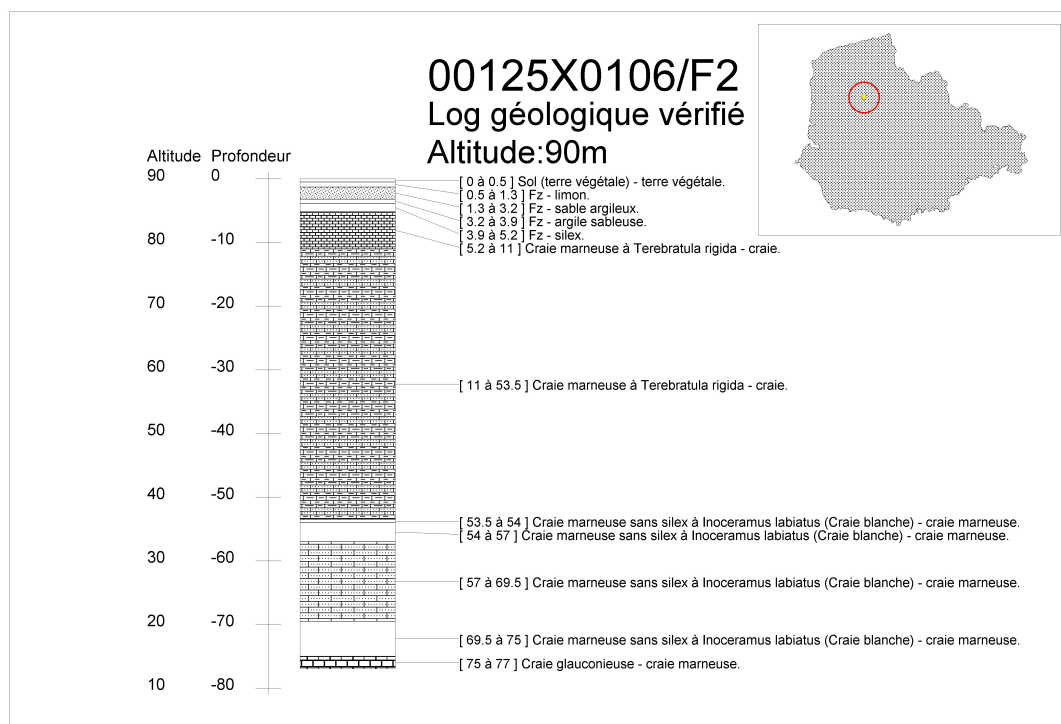


illustration 15 – Exemple de log géologique extrait de la BSS.

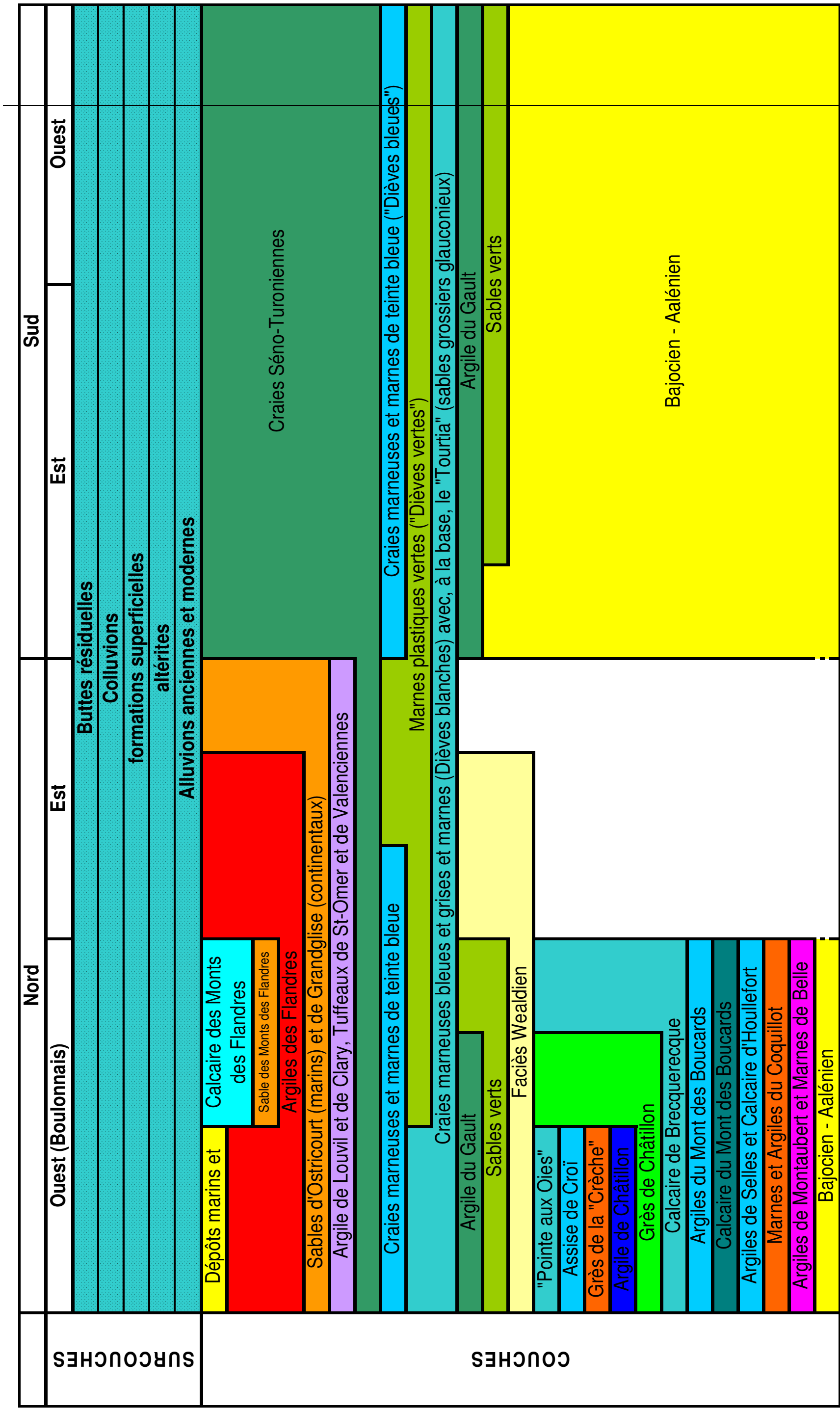


Illustration 16 - Tableau de synthèse schématique illustrant l'organisation spatiale des entités sédimentaires de niveau 3 en Nord-Pas-de-Calais

3.3. DÉLIMITATION DES ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE

3.3.1. Méthodologie

En général, une entité hydrogéologique est constituée d'une partie affleurante et d'une partie sous couverture (illustrations 17 et 18). Les limites à l'affleurement de l'entité sont extraites des cartes géologiques. En raison de l'existence de placages, elles sont souvent discontinues. La reconstitution des parties manquantes a nécessité un important travail d'analyse. Les limites en profondeur sont tracées à partir de l'analyse des logs de forages, des documents existants et à dire d'expert.

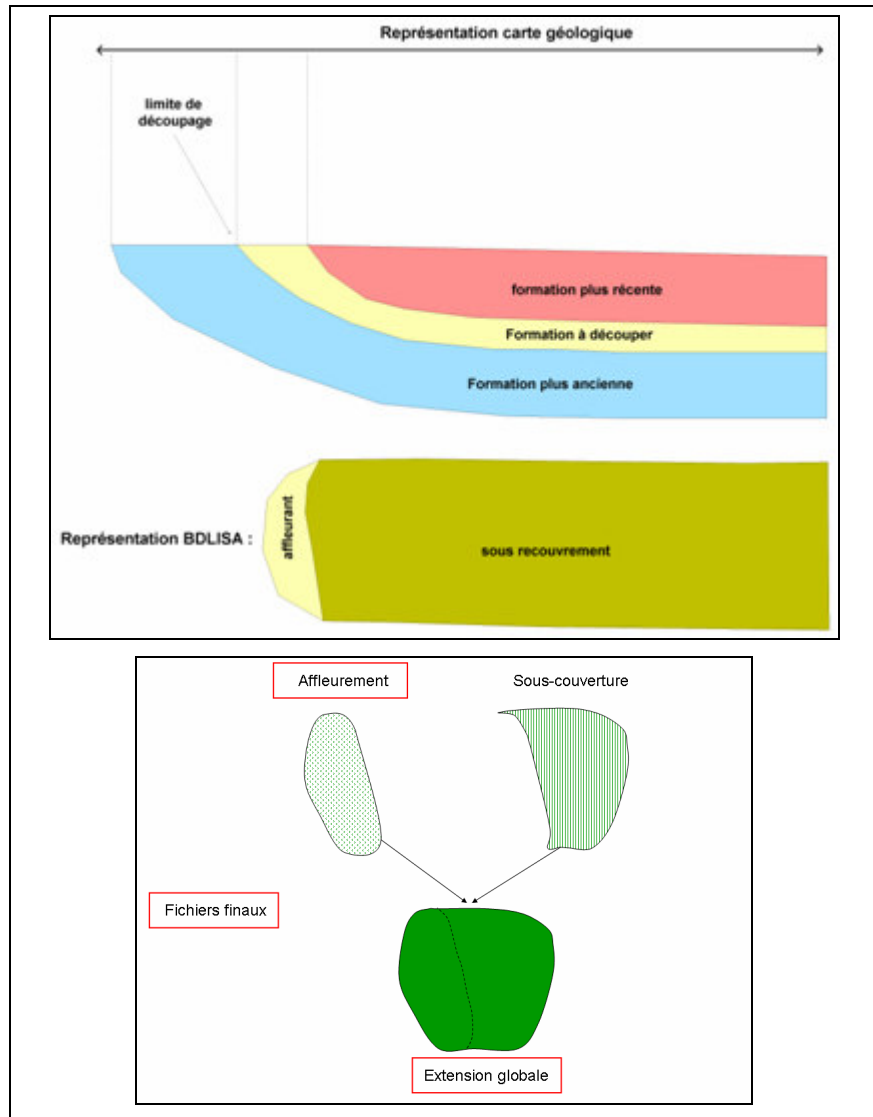


Illustration 17- Construction d'une entité. Etape 1: partie affleurante. Etape 2 partie sous couverture.

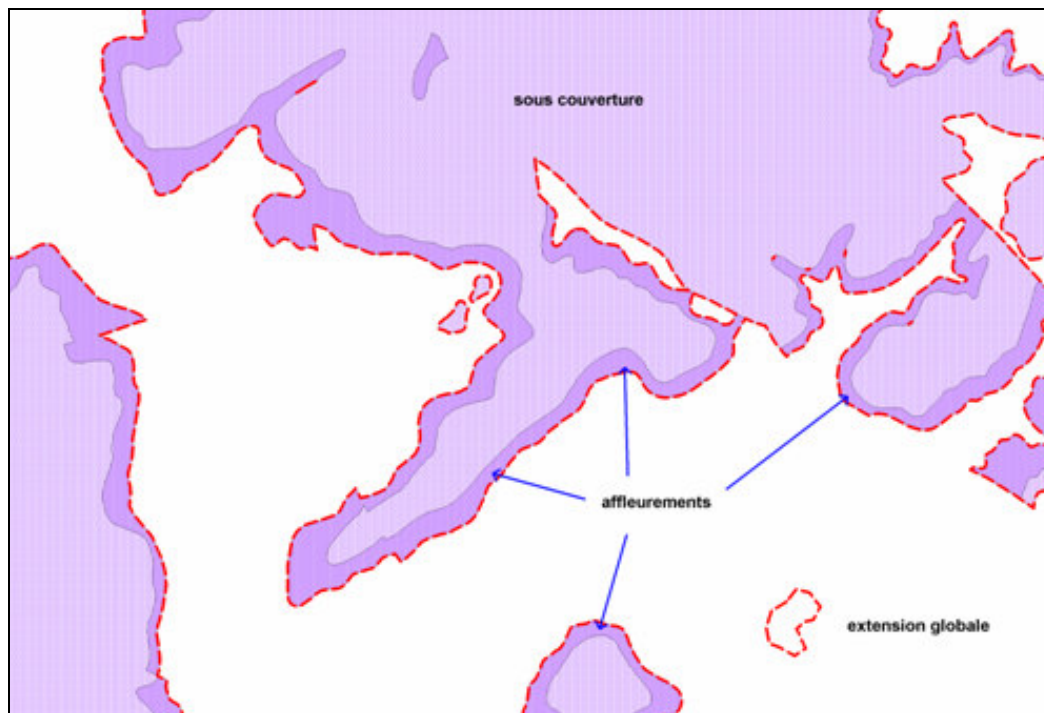


Illustration 18 – Représentation d'une entité: en général une partie affleurante et une partie sous couverture

La délimitation d'une entité s'appuie aussi sur les affleurements plus anciens : le contour d'une entité donné ne pouvant pas recouper les zones d'affleurements d'une formation plus ancienne.

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

3.3.2. Exemples de délimitation d'une entité hydrogéologique

3.3.2.1. La formation crayeuse et marneuse du Turonien moyen et inférieur.

La formation des Craies marneuses du Turonien moyen et inférieur est un domaine hydrogéologique qui s'étend pratiquement sur tout le bassin Artois-Picardie.

Les affleurements sont fournis par les cartes géologiques harmonisées du Nord-Pas de Calais, de la Somme et de l'Aisne à l'échelle du 1/50 000 (illustration 19).

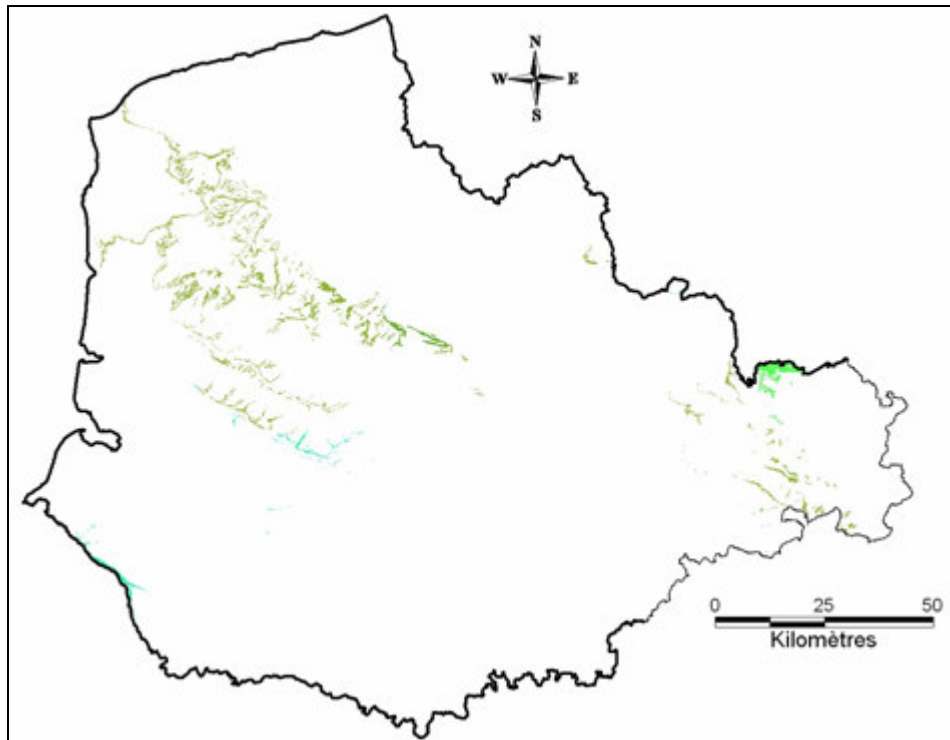


Illustration 19 - Affleurements dans le bassin Artois-Picardie des craies marneuses du Turonien moyen et inférieur

(les affleurements sont extraits des cartes géologiques harmonisées au 1/50 000 des régions Nord-Pas de Calais et Picardie).

Dans un premier temps, l'extension approximative de la formation est tracée à l'écran en fonction des affleurements et des terrains plus anciens (illustration 20).

L'usage des forages ainsi que les connaissances du géologue régional permettent d'affiner cette première délimitation.

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

Il faut ensuite préciser les contours de l'extension, tout en respectant les contraintes fixées précédemment (illustration 21)

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 la 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. En l'absence de contrainte, le contour final de l'extension est identique au contour non affiné.

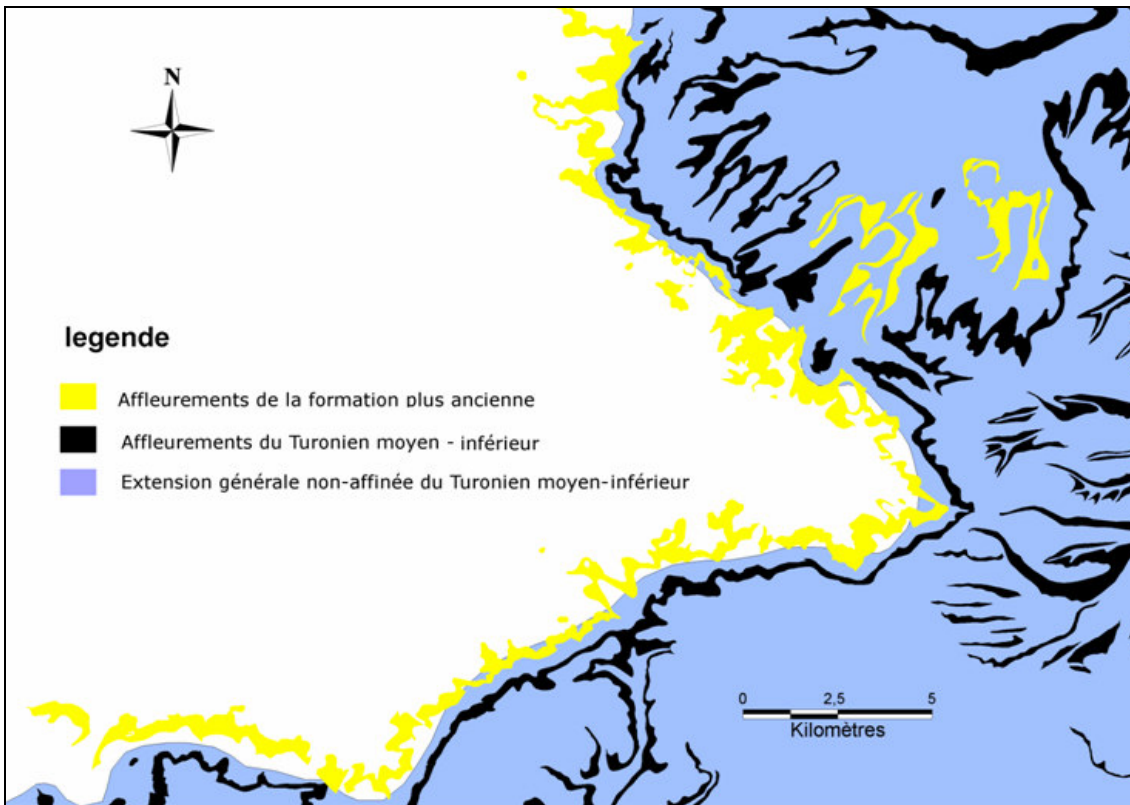


Illustration 20 – Délimitation approximative incluant les affleurements de la formation.

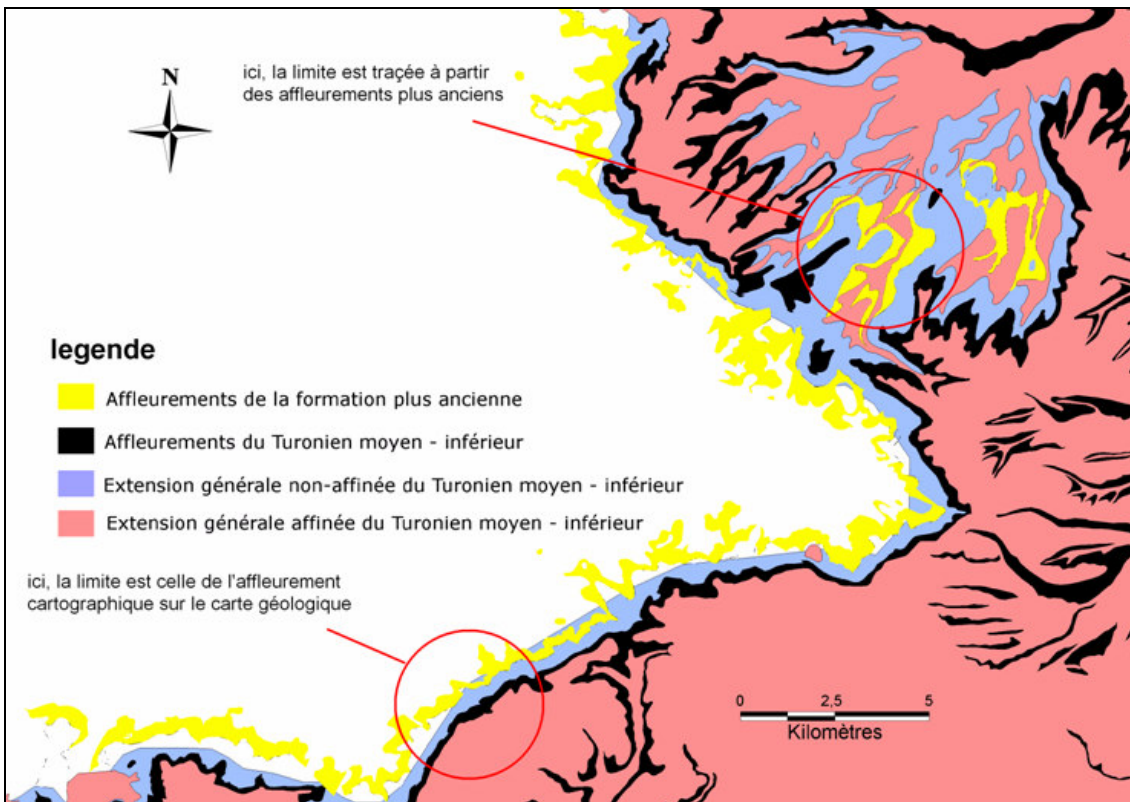


illustration 21 – Délimitation finale (en rouge) comparée à la délimitation de l'étape 1 (en violet).

3.3.2.2. Craie Sénonienne blanche (Turonien supérieur-Coniacien)

La Craie sénonienne perd son caractère aquifère sous les couvertures de l'Yprésien et du Thanétien par "fermeture" ce qui la rend hydrogéologiquement de faible intérêt.

La craie passe ainsi d'un état libre à captif et, à partir d'une certaine profondeur, ne constitue plus un réservoir aquifère.

La limite de "mise en captivité" de la craie aquifère (illustration 22), limite fluctuante et difficile à cartographier, a été fixée approximativement aux limites des affleurements du Thanétien (Argiles de Louvil + Sables d'Ostricourt, illustration 23) et la limite de l'entité hydrogéologique de la craie aux limites d'improductivité, à environ 3 kilomètres au nord des affleurements de l'argile de Louvil.

Ces argiles épaisses, recouvrent aussi cette craie au niveau de la région de Valenciennes, mais cette formation tend à se réduire en épaisseur en allant vers l'est, raison pour laquelle la craie présente encore un caractère aquifère dans ce secteur.

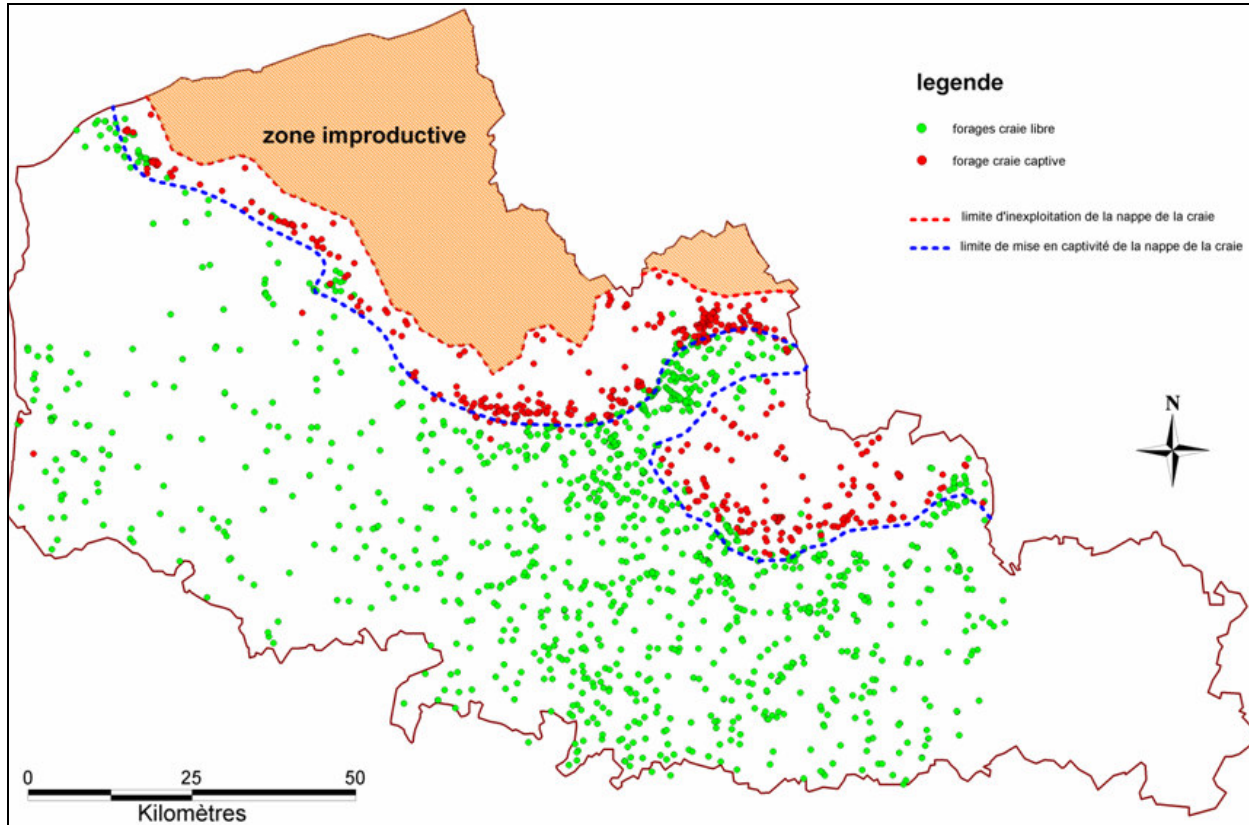


Illustration 22 – Limites de mise en captivité et d'improductivité de la nappe de la Craie

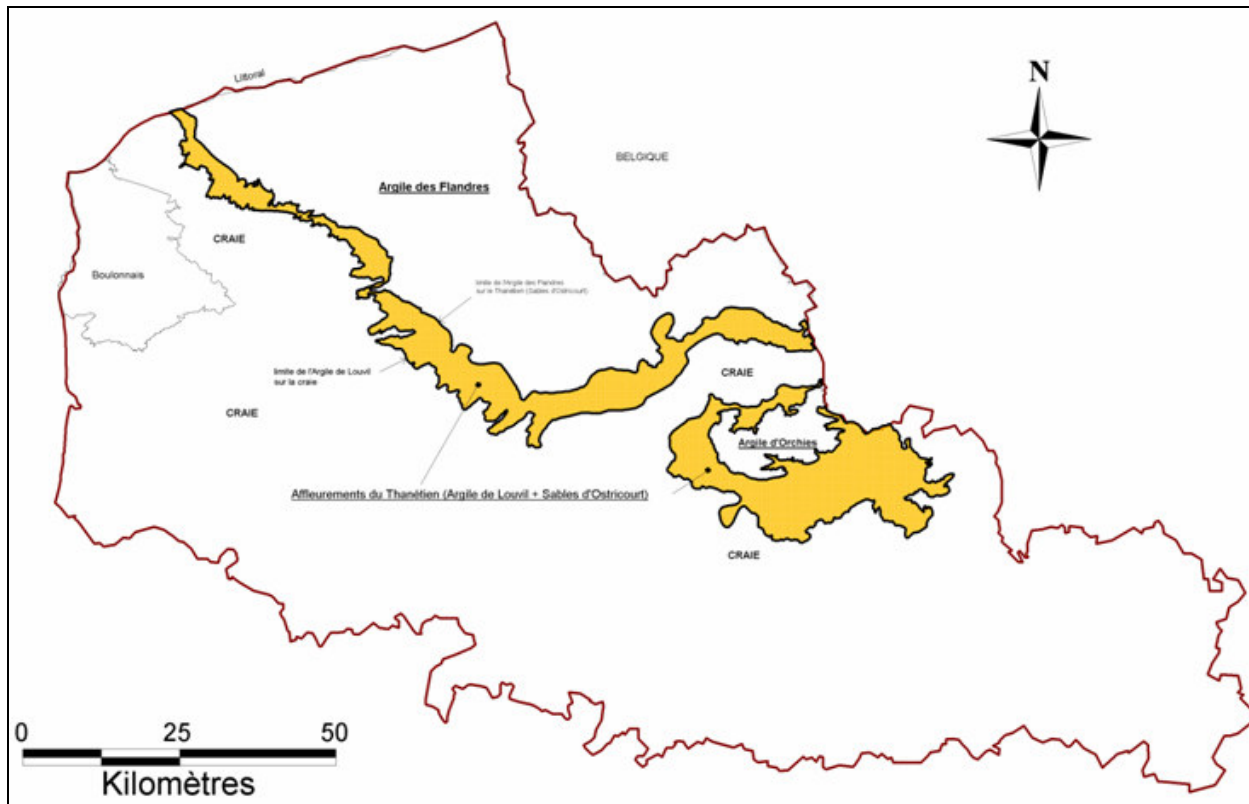


Illustration 23 – Limites des affleurements du Thanétien (ex-Landénien, J.Y. Caous)

3.3.2.3. Craies marneuses du Cénomanien

Globalement, le Cénomanien est non aquifère (illustrations 24, 25 et 26). Néanmoins, il l'est sur certains secteurs et constitue un aquifère bicouche avec celui de la Craie dont il est séparé par les Dièves du Turonien moyen et inférieur.

En raison de variations de faciès du Crétacé supérieur et de la structure régionale, le réservoir crayeux n'est pas partout le même et n'est pas non plus unique.

A la périphérie de la boutonnière du Boulonnais, la nappe est principalement contenue dans la craie Cénomanienne en raison du relèvement anticlinal.

Plus au sud est, le Cénomanien contient une nappe captive sous le Turonien inférieur.

A l'est de Saint-Pol-sur-Ternoise et de Frévent, vers le sud et au Nord des failles de Marqueffles et de Pernes, le Cénomanien devient plus marneux et ne renferme plus de nappe exploitable.

Les contours de cette entité ont été tracés sur la base de travaux réalisés en 1978 et ont une précision de l'ordre du document présenté par l'illustration 26.

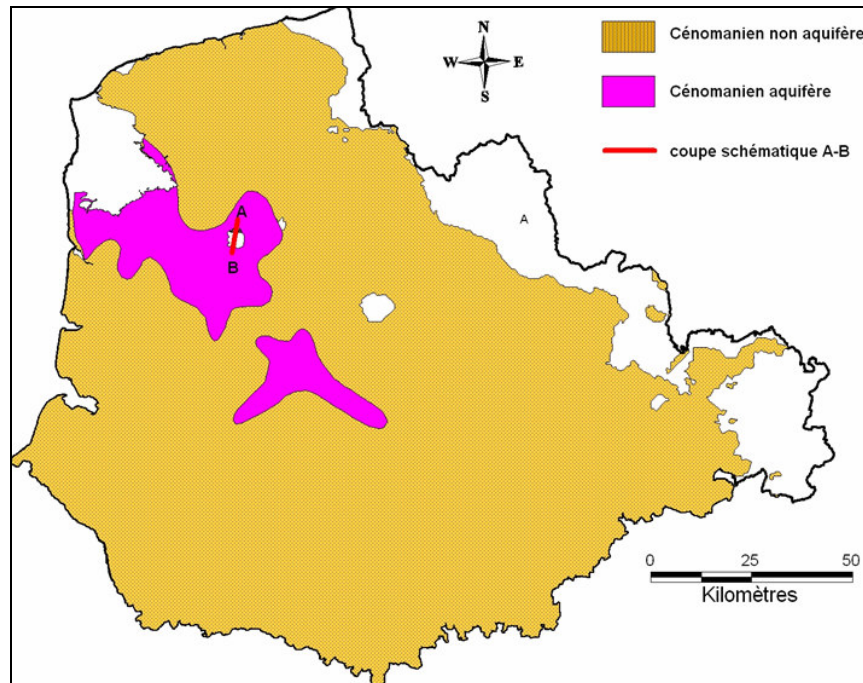


Illustration 24 - Représentation des limites du Cénomanien aquifère

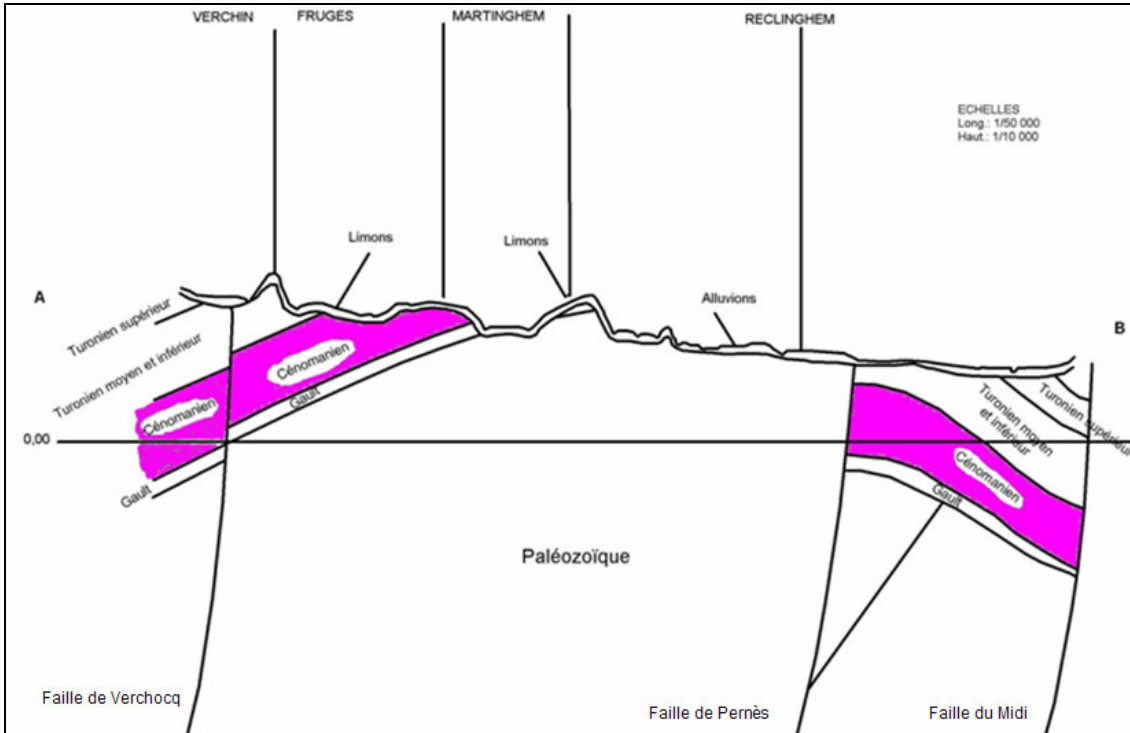


illustration 25 – Coupe schématique Nord - Sud (AB) – extrait de la coupe géologique schématique de Verchin à Wardrecques-BRGM

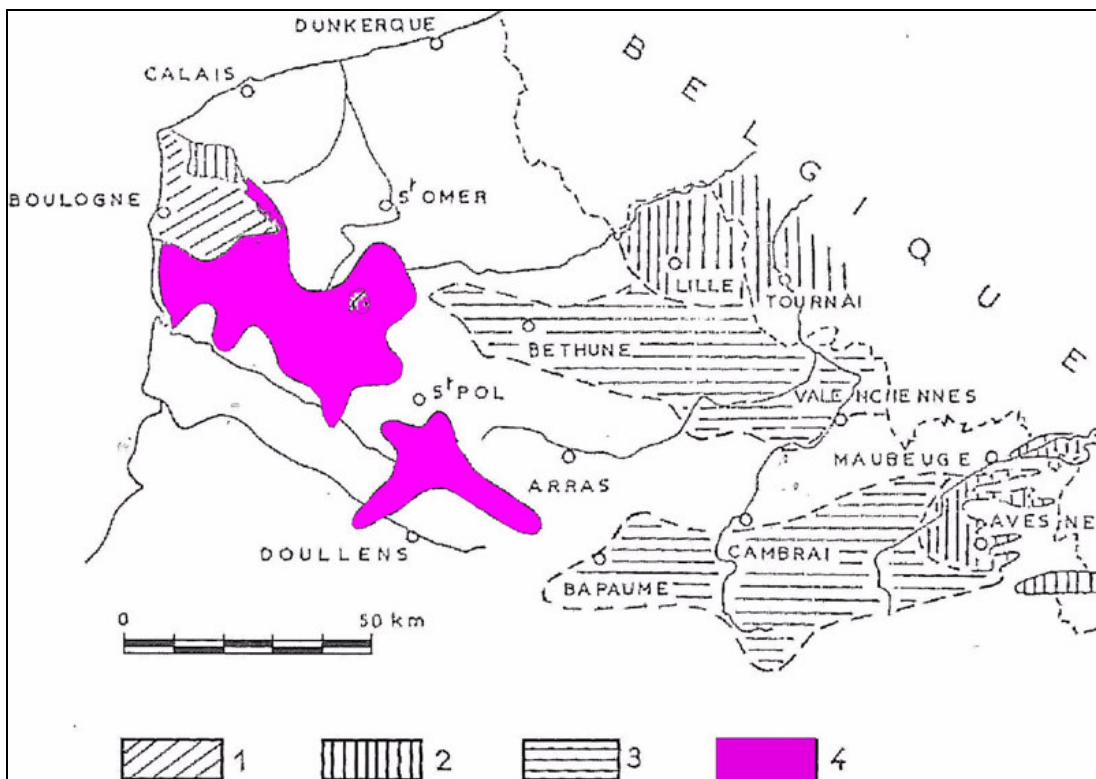


illustration 26 – Localisation géographique des principaux aquifères du Nord de la France (d'après J. Mania, 1978)

Légende : 1. Aquifères du Jurassique, 2. Aquifères exploités du Paléozoïque, 3. Aquifères Paléozoïque non exploités, 4. Aquifères du Cénomanien.

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 27).

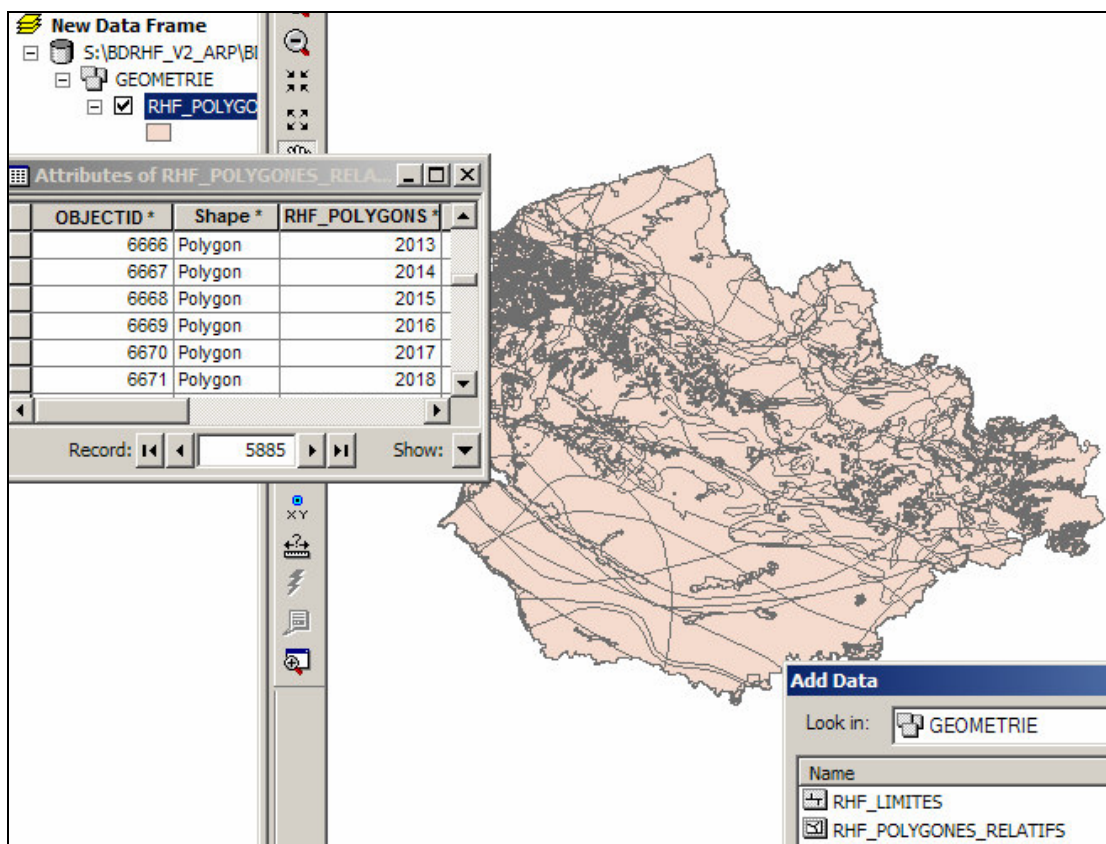


Illustration 27 – Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap

La géodatabase contient aussi d'autres tables, sans géométrie associée (BDRHF_Table_Murs, BDRHF_Table_Toits, BDRHF_Table_Ordres,...illustration 28).

Ces tables sont décrites en annexe 5.

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 28 – 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 29).

UserForm1
Version 1.0

BDLISA

Choix d'une entité pour un niveau d'analyse

Représenter l'entité:

Entités thématiques du niveau courant

Quelle unité : _____ Quel thème (spécifique niveau des surcouches): _____

Niveau local

Choix d'un ordre de recouvrement (1-affleurant)

Pour le niveau local représenter l'ordre de recouvrement

représenter le thème :

Affichage des limites affleurantes

Représenter les limites affleurantes du niveau courant

S:\BDRHF_V2_ARP\BDLISA\Référentiel_LISA\LISA_Décembre_2009\Référentiel

Repertoire de travail S:\BDRHF_V2_ARP\BDLISA\Référentiel_LISA\LISA_Décembre_2009\

Illustration 29 – Menu général de la géodatabase

Illustration provisoire (faite avant recodage des entités)

L'illustration 30 présente un exemple de sélection d'entité (F8HIM_1, *Sables verts de l'Albien*) effectuée à partir du menu ci-dessus (illustration 30, "Représenter l'entité par son emprise").

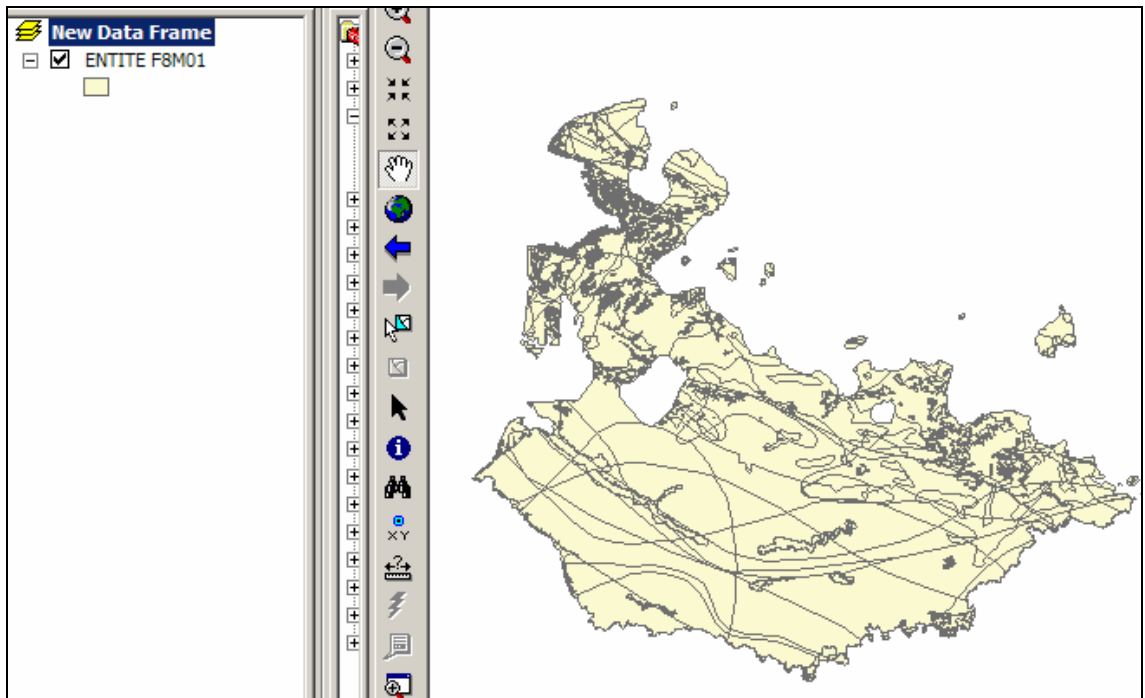
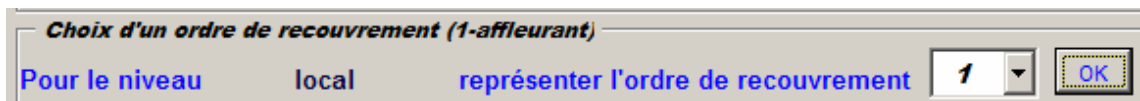


Illustration 30 - Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général

Illustration provisoire (faite avant recodage des entités)

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 31).

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



L'illustration 32 présente une vue des entités de niveau 3 et d'ordre 1 (une couleur à est affectée à chaque entité).

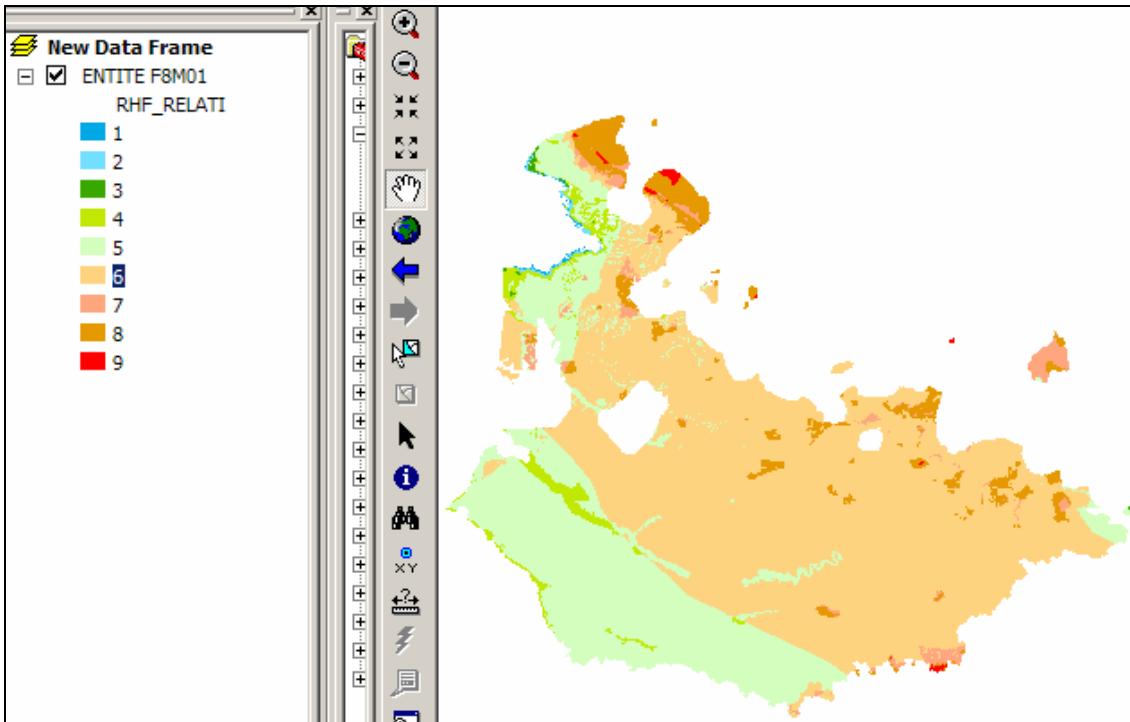


Illustration 31 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs)

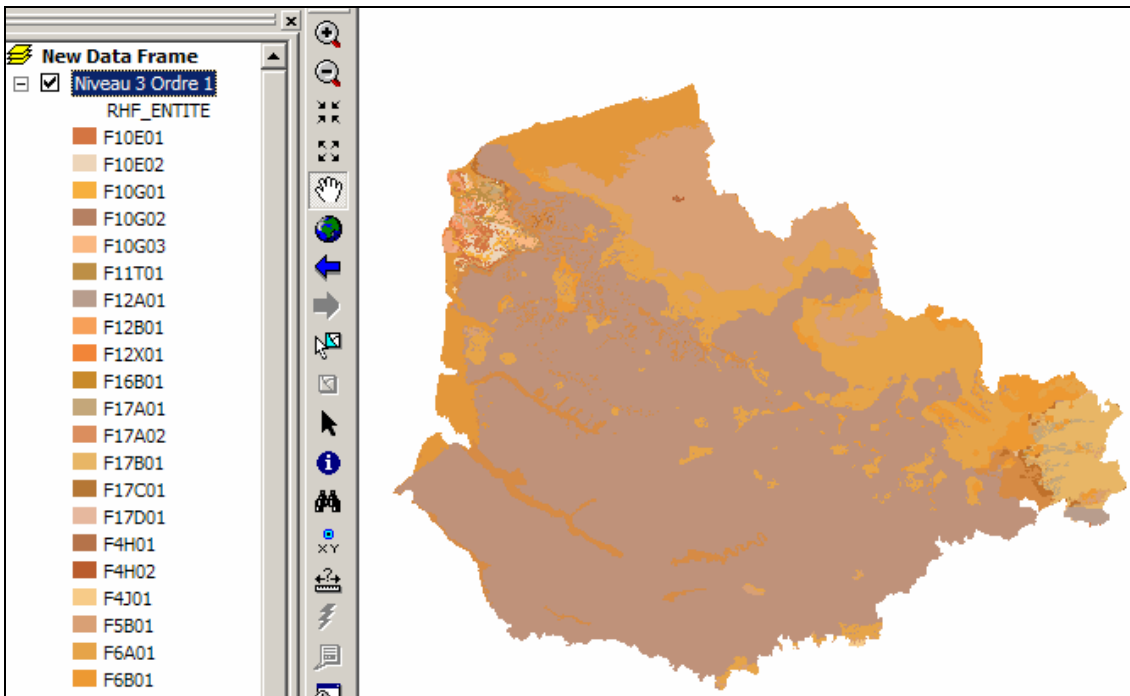


Illustration 32 – Exemple de sélection: entités de niveau 3 et d'ordre 1

Limites et table des limites

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

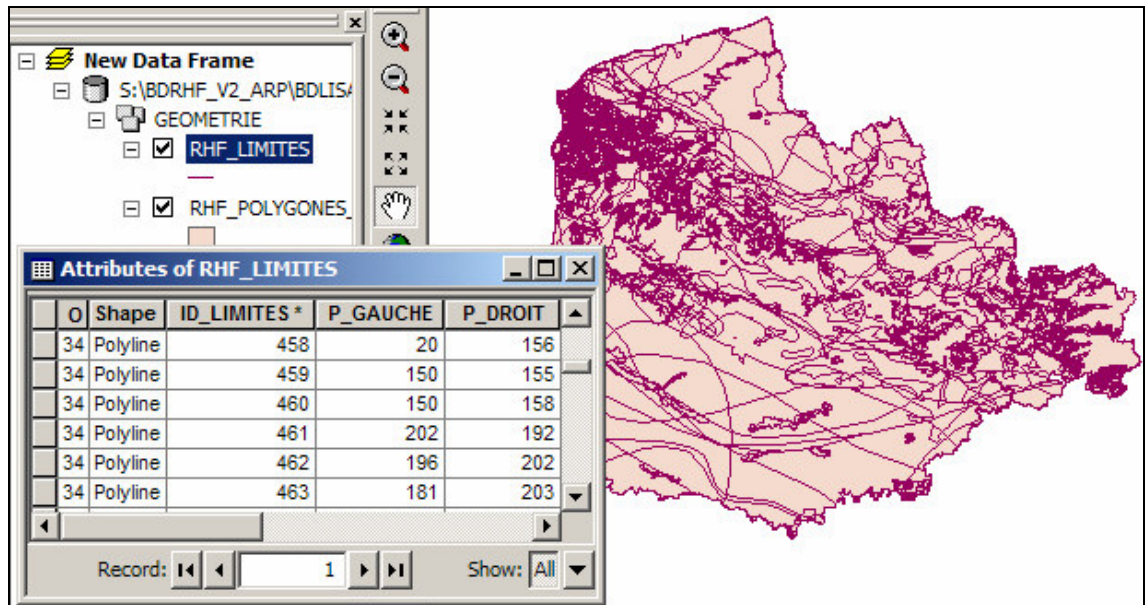


Illustration 33 - Table des limites.

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

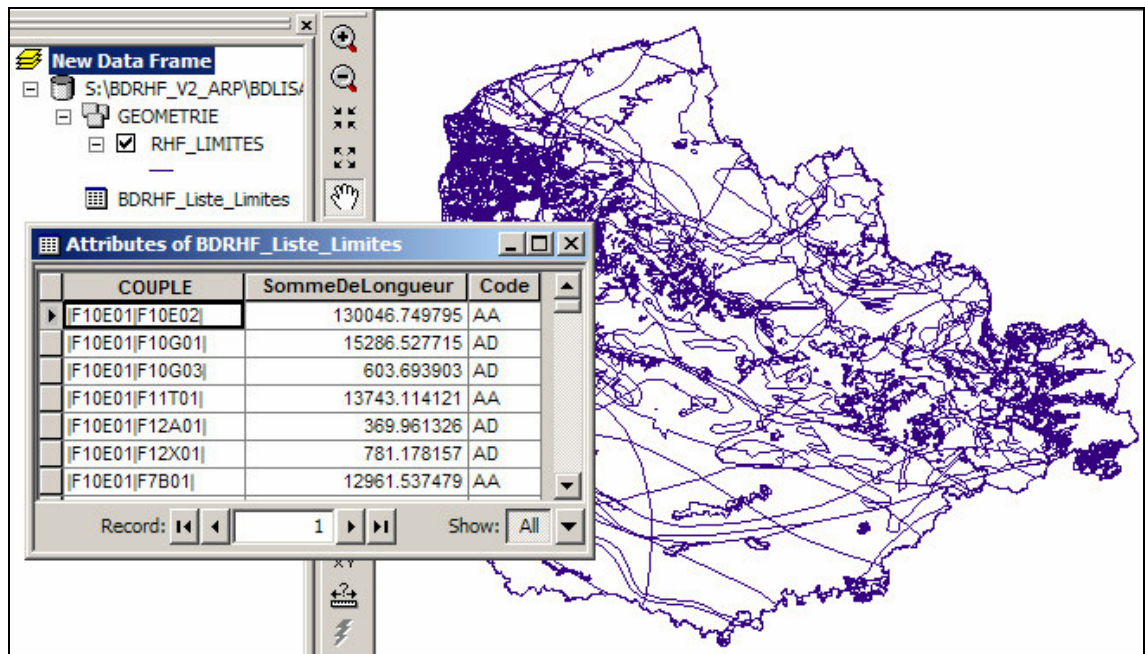


Illustration 34 – Table des natures de contacts entre entités

Illustrations provisoires

4.2. FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS

Le modèle de gestion permet d'éditer automatiquement (illustration 35) 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.

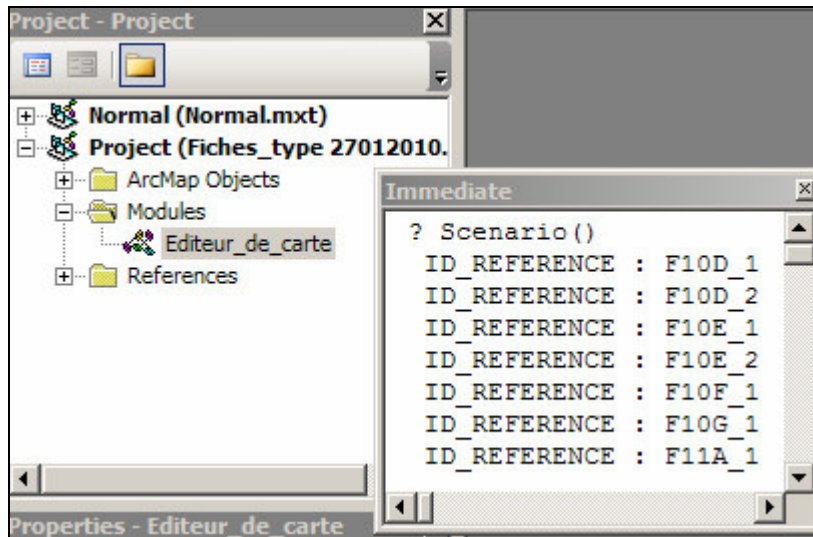


Illustration 35 – Editeur de cartes du modèle de gestion du référentiel

Une fiche d'analyse est constituée de plusieurs blocs d'informations. Les illustrations 36 et 37 fournissent un exemple pour une entité de niveau 3 ("*Sables verts de l'Albien de l'Albien-Aptien*").

- Sur la partie gauche de la fiche (illustration 36), 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 37) 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.

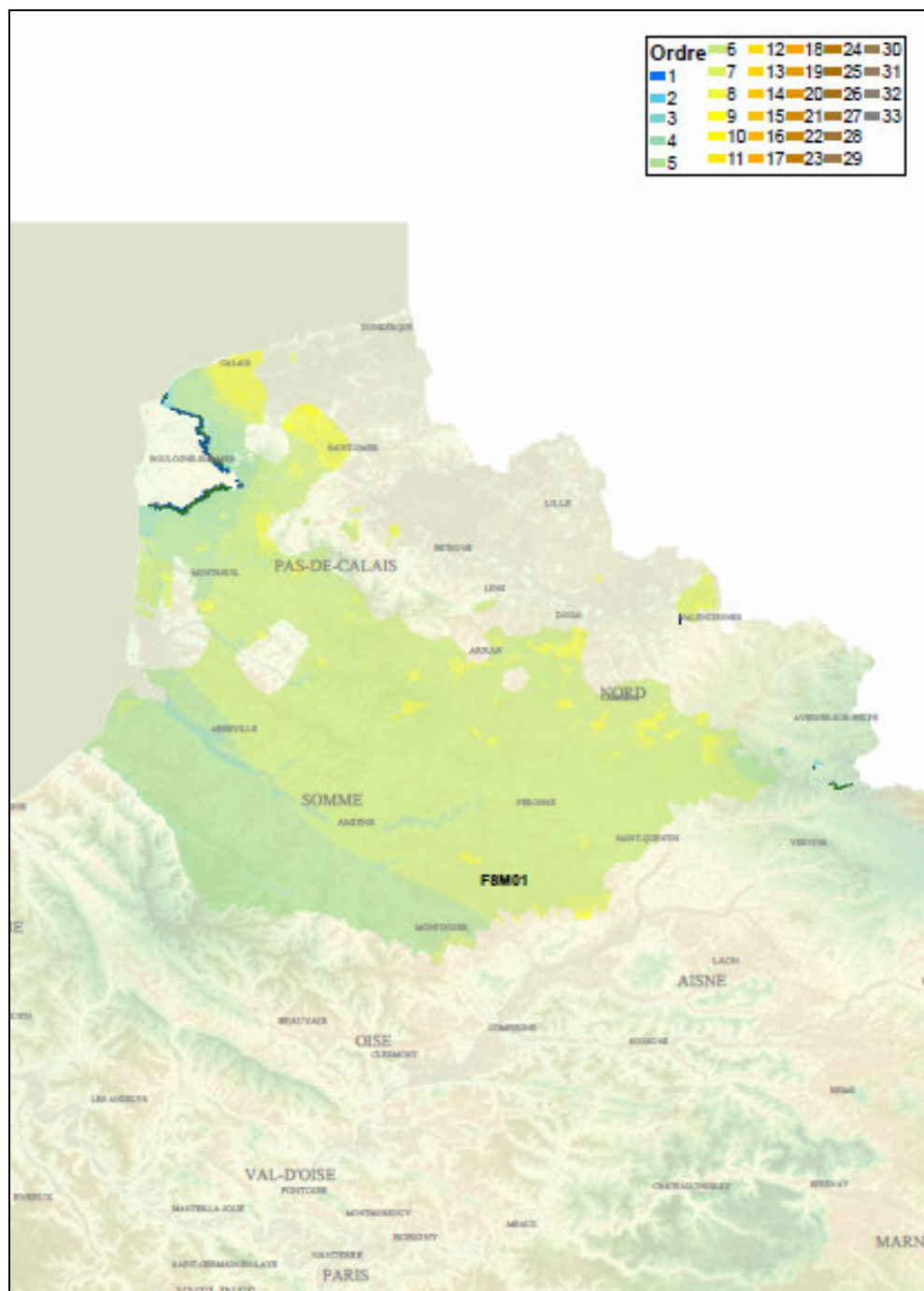


Illustration 36 – Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche)

Sables verts de l'Albien-Aptien (F8M01 recodé 013A01)

Illustration provisoire

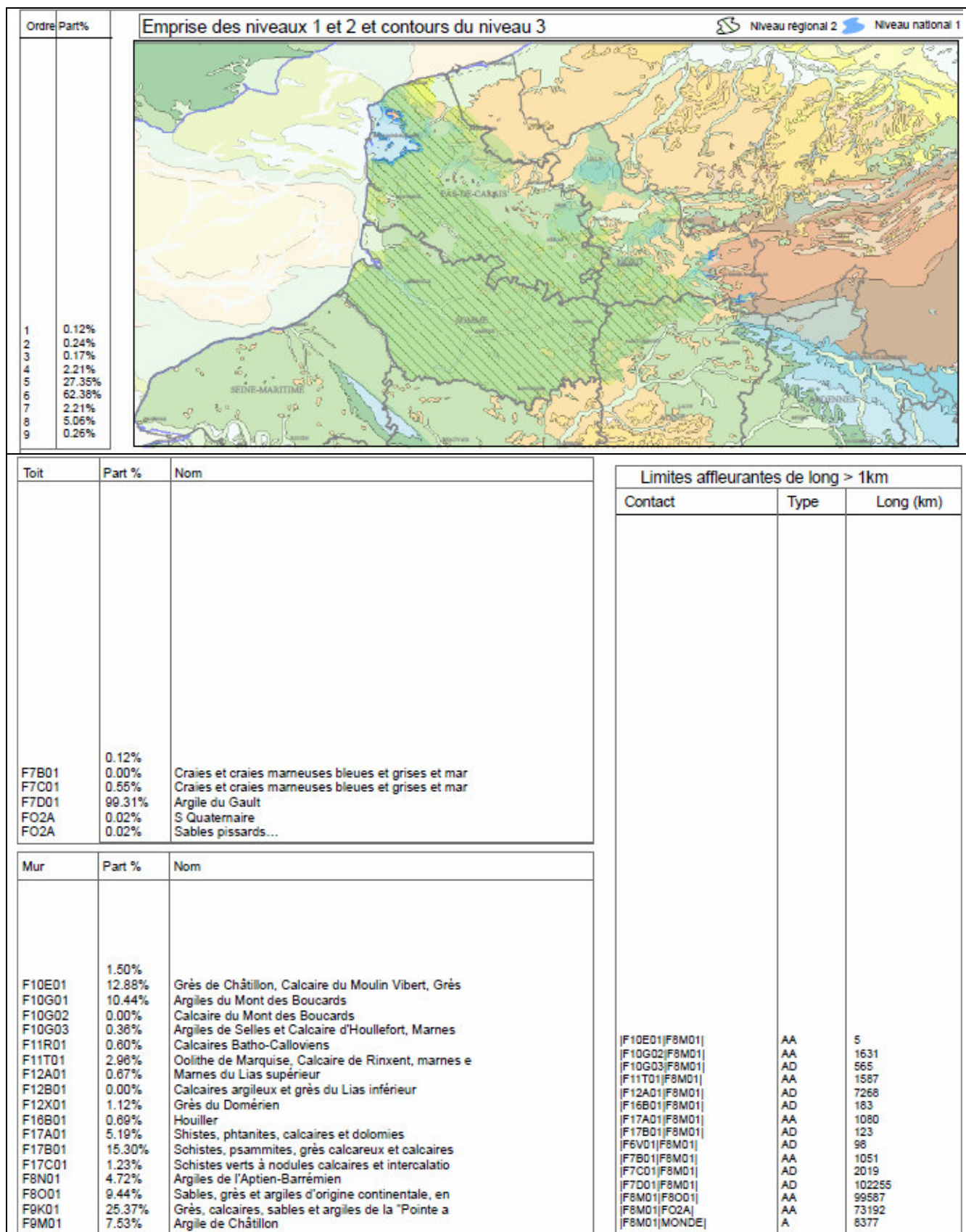


Illustration 37 – Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite)

Illustration provisoire

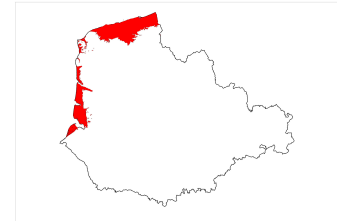
5. Description des entités hydrogéologiques

5.1. ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE DU QUATERNAIRE AU CRÉTACÉ

Dans ce chapitre, on décrit brièvement les entités délimitées en mentionnant leur "nature" (au sens du guide méthodologique national): unité aquifère (UA), unité semi-perméable (USP), unité imperméable "(UI).

5.1.1. Le Quaternaire [UA – 001A01]

Les aquifères quaternaires (alluvions récentes, dunes littorales, sables « pissards »), sont des aquifères généralement peu productifs et d'intérêt local.).

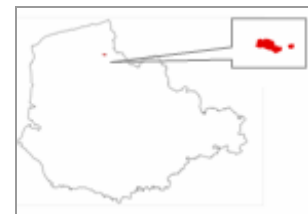


Les alluvions ne sont pas très étendues dans le Nord; elles sont constituées de limons dans lesquels des lentilles sableuses ou graveleuses constituent de petits réservoirs aquifères dont les possibilités d'exploitation, même domestiques, sont faibles. Les nappes des dunes littorales bien que peu étendues ont un intérêt écologique pour la végétation et la vie animale, Les "*Sables pissards*" pourraient contribuer aux ressources en eau exploitables pour la région, même si leurs caractéristiques hydrauliques et chimiques sont largement en-deçà de celles de la craie.

5.1.2. Grand Système Multicouche de l'Eocène du Bassin Parisien

1) Calcaires et Sables du Lutétien [UA, 003A01]

Cette entité, regroupant les calcaires et sables du Mont des Flandres, constitue le Mont de la commune de Cassel et celui des Récollets.



Il existe une nappe près du sommet de la formation, avec pour mur l'argile du Bartonien à la base des sables et grès ferrugineux; elle alimente quelques sources ainsi que les puits de Cassel dont la ville lui doit son existence. Une autre nappe, vers la base des monts, est retenue dans les *Sables paniséliens* par l'*Argile des Flandres*; elle est plus importante que la précédente et son affleurement est souligné par une ligne de sources et de petites mares ainsi que par une végétation plus vigoureuse.

2) Sables de Cuise [UA, 003B01]

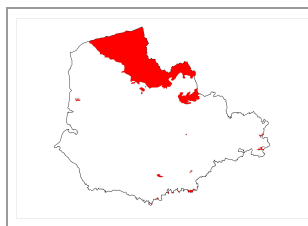
Cette entité est très peu représentée dans le secteur d'étude. Sa délimitation a été reprise des travaux réalisés en Picardie.



5.1.3. Grand Domaine des Argiles de l'Yprésien inférieur (Sparnacien)

1) Argiles de l'Yprésien [UI, 005A01]

L'argile Yprésienne caractérise le sous-sol de la Flandre. Elle est présente sur toute la plaine des Flandres avec une épaisseur comprise en général entre 10 à 15 mètres (mais atteignant parfois une centaine de mètres). Elle explique en partie, par la pression qu'elle exerce, la fermeture de la craie Sénonienne.



5.1.4. Grand Système Multicouche du Paléocène au Crétacé supérieur (Séno-Turonien)

Ce grand système est surtout représenté par les craies du Cénomaniens, du Turonien, du Coniacien et du Santonien reposant sur le socle primaire (Silurien), l'ensemble des couches étant faiblement incliné vers le nord-est, c'est-à-dire vers le centre du bassin des Flandres où leur épaisseur globale dépasse 200 m. La superficie totale du domaine, ainsi que ses bonnes caractéristiques hydrauliques en font l'aquifère le plus important en extension.

L'échelle stratigraphique ci-dessous précise les subdivisions du Crétacé.

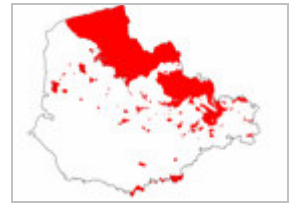
Crétacé	Supérieur c	Maastrichtien c6	Sénonien	Maastrichtien supérieur c6b
				Maastrichtien inférieur c6a
		Campanien c5		Campanien supérieur c5c
				Campanien moyen c5b
				Campanien inférieur c5a
		Santonien c4		Santonien supérieur c4c
		Santonien moyen c4b		
		Santonien inférieur c4a		
	Coniacien c3	Coniacien supérieur c3c		
		Coniacien moyen c3b		
		Coniacien inférieur c3a		
	Turonien c2	Turonien supérieur c2c		
		Turonien moyen c2b		
		Turonien inférieur c2a		
	Cénomaniens c1	Cénomaniens supérieur c1c		
		Cénomaniens moyen c1b		
		Cénomaniens inférieur c1a		
	Inférieur n	Albien n6	Néocomien	Albien supérieur n6c
		Albien moyen n6b		
		Albien inférieur n6a		
Aptien n5		Aptien supérieur n5b		
		Aptien inférieur n5a		
Barrémien n4		Barrémien supérieur n4b		
	Barrémien inférieur n4a			
Hauterivien n3	Hauterivien supérieur n3b			
	Hauterivien inférieur n3a			
Valanginien n2	Valanginien supérieur n2b			
	Valanginien inférieur n2a			
Berriasien n1	Berriasien supérieur n1c			
	Berriasien moyen n1b			
	Berriasien inférieur n1a			

Illustration 38 – Subdivisions stratigraphiques du Crétacé

Le Paléocène est quant à lui représenté par les *Sables d'Ostricourt* et les *Argiles de Louvil*.

1) Sables d'Ostricourt [UA, 007A01]

Il s'agit de sables verts et glauconieux qui sont exploités au niveau de la plaine des Flandres, là où la craie est improductive; ils sont aussi présents au niveau de la dépression d'Orchies..

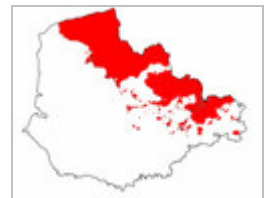


La nappe des *Sables verts Landénien* devient captive sous l'*Argile des Flandres* et se trouve isolée de la craie sous-jacente par l'*Argile de Louvil*. Les forages individuels sont nombreux mais l'utilisation est limitée (1 à 3 m³/h). Les eaux sont bicarbonatées sodiques, légèrement sulfatées et un peu ferrugineuses.

Plus au sud, hors la plaine des Flandres et la cuvette d'Orchies, cette formation ne subsiste que par lambeaux sous forme de placages. Ces placages ont été extraits de la carte géologique harmonisée et intégrés dans la surcouche des "*Entités complémentaires*" afin que le découpage le plus homogène possible (l'une des critères de construction du référentiel) avec les régions limitrophes (cf. §3.3.5).

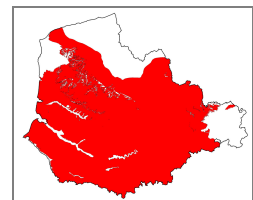
2) Argiles de Louvil [UI, 007B01]

Cette argile sableuse, noirâtre ou gris foncé et contient quelques petits galets de silex verdis à la surface et d'une puissance de 20 à 30 m, mais pouvant occasionnellement être réduite à une dizaine de mètres. Cette variation d'épaisseur se fait très généralement en sens inverse de celle des Sables d'Ostricourt, de sorte que la puissance totale du Landénien oscille souvent autour de 40 m mais peut atteindre 45 à 50 m (Noordpeene, Millam).



3) Craies blanches et grises aquifères du Coniacien au Campanien [UA, 007C01]

La craie du Séno-Turonien contient une nappe libre qui est quasiment continue dans la plaine d'Arras, le Béthunois, la région de Lille et de Lens ainsi que dans le Douaisis, le Cambrésis et le Valenciennois.



Cette nappe est contenue dans les craies où les fissures sont suffisamment ouvertes pour permettre un écoulement gravitaire. En effet, plus aquiclude qu'aquifère (cette craie est un milieu hydrauliquement hétérogène), la craie devient aquifère grâce au développement d'un réseau de fissures bien interconnectées.

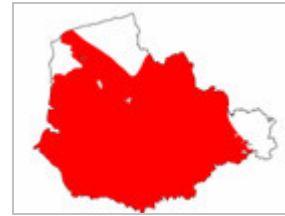
En bordure de la dépression d'Orchies et de la plaine des Flandres, la nappe est contenue dans les niveaux les plus élevés du Turonien supérieur-Sénonien. Elle devient captive sous les couvertures des Argiles des Flandres et de Louvil. On rencontre même de l'artésianisme dans une frange bordant les limites d'affleurement du Thanétien et sur une largeur de quelques kilomètres.

Plus localement, la craie sub-affleurante peut se trouver confinée sous des alluvions peu perméables qui peuvent rendre la nappe captive (comme dans la basse vallée de la Canche par exemple).

Les limites de l'aquifère ont été déduites des données de forages (épaisseur, paramètres hydrodynamiques) et des cartes disponibles du toit de la formation (Caulier, Minguely).

4) Craies marneuses du Turonien [USP, 007D01]

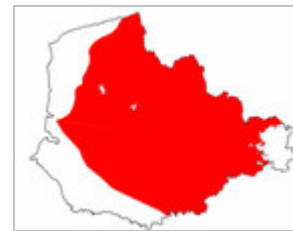
Le Turonien supérieur s'étend sur presque toute la région (sauf l'Avesnois). La distinction entre craie d'âge Turonien supérieur et Sénonien devient impossible sans repères micropaléontologiques. C'est pourquoi on associe au Turonien supérieur (craies à *Micraster leskei*) des craies grises parfois glauconieuses, souvent riches en silex qui se terminent par un niveau de craie noduleuse (le "tun") ou de craie durcie par cristallisation de calcite (la "meule").



L'épaisseur de la craie du Turonien supérieur – Sénonien dépasse la centaine de mètres dans le Boulonnais et sous la plaine des Flandres mais se réduit à une dizaine de mètres sur l'anticlinal du Mélantois.

5) Marnes du Turonien moyen et inférieur (Dièves) [USP, 007F01]

Le Turonien inférieur est représenté par des marnes argileuses verdâtres dites à *Inocerames labiatus* ou "Dièves vertes" suivies d'alternance de marnes et de bancs crayeux (Marnes à *Terebratula rigida*, Turonien moyen). Cette succession se retrouve pratiquement dans toute la région avec tout de même des réductions d'épaisseur au niveau des zones anticlinales du Mélantois.



5.1.5. Grand Système Multicouche du Cénomaniens à l'Albien supérieur

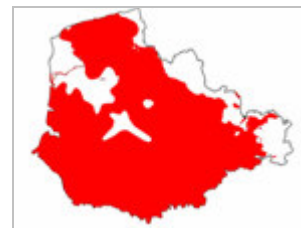
1) Craies marneuses aquifères du Cénomaniens [UA, 009A01]

Les assises du Cénomaniens sont dans l'ensemble plus riches en craie et plus épaisses dans le pourtour de la "boutonnière" du Boulonnais que dans tout le reste de la région Nord-Pas-de-Calais. Il n'y a pas de dépôt cénomaniens au niveau de l'anticlinal du Mélantois. A l'est, le Cénomaniens n'est plus représenté que par un calcaire grossier recouvert par le "Tourtia" (conglomérat à galet de roches paléozoïques pris dans une matrice argilo-sableuse glauconifère).



2) Craies marneuses non aquifères du Cénomaniens [USP, 009B01]

Cette craie, très marneuse, ne renferme pas de nappes exploitables. La mer cénomaniens étant venue de l'Ouest, l'épaisseur de cette formation se réduit vers l'est, cédant progressivement la place au "Tourtia".



5.1.6. Grand Domaine des Argiles, Marnes et Gaizes du Cénomaniens inf. et de l'Albien supérieur

1) Argiles du Gault de l'Albien sup. [UI, 011A01]

Les argiles de l'Albien affleurent de façon continue sur le pourtour de la boutonnière du Boulonnais ainsi que dans l'extrême Est de la région picarde (en dehors du secteur d'étude).

Ces argiles sont pratiquement absentes dans le département du Nord et ont une épaisseur d'une dizaine de mètres sur le reste du secteur d'étude. Des cartes du toit de l'Albien-Aptien et quelques centaines de données de forages ont permis de délimiter cette entité.



5.1.7. Grand Système Multicouche du Crétacé inf. Albien à Néocomien

1) Sables verts de l'Albien-Aptien [UA, 013A01]

Cette formation, peu épaisse dans le Pas de Calais (10 m) et pratiquement inexistante dans le département du Nord, présente une faible épaisseur comme le montre l'illustration 39 ci-après. La formation tend à s'épaissir vers le sud.



2) Argiles de l'Aptien-Barrémien [UI, 013B01]

Aucun log ne traverse cette formation dans la région Nord-Pas-de-Calais, elle n'est identifiée que par quelques sondages en région Picarde. La délimitation de cette entité a donc été reprise de celle présentée dans la *Synthèse géologique du Bassin de Paris*.



3) Sables du Néocomien [UA, 013C01]

Les Sables du Néocomien ou "*faciès Wealdien*", rassemblent les Sables, Grès et Argiles du Valanginien, Hauterivien et du Barrémien (d'après la *Synthèse géologique du Bassin de Paris*).

La plupart du temps, ces sables ne sont présents que sous forme de poches, ce faciès était très bien connu des mineurs du "Houiller" et désigné par le terme de "*torrent d'Anzin*" en raison de la quantité d'eau que ces sables libéraient lorsqu'ils étaient traversés.



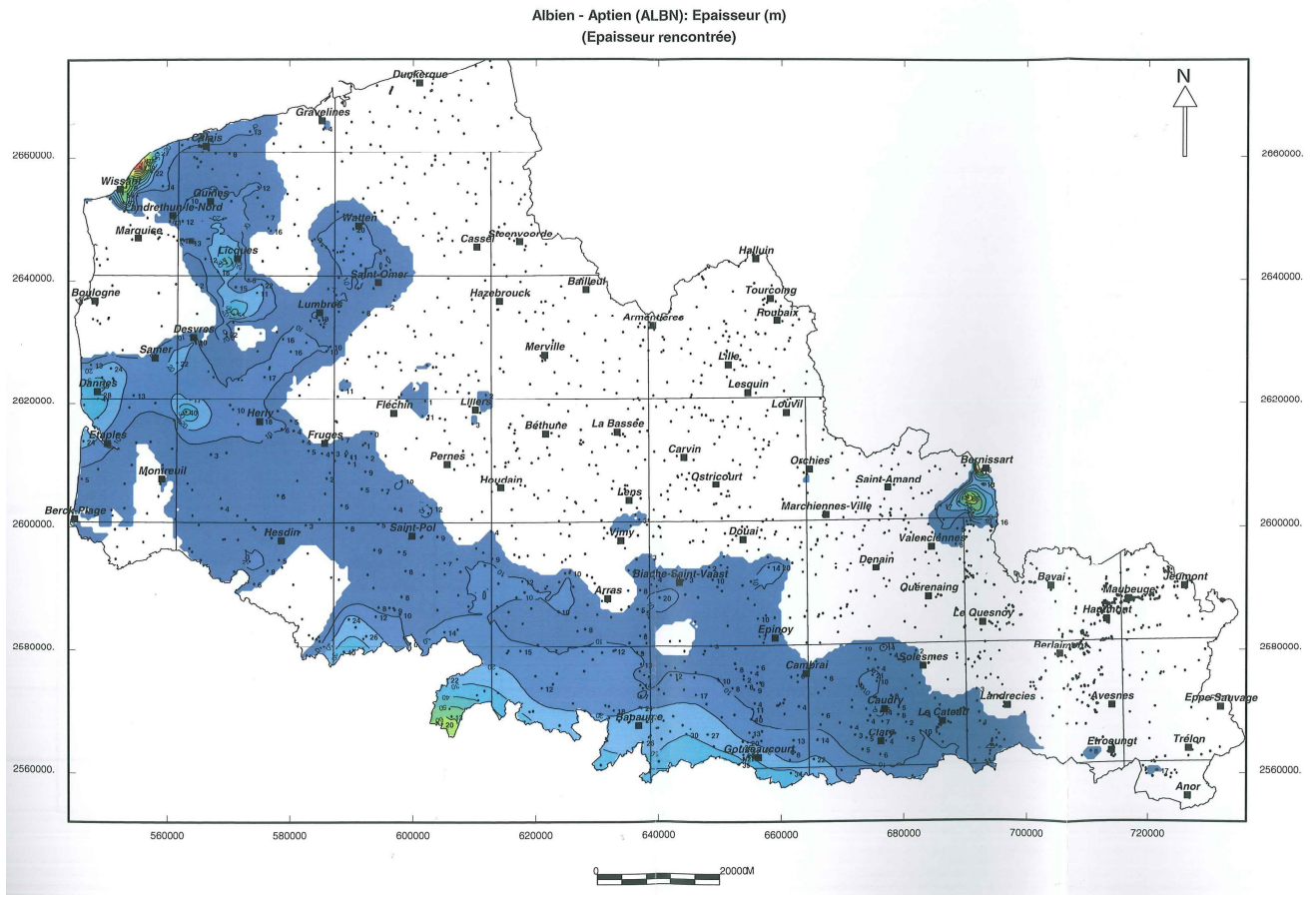


Illustration 39 - épaisseur de l'Albien- Aptien (B.Minguely)

5.2. ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE DU JURASSIQUE AU TRIAS

Dans le bassin le Jurassique est discontinu, les formations jurassiques du Boulonnais étant en effet séparés de plusieurs dizaines de km des formations profondes du sud du bassin. **Les entités du Jurassique ont donc été subdivisées en 2 groupes distincts: les entités du Boulonnais et celles de la partie sud du bassin.**

Le jurassique n'est connu que dans la boutonnière du Boulonnais à l'affleurement et au sud de la région, où son toit tend à s'enfoncer à plus de 100 m, en sondages.

Le Boulonnais "comprend de nombreuses couches perméables dont les principales sont les calcaires du Bajo-Bathonien, l'Oolithe d'Hesdin-l'Abbé (Oxfordien), les calcaires de Brecquerecques et du Moulin-Wibert, les grès de Châtillon, de la Crèche et de la Pointe aux Oies (Kimmeridgien-Tithonien). La faible puissance de ces couches (15 m au maximum) et des assises peu perméables qui les séparent (marnes et argiles) fait que l'ensemble peut être considéré comme un aquifère multicouche soumis à des phénomènes de drainance descendante, les réservoirs inférieurs étant de fait les plus intéressants car les plus étendus. Ceci est le cas de l'Oolithe d'Hesdin-l'Abbé et des calcaires de Brecquerecques, du Kimméridgien inférieur (ex Rauracien). On a donc affaire globalement à une seule nappe dont la surface est libre dans les couches supérieures ainsi qu'aux abords des affleurements et qui devient captive ou semi-captive au centre des couches inférieures. La réalimentation naturelle de l'ensemble est toujours assurée par l'impluvium direct du domaine tandis qu'il se trouve drainé par de nombreuses sources de déversement se jetant dans la Slack et ses ruisseaux

affluents ainsi que par la mer, le long du littoral" (extrait pour partie de la notice de la carte géologique n° 5, Mansy et al.).

La série stratigraphique jurassique, visible dans le Boulonnais (illustration 40), est en grande partie argileuse avec des intercalations calcaires ou gréseuses qui peuvent constituer des aquifères d'intérêt local non négligeable.

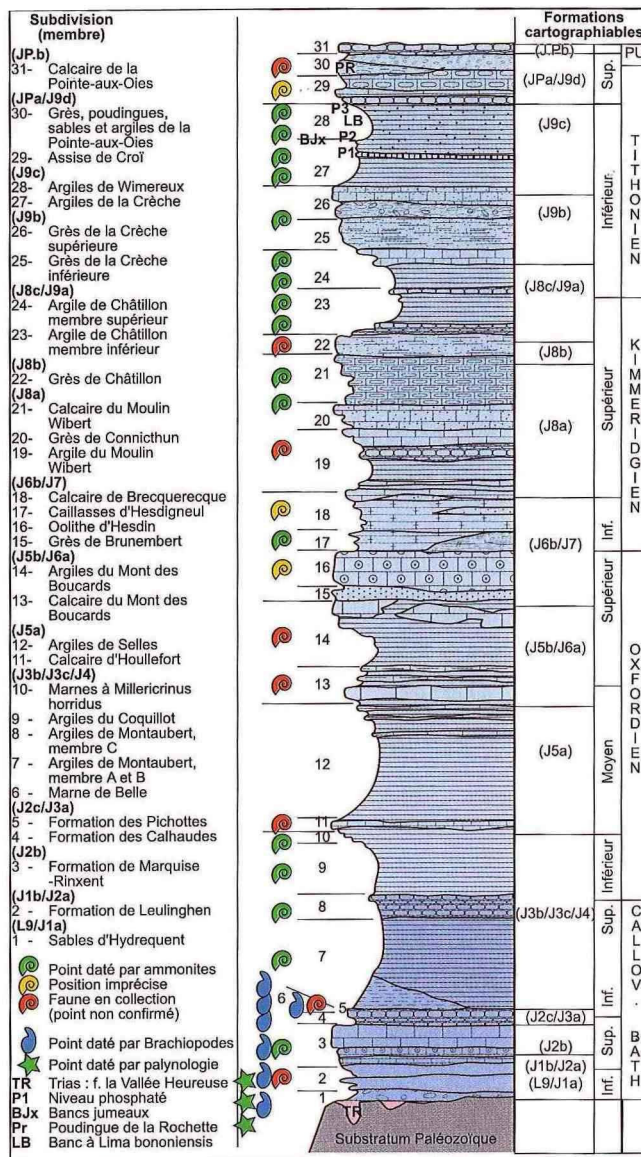


Illustration 40 – Série synthétique et simplifiée des formations jurassiques du Boulonnais (J.Thierry et al., 1996)

Remarque : pour le sud du secteur d'étude, les affleurements du Jurassique étant inexistants et les sondages profonds rares, les délimitations des entités de niveau 2 pour ce système réalisées pour la région Picardie ont été reprises en tenant compte des variations latérales de faciès. Les limites ont été calées sur les derniers sondages ayant rencontré les formations jurassiques.

5.2.1. Grand système Aquifère du Tithonien du Bassin Parisien

Tithonien [Grand système aquifère, 015]

Le Tithonien forme un système aquifère qui affleure dans le Boulonnais et qui est reconnu par sondages dans le sud du Bassin Artois-Picardie.

Dans le Boulonnais, 3 entités NV3 ont été délimitées, [015A01], [015A02], [015A03], décrites ci-dessous.

Au sud, les formations du Tithonien ont été regroupées en une seule entité codée [015B01].



- Grès, Calcaires et Sables du Tithonien supérieur [UA, 015A01].

Il s'agit d'un ensemble de grès calcareux dit de la "Pointe aux Oies" (d'une épaisseur de 12 m, Grès, Calcaires et Sables en 3 parties sensiblement égales) couronné par 2 à 3 m de calcaires lacustres. Le Tithonien n'est représenté à l'affleurement que dans la boutonnière du Boulonnais; il réapparaît dans la boutonnière du Pays de Bray (hors secteur d'étude).

- Tithonien inférieur, non aquifère [UI, 015A02]

Il est représenté par les Grès, Poudingues, Sables et Argiles de *la Pointe aux Oies*, par l'*assise de Croÿ* et les Argiles noires de *Wimereux* et de *la Crèche*.

- Sables et Calcaires gréseux du Boulonnais [UA, 015A03]

Cette entité correspond à la formation des *Grès de la Crèche*, généralement divisée en 2 voire 3 sous-unités :

- une unité supérieure constituée de bancs calcaires massifs alternant avec des passées argilo-sableuses,
- une unité de marnes intercalaires composée d'argiles noires massives,
- une unité inférieure constituée de grès en bancs métriques séparés par des sables fins.

5.2.2. Grand Domaine des Marnes du Kimméridgien

Argiles du Tithonien inf. au Kimméridgien [UI, 017A01]

Cette unité imperméable est représentée par les *Argiles de Châtillon* qui sont des argiles noires massives ou feuilletées à bancs épais de calcaire argileux. Leur épaisseur est de 20 à 30 m.

Dans la partie sud, l'entité correspondante est codée 017A02.



5.2.3. Grand Système Aquifère du Kimméridgien à l'Oxfordien supérieur

Grès et Calcaires du Kimméridgien [UA, 019A01 et 019A02]

Cette entité regroupe les formations des Grès de Châtillon aux Grès de Brunembert (et équivalents, cf. synthèse du Bassin de Paris).

Les *Grès de Châtillon* sont constitués de sables et de grès glauconieux sur une épaisseur de 5 m.



Marqué par une nette discontinuité avec les *Calcaires du Moulin Wibert*, les *Grès de Connichthun* sont des sables glauconieux.

Les *Argiles du Moulin Wibert* sont composées d'une alternance de bancs argileux centimétriques et de calcaire argileux ou gréseux (20m).

Grès de Brunembert, *Oolithe d'Hesdin l'Abbé*, *Caillasses d'Hesdigneul* et *Calcaire de Brecquerecque* forment un ensemble se présentant comme une masse à dominante calcaire noyée entre deux masses argileuses.

Dans la partie sud, les Grès et Calcaires du Kimmeridgien constituent l'entité codée 019B01.

5.2.4. Grand Domaine des Marnes du Callovien du Bassin Parisien

Marnes Callovo-Oxfordiennes [domaine codé 021A]

Elles correspondent aux formations géologiques comprises entre les Argiles du Mont des Boucards et les Marnes de Belle. Dans le Boulonnais, trois entités NV3 superposées ont été distinguées, décrites ci-dessous.

Au sud, les formations équivalentes ont été regroupées en une seule entité, codée [021A04].



- Les *Argiles du Mont des Boucards* [021A01] sont des argiles noires de 15 m d'épaisseur.
- Les *Calcaires du Mont des Boucards* [021A02] sont des calcaires plus ou moins argileux, épais d'une dizaine de mètres.

Les formations suivantes constituent l'entité codée [021A03]

- Les *Calcaires d'Houllefort* et les *Argiles de Selles* sont assez mal connus et leur limite de contact très difficile à repérer].
- Les *Marnes à Millecrinus horridus* constituent un horizon avec alternance d'argiles noires et de bancs décimétriques de calcaires soit très argileux ou micritiques.
- Les *Argiles du Coquillot* sont des argiles à bancs calcaires argileux. Leur épaisseur n'est que de quelques décimètres.
- Les *Argiles de Montaubert* sont des argiles à bancs décimétriques légèrement indurés de siltite et quelques lits gréseux à la base.
- Les *Marnes de Belle* se présentent sous forme de lentilles lumachelliques à *Gryphaea* noyées dans une matrice d'argile et de calcaires argileux à oolithes ferrugineuses.

5.2.5. Grand Système Multicouche du Jurassique moyen, Callovien à Aalénien (Dogger) du Bassin Parisien

1) Calcaires du Callovien à l'Oxfordien [UA, 023A01]

Les calcaires du Callovien à l'Oxfordien correspondent aux formations des Pichottes et des *Calhaudes*.

La formation des *Pichottes* (1à 5m) est constituée de calcaires oobioclastiques en gros bancs métriques et à base argileuse. Leur limite avec les *Marnes des Calhaudes* puissante de 2 à 3 m (ces deux formations sont souvent regroupées du fait de leur faible épaisseur) n'est pas toujours nette.

Au sud, l'entité correspondante est codée [023A02].



2) Marnes du Bajocien [UI, 023B01]

Les Marnes du Bajocien sont identifiables par la présence d'*Ostrea acuminata*.

Cette formation est reconnue par quelques sondages au sud de la région Picardie (hors secteur d'étude). Ces sondages rencontrent les marnes à près de 2000 m de profondeur indiquent une épaisseur d'environ 50 m. la délimitation présentée dans la *Synthèse géologique du Bassin de Paris* à été très utile pour compenser le manque de données lithologiques.



3) Calcaires, Marnes et Sables du Bajocien au Bathonien

Dans le Boulonnais, l'entité [023C01], épaisse de 17 à 18 m est constituée de calcaires bioclastiques ou oolithique (*Calcaire de Rinxent et Oolithe de Marquise*).

Dans le sud du bassin, l'entité équivalente est codée [023C02].

Les 2 entités sont considérée aquifères.



5.2.6. Grand Domaine du Jurassique inférieur (Lias) du Bassin Parisien

1) Marnes du Lias supérieur [domaine 025A]

Les dépôts d'âge Toarcien sont constitués par des marnes argileuses, légèrement bitumineuses alternant avec des calcaires argileux micritiques. Dans le Boulonnais, le Toarcien n'est connu que par quelques sondages et correspond au niveau à lumachelle d'astartes.

Deux entités ont été délimitées: l'une dans le Boulonnais, codée [025A01], l'autre au sud, codée [025A02].



2) Calcaires argileux et Grès du Lias inférieur. [025B]

Ont été regroupé dans la formation des *Calcaires argileux et Grès du Lias inférieur*, le Sinémurien et l'Hettangien (par lequel le Lias débute). Le Lias correspond à une transgression sur des massifs déjà anciens fortement érodés. Il est aussi marqué par une sédimentation détritique souvent très fine : silts et argiles parfois carbonatées.

Deux entités ont été délimitées: l'une dans le Boulonnais, codée [025B01], l'autre au sud, codée [025B02].



Grand Système Multicouche du Trias

Sables et Grès du Trias moyen à supérieur. [domaine 027A]

Le Trias n'affleure ni dans la région Nord-Pas-de-Calais, ni dans la région Picarde. Dans le bassin Artois-Picardie, le Trias n'a été recoupé que par un seul forage profond. Cette formation est puissante de 10 à 20 mètres à l'extrême sud est du bassin où il est uniquement présent. La délimitation de cette entité a été déduite des ouvrages bibliographique et notamment de la *Synthèse géologique du Bassin de Paris*.



5.3. ENTITÉS DU THÈME SOCLE

Il existe, en région Nord-Pas de Calais, une étroite relation entre le substratum paléozoïque et la couverture méso-cénozoïque (B. Minguely). En effet, l'étude et l'analyse de multiples données ont permis de mettre en évidence la forte influence structurale datant du Paléozoïque sur la configuration actuelle des couvertures sédimentaires.

Les limites des entités de socle ont été définies grâce aux travaux réalisés sur les cartes de la *Synthèse géologique du Bassin de Paris*, affinées par des travaux plus récents. L'illustration 41 présente un écorché du Paléozoïque et l'illustration 42 localise les zones cartographiées à l'affleurement dans la partie Est du bassin.

Ces cartes ont été reprises et retravaillées sur la base de forages et de données de géophysiques (sismique, gravimétrie, magnétisme...) rendues disponibles par les compagnies pétrolières, le C.N.R.S. ainsi que par le B.R.G.M.

Le sud du secteur d'étude est très peu fourni en données (la région Nord-Pas-de-Calais, de par son historique houiller, comporte plus d'information de forages profond que la région Picardie); les quelques données de forages profonds ont été utilisées et extrapolées afin de compléter ces cartes.

Remarques:

1) Le socle est bien sûr présent en profondeur dans tout le bassin. Il n'a donc été délimité ici que dans la partie nord du bassin en raison de son importance et dans la partie Est au niveau des affleurements (illustration ci-dessous).



2) Contrairement aux autres domaines de socle (Massif Armoricain, Massif Central...) où la délimitation du socle a été faite uniquement au niveau des affleurements par subdivision en bassins versants (utilisation de la BD-Carthage), la délimitation a été faite ici en profondeur, sur une base stratigraphique (par subdivisions du Carbonifère et du Dévonien), et de même au niveau des affleurements pour des raisons de continuité.

L'illustration 43 permettra un repérage dans l'échelle des temps géologiques des étages stratigraphiques mentionnés ci-après.

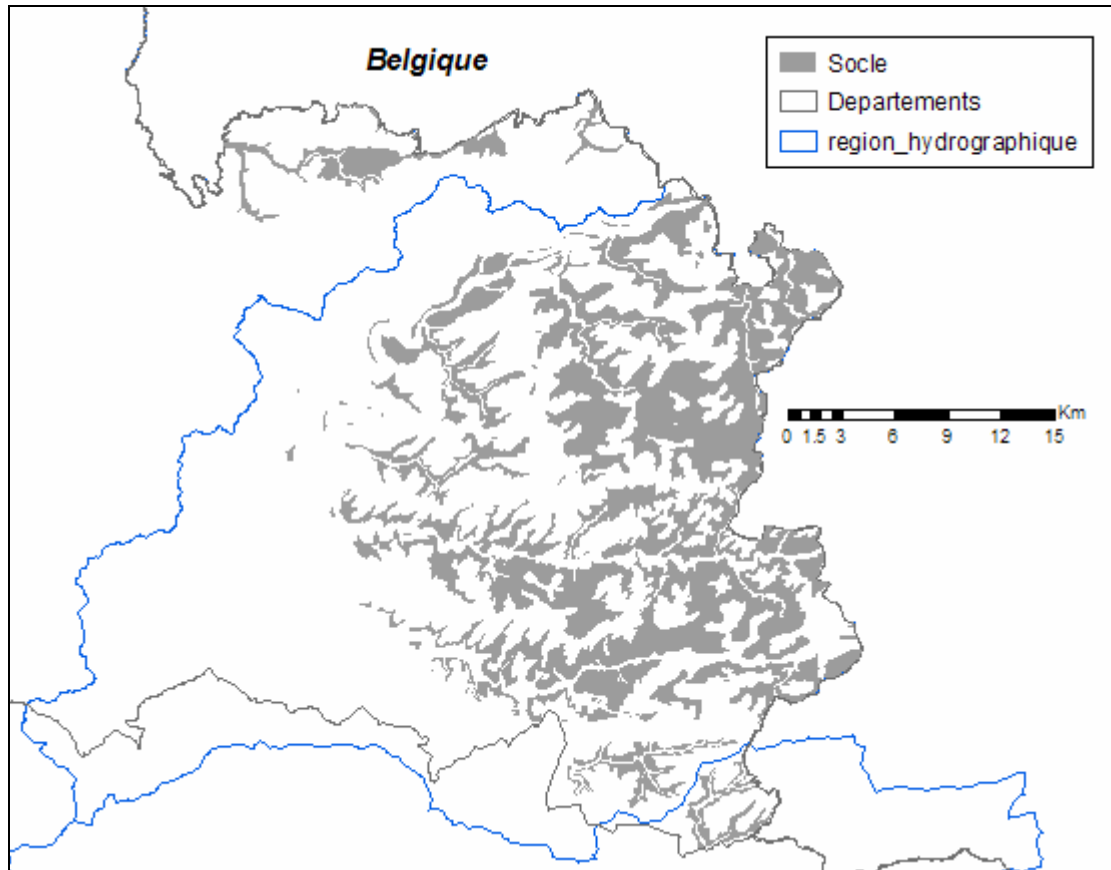


Illustration 42 – Affleurements du socle à l'Est du bassin Artois Picardie

Carbonifère	Penn-sylvanien	Supérieur	Gzhélien	303.9 ±0.9			Carbonifère supérieur = Silésien (continental) en France	Stéphanien	h5	
			Kasimovien	306.5 ±1.0		305 3/5		Westphalien	h4	
		Moyen	Moscovien	311.7 ±1.1				h3-5	Namurien	h3
			Bashkirien	318.1 ±1.3	🚩	315 ±5				
	Inférieur	Serpukhovien	326.4 ±1.6			325 ±5		Carbonifère inférieur = Dinantien	Viséen	h2
		Viséen	345.3 ±2.1				345		Tournaisien	h1
	Dévonien	Supérieur	d6-7	Tournaisien	359.2 ±2.5	🚩	355 3/5	🌟	Faménnien	d7
				Faménnien	374.5 ±2.6	🚩	365 ±5	🌟		
		Moyen	d4-5	Frasnien	385.3 ±2.6	🚩	375 ±5	🌟		
				Givetien	391.8 ±2.7	🚩	380			
Eifelien				397.5 ±2.7	🚩	390 ±5	🌟			
Inférieur		d1-3	Emsien	407.0 ±2.8	🚩	400				
			Pragien	411.2 ±2.8	🚩		🌟			
Lochkovien			🚩							

Illustration 43 – Extrait de la Charte Stratigraphique BRGM (Y. Callec et al., 2006)

5.3.1. Le Houiller

L'entité de niveau 2 [Domaine 030A] regroupe les formations d'âges Namurien et Westphalien.

Le bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais est le prolongement souterrain du synclinorium de Namur compris entre les massifs des Ardennes et du Brabant. Il s'étend sur environ 100 km sous un recouvrement variant de 20 à 250 mètres de terrains appartenant au Cénomaniens, au Turonien et au Sénonien. Celui-ci s'ennoie vers l'Ouest et réapparaît dans le Boulonnais. La cartographie relative au bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais à pris pour base les travaux réalisés par P. Pruvost et A. Bouroz.



Les limites de la bordure sud ont été très légèrement décalées dans cette même direction car l'écorché ne précise pas la présence du Namurien-Westphalien sous le Dévonien qui chevauche celui-ci de par le jeu de la faille du Midi (44).

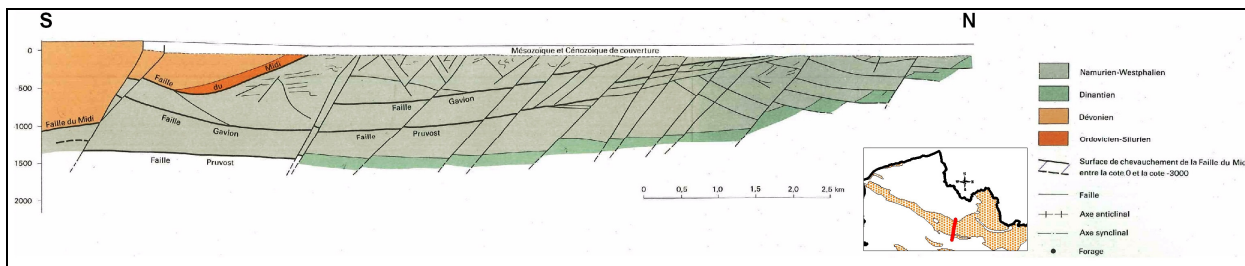


Illustration 44 - Coupe géologique nord-sud du socle (région Est de Béthune)
(Extrait de la synthèse du Bassin de Paris)

Dinantien [Domaine 030B]

Le Dinantien regroupe les formations Viséen -Tournaisien contenant le calcaire Carbonifère, aquifère largement exploité dans la région Lilloise. La ville de Saint-Amand est d'ailleurs aussi connue de par les sources chaudes et sulfatées fournies par cet aquifère.



Struno-Faménnien [Domaine 030C]

Le Struno-Faménnien regroupe les structures du Strunien et du Faménnien. Ces formations de socles sont essentiellement constituées de schistes, de calcaires (schistes et calcaires d'Etroeungt et schistes de la Famenne) et de psammites (roche détritique sédimentaire).



Le Strunien est une formation imperméable qui sépare le Dévonien schisto-gréseux à bancs calcaires et le Dinantien calcaire.

Les sédiments Faménnien sont essentiellement schisteux et psammitiques. Ils présentent néanmoins quelques éléments calcaires surtout vers le sommet de l'étage. Du Nord au Sud le faciès Faménnien devient de plus en plus calcareux.

Dévonien moyen et supérieur [Domaine 030D]

Le Dévonien moyen et supérieur, comprenant notamment les assises du Givétien, constitue un réservoir calcaire disposé en gros bancs de 1 m à 1,5 m alternant avec de minces bancs schisteux.



Dévonien inférieur [Domaine 030E]

Cette entité regroupe, entre autres, les Grawackes d'Hièrges et les Grès d'Anor.

Les Grawackes d'Hièrges sont des grès calcaires et argileux ayant une épaisseur de 300 m environ. Ils constituent, avec les grès d'Anor, un imperméable.



Ces grès, quartzitiques, ont une puissance d'environ 450 m et n'affleurent que sur une surface d'environ 30 km² dans les Ardennes. Ils ne sont discriminés que par les données de 5 forages profonds en région Nord-Pas-de-Calais et Picardie; les limites de cette entité ont donc été prises, par défaut d'information, aux limites du Dévonien total.

5.4. ENTITÉS COMPLÉMENTAIRES (SURCOUCHE DU RÉFÉRENTIEL)

En Artois-Picardie 6 groupes d'entités "complémentaires" (au sens qui en a été donné au chapitre 2) ont été intégrées dans la "surcouche" du référentiel:

- les systèmes alluvionnaires,
- les colluvions,
- les altérites,
- les formations "résiduelles",
- les placages de sables du Thanétien,
- les autres formations superficielles.

5.4.1. Systèmes alluvionnaires

Les dépôts alluvionnaires (illustration 45 ci-après) sont peu importants. En effet, on ne rencontre pas de grandes plaines alluviales dans le Nord.

Ces dépôts se limitent à des formations sableuses et argilo-sableuses de faible épaisseur qui proviennent du remaniement des assises sur lesquelles elles reposent. Les alluvions peuvent contenir de petits niveaux aquifères soutenus par l'argile sous-jacente, ne recelant d'ailleurs qu'une médiocre quantité d'eau et de plus très souvent impropre à la consommation.

Les débits d'exhaures sont faibles, de l'ordre de quelques m³/h et les ouvrages se colmatent rapidement à cause de l'arrivée de fines.

La cartographie des alluvions correspond à la limite d'extension des plus grandes crues.

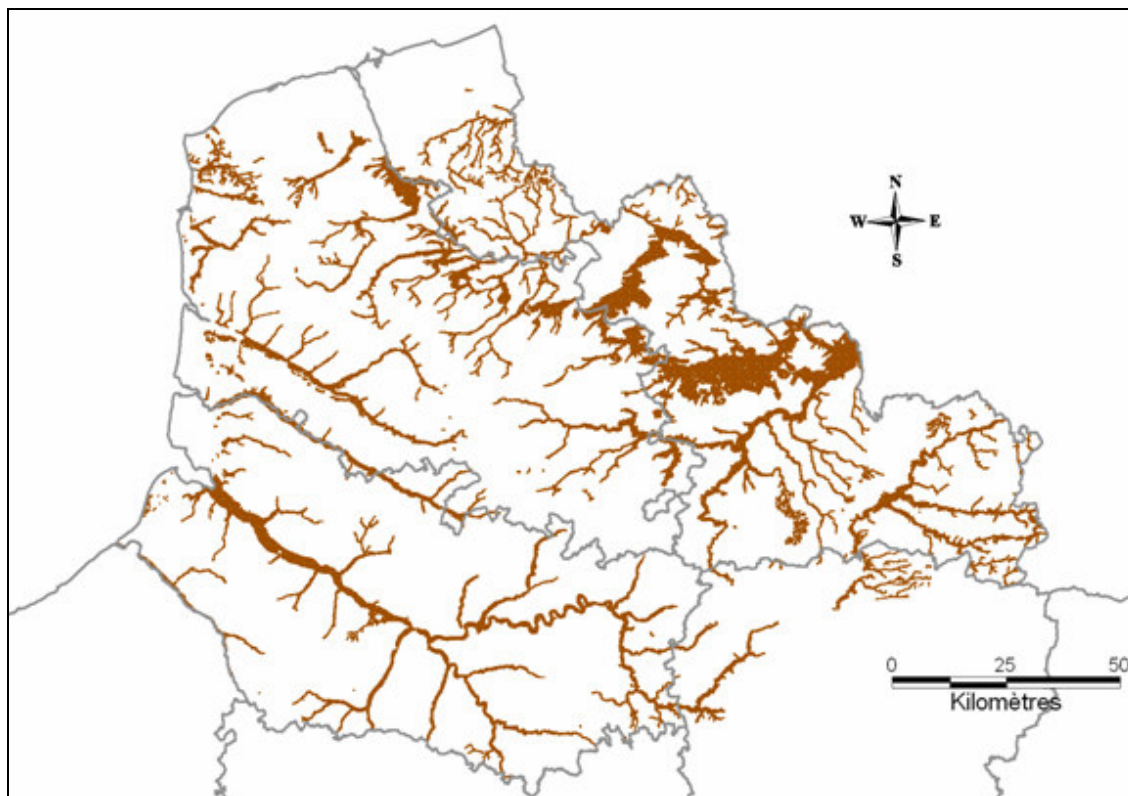


Illustration 45 – Localisation des alluvions en Artois-Picardie

5.4.2. Colluvions

Ces colluvions correspondent aux dépôts quaternaires indifférenciés (colluvions limoneuses de fond de vallée et vallées sèches, limons de lavage, de pentes...) y sont incorporés les terrils et crassiers (Illustration 46).

Remarque : les colluvions (notées C sur la carte géologique harmonisée) et les terrils ou crassiers (notés X sur la carte géologique harmonisée) ne sont pas différenciés.

5.4.3. Les Altérites

Les altérites (illustration 47) correspondent ici:

- aux altérites d'âge dévonien (à l'est, socle des Ardennes). Il s'agit d'altérites de siltites, de grès comme la formation de Vireux (Emsien inférieur) et de schistes, pour la plupart d'âge indéterminé.
- aux formations résiduelles datant du Cénozoïque présentes au sud, au sud-est et à la périphérie du Boulonnais. Ce sont des résidus d'altération de craie à silex, en poches karstiques, comprenant des apports allochtones (limons, sables, grès Landénien et petits galets résiduels), localement remaniées sur les versants (biefs à silex).

Remarque: chaque polygone est différencié selon la lithologie des altérites.

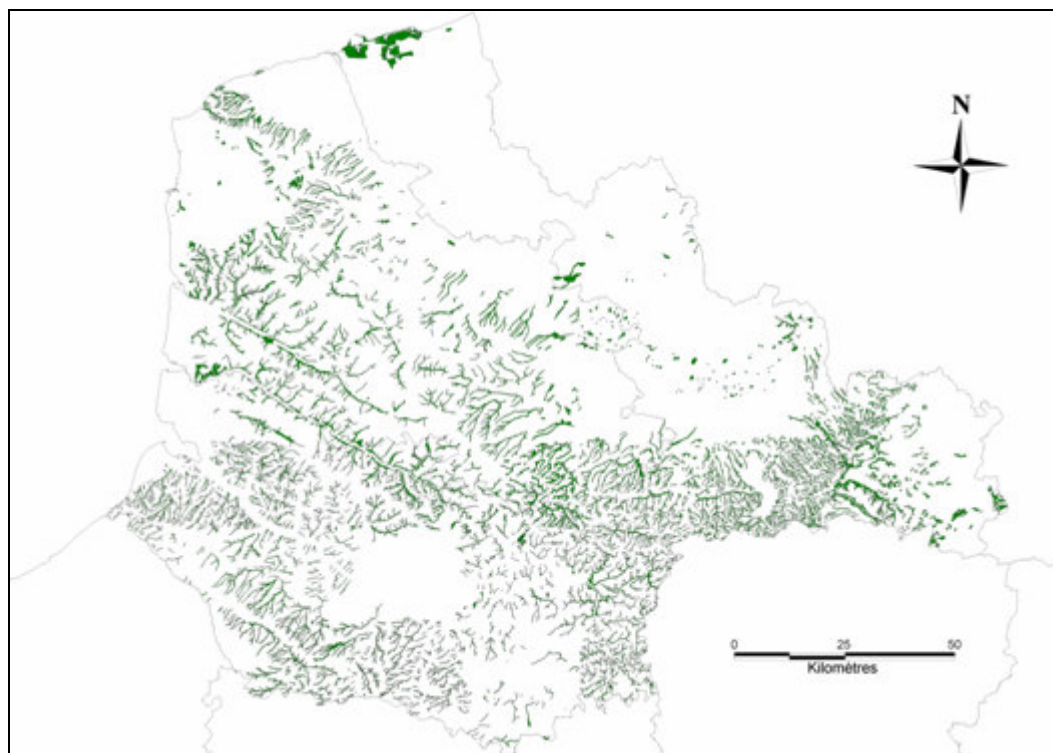


Illustration 46 – Localisation des colluvions en Artois-Picardie.

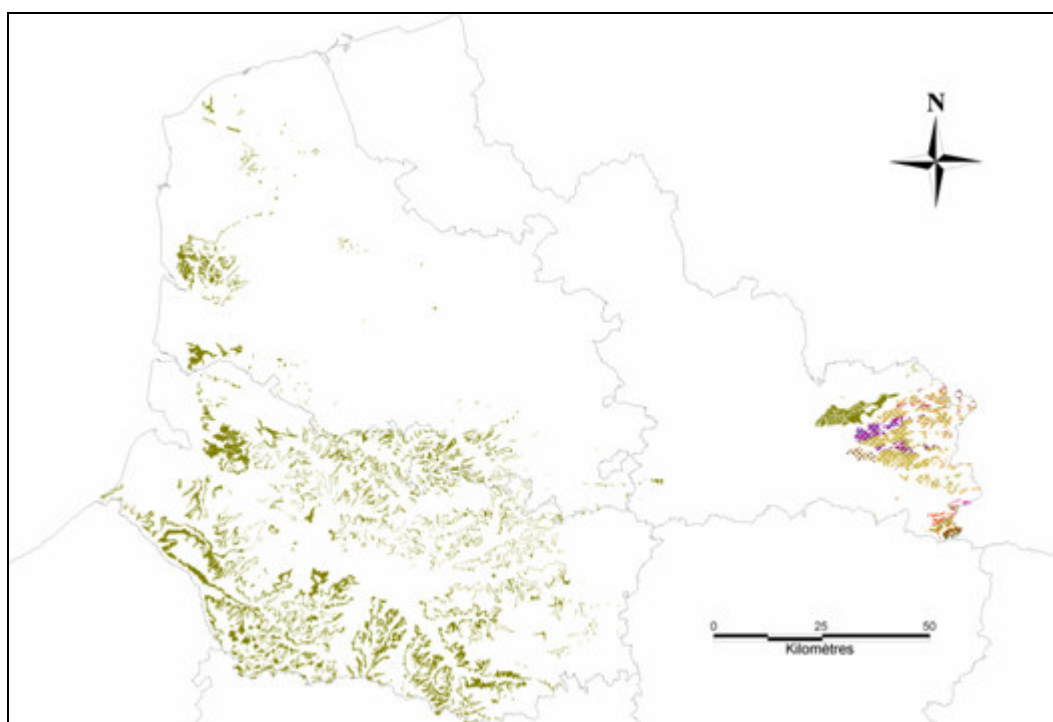


Illustration 47 – Localisation des altérites en Artois-Picardie.

5.4.4. Formations superficielles peu aquifères

Ces formations (illustration 48), d'intérêt hydrogéologique mineur, comprennent:

- les lœss,
- les limons et limons lœssiques,
- les formations sableuses tertiaires résiduelles,
- les cailloutis.

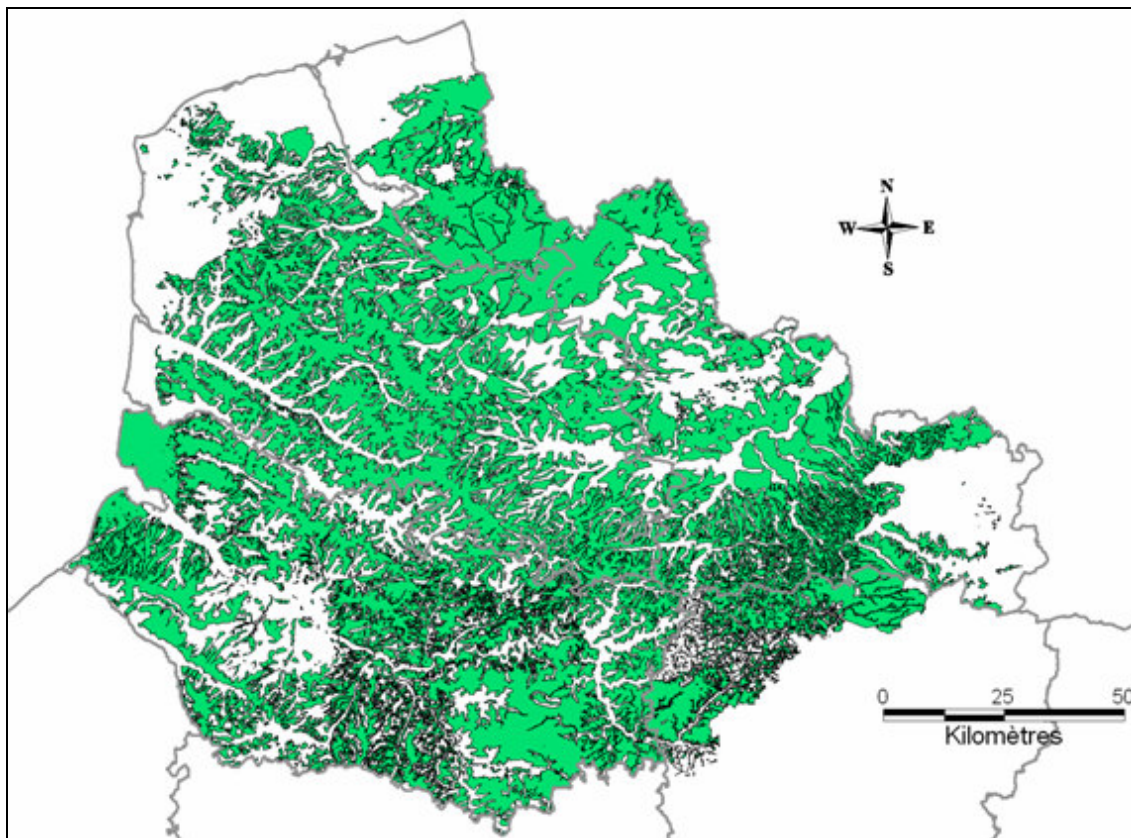


Illustration 48 - Formations superficielles peu aquifères en Artois-Picardie

5.4.5. Formations "résiduelles"

Ces formations ont été extraites des cartes géologiques en retenant les 2 critères suivants:

- dimension restreinte (aire <0.5 Km²),
- faible influence hydrogéologique vis-à-vis des formations sous-jacentes.

Le libellé des polygones de cette couche permet de les rattacher à l'entité dont ils sont issus (exemple fourni par l'illustration 49).

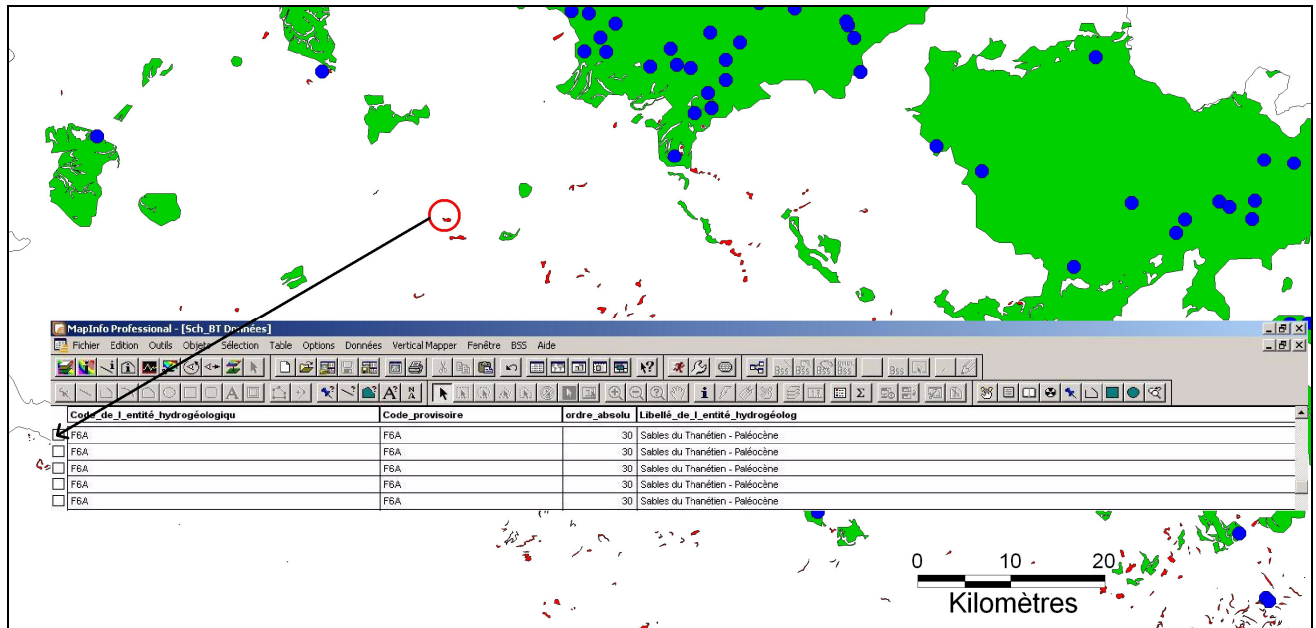


Illustration 49 - Exemple d'identification de "formations témoins"

(en rouge, unités déconnectées de l'entité proprement dite et de surface inférieures à 0,5 Km²)
(Rattachées au "Sables d'Ostricourt", entité codée F6A01 dans le tableau multi-échelles)

5.4.6. Les placages

La couche des placages a été constituée en retenant 2 critères:

- faible extension et faible épaisseur,
- teneur en argiles ne permettant pas la formation d'une nappe.

Ces placages ne concernent, dans le bassin Artois-Picardie, que la formation des Sables du Thanétien (illustration 50).

Au Paléocène, dans tout le Nord de la France, une transgression marine du Landénien (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 thanétiens 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 referment une petite nappe généralement permanente mais de faible importance donnant naissance à quelques petites sources qui se déversent assez rapidement dans le réservoir crayeux.

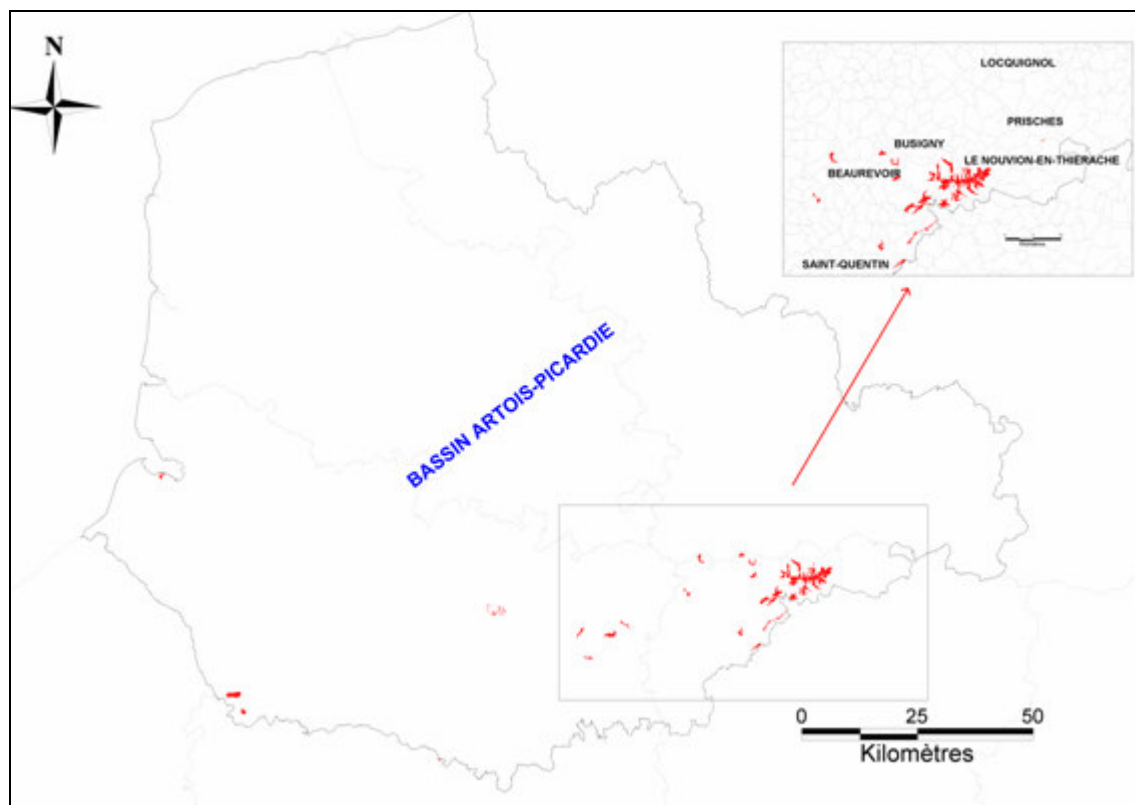


Illustration 50 – Localisation des placages de sables du Thanétien.

6. Conclusion

Dans le bassin Artois-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:

- **41 entités hydrogéologiques de niveau local (NV3),**
- **31 entités de niveau régional (NV2), systèmes aquifères ou domaines,**
- **16 entités de niveau national (NV1), grands systèmes multicouches, grands systèmes aquifères ou grands domaines,**

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 colluvions,
- les altérites,
- les formations résiduelles,
- 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-bassins est prévue courant 2010. Elle portera en particulier sur:

- les raccordements des entités d'un bassin à l'autre,
- le nom des entités et leur code.

A l'issue de cette harmonisation, un rapport de synthèse succèdera à ce rapport d'étape.

...

5. Bibliographie

N. Pedron, JP. Platel, K. Bidzana, B. Labarthe, JB. Loiseau, F. Lucassou - 2009 Référentiel Hydrogéologique Français - BD RHF Version 2 – Bassin Adour-Garonne. Années 2 et 3. Délimitation des entités hydrogéologiques en région Aquitaine. Rapport d'étape. BRGM/RP-56949-FR. 64 pages, 5 annexes.

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

C. Mégnien, F. Mégnien, Synthèse géologique du Bassin de Paris, Mémoires du B.R.G.M. n° 101, 102, 103.

J-F. Becq-Giraudon, Synthèse structurale et paléogéographique du bassin houiller du Nord. Mémoire B.R.G.M. n° 123.

B. Minguely, Thèse 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.

J.L. Mansy, P. Guennoc, F. Robaszynski, F. Amédéo, J.-P. Auffret, J.-P. Vidier, J. Lamarche, D. Lefèvre, J. Sommé, D. Brice, B. Mistiaen, A. Prud'homme, J.-C. Rohart, D. Vachard, Notice explicative, Carte géol. France (1/50000), feuille Marquise (seconde édition) (5). Orléans : BRGM, 213 p. Carte géologique par J.-L. Mansy *et al.* (2007)

H. Yousof, Thèse 1973, Hydrologie karstique du calcaire carbonifère de la Belgique et du nord de la France – Synthèse des données acquises en 1972 – 126 pages, 17 annexes.

Géologues, revue officielle de l'Union Française des Géologues (U.F.G.), n°133/134 – Spécial Belgique et Nord de la France – Septembre 2002 – ISSN 0016.7916 p : 98-99.

Rapports de fin de phase 1

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

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

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

Annexe 1 – Tableau multi-échelles

Annexe 2
Brefs rappels de l'histoire géologique de la
région Nord-Pas-de-Calais (Nord du Bassin de
Paris)

L'histoire géologique de la région Nord-Pas-de-Calais s'inscrit dans celle du Nord du Bassin de Paris, qui s'inscrit lui-même dans les deux grands cycles orogénique qui ont façonné l'Europe de l'Ouest.

A la fin du Paléozoïque :

Une importante chaîne de montagne (Hercynienne) qui occupait la région subit l'érosion et des matériaux détritiques, des argiles, des sables et des graviers s'accumulent dans les vallées et les lacs. Leur enfouissement donnera les schistes et les grès du socle. Le bassin de Paris n'est alors pas encore formé. Une période de climat chaud et humide profite à la densification de la végétation dont les débris constitueront le charbon. Ces formations constituent le socle du Bassin de Paris.

Le Trias est lacunaire dans la région.

Au Jurassique :

Une montée du niveau marin et un affaissement du socle de la France profite à une transgression venant du Sud-est, le bloc des Ardennes reste émergé (sud-est de la région nord-pas-de-calais) (ainsi que le Massif Armoricaire), les dépôts, de nature calcaire et marneuses sont donc totalement absents dans la région.

Ce n'est qu'au jurassique moyen et supérieur, qu'une transgression venant une nouvelle fois du sud-est, parvient jusqu'à la région et y dépose calcaires et marnes, que l'on retrouve au sud et au niveau de la boutonnière du Boulonnais.

Comme le pays de Braie en région Picardie, le Boulonnais est qualifiable de « boutonnière » et correspond à un anticlinal d'axe Artois-Ardennes et dont le cœur érodé laisse apparaître des terrains jurassiques et du socle hercynien.

Au Crétacé supérieur :

Une transgression venant du nord-est envahit tout le Bassin de Paris ainsi qu'une partie de la Belgique. Cette transgression est d'autant plus permise que due aux phénomènes combinés de montée du niveau de la mer et de la subsidence du Bassin de Paris (abaissement progressif du fond du bassin). Celle-ci dépose la craie épaisse qui s'étend de la mer du Nord à l'Angleterre. La fin du Crétacé est marquée par une régression marine d'ampleur ayant fait diminuer le niveau de la mer de 200 à 300 mètres.

Au début du Cénozoïque :

Une mer ouverte au nord permet le dépôt de sables et d'argiles. (Sables et Argiles du Thanétien/Yprésien).

Au Quaternaire :

Les glaciations ne toucheront pas directement la région mais les sols subissent alors des gélifractions et le dépôt de sédiment éolien : le Loess.

Annexe 3 - Echelle stratigraphique du bassin de Paris

(M. Donsimoni – 1999-2001 – BRGM)

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA – Bassin Artois-Picardie

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'émerision du Miocène et du Pliocène		[formation des Argiles à silex, Argiles à meulière, Meulières d		
	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 Jeure, Arg. à Corbules, Marnes à Huîtres, Calc. d'Etréchy		
							<i>Sannoisien</i>		Calcaire de Sannois
								Caillasse d'Orgemont	
				12.1	35.4		Argile verte de Romainville		
							Glaïses à Cyrènes		
	Eocène	<i>Priabonien</i>				<i>Ludien</i>	<i>Supérieur</i>	Marnes blanches de Pantin, Gypse Marabet	
								Marnes bleues d'Argenteuil	
							<i>Moyen</i>	Gypse 1° masse	
								Marnes d'entre deux masses	
							Gypse 2° masse		
							Marnes à Lucines		
	Gypse 3° masse								
		3.2	38.6		<i>Inférieur</i>	Marnes à <i>Pholadomia ludensis</i>			
	<i>Bartonien (s.s.)</i>				<i>Marinésien</i>	<i>Marinésien sup.</i>	Gypse 4° masse = Calc. de Noisy-le-Sec ou Marnes à Paludines		
							Sables de Monceau, Sables de Cresnes, Sables de Marines		
								<i>Marinésien inf. et moy.</i>	Sables de Mortefontaine, Calcaire de Ducy, Sables d'Ezanville
									<i>Auverisien</i>
			3.5	42.1		<i>Auverisien inf.</i>	Calcaire de Montagny		
	<i>Lutétien</i>					<i>Supérieur</i>	Marnes et caillasses, Calcaire à Cérithes		
							Calcaire grossier supérieur		
						<i>Moyen</i>	Calcaire grossier moyen		
						<i>Inférieur</i>	Calcaire grossier inférieur		
			7.9	50			Glauconie grossière		

JURASSIQUE	Malm	<i>Tithonien = Portlandien</i> <i>Kimméridgien</i>	14	154.7	
		<i>Oxfordien</i>			<i>Séquanien</i>
			2.4	157.1	<i>Flauracien</i> <i>Angovien</i>
	Dogger	<i>Callovien</i>	4.2	161.3	
		<i>Bathonien</i>	4.8	166.1	
		<i>Bejocien</i>	7.4	173.5	
		<i>Aalénien</i>	4.5	178	
	Lias	<i>Toarcien</i>	9	187	
		<i>Pliensbachien</i>			<i>Domézien</i> <i>Carnien</i>
			7.5	194.5	
		<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>Lettenkalk</i>
		<i>Anisien</i>	1.6	241.1	<i>Muschelkalk</i>
	Inférieur	<i>Werténien</i>	3.9	245	<i>Buntsandstein</i>

Annexe 4 - Lexique de caractérisation des entités

(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.

THEME	Code	Libellé
	1	Alluvial
	2	Sédimentaire
	3	Socle
	4	Intensément plissés de montagne
	5	Volcanisme

Thème de rattachement des entités à une formation géologique

NATURE	Code	Libellé
	1	Grand système aquifère
	2	Grand Domaine hydrogéologique
	3	Système aquifère
	4	Domaine hydrogéologique
	5	Unité aquifère
	6	Unité semi-perméable
	7	Unité imperméable

Nature des entités

MILIEU	Code	Libellé
	0	Inconnu
	1	Milieu poreux
	2	Milieu fissuré
	3	Milieu karstique
4	Double porosité	

Type de milieu (porosité)

ETAT	Code	Libellé
	1	Nappe captive
	2	Nappe libre
	3	Libre et captive
	4	Alternativement libre puis captive

Etat de la nappe

2. Types de limites

12 types (schémas page suivante) sont définis dans le guide méthodologique

<p>a) Ligne de partage des eaux souterraines</p>	<p>d) Ligne d'affluence des eaux de formations perméables /semi-perméables à un aquifère libre emboîté ou à un autre aquifère en contact par faille.</p>
<p>b) Limite étanche</p>	<p>e) Ligne de sources de déversement</p>
<p>c) Ligne d'affluence d'un aquifère captif à un aquifère libre</p>	<p>f) Ligne de débordement continue ou discontinue</p>
<p>h,i,j) Relations avec les cours d'eau</p>	<p>g) Cours d'eau perché</p>
	<p>+ k) limite administrative</p>
	<p>+ l) limite inconnue</p>

Annexe 5

Le modèle de gestion du référentiel et la géodatabase associée

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).

Il a été présenté:

- au groupe "Référentiels" du SIE le 25 Octobre 2007,
- au comité de pilotage du projet BDRHF-V2 le 19 Novembre 2007 et le 1^{er} Décembre 2008 dans une version enrichie de nouvelles fonctionnalités.

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 repérés par un numéro définissant un ordre (dit "absolu" et pouvant correspondre à l'âge des entités).
- de restituer les parties sous couverture des entités (une entité comprend en général une partie affleurante et une partie sous couverture);
- d'assurer une totale cohérence topologique (3D) de l'ensemble des entités et aux 3 niveaux de découpage NV1, NV2 et NV3 (utilisation des fonctions topologiques d'ArcGis);
- de détecter les anomalies de découpage des entités et de corriger les artefacts de découpage.

1.1.2. Phase d'exploitation du référentiel

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

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

1.2. ORGANISATION ET PRINCIPES DE BASE DU MODÈLE

1.2.1. Organisation des entités en "Entités principales" et "Entités complémentaires"

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

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

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

- systèmes alluvionnaires (transverses par rapport aux entités principales)
- formations superficielles, hétérogènes et morcelées,

- altérites cartographiées des zones de socle,
- aires karstifiées délimitées par des traçages,

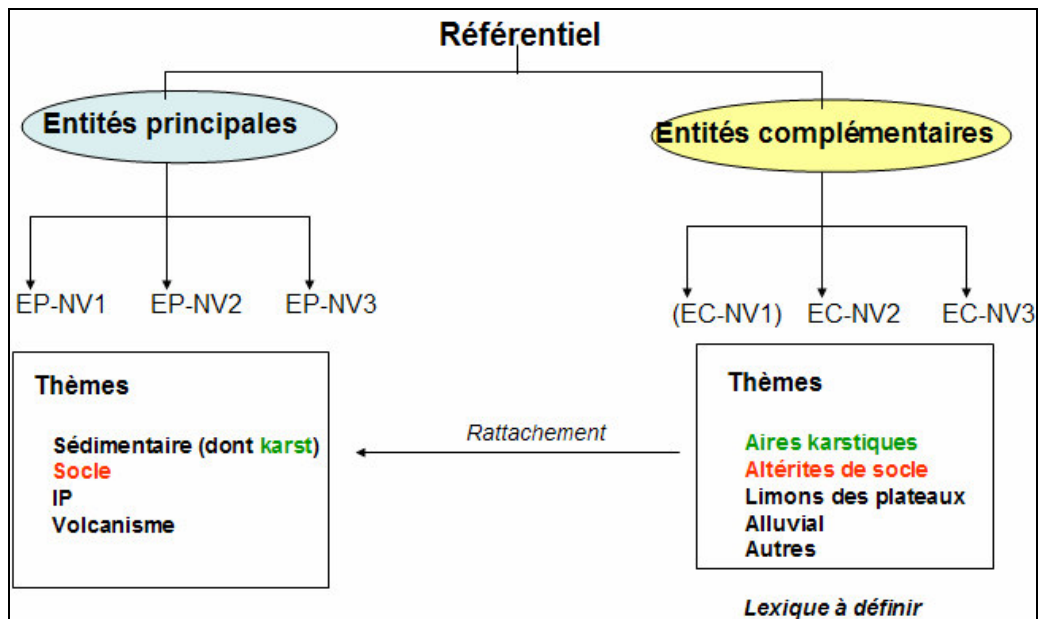


Illustration A1 – Organisation générale du référentiel

1.2.2. Ordonnement 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'ordonnement 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.


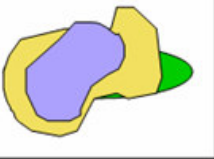
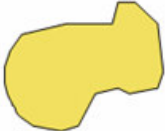

Numérisation de chaque entité	Définition de l'ordre absolu	Fichier global des entités délimitées à traiter
	Entité : X Ordre absolu : 52	↓ 
	Entité : Y Ordre absolu : 88	
	Entité : Z Ordre absolu : 90	

Illustration A2 – Ordonnancement des entités par un âge absolu

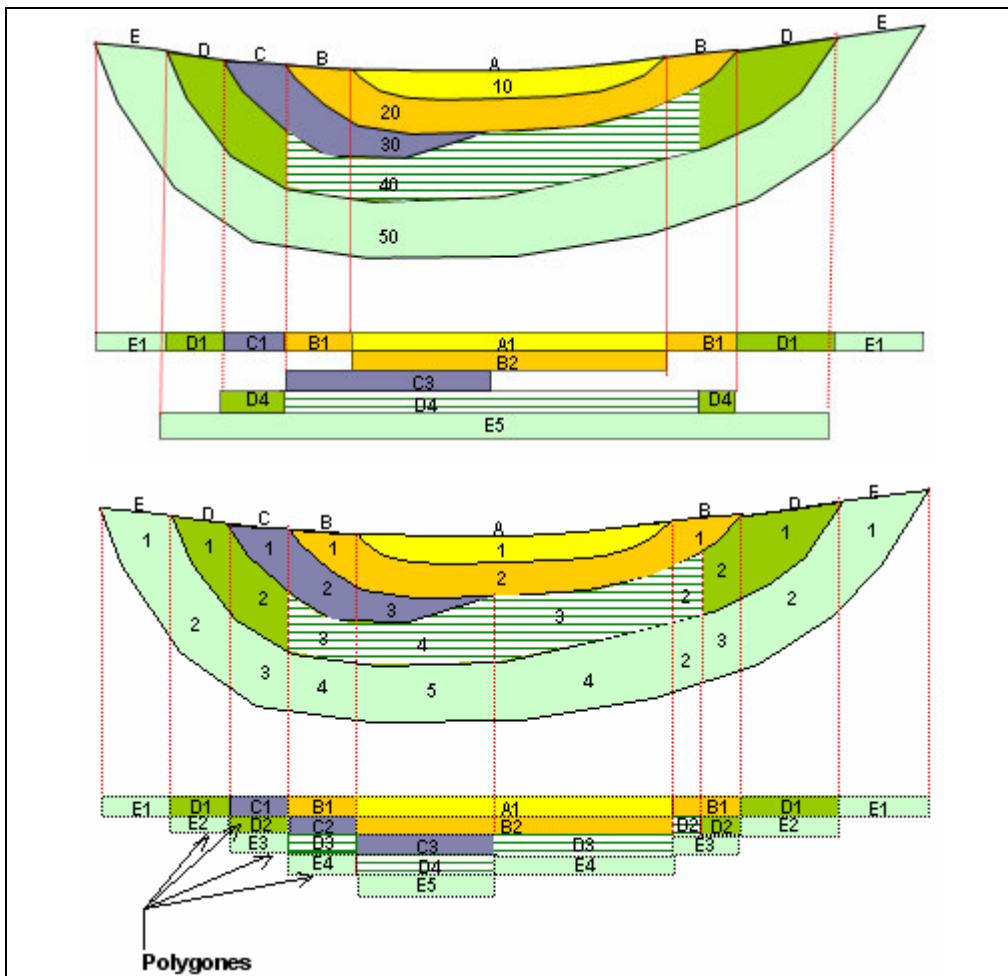


Illustration A3 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif.

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)

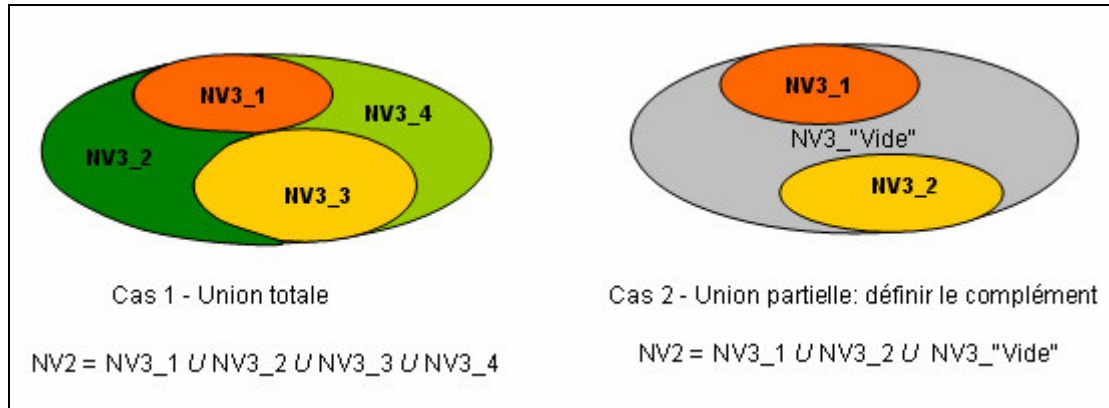


Illustration A4 - Reconstitution d'une entité de niveau 2 à par d'entités de niveau 3.

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").

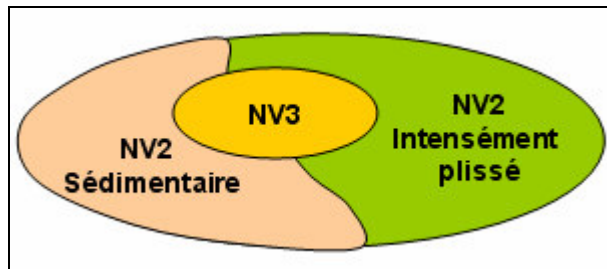


Illustration A5 – Entité de niveau 3 s'étendant sur 2 entités de niveau 2

1.2.4. Héritage des limites

• 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.

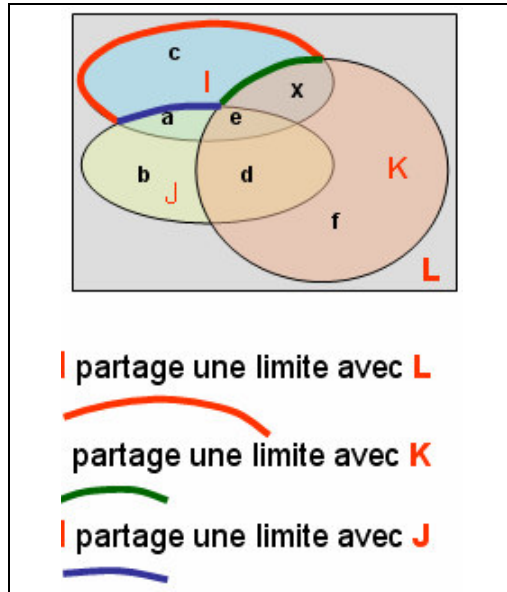


Illustration A6 – Restitution des limites des entités à partir de la table des polygones

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

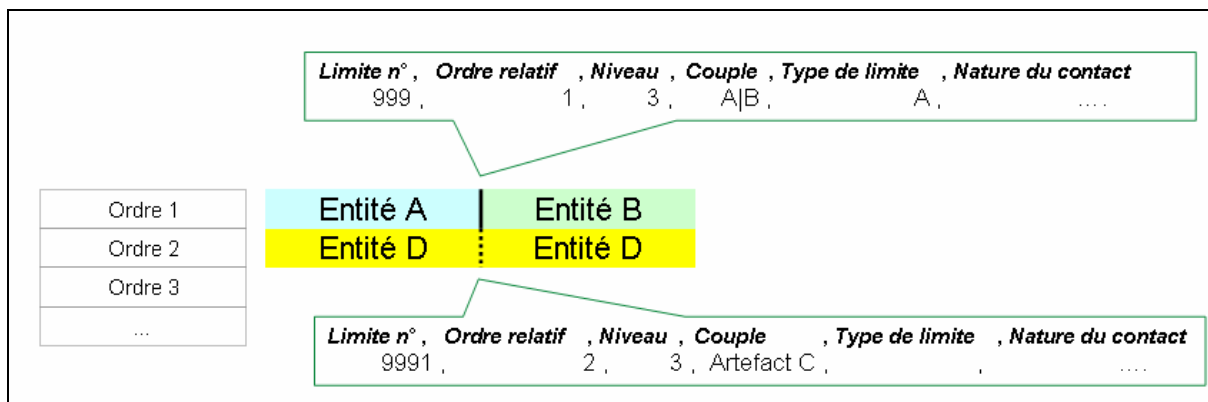


Illustration A7 – Exemple de contacts entre entités

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

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

Illustration A8 – Nature des contacts possibles entre entités

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

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

RHF_LEXIQES_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	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 (polylignes), appelée "RHF_Limites"
- le tableau synthétique de définition des entités
- le tableau de définition des limites

et de requêtes dérivées, par exemple "REQUETE_toits" et "REQUETE_murs" des entités (illustration A11).

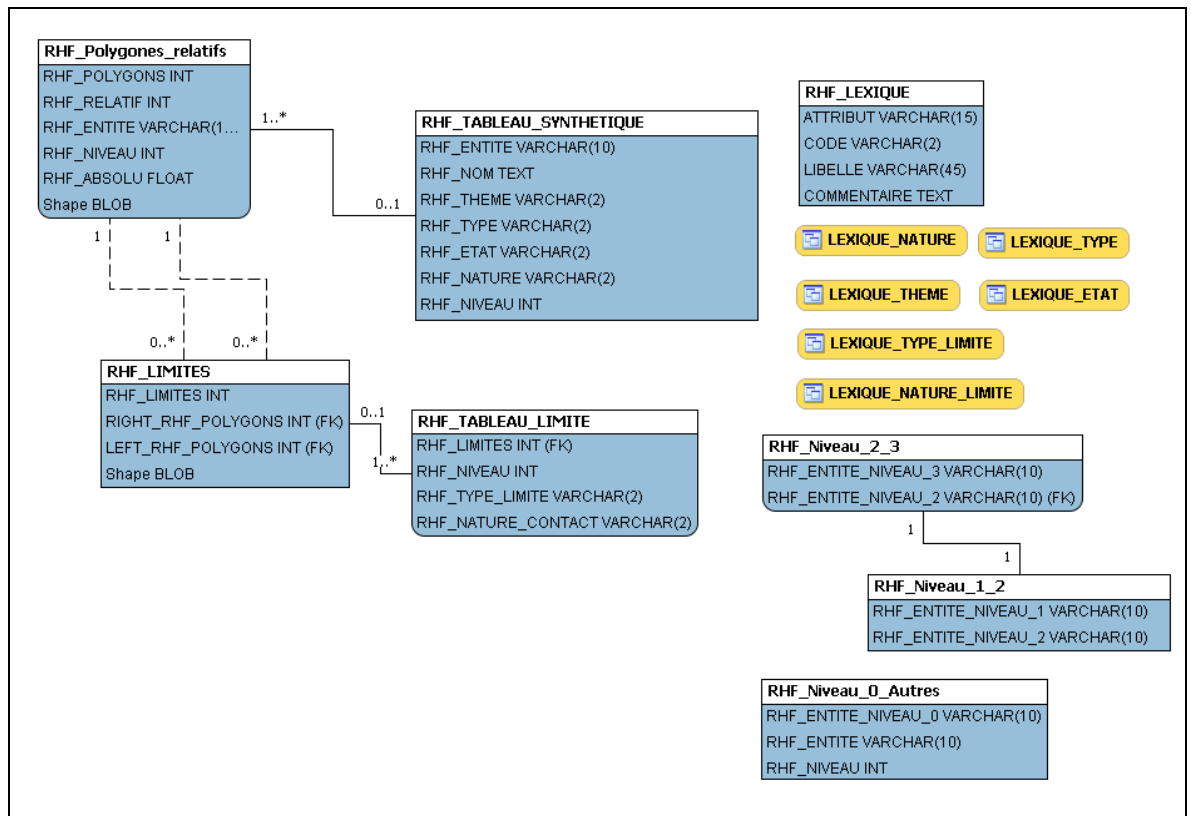


Illustration A10 – Modèle conceptuel de la géodatabase

Remarque : par convention, les tables de données composant le fonds documentaire minimal de la géodatabase sont notées avec le préfixe **RHF_**. Les tables qui résultent de requêtes complexes dont le résultat est "figé" pour en faciliter la lecture sont préfixée avec **BDRHF_**



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

2.2. PRINCIPALES 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).

2.2.2. Table RHF_Tableau_Synthetique

La table RHF_Tableau_Synthetique est la transcription au format MSACCESS du tableau multi-échelles (illustration A12).

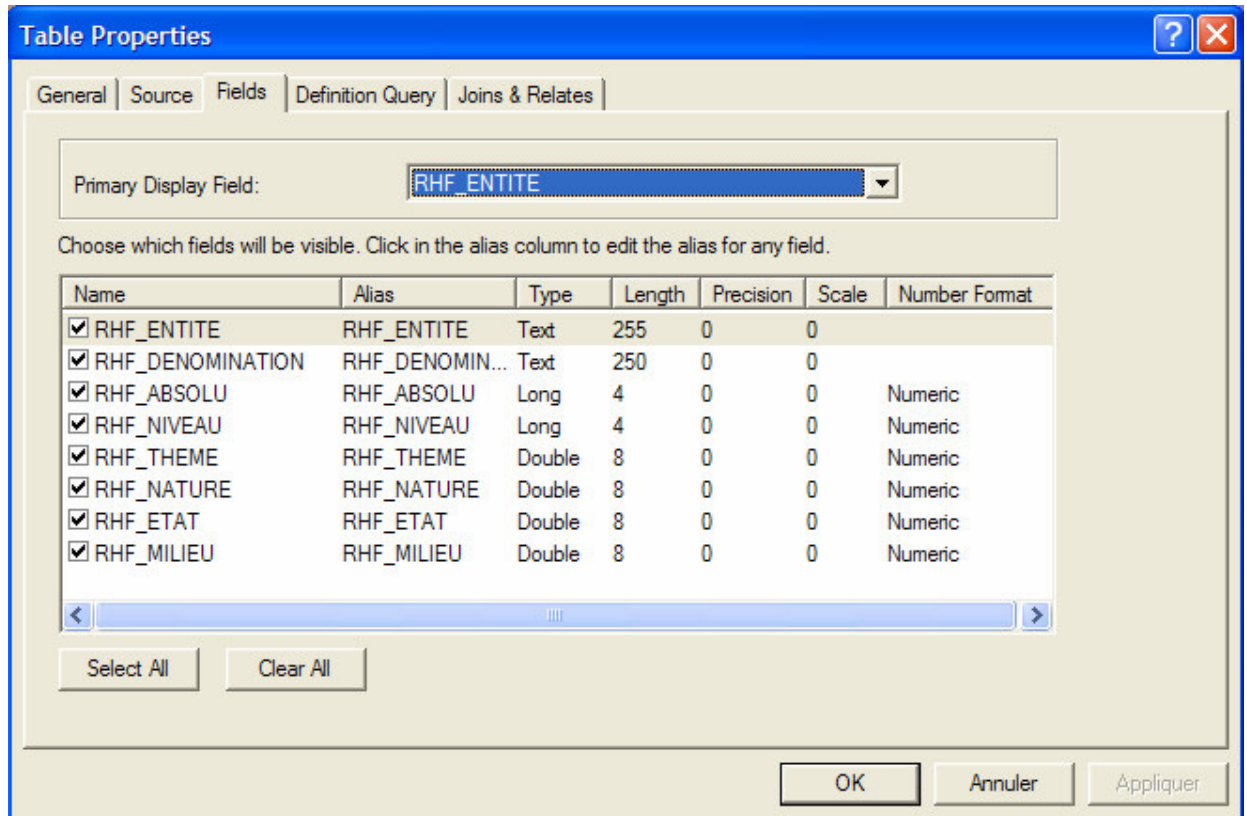


Illustration A12 - Table RHF_Tableau_Synthetique

2.2.3. Table des limites

La seconde couche vecteur correspondant à la table des limites (illustration A13), appelée "RHF_**Limites**" (limites des entités d'ordre 1 et plus).

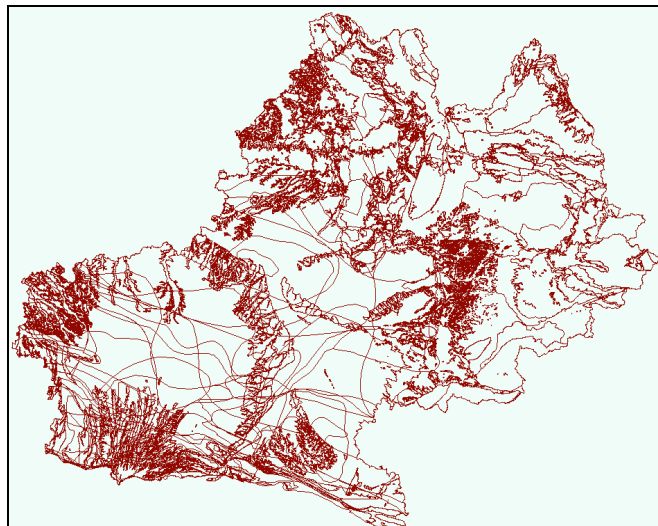


Illustration A13 – Table des limites des entités d'ordre 1
(exemple de la région Midi-Pyrénées)

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

2.2.4. Table RHF_Limites_nature

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

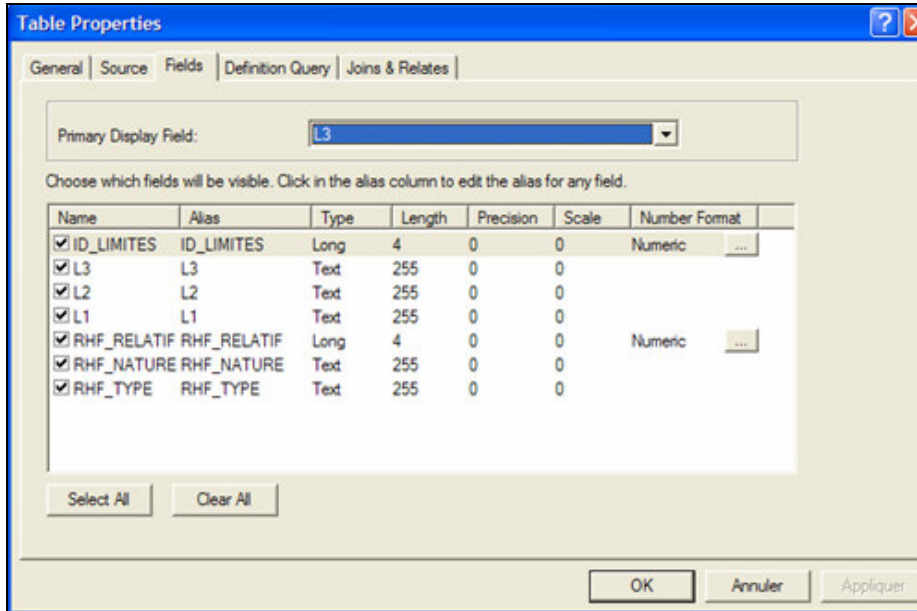


Illustration A18 – Table de la nature des limites

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

par exemple : |F10G1|F11T1|.

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

par exemple : |F10G1|Monde|.

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

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

par exemple : |F10G|F11T|.

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

par exemple : |F10G|Monde|.

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

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

par exemple : |F10|F11|.

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

par exemple : |F10|Monde|.

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

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

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

Le champ **RHF_Type** définit la typologie de la limite décrite par le producteur de données.

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

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

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

Illustration A14 – Lexique de la nature des contacts

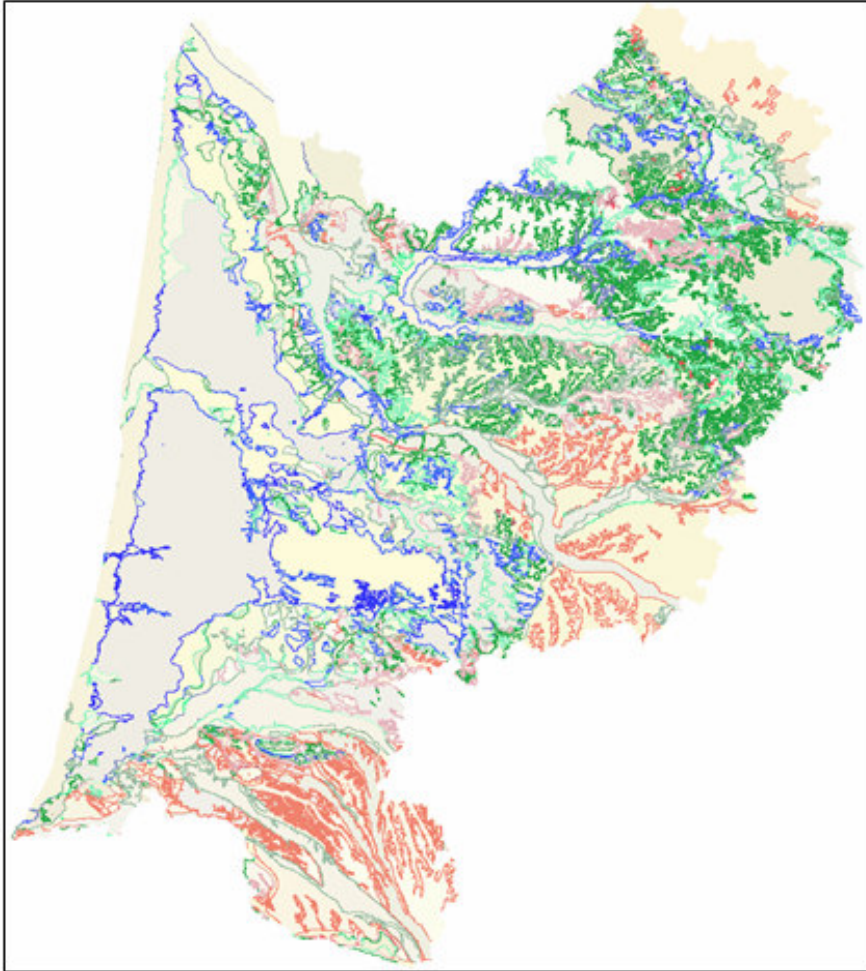


Illustration A15 – Exemple de représentation des limites en fonction de la nature des contacts (référentiel de l'Aquitaine)

2.2.5. Requêtes sur le modèle et tables associées

Requêtes Toits et murs

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

Dans l'illustration suivante,

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

A	b	i	i	k
e	A	b	i	i
	e	A	c	i
		f	A	c
			f	A
				f

Les requêtes permettant l'extraction de ces données sont REQUETE_MURS et REQUETE_TOITS, elles sont également transcrites sous formes de tables BDRHF_Table_Murs et BDRHF_Table_Murs

Table (requête) : BDRHF_TABLE_TOIT (BDRHF_TOIT)

RHF_ENTITE	RHF_ABSOLU	Position	TOIT	LIBELLE	ORDRE_ABSO	Part_Toits	SToits	Surface	RHF_NIVEAU
10A	100	Toit	1B	Domaine aquifè	10	0.5628394038	711758480	48054244348	2
10A	100	Toit	7B	Système aquifè	70	0.0017709860	2239563	2529170755.2	2
10A	100	Toit	8B	Domaine imperi	80	0.0742439338	93887793	11381268398	2
10A1	100	Toit	1B4	Domaine aquifè	10	0.9297574797	17265823	37140487.444	3
10A2	100	Toit	1B3	Domaine aquifè	10	0.0004950633	57642	116433589.51	3
10A2	100	Toit	1B4	Domaine aquifè	10	0.8677559751	101035943	465734358.05	3
10A3	100	Toit	1B7	Domaine aquifè	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 aquifè	10	0.2818628625	89605078	317903100.79	3
10A4	100	Toit	1B6	Domaine aquifè	10	0.4512132491	143442091	317903100.79	3
10A5	100	Toit	1B3	Domaine aquifè	10	0.4961843609	119449097	2648088433.8	3
10A6	100	Toit	1B2	Domaine aquifè	10	0.5742847963	82878229	1010208883.7	3
10A6	100	Toit	8B5	Domaine imperi	80	0.0132702258	1915100	144315554.81	3
10A7	100	Toit	1B8	Domaine aquifè	10	0.0052030419	324017	124549065.16	3
10A7	100	Toit	8B5	Domaine imperi	80	0.1076240756	6702239	124549065.16	3
10A8	100	Toit	1B1	Domaine aquifè	10	0.0488406366	6667743	262375308.14	3

Illustration A16 – Table des toits (exemple de la région Aquitaine)

	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	Denomination 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 A17 – Table des toits (exemple de la région Poitou-Charentes)

Table (requête) : BDRHF_TABLE_MUR (BDRHF_MUR)

RHF_ENTITE	RHF_ABSOLU	Position	MURS	LIBELLE	ORDRE_ABSO	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	409368870	1974761781.9	0.0207300295	63192377022	1
1	10	Mur	12	Grand système	120	75500861	1974761781.9	0.0382328956	37520473857	1
1	10	Mur	21	Grand système	20	114308450	1974761781.9	0.0578846781	51343806331	1
1	10	Mur	3	Grand domaine	30	116647627	1974761781.9	0.0590692144	1.007129E+11	1
1	10	Mur	4	Grand système	40	43530245	1974761781.9	0.0220432892	19747617819	1
1	10	Mur	4	Grand système	41	7878785	1974761781.9	0.0039897395	13823332474	1
1	10	Mur	4	Grand système	42	375791	1974761781.9	0.0001902969	3949523563.9	1
1	10	Mur	5	Grand système	60	104651691	1974761781.9	0.0529945900	78990471278	1
1	10	Mur	5	Grand système	65	33115719	1974761781.9	0.0167694753	1974761781.9	1
1	10	Mur	51	Grand domaine	50	60766447	1974761781.9	0.0307715328	61217615240	1
1	10	Mur	7	Grand Système	70	290111334	1974761781.9	0.1469095344	98738089097	1
1	10	Mur	9	Grand Système	90	27446597	1974761781.9	0.0138986876	9873808909.7	1
1	10	Mur	9	Grand Système	91	113210525	1974761781.9	0.0573286996	35545712075	1
10	100	Mur	11	Grand domaine	110	16576785913	16584901422	0.9995106689	2.063162E+13	1
10	100	Mur	12	Grand système	120	7555244	16584901422	0.0004616394	66339605687	1

Illustration 18 – Table des murs (exemple de la région Poitou-Charente)

	<i>Description des attributs de la table/requête des murs</i>
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 A19 – Table des murs (exemple de la région Aquitaine)

2.2.6. Table des ordres

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

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

Illustration A20 - Table des ordres



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service Géologique Régional Nord Pas de Calais
Synergie Park
6 ter, Rue Pierre et Marie Curie
59260 – Lezennes - France
Tél. : 03 20 19 15 40