

Rapport provisoire



Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA

Bassin Loire-Bretagne

Délimitation des entités hydrogéologiques en Bretagne et en Pays-de-la-Loire dans les départements de Vendée, Loire Atlantique et Mayenne

Rapport Final
Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP- 62227 -FR

Juillet 2013



Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA Bassin Loire-Bretagne

Délimitation des entités hydrogéologiques en Bretagne et en Pays-de-la-Loire dans les départements de Vendée, Loire-Atlantique et Mayenne

Rapport Final
Mise à jour BDLISA Version 0

BRGM/RP- 62227-FR
Juillet 2013

Etude réalisée dans le cadre des projets de Service public du
BRGM 2008 EAU I34, 2009 EAU I26-I32, 2010 EAU I28

**Baudouin V., Chrétien P., Mougins B., Rouxel E.
Xu D. et Schomburgk S.**



Vérificateur :

Nom : J.J. Seguin
Date : 22 Juin 2010

Approbateur :

Nom :
Date :

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



Mots clés : Référentiel hydrogéologique, Système aquifère, Domaine hydrogéologique, Bretagne, Pays de la Loire.

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

Baudouin V., Chrétien P., Mougin B., Rouxel E., Xu D. et Schomburgk S. (2013). Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA.. Bassin Loire-Bretagne. Délimitation des entités hydrogéologiques en Bretagne et en Pays-de-la-Loire dans les départements de Vendée, Loire-Atlantique et Mayenne. Rapport final. Mise à jour BDLISA Version0. BRGM/RP-62227-FR.

Synthèse

Le présent rapport est la mise à jour d'un travail réalisé en 2010 par Baudoin V. (RP-58196-FR) dans le cadre de la réalisation de BDRHF-V2. Cette mise à jour permet d'intégrer les entités hydrogéologiques décrites en 2010 à la version 0 du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères). Le territoire couvert par la délimitation des entités hydrogéologiques correspond à trois départements de la région Pays de la Loire (Loire-Atlantique, Mayenne et Vendée) et aux quatre départements de la région Bretagne, tous situés dans le bassin Loire-Bretagne.

Les entités hydrogéologiques ont été délimitées aux trois niveaux de détail du référentiel (national, régional et local) en domaine de socle et dans les formations du sédimentaire, qui couvrent la plus grande partie du secteur d'étude. Suite à l'harmonisation nationale des entités BDLISA à l'échelle nationale le nombre d'entités BDLISA a changé (regroupement d'entités transrégionales, découpage par bassin etc.) Cependant le présent rapport ne fait état que des entités identifiées lors de la délimitation des entités (BRGM/RP-58196-FR).

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 :

- **24 unités de niveau local (NV3) dans le domaine sédimentaire et 99 entités de socle,**
- **12 systèmes ou domaines du niveau régional (NV2) de type sédimentaire et 52 de type socle,**
- **24 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1) distinguant 6 entités sédimentaires et 18 entités de socle.**

A ces entités, s'ajoutent **4 ensembles d'entités "complémentaires"**, identiques aux trois niveaux de découpage, constituant une **"surcouche" du référentiel** :

- les systèmes alluvionnaires,
- les altérites superficielles du socle,
- les « pointements » de socle,
- les secteurs karstiques connus.

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

Les polygones sont proposés dans le format shapefile (ArcGis) et MIF/MID (MapInfo). Le téléchargement est réalisé avec les systèmes de projection en vigueur (Lambert 93 en métropole, Corse et systèmes adéquats dans les départements d'Outremer), ils sont téléchargeables par entité, région ou par bassin.

Le référentiel BDLISA constituant un modèle 2D d'une réalité 3D des entités hydrogéologiques en France, il est difficile, voire impossible, de représenter « simplement » l'ensemble du référentiel BDLISA sur une interface cartographique.

Un accès cartographique a été adapté pour les utilisateurs de ce référentiel via <http://geotraitements.brgm.fr/viewer/bdlisa>. Cette interface cartographique permet différentes requêtes (recherche d'une entité par nom, code, départements...).

La présentation générale du référentiel, de ses principes de construction et de mise en œuvre est faite dans le rapport BRGM/RP-62261-FR, cité en bibliographie.

Avertissement

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

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

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

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

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

Sommaire

Synthèse	3
1 Introduction	11
2 Présentation du référentiel BDLISA	15
2.1 PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS	15
2.1.1 Principes de construction.....	15
2.1.2 Assemblage des entités	15
2.1.3 Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction	15
2.1.4 BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE	16
2.2 PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA	16
2.3 LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL	17
2.3.1 Les entités hydrogéologiques	17
2.3.2 Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques	18
2.3.3 Les "thèmes" des entités hydrogéologiques	18
2.3.4 L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques.....	18
2.3.5 L'attribut "Type de milieu" des entités hydrogéologiques	20
2.3.6 L'attribut "État" des entités hydrogéologiques	22
2.3.7 L'attribut "Origine de la construction" des entités hydrogéologiques	22
2.4 LE TABLEAU MULTI-ECHELLES	23
2.5 LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS.....	23
2.5.1 Principes sous-jacents.....	23
2.5.2 Organisation des entités en 2 ensembles	24
2.5.3 Ordre absolu et ordre relatif.....	25
3 Méthodologie de délimitation des entités et assemblage par le modèle de gestion	27
3.1 PRINCIPES DIRECTEURS	27
3.1.1 Homogénéité du découpage.....	27
3.1.2 Emboîtement des niveaux	27
3.2 PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION	28
3.2.1 Identification et cadrage hydrogéologique général.....	28
3.2.2 De l'analyse des cartes géologiques au tableau multi-échelles.....	28
3.2.3 Individualisation de l'alluvial.....	28
3.2.4 Découpage des entités.....	29
3.2.5 Passage au modèle de gestion du référentiel	29
3.2.6 Organigramme	29
4 Mise en œuvre du découpage	31

4.1	DONNÉES DE RÉFÉRENCE	31
4.2	ÉLABORATION DES TABLEAUX MULTI-ÉCHELLES	35
4.2.1	Domaine sédimentaire et formations superficielles	35
4.2.2	Domaine de socle.....	37
4.3	MÉTHODOLOGIE DE DÉLIMITATION DES ENTITÉS DU SÉDIMENTAIRE ..	37
4.3.1	Exemple de délimitation des entités hydrogéologiques du sédimentaire de la région Bretagne.....	38
4.3.2	Exemple de délimitation à l'affleurement d'une entité : l'unité semi-perméable des Grès du Pliensbachien	39
4.4	MÉTHODOLOGIE DE DÉLIMITATION DES ENTITÉS DU SOCLE.....	44
4.4.1	Méthodologie.....	44
4.4.2	Entités NV1 du socle	44
4.4.3	Entités NV2 du socle	44
4.4.4	Entités NV3 du socle	46
4.5	ENTITÉS HYDROGÉOLOGIQUES COMPLÉMENTAIRES.....	49
4.5.1	Secteurs karstiques connus.....	49
4.5.2	Systèmes alluvionnaires	50
4.5.3	Altérites en domaine de socle.....	50
4.5.4	« Pointements » de socle	52
4.6	APERÇU GÉOLOGIQUE	53
4.7	ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE	54
4.7.1	Grand système aquifère du Jurassique inférieur (Lias), 141 (F12).....	54
4.7.2	Grand système aquifère du Jurassique moyen (Dogger), 139 (F10).....	56
4.7.3	Grand domaine du Kimméridgien-Callovien, 137 (F8)	57
4.7.4	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Séno-Turonien) 121	57
4.7.5	Grand système multicouche de l'Eocène du Bassin Parisien, 113 (F4) ..	58
4.7.6	Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien, 104 (F2)	59
4.7.7	Grand domaine hydrogéologique formations sableuses du littoral et dépôts holocènes du Quaternaire en Loire-Atlantique et Vendée (101).....	60
5	Limites des entités	61
5.1	LIMITES HYDRAULIQUES.....	61
5.2	NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITES	61
6	Outil de construction du référentiel	65
6.1	GÉODATABASE	65
6.2	FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS.....	70
7	Conclusion.....	73
8	Bibliographie	75

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude	13
Illustration 2 – Types d'entités hydrogéologiques et codification	19
Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques	21
Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires	24
Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités	26
Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3	27
Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.	30
Illustration 8 - Disponibilité des cartes géologiques harmonisées à 1/50 000 sur les régions Pays-de-la-Loire et Bretagne (situation à fin avril 2010)	31
Illustration 9 : Logs validés	33
Illustration 10 - Nombre de caissons distingués dans les cartes géologiques harmonisées départementales	35
Illustration 11 - Construction de l'extension globale d'une entité hydrogéologique	37
Illustration 12 - Carte géologique (a) et carte des formations cénozoïques (b) du bassin de Rennes – Chartres-de-Bretagne (E. Thomas, 1999)	40
Illustration 13 - Age des entités sédimentaires NV3 de Bretagne -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).	40
Illustration 14 -Délimitation d'une entité au niveau des contacts sur une formation plus âgée	41
Illustration 15 - Les polygones de taille réduite sont écartés (zone 3) et les affleurements des formations plus âgées peuvent indiquer des lacunes dans l'entité considérée (zone 4)	42
Illustration 16 - Influence des accidents structuraux sur la délimitation	43
Illustration 17 - Entités de socle de niveau NV1-(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).	45
Illustration 18 -Entités de socle de niveau NV2-(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).	45
Illustration 19 - Entités de socle de niveau NV3-(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).	46
Illustration 20 - Géologie des entités de socle de niveau NV3 (échelle 1/50 000, sauf pour les Côtes d'Armor 1/250 000)	48
Illustration 21 - Nature des entités de socle de niveau NV3 (les chiffres correspondent au détail des 216 entités géologiques)	48
Illustration 22 - Entités de socle des niveaux NV1-2-3 finalisées-(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).	49
Illustration 23 - Alluvions fluviales des cartes harmonisées en Loire-Atlantique, Mayenne et Vendée, et en région Bretagne	50
Illustration 24 - Schéma conceptuel des aquifères de socle (R. Wyns et al., 2004)	51

Illustration 25 - Cartographie des altérites sur les départements bretons, à partir des informations des études hydrogéologiques (les numéros correspondent aux coupures des cartes géologiques à 1/50 000 du BRGM)	52
Illustration 26 - Etapes de la finalisation des entités de socle NV1-2-3 du Massif Armoricaïn (zoom sur la jonction des départements Sarthe, Maine-et-Loire et Mayenne) -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).	53
Illustration 27 - Bloc diagramme figurant la transgression infraliasique de la Vendée méridionale (C. Roy, 1987)	55
Illustration 28 - Bloc diagramme figurant la transgression marine au Lias inférieur (C. Roy, 1987)	56
Illustration 29 - Bloc diagramme figurant la sédimentation des calcaires marneux du Lias moyen et supérieur (C. Roy, 1987)	56
Illustration 30 - Bloc diagramme figurant les dépôts jurassiques de la Vendée méridionale jusqu'au Callovien (C. Roy, 1987)	57
Illustration 31 - Types de limites possibles entre entités.	62
Illustration 32 - Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques.	63
Illustration 33 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.	65
Illustration 34 - Tables non géométriques de la géodatabase.	66
Illustration 35 - Interface utilisateur de la géodatabase.	66
Illustration 36 - Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.	67
Illustration 37 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).	68
Illustration 38 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).	68
Illustration 39 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités.	69
Illustration 40 - Table des limites : natures des contacts entre entités.	69
Illustration 41 - Éditeur de cartes du modèle de construction du référentiel.	70
Illustration 42 - Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).	71
Illustration 43 : Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie droite)	72

Liste des annexes

Annexe 1 : Découpage des entités hydrogéologiques en domaine de socle – Notes méthodologiques	79
Annexe 2 : Tableau multi-échelles	139
Annexe 3 Lexique de caractérisation des entités	149

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 : elle a débuté en 2006 (2006-2007 est l'année 1 du projet, 2009-2010 est l'année 4). En année 5 une harmonisation, au niveau national, de l'ensemble des découpages régionaux a été réalisée. La présentation générale du référentiel, de ses principes de construction et de mise en œuvre sont présentés dans le rapport BRGM/RP-62261-FR, cité en bibliographie.

Un premier travail de type méthodologique, 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.

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

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

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

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

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

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 Armoricaïn, Massif central,...),

- l'alluvial,
- le volcanisme,
- les formations intensément plissées (massifs montagneux).

Régions Bretagne et Pays-de-la-Loire

Ce rapport est la mise à jour de la réalisation du référentiel en Bretagne (année 4 du projet) et en Pays-de-la-Loire dans les départements de la Vendée, de Loire-Atlantique et de la Mayenne (année 3 du projet) après harmonisation des entités à régionales à l'échelle nationale (année 5 du projet).

La délimitation des entités est réalisée aux 3 niveaux de détail du référentiel (national NV1, régional NV2 et local NV3) en conformité avec le guide méthodologique national (Rapport BRGM RP-52261-FR, 2004) et avec les propositions faites en 2007-2008 dans le cadre de l'actualisation de ce guide demandée par le comité de pilotage du Référentiel.

Le secteur d'étude s'étend sur les 3 départements de la région Pays-de-la-Loire (Vendée, Loire-Atlantique et Mayenne) et sur les 4 départements de Bretagne (Illustration 1).

La région des Pays de la Loire se situe au carrefour de trois grands domaines géologiques : le Massif Armoricaire dont les formations affleurent surtout en Mayenne, en Loire-Atlantique, dans la moitié occidentale du Maine-et-Loire et en Vendée, le Bassin de Paris dont les formations affleurent essentiellement dans la Sarthe et dans la moitié orientale du Maine-et-Loire et le Bassin d'Aquitaine dont les formations affleurent au sud de la Vendée.

Les formations géologiques de la région Bretagne appartiennent quant à elles uniquement au Massif Armoricaire, principalement constitué de terrains cristallins (granites, gneiss, micaschistes...) et secondairement de terrains sédimentaires (calcaires, grès...).

Le travail a bénéficié du soutien financier de l'ONEMA pour la délimitation des entités au niveau national (NV1) et au niveau régional (NV2) et de l'Agence de l'Eau-Loire Bretagne pour les 3 niveaux de délimitation (national, régional, local).

Il a été mené dans le cadre de conventions entre le BRGM et l'ONEMA d'une part (2008 pour l'année 3 et 2009 pour l'année 4, niveaux 1 et 2) et le BRGM et l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne d'autre part (2008 pour l'année 3 et 2009 pour l'année 4, les 3 niveaux).

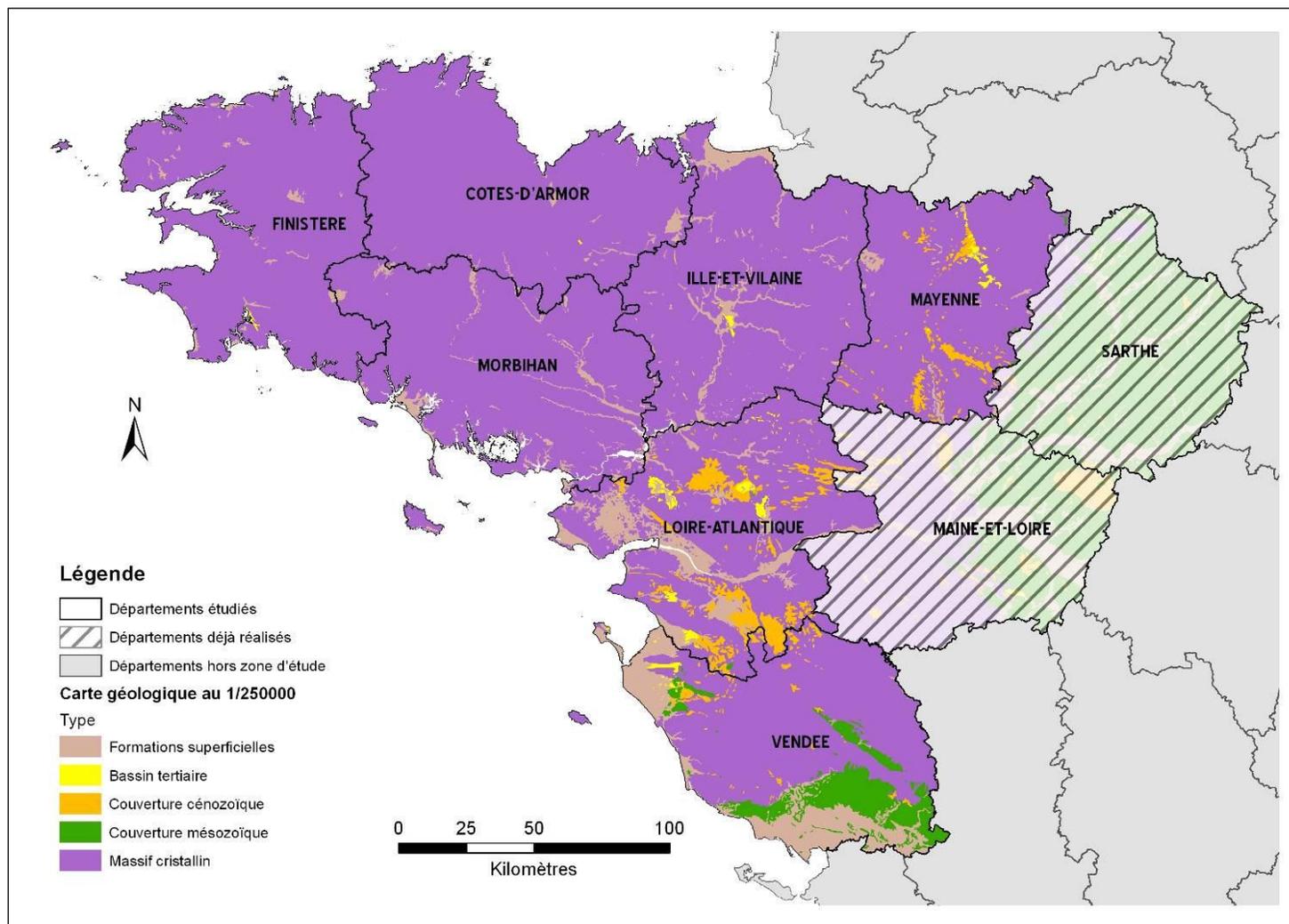


Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude

2 Présentation du référentiel BDLISA

2.1 PRINCIPES DE CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES ENTITÉS

2.1.1 Principes de construction

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

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

2.1.2 Assemblage des entités

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

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

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

2.1.3 Adaptations de la méthodologie de 2003 dans la construction

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

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

- les "**Entités principales**", qui ont fait l'objet d'un traitement topologique garantissant la cohérence de leur assemblage 3D ;
- les "**Entités complémentaires**", regroupant différents types d'entités qui ne permettent pas de respecter l'homogénéité du référentiel ou qui constituent des cas particuliers difficilement intégrables dans le cadre général du référentiel au stade actuel de son avancement (cf. **§Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Il en est ainsi des systèmes alluvionnaires des 5 bassins du "projet national" pour lesquels il n'existe pas

actuellement de différenciation entre parties productives et non productives. Ces systèmes très ramifiés sont extraits des cartes géologiques ; ils sont transverses par rapport aux entités principales qu'ils recouvrent et n'entrent pas dans les possibilités de traitements topologiques offerts par le modèle de gestion.

2.1.4 BDLISA et le Dictionnaire de données SANDRE

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

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

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

2.2 PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉFÉRENTIEL BDLISA

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

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

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

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

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

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

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

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

◆ La gestion du référentiel, à savoir:

- la vérification de la cohérence topologique de l'assemblage des entités,

- la mise en évidence et les corrections des anomalies éventuelles de découpage,
- les mises à jour, est assurée grâce à un ensemble de fonctionnalités développées en liaison avec ArcGis (version 9.2) et constituant le "**Modèle de gestion du Référentiel**".

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

2.3 LES OBJETS DU RÉFÉRENTIEL

2.3.1 Les entités hydrogéologiques

Une entité hydrogéologique est une partie de l'espace géologique, aquifère ou non aquifère, correspondant à un système physique caractérisé au regard de son état et de ses caractéristiques hydrogéologiques. Une entité hydrogéologique est :

- délimitée à une certaine échelle (un "**niveau**", cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**),
- rattachée à un type de formation géologique (un "**thème**", cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**),
- définie par ses potentialités aquifères (une "**nature**", cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) et la présence ou non d'une nappe libre ou captive ou libre puis captive (un "**état**"),
- caractérisée par un type de porosité (un "**milieu**", cf. § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

Les entités hydrogéologiques peuvent être multi-parties.

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

Codification de l'entité

Un code, attribué par le BRGM (arrêté du 26 juillet 2010, SNDE), est affecté à chaque entité. Il est construit avec :

- un champ de 3 chiffres pour une entité de niveau national,
- un champ de 2 lettres à la suite du champ précédent pour désigner une entité de niveau régional contenue dans une entité de niveau national,
- un champ de 2 chiffres à la suite des 2 champs précédents pour désigner une entité de niveau local contenue dans une entité de niveau régional.

Par exemple:

- **098** (entité de niveau national),
- **098AB** (entité de niveau régional),
- **098AB01, 118AC03** (entité de niveau local)

Dénomination de l'entité

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

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

Par exemple :

Sables verts de l'Albien du Bassin Parisien.

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

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

2.3.2 Les niveaux d'utilisation des entités hydrogéologiques

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

- le **niveau national (NV1)** fournit une représentation nationale des grands ensembles hydrogéologiques dont il montre la distribution spatiale et l'importance en tant que ressource quantitative. C'est le support d'études d'orientation à l'échelle nationale. La gamme d'échelle d'utilisation cartographique est comprise entre le 1/500 000 et le 1/1 000 000.
- Le **niveau régional (NV2)** fournit une représentation régionale ou par bassin des entités hydrogéologiques (échelle de visualisation de l'ordre du 1/250 000). Il permet de caractériser les systèmes aquifères au regard de leur importance en tant que ressource régionale, de leur vulnérabilité (à la sécheresse, aux pollutions).
- Le **niveau local (NV3)** correspond à la représentation la plus détaillée du référentiel, à une échelle de l'ordre du 1/50 000. Il identifie l'ensemble des entités connues au sein des deux niveaux précédents. Il constitue le support d'études ponctuelles permettant d'améliorer les connaissances hydrogéologiques (carte piézométrique, carte de vulnérabilité, modélisation,...).

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

2.3.3 Les "thèmes" des entités hydrogéologiques

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

- **thème "Alluvial"** (codé 1) : ensemble des dépôts de plaine alluviale accompagnés des terrasses connectées hydrauliquement avec les cours d'eau,
- **thème "Sédimentaire"** (codé 2) : ensemble des formations peu ou pas déformées, non métamorphosées des bassins sédimentaires,
- **thème "Socle"** (codé 3) : formations magmatiques et métamorphiques,
- **thème "Intensément plissé de montagne"** (codé 4) : ensemble de formations géologiques récemment plissées appartenant aux massifs montagneux alpins, pyrénéens, languedociens et jurassiens.
- **thème "Volcanisme"** (codé 5) : volcanisme tertiaire et quaternaire ayant conservé une géométrie, une morphologie et/ou une structure volcanique identifiable,

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

2.3.4 L'attribut "Nature" des entités hydrogéologiques

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

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

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

	Aquifère		Peu ou pas aquifère
Niveau national (NV1)	Grand Système Aquifère (GSA) Code = 1		Grand Domaine Hydrogéologique (GDH) Code = 2
	Grand Système Multicouche (GSM) Code = 12		
Niveau régional (NV2)	Système Aquifère Code = 3		Domaine Hydrogéologique Code = 4
Niveau local (NV3)	Unité aquifère Code=5	Unité semi-perméable Code=6	Unité imperméable Code=7

Illustration 2 – Types d'entités hydrogéologiques et codification

• Le Grand Système Aquifère

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

• Le Grand Domaine Hydrogéologique

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

• Le Système Aquifère

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

La constitution des systèmes est issue de la connaissance à instant donné du milieu souterrain.

Le système aquifère est une entité de niveau régional NV2.

• Le Domaine Hydrogéologique

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

Le domaine hydrogéologique est une entité de niveau régional NV2.

• **L'unité aquifère**

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

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

• **L'unité semi-perméable**

Une unité semi-perméable est une entité hydrogéologique de niveau local avec une perméabilité moyenne comprise entre 10^{-9} m/s et 10^{-6} m/s. Cette unité peut contenir des ressources en eau mais sa productivité est insuffisante pour que ces ressources puissent être exploitées.

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

• **L'unité imperméable**

L'unité imperméable est un système physique élémentaire présentant des faibles circulations d'eau. Sa perméabilité moyenne est inférieure à 10^{-9} m/s.

La définition du dictionnaire hydrogéologique français est la suivante : qualifie un milieu théoriquement impénétrable et non traversable par un fluide et en pratique ne laissant passer aucun flux significatif sous un gradient de potentiel hydraulique donné.

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

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

Liaisons entre les entités

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

- une entité hydrogéologique appartient à une seule nature par niveau ;
- une entité hydrogéologique a toujours une "entité mère" hormis pour le niveau national ;
- une entité hydrogéologique peut avoir de 0 à n "entités filles" hormis pour les unités du niveau local.

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

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

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

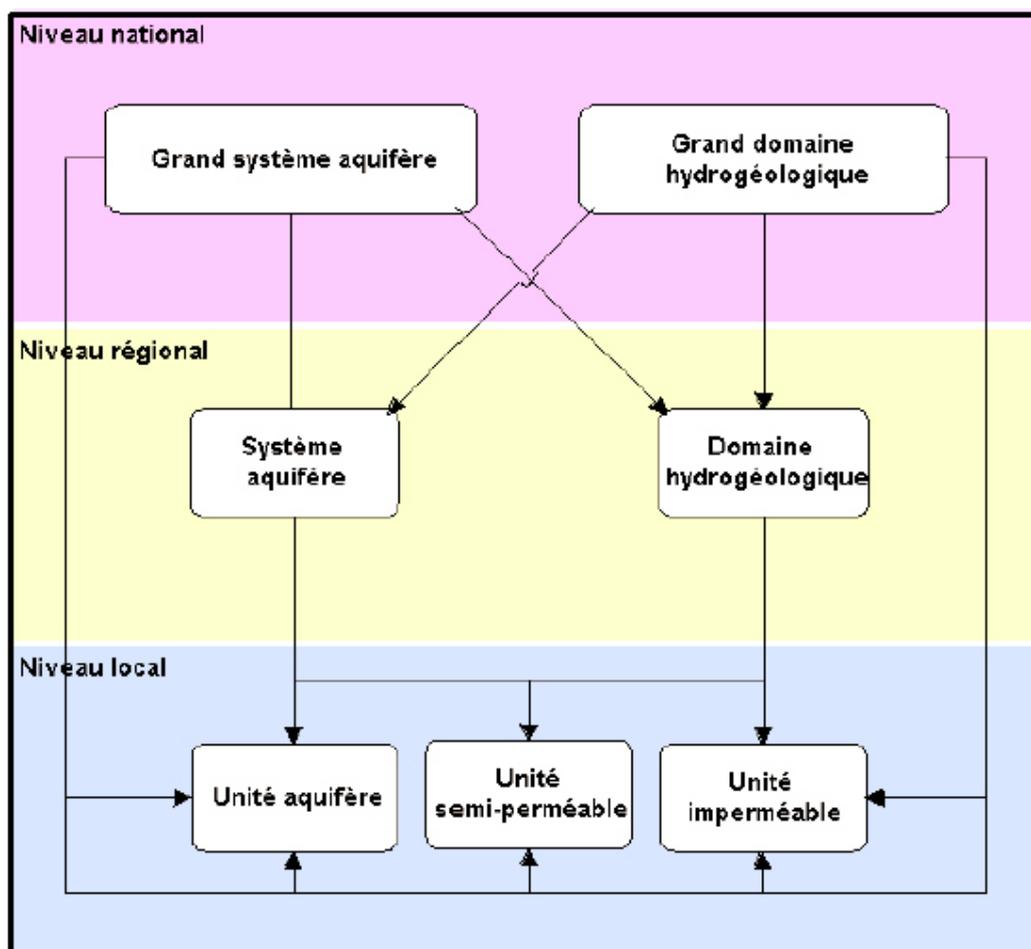


Illustration 3 – Liaisons possibles entre les entités hydrogéologiques

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

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

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

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

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

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

Remarque

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

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

2.3.6 L'attribut "Etat" des entités hydrogéologiques

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

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

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

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

Code	Libellé	Définition
1	Carte géologique ou hydrogéologique	L'ensemble des limites de l'entité hydrogéologique ont été créées en réutilisant les contours définis dans une ou plusieurs cartes géologiques ou

		hydrogéologiques ou documents de synthèse.
2	Complétude totale	Entité construite pour complétude topologique totale (l'ensemble des limites de l'entité du niveau d'utilisation n sont projetées vers un niveau n+1) pour combler un déficit de connaissance à la création de l'entité.
3	Complétude partielle	Entité construite pour complétude topologique complémentaire (une partie des limites de l'entité du niveau d'utilisation n sont projetées vers un niveau n+1 par déficit de la connaissance à la création de l'entité.
4	Agrégation par héritage	L'ensemble des limites de l'entité hydrogéologique ont été héritées par agrégation des niveaux les plus fins la constituant.

2.4 LE TABLEAU MULTI-ECHELLES

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

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

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

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

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

2.5 LE MODÈLE DE REPRÉSENTATION DES ENTITÉS

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

2.5.1 Principes sous-jacents

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

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

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

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

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

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

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

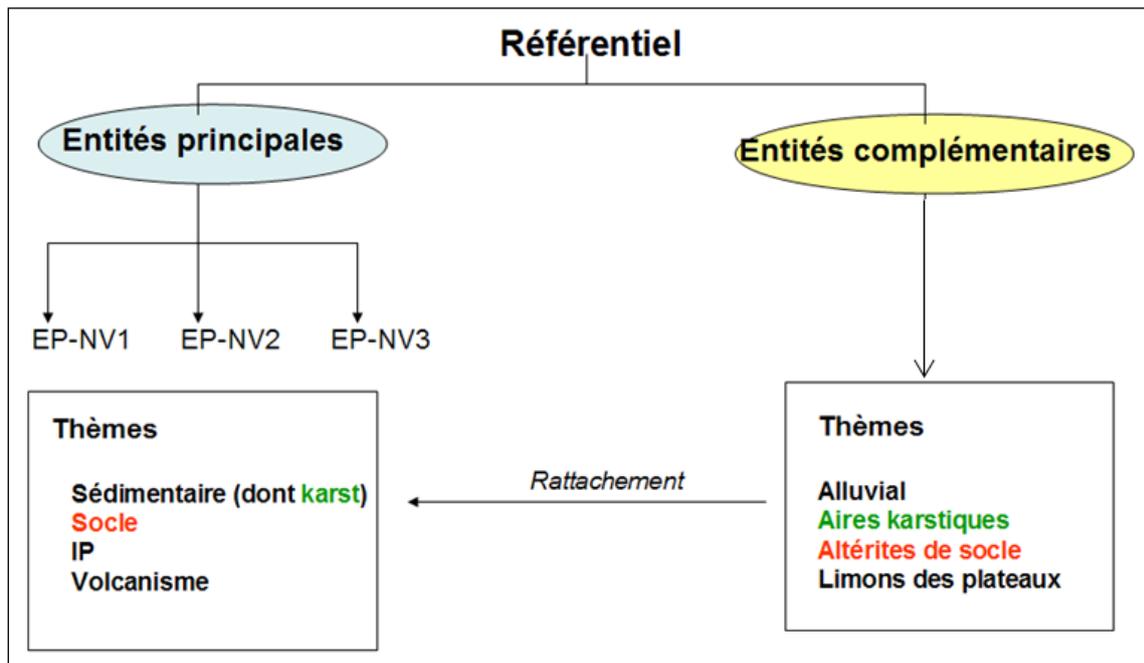


Illustration 4 – Structuration du référentiel : entités principales et complémentaires

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

3) Complétude

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

4) Filiation

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

5) Héritage

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

2.5.2 Organisation des entités en 2 ensembles

1) Entités principales

Elles constituent l'essentiel du référentiel. Elles sont :

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

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

2) Entités complémentaires

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

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

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

2.5.3 Ordre absolu et ordre relatif

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

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

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

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

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

Remarque: dans l'exemple présenté par l'illustration 5**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, les entités sont constituées d'une partie affleurante et d'une partie sous couverture, réunies lors de la phase de délimitation. **Le modèle de gestion restitue automatiquement les parties sous couverture.**

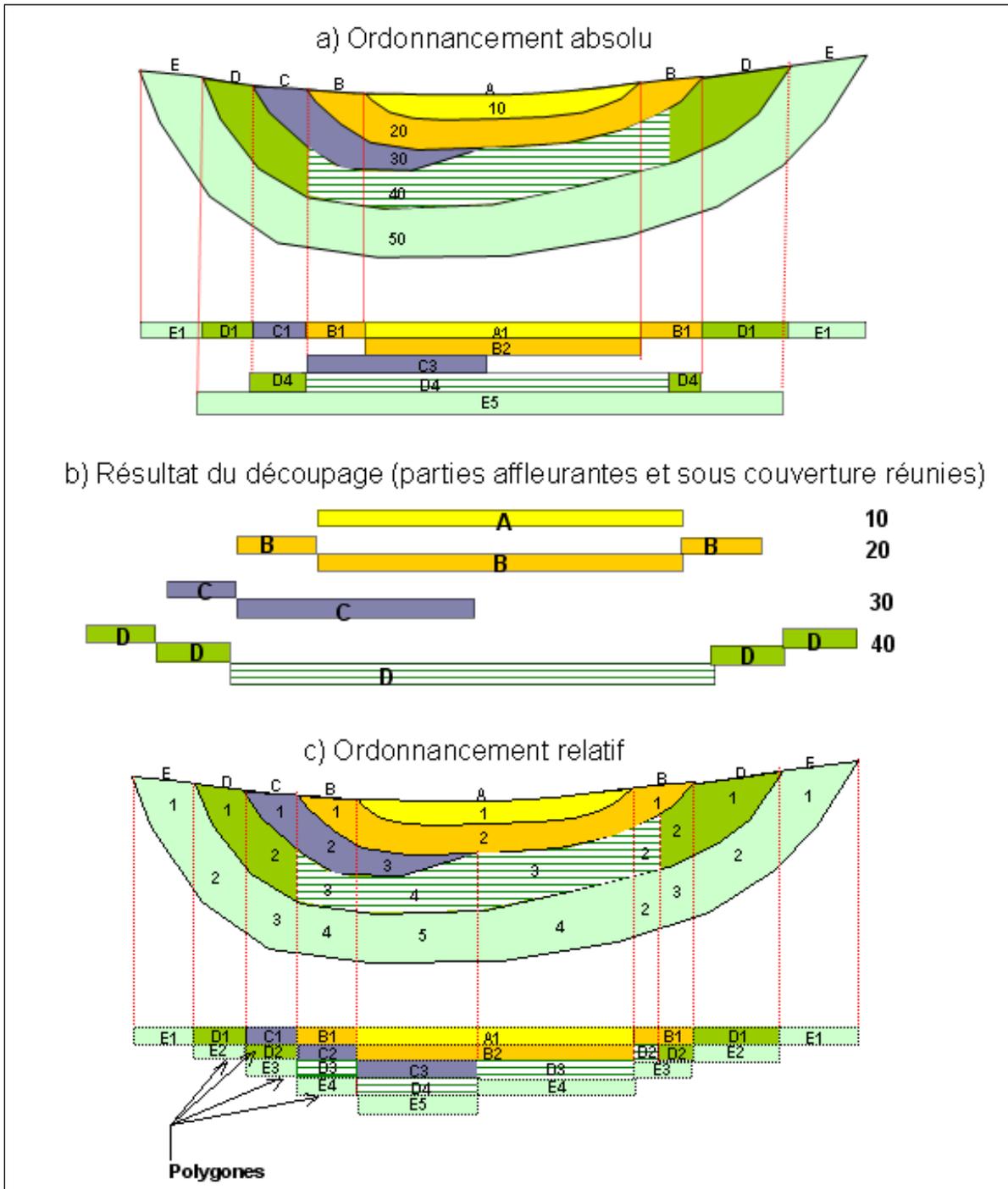


Illustration 5 - Passage d'un ordre absolu à un ordre relatif dans la succession verticale des entités

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

3.1 PRINCIPES DIRECTEURS

3.1.1 Homogénéité du découpage

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

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

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

3.1.2 Emboîtement des niveaux

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

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

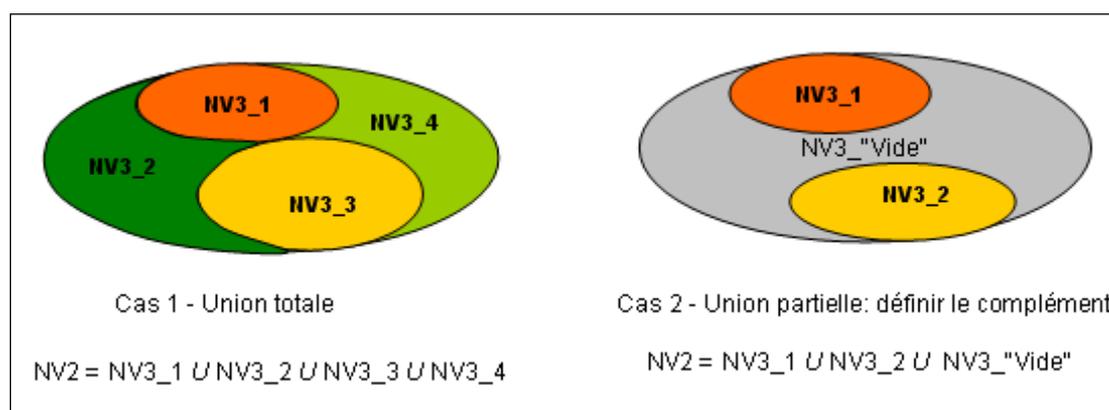


Illustration 6 – Principe de construction d'une entité NV2 à partir d'entités NV3

3.2 PRINCIPALES ÉTAPES DE LA DÉLIMITATION

3.2.1 Identification et cadrage hydrogéologique général

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

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

1) Analyse des cartes géologiques

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

2) Constitution de la base de données associée au référentiel

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

3) Rattachement des entités hydrogéologiques aux formations géologiques affleurantes

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

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

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

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

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

5) Construction du tableau multi-échelles

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

3.2.3 Individualisation de l'alluvial

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

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

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

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

Remarques :

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

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

3.2.4 Découpage des entités

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

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

3.2.5 Passage au modèle de gestion du référentiel

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

3.2.6 Organigramme

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

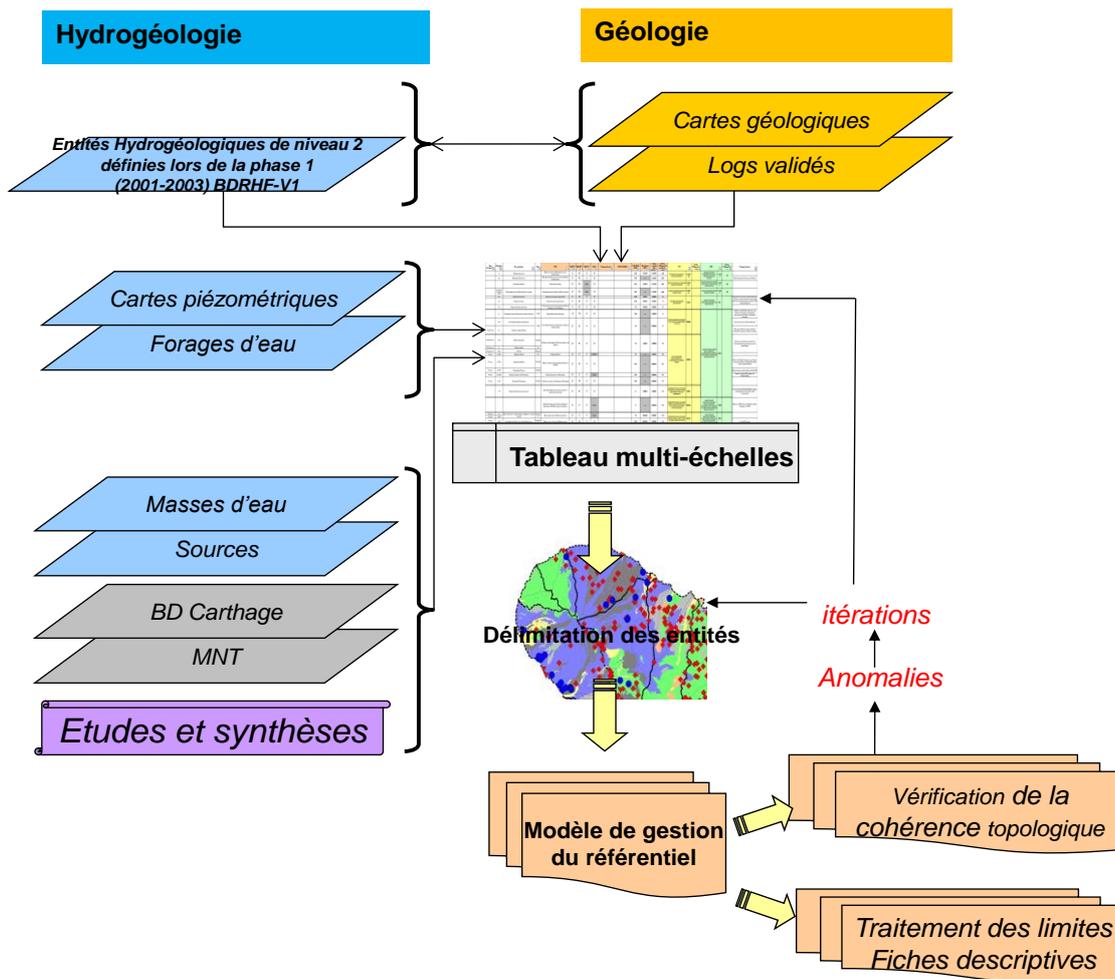


Illustration 7 – Processus de délimitation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence 3D de l'assemblage.

4 Mise en œuvre du découpage

4.1 DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Plusieurs sources d'informations ont été utilisées pour la délimitation des entités des formations sédimentaires et des formations de socle :

- les cartes géologiques à 1/50 000 et notices,
- les cartes géologiques harmonisées à 1/50 000 sur 8 des 9 départements étudiés (Illustration 8),
- la carte géologique synthétique du Massif Armoricain au 1/250 000 (RABU D., CHANTRAINE J. et BECHENNEC F., 2001. BRGM),
- les polygones des entités hydrogéologiques de la BDRHF V1,
- les logs géologiques validés sur la région Bretagne extraits de la Banque de données du Sous-Sol : **7 372 forages** (Illustration 9),
- les logs géologiques validés de la région Pays-de-la-Loire extraits de la Banque de données du Sous-Sol: **3 936 forages** ont été extraits, soit **23 980 passes lithologiques**, (Illustration 9)
- les polygones des entités issus du découpage indicatif effectué aux niveaux 1 & 2 lors de la phase méthodologique d'élaboration du référentiel,
- les polygones des masses d'eau souterraine,
- le MNT (Modèle Numérique de terrain) au pas de 50 m a été utilisé pour fermer des polygones d'entités présentes à l'affleurement et dont le tracé était interrompu sur de courtes distances par des formations superficielles,
- les informations recueillies dans différents rapports d'études, cités en bibliographie,
- les informations fournies par les géologues des Services Géologiques Régionaux,
- les informations fournies par M. Claude ROY, hydrogéologue du Conseil général de Vendée.

Région	Département	Disponibilité	Date
Pays-de-la-Loire	Loire-Atlantique (44)	oui	Novembre 2007
Pays-de-la-Loire	Maine-et-Loire (49)	oui	Août 2006
Pays-de-la-Loire	Mayenne (53)	oui	Janvier 2010
Pays-de-la-Loire	Sarthe (72)	oui	Août 2006
Pays-de-la-Loire	Vendée (85)	oui	Août 2009
Bretagne	Côtes d'Armor (22)	non	/
Bretagne	Finistère (29)	oui	Novembre 2008
Bretagne	Ille-et-Vilaine (35)	oui	Janvier 2010
Bretagne	Morbihan (56)	oui	Mars 2009

Illustration 8 - Disponibilité des cartes géologiques harmonisées à 1/50 000 sur les régions Pays-de-la-Loire et Bretagne (situation à fin avril 2010)

Les cartes géologiques harmonisées à 1/50 000 disponibles au début de l'année 3 du projet BD-LISA (année 2008) concernaient 3 départements de la région Pays-de-la-Loire (44-49-72). Les départements 29-56-85 ont ensuite été couverts en 2008-2009. Les départements 35-53 ont été finalisés en début d'année 2010. Enfin, la carte du 22 n'était pas encore disponible fin

avril 2010. Dans le département des Côtes d'Armor, la carte géologique synthétique au 1/250 000 (RABU D. et al. 2001) sera utilisée.

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

- la BD Carthage (Base de Données sur la CARTographie THématique des AGences de l'Eau et du ministère de l'Environnement) du bassin Loire-Bretagne. Edition 2008 - Données utilisées : région, secteur, sous-secteur et zone hydrographique (contours), et cours d'eau (linéaire) ;
- la BD Carthage sur le bassin Seine-Normandie (même édition 2008) ;
- une extraction de la Banque HYDRO des stations hydrométriques du Massif Armoricaïn (leurs caractéristiques sont listées en annexe 1) ;
- un tableau de synthèse réalisé par P. LE BERRE (géologue du SGR/BRE) dans le cadre du projet Référentiel Géologique de France (correspondance entre les appellations des formations géologiques au 1/250 000 et au 1/50 000) ;
- les forages de la Banque du Sous-Sol (BSS) implantés sur les régions Pays-de-la-Loire et Bretagne en zone de socle et renseignés par le débit instantané obtenu en fin de foration (4 136 forages en Pays-de-la-Loire et 12 127 forages en Bretagne).

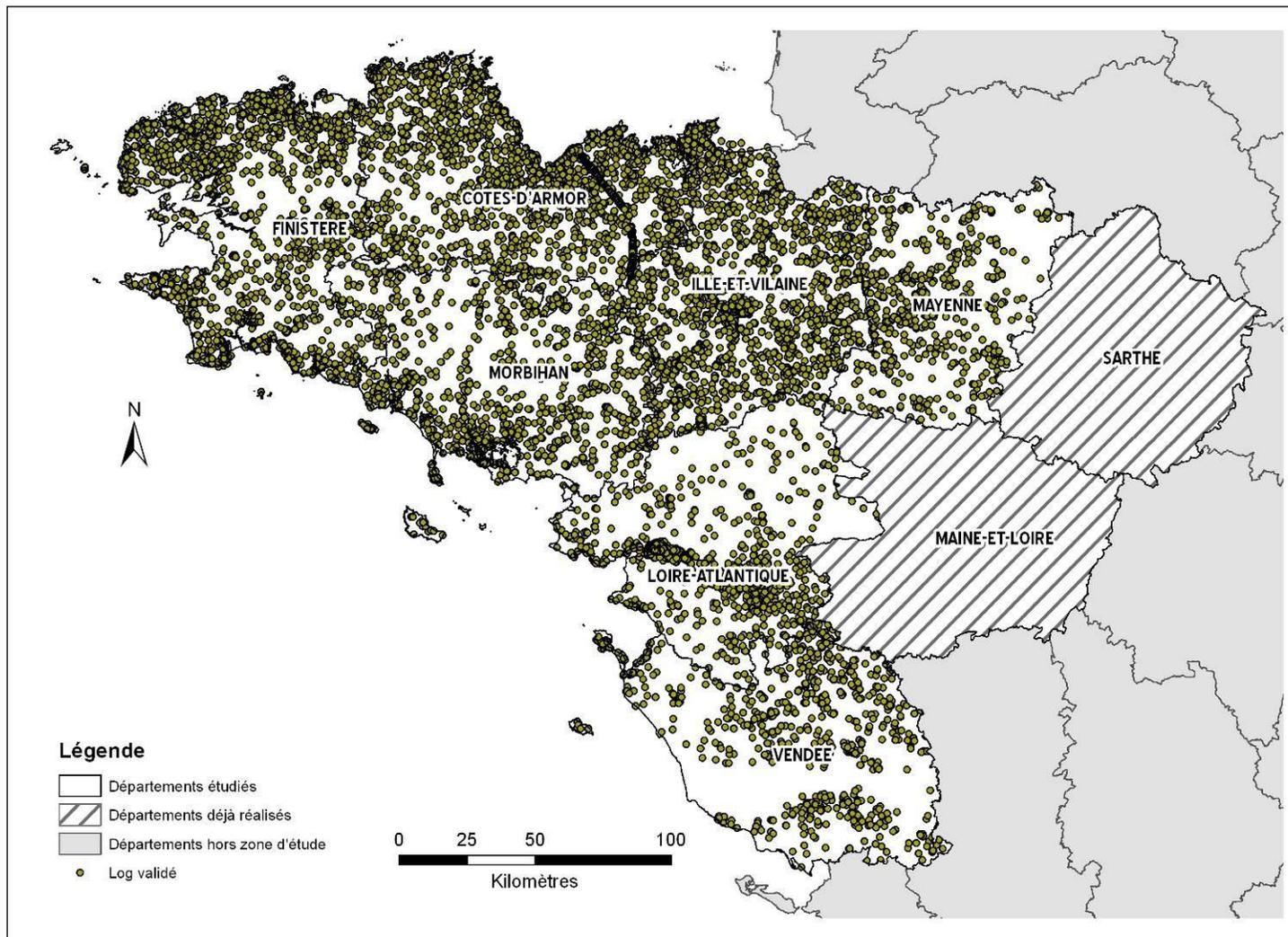


Illustration 9 : Logs validés

4.2 ÉLABORATION DES TABLEAUX MULTI-ÉCHELLES

4.2.1 Domaine sédimentaire et formations superficielles

4.2.1.1 Identification et découpage des entités

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

L'élaboration du référentiel a nécessité plusieurs étapes de travail :

1) Etablissement de la liste complète des "caissons" ¹ pour chaque département à partir des cartes harmonisées.

	Formations superficielles	Couverture sédimentaire
Loire-Atlantique	53	35
Mayenne	16	7
Vendée	33	47

Illustration 10 - Nombre de caissons distingués dans les cartes géologiques harmonisées départementales

On retrouve peu de formations sédimentaires en Mayenne, département essentiellement couvert par le socle, sans bassin d'effondrement tertiaire majeur. Les différences de degré de synthèse entre départements expliquent pourquoi on retrouve 53 caissons pour les formations superficielles en Loire-Atlantique, contre seulement 33 en Vendée.

2) Parallèlement, compilation de l'ensemble des appellations des formations géologiques reconnues dans les logs validés. Il en ressort, toujours sous la forme d'un lexique, une soixantaine d'appellations distinctes destinées à être rattachées aux entités géologiques des lexiques établis à partir des cartes harmonisées.

Les relations établies entre les cartes géologiques harmonisées et les niveaux reconnus des logs validés permettront de tracer les extensions sous couverture des entités hydrogéologiques.

3) Etablissement d'un tableau multi-échelles (niveaux 1, 2 et 3) pour chaque département sur la base de la liste des "caissons". Faire les regroupements pertinents de caissons nécessite de comprendre au mieux ce qui les différencie (ou non) sur le plan lithologique et comment les formations se succèdent les unes aux autres (verticalement et latéralement). Cette étape a donc nécessité la consultation des références bibliographiques, des cartes géologiques harmonisées et des notices de toutes les cartes géologiques au 1/50 000.

Comme pour la Sarthe et le Maine-et-Loire, il a été décidé de traiter séparément les trois départements, car établir d'emblée un tableau multi-échelles unique était hasardeux compte-tenu des différences entre les cartes harmonisées.

4) Tracé des contours pour chaque entité définie en commençant par les plus anciennes (Jurassique inférieur de la Vendée). Ce travail s'est appuyé à la fois sur la carte harmonisée (affleurements des entités) et sur les logs validés (entités sous couverture).

Cette première étape de tracé des contours a permis de mieux visualiser les entités de niveau 3 déjà définies. Elle a également fait ressortir des difficultés de délimitation liées au manque de

¹ Dans une carte géologique harmonisée, un caisson correspond à un terrain identifié sur la carte.

logs validés pour tracer l'extension sous couverture ou , plus rarement, à un degré de précision différent d'une carte à une autre (limite ne pouvant être prolongée).

5) Révision du tableau multi-échelles sur la base du travail de tracé des contours (prise en compte des contours définis et des problèmes rencontrés). Cette révision a permis d'améliorer le tableau multi-échelles en procédant aux regroupements utiles (formations semblables et contiguës).

6) Constitution d'un tableau multi-échelles unique pour les trois départements et la région Bretagne, vérification de la continuité des entités d'un département à l'autre, et prise en compte des travaux réalisés pour la BDLISA en région Poitou-Charentes.

7) Reprise des contours tracés. La carte harmonisée ainsi que les logs validés ont servi de base de référence.

8) Vérification de la cohérence cartographique des entités définies (en latéral et en vertical) grâce aux logs validés extraits de la BSS.

4.2.1.2 . Principales sources de difficultés

4.2.1.2.1 Le manque de logs validés et les différences de lexique avec les cartes harmonisées

Dans de nombreux secteurs de la région Pays-de-la-Loire, les logs validés sont en nombre insuffisant pour permettre de délimiter avec exactitude les entités sous couverture. Dès lors, ces limites deviennent théoriques. Par ailleurs, les appellations des cartes harmonisées et celles des logs validés peuvent être différentes pour une même formation géologique, ce qui complique le recoupement des informations, d'autant plus que les logs utilisés dans les départements de Loire-Atlantique, de Mayenne et de Vendée sont réputés « validés » bien qu'ils n'aient pas systématiquement été vérifiés par le géologue régional.

4.2.1.2.2 Les interprétations

La révision successive du tableau multi-échelles et des contours des entités, en vérifiant à chaque fois leur cohérence, a permis de recouper les informations entre elles pour **tenter de s'affranchir des extrapolations ou interprétations liées à l'appréciation des auteurs** (au stade des logs, de la validation des logs, de l'établissement des cartes géologiques, de l'harmonisation des cartes). A l'usage, il est apparu que les informations liées à des appréciations peuvent être sources de complexité inutile (même formation avec un libellé différent selon la carte) ou d'erreur (formation mal identifiée).

4.2.1.3 Résultats

Le tableau multi-échelles établi pour les formations sédimentaires de Bretagne, Loire-Atlantique, Mayenne et Vendée est consultable en annexe 4. Il intègre les 3 niveaux d'identification (NV1, NV2 et NV3).

Au total, pour le domaine sédimentaire, ont été délimités :

- **24 unités de niveau local (NV3),**
- **12 systèmes ou domaines du niveau régional (NV2),**
- **6 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1).**

A ces entités, il faut ajouter les formations constituant la surcouche du référentiel (cf. § 2.2.2) :

- **les secteurs karstiques connus**
- **les alluvions fluviales**
- **les altérites superficielles du socle et les « pointements » de socle**

4.2.2 Domaine de socle

Contrairement à la méthodologie suivie dans le domaine sédimentaire, le découpage des entités de socle débute par le niveau national NV1, puis par le niveau régional NV2 et se termine par le niveau local NV3. Le travail de délimitation des entités du thème socle est détaillé au § 3.4.

Dans la construction du tableau multi-échelles (consultable en annexe 5), il a été tenu compte des départements du Maine-et-Loire et de la Sarthe traités en chapitre 3. Le découpage dans ces 2 départements a été révisé pour réaliser l'harmonisation avec les 4 départements de la région Bretagne et les 3 départements de la région Pays de la Loire, traités dans le cadre de la présente étude. Au total, pour l'ensemble de ces 9 départements, ont été délimitées:

- **18 entités de niveau 1**
- **51 entités de niveau 2**
- **98 entités de niveau 3**

4.3 MÉTHODOLOGIE DE DÉLIMITATION DES ENTITÉS DU SÉDIMENTAIRE

En général, une entité est constituée d'une partie affleurante et d'une partie sous couverture. L'objectif est de regrouper ces deux parties pour obtenir l'extension globale de l'entité (Illustration 11).

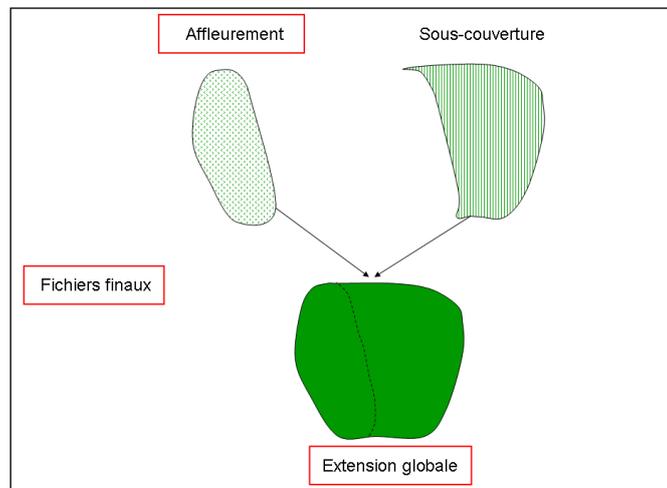


Illustration 11 - Construction de l'extension globale d'une entité hydrogéologique

- Cas des entités recouvertes par des formations de la surcouche

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

- Cas général

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

Lorsque toutes les entités sont délimitées (à l'affleurement et en profondeur, cf. Illustration 13), les polygones constitutifs sont intégrés dans le modèle de gestion du référentiel (supporté par ArcGis). Après traitements topologiques, le modèle restitue automatiquement parties affleurantes et sous couvertures.

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

4.3.1 Exemple de délimitation des entités hydrogéologiques du sédimentaire de la région Bretagne

La Bretagne est essentiellement une zone de socle constituée de terrains datés du Précambrien au Primaire. Outre ces formations de socle, on rencontre des petits bassins d'âge Tertiaire éparpillés sur les quatre départements bretons. Ces bassins d'effondrement, appelés graben, ont été préservés à la faveur du jeu de failles et sont constitués d'accumulations sédimentaires généralement de quelques dizaines de mètres d'épaisseur (sédiments cénozoïques).

Dans chaque carte géologique harmonisée à 1/50 000, tous les contours des formations du sédimentaire ont été sélectionnés (CODE=13-17-18-19 pour le 29, CODE=24-25-30 pour le 56, CODE=53 à 62 et 65-66-68 pour le 35). Etant donné l'absence de carte géologique 1/50 000 harmonisée dans les Côtes-d'Armor, les principaux bassins Tertiaire ont été retenus (Le Quiou, Saint-Jacut-du-Méné et Penvénan) et digitalisés à l'échelle 1/50 000 à partir des fonds géoréférencés des cartes géologiques.

Des contours géologiques ont été repris et retravaillés (digitalisation des secteurs sous placage alluvionnaire, assemblage des zones de part et d'autre des vallées, dessin des contours sous-jacents et délimitation en fonction des coupes des logs géologiques validés) à partir des informations suivantes : schémas structuraux et notices des cartes géologiques, failles, logs géologiques validés (disponibles sur le site Internet InfoTerre BRGM), bibliographie (notamment ESTEOULE-CHOUX J. (1967) et les nombreuses figures de la thèse d'Eric THOMAS (1999).

Les délimitations des bassins Tertiaire présentées dans la thèse d'Eric THOMAS (1999) ont été réalisées à partir des « *données sur les sédiments cénozoïques préservés à terre (...), les données obtenues par sondage, par dragage ou par exploration sismique* » (exemple sur l'illustration 12 ci-après).

Une liste recensant 49 bassins Tertiaire bretons a été établie et l'empilement de dépôts d'âge différent a été mentionné (Pliocène-Miocène-Oligocène-Eocène).

Les entités de niveau NV3 ont été finalisées en assemblant les contours d'âge semblable selon le tableau de l'illustration 13 et en assurant une cohérence d'harmonisation et d'assemblage avec les entités de la région Pays-de-la-Loire (cf. colonne « code entité NV3 »). En cas de lithologies différentes au sein de formations de même âge (cas du Pliocène et de l'Oligocène inférieur), deux entités ont été distinguées.

La nature de 3 entités de niveau NV3 a pu être caractérisée grâce à des valeurs de perméabilités trouvées dans des rapports d'études hydrogéologiques menées par le BRGM entre 1971 et 1981 (voir liste en bibliographie). Pour le reste des entités, la nature "aquifère,

semi-perméable ou imperméable" a été affectée en se basant uniquement sur la lithologie rencontrée.

4.3.2 Exemple de délimitation à l'affleurement d'une entité : l'unité semi-perméable des Grès du Pliensbachien

Les grès du Pliensbachien constituent une formation semi-perméable qui s'étend dans la plaine jurassique de Luçon, en Vendée méridionale. Ses affleurements sont fournis par la carte géologique harmonisée de la Vendée à l'échelle du 1/50 000.

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

Lors d'une première étape, on écarte les affleurements de taille réduite (< 2 km²) déconnectés du corps principal de la formation (zone 3 de l'illustration 15). Chaque affleurement est étudié dans le détail pour éviter d'écarter un affleurement qui aurait une fonction hydrogéologique significative (par exemple, présence de sources pérennes au mur de la formation affleurant, qui seraient le signe de l'existence d'une ressource aquifère).

Dans un second temps, on s'appuie sur les limites d'affleurements conservés qui se trouvent au contact de la formation sous-jacente (plus âgée), qu'il s'agisse de la formation directement inférieure (zone 1 de l'illustration 14) ou du socle (zone 2 de l'illustration 14).

Les affleurements des formations plus âgées au sein du corps principal de l'entité considérée – ici, le Pliensbachien – indiquent les zones lacunaires (zone 4 de l'illustration 15). Les accidents structuraux (failles) fournissent parfois des indications sur les limites des entités (zone 5 de l'illustration 16).

Il arrive fréquemment que l'entité plonge sous des formations plus jeunes (pendage des couches) et, dans ce cas de figure, aucune indication de surface ne permet de localiser le contour de l'entité. Ce sont les logs validés, issus de la Banque du Sous-Sol (BSS), qui sont alors utilisés pour déterminer l'extension sous couverture de l'entité (lire § 3.2.1.2.).

Enfin, lors d'une ultime étape, on passe en revue chaque polygone de l'entité ainsi construite afin de s'assurer de la cohérence de l'ensemble. Lors de la construction de l'entité, le respect de la topologie (sommet des contours des polygones) est essentiel et permet d'éviter d'inopportuns papillons, croisillons, ou chevauchements des contours.

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

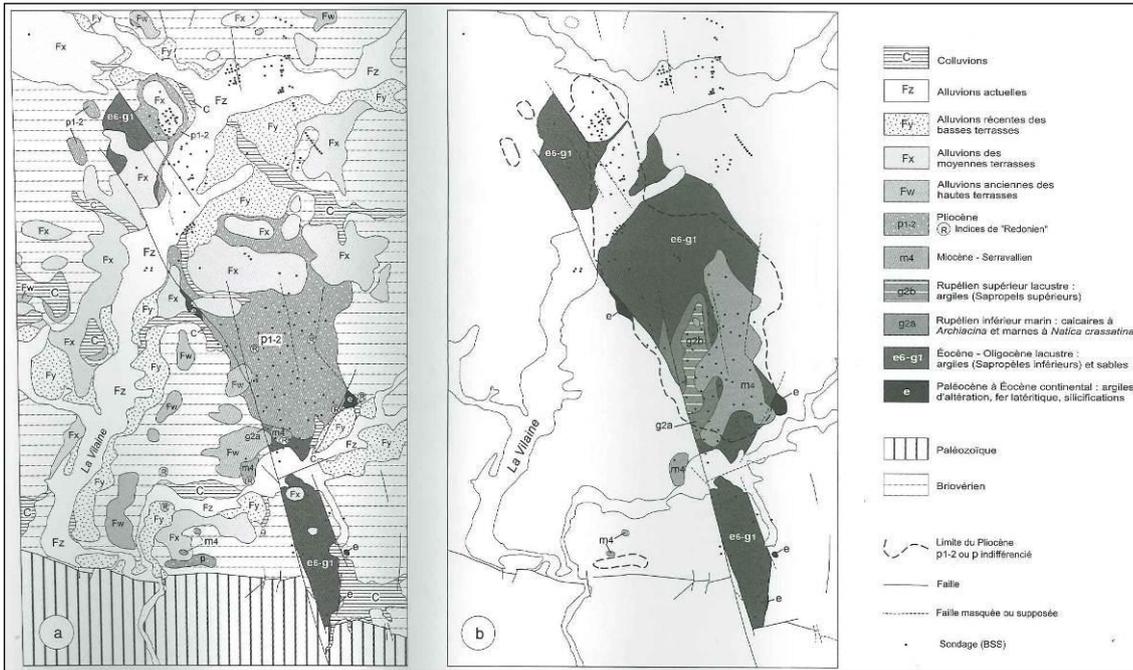


Illustration 12 - Carte géologique (a) et carte des formations cénozoïques (b) du bassin de Rennes – Chartres-de-Bretagne (E. Thomas, 1999)

Age	Age de la formation	Départ.	Nom des bassins	Code entité NV3
Indéterminé	Tertiaire indifférencié	29-35	Bassins du Finistère et d'Ille-et-Vilaine	F2B1
Pliocène	Pliocène (p) (p1-2) (pG) (p-IV)	56	Mohon, Radenac	F2B2
		35	Argentré-du-Plessis, Lassy, Le-Theil-de-Bretagne, Pipriac (Le Meneu), Rannée La-Guerche-de-Bretagne, Retiers, Saint-Malo-de-Phily, Saint-Séglien...	
	Pliocène (pA)	56	Bassins du Morbihan	F2B3
Miocène	Miocène moyen (m) (m2a) (m2-4) (m3-4)	22	Le Quiou-Tréfumel	F2C1
		35	Chartres-de-Bretagne Bruz, St-Grégoire, Dingé, Feins, Lohéac, St-Sauveur-des-Landes, Coësmes, Gahard, Guipel, Landujan, St-Aubin-d'Aubigné	
Oligocène	Oligocène inf. (g1)	22	Saint-Jacut-du-Mené	F4B1
		35	Loutehel	
	Oligocène inf. (g1)	29	Crozon, Guilers, Aber-Ildut	F4A1
	35	Chartres-de-Bretagne Bruz, Langon, Les Brulais, Pipriac (La Cohiais)		
Eocène	Eocène sup. (e7-g1) (e)	35	Landéan, Chartres-de-Bretagne Bruz, Pipriac (Bouëssic), Pipriac (La Cohiais)	F4B2
		29	Quimper Toulven	
	Eocène moyen (e)	22	Penvénan	F4B3
	Eocène inf. (e4) (e3-7)	35	Chartres-de-Bretagne Bruz, Pont-Péan, Grand-Fougeray, Teillay	F4G1
56		Port-Louis Lorient		

Illustration 13 - Age des entités sédimentaires NV3 de Bretagne -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).

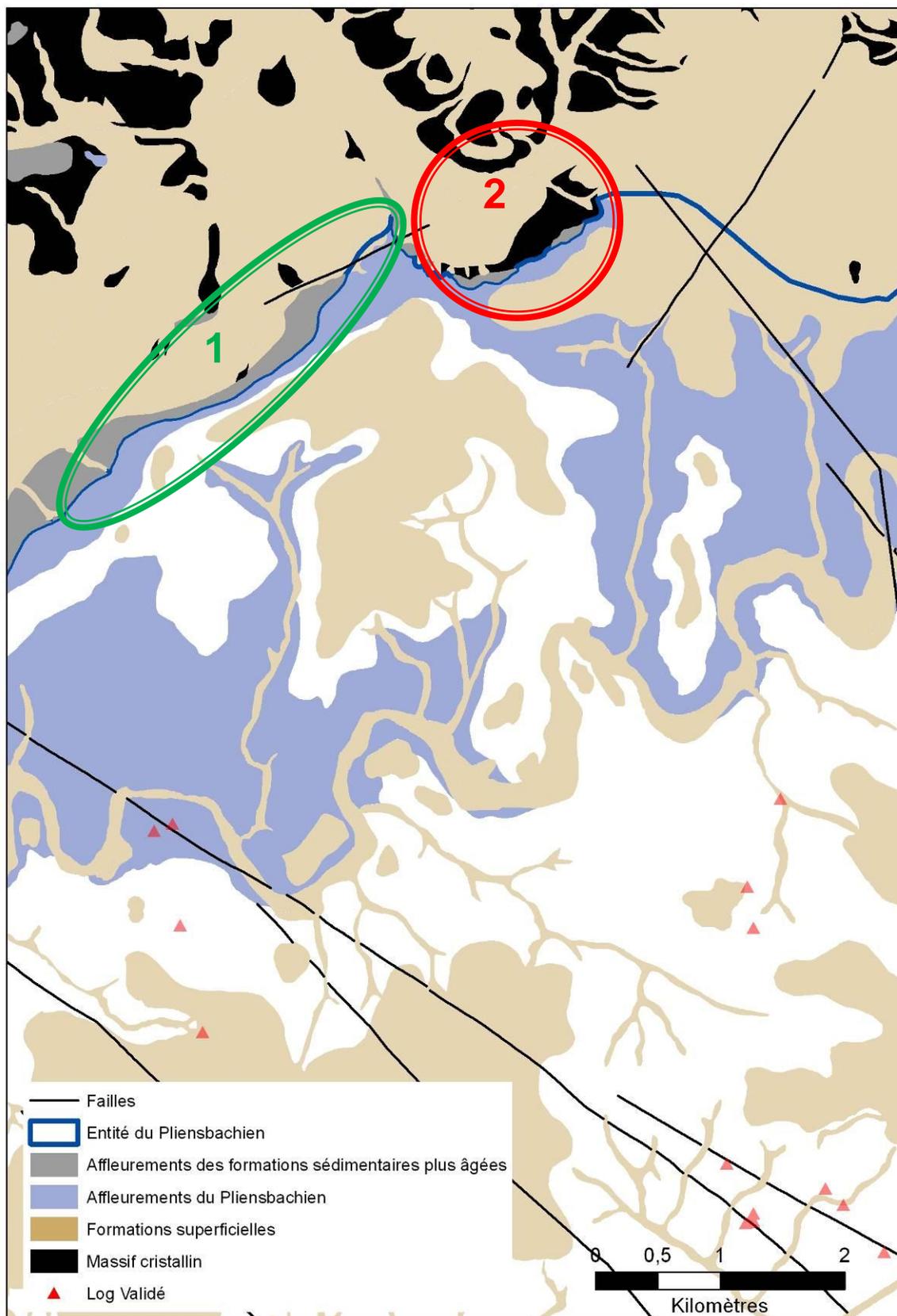


Illustration 14 -Délimitation d'une entité au niveau des contacts sur une formation plus âgée

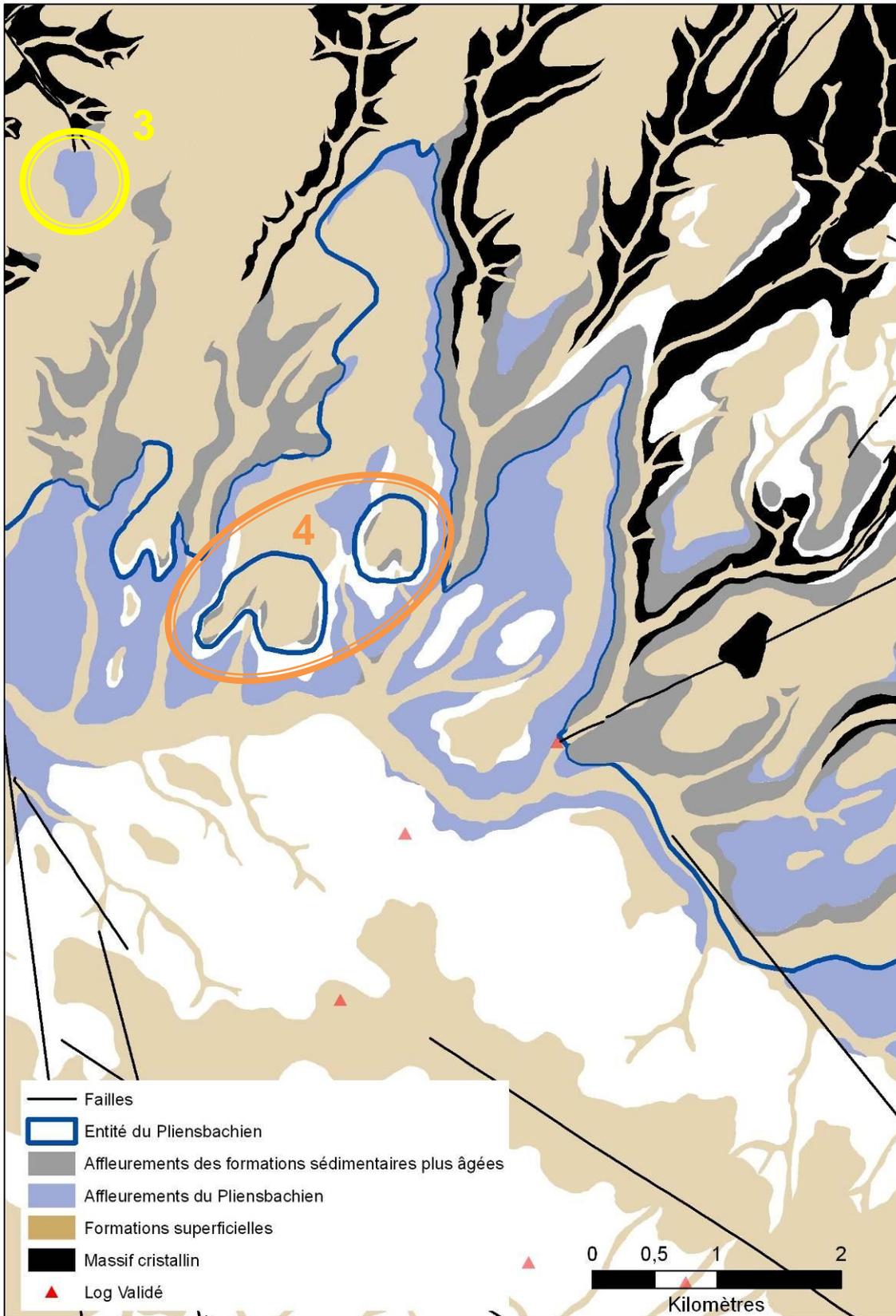


Illustration 15 - Les polygones de taille réduite sont écartés (zone 3) et les affleurements des formations plus âgées peuvent indiquer des lacunes dans l'entité considérée (zone 4)

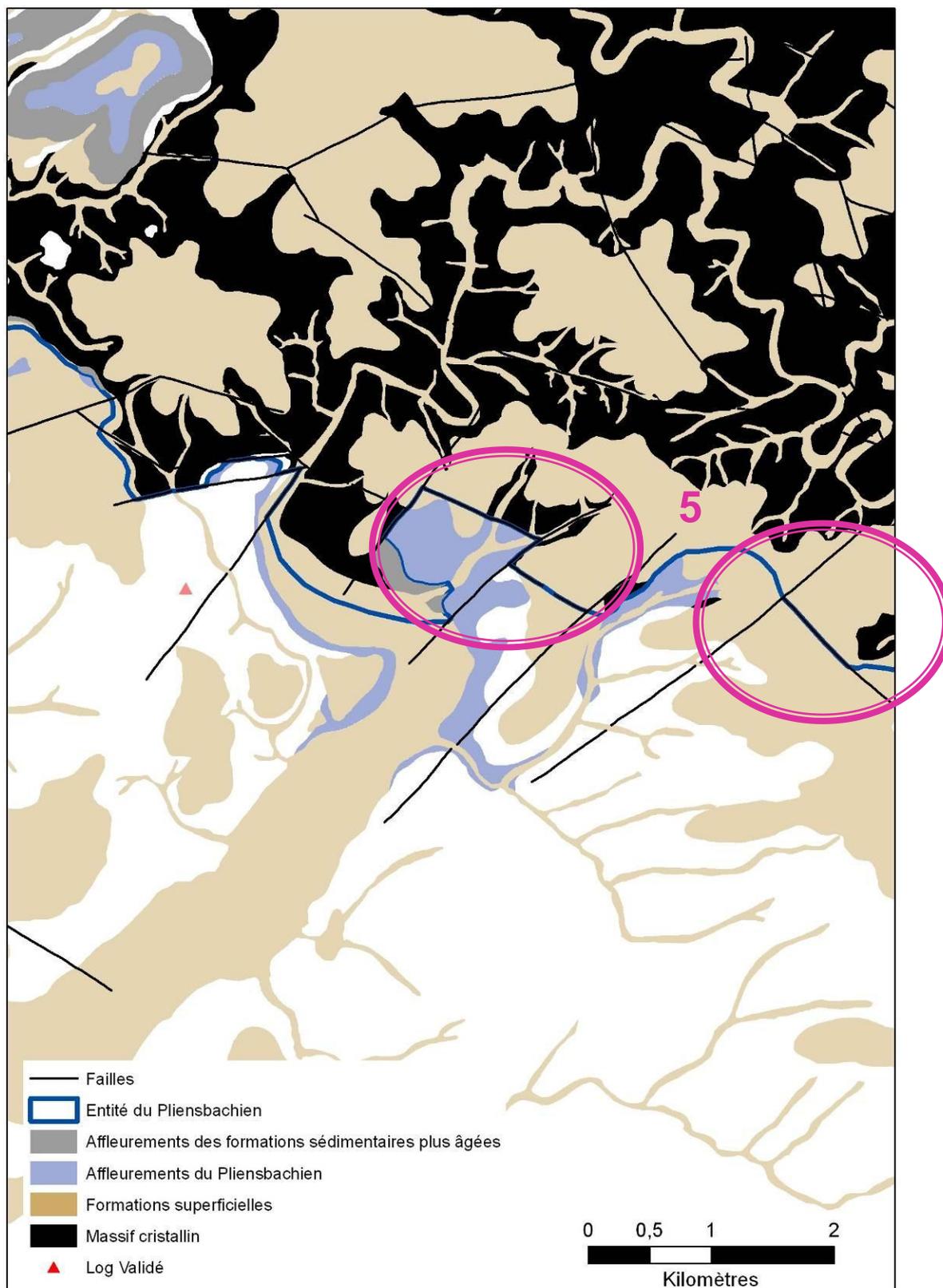


Illustration 16 - Influence des accidents structuraux sur la délimitation

4.4 MÉTHODOLOGIE DE DÉLIMITATION DES ENTITÉS DU SOCLE

4.4.1 Méthodologie

Les travaux relatifs au découpage des entités hydrogéologiques de socle sont détaillés dans la note placée en annexe 1. Ce paragraphe reprend de façon résumée cette note.

Remarque

La méthodologie générale (Rapport BRGM RP 52261- 2003), appliquée en année 2 du projet dans les départements du Maine-et-Loire et de la Sarthe n'est pas transposable à toutes les régions: peu de données, morcellement des formations, cartes non harmonisées ou manquantes (cas du Limousin et de l'Auvergne).

Pour pallier ces difficultés, une autre démarche a été utilisée, applicable à tous les domaines de socle du territoire, et qui permet aussi de préserver le travail effectué suivant la méthodologie générale (appliquée aux 2 départements mentionnés ci-dessus).

Cette démarche consiste à subdiviser les "bassins versants-entités" de niveau 2 en sous bassins (sous-secteurs BD-Carthage) et à les caractériser en fonction des données disponibles (lithologie, hydrogéologie).

Découpage par région et harmonisation

Ce chapitre présente le travail de découpage des entités de socle des régions Pays-de-la-Loire et Bretagne. Comme évoqué ci-dessus les découpages réalisés sur les départements Maine-et-Loire et Sarthe (en année 2 du projet) ont été révisés. Ils sont présentés ci-dessous assemblés avec ceux des trois autres départements de la région Pays-de-la-Loire (année 3 du projet). Ces derniers étant eux-mêmes assemblés avec ceux de la région Bretagne (année 4 du projet). En effet, après un travail mené régionalement, les entités de socle de chaque région ont été harmonisées.

4.4.2 Entités NV1 du socle

La recherche des entités NV1 a été faite à partir des secteurs hydrographiques de la BD Carthage.

18 entités NV1 de socle ont été définies (Illustration 17). Les bordures Est et Sud des contours de ces entités de socle ont fait l'objet d'un découpage avec la limite du domaine sédimentaire.

Dans ces 18 entités, 10 sont situées en Bretagne et 11 en Pays-de-la-Loire puisque 3 entités sont communes aux deux régions (K1-K2-K3).

4.4.3 Entités NV2 du socle

51 entités NV2 bassins versants de socle ont été définies (Illustration 18) : 30 sont situées en Bretagne et 27 en Pays-de-la-Loire puisque 6 entités sont communes aux deux régions (K1A-B, K2A-B-C et K3A).

La délimitation des entités NV2 a nécessité plusieurs étapes.

- Découpage des entités selon les contours des sous-secteurs hydrographiques de la BD Carthage inclus dans les entités NV1. Certains sous-secteurs ont été regroupés selon des critères de superficie et de continuité des cours d'eau. Dans d'autres bassins (superficie supérieure à 200 km²), certains affluents des principaux cours d'eau ont été séparés selon les contours des zones hydrographiques de la BD Carthage.

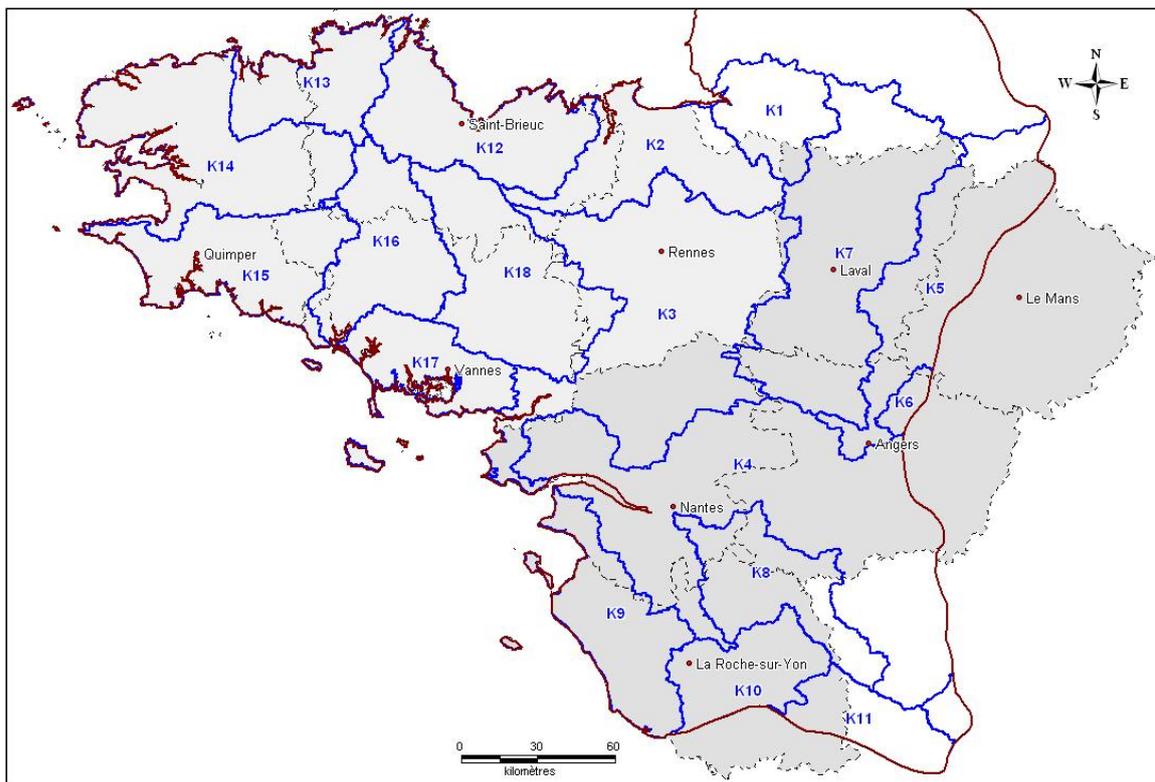


Illustration 17 - Entités de socle de niveau NV1-(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).

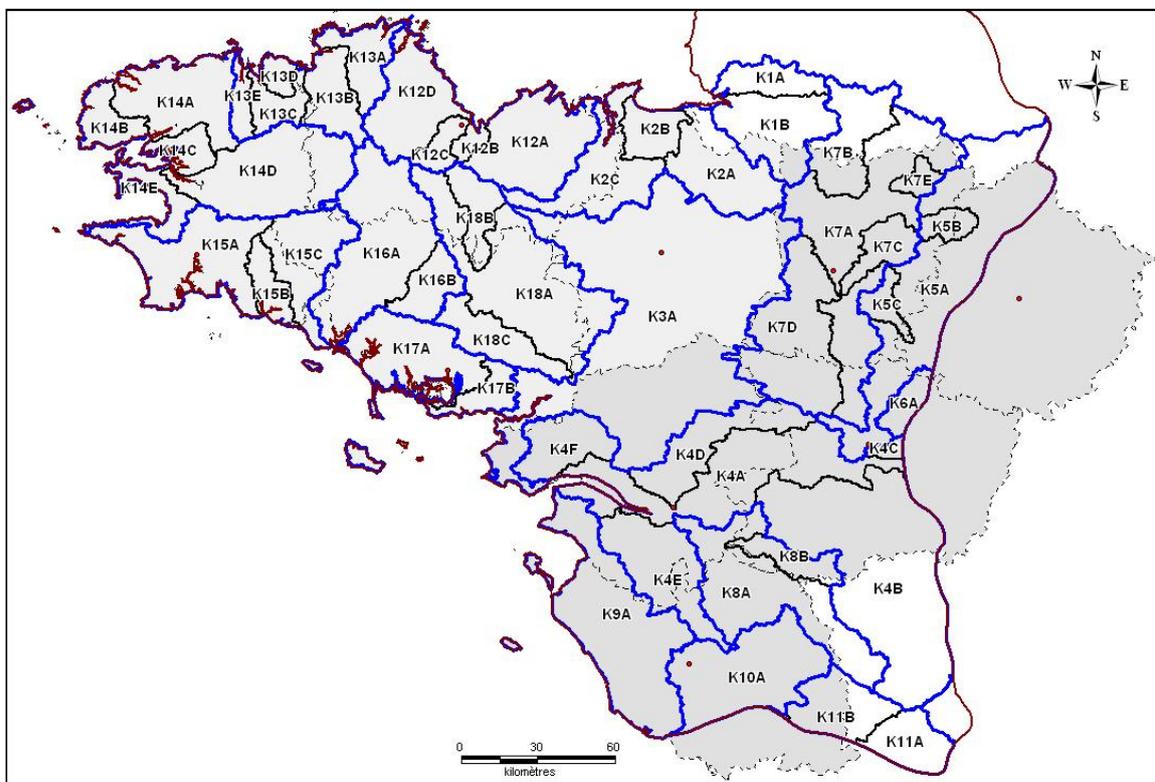


Illustration 18 -Entités de socle de niveau NV2-(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).

- Calcul du débit d'étiage spécifique (cf. détail en annexe 1 : QES en l/s/km²) sur les stations hydrométriques situées le plus à l'aval des cours d'eau et, si possible, avec un historique de données d'au moins 10 ans pour affecter un QES à chaque entité précédemment définie.
- Regroupement des bassins contigus situés dans la même entité NV1 et de même classe de QES (cf. détail en annexe 1).

4.4.4 Entités NV3 du socle

4.4.4.1 Découpage des entités

Les entités NV3 correspondent aux sous-secteurs hydrographiques de la BD Carthage inclus dans les entités NV2.

Certains sous-secteurs ont été regroupés selon des critères de superficie et de continuité des cours d'eau. On rappelle que certaines entités NV2 ont été constituées en séparant certains affluents des principaux cours d'eau en utilisant les zones hydrographiques de la BD Carthage.

99 entités de niveau 3 ont été obtenues (Illustration 19) : 62 sont situées en Bretagne et 49 en Pays-de-la-Loire puisque 13 entités sont communes aux deux régions (2 dans 171K1, 4 dans 173K2 et 7 dans 174K3). 6 entités s'étendent aussi en Poitou-Charentes et 3 sont propres à cette région (pour harmonisation).

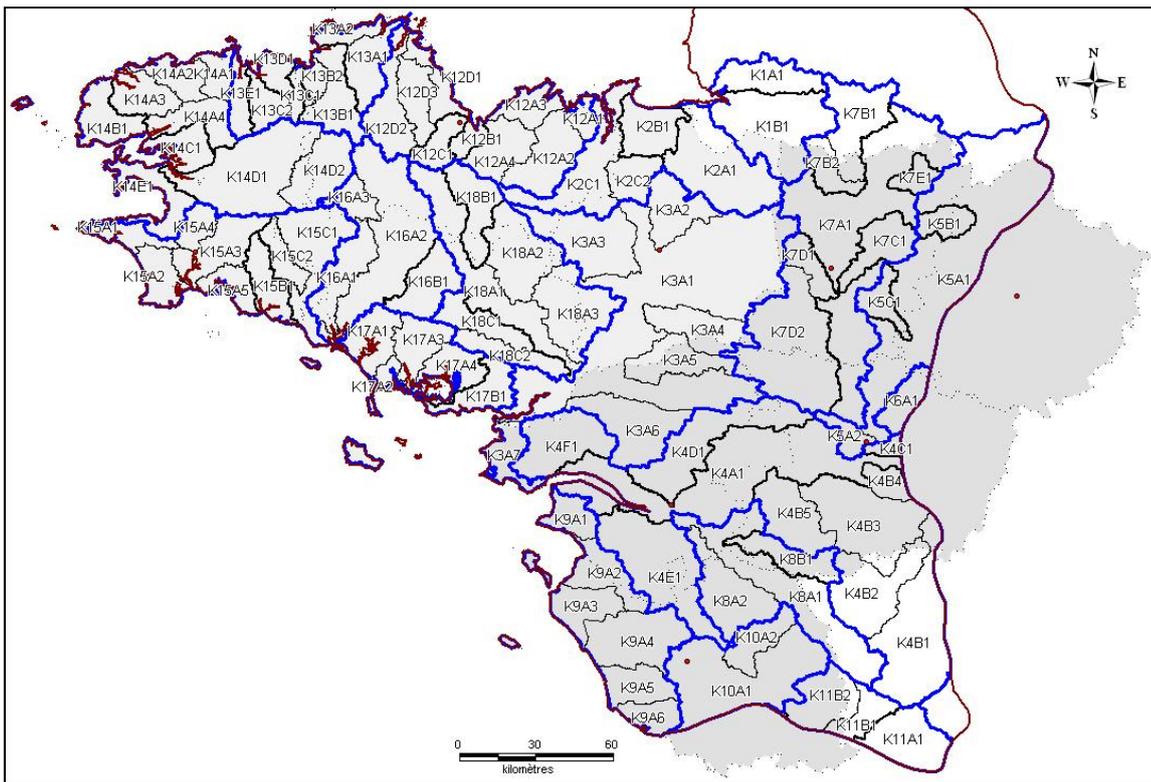


Illustration 19 - Entités de socle de niveau NV3-(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).

4.4.4.2 Caractérisation de la géologie et de la nature des entités

Le niveau NV3 est ensuite renseigné en prenant en compte les différentes formations géologiques et leurs potentialités aquifères.

La caractérisation des entités au niveau NV3 a nécessité 4 étapes de traitement :

1) Sélection des formations de socle dans les cartes géologiques harmonisées (échelle de travail 1/50 000²)

2) Analyse des données de forages (débits) pour déterminer les potentialités aquifères des formations géologiques (échelle de travail 1/250 000) :

Caractérisation de chaque formation de socle (formations géologiques de la carte au 1/250 000) par deux paramètres : le débit moyen du quartile supérieur (ou moyenne des débits des 25% « meilleurs forages ») et l'indice de productivité défini par le rapport : débit moyen des forages sur profondeur moyenne des forages (débit instantané moyen par mètre foré).

Selon les gammes de ces deux paramètres, la potentialité aquifère de chaque formation a pu être déterminée (aquifère, semi-perméable, imperméable).

A l'issue de cette étape, 216 entités géologiques³ sont caractérisées par leur lithologie et par leur nature aquifère (ou pas).

3) Etablissement des correspondances entre la carte géologique au 1/250 000 et les cartes géologiques harmonisées au 1/50 000 : les entités de niveau NV3 devant être caractérisées au 1/50 000, la correspondance entre les formations géologiques définies et renseignées à l'étape précédente et les formations des cartes géologiques harmonisées a permis d'acquérir la précision des contours.

4) Caractérisation des entités NV3 finalisées (échelle de travail : 1/50 000).

Cette phase finale utilise des 216 entités géologiques et les 98 bassins versants entités NV3 (cf. Illustration 20 et Illustration 21). Il s'agit d'affecter à toutes les entités NV3 :

- les pourcentages de superficie renseignée par les natures géologiques « aquifère, semi-perméable et imperméable » (injection de l'information hydrogéologique dans les bassins versants),
- et la lithologie principale des formations géologiques (injection de l'information géologie dans les bassins versants).

² échelle de travail 1/50 000, sauf pour le département des Côtes d'Armor pour lequel la carte harmonisée n'est pas disponible à fin avril 2010

³ Comme cela a été réalisé dans le cadre du projet SILURES Bretagne et en raison de l'importante superficie de la Formation de la Mayenne (schistes du Briovérien), cette formation est divisée en deux de part de d'autre de la faille de Quessoy Nort-sur-Erdre orientée Nord-Ouest Sud-Est.

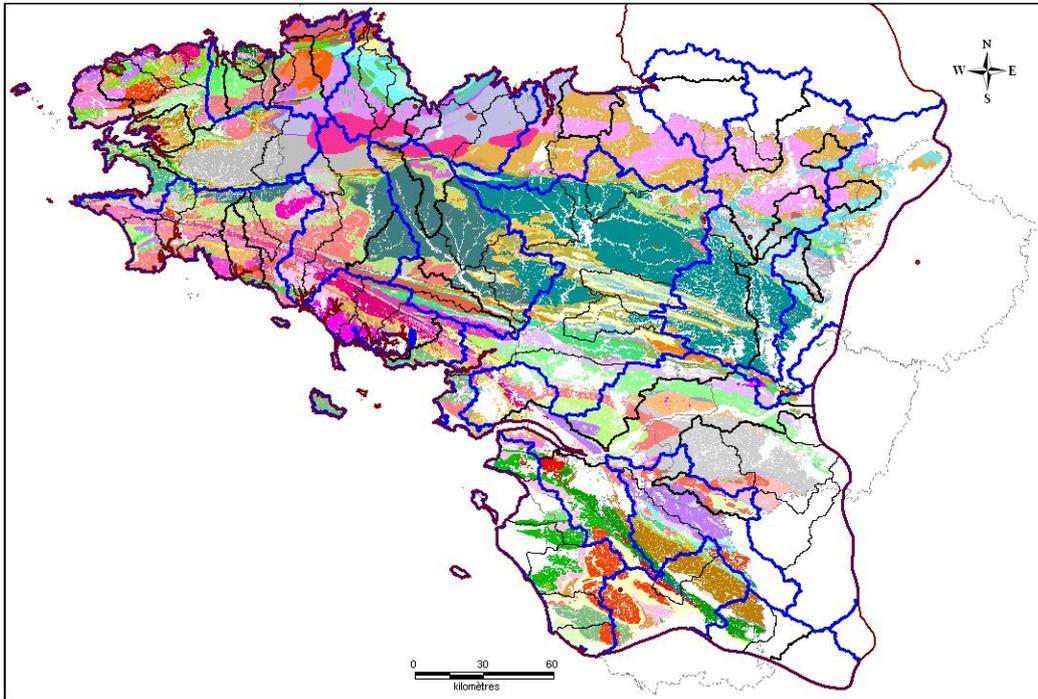


Illustration 20 - Géologie des entités de socle de niveau NV3 (échelle 1/50 000, sauf pour les Côtes d'Armor 1/250 000)

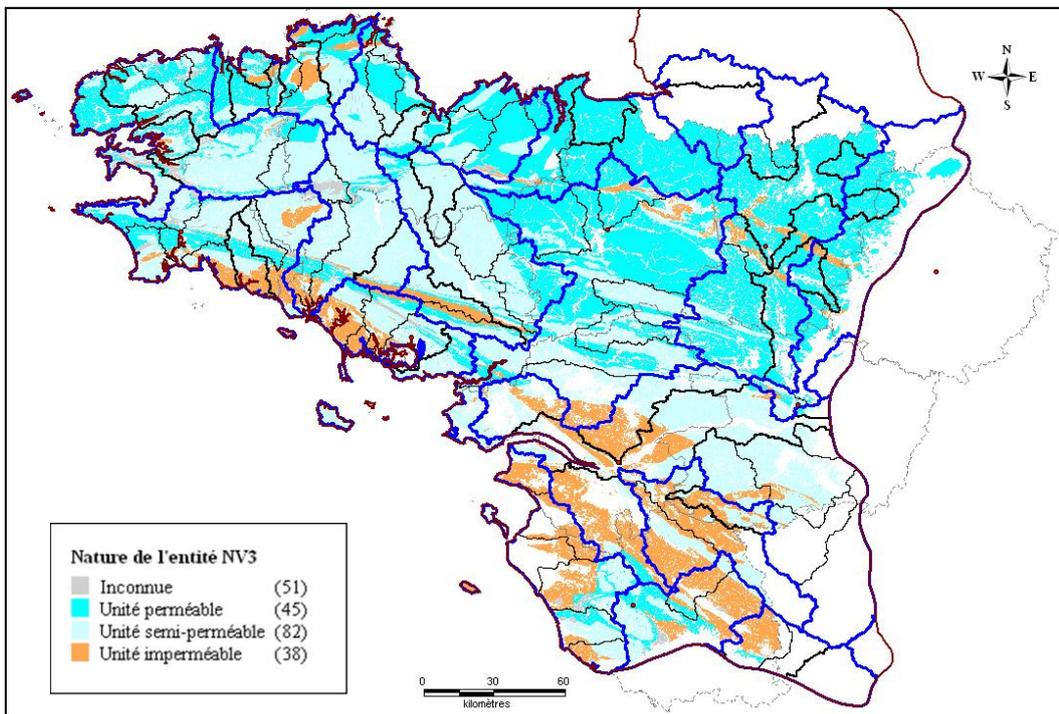


Illustration 21 - Nature des entités de socle de niveau NV3 (les chiffres correspondent au détail des 216 entités géologiques)

4.4.4.3 Finalisation des entités de socle

Lors de la dernière étape de découpage des entités de niveau 3, la limite précise du contact socle - sédimentaire a été considérée. Elle a également permis de finaliser les entités de socle des niveaux 1 et 2.

La méthodologie de découpage est la suivante : découpage des entités de socle (bassins versants) selon le contact géologique zone de socle – domaine sédimentaire.

La limite de la zone de socle du Massif Armoricain correspond aux limites d’affleurement relevées sur les cartes géologiques harmonisées et aux limites interprétées grâce aux logs géologiques (exemple : présence de socle sous les alluvions). Cette limite a été digitalisée à l’échelle du 1/50 000.

La partie des bassins versants située en domaine sédimentaire est supprimée (cf. illustration ci-dessous).

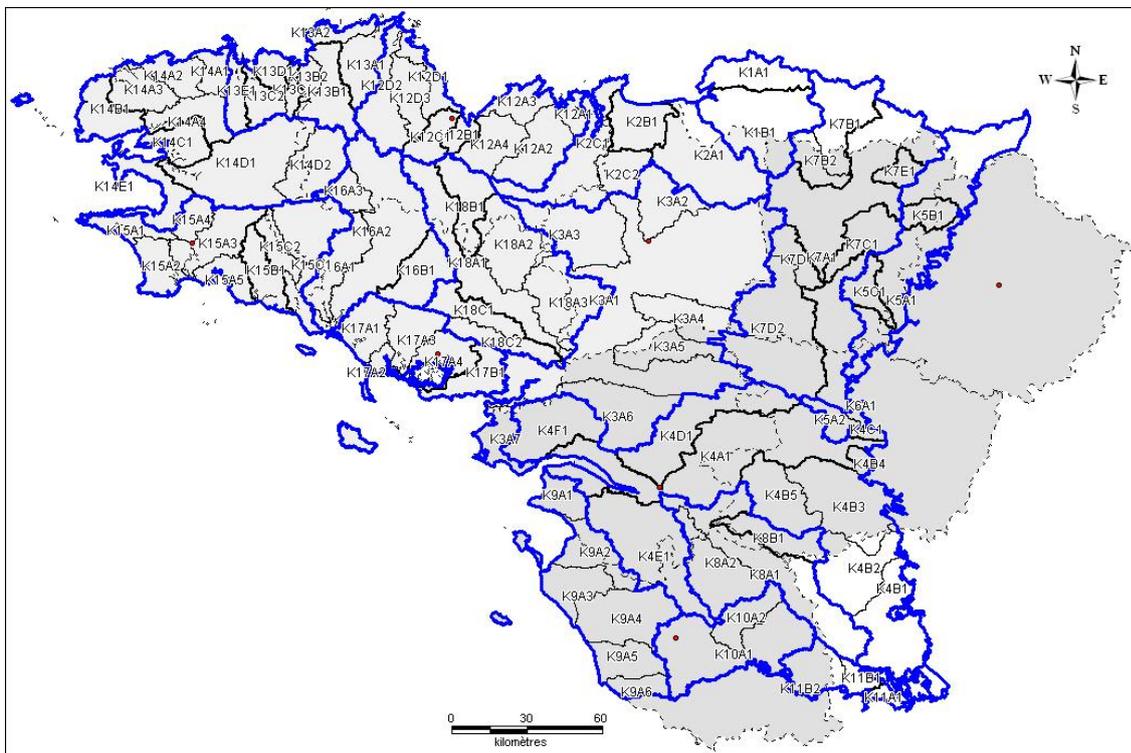


Illustration 22 - Entités de socle des niveaux NV1-2-3 finalisées-(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).

4.5 ENTITÉS HYDROGÉOLOGIQUES COMPLÉMENTAIRES

4.5.1 Secteurs karstiques connus

Ce niveau thématique rassemble les secteurs au droit desquels des phénomènes karstiques sont connus. Les données exploitées spécifiquement pour la cartographie de cette surcouche sont :

- les indications fournies par M. Claude ROY,
- les cartes IGN au 1/25 000,

- le rapport du CEBTP de recherche de cavités karstiques par géophysique dans le bassin de Saffré (juin 2005),
- les notices des cartes géologiques.

4.5.2 Systèmes alluvionnaires

L'entité complémentaire des alluvions comprend l'ensemble des dépôts de plaine alluviale associés aux terrasses connectées hydrauliquement ou non avec les rivières.

Les polygones correspondant à ces dépôts ont été extraits des cartes géologiques harmonisées au 1/50 000 en fonction de leur description, et regroupés en deux entités complémentaires selon leur âge et selon qu'ils étaient connectés ou non au cours d'eau :

	PAYS DE LA LOIRE			BRETAGNE			
	44	53	85	22	29	35	56
	NOTATIONS CARTES GEOLOGIQUES HARMONISEES						
alluvions récentes, basses terrasses, connectées	Fz+FMz+FzD+Fy	Fy+Fz	Fz+Fyb	Fz+Fy	Fz+Fy	Fz+FCz+Fy+Fy1	Fz+Fy
alluvions anciennes, moyennes et hautes terrasses, déconnectées	Fx+Fw	Fx+Fw+Fv	Fxb+Fwb+Fvb+Fva	Fx+Fw	-/-	Fx+Fw+Fv	Fx+Fw+Fp

Illustration 23 - Alluvions fluviales des cartes harmonisées en Loire-Atlantique, Mayenne et Vendée, et en région Bretagne

Les terrasses quaternaires sont étagées de part et d'autre des vallées. Elles correspondent à une histoire géologique avec baisse progressive du niveau de base. Les terrasses les plus anciennes (et les plus argileuses) sont les plus hautes topographiquement. Ces terrasses anciennes sont souvent déconnectées des basses terrasses plus récentes par des affleurements du substratum.

Les alluvions fluviales anciennes sont assez bien représentées sur le socle : vallée de l'Oudon, de la Mayenne, de la Vilaine, de l'Oust et du Blavet. Elles occupent des surfaces importantes au sein du domaine sédimentaire, dans la vallée de la Loire et des affluents ; elles recouvrent les hautes terrasses de ces cours d'eau.

Leurs ressources en eau sont généralement faibles. Les alluvions sont souvent argileuses (affluents de la Loire) ou les terrasses n'existent plus que sous forme de lambeaux de faible extension.

Les alluvions fluviales récentes, des basses terrasses et des fonds de vallées, sont composées de limons et argiles ainsi que de nappes de cailloutis, d'extension et d'épaisseur variables.

Les alluvions de la Loire constituent une ressource en eau souterraine majeure en Loire-Atlantique. Dans une moindre mesure, en domaine sédimentaire, **les alluvions récentes des affluents de la Loire peuvent également constituer un réservoir notable** (niveaux de graviers). En revanche, en domaine de socle, les alluvions sont le plus souvent argileuses.

4.5.3 Altérites en domaine de socle

Dans les socles anciens comme le Massif armoricain, les roches, généralement métamorphiques ou intrusives, sont massives et peu perméables. La présence éventuelle d'eau souterraine dépend des modifications physiques subies par ces massifs rocheux postérieurement à leur formation, et notamment de la fracturation et de l'altération.

L'altération météorique a eu pour effet de développer une couverture meuble plus ou moins poreuse en fonction de la minéralogie de la roche mère, et, sous cette couverture meuble, une fissuration intense permettant le drainage des formations meubles sus-jacentes.

Les manteaux d'altération épais (plusieurs dizaines de mètres) ont été élaborés lors de longues périodes d'émersion sous des climats chauds et humides analogues aux climats de la zone intertropicale actuelle. Les périodes les plus favorables ont été le Crétacé inférieur ainsi que le début du Tertiaire (Paléocène à Eocène supérieur).

Un nouveau modèle conceptuel des propriétés physiques des roches en différents contextes de socle altéré a été élaboré ces dernières années, dans le cadre de projets de Recherche du BRGM. Il est représenté de manière schématique sur l'illustration 24.

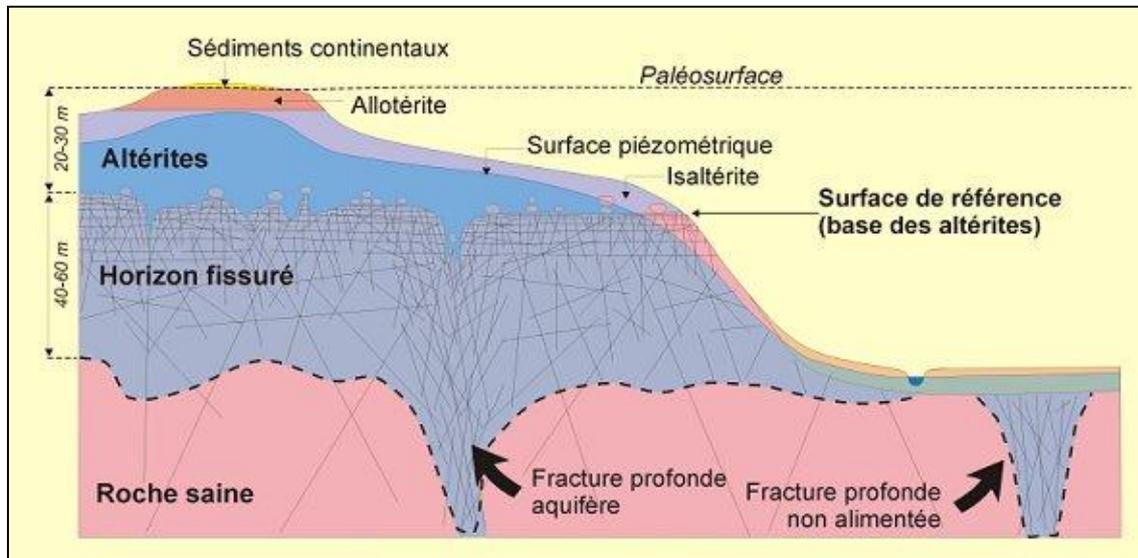


Illustration 24 - Schéma conceptuel des aquifères de socle (R. Wyns et al., 2004)

Un profil d'altération type comprend ainsi, de haut en bas, les horizons suivants :

- allotérites (quelques mètres à une dizaine de mètres) : altérite caractérisée par une réduction de volume par rapport à la roche mère initiale ; la texture de la roche mère n'est pas préservée. En contexte schisteux, il s'agit d'une argile imperméable ; en contexte granitique, il s'agit d'une arène argileuse à faible perméabilité et faible porosité efficace ;
- isaltérites (plusieurs dizaines de mètres) : altérite isovolumique où la texture de la roche initiale est préservée. Les éléments chimiques évacués par dissolution sont remplacés par des vides. Il en résulte une porosité importante, permettant à cet horizon de jouer un rôle capacitif vis-à-vis des eaux d'infiltration. En contexte schisteux, cet horizon, à dominante silto-argileuse, est faiblement perméable bien que très poreux. En contexte granitique, il correspond à une arène sableuse beaucoup plus perméable ;
- zone fissurée (40 à 70 m) : cet horizon, situé dans la partie supérieure du substratum, est caractérisé par une très forte fissuration dont l'intensité décroît vers le bas. Cette fissuration résulte de l'éclatement de la roche sous l'effet des contraintes générées par les changements de phase minéralogique, principalement l'hydratation de la biotite, qui se transforme avec augmentation de volume en chlorite, puis vermiculite, avant d'évoluer vers des minéraux argileux.

Au niveau des entités de socle, un recouvrement peut donc exister : quand elles existent, les altérites sont situées au-dessus de l'horizon fissuré des roches de socle (ces deux couches sont potentiellement aquifères, cf. Illustration 24).

Comme ces altérites n'ont été levées que sur certaines cartes géologiques et sur la base de connaissances anciennes hétérogènes (cf. annexe 1), ces formations ne peuvent faire l'objet d'un traitement abouti notamment au niveau NV3.

Les altérites ont fait l'objet de levés détaillés à l'échelle 1/50 000 (sans distinction allotérites et isaltérites) lors de plusieurs études hydrogéologiques menées en Bretagne par le BRGM entre 1998 et 2008⁴ (voir bibliographie, annexe 1 et Illustration 25)

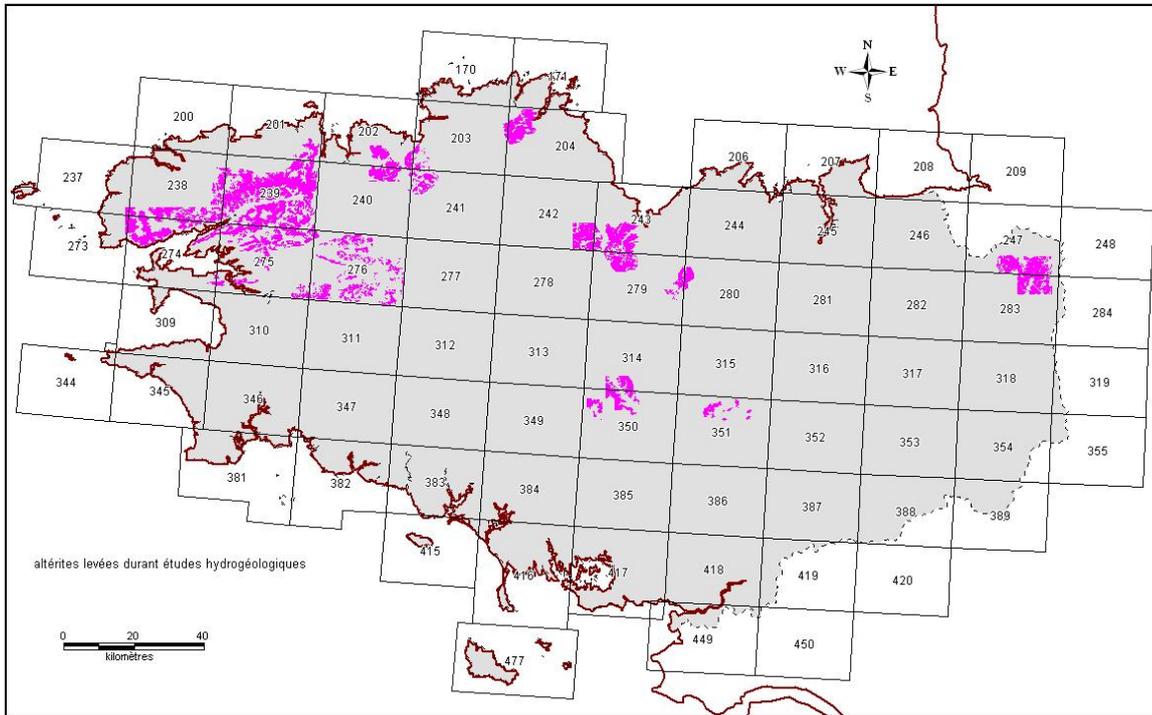


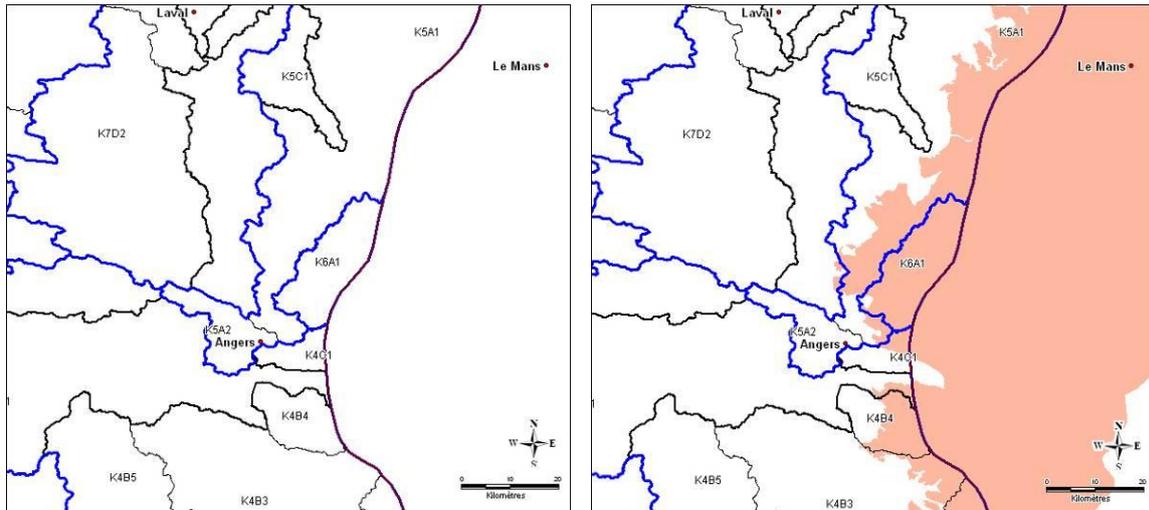
Illustration 25 - Cartographie des altérites sur les départements bretons, à partir des informations des études hydrogéologiques (les numéros correspondent aux coupures des cartes géologiques à 1/50 000 du BRGM)

Les altérites présentent un intérêt non négligeable sur le plan hydrogéologique en domaine de socle. L'amélioration de la connaissance de ces formations (lever homogène à l'échelle départementale) permettrait de compléter la BD LISA mais aussi de mieux appréhender les ressources en eau souterraine de socle.

4.5.4 « Pointements » de socle

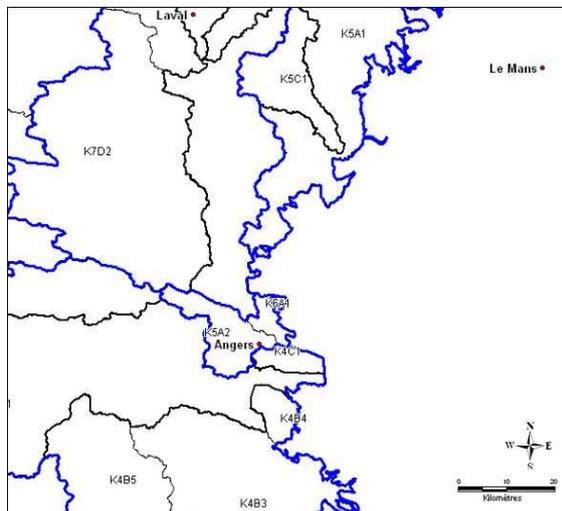
Il a été précisé ci-dessus que les entités de socle de niveau 1, 2 et 3 (bassins versants) avaient été découpées selon le contact géologique zone de socle – domaine sédimentaire. La partie des bassins versants située en domaine sédimentaire a été supprimée et cela permet : de finaliser les entités NV1-NV2-NV3, et d'isoler les « pointements » de socle (cf. illustration ci-dessous). Ces « pointements » constituent un niveau thématique.

⁴ Etudes hydrogéologiques sur les secteurs : Rade de Brest (29), Yar (22), Horn (29), Coët-Dan (56), Dourduff (29), Oust (56), Yvel (56), Maudouze et Noë Sèche (22), Nançon (35), Echelles (35), Guessant (22), Urne (22), et Bizien (22) (cf. liste en bibliographie)



1) Entités NV1-2-3 avant découpage

2) Entités et domaine sédimentaire



3) Entités NV1-2-3 après découpage

4) Dissociation des pointements de socle situés dans le domaine sédimentaire (en rose)

Illustration 26 - Etapes de la finalisation des entités de socle NV1-2-3 du Massif Armoricaïn (zoom sur la jonction des départements Sarthe, Maine-et-Loire et Mayenne) -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).

4.6 APERÇU GÉOLOGIQUE

Tronçon affleurant de la chaîne varisque qui a été érigée au cours du Paléozoïque, il y a 300 millions d'années, le Massif Armoricaïn est organisé en deux blocs structuraux majeurs : les blocs nord et sud-armoricains. Ces derniers sont séparés par le cisaillement sud-armoricain qui prend en écharpe la région d'ouest en est, depuis la Roche-Bernard jusqu'au sud de Cholet en passant par Nantes.

Depuis son évolution ancienne, le massif est resté à l'écart des grandes zones de tectonique active telles la collision alpine ou l'ouverture de l'Atlantique et n'a donc subi que des influences mineures. De ce fait et suite à une intense érosion, une couverture sédimentaire constituée de

carbonates de plate-forme, de marnes et de sables d'âge secondaire et tertiaire s'est déposée sur ses marges, en liaison avec le développement des grands bassins marins (le bassin de Paris à l'est et le bassin d'Aquitaine au sud).

Les ajustements tectoniques, associés à la mise en place des Alpes, ont initié au sein même du Massif Armoricaire, de nombreux petits bassins tertiaires. Les plus connus sont ceux de Campbon, Nort-sur-Erdre et Saffré dans le Pays nantais et ceux de Chéméré, Challans et Machecoul en Vendée.

Les roches magmatiques et métamorphiques qui constituent l'essentiel du Massif Armoricaire sont globalement peu favorables aux circulations aquifères importantes. Une étude réalisée en 1999 sur les formations de socle de Vendée a en effet montré que le pourcentage de forages dont le débit était supérieur ou égal à 10 m³/h variait de 3 à 33 % en fonction de la lithologie. Le débit moyen des 25 % des meilleurs forages situés dans les formations les plus productives ne dépasse pas quant à lui 40 m³/h.

Dans les terrains de socle, la productivité des aquifères est en fait étroitement liée à la présence d'altérites et au degré de fracturation des niveaux sous-jacents. Les altérites qui se caractérisent par une forte porosité et une faible perméabilité constituent un réservoir qui alimente l'horizon fissuré par drainage. Ce dernier est généralement beaucoup plus perméable en raison de l'interconnexion des fissures qui favorise la circulation des eaux souterraines. C'est dans la partie supérieure de cet horizon que les venues d'eau sont les plus importantes.

Les potentialités aquifères des formations sédimentaires anciennes de socle, des formations sédimentaires de couverture (bassins de Paris et d'Aquitaine) et des bassins tertiaires sont quant à elles beaucoup plus importantes.

Dans le bassin de Laval par exemple, les calcaires du Dévonien et du Carbonifère sont sollicités par de nombreux ouvrages dont le débit peut atteindre une centaine de m³/h.

En Vendée, les terrains sédimentaires de couverture recèlent aussi d'importantes ressources en eau. A Noirmoutier et dans le Marais Breton, la nappe d'eau salée contenue dans les calcaires lutétiens et les sables cuisiens (Eocène) et utilisée pour l'aquaculture est sollicitée par des ouvrages peu profonds (10 à 15 m) dont le débit est compris entre 50 et 200 m³/h. Plus au sud dans la plaine de Luçon, les calcaires du Dogger et du Lias (Jurassique) font l'objet de prélèvements importants, en particulier pour l'irrigation.

Au niveau des bassins tertiaires, la porosité et la perméabilité des formations éocènes (formations carbonatées plus ou moins détritiques), oligocènes (calcaires et marno-calcaires) et pliocènes (sables et graviers) autorisent des prélèvements de l'ordre de 200 m³/h mais confèrent une grande vulnérabilité aux aquifères.

Les alluvions des grands cours d'eau (Loire, Mayenne, Sarthe...) définissent aussi des aquifères aux propriétés hydrodynamiques intéressantes. Compte tenu de leur vulnérabilité, l'exploitation de telles ressources ne peut se faire sans avoir recours à de puissants moyens de traitement.

Dans le chapitre qui suit, seules les entités du thème sédimentaire sont décrites. La caractérisation des entités de socle est reportée en annexe 1.

4.7 ENTITÉS DU THÈME SÉDIMENTAIRE

4.7.1 Grand système aquifère du Jurassique inférieur (Lias), 141 (F12)

Ces formations se trouvent dans la plaine de Luçon (zone méridionale de la Vendée).

Après le Carbonifère et les phases tectoniques hercyniennes, la région reste émergée pendant près de 60 millions d'années. C'est la période de pénéplanation du socle armoricaire, à la fin du Primaire et au début du Secondaire (Permo-Trias). À partir de -200 millions d'années, les

transgressions marines reprennent sur tout le Sud-Ouest de la France et déposent les sédiments jurassiques carbonatés du Bassin Aquitain.

L'avancée des mers liasiques a été facilitée par de multiples accidents créant un affaissement en gradins dans la zone de contact entre le Massif Armoricain et la plaine Jurassique.

4.7.1.1 **Système aquifère de l'Infra-Lias, F12D et système aquifère du Lias inférieur, F12C**

Les premiers dépôts post-paléozoïques connus sont essentiellement constitués d'argiles qui ont comblé les grandes vallées creusées dans la pénéplaine post-hercynienne. Les gisements sont donc discontinus et d'épaisseur très variable (**unité imperméable des argiles vertes et rouges de l'Hettangien inférieur, F12C2**). Outre ces dépôts argileux, et avant eux, des sédiments gréseux ont, dans une moindre mesure, comblé certaines vallées préliasiques. Leur étendue est réduite et on les retrouve très localement dans la région de l'Hermenault (**unité aquifère de l'Hettangien basal, F12C3**).

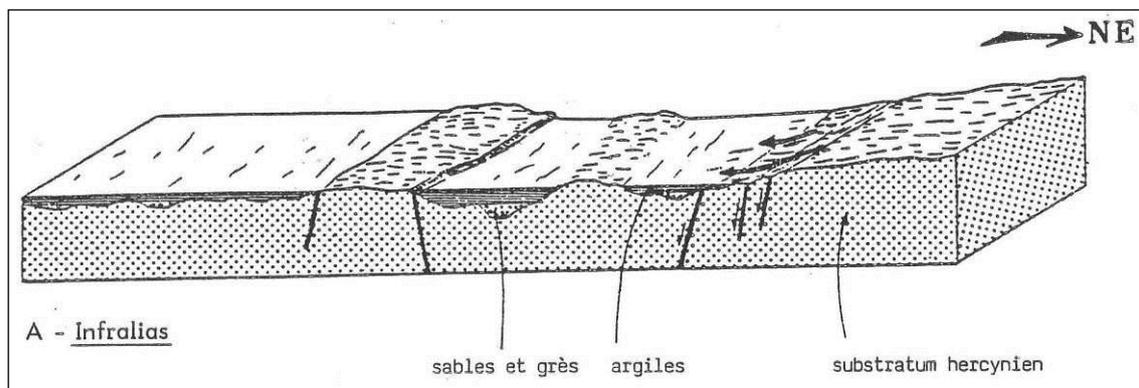


Illustration 27 - Bloc diagramme figurant la transgression infraliasique de la Vendée méridionale (C. Roy, 1987)

L'extension de l'unité aquifère de l'Hettangien basal (souvent appelée sables et grès de l'Infralias) est très limitée. Les variations latérales et verticales de faciès (lentilles argilo-sableuses) sont fréquentes ainsi que les relations par échanges verticaux avec le réservoir sus-jacent du Lias inférieur (141AI01, lire ci-dessous), à la faveur des discontinuités des argiles de l'unité F12C2. Les faciès argileux de l'Hettangien basal ont été rattachés à l'unité F12C2 et seul le secteur réputé aquifère a été découpé pour former l'unité F12C3.

La première transgression marine sur la plaine d'érosion post-hercynienne est celle de l'Hettangien. Les sédiments ont formé des calcaires dolomitiques plus ou moins gréseux (**unité aquifère Calcaires et Dolomies et Calcaires à Oolithes de l'Hettangien au Pliensbachien dans le bassin de la Loire (de la Vienne à l'Authion) (bassin Loire-Bretagne)⁵, 141AI01 F12C1**). L'extension de l'aquifère se prolonge vers le sud des affleurements, sous toute la plaine. En revanche, les faibles épaisseurs de l'aquifère à l'ouest et à l'est limitent latéralement son étendue. La présence d'eau souterraine est due à la fissuration de la roche : l'érosion anté-Pliensbachien (lacune du Sinémurien) a altéré la surface de l'Hettangien et la productivité maximale de l'aquifère est atteinte dans les 5 mètres supérieurs du réservoir. L'existence de phénomènes karstiques y est connue.

⁵ Les dépôts proprement sinémuriens ne sont pas connus dans la série stratigraphique de la Vendée méridionale, mais les auteurs préfèrent utiliser le terme Sinémuro-Hettangien

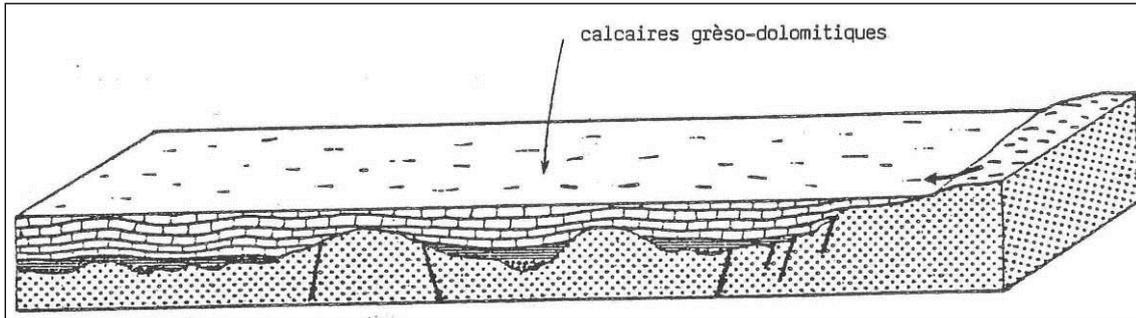


Illustration 28 - Bloc diagramme figurant la transgression marine au Lias inférieur (C. Roy, 1987)

4.7.1.2 Marnes du Bajocien-Bathonien du Bassin Parisien en Loire-Bretagne, 139AQ (F12A)

L'érosion reprend pendant une courte période au Lias moyen, et au Pliensbachien, la mer s'est avancée sur un Massif Armoricain érodé, mais dont les reliefs ont joué le rôle d'îles, tout au moins en bordure. Ces îles ont à leur tour été recouvertes par les dépôts des mers transgressives du Lias supérieur (toarciennes, aaléniennes, etc.).

Les premiers dépôts plienschachiens sont représentés par des marnes et des calcaires argileux finement gréseux (**unité semi-perméable des grès du Pliensbachien, 139AQ01, F12A2**), localement karstiques.

Lors de la transgression toarcienne, la sédimentation est plus profonde et le faciès marno-calcaire se généralise (**unité des Calcaires de l'Aalénien-Bajocien dans le bassin Loire-Bretagne 139AQ03 (F12A1)**).

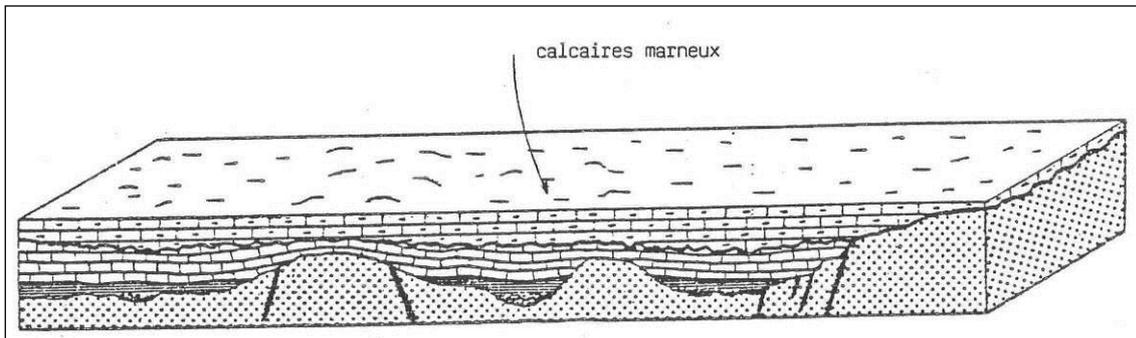


Illustration 29 - Bloc diagramme figurant la sédimentation des calcaires marneux du Lias moyen et supérieur (C. Roy, 1987)

4.7.2 Grand système aquifère du Jurassique moyen (Dogger), 139 (F10)

Ces formations se trouvent dans la plaine de Luçon (zone méridionale de la Vendée).

4.7.2.1 Système aquifère des marnes et calcaires du Bajocien-Bathonien, 139AF

Les faciès deviennent franchement calcaires à partir du Bajocien et Bathonien unité des **Calcaires et Oolites du Bajocien-Bathonien dans le Maine et Loire (bassin Loire-Bretagne, 139AF01 (F10A1))**. Les affleurements de ces formations représentent à l'affleurement la plus grande superficie jurassique de la plaine de Vendée (470 km²). Lorsqu'elle est complète, la série atteint 40 m. Le mur de l'aquifère est constitué des formations marneuses du Bajocien inférieur. L'absence d'horizon imperméable au sein des calcaires du Dogger autorise les circulations verticales d'eau d'infiltration à travers toute la série. Sur les 10 ou 15

premiers mètres d'épaisseur, les calcaires sont altérés et diaclasés (« en plaquettes »). En profondeur, l'existence de failles ou fissures conditionne la productivité de l'aquifère.

4.7.3 Grand domaine du Kimméridgien-Callovien, 137 (F8)

Ces formations se trouvent dans la plaine de Luçon (zone méridionale de la Vendée).

4.7.3.1 *Domaine hydrogéologique des marnes et calcaires du Kimméridgien au Callovien, 137AB*

Au Callovien, la transgression atteint son maximum et des calcaires marneux se déposent. Les faciès des dépôts calloviens de la plaine jurassique de Vendée sont moins argileux que dans le Bassin Parisien, en Sarthe par exemple, et peuvent constituer une réserve aquifère (**unité des Calcaires marneux à brachiopodes du Callovien inférieur dans la Sarthe (bassin Loire-Bretagne) ,137AB21 (F8A2)**).

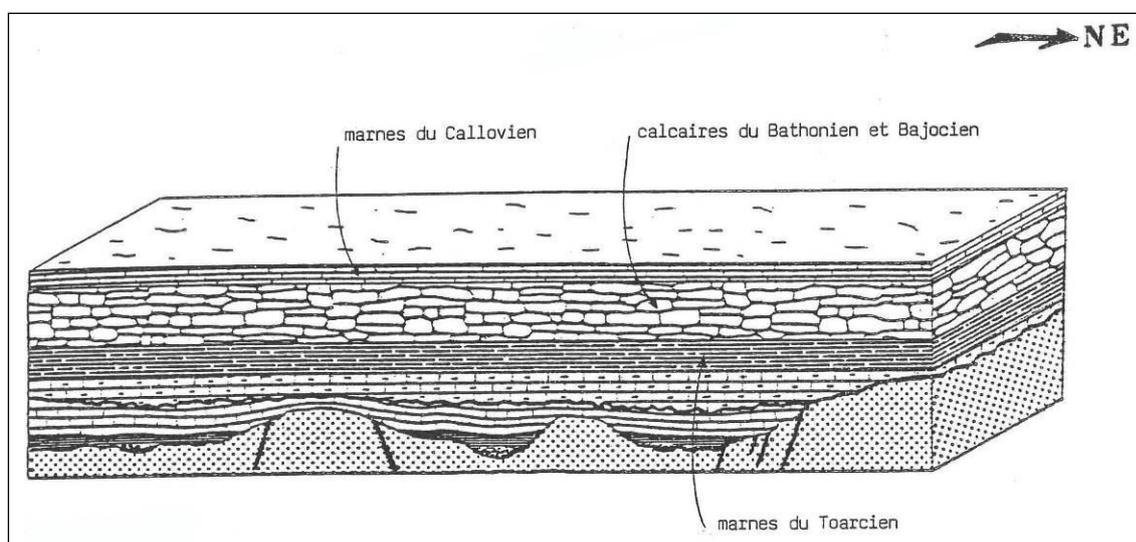


Illustration 30 - Bloc diagramme figurant les dépôts jurassiques de la Vendée méridionale jusqu'au Callovien (C. Roy, 1987)

Les calcaires oxfordiens sont peu représentés en Vendée (**unité semi-perméable des calcaires oxfordiens, F8A1**). Ils s'étendent vers le sud et la région Poitou-Charentes. Leur limite septentrionale est située sous le Marais Poitevin.

4.7.4 Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Séno-Turonien) 121

Une nouvelle transgression marine, identifiée dès le Cénomaniens, va se développer jusqu'au Sénonien en plusieurs épisodes séparés de discontinuité sédimentaires, soulignées par des hard-grounds.

4.7.4.1 *Sables du Sénonien et argiles sableuses du Cénomaniens-Turonien de Loire-Atlantique et Vendée 121AF, (F5A)*

Dans le bassin de Challans-Comméquiens (Vendée) et dans le Marais Breton, ainsi que plus à l'est au niveau de la commune de Touvois (Loire-Atlantique), l'**unité semi-perméable des Argiles sableuses du Cénomaniens-Turonien de Loire-Atlantique et Vendée 121AF03 (F5A2)** repose directement sur le socle. À sa base, un horizon graveleux à passées sableuses d'épaisseur variable constitue localement une faible réserve aquifère.

Dans ce même bassin, les formations sénoniennes transgressives débordent sur les formations précédentes, pour reposer parfois directement sur le socle. D'argilo-marneuse à la base, le dépôt devient plus sableux vers le sommet, pour former l'**unité semi-perméable des Sables du Sénonien en Vendée 121AF01 (F5A1)**.

4.7.5 Grand système multicouche de l'Eocène du Bassin Parisien, 113 (F4)

4.7.5.1 Calcaires sableux, sables et argiles sableuses de l'Eocène inférieur dans le bassin Loire-Bretagne, 113AF (F4G)

Les premiers dépôts tertiaires identifiés, après la continentalisation généralisée fini-crétacée-paléocène, sont d'âge yprésien et correspondent notamment à des sédiments terrigènes sableux fluvio-deltaïques – dont l'âge est discuté – regroupés au sein de l'**unité semi-perméable des Sables de l'Yprésien en Ile et Vilaine, Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne) 113AF05 (F4G1)**. Les dépôts d'âge Eocène inférieur (sables, limons et argiles) sont présents en Bretagne sur les sites suivants : Port-Louis Lorient (Morbihan) et Chartres-de-Bretagne Bruz, Pont-Péan, Grand-Fougeray, Teillay (Ille-et-Vilaine).

Par la suite, au Lutétien supérieur, de petits bassins, tels ceux de Challans (déjà évoqué plus haut), Machecoul, Arthon-en-Retz, ou plus vastes comme celui de Campbon, s'individualisent et comportent principalement des calcaires sableux à Nummulites, regroupés dans l'**unité aquifère des Calcaires sableux du Lutétien supérieur de Loire-Atlantique et Vendée 113AF01 (F4D1)**.

Dans le bassin tertiaire de Saffré, le faciès lutétien est sablo-argileux et les formations ont été regroupées dans l'**unité des Argiles sableuses du Lutétien en Bretagne et Pays de la Loire 113AF03 (F4A5)**. Ces dépôts ne sont visibles en Bretagne que sur la commune de Penvénan (Côtes-d'Armor).

4.7.5.2 Argiles sableuses du Bartonien (Eocène supérieur) et du Rupélien (Oligocène inférieur) dans le bassin Loire-Bretagne 113AJ (F4A)

La dépression de Saffré continue à fonctionner au Bartonien (tandis celle de Nort-sur-Erdre commence à s'individualiser) et reçoit jusqu'au Rupélien des sédiments argileux. L'**unité imperméable des Argiles sableuses du Bartonien-Rupélien en Bretagne et Pays de la Loire (bassin Loire-Bretagne) 113AJ01 (F4A3)** y est puissante de plusieurs dizaines de mètres. Les dépôts argileux d'âge Éocène supérieur - Oligocène inférieur sont présents en Bretagne sur les sites suivants : Quimper Toulven (Finistère) et Landéan, Chartres-de-Bretagne Bruz, Pipriac (Bouëssic), Pipriac (La Cohiais) (Ille-et-Vilaine). A Landéan, la profondeur maximale du bassin semble être de 71 m, tandis qu'à Quimper le bassin dépasse les 55 m de profondeur.

Calcaires lacustres de l'Eocène supérieur dans le bassin Loire-Bretagne (113AC)

En Loire-Atlantique, l'unité est surmontée par l'**unité aquifère des calcaires du Rupélien supérieur 113AC15 (F4A1)**. Cette dernière est largement exploitée pour l'eau potable, aussi bien dans le bassin de Saffré (où des phénomènes karstiques sont avérés) que dans le bassin voisin de Nort-sur-Erdre (Syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable de Nort-sur-Erdre). La lithologie de ces dépôts semble plus variée en Bretagne : sables, galets, argiles, calcaires, marnes de l'Oligocène inférieur à Crozon, Guilers, Aber-Ildut (Finistère) et Chartres-de-Bretagne Bruz, Langon, Les Brulais, Pipriac (La Cohiais) (Ille-et-Vilaine).

4.7.5.3 Grès du Bartonien dans le Maine et Loire (bassin Loire-Bretagne) 113AD

En Mayenne, entre Laval et Le Mans, plusieurs gisements de sables, de blocs de grès et de meulières sont rapportés au Bartonien par analogie avec les grès à Sabals de la Sarthe. Par ordre d'importance, ces gisements sont le Bois d'Hermet, Sainte-Gemmes-le-Robert, la Croix Blanche, puis Saint-Christophe-du-Luat et Châtre-la-Forêt. Ils ont été regroupés dans les **Grès**

du Bartonien dans le Maine et Loire (bassin Loire-Bretagne 113AD01. Le plus souvent, il s'agit de sables fins de ton clair, à peine teintés d'ocre. Des graviers arrondis de quartz et de petits galets se trouvent à la base de la formation, souvent cimentés en dalles de grès siliceux. L'épaisseur de la formation peut atteindre 30 m. L'extension de ces dépôts était plus vaste, comme en témoignent les nombreux blocs de grès résiduels rencontrés jusque sur le complexe basique de Brée-Neau, et la fréquence de cailloux de grès dispersés par le vent.

4.7.6 Grand domaine hydrogéologique du Mio-Pliocène du Bassin Parisien, 104 (F2)

Au Miocène, la région connaît plusieurs transgressions. À la fin du Miocène, le Massif Armoricain est affecté par d'importants basculements consécutifs à la collision alpine, s'accompagnant du rejeu de nombreuses failles. Au cours du Pliocène, la sédimentation régressive est associée une succession d'ondulations tectoniques, entraînant une fluctuation des aires de dépôts. Ceux-ci sont bien conservés dans les bassins d'effondrement tertiaires.

4.7.6.1 Sables et Argiles du Bourbonnais du Pliocène dans le bassin Loire-Bretagne, 104AC (F2C)

Les faluns (sables coquilliers calcaires) sont présents sur plusieurs bassins bretons et sont exploités dans toutes les communes suivantes pour l'alimentation en eau potable : Le Quiou-Tréfumel (Côtes-d'Armor) et Chartres-de-Bretagne Bruz, St-Grégoire, Dingé, Feins, Lohéac, St-Sauveur-des-Landes, Coësmes, Gahard, Guipel, Landujan, St-Aubin-d'Aubigné (Ille-et-Vilaine). Ils forment l'**unité aquifère des Faluns du Miocène moyen en Bretagne et Pays-de-la-Loire 104AC05 (F2C1)**. En effet, la perméabilité de ces terrains est beaucoup plus importante que les formations de socle (selon les références bibliographiques : perméabilité variant de $1,7 \cdot 10^{-4}$ à $9 \cdot 10^{-3}$ m/s). Leur épaisseur est très variable : de l'ordre de quelques mètres à plus d'une dizaine de mètres. Ces faluns bretons sont rassemblés avec les faluns d'Anjou et de Touraine du Miocène moyen.

4.7.6.2 Sables du Pliocène en Bretagne et Pays de la Loire, 104AB (F2B)

Les sables du Pliocène, bien que majoritairement sableux, peuvent présenter des faciès argileux ou marno-silteux (quelques bassins en Ille-et-Vilaine et Morbihan)

Les sables pliocènes sont le plus souvent rencontrés sous forme de placages résiduels mais constituent, lorsqu'ils sont suffisamment puissants, une ressource aquifère significative (bien que vulnérable qualitativement). Ils sont notamment exploités pour l'alimentation en eau potable dans le bassin d'effondrement tertiaire de Nort-sur-Erdre, mais on les retrouve partout dans le domaine sédimentaire. Leur distinction n'est pas aisée, et dans les descriptions lithologiques des cartes géologiques harmonisées, ils sont souvent associés :

- aux graviers, sables et cailloutis du Quaternaire ;
- aux sables et graviers argileux du Miocène ;
- aux sables et cailloutis de l'Yprésien.

La nappe qu'ils renferment est presque exclusivement libre. Ces formations ont été rassemblées dans l'**unité aquifère des Sables du Pliocène en Bretagne et Pays-de-la-Loire 104AB01 (F2B2)**. Les sables sont présents sur plusieurs bassins bretons (appelés aussi « sables grossiers rouges indurés "roussards" ») et sont exploités dans toutes les communes suivantes pour l'alimentation en eau potable : Mohon, Radenac (Morbihan) et Argentré-du-Plessis, Lassy, Theil-de-Bretagne, Pipriac (Le Meneu), Rannée La Guerche-de-Bretagne, Retiers, St-Malo-de-Phily, St-Séglien (Ille-et-Vilaine). En effet, la perméabilité de ces terrains est beaucoup plus importante que les formations de socle (selon les références bibliographiques : perméabilité variant de $4 \cdot 10^{-4}$ à $2,5 \cdot 10^{-3}$ m/s). Leur épaisseur est très variable : de l'ordre de quelques mètres à plus d'une dizaine de mètres.

4.7.7 Grand domaine hydrogéologique formations sableuses du littoral et dépôts holocènes du Quaternaire en Loire-Atlantique et Vendée (101)

4.7.7.1 Dépôts holocènes en Pays de la Loire et en Poitou-Charentes, 101AA (F2A)

La Brière, le Marais Breton et le Marais Poitevin sont occupés par des alluvions marines holocènes, localement appelé *bri* ou terre de marais, composé de deux formations : une couche superficielle de vase gris-noir, riche en matière organique, est superposée à une vase verdâtre, grasse au toucher, reposant sur le socle cristallin (Brière, Marais Breton), sur le calcaire lutétien (Marais Breton) ou sur des formations jurassiques (Marais Poitevin) par l'intermédiaire d'une mince couche sableuse (sauf dans les anciens chenaux, où elle est plus épaisse). Les vases comprennent des intercalations centimétriques d'argile ou des lits sableux : ces litages alternés témoignent d'une sédimentation irrégulière et saccadée, formée sur des sliques et des schorres successifs, peu avant la fin de la remontée flandrienne. Il est par ailleurs mentionné dans la notice de la carte géologique de Challans l'existence d'une très faible nappe d'eau douce ayant alimenté, quoique de façon précaire, les habitations du secteur avant l'installation du réseau AEP. Les vases jouent un rôle hydrogéologique notable puisqu'elles rendent semi-captifs les aquifères sous-jacents (lorsqu'ils existent), et c'est la raison pour laquelle le *bri* les alluvions marines holocènes ont été regroupés dans l'**unité semi-perméable des Vases flandriennes de Loire-Atlantique et Vendée 101AA03 F2A2** (et pas dans l'entité complémentaire des alluvions). Les alluvions fluvio-lacustres du Lac de Grand-Lieu qui rendent les calcaires gréseux lutétiens sous-jacents captifs ont été intégrés à cette entité hydrogéologique.

Enfin, les sables dunaires holocènes du cordon littoral renferment en surface une nappe d'eau douce exploitée par des puits particuliers (**Sables dunaires en Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne, 101AA01 (F2A1))**). La productivité de cette nappe est faible et sa surexploitation peut entraîner localement une augmentation de la salure par la remontée des eaux saumâtres existant à la base de l'aquifère.

5 Limites des entités

5.1 LIMITES HYDRAULIQUES

Les limites latérales entre une entité et ses voisines sont représentées uniquement pour les polygones d'ordre 1 du niveau local (NV3). Elles sont caractérisées par un attribut associé aux arcs qui les composent.

Les limites entre entités (polylignes) sont extraites automatiquement par le modèle de gestion du référentiel et intégrées dans la géodatabase du référentiel (couche polylignes).

Comme pour la caractérisation des entités, et pour les mêmes raisons, les limites sont qualifiées uniquement au niveau 3.

Les différents types de limites prévus par le guide méthodologique de 2003 sont présentés par l'illustration 31.

5.2 NATURE DES CONTACTS ENTRE ENTITES

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

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

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

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

Par ailleurs, à une nature de contact, il est possible dans certains cas de rattacher un type de limite (exemples fournis dans le tableau de l'illustration 32).

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

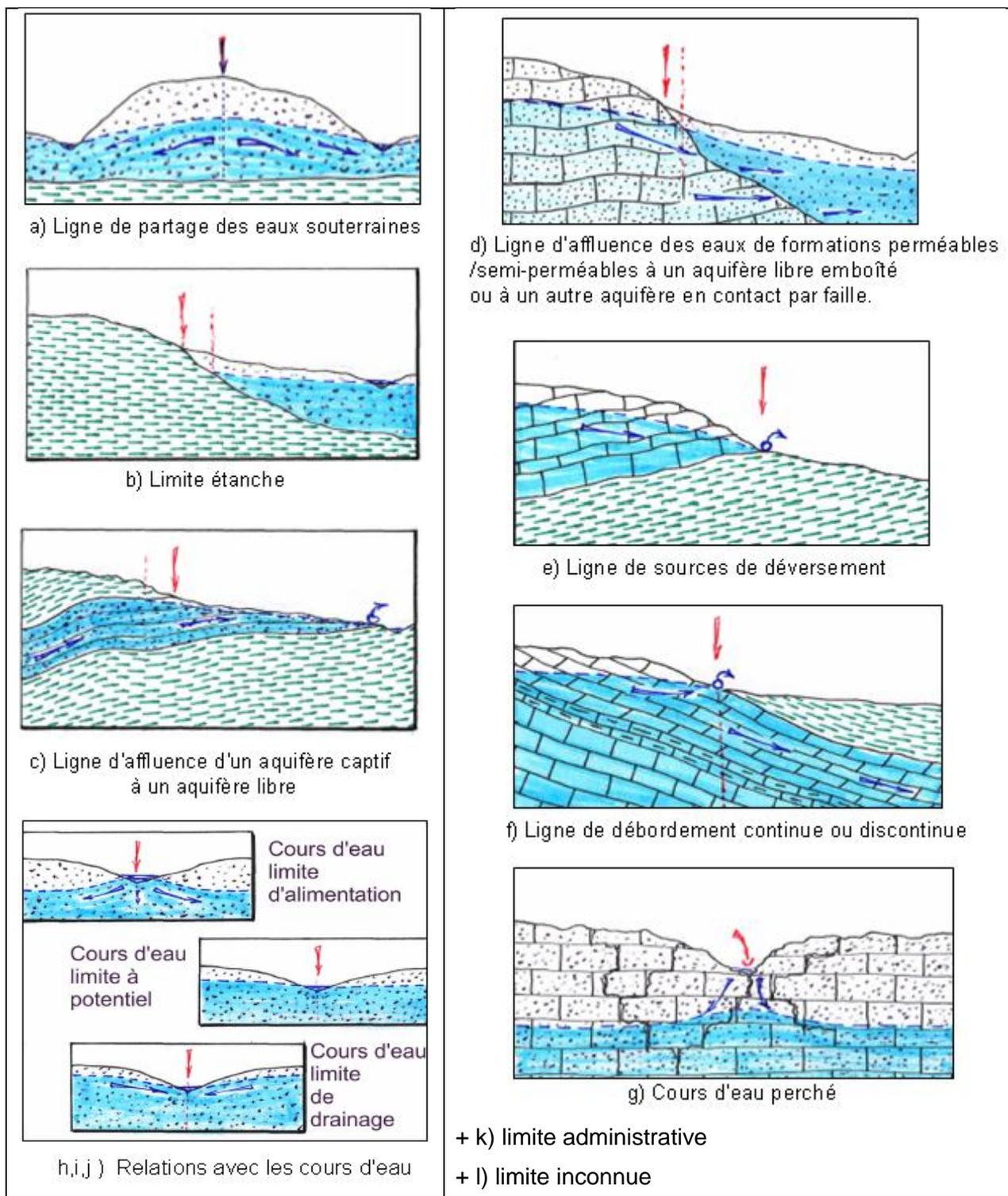


Illustration 31 - Types de limites possibles entre entités.

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

Illustration 32 - Correspondances entre nature des contacts et limites hydrauliques.

6 Outil de construction du référentiel

L'assemblage des entités, après numérisation des contours, a été réalisé à l'aide d'un outil développé sous ArcGis et appelé « **modèle de construction du référentiel** ». Ce modèle contrôle aussi la cohérence topologique de l'assemblage 3D et détecte les anomalies.

Tous les assemblages régionaux ont été traités avec ce modèle de construction. Après traitements, une géodatabase est construite avec un « menu utilisateur » facilitant la visualisation des contours des entités aux différents niveaux du référentiel, la visualisation des différents ordres relatifs et permettant un contrôle supplémentaire du découpage réalisé.

6.1 GÉODATABASE

Il s'agit d'une géodatabase ArcGis (version 9.31). Elle contient la table des polygones représentant les « **Entités principales** » et la table des polygones représentant les limites des entités d'ordre 1 (pour les entités NV3 uniquement).

Ces deux tables (**RHF_Polygones_relatifs** et **RHF_Limites**) sont rangées dans un « jeu de classes d'entités » (dans le langage ArcGis) appelé « **GEOMETRIE** » (illustration 33).

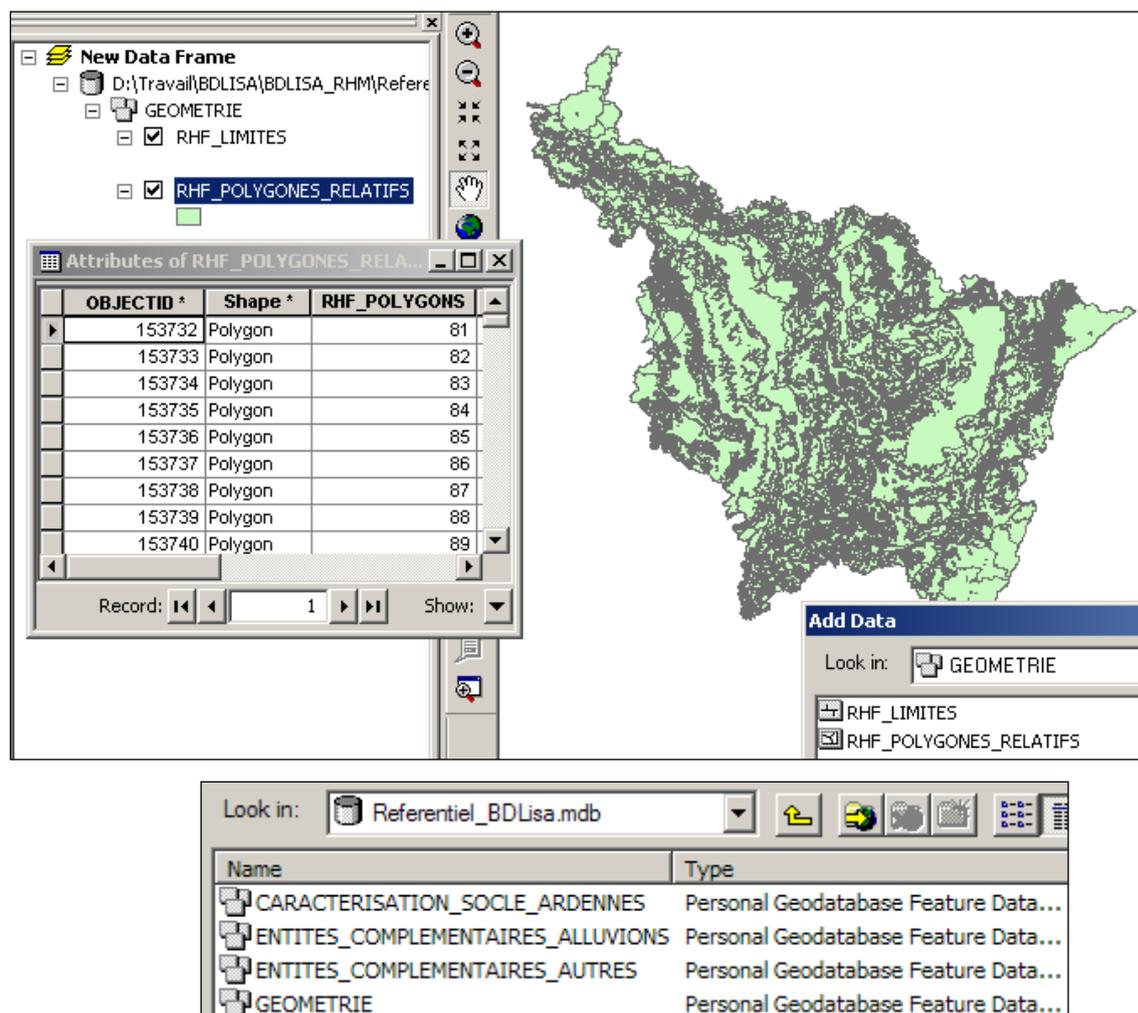


Illustration 33 - Accès à la géodatabase du référentiel par ArcMap.

Outre les « Entités principales », la géodatabase comprend :

- les « **Entités complémentaires** » (partie inférieure de l'illustration 33) scindées en deux classes, pour séparer les systèmes alluvionnaires des autres « entités complémentaires » (disjointes, morcelées et/ou locales) ;
 - la caractérisation lithologique des entités du socle des Ardennes.
- Elle contient aussi d'autres tables, sans géométrie associée (BDRHF_Table_Murs, BDRHF_Table_Toits, BDRHF_Table_Ordres,...illustration 34).

	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 34 - 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 35).

BDLISA
Version 1.0

Choix d'une entité pour un niveau d'analyse

Niveau local Niveau régional Niveau national

Entité: 119A01 Par son emprise Par ses limites

Fiche PDF Exporter

Niveau local

Représenter les formations du toit Représenter les formations du mur

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

Pour le niveau local représenter l'ordre de recouvrement: 1 OK

Affichage des limites affleurantes

Représenter les limites affleurantes du niveau courant Limites de niveau

Illustration 35 - Interface utilisateur de la géodatabase.

L'illustration 36 présente un exemple de sélection d'entité effectuée à partir du menu de l'illustration 35 ci-dessus (« Représenter l'entité par son emprise »).

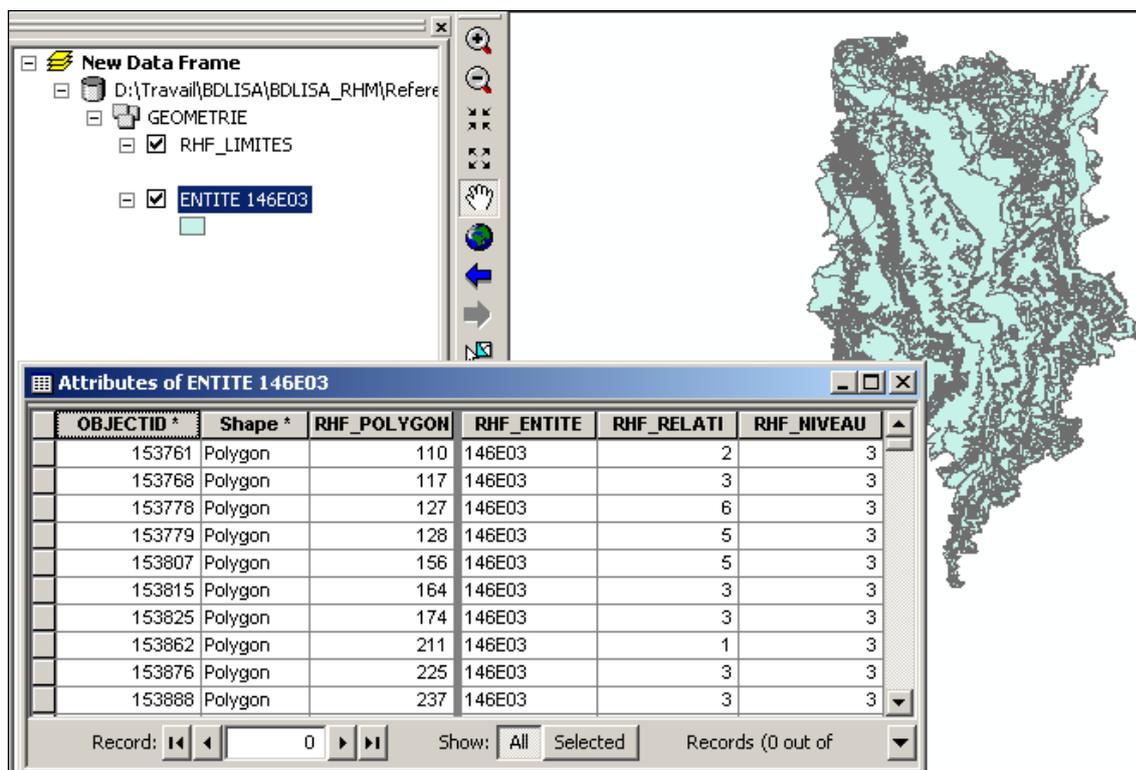


Illustration 36 - Exemple de sélection d'une entité de niveau 3 via le menu général.

La table attributaire correspondante contient le numéro d'ordre relatif de chaque polygone constitutif de l'entité, ce qui permet de représenter celle-ci en affectant une couleur à chaque numéro d'ordre et de connaître ainsi le nombre d'entités situées au-dessus d'elle, des affleurements jusqu'à sa limite d'extension en profondeur (illustration 37).

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



L'illustration 38 présente une vue des entités de niveau 3 et d'ordre 1 (une couleur est affectée à chaque entité).

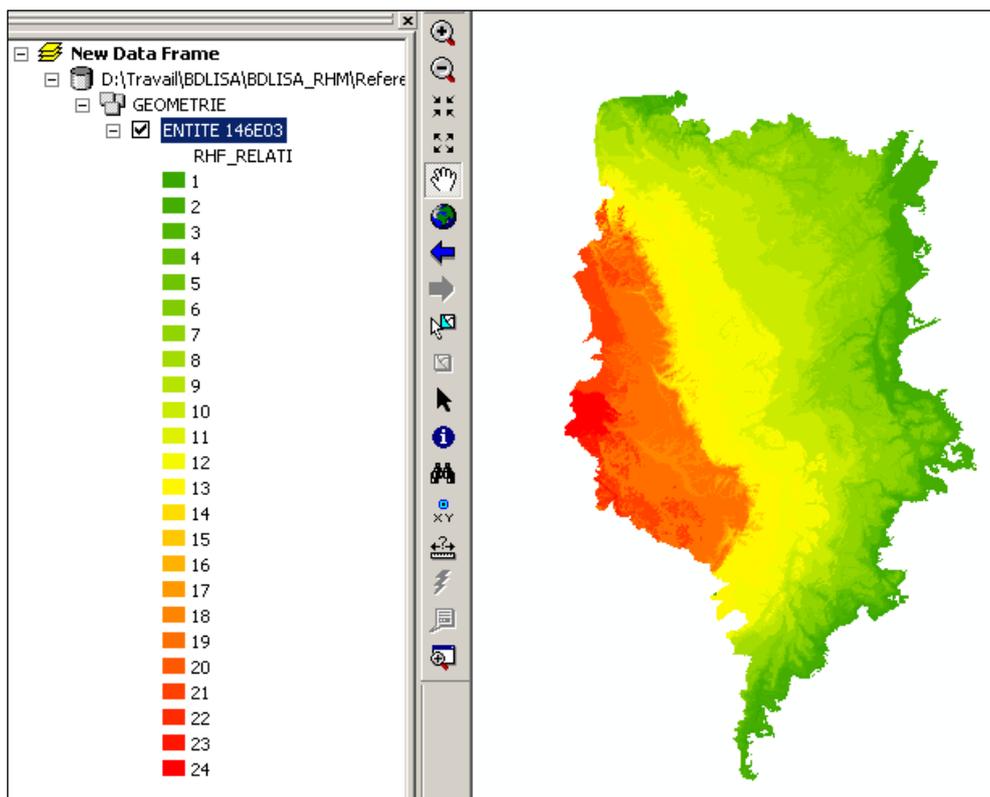


Illustration 37 - Cartographie d'une entité de niveau 3 avec ses ordres de recouvrement (ordres relatifs).

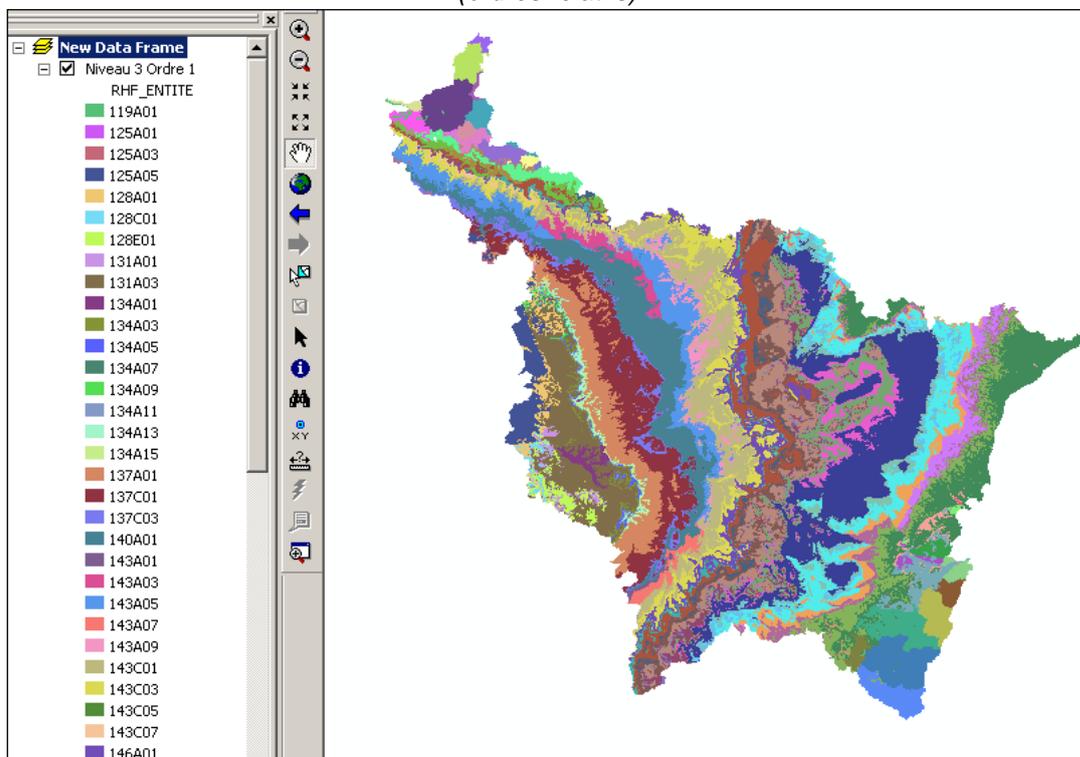


Illustration 38 - Exemple de sélection (entités de niveau 3 et d'ordre 1).

Limites et table de la nature des contacts

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

Cette table contient aussi la nature des contacts entre entités (illustration 40).

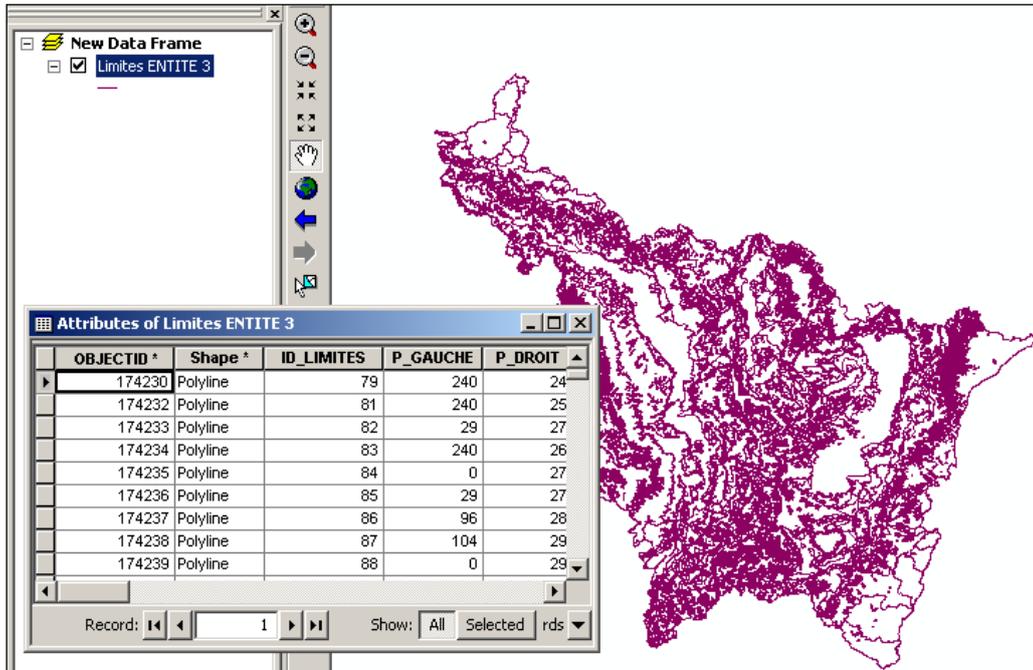


Illustration 39 - Tables des limites : identifiants des limites d'entités.

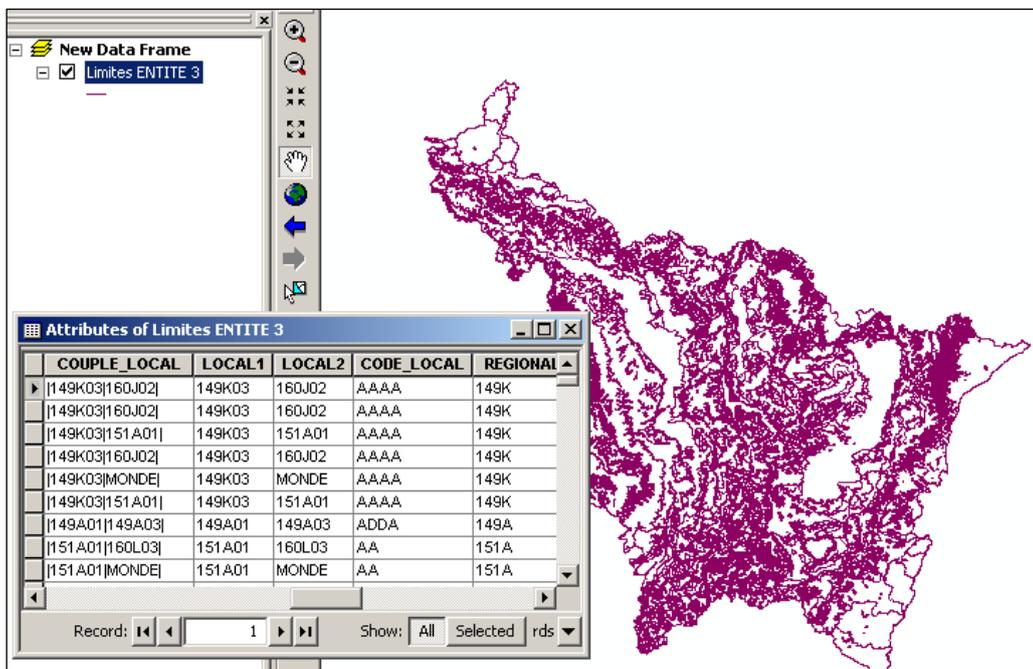


Illustration 40 - Table des limites : natures des contacts entre entités.

6.2 FICHES D'ANALYSE DES ENTITÉS

Le modèle de construction permet d'éditer automatiquement (illustration 41) pour chaque entité une fiche au format pdf permettant d'analyser les « relations » de l'entité avec ses voisines et de vérifier la cohérence de l'assemblage 3D effectué par le modèle de construction.

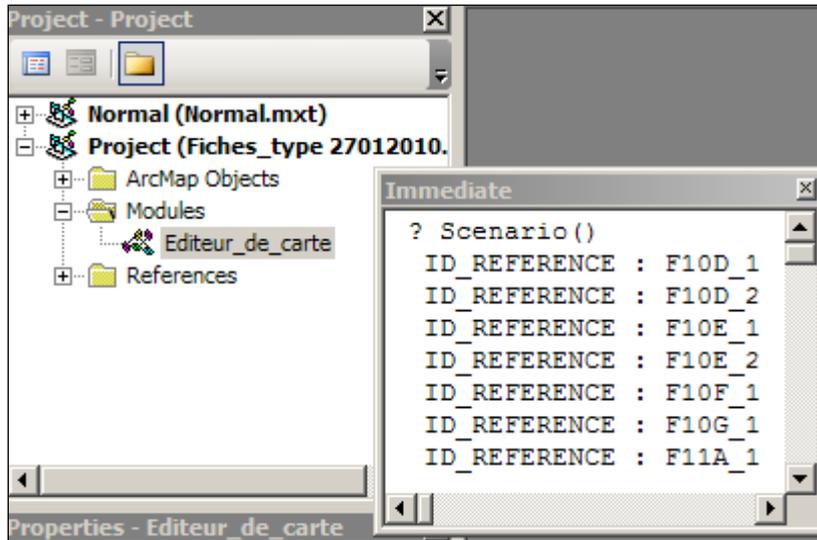


Illustration 41 - Éditeur de cartes du modèle de construction du référentiel.

Une fiche d'analyse est constituée de plusieurs blocs d'informations. Les illustrations 42 et 43 fournissent un exemple pour une entité de niveau 3 (« Calcaires à *Productylioceras*, Marnes à *Zeilleria* et Calcaires ocreux du Lias inférieur », du bassin Rhin-Meuse).

Sur la partie droite de la fiche (illustration 42), l'entité est représentée par une gamme de couleurs qui permet de la repérer verticalement dans la succession des couches qui la recouvrent, chaque couleur correspondant à un ordre de recouvrement.

La carte du haut de la fiche (illustration 43) représente l'emprise de l'entité de niveau 2 (et celle de niveau 1) à laquelle appartient l'entité de niveau 3

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

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

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

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

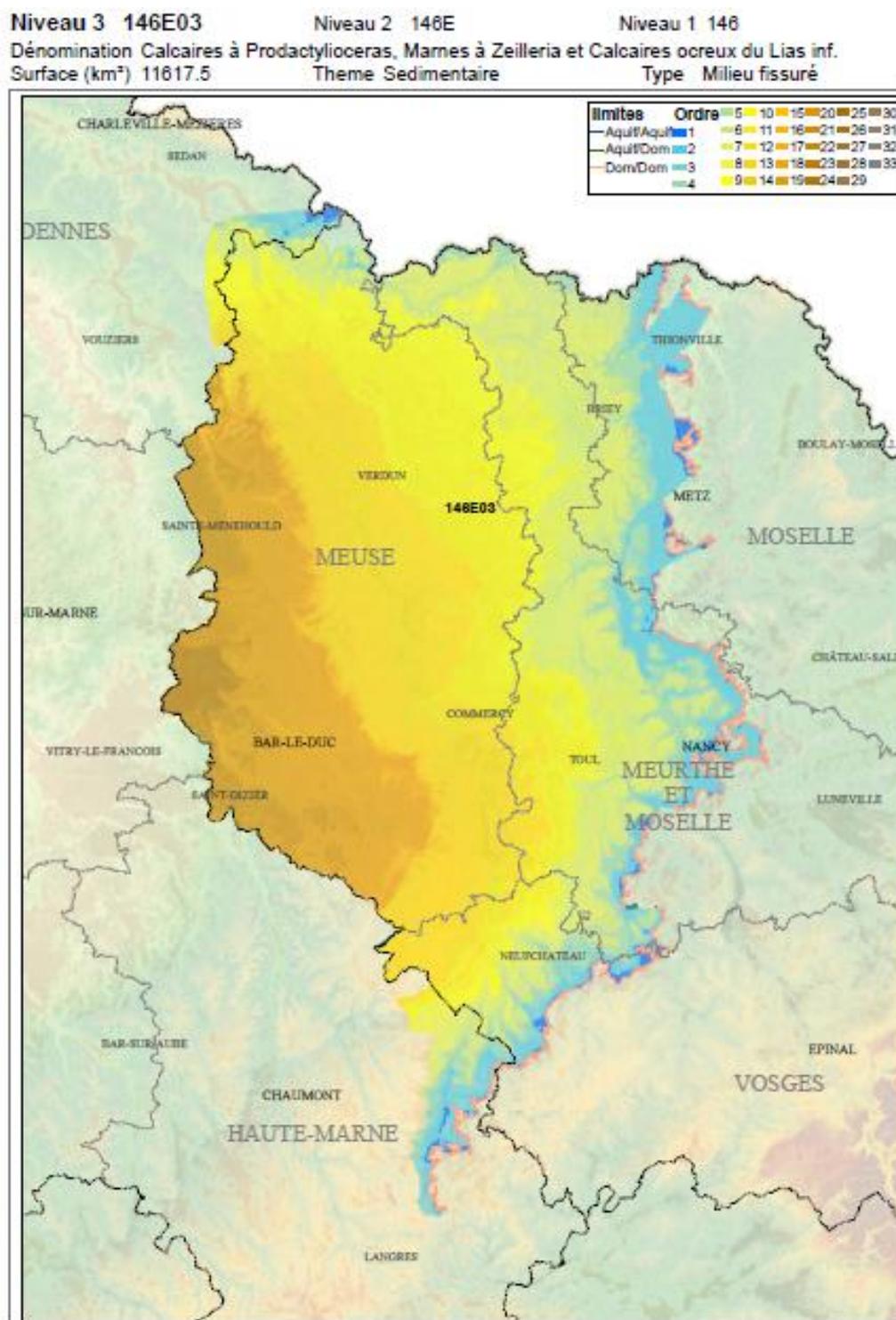


Illustration 42 - Exemple de fiche d'analyse d'une entité (partie gauche).

7 Conclusion

Ce rapport rend compte de la construction du référentiel hydrogéologique en Bretagne tout au long du projet. Le travail mené a permis de délimiter :

- **24 unités de niveau local (NV3) dans le domaine sédimentaire et 99 entités de socle,**
- **12 systèmes ou domaines du niveau régional (NV2) de type sédimentaire et 52 de type socle,**
- **24 grands systèmes ou grands domaines du niveau national (NV1) distinguant 6 entités sédimentaires et 19 entités de socle.**

A ces entités dites "principales" s'ajoutent des entités dites "complémentaires" constituant une entité complémentaire 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. Ont été rangées dans ce groupe :

- **les secteurs karstiques connus,**
- **les alluvions fluviales,**
- **les altérites de socle,**
- **les « pointements » de socle.**

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

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

Une harmonisation inter-régionale (régions du bassin Loire-Bretagne) et nationale a été réalisée suite à la première version de ce rapport, qui portait en particulier sur :

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

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

8 Bibliographie

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.

Baudouin V., Chrétien P., Mougin B., Rouxel E. (2010) avec la collaboration de Xu D. Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Années 3 et 4. Bassin Loire-Bretagne. Délimitation des entités hydrogéologiques en Bretagne (année 4) et en Pays-de-la-Loire dans les départements de Vendée, Loire-Atlantique et Mayenne (année 3). Rapport d'étape. BRGM/RP-58196-FR

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

Documents exploités pour l'identification et la délimitation des entités

Baudouin V., Mougin B., Rouxel E. (2009) – Référentiel Hydrogéologique Français BDRHF Version 2. Bassin Loire-Bretagne Année 2. Délimitation des entités hydrogéologiques en région Pays de Loire. Départements du Maine et Loire et de la Sarthe. Rapport d'étape. BRGM/RP-56954-FR.

Béchennec F. (2007) – Carte géologique harmonisée du département de Loire-Atlantique. BRGM/RP-55703-FR.

Béchennec F. (2009) – Carte géologique harmonisée du département de Vendée. BRGM/RP-57473-FR.

Carn A. - Etude du gisement aquifère. Chapitre 3. In Contribution à l'étude hydrogéologique des volcanites du Trégor. Thèse : Sciences Naturelles. Soutenue le 24 Mai 1983 à Montpellier.

CEBTP (2005) – Recherche de cavités karstiques. Commune de Saffré. Diagnostic géotechnique.

Chevrel S., Limasset O. (1983) – L'eau dans le socle du Maine-et-Loire. Examen des résultats d'une centaine de forages récoltés au titre du Code Minier en 1983 – Note BRGM SGR/PAL 83-20.

Corbier P., Mardhel V. (2003) – Carte de vulnérabilité simplifiée des bassins versants de la région Pays de la Loire – Rapport final BRGM/RP-53106-FR.

Duermael G. (1997) – Ressources en eau profonde de qualité et dénitrification naturelle en Mayenne - Rapport BRGM R39643.

Durand S. (1959) – Le Tertiaire de Bretagne – Étude stratigraphique, sédimentologique et tectonique. Thèse de doctorat, Université de Rennes.

Estéoule-Choux J. (1967) – Contribution à l'étude des argiles du Massif Armoricaire – Argiles des altérations et argiles des bassins sédimentaires tertiaires. Thèse de doctorat, Université de Rennes.

Lemordant Y. (1996) – Synthèse hydrogéologique de l'aquifère infra-toarcien en région Poitou-Charentes. Rapport BRGM R38893.

Limasset O., Talbo H. (1971) – Ressources en eaux souterraines dans le Maine-et-Loire. Synthèse documentaire – Rapport BRGM 71 SGN 134 BPL

Mougin B., collaboration : Carn A., Jégou J-P. et Quéméner G. (2006) - SILURES Bretagne - Rapport d'avancement de l'année 4 - BRGM/RP-55001-FR

B. Mougin, D. Allier, R. Blanchin, A. Carn, N. Courtois, C. Gateau, E. Putot, collaboration J-P. Jégou, P. Lachassagne, P. Stollsteiner et R. Wyns (2008) - SILURES Bretagne - Rapport final - Année 5 - BRGM/RP-56457-FR

Rabu D., Chantraine J. et Béchenec F., 2001. Carte géologique du Massif Armoricaire à 1/ 250 000. BRGM

Roux J.-C. (sous la direction de, 2006) – Aquifères et eaux souterraines en France. BRGM éditions.

Rouxel E., Bichot F., Pinault J.-L. avec la collaboration de Lereculey A. (2007) Recherche d'indicateurs de gestion pour les eaux souterraines – Bassins vendéens au nord du Marais Poitevin. Rapport BRGM/RP-55505-FR.

Roy C. (1987) – Contribution à l'étude hydrogéologique de la plaine jurassique du Sud de la Vendée. Thèse de doctorat, Université de Nantes.

H. Talbo (1993) - Aptitudes des formations géologiques de Bretagne à l'installation d'un centre technique d'enfouissement – Rapport BRGM 93.04

H. Talbo (1995) - Schéma régional d'alimentation en eau potable – Nouvelles ressources en eau souterraine potentiellement mobilisables – Rapport BRGM R38264

Wyns R., Lacquement F., Corbier P. et Vairon J. (2002) - Cartographie de la réserve en eau souterraine du massif granitique de La Roche sur Yon (Vendée). BRGM/RP-51633-FR

Wyns, R., J. M. Baltassat, P. Lachassagne, A. Legchenko, J. Vairon and F. Mathieu, Application of Magnetic Resonance Soundings for groundwater reserves mapping in weathered basement rocks (Brittany, France), Bulletin de la Société Géologique de France t. 175 (1) (2004) 21-34.

Wyns R., Quesnel F., Lacquement F., Bourguine B., Mathieu F., Lebert F., Baltassat J.M., Bitri A., Mathon D. (2005) - Contrat de Plan Etat-Région Pays de la Loire - Projet de Recherche « Cartographie quantitative des propriétés du sol et du sous-sol » : Rapport final BRGM/RP-53676-FR

Notices des cartes géologiques au 1/50 000

Documents spécifiques aux bassins Cénozoïque de Bretagne

Archambault J. et Lamblin J-M. (BURGEAP) – 1971 – Ressources en eau des bassins tertiaires du bassin de la Vilaine – Rapport R.57 pour l'Agence financière du bassin Loire-Bretagne.

L. Brunel (1971) - Etude hydrogéologique du Bassin de Bruz-Chartres – Rapport BRGM 71 SGN 003 BPL

L. Brunel et J. Depagne (1973) - Etude hydrologique du Bassin Tertiaire de St Grégoire (Ille-et-Vilaine) – Rapport BRGM 73 SGN 213 BPL

L. Brunel et H. Talbo (1978) - Bassin tertiaire de Saint Aubin d'Aubigné (Ille-et-Vilaine) – Rapport BRGM 78 SGN 266 BPL

L. Brunel et H. Talbo (1978) - Bassin tertiaire de Médréac (Ille-et-Vilaine) – Rapport BRGM 78 SGN 267 BPL

L. Brunel et H. Talbo (1978) - Bassin tertiaire de Landujan (Ille-et-Vilaine) – Rapport BRGM 78 SGN 268 BPL

L. Brunel et H. Talbo (1978) - Bassin tertiaire de Mernel (Ille-et-Vilaine) – Rapport BRGM 78 SGN 269 BPL

L. Brunel et H. Etienne (1978) - Bassin tertiaire de la Gaumonnerie à Rannée - Exploitation du nouveau forage NEF 2 (354-7-68) – Rapport BRGM SGR/BRE 78-20

Estéoule-Choux J. (1967). Contribution à l'étude des argiles du Massif armoricain. Argiles d'altération et argiles sédimentaires tertiaires. Thèse, Rennes, 1967

S. Kuklan (1970) - Etude hydrogéologique des formations aquifères du bassin de Langon – Rapport BRGM 70 SGN 005 BPL

H. Talbo (1981) - Etude hydrogéologique du bassin tertiaire de Meneu. Commune de Pipriac – Rapport BRGM SGR/BRE 81-15

Thomas E. (1999) – Evolution cénozoïque d'un domaine de socle : le Massif Armoricain. Thèse d'Université, Rennes 1

Documents spécifiques des études hydrogéologiques de Bretagne où il y a eu des levers d'altérites

BRGM (1998) – Qualité des eaux en Bretagne – Ruissellement – Infiltration – Temps de réponse – Secteur Côtes d'Armor (bassin du Yar) - Rapport BRGM R 40412.

BRGM (2000) – Qualité des eaux en Bretagne – Ruissellement – Infiltration – Temps de réponse – Bassins versants : le Yar (Côtes d'Armor), l'Horn (Finistère), le Coët Dan (Morbihan) – Rapport BRGM RP-50262-FR

B. Mouglin, E. Thomas, R. Wyns, R. Blanchin et F. Mathieu (2003) - Comportement hydrodynamique des roches altérées de la surface sur le bassin versant de la rade de Brest (Finistère) - Rapport final - BRGM/RP-52656-FR

B. Mouglin, E. Thomas, R. Wyns, R. Blanchin et F. Mathieu (2004) - Qualité des eaux en Bretagne - Ruissellement - Infiltration - Temps de réponse - Bassins versants du Yar (22), de l'Horn (29), et du Coët Dan (56) - Rapport final - BRGM/RP-52731-FR

B. Mouglin, E. Thomas, F. Mathieu, R. Blanchin et R. Wyns (2005) - SILURES Bassins Versants - Dourduff (29), Oust (56), Yvel (56), Maudouve et Noë Sèche (22) Rapport final Année 2 - BRGM/RP-53742-FR

B. Mouglin, D. Allier, E. Putot, J-J. Seguin, J-M. Schroetter, R. Blanchin, collaboration : J-L. Izac, J-P. Jégou (2007) - Bassins versants bretons en contentieux européen : typologie et modélisation de l'évolution des concentrations en nitrates - Rapport d'avancement au 15 octobre - BRGM/RP-55842-FR

B. Mouglin, J-M. Baltassat, R. Blanchin, E. Putot, J-M. Schroetter et R. Wyns (2008) - SILURES Bassin versant Ille-et-Vilaine - Bassin du Nançon - Rapport final - Année 2 - BRGM/RP-56318-FR

Annexe 1 : Découpage des entités hydrogéologiques en domaine de socle – Notes méthodologiques

B. Mougin (BRGM – SGR Bretagne) et J.-J. Seguin (BRGM – EAU/ADM)

Annexe 1-1

Découpage des entités hydrogéologiques de socle sur les départements de la région Pays-de-la-Loire (Maine-et-Loire, Sarthe, Loire-Atlantique, Mayenne et Vendée)

1. DONNÉES DISPONIBLES

- BD Carthage (Base de Données sur la CARTographie THématique des AGENces de l'eau et du ministère de l'Environnement) sur le bassin Loire-Bretagne. Edition 2008, version du 22/07/2008, téléchargée le 04/09/2008 sur le site du Sandre
- BD Carthage sur le bassin Seine-Normandie. Même édition 2008
- Données disponibles : région, secteur, sous-secteur et zone hydrographique (contours), et cours d'eau (linéaire)
- Extraction de la Banque HYDRO des stations hydrométriques du bassin Loire-Bretagne (nom, numéro, coordonnées, VCN10(*), date début et fin, superficie contrôlée) au 27/10/2008 (Quang-Hung NGO DIREN Bassin Loire-Bretagne)
- Extraction de la Banque HYDRO des VCN10 des stations hydrométriques de Basse-Normandie (février 2009)
- Janvier 2009 fichier avec informations des gestionnaires (DDE de la Charente-Maritime, DDE de la Vienne, DIREN Basse-Normandie, DIREN Bretagne et DIREN Pays-de-Loire) sur la fiabilité des stations : validité de la mesure du débit, régime influencé ou pas, courbes de tarage, étiage (S. PINSON au Service EAU, BRGM)
- Cinq cartes géologiques harmonisées à 1/50 000 sur les départements : Maine-et-Loire (49), Sarthe (72), Loire-Atlantique (44), Vendée (85) et Mayenne (53)
- Notices des cartes géologiques au 1/50 000 couvrant ces départements
- Carte géologique synthétique au 1/250 000 (RABU D., CHANTRAINE J. et BECHENNEC F., 2001. Carte géologique du Massif Armoricaïn à 1/ 250 000. BRGM)
- Polygones des entités hydrogéologiques de la BDRHF V1

Les données de BD Carthage projetées en Lambert 93 (Systèmes Français RGF93 - Méridien de Greenwich / France Lambert-93) ont été converties en Lambert II étendu (Systèmes Français - Méridien de Paris / Lambert II Carto - Paris).

On rappelle ci-dessous la définition des termes utilisés pour identifier les entités de NV2 :

- (*) **VCN10** : moyenne des débits les plus bas de l'année sur une période de dix jours consécutifs (méthode de calcul : ajustement à une loi de GALTON et utilisation du VCN10 moyen sur la période de mesure),
- **QES** : débit d'étiage spécifique, égal au rapport « VCN10 / superficie du bassin versant considéré », exprimé en l/s/km²

2. ENTITÉS NV1 DU SOCLE

Les grands bassins hydrologiques (secteur hydrographique) de BD Carthage Loire-Bretagne et Seine-Normandie :

- bassin côtier de l'embouchure de la Seine (exclu) à la limite du bassin Loire Bretagne : I8 et I9 ;
- bassins de la Bretagne : J0, J7 et J9 ;
- la Loire de la Vienne (c) à la Maine (nc)⁶ : L8 et L9 ;
- la Loire de la Maine (c) à la mer : M0 à M8 ;
- bassins côtiers au Sud de la Loire : N0 à N8 ;
- et îles marines : Z5 ;

ont été sélectionnés. Les îles d'Yeu et de Noirmoutier ont été rattachées au bassin le plus proche (Z5 à N0). Des regroupements de grands bassins ont été effectués selon des critères de continuité des cours d'eau (Sarthe : M0-2-4, Vilaine : J7-9 et Loire : L8-9+M5-6-8), selon des critères de superficie (N0-1-2, et N4-5-6-7-8) et de confluence (I8-9). Les soucis de jointure entre BD Carthage du bassin LB et celui du bassin SN ont été gérés.

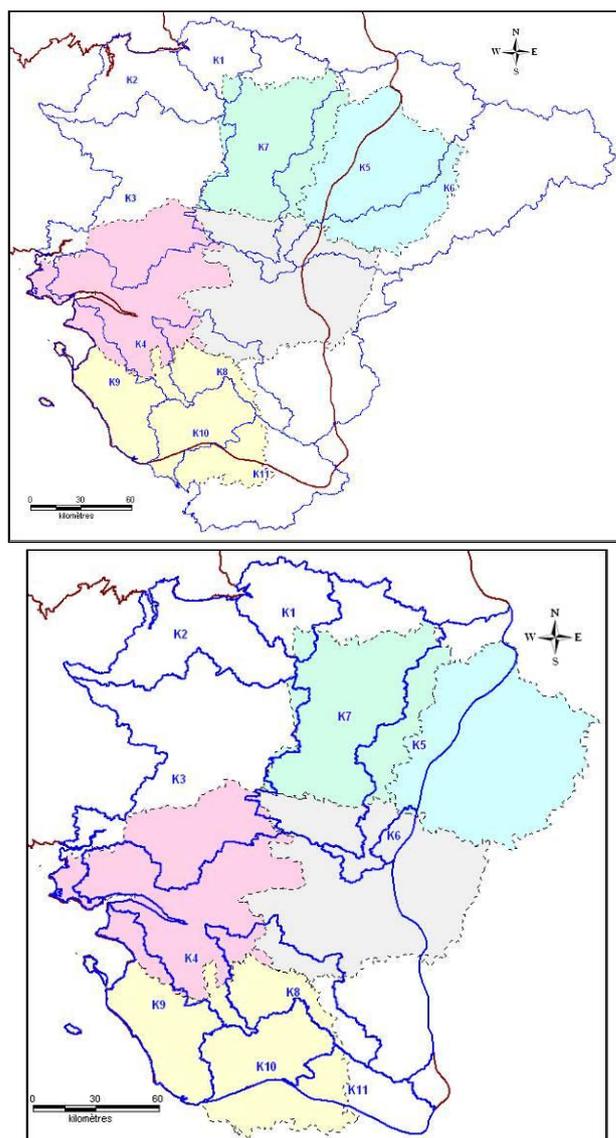
Les 11 entités NV1 de socle ainsi obtenues ont été codifiées et renseignées dans le tableau multi-échelles.

Avant découpage avec la limite du domaine sédimentaire, la superficie des entités de niveau 1 varie de 1 579 à 12 090 km² (superficie de 282 à 8 993 km², après découpage grossier⁷ avec la limite du domaine sédimentaire ; cf. illustration A1).

Les illustrations A2 et A3 montrent que le toit du socle s'enfonce sous les formations sédimentaires (pente d'environ 1 % en Maine-et-Loire et environ 10 % en Vendée). En Maine-et-Loire, la limite Est des entités NV1 à proximité du sédimentaire dépasse de 5 à 10 km le contact socle-sédimentaire à l'affleurement. En Vendée, comme la pente est plus élevée, la limite Sud des entités NV1 dépasse de 2 à 6 km le contact.

⁶ nc = non compris et c = compris (notations BD Carthage)

⁷ Découpage grossier : découpage le long d'une limite socle/sédimentaire digitalisée à partir de la carte géologique à 1/250 000.



*Illustration A1 - Entités de socle de niveau NV1 (région Pays-de-la-Loire) -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).
(avant et après découpage grossier avec la limite des formations sédimentaires)*

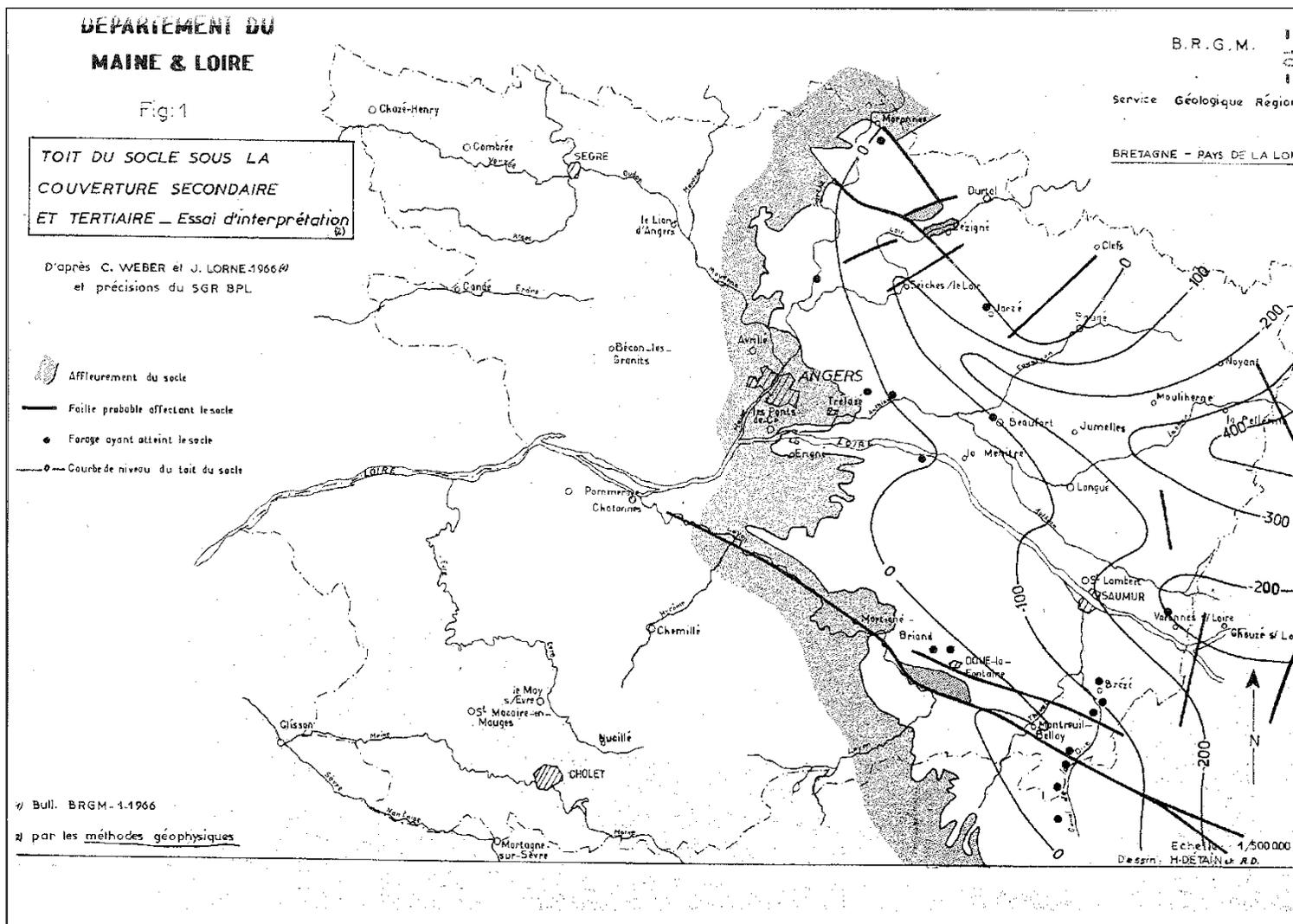


Illustration A2 - Toit du socle sous la couverture sédimentaire (département Maine-et-Loire)

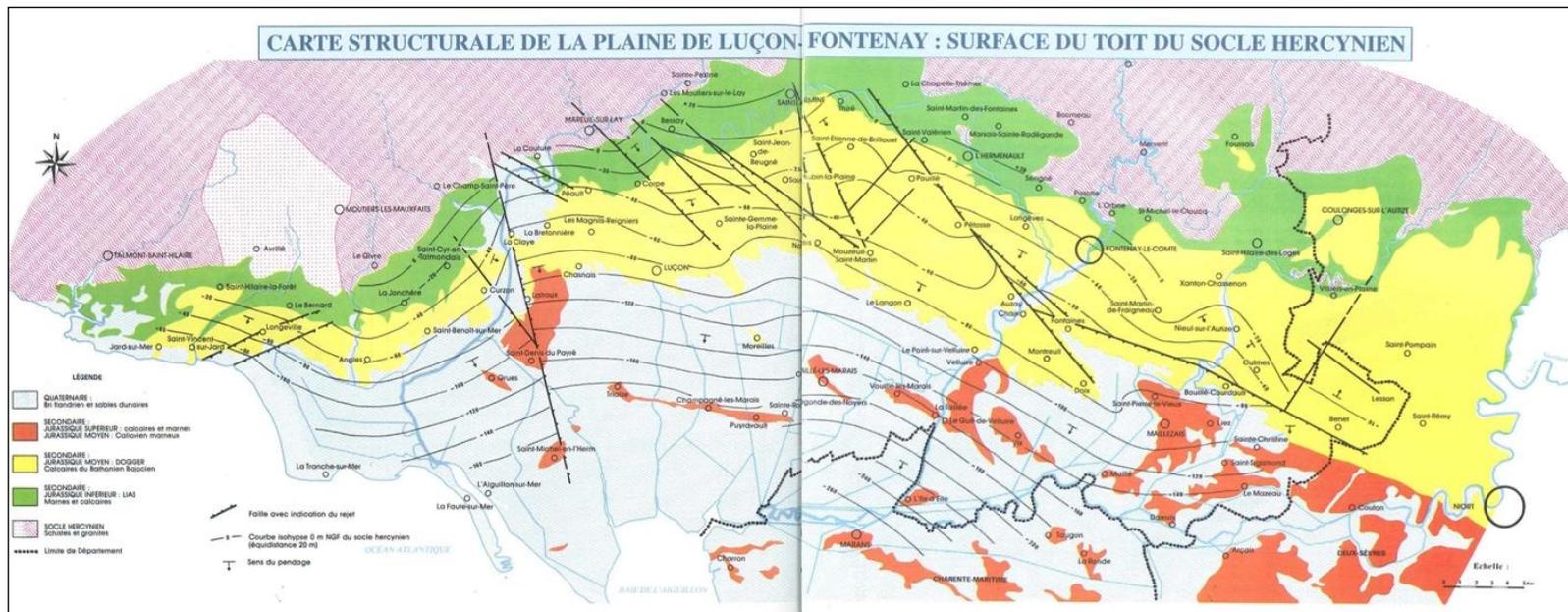


Illustration A3 - Toit du socle sous la couverture sédimentaire (département Vendée)

3. ENTITÉS NV2 DU SOCLE

3.1. Définition de bassins NV2 avec BD Carthage

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

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

En cas de superficie de bassins versants excédant 200 km², certains affluents des principaux cours d'eau ont été séparés en utilisant les zones hydrographiques BD Carthage (exemples : de l'Ernée pour la Mayenne (entité K7H avant assemblage), et de la Sanguèze pour la Sèvre Nantaise (entité K8E avant assemblage)).

Certaines zones hydrographiques ont dû faire l'objet de corrections par digitalisation des contours des bassins versants au niveau des exutoires des affluents (exemples : du Vicoin et de la Colmont pour la Mayenne (entités K7G-K7J avant assemblage), et du Don pour la Vilaine (entité K3I avant assemblage)).

71 bassins NV2 de socle ont ainsi été obtenus, dont 12 qui sont situés en dehors de Pays-de-la-Loire (superficie des 59 entités régionales de 87 à 2 402 km², après découpage grossier avec le sédimentaire).

3.2. Prise en compte des débits spécifiques

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

Deux colonnes ont été ajoutées au tableau de codification (QES, station) pour renseigner les valeurs du débit d'étiage spécifique et du numéro de la station qui permet ce calcul.

Pour ce traitement, les stations hydrométriques sélectionnées sont celles situées le plus à l'aval des cours d'eau, avec (dans la mesure du possible) au moins 10 années de mesures (cf. illustration A4), et avec une bonne fiabilité à l'étiage (information fournie par les gestionnaires via la Banque HYDRO : renseignements dans « régime influencé » et « qualité globale des mesures » de la « fiche station »).

La fiabilité des stations du bassin Loire-Bretagne a également été demandée aux gestionnaires, de septembre à novembre 2008, dans le cadre d'une étude sur les relations nappe-rivière, réalisée par le Service EAU du BRGM pour le compte de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne. Les informations des gestionnaires suivants ont été utilisées : DDE de la Charente-Maritime et de la Vienne, et DIREN Pays-de-Loire.

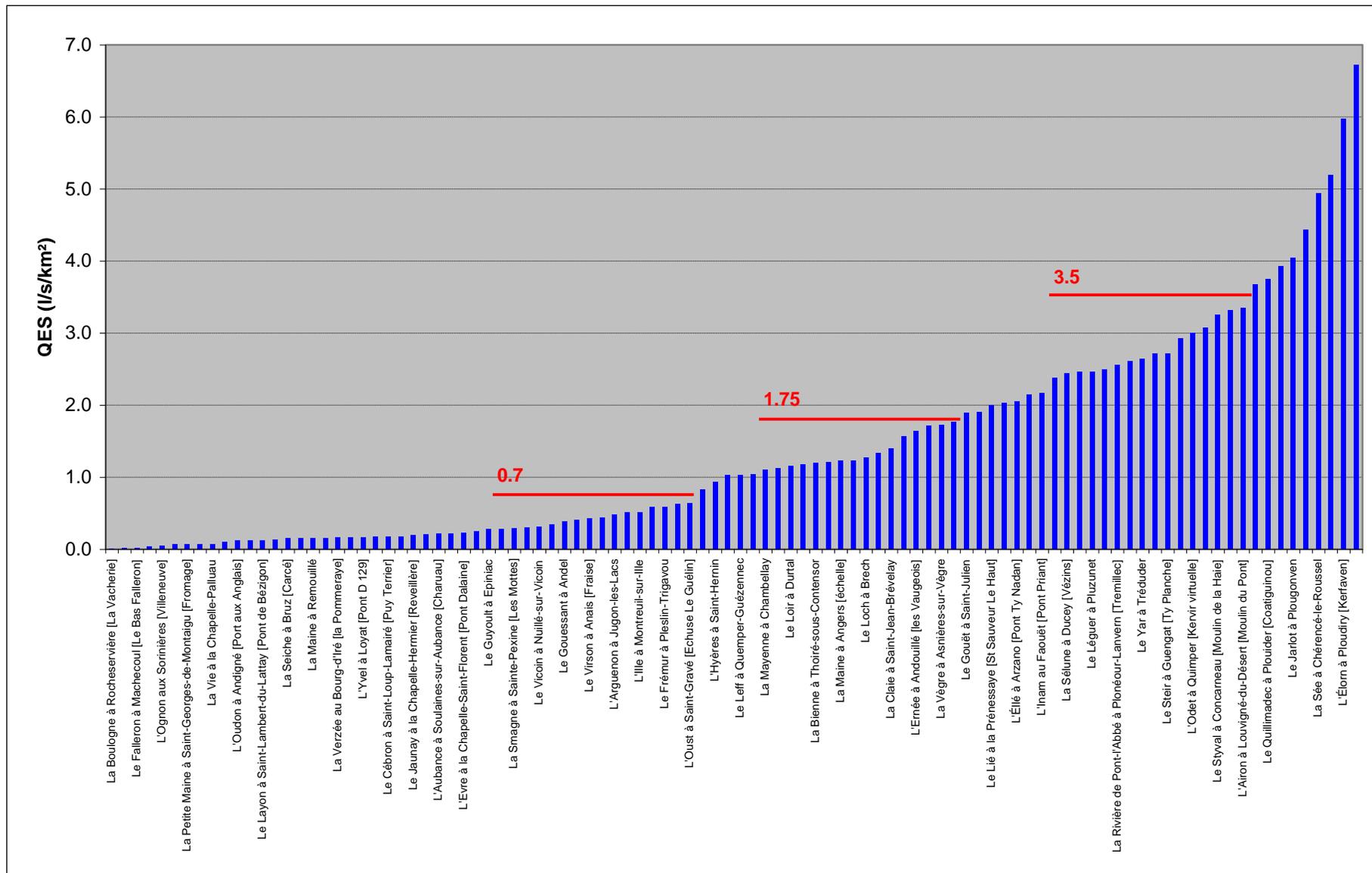


Illustration A5 - Classement de 100 bassins en fonction du QES (Bretagne et Pays-de-la-Loire)

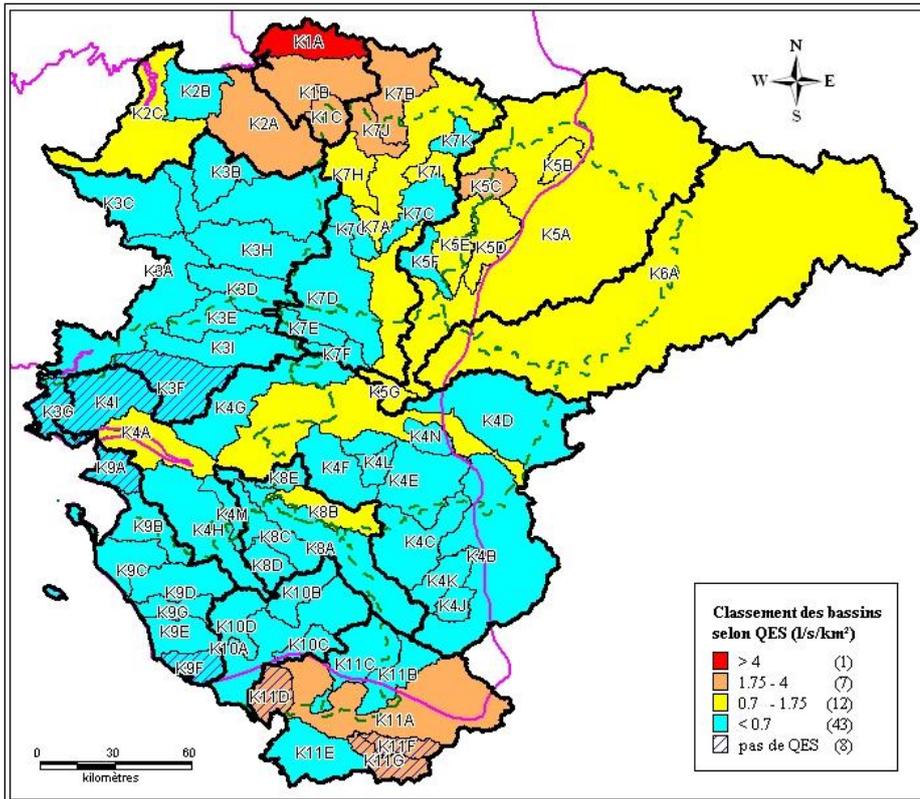


Illustration A6 - Classement des entités selon les valeurs de QES -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).
(71 entités NV2 avant assemblage)

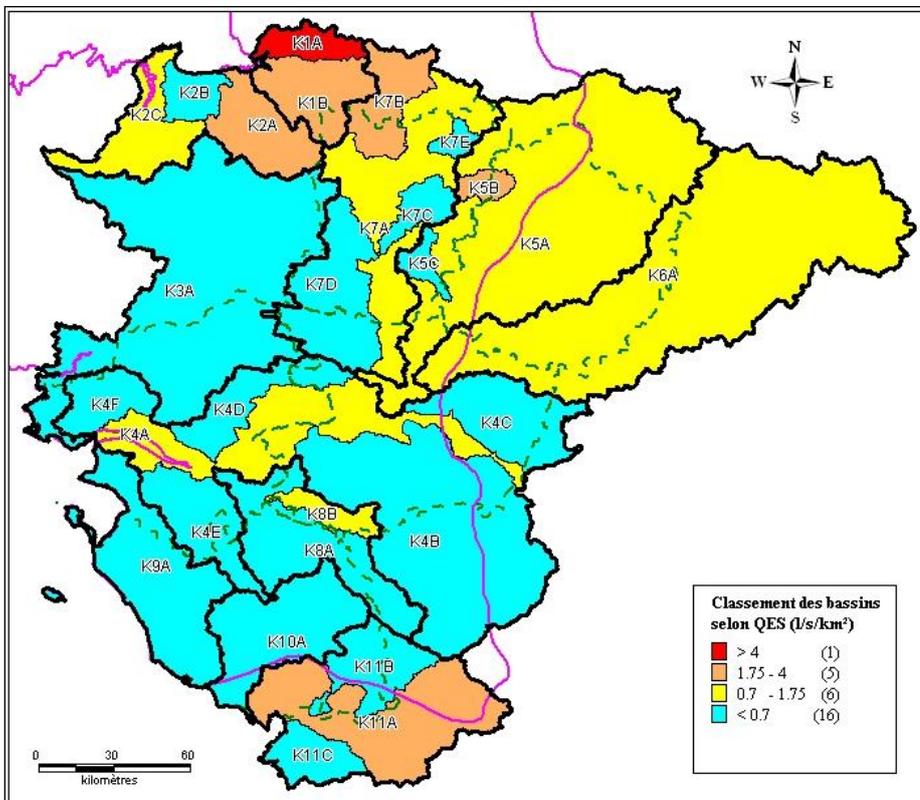


Illustration A7 - Classement des entités selon les valeurs de QES -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).
(28 entités NV2 après assemblage)

En intégrant les résultats des bassins de Bretagne (63 bassins Pays-de-la-Loire+37 bassins Bretagne, cf. illustration A5), **les bassins ont ainsi été classés selon 4 classes de QES** (<0.7 , ($\leq 0.7-1.75$), ($\leq 1.75-3.5$), ≥ 3.5 l/s/km²).

Les bassins contigus (avec limite géographique en commun) se situant dans la même classe et dans le même bassin NV1 ont été rassemblés. Les 8 bassins NV2 sans QES ont été associés à l'une de ces classes par similitude avec un bassin voisin comportant des caractéristiques proches (pluviométrie moyenne annuelle, granites, schistes, formations métamorphiques). Ils ont donc également été rassemblés.

27 entités NV2 de socle ont ainsi été obtenues, dont 4 qui sont situés en dehors des Pays-de-la-Loire et 1 qui borde légèrement la région (superficie des 23 entités régionales de 87 à 7 193 km², après découpage grossier avec la limite du domaine sédimentaire). Ces entités ont été codifiées et les colonnes « QES » et « station » ont été renseignées. Le tableau multi-échelles a également été complété.

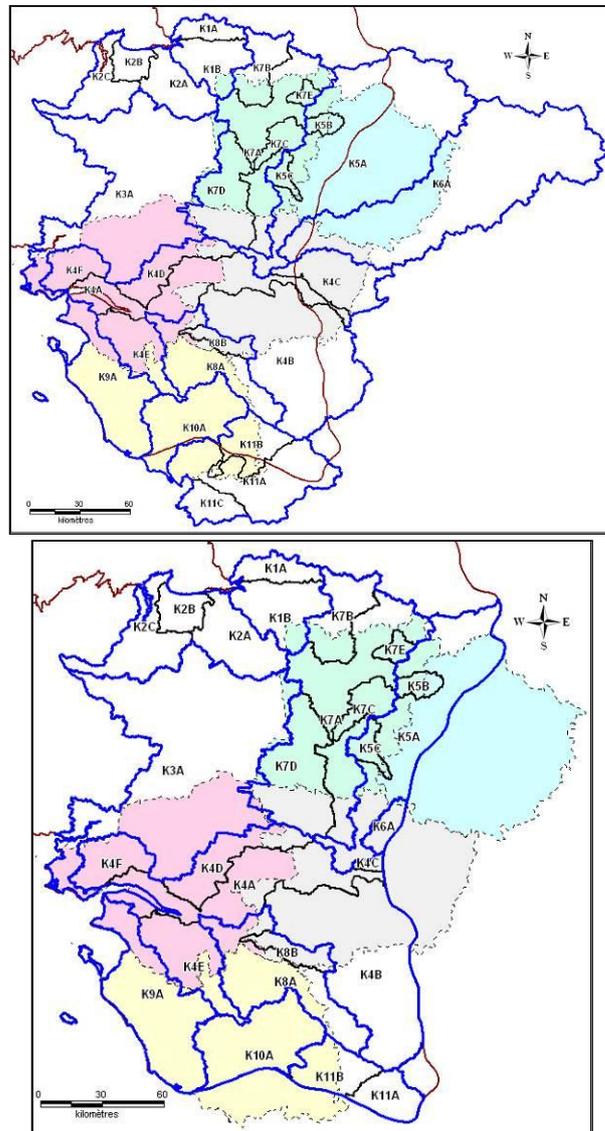


Illustration A8 - Entités de socle de niveau NV2 (région Pays-de-la-Loire) -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).
(avant et après découpage grossier avec la limite des formations sédimentaires)

4. ENTITÉS NV3 DU SOCLE

4.1. Découpage des entités NV3

Les entités NV3 correspondent aux sous-secteurs hydrographiques de la BD Carthage (sous-bassins hydrologiques) inclus dans les entités NV2.

Certains sous-secteurs ont été regroupés selon des critères de superficie (exemple : la Vaudelle et l'Orthe, entité NV2 K5B) et de continuité des cours d'eau (exemples : Sèvre Nantaise et Niortaise, Loir, Loire, Mayenne, Sarthe, Vendée, Lay...). On rappelle que certaines entités NV2 ont été constituées en séparant certains affluents des principaux cours d'eau en utilisant les zones hydrographiques de la BD Carthage (exemples : de l'Aisne pour la Mayenne (entité NV2 K7E), et de la Vaige pour la Sarthe (entité NV2 K5C)). Pour ces entités élémentaires, les entités NV3 et NV2 sont identiques.

49 entités NV3 de socle ont été obtenues (cf. illustration A9), dont 7 qui sont situés en dehors des Pays-de-la-Loire et 1 qui borde légèrement la région (superficie des 42 entités régionales de 87 à 3 930 km², après découpage grossier avec la limite du domaine sédimentaire). Ces entités ont été codifiées et le tableau multi-échelles a été complété.

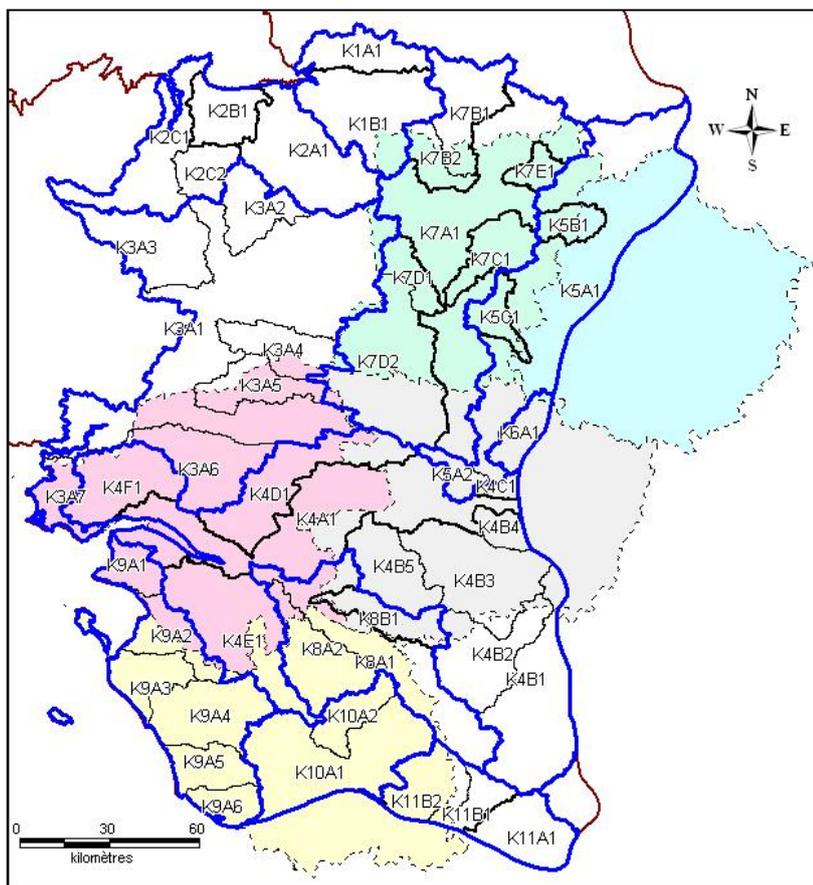


Illustration A9 - Entités de socle de niveau NV3 (région Pays-de-la-Loire) -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).

Sur cette figure, c'est l'ancienne codification qui apparaît (ex: K13E1) le lien avec la codification nationale se fait comme suit: KxEy est remplacé par 250xE0y si x<9 et pour x >9, KxEy est remplacé par 260xE0y par exemple (on ajoute x à 250):

K5A2 devient 255A02 et K11B11 devient 261B01

4.2. Caractérisation de la géologie et de la nature des entités NV3

Le niveau NV3 est ensuite renseigné en prenant en compte les différentes formations géologiques et leurs potentialités aquifères.

La caractérisation des entités au niveau NV3 a nécessité 4 étapes de traitement détaillées ci-dessous.

4.2.1. Préparation des contours géologiques au 1/50 000

Les cartes géologiques harmonisées des 5 départements de Pays-de-la-Loire (contours précis à l'échelle du 1/50 000) et les notices des cartes géologiques au 1/50 000 ont été prises en compte.

Dans chaque carte harmonisée, tous les contours des formations de socle ont été sélectionnés (formations de socle : CODE>94 pour la Loire-Atlantique, CODE≥130 pour la Mayenne et CODE≥100 pour la Vendée ; altérites : CODE=60 à 64 pour le 44, CODE=38-607-608 pour le 53 et CODE=32 à 34 pour le 85). Les contours alluviaux et sédimentaires ne sont pas traités.

Avec les entités de niveau NV3, un recouvrement peut exister : quand elles existent, les altérites sont situées au-dessus de l'horizon fissuré des roches de socle (ces deux couches sont potentiellement aquifères). Comme ces altérites n'ont été levées que sur certaines cartes géologiques et sur la base de connaissances anciennes hétérogènes (cf. illustration A10), ces formations ne peuvent faire l'objet d'un traitement abouti au niveau NV3.

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

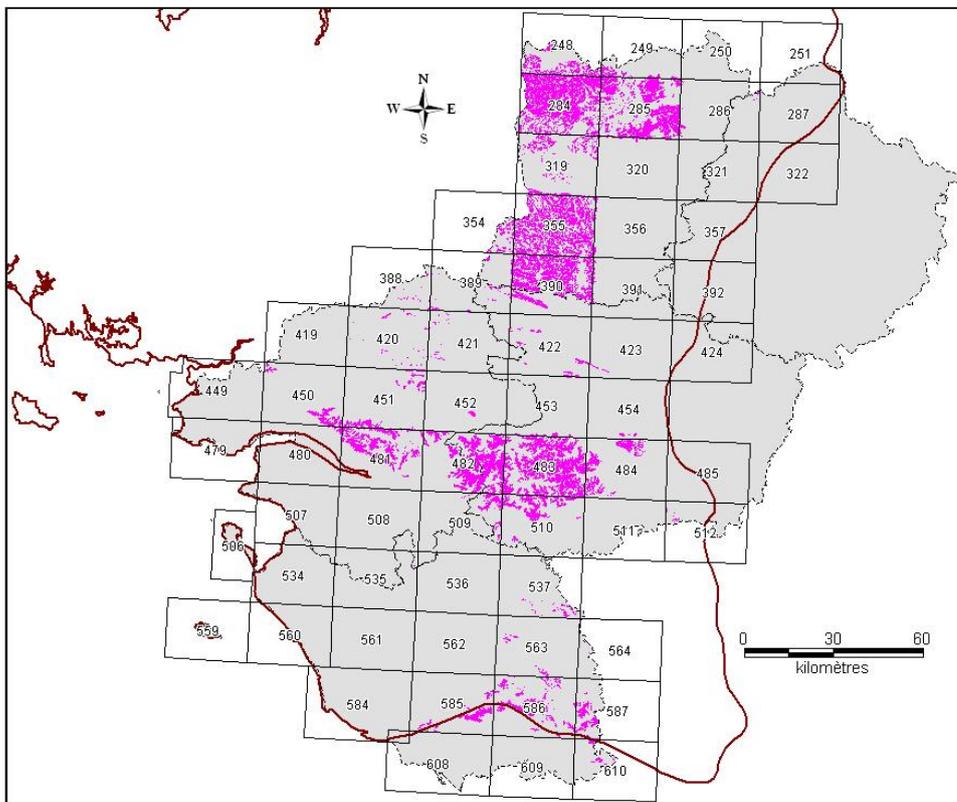


Illustration A10 - Cartographie des altérites sur les départements de la région Pays-de-la-Loire

4.2.2. Utilisation de la carte géologique synthétique au 1/250 000 et caractérisation de la nature aquifère des formations géologiques

143 formations géologiques de socle distinguées sur les départements 44-49-53-72-85 ont été sélectionnées.

Ces formations géologiques (champ FORMATION_MASSIF_SERIE) appartiennent à 43 ensembles lithostratigraphiques et tectono-métamorphiques, appelés « Unités ou Batholites » (champ UNITE_BATHOLITE). Ces ensembles sont situés dans 7 segments de croûte terrestre, appelés « Domaines » (champ DOMAINE), qui ont suivi des évolutions paléogéographique et paléotectonique communes. Cet assemblage est visible dans le tableau ci-après.

Au niveau de la délimitation des contours géologiques qui permettent de caractériser les entités NV3, les Unités ou Batholites seront considérées comme les entités de base.

Les forages de la Banque du Sous-Sol (BSS) implantés sur la région Pays-de-la-Loire en zone de socle et renseignés par le débit instantané obtenu en fin de foration (4 136 forages) ont été extraits. Ces forages ont été superposés sur les 143 formations géologiques de socle de la carte au 1/250 000.

52 formations ont une superficie suffisante pour être renseignées par au moins 20 forages (3 292 forages sont utilisés).

A l'aide des informations des forages (profondeur et débit instantané de l'ouvrage), des statistiques simples sont établies et chaque formation est caractérisée par :

- le pourcentage de forages ayant fourni un débit instantané au moins égal à 10 m³/h (critère considéré comme une image des probabilités de succès),
- débit moyen du quartile supérieur, ou moyenne des débits des 25 % « meilleurs forages » (paramètre représentatif de la perméabilité des axes de drainage souterrain),
- un indice global défini par le produit des deux paramètres précédents,
- et un indice de productivité défini par le rapport : débit moyen des forages sur profondeur moyenne des forages (débit instantané moyen par mètre foré).

L'indice global est fréquemment utilisé pour déterminer l'intérêt hydrogéologique des formations de socle (cf. par exemple le rapport BRGM/RP-55001-FR).

Sur 14 formations d'extension interrégionale (régions Pays-de-la-Loire et Bretagne), les statistiques ont été approfondies grâce à 2 144 forages bretons.

L'illustration A12 présente les résultats de ces statistiques pour chaque formation géologique rencontrée en région Pays-de-la-Loire.

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Loire-Bretagne. Délimitation des entités hydrogéologiques en Bretagne et en Pays-de-la-Loire

Domaines (DOMAINE)	Unités (UNITE BATHOLITE)	Formations (FORMATION MASSIF SERIE)	Codes carte harmonisée 44	Codes carte 85
Domaine cadomien normano-breton (St Malo-Fougères)	BATHOLITE MANCELLIEN UNITE DU MAINE	Massifs de Vire, Athis, Avranches, la Ferté-Macé		
		Formation de Sainte-Suzanne		
		Formation de May		
		Formation de Voutré		
		Formation des Ampérites		
		Formation des poudingues et arkoses		
		Formation des schistes et calcaires		
		Formation du Grès armoricain_MAINE		
		Formation du Pissot		
		Formation du Pont-de-Caen		
UNITE DE FOUGERES	CHAMP FILONIEN MANCELLIEN sans nom	Formations de Fougères et de Granville		
		Formations de Fougères et Granville		
		Champ mancellien		
		Massif d'Alençon		
		Massifs de Trégomar, Brée, Emée et Louzes		
		Formation d'Andouillé		
		Formation de l'Huissier		
		Formation de Laval		
		Formation de Saint-Germain-sur-Ille		
		Formation de Saint-Pierre-la-Cour		
Domaine varisque médio-armoricain oriental (Laval)	UNITE DE LAVAL	Formation des Calcaires de Laval		
		Formation des Calcaires de Sablé		
		Formation du Grès armoricain_LAVAL		
		Formations d'Andouillé et de Saint-Germain	ci-dessus Andouillé	
		Formations de Gahard, Saint-Cénére et Montquyon		
		Formations de la Lande-Murée et du Val		
		Formation de Saint-Germain-sur-Ille	(en double avec Unité Laval)	
		Formations de la Lande-Murée et du Val	(en double avec Unité Laval)	
		Groupe d'Eréac		
		Filons et stocks du Bassin de Laval		
Domaine varisque de Bretagne centrale (Rennes)	UNITE DE BRETAGNE CENTRALE UNITE DU SUD DE RENNES	Formation de la Mayenne	LITHOTEC	
		Formation de Pont-Réan	136-137-141-142	
		Formation de Riadan-Renazé	122-123-126	
		Formation de Traveusot	127-128	
		Formation du Grès armoricain_SUD_RENNES	130-132-133	
		Formations de la Chesnaie et de Poligné	113-115-116-117-118-119-120	
		Massifs du Perre et de Craon	hors 44	
		Champs d'Argentré et d'Origné	hors 44	
		Formation de la Pile et la Boserie	LITHOTEC	
		Formations d'Erbay, de Vern et d'Angers		
Domaine varisque ligéro-séan (Quimper-Angers)	UNITE DE SAINT-JULIEN DE VOUVANTES	Formations de Renac et de Bois-Neuf		
		Formation d'Abbaretz	???	
		Formation de Bains-sur-Oust	211-212-215-217	
		Formation du Grand Auverné	207-208-210	
		Formation du Houx	200-202	
		Formation de Redon	LITHOTEC	
		Formation de Saint-Perreux		
		Formation de Fagréac	LITHOTEC	
		Formation de la Romme		
		Formation de Béganne	261-262-263-264	
Formation de Saint-Dolay	261			
Domaine varisque nantais (Nantes-Cholet)	SILLON HOULLIER DE BASSE-LOIRE	Formation de Nazay	162-163-165	
		Massifs de Bécou et de Saint-Clément		
		Massif de Lemaux		
		Formation de Montjean-sur-Loire	LITHOTEC	
		Formation de la Minière	hors 44	
		Formation de la Pierre-Carrée	hors 44	
		Formation de Beaupréau	hors 44	
		Massif de Chemillé	hors 44	
		Formation de Drain	LITHOTEC	
		Formation des Mauges+Formation du Hâvre		
UNITE DES MAUGES	UNITE DU BASSIN D'ANCENIS	Formation du Landreau		
		Formation d'Ancenis, faciès "Culm"	LITHOTEC	
		Formation de Châteaupanne		
		Formation du Tombeau-Leclerc	hors 44	
		Formation de Champtoceaux	LITHOTEC	
		Formation de Saint-Mars-du-Désert		
		Formation des Folies-Siffait		
		Formation du Cellier		
		Formation de Mauves-sur-Loire	LITHOTEC	
		Formation de Cléré-sur-Layon		
UNITE DE MAUVES-SUR-LOIRE	UNITE DE CHOLET-THOUARS	Massif de Cholet		
		Massif de Thouars		
		Massif de Moulins-les-Aubiers	293	
		Massif de Coron-Vezins	hors 44	hors 85
		Massifs de Saint-André et Saint-Christophe	hors 44	hors 85
		Massifs de Saint-Léger et Montfaucou	hors 44	hors 85
		Massifs de Trémentines et la Renaudière	hors 44	hors 85
		Massifs du Pallet et du Châtillonais	294-295	116-415
		Formation de la Tessoualle	hors 44	175-176
		Formation du Haut-Bocage	LITHOTEC	LITHOTEC+140-413
UNITE DE LA TESSOUALLE	MASSIFS DU HAUT-BOCAGE	Massif de Moncoutant	hors 44	
		Massif de Mortagne	290-291	1031-106
		Massif de Orvault-Mortagne-Châteaumur	285-286-287-288-289	100-101-102-1031-105-107-108-109
		Massif de la Pommeraye	282-283	
		Massif de Mésanger	280-281	
		Massif de Pouzauges	hors 44	139-416
		péridotites, serpentinites	335	
		Formation de Chauvé-l'Angle-Mervent	466-468	278-279-280-281-284-285
		Formation de Nizon-Quimperlé-Tréauray-Roguedas-Arz	rien ???	
		Formation du Pellerin-Montaigu	396-397-398-399-400	209
Domaine sud-armoricain breton (Quimper-Vannes)	ORTHOGNEISS SUD-ARMORICAINS	Formations de Pouldohan et Pénestin	île Groix, hors 44	
		Formation de l'Aiguillon	petit, hors 44	300
		(Formation de Chauvé-l'Angle-Mervent)	(ORTHOGNEISS SUD-ARMORICAINS)	278-279-280-281-284-285
		Formation de la Vilaine	380-382-383-384-386-387-388-389-391-392-401	hors 85
		Formation de Saint-Gilles	447-448-449-451-452-453-454-455-456-458-508-512	302-303-304-305-306-307
		Formation des Porphyroïdes	443-444-446	294-295-296-313-419-431-446
		Formation du Fenouiller	petit, hors 44	301
		Formation d'Albert	hors 44	365
		Formation de Muzillac	403-404-405-406-407-408-409-410-411-412-413-414-415	hors 85
		Formation de Saint-Martin-des-Noyers	Unité de Saint-Martin-des-Noyers	Unité de Saint-Martin-des-Noyers (286-287-288)
Domaine sud-armoricain vendéen (St Nazaire-Niort)	UNITE DE SAINT-GILLES ET DE LA VILAINE	Formation du Morbihan	402	hors 85
		Formation de l'île de Groix	île Groix, hors 44	
		Formation du Bois de Cené	LITHOTEC	
		Massif de Carnac	372	
		Massif de Saint-Père-en-Retz	374-375-376-377-378	181-182
		Massif de Sainte-Anne-d'Auray	373	
		Massifs de Pont-l'Abbé, Ploemeur, Quiberon et Guér	370-371	
		Formation de la Compiènerie	LITHOTEC	LITHOTEC
		Formation des Essarts		
		Formations de Aizenay, Legé et Anillé	508-510-511	
Domaine sud-armoricain vendéen (St Nazaire-Niort)	UNITE DES ESSARTS	Massifs de Belleville et Bourmezeau	hors 44	
		Massifs de Poiré-sur-Vie et Aubigny	hors 44	
		Formation d'Olonne	hors 44	LITHOTEC=Unités des Sables-d'Olonnes et de La Roche-sur-Yon+178-179
		Formation de Grosbreuil	hors 44	358-359-361-363-420
		Formation de Saint-Julien-des-Landes	hors 44	314-315-316-317-318-319-320-321-322-421-432-433
		Formation de Saint-Martin-de-Brem	hors 44	325-326
		Groupe de Brétignolles	hors 44	LITHOTEC=Unité de Brétignolles
		Groupe de Nieu-le-Dolent	hors 44	LITHOTEC sauf 365
		Formation de Montaigu	437	208-407
		(Formation du Pellerin-Montaigu)	(ORTHOGNEISS SUD-ARMORICAINS)	
UNITE DE LA ROCHE-SUR-YON	UNITE DE CHANTONNAY	Formation de Paimboeuf	436	207
		Formation de Saint-Paul-en-Pareds	435	206
		Formation de la Châtaigneraie	hors 44	
		Formation de la Meilleraie	hors 44	
		Formation de la Vildé	petit, hors 44	
		Formations de Bourgneuf pro parte et des Gerbaudière	489-490-491	
		Formations de Marillet, Puyhardy et Roc-Cervelle	hors 44	
		Formations de Sigournais et de Bourgneuf pro parte	hors 44	
		Groupe de Réaumur	hors 44	
		Formation de Saint-Laurs	hors 44	LITHOTEC
SILLON HOULLIER VENDEEN	UNITE DES SABLES D'OLONNE	Formation de Vouant	434	
		Formation de l'île d'Yeu (assemblage)	hors 44	LITHOTEC
		Formation de Sauveterre (assemblage)	hors 44	
		Formation des Sables d'Olonne	petit, hors 44	
		Massif de Bazoges-en-Pareds	hors 44	185
		Massifs de Breuil-Barret	hors 44	183
		Massifs de l'Ortay et du Bignon	430-431	126-180
		péridotites, serpentinites	465	210
		Stocks de la Mouzinière et de l'Aurière	hors 44	327

Illustration A11 - Domaines, Unités et Formations géologiques à 1/250 000 sur les départements 44-49-53-72-85 (page 1/2)

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Loire-Bretagne. Délimitation des entités hydrogéologiques en Bretagne et en Pays-de-la-Loire

Domaines (DOMAINE)	Unités (UNITE BATHOLITE)	Formations (FORMATION MASSIF_SERIE)	Codes carte 53	Codes carte 49	Codes carte 72		
Domaine cadomien normano-breton (St Malo-Fougères)	BATHOLITE MANCELLIEN UNITE DU MAINE	Massifs de Vire, Athis, Avranches, la Ferté-Macé,	LITHOTEC		308-309-310-312		
		Formation de Sainte-Suzanne	LITHOTEC :		262		
		Formation de May	hors 53				
		Formation de Voutré	Domaine mancellien 136-141-142(2/3)		276-279-280-281-285 à 297		
		Formation des Ampélites	Synclinaux paléozoïques 1431-1451-160-161-304		252-254 III		
		Formation des poudingues et arkoses	Bassin de Laval et synclinaux paléozoïques nord-armoricains 130-1321-2691-5481		304		
		Formation des schistes et calcaires	et 158		298-299-300-301-302-303		
		Formation du Grès armoricain_MAINE			267-270 III		
		Formation du Pissot	hors 53		257		
		Formation du Pont-de-Caen			271-273-274-275		
		Formations de Blandouët et de Sillé			259 et 260-263-264 III		
		Formations de Pissot et de May			313-316-319 à 325		
		UNITE DE FOUGERES	Formations de Fougères et de Granville	LITHOTEC (Domaine mancellien 164-332)		315	
		CHAMP FILONIEN MANCELLIEN sans nom	Champ mancellien	LITHOTEC		215	
		Domaine varisque médio-armoricain oriental (Laval)	UNITE DE LAVAL	Massif d'Alençon	592-594-596		329
Massifs de Trégomar, Brée, Ernée et Louzes	1411-142(1/3)				263-264 III		
Formation d'Andouillé	520-523-524-526-528-529-530-531-532-533-534-535-5361-537-613				224-225-226-228-229		
Formation de Huissière	508-509-510-512-513-514-515-611-612				216-217		
Formation de Laval	548				260 III		
Formation de Saint-Germain-sur-Ille	506-507				hors 72		
Formation de Saint-Pierre-la-Cour	516-517-518-521						
Formation des Calcaires de Laval	519				220		
Formation des Calcaires de Sablé	1431-1451				267-270 III-268		
Formation du Grès armoricain_LAVAL	ci-dessus Andouillé				hors 72		
Formations d'Andouillé et de Saint-Germain	266-539				235-236-237-238-239		
Formations de Cahard, Saint-Cénére et Montguyon	131-1321-2671-2691				250-251 et 252-254 III		
Formations de la Lande-Murée et du Val							
UNITE DU MENEZ-BELAIR	Formation de Saint-Germain-sur-Ille						
Domaine varisque de Bretagne centrale (Rennes)	UNITE DE BRETAGNE CENTRALE UNITE DU SUD DE RENNES			Formations de la Lande-Murée et du Val	1321-2671		
		Groupe d'Ereac	5361				
		Filons et stocks du Bassin de Laval	1911-5781				
		Formation de la Mayenne	LITHOTEC et 1641-577	LITHOTEC	319-320-321		
		Formation de Pont-Réan	555-558				
		Formation de Riadan-Renazé	2691-549		258		
		Formation de Traveusot	550				
		Formation du Grès armoricain_SUD_RENNES	1431-1451-551-553-554		310-311-312-313-314-315		
		Formations de la Chesnaie et de Poligné	1321-541-544-545		299-301-302-303		
		Massifs du Pertre et de Craon	581-582-609				
		Champs d'Argentré et d'Origné	1911				
		Domaine varisque ligéro-séan (Quimper-Angers)	UNITE DE SAINT-JULIEN DE VOUVANTES UNITE DES LANDES DE LANVAUX UNITE DE SAINT MARS-LA-JAILLE UNITE DE SAINT-GEORGES-SUR-LOIRE (Unité de Péaule) sans nom	Formation de la Pile et la Boserie		LITHOTEC	
				Formations d'Erbray, de Vern et d'Angers			
				Formations de Renac et de Bois-Neuf			
				Formation d'Abbatretz			
Formation de Bains-sur-Oust					265-266-267-268-269		
Formation du Grand Auverné					270-271		
Formation du Houx					272-273		
Formation de Redon					hors 49		
Formation de Saint-Perreux					LITHOTEC		
Formation de Fégréac					LITHOTEC		
Formation de la Romme							
Formation de Béganne							
Formation de Saint-Dolay							
Formation du Guerno							
Massif de Nozay							
Massifs de Bécon et de Saint-Clément			242-243-244				
Domaine varisque nantais (Nantes-Cholet)	SILLON HOULLIER DE BASSE-LOIRE UNITE DES MAUGES UNITE DU BASSIN D'ANCENIS UNITE DE CHAMPTOCEAUX UNITE DE MAUVES-SUR-LOIRE UNITE DE CHOLET-THOUARS MASSIFS DU CHOLETAIS UNITE DE LA TESSOUALLE UNITE DU HAUT-BOCAGE MASSIFS DU HAUT-BOCAGE (Unité d'Orvault-Mortagne) sans nom	Formation de Montjean-sur-Loire		LITHOTEC			
		Formation de la Minière					
		Formation de la Pierre-Carrée					
		Formation de Beaupréau					
		Massif de Chemillé					
		Formation de Drain					
		Formation des Mauges+Formation du Hâvre					
		Formation du Landreau					
		Formation d'Ancenis, faciès "Culm"					
		Formation de Châteaupanne					
		Formation du Tombeau-Leclerc					
		Formation de Champtoceaux					
		Formation de Saint-Mars-du-Désert					
		Formation des Folles-Siffart					
		Formation du Cellier					
Formation de Mauves-sur-Loire							
Formation de Cléré-sur-Layon			197-198-199				
Massif de Cholet			181-183-184				
Massif de Thouars			186-187-188-189-190-196				
Massif de Moulins-les-Aubiers			LITHOTEC				
Massif de Coron-Vezins							
Massifs de Saint-André et Saint-Christophe							
Massifs de Saint-Léger et Montfaucon							
Massifs de Trémentines et la Renaudière							
Massifs du Pallet et du Châtillonais							
Formation de la Tessoualle			LITHOTEC				
Formation du Haut-Bocage							
Massif de Moncoutant							
Massif de Mortagne							
Massif de Orvault-Mortagne-Châteaurum			134-135-136				
Massif de la Pommeraye			132-133				
Massif de Mésanger							
Massif de Pouzauges							
péridotites, serpentinites							
Domaine sud-armoricain breton (Quimper-Vannes) Domaine sud-armoricain vendéen (St Nazaire-Niort)	ORTHOGNEISS SUD-ARMORICAINS UNITE DE SAINT-GILLES ET DE LA VILAINE UNITE DE SAINT-NAZAIRE UNITE DE GROIX-CENE sans nom (Granite de Guérande) UNITE DES ESSARTS BATHOLITE DE LA ROCHE-SUR-YON UNITE DE LA ROCHE-SUR-YON UNITE DE PAIMBOEUF-MONTAIGU UNITE DE CHANTONNAY SILLON HOULLIER VENDEEN UNITE DES SABLES D'OLONNE sans nom	Formation de Chauvé-l'Angle-Mervent					
		Formation de Nizon-Quimperlé-Tréaruy-Roguedas-Arz					
		Formation du Pellerin-Montaigu					
		Formations de Pouldohan et Pénestin					
		Formation de l'Aiguillon					
		(Formation de Chauvé-l'Angle-Mervent)					
		Formation de la Vilaine					
		Formation de Saint-Gilles					
		Formation des Porphyroïdes					
		Formation du Ferouiller					
		Formation d'Albert					
		Formation de Muzillac					
		Formation de Saint-Martin-des-Noyers					
		Formation du Morbihan					
		Formation de l'Île de Croix					
Formation du Bois de Cené							
Massif de Camac							
Massif de Saint-Père-en-Retz							
Massif de Sainte-Anne-d'Auray							
Massifs de Pont-l'Abbé, Ploemeur, Quiberon et Guér							
Formation de la Compointerie							
Formation des Essarts							
Massifs de Aizenay, Legé et Avillé							
Massifs de Belleville et Bourmezeau							
Massifs de Poré-sur-Vie et Aubigny							
Formation d'Olonne							
Formation de Grosbreuil							
Formation de Saint-Julien-des-Landes							
Formation de Saint-Martin-de-Brem							
Groupe de Brétignolles							
Groupe de Nieuville-Dolent							
Formation de Montaigu							
(Formation du Pellerin-Montaigu)							
Formation de Paimboeuf							
Formation de Saint-Paul-en-Pareds							
Formation de la Châtaigneraie							
Formation de la Meilleraie							
Formation de la Vildé							
Formations de Bourgneuf pro parte et des Gerbaudié							
Formations de Marillet, Puyhardy et Roc-Cervelle							
Formations de Sigournais et de Bourgneuf pro parte							
Groupe de Réaumur							
Formation de Saint-Laurs							
Formation de Vouvant							
Formation de l'Île d'Yeu (assemblage)							
Formation de Sauveterre (assemblage)							
Formation des Sables d'Olonne							
Massif de Bazoges-en-Pareds							
Massifs de Breuil-Barret							
Massifs de l'Ortay et du Bignon							
péridotites, serpentinites							
Stocks de la Mouzinière et de l'Aurière							

A11 - Domaines, Unités et Formations géologiques à 1/250 000 sur les départements 44-49-53-72-85 (page 2/2) -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).

Formation géologique 1/250 000	Statistiques sur la région Pays-de-la-Loire					Statistiques sur les régions Bretagne et Pays-de-la-Loire				
	Nombre de forages	% de forages \geq 10 m ³ /h	Débit moyen du meilleur quartile (m ³ /h)	Indice global	Q/P moyen (m ³ /h/m)	Nombre de forages	% de forages \geq 10 m ³ /h	Débit moyen du meilleur quartile (m ³ /h)	Indice global	Q/P moyen (m ³ /h/m)
Formation de Bains-sur-Oust	29	24.1%	22.4	5.4	0.129	122	23.0%	22.8	5.2	0.155
Formation de Champcoeaux	51	11.8%	10.7	1.3	0.071					
Formation de Chauvé-l'Angle-Mervent	35	2.9%	6.5	0.2	0.067					
Formation de Fégréac	15	-	-	-	-	21	23.8%	16.4	3.9	0.105
Formation de Grosbreuil	22	13.6%	14.8	2.0	0.094					
Formation de la Mayenne	153	40.5%	35.8	14.5	0.241	932	31.4%	21.2	6.7	0.142
Formation de la Tessouale	187	6.4%	12.7	0.8	0.103					
Formation de Laval	25	36.0%	23.9	8.6	0.166					
Formation de l'Huisserie	24	37.5%	32.2	12.1	0.161					
Formation de l'Île d'Yeu et de Sauveterre	25	4.0%	8.4	0.3	0.070					
Formation de Mauves-sur-Loire	113	10.6%	10.6	1.1	0.082					
Formation de Montaigu	32	6.3%	11.3	0.7	0.101					
Formation de Muzillac	24	16.7%	20.7	3.4	0.127	111	15.3%	16.1	2.5	0.114
Formation de Paimboeuf	27	11.1%	9.1	1.0	0.074					
Formation de Saint-Germain-sur-Ille	14	-	-	-	-	70	22.9%	24.6	5.6	0.131
Formation de Saint-Gilles	93	11.8%	13.1	1.5	0.079					
Formation de Saint-Martin-des-Noyers	41	14.6%	17.6	2.6	0.168					
Formation de Saint-Paul	140	7.1%	9.4	0.7	0.088					
Formation de Saint-Perreux	16	-	-	-	-	40	20.0%	15.8	3.2	0.112
Formation de Traveusot	10	-	-	-	-	81	21.0%	14.4	3.0	0.102
Formation des Calcaires de Laval	21	52.4%	113.0	59.2	0.583					
Formation des Calcaires de Sablé	21	42.9%	52.7	22.6	0.340					
Formation des Essarts	91	7.7%	8.2	0.6	0.071					
Formation des Mauges+Formation du Hâvre	152	15.1%	13.7	2.1	0.090					
Formation des Porphyroïdes	55	14.5%	12.9	1.9	0.074					
Formation des schistes et calcaires	36	63.9%	72.8	46.5	0.470					
Formation du Grand Auverné	19	-	-	-	-	90	17.8%	12.7	2.3	0.102
Formation du Grès armoricain_SUD_RENNES	15	-	-	-	-	238	33.6%	33.0	11.1	0.210
Formation du Haut-Bocage	123	9.8%	11.7	1.1	0.100					
Formation du Landreau	36	8.3%	13.2	1.1	0.096					
Formation du Pellerin-Montaigu	47	12.8%	12.8	1.6	0.097					
Formations de Bourgneuf pro parte et des Gerbaudié	75	8.0%	9.0	0.7	0.063					
Formations de Fougères et de Granville	32	12.5%	11.7	1.5	0.097	295	36.6%	25.1	9.2	0.208
Formations de Fougères et Granville	126	34.9%	28.3	9.9	0.168	371	44.7%	34.7	15.5	0.221
Formations de Gahard, Saint Céneré et Montguyon	41	31.7%	31.7	10.0	0.174					
Formations de la Lande-Murée et du Val	32	9.4%	10.4	1.0	0.052	61	11.5%	12.2	1.4	0.070
Formations de Sigournais et de Bourgneuf pro parte	24	8.3%	9.2	0.8	0.061					
Groupe de Nieul-le-Dolent	135	24.4%	21.8	5.3	0.148					
Groupe de Réaumur	46	4.3%	8.4	0.4	0.076					
Massif de Cholet	65	13.8%	12.8	1.8	0.116					
Massif de Mortagne	37	5.4%	18.3	1.0	0.111					
Massif de Moulins-les-Aubiers	53	1.9%	9.2	0.2	0.065					
Massif de Orvault-Mortagne-Châteaumur	305	6.2%	9.6	0.6	0.063					
Massif de Pouzauges	82	11.0%	14.5	1.6	0.162					
Massif de Thouars	28	3.6%	4.2	0.2	0.036					
Massifs de Aizenay, Legé et Avrillé	52	21.2%	16.0	3.4	0.097					
Massifs de Belleville et Bournezeau	71	9.9%	19.5	1.9	0.108					
Massifs de l'Ortay et du Bignon	49	16.3%	18.0	2.9	0.128					
Massifs de Poiré-sur-Vie et Aubigny	70	20.0%	22.7	4.5	0.124					
Massifs de Pont-l'Abbé, Ploemeur, Quiberon et Guérande	19	-	-	-	-	58	13.8%	13.4	1.9	0.083
Massifs de Vire, Athis, Avranches, la Ferté-Macé,	236	40.3%	38.6	15.6	0.247	394	34.5%	33.5	11.6	0.206
Massifs du Pallet et du Châtillonais	22	18.2%	10.0	1.8	0.084					

Illustration A12 - Résultats de l'approche statistique (région Pays-de-la-Loire)

La nature aquifère (ou pas) des formations a été déterminée en fonction des deux paramètres suivants : débit moyen du quartile supérieur et indice de productivité. Le tableau ci-dessous précise les gammes retenues.

	Classes	Qmoy meilleur 1/4 (m3/h)	Q/P moyen (m3/h/m)	Nature entité
	1	≥ 30	≥ 0.2	Unité aquifère
	2	20-30	0.14-0.2	Unité aquifère
	3	15-20	0.11-0.14	Unité semi-perméable
	4	11-15	0.09-0.11	Unité semi-perméable
	5	< 11	< 0.09	Unité imperméable

Illustration A13 - Nature des entités en fonction des gammes de débit moyen du quartile supérieur et d'indice de productivité

On peut nuancer le caractère « imperméable » de certaines unités. En effet, le travail mené ici consiste à caractériser la nature des aquifères de socle en comparaison avec les autres aquifères nationaux. La perméabilité des formations de socle est faible par rapport aux formations sédimentaires (bassin Parisien et Aquitain par exemple), néanmoins les formations notées ici « imperméables » peuvent fournir localement des débits instantanés supérieurs à 20-30 m³/h.

Les résultats des formations renseignées par les forages (texte écrit en bleu dans le tableau des Domaines, Unités et Formations, illustration A11) montrent que :

- le comportement aquifère semble homogène au sein de 6 Unités (exemples : Unités de Fougères, de Chantonay et Batholite de la Roche-sur-Yon) ;
- sur 12 Unités (exemples : Unités de Laval, du Sud de Rennes, de Péaule, d'Orvault-Mortagne, de St-Nazaire, et de Paimboeuf-Montaigu), les différences de comportement amènent à utiliser les formations géologiques comme contours géologiques permettant de caractériser les entités NV3 ;
- 15 Unités sont renseignées par une seule formation (exemples : Champ Filonien Mancellien, Unités de Bretagne Centrale, de la Tessouale, Batholite Mancellien, Massifs du Haut Bocage) ;
- pour les 10 Unités restantes, la nature aquifère (ou pas) est estimée soit à partir de la seule formation renseignant l'Unité (souvent la plus importante en superficie) soit par ressemblance lithologique avec une Unité voisine.

Enfin, pour chaque formation géologique ou Unité ou Batholite où il n'est pas possible de caractériser sa nature (absence de forage, ressemblance lithologique difficile à établir...), elle est indiquée comme « inconnue » (12 entités géologiques).

A l'issue de cette étape, 90 entités géologiques à 1/250 000 (22 Unités/Batholites et 68 formations) sont caractérisées par leur nature aquifère (ou pas).

Les résultats obtenus ont été comparés avec plusieurs études bibliographiques (Rapport BRGM 71 SGN 134 BPL, note BRGM SGR/PAL 83-20, Rapport BRGM R39643 et BRGM/RP-51633-FR, Rapport final BRGM/RP-53676-FR et notices des cartes géologiques à 1/50 000).

4.2.3. Création des entités géologiques à 1/50 000

Le traitement s'appuie jusqu'ici sur des contours géologiques au 1/250 000. En effet, seule cette carte synthétique permet d'avoir des formations géologiques interrégionales au format vecteur et de faire des sélections de forage sous SIG.

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

Dans les cartes harmonisées du 44-49-53-85, le champ « LITHOTEC » permet de rassembler les contours en Unités ou Batholites. Ce champ n'existe pas sur la carte harmonisée du 72, il faut alors rechercher un par un les codes associés à chaque Unité ou Batholite.

Les formations de 12 Unités (de Laval, du Menez-Belair, du Sud de Rennes, des Landes de Lanvaux, de Péaule, de Cholet-Thouars, d'Orvault-Mortagne, de St-Gilles et de la Vilaine, de St-Nazaire, de Paimboeuf-Montaigu, de la Roche-sur-Yon et les Orthogneiss Sud-Armoricains), sont détaillées en recherchant leurs codes (champ « CODE », cf. illustration A11). Les filons et les altérites sont rattachés à chaque entité dans laquelle ils se trouvent. Pour finir, les entités des 5 départements de la région ont été assemblées.

De ce traitement résultent 90 entités géologiques à 1/50 000 (cf. illustration A14).

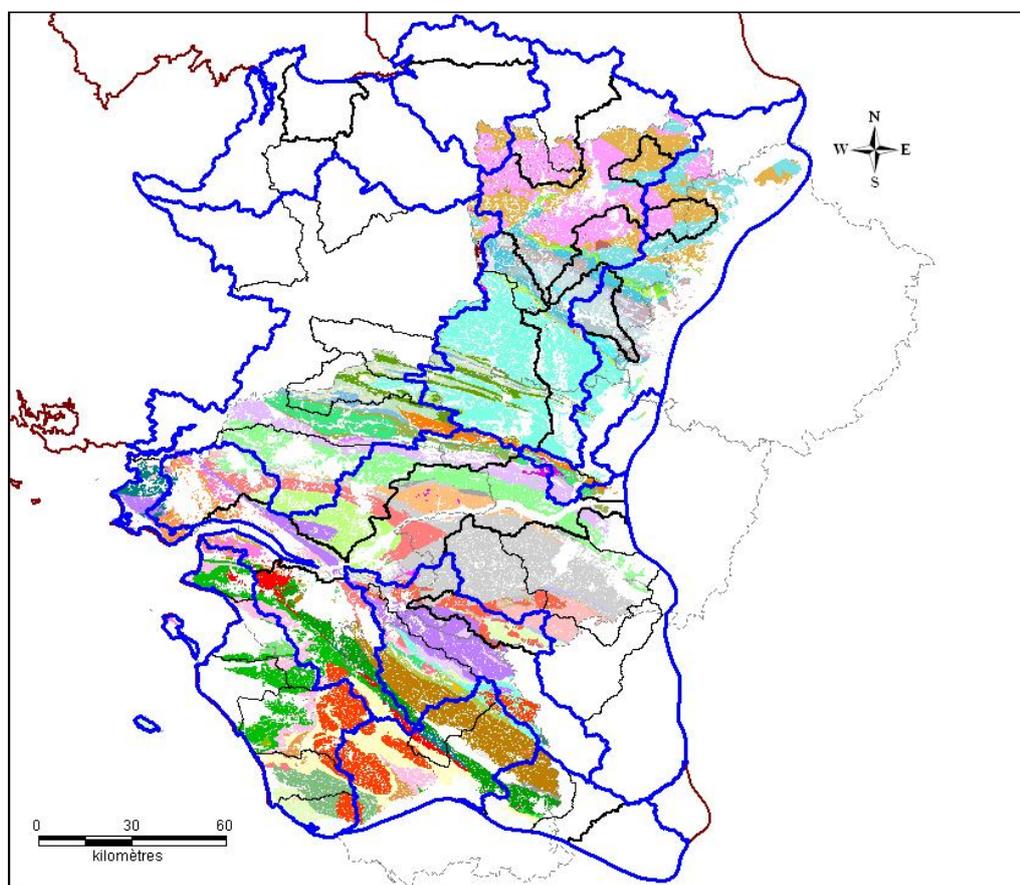


Illustration A14 - Entités géologiques sur les départements 44-49-53-72-85

4.2.4. Caractérisation des entités NV3 finalisées

Les 90 entités géologiques à 1/50 000 et les 49 bassins versants entités NV3 ont été utilisés.

Les pourcentages de superficie renseignée par les natures géologiques « aquifère, semi-perméable, imperméable et inconnue » ont été affectés à toutes les entités NV3 (injection de l'information hydrogéologique dans les bassins versants).

Remarque : des polygones étant non renseignés (exemple : absence de socle sous les alluvions), le total des pourcentages de chaque bassin n'atteint pas toujours les 100 %.

De la même façon, la lithologie des formations est affectée aux entités NV3 (injection de l'information géologie dans les bassins versants).

L'annexe 1-3 détaille et illustre le travail mené au cours des étapes de ce dernier traitement.

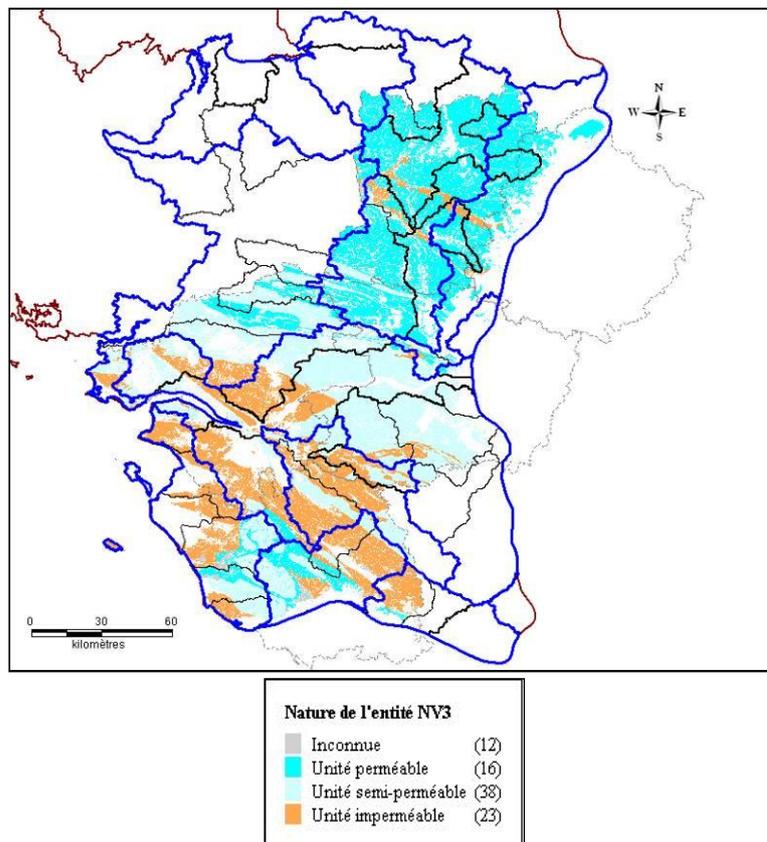


Illustration A15 - Cartographie de la nature des entités de socle de niveau NV3 (départements 44-49-53-72-85)

Références bibliographiques

S. CHEVREL et O. LIMASSET - 1983 - L'EAU DANS LE SOCLE DU MAINE-ET-LOIRE. Examen des résultats d'une centaine de forages récoltés au titre du Code minier en 1983. Note BRGM SGR/PAL 83-20

G. DUERMAEL – 1997 – Ressources en eau profonde de qualité et dénitrification naturelle en Mayenne – Rapport BRGM R39643

LIMASSET O. et TALBO H. (1971) - Ressources en eaux souterraines dans le Maine-et-Loire. Synthèse documentaire. Rapp. BRGM 71 SGN 134 BPL

MOUGIN B., collaboration : CARN A., JEGOU J-P. et QUEMENER G. (2006) - SILURES Bretagne - Rapport d'avancement de l'année 4 - BRGM/RP-55001-FR - 61 p., 23 ill., 5 ann.

B. MOUGIN, D. ALLIER, R. BLANCHIN, A. CARN, N. COURTOIS, C. GATEAU, E. PUTOT, collaboration J-P. JEGOU, P. LACHASSAGNE, P. STOLLSTEINER et R. WYNS (2008) - SILURES Bretagne - Rapport final - Année 5 - BRGM/RP-56457-FR - 129 p., 37 ill., 7 ann. dont 2 planches.

PETIT V., HANOT F., POINTET T. - 2003 - Référentiel hydrogéologique BD RHF®. Guide méthodologique de découpage des entités. Rapport BRGM/RP-52261-FR

WYNS R., LACQUEMENT F., CORBIER P. et VAIRON J. (2002) - Cartographie de la réserve en eau souterraine du massif granitique de La Roche sur Yon (Vendée). BRGM/RP-51633-FR, 26 p., 7 fig., 2 tabl., 11 pl.

WYNS R., QUESNEL F., LACQUEMENT F., BOURGINE B., MATHIEU F., LEBERT F., BALTASSAT J.M., BITRI A., MATHON D. (2005) - Contrat de Plan Etat-Région Pays de la Loire - Projet de Recherche « Cartographie quantitative des propriétés du sol et du sous-sol » : Rapport final BRGM/RP-53676-FR, 135 p., 64 fig., 22 tabl., 19 pl. h.-t.

Annexe 1-2

Découpage des entités hydrogéologiques de socle sur les départements de la région Bretagne (Côtes d'Armor, Finistère, Ille-et-Vilaine et Morbihan)

1. DONNÉES DISPONIBLES

- BD Carthage (Base de Données sur la CARTographie THématique des AGENces de l'eau et du ministère de l'Environnement) sur le bassin Loire-Bretagne. Edition 2008, version du 22/07/2008, téléchargée le 04/09/2008 sur le site du Sandre
- BD Carthage sur le bassin Seine-Normandie. Même édition 2008
- Données disponibles : région, secteur, sous-secteur et zone hydrographique (contours), et cours d'eau (linéaire)
- Extraction de la Banque HYDRO des stations hydrométriques du bassin Loire-Bretagne (nom, numéro, coordonnées, VCN10(*), date début et fin, superficie contrôlée) au 27/10/2008 (Quang-Hung NGO DIREN Bassin Loire-Bretagne)
- Extraction de la Banque HYDRO des VCN10 des stations hydrométriques de Basse-Normandie (février 2009)
- Janvier 2009 fichier avec informations des gestionnaires (DDE de la Charente-Maritime, DDE de la Vienne, DIREN Basse-Normandie, DIREN Bretagne et DIREN Pays-de-Loire) sur la fiabilité des stations : validité de la mesure du débit, régime influencé ou pas, courbes de tarage, étiage (S. PINSON au Service EAU, BRGM)
- Trois cartes géologiques harmonisées à 1/50 000 sur les départements : Finistère (29), Morbihan (56) et Ille-et-Vilaine (35)
- Notices des cartes géologiques au 1/50 000 couvrant ces départements
- Carte géologique synthétique au 1/250 000 (RABU D., CHANTRAINE J. et BECHENNEC F., 2001. Carte géologique du Massif Armoricain à 1/ 250 000. BRGM) utilisée pour le département des Côtes d'Armor (22)
- Tableau de synthèse réalisé par P. LE BERRE (géologue du SGR/BRE) dans le cadre du projet Référentiel Géologique de France (correspondance entre les appellations des formations géologiques au 1/250 000 et au 1/50 000)
- Polygones des entités hydrogéologiques de la BDRHF V1

Les données de BD Carthage projetées en Lambert 93 (Systèmes Français RGF93 - Méridien de Greenwich / France Lambert-93) ont été converties en Lambert II étendu (Systèmes Français - Méridien de Paris / Lambert II Carto - Paris).

On rappelle ci-dessous la définition des termes utilisés pour identifier les entités de NV2 :

- (*) **VCN10** : moyenne des débits les plus bas de l'année sur une période de dix jours consécutifs (méthode de calcul : ajustement à une loi de GALTON et utilisation du VCN10 moyen sur la période de mesure),
- **QES** : débit d'étiage spécifique, égal au rapport « VCN10 / superficie du bassin versant considéré », exprimé en l/s/km²

2. ENTITÉS NV1 DU SOCLE

Les grands bassins hydrologiques (secteur hydrographique) de BD Carthage Loire-Bretagne et Seine-Normandie :

- bassin côtier de l'embouchure de la Seine (exclu) à la limite du bassin Loire Bretagne : I8 et I9 ;
- bassins de la Bretagne : J0 à J9 ;
- la Loire de la Vienne (c) à la Maine (nc) : L8 et L9 ;
- la Loire de la Maine (c) à la mer : M3, M5, M6 et M8 ;
- et îles marines : Z4 et Z5 ;

ont été sélectionnés. Les îles ont été rattachées aux bassins les plus proches (Ouessant et Batz à J3, Groix à J4, et Belle-Ile à J6). Des regroupements de grands bassins ont été effectués selon des critères de continuité des cours d'eau (Vilaine : J7-9 et Loire : L8-9+M5-6-8), et de confluence (I8-9).

12 entités NV1 de socle sont obtenues, dont 3 qui bordent légèrement la région Bretagne (K1-K4-K7). Les entités K4 (la Loire) et K7 (la Mayenne) ont été traitées sur la région Pays-de-la-Loire ; elles ne seront donc pas détaillées sur la région Bretagne. **Les 10 entités NV1 de socle ainsi obtenues ont été codifiées et renseignées dans le tableau multi-échelles.** La superficie des 10 entités bretonnes de niveau 1 varie de 1 578 à 7 210 km² (superficie de 1 578 à 8 993 km², en tenant compte de K4 et K7).

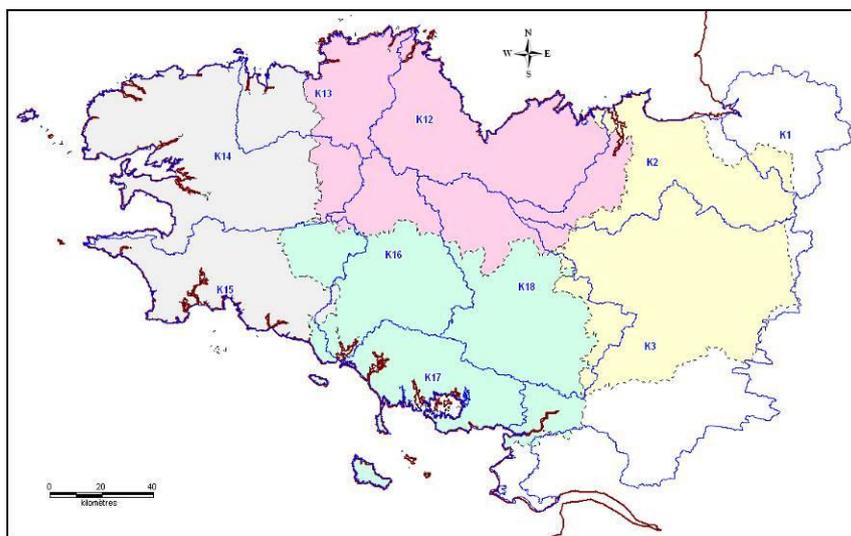
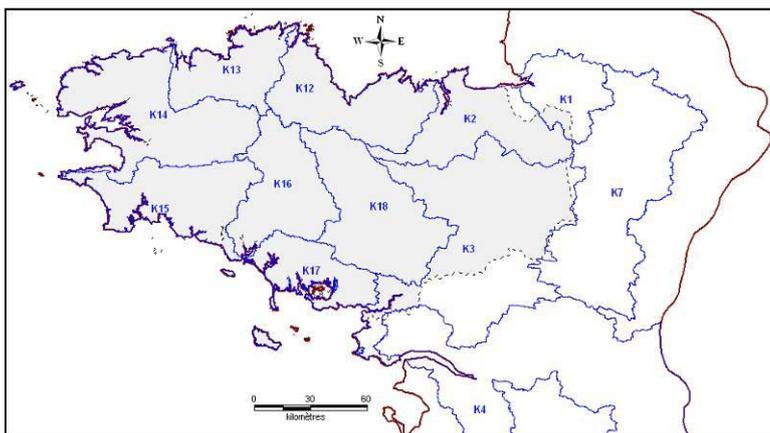


Illustration A16 - Entités de socle de niveau NV1 (région Bretagne) -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).
(avec et sans K4 et K7)

3. ENTITÉS NV2 DU SOCLE

3.1. Définition de bassins NV2 avec BD Carthage

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

Certains libellés BD Carthage ont été changés en indiquant plutôt les noms des principales rivières côtières. Les îles ont été rattachées aux bassins les plus proches (Batz à J30, Ouessant à J33, Groix à J49, et Belle-Ile à J61). Les sous-bassins ont fait l'objet de regroupements selon des critères de superficie (exemple près du Golfe du Morbihan : le Vincin, la Marle et le Liziec forment l'entité K17D avant assemblage) et de cours d'eau identique (exemples : Trieux, Aulne, Odet, Scorff, Blavet, Oust, Aff...).

En cas de superficie de bassins versants excédant 200 km², certains affluents des principaux cours d'eau ont été séparés en utilisant les zones hydrographiques BD Carthage (exemples : de l'Inam pour l'Ellé (entité K15I avant assemblage), et de la Claie pour l'Oust (entité K18E avant assemblage)).

Certaines zones hydrographiques ont dû faire l'objet de corrections par digitalisation des contours des bassins versants au niveau des exutoires des affluents (exemple : du Don pour la Vilaine (entité K3I avant assemblage)).

66 bassins NV2 de socle ont ainsi été obtenus, dont 1 qui est situé en dehors de la Bretagne et 3 qui bordent légèrement la région (superficie des 65 entités bretonnes de 114 à 2 411 km²).

3.2. Prise en compte des débits spécifiques

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

Deux colonnes ont été ajoutées au tableau de codification (QES, station) pour renseigner les valeurs du débit d'étiage spécifique et du numéro de la station qui permet ce calcul.

Pour ce traitement, les stations hydrométriques sélectionnées sont celles situées le plus à l'aval des cours d'eau, avec (dans la mesure du possible) au moins 10 années de mesures (cf. illustration A17), et avec une bonne fiabilité à l'étiage (information fournie par les gestionnaires via la Banque HYDRO : renseignements dans « régime influencé » et « qualité globale des mesures » de la « fiche station »).

La fiabilité des stations du bassin Loire-Bretagne a également été demandée aux gestionnaires, de septembre à novembre 2008, dans le cadre d'une étude sur les relations nappe-rivière, réalisée par le Service EAU du BRGM pour le compte de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne. Les informations des gestionnaires suivants ont été utilisées : DDE de la Charente-Maritime et de la Vienne, et DIREN Pays-de-Loire.

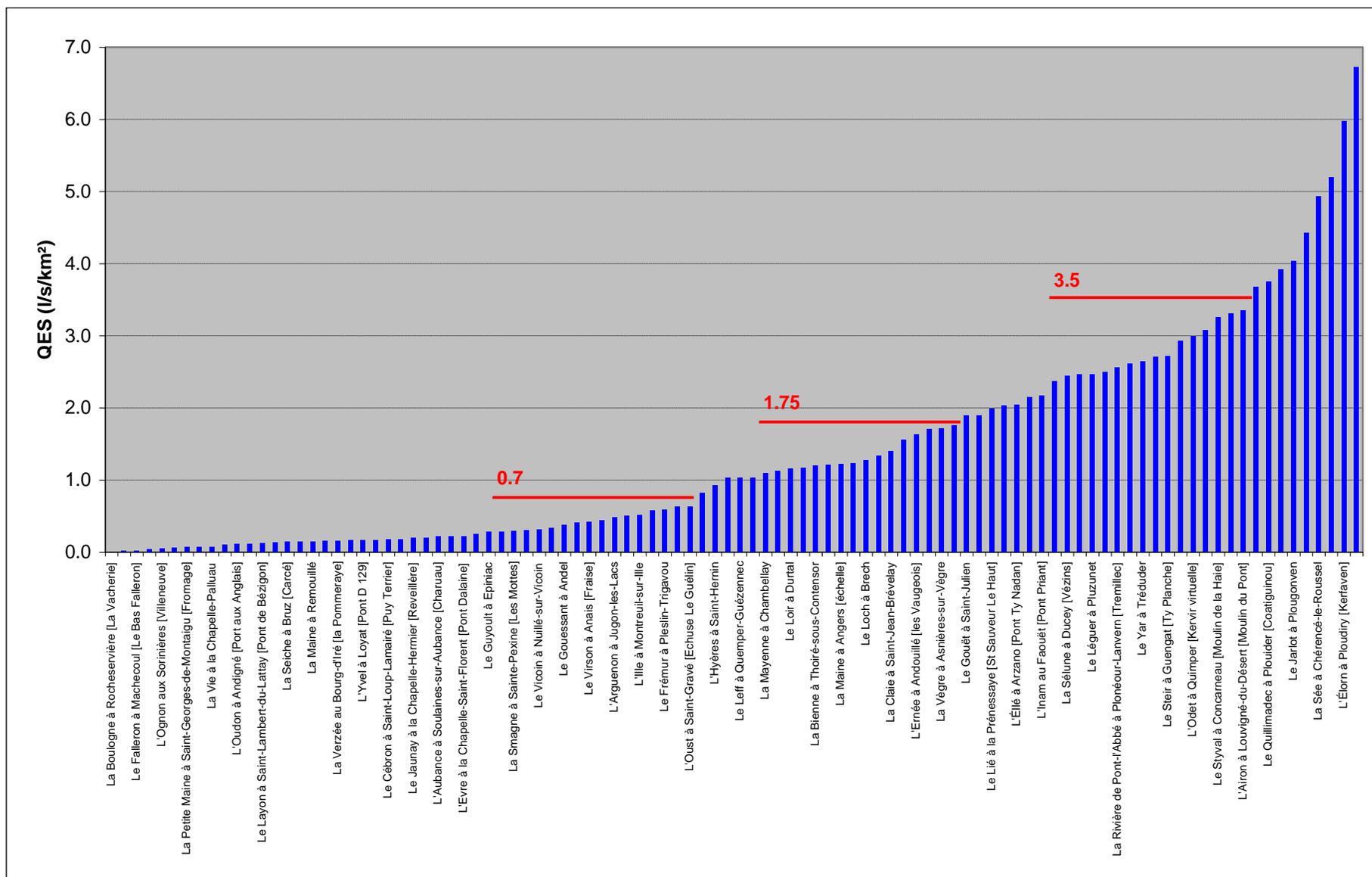


Illustration A18 - Classement de 100 bassins en fonction du QES (Bretagne et Pays-de-la-Loire)

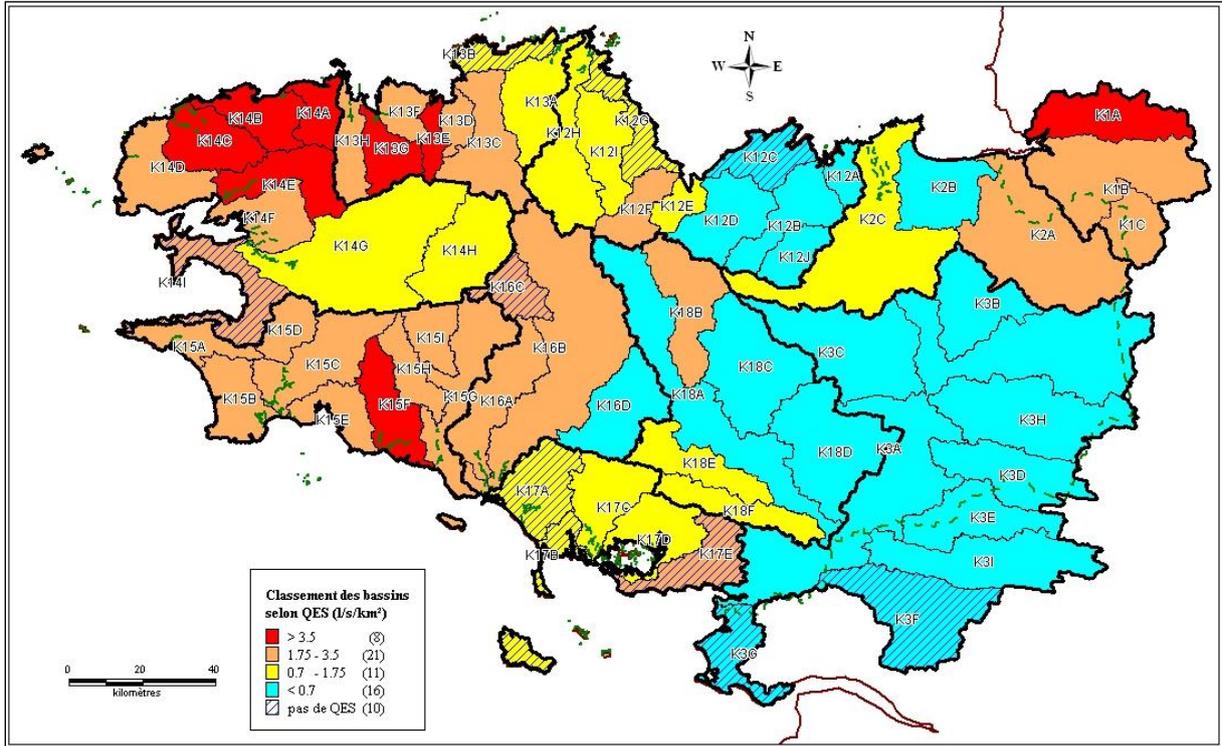


Illustration A19 - Classement des entités selon les valeurs de QES (66 entités NV2 avant assemblage)

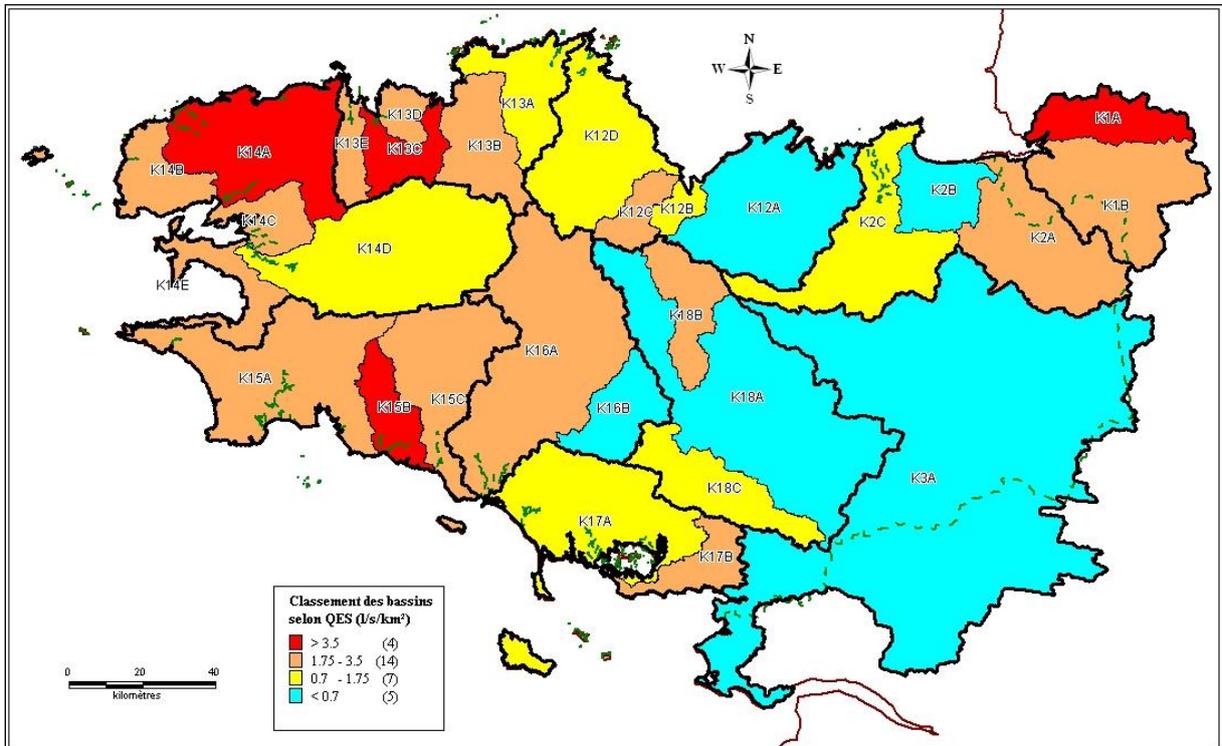


Illustration A20 - Classement des entités selon les valeurs de QES (30 entités NV2 après assemblage)

En intégrant les résultats des bassins de Pays-de-la-Loire (63 bassins Pays-de-la-Loire+37 bassins Bretagne, cf. illustration A18), **les bassins ont ainsi été classés selon 4 classes de QES** (<0.7 , ($\leq 0.7-1.75<$), ($\leq 1.75-3.5<$), ≥ 3.5 l/s/km²).

Les bassins contigus (avec limite géographique en commun) se situant dans la même classe et dans le même bassin NV1 ont été rassemblés. Les 10 bassins NV2 sans QES ont été associés à l'une de ces classes par similitude avec un bassin voisin comportant des caractéristiques proches (pluviométrie moyenne annuelle, granites, schistes, formations métamorphiques). Ils ont donc également été rassemblés.

30 entités NV2 de socle ont ainsi été obtenues, dont 1 qui est située en dehors de la Bretagne (superficie des 29 entités bretonnes de 140 à 7 210 km²). Ces entités ont été codifiées et les colonnes « QES » et « station » ont été renseignées. Le tableau multi-échelles a également été complété.

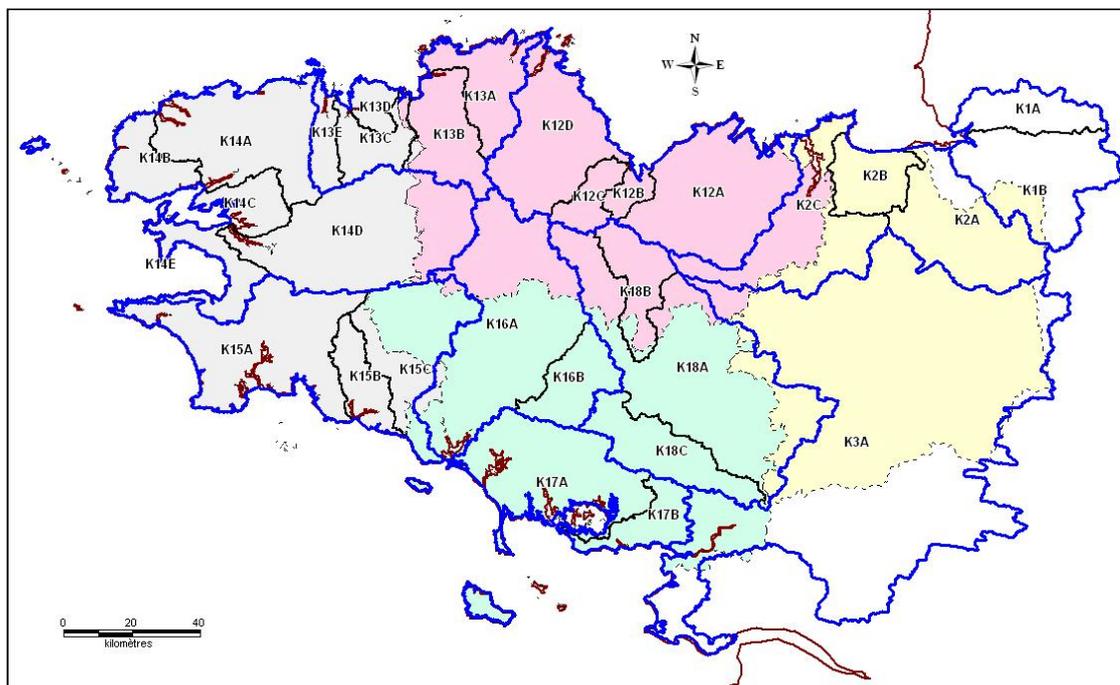


Illustration A21 - Entités de socle de niveau NV2 (région Bretagne) -(Cette figure a été réalisée avec les anciens noms et codes d'entités).

Au niveau des entités NV2 de socle, un recouvrement peut exister : quand elles existent, les altérites sont situées au-dessus de l'horizon fissuré des roches de socle (ces deux couches étant aquifères). Dans le cadre du projet SILURES Bretagne (Mougin et al., 2008), une cartographie des altérites à l'échelle du 1/250 000 a été tentée (cf. illustration A22).

Comme ce levé comporte beaucoup de contours de petite taille et qu'il est issu d'un travail de krigeage (parfois incertitude élevée), les altérites ne pourront pas être délimitées en tant qu'entité NV2.

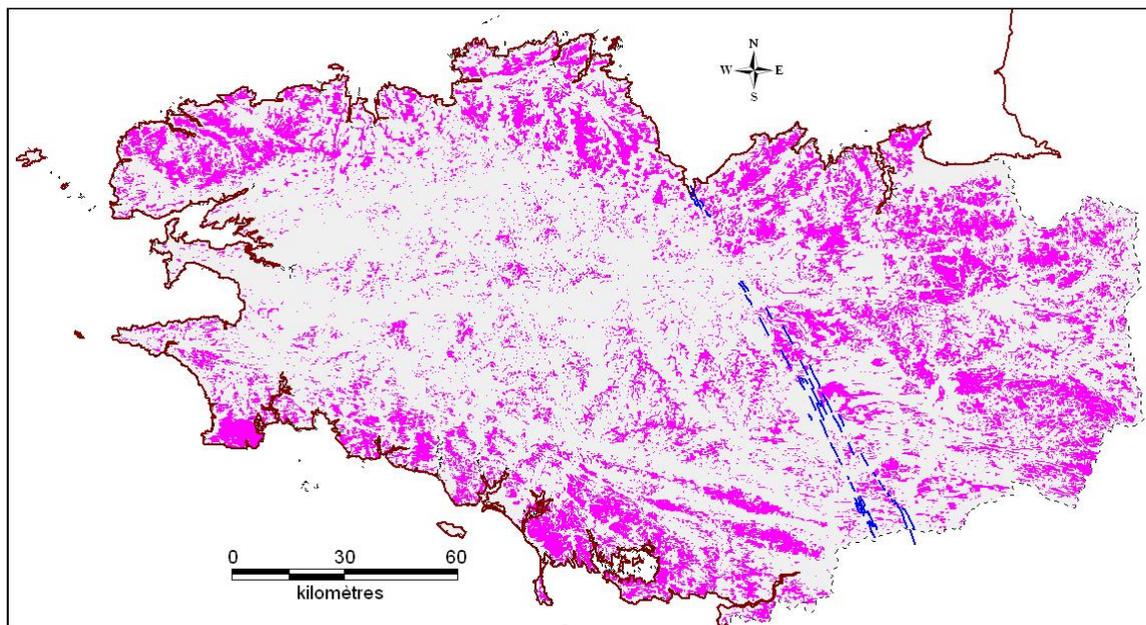


Illustration A22 - Cartographie des altérites sur la région Bretagne (échelle 1/250 000) et faille de Quessoy Nort-sur-Erdre

4. ENTITÉS NV3 DU SOCLE

4.1. Découpage des entités NV3

Les entités NV3 correspondent aux sous-secteurs hydrographiques de la BD Carthage (sous-bassins hydrologiques) inclus dans les entités NV2.

Certains libellés BD Carthage ont été changés en indiquant plutôt les noms des principales rivières côtières. Certains sous-secteurs ont été regroupés selon des critères de superficie (exemple : L'Etier de Billiers de sa source à la mer & côtiers, entité NV2 K17B) et de continuité des cours d'eau (exemples : Trieux, Aulne, Odet, Scorff, Blavet, Oust, Aff...). On rappelle que certaines entités NV2 ont été constituées en séparant certains affluents des principaux cours d'eau en utilisant les zones hydrographiques de la BD Carthage (exemples : de la Claie et de l'Arz pour l'Oust (entité NV2 K18C)).

62 entités NV3 de socle ont été obtenues (cf. illustration A23), dont 1 qui est située en dehors de la Bretagne et 2 qui bordent légèrement la région (superficie des 61 entités bretonnes de 114 à 3 930 km²). Ces entités ont été codifiées et le tableau multi-échelles a été complété.

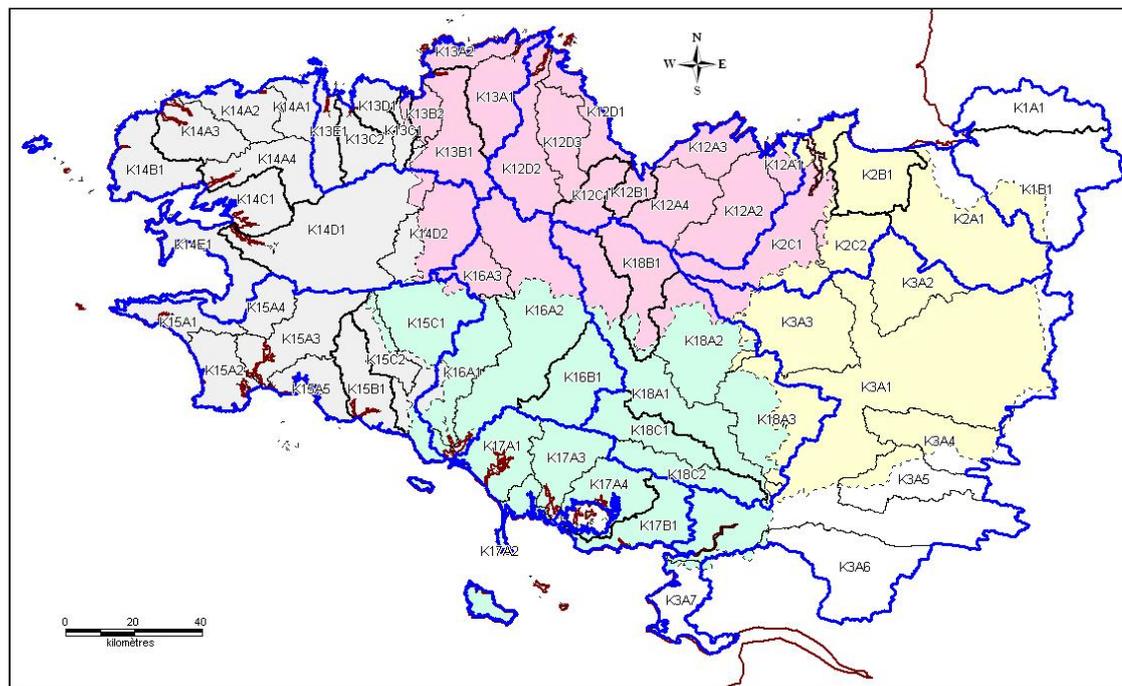


Illustration A23 - Entités de socle de niveau NV3 (région Bretagne)

4.2. Caractérisation de la géologie et de la nature des entités NV3

Le niveau NV3 est ensuite renseigné en prenant en compte les différentes formations géologiques et leurs potentialités aquifères.

La caractérisation des entités au niveau NV3 a nécessité 4 étapes de traitement détaillées ci-dessous.

4.2.1. Préparation des contours géologiques au 1/50 000

Les cartes géologiques harmonisées de 3 des 4 départements de Bretagne (29, 35 et 56 ; contours précis à l'échelle du 1/50 000) et les notices des cartes géologiques au 1/50 000 ont été prises en compte. En raison d'une absence de disponibilité de carte géologique harmonisée (à fin avril 2010), les contours du 22 se baseront sur la carte géologique synthétique au 1/250 000.

Dans chaque carte harmonisée, tous les contours des formations de socle ont été sélectionnés (formations de socle : CODE>36 pour le 29, CODE>40 pour le 56, et CODE>70 pour le 35). Les contours alluviaux et sédimentaires sont traités séparément.

Au niveau des entités de niveau NV3, un recouvrement peut exister : quand elles existent, les altérites sont situées au-dessus de l'horizon fissuré des roches de socle (ces deux couches sont potentiellement aquifères). Comme ces altérites n'ont été levées que sur certaines cartes géologiques et sur la base de connaissances anciennes hétérogènes (cf. illustration A24), ces formations ne peuvent faire l'objet d'un traitement abouti au niveau NV3.

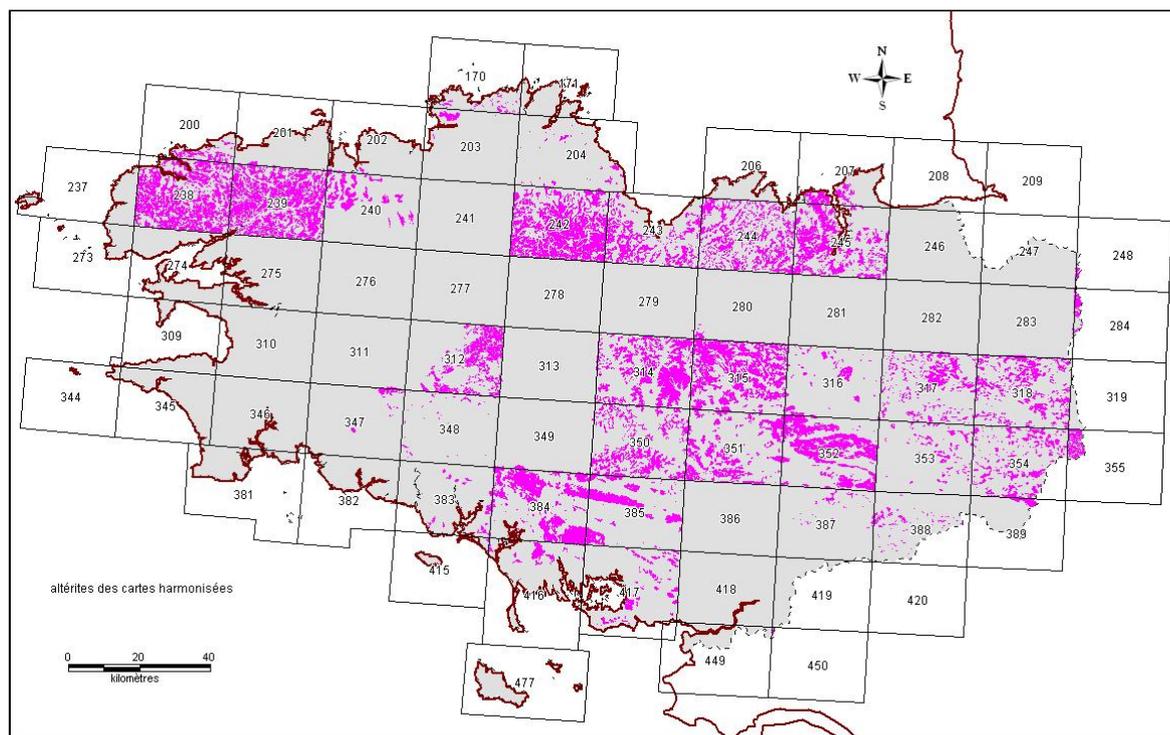


Illustration A24 - Cartographie des altérites sur les départements étudiés, à partir des informations des cartes géologiques harmonisées

Les altérites ont fait l'objet de levés détaillés à l'échelle 1/50 000 lors de plusieurs études hydrogéologiques menées par le BRGM entre 1998 et 2008⁸ (voir liste en bibliographie et cf. illustration A25). Ces altérites apparaissent dans le référentiel hydrogéologique BD LISA comme une surcouche, considérée comme un « niveau 0 » (NVO).

Les altérites présentent pourtant un intérêt non négligeable sur le plan hydrogéologique en domaine de socle. L'amélioration de la connaissance de ces formations (lever homogène à l'échelle départementale) permettrait de compléter la BD LISA mais aussi de mieux appréhender les ressources en eau souterraine de socle.

⁸ Etudes hydrogéologiques sur les secteurs : Rade de Brest (29), Yar (22), Horn (29), Coët-Dan (56), Dourduff (29), Oust (56), Yvel (56), Maudouve et Noë Sèche (22), Nançon (35), Echelles (35), Guessant (22), Urne (22), et Bizien (22) (cf. liste en bibliographie)

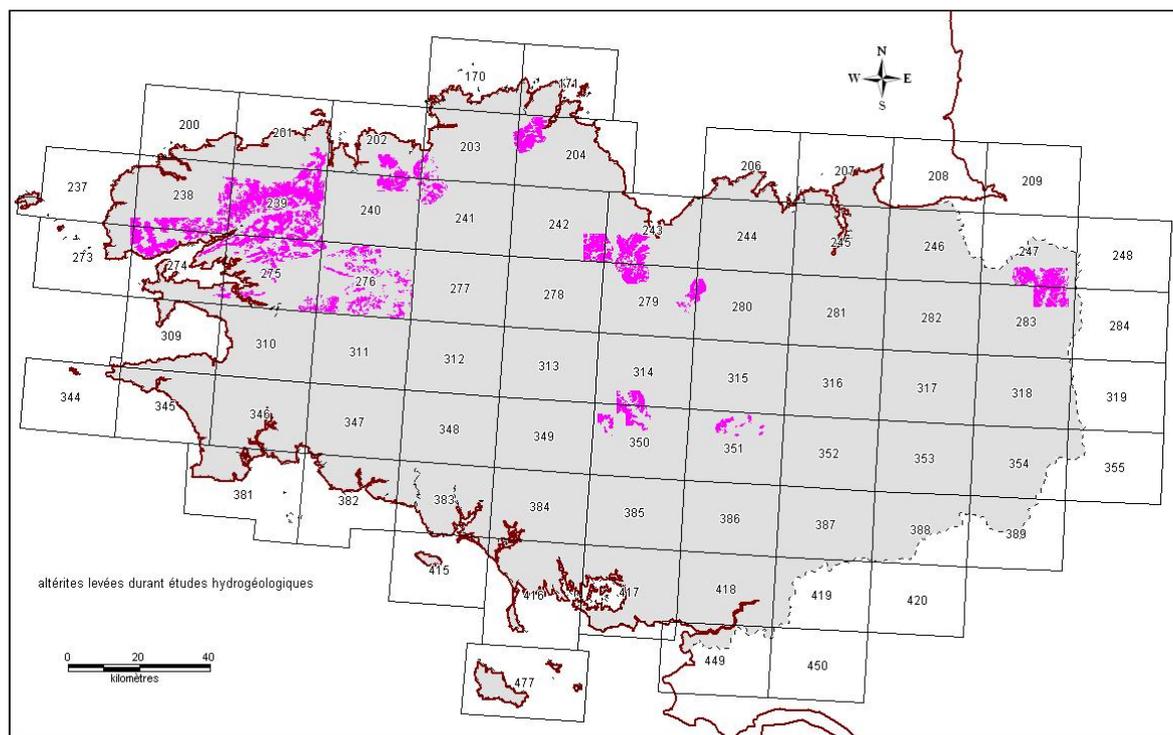


Illustration A25 - Cartographie des altérites sur les départements étudiés, à partir des informations des études hydrogéologiques

4.2.2. Utilisation de la carte géologique synthétique au 1/250 000 et caractérisation de la nature aquifère des formations géologiques

202 formations géologiques de socle distinguées sur les départements bretons⁹ ont été sélectionnées.

Ces formations géologiques (champ FORMATION_MASSIF_SERIE) appartiennent à 40 ensembles lithostratigraphiques et tectono-métamorphiques, appelés « Unités ou Batholites » (champ UNITE_BATHOLITE). Ces ensembles sont situés dans 10 segments de croûte terrestre, appelés « Domaines » (champ DOMAINE), qui ont suivi des évolutions paléogéographique et paléotectonique communes. Cet assemblage est visible dans le tableau ci-dessous.

⁹ Comme cela a été réalisé dans le cadre du projet SILURES Bretagne et en raison de l'importante superficie de la Formation de la Mayenne (schistes du Briovérien), cette formation est divisée en deux de part et d'autre de la faille de Quessoy Nort-sur-Erdre.

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Loire-Bretagne. Délimitation des entités hydrogéologiques en Bretagne et en Pays-de-la-Loire

Domaines (DOMAINE)	Unités (UNITE_BATHOLITE)	Formations (FORMATION_MASSIF_SERIE)	Codes carte harmonisée 29	Codes carte 56	Codes carte 35	Codes carte 22	
Domaine cadomien nord-breton (Saint-Brieuc-Trégor)	CHAMP FILONNIEN DOMNONÉEN UNITE DE GUINGAMP	Champ domnonéen	filons				
		Formation de Guénézan					
	UNITE DE SAINT-BRIEUC	Formation de Guingamp					
		Formations d'Yffiniac et Belle-Isle					
		Massif de Pédernec					
		Massif de Ploufragan					
		Massifs de Plouisy et de Pabu					
		Massifs de Saint-Brieuc et Saint-Fiacre					
		Formation de Lanvollon					
		Formations de Binic et du Minard					
		Massif d'Hillion					
		Massif de Planguénoual					
	UNITE DU TREGOR	Massif de Pont-Morvan					
		Massifs de Coëtmeux, Plouha et Pontrieux					
		Massifs de Saint-Onay, Squillac et Saint-Alban					
		Stocks de Beg-ar-Forn, Kéralain et du Tauret	petit				
		Champ nord-trégorois	filons				
		Formation de la Roche-Derrien	382-383-384-385-386-387-388				
		Formation de Lannion	390-391				
		Formation de Loguivy	filons				
Formation de Paimpol		147-389					
Formation de Tréguer		392-393-394					
autres	Massif nord-trégorois						
	Massifs de Trébeurden et Locquirec	190					
Domaine varisque du Pays de Léon (Brest)	UNITE DE LESNEVEN	Formation de Lesneven	167-168-169-170-173-179-180-247				
		Formations du Horn et de l'Aber Benoit	245-248-250				
	UNITE DU CONQUET	Formations de l'Aber Wrach et d'Ouessant	172-177				
		Formations du Conquet et de la Penzé	174-175-176-178-181				
	autres	Complexe de Plouguerneau	66-243-244-246-249				
		Faisceau filonien de Kerfome	filons				
		Faisceau filonien de Melon	filons				
		Faisceau filonien du Bas-Léon	filons				
		Massif de Brest	73-77-182-183-186				
		Massif de Kersaint	64-65				
		Massif de l'Aber Ildut	38-39-40-47-48-148				
		Massif de Lannilis	249				
		Massif de Lescondan-Coulven	43-44				
		Massif de Plouescat-Brignogan	49-50-51-52-137				
		Massif de Porzguen-Lampaul	67-70-71				
		Massif de Roscoff	54-55-56-57-58-59-135				
		Massif de Saint-Renan	62				
		Massif de Sainte-Catherine	45				
		Massifs de Ploudalmézeau et Kernilis	41-42-68-69-140-251-252				
		Massifs de Trégana, Ploudaniel et Kernic	60-61-63-72-74-76				
Massifs de Tréglonou et de Plounevez	171-185						
Domaine cadomien normano-breton (St Malo-Fougères)	BATHOLITE MANCELLIEN	Massif de Bonnemain - type Lanhélin (ss cordéri)			LITHOTEC-72		
		Massif de Saint-Helen					
		Massifs de Bonnemain et Fougères - type Louigné					
		Massifs de Vire, Athis, Avranches, la Ferté-Macé, Stocks tardi-batholite					
	CHAMP FILONNIEN MANCELLIEN UNITE DE FOUGERES	Champ mancellien				431-44	
		Formation de Port Saint-Hubert				LITHOTEC	
	UNITE DE SAINT-MALO	Formations de Fougères et de Granville					
		Formations de Fougères et Granville					
	UNITE DU MAINE	Formation de Langrelay				LITHOTEC (U. de St Malo et U. de St-Malo)-45	
		Formation de Saint-Malo	petit				
		Formations de la Fresnaye et de la Terrette					
		Formations de Lamballe et de Saint-Lô	petit				
		Phtanites de Lamballe et Saint-Lô					
		Formation du Pont-de-Caen					
	autres	Formations de Pissot et de May					
		Massifs de Lamballe, Cancale et Saint-Cast					
		Massifs de Tréguen, Brée, Ernée et Louzes					
	Domaine varisque médio-armoricain occidental (Châteaulin)	BATHOLITE DE HUELGOAT-PLOUARET-PLOUENOUR	Enclave basique précoce - faciès Lanvellec	petit			
			Filons et stocks tardi-batholite dans les massifs	rattachés aux Massifs			
Massif de Bégard							
Massif de Loguivy-Plougras			85 (carte29)				
BATHOLITE DE PLOUMANACH ET DE LA BAIE DE MORLAIX		Massif de Tonquédec					
		Massifs de Guerlesquin, Bemien et Commana	84-116-117				
		Massifs de Huelgoat, le Ponthou et Plouneour	83-86-114-115-143				
		Enclave basique précoce - faciès Sainte-Anne	petit				
BATHOLITE MEDIO-ARMORICAIN		Massif de Ile Grande	petit				
		Massif de Ploumanach					
		Massifs de Carantec, Trégastral, Lanmeur et Yaudet	93(carte29)-94-166				
		Filons et stocks tardi-batholite dans les massifs					rattachés aux Massifs
UNITE DE CHATEAULIN		Massif de Quintin					
		Massifs de Plesidy-Leslay					
		Massifs de Moncontour et Dinan					
		Formation de Cartravers	262-272				
		Formation de Keroch	269-268-270-271-274-276-278				
		Formation de la Baie de Douarnenez	159-163-374-375-376-380				
		Formation de Lohuec	308-309-310-311				
		Formation de Plougastel	331-344		182-184		
	Formation de Pont-de-Buis	152-260-261-263-265-266-267					
	Formation de Postolnec	164-357-358-359-360-361					
	Formation du Cap-de-la-Chèvre	372-373		216			
	Formation du Grès armoricain	365-366-367-368-369-370		210			
UNITE DE MORLAIX-ELORN	Formations de Kermeur, Rosan et Cosquer	164-346-353-354-355-356					
	Formations de Porsquen, Traonlors et Bolazec	285-286-288-289-290					
	Formations de Postolnec et Kermeur	308-345-350-353-357-362		208			
	Groupe de Saint-Goazec	273-281-282-283-284					
	Groupes de Kerguillé et de Guernic	335-336-337-339-340-341		188-193-203			
	Groupes de Landevennec et Seillou-Guendré	307-309-311-313-314-315-316-317-318-319-320-321-322-325-326-327-328-329-330-395-396		180-181			
	Groupes de Traon et de Fréau	161-291-292-293-295-296-297-298-299-300-301-302-303-304-305-306-312-324					
	Formation de l'Elorn	374-381					
	Formation de Morlaix	278-279-280-287					
	Formation du Château-du-Mur	323					
autres	Groupe de la Roche-Maunce	334-344-351-363-371					
	Groupe de Plouigneau	328-331-333-342-343					
	Massif de Saint-Jean-du-Doigt	80-81-88-90-91-309					
	Massif de Runiou-Corniou	69					
	Massifs de Bannenez-Pleslin	310					
	Massifs de Ploum-Ploumilliau	831					
Massifs de Plouvenneuc et Keréven	187						
Massif de Loch Ervel	188						
Filons et stocks du bassin de Châteaulin	79-87-138-141						

Illustration A26 - Domaines, Unités et Formations géologiques à 1/250 000 sur les départements 22-29-35-56 (Page 1/2)

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Loire-Bretagne. Délimitation des entités hydrogéologiques en Bretagne et en Pays-de-la-Loire

Domaines (DOMAINE)	Unités (UNITE_BATHOLITE)	Formations (FORMATION_MASSIF_SERIE)	Codes carte harmonisée 29	Codes carte 56	Codes carte 35	Codes carte 22	
Domaine varisque médio-armoricain oriental (Laval)	UNITE DE LAVAL	Formation de Saint-Germain-sur-Ille	sur 2 Unités		132l		
		Formation de Saint-Pierre-la-Cour			208		
	UNITE DU MENEZ-BELAIR	Formations de la Lande-Murée et du Val	sur 2 Unités			129l-130l	
		Formation des calcaires de Laval				207	
		Formation de Gahard				128	
		Formation de Saint-Germain-sur-Ille	sur 2 Unités			131-132l	
		Formations de Bois-Roux et de la Foulerie				124-125-126-127	
		Formations de la Lande-Murée et du Val	sur 2 Unités			129l-130l-135	
		Formations des Marettes et de la Rabine	petit			120	
		Formations du Grès armoricain et d'Andouillé				71-133l-134l	
Domaine varisque de Bretagne centrale (Rennes)	UNITE DE BRETAGNE CENTRALE	Formations du Grès armoricain, Andouillé et Saint-Groupe d'Ereac			118-119		
		Groupe de Bosquen			121-122-123		
	UNITE DU SUD DE RENNES	Auréole thermique du massif de Rostrenen		109			
		Formation de Bretagne centrale		227			
		Formation de la Mayenne (Est faille Quessoy)		idem ci-dessous avec découpage Est faille			
		Formation de la Mayenne (Ouest faille Quessoy)	376l-377-378-379	89-91-92-96-101-222-223-224l-225-226-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-243		LITHOTEC	
		Formations du Faouët et de Plouguenast	191-196-197-198-199-200-201-203	87-97-105-110-111-112-224l-226-229			
		Formation d'Argentré	petit			162	
		Formation de Pont-Réan		212-213-214-215-244		179-181-182-183-184-185	
		Formation de Marsac (Formation de Réminiac 250)		242		180	
Formation de Riadan-Renazé			201-202		168-169-170-171		
Formation de Traveusot			209		172-173-174		
autres	Formation du Grès armoricain		210		175-176-177-178		
	Formations de la Chesnaie et de Poligné			194	163-164-165-166-167		
	Champs d'Argentré et d'Origné	petit					
	Champs de Cesson et de Bais				136-140-141-142		
	Massif de Douarnenez	104-105					
	Massif de Langonnet		45				
	Massif de Ménéac		53				
	Massif de Plélauf		50				
	Massif de Plouguenast						
	Massif de Saint-Guénou						
Domaine varisque ligéro-séan (Quimper-Angers)	UNITE DE SAINT MARS-LA-JAILLE	Formation de Redon					
		Formation de Saint-Perreux		183-198-200-204l-205-206-207l-211l-221		LITHOTEC	
	UNITE DE SAINT-GEORGES-SUR-LOIRE	Formation de Fégréac			186-187-189-190-195-197		
		Formation de la Romme		191			
	UNITE DE SAINT-JULIEN DE VOUVANTES	Formation de Saint-Marcel			199		
		Formations d'Erbray, de Vern et d'Angers	petit			LITHOTEC	
	UNITE DES LANDES DE LANVAUX	Formations de Renac et de Bois-Neuf	sur 2 Unités		185-192-196		
		Formation de Bains-sur-Oust			217-218-219-220	186-187-188-189	
	(Unité de Péaule)	Formations du Grand Auverné			absente	absente	
		Formations de Renac et de Bois-Neuf	sur 2 Unités				
Formation d'Éliant		209		123			
Formation de Béganne				204l-207l-210l-211l			
Formation de Missillac				118l			
Formation de Pluvigner		121		173-174			
Formation de Saint-Dolay				113-114l-115l			
Formation du Guern				114l-115l-116			
autres		Formation de Kergonne	258-259				
		Diorite du Meneg et de Lokunolé	206				
Domaine varisque nantais (Nantes-Cholet)	UNITE DE CHAMPTOCEAUX	Formation de Redon					
		Formation de Saint-Perreux					
	autres	Massif de Orvault-Mortagne-Châteaumur			118l		
		Enclave de Port Manec'h	238				
		Formation de Languidou	avec F. de Penhors (U. d'Audierne)				
		Formation de Lanmeur-Cosquer	239-240				
		Formation de Moëlan	224-241		159		
		Formation de Nizon-Quimperlé-Tréauray-Roguedas-Arzal	223		133-160-162-177		
		Formations de Pouldohan et Pénestin	233-234-235-236-237-254-257		130		
		Formation de Penhors	210-211				
Formation de Peumerit	214-215						
Formation de Ty-Lann	212-213						
Domaine sud-armoricain breton (Quimper-Vannes)	ORTHOGNEISS SUD-ARMORICAINS	Formation de la Vilaine			152-153-154-155-156-157-158		
		Formation des Porphyroïdes	petit		125-126-127-129-131-132-136-137-138-142-145-147-150		
	UNITE D'AUDIERNE	Formation du Moustoir	petit		139-140-141-143-144-148-149		
		Formation de Kervignac	pas dans 29		128		
	UNITE DE GROIX-CENE	Formation de Muzillac	253-256		163-178		
		Formation de Nizon-Quimperlé-Tréauray-Roguedas-Arzal	dans U. Orthogneiss Sud-Armoricains		95-134-135-179-245		
	UNITE DE SAINT-GILLES ET DE LA VILAINE	Formation de Ty-Lann	pas dans 29		169-170-171-172		
		Formation de Merrien	230-231-398-400		88-164-165-166-167		
	UNITE DE SAINT-NAZAIRE	Formation de Nerly	227-228-229		168		
		Formation de Raguenez	232				
UNITE DU POULDU	Formation de Tréogat	216-220					
	Formation de Trunvel	217-226					
autres	Formation du Pouldu	401-402					
	Massif de Baye	126					
	Massif de Camac			70-74-75-76-82-90-103-175			
	Massif de Guidel	399-403		77-78-81			
	Massif de Plouhinec-Pluguffan-Plumergat	118-120-133-151-381l		68-69			
	Massif de Sainte-Anne-d'Auray			73			
	Massifs de Plonéour et Saint-Joseph	218-222					
	Massifs de Pont-l'Abbé, Ploemeur, Quiberon et Guérande	123-127-130		71-72-79-80-176			
	Massifs de Quimper et Plomelin	124-125-255					
	Massifs de Trégunc et de Riec	128-129					
Ultramytonites	202-221		120-121				

Illustration A26 - Domaines, Unités et Formations géologiques à 1/250 000 sur les départements 22-29-35-56 (Page 2/2)

Au niveau de la délimitation des contours géologiques qui permettent de caractériser les entités NV3, les Unités ou Batholites seront considérées comme les entités de base.

Les forages de la Banque du Sous-Sol (BSS) implantés sur la région Bretagne en zone de socle et renseignés par le débit instantané obtenu en fin de foration (12 127 forages) ont été extraits. Ces forages ont été superposés sur les 202 formations géologiques de socle de la carte au 1/250 000.

117 formations ont une superficie suffisante pour être renseignées par au moins 20 forages (9 983 forages sont utilisés).

A l'aide des informations des forages (profondeur et débit instantané de l'ouvrage), des statistiques simples sont établies et chaque formation est caractérisée par :

- le pourcentage de forages ayant fourni un débit instantané au moins égal à $10 \text{ m}^3/\text{h}$ (critère considéré comme une image des probabilités de succès),
- débit moyen du quartile supérieur, ou moyenne des débits des 25 % « meilleurs forages » (paramètre représentatif de la perméabilité des axes de drainage souterrain),
- un indice global défini par le produit des deux paramètres précédents,
- et un indice de productivité défini par le rapport : débit moyen des forages sur profondeur moyenne des forages (débit instantané moyen par mètre foré).

L'indice global est fréquemment utilisé pour déterminer l'intérêt hydrogéologique des formations de socle (cf. par exemple le rapport BRGM/RP-55001-FR).

Sur 13 formations d'extension interrégionale (régions Pays-de-la-Loire et Bretagne), les statistiques ont été approfondies grâce à 721 forages de Pays-de-la-Loire.

L'illustration A27 présente les résultats de ces statistiques pour chaque formation géologique rencontrée en région Pays-de-la-Loire.

Formation géologique 1/250 000	Statistiques sur la région Bretagne					Statistiques sur les régions Pays-de-la-Loire et Bretagne				
	Nombre de forages	% de forages ≥ 10 m ³ /h	Débit moyen du meilleur quartile (m ³ /h)	Indice global	Q/P moyen (m ³ /h/m)	Nombre de forages	% de forages ≥ 10 m ³ /h	Débit moyen du meilleur quartile (m ³ /h)	Indice global	Q/P moyen (m ³ /h/m)
Complexe de Plouguerneau	31	12.9%	13.1	1.7	0.143					
Formation de Bains-sur-Oust	93	22.6%	23.5	5.3	0.165	122	23.0%	22.8	5.2	0.155
Formation de Fégréac	6	-	-	-	-	21	23.8%	16.4	3.9	0.105
Formation de Gahard	24	8.3%	9.4	0.8	0.060					
Formation de Guingamp	29	31.0%	19.6	6.1	0.146					
Formation de Kerroc'h	35	25.7%	24.0	6.2	0.189					
Formation de Kervignac	24	25.0%	12.0	3.0	0.106					
Formation de la Baie de Douarnenez	47	10.6%	12.2	1.3	0.115					
Formation de la Mayenne (Est faille Quessoy)	779	29.7%	18.3	5.4	0.126	932	31.4%	21.2	6.7	0.142
Formation de la Mayenne (Ouest faille Quessoy)	837	24.4%	16.8	4.1	0.121					
Formation de la Roche-Derrien	32	12.5%	9.2	1.1	0.105					
Formation de la Vilaine	40	15.0%	14.3	2.1	0.107					
Formation de Langrolay	55	45.5%	33.8	15.3	0.210					
Formation de Lanneur-Cosquer	31	3.2%	7.1	0.2	0.055					
Formation de Lannion	24	33.3%	17.0	5.7	0.162					
Formation de Lanvollon	139	46.0%	28.1	12.9	0.189					
Formation de l'Elorn	61	29.5%	29.9	8.8	0.188					
Formation de Lesneven	225	42.2%	24.7	10.4	0.239					
Formation de l'Île de Groix	35	8.6%	9.7	0.8	0.093					
Formation de Merrien	37	0.0%	6.3	0.0	0.077					
Formation de Moëlan	49	6.1%	9.4	0.6	0.080					
Formation de Morlaix	34	41.2%	25.8	10.6	0.176					
Formation de Muzillac	87	14.9%	14.8	2.2	0.111	111	15.3%	16.1	2.5	0.114
Formation de Nerly	30	10.0%	9.4	0.9	0.120					
Formation de Nizon-Quimperlé-Tréauray-Roguedas-A	85	21.2%	18.2	3.9	0.141					
Formation de Paimpol	52	51.9%	58.3	30.3	0.384					
Formation de Penhors	28	35.7%	26.1	9.3	0.167					
Formation de Plougastel	168	17.9%	16.8	3.0	0.129					
Formation de Plouguenast	56	33.9%	27.4	9.3	0.144					
Formation de Plourivo	39	23.1%	17.5	4.0	0.104					
Formation de Pont-de-Buis	408	14.7%	15.3	2.2	0.115					
Formation de Pont-Réan	82	20.7%	16.1	3.3	0.103					
Formation de Port Saint-Hubert	30	36.7%	32.5	11.9	0.225					
Formation de Riadan-Renazé	40	25.0%	13.7	3.4	0.149					
Formation de Saint-Dolay	31	16.1%	13.0	2.1	0.100					
Formation de Saint-Germain-sur-Ille	56	25.0%	27.1	6.8	0.136	70	22.9%	24.6	5.6	0.131
Formation de Saint-Malo	259	41.3%	25.3	10.5	0.168					
Formation de Saint-Perreux	24	4.2%	7.5	0.3	0.072	40	20.0%	15.8	3.2	0.112
Formation de Traveusot	71	18.3%	12.5	2.3	0.098	81	21.0%	14.4	3.0	0.102
Formation de Tréguier	33	39.4%	38.6	15.2	0.233					
Formation de Trunvel	23	17.4%	17.7	3.1	0.106					
Formation d'Elliant	21	4.8%	10.0	0.5	0.079					
Formation du Faouët	219	14.2%	13.2	1.9	0.109					
Formation du Grès armoricain	223	33.2%	29.1	9.6	0.196	238	33.6%	33.0	11.1	0.210
Formation du Guerno	29	27.6%	20.6	5.7	0.172					
Formation du Morbihan	37	10.8%	10.7	1.2	0.103					
Formations de Binic et du Minard	54	25.9%	18.7	4.9	0.156					
Formations de Fougères et de Granville	263	38.4%	26.7	10.2	0.223	295	36.6%	25.1	9.2	0.208
Formations de Fougères et Granville	245	49.8%	38.0	18.9	0.250	371	44.7%	34.7	15.5	0.221
Formations de la Lande-Murée et du Val	29	13.8%	13.8	1.9	0.095	61	11.5%	12.2	1.4	0.070
Formations de Lamballe et de Saint-Lô	223	39.9%	22.0	8.8	0.183					
Formations de Porsguen, Traonlions et Bolazec	22	9.1%	9.8	0.9	0.067					
Formations du Conquet et de la Penzé	123	38.2%	26.6	10.2	0.221					
Formations du Grès armoricain et d'Andouillé	26	19.2%	21.2	4.1	0.114					
Groupe de Plouigneau	87	34.5%	29.0	10.0	0.226					
Groupe de Saint-Goazec	34	29.4%	13.0	3.8	0.128					
Groupes de Landevennec et Seillou-Guendaré	101	31.7%	23.3	7.4	0.154					
Groupes de Traon et de Fréau	62	19.4%	19.7	3.8	0.124					
Massif de Baye	25	0.0%	5.3	0.0	0.053					

Illustration A27 - Résultats de l'approche statistique (région Bretagne) (page 1/2)

Formation géologique 1/250 000	Statistiques sur la région Bretagne					Statistiques sur les régions Pays-de-la-Loire et Bretagne				
	Nombre de forages	% de forages ≥ 10 m ³ /h	Débit moyen du meilleur quartile (m ³ /h)	Indice global	Q/P moyen (m ³ /h/m)	Nombre de forages	% de forages ≥ 10 m ³ /h	Débit moyen du meilleur quartile (m ³ /h)	Indice global	Q/P moyen (m ³ /h/m)
Massif de Bégard	62	22.6%	24.8	5.6	0.126					
Massif de Bonnemain - type Lanhélin (ss cordiéri)	59	22.0%	26.4	5.8	0.179					
Massif de Brest	114	33.3%	24.3	8.1	0.221					
Massif de Brignogan	48	29.2%	18.8	5.5	0.143					
Massif de Carnac	177	11.9%	10.8	1.3	0.089					
Massif de Dinan	33	6.1%	12.2	0.7	0.063					
Massif de Douarnenez	26	19.2%	24.0	4.6	0.133					
Massif de Ergué-Languidic	78	26.9%	23.0	6.2	0.160					
Massif de Guidel	76	9.2%	8.9	0.8	0.086					
Massif de Kerlouan	45	11.1%	10.7	1.2	0.155					
Massif de Kersaint	210	25.2%	15.7	4.0	0.211					
Massif de l'Aber Ildut	96	27.1%	22.5	6.1	0.185					
Massif de Langonnet	28	10.7%	9.9	1.1	0.097					
Massif de Lamillis	35	31.4%	25.0	7.9	0.270					
Massif de Lanvaux	96	7.3%	8.2	0.6	0.066					
Massif de Lizio	63	9.5%	9.1	0.9	0.077					
Massif de Ménéac	20	20.0%	14.4	2.9	0.103					
Massif de Moncontour	70	25.7%	18.8	4.8	0.110					
Massif de Ploemeur	29	20.7%	14.1	2.9	0.088					
Massif de Ploufragan	31	22.6%	17.6	4.0	0.118					
Massif de Plouguenast	21	14.3%	13.0	1.9	0.100					
Massif de Plouhinec	92	19.6%	24.6	4.8	0.185					
Massif de Ploumanac'h	31	12.9%	18.2	2.4	0.083					
Massif de Pluguffan	86	24.4%	20.6	5.0	0.173					
Massif de Plumergat	42	19.1%	11.9	2.3	0.108					
Massif de Pont-l'Abbé	136	12.5%	13.1	1.6	0.112					
Massif de Port-Morvan	39	30.8%	25.2	7.8	0.162					
Massif de Questembert	134	15.7%	11.7	1.8	0.104					
Massif de Quintin	105	16.2%	14.8	2.4	0.096					
Massif de Roscoff	30	20.0%	25.5	5.1	0.196					
Massif de Sainte-Anne-d'Auray	106	13.2%	13.0	1.7	0.099					
Massif de Saint-Helen	30	46.7%	33.3	15.5	0.263					
Massif de Saint-Jean-du-Doigt	33	33.3%	34.0	11.3	0.262					
Massif de Saint-Renan	107	43.0%	32.0	13.8	0.278					
Massif de Tonquédec	29	17.2%	13.2	2.3	0.079					
Massif nord-trégorrois	61	44.3%	26.7	11.8	0.214					
Massifs de Barnenez-Plestin	20	25.0%	19.0	4.8	0.192					
Massifs de Bonnemain et Fougères - type Louvigné	153	31.4%	25.0	7.8	0.167					
Massifs de Carantec, Trégastel, Lanmeur et Yaudet	29	24.1%	18.2	4.4	0.111					
Massifs de Coëtmeux, Plouha et Pontrieux	57	19.3%	14.7	2.8	0.103					
Massifs de Gerlesquin, Berrien et Commana	27	18.5%	23.9	4.4	0.154					
Massifs de Huelgoat, le Pothou et Ploumécour	50	16.0%	16.1	2.6	0.146					
Massifs de Lamballe, Cancale et Saint-Cast	29	24.1%	17.8	4.3	0.118					
Massifs de Locronan, Steir	90	16.7%	17.6	2.9	0.131					
Massifs de Plouéour et Saint-Joseph	37	24.3%	16.7	4.1	0.125					
Massifs de Ploudalmézeau et Kernilis	93	23.7%	17.9	4.2	0.135					
Massifs de Plougouven et Keréven	57	28.1%	22.4	6.3	0.151					
Massifs de Plouisy et de Pabu	52	32.7%	16.2	5.3	0.124					
Massifs de Quiberon et Guér	39	10.3%	11.4	1.2	0.089	58	13.8%	13.4	1.9	0.083
Massifs de Quimper et Plomelin	29	34.5%	26.5	9.1	0.220					
Massifs de Rostrenen, Croisty	62	21.0%	17.2	3.6	0.137					
Massifs de Saint-Quay, Squiffec et Saint-Alban	56	42.9%	20.4	8.8	0.147					
Massifs de Scaer, Pontivy, Séglien, Odet, L	178	12.4%	12.1	1.5	0.104					
Massifs de Trégana, Ploudaniel et Kernic	24	29.2%	18.8	5.5	0.174					
Massifs de Tréglonou et de Plouvéz	115	52.2%	24.4	12.7	0.243					
Massifs de Trégunc et de Riec	36	8.3%	15.0	1.2	0.070					
Massifs de Vire, Athis, Avranches, la Ferté-Macé,	158	26.0%	23.7	6.1	0.151	394	34.5%	33.5	11.6	0.206
Massifs du Pertre et de Craon	22	13.6%	15.5	2.1	0.131					

Illustration A27 - Résultats de l'approche statistique (région Bretagne) (page 2/2)

La nature aquifère (ou pas) des formations a été déterminée en fonction des deux paramètres suivants : débit moyen du quartile supérieur et indice de productivité. Le tableau ci-dessous précise les gammes retenues.

	Classes	Qmoy meilleur 1/4 (m3/h)	Q/P moyen (m3/h/m)	Nature entité
	1	≥ 30	≥ 0.2	Unité aquifère
	2	20-30	0.14-0.2	Unité aquifère
	3	15-20	0.11-0.14	Unité semi-perméable
	4	11-15	0.09-0.11	Unité semi-perméable
	5	< 11	< 0.09	Unité imperméable

Illustration A28- Nature des entités en fonction des gammes de débit moyen du quartile supérieur et d'indice de productivité

On peut nuancer le caractère « imperméable » de certaines unités. En effet, le travail mené ici consiste à caractériser la nature des aquifères de socle en comparaison avec les autres aquifères nationaux. La perméabilité des formations de socle est faible par rapport aux formations sédimentaires (bassin Parisien et Aquitain par exemple), néanmoins les formations notées ici « imperméables » peuvent fournir localement des débits instantanés supérieurs à 20-30 m³/h.

Les résultats des formations renseignées par les forages (texte écrit en bleu dans le tableau des Domaines, Unités et Formations, illustration A26) montrent que :

- le comportement aquifère semble homogène au sein de 6 Unités (exemples : Unités de Fougères, de Morlaix-Elorn et Batholite Médio-Armoricain) ;
- sur 15 Unités (exemples : Unités de Saint-Brieuc, de Châteaulin, des Landes de Lanvaux, de Saint-Nazaire et Batholite de Huelgoat-Plouaret-Plounéour), les différences de comportement amènent à utiliser les formations géologiques comme contours géologiques permettant de caractériser les entités NV3 ;
- 12 Unités sont renseignées par une seule formation (exemples : Unités de Champtoceaux et de Groix-Céné) ;
- pour les 7 Unités restantes, la nature aquifère (ou pas) est estimée soit à partir de la seule formation renseignant l'Unité (souvent la plus importante en superficie) soit par ressemblance lithologique avec une Unité voisine.

Enfin, pour chaque formation géologique ou Unité ou Batholite où il n'est pas possible de caractériser sa nature (absence de forage, ressemblance lithologique difficile à établir...), elle est indiquée comme « inconnue » (41 entités géologiques).

A l'issue de cette étape, 159 entités géologiques à 1/250 000 (16 Unités/Batholites et 143 formations) sont caractérisées par leur nature aquifère (ou pas).

Les résultats obtenus ont été comparés avec plusieurs études bibliographiques (Rapports BRGM 93.04 et R38264, thèse A. CARN 1983, article scientifique R. WYNS et al. 2004 et notices des cartes géologiques à 1/50 000) dont les cartes de synthèse du projet SILURES Bretagne (Rapport BRGM/RP-56457-FR).

4.2.3. Création des entités géologiques à 1/50 000

Le traitement s'appuie jusqu'ici sur des contours géologiques au 1/250 000. En effet, seule cette carte synthétique permet d'avoir des formations géologiques interrégionales au format vecteur et de faire des sélections de forage sous SIG.

Or, les entités hydrogéologiques de niveau NV3 devant être caractérisées au 1/50 000, **une correspondance entre les cartes géologiques (harmonisées au 1/50 000 et**

synthétique au 1/250 000) a dû être établie. Celle-ci a pu être réalisée au 1/50 000 sur les départements 29-35-56 et au 1/250 000 sur le département 22 comme la carte géologique harmonisée n'était pas disponible.

Dans la carte harmonisée du 35, le champ « LITHOTEC » permet de rassembler les contours en Unités ou Batholites. Ce champ n'existe pas sur les cartes harmonisées du 29 et du 56, il faut alors rechercher un par un les codes associés à chaque Unité ou Batholite.

Les formations de 15 Unités (Unités de Saint-Brieuc, du Trégor, de Châteaulin, de Laval, du Menez-Belair, de Bretagne Centrale, du Sud de Rennes, des Landes de Lanvaux, de Péaule, de Saint-Gilles et de la Vilaine, de Saint-Nazaire, du Pouldu, Batholite de Huelgoat-Plouaret-Plounéour, de Ploumanac'h et de la Baie de Morlaix, et Orthogneiss Sud-Armoricains), sont détaillées en recherchant leurs codes (champ « CODE », cf. illustration A26). Les filons et les altérites sont rattachés à chaque entité dans laquelle ils se trouvent.

Pour finir, les entités des 4 départements de la région ont été assemblées.

De ce traitement résultent 159 entités géologiques à 1/50 000 (départements 29-35-56) et à 1/250 000 (département 22) (cf. illustration A29).

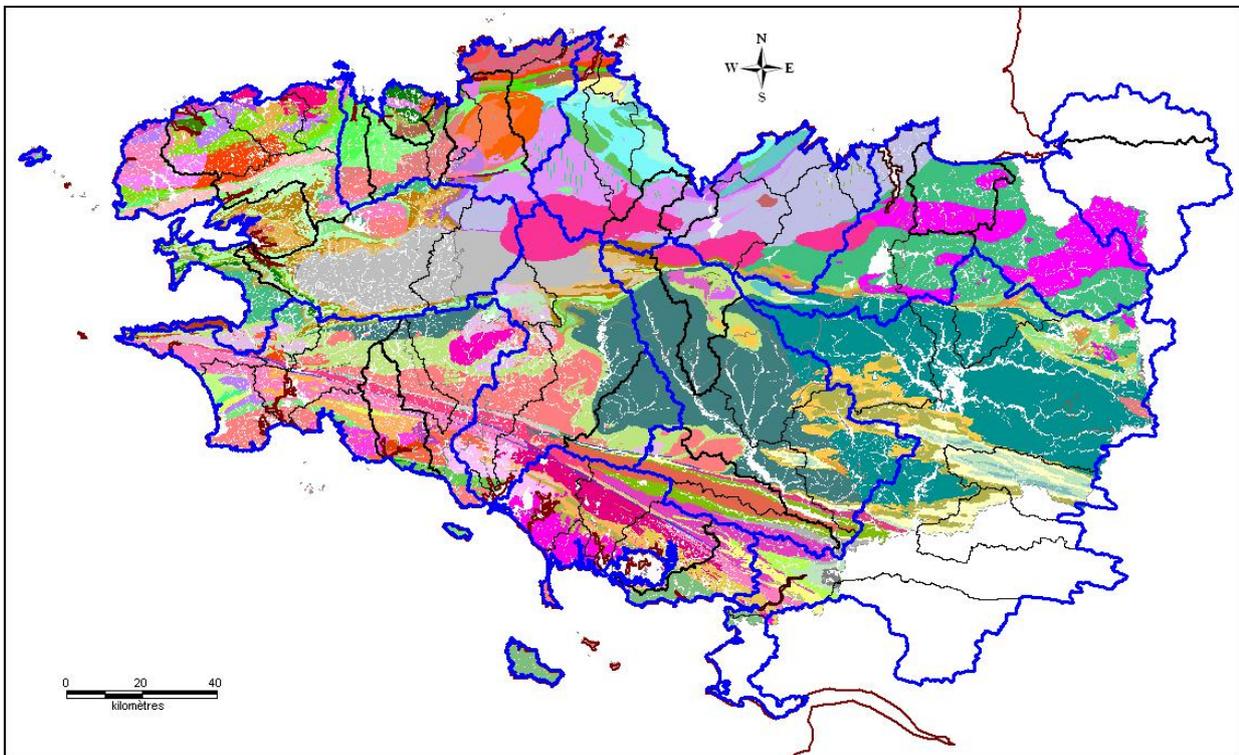


Illustration A29 - Entités géologiques sur les départements 22-29-35-56

4.2.4. Caractérisation des entités NV3 finalisées

Les 159 entités géologiques et les 62 bassins versants entités NV3 ont été utilisés.

Les pourcentages de superficie renseignée par les natures géologiques « aquifère, semi-perméable, imperméable et inconnue » ont été affectés à toutes les entités NV3 (injection de l'information hydrogéologique dans les bassins versants).

Remarque : des polygones étant non renseignés (exemple : absence de socle sous les alluvions), le total des pourcentages de chaque bassin n'atteint pas toujours les 100 %.

De la même façon, la lithologie des formations est affectée aux entités NV3 (injection de l'information géologie dans les bassins versants).

L'annexe 1-3 détaille et illustre le travail mené au cours des étapes de ce dernier traitement.

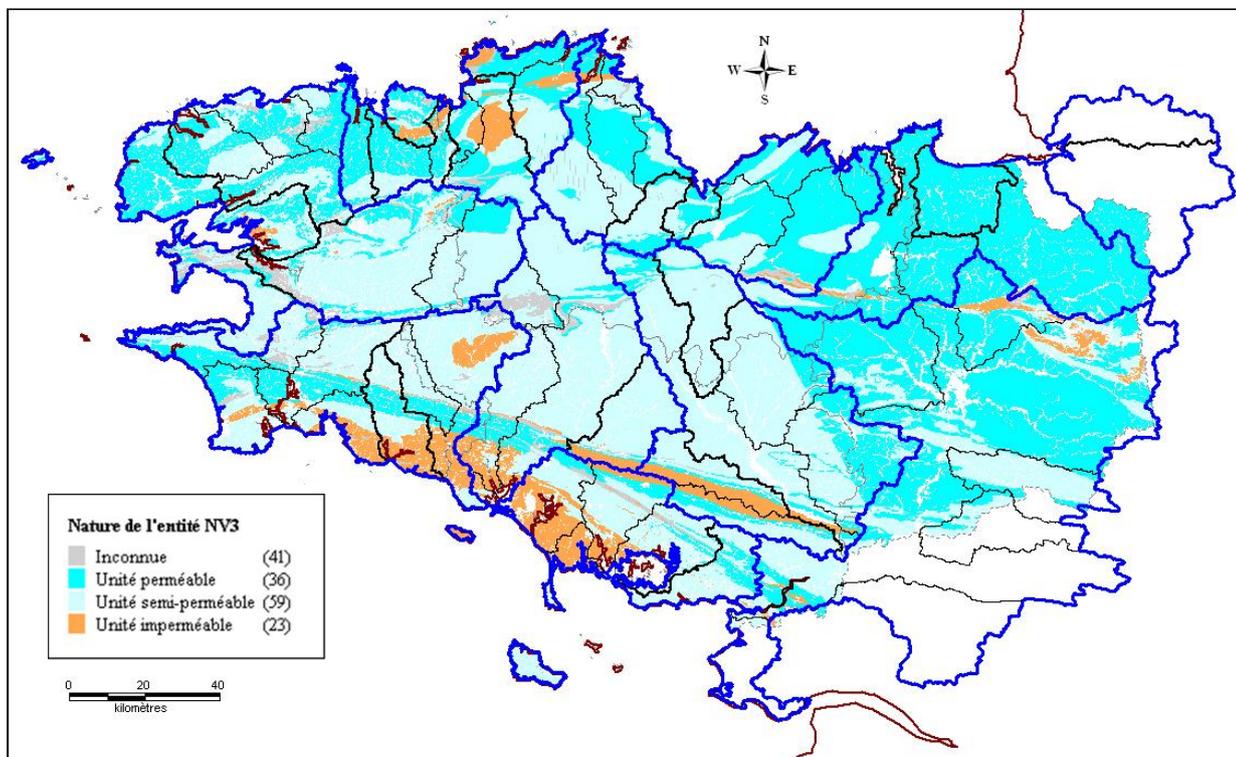


Illustration A30 - Cartographie de la nature des entités de socle de niveau NV3 (départements 22-29-35-56)

Références bibliographiques

1) Identification et délimitation des entités

A. CARN - Etude du gisement aquifère. Chapitre 3. In Contribution à l'étude hydrogéologique des volcanites du Trégor. Thèse : Sciences Naturelles. Soutenue le 24 Mai 1983 à Montpellier 172 p.

MOUGIN B., collaboration : CARN A., JEGOU J-P. et QUEMENER G. (2006) - SILURES Bretagne - Rapport d'avancement de l'année 4 - BRGM/RP-55001-FR - 61 p., 23 ill., 5 ann.

B. MOUGIN, D. ALLIER, R. BLANCHIN, A. CARN, N. COURTOIS, C. GATEAU, E. PUTOT, collaboration J-P. JEGOU, P. LACHASSAGNE, P. STOLLSTEINER et R. WYNS (2008) - SILURES Bretagne - Rapport final - Année 5 - BRGM/RP-56457-FR - 129 p., 37 ill., 7 ann. dont 2 planches.

PETIT V., HANOT F., POINTET T. - 2003 - Référentiel hydrogéologique BD RHF®. Guide méthodologique de découpage des entités. Rapport BRGM/RP-52261-FR

RABU D., CHANTRAINE J. et BECHENNEC F., 2001. Carte géologique du Massif Armoricaïn à 1/ 250 000. BRGM

H. TALBO (1993) - Aptitudes des formations géologiques de Bretagne à l'installation d'un centre technique d'enfouissement – Rapport BRGM 93.04

H. TALBO (1995) - Schéma régional d'alimentation en eau potable – Nouvelles ressources en eau souterraine potentiellement mobilisables – Rapport BRGM R38264

WYNS, R., J. M. BALTASSAT, P. LACHASSAGNE, A. LEGCHENKO, J. VAIRON and F. MATHIEU, Application of Magnetic Resonance Soundings for groundwater reserves mapping in weathered basement rocks (Brittany, France), Bulletin de la Société Géologique de France t. 175 (1) (2004) 21-34.

2) Bibliographie des bassins Cénozoïque de Bretagne

ARCHAMBAULT J. et LAMBLIN J-M. (BURGEAP) – 1971 – Ressources en eau des bassins tertiaires du bassin de la Vilaine – Rapport R.57 pour l'Agence financière du bassin Loire-Bretagne. 74 pages

L. BRUNEL (1971) - Etude hydrogéologique du Bassin de Bruz-Chartres – Rapport BRGM 71 SGN 003 BPL

L. BRUNEL et J. DEPAGNE (1973) - Etude hydrologique du Bassin Tertiaire de St Grégoire (Ille-et-Vilaine) – Rapport BRGM 73 SGN 213 BPL

L. BRUNEL et H. TALBO (1978) - Bassin tertiaire de Saint Aubin d'Aubigné (Ille-et-Vilaine) – Rapport BRGM 78 SGN 266 BPL

L. BRUNEL et H. TALBO (1978) - Bassin tertiaire de Médréac (Ille-et-Vilaine) – Rapport BRGM 78 SGN 267 BPL

L. BRUNEL et H. TALBO (1978) - Bassin tertiaire de Landujan (Ille-et-Vilaine) – Rapport BRGM 78 SGN 268 BPL

L. BRUNEL et H. TALBO (1978) - Bassin tertiaire de Mernel (Ille-et-Vilaine) – Rapport BRGM 78 SGN 269 BPL

L. BRUNEL et H. ETIENNE (1978) - Bassin tertiaire de la Gaumonnerie à Rannée - Exploitation du nouveau forage NEF 2 (354-7-68) – Rapport BRGM SGR/BRE 78-20

ESTEOULE-CHOUX J. (1967). Contribution à l'étude des argiles du Massif armoricain. Argiles d'altération et argiles sédimentaires tertiaires. Thèse, Rennes, 1967, 307 p.

S. KUKLAN (1970) - Etude hydrogéologique des formations aquifères du bassin de Langon – Rapport BRGM 70 SGN 005 BPL

H. TALBO (1981) - Etude hydrogéologique du bassin tertiaire de Meneu. Commune de Pipriac – Rapport BRGM SGR/BRE 81-15

THOMAS E. (1999) – Evolution cénozoïque d'un domaine de socle : le Massif Armoricain. Thèse d'Université, Rennes 1, 126 p.

3) Références bibliographiques des études hydrogéologiques où il y a eu des levés d'altérites

Bassin du Yar (22)

Qualité des eaux en Bretagne – Ruissellement – Infiltration – Temps de réponse – Secteur Côtes d'Armor (bassin du Yar) - BRGM (1998) – Rapport BRGM R 40412 22 p., 2 tabl, 3 annexes

Bassins de l'Horn (29) et du Coët-Dan (56)

Qualité des eaux en Bretagne – Ruissellement – Infiltration – Temps de réponse (2000) – Bassins versants : le Yar (Côtes d'Armor), l'Horn (Finistère), le Coët Dan (Morbihan) – Rapport BRGM RP-50262-FR, 47 p., 8 tabl., 8 figures, 6 cartes

B. MOUGIN, E. THOMAS, R. WYNS, R. BLANCHIN et F. MATHIEU (2004) - Qualité des eaux en Bretagne - Ruissellement - Infiltration - Temps de réponse - Bassins

versants du Yar (22), de l'Horn (29), et du Coët Dan (56) - Rapport final - BRGM/RP-52731-FR - 82 p., 16 tab., 21 fig., 3 annexes, 39 planches

Etude de la rade de Brest (29)

B. MOUGIN, E. THOMAS, R. WYNS, R. BLANCHIN et F. MATHIEU (2003) - Comportement hydrodynamique des roches altérées de la surface sur le bassin versant de la rade de Brest (Finistère) - Rapport final - BRGM/RP-52656-FR - 54 p., 7 tab., 16 fig., 2 ann., 13 pl.

Bassins Dourduff (29), Oust (56), Yvel (56), Maudouve et Noë Sèche (22)

B. MOUGIN, E. THOMAS, F. MATHIEU, R. BLANCHIN et R. WYNS (2005) - SILURES Bassins Versants - Dourduff (29), Oust (56), Yvel (56), Maudouve et Noë Sèche (22) - Rapport final Année 2 - BRGM/RP-53742-FR - 98 p., 20 tabl., 21 fig., 3 ann. dont 56 planches (vol. séparé)

Bassin Nançon (35)

B. MOUGIN, J-M. BALTASSAT, R. BLANCHIN, E. PUTOT, J-M. SCHROETTER et R. WYNS (2008) - SILURES Bassin versant Ille-et-Vilaine - Bassin du Nançon - Rapport final - Année 2 - BRGM/RP-56318-FR - 82 p., 29 ill., 3 ann. dont 14 planches (vol. séparé)

Bassins Echelles (35), Gouessant (22), Urne (22), et Bizien (22)

B. MOUGIN, D. ALLIER, E. PUTOT, J-J. SEGUIN, J-M. SCHROETTER, R. BLANCHIN, collaboration : J-L. IZAC, J-P. JEGOU (2007) - Bassins versants bretons en contentieux européen : typologie et modélisation de l'évolution des concentrations en nitrates - Rapport d'avancement au 15 octobre - BRGM/RP-55842-FR - 123 p., 70 ill., 3 ann. dont 60 planches (vol. séparé)

Annexe 1-3

Injection des informations hydrogéologiques et géologiques dans les entités de socle NV3 (bassins versants)

Rappel du principe

La démarche proposée permet d'aboutir à un découpage du socle (relativement) homogène à l'échelle du territoire Français : il s'agit de découper les entités NV2 en bassins versants de la BD Carthage (en général des « sous-secteurs » au sens BD Carthage) et d'injecter l'information hydrogéologique existante dans ces bassins, qui deviennent alors des entités NV3 avec leur propre code.

Démarche

Après analyse lithologique (ou hydrogéologique si les données sont suffisantes) et regroupement en classes lithologiques (ou en classes de perméabilité), on procède comme suit :

- 1) Intersection de ces regroupements avec (selon les cas) les zones hydrographiques (ZH) ou sous-secteurs (SSH) BD Carthage (illustration A31, reprise du travail fait dans les départements 49 et 72 en année 2). Calcul dans chaque polygone du % de classe de perméabilité et/ou de lithologie (illustration A32).
- 2) Sélection d'une classe de perméabilité ou de lithologie dans la table précédente (illustration A33, avec la perméabilité) soit, en reprenant la codification du guide méthodologique :
 - imperméable (code 7)
 - semi-perméable (code 6)
 - perméable (code 5)
 - inconnue (code 0)
- 3) Opération de "récapitulation" par zone hydrographique (puisque plusieurs polygones par zone). On obtient ainsi une table (non géométrique) par classe de perméabilité (ex : nature_7, nature_6, nature_5, cf. illustration A34).
- 4) Jointures successives de ces tables avec les zones hydrographiques pour récupérer les contours. On obtient ainsi une table (géométrique) comme celle présentée par l'illustration A34 ("*Entités_BV_nature*"), avec dans chaque bassin le % des types de perméabilité (des polygones étant non renseignés, on n'atteint pas toujours les 100%).

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

On peut conserver la table attributaire de l'étape 2 (après intersection) et y introduire le code entité NV3 (illustration 37).

L'intérêt de cette table attributaire est qu'on y trouve toute l'information de détail. Elle peut être intégrée au référentiel comme table dérivée (illustrations A35, A36 et A37).

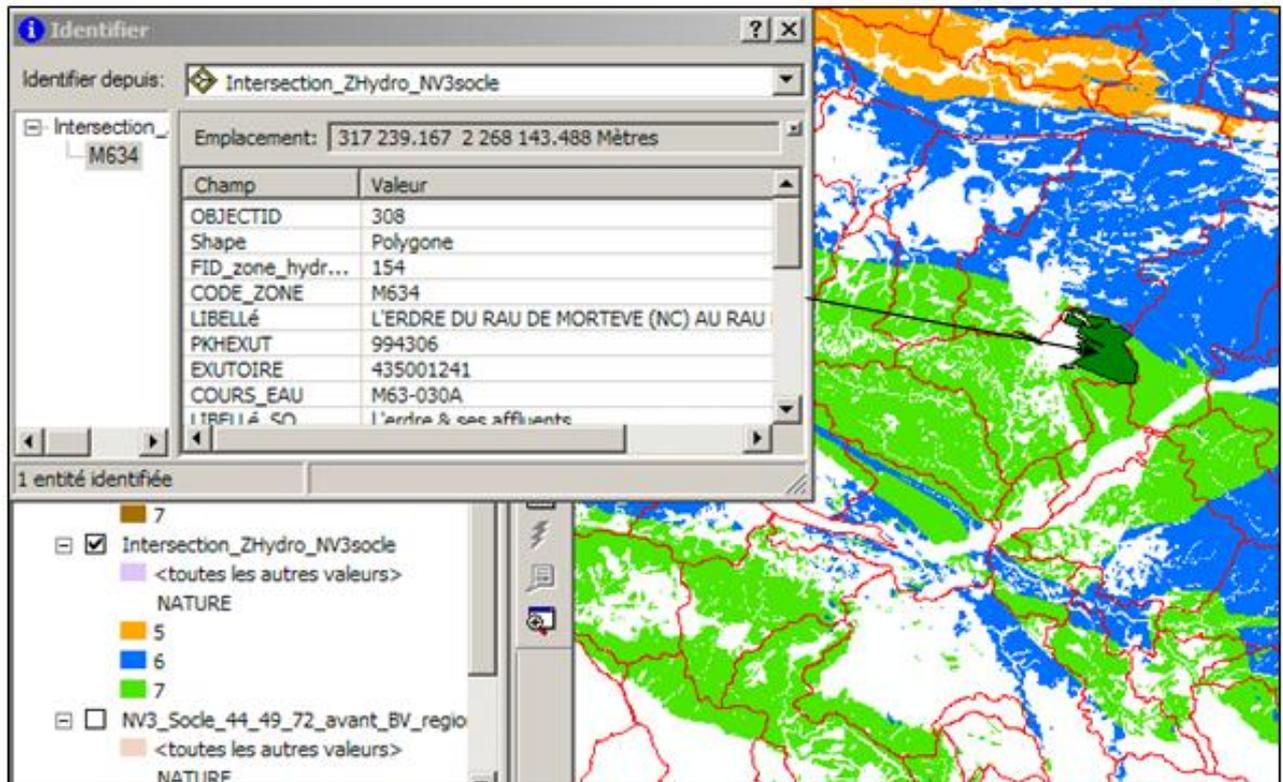


Illustration A31 - Intersection zones hydrographiques BD Carthage avec entités définies suivant méthodologie générale (exemple des départements 49 et 72)

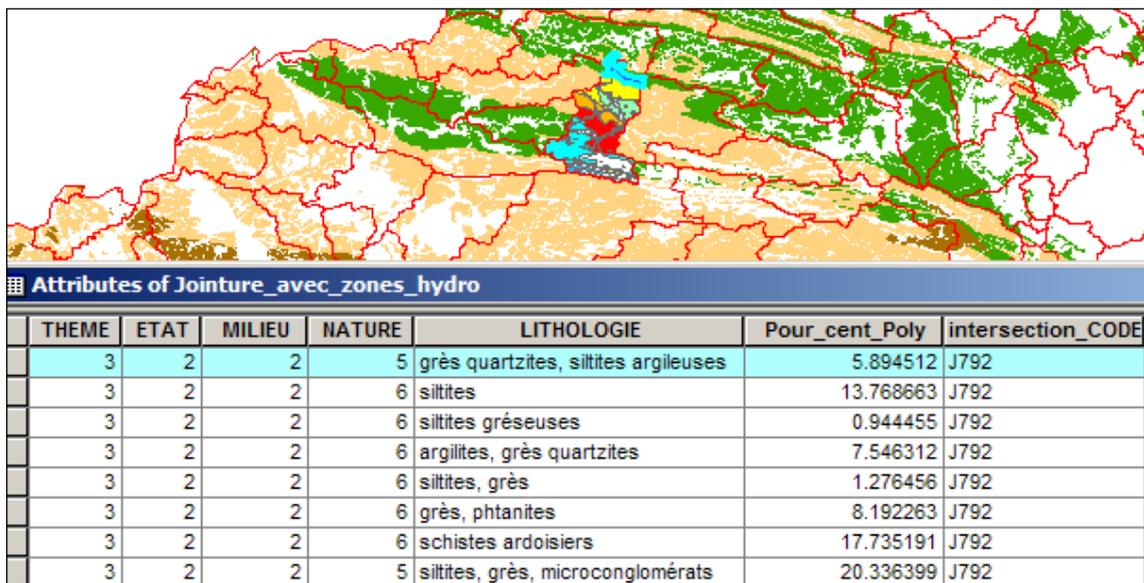


Illustration A32 - Calcul du % de chaque polygone élémentaire contenu dans chaque bassin versant (ici un bassin de code 792), polygone caractérisé par un type de perméabilité (champ nature et code 5, 6, 7) et une lithologie (champ lithologie)

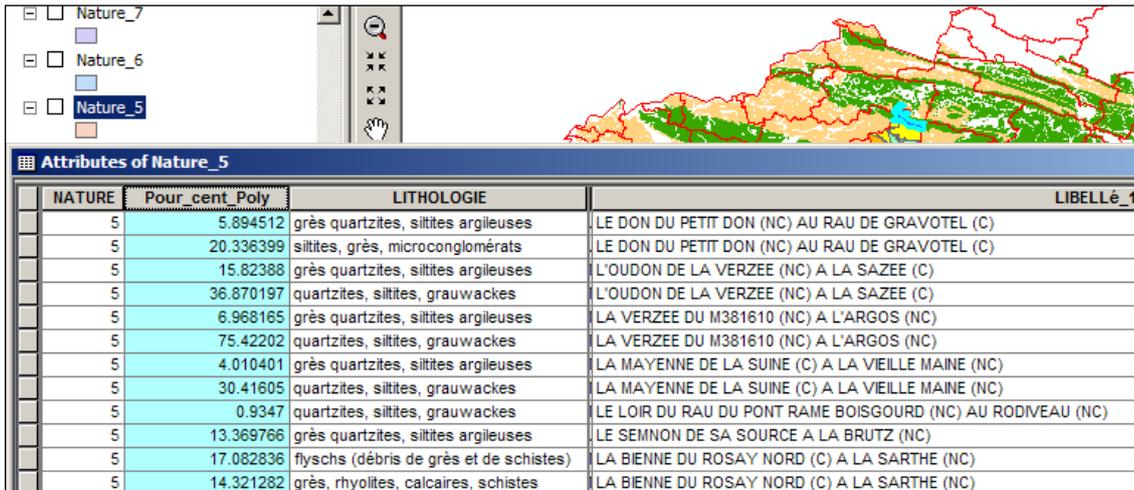


Illustration A33 – Sélection d'une classe de perméabilités (champ nature, polygones de code 5)

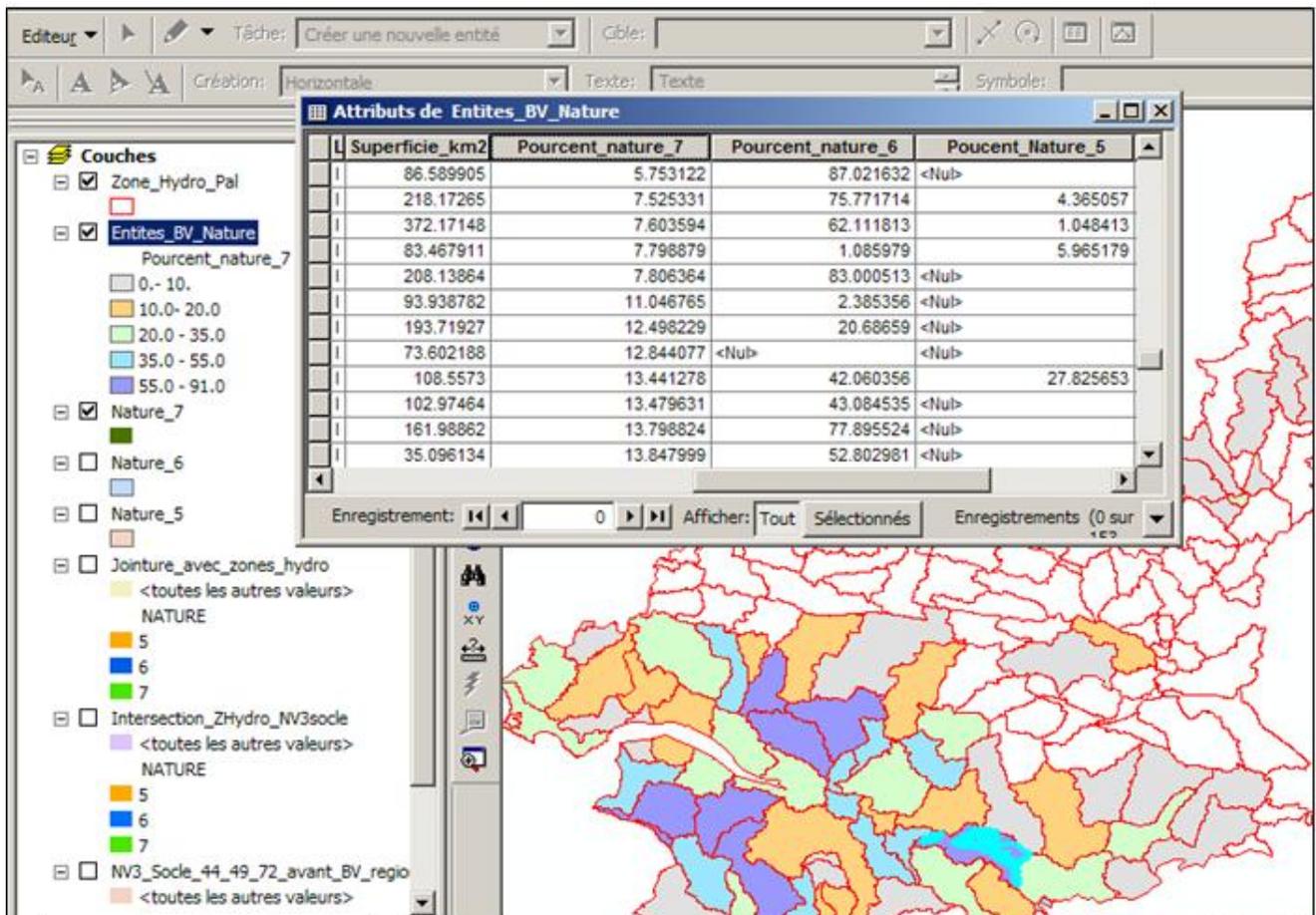


Illustration A34 – Table attributaire après caractérisation des entités par classe de perméabilité

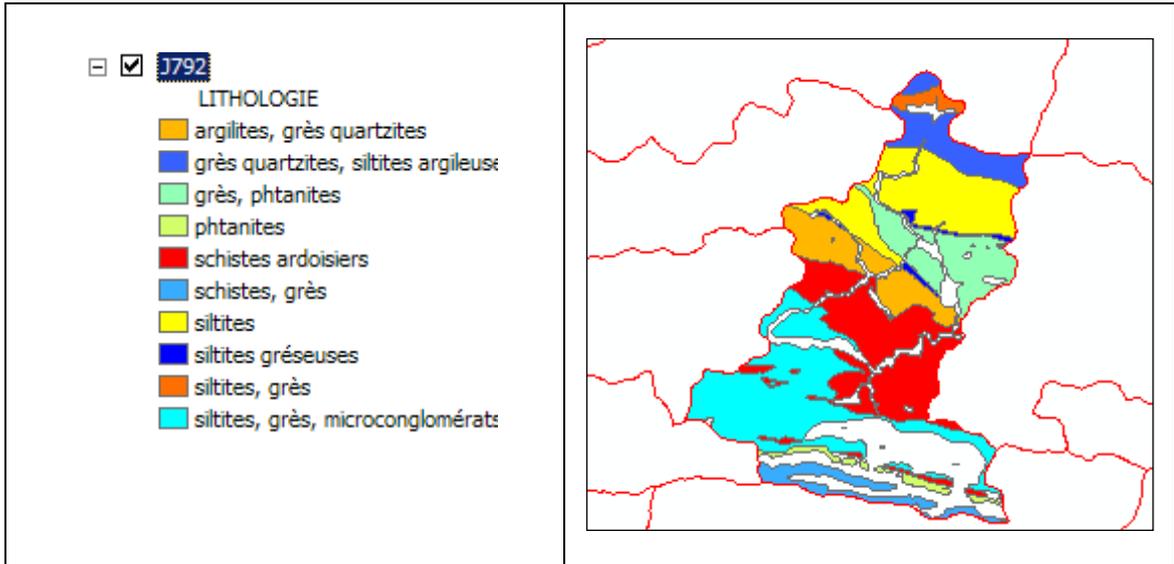


Illustration A35 – Exemple d'un BV-Entité caractérisé par une lithologie (sélection dans la table attributaire issue de l'étape d'intersection) (en blanc les polygones non renseignés)

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

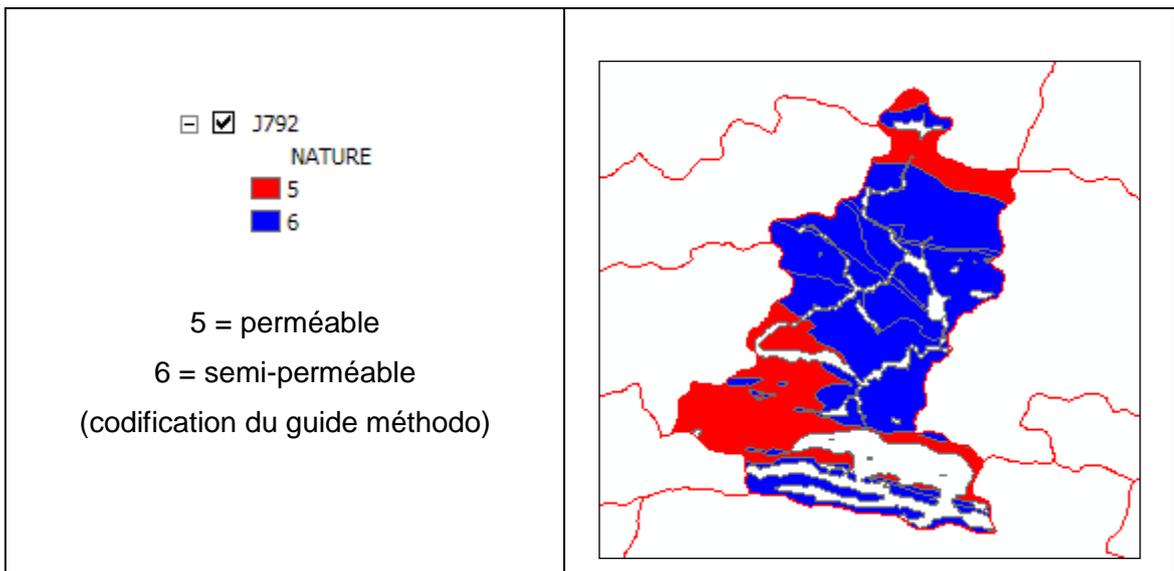


Illustration A36 – Exemple d'un BV-Entité caractérisé par une classe de perméabilité (sélection dans la table attributaire issue de l'étape 2) (en blanc les polygones non renseignés)

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

Illustration A37 – Extrait table attributaire du BV-Entité J792

Autre exemple

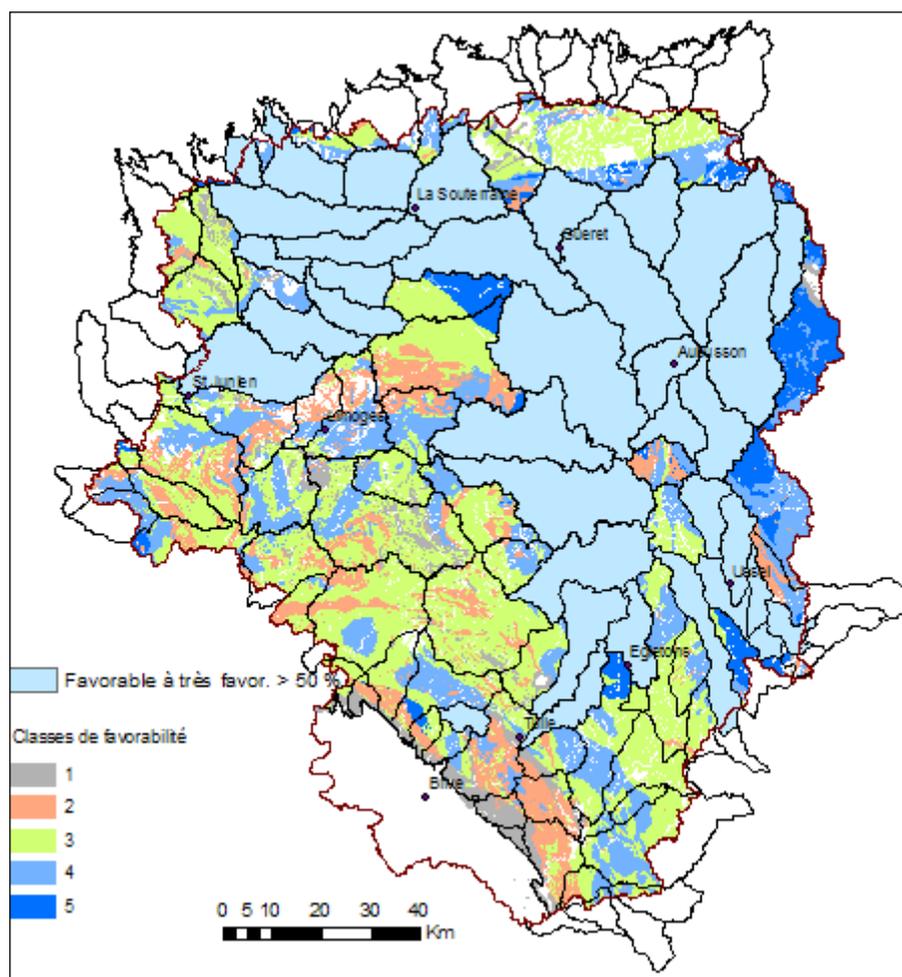
Cet exemple est relatif au socle en région Limousin où les entités NV3 ont pu être caractérisées par un critère "favorabilité" (potentiel aquifère).

Cette caractérisation a été faite avec ArcGis par intersection de la carte du "potentiel aquifère" avec la carte des entités BV-NV3.

Puis, par une suite d'opérations :

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

on aboutit à une carte et à une table attributaire associée où chaque entité NV3 est caractérisée par un pourcentage de "favorabilité" (illustration A38). Les classes de favorabilité 4 et 5 ont été regroupées (favorable à très favorable, équivalent de "nature=5" du guide méthodologique), de même que les classes 1 et 2 (défavorable à peu favorable, équivalent de "nature=7"). La classe de favorabilité 3 (moyennement favorable) peut correspondre quant à elle à "nature=6".



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

Illustration A38 - Table attributaire après caractérisation des entités par classe de « favorabilité » (potentiel aquifère)

En résumé

1) Une table attributaire ainsi construite,

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

qui permet de caractériser une entité Ei par sa nature plus ou moins perméable (ou, à défaut, sa lithologie) exprimée en % de la superficie de l'entité (Champs Nature-5, Nature-6 et Nature-7)

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

Opérations possibles :

- 1) sélection des entités où les formations perméables (nature_5) occupent plus de 50 % de la superficie de l'entité" (illustration A38)
- 2) ou bien caractérisation des entités par le % d'un type de nature (illustration A34)

S'il n'est pas possible de caractériser les entités hydrogéologiquement, on les caractérise lithologiquement à partir des cartes géologiques.

Lexique lithologique (à particulariser en fonction de la région). Exemple :

Litho-1= Roches plutoniques fracturées
 Litho-2= Roches métamorphiques fracturées
 Litho-3= Roches métamorphiques compactes
 Litho_4= Sédimentaire ancien
 Litho_5= ...

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

Mêmes opérations possibles que celles ci-dessus.

2) Une table plus détaillée : l'entité est décomposée en plusieurs polygones (cf. tableau ci-dessous).

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

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

Annexe 2 : Tableau multi-échelles

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. . Bassin Loire-Bretagne. Délimitation des entités hydrogéologiques en Bretagne et en Pays-de-la-Loire

RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MLIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	N1_RHF_NATURE
121AA11	Sables et faluns du Turonien supérieur au Sénonien, bassin de la Maine (bassin Loire-Bretagne)	18940	3	3	5	4	2	121AA	Caie du Séno-Turonien, bassin de la Maine	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA30	Caie amarrusée et marnes du Turonien inférieur, bassin de la Maine (bassin Loire-Bretagne)	19000	3	2	5	8	2	121AA	Caie du Séno-Turonien, bassin de la Maine	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA05	Tuffeau jaune du Turonien moyen à supérieur, bassin de la Loire de l'Allier au Cher (bassin Loire-Bretagne)	18990	3	3	5	4	2	121AA	Caie du Séno-Turonien, bassin de la Loire du Cosson à la Maine	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA07	Caie maculée et tuffeau du Turonien moyen à inférieur, bassin de la Loire de l'Allier au Cher (bassin Loire-Bretagne)	18100	3	3	5	4	2	121AA	Caie du Séno-Turonien, bassin de la Loire du Cosson à la Maine	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA11	Sables et faluns du Turonien supérieur au Sénonien, bassin de la Loire de l'Authion à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	18120	3	3	5	4	2	121AA	Caie du Séno-Turonien, bassin de la Loire du Cosson à la Maine	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA30	Caie amarrusée et marnes du Turonien inférieur, bassin de la Loire de sa source à la Vienne (bassin Loire-Bretagne)	19001	3	2	5	8	2	121AA	Caie du Séno-Turonien, bassin de la Loire du Cosson à la Maine	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA05	Tuffeau jaune du Turonien moyen à supérieur, bassin de la Loire de la Vienne à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	18180	3	3	5	4	2	121AA	Caie du Séno-Turonien, bassin de la Loire de la Vienne à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA08	Caie maculée et tuffeau du Turonien moyen à inférieur, bassin de la Creuse de la Vienne à la Loire (bassin Loire-Bretagne)	18100	3	3	5	4	2	121AA	Caie du Séno-Turonien, bassin de la Loire de la Vienne à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA01	Sables et faluns du Turonien supérieur au Sénonien, bassin de la Loire de la Vienne à l'Authion (bassin Loire-Bretagne)	18160	3	3	5	4	2	121AA	Caie du Séno-Turonien, bassin de la Loire de la Vienne à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA20	Caie et Argile sableuse du Séno-Turonien, bassin de la Vienne (bassin Loire-Bretagne)	18220	3	3	5	4	2	121AA	Caie du Séno-Turonien, bassin de la Loire de la Vienne à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA30	Caie amarrusée et marnes du Turonien inférieur, bassin de la Loire de la Vienne à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	19000	3	2	5	8	2	121AA	Caie du Séno-Turonien, bassin de la Loire de la Vienne à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA01	Sables du Sénonien en Vendée (bassin Loire-Bretagne)	17200	3	3	5	1	2	121AA	Sables du Sénonien et argiles sableuses du Céromarien-Turonien de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA03	Argiles sableuses du Céromarien-Turonien de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)	17100	3	X	6	1	2	121AA	Sables du Sénonien et argiles sableuses du Céromarien-Turonien de Loire-Atlantique et Vendée (bassin Loire-Bretagne)	3	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Campanien au Turonien (Seno-Turonien) du Bassin Parisien	12	
121AA01	Marnes à ocreuses et Adchoisne à plenus du Céromarien supérieur en région Centre (bassin Loire-Bretagne)	20110	3	X	7	1	2	121AA	Marnes à ocreuses du Céromarien supérieur au Turonien inférieur (bassin Loire-Bretagne)	4	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA03	Marnes à ocreuses du Céromarien supérieur dans les bassins de la Loire (de la Vienne à l'Authion) et de la Vienne (de la Creuse à la Loire) (bassin Loire-Bretagne)	20120	3	X	7	1	2	121AA	Marnes à ocreuses du Céromarien supérieur au Turonien inférieur (bassin Loire-Bretagne)	4	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA05	Marnes à ocreuses du Céromarien supérieur en Pays de la Loire (bassin Loire-Bretagne)	20130	3	X	7	1	2	121AA	Marnes à ocreuses du Céromarien supérieur au Turonien inférieur (bassin Loire-Bretagne)	4	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA01	Sable du Perche du Céromarien supérieur, bassin de la Sarthe de sa source au Loir (bassin Loire-Bretagne)	20300	3	3	5	2	2	121AA	Sables du Céromarien dans le bassin de la Sarthe	3	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA03	Marnes de Bouffry et de Nogent le Bernard du Céromarien moyen à supérieur, bassin de la Sarthe de sa source au Loir (bassin Loire-Bretagne)	20310	3	X	7	2	2	121AA	Sables du Céromarien dans le bassin de la Sarthe	3	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA05	Sables et Grès, Sables et Marnes glauconieuses du Céromarien inférieur à moyen, bassin de la Sarthe de sa source au Loir (bassin Loire-Bretagne)	20320	3	3	5	2	2	121AA	Sables du Céromarien dans le bassin de la Sarthe	3	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA01	Sables du Céromarien du Bassin Parisien	20330	3	3	5	2	2	121AA	Sables du Céromarien dans le bassin de la Sarthe	3	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA03	Marnes de Bouffry et de Nogent le Bernard du Céromarien moyen à supérieur, bassin de la Sarthe de sa source au Loir (bassin Loire-Bretagne)	20340	3	X	7	2	2	121AA	Sables du Céromarien du Bassin Parisien	3	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA05	Sables et Grès, Sables et Marnes glauconieuses du Céromarien inférieur à moyen, Bassins du Cher, de l'Indre et de la Loire de l'Authion à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	20360	3	3	5	2	2	121AA	Sables du Céromarien du Bassin Parisien	3	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA05	Sables et Grès, Sables et Marnes glauconieuses du Céromarien inférieur à moyen, Bassins du Cher, de l'Indre et de la Loire de l'Authion à la Maine (bassin Loire-Bretagne)	20380	3	3	5	2	2	121AA	Sables du Céromarien dans les bassins de l'Indre et du Cher (bassin Loire-Bretagne)	3	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA05	Sables et Grès, Sables et Marnes glauconieuses du Céromarien inférieur à moyen, Bassins de la Creuse et de la Vienne (bassin Loire-Bretagne)	20390	3	3	5	2	2	121AA	Sables du Céromarien du Bassin de la Vienne (bassin Loire-Bretagne)	3	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA01	Sables de Bouise et Sables et Grès à Calcopogon du Céromarien supérieur en Pays de la Loire (bassin Loire-Bretagne)	20100	3	3	5	1	2	121AA	Sables du Céromarien en Pays de la Loire (bassin Loire-Bretagne)	3	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA01	Marnes et Caie amarrusée, sableuse et glauconieuse du Céromarien, bassin de la Maine (bassin Seine-Normandie)	20300	3	2	5	5	2	121AA	Marnes et Caie amarrusée, sableuse et glauconieuse du Céromarien, bassin de la Maine (bassin Seine-Normandie)	0	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche du Céromarien à l'Albien supérieur du Bassin Parisien	12	
121AA01	Argiles du gault, marnes et gaizes du Céromarien inférieur à moyen et de l'Albien supérieur du Bassin Parisien	24300	3	X	7	1	2	121AA	Argiles du gault, marnes et gaizes du Céromarien inférieur à moyen et de l'Albien supérieur du Bassin Parisien	4	121	Grand système multicouche des Argiles, Marnes et Calcaires du Céromarien inf. et de l'Albien sup. du Bassin Parisien	121	Grand système multicouche des Argiles, Marnes et Calcaires du Céromarien inf. et de l'Albien sup. du Bassin Parisien	12	

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Loire-Bretagne. Délimitation des entités hydrogéologiques en Bretagne et en Pays-de-la-Loire

RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MILIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	N1_RHF_NATURE
135A451	Calcaires de l'Ordovicien supérieur et du Kiméridgien inférieur du Bassin Parisien, calcaires rocaillieux à nodriformes, Calcaires à Astartes, Colliers de Lamotte, Calcaires subhydrogéologiques et Argiles à Ostrées	31100	3	3	5	4	2	135A4	Calcaires de l'Ordovicien supérieur au Kiméridgien du Bassin Parisien	3	135	Grand système aquifère du Kiméridgien à l'Ordovicien sup. du Bassin Parisien	1
135A457	Marnes et Colliers crayeux de l'Ordovicien et du Kiméridgien inférieur du Bassin Parisien	31800	3	3	6	4	2	135A4	Calcaires de l'Ordovicien supérieur au Kiméridgien du Bassin Parisien	3	135	Grand système aquifère du Kiméridgien à l'Ordovicien sup. du Bassin Parisien	1
135A451	Calcaire corallien de l'Ordovicien moyen à supérieur du Bassin Parisien	31900	3	3	5	4	2	135A4	Calcaires de l'Ordovicien supérieur au Kiméridgien du Bassin Parisien	3	135	Grand système aquifère du Kiméridgien à l'Ordovicien sup. du Bassin Parisien	1
135A455	Roissier de Gâté, sables ferrugineux du Perche et de Mortagne et sables de Valrais de l'Ordovicien inférieur à moyen du Bassin Parisien	31950	3	3	5	1	1	135A4	Calcaires de l'Ordovicien supérieur au Kiméridgien du Bassin Parisien	3	135	Grand système aquifère du Kiméridgien à l'Ordovicien sup. du Bassin Parisien	1
137A03	Calcaires argileux du Callovien-Ordovicien dans le bassin Loire-Bretagne	33120	3	X	7	1	2	137A4	Marnes du Callovo-Ordovicien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
137A05	Marnes à Perles et des marnes sablonneuses de la Vohérie et de la Bursaise (Callovien supérieur - Ordovicien inférieur) dans la Sarthe (bassin Loire-Bretagne)	33140	3	X	5	1	2	137A4	Marnes du Callovo-Ordovicien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
137A09	Sables et sables argileux-Omès du Callovien supérieur dans la Sarthe (bassin Loire-Bretagne)	33150	3	3	5	1	2	137A4	Marnes du Callovo-Ordovicien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
137A11	Marnes de Mornomartin et de Mornobert du Callovien supérieur dans la Sarthe (bassin Loire-Bretagne)	33180	3	X	7	1	2	137A4	Marnes du Callovo-Ordovicien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
137A13	Calcaires sableux de Telle du Callovien moyen dans la Sarthe (bassin Loire-Bretagne)	33200	3	3	5	1	2	137A4	Marnes du Callovo-Ordovicien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
137A15	Marnes de Mazerand et de saint-Cela-en-Sarcelles du Callovien moyen dans la Sarthe (bassin Loire-Bretagne)	33220	3	X	7	1	2	137A4	Marnes du Callovo-Ordovicien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
137A17	Marnes d'Essé et de la Boule et des collines du Callovien inférieur et moyen dans la Sarthe (bassin Loire-Bretagne)	33240	3	X	6	1	2	137A4	Marnes du Callovo-Ordovicien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
137A19	Marnes de Donnort en Champagne, du Chevan et des collines de Suré du Callovien inférieur dans la Sarthe (bassin Loire-Bretagne)	33260	3	X	6	1	2	137A4	Marnes du Callovo-Ordovicien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
137A21	Calcaire bleu à brachiopodes du Callovien inférieur dans la Sarthe (bassin Loire-Bretagne)	33280	3	X	6	1	2	137A4	Marnes du Callovo-Ordovicien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
137A29	Marnes indifférenciées du Callovo-Ordovicien du Bassin Parisien (Calcaire du Baouen et du Bahouen (Doggel), Partir profonde du Bassin Parisien)	33320	3	X	7	1	2	137A4	Marnes du Callovo-Ordovicien du Bassin Parisien	4	137	Grand domaine hydrogéologique des Marnes du Callovien du Bassin Parisien	2
139A01	Calcaire et Colliers du Baouen-Bahouen dans le Maine et Loire (bassin Loire-Bretagne)	33800	3	X	6	4	2	139A0	Calcaires du Bahouen-Calvoien inférieur (Doggel) dans le Maine-et-Loire et la Sarthe	3	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Doggel) du Bassin Parisien	12
139A01	Calcaire et Colliers du Baouen-Bahouen dans le Maine et Loire (bassin Loire-Bretagne)	33800	3	3	5	3	2	139A0	Calcaires du Bahouen-Calvoien inférieur (Doggel) dans le Maine-et-Loire et la Sarthe	3	139	Grand système multicouche du Jurassique moyen (Doggel) du Bassin Parisien	12
181A01	Socle métamorphique dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise de l'Ouin à la Grande Maine	50000	3	2	6	2	3	181A4	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise - de la Grande Maine (exclus) à la Loire (exclus), de l'Ouin (exclus) au Maine (exclus) du Maine (exclus) à la Grande Maine (exclus) et la Grande Maine	4	181	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise et ses affluents	2
181A02	Socle métamorphique dans les bassins versants de la Grande Maine, de la Petite Maine et leurs affluents	50000	3	2	7	2	3	181A4	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise - de la Grande Maine (exclus) à la Loire (exclus), de l'Ouin (exclus) au Maine (exclus) du Maine (exclus) à la Grande Maine (exclus) et la Grande Maine	4	181	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise et ses affluents	2
181A03	Socle métamorphique dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise de sa source à l'Ouin (Inclus)	50000	3	2	6	2	3	181A4	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise - de sa source à l'Ouin (Inclus)	4	181	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise et ses affluents	2
181A04	Socle métamorphique dans les bassins versants du Bouve et le Canal de Haute Perche et leurs affluents	50000	3	2	7	2	3	181A4	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise - des affluents	4	181	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise et ses affluents	2
181A07	Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers (dont le Haileron) et marnes du Canal de Haute Perche (non inclus) du Bigon (Inclus)	50000	3	2	7	2	3	181A4	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise - de marnes du Canal de Haute Perche (non inclus) du Bigon (Inclus)	4	181	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise et ses affluents	2
181A09	Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers et marnes du Grand Eber de Sallieraine (Inclus) à la Vie (non inclus), Îles d'Yeu et de Nomnoudier	50000	3	2	7	2	3	181A4	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise - de marnes du Canal de Haute Perche (non inclus) du Bigon (Inclus)	4	181	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise et ses affluents	2
181A04	Socle métamorphique dans le bassin versant de la Vie de sa source à la mer (dont le Juranx)	50000	3	2	7	2	3	181A4	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise - de sa source à la mer (dont le Juranx)	4	181	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise et ses affluents	2
181A05	Socle métamorphique dans les bassins versants côtiers de la Vie (non inclus) aux sables d'Irionne (dont l'Almanac, la Croûte et la Verrière)	50000	3	2	6	2	3	181A4	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise - de sa source à la mer (dont le Juranx)	4	181	Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise et ses affluents	2

Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. . Bassin Loire-Bretagne. Délimitation des entités hydrogéologiques en Bretagne et en Pays-de-la-Loire

RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_ABSOLU	RHF_NIVEAU	RHF_ETAT	RHF_NATURE	RHF_MILIEU	RHF_THEME	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	RHF_NATURE	RHF_ENTITE	RHF_DENOMINATION	N1_RHF_NATURE
184A06	Socle m étamorphique dans les bassins versants coteurs des Sables d'Orléans à la rivière du Couler (Inclus)	50000	3	2	6	2	3	183A4	Socle du Massif Armorican dans le bassin versant des Coteurs de la Loire (exclus) la rivière du Couler (Inclus), la Vie et ses affluents, l'Isère et de Normouder	4	183	Socle du Massif Armorican dans le bassin versant des Coteurs de la Loire (exclus) la rivière du Couler (Inclus), la Vie et ses affluents, l'Isère et de Normouder	2
183A01	Socle m étamorphique dans les bassins versants de la Vendée de sa source au ruisseau Longèves, de l'autre de sa source au Siumortel, la Sèvre nantaise du Chanton (Inclus) au ruisseau du Lamhon (non inclus)	50000	3	2	7	2	3	183A3	Socle du Massif Armorican de l'île de Noirmoutier, rattachée aux bassins coteurs et marais du Grand Eter de Salteraine (Inclus) à la Vie (exclus), et de Normouder	4	183	Socle du Massif Armorican dans le bassin versant des Coteurs de la Loire (exclus) la rivière du Couler (Inclus), la Vie et ses affluents, l'Isère et de Normouder	2
183A01	Socle m étamorphique dans les bassins versants de l'île d'Yeu, rattachée aux bassins coteurs et marais du Grand Eter de Salteraine (Inclus) à de la Vie (non inclus), et de Normouder	50000	3	2	7	2	3	183A2	Socle du Massif Armorican de l'île de Noirmoutier, rattachée aux bassins coteurs et marais du Grand Eter de Salteraine (Inclus) à la Vie (exclus), et de Normouder	4	183	Socle du Massif Armorican dans le bassin versant des Coteurs de la Loire (exclus) la rivière du Couler (Inclus), la Vie et ses affluents, l'Isère et de Normouder	2
183A01	Socle m étamorphique dans le bassin versant du Grand Lay puis du Lay de sa source à la mer (dont la Smagne et l'Yon) Bassin versant en amont du contact Socle m étamorphique - sédiments entaire	50000	3	2	7	2	3	185A4	Socle du Massif Armorican dans le bassin versant du Grand Lay puis le Lay de sa source à la mer, le Partilly et ses affluents, la Smagne de sa source au Lay (exclus), l'Yon de sa source au Lay (exclus)	4	185	Socle du Massif Armorican dans le bassin versant du Lay et ses affluents (bassin versant en amont du contact socle-sédiments entaire)	2
185A02	Socle m étamorphique dans le bassin versant du Petit de Lay et ses affluents	50000	3	2	7	2	3	185A3	Socle du Massif Armorican dans le bassin versant de la Vendée de sa source au ruisseau Longèves, de l'autre de sa source au Siumortel, la Sèvre nantaise du Chanton (Inclus) au ruisseau du Lamhon (exclus)	4	185	Socle du Massif Armorican dans le bassin versant de la Loire (Inclus) à la Vie (exclus), l'Yonne et ses affluents (bassin versant en amont du contact socle-sédiments entaire)	2
185A01	Socle m étamorphique dans le bassin versant de l'Argenton et ses affluents et du Thouet de sa source à l'Argenton (non inclus) associé au Clin de la Dive (non inclus) à la Clouère (non inclus) et aux affluents dans le sédim entaire proche	50000	3	2	7	2	3	201A1	Socle du Massif Central dans le bassin versant de l'Argenton et ses affluents, le Thouet de sa source à l'Argenton (exclus) associé au Clin de la Dive (exclus) à la Clouère (exclus) et aux affluents dans le sédim entaire proche	4	201	Socle du Massif Central dans le bassin versant de la Loire (Inclus) à la Maine (exclus)	2
185A01	Socle m étamorphique dans le bassin versant de l'Argenton et ses affluents et du Thouet de sa source à l'Argenton (non inclus) associé au Clin de la Dive (non inclus) à la Clouère (non inclus) et aux affluents dans le sédim entaire proche	50000	3	2	7	2	3	185A4	Socle du Massif Central dans le bassin versant de l'Argenton et ses affluents, le Thouet de sa source à l'Argenton (exclus) associé au Clin de la Dive (exclus) à la Clouère (exclus) et aux affluents dans le sédim entaire proche	4	185	Socle du Massif Central dans le bassin versant de la Loire (Inclus) à la Maine (exclus)	2
185A01	Socle m étamorphique dans le bassin versant de l'Argenton et ses affluents et du Thouet de sa source à l'Argenton (non inclus) associé au Clin de la Dive (non inclus) à la Clouère (non inclus) et aux affluents dans le sédim entaire proche	50000	3	2	7	2	3	185A4	Socle du Massif Central dans le bassin versant de l'Argenton et ses affluents, le Thouet de sa source à l'Argenton (exclus) associé au Clin de la Dive (exclus) à la Clouère (exclus) et aux affluents dans le sédim entaire proche	4	185	Socle du Massif Central dans le bassin versant de la Loire (Inclus) à la Maine (exclus)	2
352A01	Calcaires argileux fracturés du Jurassique supérieur du nord du bassin aquitain	24920100	3	2	5	5	2	352A2	Calcaires argileux fracturés du Jurassique supérieur du nord du Bassin Aquitain	3	352	Grand système aquifère des calcaires et dolomites du Jurassique supérieur du Bassin Aquitain	1
352A01	Marno-calcaires du Kim m é du Dogger supérieur du nord du bassin aquitain	26920100	3	X	7	1	2	355A4	Marno-calcaires du Jurassique moyen à supérieur du Bassin Aquitain	4	355	Grand système aquifère des marno-calcaires du Jurassique moyen à supérieur du Bassin Aquitain	2
352A01	Calcaires du Dogger dans le bassin de la Sèvre Nantaise (bassin Loire-Bretagne), nord du bassin aquitain	27920100	3	2	5	2	2	355A3	Calcaires du Dogger dans le bassin de la Sèvre Nantaise, nord du Bassin aquitain	3	355	Grand système aquifère en ultracote des calcaires et dolomites du Jurassique moyen à supérieur du Bassin Aquitain	12
352A01	Calcaires du Dogger parties profondes captives du bassin aquitain	27940100	3	1	5	5	2	355A2	Calcaires du Dogger du Bassin Aquitain, au sud de la rille d'Affres-Bouffonne	3	355	Grand système aquifère en ultracote des calcaires et dolomites du Jurassique moyen à supérieur du Bassin Aquitain	12
352A01	Marnes du Torcen du bassin aquitain	28920100	3	X	7	1	2	355A4	Marnes du Torcen du Bassin Aquitain	4	355	Grand système aquifère des marnes du Lias supérieur du Bassin Aquitain	2
352A01	Calcaires et dolomites et calcaires à colthes de l'Infra-Torcen dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise, nord du bassin aquitain	29920100	3	3	5	1	2	352A5	Calcaires et dolomites et calcaires à colthes de l'Infra-Torcen dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise, nord du Bassin Aquitain	3	352	Grand système aquifère des calcaires, grès, dolomites et anhydrite de l'Infra-Torcen du Bassin Aquitain	1
352A01	Grès et dolomites de l'Infra-Torcen - parties profondes captives	29920100	3	1	5	4	2	352A6	Grès et dolomites de l'Infra-Torcen du Bassin Aquitain, au sud de la rille d'Affres-Bouffonne	3	352	Grand système aquifère des calcaires, grès, dolomites et anhydrite de l'Infra-Torcen du Bassin Aquitain	1

Annexe 3

Lexique de caractérisation des entités et des limites

. Caractérisation des entités

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

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

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

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

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

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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Service géologique régional Bretagne

Rennes Atalante Beaulieu
2, rue de Jouanet
35700 – Rennes – France
Tél. : 02 99 84 26 70

Service géologique régional Pays de la Loire

1 rue des Saumonières
BP 92342
44323 – Nantes Cedex 3 – France
Tél. : 02 51 86 01 51