



Synthèse de la construction du référentiel hydrogéologique français

BDLISA V1

Rapport final

BRGM/RP-65369-FR

Décembre 2015



Synthèse de la construction du référentiel hydrogéologique français BDLISA V1 Rapport final

BRGM/RP-65369-FR
Décembre 2015

Étude réalisée dans le cadre de la convention ONEMA-BRGM 2013-2015

J-B. Paroissien, A. Brugeron

Vérificateur :

Nom : L. Gourcy
Fonction : CS EAU APP
Date : 10/12/2016

Signature : 

Approbateur :

Nom : L. Chery
Fonction : RU D3E/EVE
Date : 15/02/2016

Signature : 

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

RESUME

Le référentiel hydrogéologique BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères) est un outil qui permet de localiser et de caractériser les formations géologiques aquifères, semi-perméables et imperméables, à l'échelle du territoire national (départements métropolitains et d'outre-mer, à l'exception du département de Mayotte) sous trois niveaux de visualisation (nationale, régionale et locale). Il fournit un cadre scientifique précieux aux acteurs et gestionnaires de la ressource en eau. Plus largement, la BDLISA prend part à la constitution des données du Système d'Information sur l'Eau¹ en France.

La construction du référentiel se base dans un premier temps sur l'analyse des données (géologiques, hydrogéologiques, documents de synthèses divers...) et la constitution d'un tableau multi-échelle ou TME. Cette étape laisse la place ensuite à une phase technique de délimitation géographique des entités hydrogéologiques en fonction du contexte géologique. L'ensemble des entités est ensuite assemblé et contrôlé à l'échelle du territoire national.

Après des phases de construction ayant abouti aux versions Bêta puis 0, la nouvelle version 1 intègre des améliorations en conformité avec le modèle de données SANDRE (Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau) et propose des nouveautés :

- les contours des entités hydrogéologiques ont été affinés grâce à l'amélioration des connaissances (nouveaux forages, formations modélisées, études locales...)
- le référencement des entités karstiques se trouve désormais dans une couche SIG indépendante ;
- les formations alluviales aquifères ont été définies en tant qu'entités principales.

Le référentiel est téléchargeable sur www.sandre.eaufrance.fr sous différents formats de fichiers. Il est également accessible à travers des services-web cartographiques qui permettent de visualiser les entités hydrogéologiques sur un système d'information géographique ou sur une application web.

Mots-clés : Hydrogéologie, Eau souterraine, Système d'information géographique, Entité hydrogéologique, Base de données, Synthèse hydrogéologique, Nappe

Niveau géographique : National
Couverture géographique : Métropole et DROM
Citations locales : eaux souterraines
Niveau de lecture : Avertis

CORRESPONDANTS ONEMA : Céline NOWAK

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

Paroissien J.B., Brugeron A. (2015) – Synthèse de la construction du référentiel hydrogéologique français BDLISA V1. Rapport final BRGM/RP-65369-FR, 33 p., 19 fig., 9 tabl.

¹ Dispositif créé par l'État pour le partage et la mise à disposition des données sur l'eau du secteur public (<http://www.eaufrance.fr/a-propos-d-eaufrance/le-systeme-d-information-sur-l-eau>).

SUMMARY

The Hydrogeological Reference System BDLISA (for Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères) is a tool that helps user to localize and characterize aquifer, aquitard and aquiclude formations for the whole national territory (inland France and overseas departments excepted Mayotte). The visualization is possible at three different scales (national, regional and local). It provides a valuable scientific framework to stakeholders and water resource managers. More generally, BDLISA takes part to the constitution of data for the Water Information System in France.

In the first instance, the construction of this reference system is based on the analysis of different types of data (geological, hydrogeological, synthesis documents...) and the constitution of a multi-scale table that compiles the entire succession of hydrogeological entities. Then a second phase, more technical, is carried out, of geographical definition, depending on the geological global context. Finally, all entities are compiled in one single container, BDLISA, and controlled at the national scale.

After several construction phases which have led to BDLISA versions Beta and 0, the new version 1 includes improvements in conformity with the data model SANDRE (French National Service for Water Data and Reference Datasets Management) and contains novelties:

- Delineations of some hydrogeological entities have been refined based on the improvement of knowledge (new drilled water wells, modeling results, local studies results...);
- Karstic entities are now compiled in one single and independent GIS layer;
- Water bearing alluvial formations are now considered as important hydrogeological entities.

The reference system is downloadable on www.sandre.eaufrance.fr, in different file formats. It is also accessible through cartographical web services that helps user to visualize hydrogeological entities with GIS software or in a web application.

Keywords: Groundwater, Hydrogeology, Reference System, Aquifer, Database, GIS

Synthèse

La BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères) est le référentiel hydrogéologique français. C'est un outil qui permet de localiser et de caractériser les formations géologiques aquifères, semi-perméables et imperméables, à l'échelle du territoire national (départements métropolitains et d'outre-mer, à l'exception du département de Mayotte) sous trois niveaux de visualisation (national, régional et local). Il fournit un cadre scientifique précieux aux acteurs et gestionnaires de la ressource en eau. Plus largement, la BDLISA prend part à la constitution des données du Système d'Information sur l'Eau (SIE) en France.

La BDLISA, téléchargeable sur www.sandre.eaufrance.fr, met à la disposition de tous une cartographie des formations géologiques appelées « entités hydrogéologiques » et définies selon des règles communes. Celles-ci sont identifiées de manière unique et décrites du point de vue de leurs caractéristiques hydrogéologiques. La création de ces entités est basée sur l'état des connaissances actuelles et s'appuie sur ces principales règles de construction :

- **Niveau de visualisation** : les entités hydrogéologiques sont emboîtées au sein de trois échelles spatiales pour offrir différents niveaux de visualisation et d'utilisation de la BDLISA (niveau national, niveau régional, niveau local) ;
- **Ordre des entités hydrogéologiques** : la méthode de construction de la BDLISA prend en compte la dimension verticale des entités hydrogéologiques qui se superposent. Les niveaux de recouvrements d'une entité hydrogéologique sont indiqués par un ordre relatif aux autres entités. En revanche, l'épaisseur des entités n'est pas prise en compte ;
- **La complétude** : l'ensemble du territoire (à l'exception de Mayotte) est couvert par au moins une entité hydrogéologique.

L'échelle de travail est le 1/50 000 et les sources d'information pour construire le référentiel proviennent essentiellement des cartes géologiques harmonisées au 1/50 000 et des données relatives à la [Banque de données du Sous-Sol](#)². La délimitation donne lieu à une caractérisation des entités hydrogéologiques selon les attributs suivants :

- le niveau de visualisation (national, régional ou local) ;
- le contexte géologique (sédimentaire, volcanique...) ;
- le potentiel aquifère (perméable, semi-perméable ou imperméable) ;
- le type de porosité (poreux, fissuré...) ;
- l'état de la nappe (libre, captif...).

Après une phase de construction de 10 ans, la nouvelle version de la BDLISA est le fruit d'une consolidation de trois ans (de 2012 à 2015) basée en partie sur le recueil des retours d'expériences des utilisateurs. Ce recueil a pu être réalisé grâce à la mise en place en 2014 d'un outil web collaboratif, nommé « Forge BDLISA » (<https://forge.eaufrance.fr/BDLISA/>) qui centralise les remarques et corrections proposées par les utilisateurs.

La version 1 de BDLISA intègre également les réflexions menées par des groupes de travail nationaux, associant, entre autres, le ministère en charge de l'écologie, les agences de l'eau,

² <http://infoterre.brgm.fr/dossiers-sur-le-sous-sol-bss>

l'ONEMA, les DREAL de bassin et le BRGM, et qui ont porté sur les alluvions productives et les entités karstiques. Ces groupes de travail ont ainsi permis de mettre en place des méthodologies permettant :

- Le référencement des entités karstiques dans une couche SIG indépendante ;
- La délimitation et la caractérisation des formations alluviales aquifères définies en tant qu'entités principales.

La BDLISA est une base de données associée à un référentiel cartographique partagé, mis librement à disposition du public. Ainsi, tout utilisateur de la BDLISA peut visualiser, traiter et échanger facilement les informations attribuées à une ou plusieurs entités hydrogéologiques.

La BDLISA est proposée au format shapefiles (QGis, ArcGIS®), géodatabase (ArcGIS®) et au format natif MIF/MID (MapInfo®). La BDLISA est également accessible à travers des services-web cartographiques qui permettent de visualiser les entités hydrogéologiques sur un SIG ou sur une application web (par exemple les SIGES³). Le détail de ces services est consultable sur <http://www.reseau.eaufrance.fr/geotraitements/> (rubrique « Les services de valorisation »).

Ce rapport se veut être une synthèse du rapport [RP-65370-FR](#) qui présente de manière plus complète la construction de la BDLISA. Il s'attache à décrire de manière synthétique la construction de la BDLISA et complète la description initiale par les nouveautés apportées à la version 1 du référentiel. Il présente également les processus de validation et de diffusion de la BDLISA.

Le lecteur intéressé par un contenu encore plus synthétique pourra consulter la [fiche technique SIE⁴](#), disponible sur le site Eaufrance. Le lecteur souhaitant approfondir ses connaissances sur la construction de la BDLISA pourra quant à lui parcourir le guide national BDLISA ([RP-52261-FR](#)), le rapport complet de la BDLISA V1 ([RP-65370-FR](#)) ou encore les rapports régionaux disponibles sur Infoterre.

³ Systèmes d'Information et de Gestion des Eaux Souterraines

⁴ http://www.reseau.eaufrance.fr/webfm_send/4962

Sommaire

1. Introduction	1
2. Etapes de création du référentiel	3
2.1. ORGANISATION GENERALE ET ACTEURS CONCERNES	3
2.2. PRINCIPES FONDATEURS DE LA BDLISA	4
2.2.1. La notion d'entité hydrogéologique	4
2.2.2. Les niveaux de visualisation	5
2.2.3. L'ordre stratigraphique des entités hydrogéologiques	6
2.2.4. La complétude, la filiation et l'héritage	7
2.3. JEUX DE DONNEES DE REFERENCE.....	7
2.4. CONSTRUCTION DE LA BDLISA	8
2.4.1. Le Tableau Multi-Echelle (TME).....	9
2.4.2. Délimitation des entités hydrogéologiques	10
2.4.3. La caractérisation des entités hydrogéologiques.....	13
2.4.4. L'assemblage national par bassin hydrographique	15
2.4.5. La caractérisation de la limite des entités hydrogéologiques	15
3. Validation, évolution et diffusion du référentiel	17
3.1. VALIDATION DE LA BASE DE DONNEES.....	17
3.2. EVOLUTION ET TRAÇABILITE.....	18
3.2.1. Les corrections d'anomalies.....	18
3.2.2. Les propositions d'amélioration.....	18
3.3. DIFFUSION ET MISE A DISPOSITION DE LA BDLISA.....	19
3.3.1. La mise à disposition de fichiers compressés pour le téléchargement	19
3.3.2. La mise à disposition de services-web cartographiques.....	19
3.4. LES METADONNEES.....	21
4. Présentation de la BDLISA V1	23
4.1. REPRESENTATION PAR NIVEAU DE VISUALISATION	23
4.1.1. La délimitation au niveau 1 (NV1)	23
4.1.2. La délimitation au niveau 2 (NV2)	24
4.1.3. La délimitation au niveau 3 (NV3)	25
4.2. REPRESENTATION PAR LES ORDRES	26
4.3. SYNTHESE DES EVOLUTIONS ENTRE LA BDLISA V0 ET LA BDLISA V1 ...	27

4.3.1. Amélioration de la délimitation et de la caractérisation de certaines entités	27
4.3.2. La surcouche karst et les alluvions productives	29
4.3.3. Mise en place d'une table répertoriant les évolutions par entité	30

5. Conclusion et perspectives..... 31

Liste des figures

Figure 1 – Schéma de la chaîne de traitement global pour l'élaboration puis la consolidation de la BDLISA. Le groupe de travail national est représenté par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, l'ONEMA, les agences de l'eau, les DREAL et le BRGM.	3
Figure 2 – Structuration du référentiel. La BDLISA est composée (i) d'entités principales représentées sur trois niveaux de visualisation (NV), (ii) d'entités complémentaires, (iii) d'une surcouche des formations karstiques et (iv) d'une couche caractérisant les limites des entités à l'affleurement.	5
Figure 3 – Emboîtement des trois niveaux de représentation de la BDLISA – exemple du Grand système aquifère multicouche Plio-Quaternaire des landes de Gascogne et du Lannemezan. a) niveau 1, b) niveau 2 avec trois entités distinctes et c) niveau 3 avec 8 entités distinctes.	6
Figure 4 – Schématisation de la succession verticale des entités hydrogéologiques. a) Ordre absolu et b) ordre relatif.	7
Figure 5 – Processus de délimitation, caractérisation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence de l'assemblage. Les principales étapes sont représentées dans les encadrés bleu.	9
Figure 6 – Tableau multi-échelle et sa déclinaison cartographique. Exemple de l'entité 167 « Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Douve de sa source à l'embouchure ». Les entités affichées sont à l'affleurement.	10
Figure 7 – Nature des entités hydrogéologiques en fonction du niveau de visualisation. Les flèches indiquent les liaisons possibles entre les niveaux de visualisation. Les relations en pointillés représentent des situations possibles mais minoritaires.	13
Figure 8 – Caractérisation de la nature des limites des entités hydrogéologiques à l'affleurement au niveau 3. a) Nature des entités hydrogéologiques à l'affleurement au niveau 3 et b) Caractéristiques des limites entre ces mêmes unités.	16
Figure 9 – Diagramme de collaboration entre les acteurs du projet BDLISA pour la validation et la diffusion de chaque version du référentiel BDLISA.	17
Figure 10 – Sortie d'écran d'une fiche pdf.	20
Figure 11 – Affichage d'un log hydrogéologique sur le site Géotraitement.	21
Figure 12 – Caractéristiques des entités affleurantes de niveau 1. a) Nature des entités hydrogéologiques et b) Thème des entités hydrogéologiques.	23
Figure 13 – Nature des entités hydrogéologiques de niveau 2 à l'affleurement en région Languedoc-Roussillon.	24
Figure 14 – Type de milieu des entités hydrogéologiques de niveau 2 à l'affleurement dans les DOM. a) Guyane, b) Guadeloupe, c) Martinique et d) Réunion.	25
Figure 15 – Nature des entités hydrogéologiques de niveau 3 à l'affleurement dans la vallée de la Garonne.	25

Figure 16 – État des entités hydrogéologiques de niveau 3 à l’affleurement dans les DROM. a) Guyane, b) Guadeloupe, c) Martinique et d) Réunion.	26
Figure 17 – Ordre stratigraphique de l’entité 107AK01 au niveau 3 : Calcaires de Brie du Rupélien (Oligocène inf.) du Bassin parisien. Les contours en gris représentent les limites des départements.	27
Figure 18 – Nombre d’entités hydrogéologiques par niveau de visualisation pour la version 0 et 1 de la BDLISA en France métropolitaine.	28
Figure 19 – Cartographie des nouveautés apportées par la version 1 de la BDLISA. a) Surcouche karst et b) Alluvions productives au niveau 3.	30

Liste des tableaux

Tableau 1 – Principales données utilisées pour construire la BDLISA.	8
Tableau 2 – Cinq thèmes auxquels sont rattachées les entités hydrogéologiques de la BDLISA.	10
Tableau 3 – Principaux critères de délimitation et description succinctes des méthodes utilisées pour délimiter les entités hydrogéologiques dans les différents thèmes géologiques (sauf sédimentaire et alluvial).	12
Tableau 4 – Ensemble des types de milieu caractérisant une entité hydrogéologique de niveau 3.	14
Tableau 5 – Ensemble des différents états des entités hydrogéologiques de niveau 3.	14
Tableau 6 – Ensemble des combinaisons possibles pour caractériser la nature des limites des entités hydrogéologiques.	15
Tableau 7 – Principaux contrôles réalisés avant la diffusion de la BDLISA par le SANDRE.	18
Tableau 8 – Proportion des différents types de modifications apportées aux entités hydrogéologiques. Selon la table généalogie de la BDLISA V1.	29
Tableau 9 – Description des champs de la table généalogie.	30

1. Introduction

La gestion des eaux souterraines répond à des enjeux économiques, sociétaux et environnementaux. Cela implique une bonne connaissance du sous-sol et de ses propriétés physiques pour évaluer l'état des eaux et orienter les actions à mener pour les préserver. C'est dans cet objectif qu'a été forgé le référentiel hydrogéologique français BDLISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères).

La construction du référentiel hydrogéologique français s'est faite en plusieurs phases, à mesure que les exigences de la réglementation européenne et française et que les efforts de surveillance se sont accentués mais également en fonction de l'amélioration des connaissances :

- La carte « Margat » : la première carte hydrogéologique est finalisée en 1976. Elle propose un découpage de la France métropolitaine en systèmes aquifères et domaines hydrogéologiques sur une échelle au 1/1 500 000.
- En 1996, la carte « Margat » est étendue et les contours affinés à l'échelle du territoire national, ce qui donnera naissance, en 2002, à la « Base de Données du Référentiel Hydrogéologique Français Version 1 » ou BDRHF V1. Cette base sera exploitée pendant plus d'une décennie.
- Une refonte méthodologique est proposée en 2003 par un groupe de travail national ([RP-52261-FR](#)⁵). Après 10 années de développement, une première version beta de la « Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères » ou BDLISA, qui succède à la BDRHF V1, voit le jour fin 2012, rapidement suivie par la version 0 en 2013. Plus précis dans ses contours, la construction du référentiel est homogène et présente des nouveautés majeures, comme la prise en compte des couches géologiques en profondeur ou la délimitation des entités selon trois échelles d'observation (nationale, régionale ou locale).

Aujourd'hui, cette étape de construction laisse la place à des phases itératives régulières où le référentiel BDLISA est corrigé et amélioré grâce aux avancées scientifiques et techniques. La nouvelle version 1 de la BDLISA, publiée en août 2015, s'inscrit dans cette dynamique.

Les modes de diffusion ont également évolué pour répondre au cadre réglementaire de la directive INSPIRE⁶ et aux attentes des gestionnaires et des bureaux d'études. Autrefois accessible en CD-ROM, DVD puis en téléchargement, le référentiel BDLISA est aujourd'hui accessible à travers un ensemble d'outils cartographiques mis en ligne sur Internet. Ce mode de diffusion contribue au partage de la connaissance et au développement d'applications variées de la BDLISA. La BDLISA est utilisée en appui aux politiques publiques sur l'eau, dans les travaux scientifiques et techniques et dans la mise en place d'outils pour informer et sensibiliser un large public aux eaux souterraines.

⁵ Petit, V., Hanot, F., Pointet, T., 2003. Référentiel hydrogéologique BDRHF. Guide méthodologique de découpage des entités. Rapport final BRGM/RP-52261-FR.

⁶ Infrastructure for Spatial Information in Europe : directive européenne qui impose aux autorités publiques de publier sur Internet leurs données environnementales géographiques (plus d'informations http://cnig.gouv.fr/?page_id=1177)

La BDLISA est à la croisée de nombreuses disciplines, tout aussi bien thématique (hydrogéologie et géologie) qu'informatique (gestion de bases de données, création d'applications web). L'objectif de ce rapport de synthèse est de mettre en lumière la chaîne de traitement complète de l'élaboration de la BDLISA jusqu'à ses utilisations. Après la présentation du cadre méthodologique pour son élaboration, le rapport détaille les processus de validation et de diffusion du référentiel. Enfin, il s'achève sur des exemples d'applications et des perspectives de développements futurs.

2. Etapes de création du référentiel

2.1. ORGANISATION GENERALE ET ACTEURS CONCERNES

L'élaboration de la BDLISA aborde de nombreuses étapes présentée figure 1. Après une phase de construction ayant durée 10 ans (développement méthodologique, construction régionale et consolidation nationale), le référentiel aborde désormais une phase de consolidation continue et de mise à jour régulière. De la méthodologie aux moyens mis en œuvre pour sa diffusion, la BDLISA rassemble de nombreux acteurs.

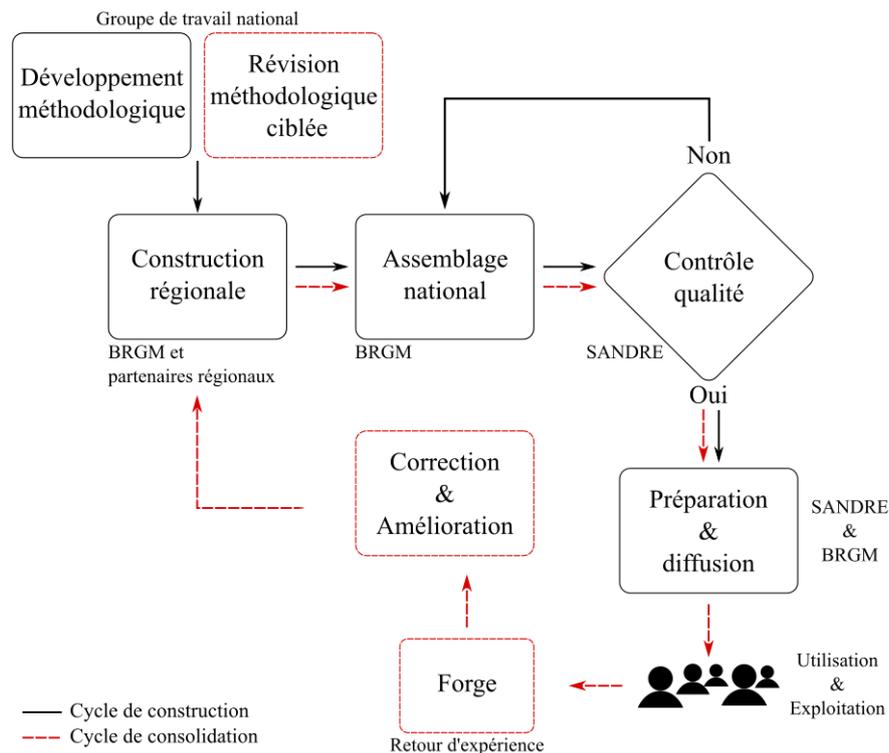


Figure 1 – Schéma de la chaîne de traitement global pour l'élaboration puis la consolidation de la BDLISA. Le groupe de travail national est représenté par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, l'ONEMA, les agences de l'eau, les DREAL et le BRGM.

Depuis 2003, le projet BDLISA est porté par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) et son élaboration est confiée au BRGM. Le soutien financier et scientifique provient du MEDDE, de l'Office National de l'Eau et de Milieux Aquatiques (ONEMA), des agences de l'eau et du BRGM. La Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB) du MEDDE assure quant à elle le secrétariat du comité de pilotage national, en collaboration avec les autres partenaires.

La spécification et la construction du référentiel ont été assurées par le centre scientifique et technique du BRGM, appuyé par ses services géologiques régionaux et en étroite collaboration avec les agences et offices de l'eau, les services déconcentrés de l'Etat (DREAL - DRIEE pour l'Île-de-France, DEAL pour les DROM), les collectivités territoriales, les organismes de recherche et les bureaux d'études. Ces mêmes acteurs sont désormais tous intégrés dans le processus de consolidation du référentiel, en analysant, validant et traitant les demandes de correction.

Les travaux d'assemblage et d'harmonisation du référentiel à l'échelle nationale sont réalisés au sein de la Direction Eau, Environnement et Ecotechnologies (D3E) du BRGM.

Le SANDRE (Service d'Administration Nationale des Données et des Référentiels sur l'Eau) assure quant à lui la diffusion de ce référentiel. Durant la phase initiale de construction, il avait en charge le pilotage du groupe de travail qui a permis l'élaboration du modèle de données et du dictionnaire de données de ce référentiel, en application du Schéma National des Données sur l'Eau (SNDE). Il est désormais le garant de la bonne conformité de chaque nouvelle version du référentiel vis-à-vis de ces documents fondateurs, en assurant un contrôle de cohérence des données livrées avant toute diffusion.

2.2. PRINCIPES FONDATEURS DE LA BDLISA

2.2.1. La notion d'entité hydrogéologique

Le référentiel hydrogéologique français est une base de données décrivant des entités hydrogéologiques. Ces entités représentent un espace géologique caractérisé par des propriétés hydrogéologiques communes. La méthode de délimitation de ces entités est homogène sur l'ensemble du territoire et dépend du domaine géologique dans lequel elles se situent.

La BDLISA est constituée de trois types d'entités et d'une caractérisation des limites entre les entités à l'affleurement (voir figure 2). L'ensemble de ces éléments compose ainsi la BDLISA :

- **Les entités principales** : ce sont les entités qui respectent les règles de cohérence et d'homogénéité du référentiel (cf. chapitres 2.2.2 à 2.2.4). Elles sont représentées par un ou plusieurs polygones (certaines entités peuvent être disjointes) et leur ordre dans les différentes couches géologiques est également pris en compte. En revanche, la profondeur et l'épaisseur des couches ne sont pas représentées.
- **Les entités complémentaires** : ce sont les entités qui constituent des cas particuliers difficilement intégrables dans le cadre général du référentiel. Contrairement aux précédentes, ces entités ne respectent pas forcément les règles de cohérence et d'homogénéité du référentiel. A titre d'exemples, il peut s'agir d'alluvions non réservoirs ou encore de formations superficielles type limons ou loess.
- **Les entités de la surcouche karst** : l'ensemble des entités hydrogéologiques ayant un type de milieu karstique ou en partie karstique est représenté dans une couche complémentaire indépendante appelée « couche karstique ». Cette couche facilite la représentation de ces éléments à l'échelle de la France.
- **Les limites des entités à l'affleurement** : les limites latérales entre les entités hydrogéologiques à l'affleurement sont représentées dans une couche géographique. Ces limites sont caractérisées par un attribut associé aux contours qui composent les entités hydrogéologiques (cf. chapitre 2.4.5).

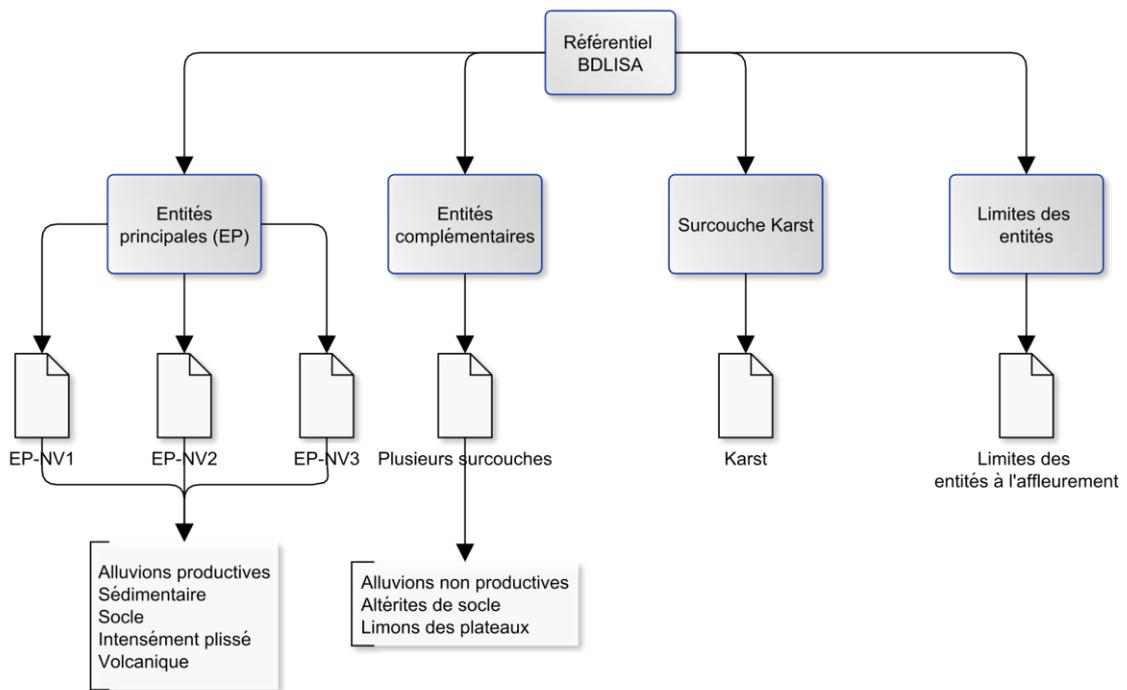


Figure 2 – Structuration du référentiel. La BDLISA est composée (i) d'entités principales représentées sur trois niveaux de visualisation (NV), (ii) d'entités complémentaires, (iii) d'une surcouche des formations karstiques et (iv) d'une couche caractérisant les limites des entités à l'affleurement.

2.2.2. Les niveaux de visualisation

Les entités hydrogéologiques sont emboîtées au sein de trois échelles spatiales pour offrir différents niveaux de consultation et d'utilisation de la BDLISA :

- **Le niveau national NV1** : Il est utilisable pour la mise en œuvre des politiques publiques et pour des projets à l'échelle nationale (impact du changement climatique sur la ressource en eau, risques de remontée de nappe...). La gamme d'échelles d'utilisation varie du 1/500 000 au 1/1 000 000 ;
- **Le niveau régional NV2** : Il est utilisable pour la réalisation d'atlas hydrogéologiques régionaux ou pour l'évaluation des ressources en eau souterraine à l'échelle régionale. La gamme d'échelles d'utilisation varie du 1/150 000 au 1/500 000 ;
- **Le niveau local NV3** : L'échelle locale permet d'appuyer des études comme la réalisation de cartes piézométriques ou la modélisation d'un aquifère par exemple. Ce niveau correspond au niveau de représentation le plus fin du référentiel : 1/50 000.

La délimitation initiale des entités hydrogéologiques s'effectue à l'échelle 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).

Un exemple d'emboîtement des trois niveaux de représentation de la BDLISA est présenté figure 3.

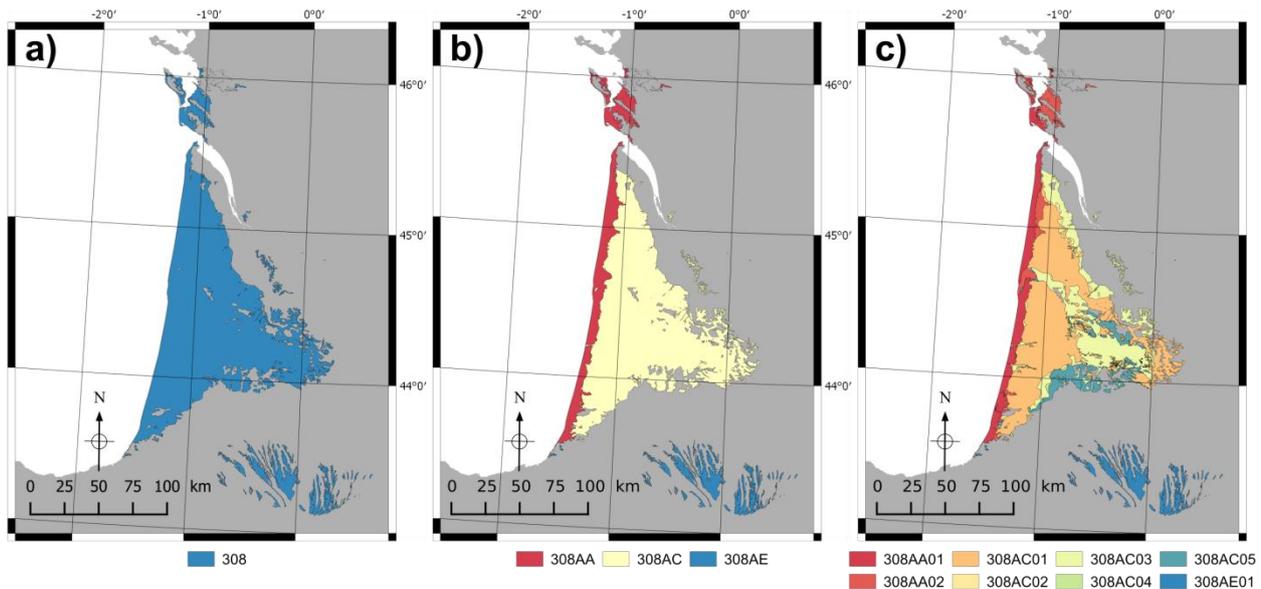


Figure 3 – Emboîtement des trois niveaux de représentation de la BDLISA – exemple du Grand système aquifère multicouche Plio-Quaternaire des landes de Gascogne et du Lannemezan. a) niveau 1, b) niveau 2 avec trois entités distinctes et c) niveau 3 avec 8 entités distinctes.

2.2.3. L'ordre stratigraphique des entités hydrogéologiques

La méthode de construction de la BDLISA prend en compte la dimension verticale des entités hydrogéologiques qui se superposent. Lors du découpage des entités hydrogéologiques, les différents niveaux de recouvrement d'une entité hydrogéologique sont indiqués par un ordre « absolu » qui peut correspondre à un âge stratigraphique ou une valeur arbitraire (figure 4 a).

Lors de l'assemblage de la BDLISA, en tout point du territoire, la valeur absolue de chaque entité hydrogéologique est ainsi comparée aux valeurs absolues des autres entités hydrogéologiques également présentes dans la zone examinée, pour en déduire un ordonnancement relatif. L'ordre relatif ainsi attribué à une portion d'entité hydrogéologique correspond au positionnement relatif de l'entité comparativement aux autres entités présentes dans la pile. Le numéro d'ordre relatif permet d'identifier les différents niveaux de recouvrement d'une entité donnée (figure 4 b).

Dans l'exemple présenté figure 4, les entités sont constituées d'une partie affleurante et d'une partie sous couverture, réunies lors du passage de l'ordre absolu à l'ordre relatif. Ainsi, un ordre relatif 3 est attribué à une zone d'une entité lorsque, sur cette zone, l'entité en question est recouverte par deux autres entités, elles-mêmes superposées l'une sur l'autre.

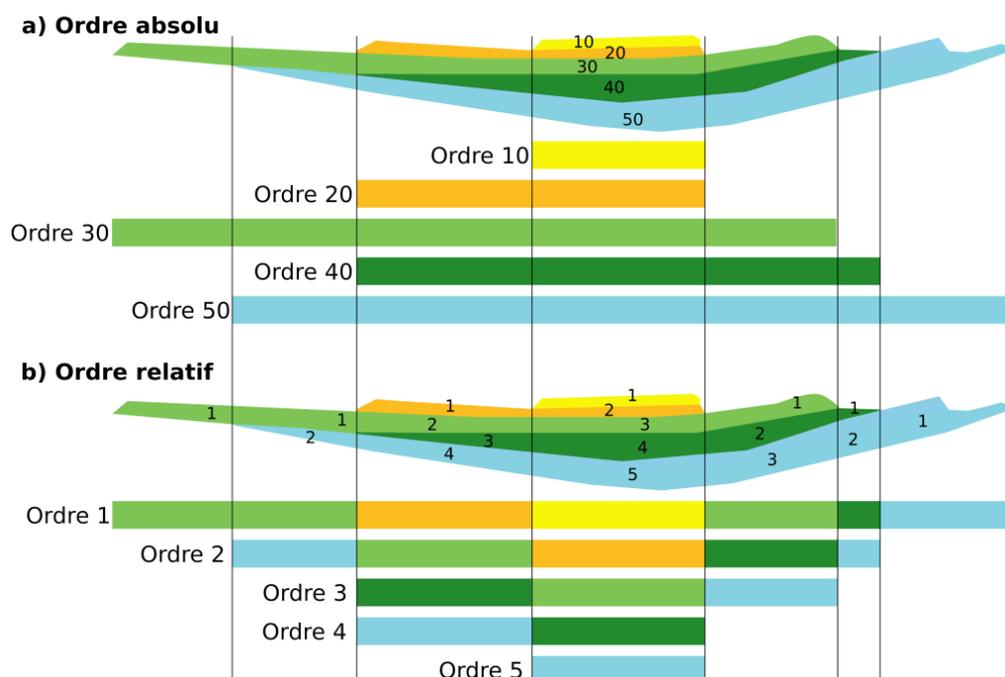


Figure 4 – Schématisation de la succession verticale des entités hydrogéologiques. a) Ordre absolu et b) ordre relatif.

2.2.4. La complétude, la filiation et l'héritage

En complément des principes de construction évoqués précédemment, la construction de la BDLISA est également encadrée par les trois notions suivantes.

- **La complétude** : la totalité du territoire national (à l'exception de Mayotte) est recouverte par des entités et pour tous les niveaux de visualisation.
- **La filiation** : une entité de niveau local NV3 est rattachée à une entité de niveau régional NV2 qui l'inclut et qui est elle-même rattachée et incluse dans une entité de niveau national NV1.
- **L'héritage** : cette notion découle de la précédente. Elle retranscrit essentiellement l'héritage des limites des entités du niveau 3 vers le niveau 2, puis vers le niveau 1. Dans certains cas, l'héritage peut également concerner certaines propriétés hydrogéologiques. En effet, une entité de niveau 2 composée exclusivement d'entités de niveau 3 aquifères à nappe libre sera fort logiquement caractérisée comme aquifère à nappe libre.

2.3. JEUX DE DONNEES DE REFERENCE

Les cartes géologiques harmonisées au 1/50 000 et la BD Carthage⁷ constituent les principaux jeux de données de référence sur lesquels la méthode d'élaboration de la BDLISA s'appuie (cf. tableau 1 ci-dessous).

⁷Base de Données sur la CARtographie THématique des AGences de l'eau et du ministère chargé de l'environnement (<http://www.sandre.eaufrance.fr/atlascatalogue/?mode=ModeMeta&uuid=3409c9c3-9836-43be-bac3-b110c82b3a25#meta1>)

Tableau 1 – Principales données utilisées pour construire la BDLISA.

Données	Description
BD Million-Géol*	Carte géologiques au 1/1 000 000
BD Objets-Géol250*	Cartes géologiques au 1/250 000
BD Objets-Géol50	Cartes géologiques au 1/50 000 harmonisées
BSS	Base de données nationale des données du Sous-Sol (BSS) décrivant les ouvrages souterrains déclarés
BD Carthage	Base de données du réseau hydrographique
Bd Logs	Banque de données nationale des forages ayant fait l'objet d'une validation géologique par le BRGM
Banque Hydro	Utilisation des statistiques hydrologiques des stations de jaugeages

* Ces données sont uniquement exploitées dans les zones non couvertes par les cartes géologiques au 1/50 000 (certaines zones en Auvergne).

2.4. CONSTRUCTION DE LA BDLISA

La BDLISA est élaborée en plusieurs phases présentées figure 5. Une première phase de construction a eu lieu en région où les directions régionales du BRGM et les acteurs locaux compétents se sont associés pour rassembler les connaissances géologiques et hydrogéologiques de la région. La construction par région s'est appuyée sur le développement d'un Tableau Multi-Echelle ou TME (cf. chapitre 2.4.1) et sur la délimitation et la caractérisation des entités hydrogéologiques (cf. chapitres 2.4.2 et 2.4.3). Ces étapes sont itératives et plusieurs versions du TME se succèdent durant les phases de délimitation des entités hydrogéologiques avant d'aboutir à des délimitations finalisées.

La dernière phase consiste à assembler et harmoniser la BDLISA à l'échelle du territoire national (cf. chapitre 2.4.4). Lors de cette étape, la nature des limites des entités affleurantes au niveau 3 est établie (cf. chapitre 2.4.5).

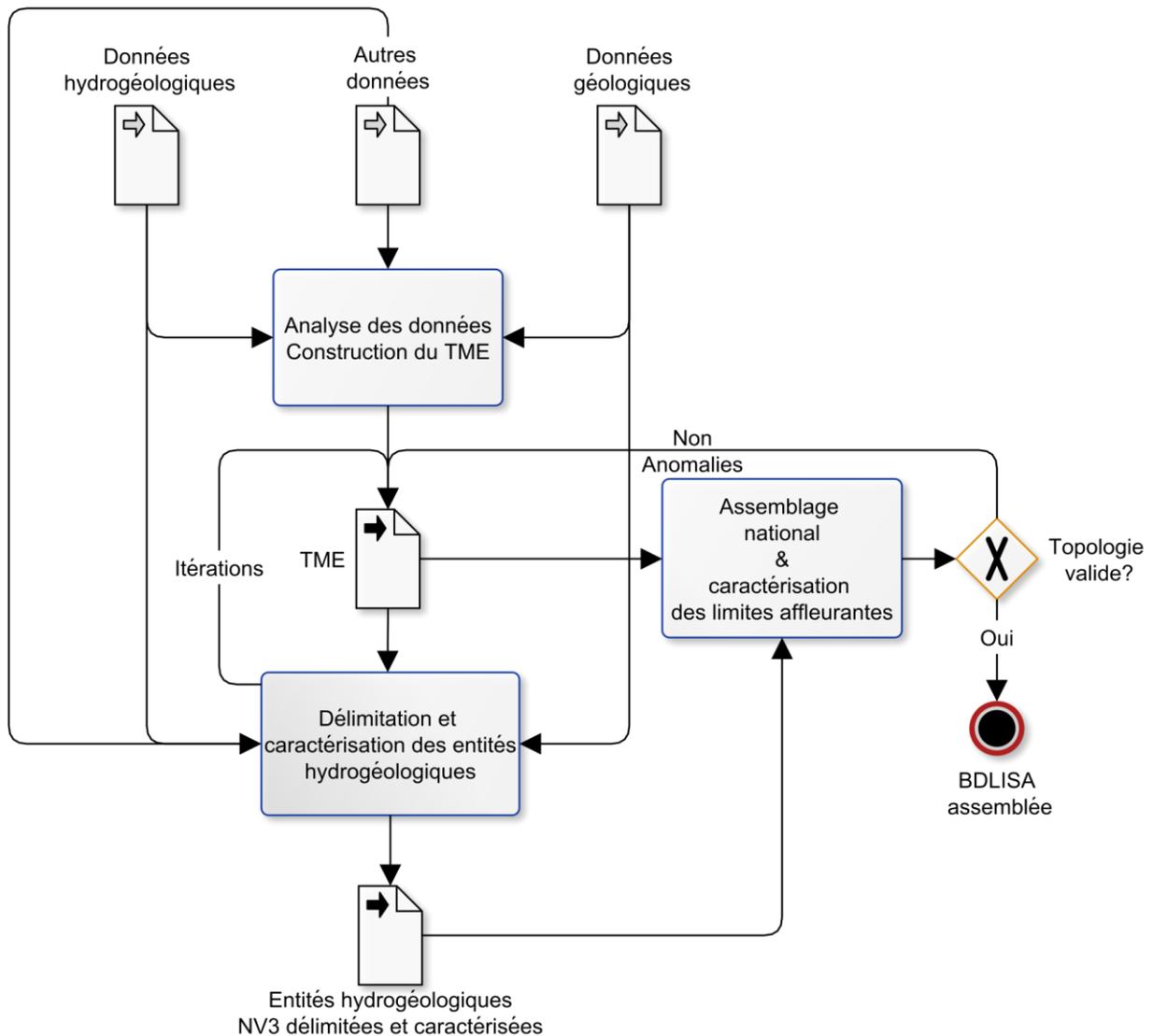


Figure 5 – Processus de délimitation, caractérisation des entités hydrogéologiques et de contrôle de la cohérence de l'assemblage. Les principales étapes sont représentées dans les encadrés bleu.

2.4.1. Le Tableau Multi-Echelle (TME)

Le TME synthétise à la fois le positionnement vertical des entités hydrogéologiques dans la pile stratigraphique et les emboitements des trois niveaux de visualisation. Il compile ainsi l'ensemble des entités hydrogéologiques de la BDLISA, niveaux NV1, NV2 et NV3, avec leur position stratigraphique les uns par rapport aux autres et leurs propriétés hydrogéologiques.

Le TME est le document de référence pour les échanges sur la délimitation des entités (discussions et validation) entre les acteurs impliqués. Sa méthode de construction se base sur le guide méthodologique de 2003 ([RP-52261-FR](#)).

La figure 6 présente un exemple d'un tableau multi-échelle en Basse-Normandie et la cartographie des entités hydrogéologiques affleurantes associées.

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
167 -- Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Douve de sa source à l'embouchure	167AA -- Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Douve de sa source au confluent de la Sève en Normandie	167AA01 -- Roche d'origine volcanique ou filonienne
		167AA02 -- Grès, calcaires et schistes du Paléozoïque
	167AC -- Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Douve du confluent de la Sève à l'embouchure en Normandie	167AC01 -- Schistes, grès du Briovérien
		167AC02 -- Granites
		167AC03 -- Roches métamorphiques
		167AC04 -- Roche d'origine volcanique ou filonienne
		167AC05 -- Grès, calcaires et schistes du Paléozoïque

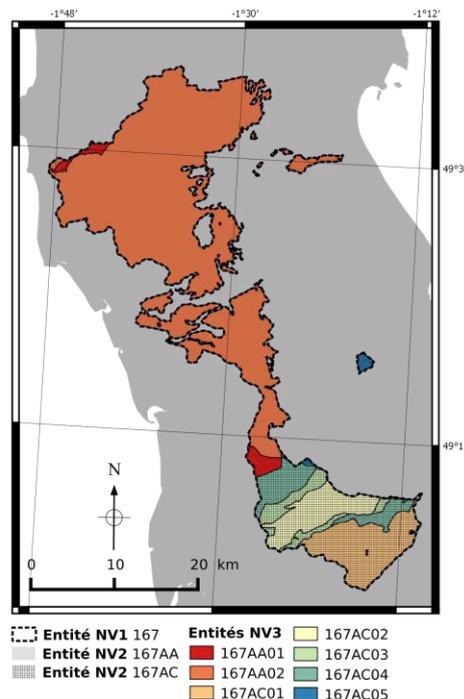


Figure 6 – Tableau multi-échelle et sa déclinaison cartographique. Exemple de l'entité 167 « Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de la Douve de sa source à l'embouchure ». Les entités affichées sont à l'affleurement.

2.4.2. Délimitation des entités hydrogéologiques

La délimitation des entités hydrogéologiques consiste à définir de façon cartographique les contours des entités hydrogéologiques identifiées dans le tableau multi-échelle. La méthode utilisée varie en fonction des cinq « thèmes » présentés dans le tableau 2 ci-dessous. En effet, chacun de ces thèmes correspond à un contexte géologique avec des propriétés hydrogéologiques et un niveau de connaissances spécifique, qui induisent donc des différences dans la manière de cartographier ces entités selon ces contextes.

Tableau 2 – Cinq thèmes auxquels sont rattachées les entités hydrogéologiques de la BDLISA.

Nom	Description
Alluvial	Ensemble des dépôts de plaine alluviale accompagnés des terrasses connectées hydrauliquement avec les cours d'eau
Sédimentaire	Ensemble des formations peu ou pas déformées, non métamorphosées des bassins sédimentaires
Socle	Formations magmatiques et métamorphiques
Intensément plissé de montagne	Ensemble de formations géologiques récemment plissées appartenant aux massifs montagneux alpins, pyrénéens, languedociens et jurassiens
Volcanisme	Volcanisme tertiaire et quaternaire ayant conservé une géométrie, une morphologie et/ou une structure volcanique identifiable

La délimitation dans le thème alluvial

Initialement, les formations alluviales étaient définies en entités principales ou en entités complémentaires selon des caractéristiques disparates à l'échelle du territoire.

Dans un objectif d'harmonisation, cette dichotomie est maintenant fondée sur la capacité de stockage des alluvions à travers la notion « d'alluvions réservoirs » : les alluvions dont l'épaisseur et la porosité permettent le stockage d'un volume d'eau potentiellement exploitable.

Ce type d'alluvions réservoirs est désormais intégré dans les entités principales de la BDLISA tandis que les alluvions non réservoirs sont représentées dans la couche des entités complémentaires. La délimitation par niveau de visualisation est en règle générale basée sur le rang Strahler⁸ des cours d'eau associés mais peut également être basé sur d'autres critères (par exemple les limites des entités hydrogéologiques sous-jacentes).

La délimitation dans le thème sédimentaire

La délimitation en zone sédimentaire est complexe du fait de la présence des systèmes multicouches où les entités hydrogéologiques sont en partie en profondeur. Dans ce contexte multicouche, les contours des parties affleurantes des entités correspondent aux contours des formations des cartes géologiques au 1/50 000 harmonisées. Les limites des entités sous couvertures sont établies ou précisées à partir des logs géologiques extraits de la BSS et des connaissances géologiques et hydrogéologiques acquises à l'occasion d'études effectuées dans un secteur. Ainsi, de nombreuses limites en profondeur sont à considérer comme des limites d'interprétation, évolutives en fonction de la progression des connaissances.

La délimitation dans les autres thèmes

Pour les thèmes de socle, volcanique et intensément plissé de montagne, les entités hydrogéologiques sont délimitées selon des critères hydrographiques et de contribution des eaux souterraines à la rivière du bassin versant considéré.

La méthodologie de délimitation employée pour chacun des thèmes est détaillée dans le guide méthodologique de 2003 ([RP-52261-FR](http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/15_conn11_typol_vbat.pdf)). L'ensemble des critères de délimitation des entités est présenté dans le tableau 3.

⁸ Indicateur rendant compte synthétiquement de la taille du cours d'eau (http://www.onema.fr/IMG/Hydromorphologie/15_conn11_typol_vbat.pdf)

Tableau 3 – Principaux critères de délimitation et description succinctes des méthodes utilisées pour délimiter les entités hydrogéologiques dans les différents thèmes géologiques (sauf sédimentaire et alluvial).

Thèmes	Niveaux	Critères	Description
Socle	NV1	Morphologiques	Découpage des BV d'une superficie comprise entre 3000 et 5000 km ²
	NV2	Morphologiques et hydrologiques	Subdivision des BV* NV1 + regroupement des BV ayant les mêmes caractéristiques hydrologiques (débit d'étiage spécifique)
	NV3	Morphologiques, hydrologiques et géologiques	Subdivision des BV* NV2 + caractérisation et regroupement en fonction de la lithologie et/ou des caractéristiques hydrogéologiques (débit d'étiage spécifique)
Volcanisme	NV1	Morphologiques	Surface comprise entre 100 et 2500 km ²
	NV2	<i>Duplicata de l'entité NV1</i>	<i>Duplicata de l'entité NV1</i>
	NV3	Morphologiques et géologiques	Identification des BV et regroupement selon des critères géologiques et fonctionnement hydrogéologiques homogènes
Intensément plissée	NV1	Litho-stratigraphie et hydrographiques	Croisement des critères litho-stratigraphiques et hydrographiques
	NV2	Hydrographiques, litho-stratigraphiques et structuraux	Croisement entre les différents critères
	NV3	Capacité aquifère et lithologie	En fonction de l'état des connaissances – sinon duplicata de l'entité NV2

* BV : Bassin Versant

2.4.3. La caractérisation des entités hydrogéologiques

Les entités hydrogéologiques sont caractérisées par 4 caractéristiques (nature, thème, milieu et état) détaillées dans les sections ci-dessous. L'ensemble de ces caractéristiques est normé par le SANDRE, chacune de ces sections renvoie un lien hypertexte pour consulter les documents de référence.

En raison des caractéristiques parfois très hétérogènes qualifiant des entités de niveau 3 au sein d'une même entité de niveau 2 (et donc également de niveau 1), il n'est pas toujours possible de caractériser globalement une entité de niveau 2 et *a fortiori* de niveau 1. Ainsi, seuls les attributs « nature » et « thème » sont renseignés pour tous les niveaux de visualisation (NV1, NV2, NV3).

Des figures sont proposées dans le chapitre 4 pour avoir un aperçu visuel des caractéristiques des entités hydrogéologiques aux différents niveaux d'observation.

La nature

La nature caractérise les potentialités d'aquifères. Elle dépend du niveau de visualisation et est présentée dans le détail dans la figure 7. La nomenclature SANDRE est décrite à travers ce [lien](#)⁹.

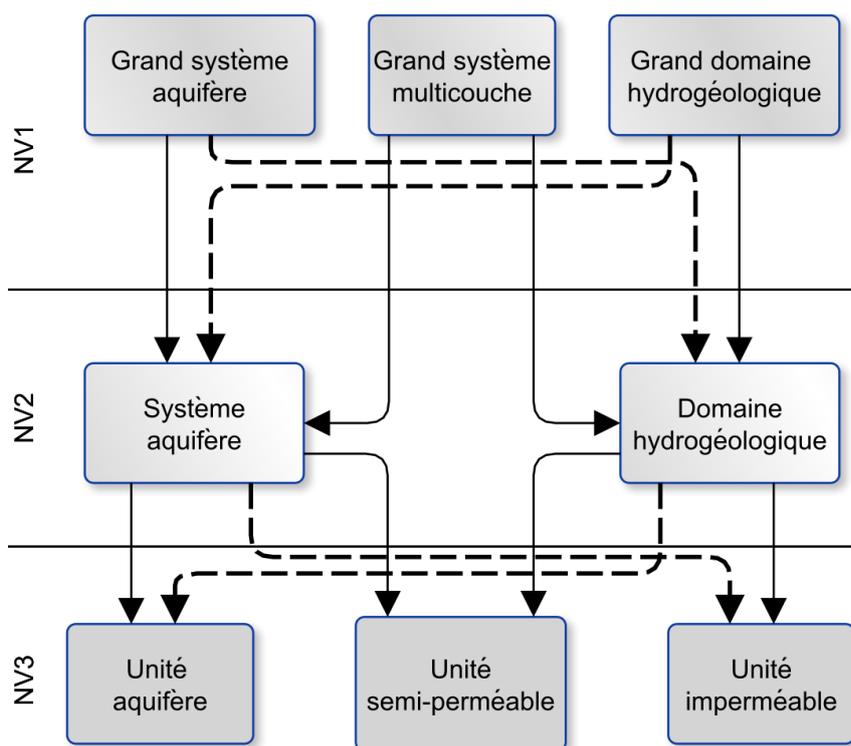


Figure 7 – Nature des entités hydrogéologiques en fonction du niveau de visualisation. Les flèches indiquent les liaisons possibles entre les niveaux de visualisation. Les relations en pointillés représentent des situations possibles mais minoritaires.

⁹ <http://www.sandre.eaufrance.fr/?urn=urn:sandre:donnees:86:::referentiel:3.1:html>

Le thème

Le thème caractérise les grands types de domaines géologiques (voir le chapitre précédent). Le tableau 2 présente dans le détail les thèmes. La nomenclature SANDRE 348 est consultable à travers ce [lien](#)¹⁰.

Le milieu

L'attribut milieu décrit le type de porosité de l'entité, les 9 types sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 – Ensemble des types de milieu caractérisant une entité hydrogéologique de niveau 3.

Type de milieu	Poreux		Fissuré	Karstique	
Double porosité	Matricielle / fissures	Matricielle / fractures	Matricielle / karstique	Fractures et/ou fissures	Karstiques / fissures
Triple porosité	Matricielle / fractures / karstique				

La nomenclature SANDRE 353 de l'attribut milieu est décrite sur ce [lien](#)¹¹.

L'état

Cet attribut caractérise l'état de la nappe dans l'entité hydrogéologique. Le tableau 5 présente les différents états d'une entité de niveau 3.

Tableau 5 – Ensemble des différents états des entités hydrogéologiques de niveau 3.

Nom du champ	Description
Nappe captive	Entité confinée entre deux terrains peu ou pas perméables
Nappe libre	Entité qui n'est pas limitée vers le haut par des terrains imperméables.
Libre et captive	Entité qui est globalement libre ou captive mais comporte respectivement des parties captives ou libres à un ou plusieurs endroits de sa superficie
Alternativement	Entité présentant des variations libre/captive au cours du temps
Semi-captive	Entité hydrogéologique présentant un état hydrogéologique intermédiaire entre 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.

La nomenclature SANDRE 350 est consultable à travers ce [lien](#)¹².

¹⁰ <http://www.sandre.eaufrance.fr/?urn=urn:sandre:donnees:348:::referentiel:3.1:html>

¹¹ <http://www.sandre.eaufrance.fr/?urn=urn:sandre:donnees:353:::referentiel:3.1:html>

2.4.4. L'assemblage national par bassin hydrographique

Afin de finaliser la BDLISA, une dernière étape consiste à assembler spatialement l'ensemble des entités hydrogéologiques de niveau 3 produites en région. En métropole, un travail spécifique a été mené d'analyse de leur homogénéité d'ensemble, dans un 1^{er} temps au sein des grands bassins hydrographiques français, puis sur l'ensemble du territoire métropolitain.

Pour se faire, il est nécessaire de vérifier la cohérence des TME régionaux entre eux, le respect des principes fondamentaux (emboîtement des niveaux de visualisation, complétude du territoire...) et l'emprise horizontale et verticale (la stratigraphie des entités hydrogéologiques) des couches géographiques. Un programme développé en langage C et basé sur les fonctionnalités d'ArcGIS[®], permet de réaliser cette opération. L'algorithme contrôle la cohérence topologique des entités et génère l'ensemble des entités hydrogéologiques par niveaux de visualisation et par ordre stratigraphique.

A la suite de cette opération, la BDLISA étant un référentiel du SIE, une analyse de cohérence est menée par le SANDRE, décrite ci-après, afin de valider le référentiel et de permettre sa diffusion (cf. chapitre 3).

2.4.5. La caractérisation de la limite des entités hydrogéologiques

Les conditions d'échange de flux aux limites des entités sont décrites par une couche spécifiquement dédiée aux limites des entités. Ces limites latérales sont cartographiées **uniquement pour les entités à l'affleurement et au niveau local (NV3)**.

Concrètement, ces limites sont représentées par des polygones identifiant les entités voisines de part et d'autre et caractérisées par un attribut dépendant de la nature de ces entités (cf. tableau 6). La caractérisation de la limite des entités hydrogéologiques est générée lors de l'assemblage de la BDLISA à l'échelle nationale.

Tableau 6 – Ensemble des combinaisons possibles pour caractériser la nature des limites des entités hydrogéologiques.

Niveau national	Code	1	12	2
Grand système aquifère	1	1-1	1-12	1-2
Grand système multicouche	12	12-1	12-12	12-2
Grand domaine hydrogéologique	2	2-1	2-12	2-2
Niveau régional		3	4	/
Système aquifère	3	3-3	3-4	/
Domaine hydrogéologique	4	4-3	4-4	/
Niveau local		5	6	7
Unité aquifère	5	5-5	5-6	5-7
Unité semi-perméable	6	6-5	6-6	6-7
Unité imperméable	7	7-5	7-6	7-7

¹² <http://www.sandre.eaufrance.fr/?urn=urn:sandre:donnees:350::::::referentiel:3.1:html>

Un exemple illustrant la caractérisation des limites à l'affleurement des entités hydrogéologiques est proposé en figure 8.

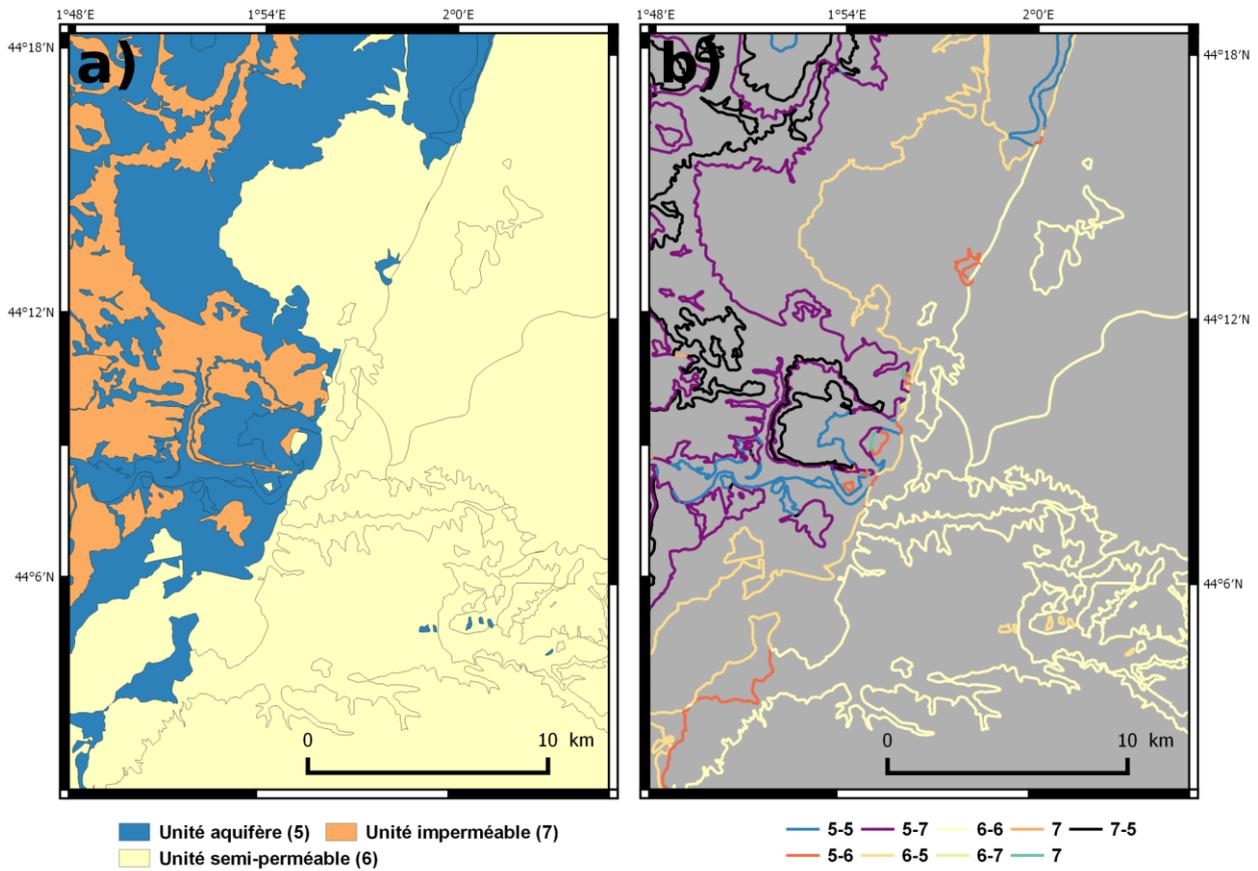


Figure 8 – Caractérisation de la nature des limites des entités hydrogéologiques à l'affleurement au niveau 3. a) Nature des entités hydrogéologiques à l'affleurement au niveau 3 et b) Caractéristiques des limites entre ces mêmes unités.

3. Validation, évolution et diffusion du référentiel

Le contrôle de la conformité de la BDLISA vis-à-vis des concepts SANDRE, détaillés dans un document directeur appelé [dictionnaire des données](#)¹³, est un axe important pour maintenir la cohérence d'ensemble des données diffusées et assurer leur interopérabilité avec les systèmes d'information environnementaux.

La figure 9 présente les différentes interactions dans la phase finale de création de la BDLISA. Le BRGM soumet une version au SANDRE qui réalise une analyse de cohérence (cf. chapitre 3.1). Lorsque la version est validée, le BRGM travaille alors sur la mise en place de la base de diffusion et la création des services-web associés.

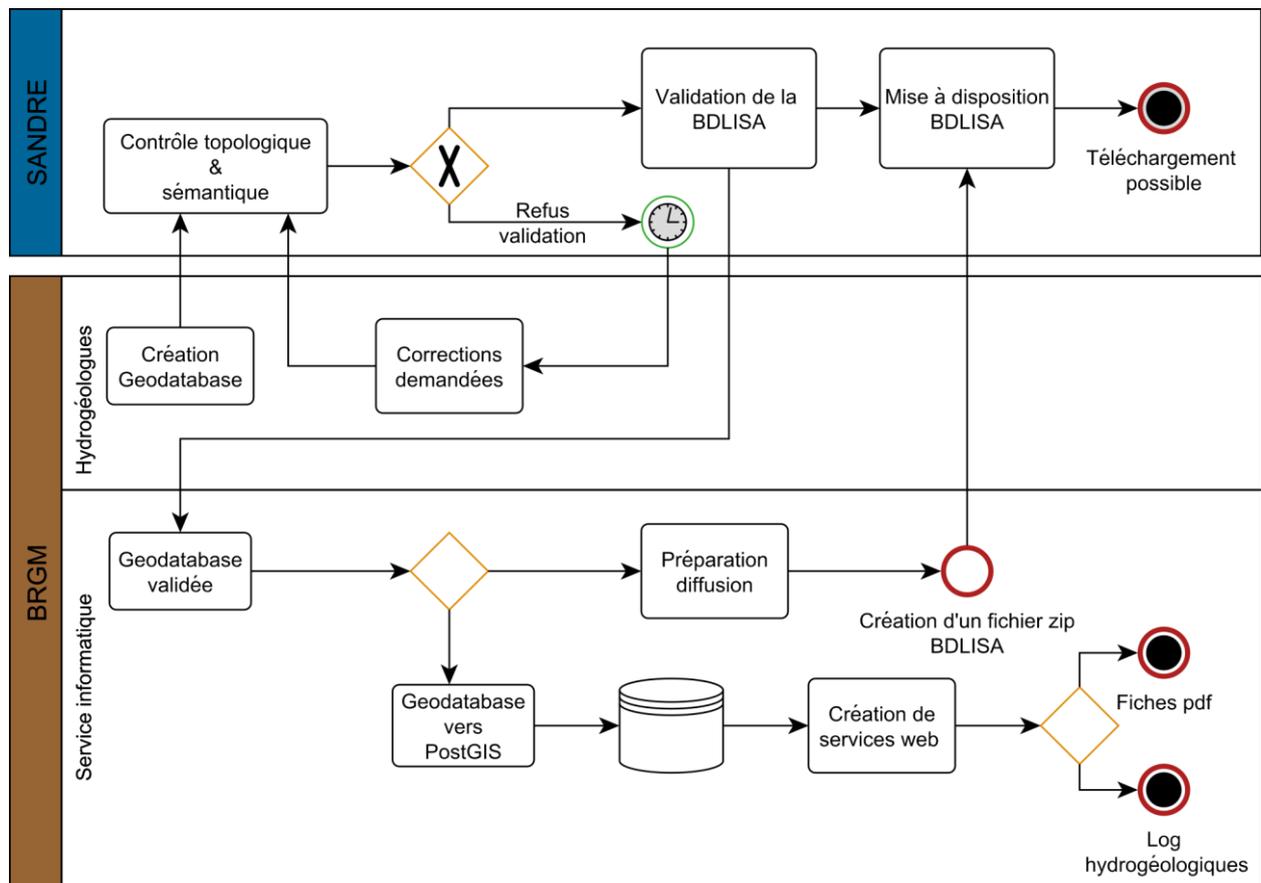


Figure 9 – Diagramme de collaboration entre les acteurs du projet BDLISA pour la validation et la diffusion de chaque version du référentiel BDLISA.

3.1. VALIDATION DE LA BASE DE DONNEES

La BDLISA est soumise à un ensemble de contrôles de cohérence avant sa diffusion. Ces contrôles sont réalisés par le SANDRE, sur la base du dictionnaire de données. Ils abordent les aspects géographiques et sémantiques de la base de données.

¹³ http://sandre.eaufrance.fr/ftp/documents/fr/ddd/saq/2.0/sandre_dictionnaire_SAQ_2.pdf

Le tableau 7 présente les différents types de contrôle effectués par le SANDRE.

Tableau 7 – Principaux contrôles réalisés avant la diffusion de la BDLISA par le SANDRE.

Types	Contrôles
Sémantique	Recherche des doublons sur le nom et le code d'une entité hydrogéologique
	Recherche des champs non renseignés
	Analyse de la cohérence généalogique avec la précédente version de la BDLISA
	Recherche de contenus non référencés dans les nomenclatures SANDRE
Géographique	Contrôle de la cohérence spatiale des polygones sur ArcGIS et PostGIS
	Contrôle de la géométrie des entités hydrogéologiques (tailles et formes incohérentes)
	Comparaison des géométries pour chaque entité
	Analyse de la complétude des couches géographiques

3.2. EVOLUTION ET TRAÇABILITE

Après une phase de construction de 10 ans, la version 1 du référentiel est le fruit d'une consolidation de trois ans basée sur :

- le recueil des anomalies et de corrections proposées par les utilisateurs de la BDLISA (hydrogéologues de région, de bureaux d'études...);
- les propositions d'amélioration réfléchies et concertées lors des Groupes de Travail nationaux et lors de « journées techniques » ciblées sur des problématiques méthodologiques spécifiques (p. ex. karsts, alluvions).

3.2.1. Les corrections d'anomalies

Les anomalies rencontrées par les utilisateurs du référentiel sont enregistrées et suivies dans une forge logicielle nommée « Forge BDLISA » et accessible sur <https://forge.eaufrance.fr/BDLISA/>. Le logiciel a été mis en place en 2014 afin de centraliser les remarques et corrections proposées par les utilisateurs. Cet outil permet d'analyser les demandes, d'échanger avec les contributeurs et de suivre l'évolution des modifications. L'utilisation de la forge par les hydrogéologues régionaux contribue à l'amélioration permanente du référentiel. A titre d'exemple, plus de **340 demandes** de corrections ont été traitées lors de la construction de la version 1, allant de la simple modification attributaire jusqu'à des corrections géométriques importantes (cf. chapitre 4.3.1).

Chaque modification apportée sur la BDLISA est enregistrée dans une table afin de garder l'historique des modifications sur la délimitation des entités hydrogéologiques. Cette table, appelée « table généalogie », est fournie avec la BDLISA lors du téléchargement de la base.

3.2.2. Les propositions d'amélioration

Le retour d'expérience des utilisateurs amène parfois des réflexions pour un changement structurel profond de la BDLISA. Dans ces conditions, un groupe de travail composé de différents spécialistes est mis en place pour apporter une base de travail documentaire et technique à

l'amélioration de la BDLISA. Ce travail est ensuite soumis à l'ensemble des acteurs régionaux de la BDLISA lors de journées techniques où la méthodologie proposée est débattue. La version 1 intègre ainsi les réflexions menées par des groupes de travail nationaux sur les alluvions productives et les entités karstiques (cf. chapitre 4.3.2).

3.3. DIFFUSION ET MISE A DISPOSITION DE LA BDLISA

La BDLISA est mise à la disposition du grand public et des professionnels sous différentes formes. Son contenu est diffusé sous forme de services-web et le référentiel est en téléchargement libre pour une utilisation dans un Système d'Information Géographique (SIG) bureautique. La diffusion de la BDLISA intervient à la suite de la validation du référentiel par le SANDRE (cf. chapitre 3.1).

Pour plus d'informations sur l'utilisation et la structuration des données de la BDLISA, le lecteur intéressé peut consulter le [scénario d'échange de données géographiques](#)¹⁴ construit par le SANDRE.

3.3.1. La mise à disposition de fichiers compressés pour le téléchargement

Plusieurs fichiers compressés pour faciliter le téléchargement de la BDLISA sur le site du SANDRE contiennent plusieurs types de formats de gestion de données géographiques avec les systèmes de projection cartographique en vigueur (Lambert 93 en métropole et Corse et systèmes spécifiques dans les DROM). Ils s'accompagnent de l'ensemble de ces données :

- les polygones et données attributaires de l'entité (différents formats) ;
- les métadonnées au format XML ISO 19115 (format INSPIRE) et au format PDF ;
- la fiche descriptive des entités hydrogéologiques en format PDF ;
- le tableau de généalogie présentant les modifications apportées aux entités hydrogéologiques.

3.3.2. La mise à disposition de services-web cartographiques

Les informations relatives aux entités hydrogéologiques BDLISA sont également accessibles à travers des services-web cartographiques¹⁵ et des applications métiers.

La diffusion de la BDLISA sous forme de services-web est réalisée avec le couplage d'un serveur-web et d'un gestionnaire de métadonnées (fichier décrivant la donnée). Les protocoles de communication générés sont des services web normalisés par l'Open Geospatial Consortium (OGC). Les données diffusées sont interoperables et permettent à un utilisateur de SIG bureautique de combiner et traiter sur son poste, des données venant de sources distantes et/ou locales.

Il existe plusieurs services-web cartographiques BDLISA :

- **Les services basés sur le protocole Web Feature Service (WFS) :** Ce protocole diffuse des données au format vectoriel et contient les données attributaires associées aux

¹⁴ http://www.reseau.eaufrance.fr/geotraitements/sites/default/files/avertissement_utilisation_BDLISA_version_1.pdf

¹⁵ Les services-web cartographiques sont des protocoles de diffusion de données normalisées qui permettent d'assurer l'interopérabilité du partage des données géographiques

objets géographiques. Il existe un service pour chaque entité hydrogéologique de niveaux 1, 2 et 3. Ainsi, l'adresse du service dépend du numéro de l'entité hydrogéologique recherchée comme par exemple avec l'entité « Socle du Massif Armoricaïn dans le bassin versant de l'Oust et ses affluents » codée 199 : « <http://www.reseau.eaufrance.fr/geotraitement/bdlisa/services/carto/199?> ». Ce service diffuse l'extension géographique de cette entité et ses caractéristiques (dont l'ordre stratigraphique).

- **Les services basés sur le protocole Web Map Service (WMS) :** Ce protocole diffuse des données au format raster. Il existe un service WMS pour chacun des critères caractérisant une entité hydrogéologique. Le niveau de visualisation (NV1, NV2 et NV3) est relié au niveau de zoom. Pour plus de détails sur les services web, le lecteur intéressé peut consulter la [page web](#)¹⁶ consacrée aux différents services de valorisation de la BDLISA.

Ces services-web sont consultables via un SIG bureautique et peuvent être exploités sur des applications web. Un site web de démonstration de la BDLISA a été mis en place (<http://www.reseau.eaufrance.fr/geotraitement/>) pour faciliter l'exploitation des données de la BDLISA, il contient un visualiseur et des applications qui exploitent les services web-cartographiques, parmi lesquels :

- La possibilité de consulter les fiches de synthèse des entités hydrogéologiques (voir exemple en figure 10).

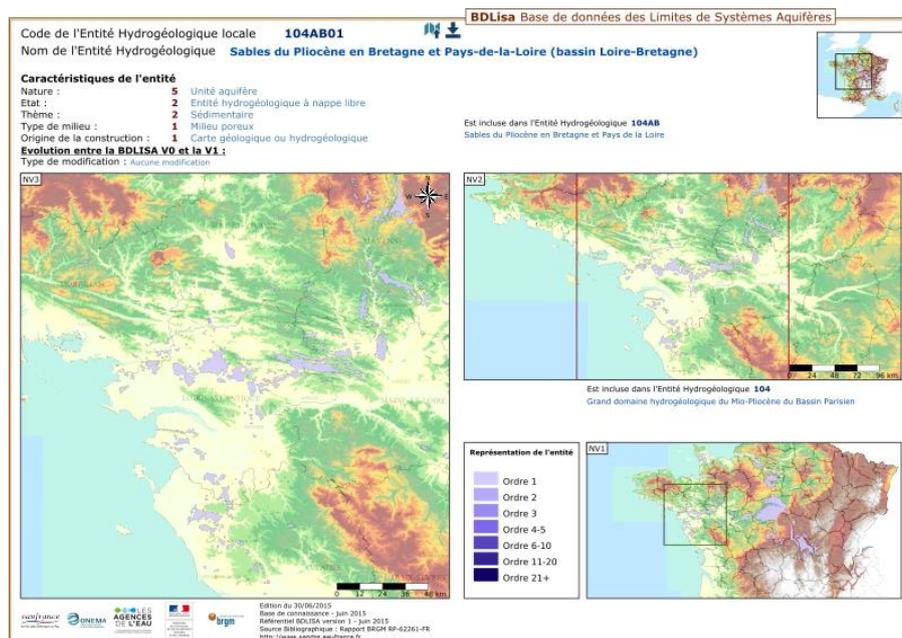


Figure 10 – Sortie d'écran d'une fiche pdf.

- La possibilité d'afficher le log (empilement vertical sans notion de profondeur) des entités hydrogéologiques en un point donné pour les trois niveaux de visualisation. Les pro-

¹⁶ <http://www.reseau.eaufrance.fr/geotraitement/content/les-services-de-valorisation-de-la-bd-lisa#service-ogcwp-bdlisa>

riétés des entités sont consultables à travers une représentation dynamique des attributs (voir figure 11).

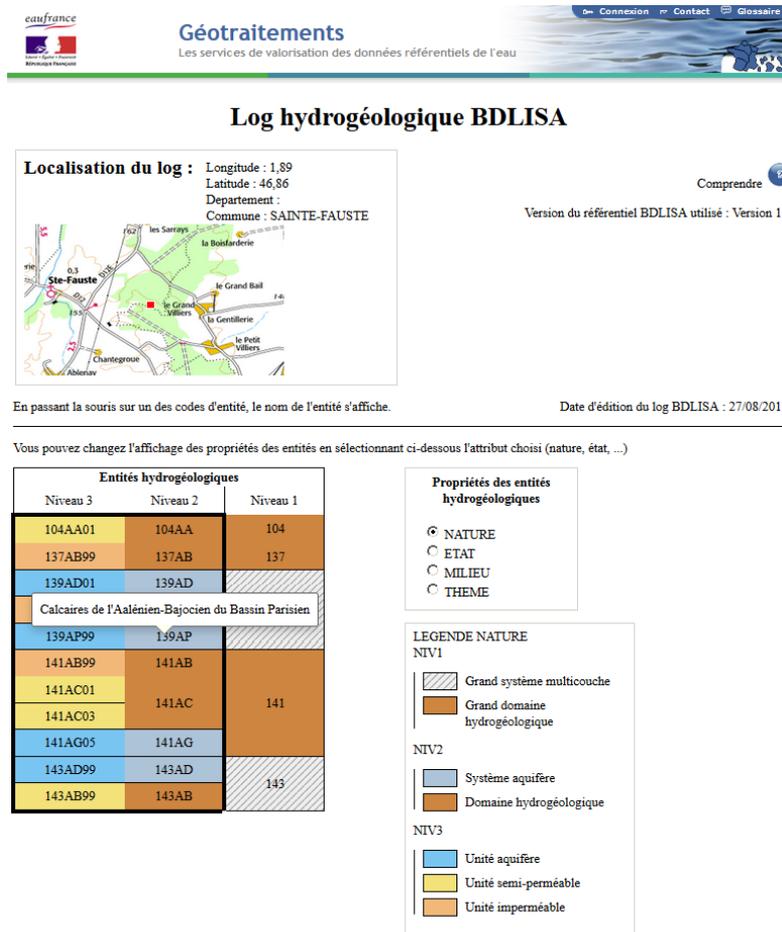


Figure 11 – Affichage d'un log hydrogéologique sur le site Géotraitement.

3.4. LES METADONNEES

Une métadonnée est un ensemble d'informations descriptives des données ou des services de données, rendant possible leur recherche, leur inventaire et leur utilisation. Les métadonnées sont essentielles pour le bon fonctionnement d'un système de diffusion de données géographiques.

Les fiches de métadonnées associées à la publication des services-web de la BDLISA respectent les instructions de la directive INSPIRE. Ces fiches sont moissonnées¹⁷ vers le site institutionnel de consultation des métadonnées qu'est le [GéoCatalogue](#).

¹⁷ Le moissonnage est un processus informatique permettant la réplique d'une donnée d'un système dans un autre système de façon automatique et en série, le plus souvent à l'aide d'un service web. Il est utilisé pour permettre aux catalogues de données d'échanger leurs contenus, en offrant la possibilité de filtrer les jeux de métadonnées sur des thèmes choisis.

4. Présentation de la BDLISA V1

Ce chapitre présente les principales caractéristiques de la BDLISA V1 pour les différents niveaux de visualisation. Il s'accompagne d'une présentation rapide des principales évolutions entre la version 0 et la version 1 du référentiel.

4.1. REPRESENTATION PAR NIVEAU DE VISUALISATION

4.1.1. La délimitation au niveau 1 (NV1)

Ce niveau de découpage permet de mettre en évidence les grands ensembles hydrogéologiques du territoire.

La figure 12 a) présente la nature des entités hydrogéologiques affleurantes à l'échelle de la France métropolitaine. Les grands ensembles multicouches du bassin aquitain et parisien sont bien visibles tandis que les zones de socle et intensément plissées se démarquent par des entités hydrogéologiques classées dans les « grands domaines hydrogéologiques ».

La figure 12 b) présente les thèmes des entités affleurantes à l'échelle de la France métropolitaine. Contrairement à la BDLISA V0, les alluvions sont maintenant bien représentées.

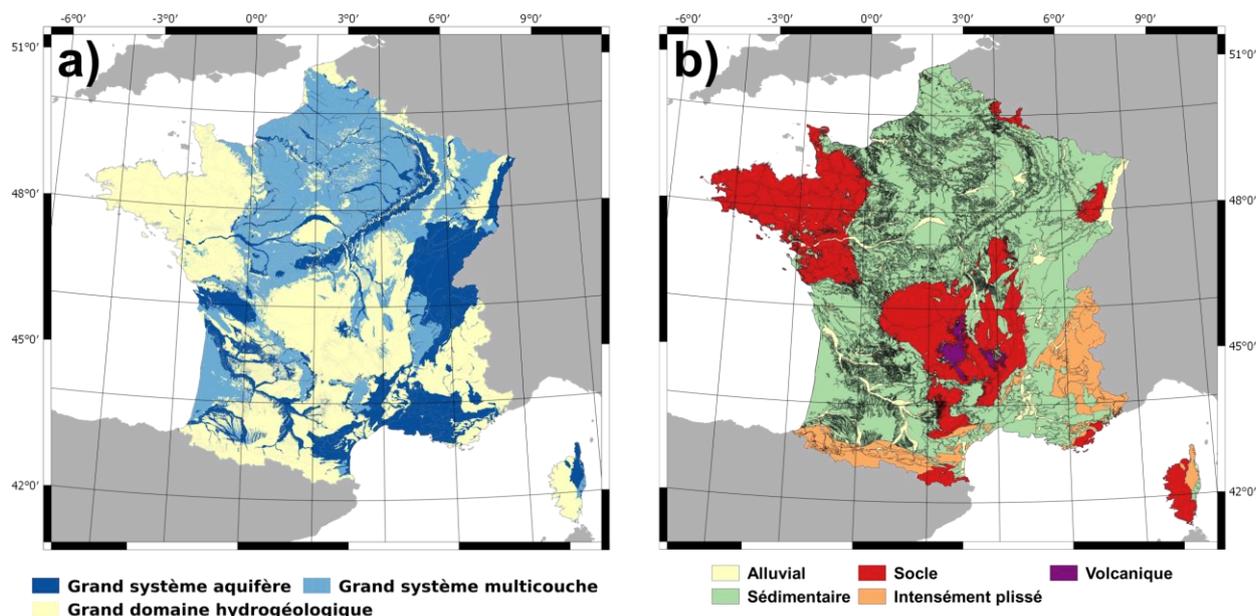


Figure 12 – Caractéristiques des entités affleurantes de niveau 1. a) Nature des entités hydrogéologiques et b) Thème des entités hydrogéologiques.

Au total, 180 entités hydrogéologiques de niveau 1 sont identifiées en France métropolitaine dans la BDLISA V1.

La Martinique, la Guadeloupe et la Réunion sont chacune caractérisées par une seule et unique entité hydrogéologique de niveau 1. À cela, s'ajoutent 2 entités de niveau 1 en Guyane, distinguant le socle du sédimentaire.

4.1.2. La délimitation au niveau 2 (NV2)

Ce niveau d'observation permet de visualiser la répartition spatiale des entités hydrogéologiques à l'échelle régionale.

A titre d'exemple, la figure 13 présente les natures des entités hydrogéologiques affleurantes de niveau 2 de la région Languedoc-Roussillon. A ce niveau de visualisation, seuls deux natures sont proposées : le système aquifère et le domaine hydrogéologique.

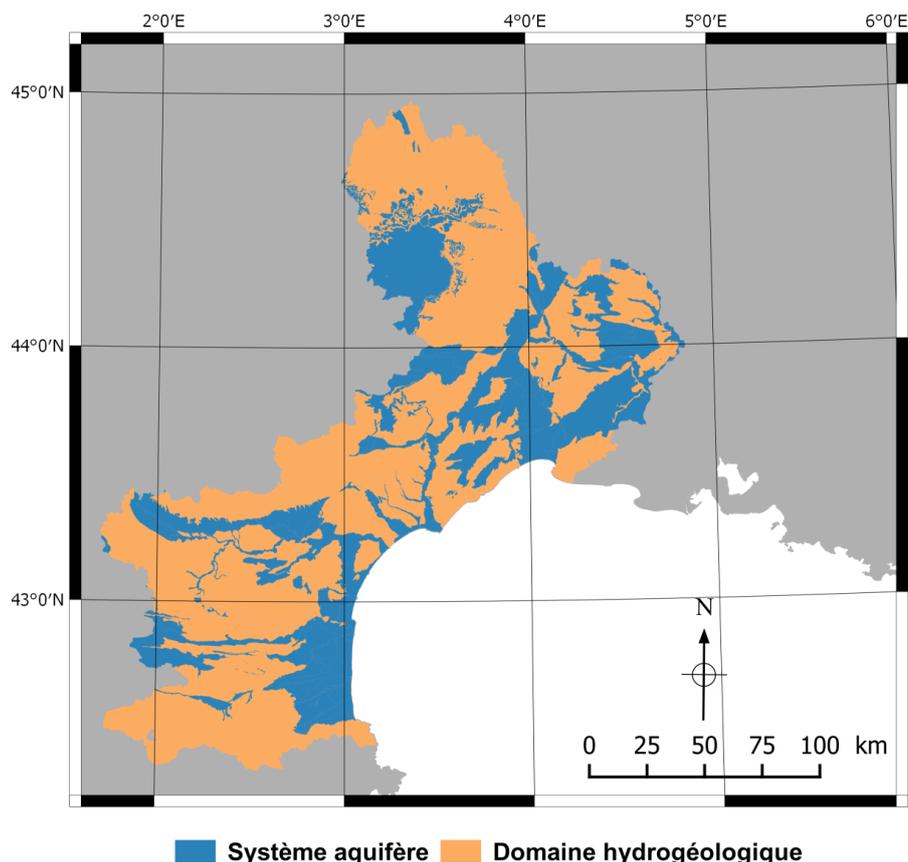


Figure 13 – Nature des entités hydrogéologiques de niveau 2 à l’affleurement en région Languedoc-Roussillon.

Dans la BDLISA V1, 870 entités hydrogéologiques de niveau 2 sont identifiées en France métropolitaine.

Dans les DROM, les entités à cette échelle de visualisation sont au nombre de 8 pour la Martinique, 7 pour la Guadeloupe, 14 pour la Réunion et 38 pour la Guyane. La figure 14 illustre le type de milieu pour les DROM au niveau 2. A noter que dans cette figure, la Martinique ne présente pas de caractérisation du milieu des entités hydrogéologiques en raison des difficultés d’agréger les caractéristiques de niveau 3 vers le niveau 2.

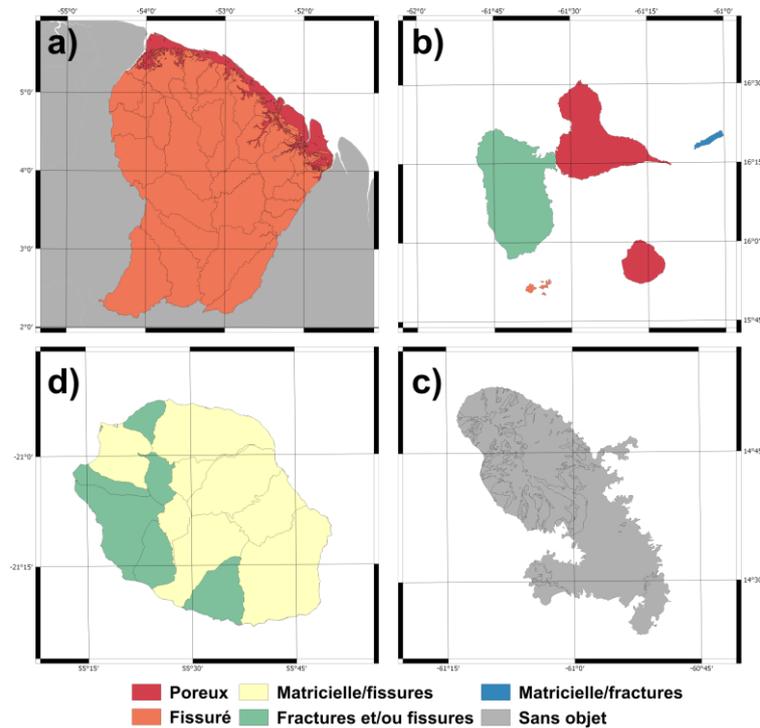


Figure 14 – Type de milieu des entités hydrogéologiques de niveau 2 à l’affleurement dans les DROM. a) Guyane, b) Guadeloupe, c) Martinique et d) Réunion.

4.1.3. La délimitation au niveau 3 (NV3)

Ce niveau de délimitation permet d’exploiter la BDLISA au niveau local.

A titre d’exemple, la figure 15 représente la nature des entités hydrogéologiques affleurantes de niveau 3 dans la vallée de la Garonne.

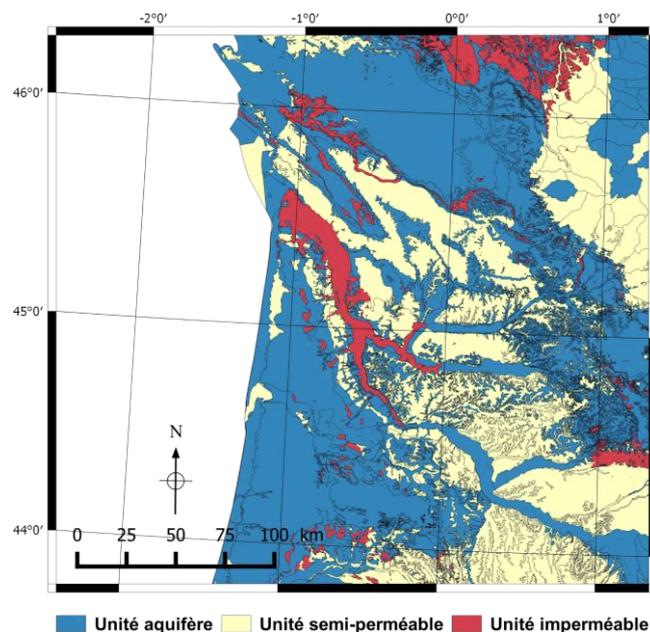
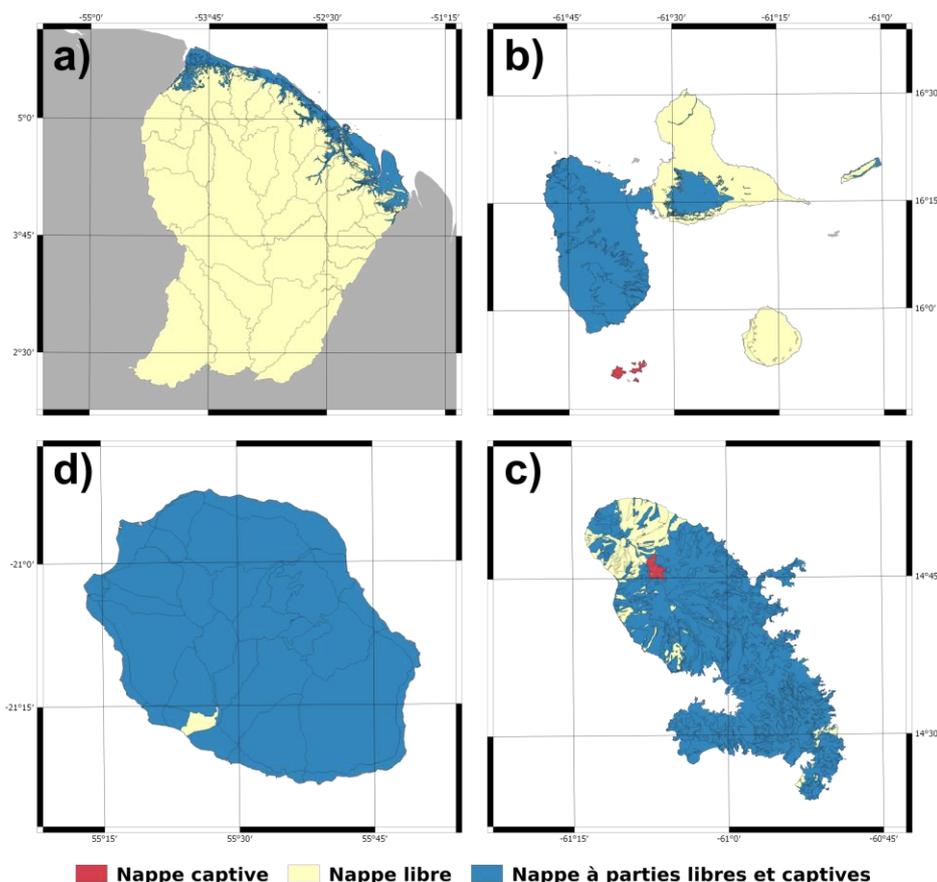


Figure 15 – Nature des entités hydrogéologiques de niveau 3 à l’affleurement dans la vallée de la Garonne.

Au total, 2356 entités hydrogéologiques de niveau 3 sont délimitées et caractérisées à l'échelle du territoire métropolitain.

Dans les DOM, les entités à cette échelle de visualisation sont au nombre de 39 pour la Martinique, 22 pour la Guadeloupe, 33 pour la Réunion et 43 pour la Guyane. Compte tenu de leur superficie plus petite, le niveau de visualisation le plus adapté pour représenter les entités hydrogéologiques des DROM est le niveau 3.

A titre d'exemple, la figure 16 présente l'état des entités hydrogéologiques à l'affleurement pour la Guyane, la Guadeloupe, la Martinique et la Réunion. A noter que les entités hydrogéologiques ont également été cartographiées à Saint-Martin et Saint-Barthélemy mais elles ne sont pas représentées dans cette figure.



4.2. REPRESENTATION PAR LES ORDRES

La gestion des ordres stratigraphiques (cf. chapitre 2.2.3) permet d'avoir un aperçu sur la variabilité spatiale de l'approfondissement de la formation considérée. Ce type d'information permet de distinguer, pour chaque entité, les parties à l'affleurement de celles sous couverture.

La figure 17 montre un exemple de variabilité spatiale des valeurs d'ordre relatif de l'entité 107AK01 au niveau 3 : Calcaires de Brie du Rupélien (Oligocène inf.) du Bassin parisien.

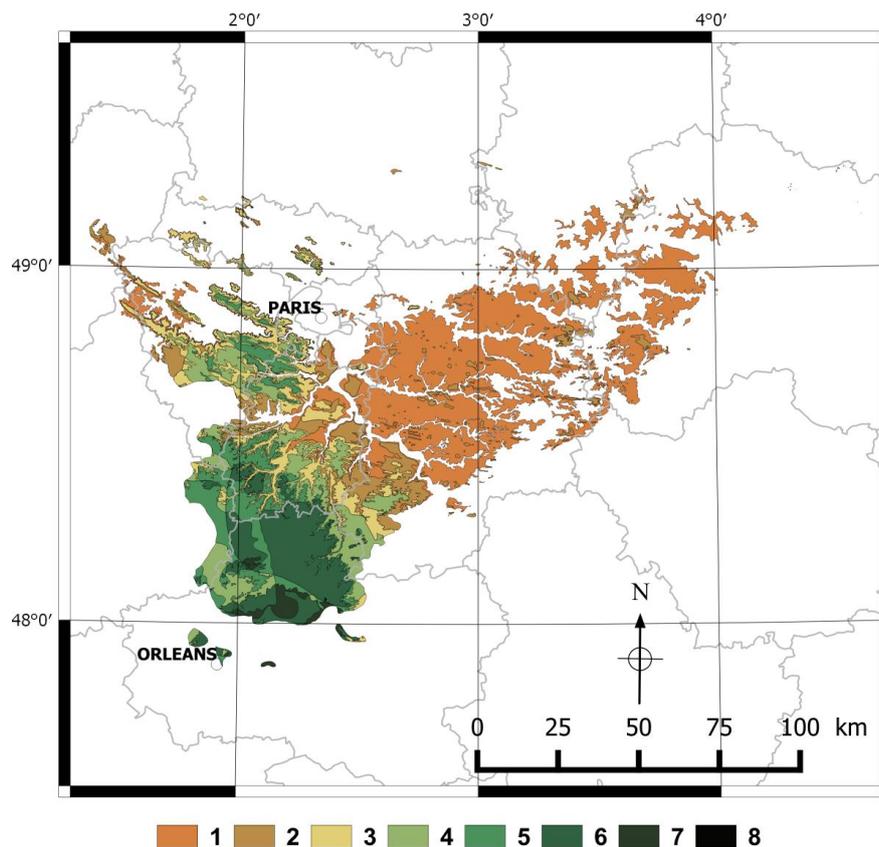


Figure 17 – Ordre stratigraphique de l'entité 107AK01 au niveau 3 : Calcaires de Brie du Rupélien (Oligocène inf.) du Bassin parisien. Les contours en gris représentent les limites des départements.

Ce type de représentation permet d'avoir un premier aperçu des zones à cibler en fonction des problématiques d'une étude et du niveau de recouvrement de l'entité (permettant d'approcher ainsi sa profondeur).

4.3. SYNTHÈSE DES ÉVOLUTIONS ENTRE LA BDLISA V0 ET LA BDLISA V1

Les projets d'amélioration menés par des groupes nationaux et la centralisation des anomalies rencontrées dans la BDLISA ont permis d'améliorer la BDLISA. Cette section décrit les principales évolutions entre la version 0 et la version 1 du référentiel.

4.3.1. Amélioration de la délimitation et de la caractérisation de certaines entités

Les évolutions présentées dans le chapitre 3.2 se retrouvent dans la qualité de la délimitation des entités hydrogéologiques.

La figure 18 présente le nombre d'entités hydrogéologiques par niveau de visualisation pour les deux versions de la BDLISA en métropole. Il y a une augmentation du nombre d'entités hydrogéologiques par niveau de visualisation et entre les deux versions de la BDLISA. En métropole, le nombre d'entités est passé :

- de 145 à 180 pour le niveau 1 ;
- de 719 à 870 pour le niveau 2 ;
- de 1993 à 2356 entités pour le niveau 3.

Cette augmentation est essentiellement due à l'ajout des alluvions productives dans les entités principales de la BDLISA. La figure 18 montre clairement l'impact de cet ajout dans l'évolution du nombre d'entités entre les versions 0 et 1 de la BDLISA. Elle montre également que les entités hydrogéologiques sont mieux caractérisées car il n'y a pas d'attribut « inconnu » dans la caractérisation du thème géologique dans la nouvelle version de la BDLISA.

Dans les régions d'Outre-Mer, l'évolution entre la version 0 et 1 est mineure. Le niveau 2 est passé de 65 à 67 entités et le nombre d'entités au niveau 3 a évolué passant de 131 à 137 entités. Le nombre d'entités de niveau 1 est resté inchangé car il correspond au contour géographique des régions d'Outre-Mer.

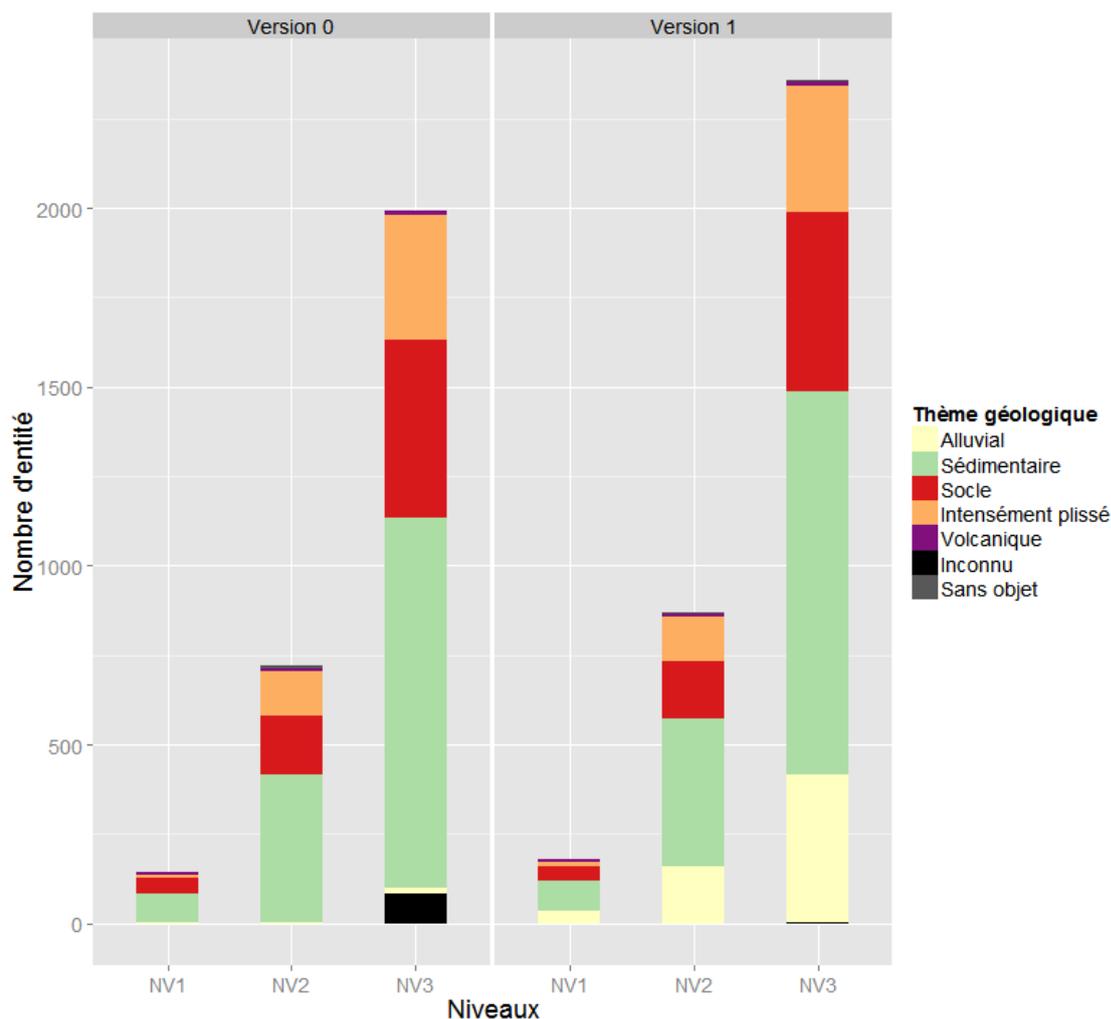


Figure 18 – Nombre d'entités hydrogéologiques par niveau de visualisation pour la version 0 et 1 de la BDLISA en France métropolitaine.

Le tableau 8 montre la répartition des différents types de modifications apportées entre la version 0 et la version 1 du référentiel. Au final, 30% des entités hydrogéologiques ont été modifiées et la moitié de ces modifications correspond à une correction d'ordre attributaire. La création de nouvelles entités correspond à environ 17% des modifications apportées.

Tableau 8 – Proportion des différents types de modifications apportées aux entités hydrogéologiques.
Selon la table généalogie de la BDLISA V1.

Type de modification	Pourcentage
Division	0,1
Fusion	1,5
Recodification	0,2
Gel	0,5
Mise à jour mineure d'informations géomatiques	8,5
Mise à jour mineure d'informations attributaire	13,6
Création	16,6
Aucune modification	59,1

4.3.2. La surcouche karst et les alluvions productives

La création de la surcouche karst et l'ajout des alluvions productives dans les entités principales de la BDLISA constituent les deux évolutions majeures de la version 1.

La surcouche karst

Auparavant, le référencement des entités karstiques était trop hétérogène pour être facilement valorisé, par endroit défini comme attribut spécifique des entités principales et à d'autres, individualisé en entité complémentaire. La version 1 intègre désormais une nouvelle couche des entités karstiques pour faciliter la représentation de ces éléments à l'échelle de la France. La figure 19 a) propose une cartographie de cette couche. Les zones de karst recouvrent une grande partie du territoire et se situent principalement dans les grands bassins sédimentaires (un peu de karst est retrouvé dans l'intensément plissé des Pyrénées et des Alpes).

Les alluvions productives

La question des formations alluviales a également été abordée dans un même esprit. En effet, elles étaient définies en entités principales ou en entités complémentaires selon des caractéristiques disparates à l'échelle du territoire. Dans un objectif d'harmonisation, un groupe de travail national a défini des règles structurantes visant à identifier les alluvions productives et à les intégrer dans des entités principales.

La figure 19 b) montre la cartographie des entités classées dans le thème des alluvions. Les alluvions du réseau hydrographique des grands fleuves de métropole sont bien représentées ainsi que les alluvions rhénanes d'Alsace. La Corse comporte peu d'alluvions productives en raison de son contexte géologique. De même, il n'y a pas d'alluvions productives dans les régions d'Outre-Mer.

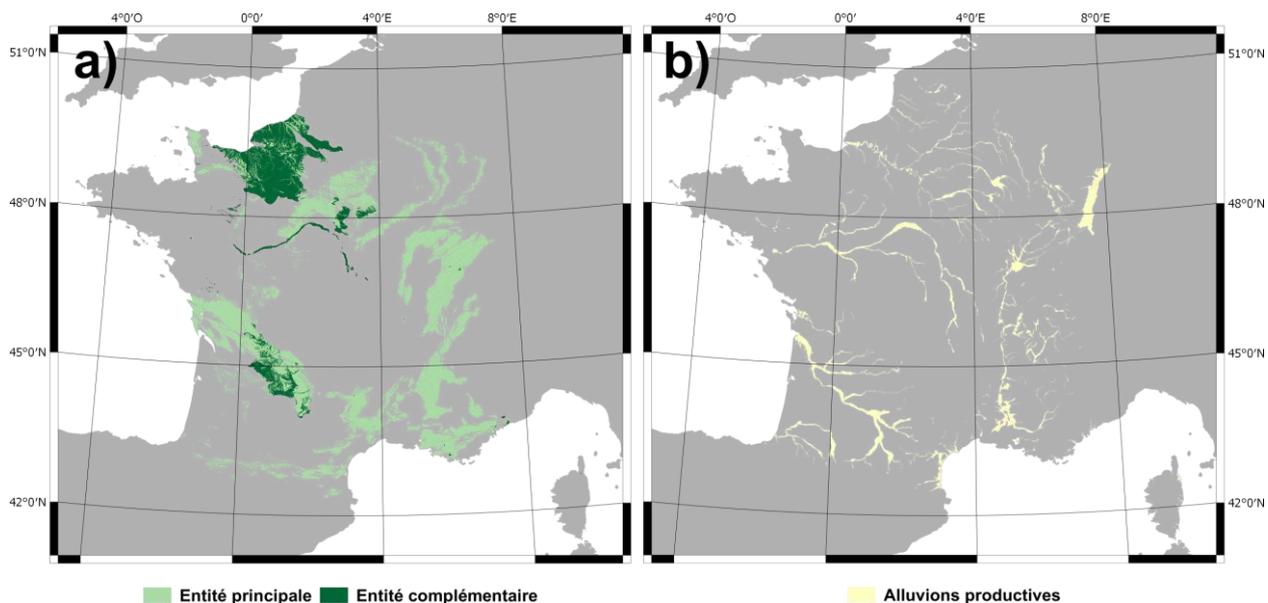


Figure 19 – Cartographie des nouveautés apportées par la version 1 de la BDLISA. a) Surcouche karst et b) Alluvions productives au niveau 3.

4.3.3. Mise en place d'une table répertoriant les évolutions par entité

Pour garder une traçabilité des modifications décrites dans les sections précédentes, une table appelée « généalogie » a été associée à la sortie de la version 1 du référentiel. Pour la première fois, les corrections apportées aux entités hydrogéologiques par rapport à la version précédente de BDLISA sont consignées dans une table qui est mise à disposition des utilisateurs.

La table comporte, entre autres, un champ libre permettant de commenter librement les modifications et un champ qui classe les modifications selon la nomenclature 590 du SANDRE. Le tableau 9 présente les différents champs de cette table et la signification des codes du champ « TypeGenEH » est décrite dans la [nomenclature SANDRE n°590](#)¹⁸.

Tableau 9 – Description des champs de la table généalogie.

Nom du champ	Description
CodeEH_parent	Numéro de l'entité hydrogéologique parent
CodeEH_enfant	Numéro de l'entité hydrogéologique enfant
DateGenEH	Date de modification
TypeGenEH	Type de modification (nomenclature SANDRE 590)
Commentaire	Champ libre pour décrire les modifications apportées à l'entité

¹⁸ <http://www.sandre.eaufrance.fr/?urn=urn:sandre:donnees:590:.....referentiel:3.1:html>

5. Conclusion et perspectives

L'élaboration du référentiel hydrogéologique français BDLISA a rassemblé de nombreux acteurs et partenaires provenant à la fois d'organismes publics et de bureaux d'études. De plus, sa construction a mobilisé des spécialistes venant de différents horizons (hydrogéologues, géologues, géomaticiens, informaticiens), ce qui reflète le caractère particulier de ce référentiel : une cartographie des propriétés hydrogéologiques du sous-sol en exploitant uniquement les données disponibles, sans programme d'acquisition, mais qui saura évoluer avec l'acquisition de nouvelles connaissances.

Pour répondre à ce défi à l'échelle du territoire, une méthodologie a d'abord été développée par un groupe de travail national. Son objectif était de proposer une méthode homogène et adaptable en fonction des situations géologiques rencontrées et des données accessibles dans les régions. La phase de construction fondée sur cette méthode a duré 10 années et a mobilisé de nombreux collaborateurs en région.

Depuis fin 2012, cette phase de construction a cédé sa place à une phase de consolidation où le référentiel est perfectionné et enrichi du retour d'expérience des hydrogéologues. Des réflexions sont également conduites par des groupes de travail nationaux afin d'améliorer la méthodologie et l'organisation de ce référentiel.

Ainsi, la version 1 de la BDLISA comporte des nouveautés telles que le référencement des entités karstiques dans une couche SIG indépendante et l'ajout des formations alluviales aquifères dans les entités principales du référentiel. Plus largement, 340 demandes de corrections ont été traitées et ces modifications ont touché 868 entités. La nouvelle version décrit maintenant 2493 entités hydrogéologiques (France métropolitaine et région d'outre-mer) au niveau de visualisation le plus fin (niveau 3), soit environ 15% de plus que la version précédente.

L'accessibilité à l'information est également un point important du référentiel. La BDLISA est un référentiel du système d'information sur l'eau (SIE) et donc, plusieurs outils et documents sont mis à disposition pour faciliter son utilisation et sa compréhension. Ces dispositifs facilitent ainsi l'exploitation des données de la BDLISA, notamment dans le cadre de projets d'appui aux politiques publiques sur l'eau. Par exemple, le référentiel est utilisé dans le cadre de Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) pour améliorer la délimitation des nappes à réserver à l'alimentation en eau potable. D'autre part, en tant que référentiel, la BDLISA constitue également une source d'information pour les bureaux d'études et les organismes scientifiques tels que le CNRS et les universités, pouvant être utilisée, par exemple, pour décrire le contexte hydrogéologique d'une zone d'étude.

Les perspectives d'évolution

La prochaine version V2 de la BDLISA sortira fin 2017. Cette mise à jour apportera les corrections des anomalies décelées durant son exploitation en 2015 et 2016 et comportera également des améliorations structurelles et méthodologiques, notamment sur la délimitation des entités hydrogéologiques en zone de socle. Dans le futur, les perspectives d'amélioration se baseront également sur cette dynamique centrée (i) sur la pratique des utilisateurs et (ii) sur les réflexions portées par le groupe de travail national BDLISA et par des groupes de travail pluridisciplinaires plus spécifiques. Outre les aspects scientifiques, l'accessibilité et l'organisation de la base de données sont des questions prégnantes d'ores-et-déjà soulevées. Ces problématiques devront faire l'objet de chantiers afin d'optimiser l'accessibilité et l'exploitation des données du

référentiel. Cette ouverture d'accès à l'information est primordiale car elle stimule l'innovation, favorise la collaboration entre les différentes disciplines et sensibilise les citoyens et les pouvoirs publics aux enjeux associés aux eaux souterraines.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
Direction eau, environnement et écotechnologies
3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34

www.brgm.fr