

## Caractérisation des entités de socle du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA et transposition à la carte hydrogéologique de la France à l'échelle du 1/1 000 000

### Characterization of the basement units of the French Hydrogeological Reference System BDLISA and adjustment to the 1/1 000 000 Hydrogeological Map of France

D.Allier<sup>(1)</sup>, B. Mougin<sup>(1)</sup>, J.J. Seguin<sup>(1)</sup>  
<sup>(1)</sup>BRGM

[d.allier@brgm.fr](mailto:d.allier@brgm.fr), [b.mougin@brgm.fr](mailto:b.mougin@brgm.fr), [jj.seguin@brgm.fr](mailto:jj.seguin@brgm.fr)

#### I. INTRODUCTION

Les entités hydrogéologiques de socle, en France (figure 1) et dans 4 départements d'outremer (la Guadeloupe, la Martinique, la Réunion et la Guyane), ont été délimitées lors de l'élaboration du Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA, présenté dans le rapport BRGM/RP-61034-FR (Seguin J.J., Mardhel V., 2012) et dont la version 1 sera prochainement diffusée (juillet 2015). Ce référentiel est à la base de la carte hydrogéologique de France au millionième (Allier D. et al. 2015).

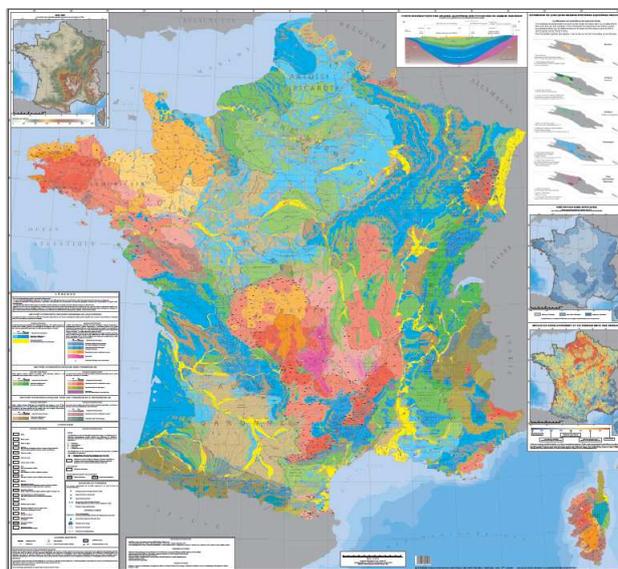


Figure 1 – Aperçu de la carte hydrogéologique de France au millionième  
Les zones de socle y apparaissent dans les teintes de rouge, de rose et d'ocre.

Comme pour toutes les entités du Référentiel, le découpage du socle en entités hydrogéologiques a été fait à 3 niveaux géographiques : national (niveau 1), régional (niveau 2), local (niveau 3). Les entités du niveau national résultent de l'assemblage de celles du niveau régional, ces dernières résultant elles-mêmes d'un regroupement des entités du niveau local.

Dans le socle (Massif armoricain, Massif Central, Ardennes, Vosges) les entités correspondent à des bassins versants, considérés au plan hydrogéologique comme des unités de gestion. Ces bassins ont été extraits de la base de données du réseau hydrographique français BD CARTHAGE® de l'Institut Géographique National

(IGN), dans laquelle ils sont hiérarchisés en 4 niveaux emboîtés appelés, dans l'ordre d'une superficie décroissante : régions, secteurs, sous-secteurs et zones hydrographiques.

On présente ici, dans une première partie, la méthodologie de délimitation et de caractérisation, en termes de perméabilité, des entités hydrogéologiques de socle du Massif armoricain en région Bretagne. Dans le cadre de ce résumé étendu, seules les grandes lignes de cette caractérisation sont retranscrites, en omettant les difficultés et les nombreux cas particuliers rencontrés.

Dans une deuxième partie, on expose la démarche suivie pour représenter ces entités de socle sur la carte hydrogéologique de France à l'échelle du millionième.

## II. DÉLIMITATION DES ENTITÉS DE SOCLE EN RÉGION BRETAGNE

Les entités de socle de niveau 1 correspondent aux secteurs de BD CARTHAGE, les entités de niveau 2 aux sous-secteurs et les entités de niveau 3 aux zones hydrographiques ou aux sous-secteurs, mais il n'y a pas de correspondance stricte, une entité de niveau 3 pouvant être constituée de plusieurs zones hydrographiques et une entité de niveau 2 de plusieurs sous-secteurs. La logique de sélection et d'assemblage des bassins versants est détaillée dans le rapport de présentation du Référentiel BDLISA ci-dessus mentionné. La figure 2 présente les entités de socle de niveau 3 de la région Bretagne.

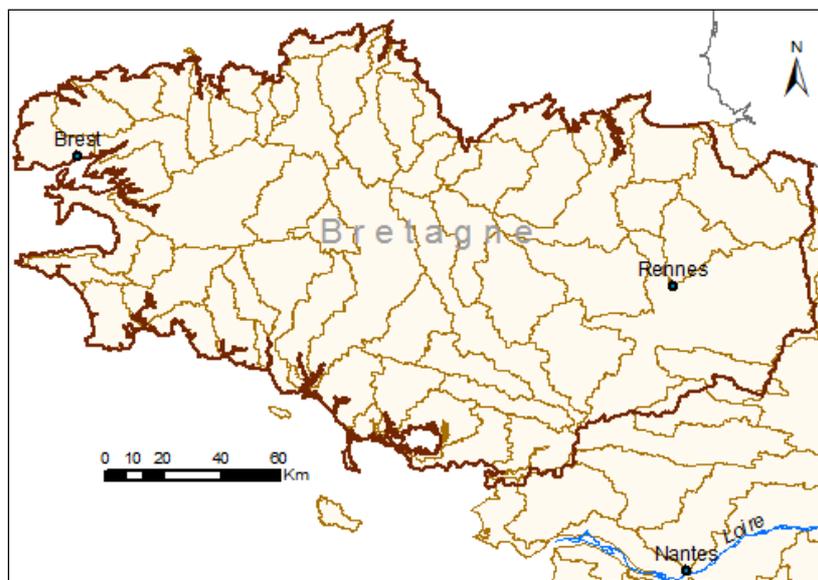


Figure 2 – Entités de socle de niveau 3 de la région Bretagne

### II. 1 Les entités de niveau 2 et leur caractérisation

Un premier travail a consisté à regrouper les sous-secteurs hydrographiques de la base BD CARTHAGE en entités hydrogéologiques de niveau 2, incluses dans les entités de niveau 1 préalablement constituées (au nombre de 10).

Pour cela, dans une première étape, les sous-secteurs ont été regroupés selon des critères de superficie et de continuité des cours d'eau. Puis un deuxième regroupement a été opéré sur la base du débit d'étiage spécifique<sup>1</sup> des cours d'eau.

Les débits spécifiques d'étiage (QES) ont été calculés à partir des VCN10 et des superficies des bassins versants. 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 et présentant une bonne fiabilité à l'étiage.

<sup>1</sup> Le débit spécifique d'étiage, exprimé en l/s/km<sup>2</sup>, est égal au rapport VCN10 / superficie du bassin versant considéré, le VCN10 étant la moyenne des débits les plus bas de l'année sur une période de dix jours consécutifs.

Quatre classes de QES ont été retenues : le premier seuil de QES étant fixé 0.7 l/s/km<sup>2</sup> pour isoler les bassins schisteux et/ou gréseux. Le seuil le plus élevé a été fixé à 3.5 l/s/km<sup>2</sup> en se basant sur les résultats du projet SILURES Bretagne (Mougin et al., 2008) qui a permis d'identifier les rivières bretonnes où la participation des eaux souterraines est la plus forte. Le seuil intermédiaire à 1.75 l/s/km<sup>2</sup> permet de répartir les bassins restants en deux classes à nombre homogène d'individus.

Les bassins (sous-secteurs) inclus dans une même entité de niveau 1 et situés dans une même classe de QES ont été fusionnés pour constituer une entité hydrogéologique de niveau 2. Au total, partant de 66 bassins issus du premier regroupement, 29 entités de niveau 2 ont ainsi été constituées.

## II. 2 Les entités NV3 et leur caractérisation

Les entités NV3 (au nombre de 62) correspondent aux sous-secteurs de la BD Carthage inclus dans les entités NV2 ci-dessus. Pour une caractérisation lithologique, plusieurs cartes géologiques ont été utilisées :

- d'une part la carte géologique à 1/250 000 (Rabu, 2001), carte synthétique offrant une vision lithologique harmonisée à l'échelle de la Bretagne,
- d'autre part, pour plus de précisions, les cartes géologiques à l'échelle du 1/50 000

La caractérisation hydrogéologique des entités de niveau 3 a nécessité plusieurs étapes de traitements sous ArcGis, dont les deux principales sont résumées ci-après.

1) Analyse des données de forages pour déterminer les potentialités aquifères des formations géologiques  
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 aux 202 formations géologiques de socle de la carte géologique au 1/250 000.

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

- le pourcentage de forages ayant fourni un débit instantané au moins égal à 10 m<sup>3</sup>/h (critère considéré comme une image des probabilités de succès),
- le 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).

Cet indice global est fréquemment utilisé pour déterminer l'intérêt hydrogéologique des formations de socle (Talbo H., 2004 ; Mougin B., 2006).

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 1 ci-dessous précise les gammes de valeurs 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

Tableau 1 - Nature des entités en fonction des gammes de débit moyen du quartile supérieur et d'indice de productivité

A l'issue de cette étape, 159 entités géologiques à 1/250 000 ont pu être caractérisées par leur nature aquifère (ou pas).

## 2) Caractérisation hydrogéologique des entités NV3

Cette phase finale utilise 2 couches SIG : d'une part les 159 unités géologiques (figure 3) qui ont été caractérisées par un degré de perméabilité : aquifère, semi-perméable, imperméable et d'autre part les 62 bassins versants entités NV3.

L'intersection de ces 2 couches a permis de caractériser chaque entité NV3 sous la forme des pourcentages de sa superficie correspondant aux 3 (ou 2 ou 1 selon les résultats de l'intersection) degrés de perméabilité qui ont été affectés aux formations géologiques.

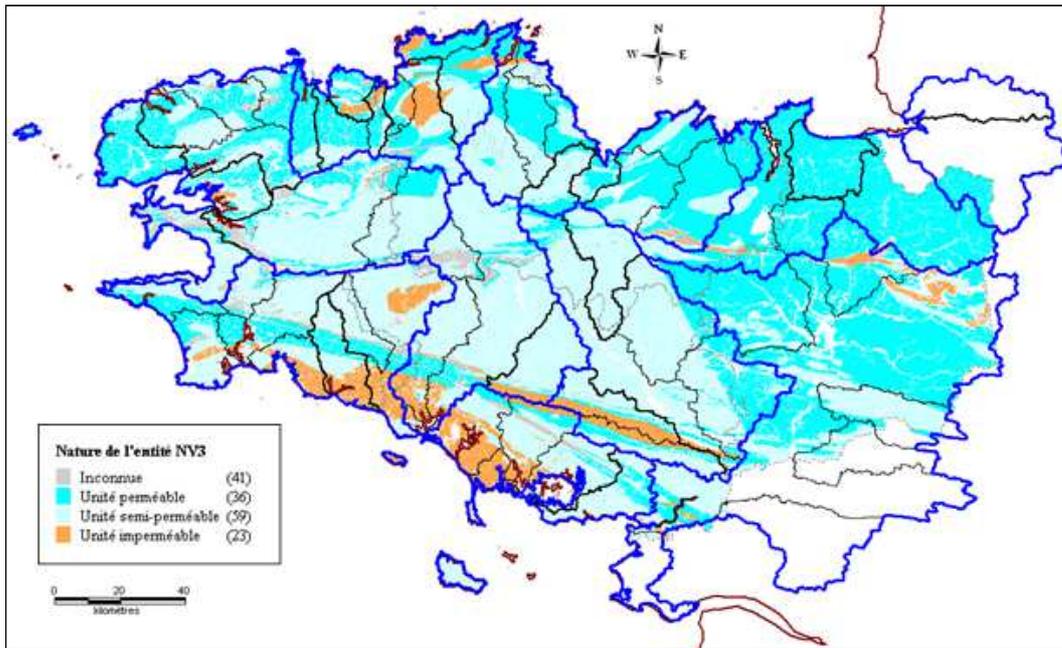


Figure 3 - Cartographie de la nature hydrogéologique des entités de socle de niveau 3

Le même travail a été fait avec la lithologie (figure 4).

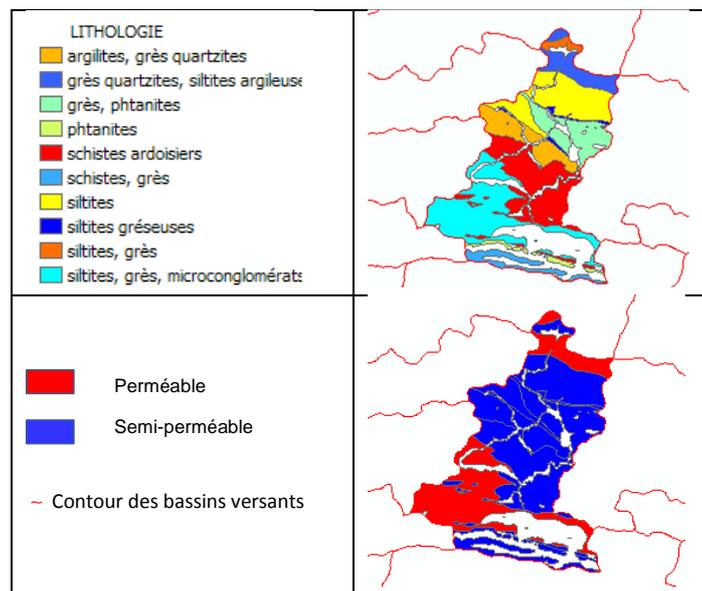


Figure 4 – Diversité lithologique des formations de socle et simplification de la

Vingtièmes journées techniques du Comité Français d'Hydrogéologie  
de l'Association Internationale des Hydrogéologues.

**« Aquifères de socle : le point sur les concepts et les applications opérationnelles » La Roche-sur-Yon, juin 2015**

---

caractérisation hydrogéologique (exemple d'un bassin versant)

### III. REPRÉSENTATION DU SOCLE DANS LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE FRANCE

La carte hydrogéologique de France à l'échelle du millionième a été élaborée à partir des entités de niveau 3 du Référentiel BDLISA. Ces entités ont été regroupées en fonction de leur potentialité aquifère (perméable, semi-perméable, imperméable) et d'une lithologie simplifiée.

Dans le cas du socle, il y a souvent dans chaque bassin versant une grande diversité lithologique, comme le montre la figure 4 ci-avant. Il a fallu simplifier. Un regroupement en trois grandes classes a été effectué : plutonique, métamorphique, sédimentaire ancien. Pour éviter de surcharger la carte un mode de représentation scriptural a été adopté, consistant à caractériser les entités de socle en reportant sur la carte des lettres : P comme plutonique, M comme métamorphique, S comme sédimentaire ancien, et leur combinaison 2 à 2, par exemple PM si le plutonique domine sur le métamorphique ou MP dans le cas contraire (figure 5).

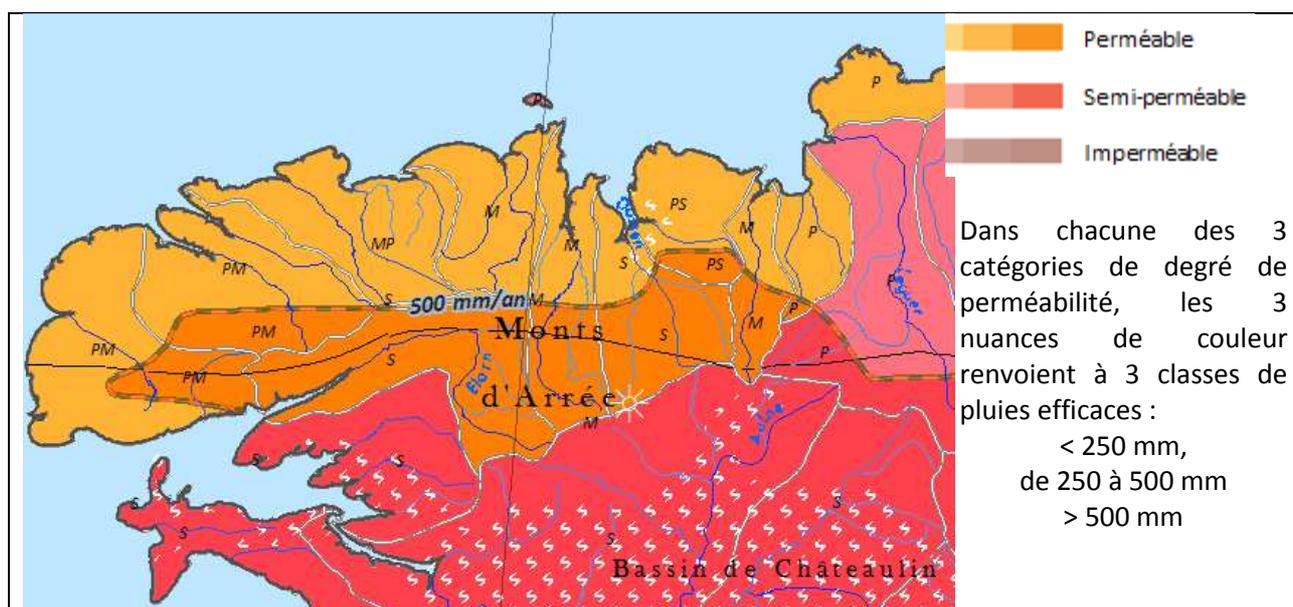


Figure 5 – Mode de représentation du socle sur la carte hydrogéologique de France au millionième  
Pour compléter ce mode de représentation, des structures particulières ont parfois été superposées aux entités (figure 6)

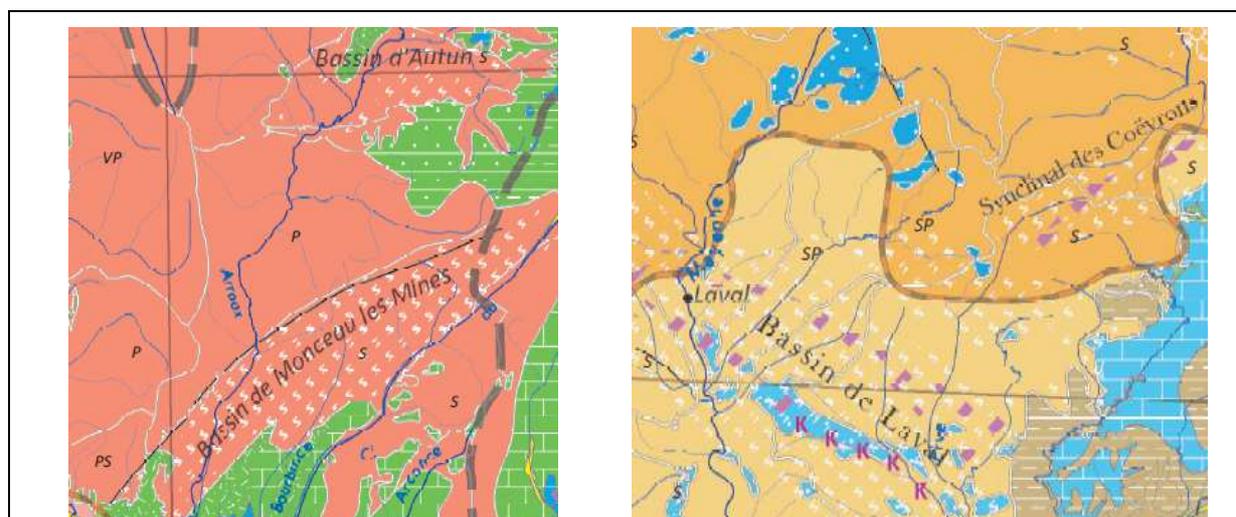


Figure 6 – Représentation de structures particulières du socle sur la carte hydrogéologique de France au millionième

Ont été ainsi représentés :

- dans le Massif armoricain : le bassin de Châteaulin (figure 5), le bassin de Laval (figure 6), ...
- dans le Massif central, les bassins houillers : bassin de Montceau-les-Mines, de Commentry, de Saint-Etienne (figure 6),...

Dans le bassin de Laval, les calcaires du Dévonien qui affleurent en bandes étroites sont karstiques. Dans le synclinal des Coëvrons, les calcaires du Cambrien le sont aussi. D'où la superposition de hachures violettes (mode de représentation du karst) sur ces zones de sédimentaire ancien et la lettre K pour le karst sous recouvrement (figure 6, à droite).

#### IV. CONCLUSION

Dans la démarche de caractérisation des entités de socle, les altérites, situées au-dessus de l'horizon fissuré des roches de socle n'ont pas été prises en compte. En effet, ces altérites n'ont été cartographiées que sur certaines cartes géologiques et sur la base de connaissances anciennes hétérogènes. L'intérêt représenté par ces altérites a été clairement mis en évidence par une étude réalisée sur une zone de 270 km<sup>2</sup> en contexte de socle altéré dans le Finistère nord (Wyns R. et al., 2004), où l'utilisation de la résonance magnétique protonique couplée à une modélisation géométrique des horizons d'altération et de la surface piézométrique a permis de réaliser une cartographie quantitative de la réserve en eau.

Lorsque ces formations d'altérites auront fait l'objet d'une cartographie la plus complète possible, elles pourront alors contribuer à une meilleure appréciation du potentiel aquifère du socle armoricain.

#### Références bibliographiques :

- Allier D., Berli J., Pinson S., Seguin J.J. (2015) - Carte hydrogéologique de la France à l'échelle du millionième. BRGM.
- Baudouin V., Chrétien P., Mougin B., Rouxel E. (2010) - Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Bassin Loire-Bretagne. Années 3 et 4. 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). BRGM/RP-62227-FR.
- 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
- Mougin B., Allier D., Blanchin R., Carn A., Courtois N., C. Gateau C., E. Putot E. avec la collaboration de : Jégou J.P., Lachassagne P., Stollsteiner P., Wyns R. (2008) - SILURES Bretagne. Rapport final. Année 5. BRGM/RP-56457-FR.
- Rabu D., Chantraine J., Béchennec F. (2001). Carte géologique du Massif Armoricain à 1/ 250 000. BRGM.
- Seguin J.J., Mardhel V., avec la collaboration de Schomburgk S. (2012) - Référentiel Hydrogéologique Français BDLISA. Présentation du référentiel, principes de construction et mise en œuvre. Rapport final. BRGM/RP-61034-FR.
- Talbo H. (1995) - Schéma régional d'alimentation en eau potable – Nouvelles ressources en eau souterraine potentiellement mobilisables – Rapport BRGM R38264
- Wyns R., Baltassat J. M., Lachassagne P., Legchenko A., Vairon J., Mathieu F. (2004) - 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).