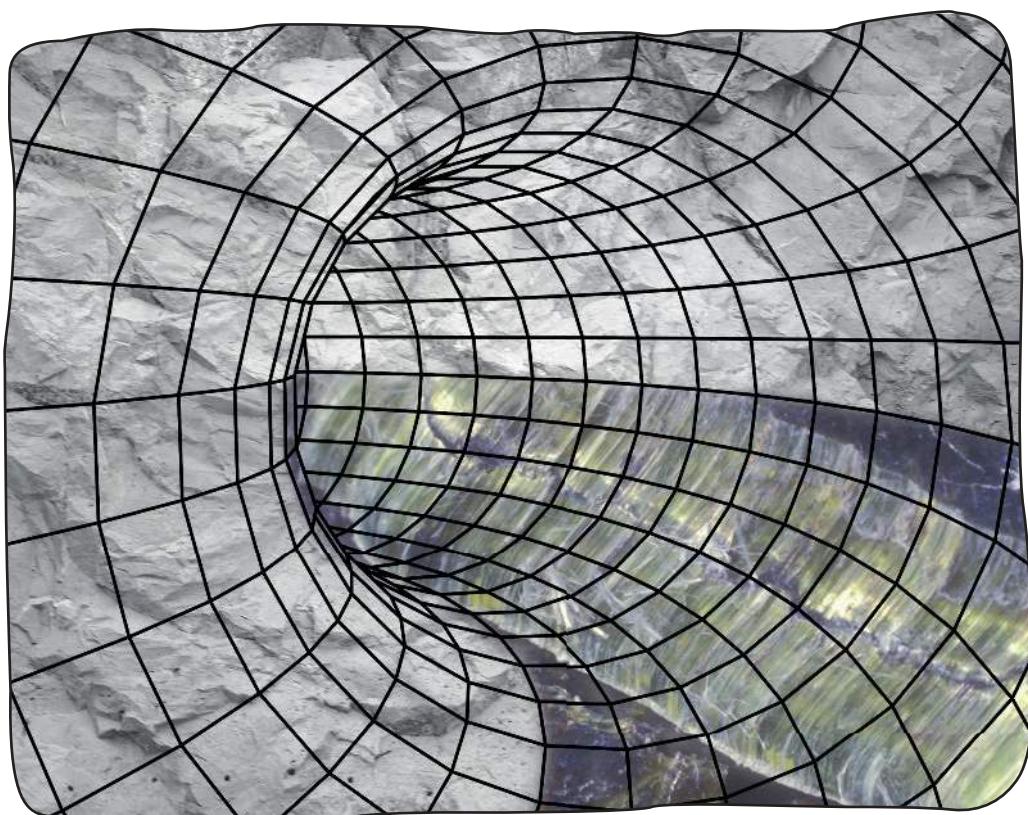


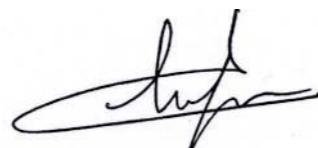
AMIANTE ET TRAVAUX SOUTERRAINS



Modalités de reconnaissance et de métrologie

PREAMBULE

Les ouvrages souterrains occupent en région Rhône-Alpes une place importante du fait de la présence de l'arc alpin, de l'existence de nombreux projets de développement de réseaux de communication et de la nécessité de rénover des ouvrages existants. Ces projets font appel à de nombreuses entreprises qui vont contribuer à leur réalisation. Ces entreprises et leurs salariés sont exposés à des risques professionnels qui sont ceux du BTP mais auxquels s'ajoutent des risques spécifiques (les terrains, les méthodes d'excavation...), tout cela en milieu confiné et exigu. Le Service Prévention de la Carsat Rhône-Alpes a décidé de monter un projet régional dédié à l'amélioration des conditions de travail en travaux souterrains. Cette brochure a pour but d'orienter les acteurs concernés vers les modalités de reconnaissance et de métrologie de l'amiante lors de travaux souterrains. Cette brochure est téléchargeable sur www.carsat-ra.fr.



Jérôme CHARDEYRON
Directeur de la Prévention des Risques Professionnels
Carsat Rhône-Alpes

1. LE CONTEXTE

Dans le cadre de son projet d'action régionale « tunnels », la Carsat¹ Rhône-Alpes conduit des actions de prévention des risques professionnels lors de travaux souterrains.

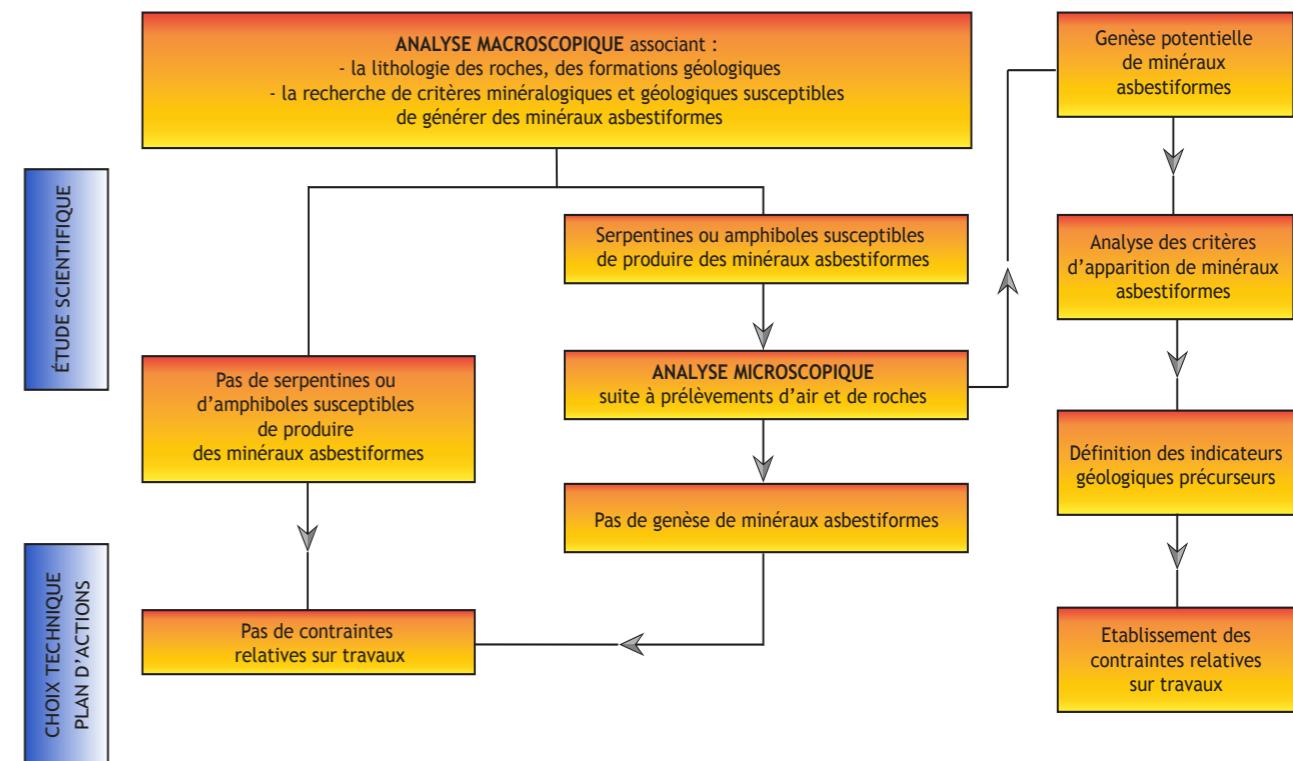
Sur la base de retours d'expériences et de partenariats, des publications ont été éditées afin d'orienter les divers acteurs de ces opérations en matière de sécurité et de santé au travail. (consultables sur www.carsat-ra.fr).

Pour compléter ces publications, ce document aborde le risque amiante sous l'angle de conseils et de recommandations spécifiques aux reconnaissances géologiques et à la métrologie concernée.

Ce document définit un cheminement chronologique afin d'identifier, d'évaluer le risque amiante puis de faire le choix d'un plan d'actions de prévention professionnelle. Les points clés de ce cheminement sont détaillés par la suite.

Nota : cette brochure vient en complément d'autres brochures relatives aux risques chimiques et à leur prévention (notamment le risque silice qui doit être pris en compte).

2. LOGIGRAMME



¹ Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail.

3. CONDITIONS D'ANALYSES ET PRÉLÈVEMENTS

a - Analyses macroscopique et lithologique² des roches, des formations géologiques avec recherche de critères minéralogiques et géologiques

Elles seront effectuées simultanément dès la phase de conception et poursuivies en phases de préparation/réalisation par :

- une analyse de la carte géologique du BRGM³ et des niveaux d'aléas amiante (si édités), (ne concerne que l'échelle 1/50 000 et non celle du projet)
- une analyse de l'historique du site (travaux, ouvrages existants, rapports...)
- des géologues/pétrographes (connaissances en roches magmatiques et cristallophylliennes)
- des forages associés à des prélèvements avec analyses de lames minces au microscope polarisant.

b - Prélèvements et analyse microscopique (suite à l'analyse macroscopique) :

Ils seront effectués simultanément dès la phase de conception et poursuivis en phases de préparation/réalisation :

- par analyses de roches au META⁴,
- et par prélèvements et analyses d'air (dès la conception dans le cas d'ouvrages existants, par exemple des descenderies) et de roches en cas de travaux :
- Conformément au guide GA X 46-033 (Stratégie), aux normes XP X 43-269 (Prélèvements individuels) et NF X 43-050 (Prélèvements d'ambiance et Analyses META)
- par un opérateur de repérage et des organismes accrédités (LabRèf 28 et Programme 144 du COFRAC⁵)

c - Modalités

Ces analyses doivent être mentionnées aux pièces écrites (DCE, PGC...).

Un groupe de travail composé du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre, du Coordonnateur SPS, des géologues-pétrographes sera chargé dès la phase de conception d'analyser les résultats, transmis au BRGM pour information. Ces analyses se poursuivront avec l'entreprise (ou le groupement d'entreprises) lors des travaux.

L'analyse par micro sonde, habituellement utilisée par les géologues/pétrographes, pourra venir compléter les prélèvements et analyses META.

La détection de minéraux amiantifères conduit directement aux contraintes sur travaux et à un plan d'actions⁶ adapté.

4. COMPLÉMENTS D'INFORMATIONS

- ⇒ Amiante environnemental : voir annexe 1
- ⇒ Niveaux d'aléas et limites de la cartographie géologique surfacique (affleurements du BRGM) : voir annexe 2
- ⇒ Exemple d'autres minéraux amiantifères : roches magmatiques, métamorphiques issues de roches basiques (métagabbros...)
- ⇒ Indicateurs de précurseurs géologiques de formation amiantifère : il s'agit des présences d'amphiboles, de circulation d'eaux hydrothermales et de failles-fracturations.

Annexe 1 : amiante environnemental

(selon rapport BRGM/RP-63657-FR 40 pages, 31 illustrations, 1 annexe)

L'amiante est une substance minérale naturelle qui correspond à plusieurs variétés de silicates fibreux ainsi qu'à tous les mélanges entre ces différents silicates. Ces six silicates appartiennent à deux groupes d'espèces minéralogiques, les serpentines et les amphiboles, et correspondent :

- au chrysotile (ou amiante blanc) ;
- à la crocidolite (ou riébeckite-amiante ou amiante bleu) ;
- à l'amosite (ou grunérite-amiante ou amiante brun) ;
- à l'anthophyllite-amiante ;
- à la trémolite-amiante ;
- à l'actinolite-amiante.

L'illustration 1 énumère les six silicates dont la variété fibreuse (asbestiforme) est réglementée sous le vocable « amiante », ainsi que leur équivalent particulaire ou non fibreux (non asbestiforme), et leur formule chimique. Cette liste de six minéraux, limitée aux seules espèces minéralogiques ayant fait ou faisant encore l'objet d'une exploitation industrielle, constitue une définition commerciale de l'amiante.

Le chrysotile constitue à lui seul 90 à 95% de l'amiante produit jusqu'à ce jour, le reste correspondant à des exploitations de crocidolite et d'amosite. En termes de production, l'exploitation des variétés asbestiformes de

² Analyse lithologique : permet de définir la composition minéralogique des roches

³ Bureau de Recherche Géologique et Minière

⁴ Microscope Électronique à Transmission Analytique

⁵ Comité Français d'Accréditation
⁶ Voir notamment fiche 20.6 du guide de bonnes pratiques pour la sécurité et la protection de la santé lors de travaux en souterrains (ref : SP1194 téléchargeable sur les sites Carsat et Cetu).

VARIÉTÉS ASBESTIFORMES (dites amiante)	FORMULE CHIMIQUE (commune aux deux variétés)	VARIÉTÉS NON ASBESTIFORMES (dites fragments de clivage)
GROUPE DE LA SERPENTINE		
Chrysotile	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	Antigorite/Lizardite
GROUPE DES AMPHIBOLES		
Trémolite-amiante	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$	Trémolite
Actinolite-amiante	$Ca_2(Mg_5,Fe_5)Si_8O_{22}(OH)_2$	Actinolite
Anthophyllite-amiante	$Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$	Anthophyllite
Amosite	$Fe_7Si_8O_{22}(OH)_2$	Grunérite
Crocidolite	$Ca_2(Fe^{2+},Fe^{3+})Si_8O_{22}(OH)_2$	Riebeckite

Illustration 1 – Variétés asbestiformes et non-asbestiformes de minéraux silicats

l'anthophyllite, de la trémolite et de l'actinolite peut donc être considérée comme négligeable.

Dans l'environnement naturel, de nombreuses roches possèdent une composition chimique favorable, sous certaines conditions, à la cristallisation de serpentines et/ou d'amphiboles. Toutes ces roches sont donc susceptibles de contenir des formes dérivées fibreuses, parfois asbestiformes, de ces minéraux.

Les minéraux asbestiformes présents dans certaines roches peuvent également être rencontrés dans les sols et dans les sédiments dérivés de l'altération et de l'érosion de ces mêmes roches. La cartographie des formations géologiques potentiellement amiantifères doit donc également s'intéresser et inclure ces produits dérivés dont l'extension en termes de surface peut être importante. Ainsi, l'analyse de l'aléa de présence d'amiante dans l'environnement naturel doit prendre en considération, de manière graduée, les roches-sources, les voies de transfert (aérienne, entraînement par le ruissellement) et les dépôts naturels secondaires (dépôts de sédiments anciens ou actuels, provenant issus de l'altération et de l'érosion des roches-sources). Le terme asbestiforme fait référence à une morphologie provenant d'une cristallisation naturelle d'un minéral en cristaux fins, en fibres d'apparence de cheveux (unidimensionnel). Cette morphologie confère au minéral des caractéristiques particulières dont un rapport d'allongement (rapport longueur/diamètre) élevé, des propriétés mécaniques accrues, force, flexibilité et durabilité. Dans la morphologie asbestiforme, les cristaux ont cru en formant des fibres longues et filiformes. Ces fibres sont retrouvées dans des aggrégats pouvant facilement se séparer en plus petites fibres (fibrilles) qui, durant des procédés, maintiennent leurs propriétés de surface et d'activité.

La réglementation actuelle relative aux fibres d'amiante

retient les critères dimensionnels de l'OMS pour définir une fibre « industrielle » d'amiante respirable :

- ⇒ Longueur de la fibre $L \geq 5\mu m$
- ⇒ Diamètre de la fibre $0.2 \mu m < d < 3 \mu m$
- ⇒ Rapport R $R = L/d \geq 3$

Les variétés minérales non asbestiformes ont eu peu de signification commerciale parce qu'elles sont moins solides et moins résistantes. Ces variétés, de même formule chimique que leur correspondant asbestiforme, ne se développent pas de façon unidimensionnelle en longues fibres, mais plutôt de façon bi ou tridimensionnelle, donnant lieu à une morphologie plus massive. Lorsque la pression est appliquée, les minéraux non asbestiformes se fracturent facilement en des particules prismatiques, les fragments de clivage, qui résultent de la rupture ou du clivage des particules. Certaines particules sont aciculaires (en forme d'aiguilles) et le clivage en escalier sur les côtés de certaines particules est commun (Srebro and Roggli, 1994). Les particules dans cette morphologie peuvent toutefois correspondre à la définition de fibre respirable ou fibre OMS (Organisation mondiale de la santé) lorsqu'observées sous un microscope (NIOSH, 2011). La différence se situe donc dans leur processus de cristallisation. En d'autres mots, les fragments de clivage (en cours d'évaluation à l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail notamment) ont la même composition chimique que les fibres correspondantes d'amiante sans en avoir toutes les caractéristiques de dimension (longueur, diamètre et rapport d'allongement), les propriétés chimiques et physiques ou la performance mécanique des fibres asbestiformes.

Annexe 2 : Niveaux d'aléas et limites de la cartographie géologique surfacique (affleurements du BRGM)

La cartographie de l'aléa amiante environnemental s'inscrit dans le cadre de l'appui du BRGM au MEDDE⁷ dans l'exécution d'études et de travaux relatifs à la prévention des risques liés à l'exposition des populations à l'amiante environnemental naturel. Ces études sont en adéquation avec les objectifs du PNSE 1 (Plan National Santé Environnement), « action 1 : renforcer la prévention et la maîtrise des risques sanitaires liés à l'environnement ; 1.3, prévenir les pathologies d'origine environnementale et notamment les cancers. Réduire les expositions des populations à l'amiante en maintenant la vigilance sur l'application stricte de la réglementation concernant la prévention du risque amiante en milieu de travail et en population générale», objectifs repris par le PNSE 2 « action 1 : réduire les expositions responsables de pathologies à fort impact sur la santé ; 1.5 réduire l'exposition aux cancérogènes d'origine naturelle présents dans l'environnement, amiante naturel ». Les études réalisées par le BRGM s'inscrivent dans un programme national ayant concerné en 2009-2010 trois départements (Haute-Corse, Loire-Atlantique, Savoie) puis, en 2011-2012, deux nouveaux départements (Hautes-Alpes, Isère), ainsi qu'un vaste ensemble géologique correspondant à l'ensemble du Massif armoricain. Le programme 2011-2012 a été mené dans le cadre d'une action d'appui du BRGM à la politique publique (fiche 11POLE02, afférente à la convention MEDDE/DGPR n°2100416133).

Dans leur étude relative au « recensement et classement des sites naturels amiantifères et des formations géologiques potentiellement amiantifères en France », Dessandier et Spencer (2005) avaient défini 5 classes d'aléa de présence d'amiante dans les formations géologiques, numérotées de 0 (niveau d'aléa le plus faible) à 4 (niveau d'aléa le plus fort). Cette définition a été reprise dans le rapport de Daniau et al. (2008) relatif à « l'exposition environnementale à l'amiante chez les personnes riveraines d'affleurements de roches amiantifères en France continentale ». Dans cette classification, les formations géologiques de type « serpentinites », classiquement porteuses d'amiante, sont dotées d'un aléa 3 (« Forte probabilité de présence de minéraux amiantifères ») et les anciennes exploitations et affleurements avérés d'amiante dotés d'un aléa 4 (« Présence avérée de minéraux amiantifères »).

Dans le cadre de l'établissement de la première phase de cartographie de l'aléa amiante environnemental en Haute-

Corse, Lahondère (2006) proposait la prise en compte de 5 classes d'aléa sensiblement différentes de celles proposées par Dessandier et Spencer (2005).

Les cartographies de l'aléa réalisées en 2010 en Savoie (Blein et al., 2010), en Haute-Corse (Lahondère et al., 2010) et en Loire-Atlantique (Béchennec et al., 2010) ont permis d'adopter d'une manière définitive les niveaux d'aléa relatifs à la présence d'amiante dans les environnements naturels :

- **aléa 1** : formations géologiques⁸ dans lesquelles aucun indice d'amiante n'est actuellement connu et pour lesquelles la probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères est nulle ou pratiquement nulle ;
- **aléa 2** : formations géologiques dans lesquelles des occurrences d'amiante très localisées et exceptionnelles sont connues ;
- **aléa 3** : formations géologiques dans lesquelles les occurrences d'amiante sont plus fréquentes mais de façons localisées et non systématiques ;
- **aléa 4** : formations géologiques dans lesquelles les occurrences d'amiante sont très nombreuses et pour lesquelles la probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères est forte.

Notas :

- Limites de la cartographie de l'aléa

La cartographie de l'aléa amiante environnemental réalisée par le BRGM est à l'échelle du 1/50 000. Cette cartographie représente l'aléa pour des formations géologiques (correspondant à des lithologies précises) présentes en surface topographique. Comme toutes cartes géologiques, l'information apportée sur l'aléa concerne un volume en 3 dimensions. Pour traduire cet aléa en profondeur il faut avoir une connaissance géologique et structurale suffisante du secteur afin de dessiner des coupes géologiques et comprendre comment les formations se structurent en profondeur. L'établissement de coupes géologiques est déterminé à partir des données cartographiques disponibles sur la carte géologique (pendage et direction de stratigraphie, de foliation, de faille etc...). Ces données peuvent être complétées soit par des forages disponibles sur infoterre (www.infoterre.brgm.fr), soit par ceux réalisés par le maître d'ouvrage pour un projet donné.

L'échelle de la cartographie à 1/50 000 apporte des précisions locales, mais en général, la précision n'est pas suffisante à l'échelle d'un projet industriel. L'échelle de la coupe prévisionnelle du projet doit être adaptée aux besoins. Les projets d'importance (ouvrage souterrain du type tunnel) sont en principe accompagnés d'une phase de faisabilité avec la réalisation de forages qui permettent d'avoir des limites géologiques (failles, limites de formations...) suffisantes en profondeur pour passer en phase de production et réduire au maximum les incertitudes géologiques.

Sices coupes existent à la précision attendue, la cartographie de l'aléa amiante environnemental évalué en surface par formation géologique peut s'appliquer à ces coupes.

Afin de pouvoir être plus précis, pour un projet donné, sur la définition de l'aléa amiante environnemental, une observation à l'échelle du projet par un géologue/pétrographe expérimenté dans la recherche de minéraux amiantifères est nécessaire. En effet, la définition de l'aléa 1 « probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères nulle ou pratiquement nulle » à l'échelle du 1/50 000 peut être requalifiée pour les travaux par un aléa « ne présentant pas de contraintes particulières pour les travaux vis-à-vis de l'aléa amiante environnemental » si le géologue montre l'absence de minéraux amiantifères à l'échelle du projet pour la formation recoupée. Pour arriver à cette conclusion, des études microscopiques, des analyses par µ-sonde et META peuvent être nécessaires dans certains contextes géologiques (présence d'amphibole par exemple). Ces approches scientifiques sont en effet nécessaires afin de comprendre la genèse potentielle des minéraux amiantifères durant l'histoire géologique (structure et métamorphisme) des formations recoupées.

Il serait important, après avoir bien compris la genèse de ces minéraux amiantifères et leurs critères d'apparition, que le géologue/pétrographe ayant mené l'étude apporte une formation de terrain aux futurs géologues qui suivront les travaux de production.

- Paramètres à prendre en compte en cas d'aléa amiante environnemental identifié

Lorsqu'un aléa amiante environnemental est identifié (aléa 2 par exemple « formations géologiques dans lesquelles des occurrences d'amiante très localisées et exceptionnelles sont connues »), des critères d'apparition peuvent être mis en évidence suite aux travaux du géologue/pétrographe expérimenté durant les phases de reconnaissances de la genèse potentielle des minéraux amiantifères. Voir aussi le logigramme.

- Retour d'expérience depuis le projet hydroélectrique EDF de Livet-Gavet (Isère)

L'étude réalisée (rapport de 2014 ref. RP-63657-FR- O. Blein du BRGM) montre que l'aléa 2 se traduit par un aléa « présentant des contraintes opérationnelles dans la réalisation des travaux ». Ces contraintes de travaux doivent être adaptées en fonction des critères géologiques identifiés par le géologue/pétrographe expérimenté sur l'apparition potentielle de minéraux amiantifères.

Dans le cadre de Livet-Gavet, les analyses scientifiques menées montrent que la présence d'amphibole de type hornblende peut générer (ou non) sous certaines conditions des minéraux amiantifères (actinolite amiantifère) durant une rétromorphose alpine (15 Millions d'années) en lien avec des circulations de fluides hydrothermaux.

La hiérarchisation des conditions nécessaires au développement d'amphiboles aciculaires fibreuses ou asbestiformes dans les formations semblables à celles étudiées sur ce projet est la suivante :

⇒ 1. Présence d'amphiboles dans les lithologies encaissantes ;

⇒ 2. Altération par un fluide hydrothermal entraînant une modification de la composition chimique des amphiboles de l'encaissant. Les amphiboles doivent obtenir une composition chimique compatible avec le développement d'une fibre actinolitique asbestiforme ;

⇒ 3. Développement d'une fracturation permettant une cristallisation dans des fentes ouvertes. L'épidote, présente dans les fentes minéralisées, est un marqueur de l'altération hydrothermale. Ses conditions thermiques de cristallisation sont très proches de celles de l'actinolite.

L'étude géologique préliminaire sur l'aléa amiante environnemental a permis ainsi de définir à partir de la coupe géologique réalisée par EDF à une échelle adaptée à son projet un « aléa amiante environnemental », traduit en terme de contraintes à prendre en compte afin de réaliser les travaux.

Pour informations complémentaires

« Travaux en terrain amiantifère. Opérations de génie civil, de bâtiment et de travaux publics. Guide de prévention. » ED 6142. INRS.

Contact

Pascal Sergi

Ingénieur Conseil BTP-pilote de l'action régionale Tunnels de la Carsat Rhône-Alpes

Tél. 04 79 70 76 06 – pascal.sergi@carsat-ra.fr

Remerciements à Madame Céline EYPERT-BLAISON (INRS) et Monsieur Yves SIMEON (BRGM) pour leurs contributions à la rédaction de cette brochure.

⁷ Ministère de l'Environnement du Développement Durable et de l'Energie.

⁸ Une formation géologique correspond à un ensemble de roches ayant une lithologie bien définie (par exemple dans les terrains cristallins : amphibolite, gneiss acide pauvre en minéraux ferromagnésiens (biotite, amphibole...), granite à biotite, granite leucocrite pauvre en ferromagnésiens, etc...).

Carsat Rhône-Alpes

Direction de la Prévention des Risques Professionnels - 26, rue d'Aubigny 69436 Lyon cedex 03

Tél. 04 72 91 96 96 - Fax. 04 72 91 97 09

Email : preventionrp@carsat-ra.fr site internet : www.carsat-ra.fr

SP 1199 - Novembre 2016. Création et impression Carsat Rhône-Alpes. Crédit photo couverture Istock.