

*Santé environnement*

# Exposition environnementale à l'amiante chez les personnes riveraines d'affleurements de roches amiantifères en France continentale

Rapport final

# Sommaire

Abréviations	2	5.3. Limites de la méthode de hiérarchisation	26
Résumé	3	5.4. Campagnes métrologiques	27
<b>1. Introduction</b>	<b>5</b>	5.5. Que peut-on dire d'une préoccupation sanitaire?	28
1.1. Termes de la saisine	5	<b>6. Conclusions et recommandations</b>	<b>31</b>
1.2. Restriction du champ d'étude : la faisabilité d'étudier les sites industriels	5	Références bibliographiques	32
1.3. Sources d'expositions environnementales à l'amiante retenues	6	Annexe 1 - Circulaire du 17 août 2005 destinées à l'inspection des installations classées relative aux anciens sites industriels d'exploitation ou de transformation d'amiante	34
1.4. Chemins d'exposition étudiés	8	Annexe 2 - Les variétés d'amiante	37
<b>2. Objectif</b>	<b>10</b>	Annexe 3 - Lexique des termes de la fiche de recueil des caractéristiques de l'affleurement et de son environnement	38
<b>3. Méthodes d'évaluation des expositions aux fibres d'amiante en provenance des affleurements de roches amiantifères</b>	<b>11</b>	Annexe 4 - Fiche de recueil des caractéristiques de l'affleurement de roche amiantifère	40
3.1. Cadre général de la démarche	11	Annexe 5 - Procédure d'analyse des roches prélevées sur les affleurements	44
3.2. Recueil des données pour chaque affleurement	11	Annexe 6 - Questionnaire de voisinage pour les sites naturels	45
3.3. Analyse des données recueillies	13	Annexe 7 - Cartes des localisations des points de prélèvements pour la campagne métrologique	51
3.4. Campagne métrologique dans l'air	15	Annexe 8 - Aspects macroscopique et microscopique des roches amiantifères	52
<b>4. Résultats</b>	<b>17</b>	Annexe 9 - Résultats des diagnostics pour quelques caractéristiques semi-quantitatives ou quantitatives des sites	57
4.1. Authentification des affleurements recensés	17	Annexe 10 - Liste des stations Météo-France utilisées dans l'arborescence	58
4.2. Description générale des sites et de leur environnement	20	Annexe 11 - L'exploitation et la prospection passée de l'amiante en France continentale	59
4.3. Hiérarchisation des sites	21	Annexe 12 - Résultats des campagnes de mesures sur les sites de Lanslebourg et de La Girarde	63
4.4. Circonstances d'exposition des populations	22	Annexe 13 - Méthode de catégorisation des affleurements de roches amiantifères par le BRGM	68
4.5. Résultats des campagnes métrologiques	23	Annexe 14 - Courriers aux maires	69
<b>5. Discussion</b>	<b>24</b>		
5.1. Recueil des données	24		
5.2. Fiabilité de la méthode de hiérarchisation	24		

# Exposition environnementale à l'amiante chez les personnes riveraines d'affleurements de roches amiantifères en France continentale

## Rapport final

### Rédaction du rapport

Côme Daniau, Jennifer Cosson, Frédéric Dor

### Participation au projet

#### Institut de veille sanitaire:

Coordination : Côme Daniau et Stéphanie Vandentorren

Moniteurs d'étude : Jennifer Cosson et Anne Etchevers

Métérologue : Mathilde Pascal

Ingénieurs SIG : Perrine De Crouy Chanel et Morgane Stempfelet

Soutien financier et logistique : Karine De Proft et Laurent Rivas

Secrétariat : Frédérique Suzanne et Béatrice Jaillant

#### Bureau de recherches géologiques et minières:

Christopher Spencer, Daniel Maton, David Dessandier

#### Laboratoire d'étude des particules inhalées:

Marie-Annick Billon-Galland, Laurent Martinon, Patrice Bruyer, Geneviève Petit, Françoise Vallentin, Stéphanie Vincent, Saïd Yahiaoui

#### Conseil scientifique:

Marie-Annick Billon Galland (Lepi), Patrick Brochard (Isped), Côme Daniau (InVS/DSE), David Dessandier (BRGM), Frédéric Dor (InVS/DSE), Daniel Maton (BRGM), Anabelle Gilg Soit Ilg (InVS/DST), Marcel Goldberg (InVS/DST), Delphine Lauzeille (InVS/DSE), Martine Ledrans (InVS/DSE), Laurent Martinon (Lepi), Joseph Mattei (Ddass de Bastia), Christopher Spencer (BRGM), Stéphanie Vandentorren (InVS/DSE)

### Remerciements

Les auteurs remercient Marie-Annick Billon Galland, Laurent Martinon, Daniel Maton, Anabelle Gilg Soit Ilg et Georges Salines pour leur relecture attentive et toutes les personnes ayant contribué à la réalisation de cette étude, notamment les services communaux impliqués dans la collecte de données.

# Abréviations

<b>BRGM</b>	Bureau de recherches géologiques et minières
<b>BSS</b>	Banque du sous-sol
<b>Circ</b>	Centre international de recherche sur le cancer
<b>Ddass</b>	Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
<b>DGS</b>	Direction générale de la santé
<b>Drire</b>	Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement
<b>DSE</b>	Département santé environnement
<b>DST</b>	Département santé travail
<b>F/L</b>	Fibres par litre d'air
<b>IC 95 %</b>	Intervalle de confiance à 95 %
<b>ICPE</b>	Installation classée pour la protection de l'environnement
<b>IGN</b>	Institut géographique national
<b>Ineris</b>	Institut national de l'environnement industriel et des risques
<b>Insee</b>	Institut national de la statistique et des études économiques
<b>InVS</b>	Institut de veille sanitaire
<b>Isped</b>	Institut de santé publique, d'épidémiologie et de développement
<b>Lepi</b>	Laboratoire d'étude des particules inhalées
<b>Lisa</b>	Laboratoire interuniversitaire des systèmes atmosphériques
<b>MEB</b>	Microscopie électronique à balayage
<b>Medad</b>	Ministère de l'Écologie et du Développement durable
<b>META</b>	Microscopie électronique à transmission analytique
<b>MOLP</b>	Miscroscopie optique à lumière polarisée
<b>PM<sub>10</sub></b>	Particules de diamètre inférieur à 10 µm de diamètre
<b>US-EPA</b>	Environmental protection agency of United States

## CONTEXTE

En 2003, la Direction générale de la santé (DGS) a saisi l'Institut de veille sanitaire (InVS) pour estimer l'impact sanitaire de l'exposition environnementale aux fibres d'amiante des populations riveraines des anciens sites industriels d'exploitation ou de transformation de l'amiante et d'un affleurement de roches amiantifères.

Pour répondre à cette saisine, l'InVS propose de mettre en place deux études : une étude cas-témoins pour comparer les risques de mésothéliome selon l'exposition environnementale passée des populations ; une étude de l'estimation de l'exposition actuelle des populations riveraines d'anciens sites industriels d'exploitation ou de transformation de l'amiante et des sites naturels amiantifères pour présager des conséquences futures. Ce rapport ne présente que la deuxième étude. L'étude cas-témoins fait l'objet d'un autre rapport.

Les années 2004-2005 ont été consacrées à déterminer les choix méthodologiques, analyser la qualité des données disponibles et étudier leurs modalités de recueil. Elle a également permis d'évaluer les difficultés inhérentes à la réalisation technique et les moyens nécessaires. Ainsi, pour des raisons de faisabilité, l'évaluation de l'exposition actuelle des populations aux sites industriels ne sera pas effectuée.

L'année 2006 a été employée à l'application de la démarche retenue à l'issue de la phase de faisabilité sur l'ensemble des sites d'affleurements de roches amiantifères localisés en France continentale. Les sites amiantifères en Corse et en Nouvelle-Calédonie, faisant l'objet d'études spécifiques, ne sont pas traités dans le cadre de cette étude.

## OBJECTIF

L'objectif est d'évaluer les expositions environnementales actuelles des populations aux fibres d'amiante en provenance des sites d'affleurements de roches amiantifères, localisés en France continentale.

## MÉTHODES

Ce travail consiste à estimer, pour chaque site d'affleurement de roche amiantifère, le transfert de fibres dans l'air dans différentes circonstances d'exposition des populations. Seule l'exposition par inhalation, considérée majoritaire, est traitée dans cette étude.

La méthode exploite des approches complémentaires, qualitatives et quantitatives, d'évaluation des expositions aux fibres d'amiante.

Une appréciation qualitative de l'exposition, réalisée par jugement d'expert, comprend une phase de recueil et une phase d'analyse de données. Cette analyse de données permet d'une part, d'authentifier l'existence des affleurements et, d'autre part, de les hiérarchiser les uns par rapport aux autres selon la potentialité de l'exposition des populations aux fibres d'amiante. Le recueil de données réalisé par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) comprend un diagnostic complet des affleurements sur les caractéristiques des

affleurements, de leur environnement ; des analyses de prélèvements de roches ; une enquête auprès des riverains de l'affleurement pour connaître les activités autour du site et le recueil des données météorologiques pour chaque site.

Cette caractérisation qualitative est complétée par une mesure directe de la concentration des fibres d'amiante dans l'air sur les deux affleurements potentiellement les plus émetteurs de fibres. Pour ce faire, des campagnes météorologiques sont réalisées par le Laboratoire d'étude des particules inhalées (Lepi) de manière à retracer différentes circonstances d'exposition des populations : résider ou exercer une activité à proximité du site et fréquenter l'affleurement.

## RÉSULTATS

Sur la base d'une étude documentaire et cartographique effectuée par le BRGM, l'existence de 20 sites a pu être vérifiée visuellement. Parmi ces 20 sites, 14 présentent des fibres de chrysotile seules ou en mélange avec des amphiboles. L'expertise a permis de hiérarchiser les sites les uns par rapport aux autres selon les niveaux d'émission de fibres, permettant ainsi d'approcher les expositions. Les trois sites de La Girarde à Termignon (73), Pont de la Ramasse à Lanslebourg (73) et Val de Péas à Château Ville Vieille (05) présentent des niveaux potentiels d'émission les plus élevés.

Pour l'ensemble des sites, la faible densité de population autour des sites localisés en milieu rural ou de montagne et la localisation des affleurements dans des zones d'accès limités, conduisent à des expositions potentielles réduites. En général, seules quelques habitations sont situées dans un périmètre de 500 mètres autour des affleurements. Pour ces populations résidentes, il faut considérer une exposition chronique aux fibres en provenance des affleurements. Les activités principalement agricoles ou récréatives aux abords des affleurements sont très limitées et ne peuvent conduire qu'à des expositions ponctuelles à chroniques selon le type d'activité. Ces activités peuvent conduire à la fréquentation occasionnelle des affleurements.

Les résultats des mesures de fibres dans l'air réalisées sur les sites de la Girarde et de Pont de la Ramasse indiquent l'absence de fibres émises dans les conditions d'émission sous l'effet uniquement de l'érosion éolienne. Seule la mesure réalisée dans des conditions d'érosion particulière de l'affleurement, lors de simulation d'activité anthropique, induisent des niveaux de concentrations élevés (plusieurs centaines de F/L sur 30 minutes, pour des fibres de longueur supérieures à 5 µm).

## DISCUSSION

La démarche de hiérarchisation révèle que le critère de friabilité de la roche est un facteur majeur pour connaître la potentialité d'émission de fibres d'amiante en provenance des sites. Il s'avère toutefois que les facteurs de prédisposition à l'émission, liés aux caractéristiques intrinsèques de la roche, ne sont pas suffisants pour entraîner une émission de fibres. Les facteurs de perturbation mécanique de la roche selon leur nature sont déterminants pour induire une émission. Les campagnes de mesures montrent que selon qu'elles sont éoliennes ou

anthropiques, les perturbations mécaniques peuvent conduire à des niveaux d'émission très contrastés. Pour les sites potentiellement les plus favorables à l'envol de fibres, seules les perturbations anthropiques de l'affleurement associées à des déplacements de personnes sur l'affleurement et à la manipulation de roche conduisent à émettre des teneurs élevées de fibres dans l'air.

Il faut toutefois replacer ces niveaux d'émission par rapport aux circonstances d'exposition ponctuelle et aux effectifs de populations fréquentant ces sites situés en haute montagne, recouverts par la neige une partie de l'année.

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'utilisation de deux démarches d'estimation des expositions, l'une qualitative l'autre quantitative, a permis de prioriser les sites sur lesquels une action de gestion paraît nécessaire au vu des risques

potentiels d'exposition de la population. Des mesures visant à réduire l'accès aux affleurements de la Girarde dans la commune de Termignon (73) et de Val de Péas dans la commune de Château Ville Vieille (05) ont été sollicitées auprès de la DGS et des Directions départementales des affaires sanitaires et sociales (Ddass) localement. Pour les autres sites, les maires des communes dans lesquelles des affleurements d'amiante avérés ont été identifiés ont été informés de l'existence de ces sites.

Par ailleurs, un certain nombre d'autres zones géographiques recensées par le BRGM présente une probabilité d'occurrence de roches amiantifères plus ou moins importante. Si ces formations de roches amiantifères sont mises à nu à l'occasion de travaux de terrassement par exemple, elles sont susceptibles d'être une source de fibres d'amiante dans l'air. Un examen des possibilités offertes par les nouveaux textes réglementaires de l'urbanisme serait à envisager.

# 1. Introduction

L'amiante a été utilisé de façon importante en France pendant le XX<sup>e</sup> siècle pour ses propriétés isolantes. Il a été classé cancérigène par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ), notamment grâce aux nombreuses études publiées sur le lien entre une exposition professionnelle à l'amiante et l'apparition de certaines maladies pulmonaires. Cependant, il existe d'autres types d'exposition à l'amiante, telles que les expositions paraprofessionnelles et domestiques ou encore les expositions environnementales.

Aujourd'hui, bien que de nombreux cas de mésothéliomes soient expliqués par une exposition professionnelle, quelques uns ne présentant aucune exposition professionnelle à l'amiante connue, restent encore à expliquer, notamment par une exposition environnementale. Les liens entre l'exposition environnementale et la survenue de pathologies spécifiques de l'amiante sont bien documentés [1]. En revanche, les niveaux de fibres dans l'air associés à des expositions environnementales souvent rapportés comme très inférieurs à ceux retrouvés en milieu professionnel, ont été très peu décrits en France.

L'exposition environnementale à l'amiante est définie comme une exposition en population générale (exposition non professionnelle) due à des rejets de fibres dans l'environnement à partir [1]:

- d'une source naturelle d'amiante (affleurement naturel lié à la géochimie des sols);
- d'une source industrielle (une usine de transformation de l'amiante ou d'exploitation de l'amiante comme une carrière en activité);
- d'une source dite intramurale (en atmosphère intérieure par dégradation des installations contenant de l'amiante);
- ou d'une source urbaine (en atmosphère extérieure par la circulation des véhicules, la démolition d'installations contenant de l'amiante).

Les expositions intramurales et urbaines peuvent provenir de points multiples d'émission de fibres amiantifères. Cette diversité rend la caractérisation de ces expositions difficile. Par ailleurs, seules les concentrations intramurales à l'intérieur des bâtiments font l'objet d'une réglementation [2]. Il semble donc nécessaire de mieux connaître les expositions actuelles des populations riveraines d'anciens sites industriels ou naturels, de manière à être en mesure d'estimer les risques sanitaires encourus par ces populations ainsi que les recommandations à mettre en place.

## 1.1 TERMES DE LA SAISINE

La DGS a saisi l'InVS en mai 2003 afin d'"évaluer l'impact sanitaire de l'exposition aux fibres d'amiante des populations riveraines des anciens sites industriels d'exploitation ou de transformation de l'amiante, ainsi que des affleurements naturels".

Pour répondre à la saisine de la DGS, l'InVS a proposé de mettre en place deux études distinctes:

- une étude cas-témoins pour comparer les risques de mésothéliome selon l'exposition environnementale passée des populations;

- une étude sur l'estimation de l'exposition actuelle des populations riveraines d'anciens sites industriels d'exploitation et de transformation de l'amiante et des affleurements de roches amiantifères, étape préalable à la quantification des risques sanitaires liés à ces expositions.

Les années 2004-2005 ont été consacrées à étudier la faisabilité d'estimer les expositions pour répondre à chacun des deux objectifs au moyen de sites pilotes, de manière à mettre en place les études dans leur phase définitive et notamment sur l'ensemble du territoire français. Cette étude de faisabilité a fait l'objet d'un rapport spécifique [3].

Les méthodes mises en œuvre pour répondre aux deux objectifs sont différentes; deux rapports d'étude distincts ont été rédigés. **Le présent rapport répond au second objectif qui traite de l'estimation des expositions environnementales actuelles des populations riveraines d'anciens sites industriels d'exploitation et de transformation de l'amiante et des affleurements de roches amiantifères.**

## 1.2 RESTRICTION DU CHAMP D'ÉTUDE : LA FAISABILITÉ D'ÉTUDE LES SITES INDUSTRIELS

### 1.2.1 Les exploitations industrielles de production et de transformation d'amiante

Les premiers travaux concernant l'évaluation des expositions environnementales à l'amiante dues à des sites industriels d'exploitation ou de transformation ont été publiés en 1960 et 1965 et décrivent le lien existant entre la survenue de pathologies pulmonaires et la proximité des mines d'amiante pendant leur exploitation en Finlande [4] ou de dépôts amiantifères en Afrique du Sud [5]. D'autres études ont été réalisées également autour de mines australiennes et canadiennes. Une étude canadienne [6] met d'ailleurs en évidence un excès de mortalité des femmes vivant à proximité des mines de Thetford Mines, Black Lake ou d'Asbestos sans y avoir travaillé. Ces mêmes mines, toujours en exploitation, ont fait l'objet de mesures dans les trois villes avoisinantes, notamment entre 1983 et 1986 par Environnement Canada et en 1997 par l'Association des mines d'amiante du Québec. Les résultats montrent des niveaux annuels s'échelonnant, dans les années 1980, entre 52,5 F/L et 188,7 F/L et entre 4 F/L et 7 F/L en 1997 [7].

En France métropolitaine, seules quelques mines ont été exploitées du début du siècle aux années 1960. Les trois plus importantes sont celles de Canari en Haute-Corse, Val de Péas en Hautes-Alpes et Termignon en Savoie.

À partir des années 1970, des études de type cas-témoins sur le lien existant entre la survenue d'un mésothéliome et la proximité d'usines fabriquant de l'amiante-ciment ont été publiées [8,9].

Magnani et coll., dans une étude cas-témoins multicentrique, ont observé une augmentation du risque de mésothéliome lorsque la distance entre la résidence des sujets et les usines d'amiante-ciment utilisant du chrysotile et du crocidolite diminue [10]. Ainsi, à 300 m d'une usine d'amiante-ciment italienne, une concentration de 2 F/L a été relevée tandis qu'à 1 000 m la concentration n'est plus que de 0,6 F/L.

La France a utilisé au cours du XX<sup>e</sup> siècle une quantité importante d'amiante provenant de ses mines ou importée. Jusqu'à 170 000 tonnes d'amiante importée en 1978 sont transformées dans de nombreuses usines dispersées sur le territoire [1]. Si les niveaux de concentrations à l'intérieur des usines de transformation de l'amiante sont relativement bien connus, en revanche, peu de données sur les concentrations à leur voisinage sont disponibles.

L'étude de santé publique menée autour d'une ancienne usine de broyage d'amiante en région Parisienne à Aulnay-sous-Bois a, pour la première fois en France, validé un signal sanitaire associé à une exposition environnementale à l'amiante [11].

## 1.2.2 Recensement des sites industriels en France continentale

Les sites industriels de production et de transformation d'amiante en France continentale ont été recensés par l'InVS en 2005 et 2006 sur la base d'un premier recensement réalisé par le BRGM en 2001 [3,12]. Ce recensement a été réalisé sur la base d'une recherche documentaire par croisement de plusieurs bases de données. On différencie les sites relevant de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (sites ICPE) des sites ne relevant pas de cette législation (sites non ICPE). Les sites ICPE sont soumis à une autorisation préalable à l'exploitation, délivrée par le préfet de département, sous l'autorité du ministère en charge de l'Environnement (Medad), assisté des services de l'inspection des installations classées situés en Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (Drire).

Les anciens sites non ICPE ayant exploités ou transformés de l'amiante sont majoritaires. La majeure partie des sites sont d'anciens chantiers navals qui utilisaient de l'amiante dans leurs procédés de fabrication (tableau 1).

TABLEAU 1 RÉPARTITION DES SITES INDUSTRIELS AYANT EXPLOITÉ OU TRANSFORMÉ DE L'AMIANTE EN FRANCE CONTINENTALE			
	Sites industriels (hors chantiers navals)	Chantiers navals	Total
Sites ICPE	385	312	697
Sites non ICPE*	168	807	975
Total	553	1 119	1 672

ICPE : installation classée pour la protection de l'environnement.

\* Sites non ICPE : sites industriels d'exploitation et de transformation de l'amiante ne relevant pas de la législation des ICPE.

## 1.2.3 L'accès aux sites industriels

Les droits de l'InVS pour l'accès aux emplacements des anciens sites industriels varient selon l'occupation actuelle des sites et selon la législation à laquelle ils sont soumis.

Concernant les sites relevant de la législation des ICPE, les différentes démarches entreprises auprès du Medad ont permis d'aboutir à une action concrète de collaboration à la fin de l'année 2005. Les sites ICPE ont été diagnostiqués et traités par les Drire, conformément à la circulaire du 17 août 2005 relative à l'inspection des installations classées anciens sites industriels d'exploitation ou de transformation d'amiante (annexe 1).

Si des diagnostics ont ainsi pu être réalisés sur les sites ICPE par les inspecteurs des Drire dans le cadre de cette circulaire, en revanche, aucune action n'a pu être menée à terme pour accéder aux sites ne relevant pas de la législation des ICPE. Pour l'InVS, il est nécessaire d'obtenir l'autorisation d'accès directement auprès des propriétaires, soit des zones résidentielles, soit des zones industrielles reconverties ou non avec le soutien des autorités locales, dont les Drire et les Ddass.

La problématique des sites non ICPE n'a pas permis d'aboutir à une démarche stratégique permettant le diagnostic de ces sites. Ainsi, la question de ces expositions résidentielles des populations riveraines d'anciens sites industriels d'exploitation et de transformation de l'amiante non ICPE reste entière.

Pour cette raison, lors de l'étude de faisabilité, il n'a pas été possible d'évaluer les expositions pour les deux sites industriels pilotes choisis lors de l'étude de faisabilité.

**En l'état actuel des conditions d'accès aux sites, l'évaluation de l'exposition actuelle des populations aux sites industriels ne peut pas être effectuée seule par l'InVS et la présente étude se limite donc à une évaluation des expositions environnementales aux affleurements de roches amiantifères.**

## 1.3 SOURCES D'EXPOSITIONS ENVIRONNEMENTALES À L'AMIANTE RETENUES

### 1.3.1 Les affleurements de roches amiantifères

#### 1.3.1.1 Les affleurements naturels

En dehors des mines exploitées, la dispersion des fibres d'amiante dans l'environnement à partir d'occurrences naturelles de roches amiantifères est connue depuis les années 1970. Cependant, les niveaux d'exposition y sont bien plus faibles qu'en milieu professionnel [13], comme le confirment les prélèvements environnementaux des fibres d'amiante et les prélèvements réalisés dans les poumons de personnes vivant à proximité des affleurements [14].

Dans de nombreux sites, notamment en Grèce, Turquie, Chypre, Nouvelle Calédonie, l'association entre une exposition environnementale aux affleurements naturels d'amiante, dont la fibre principale retrouvée est la trémolite, et la survenue d'un mésothéliome a été longuement étudiée. Néanmoins, il s'agit d'expositions multiples associant à l'exposition strictement environnementale, une exposition domestique intramurale due aux badigeons blancs confectionnés avec de l'amiante sur les murs des habitations [1,14-16].

Aux États-Unis, plusieurs études sur la toxicité des fibres de trémolite, non commercialisées en raison de leur petite taille, ont été réalisées notamment aux abords d'une mine de vermiculite à Libby contaminée par des fibres de trémolite [17].

En France, de nombreux affleurements naturels d'amiante sont connus dans le quart Nord-Est de la Corse. Des mesures de fibres dans l'air, effectuées par le Lepi en 1988, montrent des concentrations moyennes de fibres de trémolite élevées, 5 à 6 fois supérieures au seuil réglementaire [18]. L'extérieur mais également l'intérieur des habitations de 133 communes, notamment Bastia et Murato, sont concernés par ces niveaux de concentration [19]. À Murato, village situé sur l'un des plus grands affleurements de serpentinites de Corse du Nord-Est, 41 % de la population de plus de 50 ans présentent des plaques pleurales. Par ailleurs, plusieurs cas de mésothéliomes malins et de tumeurs de la plèvre, imputables à l'amiante, ont été enregistrés chez des personnes non exposées professionnellement mais résidant dans cette région [20].

### 1.3.1.2 Les anciennes mines d'amiante

Les affleurements d'amiante exploités sont généralement des mines à ciel ouvert dont l'envol des fibres est soumis aux mêmes conditions d'érosion que les affleurements naturels non exploités, à l'exception faite de la végétalisation qui peut varier selon le site. Les mines dont l'exploitation a été suspendue et ne comportant plus d'infrastructure industrielle peuvent être considérées alors comme des affleurements naturels et non plus des sites industriels étant donné que les activités humaines, source d'envol important de fibres en provenance des carrières, ont été interrompues. Cependant, l'exploitation par le passé de ces sites a mis à l'affleurement une surface souvent importante de roche amiantifère car suffisamment riche en amiante pour être exploitée. Peu de données historiques sont disponibles sur la concentration de fibres au voisinage de ces mines, cependant, à proximité de l'ancienne mine de Canari, des valeurs de 1 F/L à 17 F/L ont été retrouvées [1].

### 1.3.2 Recensement et localisation des affleurements de roches amiantifères en France continentale

La disponibilité des données permettant de recenser et localiser les affleurements de roches amiantifères a été évaluée en 2004-2005 par le BRGM [3,21,22]. Le recensement des affleurements naturels a été réalisé sur la base de cartes géologiques, de bases de données, de consultation de géologues et de documents bibliographiques. Cette étude documentaire a permis d'identifier et de classer des territoires ou des lieux géographiques selon la probabilité de la présence de formations géologiques pouvant renfermer des minéraux amiantifères, ces territoires constituant ainsi des aléas d'affleurements (tableau 2).

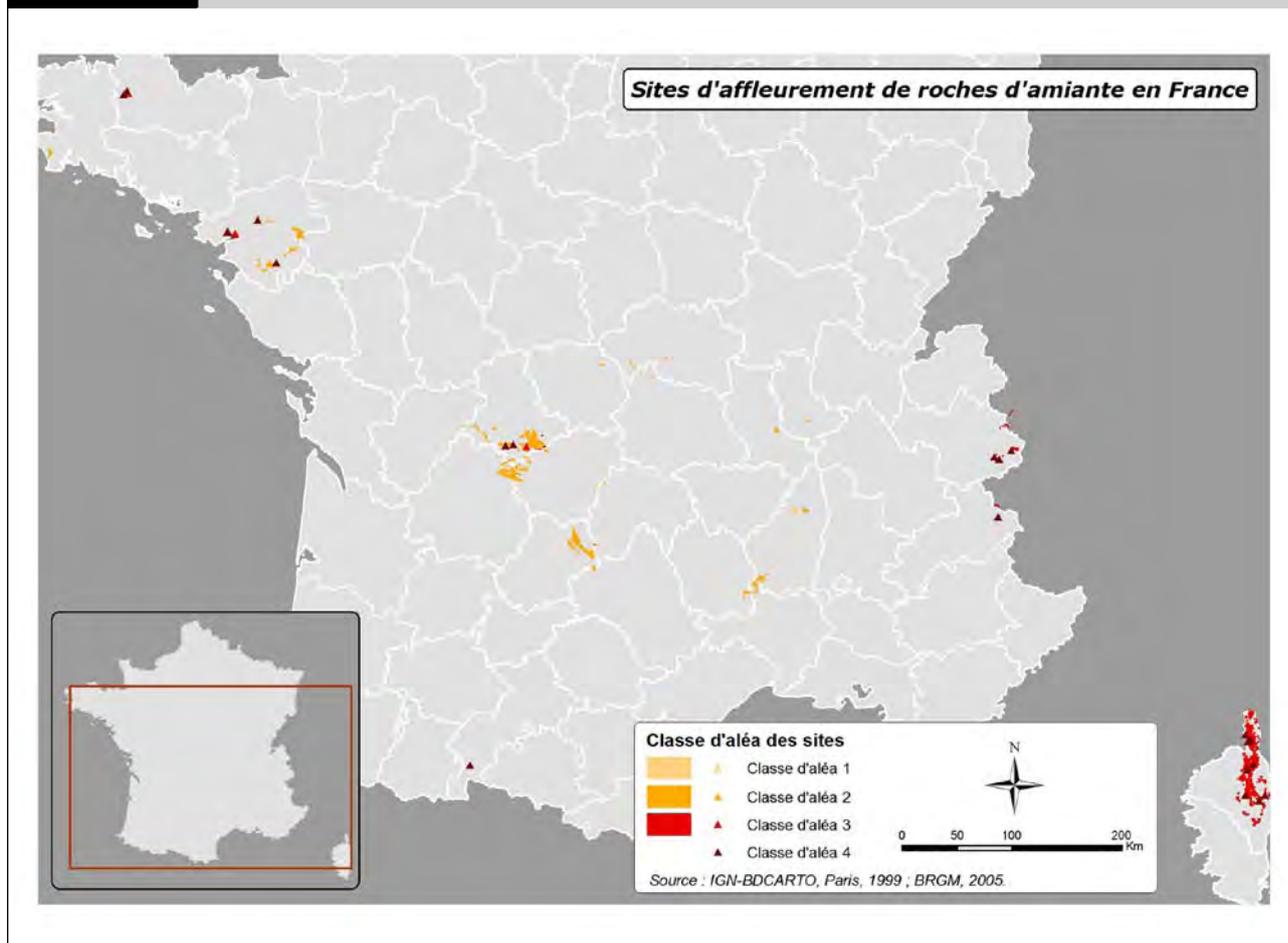
TABLEAU 2 DÉFINITION DES CLASSES D'ALÉA DE PRÉSENCE D'AMIANTE ET FORMATIONS GÉOLOGIQUES CORRESPONDANTES [21]		
Classe d'aléa	Définition de la classe d'aléa	Formations géologiques correspondantes
0	Absence de minéraux amiantifères	Formations ne pouvant pas renfermer de minéraux amiantifères (ex : roches sédimentaires)
1	Faible probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères	Formations de type "ultra basique", dont la composition chimique peut théoriquement "produire" des minéraux amiantifères, mais ne présentant aucun indice avéré (ex : éclogites, ophiolites, lherzolites, gabbros...)
2	Probabilité moyenne d'occurrence de minéraux amiantifères	Formation de types "amphibolite" et "schistes à actinolite" présentant un nombre limité d'indices de présence d'amiante
3	Forte probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères	Formation de type "serpentine" présentant de nombreux indices de présence d'amiante (chrysotile)
4	<b>Présence avérée de minéraux amiantifères</b>	<b>Anciennes exploitations et affleurements avérés d'amiante</b>

L'étude documentaire a permis de dénombrer 19 sites naturels en France continentale de niveau d'aléa 4, c'est-à-dire présentant de manière avérée des minéraux amiantifères [21]. Les 9 sites d'affleurements situés en Corse, ayant déjà fait l'objet d'investigations, ne sont pas inclus dans cette étude [19].

La carte suivante présente la localisation de l'ensemble des sites d'affleurement de roche amiantifères selon leur probabilité d'occurrence d'amiante classé de l'aléa 1 à 4.

FIGURE 1

LOCALISATION DE L'ENSEMBLE DES AFFLEUREMENTS DE ROCHE AMIANTIFÈRES SELON LEUR PROBABILITÉ D'OCCURRENCE D'AMIANTE



(Aléa 1 : faible probabilité d'occurrence d'amiante; aléa 2 : probabilité moyenne d'occurrence de minéraux amiantifères; aléa 3 : forte probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères; aléa 4 : probabilité avérée d'occurrence d'amiante confirmée après diagnostic des sites).  
Pour information, cette carte présente également les aléas en Haute-Corse.

### 1.3.3 Le choix des sites d'affleurements de roches amiantifères étudiés

Le personnel de l'InVS peut accéder aux sites d'affleurements naturels de roches amiantifères dans la mesure où il est accompagné du BRGM qui dispose d'une autorisation d'accès aux propriétés privées pour la réalisation de prélèvements de roches.

Les aléas 4 sont les seules occurrences, recensées aux cours de l'étude documentaire, correspondant à des sites d'affleurement de roches amiantifères au sens strict. Pour les aléas 1 à 3, aucun site spécifique d'affleurement n'a été recensé par l'étude documentaire.

Par ailleurs, les sites de la classe d'aléa 4 sont caractérisés lors du géoréférencement par un système d'information géographique par des points, tandis que les aléas 1 à 3 correspondent à des zones d'occurrence de formations géologiques susceptibles de porter des minéraux amiantifères. Ces zones d'occurrence caractérisées par des polygones reproduits à partir des cartes géologiques à l'échelle 1/50 000 peuvent représenter des territoires très vastes [22].

**En conséquence, en raison de la connaissance précise de la localisation uniquement des sites d'aléa 4, l'estimation de l'exposition environnementale actuelle des populations riveraines des sites naturels est limitée à ces seuls sites d'affleurements.**

### 1.4 CHEMINS D'EXPOSITION ÉTUDIÉS

Les expositions actuelles des populations aux affleurements de roches amiantifères sont évaluées dans cette étude. Suivant les étapes du schéma conceptuel d'exposition propre à la démarche d'évaluation des risques sanitaires, on étudiera successivement pour chaque site d'affleurement de roches amiantifères [23,24]:

- la source de contamination : les roches amiantifères à l'affleurement qui peuvent générer des fibres d'amiante sont considérées comme des sources de contamination;
- le vecteur ou milieu d'exposition : l'amiante peut être transportée jusqu'au contact avec la population par envol de fibres dans l'air et par le transport par les cours d'eau. Seule la voie d'exposition par inhalation est considérée, les autres voies d'exposition étant mineures dans le cadre d'exposition à l'amiante [1];
- la population exposée : il s'agit de la population qui, au travers de ses caractéristiques et ses activités, entre en contact avec l'amiante au point d'exposition. Les informations sur la nature des activités des riverains à proximité des sites naturels permettent notamment d'évaluer la durée et la fréquence de l'exposition des populations.

### 1.4.1 Les roches amiantifères sources de contamination

Dans le cadre de cette étude, sont uniquement pris en compte les roches renfermant seul ou en mélange un des six minéraux définis comme amiante au sens de la législation : amosite, trémolite, anthophyllite, actinolite, crocidolite et chrysotile [1,21,22] (annexe 2).

### 1.4.2 Le transfert des fibres par le vecteur air

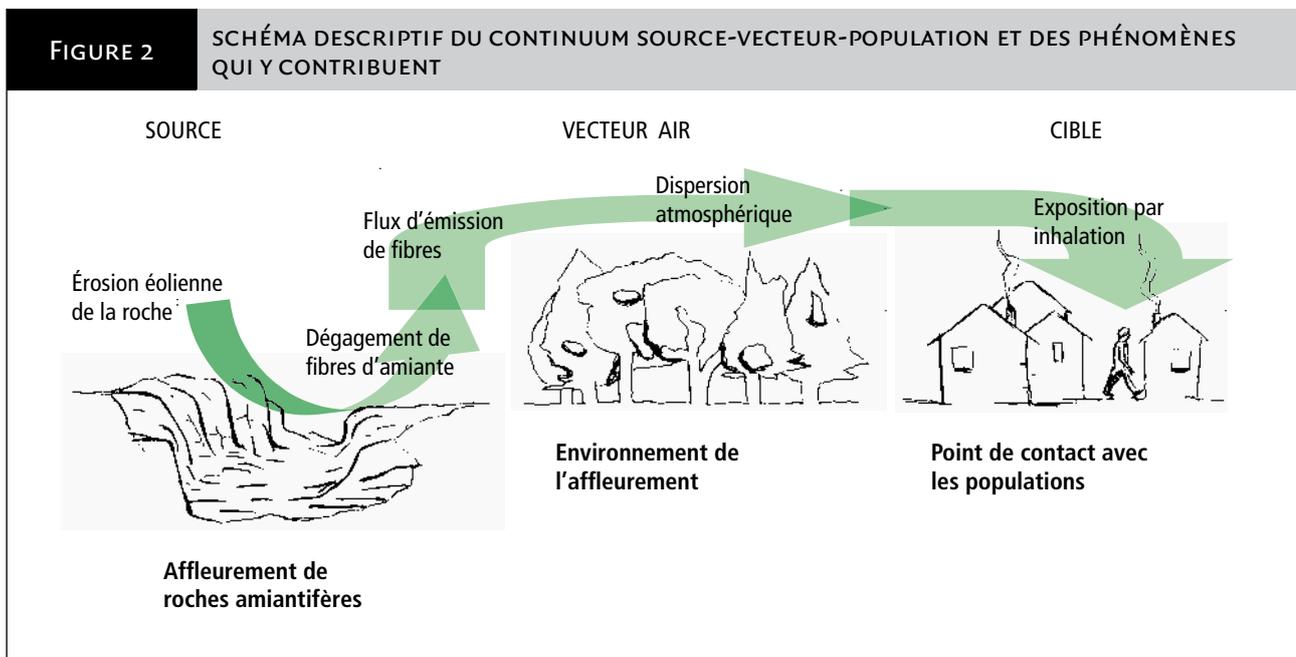
L'ensemble des phénomènes de transferts de fibres qui lient la source de contamination à la population exposée est rassemblé dans la figure 2.

On y distingue successivement :

- l'émission qui correspond au transfert de fibres d'amiante de la matrice constituée par le sol au milieu atmosphérique. Ce phénomène d'envol de fibres d'amiante à partir de la roche est composé de deux phénomènes distincts de prédisposition et de déclenchement de l'émission :

- le phénomène d'érosion dépend principalement de l'ensemble des facteurs intrinsèques à la matrice (la dureté, la chimie, la densité de fracturation de la roche...) qui donne la capacité aux fibres de se détacher de la roche par désagrégation de la couche superficielle de la roche ; il s'agit des facteurs de prédisposition à l'envol [25] ;
- le phénomène de dégagement est associé à l'ensemble des mécanismes externes à l'affleurement, naturels (vent, pluie...) ou anthropiques (pratiques agricoles, travaux de terrassement...), qui permettent de provoquer la mise en suspension de fibres dans l'air en provenance de la source ; il s'agit des facteurs de déclenchement de l'émission ;
- la dispersion, qui est le phénomène de transport et de diffusion des fibres d'amiante dans l'air du point d'émission jusqu'au point de contact avec la population. La connaissance du phénomène de dispersion permet de délimiter une zone de contact potentiel.

Les niveaux d'exposition des populations varient ainsi en fonction de l'ampleur des phénomènes d'érosion, de dégagement et de dispersion de fibres dans l'air.



### 1.4.3 Les différentes circonstances d'exposition des populations

Trois circonstances différentes d'exposition par inhalation de fibres d'amiante en provenance des affleurements sont envisagées :

- une exposition de la population riveraine au niveau des zones d'habitations d'une durée chronique (plusieurs années) ;

- une exposition des personnes en visite sur le site d'une durée ponctuelle (quelques heures) ;
- une exposition des personnes exerçant une activité aux abords de l'affleurement (randonneurs, exploitant agricole...) dont la durée d'exposition peut être variable (de ponctuelle à subchronique suivant la fréquence des activités).

## 2. Objectif

Compte tenu des restrictions retenues suite à la phase de faisabilité et des chemins d'exposition envisagés, l'étude traite de l'**évaluation des expositions environnementales actuelles des populations, par inhalation de fibres en provenance des affleurements de roches amiantifères localisés en France continentale, dont l'occurrence est avérée** (aléa 4 d'occurrence d'amiante).

Ce travail consiste à évaluer, pour chaque site, le transfert de fibres dans l'air dans différentes circonstances d'exposition des populations.

Il s'agit d'un travail, notamment méthodologique, qui exploite des approches complémentaires, qualitatives et quantitatives, d'évaluation des expositions.

## 3. Méthodes d'évaluation des expositions aux fibres d'amiante en provenance des affleurements de roches amiantifères

### 3.1 CADRE GÉNÉRAL DE LA DÉMARCHE

Pour évaluer les expositions des populations, il existe trois méthodes [26]. Selon l'objectif de l'étude, le niveau d'information disponible et les moyens dont dispose l'évaluateur, l'une ou l'autre de ces différentes méthodes peut être mise en œuvre :

- la métrologie permettant la mesure de fibres d'amiante dans les différents milieux de l'environnement (sol et air) ;
- la modélisation réalisée par calcul à l'aide de modèle mathématique à partir de la connaissance des données sur la source d'émission de fibres et sur son environnement ;
- le jugement d'experts effectué par transposition de situations connues par les experts et/ou retrouvées dans la littérature à la situation étudiée.

La littérature montre que les niveaux d'émission sont principalement déterminés sur la base de résultats issus de la métrologie. Toutefois, la réalisation de campagnes de mesures peut s'avérer complexe à mettre en œuvre d'un point de vue technique et reste coûteuse si elle est réalisée sur un grand nombre de sites. Les modélisations de l'envol et de la dispersion de fibres d'amiante dans l'air, associées à l'érosion des sols, restent complexes à mettre en œuvre et n'ont jamais été réalisées à notre connaissance. D'après l'US-EPA, il n'existe pas aujourd'hui de données disponibles permettant de déterminer un flux de fibres d'amiante mis en suspension dans l'air en provenance du sol [27]. Seule l'approche par jugement d'experts reste faisable sur l'ensemble des sites mais ne permet d'apporter que des réponses qualitatives ou semi-quantitatives.

Conscient des limites associées à chaque méthode, le cadre méthodologique suivant a été mis en œuvre :

- **Une appréciation qualitative de l'exposition est réalisée par jugement d'expert. Elle comprend :**
  - dans un premier temps, un recueil des données disponibles sur les sites d'affleurements de roches amiantifères ;
  - dans un second temps, une analyse des données recueillies pour authentifier l'existence des sites et les hiérarchiser, les uns par rapport aux autres, selon l'exposition des populations aux fibres d'amiante.
- **Puis, des campagnes de mesures de fibres dans l'air sont effectuées sur les sites identifiés comme étant les plus à risque d'exposition, afin de compléter l'évaluation qualitative des expositions par des données quantitatives.**
- **Enfin, la confrontation des résultats de la hiérarchisation des sites avec les résultats de mesures de fibres dans l'air est effectuée, afin d'évaluer les expositions des populations dans différentes circonstances d'exposition.**

### 3.2 RECUEIL DES DONNÉES POUR CHAQUE AFFLEUREMENT

#### 3.2.1 Les différentes étapes du recueil de données

Un recueil d'informations est effectué pour chaque site recensé par le BRGM et classé en aléa 4. Il permet l'acquisition des données nécessaires pour l'évaluation qualitative de l'exposition des populations aux fibres d'amiante en provenance des affleurements.

Le recueil se déroule en quatre étapes distinctes :

- la visite du site permet de renseigner les caractéristiques du site et de son environnement en complétant une fiche de recueil d'informations ;
- le géologue du BRGM habilité prélève alors des échantillons de roches amiantifères ;
- l'enquête auprès des personnes riveraines du site complète les données concernant les activités des populations aux abords de l'affleurement ;
- le recueil des données météorologiques de chaque site est réalisé.

#### 3.2.2 Le recueil des caractéristiques des affleurements et de leur environnement

Le premier objet de la visite du site est de vérifier l'existence de l'affleurement. En cas d'absence de minéraux fibreux observés sur site, des riverains sont questionnés sur l'existence d'une éventuelle activité concernant l'amiante par le passé.

Les caractéristiques des affleurements d'amiante sont ensuite relevées par diagnostic visuel. Leur renseignement fait appel aux compétences de discipline en géologie ; cette expertise a été confiée au BRGM. Afin de préparer la phase de terrain, les maires des communes sur lesquelles sont situés les affleurements sont informés de la visite des sites.

Une fiche de recueil des informations sur les caractéristiques des affleurements a été élaborée conjointement par l'InVS et le BRGM. Un lexique s'apparentant à un cahier de codage a été élaboré pour faciliter l'utilisation de la fiche de recueil (annexe 3). L'expertise par diagnostic visuel permet l'évaluation de paramètres qualitatifs et semi-quantitatifs.

Le retour d'expérience de l'étude de faisabilité a mis en évidence la difficulté d'acquérir certaines caractéristiques de l'affleurement. L'expertise est donc restreinte à l'acquisition des paramètres descriptifs qui ne dépendent que de l'appréciation visuelle directe. Certaines caractéristiques, dont l'estimation dépend de l'interprétation de plusieurs autres caractéristiques, ne sont pas acquises dans le cadre de ce diagnostic. Par ailleurs, la méthode d'expertise est difficilement reproductible. Ainsi, l'acquisition des données est faite par une seule et même personne, afin de conserver une homogénéité de jugement dans la comparaison des sites entre eux [21].

Les caractéristiques sont détaillées en annexe 4. Elles comprennent des informations sur :

- la description générale de l’affleurement et des roches ;
- la présence visuelle de minéraux fibreux à l’affleurement ;
- les caractéristiques intrinsèques de la roche (friabilité, humidité...);
- les caractéristiques de l’affleurement et de son environnement (surface, végétalisation, morphologie, situation morphologique, conditions météorologiques locales...);
- les caractéristiques de dispersion de fibres autour de l’affleurement ;
- la présence de populations riveraines de l’affleurement.

### 3.2.3 L’analyse des fibres dans les prélèvements de roche amiantifère

Des prélèvements de roche sur les sites recensés d’aléa 4 sont réalisés afin de vérifier la présence d’amiante à l’affleurement et de déterminer la variété d’amiante et la proportion de fibres.

Six variétés d’amiante sont analysées : cinq variétés d’amphiboles, l’amosite, la trémolite, l’anthophyllite, l’actinolite et la crocidolite ; et le chrysotile (annexe 2).

La proportion de fibres des différentes variétés d’amiante présentes dans la roche est présentée en classes de concentration exprimées en pourcentage pondéral par variété d’amiante [28,29] :

- constituant majoritaire (>50 %) ;
- abondant (de 10 à 50 %) ;
- présent (de 1 à 10 %) ;
- en traces (de 0,1 à 1 %) ;
- en infratracés (<0,1 %) ;
- non observé (pas de mise en évidence après plusieurs prélèvements).

Plusieurs prélèvements sont réalisés sur chaque affleurement afin, d’une part, d’être le plus représentatif possible des types de fibres sur chaque site et, d’autre part, de prendre en compte les variations spatiales de concentrations de fibres. Les échantillons de roches analysés sont sélectionnés visuellement sur le site par l’expert géologue.

Les prélèvements sont analysés par le laboratoire du BRGM par microscopie optique en lumière polarisée (MOLP) avec un grossissement d’analyse d’un facteur 100. Cette méthode permet l’identification des minéraux sur la base de leurs caractéristiques optiques (annexe 5). Lors d’identification incertaine, une seconde analyse par microscopie électronique à balayage est réalisée [22].

### 3.2.4 La connaissance des usages et des activités des populations

Lors du diagnostic visuel des sites et de leur environnement, une partie de la fiche de recueil décrit essentiellement la présence ou non d’habitations dans le voisinage ou tout autre type de témoignages d’une activité humaine.

Cette description succincte est complétée par un questionnaire de voisinage construit de manière à acquérir les informations sur les usages et les pratiques des populations dans l’environnement de l’affleurement. Ces informations permettent d’apprécier les circonstances de leurs expositions par inhalation de fibres en provenance des affleurements :

résider à proximité de l’affleurement, exercer une activité aux abords de l’affleurement, fréquenter l’affleurement.

Il ne s’agit pas de dénombrer les populations à différentes distances de l’affleurement comme cela peut être nécessaire dans une évaluation quantitative des risques pour la santé. Dans cette étude, la connaissance de la présence de populations et de leurs activités autour des sites a pour objet de signaler ou non la vraisemblance d’un contact avec les fibres.

Les personnes interrogées sont sélectionnées pour leurs connaissances sur l’histoire de la localité et notamment des activités passées au niveau de l’affleurement. Ainsi, la population riveraine des affleurements et les élus locaux ont été sollicités. Le maire a été identifié comme la personne privilégiée pour renseigner les informations sur les usages et les activités humaines autour des sites. Le contact préalable avec la mairie a permis notamment de rassembler les éléments nécessaires à l’entretien (dossier en mairie, coupure de presse...).

L’interview a été réalisé par un entretien semi-directif en face à face afin de recueillir les informations suivantes (annexe 6) :

- l’exploitation passée de l’amiante en provenance de l’affleurement et l’ensemble des informations sur l’extraction de roches (tonnage, mode de transport...) ayant potentiellement conduit à une dispersion de l’amiante dans l’environnement ;
- l’effectif des populations autour de l’affleurement (nombre d’habitations et usage des bâtiments) et la distance par rapport au site ;
- la nature des pratiques quelles qu’elles soient, ponctuelles ou habituelles, aux abords du site (exploitation agricole, pâturages, remontées mécaniques de ski...);
- la fréquentation de l’affleurement et des abords de l’affleurement en spécifiant la fréquence des passages (visites touristiques temporaires, chemin de grande randonnée très fréquenté...), les accès à l’affleurement et la circulation autour de l’affleurement (chemin pédestre, route...).

### 3.2.5 Le recueil des données météorologiques

La phase de faisabilité de l’étude a montré que les données météorologiques qui ont été renseignées lors du diagnostic du site (vitesse du vent, température, ensoleillement, humidité du sol) ne sont pas exploitables car elles représentent un état momentané de la météorologie locale. Leur utilisation ne permet pas l’extrapolation des résultats à d’autres périodes de l’année. C’est pourquoi, en raison de la variabilité temporelle des conditions météorologiques, les données spécifiques de chaque site acquises sur une longue période se sont avérées nécessaires.

L’acquisition de données météorologiques a été réalisée auprès de Météo-France. Les données sur cinq années permettent d’obtenir une bonne représentativité de la météorologie sur le site.

Le choix des stations météorologiques doit concilier deux critères :

- la disponibilité des données sur une période de 5 ans de 2001 à 2005 ;
- la proximité par rapport aux sites d’affleurements de roches amiantifères ;
- la qualité des données produites par la station.

Les postes climatologiques sont définis en catégorie suivant leur fonctionnement. Les paramètres recueillis dépendent du type de station, selon que le recueil est automatique ou manuel, professionnel ou bénévole. Les stations automatiques de données quotidiennes associées au recueil de données automatiques et par l'observation sont privilégiées afin d'éviter des données manquantes plus nombreuses pour les stations dont le recueil est manuel.

Les paramètres suivants ont été recueillis mensuellement et quotidiennement :

- le degré d'enneigement : nombre de jours par mois avec sol couvert de neige (jours/mois), occurrence quotidienne de sol couvert de neige (booléen) ;
- le degré d'humidité de l'air : humidité relative minimum mensuelle (%), humidité relative minimum quotidienne (%) ;
- le niveau de précipitation : nombre de jours par mois avec des précipitations supérieures à 1 mm (jours/mois), hauteur des précipitations quotidiennes (millimètres) ;
- la vitesse du vent : nombre de jours par mois avec vent supérieur à 10 m/s (jours/mois), vitesse de vent quotidienne maximale sur 10 mn (m/s).

### 3.3 ANALYSE DES DONNÉES RECUEILLIES

#### 3.3.1 L'authentification des affleurements

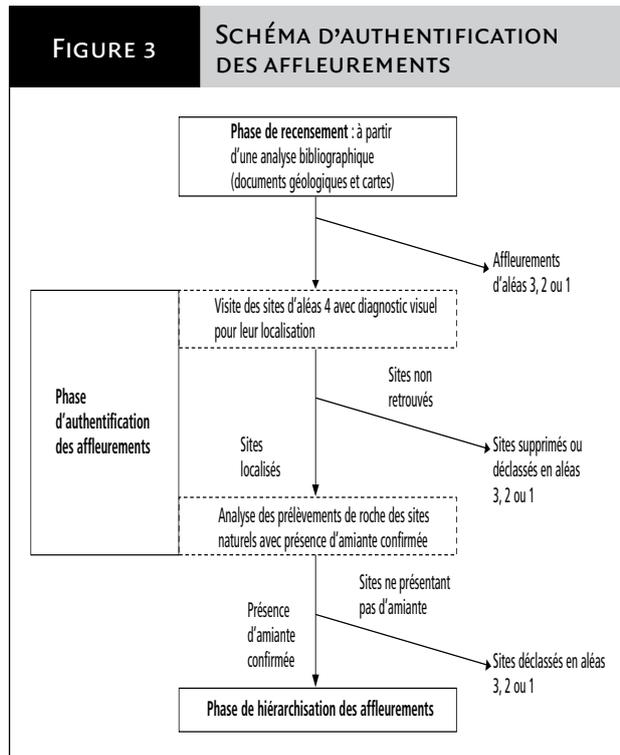
La fiabilité des informations recueillies dans la documentation demeure très variable d'un site à l'autre. La visite du site, associée à l'enquête de voisinage, doit ainsi permettre de vérifier l'existence de l'affleurement et de le localiser.

Au début du siècle dernier, des géologues avaient notifié dans les archives du BRGM certains affleurements avérés de roches amiantifères, voire des sites d'extraction potentielle d'amiante. Cependant, le terme amiante a pu être utilisé de façon abusive par le passé pour décrire des minéraux silicatés fibreux.

L'état même du site a pu être modifié au cours du temps par des processus naturels, comme des glissements de terrain par exemple, entraînant l'apparition ou la disparition d'affleurements de formations géologiques dans le paysage.

Pour les affleurements dont l'existence a été vérifiée visuellement, la présence de minéraux amiantifères a été confirmée selon son abondance (trace, présent...) à partir de l'analyse des échantillons de roches. Les sites sur lesquels la présence d'amiante a pu être confirmée ont été conservés en aléa 4 ; les autres sites initialement classés en aléa 4 sur la base d'une recherche documentaire, mais ne présentant pas de fibres à l'issue de l'analyse de prélèvements, ont subi une modification de leur classement dans des aléas moindres.

Le schéma suivant présente la démarche d'authentification des affleurements intercalée entre la phase de recensement et de hiérarchisation (figure 3).



#### 3.3.2 La hiérarchisation des affleurements

##### 3.3.2.1 Le principe de la méthode

Pour conduire un jugement d'expert de manière systématique, une arborescence peut être utilisée pour servir à l'interprétation d'un phénomène étudié. L'arborescence est une organisation logique des données de l'ensemble des descripteurs du phénomène à caractériser. Cette méthode permet non seulement de conduire de manière systématique un jugement d'expert associant un grand nombre de descripteurs, mais également de répondre aux difficultés rencontrées concernant l'hétérogénéité des données sur les descripteurs.

Élaborée par Zeleny en 1973, la méthode de jugement par arborescence est très peu utilisée. On retrouve quelques exemples dans des domaines variés : la gestion d'un aquifère karstique [30], la hiérarchisation des décharges de déchets spéciaux en fonction de leur potentiel de risque pour l'environnement et la santé des populations avoisinantes [31] ou l'estimation du risque d'exposition aux légionelles au domicile [32].

Cette méthode a été simplifiée et adaptée à la situation étudiée. Son application à l'évaluation de l'exposition environnementale à l'amiante des sites d'affleurements de roches amiantifères a exigé la sélection des caractéristiques les plus pertinentes afin de construire une telle arborescence. Son utilisation doit permettre d'objectiver les différences d'exposition aux fibres d'amiante entre les affleurements.

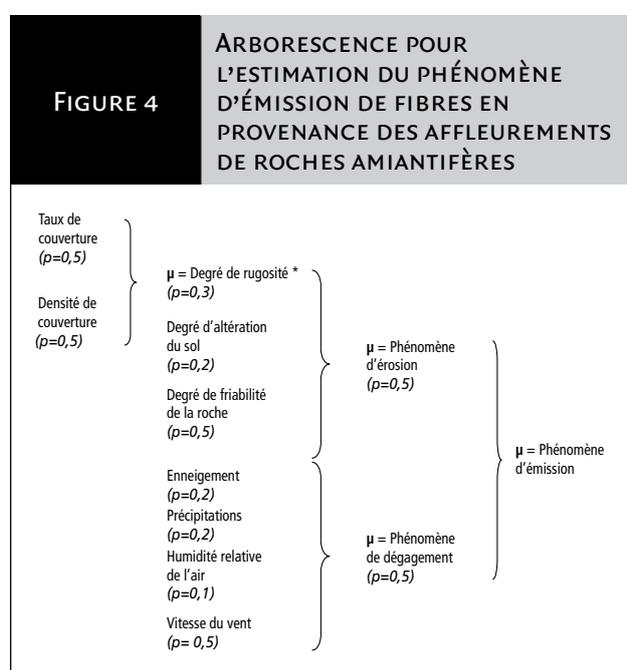
##### 3.3.2.2 La construction de l'arborescence pour l'évaluation de l'exposition aux fibres d'affleurements d'amiante

Une recherche bibliographique et la consultation de géologues et d'experts en modélisation atmosphérique tels que le Laboratoire interuniversitaire des systèmes atmosphériques (Lisa) de l'Université de Paris 12 ont permis de dégager les descripteurs importants et de déterminer les associations entre ces descripteurs.

Les descripteurs intervenant dans la caractérisation de chaque phénomène sont organisés en arborescence. Les phénomènes d'érosion, de dégagement et d'émission de fibres en provenance des sites amiantifères sont ainsi caractérisés (figure 4). Le phénomène de dispersion nécessitant une composante spatiale n'est pas caractérisé dans l'arborescence.

L'arborescence permet d'établir des scores à partir de descripteurs décrits qualitativement transformés en valeurs semi-quantitatives pour les besoins du calcul. Les valeurs de l'ensemble des descripteurs sont alors traitées de manière à être comprises dans un intervalle entre 0 et 100. L'opérateur utilisé pour le calcul entre les valeurs des descripteurs est la somme pondérée.

Il n'existe pas de relations de proportion entre les différentes valeurs de scores évaluées pour chaque affleurement. Ainsi, un affleurement présentant un score de 50 ne signifie pas que le phénomène évalué est deux fois plus élevé qu'un site présentant un score de 25.



$\mu$  : somme pondérée des descripteurs contenus dans l'accolade fermante.  
 $\rho$  : facteur de pondération dans le calcul de la somme.  
 \* On utilise l'inverse du degré de rugosité lors du calcul du phénomène d'érosion.

### 3.3.2.3 Les affleurements faisant l'objet de la hiérarchisation

Indépendamment du type de fibre d'amiant, des concentrations atmosphériques élevées peuvent être générées par un sol contenant moins de 1 % d'amiant [17]. À l'extrême, un sol sec présentant 0,001 % d'amiant peut générer des concentrations supérieures à 100 F/L dans un nuage de poussières de concentration en particules égales à 5 mg/m<sup>3</sup> [33].

Ainsi, tous les sites dont la proportion de fibres d'amiant dans la roche à l'affleurement n'est pas nulle sont intégrés à la démarche de hiérarchisation.

### 3.3.2.4 La caractérisation du phénomène d'érosion

Afin d'évaluer le phénomène d'érosion, une recherche bibliographique a permis de mettre en évidence les facteurs intervenant dans la variabilité du phénomène [17,27].

Les facteurs de prédisposition à l'émission de fibres sont principalement les facteurs associés aux propriétés de la matrice. Il s'agit :

- du degré de friabilité de la roche ;
- de l'état de la surface de l'affleurement, notamment l'importance de l'altération des matériaux.

D'autres facteurs concernant les caractéristiques de la surface de l'affleurement sont susceptibles d'influencer l'érosion de la roche au niveau d'un affleurement. Il s'agit de :

- la superficie de l'affleurement compte tenu de la morphologie du site ;
- la couverture de la surface par la végétation ou par des formations superficielles telles que des alluvions.

La capacité d'une roche amiantifère à être érodée est la résultante de l'ensemble de ces facteurs. Les propriétés de la matrice peuvent varier largement sur un site et d'un site à l'autre, conduisant à une variation très importante de la prédisposition des sites à l'émission. La variabilité temporelle de cette prédisposition reste en revanche limitée.

L'ensemble de ces facteurs est renseigné par les résultats de la fiche de recueil des caractéristiques de l'affleurement et de son environnement :

- le degré de rugosité du sol (en %) est estimé par une moyenne pondérée de la densité et du taux de couverture végétale. On utilise ensuite l'inverse de la rugosité dans l'évaluation du phénomène d'érosion ;
- la densité et le taux de couverture végétale sont renseignés à partir des critères évalués par le géologue. La densité est estimée à partir de la hauteur du recouvrement végétal (en cm) et le taux de couverture par l'inverse de la superficie efficace de la carrière (en %) (annexe 2). La superficie efficace de la carrière correspond à la superficie de l'affleurement naturel ou de la carrière susceptible d'être érodée. Cette superficie efficace dépend à la fois de la morphologie de l'affleurement et du degré de la couverture végétale (en %) ;
- l'altération du sol est évaluée d'après la situation géographique et les conditions météorologiques d'altération du site. Un sol en plaine s'altère moins facilement qu'en haute montagne, ce qui conduit à évaluer l'altération du site suivant quatre situations : un site est coté 0 en plaine ; 1 dans la lande ; 2 en moyenne montagne et 3 en haute montagne ;
- le degré de friabilité de la roche est estimé par un diagnostic visuel du géologue en quatre classes. Pour chaque classe, un score a été attribué : une friabilité très faible de la roche est cotée 0 ; friabilité faible est cotée 1 ; friabilité moyenne est cotée 2 et friabilité forte est cotée 3.

La moyenne pondérée de ces trois critères doit permettre d'apprécier le phénomène d'érosion de chaque site. Étant donné l'importance du degré de friabilité de la roche dans le processus d'érosion des fibres, selon l'avis des géologues, nous avons choisi de lui octroyer un poids de 50 % dans cette moyenne, tandis que l'inverse du degré de rugosité, moins important, est pondéré de 30 % et l'altération du sol de 20 %.

### 3.3.2.5 La caractérisation du phénomène de dégagement

Le phénomène de dégagement est associé à l'ensemble des facteurs de déclenchement de l'émission de fibres en provenance de la matrice. Ces facteurs sont des mécanismes exogènes à l'affleurement et concernent principalement :

- les perturbations mécaniques naturelles liées aux conditions météorologiques, notamment de type éolien ;

- les perturbations mécaniques anthropiques liées aux activités humaines allant du déplacement à pied de personnes fréquentant l’affleurement à des activités de terrassement, d’excavation ou de passage de véhicules sur l’affleurement.

Ces deux mécanismes sont des facteurs de déclenchement de l’émission de fibres. Qu’ils soient naturels ou anthropiques, ces mécanismes de dégagement de fibres présentent une variabilité importante dans le temps et l’espace, ce qui peut entraîner des niveaux d’émissions discontinus.

S’il n’a pas été possible de disposer d’informations exploitables concernant les perturbations mécaniques anthropiques, en revanche, les conditions météorologiques, dont l’importance a été soulignée par certains auteurs, permettent de renseigner les mécanismes de perturbations mécaniques naturelles éoliens [34,35].

Une estimation annuelle du phénomène de dégagement est effectuée à partir des données quotidiennes spécifiques de chaque site, acquises auprès de Météo-France :

- le nombre de jours par an sans précipitations ;
- le nombre de jour par an sans que le sol soit couvert de neige ;
- le nombre de jour par an avec une humidité relative de l’air < 30 % (ce qui permet d’approcher l’humidité du sol) ;
- le nombre de jour par an avec une vitesse de vent > 4m/s.

La moyenne pondérée de ces quatre facteurs ramenés à un intervalle compris entre 0 et 100 évalue le phénomène de dégagement.

Le poids octroyé à chaque facteur est évalué d’après la bibliographie [34,35]. Le vent étant jugé comme un facteur déterminant, son poids dans la moyenne est estimé à 50 %. Les facteurs liés aux précipitations de pluie et de neige sont pondérés de 20 % chacun et l’humidité relative de 10 %.

Dans le cas d’informations manquantes concernant certains facteurs météorologiques, un réarrangement des pondérations a été envisagé de manière à ce que la somme des pondérations des facteurs soit égale à 100 %. Plusieurs situations ont été envisagées :

- dans le cas le plus fréquent où seules les données d’occurrence de neige sont manquantes, les poids respectifs dans la moyenne pondérée du calcul du niveau de dégagement sont alors de 50 % pour la vitesse du vent, 30 % pour les précipitations et 20 % pour l’humidité relative de l’air ;
- dans le cas où seules les données de précipitations et d’occurrence de neige sont disponibles, leurs pondérations étaient réévaluées à 50 % chacune dans le calcul de la moyenne ;
- dans le cas où tous les facteurs sont manquants à l’exception des données de précipitations, le calcul du niveau de dégagement ne dépend que des données de précipitations ;
- dans le cas le plus défavorable où aucune des données journalières ne sont disponibles, les données mensuelles produites à partir d’un relevé manuel sont utilisées pour le calcul du phénomène de dégagement.

### 3.3.2.6 La caractérisation du phénomène d’émission

Le phénomène d’émission correspond à la résultante des phénomènes d’érosion et de dégagement. Dans l’arborescence, l’estimation du phénomène d’émission est le résultat de la moyenne des scores de chaque phénomène.

Le score annuel traduisant le phénomène d’émission sur chaque site est exploité pour la hiérarchisation des sites.

## 3.4 CAMPAGNE MÉTÉOROLOGIQUE DANS L’AIR

### 3.4.1 Principe de la méthode

Le principe de la mesure des concentrations en fibres d’amiante dans l’air extérieur consiste à échantillonner, au moyen d’une pompe, un volume d’air connu à travers un filtre à membrane pour recueillir les fibres d’amiante.

Les pompes sont placées à différents endroits, de manière à connaître les niveaux de concentrations de fibres dans l’air dans différentes circonstances d’exposition des populations aux fibres provenant des affleurements (cf. § 1.3.2). Trois emplacements de mesures sont sélectionnés :

- au niveau des habitations pour connaître les niveaux de dispersion de fibres en provenance de l’affleurement dans des conditions normales d’érosion de l’affleurement ;
- à proximité de l’affleurement pour connaître les niveaux d’émission de fibres en provenance de l’affleurement dans des conditions normales d’érosion de l’affleurement ;
- sur l’affleurement pendant la simulation de perturbations mécaniques anthropiques de l’affleurement pour connaître les niveaux d’émission de fibres dans des conditions particulières d’érosion.

Pour les deux premiers emplacements, les mesures sont réalisées à l’aide de capteurs fixes et permettent de disposer de prélèvements d’ambiance. Dans ces situations, ce sont soit des situations d’exposition chronique des populations riveraines au niveau des habitations ou des zones de vie des populations qui sont visées, soit des situations d’exposition ponctuelle à subchronique de personnes exerçant une activité aux abords de l’affleurement (randonneurs, exploitants agricoles...). Ces mesures ont été réalisées dans des conditions normales d’érosion qui se limitent à l’effet des perturbations mécaniques naturelles. Aucune activité anthropique particulière n’a été relevée sur les sites pendant la réalisation de la campagne de mesure.

Pour le troisième emplacement, les mesures qui ont fait l’objet d’une simulation d’activités anthropiques ont été réalisées à l’aide de capteurs individuels. Ces mesures permettent de disposer des prélèvements d’air dans des situations d’exposition ponctuelle de quelques dizaines de minutes, comme c’est le cas de personnes en visite sur le site. Ces mesures réalisées dans des conditions particulières d’érosion de l’affleurement rendent compte de l’érosion de la roche par mécanismes à la fois éolien et anthropique.

Les prélèvements d’air sont réalisés au moyen d’échantillonneurs d’air, par aspiration à travers une membrane filtrante en ester de cellulose de porosité de 0,45 µm et d’aire de filtration de 10 cm<sup>2</sup>. Les membranes filtrantes sont montées dans une tête sélective permettant de prélever les fractions thoraciques et alvéolaires de l’aérosol au débit volumétrique moyen constant. Le débit volumétrique est égal à 7 L/mn pour les capteurs fixes situés au niveau des habitations dont les pompes sont branchées sur secteur. Pour les prélèvements d’air effectués à proximité ou sur l’affleurement, et éloignés d’une source d’électricité, une pompe autonome d’un débit volumétrique moyen de 3 L/mn a été utilisée. Tous les capteurs ont été placés à hauteur d’exposition humaine, à 1,50 m environ.

Les campagnes de mesures ont été confiées au Lepi [35].

### 3.4.2 Réalisation des mesures par capteurs fixes

Les deux sites les plus à risques d'exposition des populations, à l'issue du recueil de données et de la phase de hiérarchisation des sites, sont sélectionnés pour la réalisation des mesures de fibres dans l'air.

La période de prélèvement correspond à celle des conditions météorologiques les plus favorables à l'envol et la dispersion de fibres d'amiante. L'envol de poussières étant favorisé lors d'un climat sec, la campagne de mesure a donc été réalisée en été du 6 au 28 septembre 2006.

Pour chaque site, les points de prélèvement par capteurs fixes ont été répartis à proximité de l'affleurement et au niveau des habitations de la manière suivante. Pour le site de Pont de la Ramasse, un seul capteur a été installé à proximité de l'affleurement, alors que pour la Girarde, en raison de la taille de l'affleurement, deux capteurs ont été placés en haut et en bas de la carrière. Trois capteurs ont été placés au niveau des habitations pour chaque site (annexe 7). Les critères de sélection des points de prélèvements ont été définis par le Lepi, de manière à répondre aux critères suivants :

- emplacements bien dégagés vis-à-vis des terrains amiantifères ;
- disponibilité du courant électrique pour les prélèvements au niveau des habitations ;
- accès facile deux fois par jour pour changer les filtres.

Des prélèvements quotidiens d'air ont été réalisés sur une période de 23 jours. Au final, 69 prélèvements sont réalisés pour chaque village, 34 prélèvements sur la carrière de la Girarde et 16 sur l'affleurement de Pont de la Ramasse. Cependant, étant donné le caractère discontinu des émissions de fibres d'amiante, seuls les prélèvements issus des jours où les conditions météorologiques étaient les plus favorables à l'envol des fibres ont été analysés.

Les observations météorologiques ont été relevées d'une part, à partir de stations météorologiques installées sur les sites et, d'autre part, à partir des stations locales de Météo-France. La connaissance

d'informations sur la vitesse et la direction du vent, la pluviométrie, la nébulosité, la barométrie, la température et l'hygrométrie a permis de sélectionner, pour l'analyse, les échantillons des jours définis comme les plus favorables du point de vue météorologique à l'envol des fibres.

### 3.4.3 Réalisation des mesures par capteurs individuels

La simulation d'activités anthropiques sur l'affleurement a été réalisée par perturbation de la roche de l'affleurement. Cette simulation consistait en la manipulation de roches et le déplacement des techniciens du Lepi sur l'affleurement.

Deux mesures ont été effectuées le 28 octobre 2006 sur la carrière de La Girarde pendant lesquelles la simulation d'activités anthropiques pendant une demi-heure a été réalisée.

### 3.4.4 Analyse des échantillons

Après la préparation des échantillons, l'identification et la mesure des fibres ont été effectuées par microscopie électronique à transmission (MET) à partir de leurs propriétés morphologiques, cristallographiques et chimiques.

Les résultats du comptage des fibres permettent l'expression des résultats de prélèvements en nombre de fibres par litre d'air (F/L) encadrés d'un intervalle de confiance à 95 % correspondant à l'incertitude sur le comptage [36].

Pour chaque prélèvement, la concentration en F/L des fibres de longueur inférieure ou égale à 5 µm ( $\leq 5 \mu\text{m}$ ) et celle des fibres de longueur supérieure à 5 µm ( $> 5 \mu\text{m}$ ) a été calculée.

La sensibilité de l'analyse a été choisie de manière à ce que la limite de quantification soit inférieure à la concentration de 5 F/L.

## 4. Résultats

### 4.1 AUTHENTIFICATION DES AFFLEUREMENTS RECENSÉS

Le recensement bibliographique réalisé par le BRGM dénombrait initialement 19 affleurements d'aléa 4 en France continentale. Lors de la phase de terrain, les visites de sites et les analyses d'échantillons de roches prélevées ont permis de localiser les affleurements et de confirmer ou d'infirmer la présence d'amiante à l'affleurement.

#### 4.1.1 Localisation des affleurements

Il s'avère que la présence d'affleurement naturel d'amiante est fréquemment méconnue par les populations. Les sites de Côtes-d'Armor, Loire-Atlantique, Haute-Vienne et Ardèche ne sont pas répertoriés dans les archives des communes dans lesquelles ils sont localisés. En revanche, les anciennes carrières d'amiante, ayant fait l'objet d'exploitation d'amiante par le passé, sont bien connues des autorités locales. Il s'agit principalement des sites localisés en Hautes-Alpes, Savoie et Haute-Garonne.

Ainsi, dans la plupart des situations, la visite du site a permis de localiser l'affleurement. Lors des visites :

- trois nouveaux affleurements ont été identifiés, en plus de ceux recensés initialement, grâce aux entretiens avec des personnes de mairies ou des riverains sites. Ces nouveaux affleurements sont localisés dans les Côtes-d'Armor et en Haute-Vienne :
  - "Respères" sur la commune de Calanhel (22),
  - "La Lande-Saint-Laurent" sur la commune de La-Rochelle-L'Abeille (87),
  - "La Lande de Cluzeau et de La Flotte" sur la commune de La Flotte (87).

Même si la phase de terrain a permis de mettre en évidence ces trois nouveaux sites, il ne s'agit en aucun cas d'une recherche active, leur localisation étant basée sur le déclaratif des personnes interrogées dans le cadre des diagnostics des sites recensés initialement par le BRGM.

- deux affleurements indiqués dans l'inventaire du BRGM sur la commune de Termignon (73) n'ont pas pu être localisés. Il s'agit des sites :
  - "Le Corbassier", qui semble avoir été complètement recouvert,
  - "Les Sallanches", situé à flanc de montagne, qui a finalement été localisé mais n'a pas fait l'objet d'un diagnostic<sup>1</sup>.

Au final, 20 sites ont pu être localisés et diagnostiqués.

Les visites de chaque affleurement ont été réalisées de mars à juin 2006, excepté pour le site de La Girarde à Termignon (73). Ces deux derniers affleurements ont été choisis comme site pilote pour l'étude de faisabilité et les diagnostics ont été réalisés en mai 2005 [3,21].

<sup>1</sup> Le site "Les Sallanches" a été retrouvé un an plus tard par l'équipe du Lepi durant la campagne météorologique effectuée en septembre 2006 dans la commune de Termignon. Identifié en dehors de la période arrêtée pour la phase de terrain, il n'a pu être diagnostiqué. De la même manière, le site naturel de La Carade, situé dans le Var au niveau de Saint-Tropez et de Collobrières, indique quelques petits pointements de serpentines affleurants. Identifié en dehors de la période arrêtée pour la phase de terrain, il n'a pu être diagnostiqué. Cette zone géographique de taille très limitée pourrait être classée, a priori, en classe d'aléa 3 (formation de type "serpentine" ; forte probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères), en l'absence d'autres données de terrain.

### 4.1.2 Résultats des analyses des prélèvements de roches

La présence d'amiante a été confirmée pour 14 sites parmi les 20 qui ont été localisés (tableau 3).

Les minéraux amiantifères retrouvés sont principalement du chrysotile pour 11 sites (annexe 8). Pour 7 de ces sites, la présence de chrysotile était également associée à des amphiboles. On retrouve les mélanges suivants :

- chrysotile-trémolite pour 5 sites ;
- chrysotile-actinolite pour le site le Bas-Puycheny ;
- chrysotile-anthophyllite pour le site de La Lande-Saint-Laurent.

Pour les 3 sites restants, localisés en Loire-Atlantique, des traces d'actinolite seule ont été détectées dans les formations.

Pour les 6 derniers sites parmi les 20 diagnostiqués, les analyses des prélèvements témoignent de l'absence de roches amiantifères à l'emplacement des affleurements identifiés lors de la recherche bibliographique. Ces sites ne comportent pas de roches amiantifères et sont répartis entre l'Ardèche, les Côtes-d'Armor, la Loire-Atlantique et la Haute-Vienne. Le classement de ces sites a donc été dévalué en aléa moindre suivant la nature des roches identifiées par le géologue lors de la visite du site (tableau 4).

Le détail des arguments qui ont conduit à déclasser ces sites en aléa 1, 2 ou 3 est présenté dans le rapport complet sur les résultats des diagnostics des sites [22].

Concernant le cas particulier du site de SEM-Amiante pour lequel l'analyse a montré des traces de Chrysotile, le site a été dévalué en aléa 3 par le BRGM en raison de la surface du site pratiquement nulle car presque totalement recouverte.

#### 4.1.3 Synthèse

La démarche d'authentification des affleurements naturels a permis de retenir 13 affleurements d'aléa 4 sur lesquels la présence d'amiante a été avérée après l'analyse des roches (figure 5).

Parce qu'il n'a pas été jugé opportun de déclasser des sites suivant la proportion de fibres dans le prélèvement, la suite de notre étude portera sur l'évaluation de l'exposition des populations pour ces 13 affleurements considérés comme potentiellement émetteurs de fibres d'amiante (figure 6).

TABLEAU 3

RÉSULTATS DES ANALYSES DE FIBRES DANS LES ÉCHANTILLONS DE ROCHES SUR LES SITES DIAGNOSTIQUÉS EN FRANCE CONTINENTALE (N=20) ; TYPE ET PROPORTION DE FIBRES D'AMIANTE PARMIS LES SIX VARIÉTÉS, AMPHIBOLES (AMOSITE, TRÉMOLITE, ANTHOPHYLLITE, ACTINOLITE, CROCIDOLITE) ET CHRYSOTILES

Département	Commune	Nom du site	Type de fibres d'amiante	Proportion de fibres <sup>a</sup>
Hautes-Alpes (05)	Château-Ville-Vieille	Val-de-Péas	Chrysotile	Probable <sup>b</sup>
			Trémolite	Abondant
<i>Ardèche (07)</i>	<i>Desaignes</i>	<i>Chabane-Bas</i>	<i>Non observé</i>	-
<i>Cotes-d'Armor (22)</i>	<i>La Chapelle-Neuve</i>	<i>La Chapelle-Neuve</i>	<i>Non observé</i>	-
Cotes-d'Armor (22)	La Chapelle-Neuve	Kermeno	Chrysotile	Présent
Cotes-d'Armor (22)	Calanhel	Respères	Chrysotile	Trace
			Trémolite	Trace
Haute-Garonne (31)	Moncaup	Plan-de-Calem	Chrysotile	Présent
Loire-Atlantique (44)	Blain	L'Orgerais	Actinolite	Présent
<i>Loire-Atlantique (44)</i>	<i>La Chevrolière</i>	<i>Le Passay</i>	<i>Non observé</i>	-
Loire-Atlantique (44)	Donges	La Rigaudais	Actinolite	Trace
Loire-Atlantique (44)	Donges	SEM-Aminate	Chrysotile	Trace
<i>Loire-Atlantique (44)</i>	<i>Oudon</i>	<i>Oudon</i>	<i>Non observé</i>	-
<i>Loire-Atlantique (44)</i>	<i>Oudon</i>	<i>Vauvressix</i>	<i>Non observé</i>	-
Loire-Atlantique (44)	Pont-Saint-Martin	Le Landais	Actinolite	Présent
Savoie (73)	Bessans	Balme Noire	Chrysotile	Abondant
Savoie (73)	Bessans	Evasset	Trémolite	Trace
			Chrysotile	Abondant
Savoie (73)	Lanslebourg	Pont-de-la-Ramasse	Trémolite	Trace
			Chrysotile	Trace
Savoie (73)	Termignon	La Girarde	Chrysotile	Abondant
			Trémolite	Présent
Haute-Vienne (87)	La Meyze	Le Bas-Puycheny	Chrysotile	Présent
			Actinolite	Présent
Haute-Vienne (87)	La Roche l'Abeille	La Lande-Saint-Laurent	Chrysotile	Présent
			Anthophyllite	Trace
<i>Haute-Vienne (87)</i>	<i>La Flotte</i>	<i>Lande de Cluzeau et de la Flotte</i>	<i>Non observé</i>	-

<sup>a</sup> La proportion de fibres d'amiante est exprimée en pourcentage pondéral d'amiante présent dans la roche : abondant, 10 à 50 %, présent, 1 à 10 %, traces, 0,1 à 1 %.

<sup>b</sup> La présence de chrysotile a été évaluée par diagnostic visuel mais n'a pas été retrouvée lors de l'analyse des prélèvements. Les lignes en italique indiquent les sites pour lesquels aucune fibre d'amiante n'a été identifiée dans les échantillons prélevés.

TABLEAU 4

RECLASSIFICATION DES 20 SITES D'ALÉA 4 APRÈS DIAGNOSTIC DES SITES DANS LES 5 CLASSES D'ALÉA DE PRÉSENCE D'AMIANTE DANS LES FORMATIONS GÉOLOGIQUES

Classe d'aléa	Définition de la classe d'aléa	Nombre de sites dans cette classe d'aléa	Noms des sites (département)
0	Absence de minéraux amiantifères	0	-
1	Faible probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères	1	Chabane-Bas (07)
2	Probabilité moyenne d'occurrence de minéraux amiantifères	3	Le Passay (44), Oudon (44), Vauvressix (44)
3	Forte probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères	3	La Chapelle-Neuve (22), SEM-Aminate (44), Lande de Cluzeau et de la Flotte (87)
4	Présence avérée de minéraux amiantifères	13	Val-de-Péas (05), Kermeno (22), Respères (22), Plan-de-Calem (31), L'Orgerais (44), La Rigaudais (44), Le Landais (44), Balme Noire (73), Evasset (73), Pont-de-la-Ramasse (73), La Girarde (73), Le Bas-Puycheny (87), La Lande-Saint-Laurent (87)

FIGURE 5

PHASE D'AUTHENTIFICATION DES AFFLEUREMENTS DE ROCHES AMIANTIFÈRES D'ALÉA 4 EN FRANCE CONTINENTALE

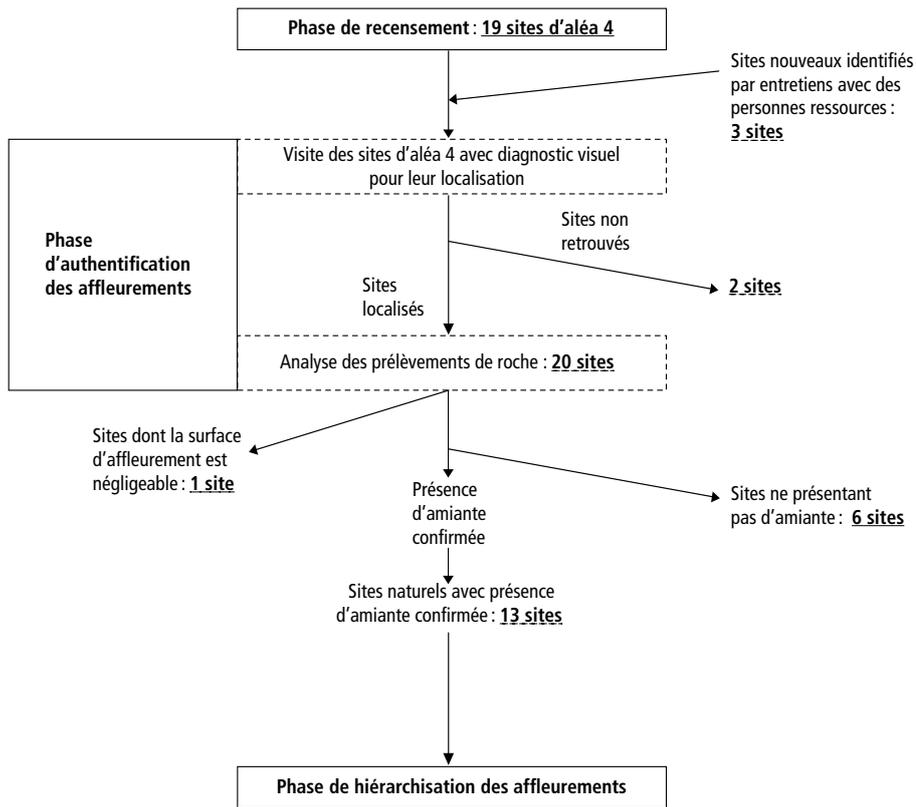
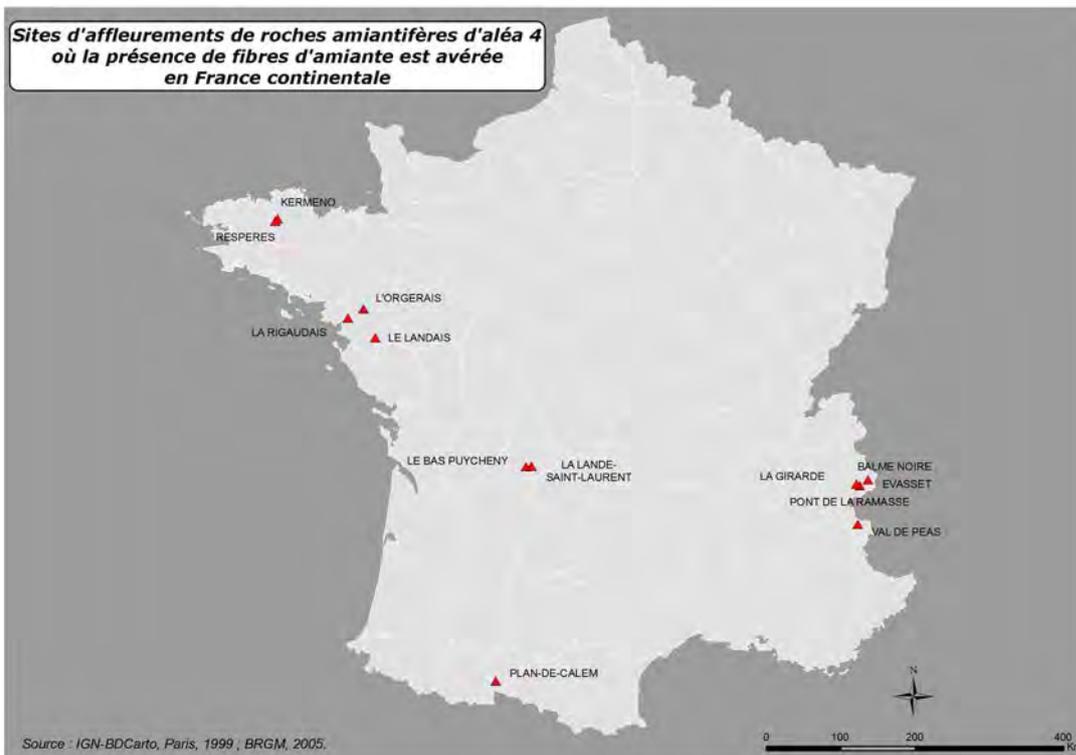


FIGURE 6

LOCALISATION ET NOMS DES AFFLEUREMENTS DE ROCHES AMIANTIFÈRES D'ALÉA 4 EN FRANCE CONTINENTALE OÙ LA PRÉSENCE DE FIBRES A ÉTÉ CONFIRMÉE PAR DES ANALYSES DE PRÉLÈVEMENTS DE ROCHES (N=13)



## 4.2 DESCRIPTION GÉNÉRALE DES SITES ET DE LEUR ENVIRONNEMENT

Les 13 sites sur lesquels la présence d'amiante a été avérée par des analyses de roches sont situés dans 6 départements différents. Situés en majorité en région montagneuse (4 sites en Savoie (73) et un site dans les Hautes-Alpes (05)) ou au niveau d'anciens massifs (2 sites en Côte-d'Armor (22) et un site en Haute-Garonne (31)), quelques sites sont également localisés en Loire-Atlantique (44) (n=3) et Haute-Vienne (87) (n=2).

Les affleurements identifiés sont en général de faible dimension, inférieure à quelques dizaines de mètres carrés. Par ailleurs, le recouvrement de terre ou en eau pour quelques carrières en plaine et la végétalisation fréquente des surfaces conduit à une superficie efficace<sup>2</sup> très faible. Seuls les sites situés en montagne, correspondant en général à d'anciennes carrières d'exploitation de l'amiante difficilement végétalisables, présentent des superficies efficaces importantes.

Quelques caractéristiques des sites exploités pour la hiérarchisation sont présentées en annexe 9. Les résultats du recueil des caractéristiques

de chaque affleurement font l'objet de fiches détaillées présentées dans un rapport spécifique [3,22].

Les données météorologiques de 11 stations de Météo-France sont sélectionnées afin de fournir les informations nécessaires pour les 13 sites d'affleurements d'amiante. Deux des stations sélectionnées, Bessans et Saint-Yrieix-La-Perche, permettent de renseigner la météorologie de 4 sites. L'ensemble des stations est présenté en annexe 10.

Les stations sont situées à moins d'un kilomètre de l'affleurement le plus proche, pour La Girarde, et jusqu'à 10 km environ pour les sites de La Roche l'Abeille, Plan-de-Calem et Calanhel.

Certaines stations sélectionnées ne disposent pas de relevé automatique, ce qui conduit à de nombreuses données manquantes dans les relevés quotidiens des paramètres de vitesse de vent, d'humidité relative ou de couverture de neige (tableau 5).

DISPONIBILITÉ DES DONNÉES JOURNALIÈRES, EN POURCENTAGE, DES 11 STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES SÉLECTIONNÉES POUR LES 13 SITES D'AFFLEUREMENTS AMIANTIFÈRES SITUÉS EN FRANCE CONTINENTALE						
Dépt.	Commune	Nom du site	Disponibilité des données			
			Précipitations	Sol couvert de neige	Humidité relative de l'air	Vitesse du vent
05	Château-Ville-Vieille	Val de Péas	100 %	65 %	100 %	95 %
22	La Chapelle-Neuve	Kermeno	100 %	-	-	-
22	Calanhel	Respères	100 %	-	-	-
31	Moncaup	Plan-de-Calem	100 %	-	-	-
44	Blain	L'Orgerais	100 %	-	-	-
44	Donges	La Rigaudais	100 %	100 %	100 %	100 %
44	Pont-Saint-Martin	Le Landais	100 %	100 %	100 %	100 %
73	Bessans	Balme Noire	100 %	100 %	-	-
73	Bessans	Evasset	100 %	100 %	-	-
73	Lanslebourg	Pont-de-la-Ramasse	98 %	-	92 %	84 %
73	Termignon	La Girarde	100 %	100 %	-	-
87	La Meyze	Le Bas-Puycheny	100 %	-	100 %	100 %
87	La Roche l'Abeille	La Lande-Saint-Laurent	100 %	-	100 %	100 %

- : données manquantes ou non recueillies.

<sup>2</sup> Voir le lexique en annexe 2.

## 4.3 HIÉRARCHISATION DES SITES

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la hiérarchisation des sites (tableau 6). Ces résultats correspondent à l'agrégation des paramètres descripteurs de chaque site pour caractériser le phénomène d'érosion, de dégagement et d'émission.

TABLEAU 6 HIÉRARCHISATION DES SITES SELON LA CARACTÉRISATION DE LEUR ÉMISSION (RÉSULTANTE DE L'ÉROSION ET DU DÉGAGEMENT) POUR LES 13 SITES D'AFFLEUREMENTS DE ROCHES AMIANTIFÈRES SITUÉS EN FRANCE CONTINENTALE			Caractérisations des différents phénomènes conduisant à l'émission de fibres en provenance de l'affleurement		
			Dépt.	Commune	Nom du site
73	Termignon	La Girarde	90	80	85
73	Lanslebourg	Pont-de-la-Ramasse	93	61	77
05	Château-Ville-Vieille	Val-de-Péas	98	50	75
31	Moncaup	Plan-de-Calem	40	61	51
73	Bessans	Balme Noire	35	67	51
73	Bessans	Evasset	35	63	51
87	La Roche l'Abeille	La-Lande-Saint-Laurent	43	39	41
87	La Meyze	Le Bas-Puycheny	24	44	34
44	Blain	L'Orgerais	17	36	27
44	Donges	La Rigaudais	2	40	21
44	Pont-Saint-Martin	Le Landais	<1	42	21
22	La Chapelle-Neuve	Kermeno	1	32	17
22	Calanhel	Respères	2	25	14

\* Les résultats de la caractérisation de l'érosion, du dégagement et de l'émission sont issus d'un calcul qui utilise des valeurs des paramètres comprises dans un intervalle [0-100].

### 4.3.1 Les niveaux d'érosion

Le phénomène d'érosion est particulièrement élevé pour 3 sites : Val-de-Péas, La Girarde et Pont-de-la-Ramasse. Les affleurements de ces 3 sites ont en commun le fait qu'ils ont fait l'objet par le passé d'extraction d'amiante en France continentale (annexe 11). Ces affleurements sont constitués en particulier de roches amiantifères fibreuses exploitables et donc facilement friables par action manuelle. De plus, l'extraction d'amiante à ciel ouvert pour La Girarde et Val-de-Péas a mis à l'affleurement des surfaces importantes de roches amiantifères.

Dans une moindre mesure, les affleurements de Plan-de-Calem et de La Lande-Saint-Laurent comportent des fragments d'amiante dont l'érosion, associée à leur friabilité, reste notable. Ces 2 sites ont fait l'objet d'exploration, mais la teneur en amiante ayant été considérée trop faible, ces gisements n'ont jamais été exploités. La végétalisation importante de ces sites joue également un rôle important pour limiter l'érosion des roches.

Pour les autres sites, la faible ou très faible friabilité de la roche, les faibles surfaces efficaces pour la plupart des affleurements conduisent à caractériser des phénomènes d'érosion moins élevés.

### 4.3.2 Les niveaux de dégagement

D'une manière générale, le phénomène de dégagement est plus important sur les sites situés en région montagneuse. On retrouve ainsi des phénomènes de dégagement importants sur les sites situés

en Savoie (La Girarde, Evasset, Balme Noire, Pont-de-la-Ramasse) et Haute-Garonne (Plan-de-Calem). Ces résultats s'expliquent essentiellement par la fréquence des précipitations défavorables à l'envol de fibres, plus importante sur les sites situés en plaine (Loire-Atlantique, Haute-Vienne et Côtes-d'Armor) qu'en moyenne ou haute montagne (Savoie).

Pour le site de Val-de-Péas, situé dans les Hautes-Alpes, c'est l'humidité singulière du site qui limite le dégagement de fibres en provenance de l'affleurement.

### 4.3.3 Les niveaux d'émission

Les niveaux d'émission ont été estimés à partir des résultats de la caractérisation de l'érosion et du dégagement. Les résultats de l'arborescence montrent une dissociation nette entre les 3 sites présentant des phénomènes d'émission élevés et les autres sites pour lesquels l'émission estimée est moindre. Sur les 13 sites d'aléa 4, seuls les affleurements de Val-de-Péas (05), de La Girarde (73) et du Pont-de-la-Ramasse (73) sont jugés présenter un niveau d'émission important.

Pour ces 3 sites, on retiendra que le phénomène d'émission est assujéti à plusieurs facteurs qui contribuent à un phénomène d'érosion important (>90). Excepté le fait que ces 3 sites sont d'anciennes carrières d'exploitation, le degré de friabilité élevé des roches présentes à l'affleurement indique une forte capacité d'envol de fibres. De plus, la localisation des sites en moyenne et haute montagne, qui conduit à

une altération importante des roches et une couverture végétale moins importante que sur les sites localisés en plaine, contribue à augmenter l'émission. En revanche, l'influence des données météorologiques sur les résultats de la hiérarchisation est limitée.

## 4.4 CIRCONSTANCES D'EXPOSITION DES POPULATIONS

### 4.4.1 Les populations riveraines des affleurements

Les sites qui ont fait l'objet d'exploitation ou de prospection sont en général situés à proximité d'habitations. Le site du Pont-de-la-Ramasse est localisé au milieu du village de Lanslebourg, à une centaine de mètres des habitations. De la même manière, le site de Plan-de-Calem, est situé à proximité du village de Montcaup. Comme le site de La Lande-Saint-laurent, la carrière de la Girarde est située à environ 1 km du village de Termignon. Comptant 433 habitants en été, le village de Termignon est également un lieu de tourisme. Toutefois, si le village peut compter 2 500 habitants en période hivernale, la carrière est totalement recouverte de neige à cette saison.

Le site de Val-de-Péas, évalué comme pouvant avoir de fortes émissions de fibres, est situé en altitude et très éloigné des premières habitations. Le village de Château-Ville-Vieille, le plus proche de la carrière de Val-de-Péas, est situé à 10 km à vol d'oiseau de cette exploitation. Les baraquements sur place, habités par les ouvriers au moment de l'exploitation du site, sont en ruine aujourd'hui.

Pour les autres affleurements présentant des phénomènes d'émissions moindres, la localisation des sites en zone rurale conduit à la présence limitée de populations aux abords du site, le plus souvent de quelques habitations situées à une centaine de mètres de l'affleurement (tableau 7).

On peut conclure que, pour l'ensemble des sites, la densité de population dans les environs des sites est faible et conduit le plus souvent à quelques habitations dans un périmètre de quelques centaines de mètres autour des affleurements. Seuls les affleurements de Lanslebourg, Plan-de-Calem, La Girarde et La Roche l'Abeille se situent à proximité de villages. Pour les populations résidentes de ces villages, il faut considérer une exposition potentielle chronique et continue aux fibres en provenance des affleurements.

TABLEAU 7		INDICATION SUR LA PRÉSENCE DE POPULATION À PROXIMITÉ DU SITE	
Dépt.	Commune	Nom du site	Présence de population à proximité des affleurements
05	Château-Ville-Vieille	Val-de-Péas	Non
22	La Chapelle-Neuve	Kermeno	1 habitation à 500 m
22	Calanhel	Respères	3 habitations à 100 m
31	Moncaup	Plan-de-Calem	Village à 100 m
44	Blain	L'Orgerais	3 habitations à 100 m
44	Donges	La Rigaudais	3 habitations à 100 m
44	Pont-Saint-Martin	Le Landais	1 habitation à 70 m
73	Bessans	Balme Noire	Non
73	Bessans	Evasset	Non
73	Lanslebourg	Pont-de-la-Ramasse	Village à 100 m
73	Termignon	La Girarde	Village à 1 000 m
87	La Meyze	Le Bas-Puycheny	1 habitation à 100 m
87	La Roche l'Abeille	La Lande-Saint-Laurent	1 habitation à 500 m et village à 1 000 m

*i.e. dans un périmètre de 500 mètres autour de l'affleurement.*

### 4.4.2 Les activités régulières aux abords des affleurements

Pour la majorité des sites, la localisation des affleurements dans des champs ou pâturages fait que les seules activités proches sont exercées par les exploitants de fermes. Par exemple, l'affleurement du Plan-de-Calem est situé sur un terrain qui sert de pâturage pour l'élevage de brebis, le site de Val-de-Péas est une zone de pâturage pendant la période d'alpage, La Rigaudais est situé sur des vergers et L'Orgerais est situé dans une zone agricole.

Dans certains cas, une activité sportive peut être réalisée à proximité du site, comme la randonnée par exemple.

Quels que soient les sites considérés, les activités à leurs abords sont donc très limitées. Les activités agricoles sont régulières, ce qui peut conduire à des expositions subchroniques à chroniques, tandis que les activités sportives sont ponctuelles et de courte durée.

Il est à noter que ces groupes de populations peuvent être exposés dans différentes circonstances. Ainsi, les activités aux abords des affleurements sont souvent exercées par des personnes également riveraines des mêmes affleurements.

### 4.4.3 La fréquentation des affleurements

L'ancienne mine Val-de-Péas, au milieu du Parc naturel régional du Queyras, n'est accessible qu'à partir de la fonte des neiges. Son accès par une route goudronnée à partir du village de Château-Queyras se poursuit, soit par le chemin à partir de la bergerie de Péas après 2 heures de marche, soit par un chemin de Grande randonnée n° 58. Le site de Val-de-Péas ne peut être fréquenté que par des randonneurs ou des géologues amateurs.

Le site de la Girarde présente un accès facilité par un sentier de randonnée qui passe à proximité. Il est de ce fait un point de départ important de randonneurs. Compte tenu de son ancienne activité d'exploitation amiantifère, il présente également un intérêt historique et des visites d'étudiants et de géologues amateurs sont organisées.

L'accès à l'affleurement de Lanslebourg est difficile et le lieu est peu fréquenté si ce n'est par des pêcheurs.

Dans certains cas, une activité sportive peut être réalisée sur les sites. Ainsi, sur les sites de Bessans en Savoie, la pratique de *via ferrata* est conduite sur les blocs de serpentinite.

Le site de Le Bas-Puycheny présente à proximité un musée sur l'ancienne activité industrielle de briquetterie et de tuilerie. Le site fait l'objet de visites de groupes scolaires et de touristes.

Pour la grande majorité des sites, même si l'accès est facilité par des routes goudronnées, comme c'est le cas du Plan-de-Calem ou du Bas-Puycheny, ils sont rarement accessibles directement par la route. Le plus souvent, un trajet à pied est nécessaire pour y accéder. La localisation des sites au milieu de terrains privés et peu connus dans la région, le plus souvent au milieu de champs, de pâturages, dans des sous-bois ou sur des terrains non constructibles, conduit à une fréquentation sans doute très limitée.

On peut conclure, notamment pour les 3 sites les plus à risque d'émission, que leur fréquentation ne peut être qu'occasionnelle en raison :

- d'une faible densité de population associée à la localisation des sites en milieu rural ou de montagne;
- du nombre limité d'activités à proximité des sites et des difficultés d'accès aux sites, le plus souvent par des chemins;
- du recouvrement par la neige la majeure partie de l'année.

Si les raisons de fréquenter les sites sont très variées, on peut toutefois considérer la fréquentation des affleurements limitée, en termes d'effectifs de populations, de fréquence et de durée. Ainsi, la fréquentation des affleurements ne peut correspondre qu'à des expositions ponctuelles et de courte durée.

### 4.5 RÉSULTATS DES CAMPAGNES MÉTÉOROLOGIQUES

Les deux sites de la Girarde et de Pont-de-la-Ramasse, tous deux situés en Savoie, sont les plus à risques d'émissions de fibres selon les résultats de la hiérarchisation. Ces deux sites, qui associent à la fois un niveau d'émission potentiellement élevé et la présence de populations à proximité, ont été retenus pour la réalisation de mesures de fibres dans l'air.

Sur les 23 jours d'étude, 8 jours ont été retenus comme les plus favorables à l'émission de fibres. Ainsi, parmi les 188 échantillons prélevés au total, 50 ont été analysés [36].

Les prélèvements réalisés dans les villages au niveau des habitations montrent que sur les 16 prélèvements effectués dans le village de Termignon, 12 ne comportent aucune fibre d'amiante et 4 présentent une faible quantité d'amiante avec au maximum 0,32 F/L; IC 95 % [ $<1$ ; 1,51] pour les fibres supérieures à 5  $\mu\text{m}$  et 1,94 F/L; IC 95 % [ $<1$ ; 4,23] pour les fibres inférieures ou égales à 5  $\mu\text{m}$ . De même, sur les 16 prélèvements effectués dans le village de Lanslebourg, 11 ne comportent aucune fibre d'amiante et 5 présentent une faible quantité d'amiante de l'ordre de la sensibilité analytique, avec au maximum 0,32 F/L; IC 95 % [ $<1$ ; 1,51] pour les fibres supérieures à 5  $\mu\text{m}$  et 0,33 F/L; IC 95 % [ $<1$ ; 1,56] pour les fibres inférieures ou égales à 5  $\mu\text{m}$ .

Ces résultats sont cohérents avec ceux des analyses des prélèvements effectués à proximité des affleurements. Les 8 échantillons analysés réalisés sur chacun des affleurements de La Girarde et de Lanslebourg indiquent tous l'absence de fibres dans l'air.

Sur la base de ces résultats, on peut conclure à l'absence d'émissions de fibres pour les deux sites de La Girarde et de Pont-de-la-Ramasse dans des conditions d'érosion de l'affleurement se limitant à l'effet de mécanismes naturels.

En revanche, les résultats des deux simulations de perturbations des roches par des mécanismes anthropiques réalisées sur l'affleurement de La Girarde indiquent une concentration importante en chrysotile et trémolite. Les concentrations atteignent 216 F/L; IC 95 % [137; 324] pour les fibres de longueur supérieure à 5  $\mu\text{m}$  avec un mélange de chrysotile et de trémolite - la proportion de trémolite représentant environ 1/10<sup>e</sup> de la concentration - et 6 976 F/L; IC 95 % [5 663; 8 502] pour les fibres de longueur inférieure ou égale à 5  $\mu\text{m}$  de chrysotile (annexe 12).

Ces résultats indiquent que dans des conditions particulières d'érosion des roches par des mécanismes anthropiques, les niveaux d'émission de fibres peuvent atteindre des niveaux très élevés de plusieurs centaines de fibres par litre d'air.

## 5. Discussion

### 5.1 RECUEIL DES DONNÉES

#### 5.1.1 L'exhaustivité du recensement des affleurements

Le recensement des affleurements effectué en 2005 par le BRGM s'appuyait essentiellement sur une étude documentaire bibliographique et cartographique dont certains indices ont été relevés au début du siècle dernier. Vu le contexte historique de la France du milieu du XX<sup>e</sup> siècle, à la recherche d'une autonomie vis-à-vis des ressources naturelles, beaucoup d'indices d'amiante chrysotile ont été mentionnés pour leur intérêt industriel et se sont révélés n'être que des roches de serpentines ou de minéraux silicatés. On comprend aussi que des affleurements d'amphiboles dont les caractéristiques physico-chimiques ne permettent pas leur tissage aient été peu mentionnés sur ces mêmes cartes.

De plus, la découverte, lors de la phase de terrain, de nouveaux sites d'affleurements localisés dans des zones d'aléas 3 ou 2, là où la probabilité d'occurrence de minéraux amiantifères était moyenne à forte, indique que d'autres affleurements existent certainement sur ces zones d'aléas 3 ou 2.

Les affleurements diagnostiqués dans cette étude ne sont donc en aucun cas un reflet exhaustif des sites amiantifères d'aléa 4 en France continentale. Si une recherche active de l'ensemble des sites d'aléa 4, autres que ceux qui ont été recensés et diagnostiqués dans cette étude, devait être réalisée, les zones d'aléas 3 et 2 devraient être des zones prioritaires de recherche.

#### 5.1.2 Les conditions de validité du recueil des caractéristiques des affleurements et de leur environnement

L'étude de faisabilité a mis en avant les difficultés liées à l'expertise [3]. La reproductibilité incertaine de l'acquisition des paramètres faisant appel au jugement d'expert nous a amené à ne choisir qu'une seule personne pour réaliser les diagnostics sur site.

L'ensemble des paramètres descriptifs des caractéristiques des affleurements et de leur environnement comporte une variabilité temporelle et/ou spatiale qui peut être importante. Il est donc nécessaire de souligner que la valeur des paramètres estimée par jugement d'expert et donc la hiérarchisation des sites qui en découlent est uniquement valable sur la base des informations collectées au moment des visites de terrain. Il est donc nécessaire de réviser cette hiérarchisation en fonction des modifications des caractéristiques des affleurements et de leur environnement.

#### 5.1.3 Le choix des paramètres météorologiques

Le choix des paramètres météorologiques intervenant dans le phénomène de dégagement de fibres ne fait pas consensus. Les paramètres de l'étude de Stout les moins contraignants pour considérer l'envol de fibres ont été sélectionnés pour l'étude (tableau 8).

**TABEAU 8**

**CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES OPTIMALES INTERVENANT DANS LE PHÉNOMÈNE D'ENVOL DES POUSSIÈRES (PM<sub>10</sub>) [35,37]**

Paramètres météorologiques	Novlan <i>et al.</i> , 2005	Stout, 2001
Humidité relative de l'air	<15 à 20 %	<30 %
Vitesse du vent	9 à 16 m/s	>4 m/s
Précipitations	-	Pas de précipitations
Occurrence de neige	-	Pas d'occurrence de neige

### 5.2 FIABILITÉ DE LA MÉTHODE DE HIÉRARCHISATION

En plus de la hiérarchisation des affleurements présentée dans cette étude, deux catégorisations ont été conduites par le BRGM. L'une a été réalisée directement lors de la visite du site, l'autre a été élaborée après recueil de l'ensemble des informations sur les caractéristiques de l'affleurement (annexe 13).

La comparaison des résultats de ces trois méthodes pour catégoriser ou hiérarchiser les sites doit permettre, si les résultats sont concordants, de conforter la démarche par jugement d'expert.

#### 5.2.1 Comparaison des trois méthodes de catégorisation et de hiérarchisation des sites

Au final, trois méthodes d'expertises distinctes ont été élaborées pour catégoriser et hiérarchiser les affleurements de formations géologiques porteuses de minéraux amiantifères :

- une évaluation libre et qualitative lors du diagnostic visuel sur site ;
- une évaluation qualitative par combinaison de deux paramètres intrinsèques du site (la friabilité de la roche et la présence de surfaces de roches amiantifères affleurantes) réalisée suite à la visite des sites ;

- une évaluation semi-quantitative par une arborescence combinant neuf paramètres du site et de son environnement, dont notamment les données météorologiques du site mesurées en continu. Cette arborescence a permis un traitement systématique des données.

La juxtaposition des résultats de ces trois approches pour estimer les niveaux d'émission de fibres de chaque affleurement est résumée dans le tableau 9.

Nous avons fait le choix de définir la hiérarchisation comme étant une appréciation semi-quantitative par attribution d'un score à chaque site tandis que la catégorisation, classification ou classement, est considérée comme un regroupement qualificatif des sites en classes. Dans une hiérarchisation, deux sites ne peuvent avoir le même score, ce qui n'est pas le cas de la catégorisation.

Le rapprochement de ces trois méthodes montre qu'il existe une grande concordance entre les résultats de catégorisation et ceux obtenus par la hiérarchisation des sites selon l'émission.

RÉSULTATS DE L'ESTIMATION DES NIVEAUX D'ÉMISSION SELON TROIS APPROCHES DE JUGEMENT D'EXPERT : ESTIMATION DIRECTE SUR LE SITE PAR EXPERTISE GÉOLOGIQUE, CATÉGORISATION DES SITES PAR SUSCEPTIBILITÉ D'ÉMISSION ET HIÉRARCHISATION DES SITES À L'AIDE D'UNE ARBORESCENCE (N=20)						
TABLEAU 9	Dépt.	Commune	Nom du site	Catégorisation par expertise directe sur site*	Catégorisation par susceptibilité d'émission**	Hiérarchisation des sites sur les niveaux d'émissions***
	73	Termignon	La Girarde	Aléa 4 – Forte	Aléa 4d	85
	73	Lanslebourg	Pont-de-la-Ramasse	Aléa 4 – Forte	Aléa 4d	77
	05	Château-Ville-Vieille	Val-de-Péas	Aléa 4 – Forte	Aléa 4d	75
	31	Moncaup	Plan-de-Calem	Aléa 4 – Faible	Aléa 4c	51
	73	Bessans	Balme Noire	Aléa 4 – Faible	Aléa 4b	51
	73	Bessans	Evasset	Aléa 4 – Faible	Aléa 4b	51
	87	La Roche l'Abeille	La Lande-Saint-Laurent	Aléa 4 – Faible	Aléa 4c	41
	87	La Meyze	Le Bas-Puycheny	Aléa 4 – Faible	Aléa 4b	34
	44	Blain	L'Orgerais	Aléa 4 – Très faible	Aléa 4b	27
	44	Donges	La Rigaudais	Aléa 4 – Très faible	Aléa 4b	21
	44	Pont-Saint-Martin	Le Landais	Aléa 4 – Très faible	Aléa 4a	21
	22	La Chapelle-Neuve	Kermeno	Aléa 4 – Très faible	Aléa 4a	17
	22	Calanhel	Respères	Aléa 4 – Très faible	Aléa 4a	14
	44	Donges	SEM-Aminate	Aléa 4 – Très faible	Déclassement en Aléa 3	Non estimé
	87	La Flotte	Lande-de-Cluzeau	Aléa 4 – Très faible	Déclassement en Aléa 3	Non estimé
	22	La Chapelle-Neuve	La Chapelle-Neuve	Aléa 4 – Sans objet	Déclassement en Aléa 3	Non estimé
	44	La Chevrolière	Le Passay	Aléa 4 – Sans objet	Déclassement en Aléa 2	Non estimé
	44	Oudon	Oudon	Aléa 4 – Sans objet	Déclassement en Aléa 2	Non estimé
	44	Oudon	Vauvressix	Aléa 4 – Sans objet	Déclassement en Aléa 2	Non estimé
	07	Desaignes	Chabane-Bas	Aléa 4 – Sans objet	Déclassement en Aléa 1	Non estimé

Les lignes grisées signifient que les résultats d'analyses des échantillons de roches n'indiquent pas de présence d'amiante.

\* Classement des sites par estimation directe sur site: Fort – Estimation d'un fort niveau d'émission, Faible – Estimation d'un faible niveau d'émission, Très faible – Estimation d'un très faible niveau d'émission; Sans objet – Le site ne présente pas visuellement d'affleurement de roches ultrabasiques amiantifères.

\*\* Classement des sites après recueil de l'ensemble des informations:

4d – Aléa 4 de susceptibilité d'émission forte à très forte

4c – Aléa 4 de susceptibilité moyenne

4b – Aléa 4 de susceptibilité faible

4a – Aléa 4 de susceptibilité nulle à très faible

\*\*\* Hiérarchisation des sites issu du calcul à l'aide de l'arborescence et à partir de valeurs de paramètres comprises dans un intervalle [0-100].

L'ordre de la catégorisation et de la hiérarchisation des autres sites est respectée quelle que soit la méthode. Une seule divergence est retrouvée pour les sites de La Lande-Saint-Laurent. La catégorisation sur la susceptibilité d'émission a intégré une nouvelle classe intermédiaire "susceptibilité moyenne" qui distingue deux sites: Plan-de-Calem et La Lande-Saint-Laurent. L'arborescence conduit toutefois à un score relativement faible pour le site de La Lande-Saint-Laurent.

En particulier, les 3 sites présentant les estimations de niveaux d'émissions les plus élevés sont les mêmes quelle que soit la méthode d'expertise; il s'agit de la Girarde, de Pont-de-la-Ramasse et de Val-de-Péas. Ces 3 sites les plus à risque d'émission se distinguent nettement des autres quelle que soit la méthode d'expertise. Lors de l'expertise sur site, l'expert a classé ces 3 sites dans la classe de fort niveau d'émission, alors que pour les autres sites les classes de niveau d'émission attribuées sont faibles ou très faibles, sans niveau

intermédiaire. Cet écart est également retrouvé au niveau des scores d'émission évalués à l'aide de l'arborescence (passage d'un score de 51 à 75).

La concordance des résultats des niveaux d'émission de fibres, selon les méthodes d'expertise, constitue un argument en faveur de la robustesse de la démarche par jugement d'expert appliquée à la catégorisation/hierarchisation des sites d'affleurements de roches amiantifères. Ces différentes méthodes de hierarchisation et de catégorisation placent la friabilité de la roche comme un paramètre déterminant dans la capacité émissive d'un affleurement. Cela conduit à considérer que l'approche par jugement d'expert qualitatif effectué directement au moment de la visite du site est satisfaisante si elle est réalisée par un seul expert géologue pour garantir la reproductibilité de l'estimation.

### 5.3 LIMITES DE LA MÉTHODE DE HIÉRARCHISATION

La méthode de hierarchisation est basée sur un calcul simple (somme pondérée), alors que le phénomène d'érosion est régi par des relations entre paramètres beaucoup plus complexes. En raison des limites associées à ce calcul, il est nécessaire de préciser le sens que prend le score calculé à l'aide de cette arborescence pour caractériser l'exposition des populations.

#### 5.3.1 La sensibilité des résultats de dégagement aux changements des conditions météorologiques

Le phénomène de dégagement, présenté dans le chapitre des résultats, a été évalué à partir des moyennes annuelles des paramètres météorologiques. Cette estimation annuelle ne considère pas, pour

chaque affleurement, l'influence de la variation saisonnière des données météorologiques sur les résultats du dégagement.

Des estimations pour chaque mois de l'année du phénomène de dégagement de chaque site ont été estimées à partir de données météorologiques mensuelles (figure 7).

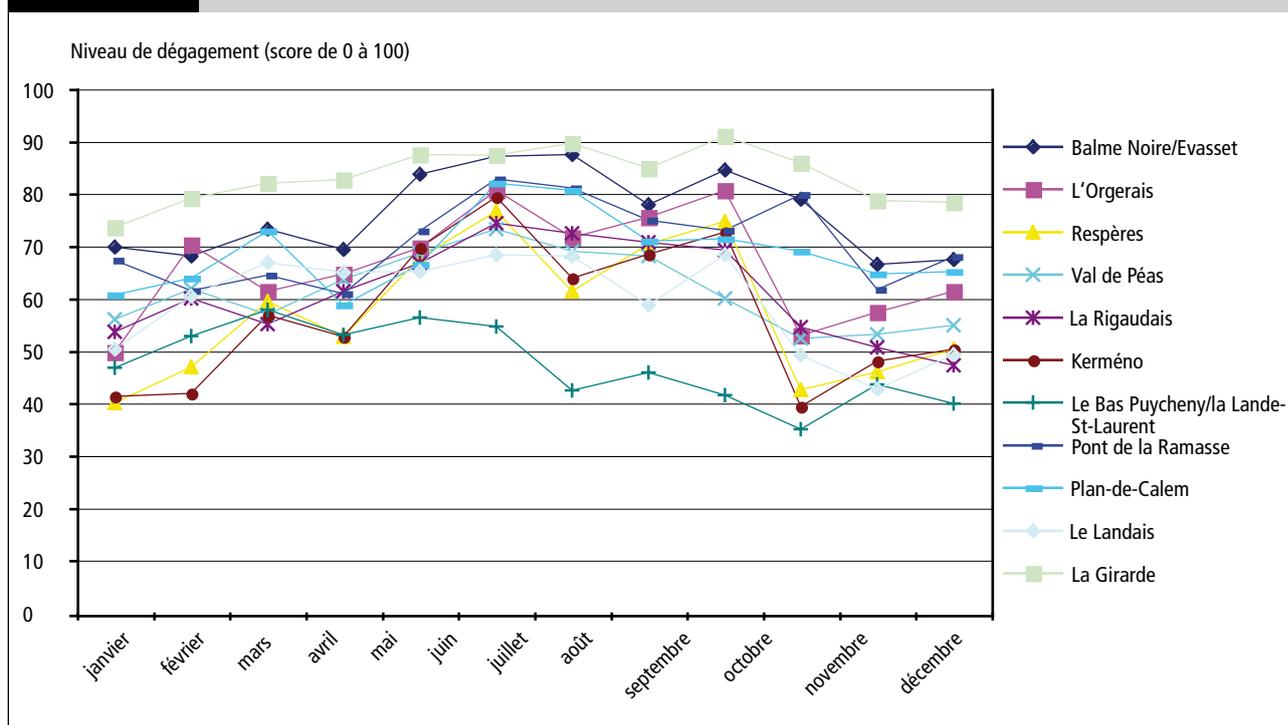
La figure indique une variabilité importante des niveaux de dégagement de fibres estimés selon la période de l'année. Les mois de mai à septembre sont les plus favorables au dégagement de fibres. Comme le montrent les données de mesures issues de la littérature, les périodes sèches, notamment en période estivale, sont propices à une augmentation du nombre de fibres dans l'air [1,28]. Il faut cependant noter que la vraisemblance de cette variation du niveau de dégagement estimé selon les mois de l'année n'a pas été évaluée.

#### 5.3.2 L'absence de prise en compte des mécanismes anthropiques : la prise en compte incomplète du phénomène de dégagement

Les mécanismes de perturbation naturelle des roches agissant sur le dégagement ont été appréhendés par la connaissance des conditions météorologiques acquises auprès de Météo-France. En revanche, les informations spécifiques des mécanismes anthropiques, de nature très variable, sont difficiles à évaluer. Elles n'ont pas été prises en compte pour la hierarchisation des sites qui ne rend ainsi pas compte complètement des phénomènes intervenant dans le dégagement de fibres. Or, les perturbations mécaniques anthropiques peuvent jouer un rôle essentiel dans les niveaux de fibres émis à partir d'un sol riche en amiante [33].

FIGURE 7

VARIATION DU POTENTIEL DE DÉGAGEMENT DE FIBRES D'AMIANTE AU COURS DE L'ANNÉE POUR CHACUN DES 13 AFFLEUREMENTS À PARTIR DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES MENSUELLES DE 2001 À 2005



Les facteurs de prédisposition (phénomène d'érosion) conditionnent le phénomène d'émission mais seuls les facteurs de déclenchement (phénomène de dégagement) provoquent une émission effective de fibres. Par exemple, la friabilité importante de la roche est un facteur de prédisposition caractérisant la potentialité du site à être une source de fibres d'amiante dans l'environnement, mais seul un vent puissant ou le passage d'un véhicule sur l'affleurement peut entraîner le détachement des fibres de la roche pour une émission de fibres dans l'air.

De ce fait, la méthode de hiérarchisation ne permet pas de faire la différence entre les sites suivant les circonstances de dégagement des fibres. En plus des caractéristiques intrinsèques des sites et de leur environnement, cette méthode considère uniquement l'influence des données météorologiques, mais pas les perturbations mécaniques anthropiques. Estimer partiellement le phénomène de dégagement revient à évaluer la possibilité de la survenue du phénomène analysé. Ainsi, la possibilité du dégagement et donc de l'émission signifie seulement que les conditions sont réunies pour que les fibres présentes sur le site puissent être émises dans l'air. Cette possibilité peut être exprimée par la notion de potentialité.

### 5.3.3 L'absence de prise en compte du phénomène de dispersion de fibres

Il n'a pas été possible de caractériser, à l'aide de l'arborescence, le phénomène de dispersion des fibres d'amiante en provenance des affleurements de roches amiantifères.

La direction et la vitesse du vent sont les facteurs essentiels intervenant dans les phénomènes de dispersion dans l'air à partir d'une source d'émission. Les données météorologiques acquises auprès de Météo-France ne sont pas adaptées à l'évaluation de la dispersion dans l'air à partir d'une source située au niveau du sol [37]. À l'échelle des affleurements de roches amiantifères, l'influence des obstacles dans l'environnement du site (la configuration du terrain, la présence de bâtiments ou d'arbres, la rugosité du terrain) interviennent largement dans la dispersion atmosphérique de fibres. Aucune information n'a pu être acquise avec suffisamment de finesse pour permettre la caractérisation d'une zone de dispersion autour des affleurements.

Ainsi, l'apport de l'expertise nous permet seulement de classer les affleurements sur la potentialité de l'émission de fibres issues des roches amiantifères mais ne renseignent pas l'ensemble des phénomènes intervenant dans l'exposition par inhalation (cf. § 1.3.1 sur le schéma d'exposition). En définitive, limiter l'évaluation de l'exposition au phénomène d'émission conduit à une évaluation partielle de l'exposition des populations.

## 5.4 CAMPAGNES MÉTROLOGIQUES

La mesure directe de fibres d'amiante dans l'air est la méthode la plus utilisée dans la littérature pour estimer les expositions des populations. Il s'agit d'un domaine connu et bien documenté [28]. Coûteuse et complexe à mettre en place, elle n'a été réalisée que sur les deux sites les plus à risque d'exposition.

Ces mesures sont une aide à l'analyse de la cohérence de l'évaluation du potentiel d'exposition évaluée qualitativement en vérifiant la réalité de cette exposition. Des premiers enseignements peuvent être tirés de la confrontation des résultats des deux méthodes d'évaluation appliquées sur les deux sites étudiés.

### 5.4.1 L'apport des résultats de mesure dans la compréhension du phénomène d'émission de fibres

Sur les affleurements classés les plus à risque d'émission, les concentrations mesurées dans différentes circonstances montrent que :

- s'il existe une forte potentialité d'émission pour ces sites, la seule érosion éolienne n'est pas suffisante pour induire une émission effective de fibres même à une période de l'année favorable à l'envol de fibres ;
- en revanche, les activités anthropiques sur le site, qui perturbent les roches, peuvent conduire à des niveaux d'émission élevés (plusieurs centaines de F/L pour des fibres de longueur supérieures à 5 µm).

Ces résultats révèlent l'importance de la nature des perturbations de la roche dans les niveaux d'émission de fibres en provenance des affleurements naturels. Les activités anthropiques sont vraisemblablement les perturbations les plus influentes lorsque les conditions d'envol optimal sont réunies, c'est-à-dire lorsque le sol est friable, sec et peu végétalisé.

Ces constats ont été également retrouvés dans d'autres situations. Des prélèvements avaient été réalisés en juillet 1997 sur le site de Val-de-Péas en Savoie par l'Ineris. Des pompes avaient été placées sur le site dans des conditions d'érosion influencées uniquement par la météorologie. Sur ce site, les résultats de mesures ont montré des concentrations maximales de 0,7 F/L bien que les conditions météorologiques optimales pour l'envol de fibres étaient réunies.

Les résultats de concentrations dans les conditions de simulations de perturbations mécaniques sont également confortés par les mesures d'amiante dans l'air réalisées par l'US-EPA à El Dorado Hills en Californie. Au niveau d'affleurements d'amiante non exploités, des mesures individuelles ont été réalisées au moment d'activités génératrices de poussières liées notamment aux comportements des enfants : simulations d'activités sportives. Les résultats montrent que la perturbation mécanique d'un sol contenant même des niveaux faibles d'amiante peut conduire à des niveaux d'exposition jusqu'à 43 fois plus importants que sans activité sportive [38].

Des résultats similaires ont été constatés également sur le site minier de Libby dans le Montana. Des activités résidentielles usuelles tels que le balayage du sol, l'ensachage de terre ou le passage de véhicule sur un sol contenant moins de 6 % d'amiante vermiculite peuvent conduire à des émissions importantes de fibres d'amiante [27,38]. Par exemple, dans le cas d'un sol contenant moins de 1 % d'amiante, des activités de passage de tondeuse entraînent des concentrations dans l'air allant de 42 à 1 057 F/L.

Des campagnes de mesures ont été réalisées sur les affleurements d'amiante localisés dans différentes communes du Nord-Est de la Corse [19]. Les concentrations moyennes en fibres longues >5 µm s'élevaient jusqu'à 15 F/L et celles de fibres courtes à 150 F/L. La différence de résultats de mesures réalisées sans simulation de perturbation anthropiques en Haute-Corse et en France continentale peut résulter d'une combinaison de deux explications. L'étendue importante des affleurements de roches amiantifères en Haute-Corse joue vraisemblablement un rôle majeur dans l'expression du potentiel d'érosion éolienne des affleurements. Par ailleurs, l'étendue ne permet pas de contrôler l'ensemble des activités humaines à distance des stations de mesure. Les caractéristiques physiques des fibres d'amiante leur confèrent la possibilité d'être transportées sur des distances importantes et influencer les niveaux de concentration de fibres dans l'air à distance de la source émettrice [40].

#### 5.4.2 Les limites des campagnes météorologiques

Lors des simulations de perturbations mécaniques des roches, aucune mesure n'a été effectuée au voisinage des habitations. Dans ces conditions, seule l'information sur les niveaux d'émission est disponible.

Concernant la réalisation des campagnes météorologiques, on peut déplorer le fait que le mois de septembre 2006, période pendant laquelle la campagne de prélèvements a été réalisée, n'a pas montré toutes les conditions favorables à l'envol de fibres. Sur cette période, l'hygrométrie moyenne quotidienne n'a jamais été inférieure à 50 % alors que les conditions optimales d'hygrométrie pour émission de fibres sont inférieures à 30 % [34,41]. Il est donc possible que les concentrations dans l'air soient inférieures à celles qui auraient été mesurées dans des conditions météorologiques optimales à l'envol de fibres.

Enfin, même si les mesures à l'aide de capteurs fixes reflètent des expositions sur des périodes plus longues (plusieurs heures à plusieurs jours) que celles réalisées à l'aide de capteurs individuels (quelques dizaines de minutes), il s'avère que les mesures de la contamination en fibres d'amiante dans l'air ne sont que des indications instantanées dans le temps et l'espace. Ainsi, ces campagnes de mesures sont le reflet instantané d'une situation dans l'air et non d'une dose d'exposition.

### 5.5 QUE PEUT-ON DIRE D'UNE PRÉOCCUPATION SANITAIRE ?

La saisine initiale de la DGS concernait initialement une évaluation de l'impact sanitaire de l'exposition aux fibres d'amiante des populations riveraines des affleurements naturels. La reformulation de la saisine réduit le champ d'investigation qui ne comporte plus qu'une étude sur l'estimation de l'exposition actuelle des populations riveraines, étape préalable à la quantification des risques sanitaires liés à ces expositions.

Toutefois, à partir de ces résultats, il est important de se poser la question de la préoccupation sanitaire.

#### 5.5.1 Quels sont les dangers liés à l'amiante retrouvés sur les affleurements ?

Les roches renfermant seules ou en mélange un des six minéraux désignés comme de l'amiante sont prises en compte dans cette étude. C'est le cas de l'actinolite, de l'amosite, de l'anthophyllite, de la crocidolite, de la trémolite et du chrysotile.

Si aujourd'hui on sait que toutes les variétés d'amiante sont classées comme substances cancérigènes avérées pour l'homme, il semble toutefois difficile de comparer les différentes fibres du point de vue de leur toxicité. La morphologie des fibres, leurs caractéristiques physico-chimiques, notamment les caractéristiques dimensionnelles ou les propriétés de surface, sont à l'origine de leur toxicité. Or, les fibres d'amiante sont une entité complexe car elles représentent un large spectre granulométrique et une instabilité chimique et physique en milieu biologique [1]. Il apparaît cependant que les fibres longues seraient plus cancérigènes que les fibres courtes de type chrysotile. Bien que cette affirmation ne semble pas évidente, les risques de mésothéliome sont plus élevés lors d'une exposition aux amphiboles ou à un mélange amphiboles-chrysotile que lors d'une exposition au chrysotile seul [41].

La variété d'amiante retrouvée sur les sites en France continentale est principalement du chrysotile, seule ou en association avec d'autres espèces de fibres telles que la trémolite, l'actinolite ou l'anthophyllite. Quatre sites présentent uniquement des fibres de type chrysotile (Pont-de-la-Ramasse, Kermenon, Plan-de-Calem, SEM-Amiante). Il est difficile d'évaluer les dangers de mélanges de fibres de diverses variétés d'amiante comme c'est le cas du mélange chrysotile-amphiboles retrouvés sur 7 sites d'affleurement d'amiante (Val-de-Péas, La Girarde, Respères, Balme Noire, Evasset, Le Bas-Puycheny, La Lande-Saint-Laurent).

#### 5.5.2 Quelle est l'exposition des populations aux affleurements ?

Les résultats de la hiérarchisation des sites et de la métrologie permettent d'apprécier l'exposition des populations identifiées. La démarche d'expertise par hiérarchisation, bien qu'incomplète, a permis de différencier les affleurements de formations géologiques porteuses de minéraux amiantifères sur la potentialité d'une exposition des populations grâce à des données qualitatives recueillies sur le terrain. La mesure directe des concentrations dans l'air sur deux sites fournit un niveau quantitatif pour compléter l'estimation du potentiel obtenu par expertise.

Dans des conditions normales d'érosion éolienne, les niveaux de concentrations nuls à très faibles mesurés au niveau des affleurements et à quelques dizaines ou centaines de mètres des affleurements révèlent l'absence d'émission et de dispersion de fibres pour les sites potentiellement les plus émetteurs de fibres.

L'expérience en Haute-Corse nous montre qu'il faut toutefois garder en tête la possibilité d'une contribution éolienne lorsque l'étendue des affleurements est conséquente.

Sous l'hypothèse de la validité de la hiérarchisation des sites, on peut conclure que ces résultats peuvent s'appliquer *a fortiori* pour les affleurements qui présentent un score de potentiel d'émission plus faible.

Ainsi, pour l'ensemble des affleurements en France continentale, les populations riveraines et les personnes exerçant des activités répétées à proximité des affleurements ne sont pas soumises à une exposition aux fibres d'amiante en provenance des sites, lorsque seuls des mécanismes éoliens agissent sur l'affleurement.

En revanche, lors de perturbations mécaniques associées à des activités humaines (marche, manipulation de roches) sur les affleurements les plus problématiques, on peut considérer que les émissions de fibres sont élevées par rapport aux concentrations retrouvées habituellement dans l'environnement.

Ces concentrations habituellement retrouvées dans l'environnement peuvent servir de repères de concentration de fond urbain en fibres d'amiante. Le Lepi a réalisé deux campagnes successives en 1974 puis en 1994 afin de déterminer les niveaux de concentrations en fibres d'amiante chrysotile dans l'air extérieur urbain en région Île-de-France. Les mesures de fibres d'amiante en 1974 ont été réalisées pour toutes les fibres d'amiante quelle que soit leur longueur. En 1994, une distinction a été faite pour les fibres d'amiante chrysotile de longueur supérieure ou égale à 5 µm et celles de longueur inférieure à 5 µm. Les valeurs sont au maximum de 0,47 F/L pour les fibres >5 µm de longueur et de 2,73 F/L pour les fibres <5 µm de longueur.

En revanche, les niveaux de concentrations mesurées pendant les simulations d'activités anthropiques ne peuvent être comparés ni à la valeur réglementaire pour les environnements intérieurs appliquée à la population générale (5 F/L) ni à la valeur réglementaire pour les environnements professionnels (100 F/L). Cette dernière correspond à la moyenne journalière pour la surveillance des travailleurs lors de la manipulation de matériaux ou de travaux sur des installations contenant de l'amiante [36].

Étant donné les niveaux de concentrations mesurées sur les sites les plus à risque d'émission lors d'activités anthropiques, rien ne garantit que les émissions sur les autres affleurements qui présentent un score plus faible soient négligeables.

Toutefois, compte tenu des activités humaines recensées sur les sites, on peut suggérer que les expositions des populations lors de perturbations mécaniques restent ponctuelles et occasionnelles. D'une manière générale, la localisation des sites en milieu rural et de montagne conduit à un accès limité des affleurements.

Le tableau suivant synthétise les connaissances sur les potentiels d'exposition des populations selon le type de site et les circonstances d'exposition.

TABLEAU 10 SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LES POTENTIELS D'EXPOSITIONS DES POPULATIONS COMPTE TENU DE LA HIÉRARCHISATION DES SITES ET DES CAMPAGNES MÉTROLOGIQUES				
Catégorie de site	Circonstances d'exposition des populations	Fréquence et durée de l'exposition	Exposition selon les mécanismes d'érosion des roches	
			Érosion éolienne uniquement	Érosion éolienne et anthropique
Les trois sites les plus à risques d'exposition (Termignon, Lanslebourg, Val de Péas)	Habiter à proximité du site	Exposition chronique	Aucune exposition n'est à envisager	Les résultats de l'étude ne permettent pas de déterminer s'il est nécessaire d'envisager une exposition
	Exercer une activité aux abords du site	Exposition ponctuelle à chronique	Aucune exposition n'est à envisager	Les résultats de l'étude ne permettent pas de déterminer s'il est nécessaire d'envisager une exposition
	Fréquenter le site	Exposition ponctuelle	-	<b>Exposition très supérieure au fond ambiant urbain</b>
Les autres sites moins à risque d'exposition d'après les résultats de l'arborescence (N=10)	Habiter à proximité du site	Exposition chronique	Par transposition, aucune exposition n'est à envisager	Les résultats de l'étude ne permettent pas de déterminer s'il est nécessaire d'envisager une exposition
	Exercer une activité aux abords du site	Exposition ponctuelle à chronique	Par transposition, aucune exposition n'est à envisager	Les résultats de l'étude ne permettent pas de déterminer s'il est nécessaire d'envisager une exposition
	Fréquenter le site	Exposition ponctuelle	-	Les résultats de l'étude ne permettent pas de déterminer s'il est nécessaire d'envisager une exposition

- : situation improbable car la fréquentation d'un site conduit inévitablement à une érosion anthropique.

### 5.5.3 Peut on aller jusqu'au risque ?

Les niveaux de concentration de fibres, mesurés sur l'affleurement naturel de Termignon au moment de perturbations humaines des roches, posent la question de l'impact pour la santé des populations qui fréquentent même ponctuellement les affleurements.

Si les campagnes météorologiques ont permis de montrer l'importance de la fréquentation du site dans l'émission des fibres, en revanche, les résultats ne permettent pas d'apprécier toutes les circonstances d'exposition. On peut simplement dire que les populations qui seraient restées une trentaine de minutes sur l'affleurement avec une activité particulièrement perturbatrice des sols ont été soumises à des concentrations de plusieurs centaines de fibres par litre d'air. Ces circonstances d'exposition des populations ne rejoignent pas celles qui ont servi à établir les repères de risques.

À partir d'observation de mésothéliomes et de cancers du poumon dans des cohortes professionnelles, une relation dose-réponse a été élaborée [1]. Le modèle linéaire a été jugé approprié pour quantifier, à partir de la dose de fibres d'amiante, l'excès de mortalité par cancer du poumon et mésothéliome pour les situations suivantes :

- des concentrations de fibres dans l'air allant de 0,1 F/L à 1 000 F/L bien que les relations dose-réponse aient été établies à partir d'exposition moyenne allant de 2 000 F/L à 250 000 F/L ;
- une durée d'exposition vie entière (i.e. avec une exposition sur une période de 60 ans) ;
- une exposition continue avec une fréquence d'exposition de 40h/sem pendant 48sem/an.

Il n'y a pas de cohérence entre les concentrations mesurées et la relation dose-réponse. Il n'est donc pas possible d'utiliser les concentrations dans l'air mesurées pour calculer un risque sanitaire.

## 6. Conclusions et recommandations

L'utilisation de deux méthodes complémentaires d'évaluation des expositions, par l'expertise et la mesure, a permis de prioriser les sites sur lesquels une action de gestion paraît nécessaire selon les circonstances d'exposition de la population. Cette étude montre néanmoins l'importance des données de mesures quantitatives afin de donner une réalité à des données de nature qualitative, notamment dans une perspective d'évaluation de l'exposition des populations.

La fréquentation des affleurements produisant des perturbations plus ou moins agressives de la roche amiantifère peut conduire à une exposition de la population sur les affleurements naturels d'amiante en France continentale. Des propositions de mesures visant à réduire l'accès aux affleurements ont été transmises à la DGS et aux Ddass localement sur les sites de Val-de-Péas à Château-Ville-Vieille (05) et la Girarde à Termignon (73) (annexe 14).

Pour les autres sites, les maires des communes comportant des affleurements d'amiante avérés ont été informés par courrier accompagné d'une note présentant les principales caractéristiques du site (annexe 14). Un certain nombre d'autres zones géographiques, concernées par les aléas 1, 2 et 3 présente une probabilité d'occurrence de roches amiantifères plus ou moins importante. Si des formations de roches amiantifères sont mises à nu à l'occasion de travaux de terrassement par exemple, elles sont susceptibles d'être une source de fibres d'amiante dans l'air. Il paraît judicieux de mettre à disposition ces données cartographiques des aléas 1, 2 et 3 à un niveau local afin d'encadrer les travaux de terrassement dans des zones d'occurrence de formations géologiques susceptibles de porter des minéraux amiantifères. Dans ce sens, à un niveau national, un examen des possibilités offertes par les nouveaux textes réglementaires d'urbanisme serait à envisager.

# Références bibliographiques

- [1] Inserm. Effets sur la santé des principaux types d'exposition à l'amiante. Éditions Inserm 1997; expertises collectives. Paris.
- [2] Décret n°96-97 du 7 février 1996 relatif à la protection de la population contre les risques sanitaires liés à une exposition à l'amiante dans les immeubles bâtis. Arrêté du 7 février 1996 relatif aux conditions d'agrément d'organismes habilités à procéder aux contrôles de la concentration en poussières d'amiante dans l'atmosphère des immeubles bâtis. Arrêté du 7 février 1996 relatif aux modalités d'évaluation de l'état de conservation des flocages et des calorifugeages contenant de l'amiante et aux mesures d'empoussièrement dans les immeubles bâtis., Journal Officiel, (1996).
- [3] Exposition environnementale à l'amiante chez les personnes riveraines d'anciens sites industriels et d'affleurements naturels - Choix méthodologiques, analyse des données disponibles, modalités de recueil. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, mars 2007, 65 p.
- [4] Laamanen A, Noro L, Raunio V. Observations an atmospheric air pollution caused by asbestos. *Ann N Y Acad Sci* 1965;132:240-5.
- [5] Wagner JC, Sleggs CA, Marchand P. Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure in the North Western Cape Province. *Br J Ind Med* 1960;17:260-71.
- [6] Camus M, Siemiatycki J, Meek B. Nonoccupational exposure to chrysotile asbestos and the risk of lung cancer. *N Engl J Med* 1998;338:1565-71.
- [7] De Guire L, Lajoie P. Fibres d'amiante dans l'air intérieur et extérieur et épidémiologie des maladies reliées à l'exposition à l'amiante au Québec - Résumé et recommandations des rapports - Édition révisée. 2003. Institut national de santé publique du Québec.
- [8] McDonald AD, McDonald JC. Malignant mesothelioma in North America. *Cancer* 1980;46:1650-6.
- [9] Magnani C, Terracini B, Ivaldi C, Botta M, Mancini A, Andrion A. Pleural malignant mesothelioma and non-occupational exposure to asbestos in Casale Monferrato, Italy. *Occup Environ Med* 1995;52:362-7.
- [10] Magnani C, Agudo A, Gonzalez CA, Andrion A, Calleja A, Chellini E, *et al.* Multicentric study on malignant pleural mesothelioma and non-occupational exposure to asbestos. *Br J Cancer* 2000;83:104-11.
- [11] Counil E, Daniau C, Isnard H. Étude de santé publique autour d'une ancienne usine de broyage d'amiante: le Comptoir des minéraux et matières premières à Aulnay-sous-Bois (Seine-Saint-Denis). Pollution environnementale entre 1938 et 1975: impacts sanitaires et recommandations. Rapport final. Saint-Maurice (fra) : Institut de veille sanitaire, décembre 2007, 254 p.
- [12] BRGM. Évaluation de l'exposition aux fibres d'amiante des populations riveraines d'anciens sites industriels d'exploitation ou de transformation de l'amiante. Rapport BRGM/RP-51089-FR 2001.
- [13] Hillerdal G. Mesothelioma: cases associated with non-occupational and low dose exposures. *Occup Environ Med* 1999;56:505-13.
- [14] Pasetto R, Comba P, Marconi A. Mesothelioma associated with environmental exposures. *Med Lav* 2005;96:330-7.
- [15] Goldberg P, Goldberg M, Marne MJ, Hirsch A, Tredaniel J. Incidence of pleural mesothelioma in New Caledonia: a 10-year survey (1978-1987). *Archives of Environmental Health* 1991;46:306-9.
- [16] Baris I, Artvinli M, Sahin A, Savas T, Erkan ML. Étude du mésothéliome pleural malin, de la pleurésie fibrosante chronique et des plaques pleurales liées à l'environnement en Turquie. *Revue française des maladies respiratoires* 1979;7:687-94.
- [17] CDPHE. Screening level evaluation of potential human health risks from exposure to asbestos at the northwest neighbourhood of the former Lowry air force base. State of Colorado. 2003.
- [18] Billon-Galland MA, Dufour G, Gaudichet A, Boutin C, Viallat JR. Environmental airborne asbestos pollution and pleural plaques in Corsica. *Ann Occup Hyg* 1988;32:497-504.
- [19] Ddass de Haute-Corse. Mesures de la teneur de l'air en fibres d'amiante d'origine environnementale dans un échantillon de communes du département de la Haute-Corse. Rapport des campagnes 2001, 2002 et 2003. 2004.

- [20] Rey F, Boutin C, Viallat JR, Steinbauer J, Alessandrini P, Jutisz P, *et al.* Environmental asbestotic pleural plaques in northeast Corsica: correlations with airborne and pleural mineralogic analysis. *Environ Health Perspect* 1994;102 Suppl 5:251-2.
- [21] BRGM. Recensement et classement des sites naturels amiantifères et des formations géologiques potentiellement amiantifères en France. Rapport BRGM/RP-53599-FR 2006.
- [22] BRGM. Recensement et classement des sites naturels et formations géologiques potentiellement amiantifères en France - Phase 2 : diagnostic de 20 sites. Rapport BRGM/RP-55218-FR 2007. BRGM.
- [23] InVS. Grille de lecture pour l'évaluation du risque sanitaire. 2000. Saint-Maurice.
- [24] Ineris. Guide d'évaluation du risque sanitaire. 2003.
- [25] Chatenet B, Marticorena B, Gomes L, Bergametti G. Assessing the actual grain size-distribution of desert soils erodible by wind. *Sedimentology* 1996;43:901-11.
- [26] US-EPA. Guidelines for Exposure Assessment. Office of Health and Environmental Assessment. 1992;57 (104):22888-22938.
- [27] Weis CP. Amphibole Mineral Fibers in Sources Materials in Residential and Commercial Areas of Libby Pose: an Imminent and Substantial Endangerment to Public Health. Memorandum from Christopher O. Weis, US-EPA Regional Toxicologist, to Paul Peronard, US-EPA On-Scene Coordinator for the Libby Asbestos Site. 2001. US-EPA.
- [28] INSPQ. Fibres d'amiante dans l'air intérieur et extérieur : état de situation au Québec. Sous-comité sur la mesure de l'exposition. 2003: 1-103. INSPQ-2003-053.
- [29] California geologic survey. Guidelines for geologic investigations of naturally occurring asbestos in California. Special publication 124. Edited by JP Clinkenbeard, RK Churchill, K Lee. 2002.
- [30] Bardossy A, Duckstein L. Analysis of karstic aquifer management problem by fuzzy composite programming. *Water Resour Bull* 1992;28 (1):63-73.
- [31] Hagemester M, Jones D. Hazard ranking of landfills using fuzzy composite programming. *Journal of environmental engineering* 1996;248-58.
- [32] Dejour Salamanca D, Beaudeau P. Facteurs de risque domestiques des légionelloses communautaires sporadiques : proposition d'un modèle de construction de l'exposition aux légionelles au domicile. Mémoire de DEA "Méthode de recherche en santé environnement" Grenoble et Paris V 2003:-67.
- [33] Colorado Department of Public Health and Environment. Asbestos contaminated soil guidance document. 2006, revised 2007. 77p.
- [34] Stout J. Dust and environment in the Southern High Plains of North America. *Journal of Arid Environments* 2001;47:425-41.
- [35] Novlan D, Hardiman M, Gill T. A synoptic climatology of blowing dust events in El Paso, Texas from 1932-2005. 2005. NOAA.
- [36] Lepi. Étude sur l'impact sanitaire de l'exposition environnementale à l'amiante chez des personnes riveraines d'affleurements naturels. 2007.
- [37] Cadiou H. La mesure du vent : sa perturbation par les obstacles. Note technique : service des équipements et des techniques instrumentales de la météorologie 96 A.D. Météo-France.
- [38] US-EPA. Asbestos Assessment for El Dorado Hills. 2005.
- [39] Weis CP. Fibrous Amphibole Contamination in Soil land Dust at Multiple Locations in Libby Poses an Imminent and Substantial Endangerment to Public Health. an Addendum to my Memorandum of May 10, 2000. Memorandum from Christopher O. Weis, US-EPA Regional Toxicologist, to Paul Peronard, US-EPA On-Scene Coordinator for the Libby Asbestos Site. 2001. an Addendum to my Memorandum of May 10, 2000.
- [40] WHO. Asbestos and other natural mineral fibres: environmental health criteria. International Programme on Chemical Safety 1986;53.
- [41] Mossman BT, Bignon J, Corn M, Seaton A, Gee JB. Asbestos: scientific developments and implications for public policy. *Science* 1990;247:294-301.

# Annexe 1 - Circulaire du 17 août 2005 destinées à l'inspection des installations classées relative aux anciens sites industriels d'exploitation ou de transformation d'amiante

**Direction  
de la Prévention  
des Pollutions et des Risques**



Service de l'Environnement Industriel

Paris, le 17 août 2005

Bureau de la pollution des sols  
et des pollutions radioactives

Affaire suivie par :

Arnaud BESNARD

tel : 01 42 19 23 87 - fax : 01 42 19 14 67

[arnaud.besnard@ecologie.gouv.fr](mailto:arnaud.besnard@ecologie.gouv.fr)

L:\VAC\DP\PR\modifs\_sites\_ssp\rubriques à créer ou à mettre à jour\Créer\_circulaire\_amiante\_120505.doc

La Ministre

à

Mmes et MM les Préfets de département

objet : Inspection des installations classées

Anciens sites industriels d'exploitation ou de transformation d'amiante

Mon attention a été attirée par une étude réalisée en 2000-2001 relative à l' « Evaluation de l'exposition aux fibres d'amiante des populations riveraines d'anciens sites d'exploitation ou de transformation de l'amiante ».

Cette étude menée sur les anciens sites d'exploitation ou de transformation de l'amiante a permis d'établir une liste de 219 sites, susceptibles d'avoir présenté un risque d'exposition aux fibres d'amiante. Cette liste, qui figure en annexe de l'étude 2001 (rapport BRGM/RP-51089-FR), a été élaborée suite à un premier recensement des sites ayant travaillé l'amiante en France. Certains secteurs d'activité comme les entreprises de pose d'isolations thermiques, phoniques ou de calorifuges ainsi que les activités de distribution des produits amiantifères ont été exclus en raison de leur caractère non classable au regard de la réglementation. Cette liste a été complétée par une nouvelle extraction BASIAS portant sur l'ensemble des départements couverts par BASIAS en juin 2005 (68 départements contre 16 en 2001). La liste complète des sites (liste de l'inventaire 2001 + extraction BASIAS 2005) figure en annexe 1. Cette liste est donc non exhaustive et correspond aux connaissances du moment.

Le décret n° 96-113 du 24 décembre 1996 relatif à l'interdiction de l'amiante a eu pour conséquence un arrêt de l'utilisation de l'amiante dans les exploitations utilisant cette fibre minérale. Ainsi, les exploitations ont soit cessé leurs activités, soit modifié leurs productions et sont dans ce dernier cas toujours en activité.

Il m'apparaît nécessaire de disposer d'un état des lieux de la situation actuelle de ces sites, compte tenu notamment des mesures prises lors des cessations d'activité.

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable  
20, avenue de Ségur – 75302 Paris 07 SP  
tél : +33 1 42 19 20 21 – [www.ecologie.gouv.fr](http://www.ecologie.gouv.fr)

Vous distinguerez dans un premier temps, en vous appuyant sur les données dont vous disposez, les installations relevant de la législation sur les installations classées des autres. Je vous rappelle que vous n'avez pas compétence pour exercer un pouvoir de police sur les installations non classées, sauf à ce que vous mettiez en œuvre, dans des situations extrêmement spécifiques toutefois :

- votre pouvoir de substitution à celui du Maire de la commune,
- l'article L514-4 du Code de l'Environnement.

S'agissant des installations classées de la liste jointe en annexe 1, vous demanderez à l'inspection des installations classées de procéder aux vérifications et investigations suivantes, dont elle rendra compte dans une fiche à créer (ou compléter) sous SEIBASOL :

- ① Confirmation des installations effectivement susceptibles d'avoir utilisé ou émis de l'amiante en distinguant les sites qui ont reconverti leur activité et encore en exploitation de ceux qui ont cessé leurs activités, immédiatement après le décret ou postérieurement.
- ② Pour les établissements encore en exploitation :
  - a) Récapitulatif des actions qui ont été engagées par les exploitants après l'interdiction d'utilisation de l'amiante,
  - b) Récapitulatif des différentes investigations menées sur l'état des sols.
- ③ Pour les établissements qui ont cessé leur activité :
  - a) Liste des dispositions de remise en état proposées par les exploitants,
  - b) Récapitulatif des différentes campagnes de mesures de fibres d'amiante dans l'environnement après la remise en état du site, en précisant si l'inspection des installations classées était présente lors de ces campagnes de mesures,
  - c) Liste des différentes servitudes d'utilité publique ou dispositifs de restriction d'usage mises en place sur ces sites,
  - d) Indication des changements d'usage des sols intervenus depuis la fermeture des sites, et vérification des éventuelles manipulations de terrains (terrassements, excavation, déblaiement, ...).
  - e) Dans le cas où aucune restriction d'usage n'a été mise en place et où le dossier ne fait pas état des dispositions de remise en état prises en fin d'activité, il conviendra que l'inspection réalise une visite du site afin de s'assurer de son innocuité vis à vis des tiers.

En tout état de cause, il conviendra de centrer en priorité les investigations sur les sites se trouvant à proximité d'établissements sensibles (établissements scolaires, crèches, établissements d'hébergement d'enfants handicapés).

Un questionnaire récapitulant les investigations demandées à l'occasion d'une telle visite sur site et servant de support à leur réalisation vous est fourni en annexe 2.

De manière générale, il me semble nécessaire de rappeler deux points importants à prendre en considération dans la réalisation de cette investigation :

- il est possible que l'inspection du travail dispose de données sur les sites arrêtés suite à l'interdiction de l'amiante en 1996 ; il peut donc être utile que l'inspection des installations classées se rapproche de ces services pour compléter les informations dont elle dispose,
- s'agissant des risques d'envols de poussières dus à la présence d'amiante dans les bâtiments eux-mêmes (toitures en fibro-ciment, flocages...), il convient de se rattacher aux dispositions du décret du 7 février 1996.

Vous trouverez également, en annexe 3, différents éléments d'information sur l'amiante, ainsi que des éléments d'appréciation sur les différentes investigations environnementales menées autour de certains sites d'extraction ou d'exploitation d'amiante.

Enfin, dans le cas où les différents inventaires ne feraient mention d'aucun site dans votre département, il conviendrait de mener les actions décrites dans la présente circulaire sur les sites dont vous avez déjà connaissance. Il ne me semble en revanche pas opportun de déployer des moyens d'inventaire spécifique compte tenu du travail déjà en cours portant sur les Inventaires Historiques Régionaux (BASIAS).

Compte-tenu de l'ensemble de ces éléments, je vous prie de bien vouloir me transmettre un programme de mise en œuvre de ces actions, accompagné d'un échéancier n'excédant pas le 31 décembre 2006. Une réponse sous un mois m'obligerait.

Pour le ministre,  
le directeur de la prévention des  
pollutions et des risques,  
délégué aux risques majeurs

Thierry TROUVÉ

## Annexe 2 - Les variétés d'amiante

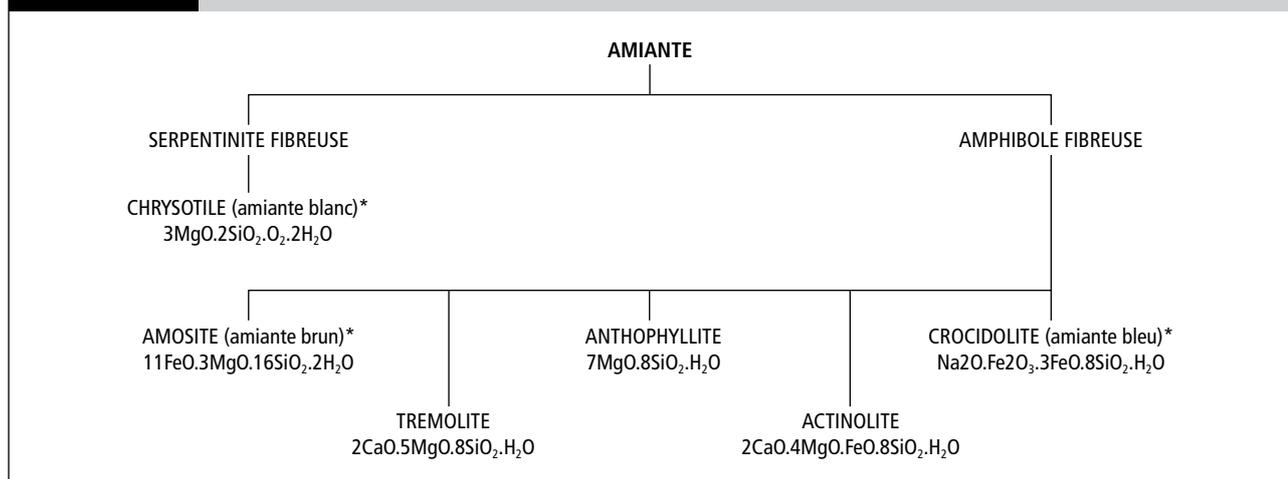
### DÉFINITIONS

Le mot "amiante" est un terme d'origine commerciale, limité à 6 minéraux naturels fibreux (actinolite, amosite, anthophyllite, crocidolite, trémolite et chrysotile) d'usage industriel, appartenant à deux séries cristallographiques de silicates bien distincts (figure 1) :

- le groupe des serpentines ;
- le groupe des amphiboles.

Au sens de la législation, le terme "amiante" désigne ces 6 silicates fibreux, ainsi que tout mélange fibreux contenant un ou plusieurs des silicates fibreux susmentionnés.

FIGURE 1 LES 6 MINÉRAUX FIBREUX "AMIANTE"



\* Espèces d'amiante d'importance commerciale.

Pour information, il existe dans le sous-sol des dizaines d'autres espèces minérales présentant un faciès fibreux ou fibriformes ; ceux-ci ne font pas l'objet de cette étude.

### LA SERPENTINE FIBREUSE

D'un point de vue de l'usage industriel, le minéral prépondérant est le **chrysotile** (ou "amiante blanc"), qui constitue 95 % de l'amiante commercialisé par le passé.

Il s'agit d'un silicate de magnésium dont l'aspect fibreux est dû au fait que ses couches silicatées tétraédriques sont formées de feuillets enroulés formant des tubes.

Pour mémoire, les autres minéraux du groupe des serpentines sont l'antigorite et la lizardite mais n'ont pas un aspect fibreux. Ces minéraux silicatés se présentent en lamelles pour la lizardite ou en couches ondulées pour l'antigorite et sont souvent contenus dans des roches vert sombre, d'où leur noms serpentinite ou serpentine. Dans cette étude, le nom de serpentine ou serpentinite est réservé aux minéraux et non pas à la roche qui les contient.

### LES AMPHIBOLES FIBREUSES

D'un point de vue de l'usage industriel, les 5 amphiboles "amiante" constituent seulement 5 % de l'amiante commercialisé par le passé.

La **crocidolite** est une variété fibreuse de l'amphibole connue sous le nom de Riebeckite. Il s'agit du seul minéral de la série à présenter un

aspect asbestiforme, c'est-à-dire des fibres *sensu stricto*, généralement assez souples. Elle est communément appelée "amiante bleu", car souvent caractérisée par cette couleur. Son exploitation commerciale s'est essentiellement réalisée en Afrique du Sud.

L'**amosite** ou "amiante brun" est une amphibole fibreuse de la série de la cummingtonite. Elle a été exploitée commercialement pour l'essentiel en Afrique du Sud. Les fibres ont tendance à être droites et cassantes et souvent plus larges que les fibres de chrysotile ou de crocidolite.

Le nom "anthophyllite" est dérivé du mot latin pour clou de girofle en référence à sa couleur brunâtre. Comme l'amosite, l'**anthophyllite** ( $(Mg, Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$ ) fait partie de la série de la cummingtonite. La qualité industrielle des fibres d'anthophyllite (moindre résistance que la crocidolite) fait que ce minéral n'a pas été exploité à grande échelle pour l'amiante. Les principaux affleurements se situent en Norvège et aux États-Unis (Pennsylvanie).

La **trémolite** et l'**actinolite** appartiennent à une série minéralogique où les cations de fer et de magnésium peuvent se substituer facilement. Trémolite et actinolite se trouvent couramment associées dans les roches métamorphiques. À signaler qu'une variété très dure et peu fibreuse d'actinolite, la néphrite (aussi appelée "jade néphrite" ou jadéite), est connue comme pierre semi-précieuse.

### BIBLIOGRAPHIE

BRGM. Recensement et classement des sites naturels amiantifères et des formations géologiques potentiellement amiantifères en France. Rapport BRGM/RP-5 3599-FR 2006.

# Annexe 3 - Lexique des termes de la fiche de recueil des caractéristiques de l'affleurement et de son environnement

La définition des paramètres a été proposée conjointement par le BRGM et l'InVS. La définition des paramètres donne une vision de l'évolution, de l'amélioration de la fiche d'informations au cours de son élaboration.

## AMIANTE

Le terme "amiante" désigne 6 minéraux naturels fibreux (actinolite, amosite, anthophyllite, crocidolite, trémolite et chrysotile) d'usage industriel, appartenant à deux séries cristallographiques de silicates (groupe des serpentines et groupe des amphiboles), ainsi que tout mélange fibreux contenant un ou plusieurs des silicates fibreux susmentionnés.

## AFFLEUREMENT (D'AMIANTE NATUREL)

Partie d'un terrain visible à la surface de la terre, c'est-à-dire sans recouvrement de formations superficielles (sol, alluvions). On parlera donc d'affleurement d'amiante pour désigner des roches contenant de l'amiante en contact direct avec l'atmosphère. On parlera d'affleurement naturel pour désigner des terrains mis à nu par des phénomènes géologiques (érosion, tectonique...) par opposition à des affleurements artificiels générés par l'action de l'homme (exemples : front de taille de carrière, galerie de mine, talus routier...).

## ROCHE (AMIANTIÈRE)

Matériau constitutif de l'écorce terrestre, formé d'un assemblage de minéraux. On parlera de roche amiantifère ou "amiantée", pour désigner une roche contenant des fibres d'amiante.

À ce jour, il n'existe pas de définition d'un matériau amiantifère naturel (roche) ou manufacturé, en terme de teneur en fibres d'amiante. Il est proposé par certains de se référer à la valeur minimale de 0,1 % pondéral en amiante dans un matériau, par analogie avec des substances cancérigènes incorporées dans les matériaux et produits. Cette proposition ne tient pas compte du risque réel d'exposition en fonction de la nature des fibres, de leur conditionnement, des processus de leur émission (fractionnement, défibrillation...) dans l'air. Elle est difficilement transposable à ce polluant minéral susceptible d'être disséminé sous forme très fine : par exemple, un sable contaminé par 0,1 % d'amiante en masse contient des milliards de fibres par kilogramme.

## NATURE DES FIBRES D'AMIANTE

L'analyse en laboratoire d'échantillon de roche représentatif doit permettre d'apprécier le (ou les) types de fibres d'amiante (actinolite, amosite, anthophyllite, crocidolite, trémolite et/ou chrysotile).

## LA PROPORTION DES FIBRES D'AMIANTE

L'analyse en laboratoire d'échantillon de roche représentatif permet d'estimer, pour les différentes natures de fibres d'amiante, la proportion (exprimée en pourcentage pondéral) d'amiante présente dans la roche : constituant majoritaire (>50 %), abondant (10 à 50 %), présent (1 à 10 %), en traces (0,1 à 1 %), en infratracés (<0,1 %).

## DEGRÉ DE FRIABILITÉ (DE LA ROCHE AMIANTIÈRE)

On parlera de roche friable pour parler d'une roche qui peut facilement se réduire en menus fragments, en poudre (friabilité de la craie, par exemple) ; le degré de friabilité d'une roche est donc l'aptitude intrinsèque de cette roche à se réduire sous une action mécanique donnée (écrasement, grattage, érosion...) ; la friabilité est une propriété inversement proportionnelle à la dureté et à la compacité ; dans le cas des roches amiantifères, on distinguera trois degrés de friabilité, définis comme suit :

- faible : il s'agira de roches compactes, homogènes, renfermant des fibres peu visibles et ennoyées dans une matrice non fibreuse dominante (aspect général non fibreux) ; les fibres sont courtes (longueur moyenne millimétrique) et le caractère fibreux est peu ou pas visible à l'œil nu ; la libération de fibres nécessite une action mécanique importante (de type broyage) ;
- moyen : il s'agira de roches moyennement compactes, hétérogènes avec alternance de zones fibreuses et de zones non fibreuses ; les fibres sont assez courtes (longueur moyenne centimétrique) et le caractère fibreux est visible à l'œil nu, sans être significatif ; la libération de fibres nécessite une action mécanique moyenne (de type concassage) ou une action manuelle significative (de type écrasement avec marteau) ;
- fort : il s'agira de roches peu compactes, d'aspect fibreux marqué voire "cotonneux", constituées de fibres de longueurs pluricentimétriques ; la libération de fibres requiert une simple action manuelle (de type grattage ou écrasement léger).

## SUPERFICIE TOTALE DE L'AFFLEUREMENT

Il s'agit de donner une estimation en m<sup>2</sup> de la surface totale de la carrière ou de l'affleurement naturel.

La superficie du site est une information objective. Associé à la morphologie du site (nouveau paramètre), il est possible de déterminer la superficie efficace d'émission faisant intervenir la susceptibilité de la surface à l'érosion.

## **SUPERFICIE EFFICACE DE L'AFFLEUREMENT**

La surface efficace de l'affleurement est définie par la surface de roche amiantifère au contact avec l'atmosphère en tenant compte de la surface totale, de la morphologie de la carrière ou de l'affleurement naturel et du degré de végétalisation.

## **DEGRÉ DE VÉGÉTALISATION DE LA SURFACE**

Il s'agit d'estimer la proportion (exprimée en %) de la surface totale de la carrière ou de l'affleurement naturel (re-)végétalisée.

Il paraît nécessaire de différencier pour le paramètre concernant la végétalisation au niveau de la surface d'affleurement : la densité de la couverture végétale (%) de la hauteur de la couverture végétale et des éléments non érodables (cm).

On différenciera degré de végétalisation et rugosité, la rugosité s'intéressant à des obstacles de toute nature pouvant intervenir pour limiter l'envol de fibre à partir de la surface de l'affleurement.

## **MORPHOLOGIE DE LA CARRIÈRE OU DE L'AFFLEUREMENT NATUREL**

Il s'agit de donner une appréciation de l'état de la surface (caractère plus ou moins "accidenté") de la carrière ou de l'affleurement naturel, synonyme de surface développée plus ou moins grande (site en pente, site en teruil, en vallée, sur plan, en fosse, en cuve, en bassin). Un site présentant une surface d'affleurement particulièrement exposée aux vents (un teruil par exemple) engendrera une émission plus importante qu'un site dont la surface d'affleurement est protégé des vents (une fosse, une cuve ou un bassin par exemple).

## **CONFIGURATION DU SITE**

Ce dernier paramètre concerne la description de l'environnement proche du site pour déterminer si les conditions de vents de la station météorologique la plus proche sont applicables localement (affleurement sur le versant d'une montagne, en forêt, protégé par des murs, ou tout obstacle pouvant avoir une influence sur la dispersion par le vent). Ce paramètre se rapproche de la description de la morphologie du site, mais l'objectif est différent pour ce dernier puisqu'il doit être renseigné dans l'objectif de renseigner le potentiel de dispersion. La description pour renseigner ce paramètre correspond donc à celle de l'environnement du site, les abords de l'affleurement naturel plutôt que la surface d'affleurement elle-même.

## **SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET CONDITIONS MÉTÉORIQUES D'ALTÉRATION DE LA ROCHE AMIANTIFÈRE**

Il s'agit de préciser la situation géographique du site (description de la zone climatique associant la situation géographique) afin d'appréhender assez simplement le climat et les conditions météoriques qui lui sont liées, en terme de facteurs d'altération de la

roche amiantifère, conduisant à sa fragmentation et à l'émission de fibres d'amiante libres; ces facteurs sont essentiellement l'eau et la température, agissant de manière combinée dans la dissolution des minéraux et surtout dans la gélifraction (fragmentation de la roche sous l'action du gel); on parlera par exemple, de zone de plaine à climat océanique, de zone de moyenne-montagne, etc.

Le nouveau paramètre combinant la situation géographique et les conditions météoriques d'altération de la roche permet de renseigner le potentiel d'émission (fragmentation de la roche). Il associe des informations : humidité du sol et de l'air, température, vent. On peut également ajouter, comme facteur pouvant influencer le potentiel d'émission, le facteur concernant l'ensoleillement ou le niveau d'enneigement.

Il est important de dissocier les facteurs météorologiques intervenant dans le phénomène d'émission de ceux intervenant dans le phénomène de dispersion (vitesse et orientation du vent principalement).

## **LES FACTEURS MÉTÉOROLOGIQUES**

Les informations concernant les facteurs météorologiques sont :

- la température;
- l'humidité et la pluviosité;
- la vitesse du vent.

Ces facteurs ne sont plus détaillés dans la nouvelle fiche de recueil. Ils sont décrits par le nouveau paramètre combinant la situation géographique et les conditions météoriques d'altération de la roche et sont associés pour déterminer le potentiel d'émission.

Le potentiel de dispersion d'amiante autour du site fait également intervenir les facteurs météorologiques et en particulier la vitesse et l'orientation du vent. Cependant, l'échelle nécessaire pour la description de la vitesse et de l'orientation des vents est incompatible avec les données de la station météorologique locale. Les conditions météorologiques concernant les vents sont toutefois déterminantes pour estimer le potentiel de dispersion et doivent être décrites. Le diagnostic du site n'étant pas adapté au recueil de ce paramètre, il pourrait être estimé au moment de la réalisation de la campagne de mesure.

De même, la pluviosité peut intervenir dans la dispersion des fibres en favorisant le ruissellement.

## **LES SOURCES SECONDAIRES D'AMIANTE**

Il paraît nécessaire d'identifier l'ensemble des sources secondaires d'émission et de dispersion d'amiante. L'identification de cours d'eau à proximité immédiate de l'affleurement et susceptible de transporter des fragments de roche amiantifère peut être à l'origine de sources secondaires d'envol de fibre d'amiante. Ces sources secondaires sont renseignées par la présence ou non de cours d'eau, de la présence ou non de fragments de roche amiantifère dans le lit du cours d'eau et la localisation de ces fragments sur une carte au 1:25 000.

D'autres sources peuvent être également identifiées sans dépendre d'un cours d'eau. C'est le cas par exemple du transport de roche par l'homme pour son exploitation.

## Annexe 4 - Fiche de recueil des caractéristiques de l’affleurement de roche amiantifère

Les caractéristiques sont regroupées selon les rubriques suivantes :

- les informations administratives sur les sites et une description générale de l’affleurement ;
- l’identification, par l’observation, de la présence de minéraux fibreux à l’affleurement ;
- les informations nécessaires à l’estimation de l’émission de fibres d’amiante en provenance du site ;
- les informations nécessaires à l’estimation de la dispersion de fibres autour de l’affleurement ;
- les informations nécessaires à l’estimation de l’exposition des populations riveraines des sites.

• Informations générales sur le site (rubriques 1 à 5) :

- nom du site dans la Banque du sous-sol (BSS) ou dans l’inventaire des ressources minérales de la France ;
- nom de la commune et département ;
- latitude et longitude en coordonnées Lambert 2 étendues et altitude ;
- extrait de la carte IGN au 1/25 000 ;
- extrait de la carte géologique au 1/50 000 et description lithologique dans la notice d’accompagnement de la carte.

Cette première partie est renseignée avant l’intervention sur site et est destinée à la préparer au mieux.

• Descriptif général de la carrière ou de l’affleurement naturel par un texte libre et des photos (rubrique 6).

• Identification de la présence de minéraux fibreux à l’affleurement par observation (rubrique 7).

• Caractéristiques intervenant dans l’émission de fibres d’amiante du site (rubrique 8) :

- description de la roche ;
- nature et proportion de fibres d’amiante déterminée par analyse en laboratoire. Cette question nécessite le prélèvement d’échantillons de roches afin d’établir le potentiel dangereux de l’amiante et de déterminer les niveaux de contamination des sols ;
- estimation du degré de friabilité de la roche (faible, moyen, fort) ;

- estimation de la surface totale de la carrière ou de l’affleurement naturel ;
- description de la morphologie de la carrière ou de l’affleurement naturel ;
- estimation du degré de végétalisation de la surface de la carrière ou de l’affleurement naturel ;
- situation géographique et conditions météoriques d’altération de la roche amiantifère.

• Caractéristiques intervenant dans la dispersion de fibres d’amiante autour du site (rubrique 9) :

- estimation du niveau de dispersion d’amiante sous forme de fibres libres issues des conditions météoriques et de la configuration du site (texte libre et cotation : faible, moyen, fort) ;
- estimation du niveau de dispersion d’amiante sous forme de fragments rocheux (présence d’un cours d’eau à proximité pouvant transporter des fragments de roche amiantifère) ;
- description et report sur plan de la localisation des fragments observés (+ photographies et agrandissement scan 1/25 000 éventuels).

• Caractéristiques intervenant dans l’exposition de personnes (rubrique 10) :

- présence et nombre d’habitations ou autres bâtiments dans un rayon de 2 km autour du site (+ photographies et agrandissement scan 1/25 000 éventuels) ;
- répartition des habitations dans divers rayons autour du site (200 m, 500 m, 1 km, 2 km) ;
- description d’autres témoignages d’une activité humaine dans un rayon de 2 km du site.

• Questionnement des riverains des sites, en cas d’absence de minéraux fibreux observés sur site, sur l’existence d’une éventuelle activité concernant l’amiante par le passé (rubrique 11).

**FIGHE de recueil de données sur SITE D'ALEA 4**

**Anciennes exploitations et affleurements naturels avérés d'amiante**

**1** Nom du site dans la BSS ou dans l'inventaire des ressources minérales de la France

.....  
 .....  
 .....

**2** Commune

.....  
 .....

Département

**3** Coordonnées Lambert 2 étendu

X ..... Y ..... Z .....

Altitude

Coordonnées acquises par :

GPS  Carte IGN  Autre moyen  préciser :

**4** Extrait de la carte IGN 1/25 000

~~.....  
 .....~~

**5** Extrait de la carte géologique 1/50 000

~~.....  
 .....~~

Description lithologique dans la notice d'accompagnement de la carte :

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**6** Descriptif général de la carrière ou de l'affleurement naturel (texte libre + photos)

.....  
 .....  
 .....

**7** Observe-t-on la présence de minéraux fibreux à l'affleurement ?

Oui – Si oui, passer à la rubrique 8  Non – Si non, passer à la rubrique 11

**8** Potentiel d'émission de fibres d'amiante du site

Description de la roche (texte libre) :

.....  
 .....

**Nature & proportion (%) de fibres d'amiante** déterminées par analyse en laboratoire (entourer la ou les espèces minérales identifiées)

- Chrysotile
- Amosite
- Crocidolite
- Anthophyllite
- Trémolite
- Actinolite

**Estimation du degré de friabilité** de la roche amiantifère

- Faible
- Moyen
- Fort

**Estimation de la superficie totale** de la carrière ou de l'affleurement naturel (en m<sup>2</sup>)

.....m<sup>2</sup>

**Description de la morphologie** de la carrière ou de l'affleurement naturel (site en pente, en teril, sur plan, en fosse, en cuve, en bassin, etc.) (texte libre) :

.....  
 .....

**Estimation de la superficie efficace** de la carrière ou de l'affleurement naturel (en m<sup>2</sup>). Dépend de la morphologie de la carrière.

.....m<sup>2</sup>

Pourquoi la superficie efficace est différente de la superficie totale ? (texte libre) :

.....  
 .....

**Estimation du degré de végétalisation de la surface (ou autre type de revêtement)** de la carrière ou de l'affleurement naturel (%)

.....%





# Annexe 5 - Procédure d'analyse des roches prélevées sur les affleurements

## DÉFINITION DU TERME "AMIANTE"

Pour mémoire, au sens de la législation, le terme "AMIANTE" désigne les silicates fibreux suivants :

- . actinolite
  - . amosite
  - . anthophyllite
  - . crocidolite
  - . trémolite
- } **groupe des amphiboles**
- . chrysotile
- } **groupe des serpentines**

ainsi que tout mélange fibreux contenant un ou plusieurs des silicates fibreux sus-mentionnés.

## PROCÉDURE D'ANALYSE

L'étude en laboratoire consiste, dans un premier temps, en l'examen de l'échantillon sous loupe binoculaire et/ou par microscopie optique, afin de procéder à la description globale du matériau, puis à la sélection et au prélèvement des constituants fibreux.

Selon la présentation du matériau, l'identification de l'amiante est menée, soit par microscopie optique en lumière polarisée (MOLP) dans les cas simples, soit par microscopie électronique à balayage (MEB) ou soit par microscopie électronique à transmission analytique (META).

### Analyse par MOLP

Il est procédé à la préparation d'une ou plusieurs lames en liqueur d'indice, puis à leur examen au microscope optique en lumière polarisée, conformément au document technique MDHS n° 77 de juin 1994.

Cette méthode d'analyse n'est pas applicable à certains matériaux renforcés, aux fibres enrobées et/ou altérées, ainsi qu'aux fibres de très faible diamètre.

### Analyse par MEB ou META

L'identification de l'amiante est effectuée en tenant compte des trois critères complémentaires d'identification suivants :

- faciès asbestiforme ;
- structure cristalline d'une amphibole ou du chrysotile ;
- composition chimique des fibres.

Des prises représentatives de l'échantillon sont broyées et déposées sur grilles de microscope électronique.

Après reconnaissance du faciès asbestiforme, la détermination minéralogique est conduite par diffraction des électrons (structure cristalline) et par microanalyse chimique, afin de préciser le minéral parmi l'ensemble des espèces appartenant au groupe des amphiboles ou de vérifier la chimie du chrysotile. La limite de détection est estimée à 0,05 % en conditions standards d'analyse.

### Analyse par MEB

Les échantillons ont été examinés par MEB (JEOL 6100) associé à un dispositif d'analyse chimique ponctuelle par spectrométrie des rayons X dispersive en énergie (EDS, KEVEX Quantum), à 25 kV après métallisation au carbone afin de rendre les échantillons conducteurs.

### Analyse par META

Les observations ont été réalisées par un META Philips CM20 à 200kV équipé d'une caméra CCD Gatan et couplé avec un spectromètre en dispersion d'énergie EDAX pour l'analyse chimique élémentaire.

# Annexe 6 - Questionnaire de voisinage pour les sites naturels

## 1 INTRODUCTION

"Bonjour, je suis XX de l'Institut de veille sanitaire, au Département santé environnement.

Nous réalisons actuellement la phase préparatoire d'une étude sur l'amiante environnementale avec le Bureau des recherches géologiques et minières pour recenser et caractériser les sites naturels amiantifères en France. Pour ce faire, nous souhaiterions connaître certaines caractéristiques du site xxxxxxx, en ce qui concerne le site lui-même (notamment son exploitation dans le passé), mais aussi son environnement (habitations alentours, évolution sur les 50 dernières années) par ce questionnaire.

Les informations qui seront recueillies seront bien entendu strictement confidentielles et les résultats qui en découleront seront ultérieurement transmis à la mairie.

N° de l'enquêteur : .....

N° du site : .....

Date : .....

Début du questionnaire (heure) : .....

Fin du questionnaire (heure) : .....

## 2 IDENTIFICATION DE LA PERSONNE INTERROGÉE

- Âge : .....
- Sexe :
  - Féminin
  - Masculin
- Quelle est votre profession ? .....
- Habitez-vous ici ?
  - Oui
  - Non
- Si oui, depuis combien de temps? .....

---

1. Avez-vous connaissance de l'existence d'un site d'affleurement naturel d'amiante ?

- Oui (répondre à la question suivante)
- Non (passer directement à la Partie 2)

2. Si oui, pouvez-vous me préciser sa localisation exacte ?

### 3 PARTIE 1 : EXPLOITATION DU SITE

1. Savez-vous si ce site a été exploité par le passé :

Oui

Non

2. Si oui, pouvez-vous me préciser la durée de cette exploitation? (essayer de préciser la date d'ouverture et de fermeture du site)

3. Pouvez-vous me donner approximativement le nombre d'employés qui ont travaillé sur ce site pendant son exploitation ?

Moins de 50

Entre 50 et 100

Entre 100 et 500

Plus de 500

NSP

4. Quelles méthodes d'extraction du minerai ont été utilisées? (méthodes d'extraction à ciel ouvert ou souterraine: pioche, pelle mécanique...)

5. Conditions de stockage sur le site :

5.1 Localisation du stockage par rapport au site :

5.2 Type de stockage :

- ° Dans quelles conditions le minerai était-il stocké ? (entreposé à l'air libre, ou dans des locaux).....  
.....  
.....

5.3 Volume stocké:

- Connaissez-vous le volume stocké sur le site après extraction ? (*nombre de bennes, tonnes*)
  - Moins de 100 t/an
  - Entre 100 et 500 t/an
  - Entre 500 et 1 000 t/an
  - Plus de 1 000 t/an

6. **Transports:**

- Par quel(s) moyen(s) de transport était transporté le minerai ?  
.....  
.....
- Vers quel(s) site(s) d'exploitation (industrie(s)) était transporté le minerai extrait ?  
.....
- Combien de fois par semaine ce minerai était-il transporté ?

Fréquence de passage des camions (informations sur les quantités)

- 1 fois/semaine
- 2 à 4 fois/semaine
- Tous les jours
- Variable
- Autre (préciser) : .....

7. **Y'a-t-il eu des accidents naturels sur le site ?** (*par exemple: incendies, éboulements...*)

## 4 PARTIE 2 : HABITATIONS ET ENVIRONNEMENT AUTOUR DU SITE

### 4.1 Populations résidant autour du site

#### 1. Pouvez-vous me décrire l'historique de l'implantation des habitations autour du site ?

Décrire la répartition (localisation et effectif, actuel et passé, nouveau/ancien quartier...) et les modifications des habitations autour du site (constructions de nouvelles maisons, destruction de quartiers...).

Informations passées :

Informations actuelles :

#### 2. Dans le cas où le site était exploité, la répartition des habitations s'est-elle modifiée avec l'installation ou la fermeture du site ?

Oui

Non

Si oui, pouvez-vous me détailler ces changements ?

### 4.2 Les activités humaines passées et présentes

#### 1. Y'a-t-il eu ou y'a-t-il encore des établissements collectifs (comme des écoles, des maisons de retraite, un gymnase, une aire de jeux, compléter,...) à proximité du site?

Oui

Non

Si oui, préciser les types d'établissements et leur localisation.

Informations passées :

Informations actuelles :

**2. Savez-vous s'il existe des exploitations du sol à proximité du site ? (potagers, champs, pâturage...)**

Oui

Non

Si oui, pouvez-vous me décrire ces exploitations (localisation, nature), et me donner leur surface (approximativement) ?

Informations passées :

Informations actuelles :

Cette partie des sols est-elle constructible ?

Oui

Non

### 4.3 La fréquentation du site

**1. Quels sont les accès au site ? (chemin de randonnée, sentier, route...)**

**2. Y'a-t-il eu par le passé des accès qui n'existeraient plus aujourd'hui ?**

Oui

Non

Si oui, pouvez-vous me préciser leurs natures ?

Si oui, cette voie a-t-elle été beaucoup fréquentée ? Y'a-t-il des variations saisonnières de cette fréquentation ?

#### 4.4 Les différents milieux environnementaux

##### Le milieu de l'air

1. Avez-vous observé des envols de poussières en provenance du site (l'empoussièrement des maisons, des jardins, des cours d'école...) au voisinage du site ?

Oui

Non

Description du dépôt (couleur, épaisseur du dépôt, période de l'année...) :

##### Le milieu de l'eau

1. Lorsqu'il pleut (ou lors de la fonte des neiges), l'eau en provenance du site est-elle drainée vers les habitations ou vers un cours d'eau ?

Oui

Non

2. Quelles sont les différentes sources d'eau autour du site? (*rivière, cours d'eau, puits...*)

##### Conclusion

Comment avez-vous eu connaissance de ces informations ? Quelles sont les personnes contacts ?

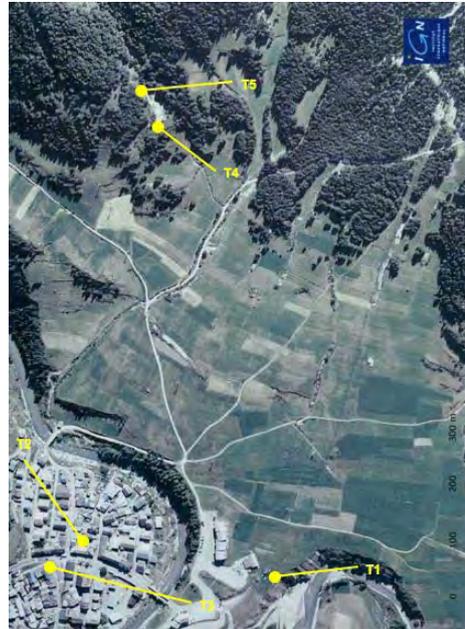
Quelles ont été les questions pour lesquelles il a été difficile de répondre ? Pour quelles raisons ?

Commentaires libres

# Annexe 7 - Cartes des localisations des points de prélèvements pour la campagne métrologique

FIGURE 1

IMPLANTATION DES POINTS DE PRÉLÈVEMENT DANS LA COMMUNE DE TERMIGNON (SAVOIE)  
(ÉCHELLE : 1/4 900)



Source : Lepi 2007.

T1 : cabane des remontées mécaniques.

T2 : arrière cour de la supérette Sherpa.

T3 : balcon de la mairie (salle du conseil municipal).

T4 : carrière d'amiante de la Girarde : point bas.

T5 : carrière d'amiante de la Girarde : point haut.

FIGURE 2

IMPLANTATION DES POINTS DE PRÉLÈVEMENT DANS LA COMMUNE DE LANSLEBOURG (SAVOIE)  
(ÉCHELLE : 1/2 100)



Source : Lepi 2007.

L6 : cour de la maison de M. D.

L7 : sous le porche de la maison des chasseurs.

L8 : près des sanitaires du camping municipal.

L9 : affleurement d'amiante dans le lit de la rivière.

## Annexe 8 - Aspects macroscopique et microscopique des roches amiantifères

PHOTO 1

FEUILLET DE SERPENTINITE OU SERPENTINE VERT SOMBRE

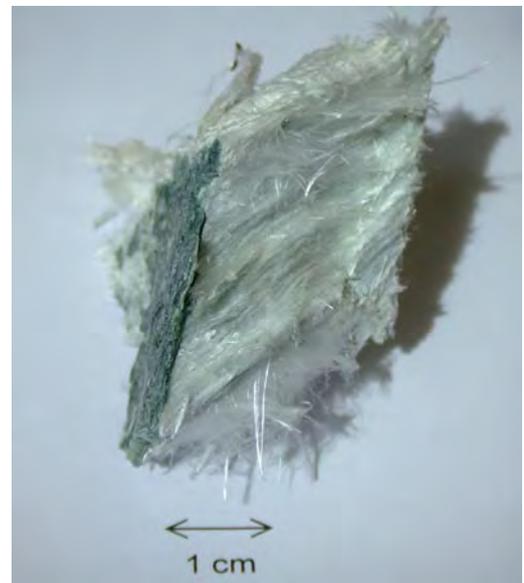


Source : InVS 2008.

Site du Pont-de-La-Ramasse à Lanslebourg, Savoie.

PHOTO 2

AMAS DE FIBRES CHRYSOTILE OU AMIANTE BLANC



Source : InVS 2008.

Carrière de Val-de-Péas dans la commune de Château-Ville-Vieille, Savoie.

# 1 RÉSULTATS D'ANALYSE DE FIBRES D'ANTHOPHYLLITE SUR LE SITE DE LA LANDE-SAINT-LAURENT

N° échantillon : LSL01

Lieu de prélèvement : La Lande-Saint-Laurent

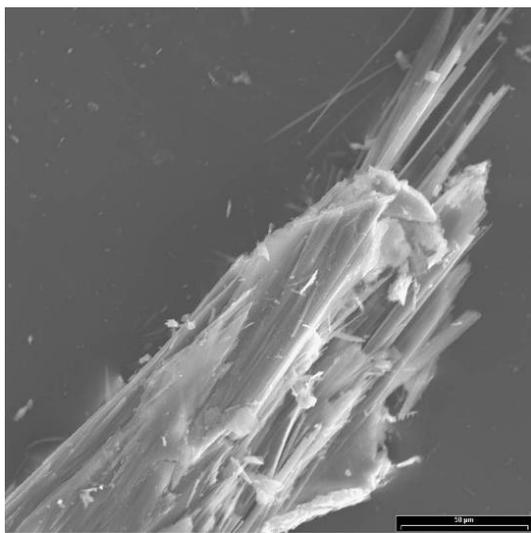
## DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DES COMPOSANTS NON FIBREUX

Nature	Abondance relative	Commentaires
Serpentine	Abondante	
Amphibole incolore	Présente	Faciès non fibreux et faciès asbestiforme
Oxyde de manganèse	Traces	
Hydroxyde de fer	Traces	
Biotite	Traces	
Opaques	Traces	Disséminés (dont magnétite)

## DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DES FIBRES ET FRAGMENTS FIBRIFORMES ET ACICULAIRES

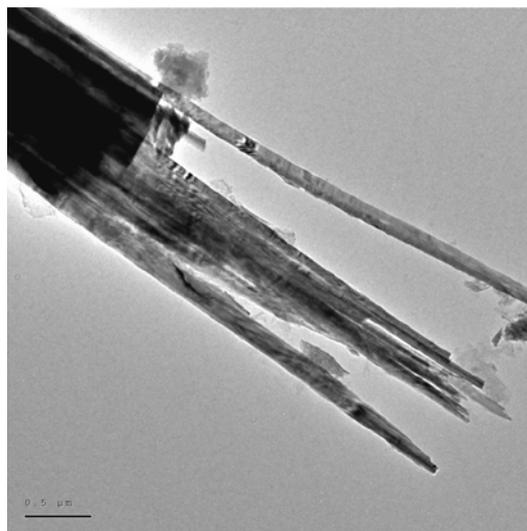
Nature	Fréquence	Dimensions	MET	Commentaires
Amphibole	Présente	>50 µm	Vérification	Anthophyllite fibreuse probable

IMAGE MEB N° 1 - ÉLECTRONS SECONDAIRES, GRANDISSEMENT X450, ÉCHANTILLON LSL01 : ANTHOPHYLLITE PROBABLE



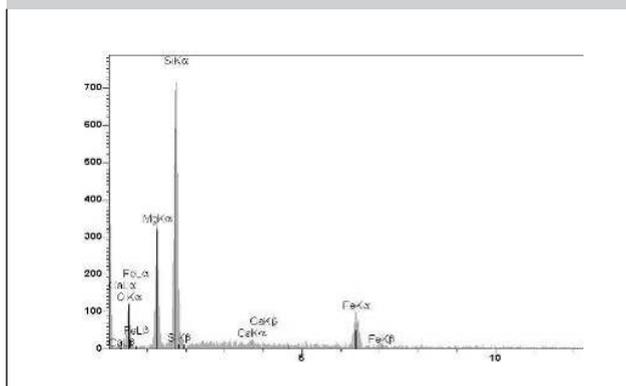
Source : BRGM 2007.

IMAGE META - ÉCHANTILLON LSL01 : ANTHOPHYLLITE PROBABLE



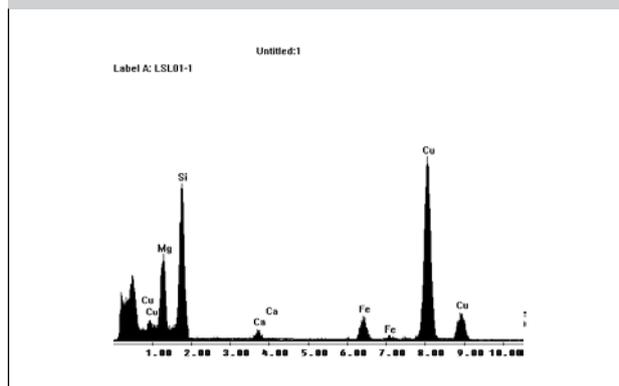
Source : BRGM 2007.

SPECTRE EDS N° 1 - ÉCHANTILLON LSL01 : ANTHOPHYLLITE PROBABLE



Source : BRGM 2007.

SPECTRE META - ÉCHANTILLON LSL01 : ANTHOPHYLLITE PROBABLE



Source : BRGM 2007.

N° échantillon: LSL04

Lieu de prélèvement: La Lande-Saint-Laurent

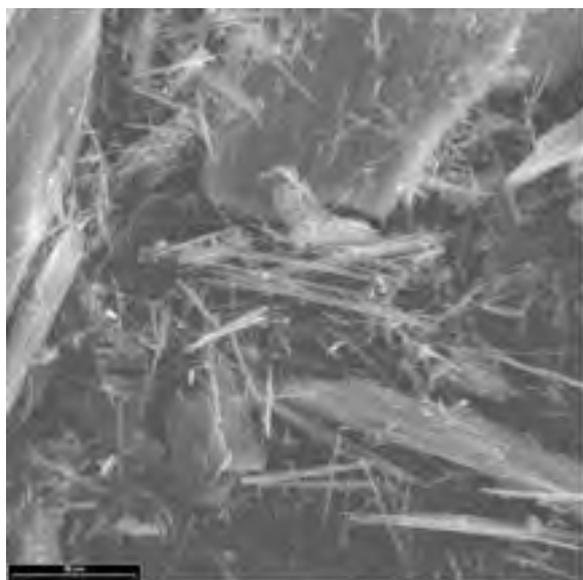
#### DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DES COMPOSANTS NON FIBREUX

Nature	Abondance relative	Commentaires
Serpentine	Présente	
Magnétite	Traces	
Amphibole	Abondante	Incolore à légèrement verdâtre, lamellaire et fibreuse
Hydroxyde de fer	Traces	
Oxyde de manganèse	Traces	
Chlorite	Traces	
Opaques	Traces	Disséminés

#### DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DES FIBRES ET FRAGMENTS FIBRIFORMES ET ACICULAIRES

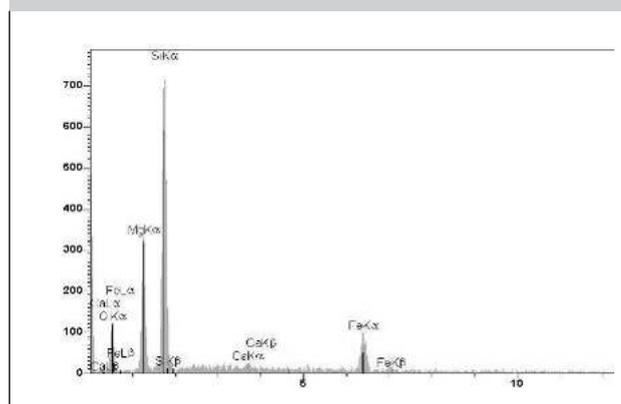
Nature	Fréquence	Dimensions	MEB	Commentaires
Amphibole	Présente	>50 µm	Vérification	Faciès lamellaire dominant, faible faciès fibreux, anthophyllite probable

#### IMAGE MEB N° 2 - ÉLECTRONS SECONDAIRES, GRANDISSEMENT X1 000, ÉCHANTILLON LSL04 : ANTHOPHYLLITE PROBABLE



Source: BRGM 2007.

#### SPECTRE EDS N° 4 - ÉCHANTILLON LSL04 : ANTHOPHYLLITE PROBABLE



Source: BRGM 2007.

## 2 RÉSULTATS D'ANALYSE DE FIBRES CHRYSOTILE SUR LE SITE DE PLAN-DE-CALEM

N° échantillon : Plan-de-Calem 5

Lieu de prélèvement : proche entrée village Montcaup – fragments fibreux dispersés dans les alluvions d'un cône de déjection

### DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DES COMPOSANTS NON FIBREUX

Nature	Abondance relative	Commentaires
Serpentine	Présente	Lamellaire
Chrysotile	Présent	
Opaques	Traces	
Oxyde de manganèse	Traces	

### DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DES FIBRES ET FRAGMENTS FIBRIFORMES ET ACICULAIRES

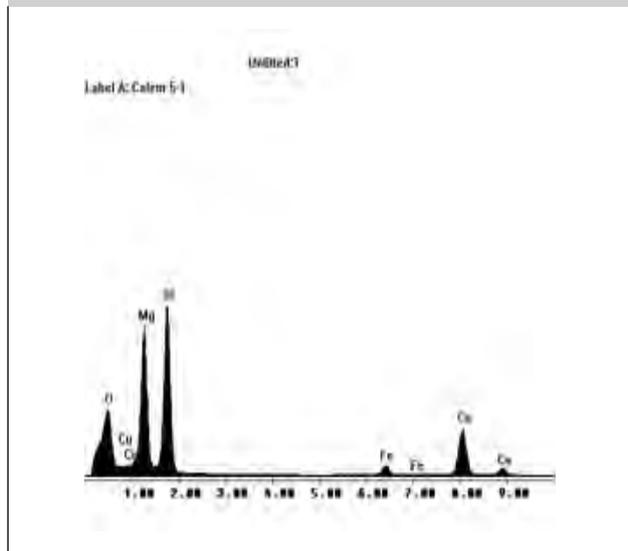
Nature	Fréquence	Dimensions	MET	Commentaires
Chrysotile	Présent à abondant	>100 µm	Vérification	Très longues fibres soyeuses

#### IMAGE MEB N° 7 - ÉLECTRONS SECONDAIRES, GRANDISSEMENT X200 : CHRYSOTILE



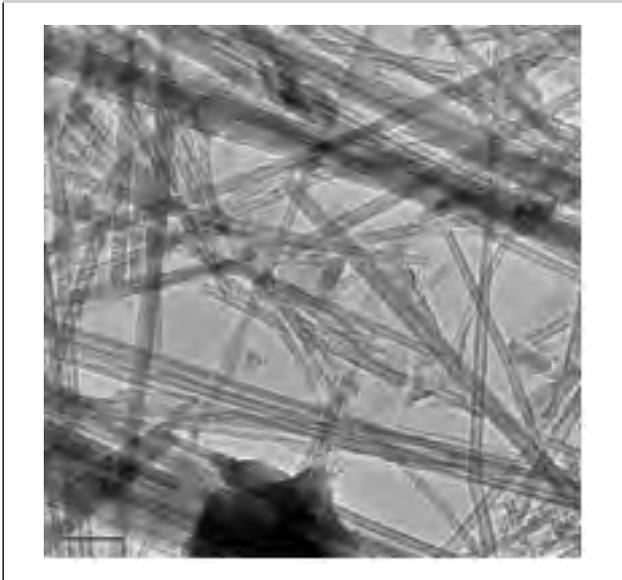
Source : BRGM 2007.

#### ANALYSE META - ÉCHANTILLON PLAN-DE-CALEM 5 : CHRYSOTILEP



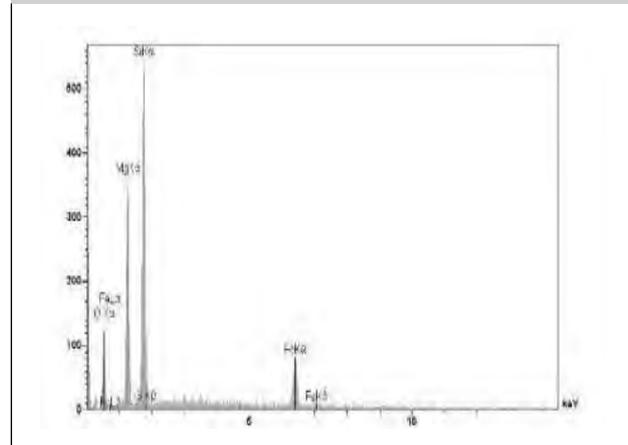
Source : BRGM 2007.

#### IMAGE META - ÉCHANTILLON PLAN-DE-CALEM 5 : CHRYSOTILE



Source : BRGM 2007.

#### SPECTRE EDS N° 13 - ÉCHANTILLON PLAN-DE-CALEM 5 : CHRYSOTILE



Source : BRGM 2007.

### 3 RÉSULTATS D'ANALYSE D'ACTINOLITE SUR LE SITE DU LANDAIS

N° échantillon: InVS 1

Lieu de prélèvement: Landais AM2

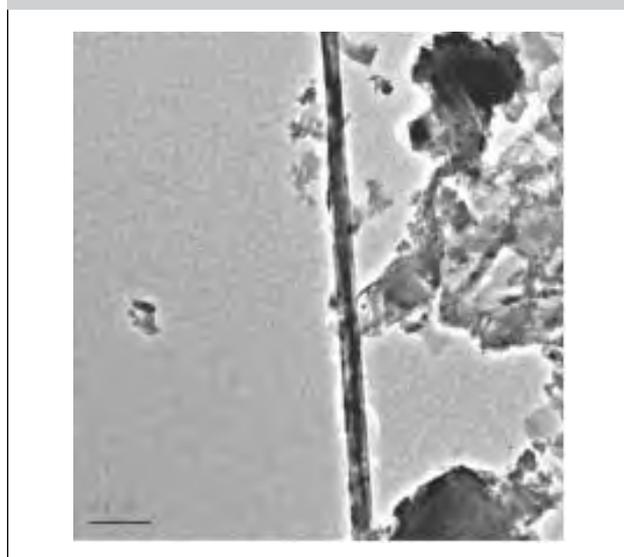
#### DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DES COMPOSANTS NON FIBREUX

Nature	Abondance relative	Commentaires
Serpentine	Abondante	Orientée
Oxyde de manganèse	Présent	En lits
Hydroxyde de fer	Présent	En lits
Amphibole	Présente	Faciès lamellaire dominant

#### DESCRIPTION MICROSCOPIQUE DES FIBRES ET FRAGMENTS FIBRIFORMES ET ACICULAIRES

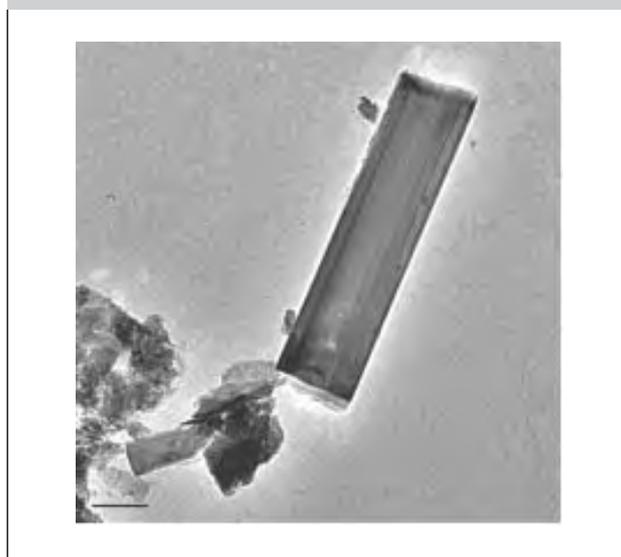
Nature	Fréquence	Dimensions	MEB	Commentaires
Amphibole	Présente	>50µm	Vérification	Actinolite probable

#### ÉCHANTILLON INVS 1 - IMAGE META : ACTINOLITE PROBABLE



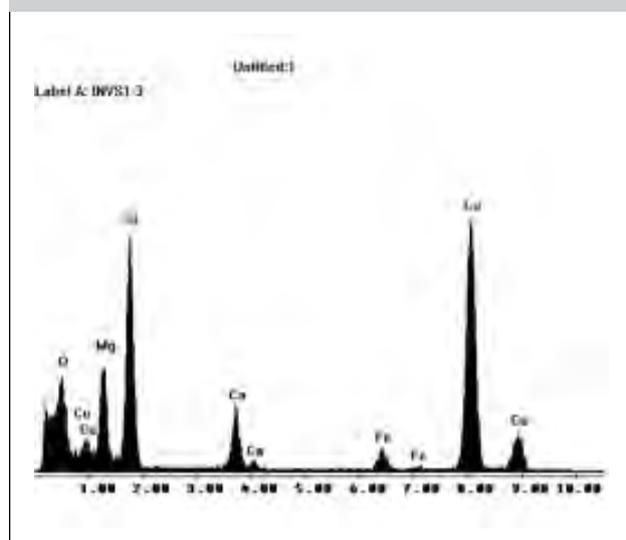
Source: BRGM 2007.

#### ÉCHANTILLON INVS 1 - IMAGE META : ACTINOLITE PROBABLE



Source: BRGM 2007.

#### ÉCHANTILLON INVS 1 - SPECTRE D'ANALYSE D'UNE ACTINOLITE PROBABLE



Source: BRGM 2007.

# Annexe 9 - Résultats des diagnostics pour quelques caractéristiques semi-quantitatives ou quantitatives des sites

ANNEXE 9 RÉSULTATS DES DIAGNOSTICS POUR QUELQUES CARACTÉRISTIQUES SEMI QUANTITATIVES OU QUANTITATIVES DES SITES							
Dépt.	Commune	Nom du site	Degré de friabilité	Surface	Surface efficace	Degré de recouvrement	Commentaire
05	Château Ville Vieille	Val de Péas	Fort	30 000m <sup>2</sup>	5 000m <sup>2</sup>	5 % de la surface végétalisée	Située à flanc de montagne, dans une zone qui a été exploitée et qui reste très faiblement végétalisée
22	La Chapelle Neuve	Kerméno	Très faible	300m <sup>2</sup>	1m <sup>2</sup>	95 % de la surface végétalisée	Située dans une zone boisée, il s'agit d'excavations d'une ancienne carrière recouvert d'arbre et de buissons
22	Calanhel	Respères	Très faible	3 à 5m <sup>2</sup>	0,5m <sup>2</sup>	95 % de la surface végétalisée	Située en bord de route communale, le site est un talus presque complètement végétalisé
31	Moncaup	Plan-de-Calem	Moyen	300m <sup>2</sup>	300m <sup>2</sup>	95 % de la surface végétalisée	Située sur le flanc d'une colline à forte pente, dans le cône de déjection alluviale végétalisée, le site a fait l'objet d'une campagne d'exploration
44	Blain	L'Orgerais	Faible	300+200+100m <sup>2</sup>	240m <sup>2</sup>	70 % de la surface recouverte par eau	Située dans 3 excavations artificielles en partie remplies d'eau creusées dans le sol plan
44	Donges	La Rigaudais	Faible	1 m <sup>2</sup>	1m <sup>2</sup>	100 % de la surface recouverte de terre	Situé sur une petite butte dans un verger entretenu
44	Pont saint martin	Le Landais	Très faible	100m <sup>2</sup>	40m <sup>2</sup>	98 % de la surface recouverte par eau	Situé dans 2 excavations remplies d'eau, au milieu de champ
73	Bessans	Balme Noire	Faible	2 000m <sup>2</sup>	100m <sup>2</sup>	50 % de la surface végétalisée	Affleurements à flancs de montagne ou constituant des blocs tombés dans la vallée
73	Bessans	Evasset	Faible	2 000m <sup>2</sup>	100m <sup>2</sup>	50 % de la surface végétalisée	Le site d'Evasset est l'équivalent de Balme Noire de l'autre coté de la Vallée de l'Arc
73	Lanslebourg	Pont de la Ramasse	Fort	100m <sup>2</sup>	100m <sup>2</sup>	Pas de végétalisation	Situé sur les berges de la rivière l'Arc, 3 lentilles de roches amiantifères, anciennement exploitées sont remises à nu sous l'effet de l'érosion par la rivière
73	Termignon	La Girarde	Fort	2 000m <sup>2</sup>	500m <sup>2</sup>	Végétalisation de 80 % de la zone de déblais et de 10 % de la surface de la carrière	Situé sur le versant de la montagne, dans un vallon entouré par la forêt, il s'agit d'une carrière anciennement exploitée et peu végétalisée
87	La Meyze	Le Bas Puychery	Faible	2 000m <sup>2</sup>	50m <sup>2</sup>	96 % de la surface végétalisée	Située dans une zone boisée en pente douce, au niveau d'anciennes excavations d'argile pour des tuileries
87	La Roche l'Abelle	La Lande Saint Laurent	Moyen	40 000m <sup>2</sup>	50m <sup>2</sup>	85 % de la surface végétalisée	Située à flanc de colline plus ou moins dénudée, avec des bandes de roches foliées à l'affleurement naturel (10 à 15 %). Il s'agit d'une zone ayant fait l'objet de prospections. Cette zone est aujourd'hui protégée pour son biotope

# Annexe 10 - Liste des stations Météo-France utilisées dans l'arborescence

ANNEXE 10 LISTE DES STATIONS MÉTÉO-FRANCE UTILISÉES DANS L'ARBORESCENCE											
Dépt.	Ville	Insee	Site	Lambert II étendu X du site (m)	Lambert II étendu Y du site (m)	Altitude du site (m)	Nom de la station Météo France	Lambert II étendu X de la station (m)	Lambert II étendu Y de la station (m)	Altitude de la station (m)	Distance de la station à l'affleurement (m)
5	Château-Ville-Vieille	5007001	Val de Péas	953 600	1 988 800	2 474	Arvieux La Chalp	948 200	1 985 200	1 675	6 480
22	La Chapelle-Neuve	22138003	Kermeno	173 460	2 402 360	213	Mael-Pestivien	182 700	2 394 900	257	11 870
22	Calanhel	22243001	Resperes	170 410	2 399 090	288	Plusquellec	166 400	2 394 500	213	6 096
31	Moncaup	31144001	Plan-de-Calem	467 030	1 776 130	592	Cierp-Gaud	461 300	1 769 500	495	8 760
44	Blain	44015001	L'Orgerais	289 130	2 280 390	20	Blain	289 700	2 283 000	14	2 670
44	Donges	44103001	La Rigaudais	267 830	2 268 320	10	Saint-Nazaire Montoir	260 200	2 266 900	3	7 761
44	Pont-Saint-Martin	44020001	Le Landais	304 640	2 241 170	12	Nantes-Bouguenais	300 900	2 246 400	26	6 430
73	Bessans	73040005	Balme noire	967 390	2 049 450	1 756	Bessans	965 100	2 046 400	1 715	3 820
73	Bessans	73040005	Evasset	967 390	2 049 450	1 756	Bessans	965 100	2 046 400	1 715	3 820
73	Lanslebourg	73144001	Pont-de-la-Ramasse	956 130	2 041 840	1 347	Mont-Cenis	957 900	2 040 300	2 042	2 350
73	Termignon	73290002	La Girarde	951 450	2 040 790	1 450	Termignon	951 100	2 040 700	1 280	360
87	La Meyze	87187003	Le Bas Puycheny	507 790	2 067 430	358	Saint-Yrieix La-Perche	515 200	2 057 200	410	12 630
87	La Roche L'Abeille	87187003	La Lande-Saint-Laurent	514 920	2 067 980	377	Saint-Yrieix La-Perche	515 200	2 057 200	410	10 780

## Annexe 11 - L'exploitation et la prospection passée de l'amiante en France continentale

Si la plupart des affleurements de roches amiantifères ont fait l'objet de prospections ou d'excavations, seulement trois d'entre eux sont d'anciennes carrières d'extraction d'amiante pour son exploitation.

L'exploitation la plus importante est celle de Val-de-Péas située dans la commune de Château-Ville-Vieille (Hautes-Alpes). Il s'agit d'une ancienne carrière qui a été exploitée de 1928 à 1955. Elle a produit 900 tonnes d'amiante durant toute sa période d'activité pour 90 000 tonnes de roches extraites. Cette exploitation a atteint son apogée entre 1941 et 1942 avec une production de 100 tonnes par an (Rukeyser WA 1948, La Flèche 1997, courrier Ddass 1998). Il n'y a aucune trace de stockage dans le village aujourd'hui.

L'affleurement de Lanslebourg Mont-Cenis en Savoie est situé sur la rive gauche de l'Arc, à environ 125 mètres en aval du Pont-de-la-Ramasse. Ce site a été exploité, aux dires d'anciens du village. Deux tunnels aujourd'hui submergés par les eaux de l'Arc avaient été pratiqués dans la roche. C'est pourquoi, le site ne présente qu'une surface d'affleurement d'amiante réduite. La roche amiantifère est aujourd'hui mise à nu sous l'effet de l'érosion par la rivière.

La Girarde est située sur la commune de Termignon en Savoie, en lisière de forêt à 1 500 m d'altitude. L'exploitation de La Girarde s'est déroulée de 1920 à 1952 avec l'extraction jusqu'à 1 000 tonnes de roches par an. Aucun stockage n'a été réalisé dans le village.

Deux sites ont fait l'objet de prospection pour l'amiante, mais aucune exploitation de l'amiante n'a été faite.

Le Plan-de-Calem situé en Haute-Garonne a fait l'objet de prospection de l'amiante pendant la deuxième guerre mondiale; quatre sondages attestent de cette exploration. Cependant, la teneur en amiante ayant été considérée trop faible, ce gisement n'a jamais été exploité.

De la même manière, le site de La Lande-Saint-Laurent n'a jamais fait l'objet d'exploitation de matériaux amiantifères, d'après le maire de La Meyze. En revanche, des travaux de prospection ont été conduits pendant la deuxième guerre mondiale. La serpentinite a été exploitée par le passé pour la roche; celle-ci était destinée probablement à des usages en blocs ou en granulats.

Quatre autres sites ont fait l'objet d'excavations artificielles et parfois d'exploitations pour d'autres raisons que l'exploitation de l'amiante.

Le site Le Landais est constitué de deux excavations artificielles de 20 et 40 mètres de côté qui n'ont jamais fait l'objet d'exploitation d'amiante d'après le maire de la commune de Pont-Saint-Martin. Ces deux excavations étaient probablement des carrières d'extraction de roches ou de granulats.

De la même manière, le site de L'Orgerais est constitué de 3 excavations artificielles de 15 à 20 mètres de diamètres. Aucune exploitation d'amiante n'a été réalisée dans ces carrières d'après les élus de la commune.

Le site de Kermeno est une ancienne carrière présentant des excavations creusées anarchiquement. Les raisons de ces excavations sont inconnues, mais elles n'ont pas pu être réalisées pour l'extraction de l'amiante.

Enfin, le site du Bas Puycheny présente des excavations artificielles pour d'anciennes exploitations de l'argile sur la serpentinite altérée. Cette exploitation fournissait des matériaux argileux aux tuileries qui sont assez nombreuses dans le secteur. Les bâtiments autour du site furent utilisés autrefois pour la fabrication de tuiles et de briques. Aucun travail d'exploitation ou de prospection pour des matériaux amiantifères n'a eu lieu sur ce site d'après le maire de la commune du Bas Puycheny.

PHOTO 1

VUE DE L'AFFLEUREMENT SUR LA BERGE GAUCHE DE L'ARC DU PONT-DE-LA-RAMASSE (LANSLEBOURG)



Source: BRGM 2007.

PHOTO 2

LENTILLE PRINCIPALE DE SERPENTINITE AMIANTIFÈRE AVEC GRANDES FIBRES VERT BLANCHÂTRE SUR LA BERGE GAUCHE DE L'ARC DU PONT-DE-LA-RAMASSE (LANSLEBOURG)



Source: BRGM 2007.

PHOTO 3

VUE DE LA CARRIÈRE DE LA GIRARDE (TERMIGNON) : CHRYSOTILE BLANC BIEN VISIBLE  
NON VÉGÉTALISÉ



Source : BRGM 2007.

PHOTO 4

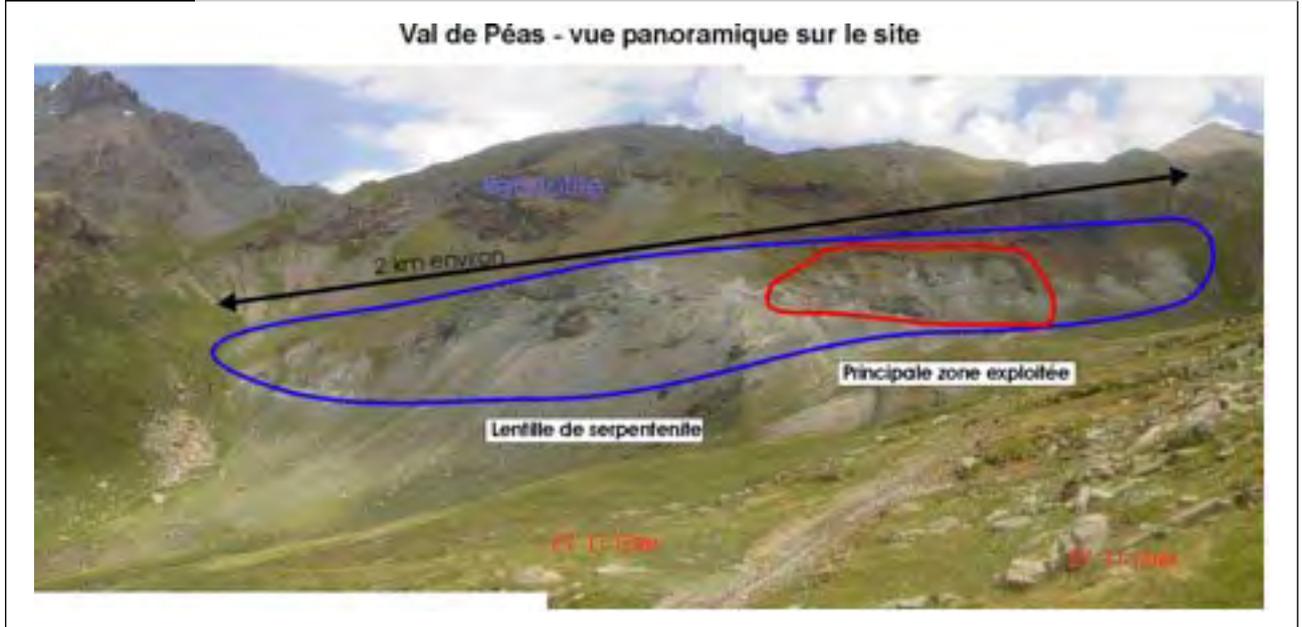
SERPENTINITE AMIANTIFÈRE AVEC GRANDES FIBRES VERT BLANCHÂTRE (TERMIGNON)



Source : BRGM 2007.

PHOTO 5

VUE PANORAMIQUE DU SITE DE VAL-DE-PÉAS (CHÂTEAU-VILLE-VIEILLE)



Source: BRGM 2007.

PHOTO 6

PETITS PAQUETS DE FIBRES D'AMIANTE AGGLOMÉRÉES PAR L'HUMIDITÉ DANS LE FOND DE LA CARRIÈRE DE VAL-DE-PÉAS (CHÂTEAU-VILLE-VIEILLE)



Source: BRGM 2007.

## BIBLIOGRAPHIE

Rukeyser WA. Amiante de Château-Queyras (France). Article Asbestos; avril 1948; 5p.

La Flèche. Le Génépi à l'amiante. La Flèche n° 30; automne 1997; 17-18.

Courrier Ddass. Risques sanitaires liés à l'ancienne exploitation de la mine d'amiante – commune de Château-Ville-Vieille; Direction départementale des affaires sanitaires et sociales, Service santé environnement.

# Annexe 12 - Résultats des campagnes de mesures sur les sites de Lanslebourg et de La Girarde

## PRÉLÈVEMENTS SUR LE SITE DE TERMIGNON (LA GIRARDE)

PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE AU NIVEAU DE LA CABANE DES REMONTÉES MÉCANIQUES (T1)						
N°	Dates du prélèvement	Volumes prélevés (m <sup>3</sup> )	Nombre de fibres d'amiante de longueur <5 µm par litre d'air (F/L)		Nombre total de fibres d'amiante par litre d'air (F/L)	
			N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95 %]* Sa**	N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95 %]* Sa**
T1-3	8 au 9/09/2006	9,805 23 h 25	0/17	0 [-; 0,94] Sa=0,32	0/17	0 [-; 0,94] Sa=0,32
T1-4	9 au 10/09/2006	10,206 24 h 35	0/16	0 [-; 0,96] Sa=0,32	0/16	0 [-; 0,96] Sa=0,32
T1-5	10 au 11/09/2006	10,566 24 h 45	Trémolite 1/16	0,31 [-; 1,47] Sa=0,31	0/16	0 [-; 0,93] Sa=0,31
T1-8	13 au 14/09/2006	9,278 22 h 00	0/18	0 [-; 0,94] Sa=0,31	0/18	0 [-; 0,94] Sa=0,31
T1-16	21 au 22/09/2006	10,250 24 h 15	0/16	0 [-; 0,96] Sa=0,32	0/16	0 [-; 0,96] Sa=0,32
T1-17	22 au 23/09/2006	9,912 23 h 55	0/17	0 [-; 0,93] Sa=0,31	0/17	0 [-; 0,93] Sa=0,31
T1-18	23 au 24/09/2006	9,176 22 h 25	0/18	0 [-; 0,95] Sa=0,32	0/18	0 [-; 0,95] Sa=0,32
T1-19	24 au 25/09/2006	10,330 23 h 55	0/16	0 [-; 0,95] Sa=0,32	0/16	0 [-; 0,95] Sa=0,32

Source: Lepi 2007.

\*IC 95 % : intervalle de confiance à 95 % (incertitude sur le comptage).

\*\*Sa=sensibilité d'analyse.

†N: nombre de fibres dénombrées/nombre d'ouvertures de grilles lues.

PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE À L'ARRIÈRE DE LA SUPERETTE SHERPA (T2)						
N°	Dates du prélèvement	Volumes prélevés (m <sup>3</sup> )	Nombre de fibres d'amiante de longueur <5µm par litre d'air (F/L)		Nombre total de fibres d'amiante par litre d'air (F/L)	
			N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95 %]* Sa**	N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95 %]* Sa**
T2-4	9 au 10/09/2006	10,351 23 h 45	0/16	0 [-; 0,95] Sa=0,32	0/16	0 [-; 0,95] Sa=0,32
T2-5	10 au 11/09/2006	11,393 25 h 00	0/14	0 [-; 0,99] Sa=0,33	0/14	0 [-; 0,99] Sa=0,33

PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE À L'ARRIÈRE DE LA SUPÉRETTE SHERPA (SUITE)

N°	Dates du prélèvement	Volumes prélevés (m <sup>3</sup> )	Nombre de fibres d'amiante de longueur <5 µm par litre d'air (F/L)		Nombre total de fibres d'amiante par litre d'air (F/L)	
			Durée en heures	N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95%]* Sa**	N <sup>†</sup>
T2-18	23 au 24/09/2006	9,248 22 h 55	0/18	0 [-; 0,94] Sa=0,32	0/18	0 [-; 0,94] Sa=0,32
T2-19	24 au 25/09/2006	9,187 23 h 15	0/18	0 [-; 0,95] Sa=0,32	0/18	0 [-; 0,95] Sa=0,32

\*IC 95%=intervalle de confiance à 95% (incertitude sur le comptage).

\*\*Sa=sensibilité d'analyse.

†N: nombre de fibres dénombrées/Nombre d'ouvertures de grilles lues.

PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE SUR LE BALCON DE LA MAIRIE (T3)

N°	Dates du prélèvement	Volumes prélevés (m <sup>3</sup> )	Nombre de fibres d'amiante de longueur <5µm par litre d'air (F/L)		Nombre total de fibres d'amiante par litre d'air (F/L)	
			Durée en heures	N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95%]* Sa**	N <sup>†</sup>
T3-4	9 au 10/09/2006	10,137 23 h 45	0/16	0 [-; 0,97] Sa=0,32	6/16 Chrysotile 5/16 Trémolite 1/16	1,94 [-; 4,23] Sa=0,32
T3-5	10 au 11/09/2006	10,581 24 h 30	Trémolite/ Actinolite 1/16	0,31 [-; 1,47] Sa=0,31	Chrysotile 3/16	0,93 [-; 2,41] Sa=0,31
T3-18	23 au 24/09/2006	9,710 22 h 55	0/17	0 [-; 0,95] Sa=0,32	0/17	0 [-; 0,95] Sa=0,32
T3-19	24 au 25/09/2006	9,683 22 h 55	1/17 Chrysotile 0,5/17 Trémolite/ Actinolite 0,5/17	0,32 [-; 1,51] Sa=0,32	Chrysotile 2/17	0,64 [-; 1,98] Sa=0,32

\*IC 95% : intervalle de confiance à 95% (incertitude sur le comptage).

\*\*Sa=sensibilité d'analyse.

†N: nombre de fibres dénombrées/nombre d'ouvertures de grilles lues.

**PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE SUR LA CARRIÈRE DE LA GIRARDE AU POINT BAS (T4)**

N°	Dates du prélèvement	Volumes prélevés (m <sup>3</sup> )	Nombre de fibres d'amiante de longueur <5 µm par litre d'air (F/L)		Nombre total de fibres d'amiante par litre d'air (F/L)	
			Durée en heures	N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95 %]* Sa**	N <sup>†</sup>
T4-3	8/09/2006	0,987 5 h 25	0/16	0 [-; 4,98] Sa=1,66	0/16	0 [-; 4,98] Sa=1,66
T4-4	9/09/2006	1,549 8 h 35	0/11	0 [-; 4,61] Sa=1,54	0/11	0 [-; 4,61] Sa=1,54
T4-5	10/09/2006	1,55 8 h 25	0/11	0 [-; 4,61] Sa=1,54	0/11	0 [-; 4,61] Sa=1,54
T4-8	13/09/2006	1,343 7 h 10	0/12	0 [-; 4,88] Sa=1,63	0/12	0 [-; 4,88] Sa=1,63
T4-16	21/09/2006	1,298 7 h 05	0/13	0 [-; 4,66] Sa=1,56	0/13	0 [-; 4,66] Sa=1,56
T4-17	22/09/2006	1,436 7 h 45	0/11	0 [-; 4,97] Sa=1,66	0/11	0 [-; 4,97] Sa=1,66
T4-18	23/09/2006	1,494 7 h 35	0/11	0 [-; 4,78] Sa=1,60	0/11	0 [-; 4,78] Sa=1,60
T4-19	24/09/2006	1,25 6 h 30	0/13	0 [-; 4,84] Sa=1,62	0/13	0 [-; 4,84] Sa=1,62

\*IC 95 % : intervalle de confiance à 95 % (incertitude sur le comptage).

\*\*Sa=sensibilité d'analyse.

†N: nombre de fibres dénombrées/nombre d'ouvertures de grilles lues.

**PRÉLÈVEMENTS INDIVIDUELS SUR LA CARRIÈRE DE LA GIRARDE DANS UNE SITUATION DE MARCHÉ ET DE MANIPULATION DE ROCHES SUR L'AFFLEUREMENT (T10)**

N°	Dates du prélèvement	Volumes prélevés (m <sup>3</sup> )	Nombre de fibres d'amiante de longueur <5 µm par litre d'air (F/L)		Nombre total de fibres d'amiante par litre d'air (F/L)	
			Durée en heures	N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95 %]* Sa**	N <sup>†</sup>
0-23	28/09/2006	93,168 0 h 30	Chrysotile 20,5/30	192,75	Chrysotile 97/5	5 472 [4 437; 6 675] Sa=56,41
			Trémolite 2,5/30	23,51		
			Total	216,26 [137,09; 324,48] Sa=9,40		
1-23	28/09/2006	92,295 0 h 30	Chrysotile 8,5/30	161,35	Chrysotile 98/8	6 976 [5 663; 8 502] Sa=71,18
			Trémolite 1/30	18,98		
			Total	180,3 [84,66; 336,75] Sa=18,98		

\*IC 95 % : intervalle de confiance à 95 % (incertitude sur le comptage).

\*\*Sa=sensibilité d'analyse.

†N: nombre de fibres dénombrées/nombre d'ouvertures de grilles lues.

## PRÉLÈVEMENTS SUR LE SITE DE LANSLEBOURG (PONT-DE-LA-RAMASSE)

PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE DERRIÈRE LA MAISON DE M. D (L6)						
N°	Dates du prélèvement	Volumes prélevés (m³)	Nombre de fibres d'amiante de longueur <5 µm par litre d'air (F/L)		Nombre total de fibres d'amiante par litre d'air (F/L)	
			Durée en heures	N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95%]* Sa**	N <sup>†</sup>
L6-3	8 au 9/09/2006	9,464 22 h 50	0/17	0 [-; 0,98] Sa=0,33	0/17	0 [-; 0,98] Sa=0,33
L6-4	9 au 10/09/2006	10,010 24 h 00	0/16	0 [-; 0,98] Sa=0,33	Chrysotile 1/16	0,33 [-; 1,56] Sa=0,33
L6-5	10 au 11/09/2006	9,397 22 h 30	0/17	0 [-; 0,98] Sa=0,33	0/17	0 [-; 0,98] Sa=0,33
L6-8	13 au 14/09/2006	10,288 24 h 45	0/16	0 [-; 0,95] Sa=0,32	0/16	0 [-; 0,95] Sa=0,32
L6-16	21 au 22/09/2006	2,805 6 h 55	0/29	0 [-; 0,97] Sa=0,32	0/29	0 [-; 0,97] Sa=0,32
L6-17	22 au 23/09/2006	9,727 23 h 45	0/17	0 [-; 0,95] Sa=0,32	0/17	0 [-; 0,95] Sa=0,32
L6-18	23 au 24/09/2006	10,208 24 h 05	0/16	0 [-; 0,96] Sa=0,32	0/16	0 [-; 0,96] Sa=0,32
L6-19	24 au 25/09/2006	8,843 21 h 30	0/19	0 [-; 0,94] Sa=0,31	0/19	0 [-; 0,94] Sa=0,31

\*IC 95% : intervalle de confiance à 95 % (incertitude sur le comptage).

\*\*Sa=sensibilité d'analyse.

†N : nombre de fibres dénombrées/nombre d'ouvertures de grilles lues.

PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE DEVANT LA MAISON DES CHASSEURS (L7)						
N°	Dates du prélèvement	Volumes prélevés (m³)	Nombre de fibres d'amiante de longueur <5 µm par litre d'air (F/L)		Nombre total de fibres d'amiante par litre d'air (F/L)	
			Durée en heures	N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95%]* Sa**	N <sup>†</sup>
L7-4	9 au 10/09/2006	10,367 23 h 25	0/16	0 [-; 0,95] Sa=0,32	Chrysotile 1/16	0,32 [-; 1,50] Sa=0,32
L7-5	9 au 10/09/2006	10,120 23 h 05	0/16	0 [-; 0,97] Sa=0,32	0/16	0 [-; 0,97] Sa=0,32
L7-18	23 au 24/09/2006	10,138 24 h 45	Trémolite/ Actinolite 1/16	0,32 [-; 1,54] Sa=0,32	Trémolite/ Actinolite 1/16	0,32 [-; 1,54] Sa=0,32
L7-19	24 au 25/09/2006	45 8,913 21 h 50	0/18	0 [-; 0,98] Sa=0,33	0/18	0 [-; 0,98] Sa=0,33

\*IC 95% : intervalle de confiance à 95 % (incertitude sur le comptage).

\*\*Sa=sensibilité d'analyse.

†N : nombre de fibres dénombrées/nombre d'ouvertures de grilles lues.

**PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE AU NIVEAU DU CAMPING (L8)**

N°	Dates du prélèvement	Volumes prélevés (m <sup>3</sup> )	Nombre de fibres d'amiante de longueur <5µm par litre d'air (F/L)		Nombre total de fibres d'amiante par litre d'air (F/L)	
			N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95 %]* Sa**	N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95 %]* Sa**
L8-4	9 au 10/09/2006	10,314 24 h 30	0/16	0 [-; 0,95] Sa=0,32	0/16	0 [-; 0,95] Sa=0,32
L8-5	9 au 10/09/2006	9,040 22 h 00	0/18	0 [-; 0,97] Sa=0,32	0/18	0 [-; 0,97] Sa=0,32
L8-18	23 au 24/09/2006	10,407 24 h 40	0/16	0 [-; 0,94] Sa=0,32	Chrysotile 1/16	0,32 [-; 1,50] Sa=0,32
L8-19	24 au 25/09/2006	9,079 21 h 30	0/18	0 [-; 0,96] Sa=0,32	Chrysotile 1/18	0,32 [-; 1,52] Sa=0,32

\*IC 95 % : intervalle de confiance à 95 % (incertitude sur le comptage).

\*\*Sa=sensibilité d'analyse.

†N : nombre de fibres dénombrées/nombre d'ouvertures de grilles lues.

**PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE AU NIVEAU DE L'AFFLEUREMENT SUR LA RIVE GAUCHE DE L'ARC (L9)**

N°	Dates du prélèvement	Volumes prélevés (m <sup>3</sup> )	Nombre de fibres d'amiante de longueur <5µm par litre d'air (F/L)		Nombre total de fibres d'amiante par litre d'air (F/L)	
			N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95 %]* Sa**	N <sup>†</sup>	Concentration [IC 95 %]* Sa**
L9-3	23/09/2006	1,126 6 h 00	0/14	0 [-; 4,98] Sa=1,67	0/14	0 [-; 4,98] Sa=1,67
L9-4	9/09/2006	1,218 6 h 40	0/13	0 [-; 4,96] Sa=1,66	0/13	0 [-; 4,96] Sa=1,66
L9-5	10/09/2006	1,412 7 h 30	0/12	0 [-; 4,64] Sa=1,55	0/12	0 [-; 4,64] Sa=1,55
L9-8	13/09/2006	1,514 8 h 20	0/12	0 [-; 4,33] Sa=1,45	0/12	0 [-; 4,33] Sa=1,45
L9-16	21/09/2006	1,535 8 h 25	0/11	0 [-; 4,65] Sa=1,56	0/11	0 [-; 4,65] Sa=1,56
L9-17	22/09/2006	1,734 9 h 15	0/10	0 [-; 4,53] Sa=1,52	0/10	0 [-; 4,53] Sa=1,52
L9-18	23/09/2006	1,478 8 h 10	0/11	0 [-; 4,83] Sa=1,62	0/11	0 [-; 4,83] Sa=1,62
L9-19	24/09/2006	1,389 7 h 20	0/12	0 [-; 4,71] Sa=1,58	0/12	0 [-; 4,71] Sa=1,58

\*IC 95 % : intervalle de confiance à 95 % (incertitude sur le comptage).

\*\*Sa=sensibilité d'analyse.

†N : nombre de fibres dénombrées/nombre d'ouvertures de grilles lues.

# Annexe 13 - Méthode de catégorisation des affleurements de roches amiantifères par le BRGM

## CATÉGORISATION ÉVALUÉE DIRECTEMENT SUR SITE

L'expert géologue en charge des diagnostics des 20 sites a évalué les niveaux d'émission de fibres d'amiante pour chaque affleurement. Il s'agit d'une évaluation qualitative en trois classes réalisée par jugement d'expert. L'expert s'appuie sur les caractéristiques jugées les plus pertinentes pour classer chaque site.

Les caractéristiques privilégiées pour le classement des sites concernant le phénomène d'émission par jugement d'expert au moment du diagnostic sont les suivantes, selon l'importance :

- la présence visuelle de fibres d'amiante à l'affleurement ;
- l'estimation du degré de friabilité de la roche amiantifère au toucher ;
- et l'estimation de la superficie de l'affleurement.

Les estimations sont déterminées de manière libre par l'expert et notées directement dans la fiche de recueil de données de site.

## CATÉGORISATION ÉVALUÉE À PARTIR DES INFORMATIONS SUR LES CARACTÉRISTIQUES DES SITES

Suite à la réalisation des diagnostics et l'obtention des informations sur l'ensemble des caractéristiques des sites et de leur environnement, une nouvelle catégorisation a été proposée par le BRGM à partir de deux caractéristiques principales des affleurements.

Les 13 sites d'aléa 4 pour lesquels la présence de minéraux amiantifères est avérée par analyse de prélèvement de roche ont été répartis en quatre classes. Le degré de friabilité de la roche couplé au caractère affleurant ou sub-affleurant de la formation porteuse de minéraux amiantifères détermine la susceptibilité des sites à émettre des fibres. Les quatre classes de susceptibilité d'émission des fibres d'amiante sont définies de la manière suivante :

- susceptibilité nulle à très faible : il s'agit de formations sub-affleurantes de roches, cachées par une couche de terre superficielle pluri-décimétriques et dont l'existence est signalée par la présence de quelques rares fragments de roches altérées en surface du sol ; ces fragments possédant un degré de friabilité très faible à faible ;
- susceptibilité faible : il s'agit de formations affleurantes de roches possédant un degré de friabilité très faible à faible ;
- susceptibilité moyenne : il s'agit de formations affleurantes de roches possédant un degré de friabilité moyen ;
- susceptibilité forte à très forte : il s'agit de formations affleurantes de roches possédant un degré de friabilité fort à très fort.

## BIBLIOGRAPHIE

BRGM. Recensement et classement des sites naturels et formations géologiques potentiellement amiantifères en France - Phase 2 : diagnostic de 20 sites. Rapport BRGM/RP-55218-FR 2007. BRGM.



INSTITUT DE  
VEILLE SANITAIRE

Membres de l'équipe projet :  
Stéphanie Vandentorren, chargée de projet InVS  
Anne Etchevers, chargée d'étude InVS  
Côme Daniau, InVS  
Stéphanie Leng, InVS  
Chris Spencer, géologue, BRGM  
DSE/ML/AE/FS/06/021

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Saint Maurice, le 19 janvier 2006

**Martine Ledrans,**  
**Responsable du département santé**  
**environnement de l'Institut de Veille**  
**Sanitaire**

**A**

**Monsieur le Maire de Pont-Saint-Martin**  
**rue de la Mairie**  
**44860 Pont-Saint-Martin**

Objet : Visite du site du Landais.  
P.J : carte des sites naturels amiantifères.

Monsieur le Maire,

L'InVS contribue, en lien avec le Bureau de recherche géologique et minière et le Laboratoire d'étude des particules inhalées, à répondre à une demande de la direction générale de la santé concernant l'évaluation de l'impact sanitaire de l'exposition environnementale à l'amiante des populations riveraines des affleurements naturels.

En ce sens, une étude environnementale est menée en France métropolitaine. Un recensement national des sites d'affleurements naturels a été effectué par le BRGM, au cours duquel le site du Landais a été recensé dans votre commune.

Une visite de chacun des sites naturels recensés aura lieu en février ou mars 2006. Au cours de cette visite, nous envisageons une expertise géologique sur site et un recueil d'information à propos de l'exploitation du site et de son environnement. A cette occasion, nous souhaiterions vous rencontrer afin de recueillir ces informations

Nous vous remercions d'accueillir les représentants du Bureau des Recherches Géologiques et Minières et de l'Institut de Veille Sanitaire et de leur communiquer les informations qui pourraient leur être utiles concernant ce site. Nous vous contacterons rapidement par téléphone afin de convenir d'un rendez-vous pour cet entretien.

Nous vous tiendrons informé des résultats qui découleront de cette étude.

Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Maire, l'expression de mes salutations distinguées

Martine Ledrans

Contacts  
InVS - DSE  
Anne Etchevers  
12 rue du Val d'Osne  
94415 Saint Maurice Cedex  
Tél : 01 41 79 69 94  
Mail : a.etchevers@invs.sante.fr

BRGM  
Chris Spencer  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 6009 45060 Orléans Cedex 2  
Tél : 02 38 64 34 34  
Mail : c.spencer@brgm.fr

12 rue du Val d'Osne - 94415 Saint-Maurice cedex - France  
Tél. : 33 (0)1 41 79 67 00 - Fax : 33 (0)1 41 79 67 67  
<http://www.invs.sante.fr>

Saint-Maurice, le 10 janvier 2006

Département Santé Environnement  
DSE/SV/JD/06/006

M. le Maire de Termignon  
Rue Parrachée  
73500 Termignon

Objet : Retour des informations sur les carrières de la Girarde et des Sallanches.

Monsieur le Maire,

Vous aviez rencontré le 12 Mai 2005 des représentants de l'Institut de Veille Sanitaire, et du Bureau des Recherches Géologiques et Minières. Je vous remercie de votre accueil et de votre précieuse collaboration lors de cet entretien. Cette carrière avait été sélectionnée pour la phase préparatoire d'une étude concernant le recensement et la caractérisation des affleurements naturels de roches amiantifères en France.

Une visite sur chacun des sites amiantifères recensés en France métropolitaine est maintenant envisageable pour l'année 2006 sur l'ensemble du territoire. L'InVS contribue, ainsi en lien avec le Bureau de recherche géologique et minière et le Laboratoire d'étude des particules inhalées, à répondre à une demande de la direction générale de la santé concernant l'évaluation de l'impact sanitaire de l'exposition environnementale à l'amiante des populations riveraines des affleurements naturels.

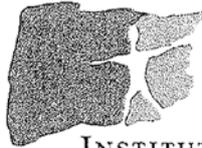
Vous trouverez ci-joint la fiche synthétique de l'investigation menée sur le site naturel « La Girarde » de votre commune.

Nous vous tiendrons informé des suites données à cette étude et restons à votre disposition pour de plus amples renseignements.

Veillez agréer, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

Stéphanie Vandentorren





INSTITUT DE  
VEILLE SANITAIRE

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Saint-Maurice, le 19 mai 2006

Département Santé Environnement  
DSE/ML/CD/FS/06/146

M. le Maire de Termignon  
Rue Parrachée  
73500 Termignon

Objet : Réalisation de campagnes de mesure de fibres d'amiante sur le site de La Girarde et sur la commune de Termignon

Monsieur le Maire,

L'Institut de veille sanitaire (InVS) contribue, en lien avec le Bureau de recherche géologique et minière (BRGM) et le Laboratoire d'étude des particules inhalées (LEPI), à estimer l'exposition environnementale à l'amiante des populations riveraines des affleurements naturels. Ce projet se réalise dans le cadre de la saisine datée du 12 mai 2003 en provenance de la direction générale de la santé.

Suite à un recensement national des sites d'affleurements naturels effectué par le BRGM, le site de la Girarde, présent sur votre commune, a fait l'objet d'un diagnostic visuel mené par l'InVS et le BRGM. Vous avez d'ailleurs été sollicité à cette étape du projet en mai 2005 (voir courrier InVS daté du 10 janvier 2006). Ce diagnostic doit se poursuivre par la réalisation d'une campagne de mesures visant à estimer l'émission et la dispersion de fibres autour de ce site.

La campagne de mesures menée par l'InVS et le LEPI est envisagée pour août - septembre 2006. Les dates ne sont pas encore fixées définitivement, mais la campagne durera un mois. Six capteurs d'air seront installés temporairement sur votre commune : deux sur le site de la Girarde et quatre à proximité d'habitations.

Afin de préparer cette campagne, une visite du site sera nécessaire au mois de juin. A cette occasion, les détails du protocole d'étude vous seront présentés. Nous vous remercions d'accueillir les représentants du BRGM, du LEPI et de l'InVS et de leur communiquer les informations qui pourraient leur être utiles concernant ce site. Nous vous contacterons rapidement par téléphone afin de convenir d'un rendez-vous pour cet entretien.

Nous vous tiendrons informé des résultats qui découleront de cette étude

Nous restons à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.  
Je vous prie d'agréer, Monsieur le Maire, l'expression de mes salutations distinguées.

  
Martine LEDRANS

Contacts : Mathilde PASCAL – Côme DANIAU  
Institut de Veille Sanitaire – 12, rue du Val d'Osne – 94 415 Saint Maurice  
12 rue du Val d'Osne - 94415 Saint-Maurice cedex - France  
Tél. : 33 (0)1 41 79 67 00 - Fax : 33 (0)1 41 79 67 67  
01 41 79 68 87 – 01 41 79 69 32  
[m.pascal@invs.sante.fr](mailto:m.pascal@invs.sante.fr) – [c.daniau@invs.sante.fr](mailto:c.daniau@invs.sante.fr)  
<http://www.invs.sante.fr>

Institut de veille sanitaire  
Bureau de recherches géologiques et minières  
Laboratoire d'étude des particules inhalées



DSE/JC/GS/308

Saint-Maurice, le 28 décembre 2006

Membres de l'équipe projet :  
Anne Etchevers, InVS  
Côme Daniau, InVS  
Mathilde Pascal, InVS  
Laurent Martinon, LEPI  
Chris Spencer, BRGM

**Georges SALINES,**  
**Responsable du Département santé**  
**environnement**  
**Institut de veille sanitaire**

**A**  
**Monsieur le Maire de Termignon**  
**Rue Parrachée**  
**73 500 Termignon**

Monsieur le Maire,

Dans le cadre de la saisine datée du 12 mai 2003 en provenance de la Direction Générale de la Santé, une campagne de mesure des concentrations environnementales en fibre d'amiante issue du site de la Girarde a été menée dans votre commune en septembre 2006.

Je tiens à vous remercier de l'accueil que vous avez réservé à l'équipe du Laboratoire d'étude des particules inhalées (Lepi) durant cette campagne et de l'aide que vous avez pu leur apporter. Votre collaboration a permis d'assurer le bon déroulement des prélèvements d'air aux abords du site La Girarde.

Ces prélèvements sont actuellement en cours d'analyse par le Lepi. Les résultats seront disponibles à la fin du mois de février 2007.

Nous vous communiquerons les résultats de ces analyses ainsi que les éventuelles suites données à cette étude. Nous restons à votre disposition pour de plus amples renseignements.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.



**Georges SALINES**  
Responsable du DSE



Ministère de la Santé, de la Jeunesse et des Sports

Direction générale de la santé

Sous direction de la prévention des risques liés à l'environnement et à l'alimentation  
Bureau de l'environnement intérieur,  
des milieux de travail et des accidents de la vie courante

DGS/EA2 n° 24<sup>e</sup>

Paris le 10 JUIL. 2007

Personne chargée du dossier :  
Caroline SCHEMOUL  
Tél : 01-40-56-87-68  
[caroline.schemoul@sante.gouv.fr](mailto:caroline.schemoul@sante.gouv.fr)

La ministre de la santé, de la jeunesse et  
des sports

à

Monsieur le Préfet de Savoie

Château des Ducs de Savoie  
BP 1801  
73018 CHAMBERY CEDEX

Objet : Gestion des affleurements amiantifères

La Direction générale de la santé (DGS) a confié à l'Institut de veille sanitaire (InVS) en 2004 la réalisation d'une évaluation de l'impact sanitaire de l'exposition aux fibres d'amiante des populations riveraines d'anciens sites d'exploitation ou de transformation de l'amiante, ainsi que des affleurements naturels.

L'InVS a informé par courrier du 6 juin 2007 la DGS des premiers résultats de l'étude portant sur les sites d'exploitation et les affleurements naturels considérés comme les plus à risques. Deux des trois sites concernés sont en Savoie, l'un situé sur la commune de TERMIGNON (La Girarde) et le second sur la commune de LANSLEBOURG (à proximité du pont de la Ramasse).

Ces deux sites présentent des fibres d'amiante et leur potentiel d'émissions a été considéré comme fort par les experts de l'InVS et du Bureau de recherche géologique et minière (BRGM). Des campagnes de mesures d'empoussièrement en fibres d'amiante dans l'air ont alors été menées. Si les résultats ne montrent pas d'empoussièrement significatif en l'absence d'activité humaine sur les sites, les mesures réalisées lors de perturbations mécaniques humaines (marche et manipulation de roches) sur le terrain montrent des niveaux de concentration élevés (200 fibres de plus de 5 µm par litre, 7000 fibres de moins de 5 µm par litre).

L'InVS va informer les maires des deux communes concernées des résultats obtenus. Je vous invite à vous rapprocher de ces élus afin de les aider à mettre en œuvre des mesures de gestion adaptées pour prévenir une éventuelle exposition liée à une activité sur ces sites. Vous trouverez en annexe des suggestions de mes services en ce sens.

Pour la ministre et par délégation,  
Par empêchement du directeur général de la santé

Jocelyne BOUDOT  
Sous-directrice de la prévention des risques  
liés à l'environnement et à l'alimentation

## Exposition environnementale à l'amiante chez les personnes riveraines d'affleurements de roches amiantifères en France continentale

### Rapport final

Pour répondre à la saisine de la Direction générale de la santé sur l'impact sanitaire associé aux expositions environnementales à l'amiante, l'Institut de veille sanitaire s'associe au Bureau de recherches géologiques et minières et au Laboratoire d'étude des particules inhalées pour mener une étude concernant les affleurements de roches amiantifères en France continentale. La Corse faisant l'objet d'étude par ailleurs n'a pas été inclus dans cette étude.

L'objectif de l'étude est d'évaluer les expositions environnementales actuelles des populations à l'amiante en provenance de ces affleurements en décrivant les phénomènes de transfert de fibres dans l'air dans différentes circonstances d'exposition des populations. Seule l'exposition par inhalation considérée majoritaire est prise en compte.

La méthode exploite deux approches complémentaires, qualitatives et quantitatives, d'évaluation des expositions aux fibres d'amiante : le jugement d'expert et la métrologie.

Le critère de friabilité de la roche est un facteur majeur dans l'émission de fibres sur un affleurement. Il s'avère également que les mécanismes de perturbations de la roche sont déterminants pour induire ou non une émission. Selon qu'elles sont éoliennes ou anthropiques, les perturbations mécaniques peuvent conduire à des niveaux d'émission très contrastés.

Dans des conditions d'érosion exclusivement éolienne, les résultats de mesures montrent que les niveaux de concentrations en fibres d'amiante au niveau des habitations et à proximité de l'affleurement restent très faibles ( $<1F>5\mu\text{m/L}$ ), même pour les sites présentant les conditions les plus favorables à l'envol de fibres. En revanche, les perturbations anthropiques associées à des déplacements de personnes sur l'affleurement et à la manipulation manuelle de roche conduisent à des teneurs élevées de fibres émises dans l'air (plusieurs centaines  $F>5\mu\text{m/L}$ ).

Il faut toutefois relativiser ces niveaux d'émission compte tenu des circonstances d'exposition ponctuelles et aux effectifs réduits de populations fréquentant ces sites localisés en haute montagne, recouverts par la neige une partie de l'année.

Ainsi, parmi les 13 affleurements pour lesquels la présence d'amiante est avérée au niveau de la roche affleurante, deux sites jugés les plus à risques d'exposition ont fait l'objet de mesures visant à réduire l'accès aux affleurements : la Girarde dans la commune de Termignon (73) et Val-de-Péas dans la commune de Château-Ville-Vieille (05).

## Environmental exposure to natural occurrences of asbestos, France

### Final report

*To answer the question of Public health office on the sanitary impact associated with environmental exposures of asbestos, the French Institute for Public Health Surveillance joins to the Geologic and mining searches office and the Laboratory of particles inhaled to lead a study concerning the natural occurring asbestos in France (NOA).*

*The aim of this study is to assess the environmental exposures of the population to natural occurring asbestos by describing the transfer of fibers from soil to the air in various circumstances of exposure of the population. Only the exposure by inhalation considered majority is handled in this study.*

*Qualitative method by expert's judgment and quantitative approach by metrology in air are used to assess exposures.*

*Friability of rocks containing asbestos is a major factor in the emission of fibers on natural occurrence. On the other hand the mechanisms of disturbances of rocks are determining to lead or not an emission. As they are wind or anthropological, the mechanical disturbances can lead to very contrasted levels of emission.*

*In conditions of exclusively wind erosion, the measures show that the levels of fibers concentrations closed to houses or near natural occurrence remain very weak ( $<1F>5\mu\text{m/L}$ ), even if they present the most favorable conditions to the flight of fibers. On the other hand, the anthropological disturbances associated with movements of persons on same natural occurrence and with manual manipulation of rock lead to high levels of fibers emitted in the air (several hundreds  $F>5\mu\text{m/L}$ ).*

*It is however necessary to put in perspective these levels of emission considering the punctual circumstances of exposure and in the reduced number of people frequenting these natural occurrences situated in high mountain, covered by the snow a part of the year.*

*Among 13 natural geologic occurrences of asbestos, management decisions were taken for two of them to reduce the access to the natural occurring asbestos: La Girarde in the town of Termignon (73) and Val de Péas at Château Ville Vieille (05).*

#### Citation suggérée :

Daniau C, Cosson J, Dor F. Exposition environnementale à l'amiante chez les personnes riveraines d'affleurements de roches amiantifères en France continentale – Rapport final. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, décembre 2008, 73 p. Disponible sur : [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)

#### INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE

12 rue du Val d'Osne

94 415 Saint-Maurice Cedex France

Tél. : 33 (0)1 41 79 67 00

Fax : 33 (0)1 41 79 67 67

[www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)

ISSN : 1958-9719

ISBN : 978-2-11-098291-9

ISBN NET : 978-2-11-098337-4

Tirage : 70 exemplaires

Imprimé par : France Repro - Maisons-Alfort

Réalisé par : DIADEIS-Paris

Dépôt légal : décembre 2008