

Antenne SUD
40 Rue Pinville
CS 40045
34060 MONTPELLIER CEDEX 2
Tél : +33 (0)4 11 75 72 53

Résultats de la recherche de l'amiante dans les tailings de la mine de Salau, commune de Couflens (Ariège)

RAPPORT 2021/075DE – 21OCC24080

Date : 01/06/2021

Résultats de la recherche de l'amiante dans les tailings de la mine de Salau, commune de Couflens (Ariège)

RAPPORT 2021/075DE – 21OCC24080

Diffusion :

B3S	BAILLY Guillaume FOTI Emilie ELLONY Clara
Pôle après-mine SUD	CHOQUET Philippe BOUISSAC Marie Hélène
DREAL Occitanie	CHARTIER Philippe HANNACHI Nathalie
GEODERIS	HADADOU Rafik ZORNETTE Nicolas DELAUNAY Thierry

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Ph BARANGER	R. HADADOU	Th. DELAUNAY
Visa			

SOMMAIRE

1	Contexte	3
2	Contenu de l'étude	4
2.1	Dépôts concernés par les prélèvements	4
2.2	Position des forages et des prélèvements.....	5
2.3	Méthodes de prélèvements et d'analyses	9
2.4	Résultats.....	9
2.4.1	Les forages profonds	9
2.4.2	Les forages de moyenne profondeur.....	9
2.4.3	Les prélèvements de surface	10
3	Interprétation et Conclusions	10
4	Recommandations.....	11

Mots clés : Inventaire DDIE ; Pic de la Fourque ; Salau ; tungstène ; amiante

1 CONTEXTE

Le secteur de Pic de la Fourque a été le siège d'une exploitation de tungstène entre 1970 et 1986. Il se situe dans le département de l'Ariège (09) sur la commune de Couflens, à une trentaine de kilomètres au sud de St Giron. Le site d'exploitation minière est localisé au sein d'une région à forte topographie et isolé de toutes habitations (village de Salau situé à environ 2km en aval du site minier). Il s'inscrit au sein de zones naturelles protégées (Parc Naturel Régional des Pyrénées Ariégeoises, ZNIEFF de type I et II, zone NATURA 2000). D'un point de vue hydrologique, il est situé dans le bassin versant du torrent des Cougnets, affluent de la rivière le Salat.

Une première étude sanitaire et environnementale (étude pilote) avait été menée par GEODERIS sur ce secteur en 2011. Cette dernière nécessitait toutefois d'être complétée par une étude plus détaillée prenant notamment en compte l'aval du site d'exploitation. Suite à l'attribution d'un permis exclusif de recherche à la société d'exploration Variscan, au droit de la mine de Salau, les enjeux initialement fixés pour cette dernière étude ont été redéfinis avec le Bureau du Sol et du Sous-Sol de la Direction Générale de la Prévention des Risques du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, la Préfète de l'Ariège, le Pôle Après-mine SUD et la DREAL Occitanie. A l'issue de la première réunion de la Commission locale d'information, de concertation et de suivi (CLICS) du 22 mars 2017, la Préfète de l'Ariège et la DREAL Occitanie ont ainsi validé avec GEODERIS la mise en œuvre d'un diagnostic environnemental préliminaire se substituant à l'étude sanitaire et environnementale initialement programmée. Ce diagnostic, pour lequel il avait été convenu de ne pas y intégrer la problématique amiante a été mené par GEODERIS en 2017/2018 (2019/094DE BIS – 19MPY36030).

Par courrier du 16 mai 2019, la préfète de l'Ariège a sollicité la DREAL Occitanie et l'ARS Occitanie pour finalement réaliser une étude sur la présence d'amiante dans les résidus de traitement stockés sur le site de la mine.

Cette étude a été confiée à GEODERIS. Compte tenu de la spécificité de ce travail qui nécessite un fort niveau d'expertise dans le domaine de l'amiante environnementale, GEODERIS a fait appel aux compétences du bureau d'étude ADLAB, spécialiste dans le domaine.

L'étude repose sur la réalisation de forages au travers des deux principales verses à résidus (dépôts du carreau 1230 m et dépôt du Plat des Pommiers) ainsi que sur des prélèvements de surface effectués entre 50 cm et 1m de profondeur.

La position géographique de ces deux verses est reportée sur la Figure 1. Elles sont situées en bordure de ruisseaux et très pentues. Elles sont, pour l'essentiel, constituées de matériaux fins (granulométrie inframillimétrique) chargés en métaux et métalloïdes tels que tungstène, cuivre, fer, bismuth et arsenic.

Leurs plateformes sommitales sont recouvertes d'une couche de terre et relativement bien végétalisées. Du fait notamment de leur pente très importante, les talus de ces verses restent, à l'inverse, globalement peu végétalisés avec des zones de végétation discontinue.



Figure 1 : Localisation géographique des deux verses de résidus de traitement de la mine de Salau (source : Géoportail).

2 CONTENU DE L'ETUDE

2.1 Dépôts concernés par les prélèvements

Sur la base des archives minières disponibles, plusieurs dépôts ont été distingués au sein des deux verses. Une reconstitution schématique de la géométrie de ces dépôts a permis d'optimiser le positionnement des différents forages et tout particulièrement les plus profonds (Figure 2 et Figure 3). Cette reconstitution géométrique a été effectuée en s'appuyant sur plusieurs documents d'archives (plans des dépôts, anciens profils altimétriques) et sur les observations de terrain. Des recoupements cartographiques entre la topographie actuelle et ces documents d'archives ont notamment été réalisés.

Cinq dépôts ont ainsi été identifiés :

- **Dépôt 1** : dépôt appartenant à la verse du carreau 1230 m. Il constitue à priori le plus ancien et a été réalisé avant le 20/09/1979.
- **Dépôt 2** : dépôt appartenant à la verse du carreau 1230 m. Il constitue à priori le 2ème plus ancien et a été réalisé avant le 20/09/1979.
- **Dépôt 3** : dépôt appartenant à la verse du carreau 1230 m. Il correspond à celui actuellement visible au niveau du carreau de la mine, il a fonctionné jusqu'à la mise en service de la verse du Plat des Pommiers. La date de l'arrêt est postérieure au 24/04/1979.
- **Dépôt 4** : dépôt constituant la verse du Plat des Pommier. Il a commencé à être utilisé après avril 1979. Les dépôts de matériaux se sont arrêtés avec l'arrêt de l'exploitation (1986)

- **Dépôt 5** : dépôt appartenant à la verse du carreau 1230 m (situé à l'est du carreau). Il est différent des dépôts précédents de par la nature et la granulométrie de ses matériaux. Il s'agit ici de résidus de creusement de forte granulométrie.

Les coupes réalisées lors de la reconstitution de la géométrie de ces différents dépôts sont reportées sur les Figure 2 et Figure 3.

2.2 Position des forages et des prélèvements

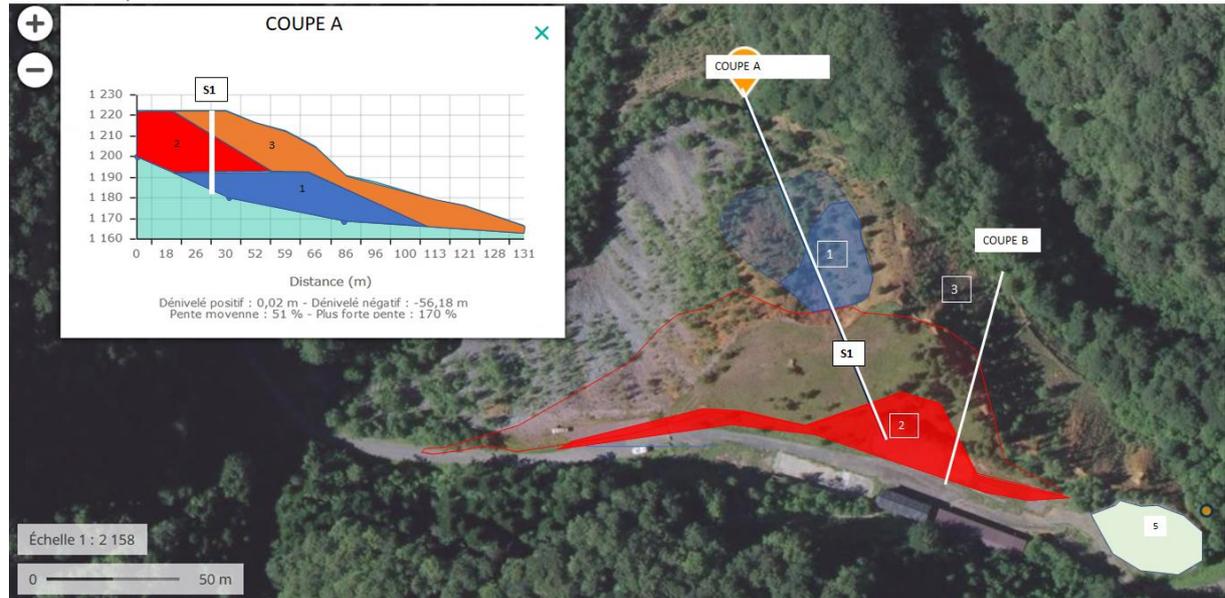
Cette étude est basée sur la réalisation de treize forages et de quatorze prélèvements de surface (prélèvements manuels ou prélèvements à la tarière).

Trois forages ont été réalisés jusqu'au substratum afin de recouper la totalité des couches de dépôts et de tester, en fonction de la profondeur et donc de leur ancienneté, l'homogénéité du matériau en particulier vis-à-vis de la teneur possible en amiante. Ces forages sont appelés « forages profonds » et sont indexés de S1 à S3.

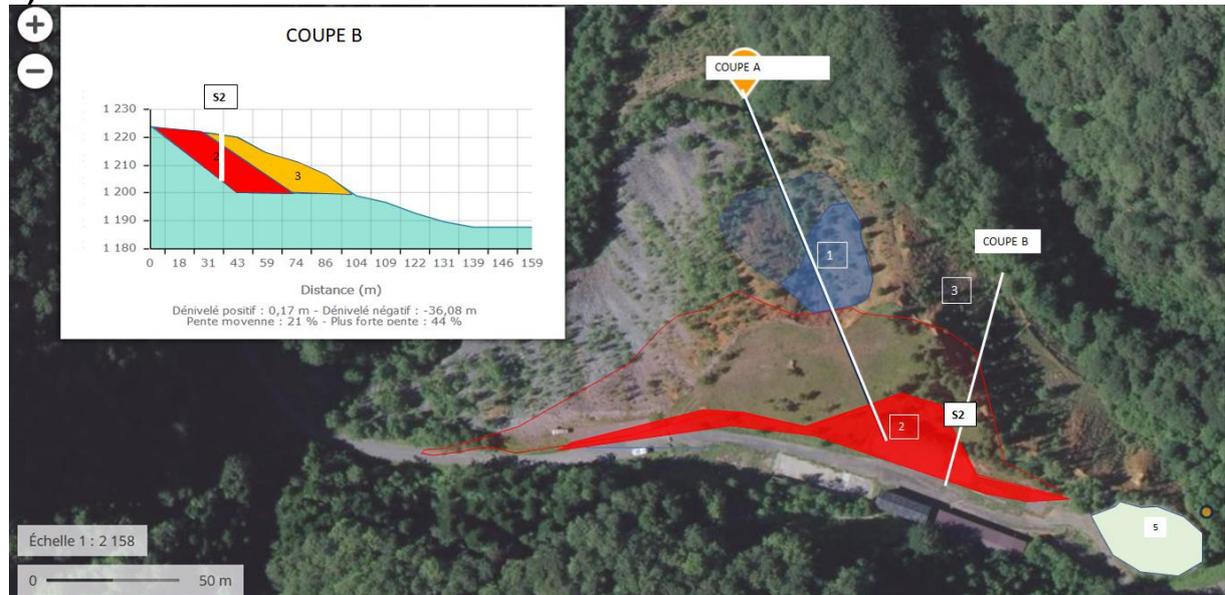
Les profondeurs de ces trois forages sont de 36,3m pour S1, 24,3 m pour S2 et 6,4 m pour S3.

Leurs localisations géographiques sont reportées sur les Figure 2 et Figure 3.

a)



b)



Source : GEOPORTAIL

Figure 2 : Coupes schématiques de la géométrie des dépôts. Positions des forages S1 (carte a) et S2 (carte b). Extrait du rapport ADLAB joint en Annexe 1.



Figure 3: Coupe schématique de la géométrie du dépôt. Positions du forage S3 (verse du Plat des Pommiers). Extrait du rapport ADLAB joint en Annexe 1.

Les dix autres sondages sont destinés à couvrir l'essentiel de la surface des dépôts restant accessible par une foreuse (plates-formes sommitales). Contrairement aux forages précédents, ils n'ont pas été réalisés dans le but d'atteindre le substratum. Ils ont été appelés « forages de moyenne profondeur » et sont indexés de S4 à S13. Ils se caractérisent par des profondeurs comprises entre 4,35 m et 8,4 m.

Sur les treize forages réalisés, des prélèvements pour analyses ont été effectués en fonction de la profondeur. Les pas de prélèvement sont indiqués dans le rapport ADLAB joint en Annexe 1.

L'ensemble des prélèvements en profondeur (via les forages) a été complété par des prélèvements de surface. Ces derniers ont été prélevés soit à la tarière manuelle (entre 50 cm et 1 m de profondeur ; prélèvements P14 à P17 et P19 à P24), soit directement à la surface du sol (prélèvements manuels : P14stérile, P14bis, P18, P18haut, P18bas). Ils ont été réalisés à l'interface entre les résidus oxydés et non oxydés, au pied des talus ou sur les pentes accessibles.

Les localisations géographiques de tous les forages et prélèvements de surface sont présentées sur la Figure 4 pour les dépôts du carreau 1230 m et du Plat des Pommiers.

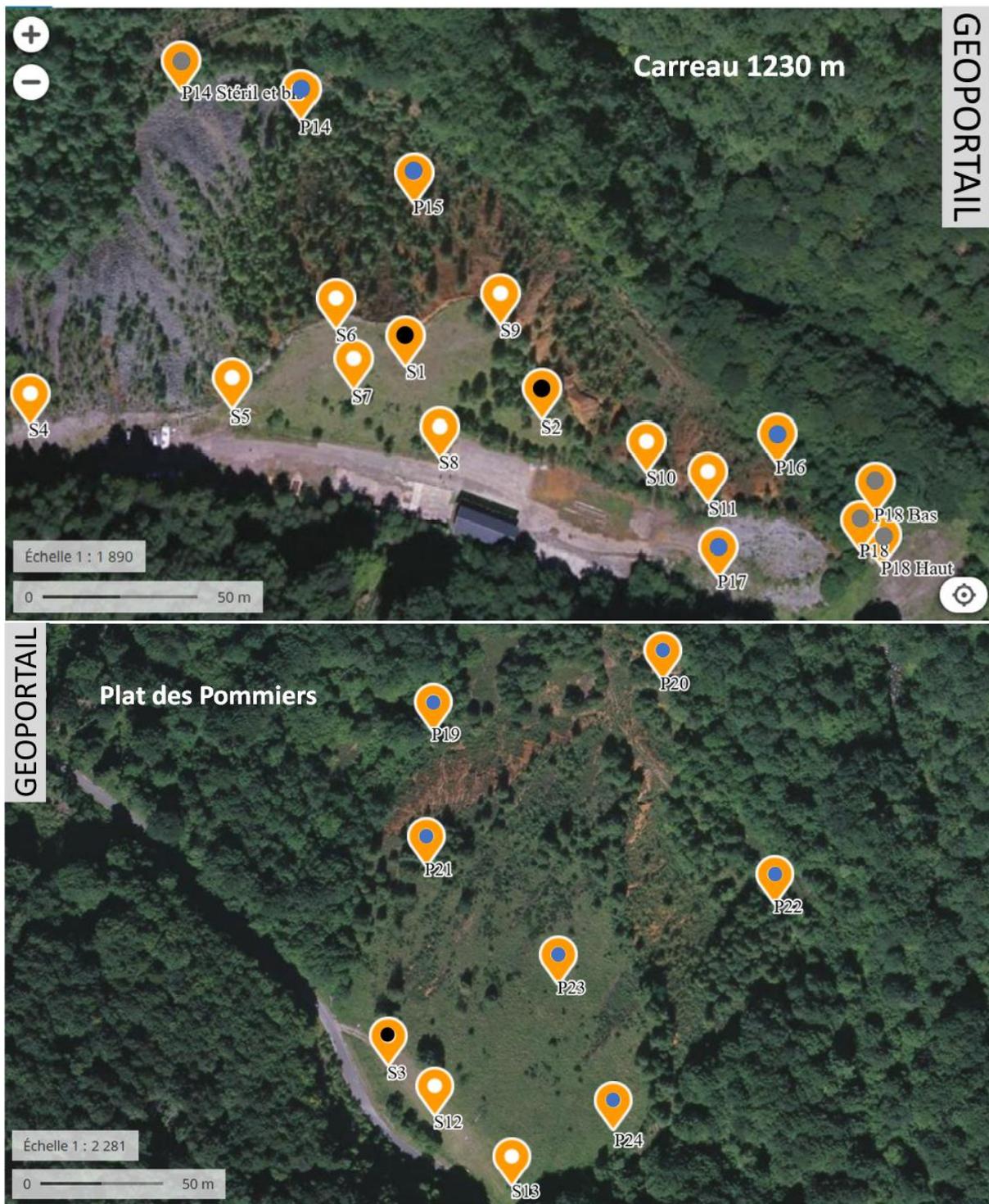


Figure 4 : Forages et prélèvements de surface

2.3 Méthodes de prélèvements et d'analyses

Les méthodes de prélèvement et d'analyse sont détaillées dans le rapport ADLAB joint en Annexe 1. Les rapports d'analyse sont fournis en Annexe 2.

2.4 Résultats

2.4.1 Les forages profonds

Les observations réalisées au niveau des forages S1, S2 et S3 n'ont pas montré de discontinuités dans les résidus traversés. Elles montrent que ces derniers sont de granulométrie homogène sur l'essentiel des prélèvements effectués et ne permettent pas de distinguer les trois dépôts qu'ils sont censés recouper.

Pour S1, seule une fibre d'actinote amiante a été détectée au niveau -15,3m (niveau appartenant normalement au dépôt n°2).

Pour S2, de nombreux niveaux ont montrés la présence d'actinote amiante sur l'ensemble de la hauteur du forage (détecté dans 16 prélèvements sur 24 réalisés). Parmi ces niveaux, trois contiennent de la grunérite-cummingtonite amiante (niveaux -1,3 m, -11,3 m et -14,3 m). A noter que les quantités et les types d'amiantes détectés dans ce forage sont très différents de ceux détectés dans les autres forages.

Pour S3 (réalisé sur la verse du Plat des Pommiers), sur les cinq analyses effectuées dans les résidus, une fibre d'actinote amiante et une fibre de trémolite amiante proche de l'actinote ont été observées (respectivement niveau -1,4 m et -3,4 m).

2.4.2 Les forages de moyenne profondeur

La granulométrie des matériaux échantillonnés reste globalement identique sur la majorité des prélèvements effectués dans ces forages.

Pour le carreau 1230 m, certains niveaux des forages S6 et S7 ont montré la présence d'actinote amiante (niveau -4,45 m pour S6 ; niveaux -4,4 m et -5,4 m pour S7). Des fragments de clivage d'actinote (classée amiante par la norme NFX 43050) ont aussi été observés dans quelques niveaux des forages S5 et S9 (niveau -0,3 m pour S5 ; niveaux -0,35 m et -4,35 m pour S9). Compte tenu de leur profondeur, ces niveaux seraient a priori attribuables au dépôt 2, voire au dépôt 3 pour le niveau le plus profond du forage S9. Il est à noter qu'un fragment de clivage d'actinote a également été observé dans le niveau supérieur de ce forage. De par sa granulométrie (mélange de fragments de roches et de résidus oxydés), ce niveau n'est toutefois pas représentatif des résidus sous-jacents attribuables au dépôt 3.

Pour le Plat des Pommiers (dépôt 4), les analyses ont montré la présence de niveaux contenant de l'actinote amiante (niveaux -1,4 m, -2,4 m et -4,4 m pour S12 ; niveaux : -3,5 m et -4,5 m pour S13).

2.4.3 Les prélèvements de surface

Aucune fibre d'amiante n'a été détectée dans les échantillons directement prélevés en surface (prélèvements manuels). Pour les prélèvements effectués à la tarière, seuls deux échantillons ont montré la présence d'amiante (niveaux -0,6 m pour P22 et -1 m pour P24).

3 INTERPRETATION ET CONCLUSIONS

Les analyses effectuées sur les matériaux stockés au niveau des verses du carreau 1230 m et du Plat des Pommiers permettent d'établir les conclusions suivantes :

Pour le carreau 1230 m

Du fait de la présence d'une couche de terre végétale sur la majeure partie de la plateforme sommitales de la verse, une exposition à l'amiante par contact direct avec le sol reste peu probable, excepté sur les zones de résidus à nu. Les deux horizons les plus proches de la surface où des fibres d'amiante ont été identifiées se situent à 0,30 m et 0,35 m de profondeur (respectivement forages S5 et S9).

Aucune fibre d'amiante n'a été détectée dans les niveaux susceptibles d'appartenir au dépôt 1. Il en va de même pour les niveaux supérieurs du dépôt 3 (forages S1, S6, S7, S10 et S11) ainsi que pour les prélèvements effectués sur les stériles situés à l'ouest du carreau (forage S4 et prélèvements P14 et P14bis), sur les déblais d'une ancienne plateforme située à l'est des bâtiments du carreau (prélèvements P18, P18bas et P18haut) et sur le dépôt 5.

Il apparaît que les niveaux de résidus qui contiennent de l'amiante sont plutôt liés au dépôt 2. Un fragment de clivage d'actinote (classée amiante par la norme NFX 43050) a toutefois aussi été détecté dans un des niveaux du dépôt 3 (niveau -4,35 m, situé à la base du forage S9). Pour ce dernier cas, compte tenu de ses propriétés, l'amiante sensu stricto a probablement été entièrement extrait au cours du process de traitement (départ par envois de poussières et transfert au niveau des eaux).

Pour le Plat des Pommiers

Comme pour le carreau 1230 m, la présence d'une couche de terre végétale sur la majeure partie de la plateforme sommitale de la verse protège d'une exposition à l'amiante par contact direct avec le sol, excepté sur les zones de résidus à nu.

Pour la verse du Plat des Pommiers (dépôt 4), de l'amiante a été détectée dans des niveaux proches de la surface (niveau -1,4 m pour les forages S3 et S12 ; niveaux -0,6 m et -1 m respectivement pour les prélèvements de surface P22 et P24) et dans des niveaux plus profonds (niveau -3,4 m pour le forage S3 ; niveaux -2,4 m et -4,4 m pour le forage S12 ; niveaux -3,5 m et -4,5 m pour le forage S13).

4 RECOMMANDATIONS

Pour des usages de loisirs de type randonnée, GEODERIS n'a pas identifié de risques sanitaires significatifs liés à une exposition directe à l'amiante sur les zones potentiellement les plus fréquentées des deux verses de résidus de traitement (zones sommitales).

Une exposition des populations liée à l'envol de poussières contaminées depuis ces deux verses jusqu'aux zones habitées n'est par ailleurs pas retenue compte tenu du recouvrement de terre végétale des plateformes sommitales de ces deux verses, des zones indurées observées sur leurs pentes ainsi que des secteurs en cours de végétalisation. De la même manière, l'absence d'impact sur l'aval du site et tout particulièrement sur la partie aval du torrent des Cougnets et du Salat (à l'exception de l'aval proche des deux verses) conduit à écarter les transferts par les eaux de matériaux amiantés, issus des deux verses jusqu'au village de Salau situé en aval hydraulique du site minier.

Compte tenu de ces différents éléments, GEODERIS n'a pas jugé nécessaire de réaliser une évaluation des risques sanitaires dans le cadre de cette étude.

Il est recommandé néanmoins de limiter l'exposition au niveau des résidus affleurant sur les pentes des deux verses et sur les zones de résidus à nu localement présentes sur les plates formes sommitales. Cette recommandation rejoint celle qu'il avait déjà été préconisée dans le cadre de l'étude sanitaire et environnementale sur la zone de résidus à nu située en bordure du secteur enherbé du carreau 1230.

Concernant cette dernière étude, GEODERIS réitère ses recommandations relatives à la végétalisation des verses ainsi qu'au suivi et entretien régulier des bassins situés en pied de dépôts afin de limiter au maximum les départs de matériaux fins au sein du réseau hydrographique superficiel.

Compte tenu de la présence de niveaux contenant de l'amiante détectés dès la profondeur de 0,3 m, GEODERIS recommande d'éviter, pour les deux verses à résidus, tout affouillements au niveau des zones enherbées et recouvertes de terre végétale.

En cas de travaux de réaménagement des verses, il est recommandé de prendre les mesures de protection particulières à adopter pour les opérations mettant en jeu des matériaux qui contiennent de l'amiante. Durant ces travaux, outre les mesures de protection du personnel, il conviendra tout particulièrement d'éviter les envols de poussières ou les transferts de résidus vers le réseau hydrographique superficiel. Il conviendra également d'éviter de remettre en surface des résidus ou de créer des zones à nu au niveau des zones déjà végétalisées. Enfin, si, au cours de ces travaux, des résidus venaient à être évacués à l'extérieur du site, ils devront suivre une filière d'élimination adaptée.

Annexe 1

Rapport ADLAB

RAPPORT

Recherche de l'amiante dans
Tailing de la mine de Salau,
comprend 24 pages et 4 annexes

Client : GEODERIS

Adresse : 40, rue de Pinville - CS 40045

34060 MONTPELLIER CEDEX 2

N° Siret : 18572294900020

Devis : ADV19ADL0171

Rapport n° mmi 20201101 -B-V1

AD-LAB

ZA du plat du PIN

69690 BRUSSIEU

Tél +33 777 999 01

Courriel auteur :

maxime.misseri@ad-lab.fr



SOMMAIRE

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	3
2. MODIFICATIONS DES VERSIONS ANTERIEURES	3
3. INFORMATIONS ENTRANTES ET GENERALES.....	3
3.1. INFORMATIONS ENTRANTES.....	3
3.2. INFORMATIONS GENERALES.....	3
4. METHODES	4
4.1. SONDAGES.....	4
4.2. TARIERE MANUELLE.....	4
4.3. PRELEVEMENT MANUEL.....	4
4.4. PREPARATION DES ECHANTILLONS	4
4.5. ANALYSE AU META	5
4.6. GRANULOMETRIE.....	6
5. SONDAGES PROFONDS.....	7
5.1. IDENTIFICATION DES DEPOTS.....	7
5.2. POSITIONNEMENT DES SONDAGES.....	9
5.3. RESULTATS SONDAGES PROFONDS.....	11
6. LES SONDAGES DE MOYENNE PROFONDEUR.....	13
6.1. POSITIONNEMENT DES SONDAGES.....	13
6.2. RESULTATS DES SONDAGES DE MOYENNE PROFONDEUR.....	14
7. PRELEVEMENT DE SURFACE.....	17
8. RESULTAT PAR RAPPORT AUX DEPOTS	21
9. CONCLUSION.....	24

1. Introduction

GEODERIS (ci-après, nommé le maître d'ouvrage) est chargé de vérifier la présence éventuelle d'amiante dans les Tailings de la mine de Salau. La stratégie de prélèvement, l'échantillonnage et les analyses de recherche d'amiante ont été confiés à AD-LAB. Ce rapport rassemble l'ensemble des données.

Le périmètre de la mission se limite à la recherche d'amiante sur les tailings du carreau de la mine de Salau et ceux du lieu-dit du « plat des Pommiers ». Ces tailings se trouvent à quelques kilomètres au sud-est du village de Salau sur la commune de Couflens dans la haute vallée du Salat.

Les tailings correspondent au stockage des résidus de production de la mine de Salat qui a extrait et enrichit du minerai de tungstène entre 1971 à 1986.

Le carreau et les tailings de la mine sont accessibles du village de Salau par une route de 4 km.

2. Modifications des versions antérieures

Il s'agit de la première version

3. Informations entrantes et générales

3.1. Informations entrantes

L'ensemble des documents transmis par le maître d'ouvrage a été utilisé dans la stratégie d'échantillonnage n° mmi 20190801-B-V, ci-après, annexée (annexe1).

3.2. Informations générales

Objectif de la mission.

Les matériaux constituant les tailings proviennent pour l'essentiel de la laverie de traitement du minerai de l'ancienne mine. Il s'agit de produits fins, comportant des calcaires silicatés et des sulfures avec une granulométrie d'environ 60 microns. Les tailings du carreau de la mine renfermeraient entre 475 000 tonnes et 535 000 tonnes de produit. Il est encadré par le ruisseau de la Baume et celui de la Fourques (Cougnet). Concernant le plat des Pommiers, dans le document PIF-D-51, les prévisions de dépôt étaient de 60 000 tonnes par an. Les tailings du plat du pin pourraient renfermer environ 360 000 tonnes de produit (chiffre calculé sur la base de 6 ans d'exploitation).

4. Méthodes

4.1. Sondages

Treize sondages (S1 à S13) ont été réalisés à l'aide d'une sondeuse sonique par AGROFORE sur les parties les plus horizontales de la zone à étudier. Cette technique utilise la vibration à haute fréquence, soit 120 à 180 Hz). Le principe consiste à générer des vibrations par l'intermédiaire de deux excentriques hydrauliques à haute célérité. La vibration haute fréquence est transmise au sol via des tiges et un carottier, spécifiques. Elle rend meuble (fluide) le sol environnant sur une étendue très limitée (1 à 5 mm) et permet une pénétration très rapide du carottier. Avec cette technique le sol et l'échantillon ne sont pas déstructurés et l'émission de poussière est réduite. Chaque mètre de terrain sondé a été récupéré dans une chaussette en plastique.

Le géologue d'AD-LAB, après avoir observé le matériau traversé, a échantillonné 300 g pour l'analyse en laboratoire selon un protocole évitant la pollution croisée entre les échantillons. Une pollution résiduelle le long de la paroi du tube de la sondeuse ne peut être entièrement exclue.

AGROFORE a réintroduit le matériau non échantillonné dans chaque trou de forage, a rebouché chaque trou de forage pour éviter toute infiltration avec de la bentonite et a fait traiter comme déchet amiante le reliquat de matériau non échantillonné.

L'emplacement des sondages avait été déterminé dans la stratégie n° mmi 20190801-B-V1. Le sondage S11 a été déplacé de quelques mètres vers S10 la sondeuse, car il n'a pas été possible d'atteindre la position prévue initialement. Les trois sondages profonds S1, S2, S3 ont, comme prévu, atteint le substratum. C'est également le cas pour les sondages S12 et S13. Dans ce document est appelée « substratum » la formation de moraine constituée de bloc et galet avec une matrice sableuse.

4.2. Tarière manuelle

Dix prélèvements à la tarière manuelle ont été réalisés par les géologues d'AD-LAB dans les zones inaccessibles pour la sondeuse sonique : P14 à P17 et P19 à P24. Ils ont été effectués entre 50 cm et 1 m. Compte tenu de la nature du terrain en P18, le prélèvement à la tarière manuelle n'a pu être effectué.

Les trous ont été rebouchés avec le matériau non échantillonné et fermé avec un bouchon d'argile.

4.3. Prélèvement manuel

Cinq prélèvements manuels ont été effectués par un géologue d'AD-LAB. Le prélèvement à la tarière P14 dans les résidus de production a été complété par deux échantillons prélevés manuellement dans le stérile (une granodiorite et un sulfure massif). Le prélèvement P18 a été remplacé par deux prélèvements manuels à la surface P18 haut et P18 et un prélèvement plus bas en bordure du remblai P18 bas.

4.4. Préparation des échantillons

Les échantillons sont des fragments de roches naturelles.

Le protocole de la préparation est succinctement décrit ci-dessous :

- Observation au stéréomicroscope,
- Prélèvement d'un sous-échantillon de roche,
- Écrasement à la spatule et/ou broyage manuel avec un mortier et un pilon,
- Analyse en MOLP (microscope optique à lumière polarisée),
- Mise en eau des particules les plus fines, passage aux ultra-sons et mise en goutte sur des grilles de microscopie électronique précarbonées.
- Analyse en META (microscope électronique à transmission équipé d'un analyseur chimique).

Les résultats des analyses MOLP ont été reportés dans l'annexe 3.

4.5. Analyse en META

La dimension des particules minérales allongées a été déterminée en microscope électronique à transmission analytique (META). La longueur et la largeur des structures sont données à titre indicatif et ne sont pas systématiquement représentatives de la dimension réelle des fibres dans l'échantillon. En effet, la préparation des échantillons en vue de leur analyse en META inclut une phase de destruction mécanique produisant une fragmentation des fibres et minéraux prismatiques.

La nature fibreuse ou non fibreuse des structures observées est déterminée conformément aux critères de la norme NF X 43-050. Par conséquent, est classée comme fibre une structure qui répond à la définition suivante : « particule allongée qui a des côtés parallèles ou étagés, ayant un rapport L/l égal ou supérieur à trois et une longueur minimale de 0,5 µm » §3.17. En META, toute autre structure répondant aux critères dimensionnels, mais ne présentant pas la morphologie requise est dite fibriforme (est dans ce document PMAi).

La résistance à la traction et la souplesse des fibres ne peuvent pas être mesurées au META. Ces critères ne sont pas pris en compte.

Seules les fibres citées dans la norme NFX-43 050 sont classées en tant qu'amiante (Chrysotile, trémolite-amiante, actinote-amiante, amosite, crocidolite, anthophyllite-amiante). Cette norme ne prend pas en compte les autres fibres naturelles qui pourraient être dangereuses.

L'IMA (International Mineralogical Association) a publié une classification des amphiboles en 1997, puis en 2004 et 2012. Le classement des fibres en trémolite/actinote est effectué selon l'IMA 12. Néanmoins, la partition dans le diagramme Si apfu versus Mg/(Mg+Fe²⁺), proposée dans l'IMA 78 (mieux adaptée à notre activité) a été préférée pour reporter les compositions chimiques ponctuelles mesurées.

Concernant les spectres ré-équilibrés, il s'agit de la composition chimique de l'amphibole théorique, chimiquement la plus proche de la fibre observée. Cette composition est déterminée à l'aide de la composition chimique brute rentrée dans le logiciel de Locock IMA 12 et ajustée, élément par élément, en fonction des incertitudes de mesure.

Les résultats des analyses META ont été reportés dans l'annexe 3.

4.6. Granulométrie

La granulométrie a été effectuée pour vérifier l'homogénéité des dépôts de résidu minier (tailings). Elle a été déterminée à partir de photographie de lames minces en MOLP. Les clichés ont été pris en lumière polarisée non analysée avec un grossissement de 100 (10 x 10). Les photographies ont été traitées avec le logiciel ImageJ du NIH afin de compter les grains constituant le matériau. Les granulométries ont été établies à partir de la surface des grains, à l'aide de ce même logiciel. Les données brutes sont exprimées en nombre de pixels. Les granulométries sont reportées dans l'annexe 4. Dans chaque échantillon, à partir de la surface des grains, un diamètre théorique du grain moyen et du grain le plus gros a été calculé. Les diamètres sont reportés dans l'annexe 2.

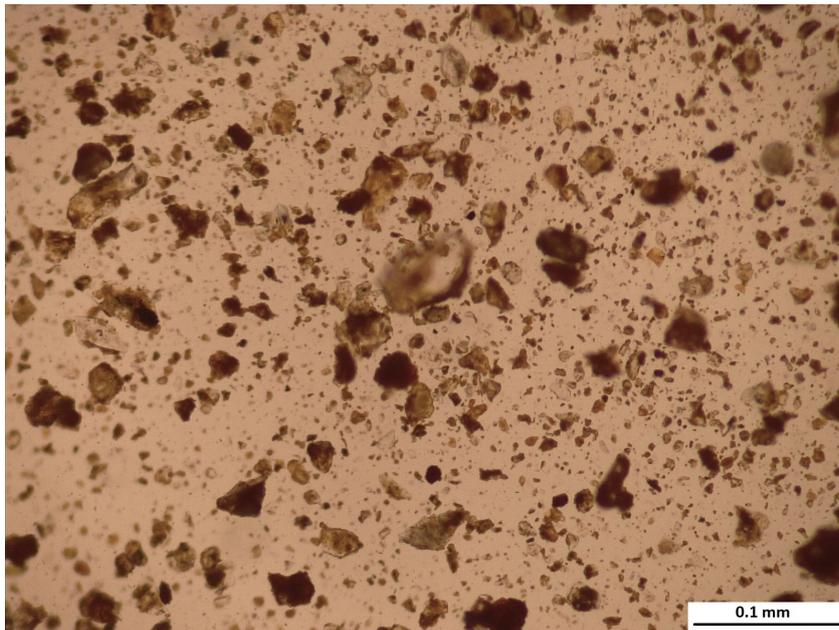


Figure 1: S1.1, photographie d'un résidu oxydé utilisé pour l'analyse d'image LPNA x 100

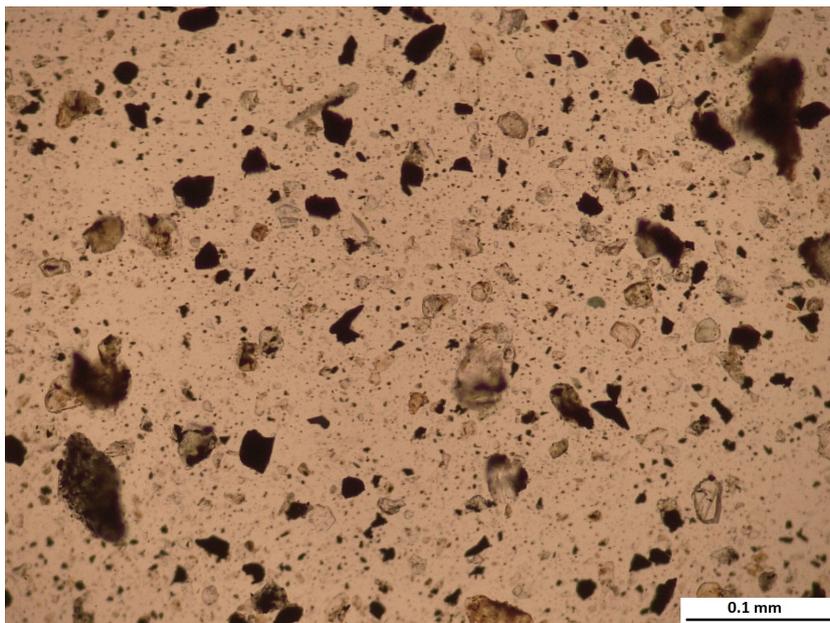


Figure 2 : S1.2, photographie d'un résidu non oxydé utilisé pour l'analyse d'image LPNA x 100

5. Sondages profonds

Ces sondages avaient pour objectif de vérifier l'homogénéité des dépôts dans le temps et atteindre le substratum et les dépôts les plus anciens.

5.1. Identification des dépôts

Dans la stratégie, mmi 20190801-B-V1, cinq dépôts ont été identifiés à partir des documents fournis par GEODERIS.

Le dépôt 1 : correspond à un dépôt du carreau de la mine, carté dans le document PIF-D-136. Il semble le plus ancien et réalisé avant 20/09/1979.

Le dépôt 2 : correspond à un dépôt du carreau de la mine, carté dans le document PIF-D-136. Il semble être le 2^e plus ancien et réalisé avant 20/09/1979.

Le dépôt 3 : correspond au dépôt du carreau de la mine actuellement visible, il a fonctionné jusqu'à la mise en service du site du plat des Pommiers. La date de l'arrêt est postérieure au 24/04/1979 (à préciser).

Le dépôt 4 : correspond au dépôt du plat des pommiers qui a été mis en fonctionnement après avril 1979 (date pouvant être précisée). Les dépôts se sont arrêtés avec l'arrêt de l'exploitation (1986).

Le dépôt 5 : il est situé au carreau de la mine, et est apparemment constitué de matériaux de nature différente des autres dépôts.

La localisation des dépôts 1, 2, 3 et 5 est décrite dans les figures ci-dessous.

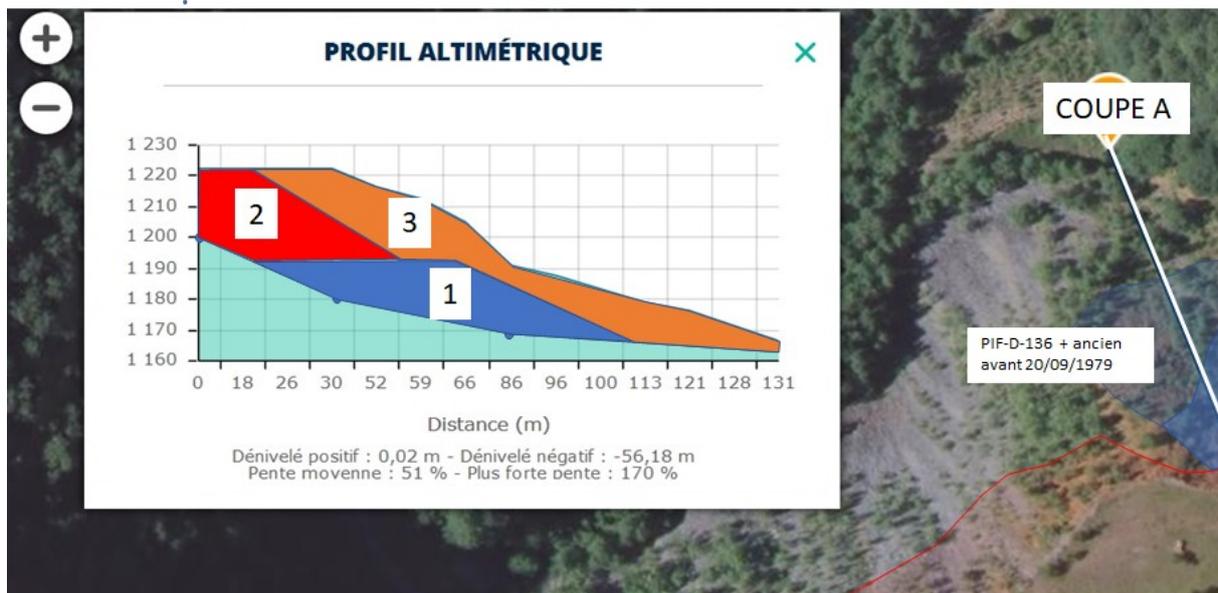


Figure 3 : historique des dépôts du carreau de la mine, coupe A interprétative

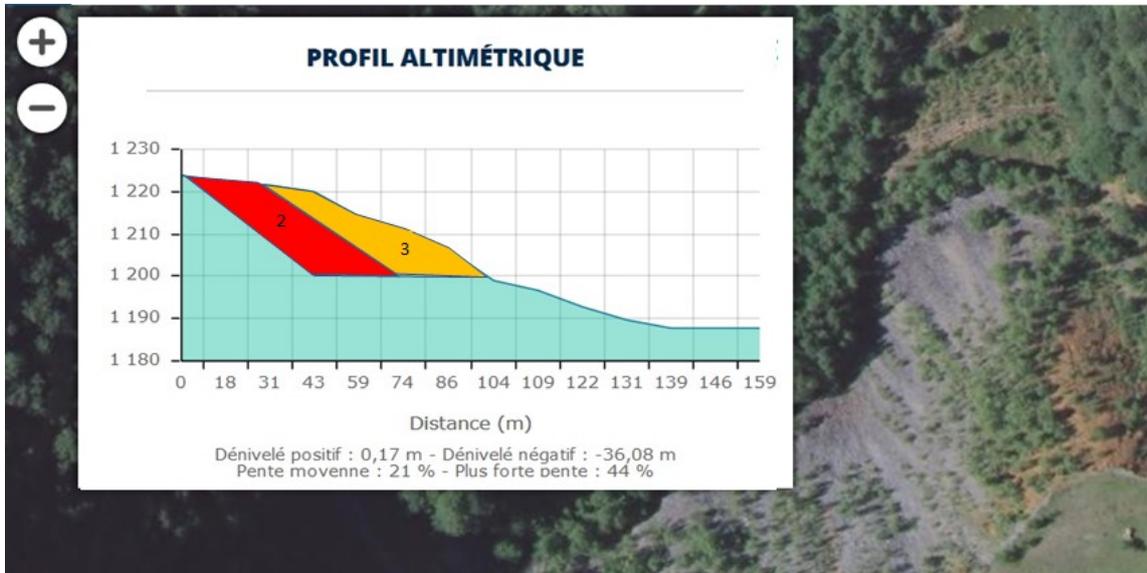


Figure 4 : historique des dépôts du carreau de la mine, coupe B interprétative

La localisation du dépôt 4 (le plat des pommiers) est décrit dans les figures ci-dessous (photographie aérienne et coupes).

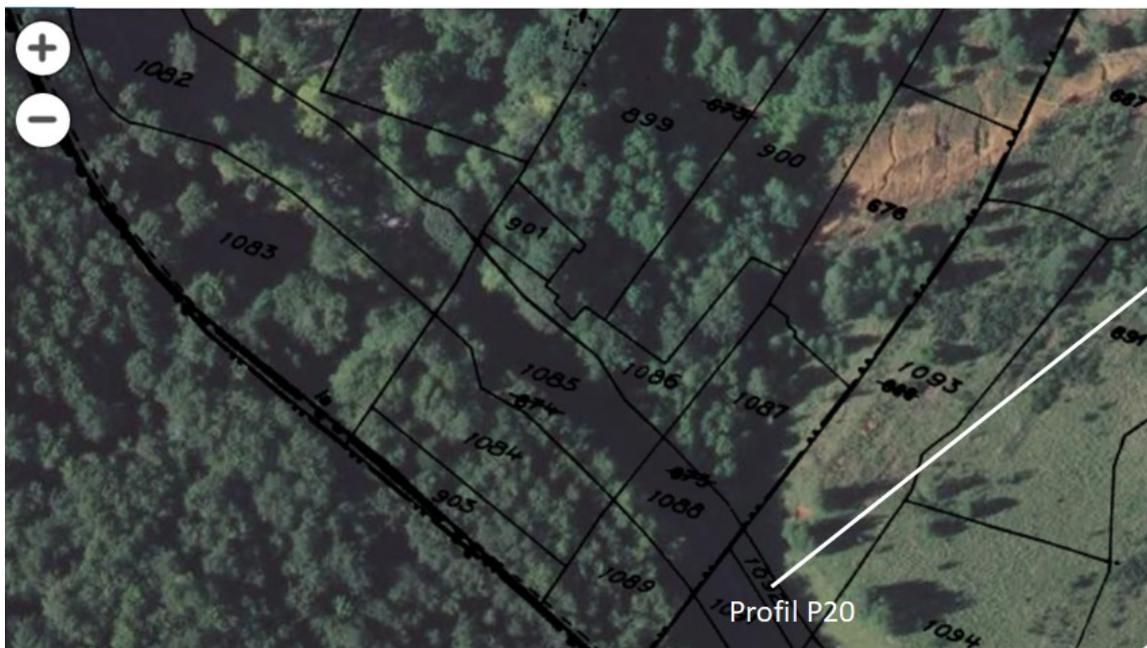


Figure 5 : Tracés des profils « P19 » et « P20 »

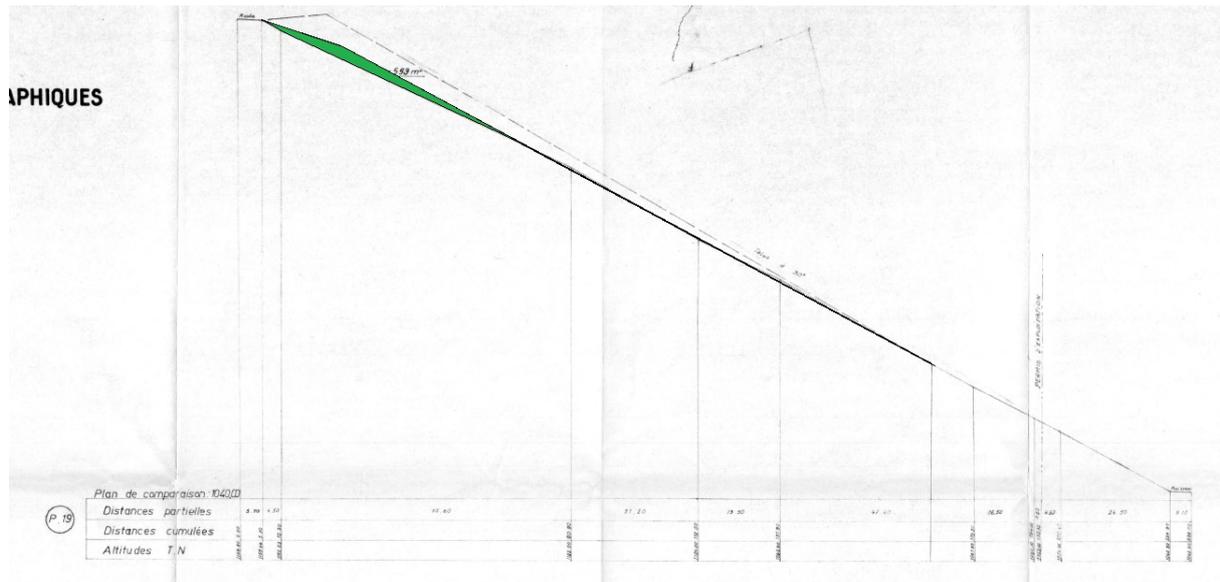


Figure 6 : Coupe interprétative sur le profil P19 plat des pommiers, en vert dépôt 4 actuel

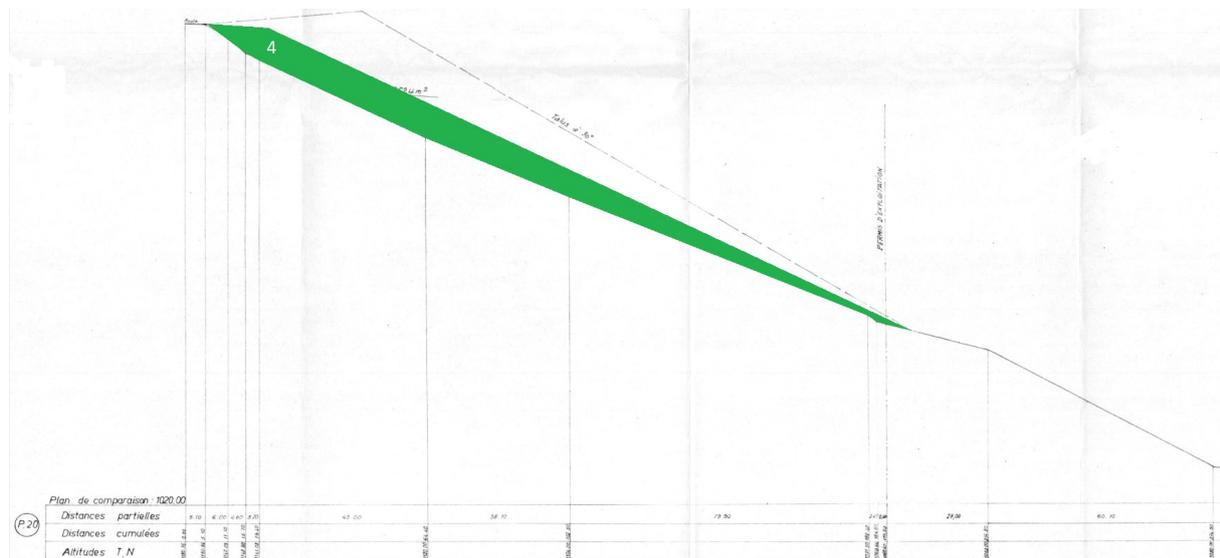


Figure 7 : Coupe interprétative, plat des pommiers, sur le profil P20, en vert le dépôt 4 actuel.

5.2. Positionnement des sondages

Les sondages profonds ont été positionnés de manière à recouper si possibles les dépôts anciens. La profondeur est calculée pour atteindre le substratum.

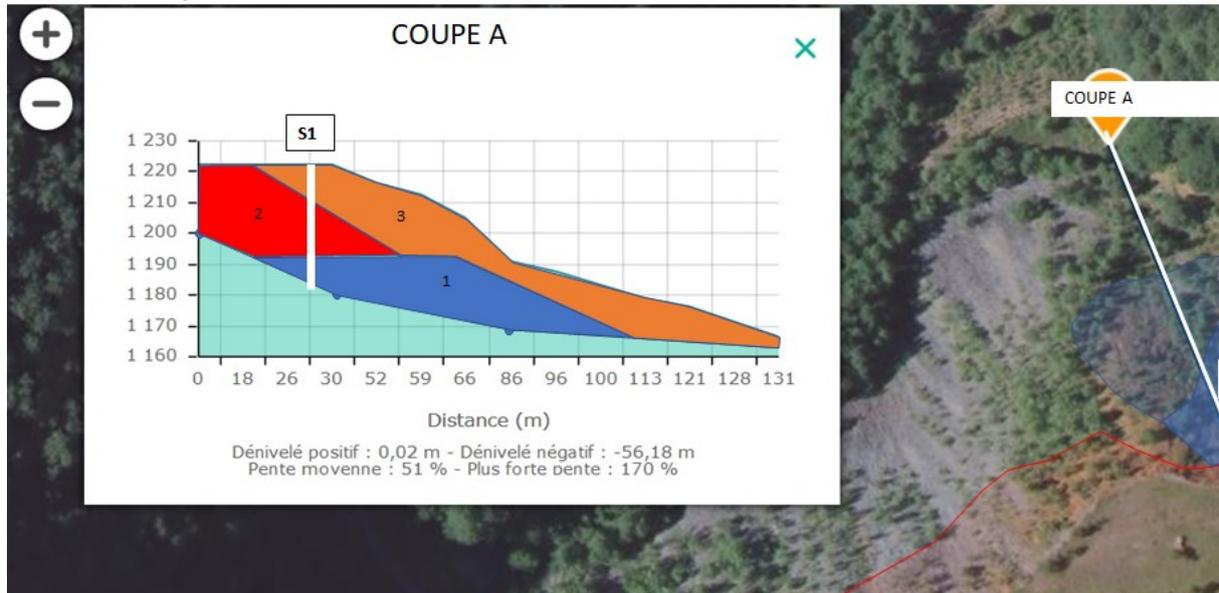


Figure 8 : implantation du sondage S1 sur la coupe A (carreau de la mine)

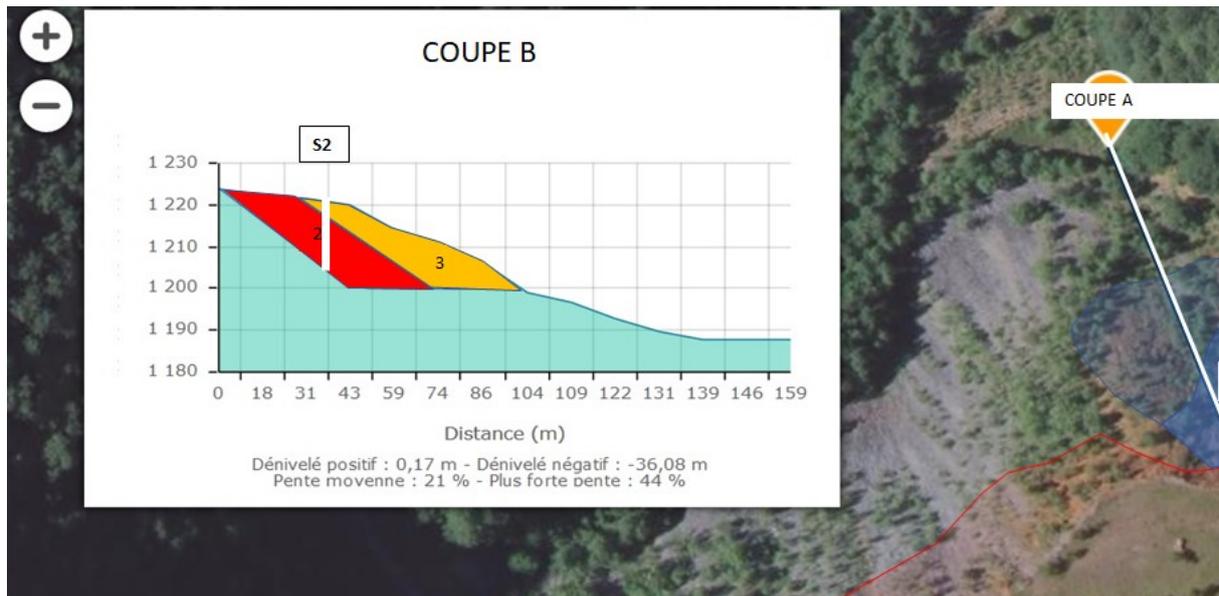


Figure 9 : implantation du sondage S2 sur la coupe B (carreau de la mine).

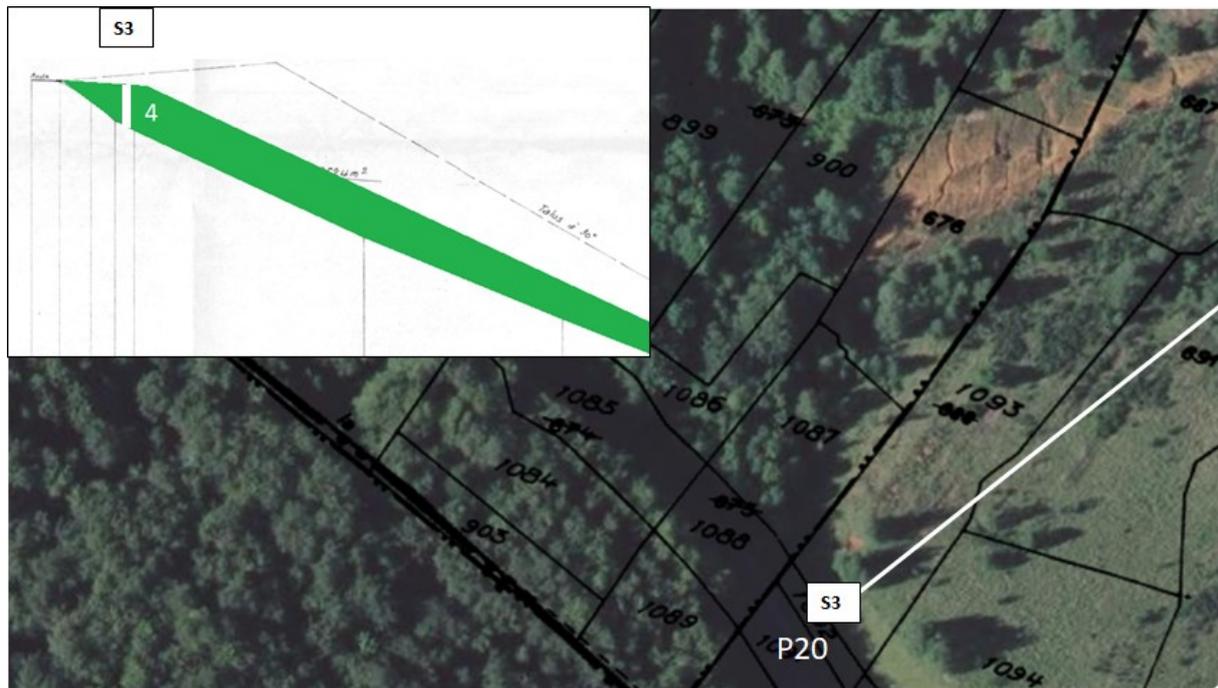


Figure 10 : implantation du sondage S3 sur le profil P20 du plat des Pommiers (dépôt 4)

5.3. Résultats sondages profonds

Le sondage S1 devait dans la mesure du possible traverser les dépôts 1,2 et 3. Les résidus traversés au vu de la granulométrie sont homogènes (forme des courbes, annexe 4 et diamètres, annexe 2). Il n'a pas été possible de distinguer les trois dépôts. Sur les vingt-huit analyses réalisées dans les résidus, une fibre d'actinote amiante a été détectée au niveau -15,3 m. Ce niveau devrait faire partie du dépôt 2. Les résidus prélevés dans tous les sondages sont humides. Dans le sondage S1 avec une mesure tous les 5 m il y a une perte en eau de 12 à 13 %.

Le sondage S2 devait, dans la mesure du possible, traverser les dépôts 2 et 3. Comme pour S1, au vu de la granulométrie, les résidus sont homogènes. Dans seize des vingt-quatre analyses réalisées dans les résidus de ce sondage, de l'actinote amiante a été détecté et dans trois de la grunérite-cummingtonite amiante. Les quantités d'amiante et les types d'amiante détecté dans ce sondage sont très différents de ceux détectés dans les autres sondages. Il est possible que ce sondage ait traversé dans sa totalité le dépôt 2.

Le sondage S3 traverse le dépôt 4. Dans ce sondage, la taille maximale des grains est légèrement supérieure de celles mesurées dans l'ensemble du dépôt 4 et dans l'ensemble des résidus du site (figure 11). Cependant, la taille du grain moyen est comparable à celles mesurées dans l'ensemble du dépôt 4 et dans l'ensemble des résidus du site (figure 12). Au vu de la granulométrie, les résidus sont homogènes. Sur les cinq analyses effectuées dans les résidus une fibre d'actinote amiante et une fibre de trémolite amiante proche de l'actinote ont été observées.

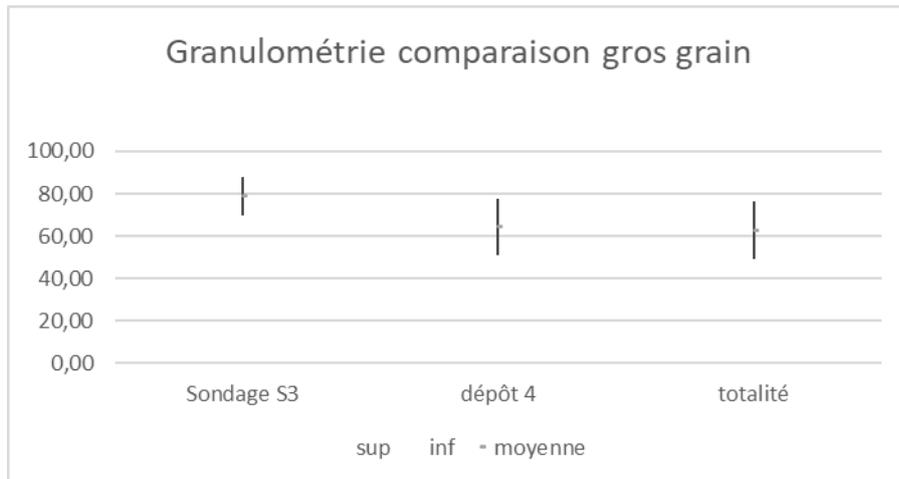


Figure 11 : Comparaison des moyennes des diamètres des gros grains, en micron, provenant des résidus échantillonnés dans le sondage S3, dans l'ensemble du dépôt 4 et dans l'ensembles des dépôts du site de Salau.

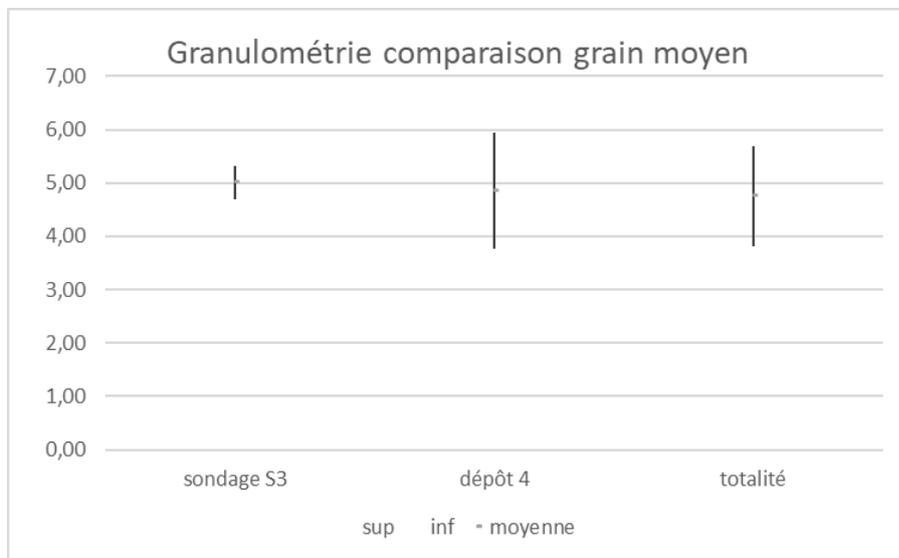


Figure 12 : Comparaison des moyennes des diamètres des grains moyens, en micron, provenant des résidus échantillonnés dans le sondage S3, dans l'ensemble du dépôt 4 et dans l'ensembles des dépôts du site de Salau.

Sondage	Dépôt susceptible d'être recoupé	Dépôt traversé	Substratum prévu	Substratum observé	Profondeur prévue	Profondeur atteinte
S1	1,2,3	Il n'y a pas de discontinuité dans les résidus traversés (granulométrie). L'actinote amiante a été détecté dans un résidu qui devrait appartenir au dépôt 2.	Marbre de Salau, (moraine ? possible)	Moraine	40 à 45 m	36,3m
S2	2,3	Il n'y a pas de discontinuité dans les résidus traversés	Marbre de Salau, (moraine ?	Moraine	17 à 20 m	24,3m

		(granulométrie). L'ensemble des résidus traversés pourrait appartenir au dépôt 2 car très différent du dépôt 3 (quantité amiante et type d'amiante).	possible)			
S3	4	Il n'y a pas de discontinuité dans les résidus traversés (granulométrie). 1 actinote amiante et 1 trémolite amiante observées.	Moraine (formation glacière)	Moraine	8 à 15m	6,4m

6. Les sondages de moyenne profondeur

6.1. Positionnement des sondages

Ces sondages ont pour objectif de permettre la couverture la plus large possible, en fonction des moyens techniques. Il s'agit de sondages d'environ 5 m, compte tenu de la géométrie du dépôt 4, situé au plat des pommiers, la couverture par les sondages de 5 m s'est limitée à la partie plane en haut du dépôt. Compte tenu de la difficulté de déplacement de la sondeuse, le sondage S11 a été déplacé vers le S10.



Figure 13 : Implantation, au carreau de la mine, des sondages de profondeur moyenne, rectangle en blanc.



Figure 14 : Implantation, au plat des pommiers, des sondages de profondeur moyenne, rectangle en blanc.

6.2. Résultats des sondages de moyenne profondeur

La granulométrie des résidus d'exploitation échantillonnés dans les sondages de moyenne profondeur est sensiblement la même, voir les figures 15 et 16 et les annexes 2 et 4

Au carreau de la mine, de l'actinote amiante a été observée dans les sondages 6 et 7 a des profondeurs compatibles avec le dépôt 2.

Des fragments de clivage d'actinote (classée amiante par la norme NFX 43050) ont été observés dans les sondages S5 et S9 à des hauteurs compatibles avec le dépôt 2 et dans le sondage S9 avec le dépôt 3.

Au plat des Pommiers, de l'actinote amiante a été détecté dans trois échantillons sur sept des résidus du dépôt 4 collectés dans le sondage 12 et deux sur cinq dans le sondage 13.

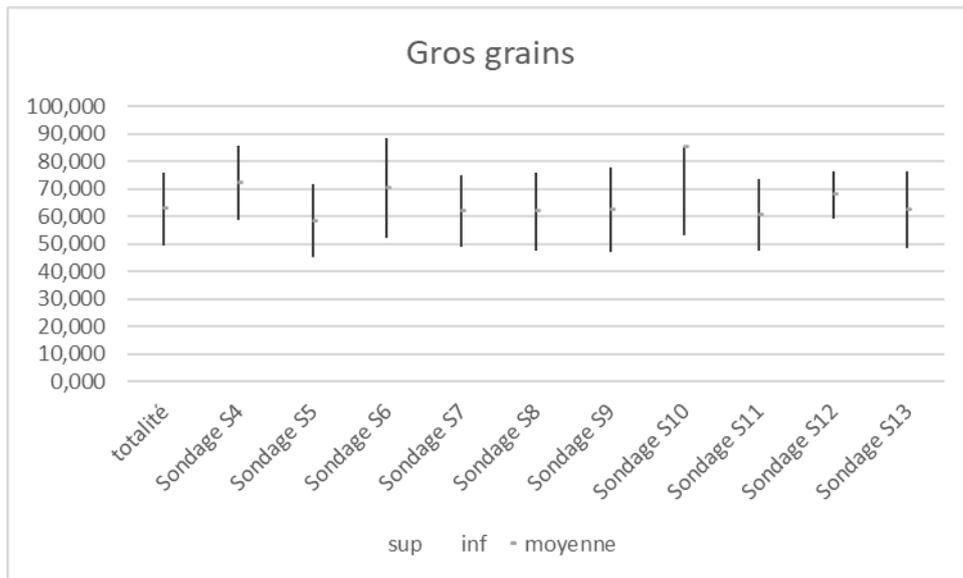


Figure 15: Comparaison des moyennes des diamètres des gros grains, en micron, provenant des résidus échantillonnés dans les sondages S4 à S13, et la moyenne des diamètres des gros grains observés dans l'ensembles des dépôts du site de Salau.

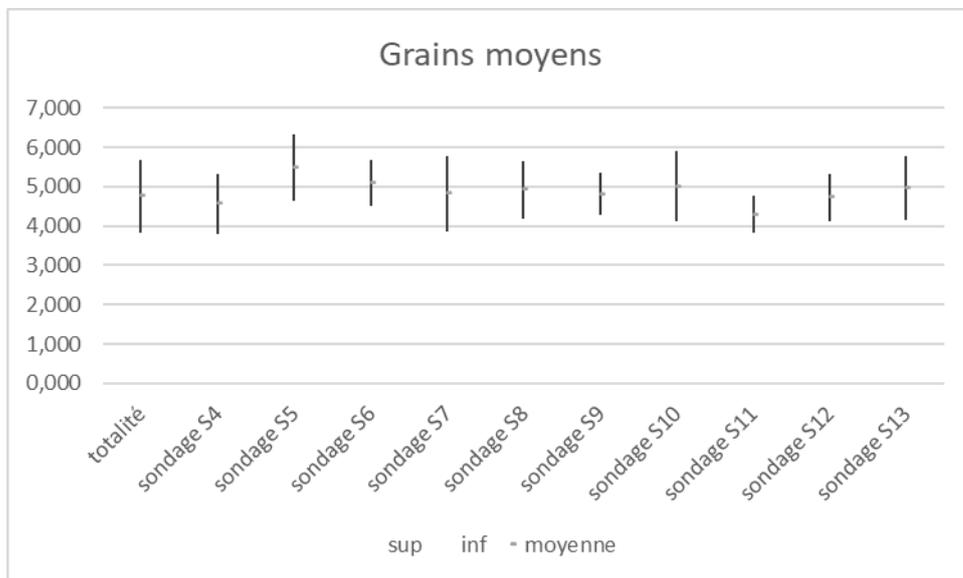


Figure 16: Comparaison des moyennes des diamètres des grains moyens, en micron, provenant des résidus échantillonnés dans les sondages S4 à S13, et la moyenne des diamètres des gros grains observés dans l'ensembles des dépôts du site de Salau.

Sondage	Dépôt susceptible d'être recoupé	Dépôt traversé	Substratum prévu	Substratum atteint	Profondeur prévue	Profondeur atteinte
S4	2, et 3 ?	Il est difficile de savoir si les résidus associés aux blocs de granodiorite appartiennent au dépôt 2 ou 3	Na	Na	5m	7,2m
S5	2	Les résidus, granulométriquement homogène jusqu'à 2,3m, peuvent appartenir au dépôt 2 à 0,3m 1 fragment de clivage d'actinote a été observé	Na	Na	5m	6,3m
S6	2 ? et 3	Granulométriquement homogène, les résidus peuvent appartenir au dépôt 3 jusqu'à 4,45 m et ensuite appartenir au dépôt 2. 1 où une fibre d'actinote amiante a été observée.	Na	Na	5m	5,45m
S7	2 ? et 3	Granulométriquement homogène, les résidus peuvent appartenir au dépôt 3 jusqu'à 4,4 m et ensuite appartenir au dépôt 2. Des fibres d'actinote amiante ont été observées au niveau 4,4 et 5.4	Na	Na	5m	5,4m
S8	2	Les résidus sont granulométriquement homogènes. En absence d'amiante il est difficile de savoir si les résidus appartiennent au dépôt 2 ou 3.	Na	Na	5m	5,35m
S9	2 ? et 3	Les résidus sont granulométriquement homogènes. Un fragment de clivage fibreux d'actinote a été observé à -0,35 m est peut appartenir au dépôt 3 et un à -4,35 m qui peut appartenir au dépôt 2.	Na	Na	5m	4,35m
S10	2 et 3 ?	Les résidus sont granulométriquement homogènes. En absence d'amiante il est difficile de savoir si les résidus appartiennent au dépôt 2 ou 3.	Na	Na	5m	5,35m
S11	5	Les résidus sont granulométriquement	? Marbre ou moraine	Na	5m	7,1m

		homogènes ; pas d'amiante détecté ; le sondage traverse le dépôt 3.				
S12	4	Granulométriquement homogène, les résidus appartiennent au dépôt 4. Des fibres d'actinote amiante ont été observées à -1,4m et à -2,4m, et une actinote amiante à -4,4m	Moraine (atteinte possible)	Moraine	5m	8,4m
S13	4	Granulométriquement homogène, les résidus appartiennent au dépôt 4. Des fibres d'actinote amiante ont été observées à -3,5m et à -4,5m.	Moraine (atteinte possible)	Moraine	5m	6,5m

7. Prélèvement de surface

L'échantillonnage par sondage a été complété par des prélèvements proches de la surface (entre 50 cm et 1 m) à l'aide d'une tarière manuelle, à l'interface entre les résidus oxydés et non oxydés, au pied des talus ou sur les pentes accessibles, échantillons P14 à P17 et P19 à P24. Cinq échantillons ont été prélevés à la surface P14 stérile, P14bis, P18, P18 haut et P18 bas (voir Figure 17, les prélèvements prévus, voir figure 18, les prélèvements effectués).

La granulométrie des résidus est comparable à celle de la totalité des mesures effectuées sur le site de Salau. Seul l'échantillon P16 présente des grains de plus gros diamètre. Le prélèvement ayant été effectué en pieds de talus, cela peut être dû à un mélange avec du sable provenant des moraines sous-jacentes.

Aucune fibre d'amiante n'a été détectée dans ces échantillons.

Des prélèvements manuels en surface ont été également effectués lorsqu'il s'agissait de blocs et non de résidus. L'échantillon P14 stérile correspond à une granodiorite des stériles situés à l'ouest des dépôts du carreau de la mine. P14 bis a été prélevé au même endroit il s'agit d'un sulfure. P18, P18 haut et bas ont été prélevés sur la plateforme située à l'extrême est, des dépôts du carreau de la mine. Il s'agit de roches très variées pouvant venir de la mine ils n'appartiennent pas au dépôt 5.



Figure 17 : Totalité des sondages et prélèvements prévus, en vert les prélèvements de surface.

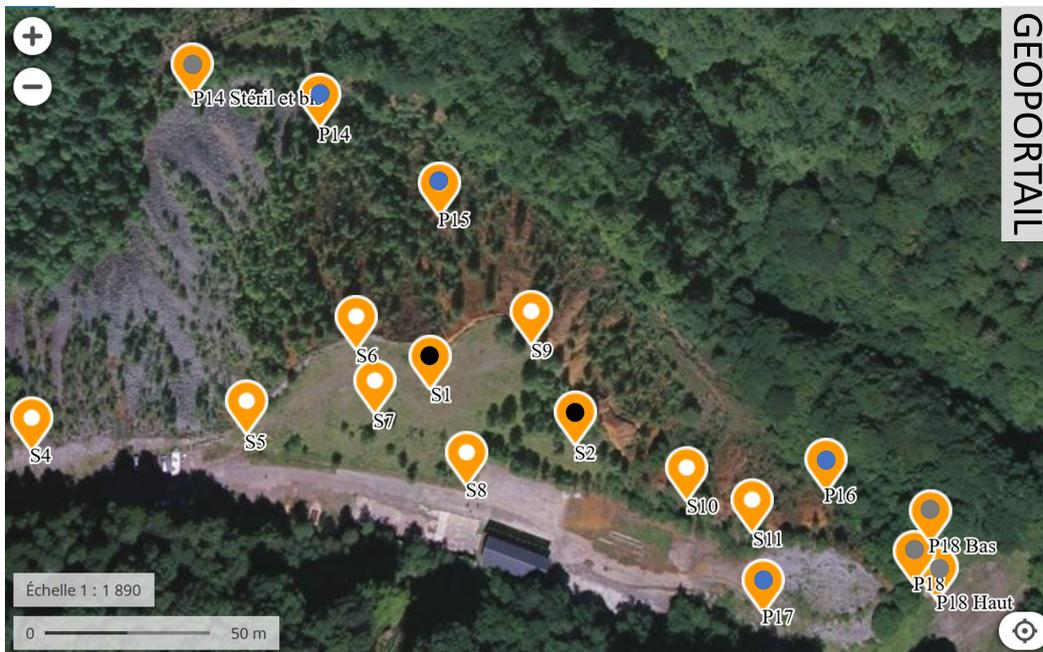


Figure 18: Carreau de la mine de Salau, totalité des sondages et des prélèvements de surface ; en bleu les prélèvements à la tarière manuelle, en gris les prélèvements manuels, en blanc les sondages de profondeur moyenne et en noir les sondages profonds.

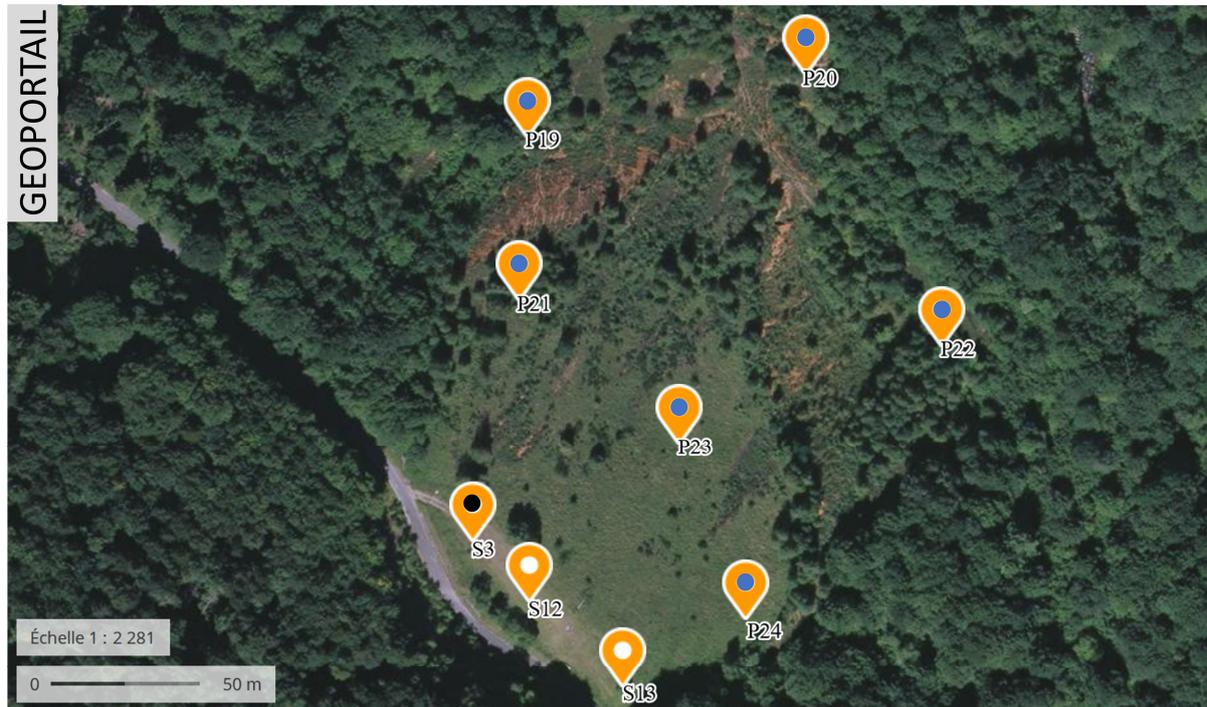


Figure 19 : Plat des Pommiers ; totalité des sondages et prélèvements de surface ; en bleu les prélèvements à la tarière manuelle, en blanc les sondages de profondeur moyenne et en noir le sondage « profond ».

Prélèvements de surface à la tarière manuelle

Sondage	Dépôt susceptible d'être recoupé	Dépôts traversé	Substratum prévu	Substratum atteint	Profondeur prévue	Profondeur atteinte
P14	3	Granulométriquement comparable aux autres résidus. Pas d'amiante détecté, traverse le dépôt 3,	Na	Na	50cm-1m	-0,72 m
P15	3 et 1 ?	Granulométriquement comparable aux autres résidus. Pas d'amiante détecté, traverse le dépôt 3 et peut être le dépôt 1.	Na	Na	50cm-1m	-0,6m
P16	3	Granulométriquement légèrement différent des autres résidus. Pas d'amiante détecté, traverse le dépôt 3.	Na	Na	50cm-1m	-0,6m
P17	5	Granulométriquement comparable aux autres résidus ; pas d'amiante détecté ; traverse le dépôt 5 et 3.	Na	Na	50cm-1m	-1,2m

P19	4	Granulométriquement comparable aux autres résidus ; pas d'amiante détecté ; traverse le dépôt 4.	Na	Na	50cm-1m	-0,6
P20	4	Granulométriquement comparable aux autres résidus ; pas d'amiante détecté ; traverse le dépôt 4.	Na	Na	50cm-1m	-0,6m
P21	4	Granulométriquement comparable aux autres résidus ; pas d'amiante détecté ; traverse le dépôt 4.	Na	Na	50cm-1m	-0,6m
P22	4	Granulométriquement comparable aux autres résidus ; une fibre d'actinote amiante détectée ; traverse le dépôt 4.	Na	Na	50cm-1m	-0,6m
P23	4	Granulométriquement comparable aux autres résidus ; pas d'amiante détecté ; traverse le dépôt 4 ;	Na	Na	50cm-1m	-0,6m
P24	4	Granulométriquement comparable aux autres résidus ; une fibre d'actinote amiante détectée ; traverse le dépôt 4.	Na	Na	50cm-1m	-1m

Prélèvement de surface manuel

Sondage	Dépôt susceptible d'être recoupé	Dépôts traversé	Substratum prévu	Substratum atteint	Profondeur prévue	Profondeur atteinte
P14 stérile		Bloc de granodiorite du stérile situé à l'Ouest des dépôts de résidu ; pas d'amiante de détecté		Na		0 m
P14 bis		Bloc de sulfure massif dans les stériles situés à l'Ouest des dépôts de résidu ; pas d'amiante détecté.		Na		0 m
P18	5	Fragments de roche sur une plateforme ancienne situé à l'est du dépôt 5 ; pas d'amiante détecté	Na	Na	50cm-1m	0 m
P18 haut		Bloc sur un stock associé à la		Na		0 m

		plateforme ancienne ; pas d'amiante détecté.				
P18 bas		Bloc sur un stock associé à la plateforme ancienne ; pas d'amiante détecté.		Na		-1m

8. Résultat par rapport aux dépôts

Dépôts 1 : C'est le dépôt de résidu le plus ancien. Dans la stratégie, le prélèvement de surface P15 et le sondage profond S1 devaient permettre d'atteindre ce niveau en profondeur. Pendant le prélèvement et le sondage, aucune variation majeure du matériau n'a permis de délimiter les différents dépôts. Il n'y a pas de certitude qu'ils ont traversé le dépôt 1.

Compte tenu de la forme du dépôt, il est possible que le dépôt 1 affleure en surface dans le sondage S8.

Dans P15 et S8 il n'y a pas eu d'amiante détecté. Dans S1 au niveau où pourrait se trouver le dépôt 1 il n'y a pas d'amiante détecté.

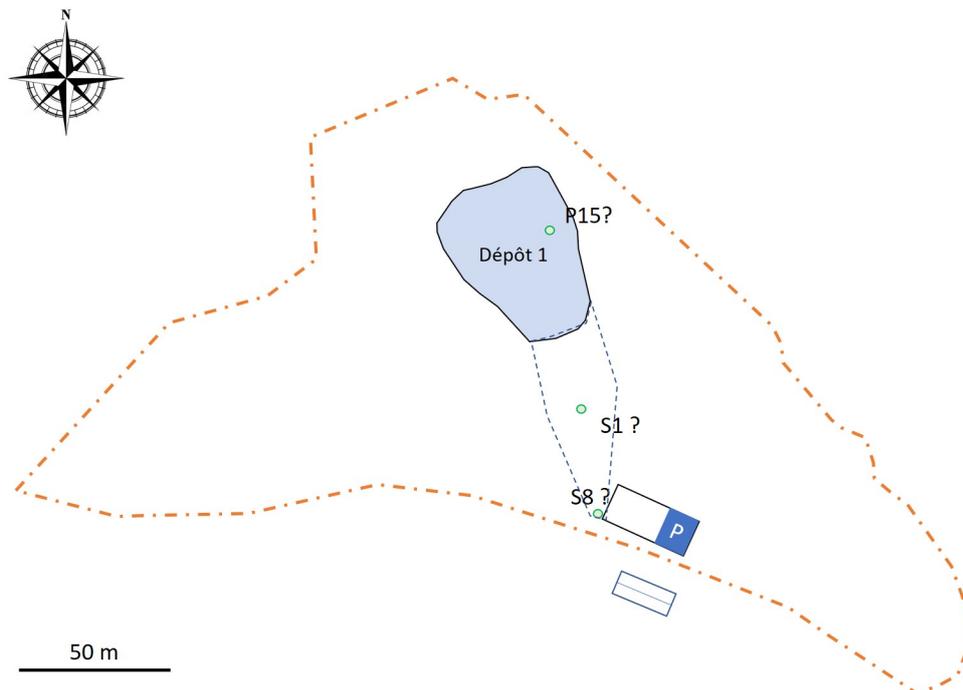


Figure 20 : Dépôt 1 ; les cercles en vert représentent les sondages et le prélèvement pouvant contenir des niveaux du dépôt 3 et où aucune fibre d'amiante n'a été détectée

Dépôt 2 : Les sondages S1, S2, S5, S6, S7, S9 traversent le dépôt 2. Tous ces sondages présentent un niveau qui contient de l'amiante. Aucun niveau ne contient de l'amiante dans le sondage S8. Les niveaux du sondage S8 peuvent appartenir au dépôt 2, mais pourraient également appartenir au dépôt 1. Il n'y a pas non plus de niveaux contenant de l'amiante dans le sondage S10. Il est en bordure du tracé du dépôt 2. Le sondage S10 ne l'a peut-être pas atteint.

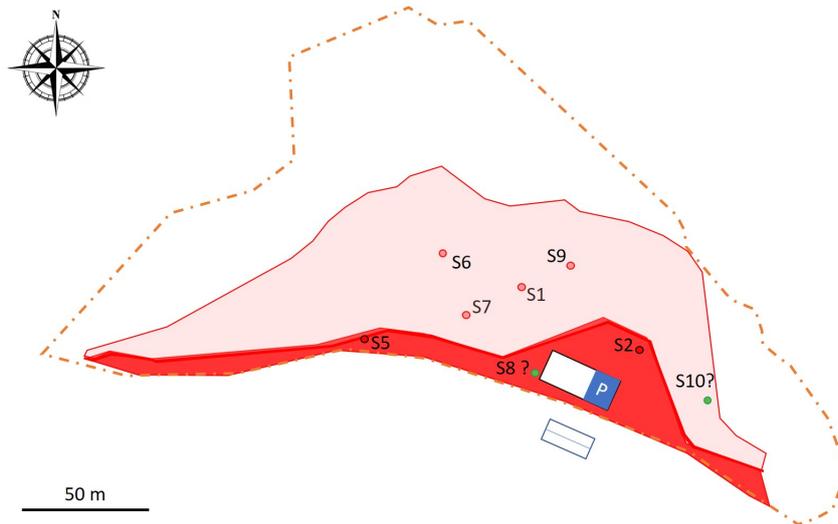


Figure 21 : Dépôt 2, les cercles rouges correspondent au sondage présentant un ou des niveaux contenant de l'amiante, les cercles pleins en rouge représentent les sondages ayant des niveaux proches de la surface contenant de l'amiante. Les cercles pleins en vert représentent des sondages n'ayant pas de niveau contenant de l'amiante.

Dépôt 3 : Il s'agit du dépôt le plus récent du carreau de la mine de Salau. Il n'y a pas eu d'amiante détecté dans les niveaux supérieurs qui appartiennent au dépôt 3, pour les sondages S1, S6 et S7, S10 et S11. Un fragment de clivage d'actinote, classé amiante selon la NFX 43 050, a été détecté dans un niveau qui appartient au dépôt 3, pour le sondage S9. Il n'y a pas eu d'amiante détecté dans les prélèvements de surface à la tarière P14, P15, P16 et P17.

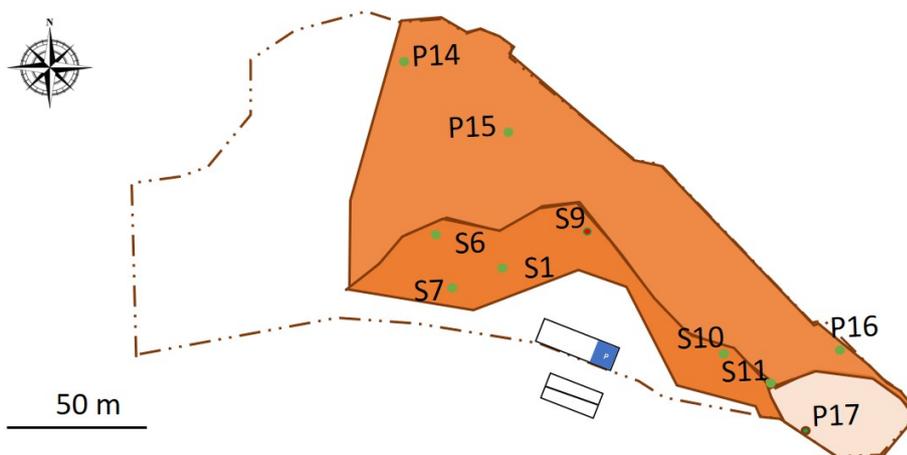


Figure 22 : Les cercles pleins en vert représentent les sondages et les prélèvements dans lesquels l'amiante n'a pas été détecté dans les niveaux appartenant au dépôt 3, et ce à partir de la surface. Le cercle avec un cœur rouge correspond au sondage S9 dans lequel un niveau contient de l'amiante. Le cercle avec un cœur vert représente le prélèvement P17 ou les résidus se trouvant sous des blocs de granodiorite (dépôt S5) et dans lesquels aucune fibre d'amiante n'a été détectée.

Dépôt 4 : Il s'agit du dépôt de résidu du plat des Pommiers. De l'amiante a été détecté dans les niveaux proches de la surface dans les sondages S3 et S12, plus profond dans le sondage S13 et dans les prélèvements de surface P24 et P22. Aucune fibre d'amiante n'a été détectée dans les prélèvements P19, P20, P21 et P23.

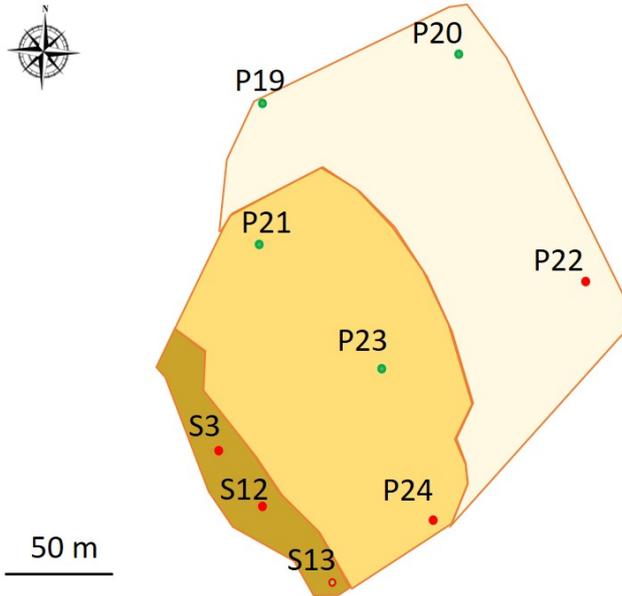


Figure 23 : Les cercles pleins en rouge représentent les sondages et les prélèvements dans lesquels de l'amiante a été détecté dans des niveaux proches de la surface. Le cercle rouge avec un cœur vert correspond au sondage S13 qui a des niveaux, en profondeur, qui contiennent de l'amiante. Les cercles pleins en vert représentent les prélèvements de surface dans lesquels aucune fibre d'amiante n'a été détectée.

Dépôt 5 : Aucune roche susceptible de contenir de l'amiante n'a été repérée.

Stériles : Au carreau de la mine, ils sont situés à l'ouest des résidus. Dans le sondage S4 et dans les prélèvements de surface « P18 stérile » et « P18 bis », aucune fibre d'amiante n'a été détectée.

Déblais d'une ancienne plateforme à l'est des résidus : Aucune fibre d'amiante n'a été détectée dans les prélèvements de surface P18, P18 bas et P18 haut.

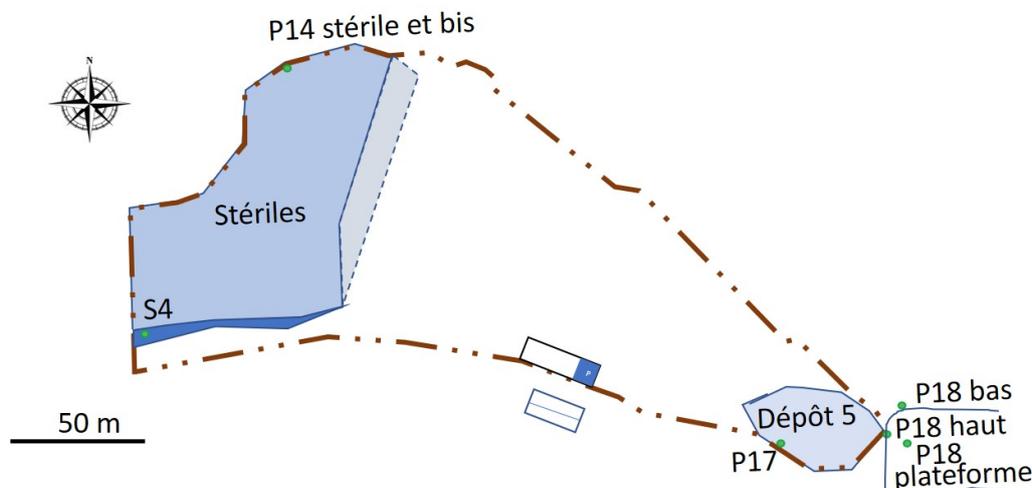


Figure 24 : Les cercles pleins en vert représentent le sondage et les prélèvements dans lesquels aucune fibre d'amiante n'a été détectée.

9. Conclusion

Le dépôt 2 de résidu de production contient un ou des niveaux où **des fibres d'amiante ont été détectées.**

Le dépôt 4 de résidu de production contient un ou des niveaux où **des fibres d'amiante ont été détectées.**

Dans le dépôt 3, un fragment de clivage (classé amiante par la NFX 43050) a été détecté dans un seul niveau (sondage S9). Dans ce cas, compte tenu de ses propriétés, l'amiante *sensu stricto* a été entièrement extrait au cours du process minier. L'amiante est parti dans l'air au cours du broyage et du séchage et dans l'eau au cours de la flottation dans la laverie.

Cette conclusion n'est valable que dans le contexte de la prestation et pour l'objectif initialement visé.

Fait le 15/11/2020

Par Maxime MISSERI géologue



ANNEXE 1

Stratégie d'échantillonnage

Recherche de l'amiante dans
Tailing de la mine de Salau,
comprend 18 pages

Client : GEODERIS

Adresse : 40, rue de Pinville - CS 40045

34060 MONTPELLIER CEDEX 2

N° Siret : 18572294900020

Devis : ADV19ADL0171

Rapport n° mmi 20190801 -B-V1

AD-LAB

ZA du plat du PIN

69690 BRUSSIEU

Tél +33 777 999 01

Courriel auteur :
maxime.misseri@ad-lab.fr



SOMMAIRE

Table des matières

1. INTRODUCTION	3
2. MODIFICATIONS DES VERSIONS ANTERIEURES	3
3. INFORMATIONS ENTRANTES ET GENERALES	3
3.1. INFORMATIONS ENTRANTES	3
3.2. INFORMATIONS GENERALES	4
4. METHODES	4
5. EMPLACEMENT DES SONDAGES PROFONDS	8
5.1. IDENTIFICATION DES DEPOTS	8
5.2. POSITIONNEMENT DES SONDAGES	10
6. EMPLACEMENT DES SONDAGES DE PROFONDEUR MOYENNE	12
7. PRELEVEMENT DE SURFACE	14
8. TABLEAU RECAPITULATIF DES POINTS DE PRELEVEMENT	16
9. ANALYSES	17
10. TECHNIQUES DE SONDAGE ET PRELEVEMENT	17
11. CONCLUSION	18

1. Introduction

GEODERIS(ci-après, nommé le maître d’ouvrage) est chargé de vérifier la présence éventuelle d’amiante dans les Tailings de la mine de Salau.

Le périmètre de la mission se limite à la recherche d’amiante sur les tailings du carreau de la mine de Salau et ceux du lieu-dit du « plat des Pommier ». Ces tailings se trouvent à quelques kilomètres au sud-est du village de Salau sur la commune de Couflens dans la haute vallée du Salat.

Les tailings correspondent au stockage des stériles de la mine de Salat qui a extrait et enrichit du minerai de tungstène entre 1971 à 1986.

Le carreau et les tailings de la mine sont accessibles du village de Salau par une route de 4 km.

Cette stratégie décrit l’emplacement et le nombre de prélèvements de roche en fonction des éléments fournis par le maître d’œuvre et les documents disponibles.

2. Modifications des versions antérieures

Il s’agit de la première version

3. Informations entrantes et générales

3.1. Informations entrantes

Le maître d’ouvrage nous a transmis les documents suivants :

Documents demandés	Fournis	
	Oui	Non
Plan avec localisation de la zone concernée	X	
Carte géologique plat des Pommiers 09/1978 PIF-D-52	X	
Etude d’impacts du site de stockage des stériles de la mine de Salau dans la zone du « Plat des Pommiers » PIF-D-51	X	
Carte des dépôts PIF-D136 (n° de classement JB20)	X	

Une visite des tailings a eu lieu le 29 mai 2019 (carreau de la mine uniquement).

Nous ne garantissons pas l’exhaustivité des informations dans la mesure où cette stratégie est bâtie en partie sur les documents qui nous ont été transmis par GEODERIS, aussi nous dégageons toute responsabilité vis-à-vis des pertes et dommages, directs ou indirects, dont maître d’ouvrage pourrait subir préjudice parce qu’il se serait fié à l’exhaustivité des informations.

3.2. Informations générales

Objectif de la mission.

Les matériaux constituant les tailings proviennent pour l'essentiel de la laverie de traitement du minerai de l'ancienne mine. Il s'agit de produits fins, comportant des calcaires silicatés et des sulfures avec une granulométrie d'environ 60 microns. Les tailings du carreau de la mine renfermeraient entre 475 000 tonnes et 535 000 tonnes de produit. Il est encadré par le ruisseau de la Baume et celui de la Fourques (Cougnet). Concernant le plat des Pommiers, dans le document PIF-D-51, les prévisions de dépôt étaient de 60 000 tonnes par an. Les tailings du plat du pin pourraient renfermer environ 360 000 tonnes de produit (chiffre calculé sur la base de 6 ans d'exploitation).

4. Méthodes

La stratégie est basée avant tout sur le jugement et les connaissances de l'expert, ce qui donne lieu à un échantillonnage ciblé. Cela correspond à une sélection subjective des zones d'échantillonnage, basée sur l'historique et l'inspection visuelle du site. Trois sondages profonds jusqu'au substratum devraient permettre de recouper les dépôts anciens et tester l'homogénéité du matériau surtout vis-à-vis de la teneur possible en amiante. Il est proposé dix sondages de moyenne profondeur et 11 prélèvements de surface pour compléter l'échantillonnage.

Les documents fournis et la connaissance du site ont permis de reconstituer schématiquement la géométrie des dépôts anciens.

Pour des raisons de sécurité les sondages mécaniques pourront être réalisés uniquement sur la partie horizontale des tailings du carreau de la mine ou la zone la moins pentue du tailings du plat des Pommiers. Les deux sites sont accessibles par la route (avec accord de la mairie de Couflens). Il faut également que les sondages soient suffisamment éloignés du bord de ces replats pour qu'ils ne créent pas de désordre sur les dépôts.

Avec ces deux contraintes il est proposé d'implanter 2 sondages sur les tailings du carreau de la mine qui atteindraient le substratum tout en traversant les dépôts les plus anciens.

La localisation des dépôts les plus anciens peut être effectuée en comparant la topographie actuelle avec d'anciens documents.

Un fond topographique antérieur à 1978 a pu être récupéré (la date exacte d'édition n'est pas connue). Ce fond topographique a sans doute été édité peu de temps après le début du fonctionnement de la mine car le site est mentionné et cependant il ne semble pas que les dépôts soient cartés. Il permet de connaître la topographie originelle.

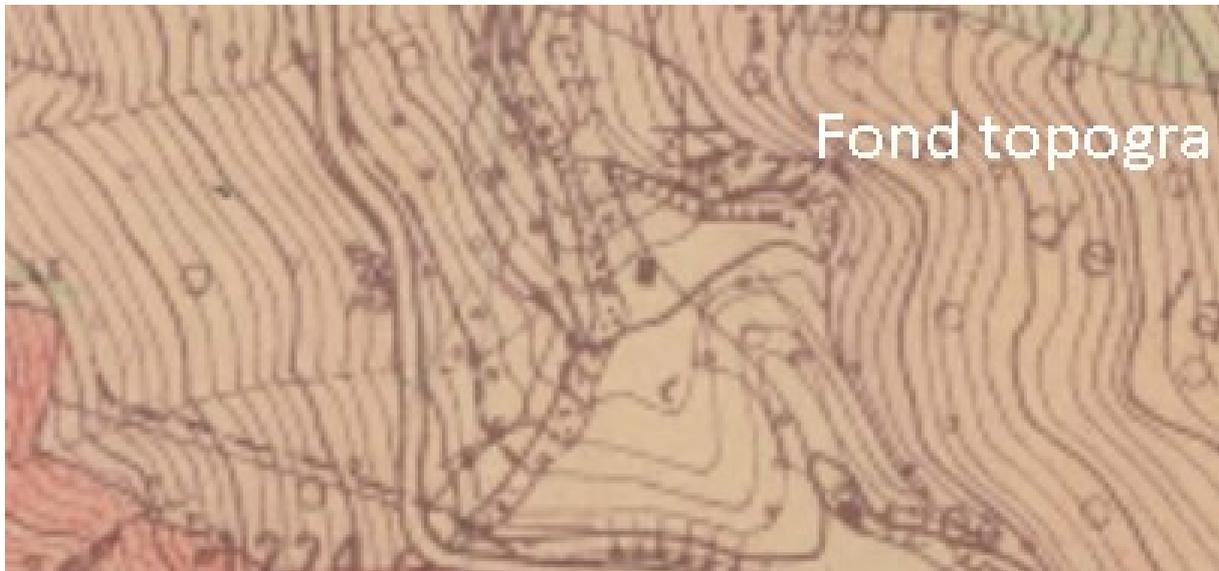


Figure 1 : Carreau de la mine topographie originelle.

La carte des dépôts PIF-D136 n° de classement SMA JB2020/9/1979 doit permettre de localiser l'emplacement des dépôts anciens.

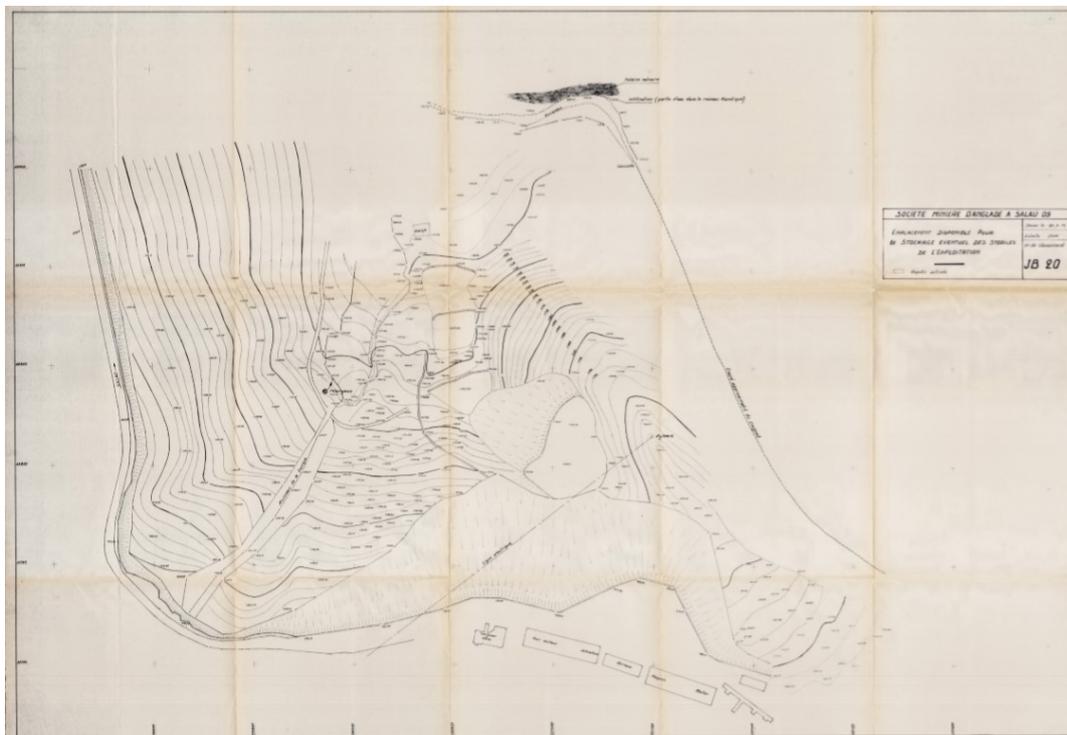


Figure 2 : Carte des dépôts PIF-D136

Les recoupements avec la topographie actuelle ont été faits avec le site géoportail.



Figure 3 : Recoupement de la carte des dépôts PIF-D136 avec la photographie aérienne du tailing (géoportail).

Pour les tailings du plat des Pommiers, il s'agit de positionner un sondage qui atteindra le substratum. Le document PIF-D-51 contient plusieurs profils prévisionnels. La comparaison des profils D19 et D20 avec la topographie actuelle (géoportail) doit permettre de déterminer approximativement la hauteur des dépôts effectués.

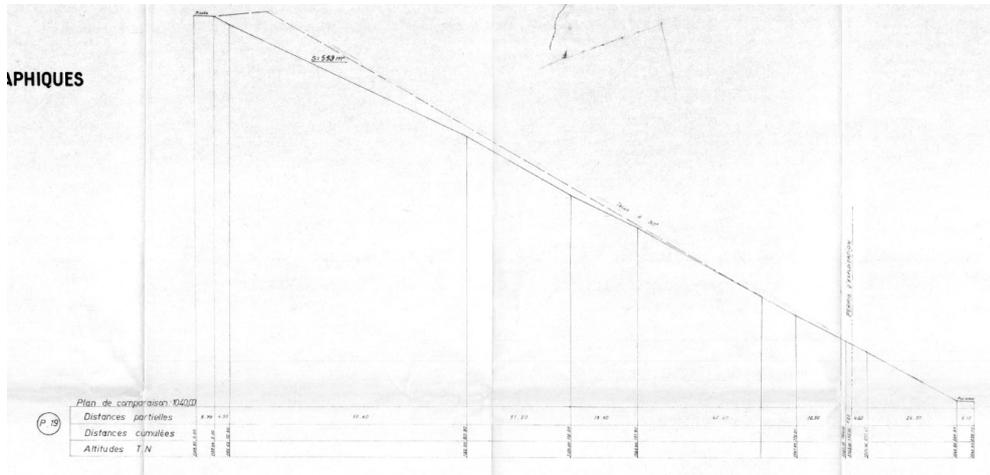


Figure 4 : Profil prévisionnel P19

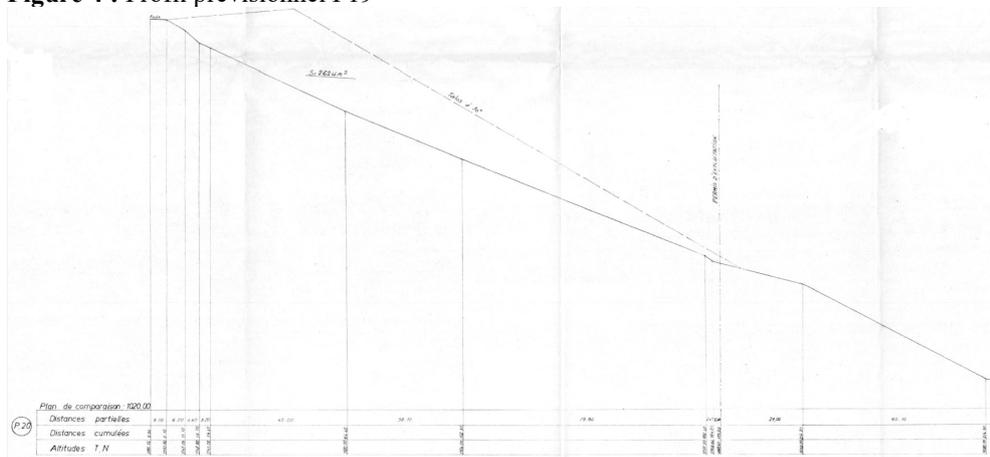


Figure 5 : Profil prévisionnel P20

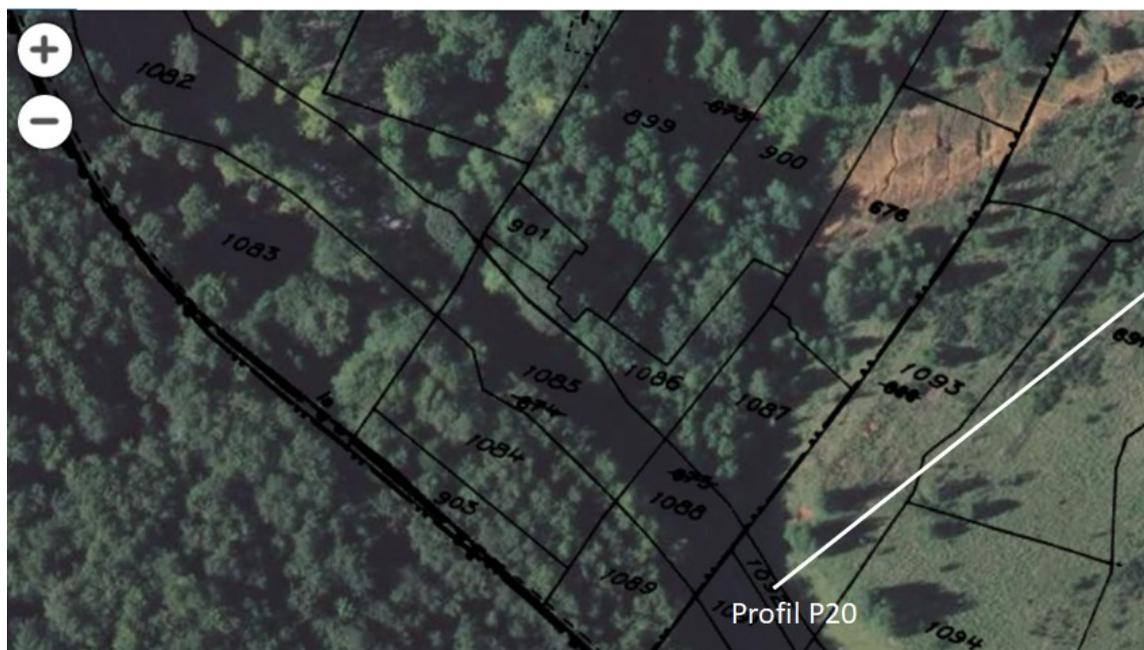


Figure 6 : Tracés des profils P19 et P20

5. Emplacement des sondages profonds

Ces sondages doivent permettre de vérifier l'homogénéité des dépôts dans le temps. Ils doivent dans la mesure du possible atteindre le substratum et les dépôts les plus anciens.

5.1. Identification des dépôts

Le dépôt 1 : correspond à un dépôt, carté dans le document PIF-D-136 au niveau du carreau de la mine. Il semble être le plus ancien et réalisé avant 20/09/1979.

Le dépôt 2 : correspond à un dépôt, carté dans le document PIF-D-136 au niveau du carreau de la mine. Il semble être le 2^{ème} plus ancien et réalisé avant 20/09/1979.

Le dépôt 3 : correspond au dépôt actuellement visible au niveau du carreau de la mine, il a fonctionné jusqu'à la mise en service du site du plat des Pommiers. La date de l'arrêt est postérieure au 24/04/1979 (à préciser).

Le dépôt 4 : correspond au dépôt du plat des pommiers qui a été mis en fonctionnement après avril 1979 (date pouvant être précisée). Les dépôts se sont arrêtés avec l'arrêt de l'exploitation (1986).

Le dépôt 5 : il est situé au niveau du carreau de la mine est apparemment constitué de matériaux de nature différente des autres dépôts. Les matériaux qui sont stockés ont été utilisés pour recouvrir le dépôt 3.

La localisation des dépôt 1,2,3 et 5 est décrite dans les figure ci-dessous.

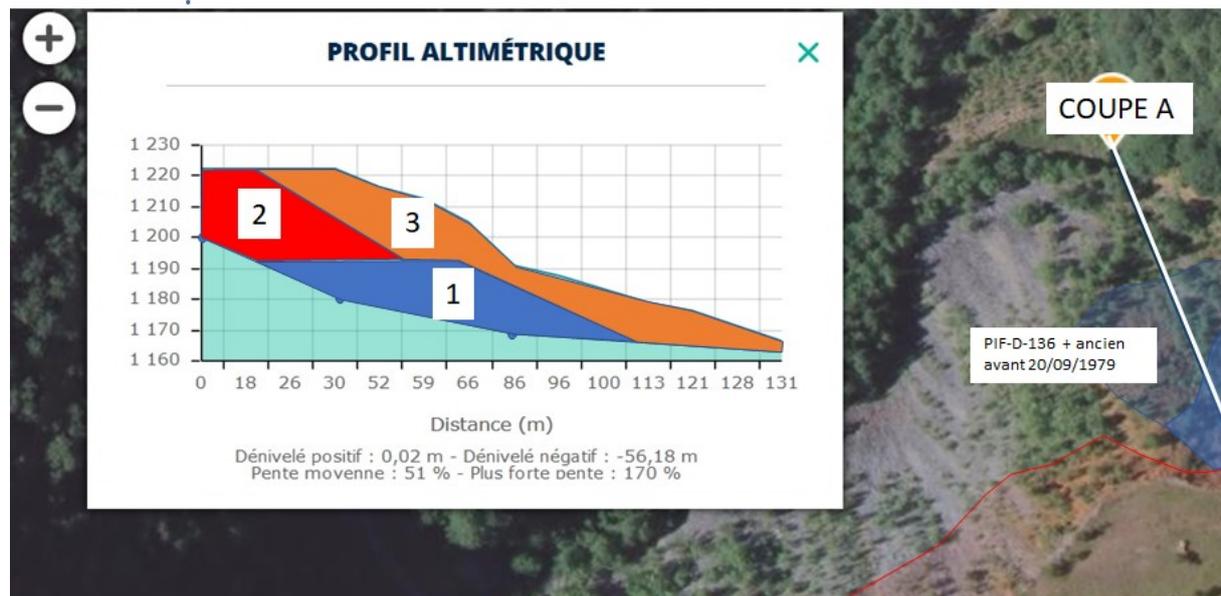


Figure 7 : historique des dépôts du carreau de la mine, coupe A interprétative

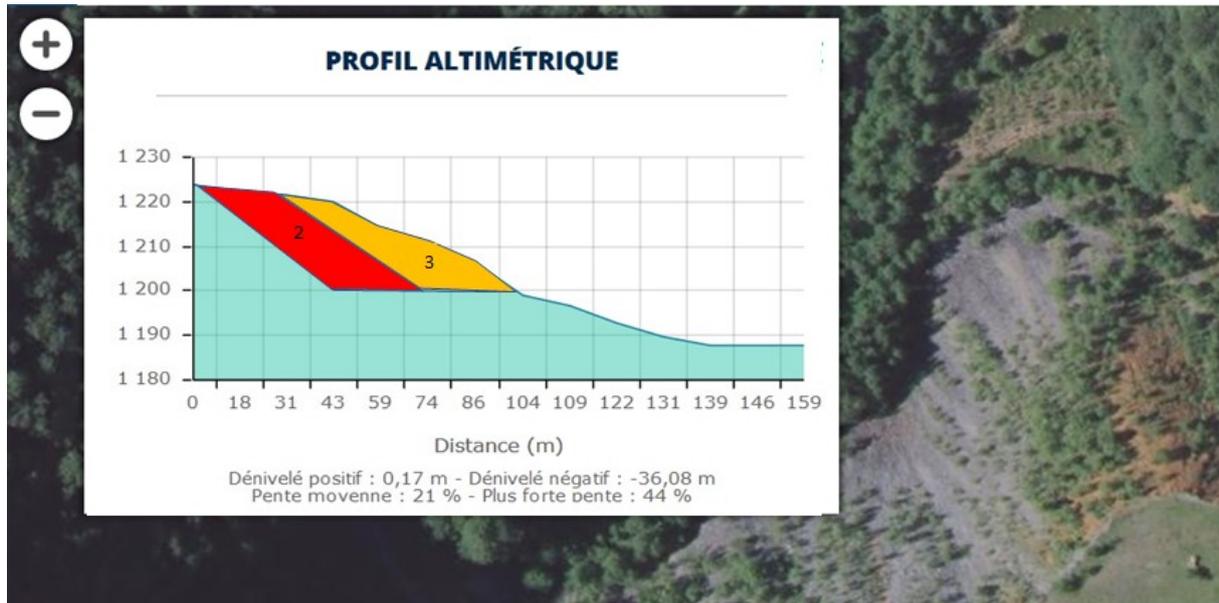


Figure 8 : historique des dépôts du carreau de la mine, coupe B interprétative

La localisation du dépôt 4 (le plat des pommiers) est décrit dans les figures ci-dessous (photographie aérienne et coupes).

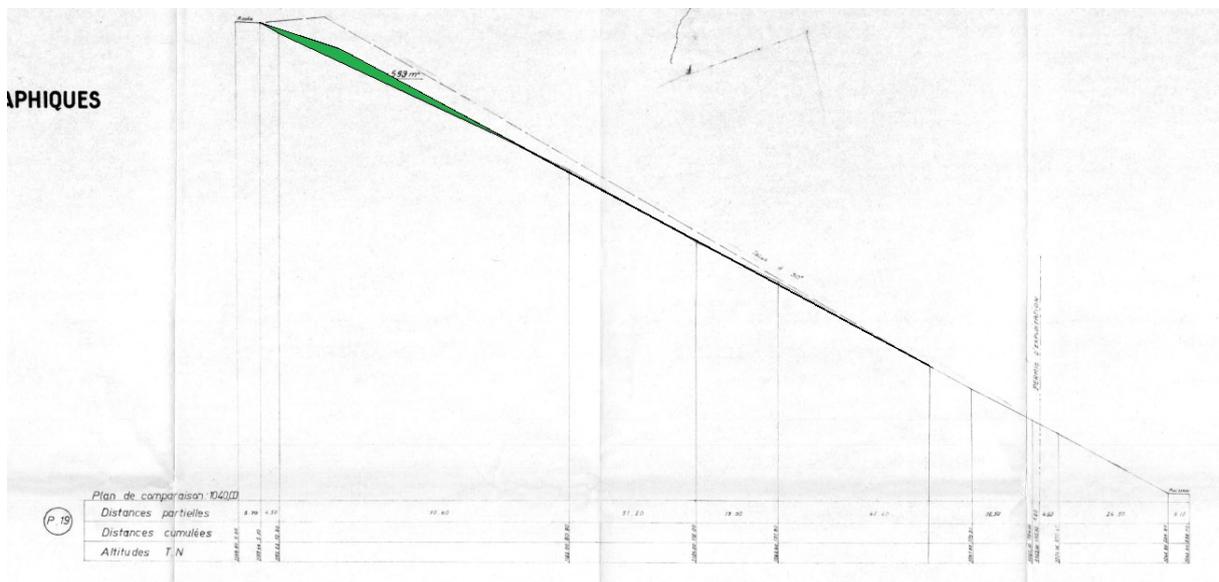


Figure 9 : Coupe interprétative sur le profil P19 plat des pommiers, en vert dépôt 4 actuel

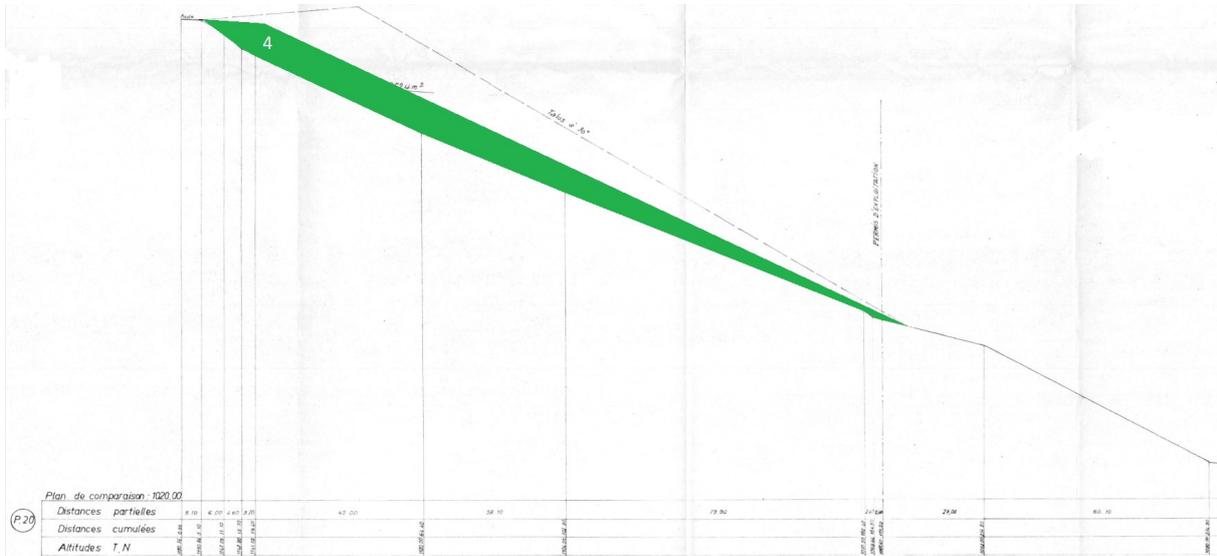


Figure 10 : Coupe interprétative, plat des pommiers, sur le profil P20, en vert le dépôt 4 actuel.

5.2. positionnement des sondages

Les sondages profonds sont positionnés de manière à recouper si possibles les dépôts anciens. La profondeur est calculée pour atteindre le substratum.

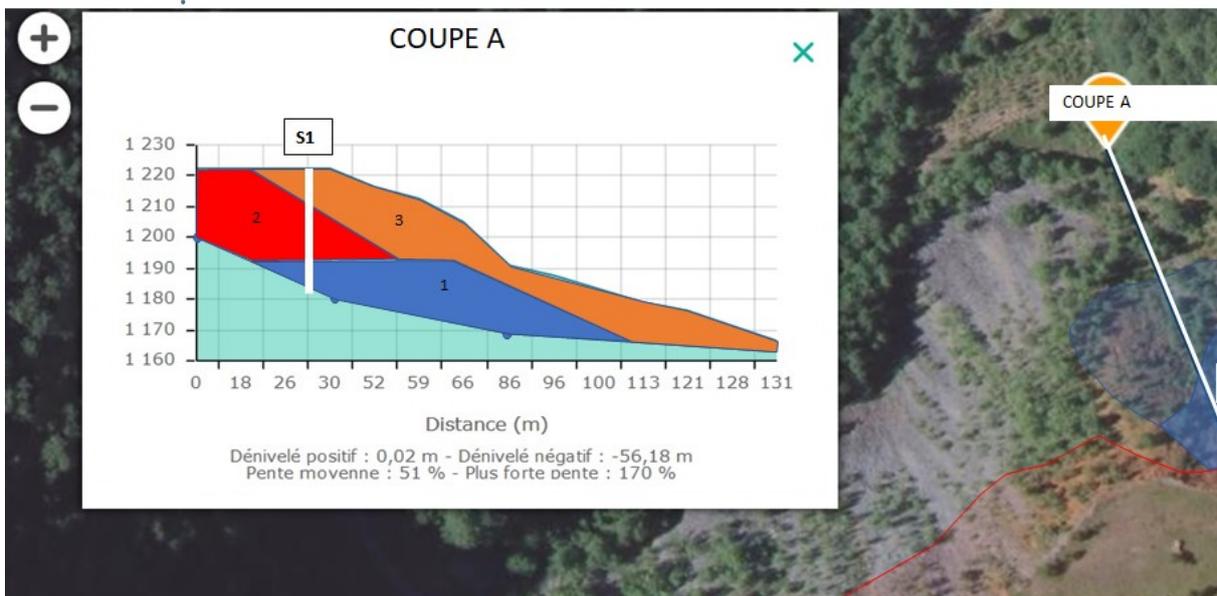


Figure 11 : implantation du sondage S1 sur la coupe A (carreau de la mine)

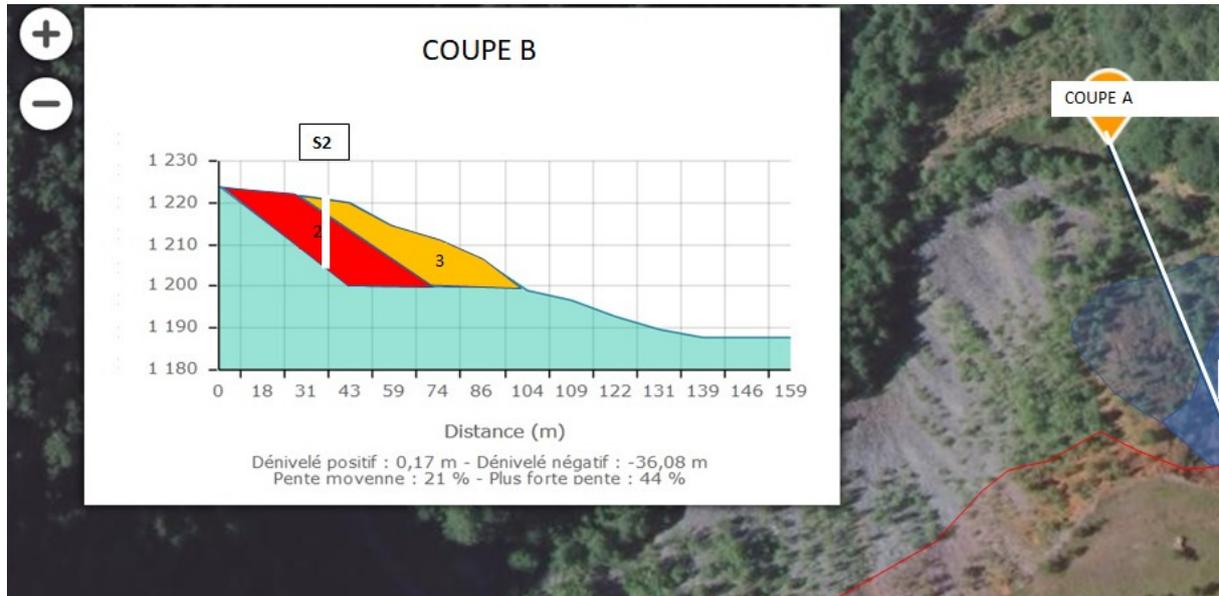


Figure 12 : implantation du sondage S2 sur la coupe B (carreau de la mine).

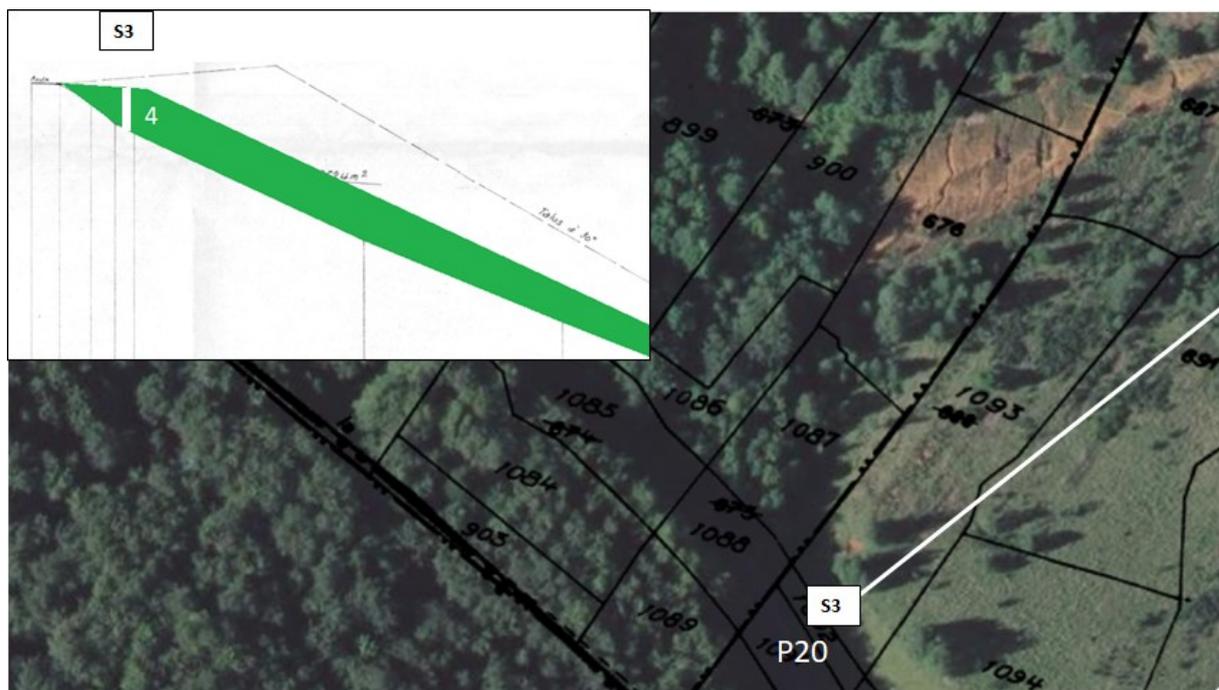


Figure 13 : implantation du sondage S3 sur le profil P20 du plat des Pommiers (dépôt 4)

Sondage	Dépôt susceptible d'être recoupé	Substratum	Profondeur
S1	1,2,3	Marbre de Salau, (moraine ? possible)	40 à 45 m
S2	2,3	Marbre de Salau, (moraine ? possible)	17 à 20 m
S3	4	Moraine (formation glacière)	8 à 15m

6. Emplacement des sondages de profondeur moyenne

Ces sondages doivent permettre la couverture la plus large possible, en fonction des moyens techniques. Il s'agira de sondage d'environ 5m, Compte tenu de la géométrie du dépôt du plat des pommiers cette couverture sera peu étendue et la faisabilité des sondages prévus sera à vérifier avec l'entreprise de forage. En cas de non faisabilité, les sondages du plat des pommiers, seront remplacés par des prélèvements de surface.



Figure 14 : Implantation, au niveau du carreau de la mine, des sondages de profondeur moyenne, rectangle en blanc.



Figure 15 : Implantation, du plat des pommiers, des sondages de profondeur moyenne, rectangle en blanc.

Sondage	Dépôt susceptible d'être recoupé	Substratum	Profondeur
S4	2, et 3 ?	Na	5m
S5	2	Na	5m
S6	2 ? et 3	Na	5m
S7	2 ? et 3	Na	5m
S8	2	Na	5m
S9	2 ? et 3	Na	5m
S10	2 et 3 ?	Na	5m
S11	5	? marbre ou moraine	5m
S12	4	Moraine (atteinte possible)	5m
S13	4	Moraine (atteinte possible)	5m

7. Prélèvement de surface

En fonction de l'accessibilité, l'échantillonnage par sondage peut être complété par des prélèvements proche de la surface (entre 50cm et 1m) dans la partie non oxydée des dépôts soit au pieds des talus soit sur les pentes accessibles.

Il est indispensable d'effectuer cet échantillonnage dans le dépôt 5 car il est constitué de fragment de roches une observation par un géologue est nécessaire pour rechercher l'éventuel présence de roches susceptible de contenir de l'amiante. Comme ce matériau a été utilisé pour faire la couverture du dépôt du carreau de la mine, il est également nécessaire qu'un géologue fasse une inspection de ce dernier (en cas de présence de roches susceptibles de contenir de l'amiante des échantillons supplémentaires doivent être prélevés).



Figure 16 : Totalité des sondages et prélèvements, en vert les prélèvements de surface.

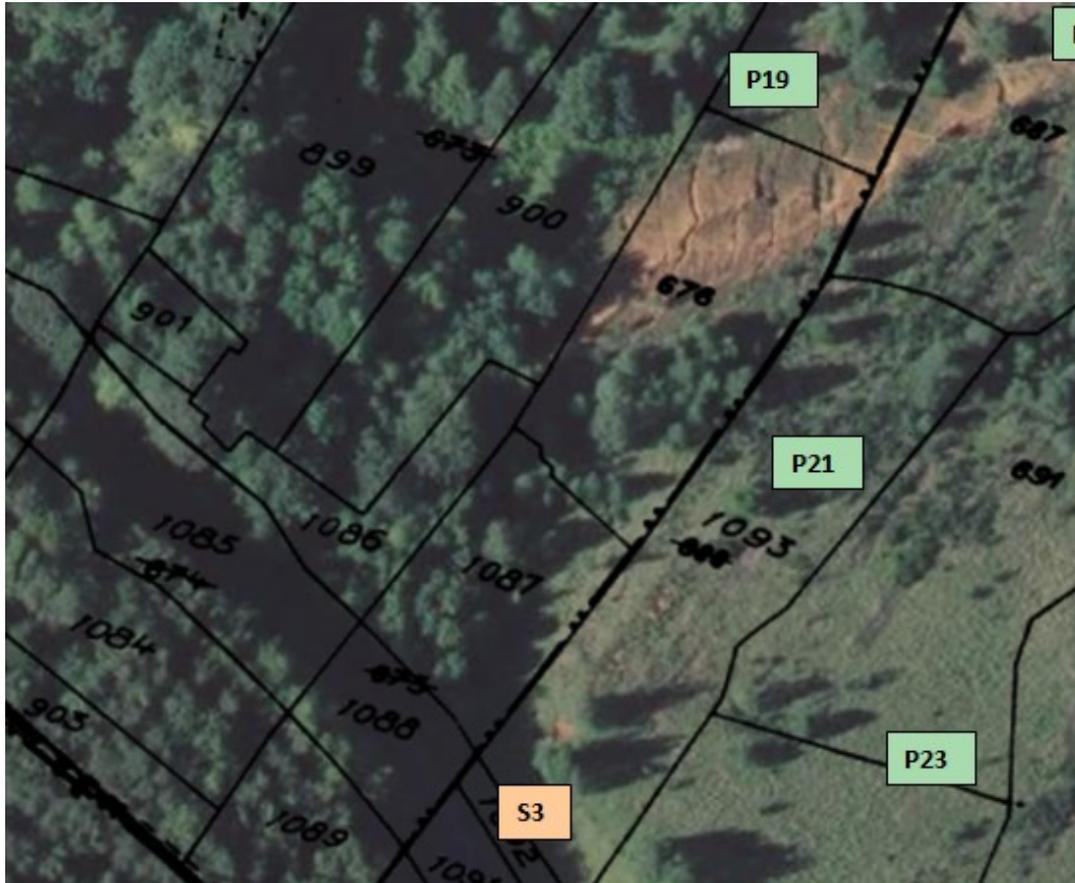


Figure 17 : Totalité des sondages et prélèvements, en vert les prélèvements de surface.

Sondage	Dépôt susceptible d'être recoupé	Substratum	Profondeur
P14	3	Na	50cm-1m
P15	3 et 1 ?	Na	50cm-1m
P16	3	Na	50cm-1m
P17	5	Na	50cm-1m
P18	5	Na	50cm-1m
P19	4	Na	50cm-1m
P20	4	Na	50cm-1m
P21	4	Na	50cm-1m
P22	4	Na	50cm-1m
P23	4	Na	50cm-1m
P24	4	Na	50cm-1m

8. Tableau récapitulatif des points de prélèvement

Nature de la roche	N°du point d'échantillonnage	Prélèvement(max) et masse (environ)	Test d'homogénéité* (AD-LAB)	Analyses(max) MET** Chimie***
Calcaire silicaté + sulfure	S1	45x300g	45	45 (META) 23 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	S2	20x300g	20	20 (META) 10 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	S3	15x300g	15	15 (META) 8 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	S4	5x300g	5	3 (META) 1 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	S5	5x300g	5	3 (META) 1 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	S6	5x300g	5	3 (META) 1 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	S7	5x300g	5	3 (META) 1 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	S8	5x300g	5	3 (META) 1 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	S9	5x300g	5	3 (META) 1 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	S10	5x300g	5	3 (META) 1 Chimie
Granodiorite ?	S11	5x300g	5	3 (META)
Calcaire silicaté + sulfure	S12	5x300g	5	3 (META) 1 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	S13	5x300g	5	3 (META) 1 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	P14	1x300g	1	1 (META)
Calcaire silicaté + sulfure	P15	1x300g	1	1 (META)
Calcaire silicaté + sulfure	P16	1x300g	1	1 (META) 1 Chimie
Granodiorite ?	P17	1x300g	1	1 (META)
Granodiorite ?	P18	1x300g	1	1 (META)
Calcaire silicaté + sulfure	P19	1x300g	1	1 (META) 1 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	P20	1x300g	1	1 (META)
Calcaire silicaté + sulfure	P21	1x300g	1	1 (META)
Calcaire silicaté + sulfure	P22	1x300g	1	1 (META) 1 Chimie
Calcaire silicaté + sulfure	P23	1x300g	1	1 (META)
Calcaire silicaté + sulfure	P24	1x300g	1	1 (META)

*Analyses MOLP + granulométrie

**Analyse MET analyse poussée mais sans les photos et les analyses dans les rapports prix réduit

***Analyse chimique Cu, Pb,Zn,Mg,As,W,Al, Si.

Les sondages profonds sont à réaliser en premier car ils devraient permettre de déterminer si les dépôts (1,2,3 et 4) ont été homogène dans le temps. Le pas de prélèvement proposé est de 1m.

Si l'homogénéité des dépôts (1,2,3 et 4) se vérifie, la fréquence des analyses les plus coûteuses (analyse MET, analyse chimique) peut être diminuée.

9. Analyses

Le test d'homogénéité doit permettre de vérifier l'homogénéité des dépôts et leur origine (tailing de la mine) tout en donnant des informations utiles pour la détection de l'amiante. Il consiste en :

- Une photographie représentative du matériau en microscopie optique à lumière polarisée avec un traitement d'image qui permet de déterminer la granulométrie.
- Une observation sur broyat du matériau en microscopie optique à lumière polarisée qui permet de compléter ce test avec un repérage des fibres d'amiante optiquement détectable et la détection des minéraux susceptibles de produire des fragments de clivage.

Le test d'homogénéité devrait suffire. Cependant des analyses chimiques avec le dosage des éléments suivant : Cu, Pb,Zn,Mg,As,W,Al, Si, peuvent consolider les résultats des tests d'homogénéité.

La recherche d'amiante au Microscope Electronique à Transmission équipé d'un analyseur (META) comprendra une détermination de la nature des particules minérales allongées (particule issue d'un minérale asbestiforme ou d'un fragment de clivage). Un rapport simplifié (sans report des analyses chimiques et sans photographie des particules) est proposé afin de réduire les coûts d'analyse tout en atteignant l'objectif de la mission.

10. Techniques de sondage et prélèvement.

Compte tenu de la nature des dépôts et de la nécessité de connaître la position des échantillons prélevés, le sondage sonique (nouvelle technique qui utilise la vibration à haute fréquence, soit 120 à 180Hz) est sans doute la plus adaptée. Le principe consiste à générer des vibrations par l'intermédiaire de deux excentriques hydrauliques à haute célérité. La vibration haute fréquence est transmise au sol via des tiges et un carottier, spécifiques. Elle rend meuble (fluide) le sol environnant sur une étendue très limitée (1 à 5mm) et permet une pénétration très rapide du carottier. Avec cette technique le sol et l'échantillon ne sont pas déstructurés.

Cependant en fonction des coûts et de la disponibilité du matériel le carottier battu peut être utilisé.

Le mode conservation des carottes et le lieu de leur stockage et du ressort du maître d'ouvrage et n'est pas abordé dans ce document. Cependant leur élimination et leur mode de conservation devra tenir compte des résultats des analyses.

Les prélèvements de surface peuvent être effectués avec une pioche et/ou une tarière.

L'entreprise de Forage pourra dans son devis proposer des systèmes de surveillance laser pour vérifier que les travaux ne génèrent pas de désordre au talus des tailings.

Comme il s'agit de vérifier la présence d'amiante les sondage et prélèvement doivent être effectués en sous-section 4.

11. Conclusion

Afin que l'échantillonnage soit le plus complet possible, il est prévu 3 sondages profonds, 10 sondages de profondeur moyenne et 11 prélèvements de surface.

Cette conclusion n'est valable que dans le contexte de la prestation et pour l'objectif initialement visé.

Fait le 28/08/2019

Par Maxime MISSERI géologue



ANNEXE 2

Du rapport n° mmi 20201101 -B-V, 13 pages.

LOG des Sondages à la foreuse Sonic de S1 à S13 sur terrain plat.

LOG des prélèvements de surface à la tarière manuelle : P14-P17 et P19-P24.

LOG des prélèvements de surface manuels P14 stériles, P14 bis, P18, P18 haut, P18 bas.

Légende résultat d'analyse :

PAD	Pas d'amiante détecté
PAD PMAI	Pas d'amiante détecté, présence de PMAi (actinote fibriforme dans les rapport)
1fragact	Un fragment de clivage d'actinote : non amiante selon le décret n°88-466, amiante selon la norme NFX 43050,
absact	Plusieurs Actinotes (actinolite) asbestiformes (amiante sensu stricto)
1abstrem	Une trémolite asbestiforme (amiante sensu stricto)
1abscum	Une cummingtonite classée « grunérite-cummingtonite amiante »

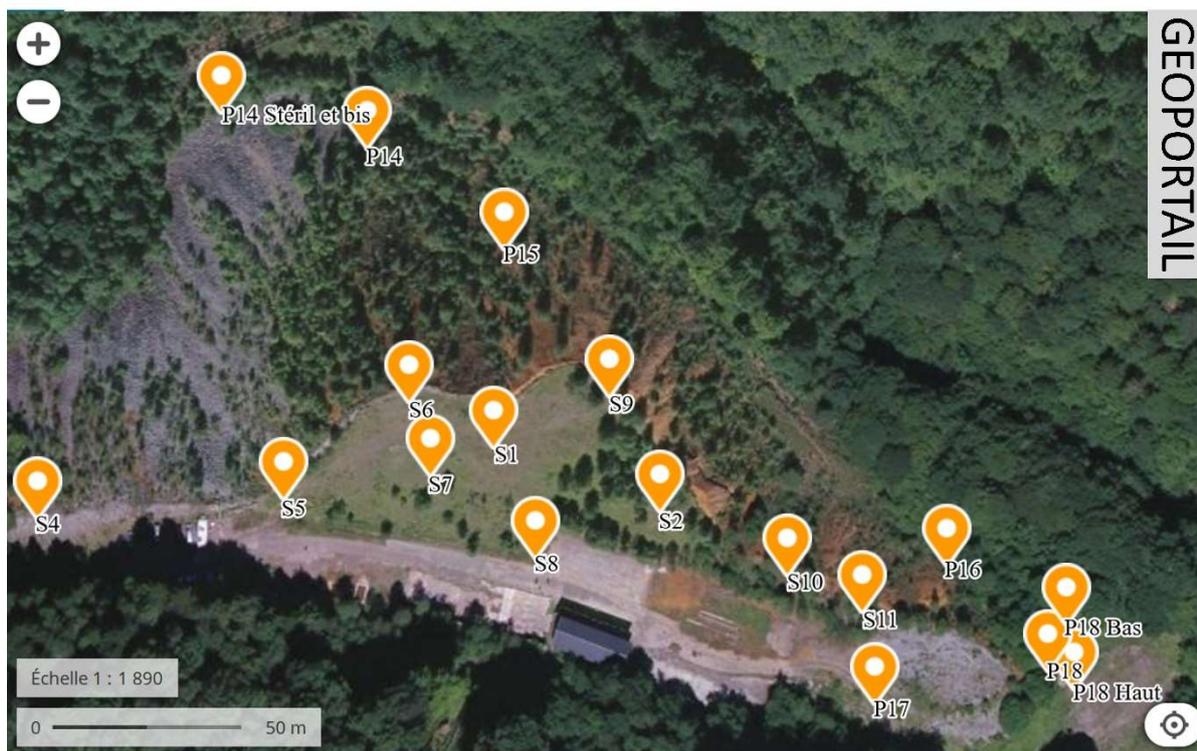


Figure 1: Positionnement des sondages et prélèvements de surface, carreau de la mine de Salau

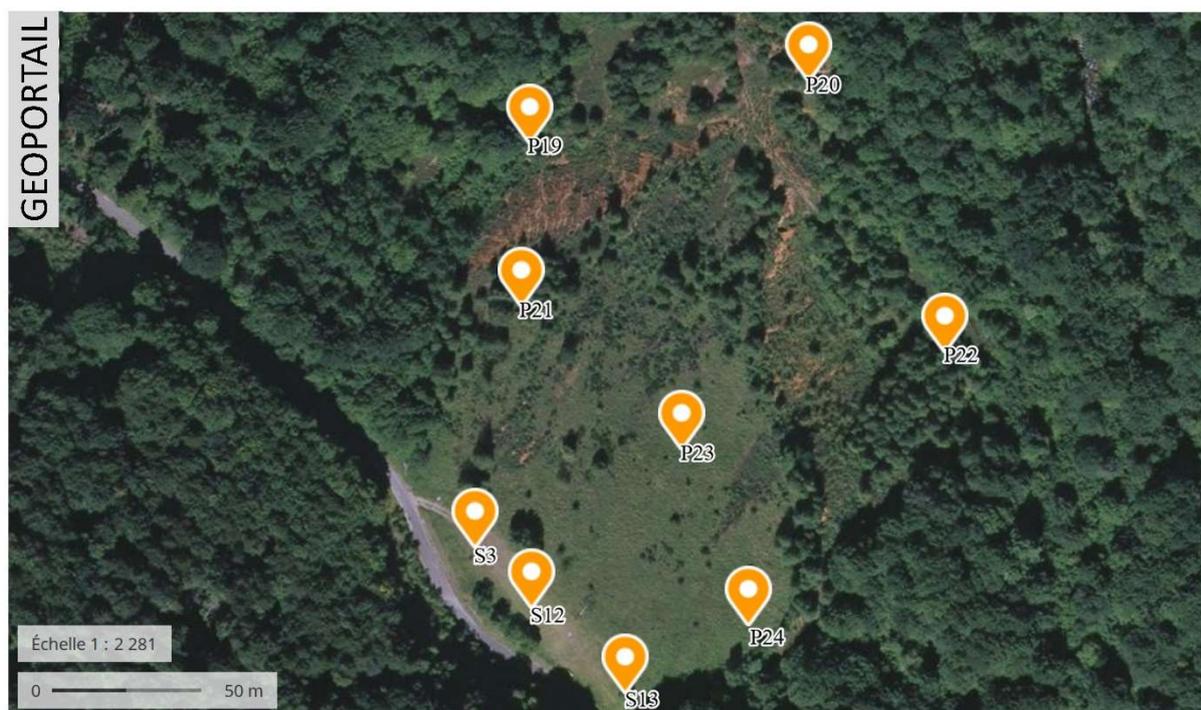


Figure 2: Positionnement des sondages et prélèvements de surface, plat des Pommiers

SONDAGE S1

En P1 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.741664°/Long. 1.201431°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0						Terre végétale
-0,3	S1.0	B2020 09 214 -01	5,67	75,03	PAD	Film d'étanchéité
-1,3	S1.1	B2020 09 214 -02	3,95	72,40	PAD	Résidu oxydé
-2,3	S1.2	B2020 09 214 -03	4,33	77,99	PAD	
-3,3	S1.3	B2020 09 214 -04	4,42	71,12	PAD	
-4,3	S1.4	B2020 09 214 -05	4,35	51,84	PAD	
-5,3	S1.5	B2020 09 214 -06	4,67	76,04	PAD	
-6,3	S1.6	B2020 09 214 -07	3,85	49,29	PAD	
-7,3	S1.7	B2020 09 214 -08	3,71	49,71	PAD	
-8,3	S1.8	B2020 09 214 -09	4,17	86,64	PAD	
-9,3	S1.9	B2020 09 214 -10	3,77	50,40	PAD	
-10,3	S1.10	B2020 09 214 -11	5,35	76,84	PAD	
-11,3	S1.11	B2020 09 214 -12	4,12	70,36	PAD	
-12,3	S1.12	B2020 09 214 -13	3,42	51,94	PAD	
-13,3	S1.13	B2020 09 214 -14	3,42	54,57	PAD	
-14,3	S1.14	B2020 09 214 -15	4,17	64,48	PAD	Résidu non oxydé
-15,3	S1.15	B2020 09 214 -16	4,08	56,27	1abs	
-16,3	S1.16	B2020 09 214 -17	5,04	76,63	PAD	
-17,3	S1.17	B2020 09 214 -18	6,20	53,30	PAD PMAI	
-18,3	S1.18	B2020 09 214 -19	4,19	64,52	PAD	
-19,3	S1.19	B2020 09 214 -20	5,06	56,82	PAD	
-20,3	S1.20	B2020 09 214 -21	4,28	51,45	PAD PMAI	
-21,3	S1.21	B2020 09 214 -22	8,92	75,43	PAD	
-22,3	S1.22	B2020 09 214 -23	4,75	70,19	PAD	
-23,3	S1.23	B2020 09 214 -24	4,47	51,43	PAD	
-24,3	S1.24	B2020 09 214 -25	4,01	56,73	PAD	
-25,3	S1.25	B2020 09 214 -26	3,93	64,33	PAD	
-26,3	S1.26	B2020 09 214 -27	3,81	53,27	PAD	
-27,3	S1.27 à 30	B2020 09 214 -28	4,16	50,81	PAD	
-30,3	S1 30	B2020 09 214 -29		300000	PAD	
-33,3	S1 31 à 33	B2020 09 214 -30		200000	PAD	Substratum

SONDAGE S2

En P2 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42,74151°/Long. 1,20197°

Prof. m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse		
0							Terre végétale Film d'étanchéité Résidu oxydé
-0,3	S2.00	B202010047.01	5,77	54,31	PAD PMAI		
-1,3	S2.01	B202010047.02	5,13	61,06	1abscum		
-2,3	S2.02	B202010047.03	5,46	75,60	PAD		
-3,3	S2.03	B202010047.04	4,57	43,29	absact		Résidu peu oxydé
-4,3	S2.04	B202010047.05	3,93	51,90	absact		
-5,3	S2.05	B202010047.06	4,35	50,96	absact		
-6,3	S2.06	B202010047.07	4,16	41,85	PAD PMAI		
-7,3	S2.07	B202010047.08	4,01	50,68	PAD PMAI		
-8,3	S2.08	B202010047.09	4,85	64,52	PAD PMAI		
-9,3	S2.09	B202010047.10	3,83	64,21	1absact		
-10,3	S2.10	B202010047.11	7,83	56,31	PAD PMAI		Résidu non oxydé
-11,3	S2.11	B202010047.12	4,77	65,51	1absactcum		
-12,3	S2.12	B202010047.13	3,77	73,72	absact		
-13,3	S2.13	B202010047.14	3,95	53,44	absact		
-14,3	S2.14	B202010047.15	4,56	59,03	absact1cum		
-15,3	S2.15	B202010047.16	4,57	49,10	absact		
-16,3	S2.16	B202010047.17	5,06	66,05	absact		
-17,3	S2.17	B202010047.18	3,21	26,80	absact		
-18,3	S2.18	B202010047.19	5,18	52,28	absact		
-19,3	S2.19	B202010047.20	5,52	56,71	1absact		
-20,3	S2.20	B202010047.21	5,46	58,58	1absact		
-21,3	S2.21	B202010047.22	4,78	67,23	PAD PMAI		
-22,3	S2.22	B202010047.23	4,80	66,25	PAD PMAI		
-23,3	S2.23	B202010047.24	4,42	68,43	absact		
-24,3	S2.24	B202010047.25		90000	PAD		Substratum

SONDAGE S3

En P2 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42,74697°/Long. 1,1961°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse		
0							Terre végétale Film d'étanchéité
-0,4	S3.00	B202010048-01	5,25	68,43	PAD PMAI		
-1,4	S3.01	B202010048-02	5,36	69,53	1absact		
-2,4	S3.02	B202010048-03	4,73	84,61	PAD		
-3,4	S3.03	B202010048-04	5,06	87,71	1abstrem		Résidu non oxydé
-4,4	S3.04	B202010048-05	4,62	82,99	PAD PMAI		
-4,9	S3.4,5	B202010048-06		>50000	PAD		Terre avec fragment de roche
-5,4	S3.5	B202010048-07		>50000	PAD		
-5,9	S3.5,5	B202010048-08		>50000	PAD		
-6	S3.6	B202010048-09		>50000	PAD		Substratum (moraine)

SONDAGE S4



Figure 3 : Avant trou du sondage 4, pas de film d'étanchéité observé.

En P4 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42,74150°/Long. 1,19994°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Fines Dmoy µm	Dmax µm	Roches Dmax µm	Analyse	
0							Terre végétale
-0,2	S4.0	B202010052-01	4,334	79,571	>50000	PAD	
-0,7	S4.0,5	B202010052-02	5,421	56,429	>50000	PAD	
-1,2	S4.1	B202010052-03			>50000	PAD	
-2,2	S4.2	B202010052-04			>50000	PAD	
					>50000		
					>50000		
-5,2	S4.5	B202010052-05			>50000	PAD	Résidu +fragment de roche
-6,2	S4.6	B202010052-06			>50000	PAD	
-7,2	S4.7	B202010052-07	3,931	80,576	>50000	PAD	

SONDAGE S5



Figure 4 : Avant trou du sondage 5 : pas de film d'étanchéité observé au-dessus des résidus oxydés

En P5 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.741542° /Long. 1.200743°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy μm	Dmax μm	Analyse		
0							Terre végétale
-0,3	S5.0	B202010052-08	6,60	53,457	1frag		Résidu oxydé
-1,8	S5.1,5	B202010052-09	5,35	61,397	PAD PMAI		Résidu non oxydé
-2,3	S5.2	B202010052-10	4,54	43,447	PAD		Résidu peu oxydé
-4,8	S5.4.5	B202010052-11		>50000	PAD PMAI		Résidu + fragments de roche
-5,3	S5.5	B202010052-12		>50000	PAD		
-6,3	S5.6	B202010052-13	5,463	74,936	PAD		

SONDAGE S6

En P6 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.741769° Long. 1.201163°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy μm	Dmax μm	Analyse		
0							Terre végétale
-0,45	S6.0	B202009208-01		>50000	PAD		Film d'étanchéité
-1,45	S6.1	B202009208-02	4,95	63,81	PAD PMAI		Résidu + fragments de roche
-2,45	S6.2	B202009208-03	5,61	89,83	PAD PMAI		Résidu non oxydé
-3,45	S6.3	B202009208-04	5,68	62,08	PAD PMAI		
-4,45	S6.4	B202009208-05	4,26	87,68	1absact		
-5,45	S6.5	B202009208-06	4,97	47,94	PAD		Résidu oxydé

SONDAGE S7

En P7 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.741599° /Long. 1.201220°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0						
-0,4	S7.0	B202009208-07		>50000	PAD	
-1,4	S7.1	B202009208-08	4,65	52,93	PAD PMAI	
-2,4	S7.2	B202009208-09	6,37	60,08	PAD	
-3,4	S7.3	B202009208-10	3,77	63,25	PAD	
-4,4	S7.4	B202009208-11	4,54	50,01	absact	
-5,4	S7.5	B202009208-12	4,77	83,08	absact	Résidu non oxydé

SONDAGE S8

En P8 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.7414°/Long. 1.20157°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0						
-0,35	S8.0	B202010052-14	5,45	48,96	PAD	
-1,35	S8.1	B202010052-15	5,13	79,95	PAD	
-2,35	S8.2	B202010052-16	5,52	65,83	PAD	
-3,35	S8.3	B202010052-17	3,83	49,74	PAD	
-4,35	S8.4	B202010052-18	4,17	49,70	PAD PMAI	
-5,35	S8.5	B202010052-19	5,41	76,67	PAD	Résidu peu oxydé

SONDAGE S9

En P9 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.74179°/Long. 1.20181°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0						
-0,35	S9.0	B202009208-13		>50000	1fragact	
-1,35	S9.1	B202009208-14	4,192	62,232	PAD	
-2,35	S9.2	B202009208-15	5,06	61,969	PAD PMAI	
-3,35	S9.3	B202009208-16	4,908	67,298	PAD PMAI	
-4,35	S9.4	B202009208-17	5,559	81,916	1fragact	
-4,35	S9.5	B202009208-18	4,369	38,572	PAD PMAI	Résidu non oxydé

SONDAGE S10

En P10 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.741360°/Long. 1.202388°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0						Terre végétale
-0,35	S10.0	B202010052-20	6,31	88,77	PAD	Film d'étanchéité
-1,35	S10.1	B202010052-21	5,35	82,92	PAD	Résidu oxydé
-2,35	S10.2	B202010052-22	5,53	77,38	PAD	
-3,35	S10.3	B202010052-23	4,73	52,77	PAD PMAI	Résidu non oxydé
-4,35	S10.4	B202010052-24	4,23	59,80	PAD	
-5,35	S10.5	B202010052-25	3,89	52,17	PAD PMAI	

SONDAGE S11

En P10 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42,74127° /Long. 1,20263°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0	S11.0	B202010053-01	3,69	48,28	PAD	Résidu oxydé
-1	S11.1	B202010053-02	4,98	86,69	PAD PMAI	
-2	S11.2	B202010053-03	3,97	59,70	PAD	
-3	S11.3	B202010053-04	4,69	57,29	PAD	
-4	S11.4	B202010053-05	3,85	50,67	PAD PMAI	Résidu non oxydé
-5	S11.5	B202010053-06	4,40	53,79	PAD	
-6	S11.6	B202010053-07	4,45	67,35	PAD PMAI	

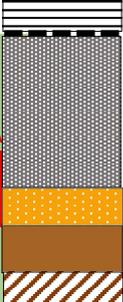
SONDAGE S12

En P12 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42,74678°/Long. 1,19633°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0						Terre végétale
-0,4	S12.0	B202010053-08	4,39	64,55	PAD	Film d'étanchéité
-1,4	S12.1	B202010053-09	5,26	70,42	absact	
-2,4	S12.2	B202010053-10	4,77	66,59	absact	
-3,4	S12.3	B202010053-11	4,80	68,70	PAD	
-4,4	S12.4	B202010053-12	3,57	54,50	1absact	Résidu non oxydé
-5,4	S12.5	B202010053-13	5,29	66,63	PAD PMAI	
-6,9	S12.6,5	B202010053-14	5,04	83,35	PAD PMAI	
-7,4	S12.7	B202010053-15		>50000	PAD PMAI	
-8,4	S12.8	B202010053-16		>50000	PAD	Terre + fragments Substratum

SONDAGE S13

En P13 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.746527° /Long. 1.196730°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0						 Terre végétale Film d'étanchéité
-0,5	S13.0	B202010053-17	5,04	57,44	PAD	
-1,5	S13.1	B202010053-18	6,20	74,92	PAD	
-2,5	S13.2	B202010053-19	4,19	46,17	PAD PMAI	Résidu non oxydé
-3,5	S13.3	B202010053-20	5,07	78,62	absact	
-4,5	S13.4	B202010053-21	4,28	54,11	absact	Résidu oxydé
-5,5	S13.5	B202010053-22	8,93	61,70	PAD	Terre
-6,5	S13.6	B202010053-23	17,54	212,42	PAD	Sable + terre substratum

Prélèvement de surface manuel P14 Stériles

En P14 stériles coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.741163° /long. 1.202732°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0	P14sté.	B202009206-01		>500000	PAD PMAI	 Blocs de granodiorite

Prélèvement de surface à la tarière P14

En P14 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.742377° /Long. 1.201012°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0						 Résidu oxydé Résidu non oxydé
-0,72	P14	B202009206-02	4,228	60,142	PAD PMAI	

Prélèvement de surface manuel P14 bis

En P14 stériles coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.741163°/long. 1.202732°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0	P14 bis	B202009206-03		>50000	PAD	 Blocs de sulfure massif

Prélèvement de surface à la tarière P15

En P15 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.742124°/Long. 1.201466°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy μm	Dmax μm	Analyse	
0						 Résidu oxydé
-0,6	P15	B202009206-04	4,369	52,251	PAD	 Résidu peu oxydé

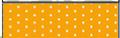
Prélèvement de surface à la tarière P16

En P16 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.741379°/Long. 1.202907°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy μm	Dmax μm	Analyse	
0						 Résidu oxydé
-0,6	P16	B202009206-05	6,092	104,89	PAD PMAI	 Résidu peu oxydé

Prélèvement de surface à la tarière P17

En P17 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.741108°/Long. 1.202716°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy μm	Dmax μm	Analyse	
0						 Blocs de granodiorite
-0,7						 Résidu oxydé
-1,2	P17	B202009206-06	4,14	49,77	PAD PMAI	 Résidu peu oxydé

Prélèvement de surface manuel P18

En P18 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.741131°/Long. 1.203237°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy μm	Dmax μm	Analyse	
0	P18	B202009206-07		>10000	PAD	 Blocs

Prélèvement de surface manuel P18 haut

En P18 haut coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.7410849°/Long. 1.2033230°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0	P18 Haut	B202009206-08		>50000	PAD	 Blocs

Prélèvement de surface manuel P18 Bas

En P18 Bas coordonnées GPS (GPX) : lat. 42.741242° /long. 1.2033°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0						
-1	P18 Bas	B202009206-09		>50000	PAD PMAI	 Terre végétale Blocs

Prélèvement de surface à la tarière P 19

En P19 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.748205°/Long. 1.196322°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0						
-0,6	P19	B202009206-10	4,16	54,47	PAD PMAI	 Résidu oxydé Résidu non oxydé

Prélèvement de surface à la tarière P 20

En P20 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.748400°/Long. 1.197472°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy µm	Dmax µm	Analyse	
0						
-0,6	P20	B202009206-11	3,19	39,94	PAD PMAI	 Résidu oxydé Résidu peu oxydé

Prélèvement de surface à la tarière P 21

En P21 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.7477039°/Long. 1.1962939°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy μm	Dmax μm	Analyse	
0						
-0,6	P21	B202009206-12	4,06	53,35	PAD PMAI	Résidu oxydé Résidu peu oxydé

Prélèvement de surface à la tarière P 22

En P22 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.747572°/Long. 1.198038°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy μm	Dmax μm	Analyse	
0						
-0,6	P22	B202009206-13	3,75	41,09	1absact	Résidu oxydé Résidu peu oxydé

Prélèvement de surface à la tarière P 23

En P23 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.7472559°/Long. 1.1969520°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy μm	Dmax μm	Analyse	
0						
-0,6	P23	B202009206-14	4,2	56,1	PAD PMAI	Résidu oxydé Résidu peu oxydé

Prélèvement de surface à la tarière P 24

En P24 coordonnées GPS (GPX) : Lat. 42.7467109° /Long. 1.1972080°

Prof. En m	N° terrain	N°analyse	Dmoy μm	Dmax μm	Analyse	
0						
-1	P24	B202009206-15	5,28	62,49	1absact	Résidu oxydé Résidu peu oxydé



Figure 5 : Positionnement géographique des logs, carreau de la mine de Salau.



Figure 6 : Positionnement géographique des logs, plat des pommiers.

ANNEXE 3

Du rapport n° mmi 20201101 -B-V1

Résultats d'analyses

B2020 09 206 GEODERIS

B2020 09 208 GEODERIS

B2020 09 214 GEODERIS

B2020 10 047 GEODERIS

B2020 10 048 GEODERIS

B2020 10 052 GEODERIS

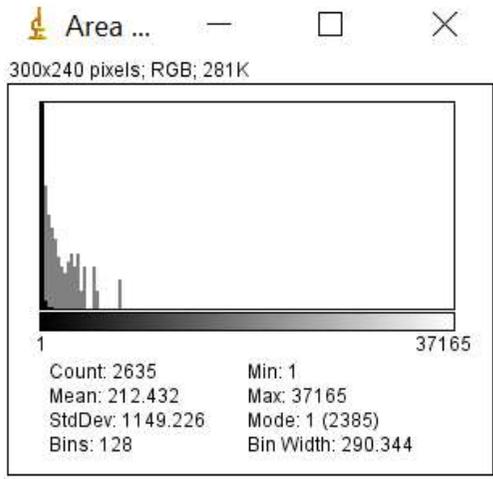
B2020 10 053 GEODERIS

ANNEXE 4

Granulométrie

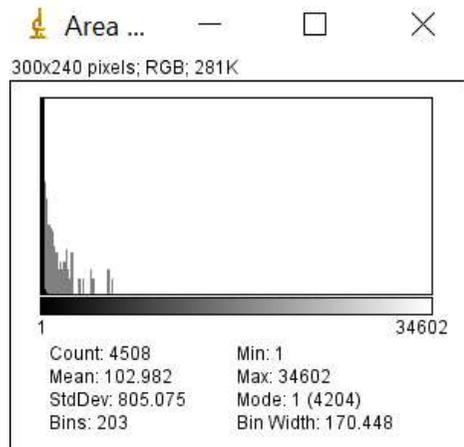
S1

B2020 09 214



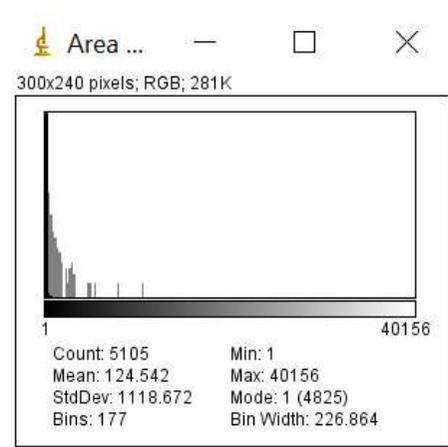
List Copy Log

01



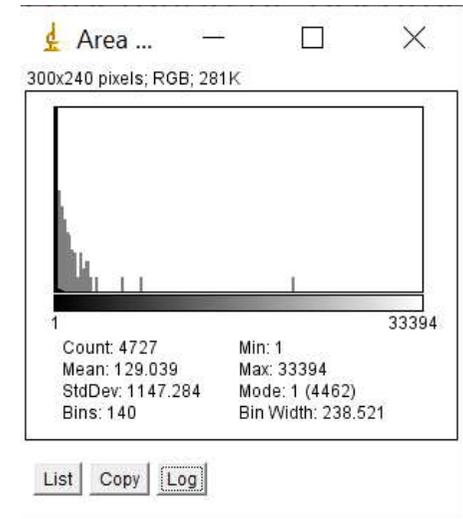
List Copy Log

02



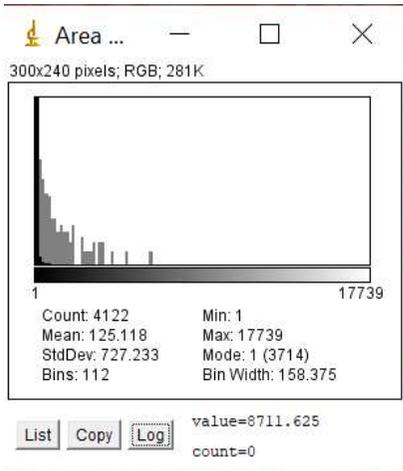
List Copy Log value=17469.559
count=0

03



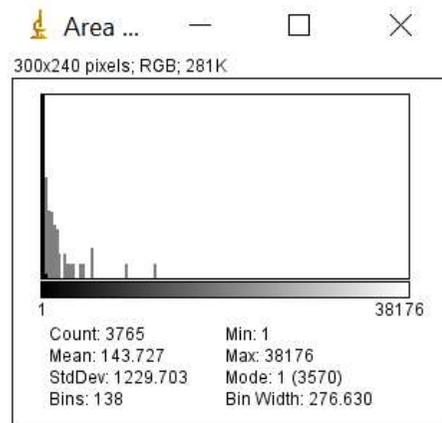
List Copy Log

04



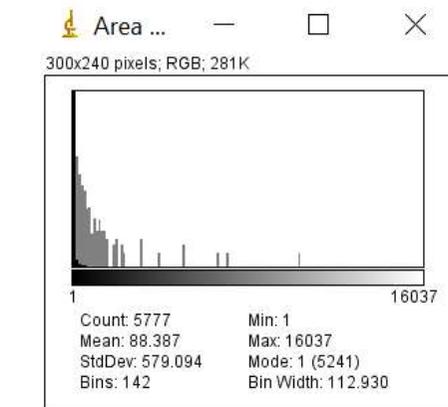
List Copy Log value=8711.625
count=0

05



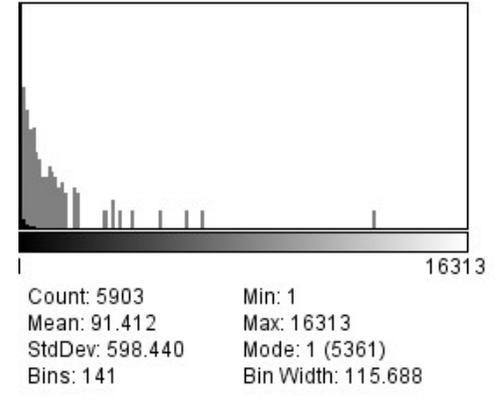
List Copy Log

06



List Copy Log

07



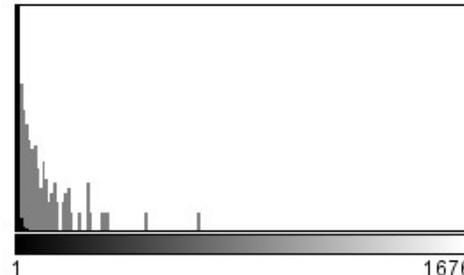
08



Count: 4147
 Mean: 115.249
 StdDev: 1116.395
 Bins: 204

Min: 1
 Max: 49557
 Mode: 1 (3928)
 Bin Width: 242.922

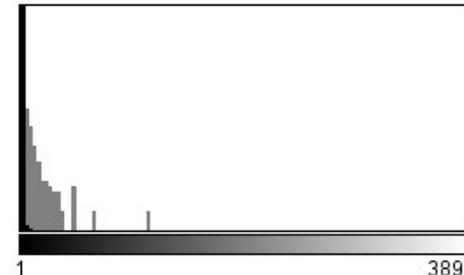
09



Count: 4574
 Mean: 94.287
 StdDev: 493.606
 Bins: 162

Min: 1
 Max: 16769
 Mode: 1 (4037)
 Bin Width: 103.506

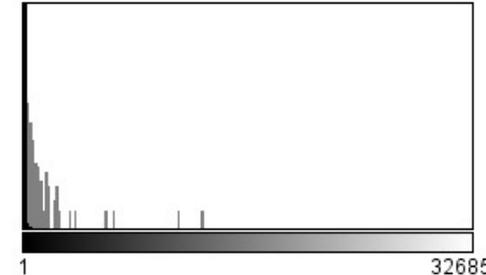
10



Count: 3316
 Mean: 188.893
 StdDev: 1443.849
 Bins: 115

Min: 1
 Max: 38980
 Mode: 1 (3108)
 Bin Width: 338.948

11



Count: 4218
 Mean: 112.056
 StdDev: 875.369
 Bins: 173

Min: 1
 Max: 32685
 Mode: 1 (3953)
 Bin Width: 188.925

12



Count: 5020
 Mean: 76.638
 StdDev: 479.105
 Bins: 182

Min: 1
 Max: 17810
 Mode: 1 (4539)
 Bin Width: 97.852

13



Count: 6522
 Mean: 77.239
 StdDev: 509.906
 Bins: 206

Min: 1
 Max: 19660
 Mode: 1 (5900)
 Bin Width: 95.432

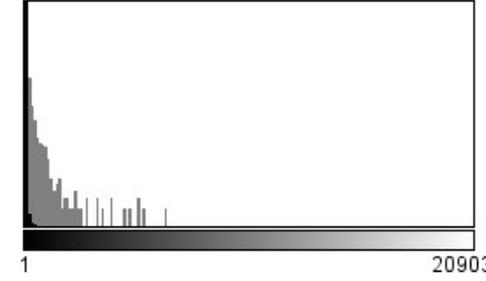
14



Count: 4913
 Mean: 115.453
 StdDev: 890.966
 Bins: 150

Min: 1
 Max: 27445
 Mode: 1 (4553)
 Bin Width: 182.960

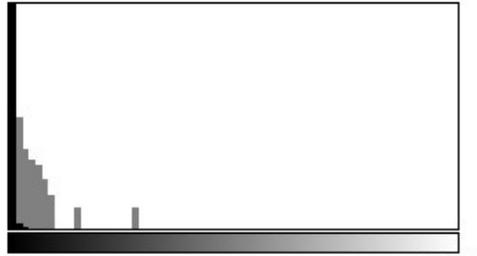
15



Count: 5354
 Mean: 109.734
 StdDev: 635.094
 Bins: 165

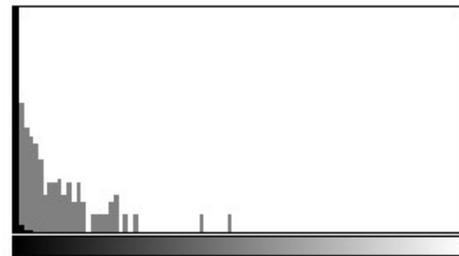
Min: 1
 Max: 20903
 Mode: 1 (4755)
 Bin Width: 126.679

16



Count: 1435
 Mean: 274.615
 StdDev: 1782.511
 Bins: 70
 Min: 1
 Max: 38765
 Mode: 1 (1346)
 Bin Width: 553.771

17



Count: 3633
 Mean: 149.388
 StdDev: 865.430
 Bins: 95
 Min: 1
 Max: 18757
 Mode: 1 (3331)
 Bin Width: 197.432

18



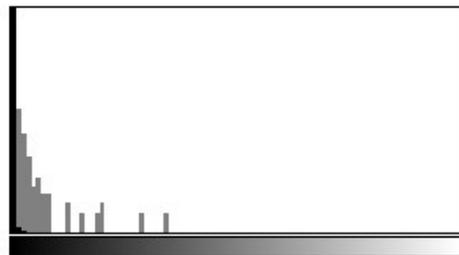
Count: 2774
 Mean: 126.023
 StdDev: 855.293
 Bins: 129
 Min: 1
 Max: 27479
 Mode: 1 (2585)
 Bin Width: 213.008

19



Count: 2955
 Mean: 116.065
 StdDev: 836.801
 Bins: 105
 Min: 1
 Max: 21312
 Mode: 1 (2763)
 Bin Width: 202.962

20



Count: 2695
 Mean: 109.358
 StdDev: 760.239
 Bins: 92
 Min: 1
 Max: 17478
 Mode: 1 (2527)
 Bin Width: 189.967

21



Count: 2658
 Mean: 168.095
 StdDev: 1267.649
 Bins: 118
 Min: 1
 Max: 37562
 Mode: 1 (2488)
 Bin Width: 318.314

22



Count: 3751
 Mean: 149.212
 StdDev: 1117.505
 Bins: 130
 Min: 1
 Max: 32521
 Mode: 1 (3491)
 Bin Width: 250.154

23



Count: 3332
 Mean: 132.199
 StdDev: 802.534
 Bins: 93
 Min: 1
 Max: 17452
 Mode: 1 (3068)
 Bin Width: 187.645

24



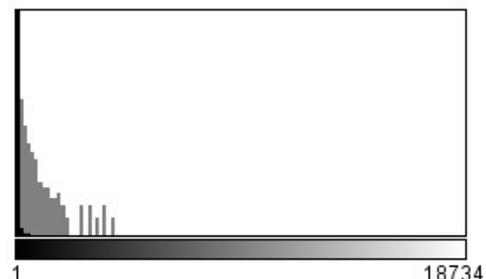
Count: 3073
Mean: 105.750
StdDev: 658.868
Bins: 134
Min: 1
Max: 21246
Mode: 1 (2825)
Bin Width: 158.545

25



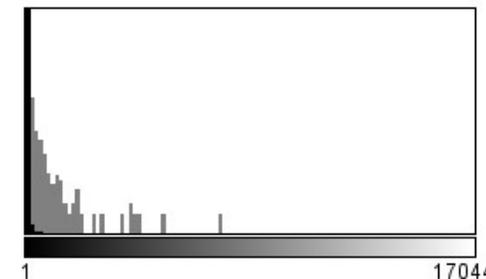
Count: 3630
Mean: 102.370
StdDev: 707.945
Bins: 170
Min: 1
Max: 27322
Mode: 1 (3324)
Bin Width: 160.712

26



Count: 4161
Mean: 96.462
StdDev: 627.152
Bins: 138
Min: 1
Max: 18734
Mode: 1 (3816)
Bin Width: 135.746

27



Count: 3386
Mean: 113.936
StdDev: 668.927
Bins: 110
Min: 1
Max: 17044
Mode: 1 (3092)
Bin Width: 154.936

28

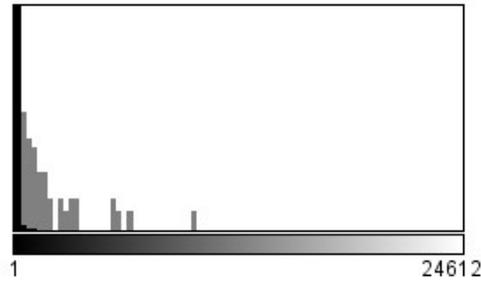
S2

B2020 10 047



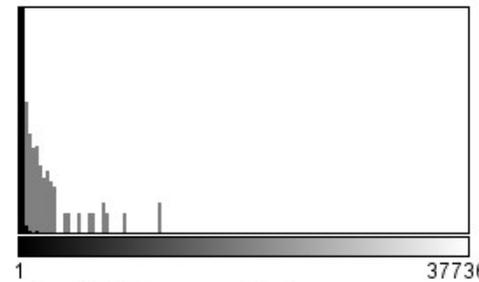
Count: 1949 Min: 1
Mean: 220.244 Max: 19471
StdDev: 1042.174 Mode: 1 (1725)
Bins: 67 Bin Width: 290.597

01



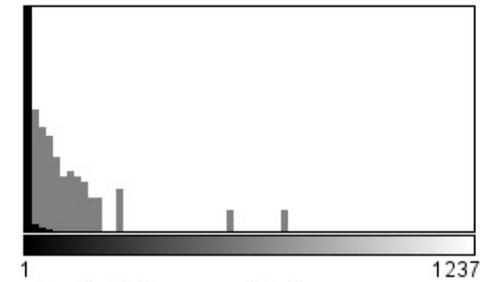
Count: 1839 Min: 1
Mean: 174.282 Max: 24612
StdDev: 1029.509 Mode: 1 (1703)
Bins: 84 Bin Width: 292.988

02



Count: 2883 Min: 1
Mean: 196.848 Max: 37736
StdDev: 1210.124 Mode: 1 (2641)
Bins: 127 Bin Width: 297.126

03



Count: 1618 Min: 1
Mean: 138.877 Max: 12372
StdDev: 639.095 Mode: 1 (1455)
Bins: 65 Bin Width: 190.323

04



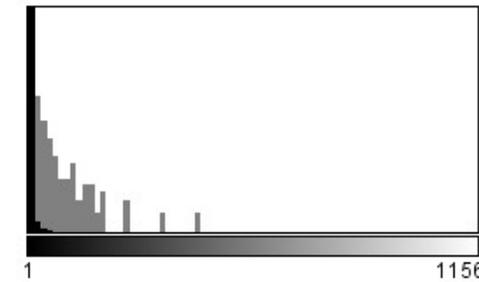
Count: 1819 Min: 1
Mean: 102.863 Max: 17785
StdDev: 705.103 Mode: 1 (1713)
Bins: 88 Bin Width: 202.091

05



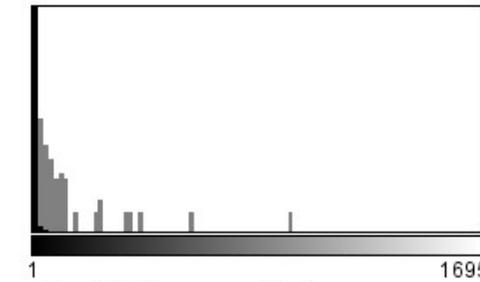
Count: 1834 Min: 1
Mean: 125.062 Max: 17142
StdDev: 826.077 Mode: 1 (1738)
Bins: 73 Bin Width: 234.808

06



Count: 2001 Min: 1
Mean: 114.124 Max: 11564
StdDev: 550.407 Mode: 1 (1774)
Bins: 76 Bin Width: 152.145

07



Count: 1769 Min: 1
Mean: 105.859 Max: 16954
StdDev: 650.715 Mode: 1 (1654)
Bins: 90 Bin Width: 188.367

08



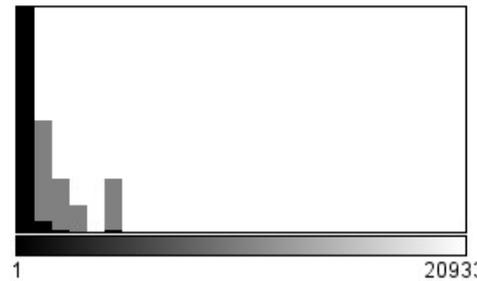
Count: 2630
 Mean: 154.705
 StdDev: 985.818
 Bins: 110
 Min: 1
 Max: 27484
 Mode: 1 (2422)
 Bin Width: 249.845

09



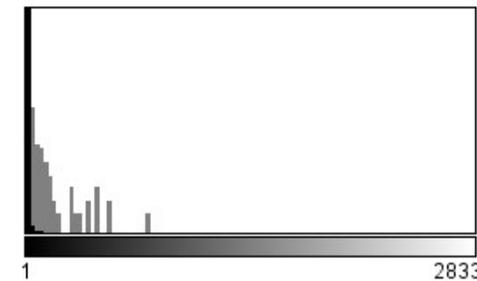
Count: 3802
 Mean: 97.154
 StdDev: 625.709
 Bins: 195
 Min: 1
 Max: 27217
 Mode: 1 (3402)
 Bin Width: 139.569

10



Count: 374
 Mean: 405.714
 StdDev: 1644.228
 Bins: 26
 Min: 1
 Max: 20933
 Mode: 1 (337)
 Bin Width: 805.077

11



Count: 2250
 Mean: 150.094
 StdDev: 1003.579
 Bins: 106
 Min: 1
 Max: 28330
 Mode: 1 (2086)
 Bin Width: 267.255

12



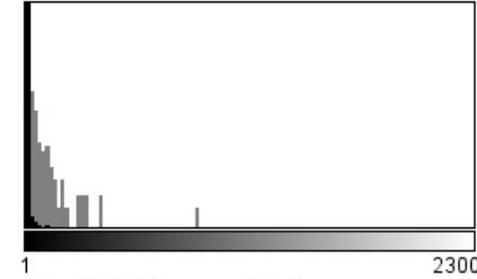
Count: 3443
 Mean: 94.370
 StdDev: 852.807
 Bins: 182
 Min: 1
 Max: 35878
 Mode: 1 (3246)
 Bin Width: 197.126

13



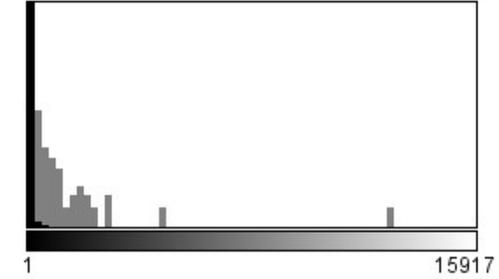
Count: 2844
 Mean: 102.706
 StdDev: 669.644
 Bins: 114
 Min: 1
 Max: 18852
 Mode: 1 (2598)
 Bin Width: 165.360

14



Count: 2287
 Mean: 137.405
 StdDev: 743.178
 Bins: 117
 Min: 1
 Max: 23002
 Mode: 1 (2040)
 Bin Width: 196.590

15



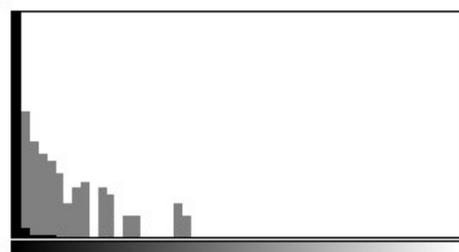
Count: 2003
 Mean: 138.034
 StdDev: 886.495
 Bins: 65
 Min: 1
 Max: 15917
 Mode: 1 (1881)
 Bin Width: 244.862

16



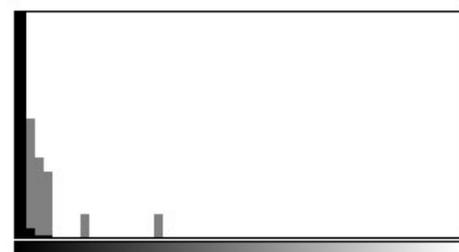
Count: 1807 Min: 1
 Mean: 169.651 Max: 28798
 StdDev: 1173.471 Mode: 1 (1707)
 Bins: 86 Bin Width: 334.849

17



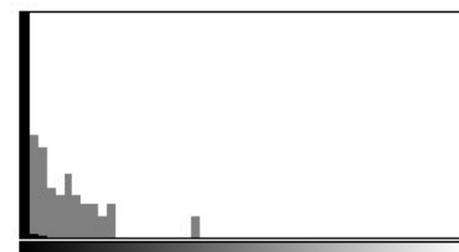
Count: 1590 Min: 1
 Mean: 67.936 Max: 4740
 StdDev: 297.163 Mode: 1 (1429)
 Bins: 53 Bin Width: 89.415

18



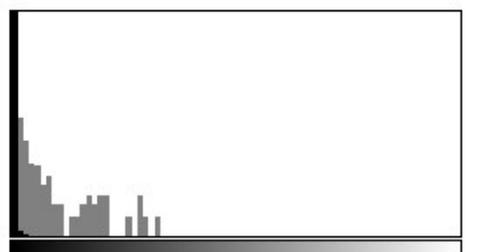
Count: 889 Min: 1
 Mean: 176.819 Max: 18041
 StdDev: 1005.780 Mode: 1 (821)
 Bins: 49 Bin Width: 368.163

19



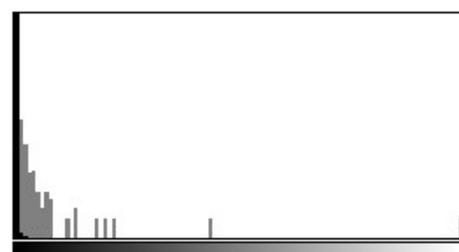
Count: 1465 Min: 1
 Mean: 201.031 Max: 21233
 StdDev: 1310.647 Mode: 1 (1378)
 Bins: 53 Bin Width: 400.604

20



Count: 2314 Min: 1
 Mean: 197.059 Max: 22652
 StdDev: 1092.204 Mode: 1 (2144)
 Bins: 79 Bin Width: 286.722

21



Count: 2823 Min: 1
 Mean: 151.490 Max: 29841
 StdDev: 1128.313 Mode: 1 (2663)
 Bins: 107 Bin Width: 278.879

22



Count: 2644 Min: 1
 Mean: 151.877 Max: 28975
 StdDev: 1117.847 Mode: 1 (2500)
 Bins: 103 Bin Width: 281.301

23



Count: 2673 Min: 1
 Mean: 129.388 Max: 30914
 StdDev: 872.442 Mode: 1 (2458)
 Bins: 141 Bin Width: 219.241

24

S3

B202010048



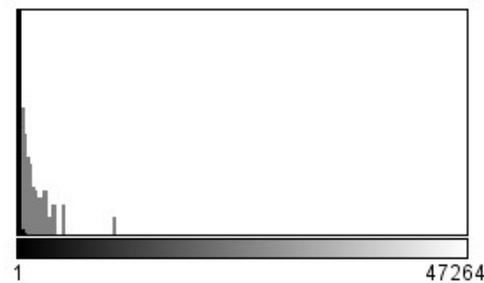
Count: 1993 Min: 1
 Mean: 181.962 Max: 30916
 StdDev: 1373.656 Mode: 1 (1888)
 Bins: 81 Bin Width: 381.667

01



Count: 2819 Min: 1
 Mean: 190.139 Max: 31915
 StdDev: 1163.661 Mode: 1 (2579)
 Bins: 111 Bin Width: 287.514

02



Count: 3875 Min: 1
 Mean: 148.063 Max: 47264
 StdDev: 1271.947 Mode: 1 (3646)
 Bins: 167 Bin Width: 283.012

03



Count: 2874 Min: 1
 Mean: 169.020 Max: 50788
 StdDev: 1403.717 Mode: 1 (2711)
 Bins: 147 Bin Width: 345.490

04



Count: 3838 Min: 1
 Mean: 140.775 Max: 45472
 StdDev: 1179.027 Mode: 1 (3605)
 Bins: 173 Bin Width: 262.838

05

06

07

08

S4
B202010052



Count: 1515
Mean: 124.202
StdDev: 1294.998
Bins: 106
Min: 1
Max: 41800
Mode: 1 (1468)
Bin Width: 394.330

01



Count: 1574
Mean: 193.891
StdDev: 1084.696
Bins: 65
Min: 1
Max: 21022
Mode: 1 (1458)
Bin Width: 323.400

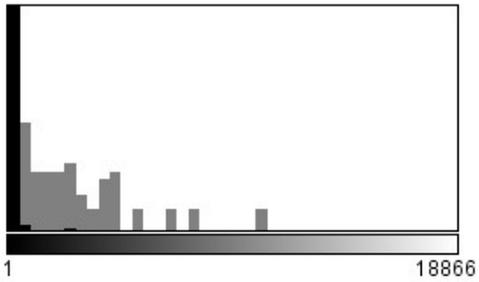
02



Count: 2043
Mean: 102.391
StdDev: 1161.082
Bins: 137
Min: 1
Max: 43862
Mode: 1 (1968)
Bin Width: 320.153

07

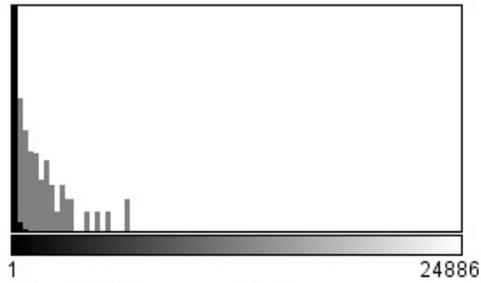
S5
B202010052



Count: 1064
 Mean: 288.183
 StdDev: 1377.911
 Bins: 40

Min: 1
 Max: 18866
 Mode: 1 (979)
 Bin Width: 471.625

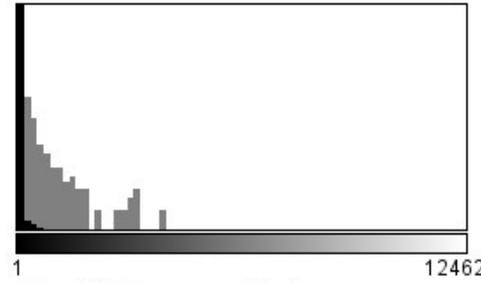
08



Count: 2301
 Mean: 189.285
 StdDev: 1064.733
 Bins: 88

Min: 1
 Max: 24886
 Mode: 1 (2096)
 Bin Width: 282.784

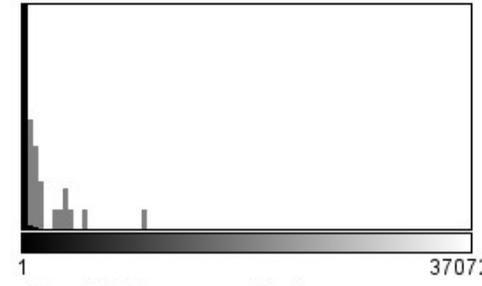
09



Count: 1985
 Mean: 136.155
 StdDev: 642.675
 Bins: 70

Min: 1
 Max: 12462
 Mode: 1 (1769)
 Bin Width: 178.014

10



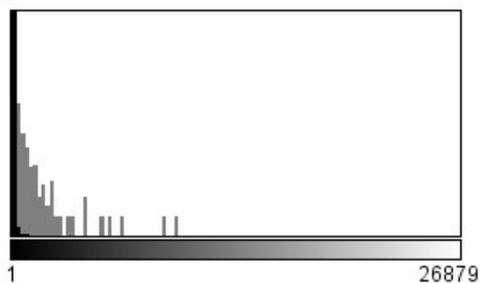
Count: 1855
 Mean: 197.153
 StdDev: 1432.110
 Bins: 91

Min: 1
 Max: 37072
 Mode: 1 (1764)
 Bin Width: 407.374

13

S6

B202009208



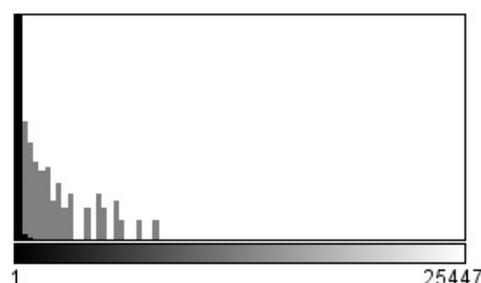
Count: 2752 Min: 1
 Mean: 161.976 Max: 26879
 StdDev: 995.181 Mode: 1 (2521)
 Bins: 108 Bin Width: 248.870

02



Count: 2386 Min: 1
 Mean: 207.658 Max: 53275
 StdDev: 1696.716 Mode: 1 (2280)
 Bins: 120 Bin Width: 443.950

03



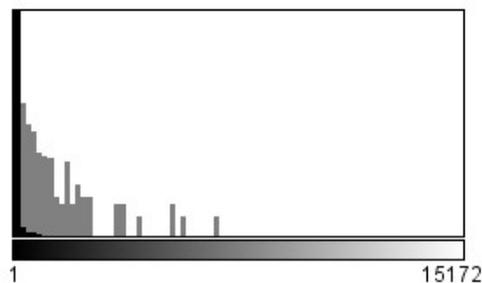
Count: 2452 Min: 1
 Mean: 212.815 Max: 25447
 StdDev: 1250.745 Mode: 1 (2274)
 Bins: 79 Bin Width: 322.101

04



Count: 3149 Min: 1
 Mean: 119.657 Max: 50756
 StdDev: 1153.965 Mode: 1 (2997)
 Bins: 185 Bin Width: 274.351

05

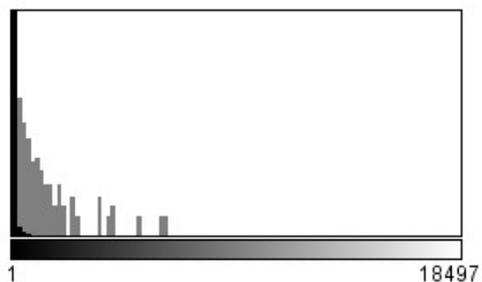


Count: 2585 Min: 1
 Mean: 162.644 Max: 15172
 StdDev: 736.643 Mode: 1 (2290)
 Bins: 81 Bin Width: 187.296

06

S7

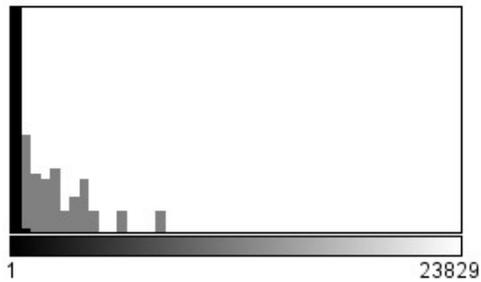
B202009208



Count: 2985
 Mean: 143.121
 StdDev: 757.516
 Bins: 101

Min: 1
 Max: 18497
 Mode: 1 (2677)
 Bin Width: 183.129

08



Count: 1021
 Mean: 268.426
 StdDev: 1474.730
 Bins: 47

Min: 1
 Max: 23829
 Mode: 1 (956)
 Bin Width: 506.979

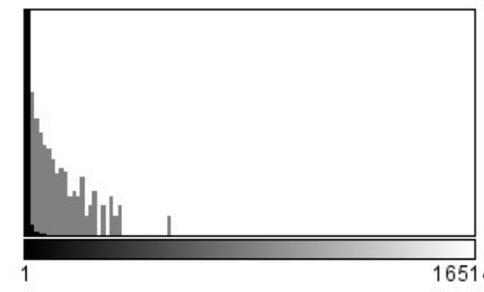
09



Count: 2523
 Mean: 93.815
 StdDev: 699.659
 Bins: 147

Min: 1
 Max: 26415
 Mode: 1 (2350)
 Bin Width: 179.687

10



Count: 3493
 Mean: 135.747
 StdDev: 661.689
 Bins: 108

Min: 1
 Max: 16514
 Mode: 1 (3070)
 Bin Width: 152.898

11



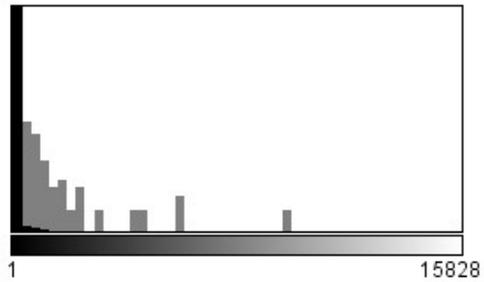
Count: 3542
 Mean: 149.767
 StdDev: 1212.507
 Bins: 164

Min: 1
 Max: 45570
 Mode: 1 (3278)
 Bin Width: 277.860

12

S8

B202010052



Count: 1159
 Mean: 196.449
 StdDev: 949.633
 Bins: 50

Min: 1
 Max: 15828
 Mode: 1 (1064)
 Bin Width: 316.540

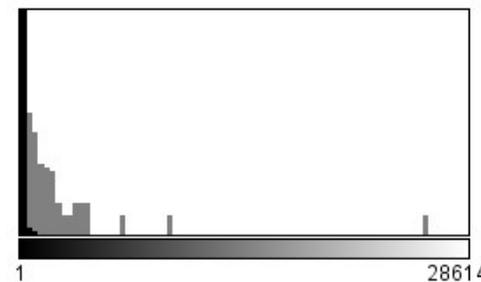
14



Count: 2673
 Mean: 173.871
 StdDev: 1111.267
 Bins: 151

Min: 1
 Max: 42198
 Mode: 1 (2433)
 Bin Width: 279.450

15



Count: 2175
 Mean: 200.178
 StdDev: 1385.006
 Bins: 77

Min: 1
 Max: 28614
 Mode: 1 (2019)
 Bin Width: 371.597

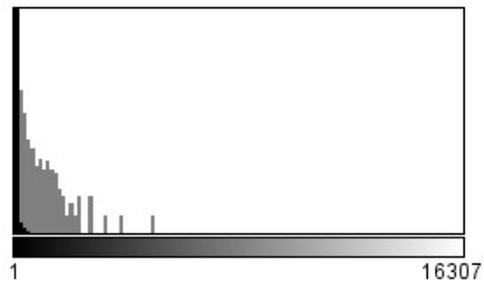
16



Count: 3518
 Mean: 97.231
 StdDev: 521.437
 Bins: 137

Min: 1
 Max: 16334
 Mode: 1 (3123)
 Bin Width: 119.219

17



Count: 3622
 Mean: 114.874
 StdDev: 618.322
 Bins: 116

Min: 1
 Max: 16307
 Mode: 1 (3208)
 Bin Width: 140.569

18



Count: 1608
 Mean: 193.144
 StdDev: 1560.522
 Bins: 83

Min: 1
 Max: 38806
 Mode: 1 (1545)
 Bin Width: 467.530

19

S9
B202009208



Count: 3632 Min: 1
 Mean: 116.814 Max: 25568
 StdDev: 820.048 Mode: 1 (3415)
 Bins: 137 Bin Width: 186.620

14



Count: 1514 Min: 1
 Mean: 169.474 Max: 25352
 StdDev: 1185.950 Mode: 1 (1429)
 Bins: 70 Bin Width: 362.157

15



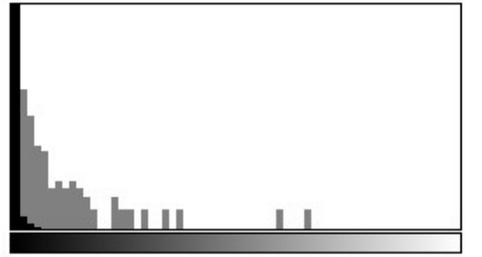
Count: 2324 Min: 1
 Mean: 158.778 Max: 29900
 StdDev: 1074.426 Mode: 1 (2176)
 Bins: 106 Bin Width: 282.066

16



Count: 3132 Min: 1
 Mean: 204.153 Max: 44300
 StdDev: 1494.270 Mode: 1 (2926)
 Bins: 124 Bin Width: 357.250

17



Count: 1962 Min: 1
 Mean: 125.731 Max: 9822
 StdDev: 560.738 Mode: 1 (1736)
 Bins: 63 Bin Width: 155.889

18

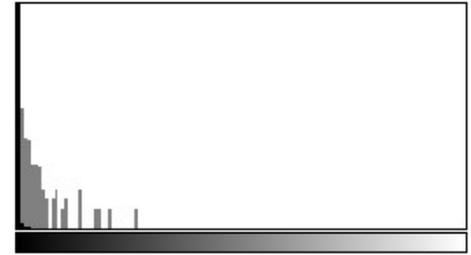
S10
B202010052



Count: 1887
Mean: 262.950
StdDev: 2125.431
Bins: 87

Min: 1
Max: 52023
Mode: 1 (1808)
Bin Width: 597.954

20



Count: 3106
Mean: 189.027
StdDev: 1415.122
Bins: 134

Min: 1
Max: 45390
Mode: 1 (2916)
Bin Width: 338.724

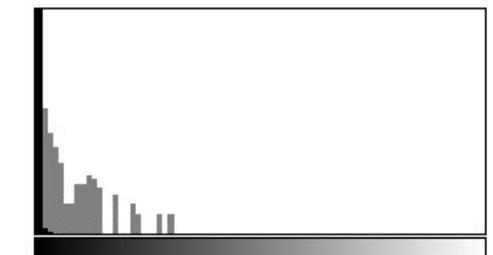
21



Count: 2770
Mean: 201.678
StdDev: 1586.075
Bins: 100

Min: 1
Max: 39525
Mode: 1 (2646)
Bin Width: 395.240

22



Count: 2955
Mean: 148.574
StdDev: 920.196
Bins: 82

Min: 1
Max: 18382
Mode: 1 (2736)
Bin Width: 224.159

23



Count: 3631
Mean: 117.752
StdDev: 827.145
Bins: 126

Min: 1
Max: 23609
Mode: 1 (3352)
Bin Width: 187.365

24



Count: 2682
Mean: 99.697
StdDev: 543.032
Bins: 132

Min: 1
Max: 17966
Mode: 1 (2373)
Bin Width: 136.098

25

S11
B202010053



Count: 2471
 Mean: 90.001
 StdDev: 569.555
 Bins: 105

Min: 1
 Max: 15389
 Mode: 1 (2270)
 Bin Width: 146.552

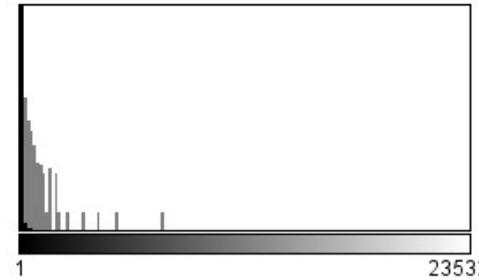
01



Count: 2772
 Mean: 164.361
 StdDev: 1494.724
 Bins: 134

Min: 1
 Max: 49610
 Mode: 1 (2634)
 Bin Width: 370.216

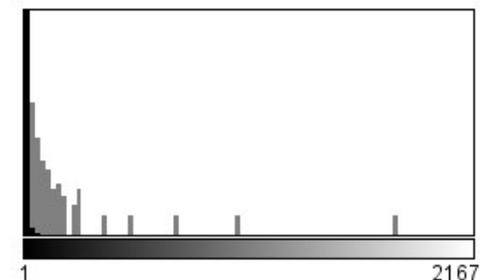
02



Count: 4249
 Mean: 104.225
 StdDev: 737.935
 Bins: 148

Min: 1
 Max: 23532
 Mode: 1 (3915)
 Bin Width: 158.993

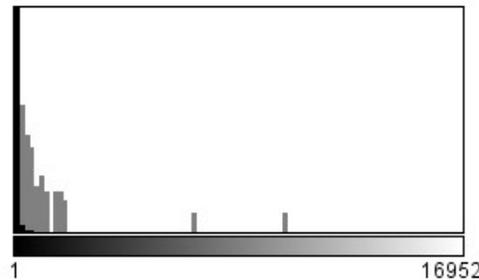
03



Count: 2912
 Mean: 144.877
 StdDev: 1003.925
 Bins: 88

Min: 1
 Max: 21671
 Mode: 1 (2704)
 Bin Width: 246.250

04



Count: 2245
 Mean: 98.367
 StdDev: 675.923
 Bins: 94

Min: 1
 Max: 16952
 Mode: 1 (2084)
 Bin Width: 180.330

05



Count: 2137
 Mean: 127.591
 StdDev: 796.096
 Bins: 89

Min: 1
 Max: 19100
 Mode: 1 (1976)
 Bin Width: 214.596

06



Count: 3511
 Mean: 131.424
 StdDev: 911.441
 Bins: 143

Min: 1
 Max: 29947
 Mode: 1 (3276)
 Bin Width: 209.413

07

S12
B202010053



Count: 1888
 Mean: 127.264
 StdDev: 904.251
 Bins: 108

Min: 1
 Max: 27506
 Mode: 1 (1764)
 Bin Width: 254.676

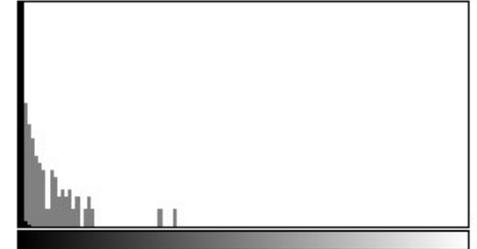
08



Count: 1755
 Mean: 183.300
 StdDev: 1042.656
 Bins: 109

Min: 1
 Max: 32752
 Mode: 1 (1578)
 Bin Width: 300.468

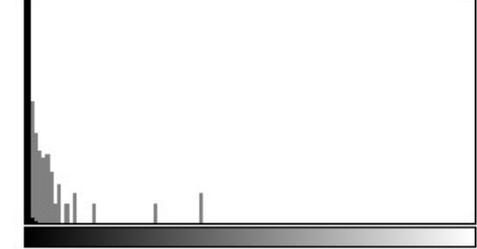
09



Count: 3574
 Mean: 150.332
 StdDev: 1064.412
 Bins: 120

Min: 1
 Max: 29278
 Mode: 1 (3333)
 Bin Width: 243.975

10



Count: 2756
 Mean: 152.184
 StdDev: 1071.144
 Bins: 117

Min: 1
 Max: 31156
 Mode: 1 (2589)
 Bin Width: 266.282

11



Count: 3437
 Mean: 84.205
 StdDev: 562.468
 Bins: 151

Min: 1
 Max: 19672
 Mode: 1 (3107)
 Bin Width: 130.272

12



Count: 2741
 Mean: 185.192
 StdDev: 1188.355
 Bins: 99

Min: 1
 Max: 29308
 Mode: 1 (2549)
 Bin Width: 296.030

13

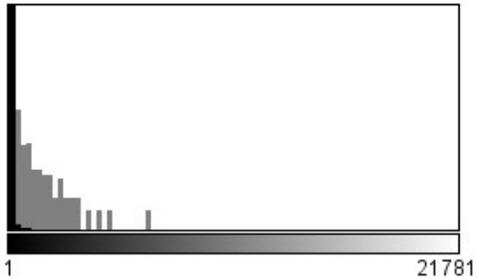


Count: 1935
 Mean: 168.232
 StdDev: 1288.418
 Bins: 127

Min: 1
 Max: 45863
 Mode: 1 (1811)
 Bin Width: 361.118

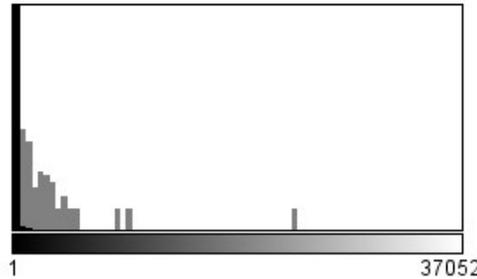
14

S13
B202010053



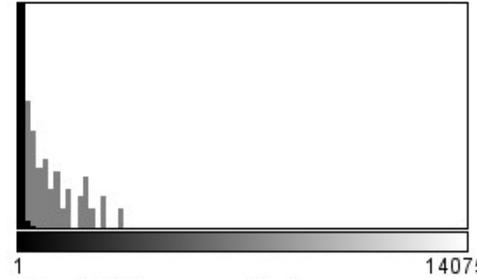
Count: 2580 Min: 1
 Mean: 167.633 Max: 21781
 StdDev: 1028.730 Mode: 1 (2402)
 Bins: 83 Bin Width: 262.410

17



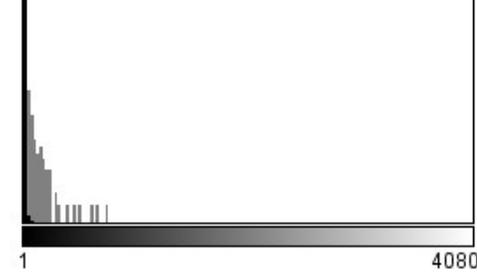
Count: 1698 Min: 1
 Mean: 254.143 Max: 37052
 StdDev: 1667.251 Mode: 1 (1606)
 Bins: 76 Bin Width: 487.513

18



Count: 2479 Min: 1
 Mean: 116.019 Max: 14075
 StdDev: 710.968 Mode: 1 (2296)
 Bins: 77 Bin Width: 182.779

19



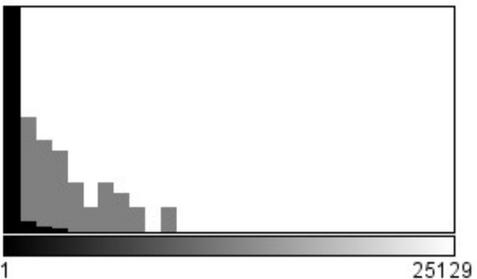
Count: 3647 Min: 1
 Mean: 169.909 Max: 40806
 StdDev: 1198.304 Mode: 1 (3363)
 Bins: 150 Bin Width: 272.033

20



Count: 3499 Min: 1
 Mean: 121.035 Max: 19331
 StdDev: 701.921 Mode: 1 (3177)
 Bins: 120 Bin Width: 161.083

21



Count: 603 Min: 1
 Mean: 525.842 Max: 25129
 StdDev: 2120.431 Mode: 1 (533)
 Bins: 29 Bin Width: 866.483

22



Count: 323 Min: 1
 Mean: 2031.121 Max: 297883
 StdDev: 18052.514 Mode: 1 (314)
 Bins: 32 Bin Width: 9308.812

23

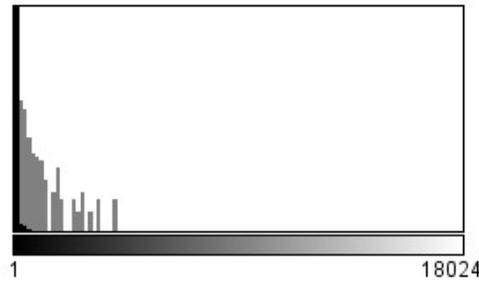
P14-P24
B2020 09 206



Count: 2655
 Mean: 117.953
 StdDev: 563.522
 Bins: 168

Min: 1
 Max: 23879
 Mode: 1 (2236)
 Bin Width: 142.131

P14



Count: 2639
 Mean: 125.974
 StdDev: 647.363
 Bins: 110

Min: 1
 Max: 18024
 Mode: 1 (2358)
 Bin Width: 163.845

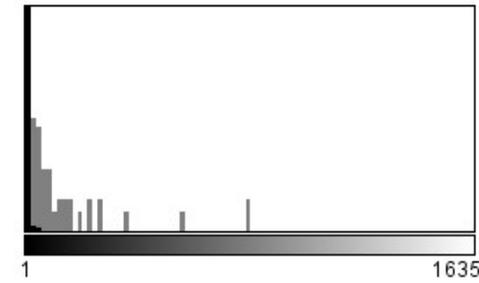
P15



Count: 1742
 Mean: 245.132
 StdDev: 2169.890
 Bins: 115

Min: 1
 Max: 72634
 Mode: 1 (1648)
 Bin Width: 631.591

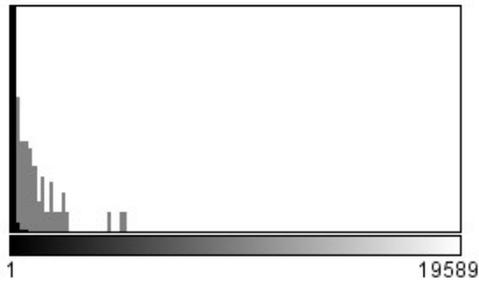
P16



Count: 2021
 Mean: 113.363
 StdDev: 670.920
 Bins: 88

Min: 1
 Max: 16356
 Mode: 1 (1890)
 Bin Width: 185.852

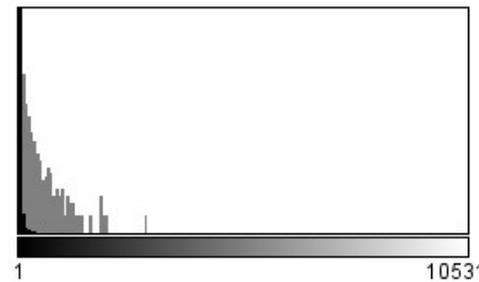
P17



Count: 3055
 Mean: 114.353
 StdDev: 748.741
 Bins: 109

Min: 1
 Max: 19589
 Mode: 1 (2811)
 Bin Width: 179.706

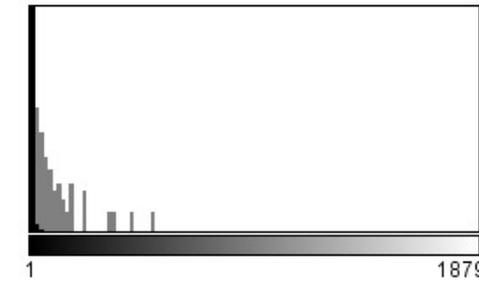
P19



Count: 4387
 Mean: 67.130
 StdDev: 304.798
 Bins: 162

Min: 1
 Max: 10531
 Mode: 1 (3667)
 Bin Width: 65

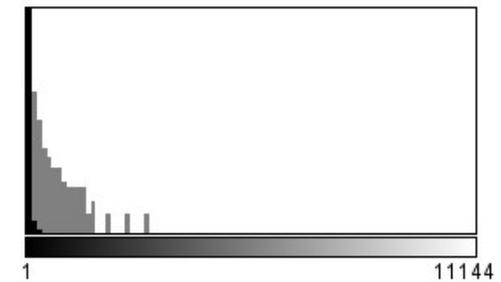
P20



Count: 2077
 Mean: 109.778
 StdDev: 652.861
 Bins: 105

Min: 1
 Max: 18791
 Mode: 1 (1923)
 Bin Width: 178.952

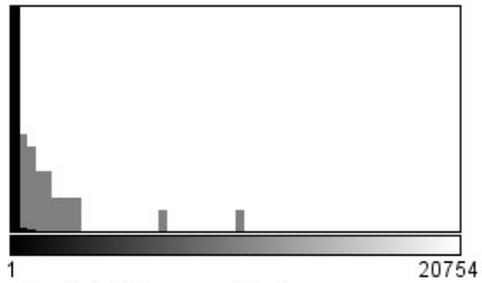
P21



Count: 2730
 Mean: 93.579
 StdDev: 484.550
 Bins: 92

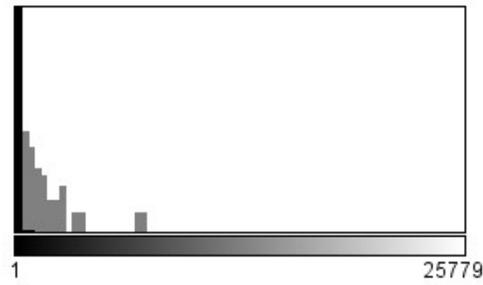
Min: 1
 Max: 11144
 Mode: 1 (2436)
 Bin Width: 121.120

P22



Count: 1442 Min: 1
Mean: 177.088 Max: 20754
StdDev: 1161.772 Mode: 1 (1363)
Bins: 58 Bin Width: 357.810

P23



Count: 2175 Min: 1
Mean: 184.005 Max: 25779
StdDev: 1336.291 Mode: 1 (2075)
Bins: 72 Bin Width: 358.028

P24

Annexe 2

Rapports d'analyse (ADLAB)

Client : **GEODERIS**
40, rue de Pinville - CS 40045
34060 MONTPELLIER CEDEX 2

Attention : **Philippe BARANGER**
Fax /Email : philippe.baranger@geoderis.fr

Analyse de roche pour la recherche d'amiante réglementaire et autres fibres inorganiques

Microscopie Optique à Lumière Polarisée (MOLP)

Microscopie Electronique à Transmission Analytique (META)

Commande client : **N°2019/061**

Devis N°: **ADV19ADL0171**

Réf. client / site de prélèvement : **Mission AMO/ Tailings de la mine de Salau**

N° dossier d'analyse : **B2020 09 206**

A / Objectif

La trémolite-amiante, l'actinote-amiante, l'anthophyllite-amiante, l'amosite et la crocidolite sont des amphiboles amiante.

Ce rapport a pour objectif principal de caractériser, le plus précisément possible, les particules classées comme amphibole amiante si elles sont présentes dans les échantillons, ou d'apporter des informations complémentaires sur les particules allongées qui pourraient être confondues avec des amphiboles amiante. Il s'agit de l'analyse de roche naturelle.

Le laboratoire garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0.1% en masse, selon un intervalle de confiance à 95 %.

Les échantillons ont été prélevés par les géologues d'AD-LAB.

B / Vérification de la nature des particules allongées d'amphibole

Les amphiboles existent dans la nature sous différentes formes : prismatique, aciculaire (en aiguille) et asbestiforme ; c'est le cas notamment de la trémolite/actinote (appelée trémolite-amiante / actinote-amiante sous sa forme amiante), la grunérite (appelée grunérite-amiante ou amosite sous forme amiante), la riebeckite (appelée riebeckite-amiante ou crocidolite sous sa forme amiante), l'anthophyllite (appelée anthophyllite-amiante sous sa forme amiante). La classification d'une amphibole comme étant de l'amiante est différente selon que l'on soit carrier géologue, hygiéniste ou médecin. Pour les carriers qui produisent des granulats, seule l'amphibole asbestiforme (classe (c) ou (c') du tableau 1) est considérée comme de l'amiante. Bien que non classées amiante en France, d'autres amphiboles peuvent se rencontrer sous le faciès asbestiformes dans les roches naturelles et peuvent être reconnues comme cancérigènes : il s'agit notamment de l'édénite, la richtérite et la winchite.

La difficulté est que, quel que soit le faciès initial, une fois broyées, ces différentes formes d'amphiboles peuvent être classées ou non comme de l'amiante en fonction des méthodes analytiques recommandées par la réglementation du pays. La conséquence est qu'un produit vendu comme ne contenant pas d'amiante peut être classé comme amiantifère après préparation / analyse.

En France la seule méthode de référence de l'identification d'amiante au Microscope Electronique à Transmission Analytique (META) est la **norme NF X 43-050**. Une observation attentive des particules allongées devrait permettre d'éliminer les particules prismatiques (classe (d) du tableau 1) issues du broyage des amphiboles, en sélectionnant seulement les particules qui ont des bords nettement parallèles ou étagés (norme NF X 43 050 § 3.17). Donc les particules prismatiques ne doivent pas être classées comme amiante en France.

Par contre, il n'est pas possible de différencier seulement avec la norme NF X 43-050 les particules allongées (classe (e) du tableau 1) issues de la fragmentation d'amphibole en général aciculaire, des particules allongées issues d'amphibole semi-asbestiforme et asbestiforme (classe (f) et (g) du tableau 1). En ajoutant les critères de la **norme ISO 22262-1** (MOLP et META), les critères pertinents de **Van Orden D. R.** (« Differentiating Amphibole Asbestos from Non-Asbestos in a complex Mineral Environment » : Indoor and Built Environment », Vol 17, pp 58-68, 2007) et les critères de **Langer A.M.** (« Electron Microscopical Investigation of Asbestos Fibers », Vol 9, pp 63-80, 1974), il est alors possible dans la plupart des cas de les discriminer.

Les roches peuvent être analysées au MOLP, cependant les fibres les plus fines ne sont pas détectées. La morphologie et la nature des fibres observées sont analysées conformément aux critères de HSG 248 et de l'ISO 22262-1. Si l'analyse est négative ou non concluante au MOLP, l'analyse est poursuivie au META.

Enfin, les analyses sont effectuées selon la procédure interne « ROCHES NATURELLES » et les modes opératoires internes « ROCHES NATURELLES / Analyse MOLP » et « ROCHES NATURELLES / Préparation en vue de leur analyse META ».

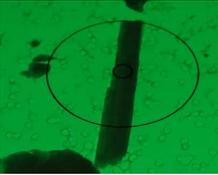
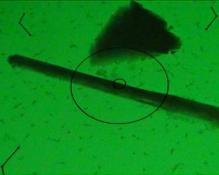
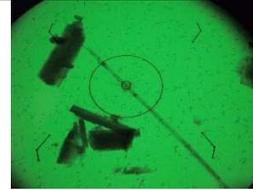
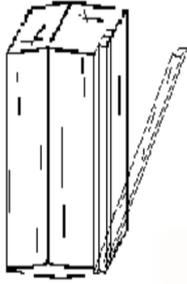
<p>Observation après broyage</p>	 Fragment de clivage (d) à bords approximativement parallèles	 Fin fragment de clivage fin (e) à bords partiellement parallèles	 Fibre fine (f) à bords parallèles	 Fibre très fine et très longue (g) à bords parallèle
<p>Correspondance avec classification sur la base de l'avis de l'ANSES de décembre 2015 et avril 2017 (PMAI : Particule minérale allongée d'intérêt)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, non fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage, notée fibriforme</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est semi-asbestiforme (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est asbestiforme (amiante réglementaire)</p>
<p>Origine probable des formes d'amphiboles amiante dans les roches naturelles</p>	 Prismatique (a)	 Aciculaire (ou en aiguille) (b)	 Semi-asbestiforme (c')	 Asbestiforme (c)

Tableau 1 : Classement des particules selon les observations de M. GERMINE, 1986, Asbestiform and non-asbestiform amphiboles, cadmium, and zinc in quarry samples of marble from Franklin and Sparta, Sussex County, New Jersey: New Jersey Geological Survey Geologic Report 15, 19 p.

*Dimensions OMS : Longueur > 5 µm, diamètre < 3 µm, rapport longueur/largeur > 3

C / Préparation des échantillons

Les échantillons sont des fragments de roches naturelles.

Le protocole de la préparation est succinctement décrit ci-dessous :

- Observation au stéréomicroscope,
- Prélèvement d'un sous-échantillon de roche,
- Ecrasement à la spatule et/ou broyage manuel mortier-pilon,
- Analyse en MOLP (microscope optique à lumière polarisée),
- Mise en eau des particules les plus fines, passage aux ultra-sons et mise en goutte sur des grilles de microscopie électronique pré-carbonées.
- Analyse en META (microscope électronique à transmission équipé d'un analyseur chimique).

D / Analyse

La dimension des particules minérales allongées a été déterminée en microscope électronique à transmission analytique (META). La longueur et la largeur des structures sont données à titre indicatif et ne sont pas systématiquement représentatives de la dimension réelle des fibres dans l'échantillon. En effet, la préparation des échantillons en vue de leur analyse au META inclut une phase de destruction mécanique produisant une fragmentation des fibres et minéraux prismatiques.

La nature fibreuse ou non fibreuse des structures observées, est déterminée conformément aux critères de la norme NF X 43-050. Par conséquent, est classée comme fibre une structure qui répond à la définition suivante : « particule allongée qui a des cotés parallèles ou étagés, ayant un rapport L/l égal ou supérieur à 3 et une longueur minimale de $0,5\mu\text{m}$ » §3.17. En META, toute autre structure répondant aux critères dimensionnels mais ne présentant pas la morphologie requise est dite fibriforme.

La résistance à la traction et la souplesse des fibres ne peuvent pas être mesurées au META. Ces critères ne sont pas pris en compte.

Seules les fibres citées dans la norme NFX-43 050 sont classées en tant qu'amiante (Chrysotile, trémolite-amiante, actinote-amiante, amosite, crocidolite, anthophyllite-amiante). Cette norme ne prend pas en compte les autres fibres naturelles qui pourraient être dangereuses.

L'IMA (International Mineralogical Association) a publié une classification des amphiboles en 1997, puis en 2004 et 2012. Le classement des fibres en trémolite / actinote est effectué selon l'IMA 12. Néanmoins, la partition dans le diagramme Si apfu versus $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$, proposée dans l'IMA 78 (mieux adaptée à notre activité) a été préférée pour reporter les compositions chimiques ponctuelles mesurées.

Concernant les spectres ré-équilibrés, il s'agit de la composition chimique de l'amphibole théorique, chimiquement la plus proche de la fibre observée. Cette composition est déterminée à l'aide de la composition chimique brut rentrée dans le logiciel de Locock IMA 12 et ajustée, élément par élément, en fonction des incertitudes de mesure.

Numéro d'analyse : **B2020 09 206 -01**

Date d'analyse : **05/10/2020**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P14 Stérile	MOLP+META Broyage manuel mortier-pilon	Roche massive grise noire et blanche	Pas d'amiante détectée.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 206 -02**

Date d'analyse : **05/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P14	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron/orange	Pas d'amiante détectée.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique. Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un léger pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

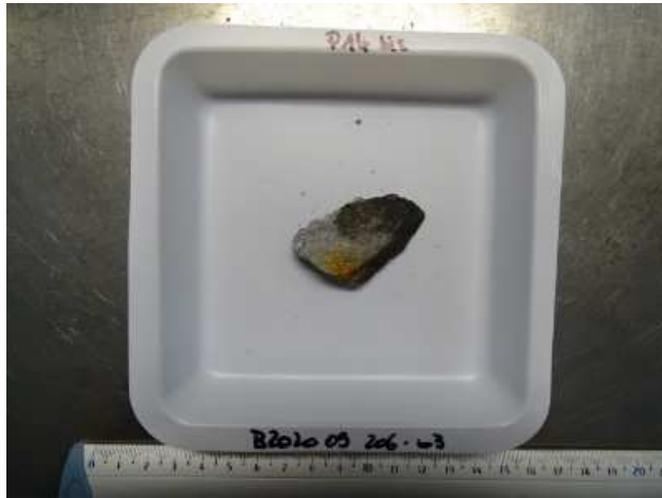
Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 206-03**

Date d'analyse : **05/10/2020**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P14 Bis	MOLP+META Broyage manuel mortier-pilon	Roche centimétrique noire et plaquage grisé	Pas d'amiante détectée.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses d'actinote ou de trémolite observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 206 -04**

Date d'analyse : **05/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P15	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron/orange	Pas d'amiante détectée.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses d'actinote ou de trémolite observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 206 -05**

Date d'analyse : **05/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P16	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron/orange	Pas d'amiante détectée.

Analyse MOLP :

Des traces (< 0.1%) de particules allongées ont été observées sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique. Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un léger pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques d'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 206 -06**

Date d'analyse : **05/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P17	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron/orange	Pas d'amiante détectée.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B20120 09 206 -07**

Date d'analyse : **05/10/2020**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P18	MOLP+META Broyage manuel mortier-pilon	Roche centimétrique massive noire et marron	Pas d'amiante détectée.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses d'actinote ou de trémolite observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B 020 09 166 -08**

Date d'analyse : **05/10/2020**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P18 Haut (gravats hétéroclites)	MOLP+META Broyage manuel mortier-pilon	Roche grise et roche massive blanche	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses d'actinote ou de trémolite observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 166 -09**

Date d'analyse : **05/10/2020**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P18 Bas	MOLP+META Broyage manuel mortier-pilon	Roche cassante blanche et roche solide marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 206 -10**

Date d'analyse : **05/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P19	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique. Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un léger pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 206 -11**

Date d'analyse : **05/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P20	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 206 -12**

Date d'analyse : **05/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P21	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron/orange	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique. Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un léger pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B 2020 09 206-13**

Date d'analyse : **06/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P22	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron/orange	Présence de structures classées en Actinote-amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Une fibre de morphologie asbestiforme ;
- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie aciculaire ;
- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) La particule allongée de morphologie asbestiforme :

En lumière polarisée non analysée cette particule présente un relief nul, elle est incolore et ne présente pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elle présente une extinction quasi droite (6°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Cette particule allongée correspond à de l'actinote asbestiforme.

2) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (8°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

3) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Une fibre d'actinote (Cf. Spectre 1, Photo 1, figure 1 en annexe et §E figure 2) a été détectée. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Pas d'autres fibres minérales observées.

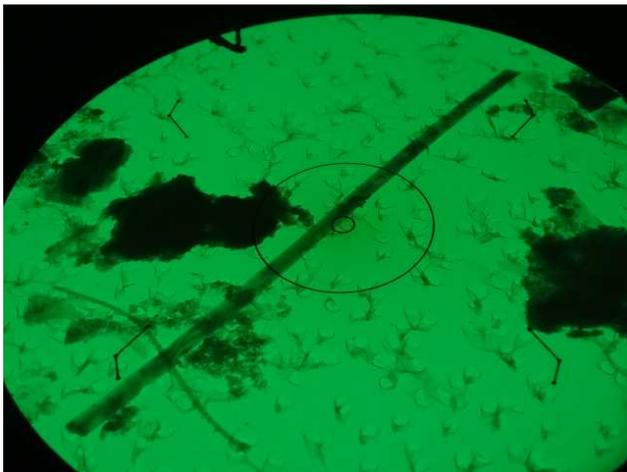
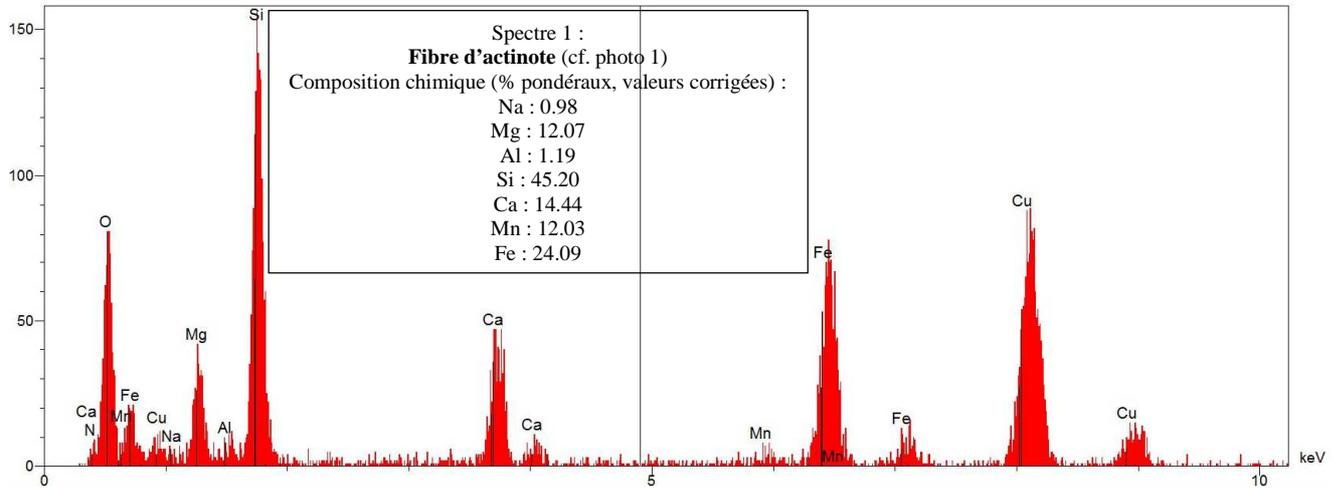


Photo 1 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20	x	
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

Tableau 2 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		x
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**	x	

NP = non probant

Tableau 3 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 2, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 3, ci-dessus), la fibre d'actinote observée a probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 09 206 -14**

Date d'analyse : **06/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P23	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron/orange	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : **Pas d'amiante détecté.** De très rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B 2020 09 206-15**

Date d'analyse : **06/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
P24	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron	Présence de structures classées en Actinote-amiante selon la norme NF X 43-050 Origine non-asbestiforme (fragment de clivage) probable (type e) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des rares particules allongées ont été observées (< 0.1%) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie aciculaire.

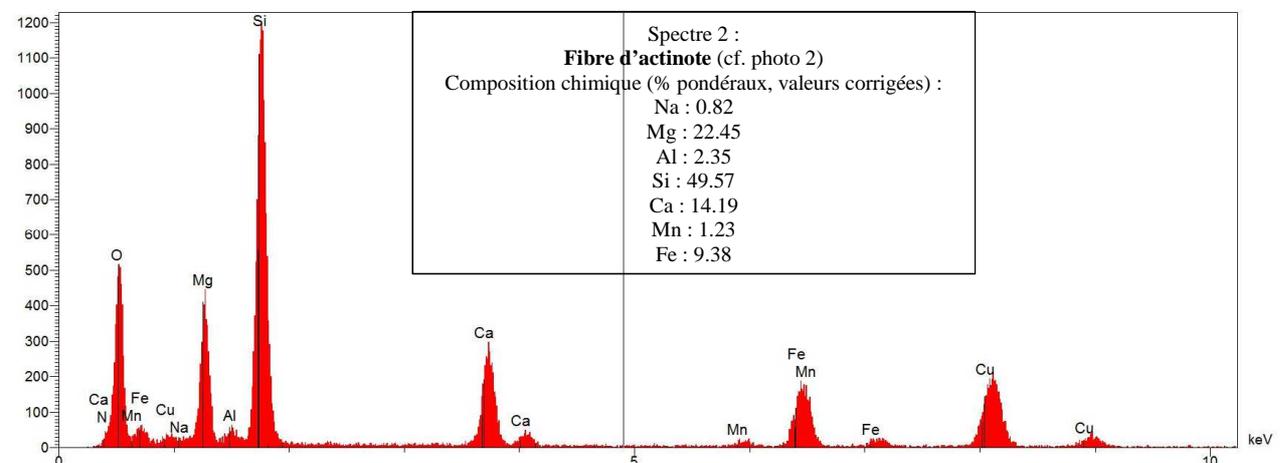
En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction quasi droite (8°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote. Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : Une fibre d'actinote (Cf. Spectre 2, Photo 2, figure 1 en annexe et §E figure 2) a été détectée. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.



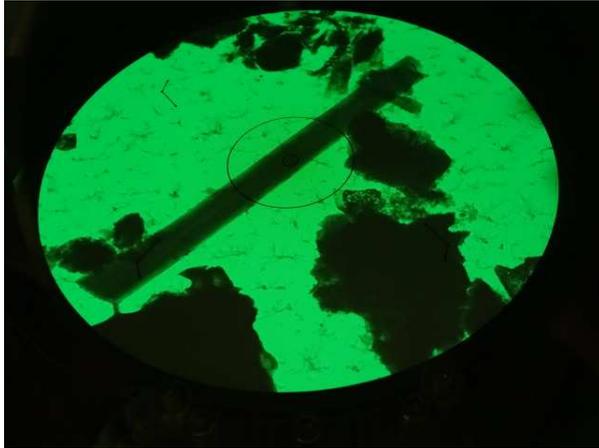


Photo 2 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 3.70μm, petit cercle 0.46μm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5μm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5μm		x
² Plus de 50% des fibres > 5μm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

Tableau 4 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		x
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		x
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 5 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 4, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 5, ci-dessus), la fibre d'actinote observée a probablement une origine non-asbestiforme (fragment de clivage).

ANNEXE :

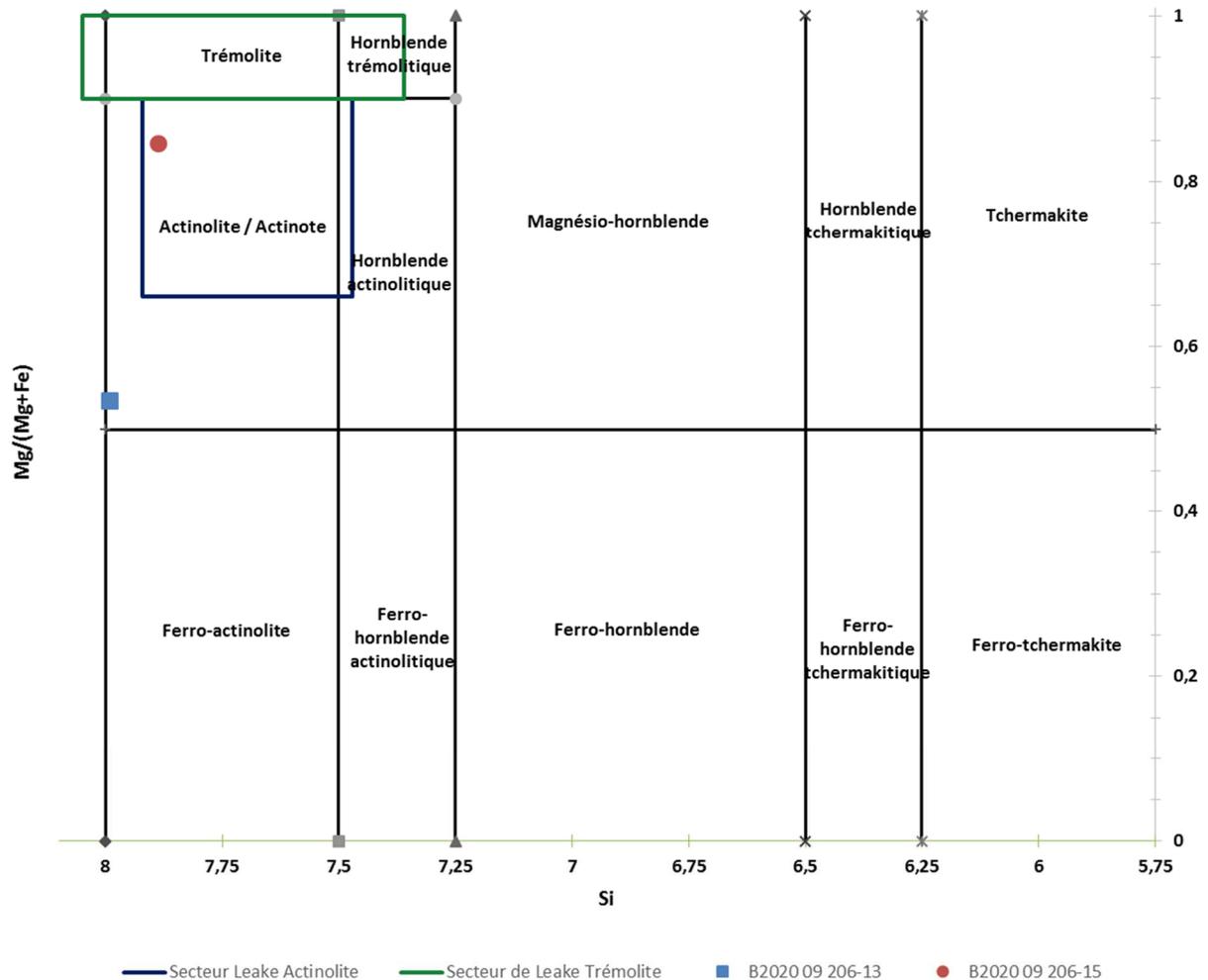


Figure 1 : Diagramme de classification chimique des amphiboles, avec Si en fonction de Mg/(Mg+Fe), IMA 12. Les noms des minéraux « Hornblende trémolitique », « Hornblende actinolitique » et « Ferro-hornblende actinolitique » de l'IMA 78 ont été conservés car mieux adaptés à notre activité.

Les secteurs en bleu et vert ont été déterminés à partir de mesures effectuées sur un standard **NIST SRM 1867** d'actinote-amiante et d'un standard **NIST SRM 1867** de trémolite-amiante analysés sur le(s) microscope(s) électronique(s) à transmission utilisé(s) à l'analyse.

Seules les fibres analysées présentant les mêmes éléments chimiques que la trémolite / actinote ont été reportées.

NB : Attention, les calculs ont été faits comme si les particules étaient des amphiboles, alors que ce n'est peut-être pas le cas pour toutes les particules. Aussi, lorsqu'on est en dehors du champ de la trémolite ou de l'actinote, le nom du minéral correspondant au secteur dans lequel est situé le point de la particule observée n'est pas à prendre en compte.

E / Positionnement dans le diagramme de Chatfield

Les échantillons B2020 09 206 -13 et -15 ont produit des fibres classées comme actinote-amiante selon la norme NF X 43-050. La largeur et le rapport longueur/largeur des fibres d'amiante observées ont été reportés dans le diagramme de Chatfield (2008, cf. figure 2 ci-dessous).

On constate que :

1/ Les échantillons B2020 09 206 -13 et -15 présentent des fibres d'actinote-amiante qui tombent dans le champ couvert par les points en noir du standard d'actinote-amiante NIST SRM 1867.

2/ La fibre d'actinote-amiante observée dans l'échantillon B2020 09 206-13 tombe dans la zone jaune caractéristique des fibres les plus dangereuses.

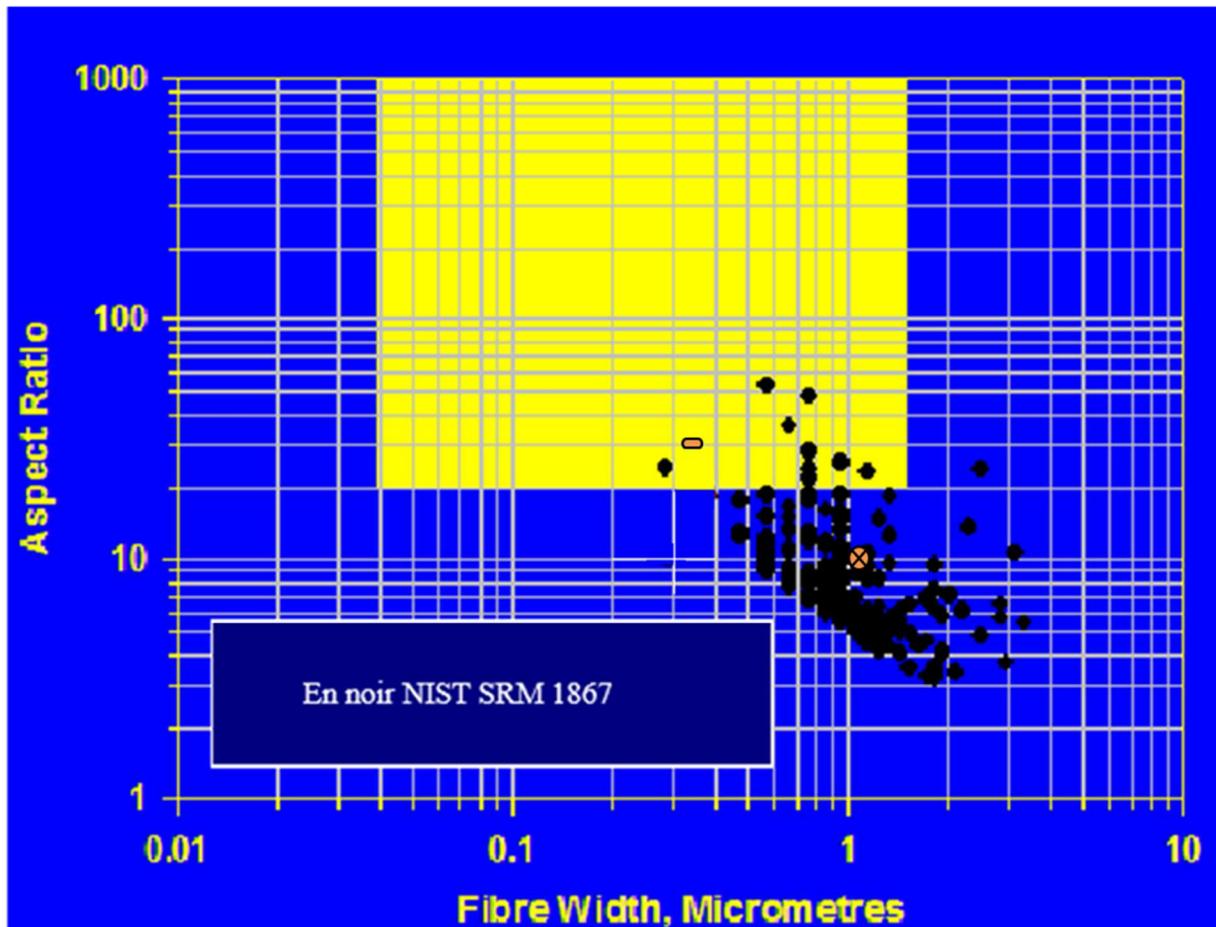


Figure 2 : Diagramme de Chatfield (2008), selon le modèle de référence NIST SRM 1867 concernant l'actinote – amiante

-  Echantillon B2020 09 206-13
-  Echantillon B2020 09 206-15

F. Conclusion

Les échantillons B2020 09 206 -13 et -15 ont libéré après broyage de rares fibres classées comme de l'actinote-amiante selon la norme NFX 43-050.

Aux vues des observations réalisées au META, et selon la norme NF ISO 22262-1, les critères complémentaires de Van Orden D.R., de Langer A.M et le classement selon l'IMA 12, nous nous trouvons probablement :

- Dans le cas e (voir tableau 1) pour les échantillons B2020 09 206 -15, c'est-à-dire en présence de fibres d'actinote d'origine non-asbestiforme (fragment de clivage).
- Dans le cas g (voir tableau 1) pour l'échantillon B2020 09 206 -13, c'est-à-dire en présence de fibres d'actinote d'origine asbestiforme.

Analyste MOLP : Fanny Soler 

Analyste META : Eileen Güttler 

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Le résultat concerne uniquement l'échantillon soumis à essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

ACCREDITATION
1-5606
PORTEE
DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR



Client : **GEODERIS**
40, rue de Pinville - CS 40045
34060 MONTPELLIER CEDEX 2

Attention : **Philippe BARANGER**
Fax /Email : philippe.baranger@geoderis.fr

Analyse de roche pour la recherche d'amiante réglementaire et autres fibres inorganiques

Microscopie Optique à Lumière Polarisée (MOLP)

Microscopie Electronique à Transmission Analytique (META)

Commande client : **N°2019/061**

Devis N°: **ADV19ADL0171**

Réf. client / site de prélèvement : **Mission AMO/ Tailings de la mine de Salau**

N° dossier d'analyse : **B2020 09 208**

A / Objectif

La trémolite-amiante, l'actinote-amiante, l'anthophyllite-amiante, l'amosite et la crocidolite sont des amphiboles amiante.

Ce rapport a pour objectif principal de caractériser, le plus précisément possible, les particules classées comme amphibole amiante si elles sont présentes dans les échantillons, ou d'apporter des informations complémentaires sur les particules allongées qui pourraient être confondues avec des amphiboles amiante. Il s'agit de l'analyse de roche naturelle.

Le laboratoire garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0.1% en masse, selon un intervalle de confiance à 95 %.

Les échantillons ont été prélevés par les géologues d'AD-LAB.

B / Vérification de la nature des particules allongées d'amphibole

Les amphiboles existent dans la nature sous différentes formes : prismatique, aciculaire (en aiguille) et asbestiforme ; c'est le cas notamment de la trémolite/actinote (appelée trémolite-amiante / actinote-amiante sous sa forme amiante), la grunérite (appelée grunérite-amiante ou amosite sous forme amiante), la riebeckite (appelée riebeckite-amiante ou crocidolite sous sa forme amiante), l'anthophyllite (appelée anthophyllite-amiante sous sa forme amiante). La classification d'une amphibole comme étant de l'amiante est différente selon que l'on soit carrier géologue, hygiéniste ou médecin. Pour les carriers qui produisent des granulats, seule l'amphibole asbestiforme (classe (c) ou (c') du tableau 1) est considérée comme de l'amiante. Bien que non classées amiante en France, d'autres amphiboles peuvent se rencontrer sous le faciès asbestiformes dans les roches naturelles et peuvent être reconnues comme cancérigènes : il s'agit notamment de l'édénite, la richtérite et la winchite.

La difficulté est que, quel que soit le faciès initial, une fois broyées, ces différentes formes d'amphiboles peuvent être classées ou non comme de l'amiante en fonction des méthodes analytiques recommandées par la réglementation du pays. La conséquence est qu'un produit vendu comme ne contenant pas d'amiante peut être classé comme amiantifère après préparation / analyse.

En France la seule méthode de référence de l'identification d'amiante au Microscope Electronique à Transmission Analytique (META) est la **norme NF X 43-050**. Une observation attentive des particules allongées devrait permettre d'éliminer les particules prismatiques (classe (d) du tableau 1) issues du broyage des amphiboles, en sélectionnant seulement les particules qui ont des bords nettement parallèles ou étagés (norme NF X 43 050 § 3.17). Donc les particules prismatiques ne doivent pas être classées comme amiante en France.

Par contre, il n'est pas possible de différencier seulement avec la norme NF X 43-050 les particules allongées (classe (e) du tableau 1) issues de la fragmentation d'amphibole en général aciculaire, des particules allongées issues d'amphibole semi-asbestiforme et asbestiforme (classe (f) et (g) du tableau 1). En ajoutant les critères de la **norme ISO 22262-1** (MOLP et META), les critères pertinents de **Van Orden D. R.** (« Differentiating Amphibole Asbestos from Non-Asbestos in a complex Mineral Environment » : Indoor and Built Environment », Vol 17, pp 58-68, 2007) et les critères de **Langer A.M.** (« Electron Microscopical Investigation of Asbestos Fibers », Vol 9, pp 63-80, 1974), il est alors possible dans la plupart des cas de les discriminer.

Les roches peuvent être analysées au MOLP, cependant les fibres les plus fines ne sont pas détectées. La morphologie et la nature des fibres observées sont analysées conformément aux critères de HSG 248 et de l'ISO 22262-1. Si l'analyse est négative ou non concluante au MOLP, l'analyse est poursuivie au META.

Enfin, les analyses sont effectuées selon la procédure interne « ROCHES NATURELLES » et les modes opératoires internes « ROCHES NATURELLES / Analyse MOLP » et « ROCHES NATURELLES / Préparation en vue de leur analyse META ».

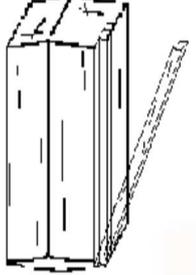
<p>Observation après broyage</p>	 Fragment de clivage (d) à bords approximativement parallèles	 Fin fragment de clivage fin (e) à bords partiellement parallèles	 Fibre fine (f) à bords parallèles	 Fibre très fine et très longue (g) à bords parallèle
<p>Correspondance avec classification sur la base de l'avis de l'ANSES de décembre 2015 et avril 2017 (PMAI : Particule minérale allongée d'intérêt)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, non fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage, notée fibriforme</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est semi-asbestiforme (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est asbestiforme (amiante réglementaire)</p>
<p>Origine probable des formes d'amphiboles amiante dans les roches naturelles</p>	 Prismatique (a)	 Aciculaire (ou en aiguille) (b)	 Semi-asbestiforme (c')	 Asbestiforme (c)

Tableau 1 : Classement des particules selon les observations de M. GERMINE, 1986, Asbestiform and non-asbestiform amphiboles, cadmium, and zinc in quarry samples of marble from Franklin and Sparta, Sussex County, New Jersey: New Jersey Geological Survey Geologic Report 15, 19 p.

*Dimensions OMS : Longueur > 5 µm, diamètre < 3 µm, rapport longueur/largeur > 3

C / Préparation des échantillons

Les échantillons sont des fragments de roches naturelles.

Le protocole de la préparation est succinctement décrit ci-dessous :

- Observation au stéréomicroscope,
- Prélèvement d'un sous-échantillon de roche,
- Ecrasement à la spatule et/ou broyage manuel mortier-pilon,
- Analyse en MOLP (microscope optique à lumière polarisée),
- Mise en eau des particules les plus fines, passage aux ultra-sons et mise en goutte sur des grilles de microscopie électronique pré-carbonées.
- Analyse en META (microscope électronique à transmission équipé d'un analyseur chimique).

D / Analyse

La dimension des particules minérales allongées a été déterminée en microscope électronique à transmission analytique (META). La longueur et la largeur des structures sont données à titre indicatif et ne sont pas systématiquement représentatives de la dimension réelle des fibres dans l'échantillon. En effet, la préparation des échantillons en vue de leur analyse au META inclut une phase de destruction mécanique produisant une fragmentation des fibres et minéraux prismatiques.

La nature fibreuse ou non fibreuse des structures observées, est déterminée conformément aux critères de la norme NF X 43-050. Par conséquent, est classée comme fibre une structure qui répond à la définition suivante : « particule allongée qui a des cotés parallèles ou étagés, ayant un rapport L/l égal ou supérieur à 3 et une longueur minimale de $0,5\mu\text{m}$ » §3.17. En META, toute autre structure répondant aux critères dimensionnels mais ne présentant pas la morphologie requise est dite fibriforme.

La résistance à la traction et la souplesse des fibres ne peuvent pas être mesurées au META. Ces critères ne sont pas pris en compte.

Seules les fibres citées dans la norme NFX-43 050 sont classées en tant qu'amiante (Chrysotile, trémolite-amiante, actinote-amiante, amosite, crocidolite, anthophyllite-amiante). Cette norme ne prend pas en compte les autres fibres naturelles qui pourraient être dangereuses.

L'IMA (International Mineralogical Association) a publié une classification des amphiboles en 1997, puis en 2004 et 2012. Le classement des fibres en trémolite / actinote est effectué selon l'IMA 12. Néanmoins, la partition dans le diagramme Si apfu versus $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$, proposée dans l'IMA 78 (mieux adaptée à notre activité) a été préférée pour reporter les compositions chimiques ponctuelles mesurées.

Concernant les spectres ré-équilibrés, il s'agit de la composition chimique de l'amphibole théorique, chimiquement la plus proche de la fibre observée. Cette composition est déterminée à l'aide de la composition chimique brut rentrée dans le logiciel de Locock IMA 12 et ajustée, élément par élément, en fonction des incertitudes de mesure.

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -01**

Date d'analyse : **09/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S6-00	MOLP+META Broyage manuel mortier-pilon	Fragments centimétriques de roche grise et terre marron/orange	Pas d'amiante détectée

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote n'ont été observées.

Plusieurs fibres minérales ont été observées (Cf. Photo 1 et Spectre 1).

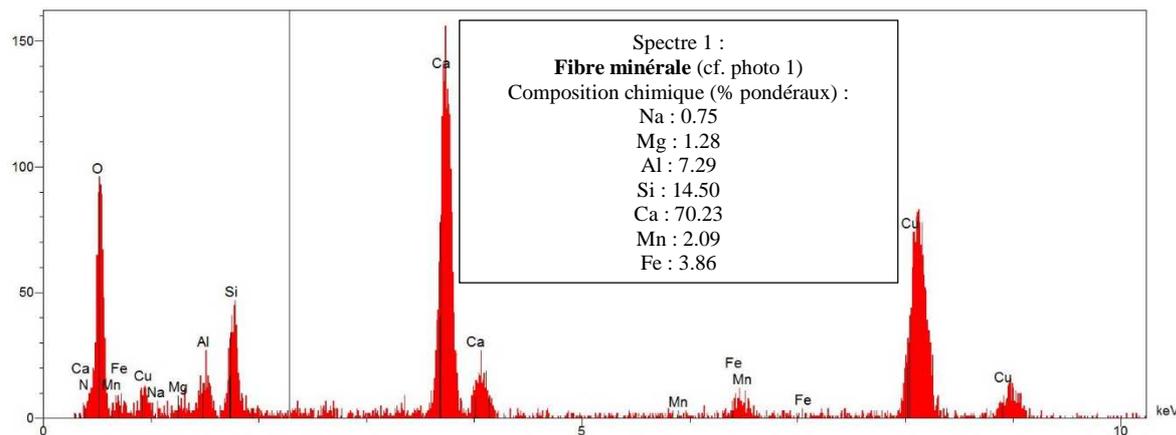


Photo 1 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -02**

Date d'analyse : **09/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S6-01	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détectée

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Plusieurs structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -03**

Date d'analyse : **09/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S6-02	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détectée

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -04**

Date d'analyse : **09/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S6-03	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détectée

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Observation de particules allongées présentant les **mêmes éléments chimiques que la trémolite/actinote amiante, mais dans des proportions incompatibles** (cf. photo 2 + spectre 2).

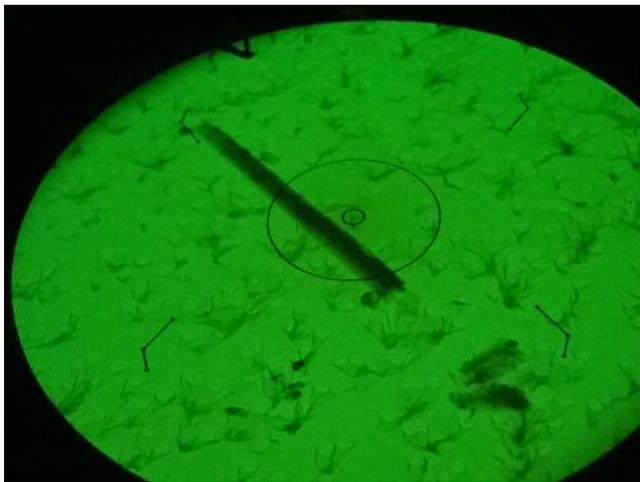
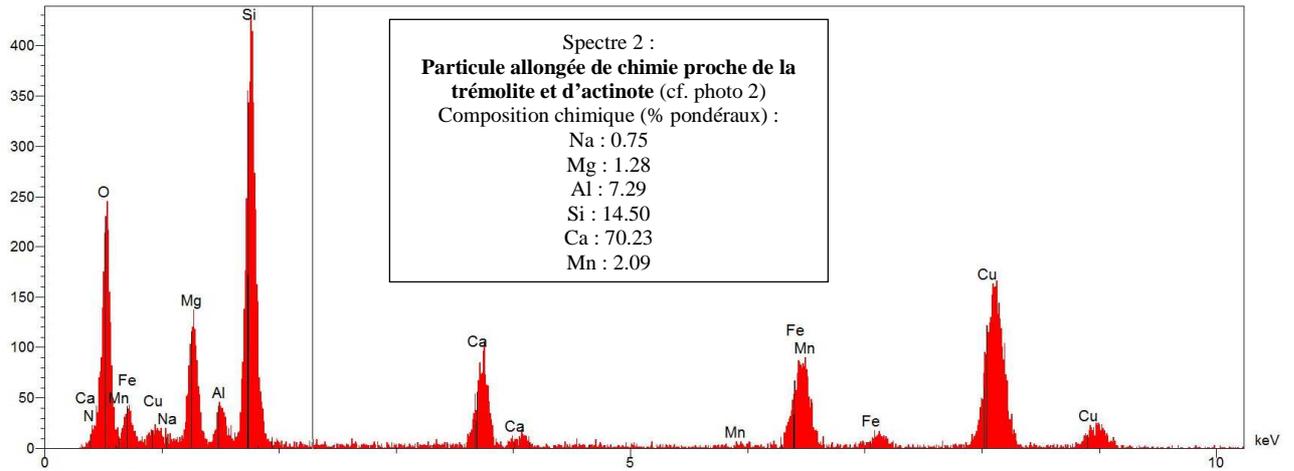


Photo 2 : Particule allongée de chimie proche de la trémolite et d'actinote, vue en META
(Grand cercle 2.96 μ m, petit cercle 0.37 μ m)

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -05**

Date d'analyse : **09/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S6-04	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine semi-asbestiforme probable (type f) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (~ 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,1% de particules allongées de morphologie aciculaire ;
- Environ 0,1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction quasi droite (7°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

2) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 3, Photo 3, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Observation de particules allongées présentant les **mêmes éléments chimiques que la trémolite/actinote amiante, mais dans des proportions incompatibles** (cf. photo 4 + spectre 4).

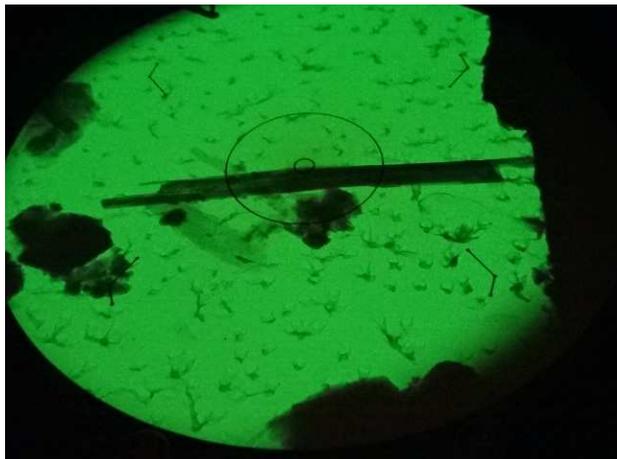
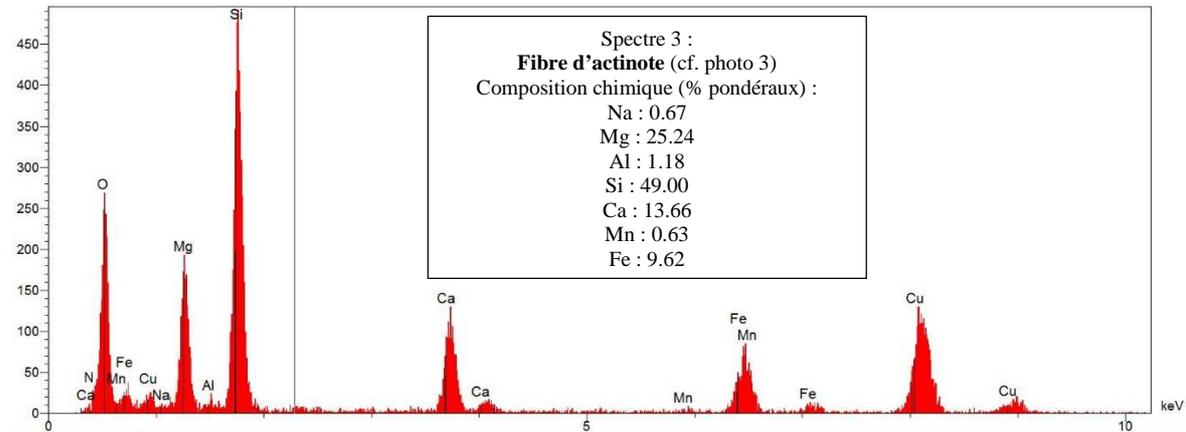


Photo 3 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 2 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		NP
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 3 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 2, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 3, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine semi-asbestiforme.

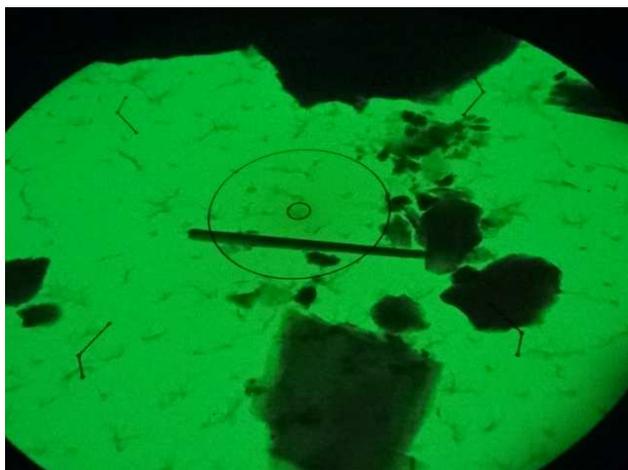
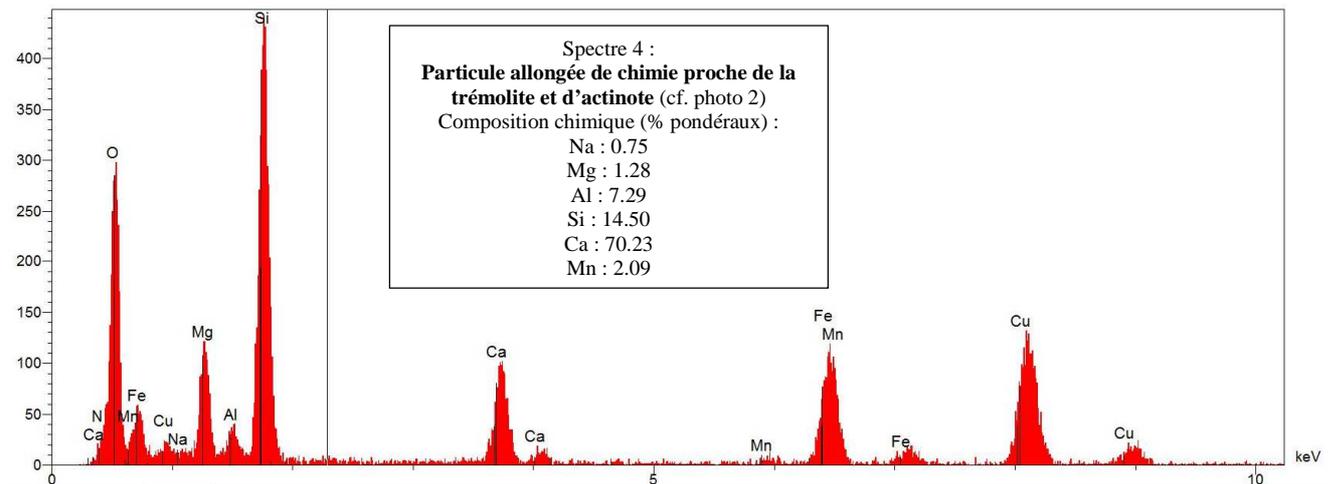


Photo 4 : Particule allongée de chimie proche de la trémolite et d'actinote, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -06**

Date d'analyse : **09/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S6-05	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron	Pas d'amiante détectée

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -07**

Date d'analyse : **09/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S7-00	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments centimétriques de roche grise et terre marron/orange	Pas d'amiante détectée

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriforme ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -08**

Date d'analyse : **12/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S7-01	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron	Pas d'amiante détectée

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Une structure fibriforme d'actinote a été observée. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -09**

Date d'analyse : **12/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S7-02	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détectée

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -10**

Date d'analyse : **12/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S7-03	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détectée

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées.

Observation d'une particule allongées présentant les **mêmes éléments chimiques que la trémolite/actinote amiante, mais dans des proportions incompatibles** (cf. photo 5 + spectre 5).

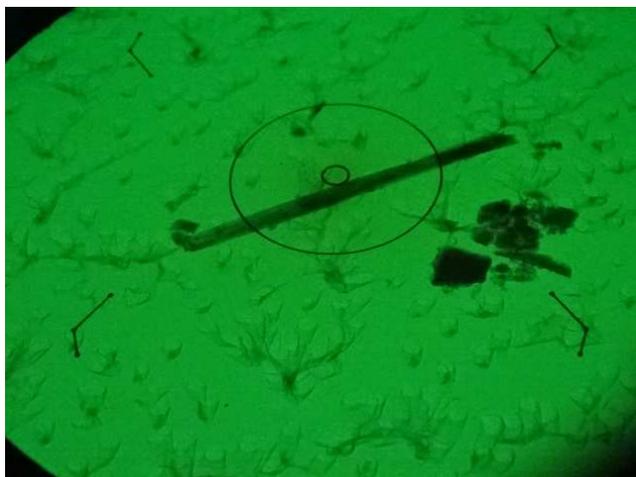
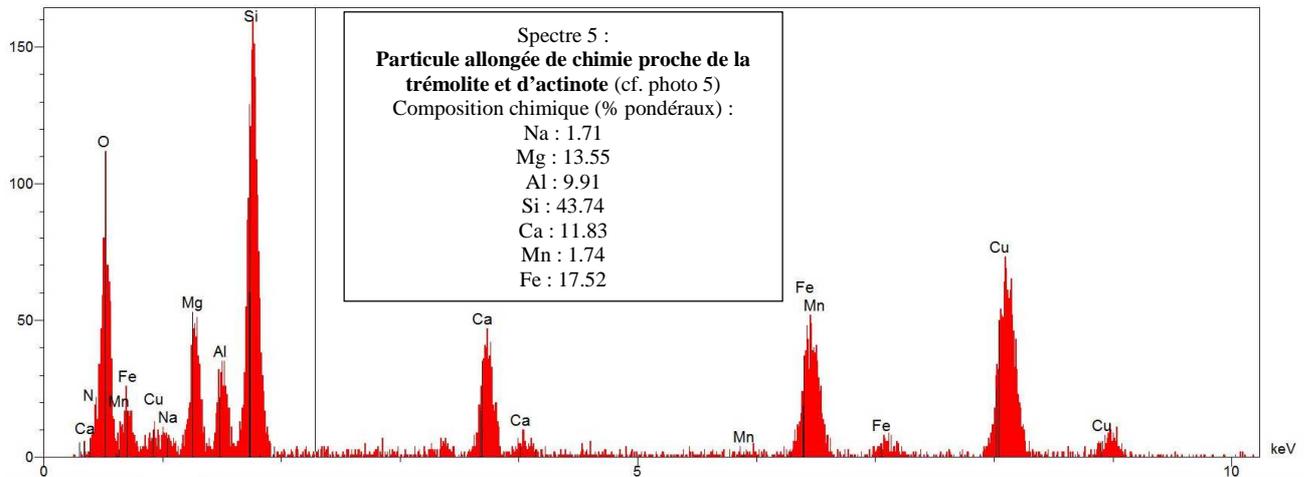


Photo 5 : Particule allongée de chimie proche de la trémolite et d'actinote, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -11**

Date d'analyse : **12/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S7-04	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (~ 0.3 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,1% de particules allongées de morphologie asbestiforme ;
- Environ 0,2 % de particules allongées de morphologie aciculaire.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) Les particules allongées de morphologie asbestiforme :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules ne présentent pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction quasi droite avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote asbestiforme.

2) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction quasi droite (7°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

En lumière polarisée non analysée certaines particules présentent un relief nul, elles sont vertes à grisées et présentent un pléochroïsme moyen (vert).

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de la hornblende.

Ces particules allongées peuvent correspondre à de la hornblende aciculaire.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 6, Photo 6, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Observation de particules allongées présentant les **mêmes éléments chimiques que la trémolite/actinote amiante, mais dans des proportions incompatibles** (cf. photo 7 + spectre 7).

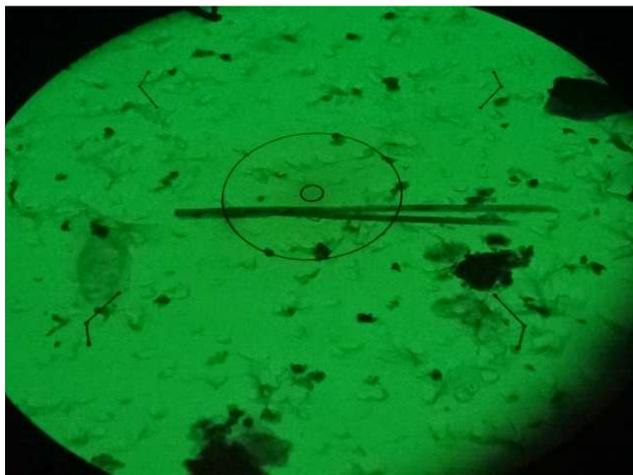
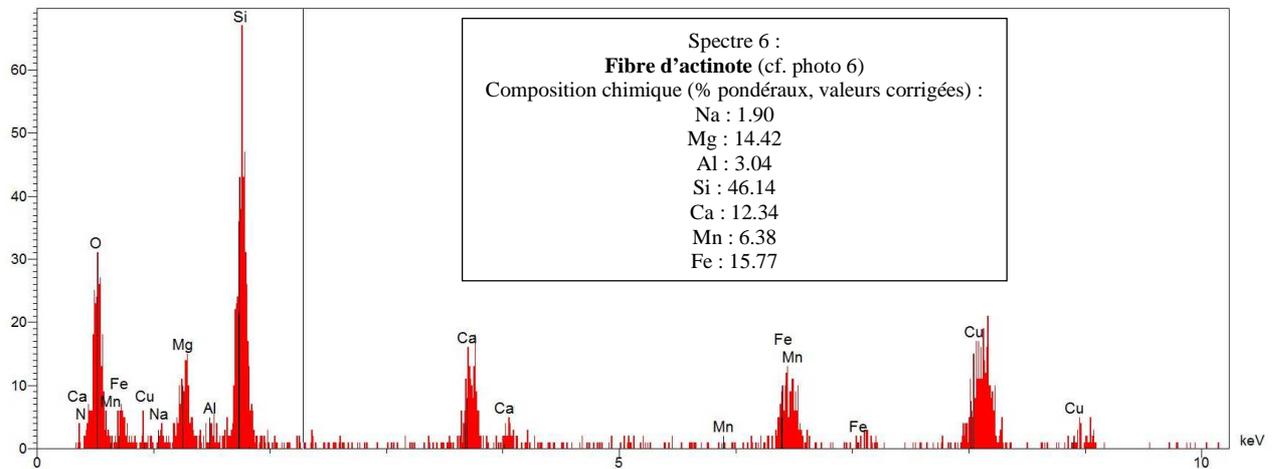


Photo 6 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20	x	
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 4 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		NP
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		NP

NP = non probant

Tableau 5 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 4, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 5, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

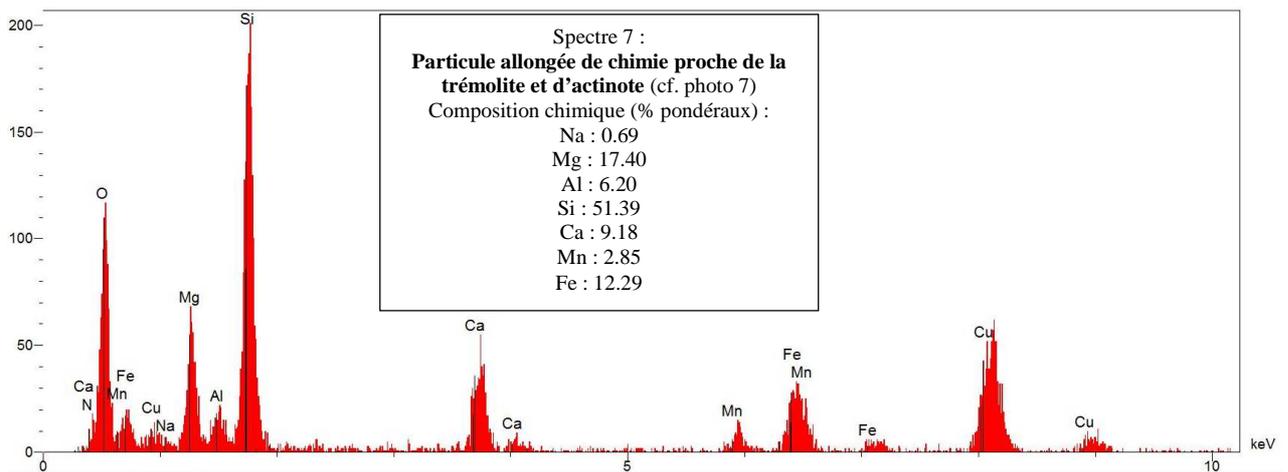


Photo 7 : Particule allongée de chimie proche de la trémolite et d'actinote, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -12**

Date d'analyse : **12/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S7-05	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine semi-asbestiforme probable (type f) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (0.3 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- 0,1% de particules allongées de morphologie aciculaire ;
- Environ 0,2 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un faible pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction quasi droite (7°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

2) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 8, Photo 8, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Pas d'autres fibres minérales observées.

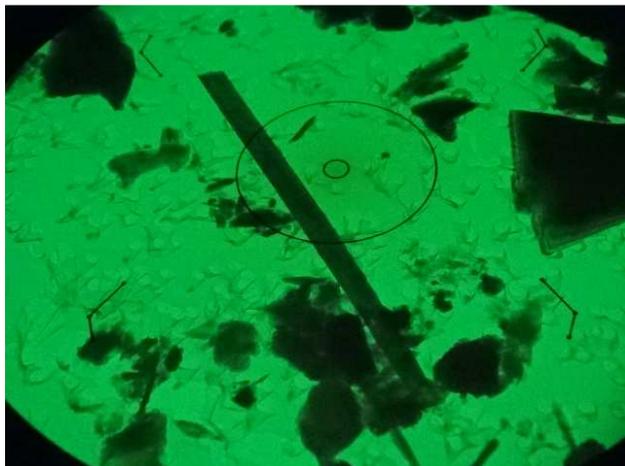
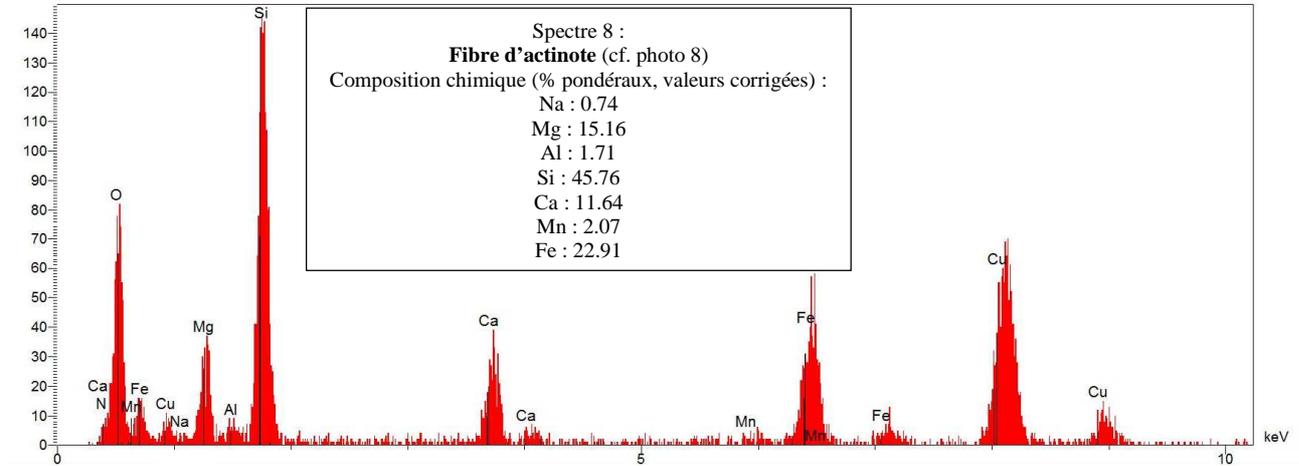


Photo 8 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 6 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		NP
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 7 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 6, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 7, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine semi-asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -13**

Date d'analyse : **12/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S9-00	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Granulats centimétriques à patine marron	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine non-asbestiforme (fragment de clivage) probable (type e) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 9, Photo 9, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées.

Pas d'autres fibres minérales observées.

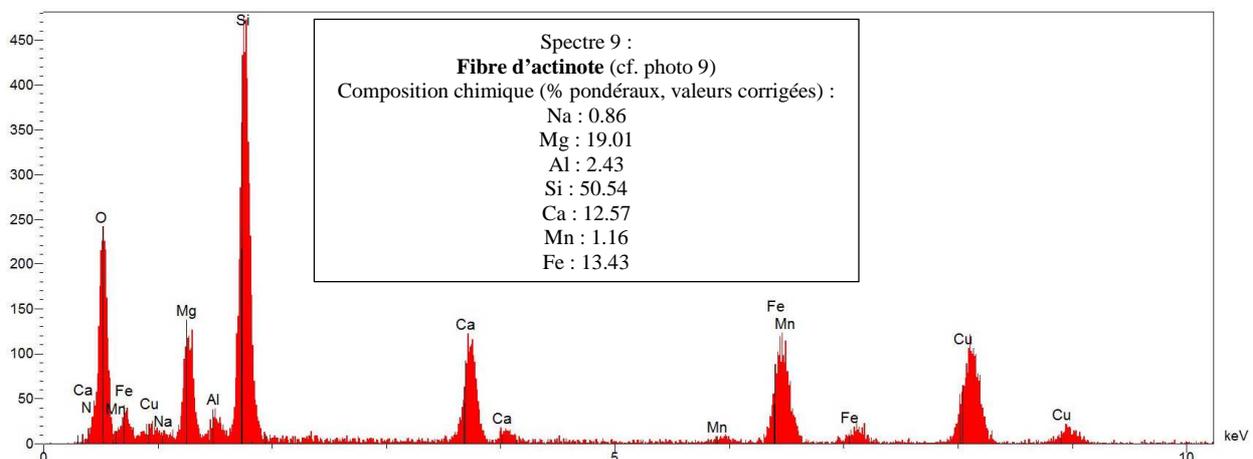




Photo 9 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 3.70µm, petit cercle 0.46µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles		x
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm		x
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 8 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		x
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 9 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 8, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 9, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine non-asbestiforme (fragment de clivage).

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -14**

Date d'analyse : **12/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S9-01	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes de trémolite et d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -15**

Date d'analyse : **12/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S9-02	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -16**

Date d'analyse : **09/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S9-03	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -17**

Date d'analyse : **12/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S9-04	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine non-asbestiforme (fragment de clivage) probable (type e) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

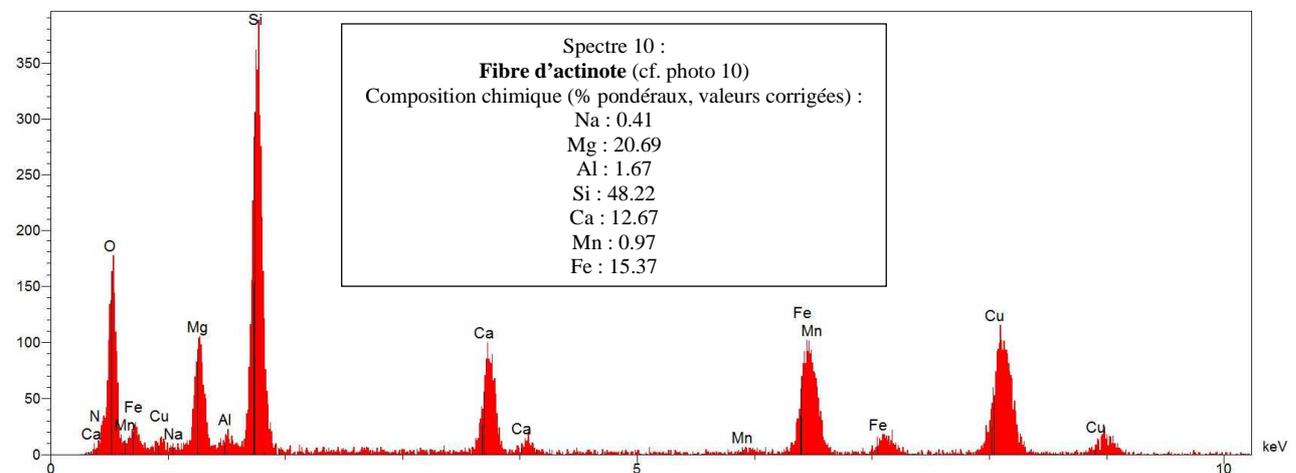
Des particules allongées ont été observées (~ 1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 1 % de particules allongées de morphologie prismatique. Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle. En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 10, Photo 10, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.



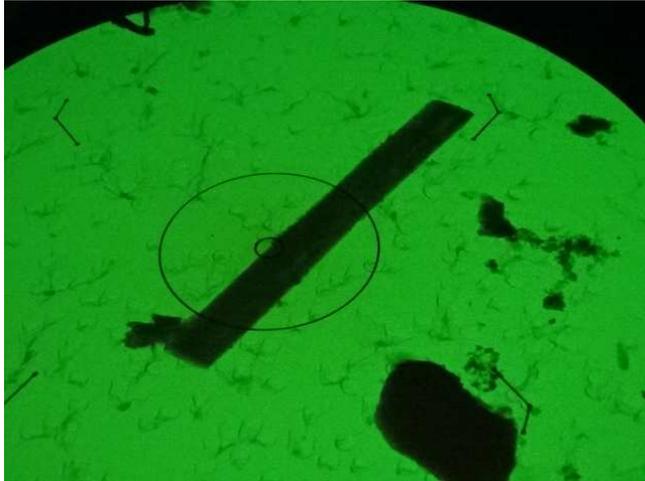


Photo 10 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96 μ m, petit cercle 0.37 μ m)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles		x
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5 μ m a un rapport L/l \geq 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5 μ m		x
² Plus de 50% des fibres > 5 μ m ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 10 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		x
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 11 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 10, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 11, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine non-asbestiforme (fragment de clivage).

Numéro d'analyse : **B2020 09 208 -18**

Date d'analyse : **12/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S9-05	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0,1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Pas d'autres fibres minérales observées.

ANNEXE :

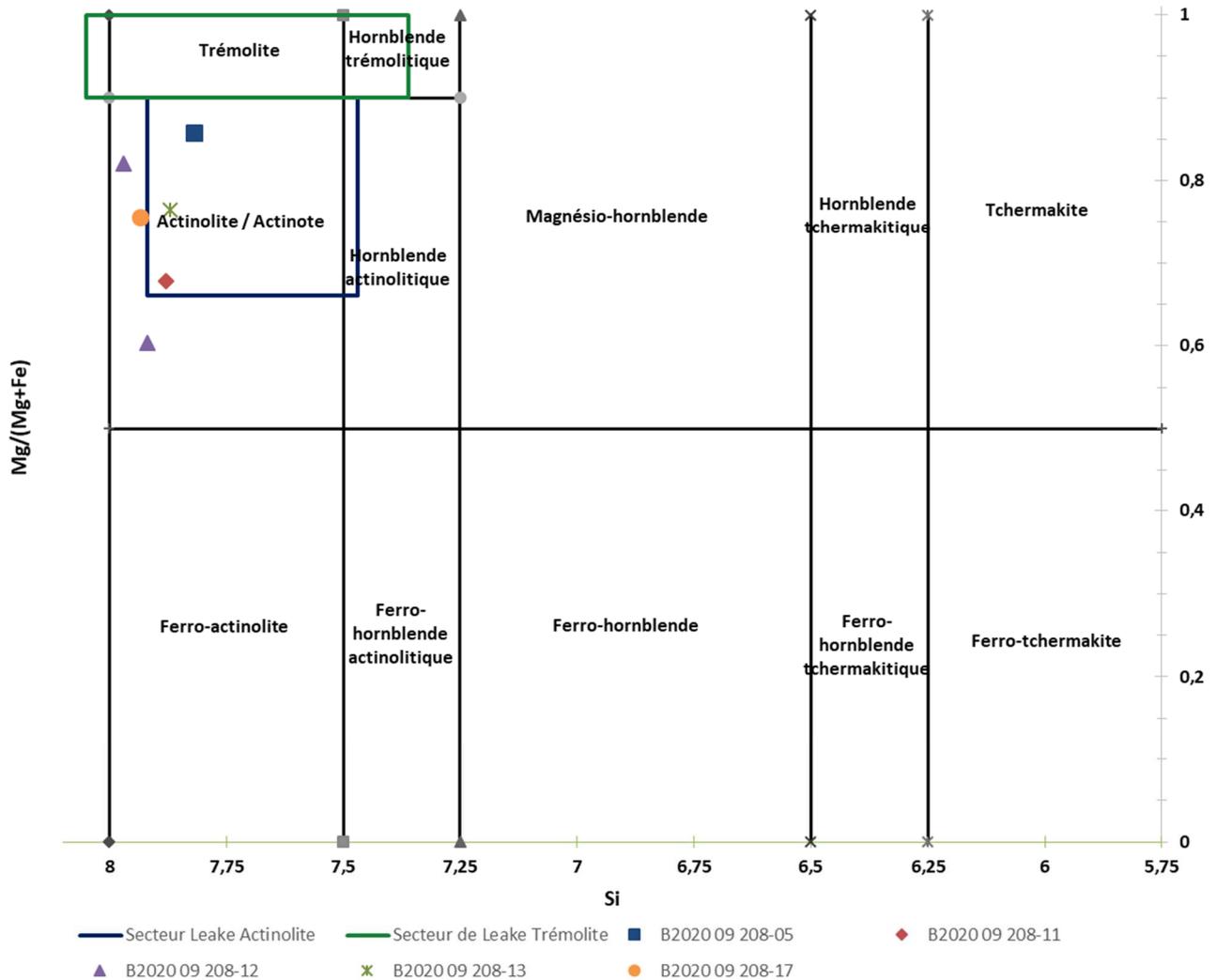


Figure 1 : Diagramme de classification chimique des amphiboles, avec Si en fonction de Mg/(Mg+Fe), IMA 12. Les noms des minéraux « Hornblende trémolitique », « Hornblende actinolitique » et « Ferro-hornblende actinolitique » de l'IMA 78 ont été conservés car mieux adaptés à notre activité.

Les secteurs en bleu et vert ont été déterminés à partir de mesures effectuées sur un standard **NIST SRM 1867** d'actinote-amiante et d'un standard **NIST SRM 1867** de trémolite-amiante analysés sur le(s) microscope(s) électronique(s) à transmission utilisé(s) à l'analyse.

Seules les fibres analysées présentant les mêmes éléments chimiques que la trémolite / actinote ont été reportées.

NB : Attention, les calculs ont été faits comme si les particules étaient des amphiboles, alors que ce n'est peut-être pas le cas pour toutes les particules. Aussi, lorsqu'on est en dehors du champ de la trémolite ou de l'actinote, le nom du minéral correspondant au secteur dans lequel est situé le point de la particule observée n'est pas à prendre en compte.

E / Positionnement dans le diagramme de Chatfield

Les échantillons B2020 09 208 -05, -11, -12, -13 et -17 ont produit des fibres classées comme actinote-amiante selon la norme NF X 43 050. La largeur et le rapport longueur/largeur des fibres d'amiante observées ont été reportés dans le diagramme de Chatfield (2008, cf. figure 2 ci-dessous).

On constate que :

1/ Les échantillons B2020 09 208 -05, -11, -12, -13 et -17 présentent des fibres d'actinote-amiante qui tombent soit dans le champ couvert par les points en noir du standard d'actinote-amiante NIST SRM 1867, soit dans le prolongement de ce champ.

2/ Les fibres d'actinote-amiante observées dans l'échantillon B2020 09 208 -11 tombent dans la zone jaune caractéristique des fibres les plus dangereuses.

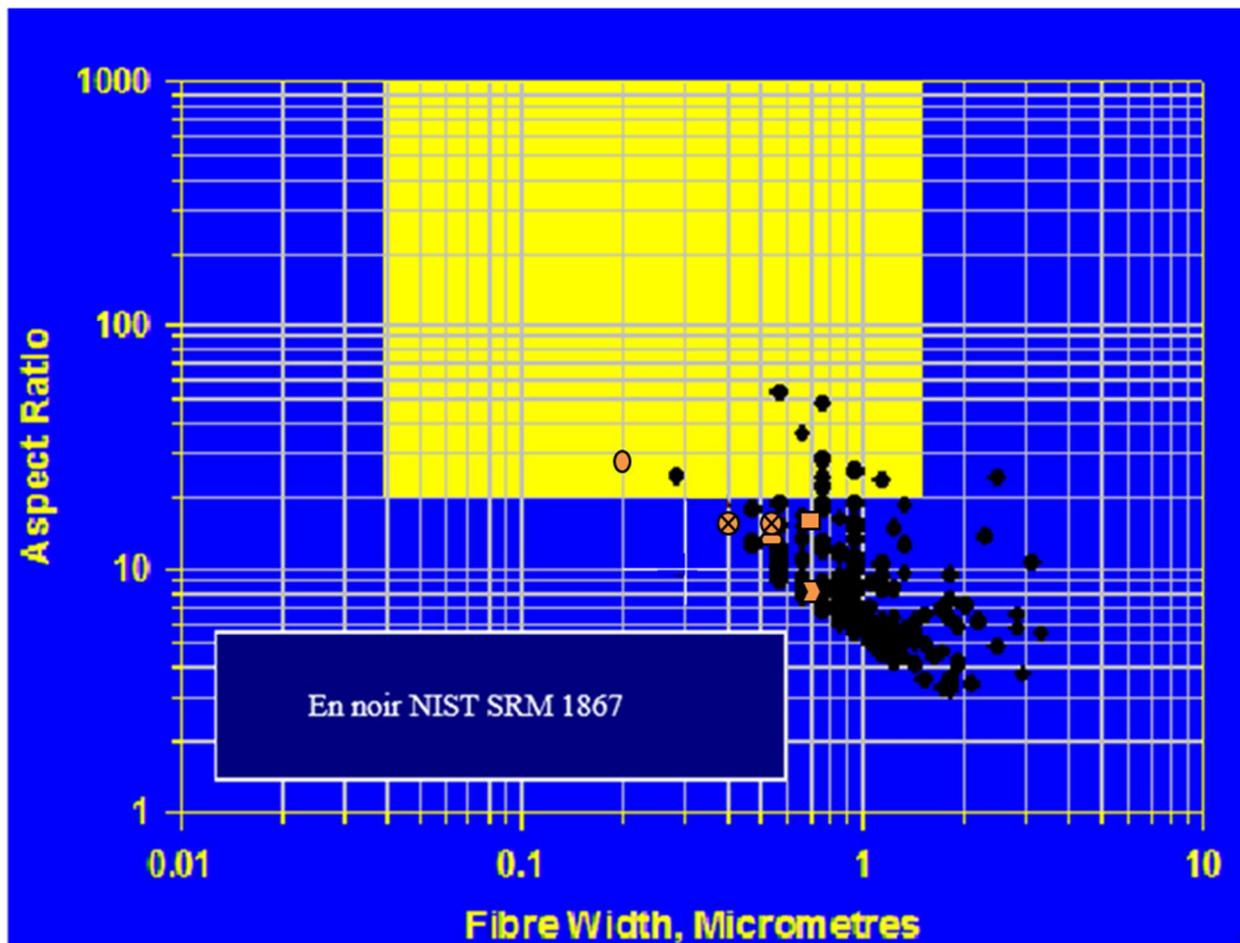


Figure 2 : Diagramme de Chatfield (2008), selon le modèle de référence NIST SRM 1867 concernant l'actinote - amiante

- Echantillon B2020 09 208-05
- Echantillon B2020 09 208-11
- ⊗ Echantillon B2020 09 208-12
- Echantillon B2020 09 208-13
- ▤ Echantillon B2020 09 208-17

F. Conclusion

Les échantillons B2020 09 208 -05, -11, -12, -13 et -17 ont libérés après broyage de rares fibres classées comme de l'actinote-amiante selon la norme NFX 43-050.

Aux vues des observations réalisées au META, et selon la norme NF ISO 22262-1, les critères complémentaires de Van Orden D.R., de Langer A.M et le classement selon l'IMA 12, nous nous trouvons probablement :

- Dans le cas e (voir tableau 1) pour les échantillons B2020 09 208 -13 et -17, c'est-à-dire en présence de fibres d'actinote d'origine non-asbestiforme (fragment de clivage).
- Dans le cas f (voir tableau 1) pour les échantillons B2020 09 208 -05 et -12, c'est-à-dire en présence de fibres d'actinote d'origine semi-asbestiforme.
- Dans le cas g (voir tableau 1) pour l'échantillon B2020 09 208 -11, c'est-à-dire en présence de fibres d'actinote d'origine asbestiforme.

Analyste MOLP : Fanny Soler 

Analyste META : Eileen Güttler 

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Le résultat concerne uniquement l'échantillon soumis à essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

ACCREDITATION
1-5606
PORTEE
DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR



Client : **GEODERIS**
40, rue de Pinville - CS 40045
34060 MONTPELLIER CEDEX 2

Attention : **Philippe BARANGER**
Fax /Email : philippe.baranger@geoderis.fr

Analyse de roche pour la recherche d'amiante réglementaire et autres fibres inorganiques

Microscopie Optique à Lumière Polarisée (MOLP) Microscopie Electronique à Transmission Analytique (META)

Commande client : N°2019/061
Devis N°: ADV19ADL0171
Réf. client / site de prélèvement : Mission AMO/ Tailings de la mine de Salau
N° dossier d'analyse : B2020 09 214

A / Objectif

La trémolite-amiante, l'actinote-amiante, l'anthophyllite-amiante, l'amosite et la crocidolite sont des amphiboles amiante.

Ce rapport a pour objectif principal de caractériser, le plus précisément possible, les particules classées comme amphibole amiante si elles sont présentes dans les échantillons, ou d'apporter des informations complémentaires sur les particules allongées qui pourraient être confondues avec des amphiboles amiante. Il s'agit de l'analyse de roches naturelles (granulats, ballast, gravillons et ciment).

Le laboratoire garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0.1% en masse, selon un intervalle de confiance à 95 %.

Les échantillons ont été prélevés par les géologues d'AD-LAB.

B / Vérification de la nature des particules allongées d'amphibole

Les amphiboles existent dans la nature sous différentes formes : prismatique, aciculaire (en aiguille) et asbestiforme ; c'est le cas notamment de la trémolite/actinote (appelée trémolite-amiante / actinote-amiante sous sa forme amiante), la grunérite (appelée grunérite-amiante ou amosite sous forme amiante), la riebeckite (appelée riebeckite-amiante ou crocidolite sous sa forme amiante), l'anthophyllite (appelée anthophyllite-amiante sous sa forme amiante). La classification d'une amphibole comme étant de l'amiante est différente selon que l'on soit carrier géologue, hygiéniste ou médecin. Pour les carriers qui produisent des granulats, seule l'amphibole asbestiforme (classe (c) ou (c') du tableau 1) est considérée comme de l'amiante. Bien que non classées amiante en France, d'autres amphiboles peuvent se rencontrer sous le faciès asbestiformes dans les roches naturelles et peuvent être reconnues comme cancérigènes : il s'agit notamment de l'édénite, la richtérite et la winchite.

La difficulté est que, quel que soit le faciès initial, une fois broyées, ces différentes formes d'amphiboles peuvent être classées ou non comme de l'amiante en fonction des méthodes analytiques recommandées par la réglementation du pays. La conséquence est qu'un produit vendu comme ne contenant pas d'amiante peut être classé comme amiantifère après préparation / analyse.

En France la seule méthode de référence de l'identification d'amiante au Microscope Electronique à Transmission Analytique (META) est la **norme NF X 43-050**. Une observation attentive des particules allongées devrait permettre d'éliminer les particules prismatiques (classe (d) du tableau 1) issues du broyage des amphiboles, en sélectionnant seulement les particules qui ont des bords nettement parallèles ou étagés (norme NF X 43 050 § 3.17). Donc les particules prismatiques ne doivent pas être classées comme amiante en France.

Par contre, il n'est pas possible de différencier seulement avec la norme NF X 43-050 les particules allongées (classe (e) du tableau 1) issues de la fragmentation d'amphibole en général aciculaire, des particules allongées issues d'amphibole semi-asbestiforme et asbestiforme (classe (f) et (g) du tableau 1). En ajoutant les critères de la **norme ISO 22262-1** (MOLP et META), les critères pertinents de **Van Orden D. R.** (« Differentiating Amphibole Asbestos from Non-Asbestos in a complex Mineral Environment » : Indoor and Built Environment », Vol 17, pp 58-68, 2007) et les critères de **Langer A.M.** (« Electron Microscopical Investigation of Asbestos Fibers », Vol 9, pp 63-80, 1974), il est alors possible dans la plupart des cas de les discriminer.

Les roches peuvent être analysées au MOLP, cependant les fibres les plus fines ne sont pas détectées. La morphologie et la nature des fibres observées sont analysées conformément aux critères de HSG 248 et de l'ISO 22262-1. Si l'analyse est négative ou non concluante au MOLP, l'analyse est poursuivie au META.

Enfin, les analyses sont effectuées selon la procédure interne « ROCHES NATURELLES » et les modes opératoires internes « ROCHES NATURELLES / Analyse MOLP » et « ROCHES NATURELLES / Préparation en vue de leur analyse META ».

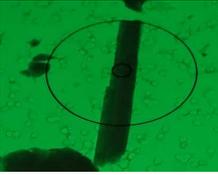
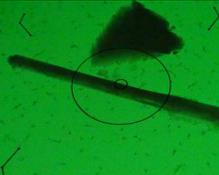
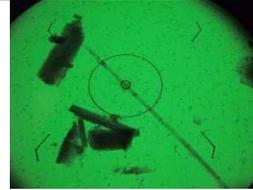
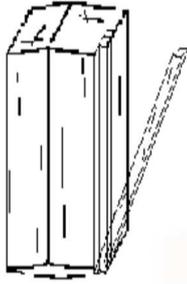
<p>Observation après broyage</p>	 Fragment de clivage (d) à bords approximativement parallèles	 Fin fragment de clivage fin (e) à bords partiellement parallèles	 Fibre fine (f) à bords parallèles	 Fibre très fine et très longue (g) à bords parallèle
<p>Correspondance avec classification sur la base de l'avis de l'ANSES de décembre 2015 et avril 2017 (PMAI : Particule minérale allongée d'intérêt)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, non fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage, notée fibriforme</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est semi-asbestiforme (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est asbestiforme (amiante réglementaire)</p>
<p>Origine probable des formes d'amphiboles amiante dans les roches naturelles</p>	 Prismatique (a)	 Aciculaire (ou en aiguille) (b)	 Semi-asbestiforme (c')	 Asbestiforme (c)

Tableau 1 : Classement des particules selon les observations de M. GERMINE, 1986, Asbestiform and non-asbestiform amphiboles, cadmium, and zinc in quarry samples of marble from Franklin and Sparta, Sussex County, New Jersey: New Jersey Geological Survey Geologic Report 15, 19 p.

*Dimensions OMS : Longueur > 5 µm, diamètre < 3 µm, rapport longueur/largeur > 3

C / Préparation des échantillons

Les échantillons sont des roches naturelles. Le protocole de la préparation est succinctement décrit ci-dessous :

- Observation au stéréomicroscope,
- Prélèvement d'un sous-échantillon de roche,
- Ecrasement à la spatule et/ou broyage manuel au mortier et pilon,
- Analyse au MOLP (microscope optique à lumière polarisée),
- Mise en eau des particules les plus fines, passage aux ultra-sons et mise en goutte sur des grilles de microscopie électronique pré-carbonées.
- Analyse en META (microscope électronique à transmission équipé d'un analyseur chimique).

D / Analyse

La dimension des particules minérales allongées a été déterminée en microscope électronique à transmission analytique (META). La longueur et la largeur des structures sont données à titre indicatif et ne sont pas systématiquement représentatives de la dimension réelle des fibres dans l'échantillon. En effet, la préparation des échantillons en vue de leur analyse au META inclut une phase de destruction mécanique produisant une fragmentation des fibres et minéraux prismatiques.

La nature fibreuse ou non fibreuse des structures observées, est déterminée conformément aux critères de la norme NF X 43-050. Par conséquent, est classée comme fibre une structure qui répond à la définition suivante : « particule allongée qui a des cotés parallèles ou étagés, ayant un rapport L/l égal ou supérieur à 3 et une longueur minimale de 0,5µm » §3.17. En META, toute autre structure répondant aux critères dimensionnels mais ne présentant pas la morphologie requise est dite fibriforme.

La résistance à la traction et la souplesse des fibres ne peuvent pas être mesurées au META. Ces critères ne sont pas pris en compte.

Seules les fibres citées dans la norme NFX-43 050 sont classées en tant qu'amiante (Chrysotile, trémolite-amiante, actinote-amiante, amosite, crocidolite, anthophyllite-amiante). Cette norme ne prend pas en compte les autres fibres naturelles qui pourraient être dangereuses.

L'IMA (International Mineralogical Association) a publié une classification des amphiboles en 1997, puis en 2004 et 2012. Le classement des fibres en trémolite / actinote est effectué selon l'IMA 12. Néanmoins, la partition dans le diagramme Si apfu versus Mg/(Mg+Fe²⁺), proposée dans l'IMA 78 (mieux adaptée à notre activité) a été préférée pour reporter les compositions chimiques ponctuelles mesurées.

Concernant les spectres ré-équilibrés, il s'agit de la composition chimique de l'amphibole théorique, chimiquement la plus proche de la fibre observée. Cette composition est déterminée à l'aide de la composition chimique brut rentrée dans le logiciel de Locock IMA 12 et ajustée, élément par élément, en fonction des incertitudes de mesure.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 01**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-00	MOLP + META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron/orange	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 02**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-01	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 03**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-02	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 04**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-03	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 05**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-04	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 06**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-05	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 07**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-06	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 08**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-07	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 09**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-08	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 10**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-09	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 11**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-10	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 12**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-11	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 13**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-12	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 14**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-13	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 15**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-14	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 16**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-15	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine semi-asbestiforme probable (type f) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Une fibre de morphologie semi asbestiforme ;
- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie aciculaire ;
- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) La particule allongée de morphologie semi asbestiforme :

En lumière polarisée non analysée cette particule présente un relief nul, elle est incolore et ne présente pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elle présente une extinction quasi droite avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Cette particule allongée correspond à de l'actinote asbestiforme.

2) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (10°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

3) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Une fibre d'actinote (Cf. Spectre 1, Photo 1, figure 1 en annexe et figure 2) **a été détectée**. Pas de structures fibriformes observées. Observation de particules allongées dont certaines présentant les **mêmes éléments chimiques que la trémolite/actinote amiante, mais dans des proportions incompatibles** (cf. photo 2 + spectre 2).

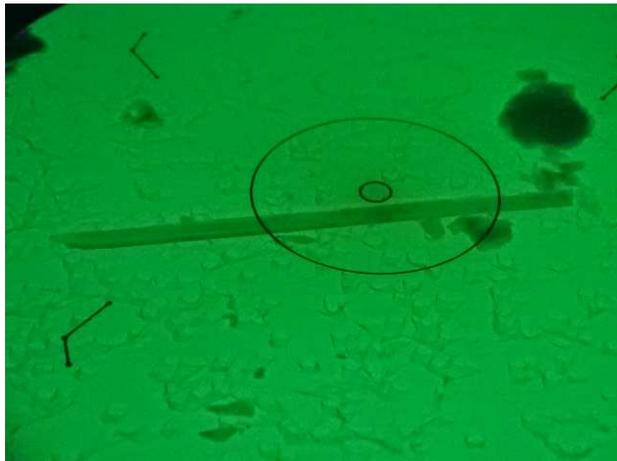
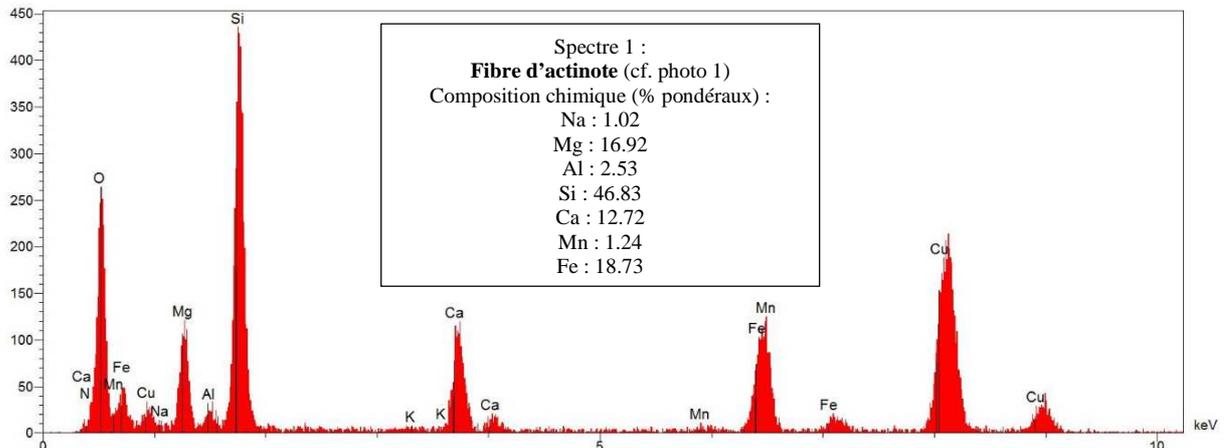


Photo 1 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 3.70 μm, petit cercle 0.46 μm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5μm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5μm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5μm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 2 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		x
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *	x	
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		NP

NP = non probant

Tableau 3 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 2, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 3, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine semi-asbestiforme.

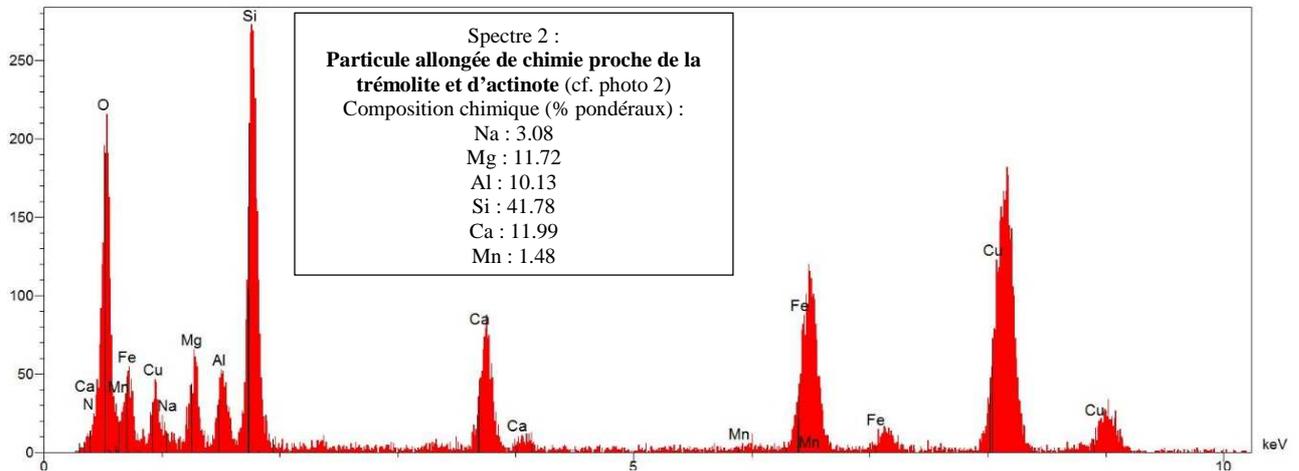


Photo 2 : Particule allongée de chimie proche de la trémolite et d'actinote, vue en META (Grand cercle 2.96μm, petit cercle 0.37μm)

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 17**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-16	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. De rares fibres minérales observées

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 18**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-17	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (~ 0.2 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0.2 % de particules allongées de morphologie prismatique ;

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (9°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. De rares fibres minérales observées (Cf. Spectre 3, Photo 3).

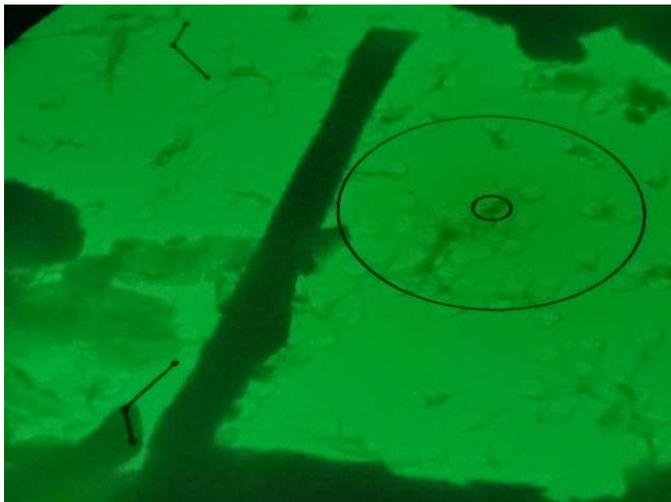
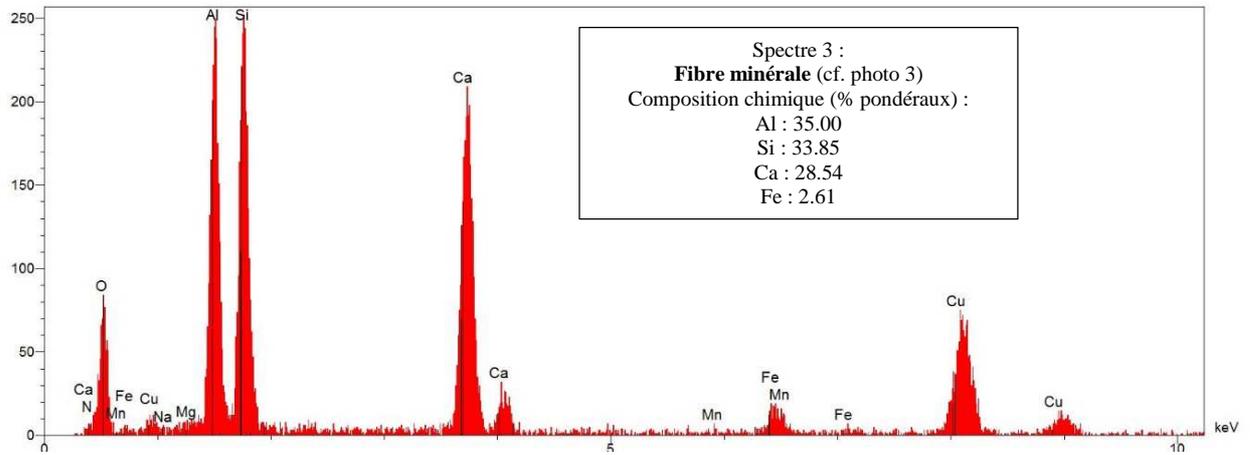


Photo 3 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96 μ m, petit cercle 0.37 μ m)

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 19**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-18	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 20**

Date d'analyse : **07/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-19	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. De rares fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 21**

Date d'analyse : **08/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-20	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (~ 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0.1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (12°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 22**

Date d'analyse : **08/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-21	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. De rares fibres minérales observées (Cf Spectre 4 et Photo 4).

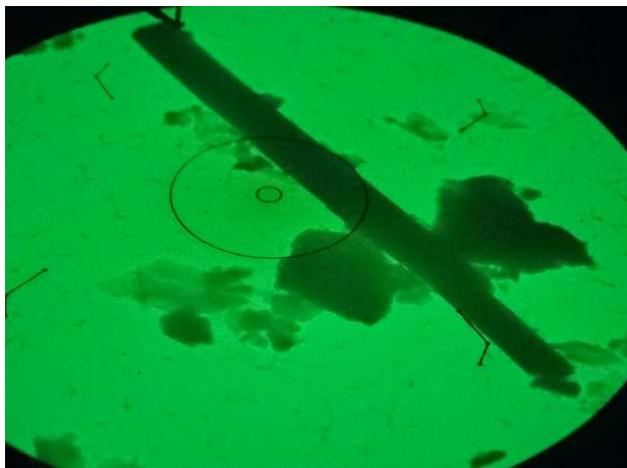
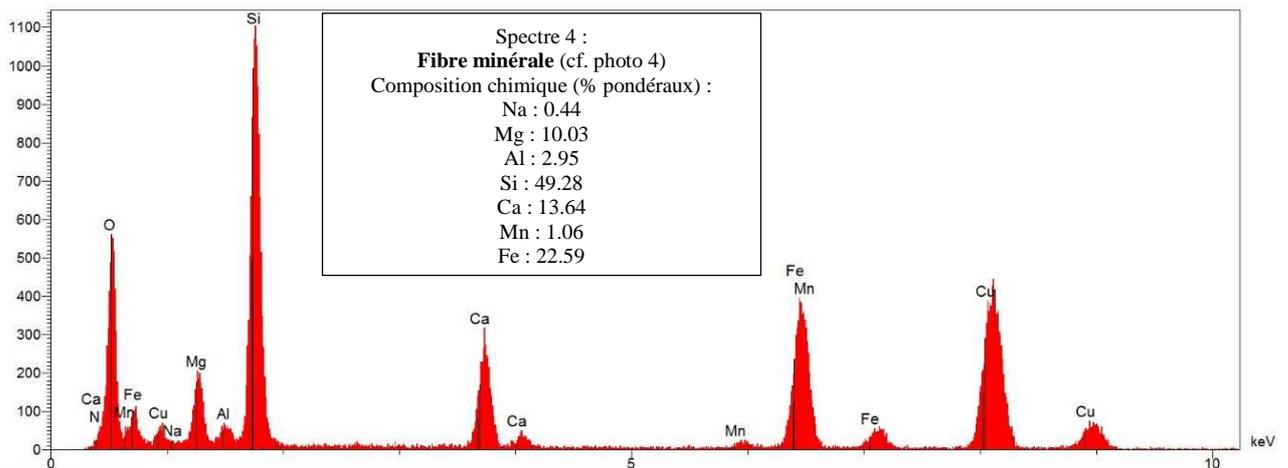


Photo 4 : Fibre minérale, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 23**

Date d'analyse : **08/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-22	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 24**

Date d'analyse : **08/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-23	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 25**

Date d'analyse : **08/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-24	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 26**

Date d'analyse : **08/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-25	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 27**

Date d'analyse : **08/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-26	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 28**

Date d'analyse : **08/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-27 à 30	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 29**

Date d'analyse : **08/10/20**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-30	MOLP+META Broyage manuel au mortier et pilon	Roches arrondis grises	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 09 214 - 30**

Date d'analyse : **08/10/20**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S1-31 à 33	MOLP+META Broyage manuel au mortier et pilon	Fragments de roches centimétriques et terre marron	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

ANNEXE :

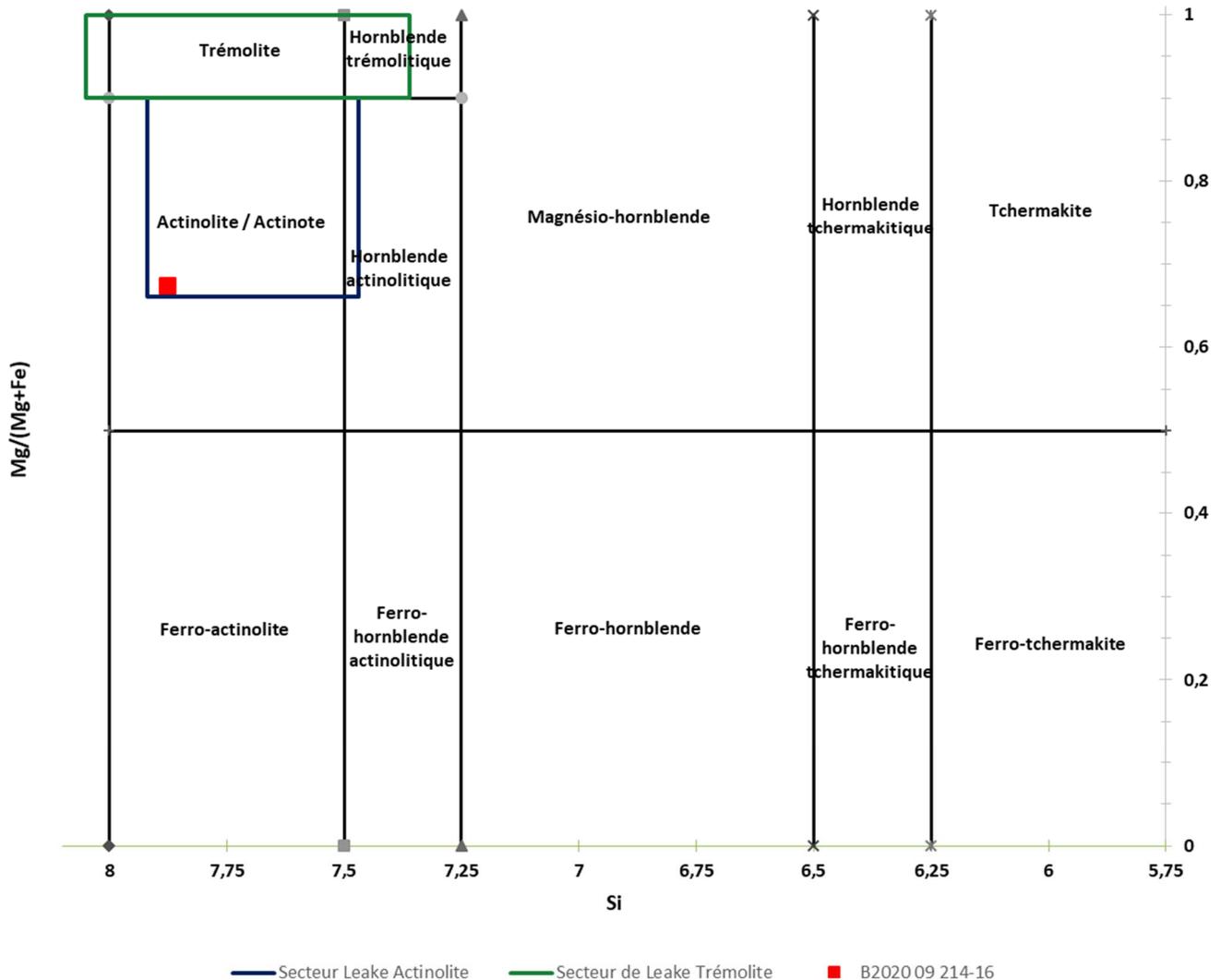


Figure 1 : Diagramme de classification chimiques des amphiboles, avec Si en fonction de Mg/(Mg+Fe), IMA 12. Les noms des minéraux « Hornblende trémolitique », « Hornblende actinolitique » et « Ferro-hornblende actinolitique » de l'IMA 12 ont été conservés car mieux adaptés à notre activité.

Les secteurs en bleu et vert ont été déterminés à partir de mesures effectuées sur un standard **NIST SRM 1867** d'actinote-amiante et d'un standard **NIST SRM 1867** de trémolite-amiante analysés sur le(s) microscope(s) électronique(s) à transmission utilisé(s) à l'analyse.

Seules les fibres analysées présentant les mêmes éléments chimiques que la trémolite / actinote ont été reportées.

NB : Attention, les calculs ont été faits comme si les particules étaient des amphiboles, alors que ce n'est peut-être pas le cas pour toutes les particules. Aussi, lorsqu'on est en dehors du champ de la trémolite ou de l'actinote, le nom du minéral correspondant au secteur dans lequel est situé le point de la particule observée n'est pas à prendre en compte.

E / Positionnement dans le diagramme de Chatfield

L'échantillon B2020 09 214 -16 a produit une fibre classée comme actinote-amiante selon la norme NF X 43 050. La largeur et le rapport longueur/largeur de la fibre d'amiante observée a été reportée dans le diagramme de Chatfield (2008, cf. figure 2 ci-dessous).

On constate que :

1/ L'échantillon B2020 09 214 -16 présente une fibre d'actinote-amiante qui tombe soit dans le champ couvert par les points en noir du standard d'actinote-amiante NIST SRM 1867, soit dans le prolongement de ce champ.

2/ Aucune fibre observée ne tombe dans la zone jaune caractéristique des fibres les plus dangereuses.

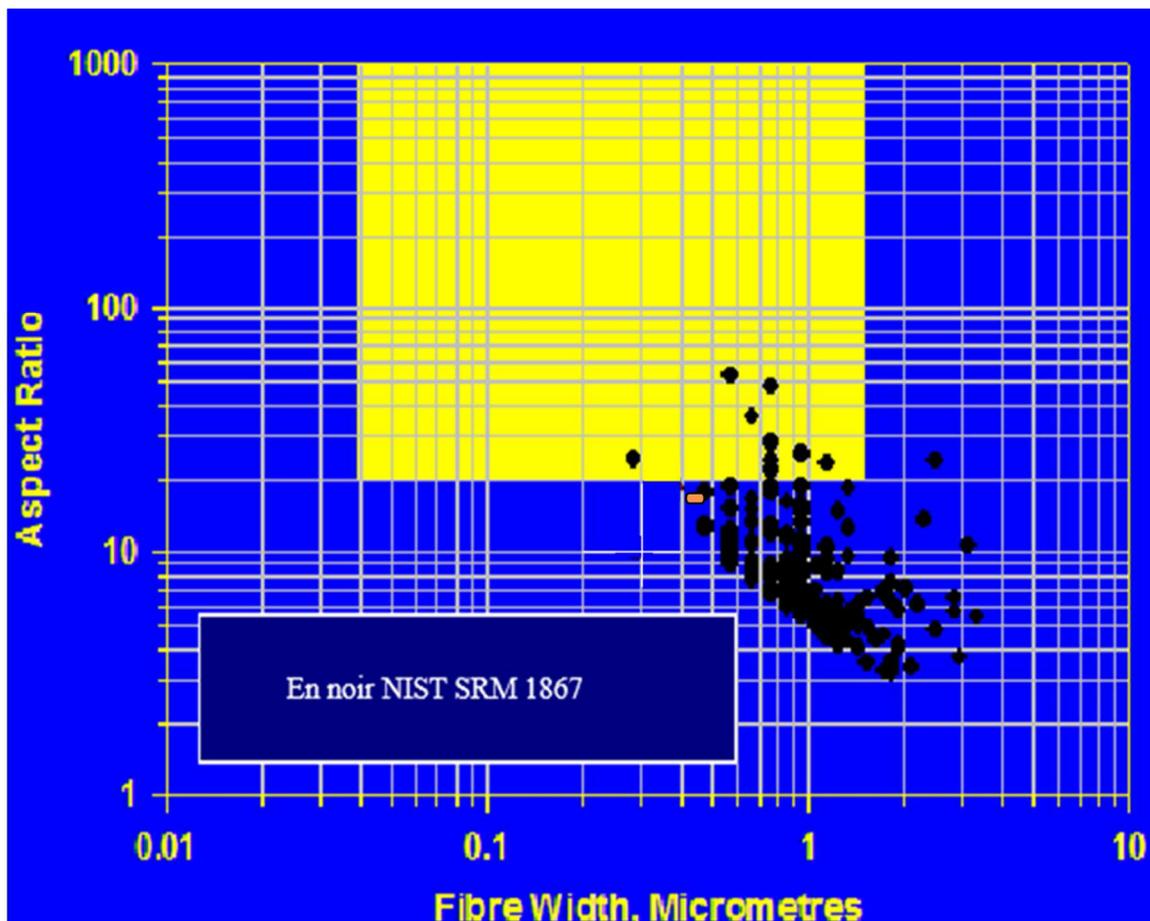


Figure 2 : Diagramme de Chatfield (2008), selon le modèle de référence NIST SRM 1867 concernant l'actinote - amiante

○ Echantillon B2020 09 214-16

F. Conclusion

Seul l'échantillon B2020 09 214 -16 a libéré après broyage une fibre classée comme de l'actinote-amiante selon la norme NFX 43-050.

Aux vues des observations réalisées au META, et selon la norme NF ISO 22262-1, les critères complémentaires de Van Orden D.R., de Langer A.M et le classement selon l'IMA 12, nous nous trouvons probablement :

- Dans le cas f (voir tableau 1) pour l'échantillon B2020 09 214 -16, c'est-à-dire en présence de fibres d'actinote d'origine semi-asbestiforme.

Analyste MOLP: Fanny SOLER 

Analyste META: Vincent BARTHOMUS 

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Le résultat concerne uniquement l'échantillon soumis à essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

ACCREDITATION
1-5606
PORTEE
DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR



Client : **GEODERIS**
40, rue de Pinville - CS 40045
34060 MONTPELLIER CEDEX 2

Attention : **Philippe BARANGER**
Fax /Email : philippe.baranger@geoderis.fr

**Analyse de roche pour la recherche d'amiante réglementaire et
autres fibres inorganiques**
Microscopie Optique à Lumière Polarisée (MOLP)
Microscopie Electronique à Transmission Analytique (META)

Commande client : **N°2019/061**
Devis N°: **ADV19ADL0171**
Réf. client / site de prélèvement : **Mission AMO/ Tailings de la mine de Salau**
N° dossier d'analyse : **B2020 10 047**

A / Objectif

La trémolite-amiante, l'actinote-amiante, l'anthophyllite-amiante, l'amosite et la crocidolite sont des amphiboles amiante.

Ce rapport a pour objectif principal de caractériser, le plus précisément possible, les particules classées comme amphibole amiante si elles sont présentes dans les échantillons, ou d'apporter des informations complémentaires sur les particules allongées qui pourraient être confondues avec des amphiboles amiante. Il s'agit de l'analyse de roche naturelle.

Le laboratoire garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0.1% en masse, selon un intervalle de confiance à 95 %.

Les échantillons ont été prélevés par les géologues d'AD-LAB.

B / Vérification de la nature des particules allongées d'amphibole

Les amphiboles existent dans la nature sous différentes formes : prismatique, aciculaire (en aiguille) et asbestiforme ; c'est le cas notamment de la trémolite/actinote (appelée trémolite-amiante / actinote-amiante sous sa forme amiante), la grunérite (appelée grunérite-amiante ou amosite sous forme amiante), la riebeckite (appelée riebeckite-amiante ou crocidolite sous sa forme amiante), l'anthophyllite (appelée anthophyllite-amiante sous sa forme amiante). La classification d'une amphibole comme étant de l'amiante est différente selon que l'on soit carrier géologue, hygiéniste ou médecin. Pour les carriers qui produisent des granulats, seule l'amphibole asbestiforme (classe (c) ou (c') du tableau 1) est considérée comme de l'amiante. Bien que non classées amiante en France, d'autres amphiboles peuvent se rencontrer sous le faciès asbestiformes dans les roches naturelles et peuvent être reconnues comme cancérigènes : il s'agit notamment de l'édénite, la richtérite et la winchite.

La difficulté est que, quel que soit le faciès initial, une fois broyées, ces différentes formes d'amphiboles peuvent être classées ou non comme de l'amiante en fonction des méthodes analytiques recommandées par la réglementation du pays. La conséquence est qu'un produit vendu comme ne contenant pas d'amiante peut être classé comme amiantifère après préparation / analyse.

En France la seule méthode de référence de l'identification d'amiante au Microscope Electronique à Transmission Analytique (META) est la **norme NF X 43-050**. Une observation attentive des particules allongées devrait permettre d'éliminer les particules prismatiques (classe (d) du tableau 1) issues du broyage des amphiboles, en sélectionnant seulement les particules qui ont des bords nettement parallèles ou étagés (norme NF X 43 050 § 3.17). Donc les particules prismatiques ne doivent pas être classées comme amiante en France.

Par contre, il n'est pas possible de différencier seulement avec la norme NF X 43-050 les particules allongées (classe (e) du tableau 1) issues de la fragmentation d'amphibole en général aciculaire, des particules allongées issues d'amphibole semi-asbestiforme et asbestiforme (classe (f) et (g) du tableau 1). En ajoutant les critères de la **norme ISO 22262-1** (MOLP et META), les critères pertinents de **Van Orden D. R.** (« Differentiating Amphibole Asbestos from Non-Asbestos in a complex Mineral Environment » : Indoor and Built Environment », Vol 17, pp 58-68, 2007) et les critères de **Langer A.M.** (« Electron Microscopical Investigation of Asbestos Fibers », Vol 9, pp 63-80, 1974), il est alors possible dans la plupart des cas de les discriminer.

Les roches peuvent être analysées au MOLP, cependant les fibres les plus fines ne sont pas détectées. La morphologie et la nature des fibres observées sont analysées conformément aux critères de HSG 248 et de l'ISO 22262-1. Si l'analyse est négative ou non concluante au MOLP, l'analyse est poursuivie au META.

Enfin, les analyses sont effectuées selon la procédure interne « ROCHES NATURELLES » et les modes opératoires internes « ROCHES NATURELLES / Analyse MOLP » et « ROCHES NATURELLES / Préparation en vue de leur analyse META ».

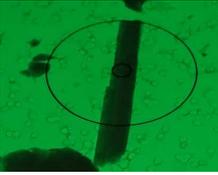
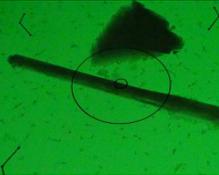
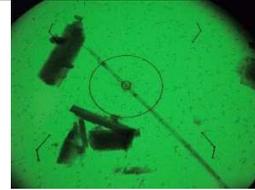
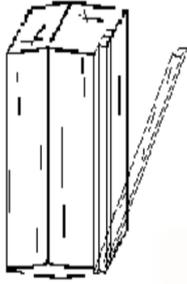
<p>Observation après broyage</p>	 Fragment de clivage (d) à bords approximativement parallèles	 Fin fragment de clivage fin (e) à bords partiellement parallèles	 Fibre fine (f) à bords parallèles	 Fibre très fine et très longue (g) à bords parallèle
<p>Correspondance avec classification sur la base de l'avis de l'ANSES de décembre 2015 et avril 2017 (PMAI : Particule minérale allongée d'intérêt)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, non fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage, notée fibriforme</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est semi-asbestiforme (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est asbestiforme (amiante réglementaire)</p>
<p>Origine probable des formes d'amphiboles amiante dans les roches naturelles</p>	 Prismatique (a)	 Aciculaire (ou en aiguille) (b)	 Semi-asbestiforme (c')	 Asbestiforme (c)

Tableau 1 : Classement des particules selon les observations de M. GERMINE, 1986, Asbestiform and non-asbestiform amphiboles, cadmium, and zinc in quarry samples of marble from Franklin and Sparta, Sussex County, New Jersey: New Jersey Geological Survey Geologic Report 15, 19 p.

*Dimensions OMS : Longueur > 5 µm, diamètre < 3 µm, rapport longueur/largeur > 3

C / Préparation des échantillons

Les échantillons sont des fragments de roches naturelles.

Le protocole de la préparation est succinctement décrit ci-dessous :

- Observation au stéréomicroscope,
- Prélèvement d'un sous-échantillon de roche,
- Broyage manuel mortier-pilon ou écrasement à la spatule,
- Analyse en MOLP (microscope optique à lumière polarisée),
- Mise en eau des particules les plus fines, passage aux ultra-sons et mise en goutte sur des grilles de microscopie électronique pré-carbonées.
- Analyse en META (microscope électronique à transmission équipé d'un analyseur chimique).

D / Analyse

La dimension des particules minérales allongées a été déterminée en microscope électronique à transmission analytique (META). La longueur et la largeur des structures sont données à titre indicatif et ne sont pas systématiquement représentatives de la dimension réelle des fibres dans l'échantillon. En effet, la préparation des échantillons en vue de leur analyse au META inclut une phase de destruction mécanique produisant une fragmentation des fibres et minéraux prismatiques.

La nature fibreuse ou non fibreuse des structures observées, est déterminée conformément aux critères de la norme NF X 43-050. Par conséquent, est classée comme fibre une structure qui répond à la définition suivante : « particule allongée qui a des cotés parallèles ou étagés, ayant un rapport L/l égal ou supérieur à 3 et une longueur minimale de 0,5µm » §3.17. En META, toute autre structure répondant aux critères dimensionnels mais ne présentant pas la morphologie requise est dite fibriforme.

La résistance à la traction et la souplesse des fibres ne peuvent pas être mesurées au META. Ces critères ne sont pas pris en compte.

Seules les fibres citées dans la norme NFX-43 050 sont classées en tant qu'amiante (Chrysotile, trémolite-amiante, actinote-amiante, amosite, crocidolite, anthophyllite-amiante). Cette norme ne prend pas en compte les autres fibres naturelles qui pourraient être dangereuses.

L'IMA (International Mineralogical Association) a publié une classification des amphiboles en 1997, puis en 2004 et 2012. Le classement des fibres en trémolite / actinote est effectué selon l'IMA 12. Néanmoins, la partition dans le diagramme Si apfu versus $Mg/(Mg+Fe^{2+})$, proposée dans l'IMA 78 (mieux adaptée à notre activité) a été préférée pour reporter les compositions chimiques ponctuelles mesurées.

Concernant les spectres ré-équilibrés, il s'agit de la composition chimique de l'amphibole théorique, chimiquement la plus proche de la fibre observée. Cette composition est déterminée à l'aide de la composition chimique brut rentrée dans le logiciel de Locock IMA 12 et ajustée, élément par élément, en fonction des incertitudes de mesure.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -01**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-00	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron/orange	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -02**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-01	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron	Présence de structures classées en Grunerite-/Cummingtonite-Amiante Origine asbestiforme (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Une fibre asbestiforme a pu être observée ;
- Moins de 0,1% de particules allongées de morphologie aciculaire ;
- Moins de 0,1% de particules allongées de morphologie prismatique.

1) La particule allongée de morphologie asbestiforme :

La caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,68 et 1,688.

En lumière polarisée non analysée cette particule est incolore et présente un relief nul. La particule ne présente pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elle présente une extinction quasi droite (6°) avec des teintes de polarisation proche du second ordre. Le signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de la grunérite/cummingtonite.

Cette particule allongée correspond à la série grunérite - cummingtonite de morphologie asbestiforme.

2) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,68 et 1,688.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores et ne présentent pas de pléochroïsme ou très faiblement (vert).

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction quasi droite (6°) avec des teintes de polarisation proche du second ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de la grunérite/cummingtonite.

Ces particules allongées correspondent à la série grunérite - cummingtonite de morphologie aciculaire.

3) Les particules allongées de morphologie prismatique :

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Une fibre classée en Grunerite/Cummingtonite (Cf. Spectre 1 et Photo 1, figure 3 en annexe) a été détectée. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

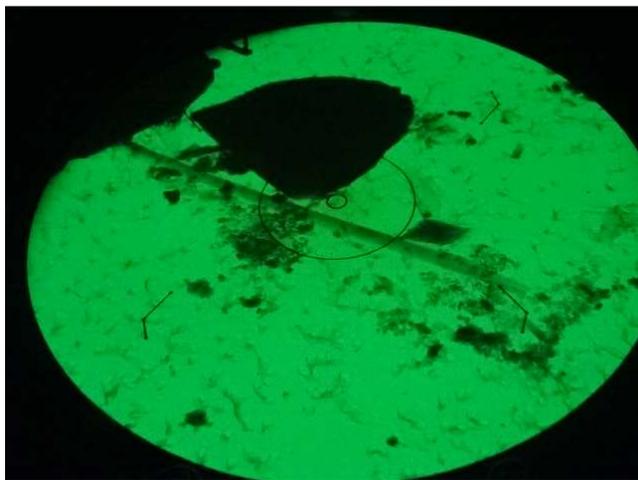
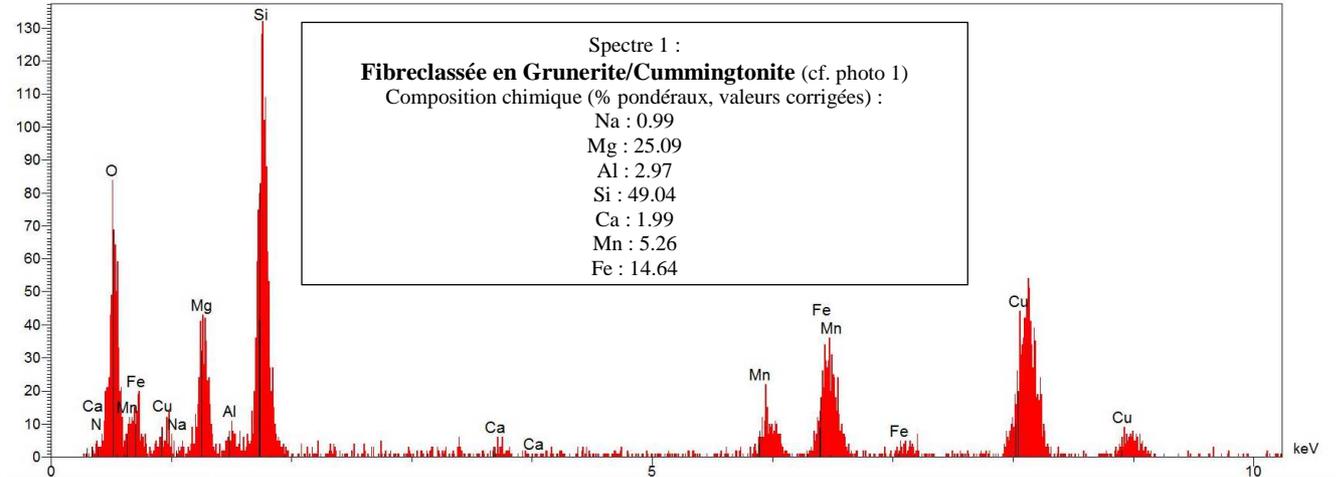


Photo 1 : Fibre classée en Grunerite/Cummingtonite, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20	x	
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 2 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		NP
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		NP

NP = non probant

Tableau 3 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 2, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 3, ci-dessus), la fibre classée en Grunerite/Cummingtonite observée a probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -03**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-02	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -04**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-03	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,1 % de particules allongées de morphologie aciculaire.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible.

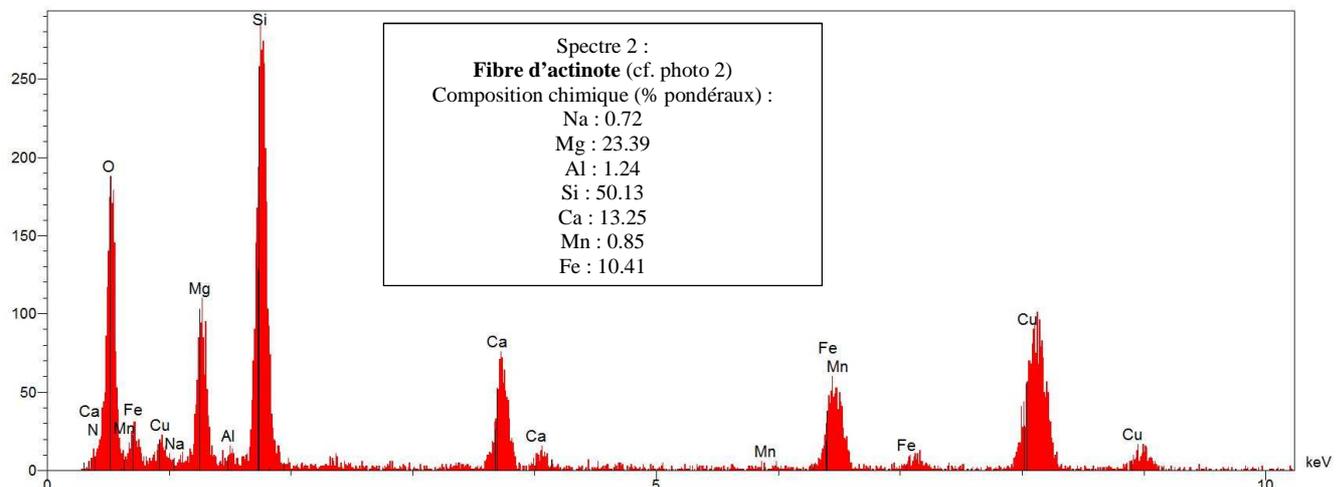
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (8°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 2, Photo 2, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées.

Pas d'autres fibres minérales observées.



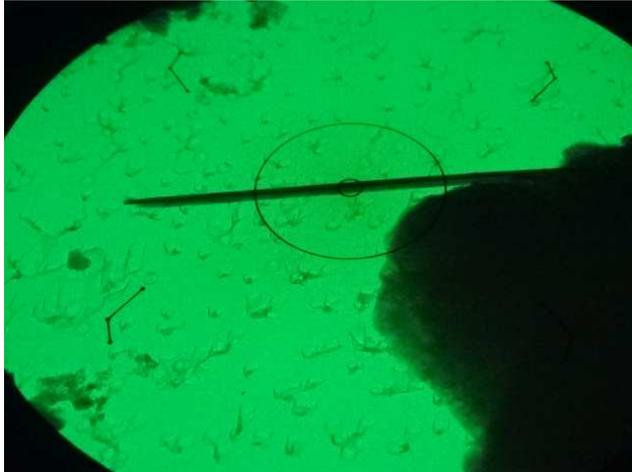


Photo 2 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 4 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		NP
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *	x	
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 5 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 4, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 5, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -05**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-04	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (~ 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,1 % de particules allongées de morphologie aciculaire ;

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

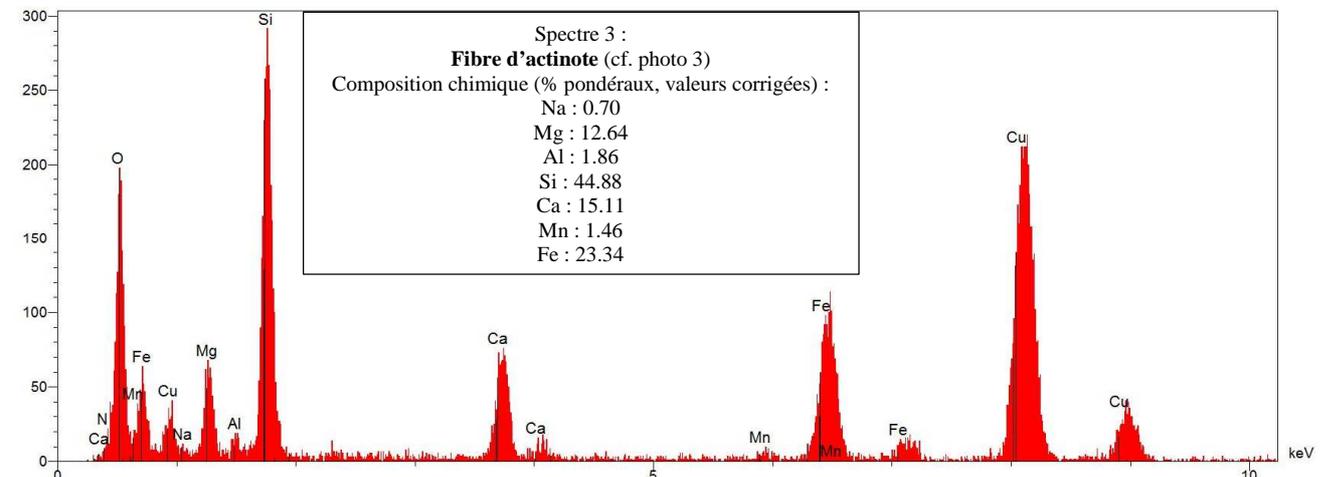
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 3, Photo 3, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées.

Observation d'une fibre minérale (cf. photo 4 + spectre 4).



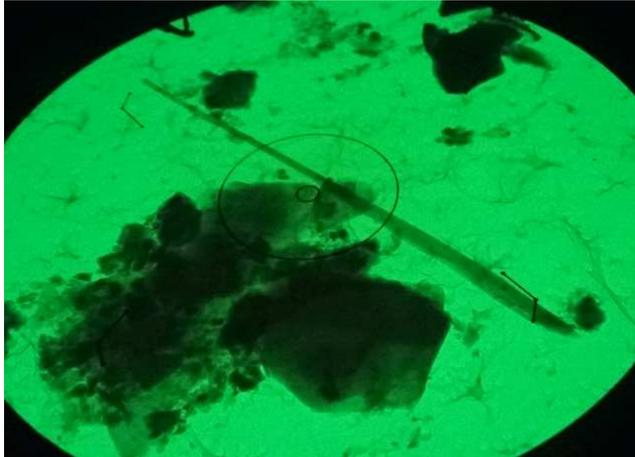


Photo 3 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 3.04µm, petit cercle 0.46µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 6 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		x
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 7 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 6, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 7, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

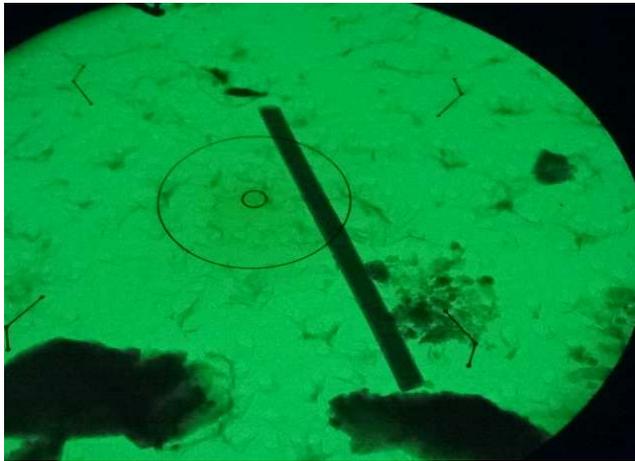
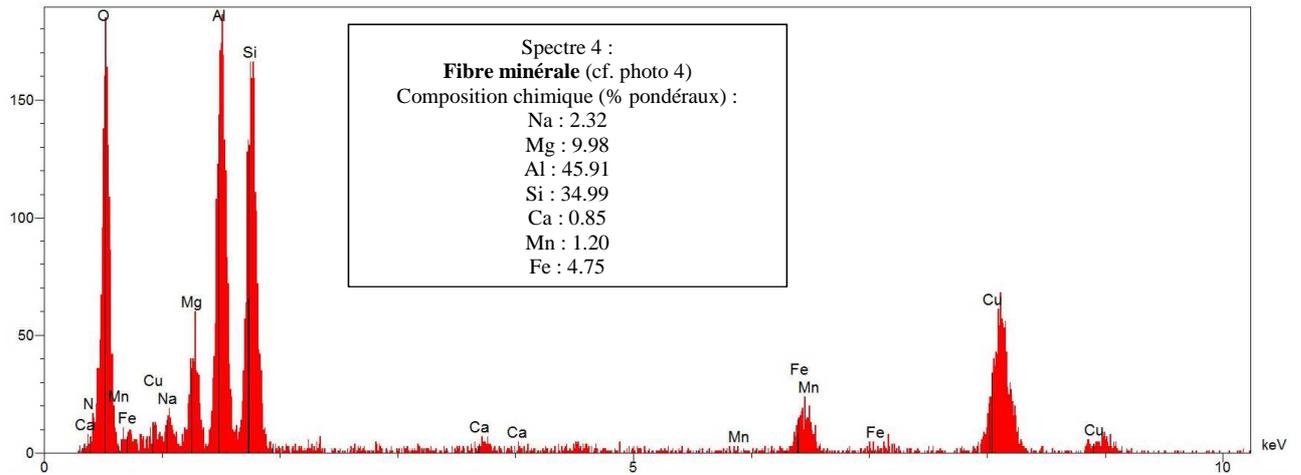


Photo 4 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -06**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-05	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des particules allongées ont été observées (~ 0.4 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).
Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0,3 % de particules allongées de morphologie aciculaire ;
- Environ 0,1 % de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (8°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

2) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 5, Photo 5, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Pas d'autres fibres minérales observées.

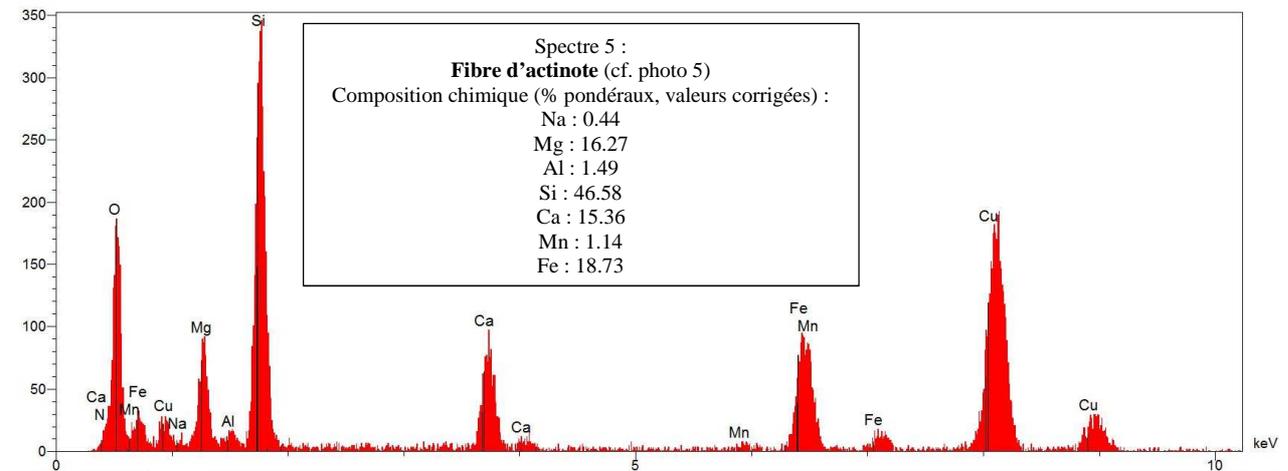


Photo 5 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 8 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		NP

NP = non probant

Tableau 9 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 8, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 9, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047-07**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-06	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (< 0.2 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,2 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -08**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-07	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0,1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -09**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-08	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -10**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-09	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine semi-asbestiforme probable (type f) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (~ 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0,1 % de particules allongées de morphologie aciculaire.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible.

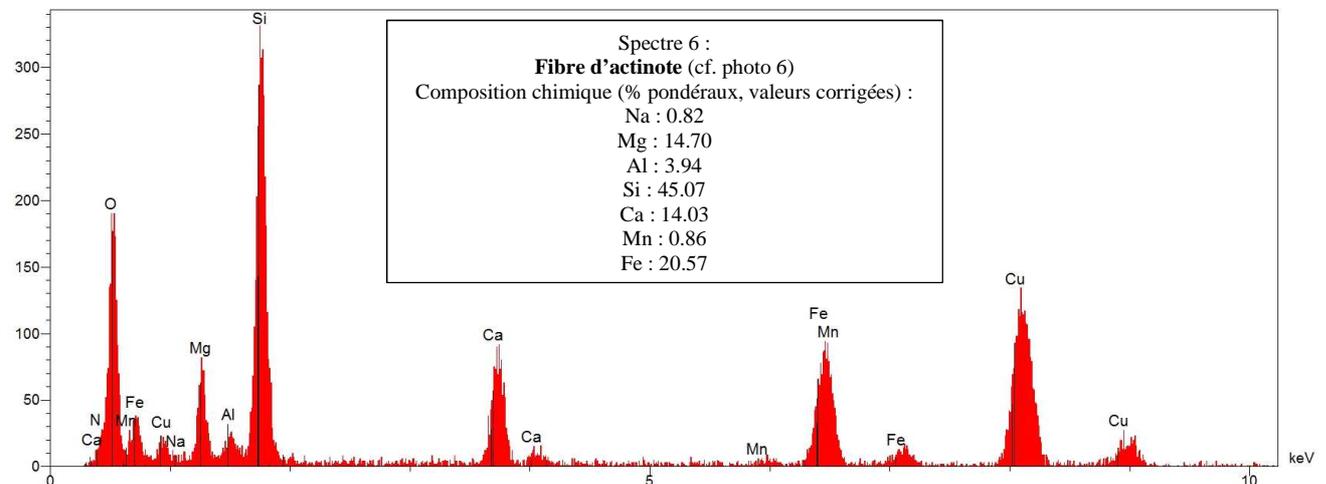
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (9°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : Une fibre d'actinote (Cf. Spectre 6, Photo 6, figure 1 et figure 2 en annexe) a été détectée. De rares structures fibriformes d'actinote observées.

Pas d'autres fibres minérales observées.



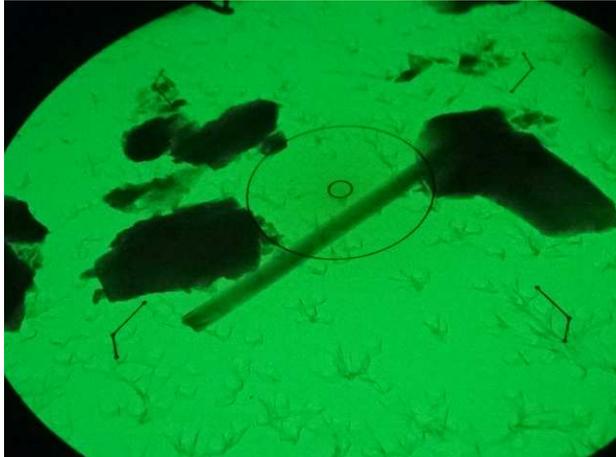


Photo 6 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 10 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		NP
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 11 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 10, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 11, ci-dessus), la fibre d'actinote observée a probablement une origine semi-asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -11**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-10	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -12**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire	
S2-11	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.	Présence de structures classées en Structure classée en Grunérite-Cumingtonite-amiante Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (~ 0.2 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0,2 % de particules allongées de morphologie prismatique ;
- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie aciculaire.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques d'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

1) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (8°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : Une fibre d'actinote (Cf. Spectre 7, Photo 7, figure 1 et figure 2 en annexe) a été détectée. De rares structures fibriformes d'actinote observées.

Observation d'une **fibre classée en Grunerite/Cummingtonite** (Cf. Spectre 8 et Photo 8, figure 3 en annexe).

Pas d'autres fibres minérales observées.

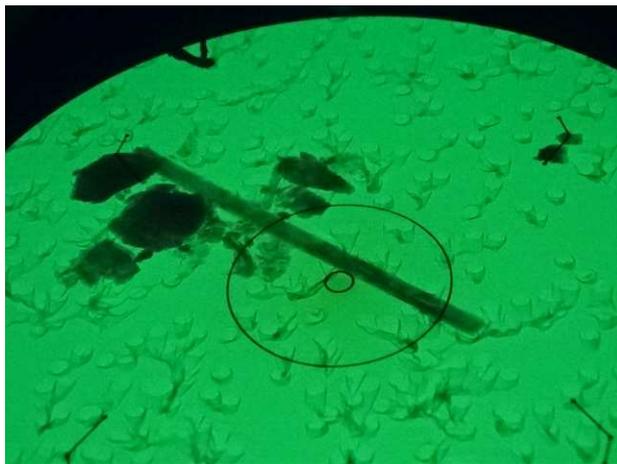
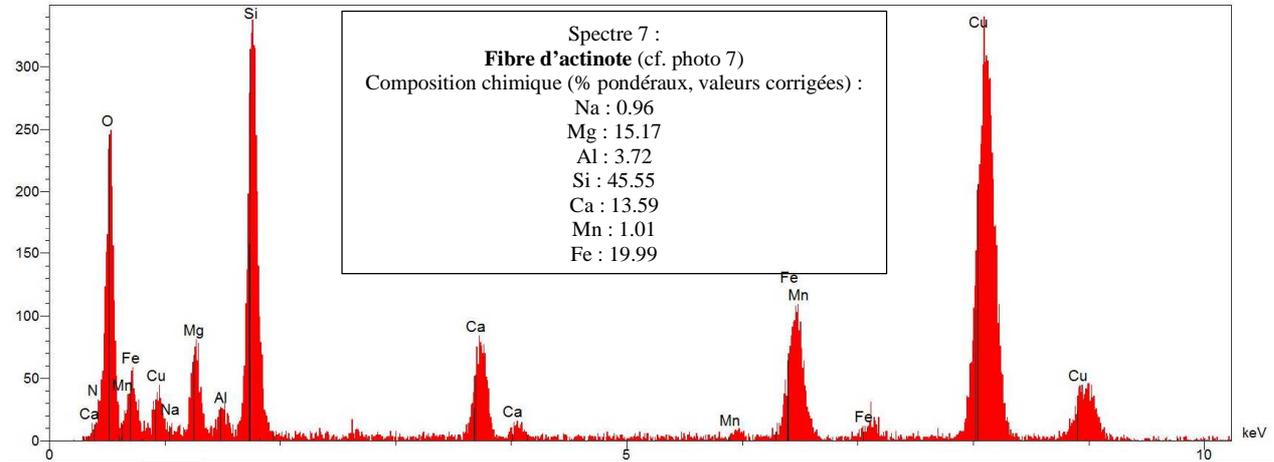


Photo 7 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 12 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**	x	

NP = non probant

Tableau 13 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 12, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 13, ci-dessus), la fibre d'actinote observée a probablement une origine asbestiforme.

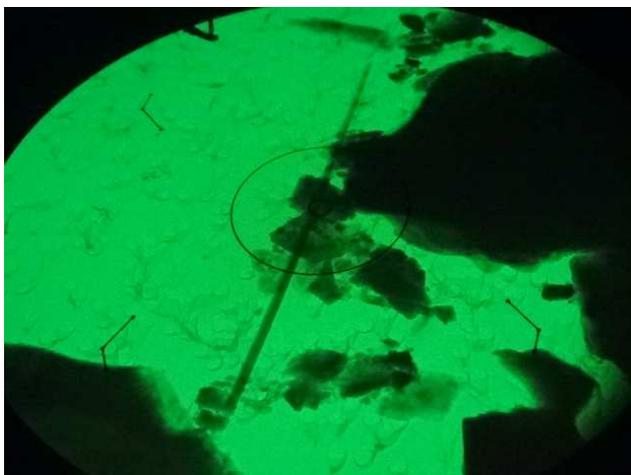
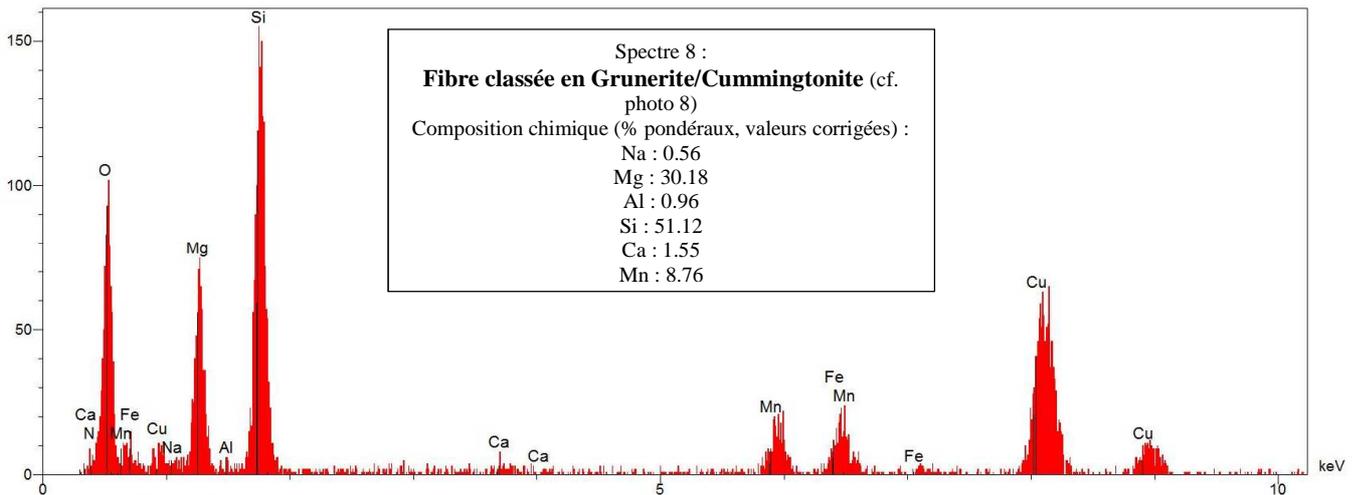


Photo 8 : Fibre classée en Grunerite/Cummingtonite, vue en META (Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		NP
¹ Découpage en fibrilles		NP
¹ Fibres parallèles en faisceaux		NP
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		NP
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles		NP
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		NP
¹ Fibres incurvées.		NP
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 14 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		NP
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		NP

NP = non probant

Tableau 15 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 14, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 15, ci-dessus), la fibre classée en Grunerite/Cummingtonite observée a probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -13**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-12	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des particules allongées ont été observées (~ 0.5 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0,4 % de particules allongées de morphologie prismatique ;
- Environ 0.1 % de particules allongées de morphologie aciculaire.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

2) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (8°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : Plusieurs fibres d'actinote (Cf. Spectre 9, Photo 9, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. Plusieurs structures fibriformes d'actinote observées.

Pas d'autres fibres minérales observées.

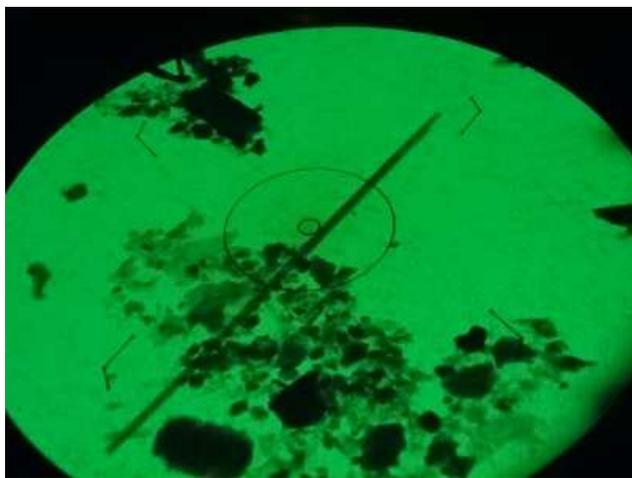
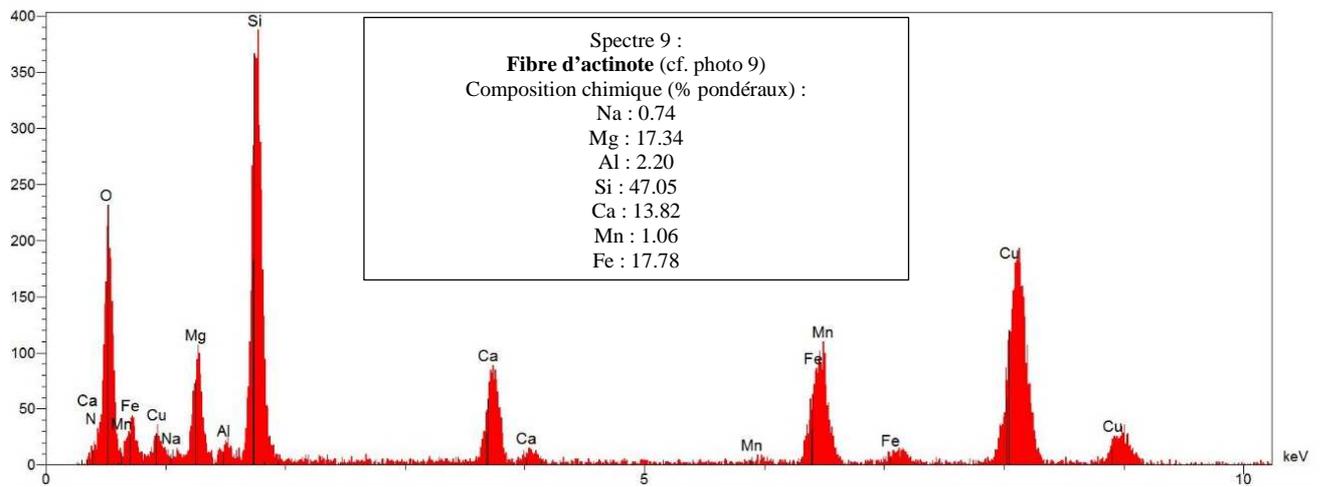


Photo 9 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 4.77µm, petit cercle 0.60µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	oui	

NP = Non probant

Tableau 16 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		NP

NP = non probant

Tableau 17 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 16, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 17, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -14**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-13	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine semi-asbestiforme probable (type f) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (~ 0.2 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0,2 % de particules allongées de morphologie aciculaire.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible.

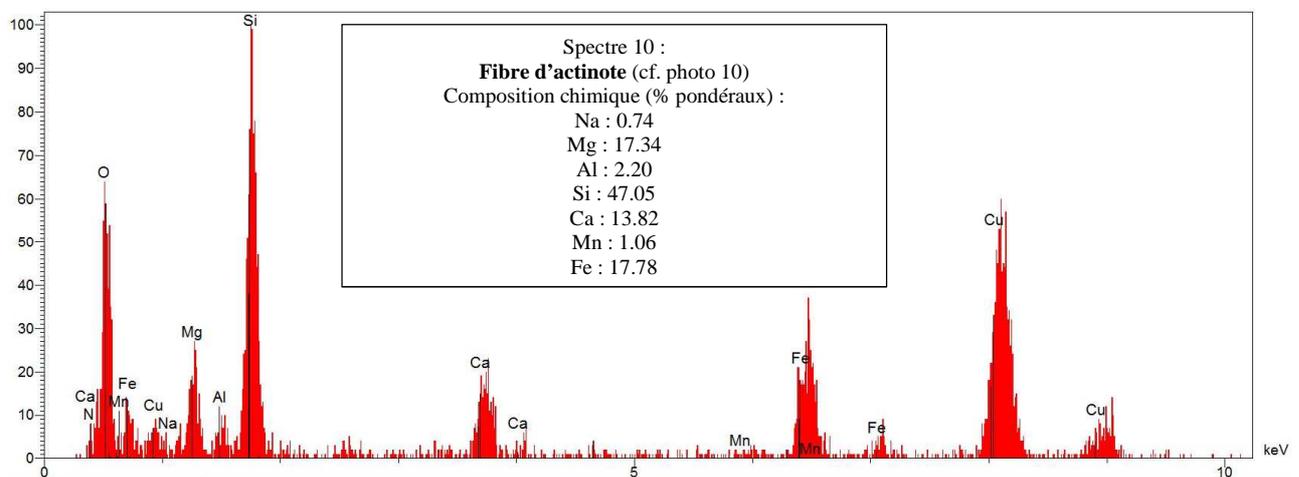
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (8°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : Plusieurs fibres d'actinote (Cf. Spectre 10, Photo 10, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. Plusieurs structures fibriformes d'actinote observées.

Pas d'autres fibres minérales observées.



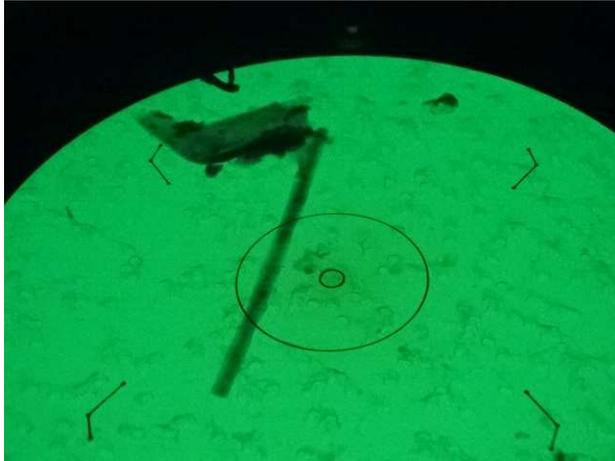


Photo 10 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	oui	

NP = Non probant

Tableau 18 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 19 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 18, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 19, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine semi-asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047-15**

Date d'analyse : **14/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire	
S2-14	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.	Présence de Structure classée en Grunerite-/Cummingtonite-amiante Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des particules allongées ont été observées (~ 0.5 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).
Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0,5 % de particules allongées de morphologie aciculaire ;
- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie asbestiforme.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64 et 1,688 respectivement.

1) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme allant de l'incolore au vert pâle.
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (9°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.
Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

2) Les particules allongées de morphologie asbestiforme :

En lumière polarisée non analysée ces particules sont incolores et présentent un relief nul. Les particules ne présentent pas de pléochroïsme.
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction quasi droite (6°) avec des teintes de polarisation proche du second ordre. Le signe d'allongement est positif.
Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de la grunérite/cummingtonite.

Ces particules allongées correspondent à la série grunérite - cummingtonite de morphologie asbestiforme.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 11, Photo 11, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. Plusieurs structures fibriformes d'actinote observées.

Observation d'une **fibre classée en Grunerite/Cummingtonite** (Cf. Spectre 12 et Photo 12, figure 3 en annexe).

Pas d'autres fibres minérales observées.

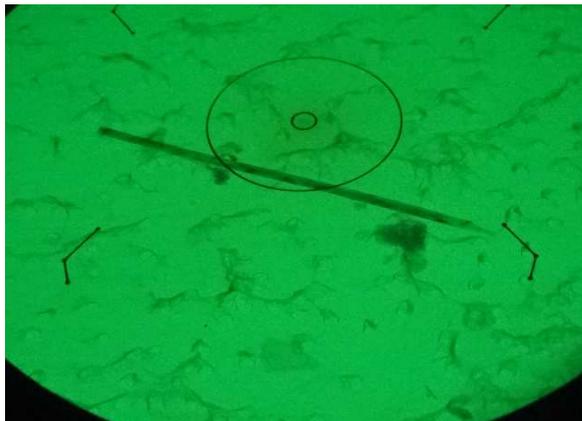
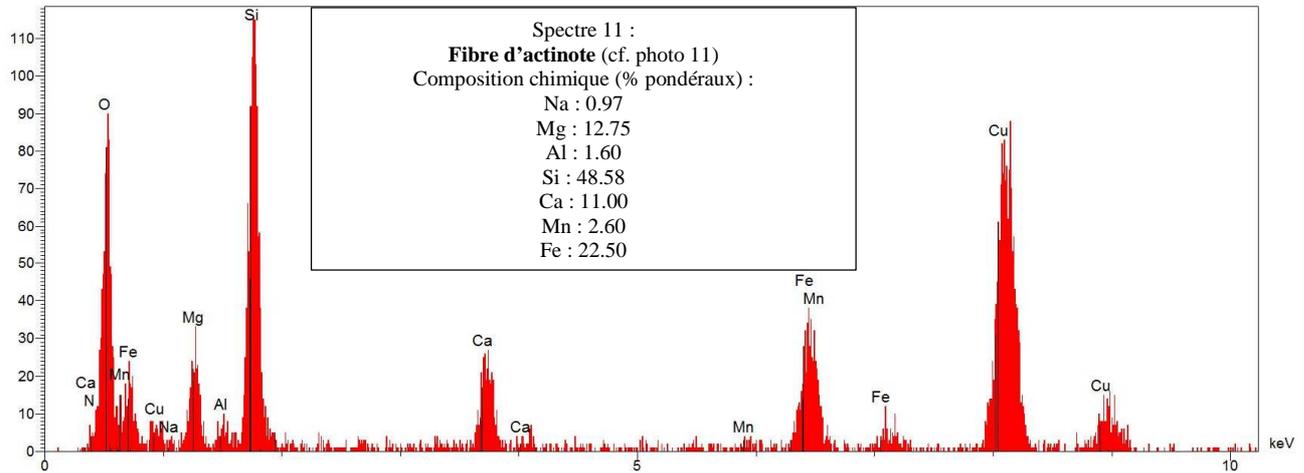


Photo 11 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 20 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**	x	

NP = non probant

Tableau 21 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 20, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 21, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme

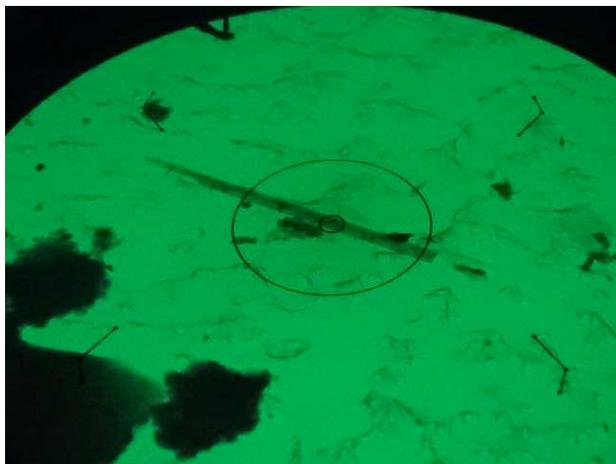
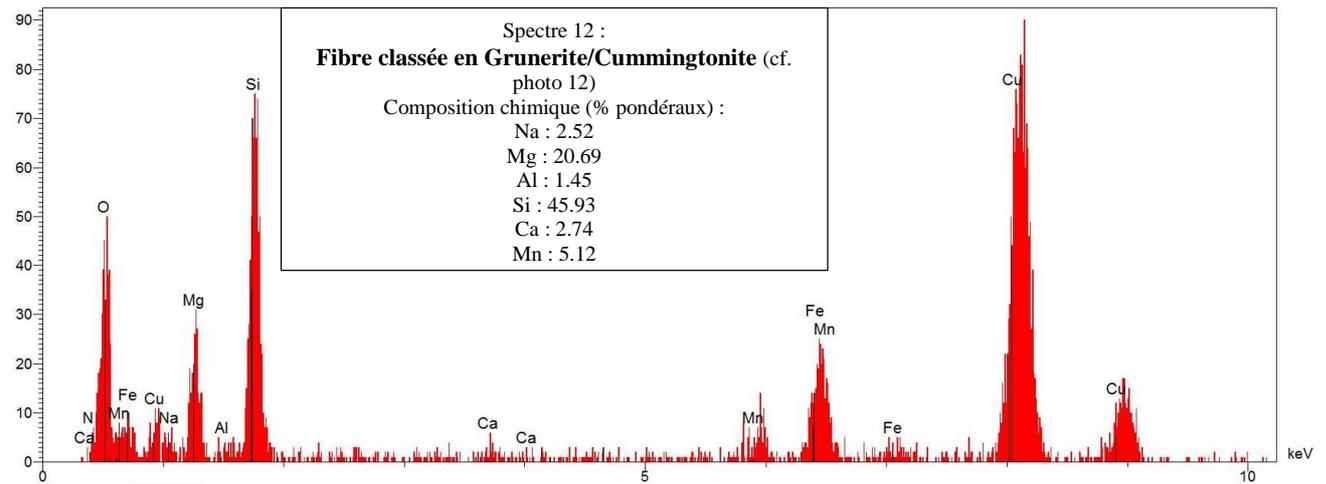


Photo 12 : **Fibre classée en Grunerite/Cummingtonite**, vue en META (Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20	x	
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 22 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		NP
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		NP

NP = non probant

Tableau 23 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 22, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 23, ci-dessus), la fibre classée en Grunerite/Cummingtonite observée a probablement une origine asbestiforme

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -16**

Date d'analyse : **15/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-15	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des particules allongées ont été observées (~ 0.3 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,1 % de particules allongées de morphologie prismatique ;
- Environ 0,2% de particules allongées de morphologie aciculaires ;
- 2 fibres de morphologie asbestiforme.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) Les particules de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

2) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules ne présentent pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (12°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

3) Les particules allongées de morphologie asbestiforme :

En lumière polarisée non analysée ces particules sont incolores et présentent un relief nul. Les particules ne présentent pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (10°) avec des teintes de polarisation du second ordre. Le signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote asbestiforme.

Analyse META : Plusieurs fibres d'actinote (Cf. Spectre 13, Photo 13, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. Plusieurs structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

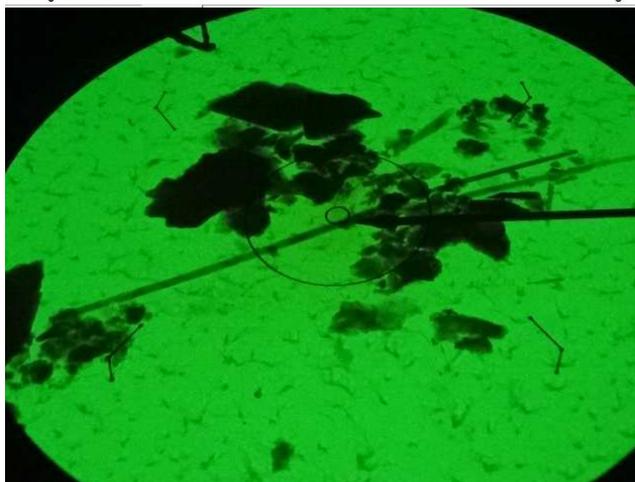
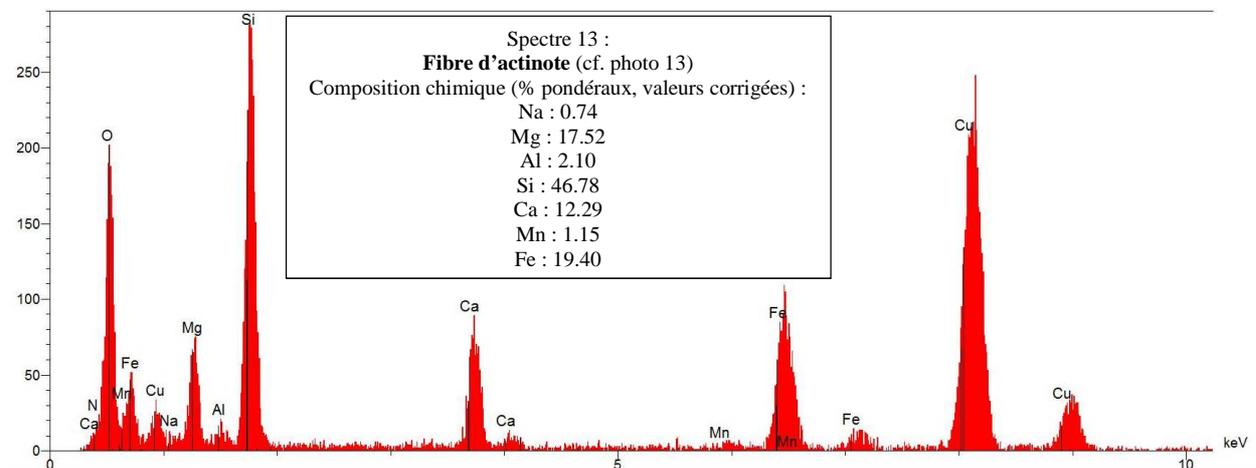


Photo 13 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 4.77 μ m, petit cercle 0.60 μ m)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20	x	
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	oui	

NP = Non probant

Tableau 24 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**	x	

NP = non probant

Tableau 25 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 24, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 25, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047-17**

Date d'analyse : **15/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-16	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie aciculaire.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules ne présentent pas de pléochroïsme.

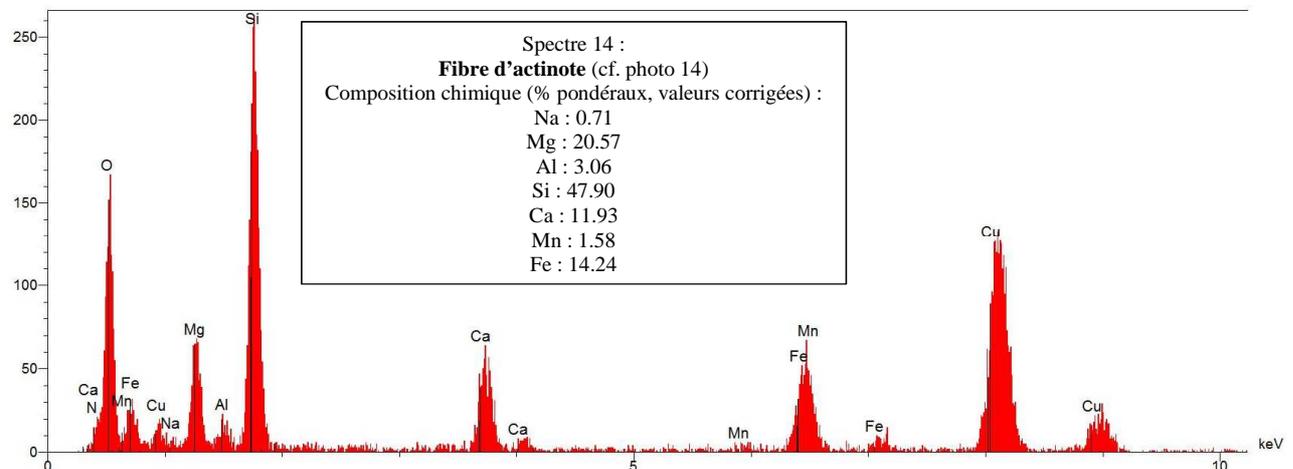
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (9°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : Plusieurs fibres d'actinote (Cf. Spectre 14, Photo 14, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. Plusieurs structures fibriformes d'actinote observées.

Pas d'autres fibres minérales observées.



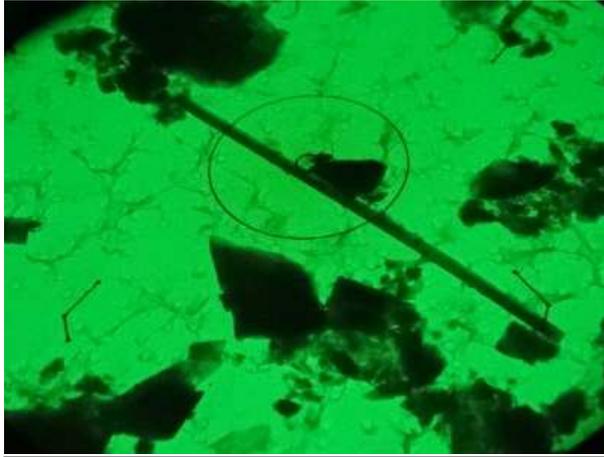


Photo 14 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	oui	

NP = Non probant

Tableau 26 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 27 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 26, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 27, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -18**

Date d'analyse : **15/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-17	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie prismatique ;
- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie asbestiforme.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

2) Les particules allongées de morphologie asbestiforme :

En lumière polarisée non analysée ces particules sont incolores et présentent un relief nul. Les particules ne présentent pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction quasi droite (6°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote asbestiforme.

Analyse META : Plusieurs fibres d'actinote (Cf. Spectre 15, Photo 15, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. Plusieurs structures fibriformes d'actinote observées.

Pas d'autres fibres minérales observées.

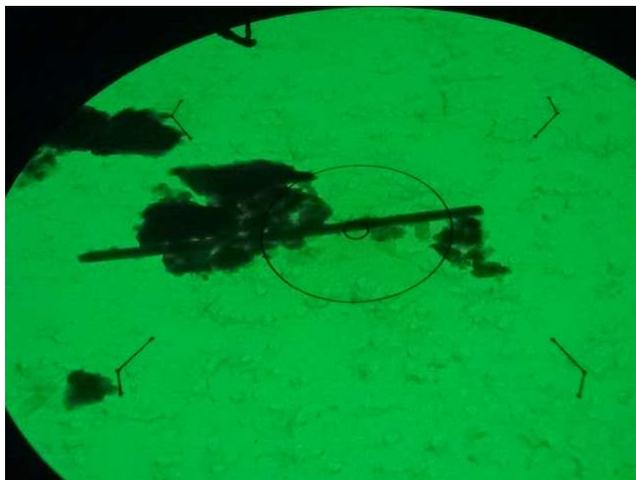
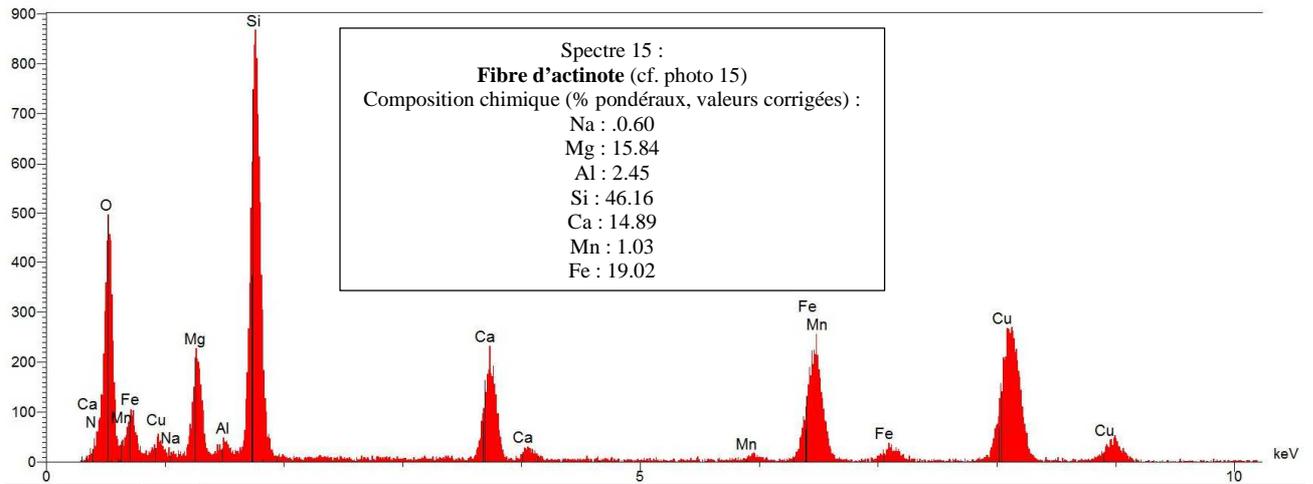


Photo 15 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20	x	
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	oui	

NP = Non probant

Tableau 28 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 29 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 28, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 29, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047- 19**

Date d'analyse : **15/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-18	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante et Trémolite-amiante selon la norme NF X 43-050 Origine semi-asbestiforme probable (type f) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie aciculaire;
- Une particule allongée de morphologie semi asbestiforme.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules ne présentent pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (11°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

2) La particule allongée de morphologie semi asbestiforme :

En lumière polarisée non analysée cette particule est incolore et présente un relief nul. La particule ne présente pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elle présente une extinction droite avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Cette particule allongée correspond à de l'actinote semi asbestiforme.

Analyse META : De rares fibres d'actinote et de trémolite (Cf. Spectre 16 et 17, Photo 16 et 17, figure 1 et figure 2 et 3 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

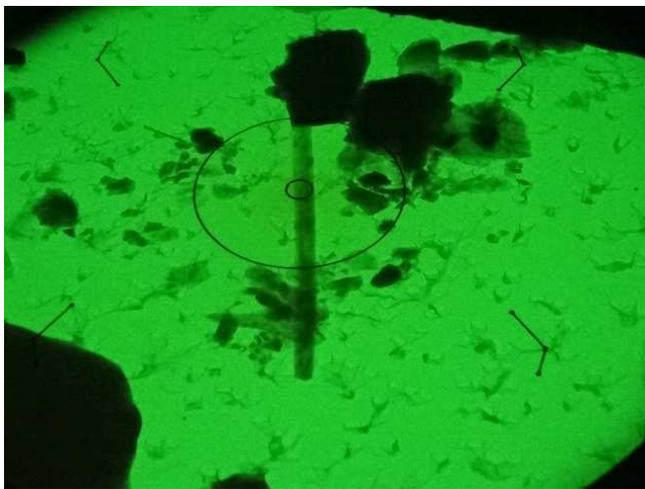
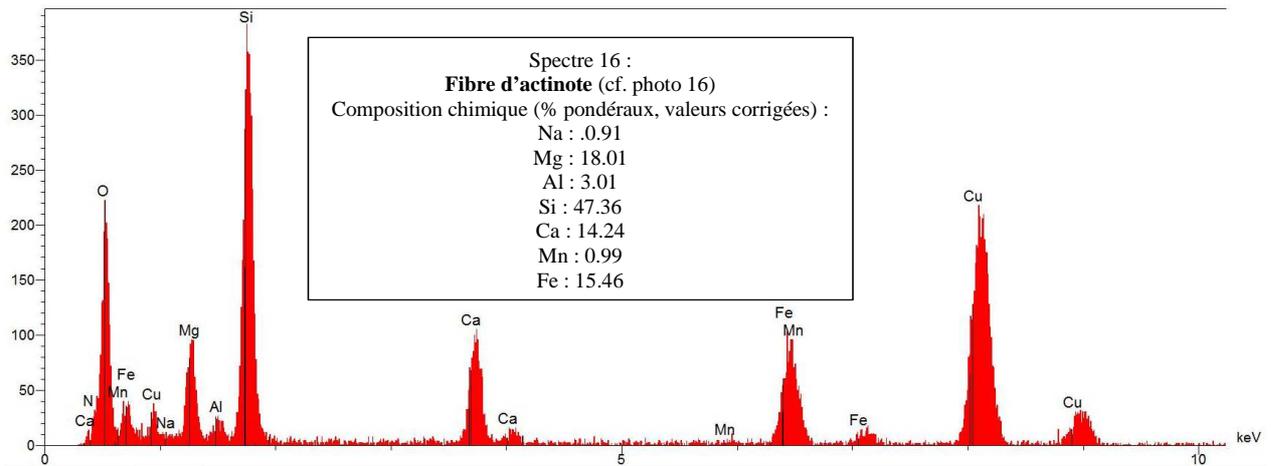


Photo 16 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 30 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		x
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 31 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 30, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 31, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine semi asbestiforme.

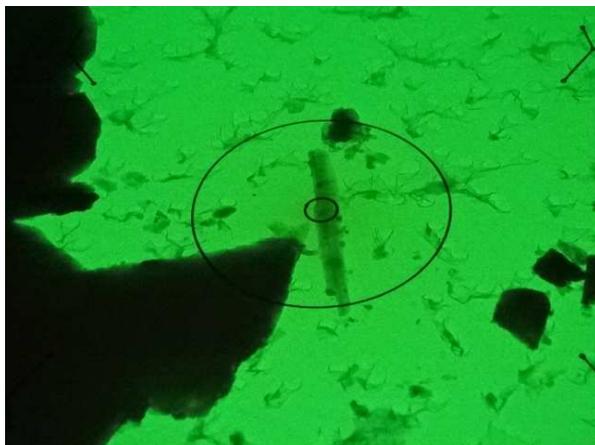
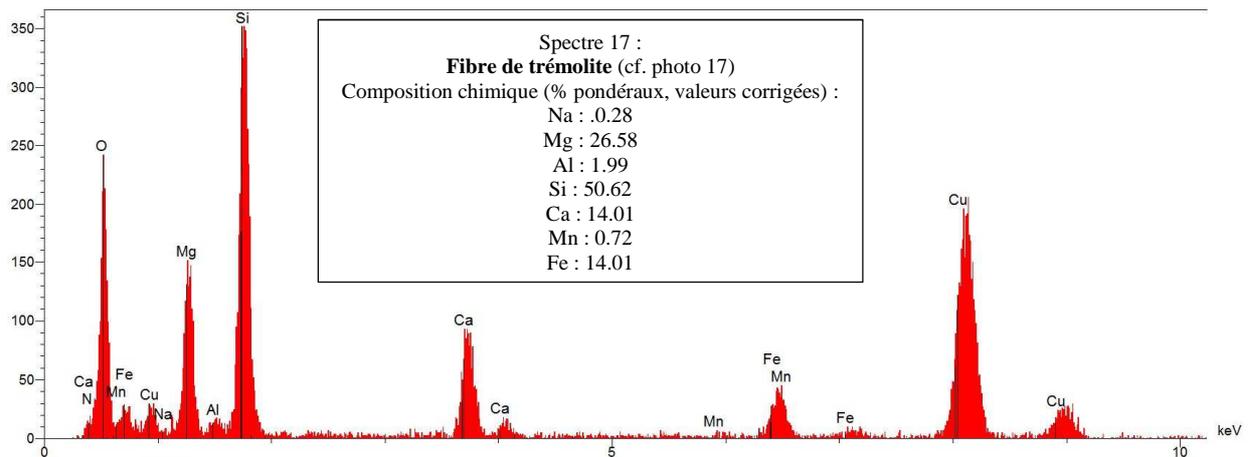


Photo 17 : **Fibre de trémolite**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		NP
¹ Découpage en fibrilles		NP
¹ Fibres parallèles en faisceaux		NP
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		NP
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles		NP
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		NP
¹ Fibres incurvées.		NP
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 32 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		x
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 33 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 32, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 33, ci-dessus), les fibres de trémolite observées ont probablement une origine semi asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047- 20**

Date d'analyse : **15/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S0-19	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine semi-asbestiforme probable (type f) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible à nul allant de l'incolore au vert pâle.

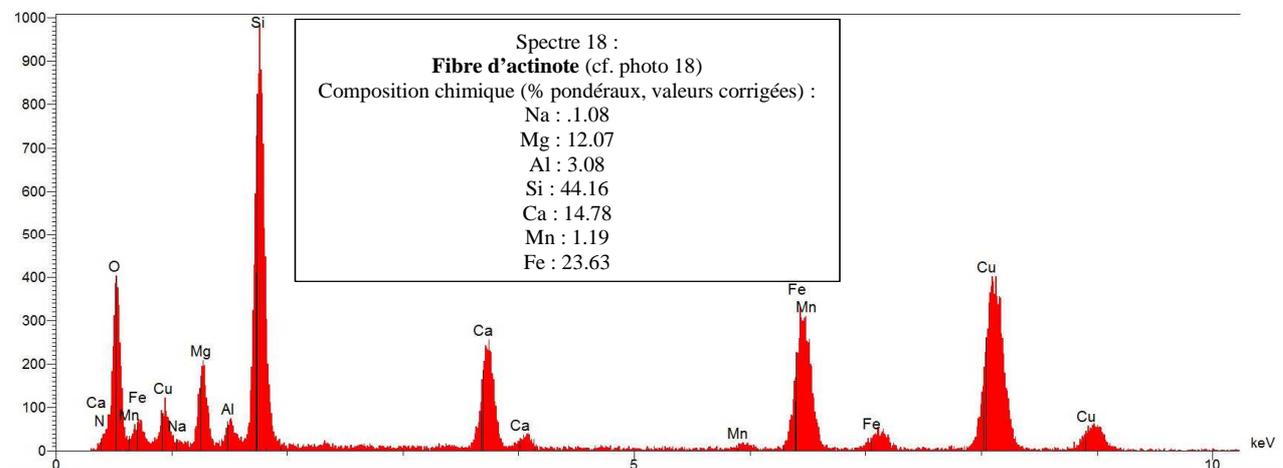
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Une fibre d'actinote (Cf. Spectre 18, Photo 18, figure 1 et figure 2 en annexe) a été détectée. De rares structures fibriformes d'actinote observées.

Pas d'autres fibres minérales observées.



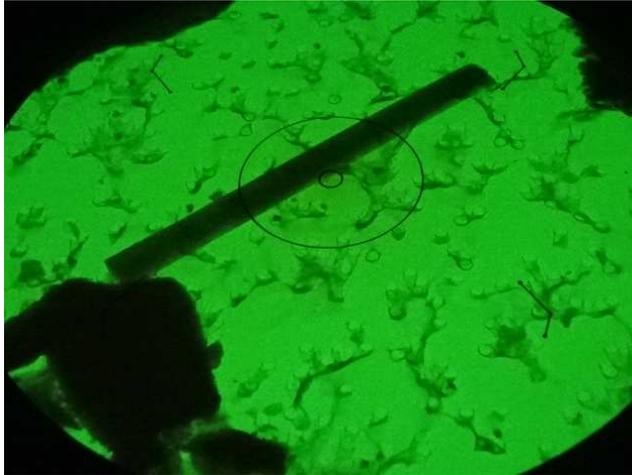


Photo 18 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles		x
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm		x
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 34: Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 35 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 34, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 35, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine semi asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047- 21**

Date d'analyse : **15/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-20	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine semi asbestiforme probable (type f) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie aciculaire.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible à nul.

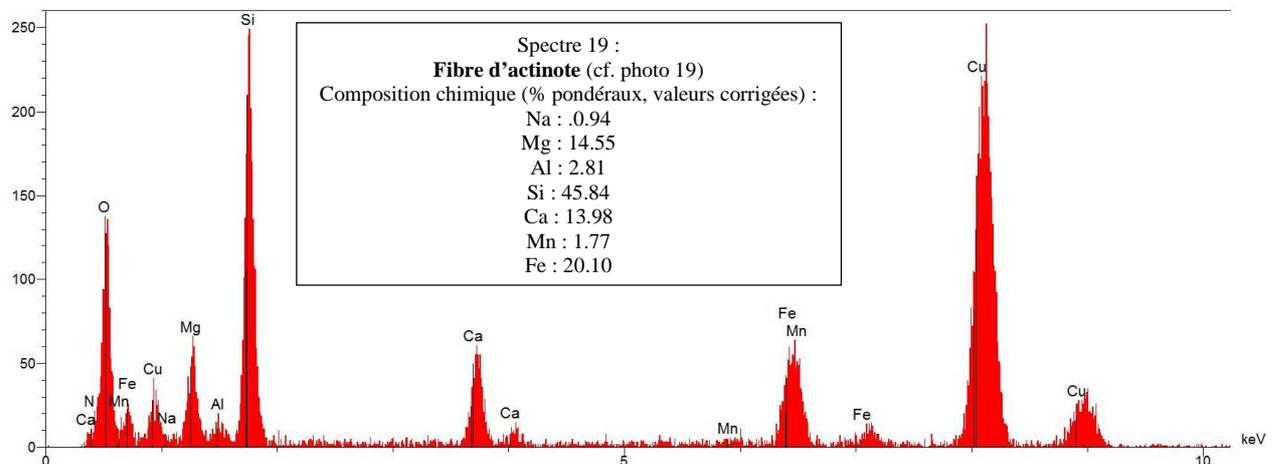
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (8°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : Une fibre d'actinote (Cf. Spectre 19, Photo 19, figure 1 et figure 2 en annexe) a été détectée. De rares structures fibriformes d'actinote observées.

Pas d'autres fibres minérales observées.



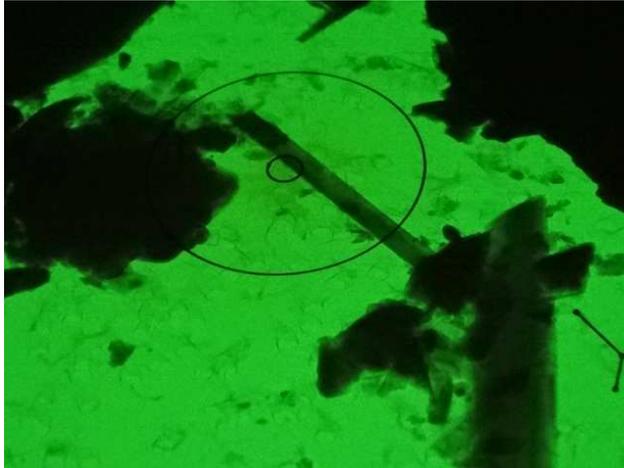


Photo 19 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 36 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 37 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 36, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 37, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine semi asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -22**

Date d'analyse : **15/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-21	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle. En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -23**

Date d'analyse : **15/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-22	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle. En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -24**

Date d'analyse : **15/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-23	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable grise	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie prismatique ;
- Une particule allongée de morphologie aciculaire.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

1) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible à nul allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

2) La particule allongée de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée cette particule est incolore et présente un relief nul. La particule ne présente pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elle présente une extinction quasi droite (8°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Cette particule allongée correspond à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 20, Photo 20, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. Plusieurs structures fibriformes d'actinote observées. Une fibre minérale a été observée (Cf. Spectre 21 et Photo 21).

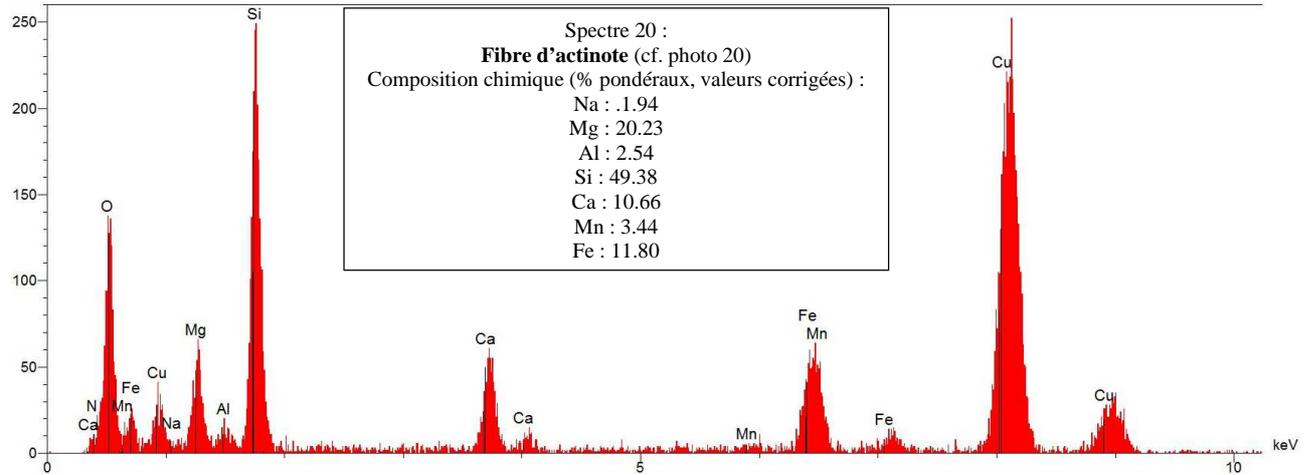


Photo 20 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 38 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 39 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 38, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 39, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

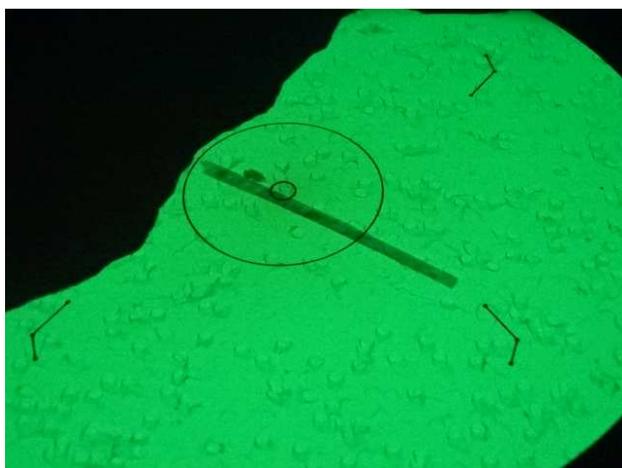
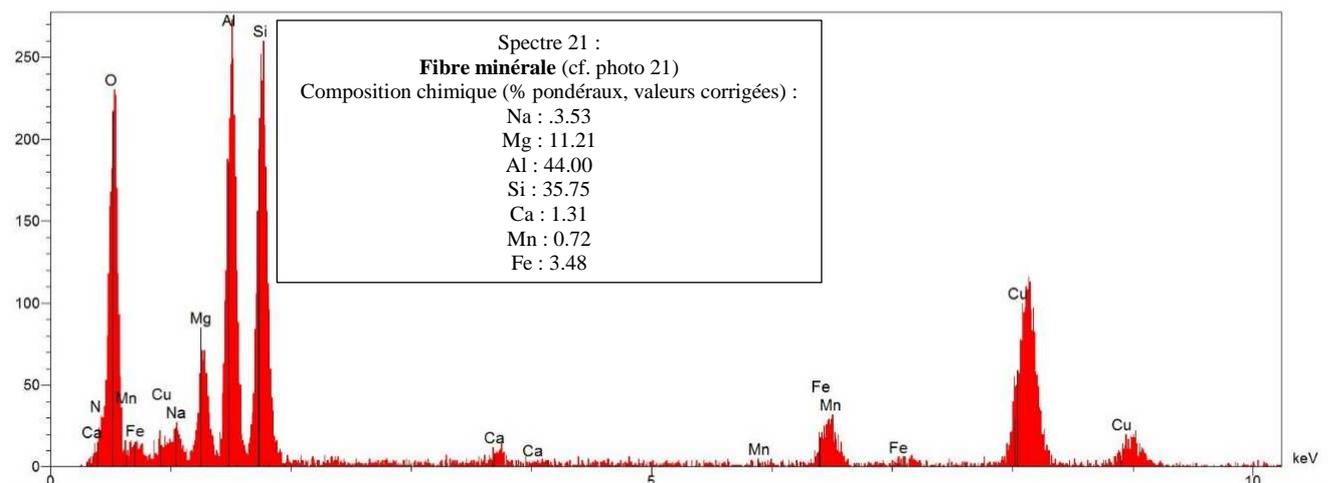


Photo 21 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 047 -25**

Date d'analyse : **15/10/2020**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S2-24	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Roche centimétrique arrondis grise et terre friable gris claire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

ANNEXE :

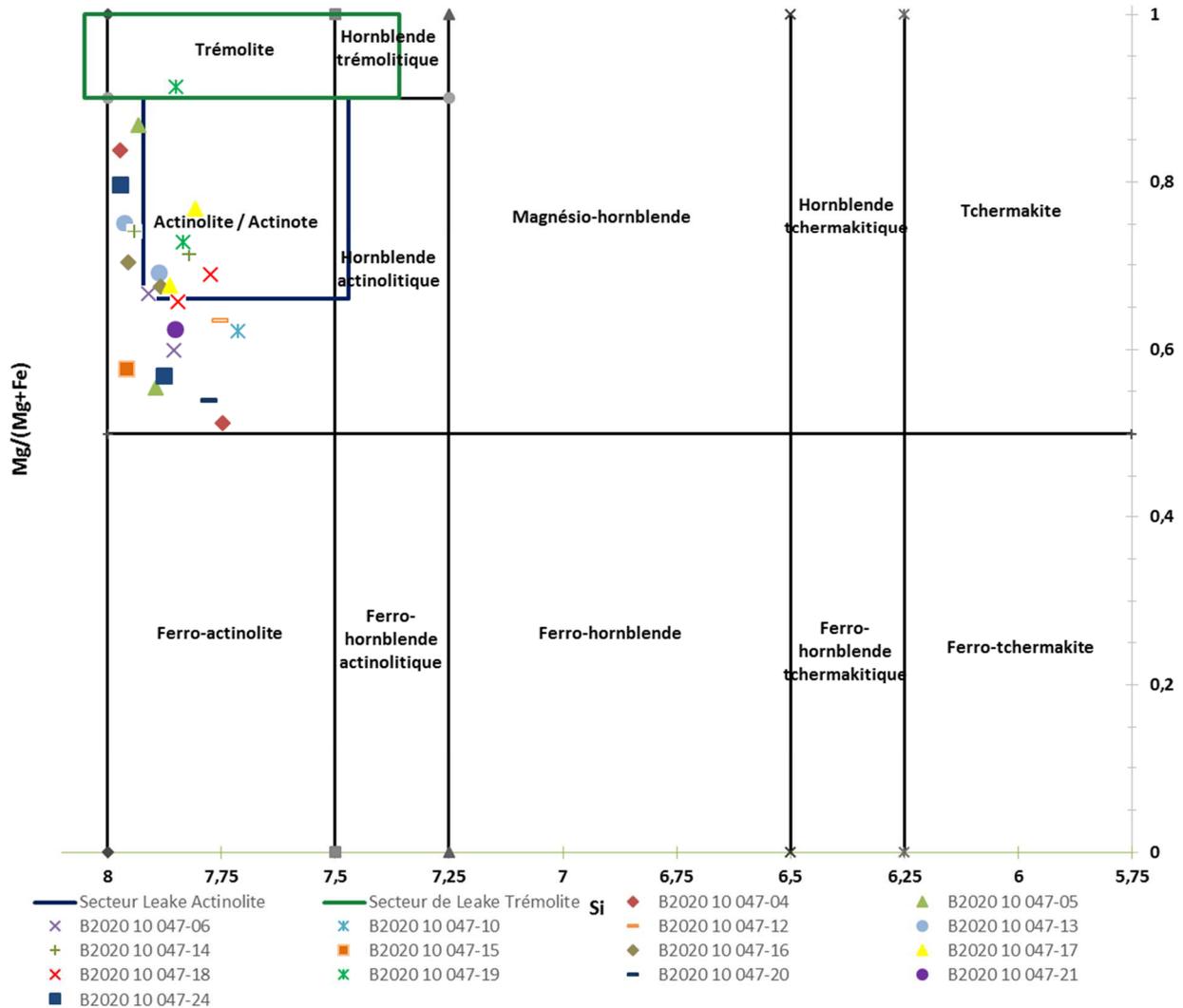


Figure 1 : Diagramme de classification chimique des amphiboles, avec Si en fonction de $Mg/(Mg+Fe)$, IMA 12. Les noms des minéraux « Hornblende trémolitique », « Hornblende actinolitique » et « Ferro-hornblende actinolitique » de l'IMA 78 ont été conservés car mieux adaptés à notre activité.

Les secteurs en bleu et vert ont été déterminés à partir de mesures effectuées sur un standard NIST SRM 1867 d'actinote-amiante et d'un standard NIST SRM 1867 de trémolite-amiante analysés sur le(s) microscope(s) électronique(s) à transmission utilisé(s) à l'analyse.

Seules les fibres analysées présentant les mêmes éléments chimiques que la trémolite / actinote ont été reportées.

NB : Attention, les calculs ont été faits comme si les particules étaient des amphiboles, alors que ce n'est peut-être pas le cas pour toutes les particules. Aussi, lorsqu'on est en dehors du champ de la trémolite ou de l'actinote, le nom du minéral correspondant au secteur dans lequel est situé le point de la particule observée n'est pas à prendre en compte.

E / Positionnement dans le diagramme de Chatfield

Les échantillons B2020 10 047 -04, -05, -06, -10, -12, -13, -14, -15, -16, -17, -18, -19, -20, -21 et -24 ont produit des fibres classées comme actinote-amiante selon la norme NF X 43 050. La largeur et le rapport longueur/largeur des fibres d'amiante observées ont été reportés dans le diagramme de Chatfield (2008, cf. figure 2 ci-dessous).

On constate que :

1/ Les échantillons B2020 10 047 -04, -05, -06, -10, -12, -13, -14, -15, -16, -17, -18, -19, -20, -21 et -24 présentent des fibres d'actinote-amiante qui tombent soit dans le champ couvert par les points en noir du standard d'actinote-amiante NIST SRM 1867, soit dans le prolongement de ce champ ou à sa limite.

2/ Les fibres d'actinote-amiante observées dans les échantillons B2020 10 047 -04, -05, -06, -12, -13, -15, -16, -17, -18 et -24 tombent dans la zone jaune caractéristique des fibres les plus dangereuses.

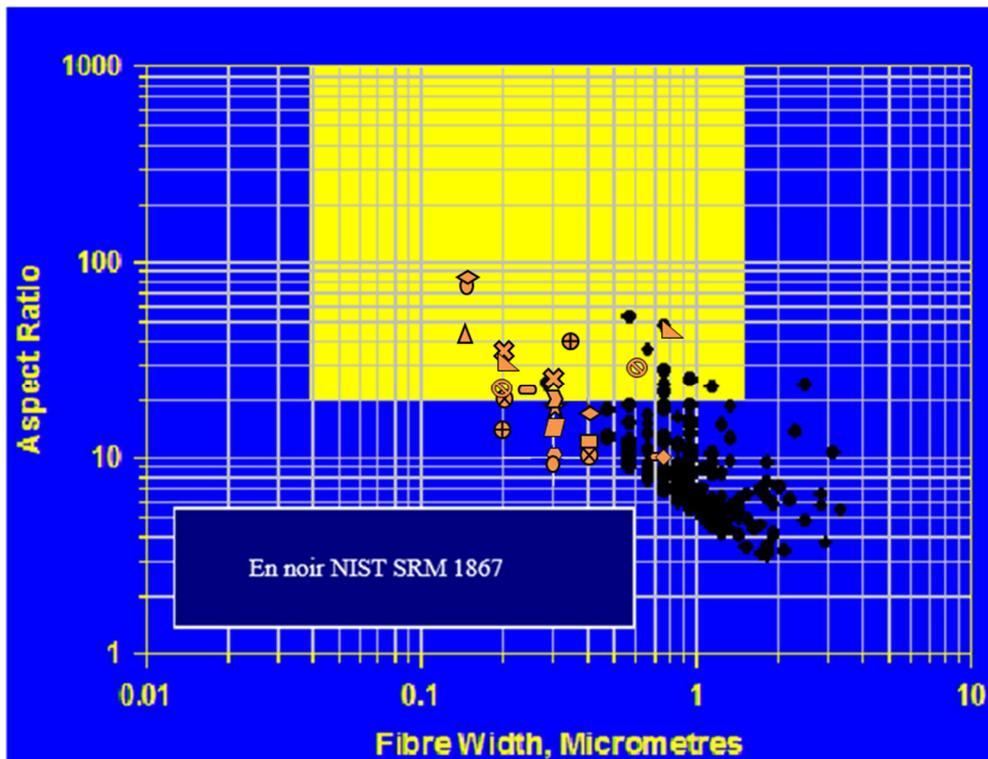


Figure 2 : Diagramme de Chatfield (2008), selon le modèle de référence NIST SRM 1867 concernant l'actinote - amiante

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| □ Echantillon B2020 10 047-04 | △ Echantillon B2020 10 047-15 |
| ○ Echantillon B2020 10 047-05 | ◇ Echantillon B2020 10 047-16 |
| ⊗ Echantillon B2020 10 047-06 | ⊗ Echantillon B2020 10 047-17 |
| □ Echantillon B2020 10 047-10 | △ Echantillon B2020 10 047-18 |
| ⊗ Echantillon B2020 10 047-12 | □ Echantillon B2020 10 047-19 |
| ⊕ Echantillon B2020 10 047-13 | ◇ Echantillon B2020 10 047-20 |
| ★ Echantillon B2020 10 047-14 | ○ Echantillon B2020 10 047-21 |
| | ⊗ Echantillon B2020 10 047-24 |

L'échantillon B2020 10 047-19 a produit une fibre classée comme trémolite-amiante selon la norme NF X 43 050. La largeur et le rapport longueur/largeur de la fibre d'amiante observée a été reportée dans le diagramme de Chatfield (2008, cf. figure 4 ci-dessous).

On constate que :

1/ L'échantillon B2020 10 047 -19 présente une fibre de trémolite-amiante qui tombe à la limite du champ couvert par les points en rouge, vert et orange du standard de trémolite-amiante NIST SRM 1867.

2/ Aucune fibre de trémolite-amiante observée dans l'échantillon B2020 10 047-19 NE tombe dans la zone jaune caractéristique des fibres les plus dangereuses.

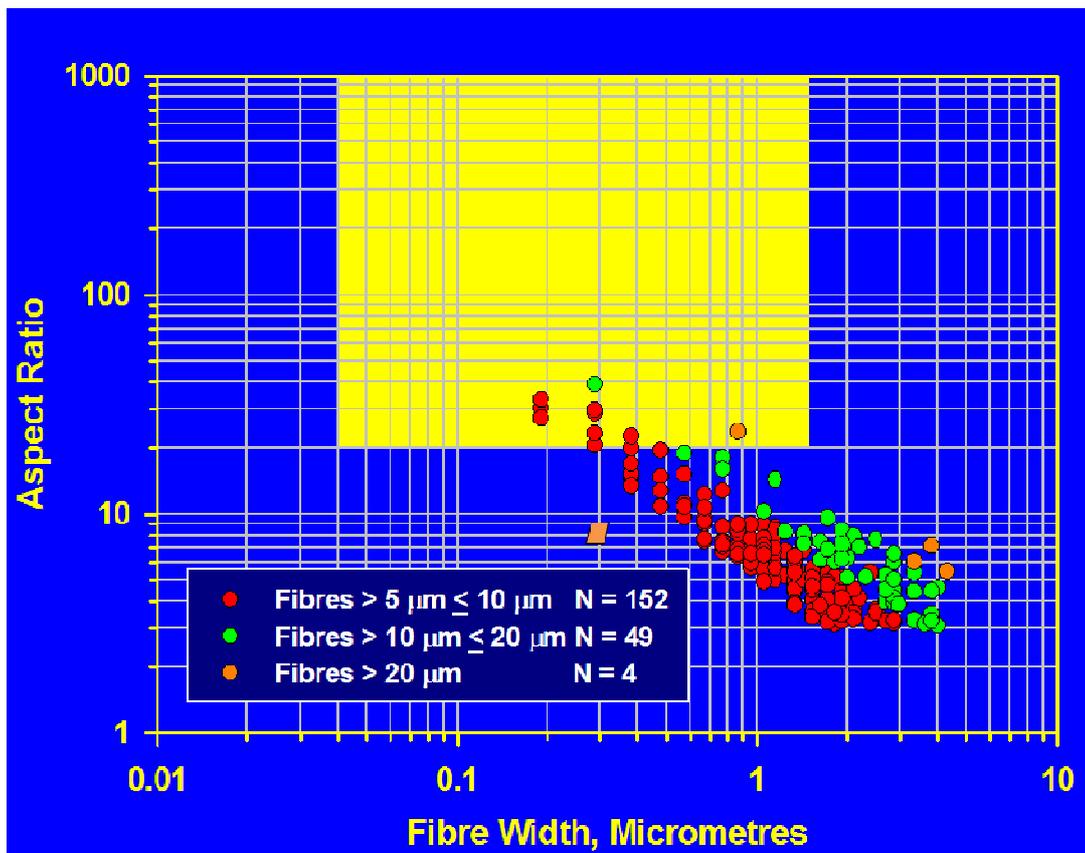


Figure 3 : Diagramme de Chatfield (2008), selon le modèle de référence NIST SRM 1867 concernant la trémolite – amiante

■ Echantillon B2020 10 047-19

Les échantillons B2020 10 047 -02, -12 et -15 ont produit des fibres classées comme grunérite-/cummingtonite- amiante. La largeur et le rapport longueur/largeur des fibres d'amiante observées ont été reportés dans le diagramme de Chatfield (2008, cf. figure 4 ci-dessous).

On constate que :

1/ Les fibres de grunérite-/cummingtonite-amiante observées dans les échantillons B2020 10 047 -02 et -12 tombent dans la zone jaune caractéristique des fibres les plus dangereuses.

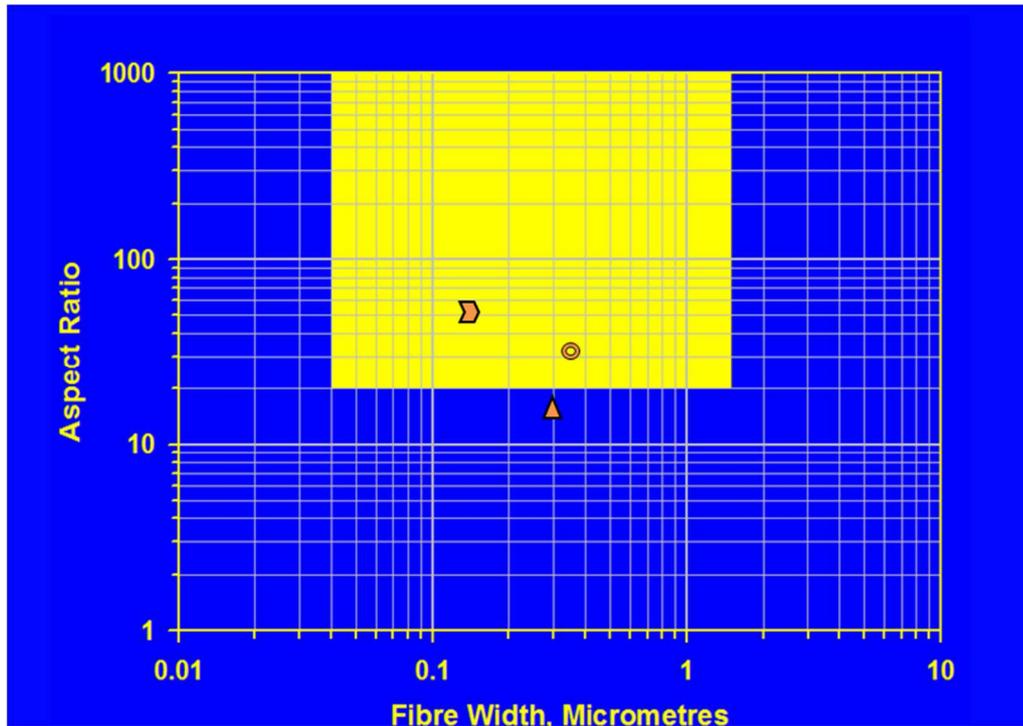


Figure 4 : Diagramme de Chatfield (2008)

- Echantillon B2020 10 047-02
- ◻ Echantillon B2020 10 047-12
- ▲ Echantillon B2020 10 047-15

F. Conclusion

Les échantillons B2020 10 047 -04, -05, -06, -10, -12, -13, -14, -15, -16, -17, -18, -19, -20, -21 et -24 ont libéré après broyage plusieurs fibres classées comme de l'actinote-amiante selon la norme NFX 43-050.

L'échantillon B2020 10 047 -19 a libéré après broyage une fibre classée comme de la trémolite-amiante selon la norme NFX 43-050.

Les échantillons B2020 10 047 -02, -12 et -15 ont libéré après broyage de rares fibres classées en Grunérite-/Cummingtonite-amiante.

Aux vues des observations réalisées au META, et selon la norme NF ISO 22262-1, les critères complémentaires de Van Orden D.R., de Langer A.M et le classement selon l'IMA 12, nous nous trouvons probablement :

- Dans le cas f (voir tableau 1) pour les échantillons B2020 10 047 -10, -14, -19, -20 et -21, c'est-à-dire en présence de fibres d'actinote et de trémolite d'origine semi-asbestiforme.

- Dans le cas g (voir tableau 1) pour les échantillons B2020 10 047 -02, -04, -05, -06, -12, -13, -15, -16, -17, -18 et -24, c'est-à-dire en présence de fibres d'actinote et de fibres classées grunérite/cummingtonite d'origine asbestiforme.

Analyste MOLP : Fanny Soler 

Analyste META : Eileen Güttler 

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Le résultat concerne uniquement l'échantillon soumis à essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

ACCREDITATION
1-5606
PORTEE
DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR



Client : **GEODERIS**
40, rue de Pinville - CS 40045
34060 MONTPELLIER CEDEX 2

Attention : **Philippe BARANGER**
Fax /Email : philippe.baranger@geoderis.fr

Analyse de roche pour la recherche d'amiante réglementaire et autres fibres inorganiques

Microscopie Optique à Lumière Polarisée (MOLP) Microscopie Electronique à Transmission Analytique (META)

Commande client : **N°2019/061**
Devis N°: **ADV19ADL0171**
Réf. client / site de prélèvement : **Mission AMO/ Tailings de la mine de Salau**
N° dossier d'analyse : **B2020 10 048**

A / Objectif

La trémolite-amiante, l'actinote-amiante, l'anthophyllite-amiante, l'amosite et la crocidolite sont des amphiboles amiante.

Ce rapport a pour objectif principal de caractériser, le plus précisément possible, les particules classées comme amphibole amiante si elles sont présentes dans les échantillons, ou d'apporter des informations complémentaires sur les particules allongées qui pourraient être confondues avec des amphiboles amiante. Il s'agit de l'analyse de roches naturelles (granulats, ballast, gravillons et ciment).

Le laboratoire garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0.1% en masse, selon un intervalle de confiance à 95 %.

Les échantillons ont été prélevés par les géologues d'AD-LAB.

B / Vérification de la nature des particules allongées d'amphibole

Les amphiboles existent dans la nature sous différentes formes : prismatique, aciculaire (en aiguille) et asbestiforme ; c'est le cas notamment de la trémolite/actinote (appelée trémolite-amiante / actinote-amiante sous sa forme amiante), la grunérite (appelée grunérite-amiante ou amosite sous forme amiante), la riebeckite (appelée riebeckite-amiante ou crocidolite sous sa forme amiante), l'anthophyllite (appelée anthophyllite-amiante sous sa forme amiante). La classification d'une amphibole comme étant de l'amiante est différente selon que l'on soit carrier géologue, hygiéniste ou médecin. Pour les carriers qui produisent des granulats, seule l'amphibole asbestiforme (classe (c) ou (c') du tableau 1) est considérée comme de l'amiante. Bien que non classées amiante en France, d'autres amphiboles peuvent se rencontrer sous le faciès asbestiformes dans les roches naturelles et peuvent être reconnues comme cancérigènes : il s'agit notamment de l'édénite, la richtérite et la winchite.

La difficulté est que, quel que soit le faciès initial, une fois broyées, ces différentes formes d'amphiboles peuvent être classées ou non comme de l'amiante en fonction des méthodes analytiques recommandées par la réglementation du pays. La conséquence est qu'un produit vendu comme ne contenant pas d'amiante peut être classé comme amiantifère après préparation / analyse.

En France la seule méthode de référence de l'identification d'amiante au Microscope Electronique à Transmission Analytique (META) est la **norme NF X 43-050**. Une observation attentive des particules allongées devrait permettre d'éliminer les particules prismatiques (classe (d) du tableau 1) issues du broyage des amphiboles, en sélectionnant seulement les particules qui ont des bords nettement parallèles ou étagés (norme NF X 43 050 § 3.17). Donc les particules prismatiques ne doivent pas être classées comme amiante en France.

Par contre, il n'est pas possible de différencier seulement avec la norme NF X 43-050 les particules allongées (classe (e) du tableau 1) issues de la fragmentation d'amphibole en général aciculaire, des particules allongées issues d'amphibole semi-asbestiforme et asbestiforme (classe (f) et (g) du tableau 1). En ajoutant les critères de la **norme ISO 22262-1** (MOLP et META), les critères pertinents de **Van Orden D. R.** (« Differentiating Amphibole Asbestos from Non-Asbestos in a complex Mineral Environment » : Indoor and Built Environment », Vol 17, pp 58-68, 2007) et les critères de **Langer A.M.** (« Electron Microscopical Investigation of Asbestos Fibers », Vol 9, pp 63-80, 1974), il est alors possible dans la plupart des cas de les discriminer.

Les roches peuvent être analysées au MOLP, cependant les fibres les plus fines ne sont pas détectées. La morphologie et la nature des fibres observées sont analysées conformément aux critères de HSG 248 et de l'ISO 22262-1. Si l'analyse est négative ou non concluante au MOLP, l'analyse est poursuivie au META.

Enfin, les analyses sont effectuées selon la procédure interne « ROCHES NATURELLES » et les modes opératoires internes « ROCHES NATURELLES / Analyse MOLP » et « ROCHES NATURELLES / Préparation en vue de leur analyse META ».

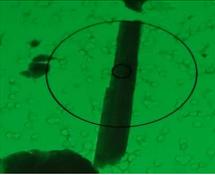
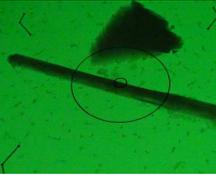
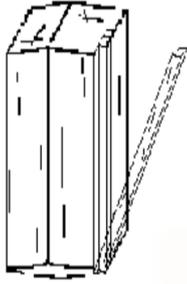
<p>Observation après broyage</p>	 Fragment de clivage (d) à bords approximativement parallèles	 Fin fragment de clivage fin (e) à bords partiellement parallèles	 Fibre fine (f) à bords parallèles	 Fibre très fine et très longue (g) à bords parallèle
<p>Correspondance avec classification sur la base de l'avis de l'ANSES de décembre 2015 et avril 2017 (PMAI : Particule minérale allongée d'intérêt)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, non fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage, notée fibriforme</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est semi-asbestiforme (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est asbestiforme (amiante réglementaire)</p>
<p>Origine probable des formes d'amphiboles amiante dans les roches naturelles</p>	 Prismatique (a)	 Aciculaire (ou en aiguille) (b)	 Semi-asbestiforme (c')	 Asbestiforme (c)

Tableau 1 : Classement des particules selon les observations de M. GERMINE, 1986, Asbestiform and non-asbestiform amphiboles, cadmium, and zinc in quarry samples of marble from Franklin and Sparta, Sussex County, New Jersey: New Jersey Geological Survey Geologic Report 15, 19 p.

*Dimensions OMS : Longueur > 5 µm, diamètre < 3 µm, rapport longueur/largeur > 3

C / Préparation des échantillons

Les échantillons sont des roches naturelles. Le protocole de la préparation est succinctement décrit ci-dessous :

- Observation sous stéréomicroscope,
- Prélèvement d'un sous-échantillon de roche,
- Ecrasement à la spatule et/ou broyage manuel au mortier et pilon,
- Analyse au MOLP (microscope optique à lumière polarisée),
- Mise en eau des particules les plus fines, passage aux ultra-sons et mise en goutte sur des grilles de microscopie électronique pré-carbonées.
- Analyse en META (microscope électronique à transmission équipé d'un analyseur chimique).

D / Analyse

La dimension des particules minérales allongées a été déterminée en microscope électronique à transmission analytique (META). La longueur et la largeur des structures sont données à titre indicatif et ne sont pas systématiquement représentatives de la dimension réelle des fibres dans l'échantillon. En effet, la préparation des échantillons en vue de leur analyse au META inclut une phase de destruction mécanique produisant une fragmentation des fibres et minéraux prismatiques.

La nature fibreuse ou non fibreuse des structures observées, est déterminée conformément aux critères de la norme NF X 43-050. Par conséquent, est classée comme fibre une structure qui répond à la définition suivante : « particule allongée qui a des cotés parallèles ou étagés, ayant un rapport L/l égal ou supérieur à 3 et une longueur minimale de $0,5\mu\text{m}$ » §3.17. En META, toute autre structure répondant aux critères dimensionnels mais ne présentant pas la morphologie requise est dite fibriforme.

La résistance à la traction et la souplesse des fibres ne peuvent pas être mesurées au META. Ces critères ne sont pas pris en compte.

Seules les fibres citées dans la norme NFX-43 050 sont classées en tant qu'amiante (Chrysotile, trémolite-amiante, actinote-amiante, amosite, crocidolite, anthophyllite-amiante). Cette norme ne prend pas en compte les autres fibres naturelles qui pourraient être dangereuses.

L'IMA (International Mineralogical Association) a publié une classification des amphiboles en 1997, puis en 2004 et 2012. Le classement des fibres en trémolite / actinote est effectué selon l'IMA 12. Néanmoins, la partition dans le diagramme Si apfu versus $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$, proposée dans l'IMA 78 (mieux adaptée à notre activité) a été préférée pour reporter les compositions chimiques ponctuelles mesurées.

Concernant les spectres ré-équilibrés, il s'agit de la composition chimique de l'amphibole théorique, chimiquement la plus proche de la fibre observée. Cette composition est déterminée à l'aide de la composition chimique brut rentrée dans le logiciel de Locock IMA 12 et ajustée, élément par élément, en fonction des incertitudes de mesure.

Numéro d'analyse : **B2020 10 048 -01**

Date d'analyse : **13/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S3-00	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,605.

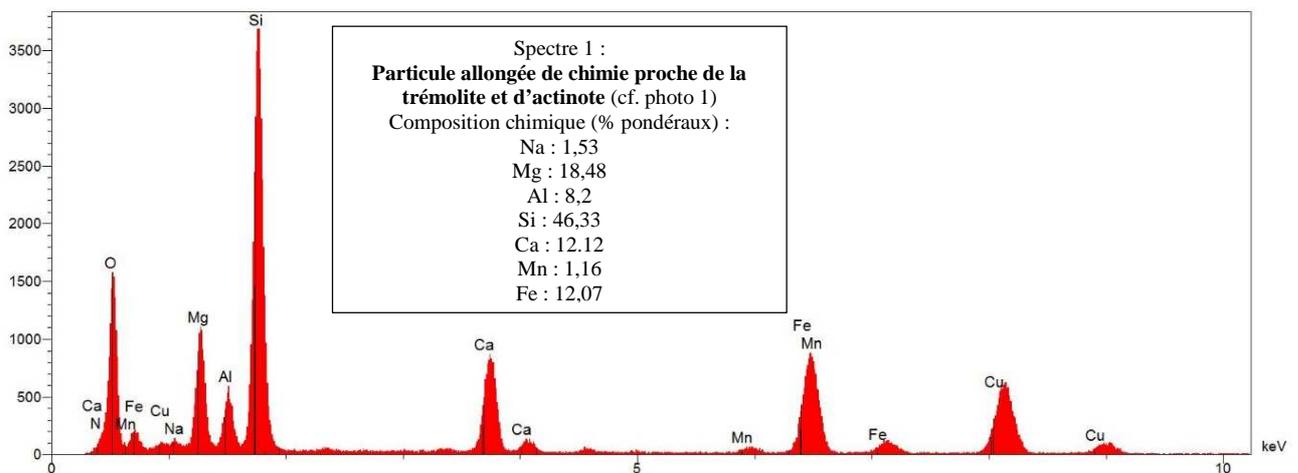
En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible.

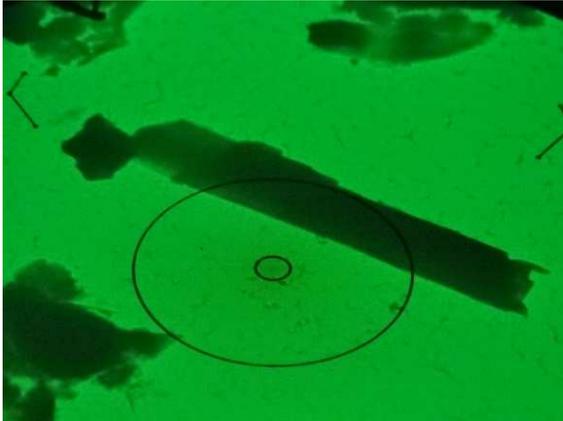
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction quasi droite (9°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de la trémolite.

Ces particules allongées correspondent à de la trémolite prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Une structure fibriformes de trémolite observée. Observation d'une particule allongée présentant les **mêmes éléments chimiques que la trémolite/actinote amiante, mais dans des proportions incompatibles** (cf. photo 1 + spectre 1).





**Photo 1 : Particule allongée de chimie proche de la
trémolite et d'actinote, vue en META
(Grand cercle 2.96μm, petit cercle 0.37μm)**

Numéro d'analyse : **B2020 09 10 048 -02**

Date d'analyse : **13/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S3-01	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (~ 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0,1 % de particules allongées de morphologie aciculaire.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

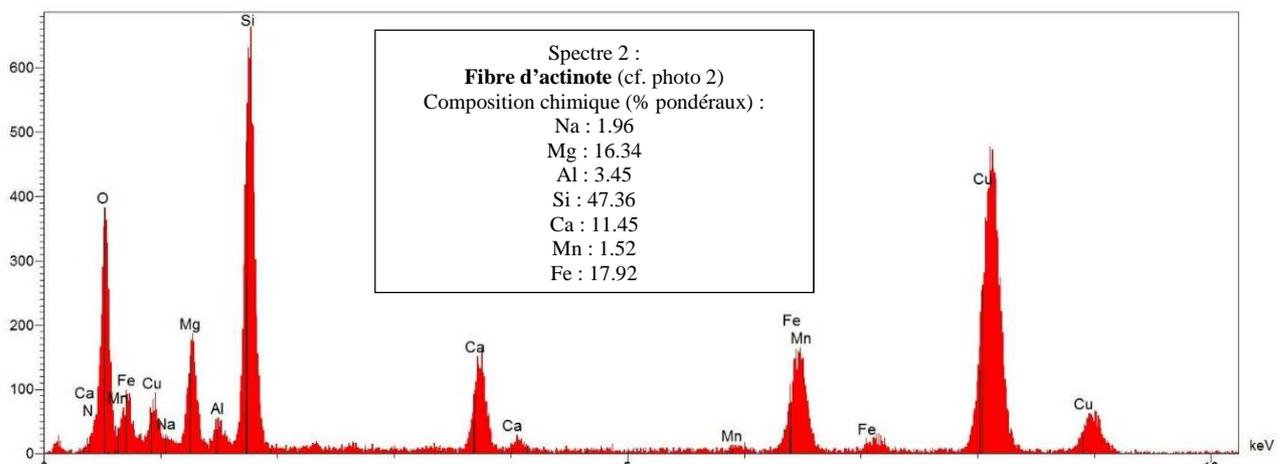
En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (8°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : Une fibre d'actinote (Cf. Spectre 2, Photo 2, figure 1 en annexe et figure 2) **a été détectée**. Pas de structures fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées



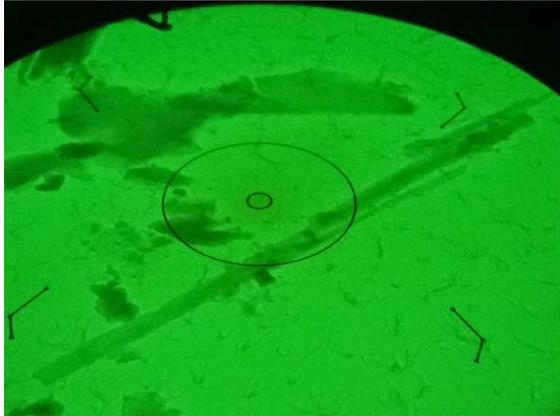


Photo 2 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 3.70 μm, petit cercle 0.46 μm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5μm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5μm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5μm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 2 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *	x	
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		NP

NP = non probant

Tableau 3 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 2, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 3, ci-dessus), la fibre d'actinote observée a probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 048 -03**

Date d'analyse : **13/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S3-02	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 048 -04**

Date d'analyse : **13/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S3-03	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Présence de structures classées en Trémolite-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Une fibre de morphologie asbestiforme ;

- Moins de 0,1 % de particules allongées de morphologie prismatique :

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1.605 et 1,64 respectivement.

1) La fibre de morphologie asbestiforme :

En lumière polarisée non analysée cette particule présente un relief nul, elle est incolore. La particule ne présente pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elle présente une extinction quasi droite avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de la trémolite.

Cette particule allongée correspond à de la trémolite asbestiforme.

2) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Une fibre de trémolite (Cf. Spectre 3, Photo 3, figure 1 en annexe et figure 3) **a été détectée.** Une structure fibriforme d'actinote observée.

Pas d'autres fibres minérales observées

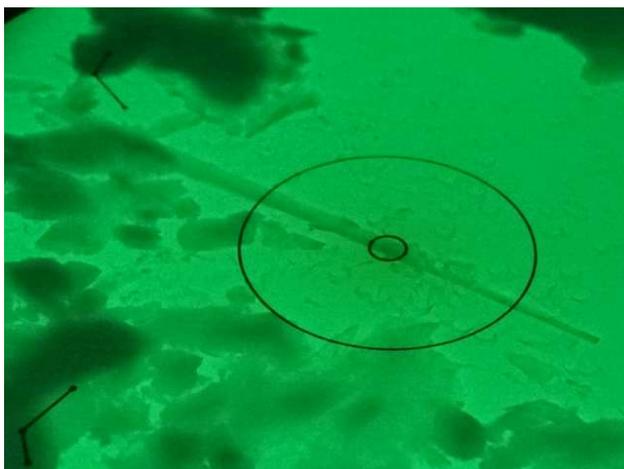
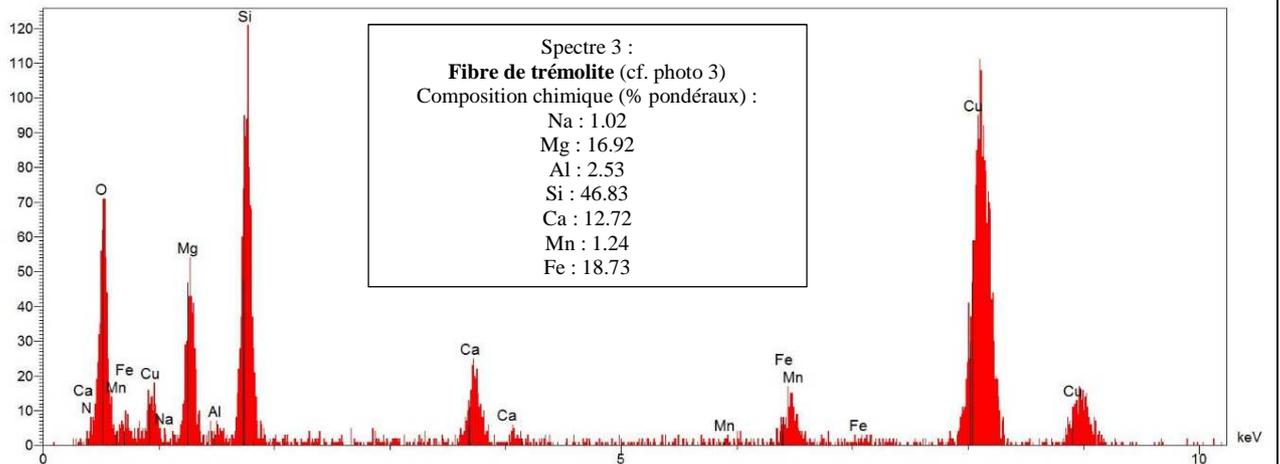


Photo 3 : **Fibre de trémolite**, vue en META
(Grand cercle 2.96 μm, petit cercle 0.37 μm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20	x	
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 4 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *	x	
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		NP

NP = non probant

Tableau 5 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 4, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 5, ci-dessus), la fibre de trémolite observée a probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 048 -05**

Date d'analyse : **13/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S3-04	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0,1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

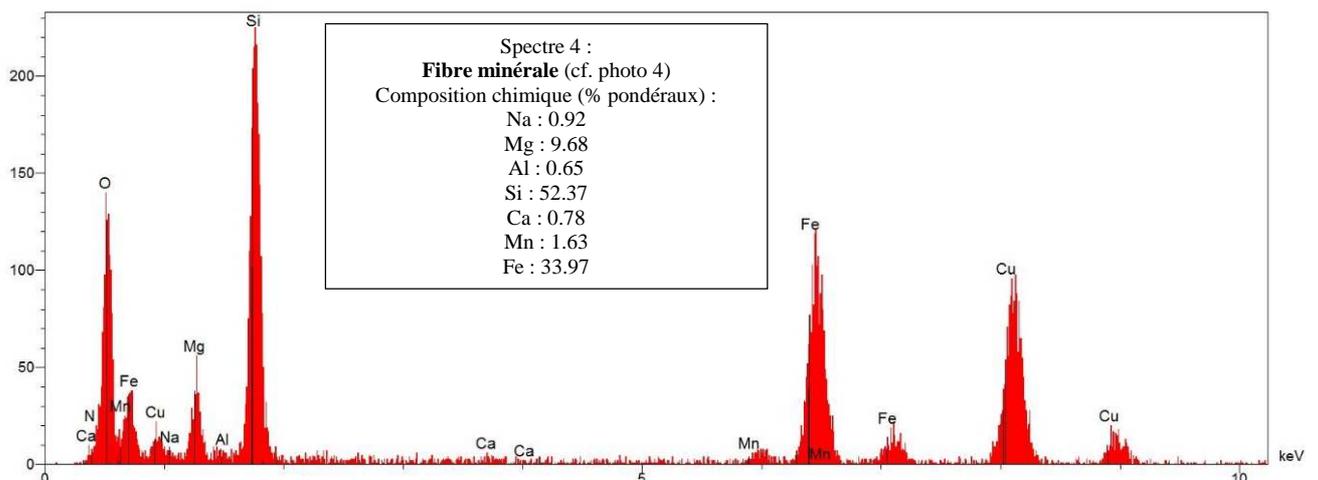
En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (14°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Une structure fibriforme d'actinote observée. Une fibre minérale observée (Cf. Spectre 4 et Photo 4).



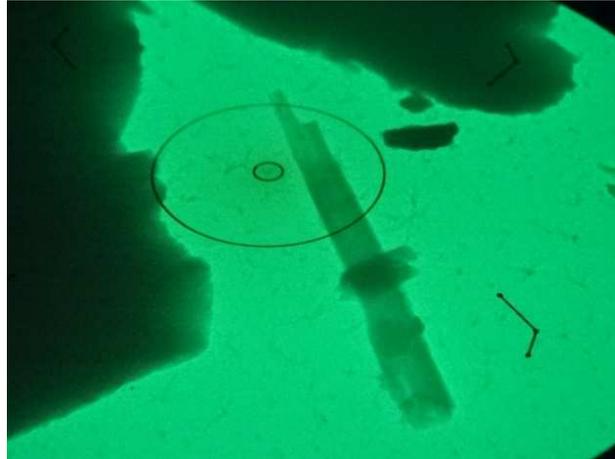


Photo 4 : Fibre minérale, vue en META
(Grand cercle 3,70 μm , petit cercle 0.46 μm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 048 -06**

Date d'analyse : **13/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S3-4,5	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments centimétriques de roche grise et terre friable marron	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : **Pas d'amiante détecté.** Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. De rares fibres minérales observées (Cf. Spectre 5 et Photo 5).

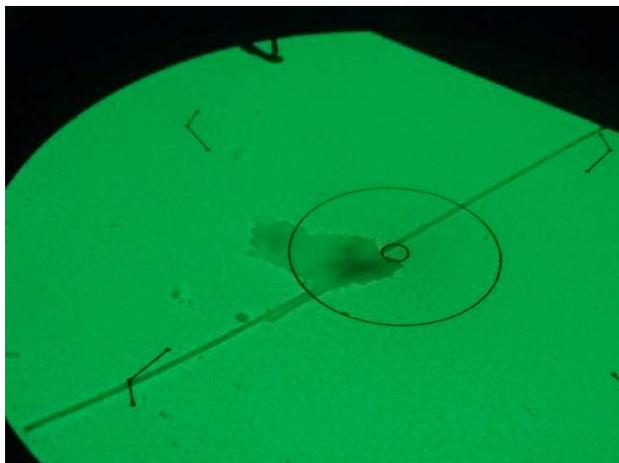
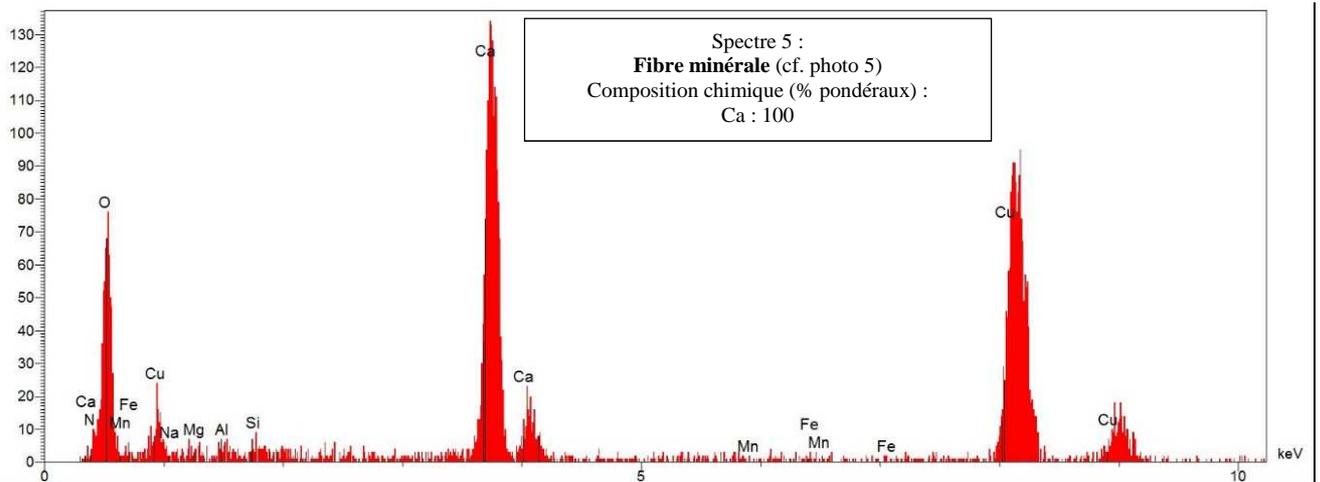


Photo 5 : Fibre minérale, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 048 -07**

Date d'analyse : **13/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S3-5	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments centimétriques de roche grise et blanche et terre friable marron	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : **Pas d'amiante détecté.** Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Une fibre minérale observée (Cf. Spectre 6 et Photo 6).

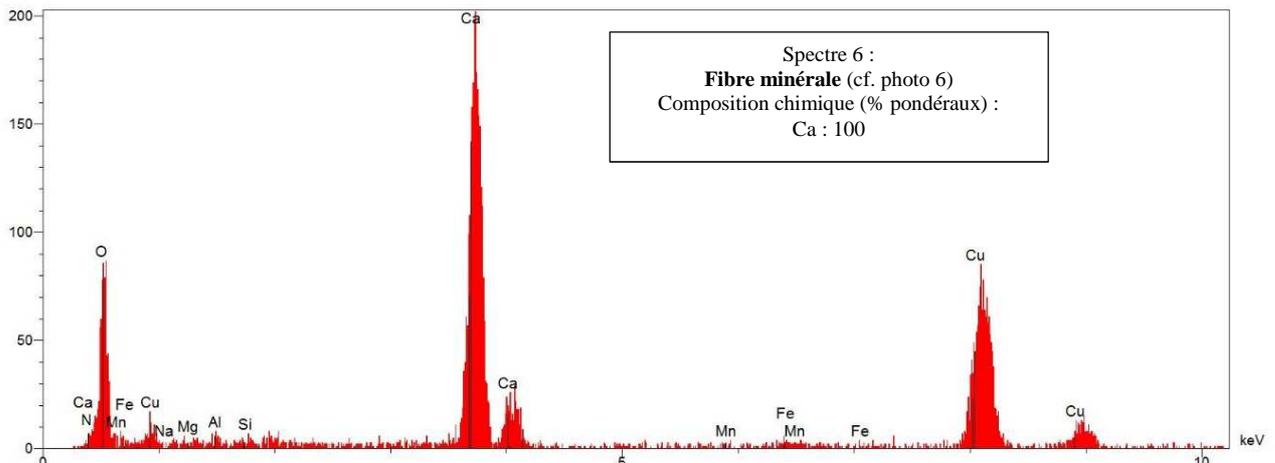


Photo 6 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 048 -08**

Date d'analyse : **13/10/20**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S3-5,5	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Roche centimétrique grise/beige et poudre friable crème	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : **Pas d'amiante détecté.** Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 048 -09**

Date d'analyse : **13/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S3-6	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments centimétriques de roche grise et terre friable grise	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

ANNEXE :

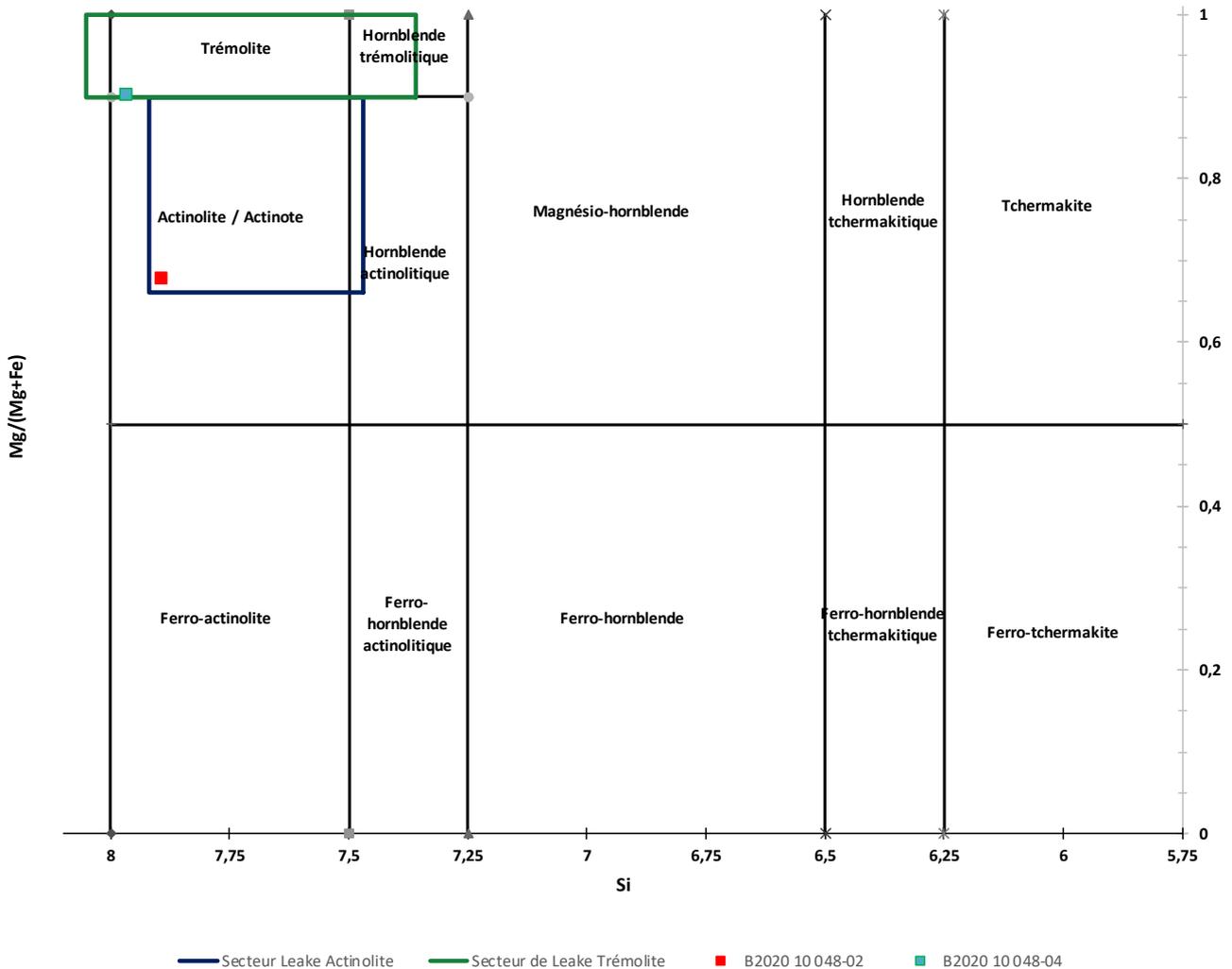


Figure 1 : Diagramme de classification chimique des amphiboles, avec Si en fonction de Mg/(Mg+Fe), IMA 12. Les noms des minéraux « Hornblende trémolitique », « Hornblende actinolitique » et « Ferro-hornblende actinolitique » de l'IMA 78 ont été conservés car mieux adaptés à notre activité.

Les secteurs en bleu et vert ont été déterminés à partir de mesures effectuées sur un standard **NIST SRM 1867** d'actinote-amiante et d'un standard **NIST SRM 1867** de trémolite-amiante analysés sur le(s) microscope(s) électronique(s) à transmission utilisé(s) à l'analyse.

Seules les fibres analysées présentant les mêmes éléments chimiques que la trémolite / actinote ont été reportées.

NB : Attention, les calculs ont été faits comme si les particules étaient des amphiboles, alors que ce n'est peut-être pas le cas pour toutes les particules. Aussi, lorsqu'on est en dehors du champ de la trémolite ou de l'actinote, le nom du minéral correspondant au secteur dans lequel est situé le point de la particule observée n'est pas à prendre en compte.

E / Positionnement dans le diagramme de Chatfield

L'échantillon B2020 10 048 -02 a produit une fibre classée comme actinote-amiante selon la norme NF X 43 050. La largeur et le rapport longueur/largeur des fibres d'amiante observées ont été reportés dans le diagramme de Chatfield (2008, cf. figure 2 ci-dessous).

On constate que :

1/ L'échantillon B2020 10 048 -02 présente une fibre d'actinote-amiante qui tombe soit dans le champ couvert par les points en noir du standard d'actinote-amiante NIST SRM 1867, soit dans le prolongement de ce champ.

2/ L'échantillon B2020 10 048 -02 tombe dans la zone jaune caractéristique des fibres les plus dangereuses.

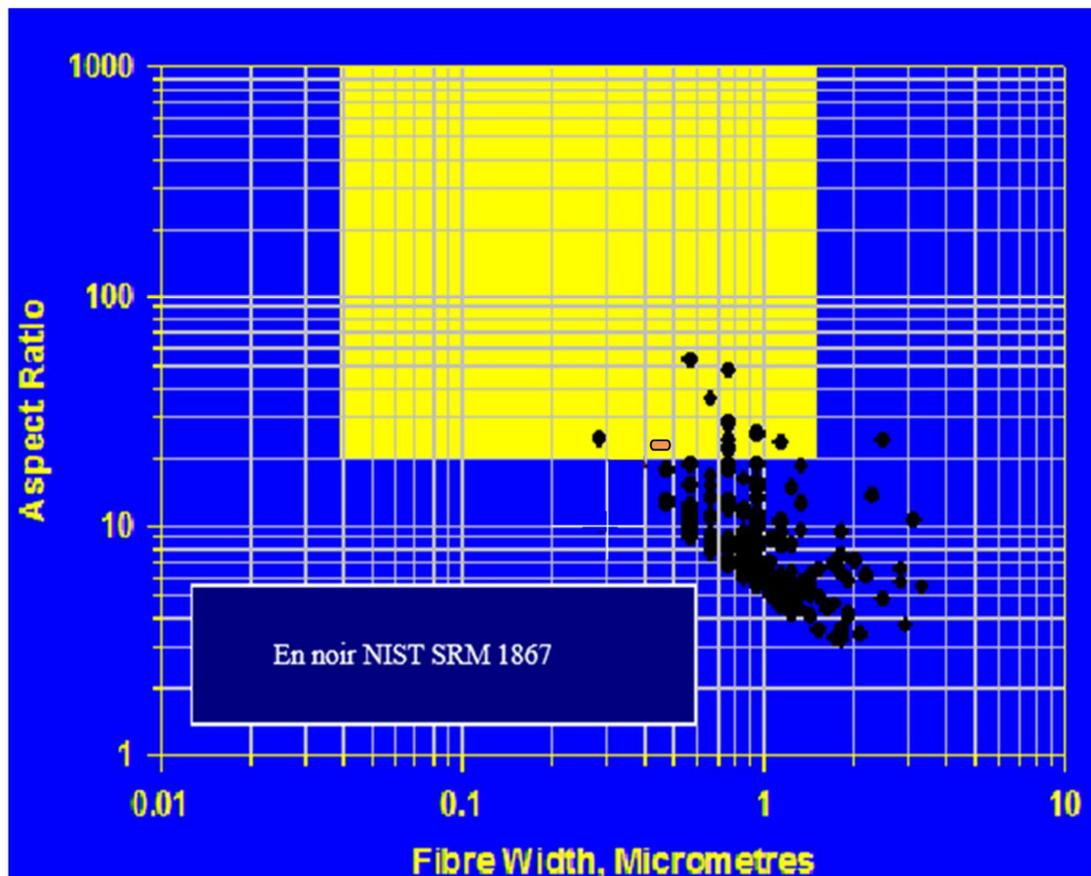


Figure 2 : Diagramme de Chatfield (2008), selon le modèle de référence NIST SRM 1867 concernant l'actinote - amiante

● Echantillon B2020 10 048-02

L'échantillon B2020 10 048 -04 a produit une fibre classée comme trémolite-amiante selon la norme NF X 43 050. La largeur et le rapport longueur/largeur des fibres d'amiante observées ont été reportés dans le diagramme de Chatfield (2008, cf. figure 2 ci-dessous).

On constate que :

1/ L'échantillon B2020 10 048 -04 présente une fibre de trémolite-amiante qui tombe soit dans le champ couvert par les points en noir du standard d'actinote-amiante NIST SRM 1867, soit dans le prolongement de ce champ.

2/ L'échantillon B2020 10 048 -04 tombe dans la zone jaune caractéristique des fibres les plus dangereuses.

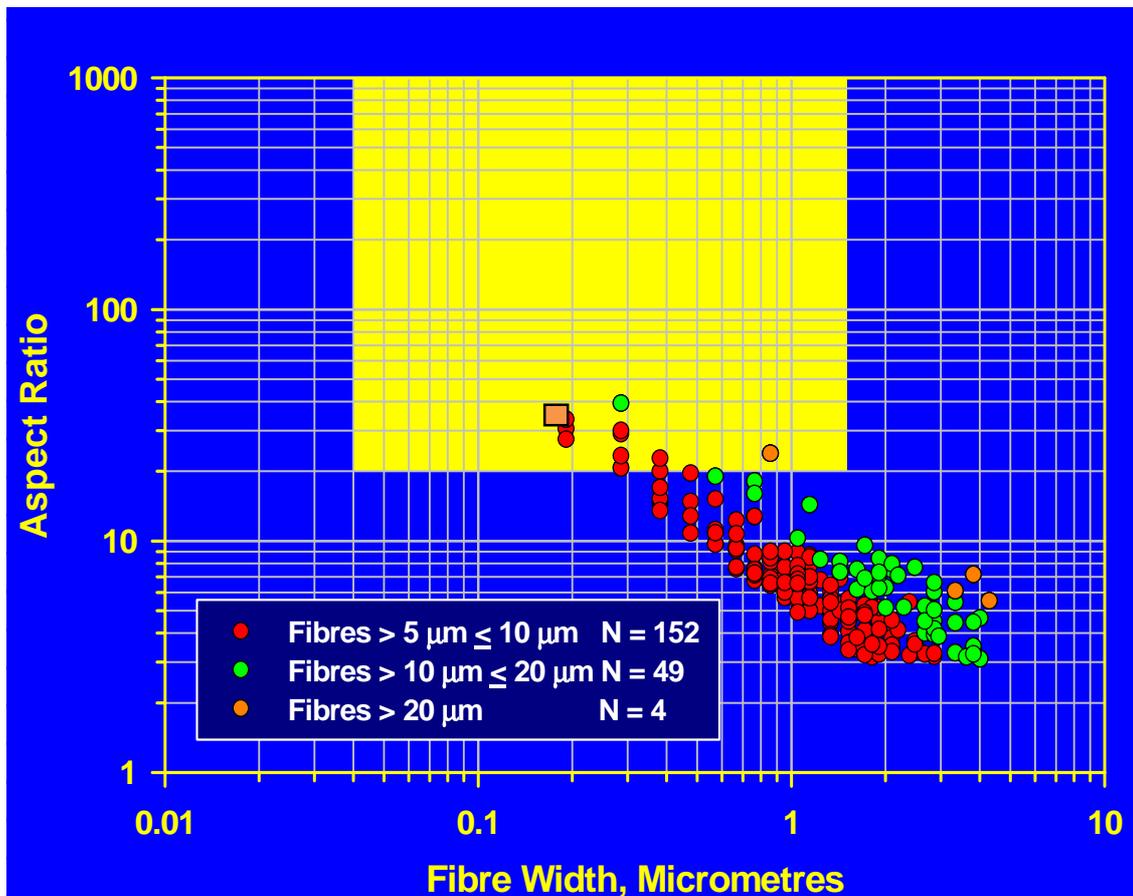


Figure 3 : Diagramme de Chatfield (2008), selon le modèle de référence NIST SRM 1867 concernant la trémolite – amiante

■ Echantillon B2020 10 048-04

F. Conclusion

L'échantillon B2020 10 048 -02 a libéré après broyage une fibre classée comme de l'actinote-amiante selon la norme NFX 43-050.

L'échantillon B2020 10 048 -04 a libéré après broyage une fibre classée comme de la trémolite-amiante selon la norme NFX 43-050.

Aux vues des observations réalisées au META, et selon la norme NF ISO 22262-1, les critères complémentaires de Van Orden D.R., de Langer A.M et le classement selon l'IMA 12, nous nous trouvons probablement :

- Dans le cas g (voir tableau 1) pour les échantillons B2020 10 048 -02 et -04, c'est-à-dire en présence de fibres d'actinote et de trémolite d'origine asbestiforme.

Analyste MOLP: Fanny SOLER 

Analyste META: Vincent BARTHOMUS 

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Le résultat concerne uniquement l'échantillon soumis à essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

ACCREDITATION
1-5606
PORTEE
DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR



Client : **GEODERIS**
40, rue de Pinville - CS 40045
34060 MONTPELLIER CEDEX 2

Attention : **Philippe BARANGER**
Fax /Email : **philippe.baranger@geoderis.fr**

Analyse de roche pour la recherche d'amiante réglementaire et autres fibres inorganiques

Microscopie Optique à Lumière Polarisée (MOLP) Microscopie Electronique à Transmission Analytique (META)

Commande client : **N°2019/061**
Devis N°: **ADV19ADL0171**
Réf. client / site de prélèvement : **Mission AMO/ Tailings de la mine de Salau**
N° dossier d'analyse : **B2020 10 052**

A / Objectif

La trémolite-amiante, l'actinote-amiante, l'anthophyllite-amiante, l'amosite et la crocidolite sont des amphiboles amiante.

Ce rapport a pour objectif principal de caractériser, le plus précisément possible, les particules classées comme amphibole amiante si elles sont présentes dans les échantillons, ou d'apporter des informations complémentaires sur les particules allongées qui pourraient être confondues avec des amphiboles amiante. Il s'agit de l'analyse de roches naturelles (granulats, ballast, gravillons et ciment).

Le laboratoire garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0.1% en masse, selon un intervalle de confiance à 95 %.

Les échantillons ont été prélevés par les géologues d'AD-LAB.

B / Vérification de la nature des particules allongées d'amphibole

Les amphiboles existent dans la nature sous différentes formes : prismatique, aciculaire (en aiguille) et asbestiforme ; c'est le cas notamment de la trémolite/actinote (appelée trémolite-amiante / actinote-amiante sous sa forme amiante), la grunérite (appelée grunérite-amiante ou amosite sous forme amiante), la riebeckite (appelée riebeckite-amiante ou crocidolite sous sa forme amiante), l'anthophyllite (appelée anthophyllite-amiante sous sa forme amiante). La classification d'une amphibole comme étant de l'amiante est différente selon que l'on soit carrier géologue, hygiéniste ou médecin. Pour les carriers qui produisent des granulats, seule l'amphibole asbestiforme (classe (c) ou (c') du tableau 1) est considérée comme de l'amiante. Bien que non classées amiante en France, d'autres amphiboles peuvent se rencontrer sous le faciès asbestiformes dans les roches naturelles et peuvent être reconnues comme cancérigènes : il s'agit notamment de l'édénite, la richtérite et la winchite.

La difficulté est que, quel que soit le faciès initial, une fois broyées, ces différentes formes d'amphiboles peuvent être classées ou non comme de l'amiante en fonction des méthodes analytiques recommandées par la réglementation du pays. La conséquence est qu'un produit vendu comme ne contenant pas d'amiante peut être classé comme amiantifère après préparation / analyse.

En France la seule méthode de référence de l'identification d'amiante au Microscope Electronique à Transmission Analytique (META) est la norme NF X 43-050. Une observation attentive des particules allongées devrait permettre d'éliminer les particules prismatiques (classe (d) du tableau 1) issues du broyage des amphiboles, en sélectionnant seulement les particules qui ont des bords nettement parallèles ou étagés (norme NF X 43 050 § 3.17). Donc les particules prismatiques ne doivent pas être classées comme amiante en France.

Par contre, il n'est pas possible de différencier seulement avec la norme NF X 43-050 les particules allongées (classe (e) du tableau 1) issues de la fragmentation d'amphibole en général aciculaire, des particules allongées issues d'amphibole semi-asbestiforme et asbestiforme (classe (f) et (g) du tableau 1). En ajoutant les critères de la **norme ISO 22262-1** (MOLP et META), les critères pertinents de **Van Orden D. R.** (« Differentiating Amphibole Asbestos from Non-Asbestos in a complex Mineral Environment » : Indoor and Built Environment », Vol 17, pp 58-68, 2007) et les critères de **Langer A.M.** (« Electron Microscopical Investigation of Asbestos Fibers », Vol 9, pp 63-80, 1974), il est alors possible dans la plupart des cas de les discriminer.

Les roches peuvent être analysées au MOLP, cependant les fibres les plus fines ne sont pas détectées. La morphologie et la nature des fibres observées sont analysées conformément aux critères de HSG 248 et de l'ISO 22262-1. Si l'analyse est négative ou non concluante au MOLP, l'analyse est poursuivie au META.

Enfin, les analyses sont effectuées selon la procédure interne « ROCHES NATURELLES » et les modes opératoires internes « ROCHES NATURELLES / Analyse MOLP » et « ROCHES NATURELLES / Préparation en vue de leur analyse META ».

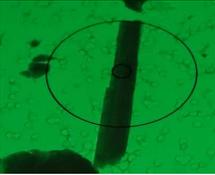
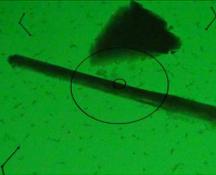
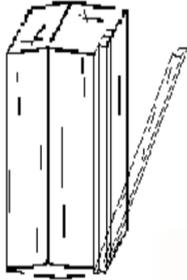
<p>Observation après broyage</p>	 Fragment de clivage (d) à bords approximativement parallèles	 Fin fragment de clivage fin (e) à bords partiellement parallèles	 Fibre fine (f) à bords parallèles	 Fibre très fine et très longue (g) à bords parallèle
<p>Correspondance avec classification sur la base de l'avis de l'ANSES de décembre 2015 et avril 2017 (PMAI : Particule minérale allongée d'intérêt)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, non fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage, notée fibriforme</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est semi-asbestiforme (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est asbestiforme (amiante réglementaire)</p>
<p>Origine probable des formes d'amphiboles amiante dans les roches naturelles</p>	 Prismatique (a)	 Aciculaire (ou en aiguille) (b)	 Semi-asbestiforme (c')	 Asbestiforme (c)

Tableau 1 : Classement des particules selon les observations de M. GERMINE, 1986, Asbestiform and non-asbestiform amphiboles, cadmium, and zinc in quarry samples of marble from Franklin and Sparta, Sussex County, New Jersey: New Jersey Geological Survey Geologic Report 15, 19 p.

*Dimensions OMS : Longueur > 5 µm, diamètre < 3 µm, rapport longueur/largeur > 3

C / Préparation des échantillons

Les échantillons sont des roches naturelles. Le protocole de la préparation est succinctement décrit ci-dessous :

- Observation sous stéréomicroscope,
- Prélèvement d'un sous-échantillon de roche,
- Ecrasement à la spatule et/ou broyage manuel au mortier et pilon,
- Analyse au MOLP (microscope optique à lumière polarisée),
- Mise en eau des particules les plus fines, passage aux ultra-sons et mise en goutte sur des grilles de microscopie électronique pré-carbonées.
- Analyse en META (microscope électronique à transmission équipé d'un analyseur chimique).

D / Analyse

La dimension des particules minérales allongées a été déterminée en microscope électronique à transmission analytique (META). La longueur et la largeur des structures sont données à titre indicatif et ne sont pas systématiquement représentatives de la dimension réelle des fibres dans l'échantillon. En effet, la préparation des échantillons en vue de leur analyse au META inclut une phase de destruction mécanique produisant une fragmentation des fibres et minéraux prismatiques.

La nature fibreuse ou non fibreuse des structures observées, est déterminée conformément aux critères de la norme NF X 43-050. Par conséquent, est classée comme fibre une structure qui répond à la définition suivante : « particule allongée qui a des cotés parallèles ou étagés, ayant un rapport L/l égal ou supérieur à 3 et une longueur minimale de $0,5\mu\text{m}$ » §3.17. En META, toute autre structure répondant aux critères dimensionnels mais ne présentant pas la morphologie requise est dite fibriforme.

La résistance à la traction et la souplesse des fibres ne peuvent pas être mesurées au META. Ces critères ne sont pas pris en compte.

Seules les fibres citées dans la norme NFX-43 050 sont classées en tant qu'amiante (Chrysotile, trémolite-amiante, actinote-amiante, amosite, crocidolite, anthophyllite-amiante). Cette norme ne prend pas en compte les autres fibres naturelles qui pourraient être dangereuses.

L'IMA (International Mineralogical Association) a publié une classification des amphiboles en 1997, puis en 2004 et 2012. Le classement des fibres en trémolite / actinote est effectué selon l'IMA 12. Néanmoins, la partition dans le diagramme Si apfu versus $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$, proposée dans l'IMA 78 (mieux adaptée à notre activité) a été préférée pour reporter les compositions chimiques ponctuelles mesurées.

Concernant les spectres ré-équilibrés, il s'agit de la composition chimique de l'amphibole théorique, chimiquement la plus proche de la fibre observée. Cette composition est déterminée à l'aide de la composition chimique brut rentrée dans le logiciel de Locock IMA 12 et ajustée, élément par élément, en fonction des incertitudes de mesure.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -01**

Date d'analyse : **19/10/20**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S4-0	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments de roches centimétriques grise et terre marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -02**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S4-0.5	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments de roches centimétriques grise et terre marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : B2020 10 052 -03

Date d'analyse : 19/10/20



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S4-1	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments de roches centimétriques grise et terre marron/orange	Pas d'amiante détecté.

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : **Pas d'amiante détecté.** Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. . Une fibre minérale observée (cf. photo 1 et spectre 1).

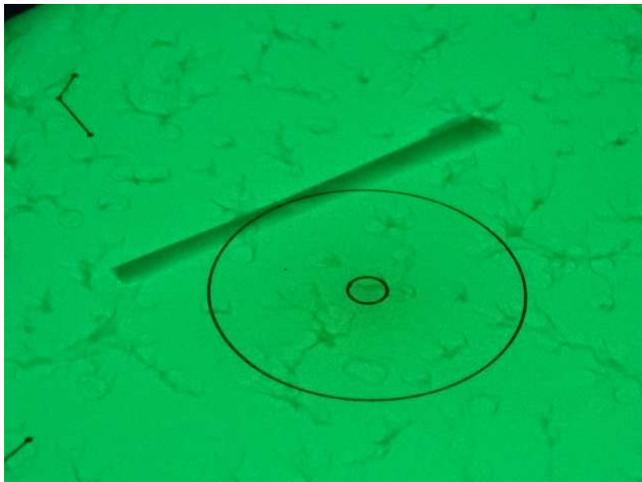
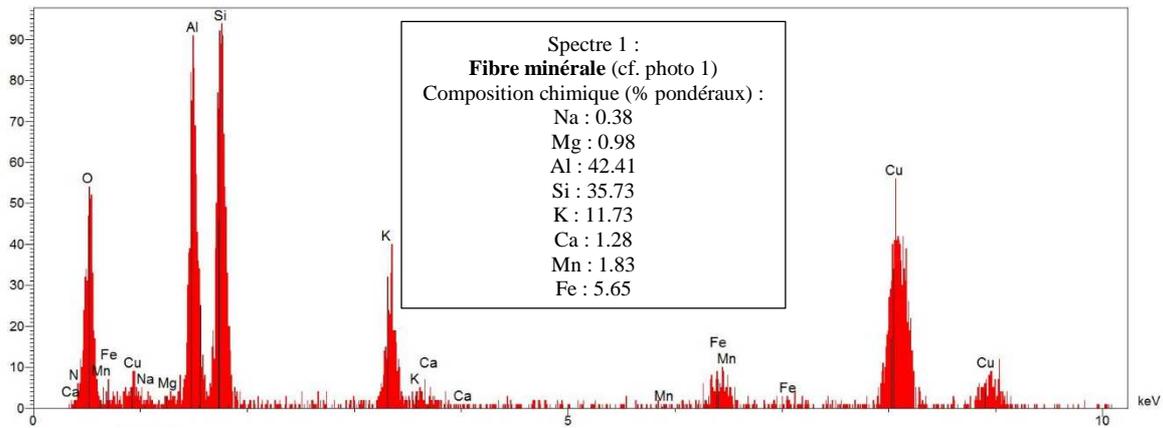


Photo 1 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -04**

Date d'analyse : **19/10/20**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S4-2	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments de roches centimétriques grise et terre marron/orange	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : **Pas d'amiante détecté.** Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -05**

Date d'analyse : **15/10/20**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S4-5	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments de roches centimétriques grise et terre marron/orange	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -06**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S4-6	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments de roches centimétriques grise et terre marron/orange	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -07**

Date d'analyse : **19/10/20**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S4-7	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments de roches centimétriques grise et terre marron/orange	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Une fibre minérale observée (cf. photo 2 et spectre 2).

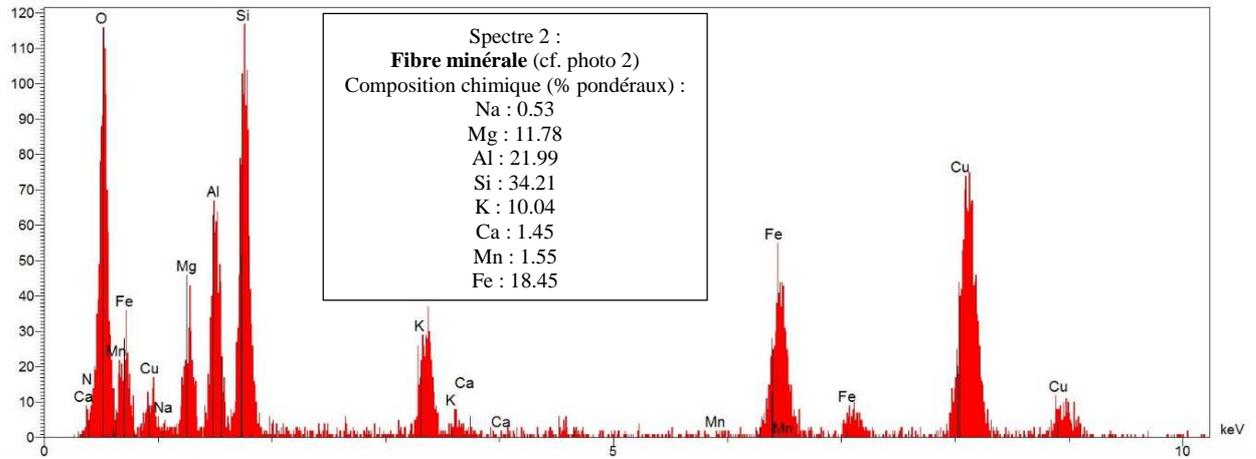


Photo 2 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -08**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S5-0	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments de roche centimétrique grise et terre marron/orange	Présence de structures classées en Actinote-amiante selon la norme NF X 43-050 Origine non-asbestiforme (fragment de clivage) probable (type e) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

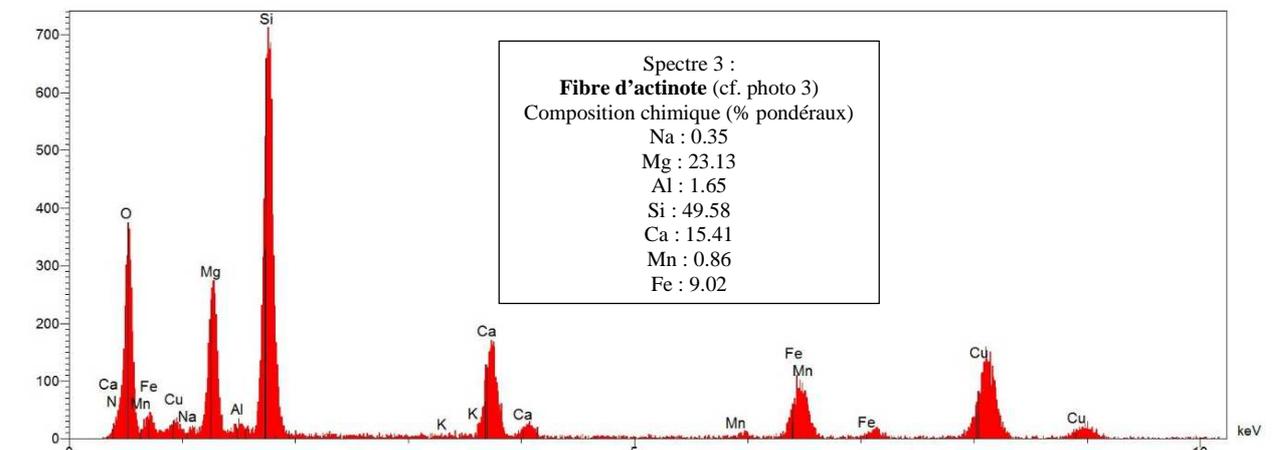
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Une fibre d'actinote (Cf. Spectre 3, Photo 3, figure 1 en annexe et §E figure 2) a été détectée. Une structure fibriforme d'actinote observée.

Pas d'autres fibres minérales observées.



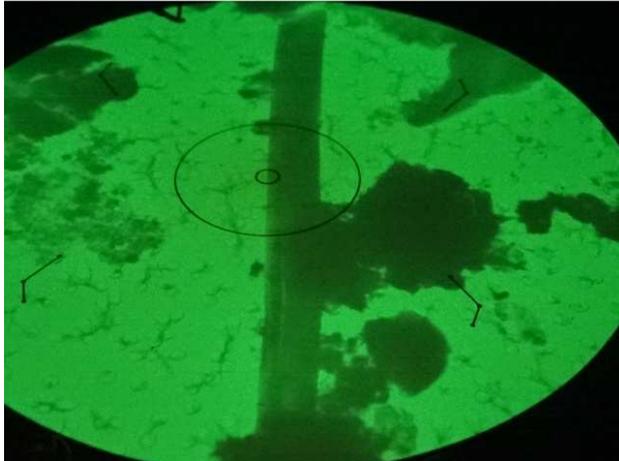


Photo 3 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 3.70µm, petit cercle 0.46µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles		x
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm		x
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

Tableau 2 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		x
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		x
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		NP

NP = non probant

Tableau 3 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 2, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 3, ci-dessus), la fibre d'actinote observée a probablement une origine non-asbestiforme (fragment de clivage).

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -09**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S5-1.5	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments de roche centimétrique grise et terre noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Une structure fibriforme d'actinote observée. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -10**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S5-2	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments de roche centimétrique grise et terre marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -11**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S5-4.5	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments de roche centimétrique grise et terre marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : **Pas d'amiante détecté.** Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Une fibre minérale observée (cf. photo 4 et spectre 4).

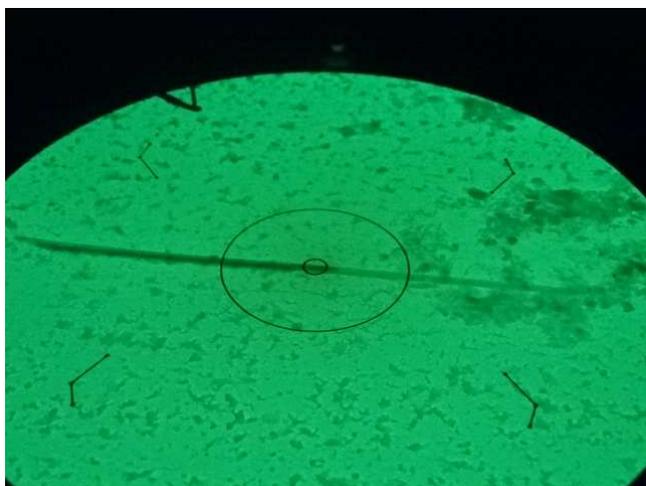
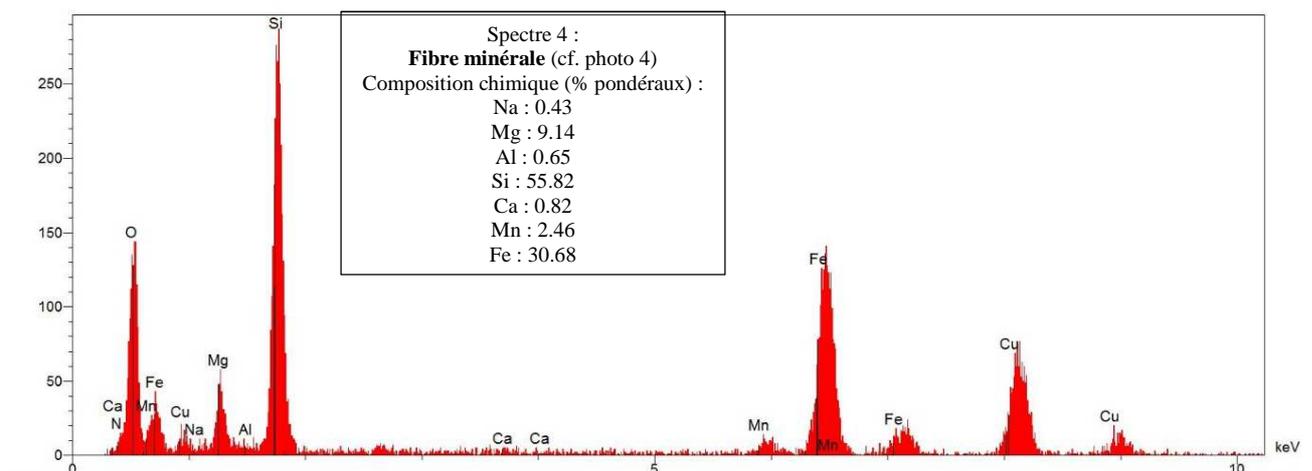


Photo 4 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 8.33 μm, petit cercle 1.04 μm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -12**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S5-5	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments de roche centimétrique grise et terre marron/orange	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

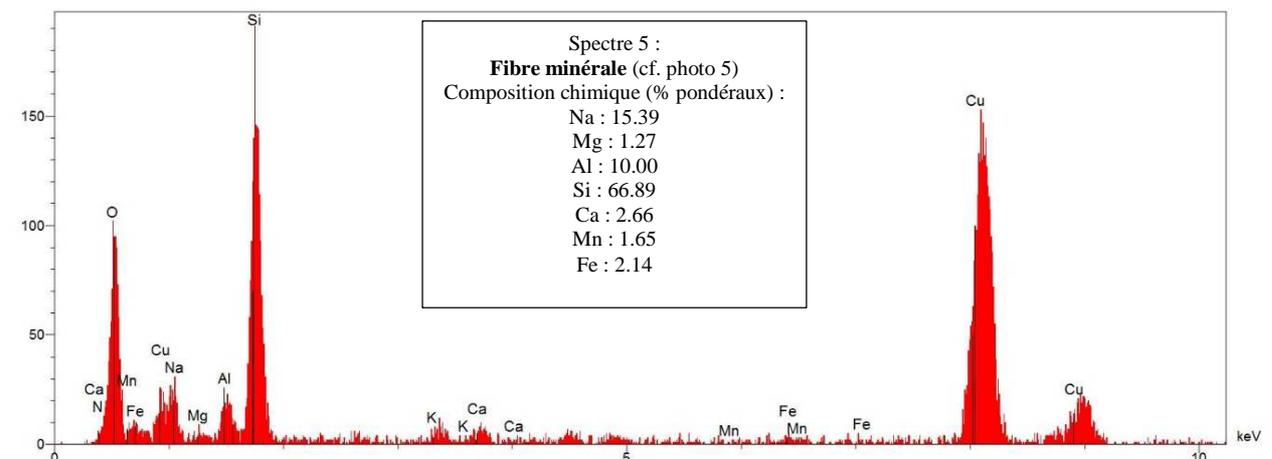
En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Une structure fibriforme d'actinote observée. Une fibre minérale observée (cf. photo 5 et spectre 5).



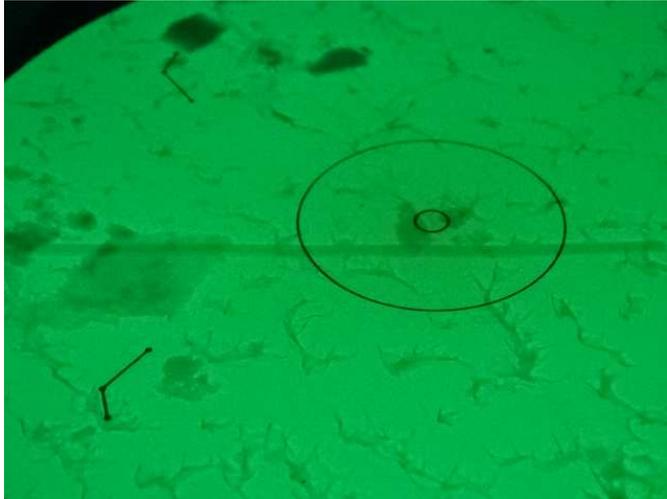


Photo 5 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96 μ m, petit cercle 0.37 μ m)

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -13**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S5-6	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments de roche centimétrique grise et terre marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -14**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S8-0	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -15**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S8-1	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Une fibre minérale observée (cf. photo 6 et spectre 6).

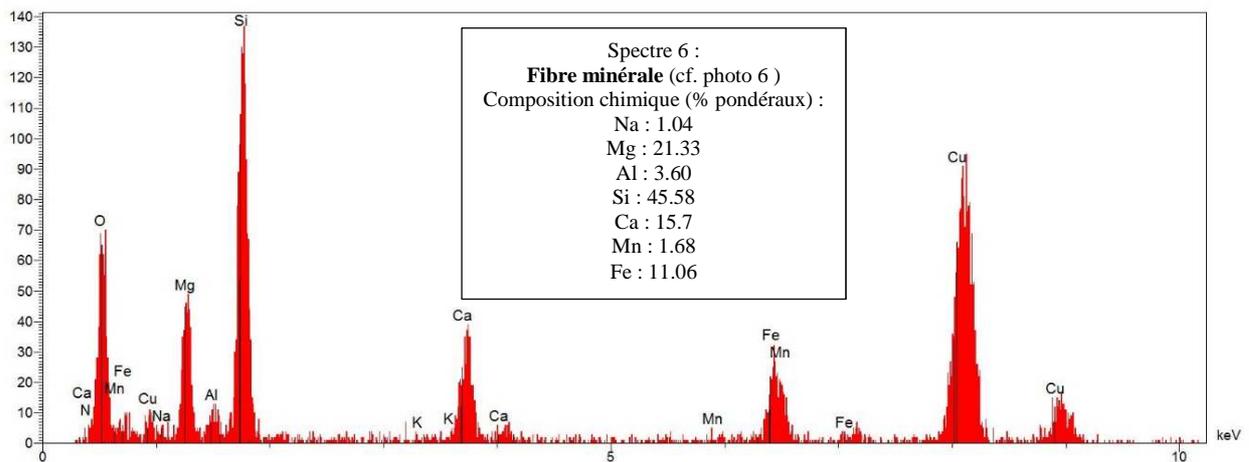


Photo 6 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -16**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S8-2	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -17**

Date d'analyse : **19/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S8-3	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -18**

Date d'analyse : **20/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S8-4	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction quasi droite (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Une structure fibriforme d'actinote observée. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -19**

Date d'analyse : **20/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S8-5	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Une fibre minérale observée (cf. photo 7 et spectre 7).

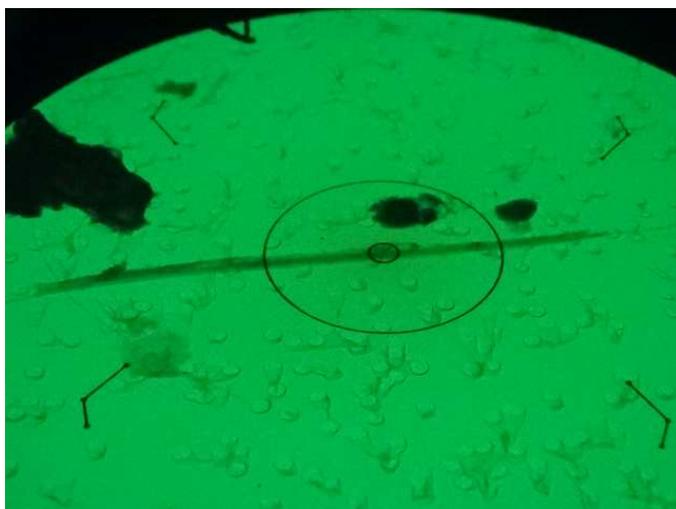
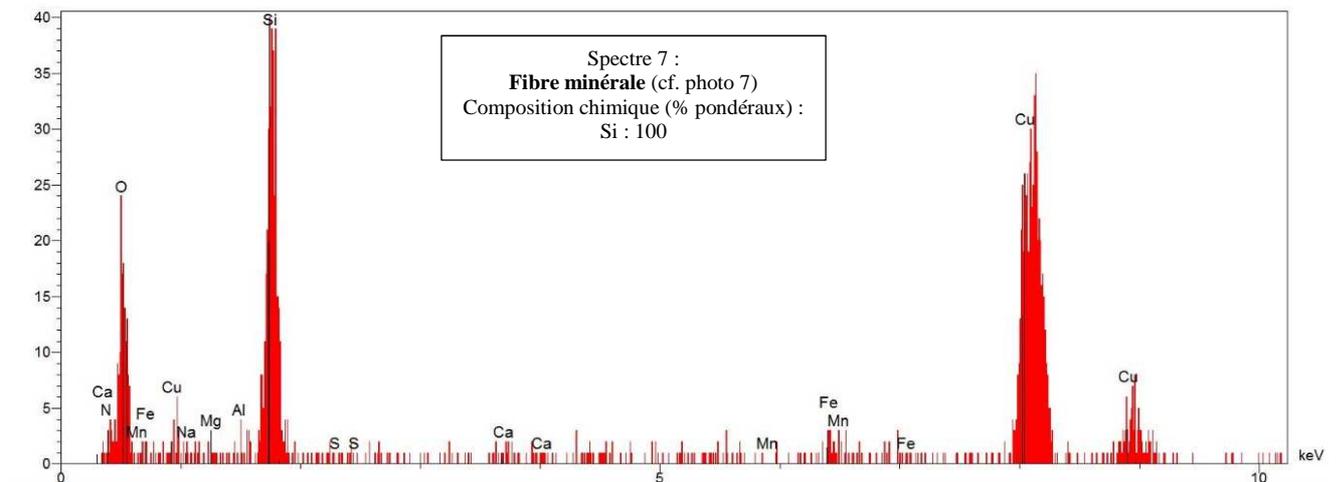


Photo 7 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -20**

Date d'analyse : **20/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S10-0	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche marron/orange	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -21**

Date d'analyse : **21/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S10-1	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : **Pas d'amiante détecté.** Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Une fibre minérale observée (cf. photo 8 et spectre 8).

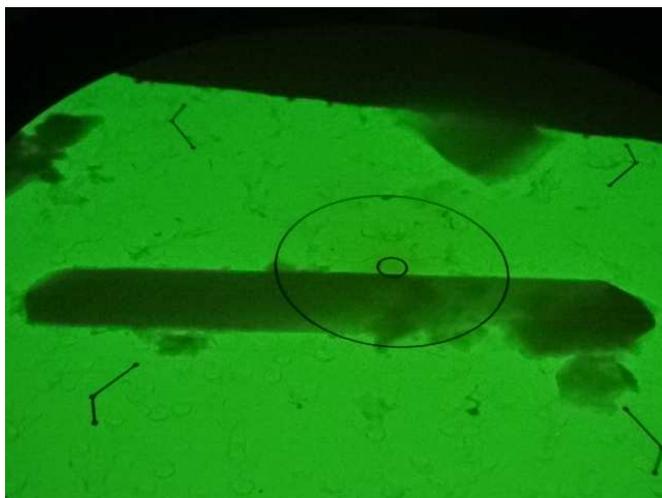
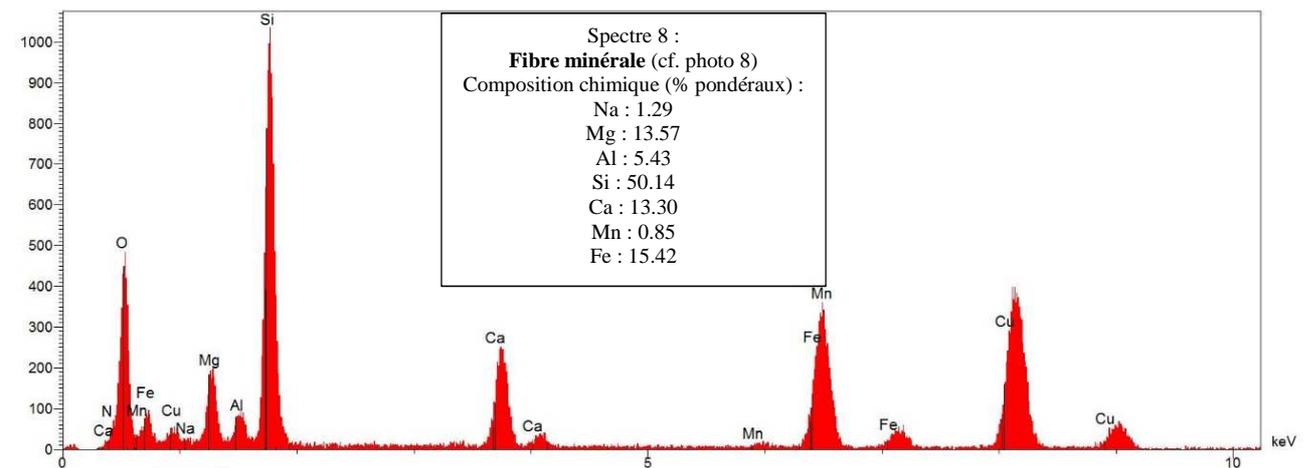


Photo 8 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -22**

Date d'analyse : **21/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S10-2	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : **Pas d'amiante détecté.** Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Une fibre minérale observée (cf. photo 9 et spectre 9).

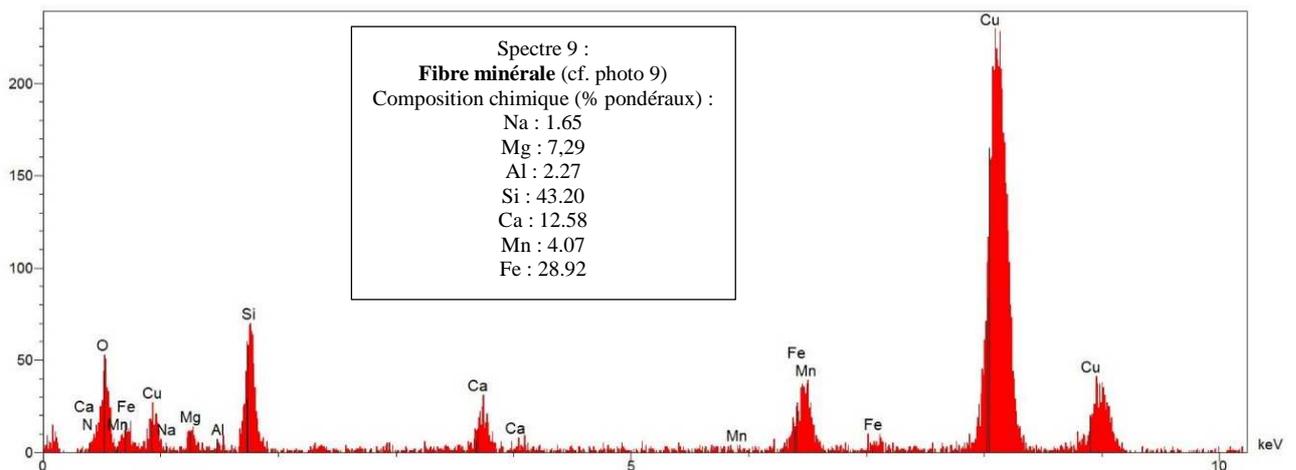


Photo 9 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -23**

Date d'analyse : **21/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S10-3	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

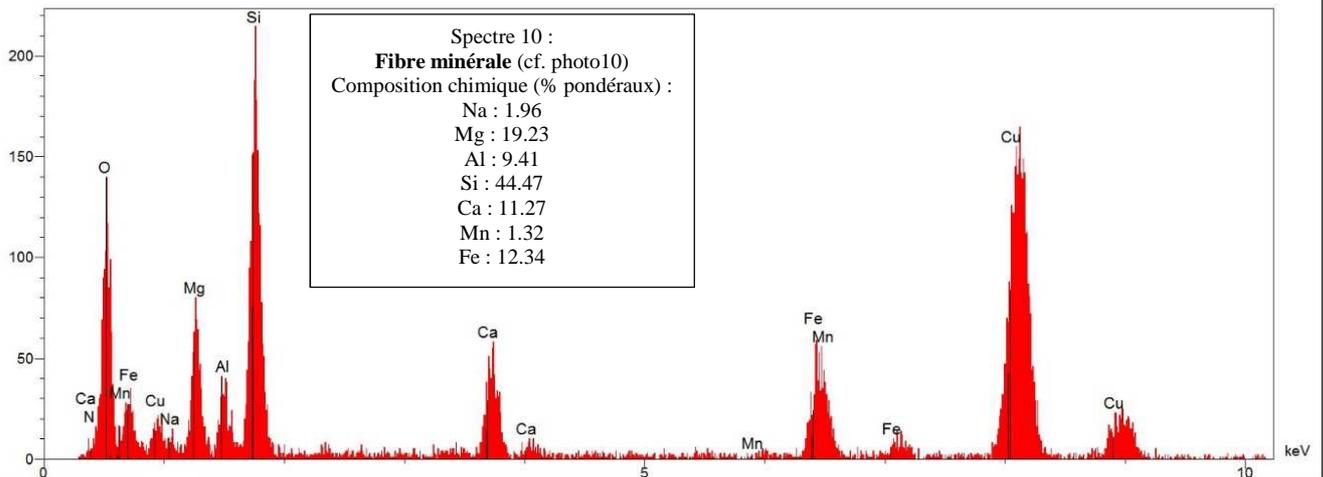
En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible à nul allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (11°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Une fibre minérale observée (cf. photo 10 et spectre 10).



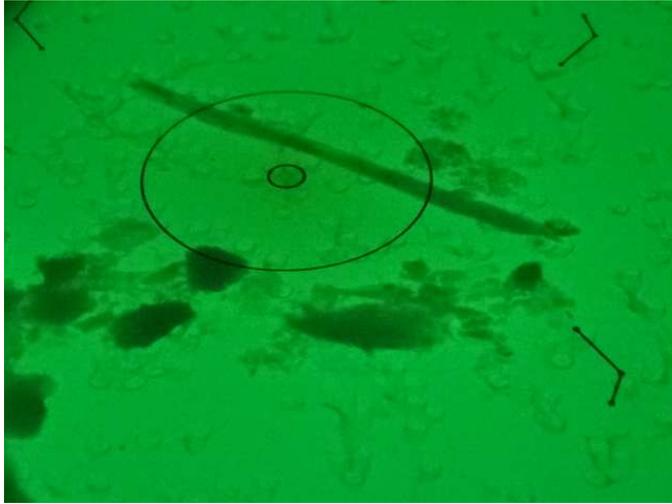


Photo 10 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96 μ m, petit cercle 0.37 μ m)

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -24**

Date d'analyse : **21/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S10-4	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : **Pas d'amiante détecté.** Pas de structures fibreuses et fibriformes observées. Une fibre minérale observée (cf. photo 11 et spectre 11).

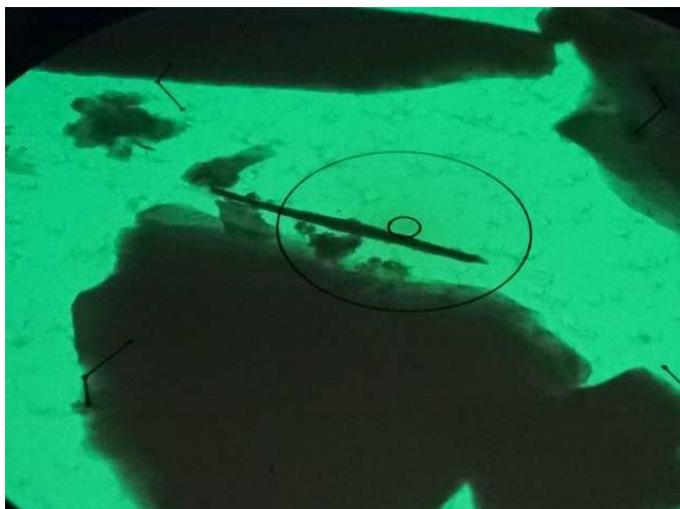
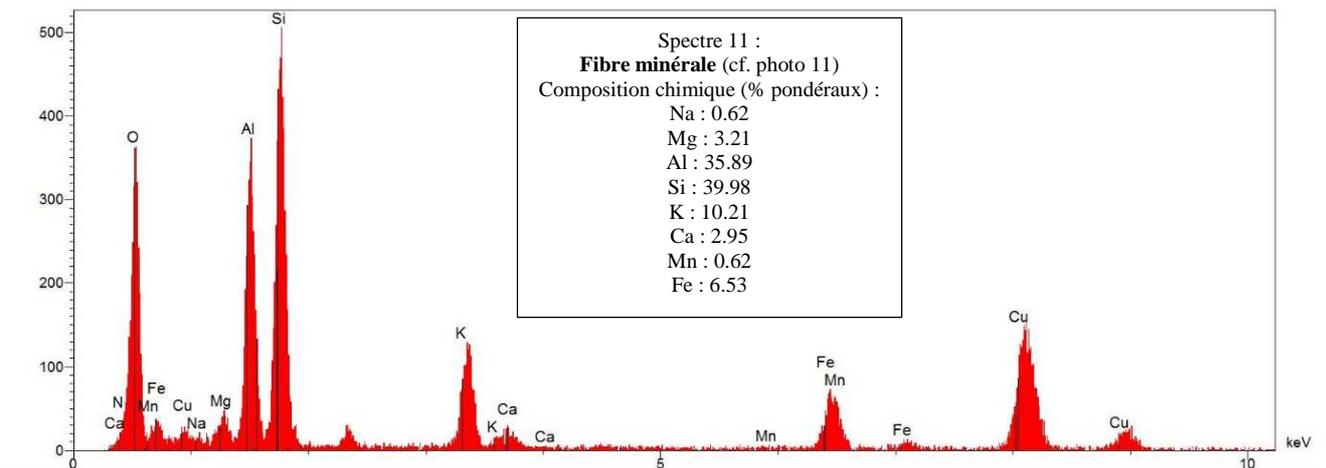


Photo 11 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 052 -25**

Date d'analyse : **21/10/20**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S10-5	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1% de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

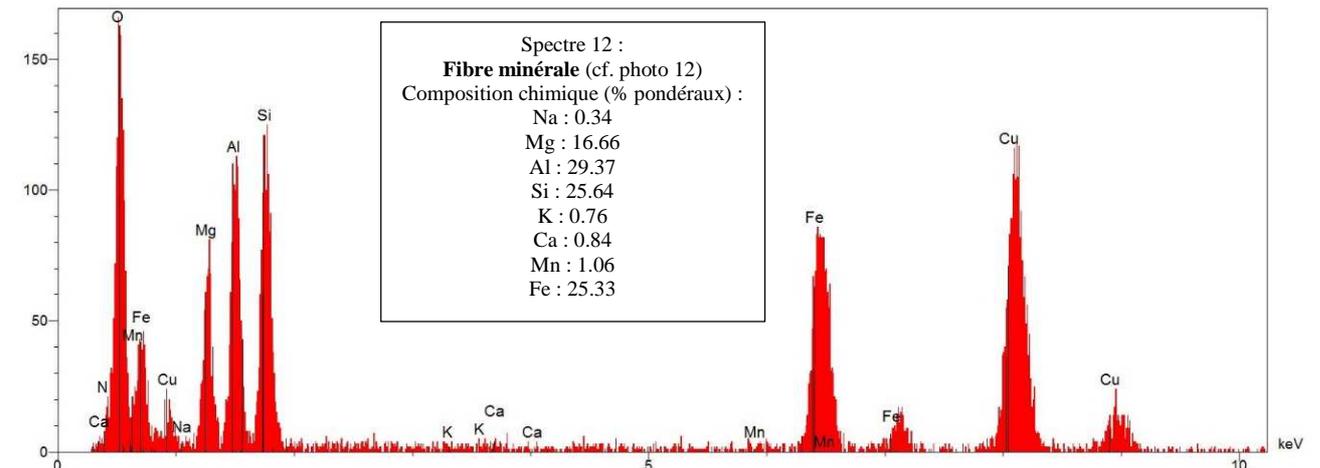
En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores à vert très pâle. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert clair.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (11°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Une fibre minérale observée (cf. photo 12 et spectre 12).



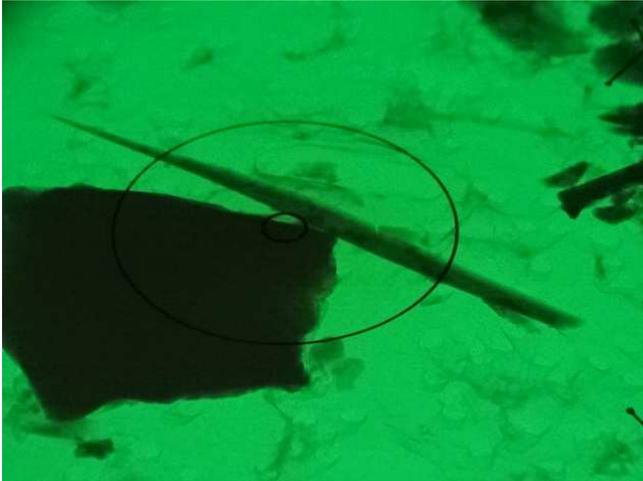


Photo 12 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

ANNEXE :

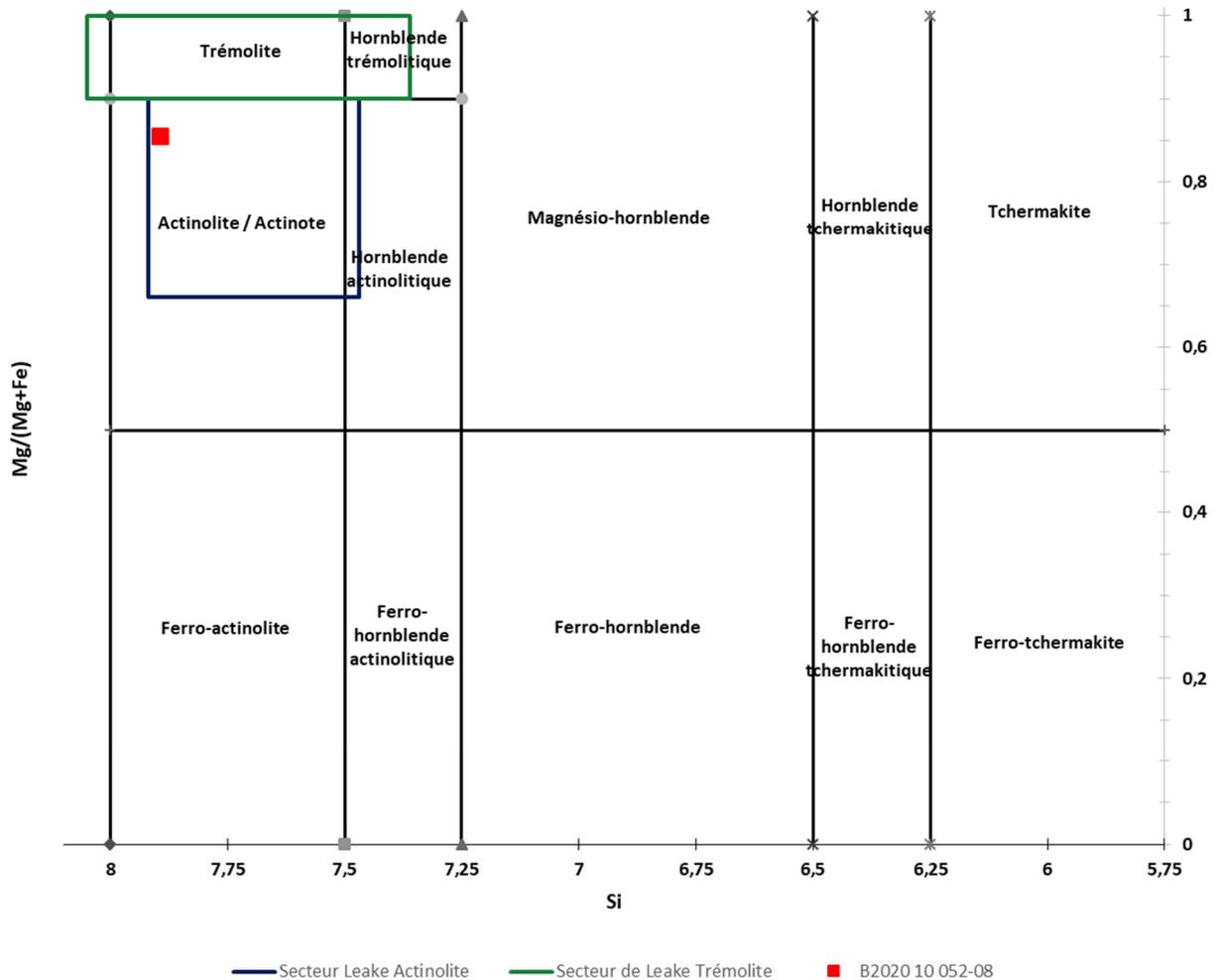


Figure 1 : Diagramme de classification chimiques des amphiboles, avec Si en fonction de Mg/(Mg+Fe), IMA 12. Les noms des minéraux « Hornblende trémolitique », « Hornblende actinolitique » et « Ferro-hornblende actinolitique » de l'IMA 78 ont été conservés car mieux adaptés à notre activité.

Les secteurs en bleu et vert ont été déterminés à partir de mesures effectuées sur un standard **NIST SRM 1867** d'actinote-amiante et d'un standard **NIST SRM 1867** de trémolite-amiante analysés sur le(s) microscope(s) électronique(s) à transmission utilisé(s) à l'analyse.

Seules les fibres analysées présentant les mêmes éléments chimiques que la trémolite / actinote ont été reportées.

NB : Attention, les calculs ont été faits comme si les particules étaient des amphiboles, alors que ce n'est peut-être pas le cas pour toutes les particules. Aussi, lorsqu'on est en dehors du champ de la trémolite ou de l'actinote, le nom du minéral correspondant au secteur dans lequel est situé le point de la particule observée n'est pas à prendre en compte.

E / Positionnement dans le diagramme de Chatfield

L'échantillon B2020 10 052 -08 a produit une fibre classée comme actinote-amiante selon la norme NF X 43-050. La largeur et le rapport longueur/largeur de la fibre d'amiante observée a été reportée dans le diagramme de Chatfield (2008, cf. figure 2 ci-dessous).

On constate que :

1/ L'échantillon B2020 10 052 -08 présente une fibre d'actinote-amiante qui tombe dans le champ couvert par les points en noir du standard d'actinote-amiante NIST SRM 1867.

2/ Aucune fibre ne tombe dans la zone jaune caractéristique des fibres les plus dangereuses.

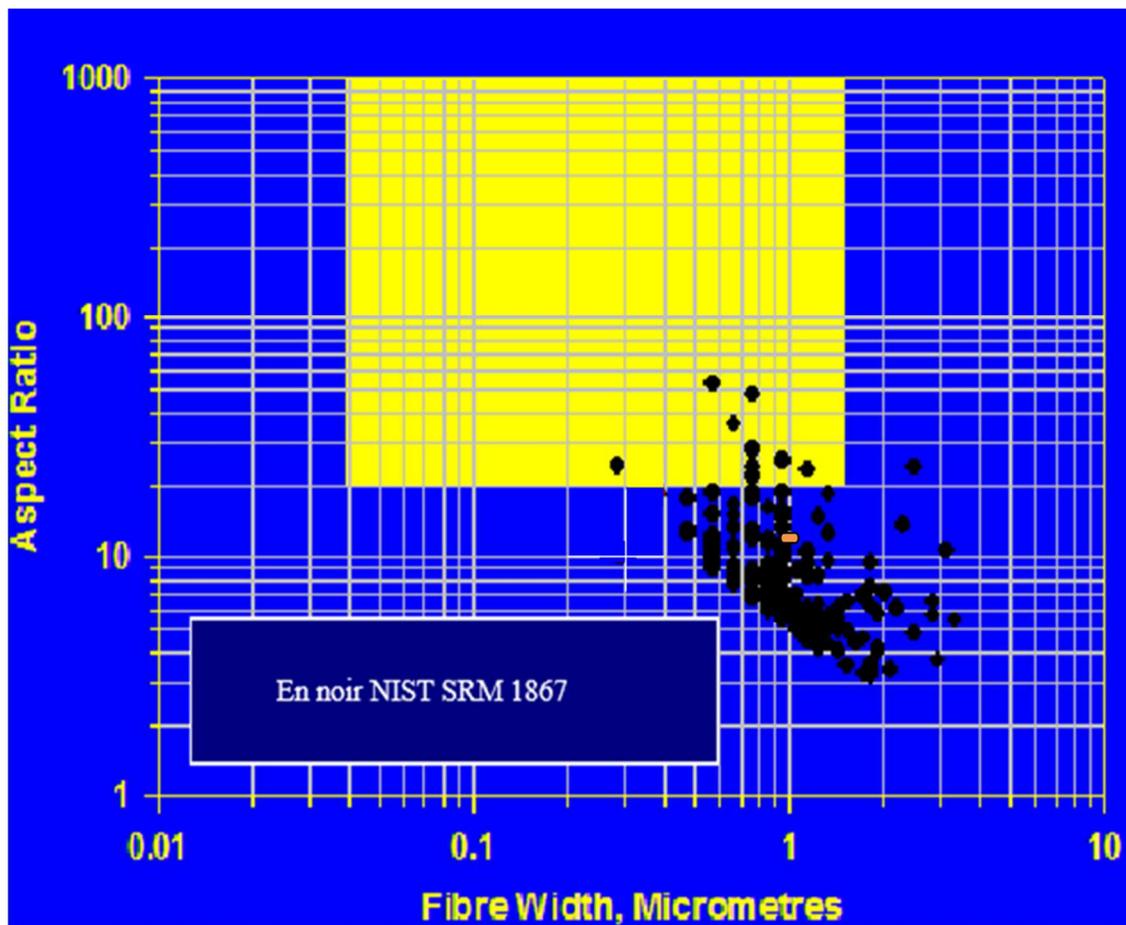


Figure 2 : Diagramme de Chatfield (2008), selon le modèle de référence NIST SRM 1867 concernant l'actinote – amiante

■ Echantillon B2020 10 052-08

E. Conclusion

L'échantillon B2020 10 052 -08 a libéré après broyage une fibre classée comme de l'actinote-amiante selon la norme NFX 43-050.

Aux vues des observations réalisées au META, et selon la norme NF ISO 22262-1, les critères complémentaires de Van Orden D.R., de Langer A.M et le classement selon l'IMA 12, nous nous trouvons probablement :

- Dans le cas e (voir tableau 1) pour l'échantillon B2020 10 052 -08, c'est-à-dire en présence d'une fibre d'actinote d'origine non-asbestiforme (fragment de clivage).

Analyste MOLP: Fanny SOLER 

Analyste META: Vincent BARTHOMUS 

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Le résultat concerne uniquement l'échantillon soumis à essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

ACCREDITATION
1-5606
PORTEE
DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR



Client : **GEODERIS**
40, rue de Pinville - CS 40045
34060 MONTPELLIER CEDEX 2

Attention : **Philippe BARANGER**
Fax /Email : philippe.baranger@geoderis.fr

Analyse de roche pour la recherche d'amiante réglementaire et
autres fibres inorganiques
Microscopie Optique à Lumière Polarisée (MOLP)
Microscopie Electronique à Transmission Analytique (META)

Commande client : **N°2019/061**
Devis N°: **ADV19ADL0171**
Réf. client / site de prélèvement : **Mission AMO/ Tailings de la mine de Salau**
N° dossier d'analyse : **B2020 10 053**

A / Objectif

La trémolite-amiante, l'actinote-amiante, l'anthophyllite-amiante, l'amosite et la crocidolite sont des amphiboles amiante.

Ce rapport a pour objectif principal de caractériser, le plus précisément possible, les particules classées comme amphibole amiante si elles sont présentes dans les échantillons, ou d'apporter des informations complémentaires sur les particules allongées qui pourraient être confondues avec des amphiboles amiante. Il s'agit de l'analyse de roche naturelle.

Le laboratoire garantit de donner un résultat positif pour les fibres recherchées si leur teneur dans l'échantillon est supérieure ou égale à 0.1% en masse, selon un intervalle de confiance à 95 %.

Les échantillons ont été prélevés par les géologues d'AD-LAB.

B / Vérification de la nature des particules allongées d'amphibole

Les amphiboles existent dans la nature sous différentes formes : prismatique, aciculaire (en aiguille) et asbestiforme ; c'est le cas notamment de la trémolite/actinote (appelée trémolite-amiante / actinote-amiante sous sa forme amiante), la grunérite (appelée grunérite-amiante ou amosite sous forme amiante), la riebeckite (appelée riebeckite-amiante ou crocidolite sous sa forme amiante), l'anthophyllite (appelée anthophyllite-amiante sous sa forme amiante). La classification d'une amphibole comme étant de l'amiante est différente selon que l'on soit carrier géologue, hygiéniste ou médecin. Pour les carriers qui produisent des granulats, seule l'amphibole asbestiforme (classe (c) ou (c') du tableau 1) est considérée comme de l'amiante. Bien que non classées amiante en France, d'autres amphiboles peuvent se rencontrer sous le faciès asbestiformes dans les roches naturelles et peuvent être reconnues comme cancérigènes : il s'agit notamment de l'édénite, la richtérite et la winchite.

La difficulté est que, quel que soit le faciès initial, une fois broyées, ces différentes formes d'amphiboles peuvent être classées ou non comme de l'amiante en fonction des méthodes analytiques recommandées par la réglementation du pays. La conséquence est qu'un produit vendu comme ne contenant pas d'amiante peut être classé comme amiantifère après préparation / analyse.

En France la seule méthode de référence de l'identification d'amiante au Microscope Electronique à Transmission Analytique (META) est la norme NF X 43-050. Une observation attentive des particules allongées devrait permettre d'éliminer les particules prismatiques (classe (d) du tableau 1) issues du broyage des amphiboles, en sélectionnant seulement les particules qui ont des bords nettement parallèles ou étagés (norme NF X 43 050 § 3.17). Donc les particules prismatiques ne doivent pas être classées comme amiante en France.

Par contre, il n'est pas possible de différencier seulement avec la norme NF X 43-050 les particules allongées (classe (e) du tableau 1) issues de la fragmentation d'amphibole en général aciculaire, des particules allongées issues d'amphibole semi-asbestiforme et asbestiforme (classe (f) et (g) du tableau 1). En ajoutant les critères de la **norme ISO 22262-1** (MOLP et META), les critères pertinents de **Van Orden D. R.** (« Differentiating Amphibole Asbestos from Non-Asbestos in a complex Mineral Environment » : Indoor and Built Environment », Vol 17, pp 58-68, 2007) et les critères de **Langer A.M.** (« Electron Microscopical Investigation of Asbestos Fibers », Vol 9, pp 63-80, 1974), il est alors possible dans la plupart des cas de les discriminer.

Les roches peuvent être analysées au MOLP, cependant les fibres les plus fines ne sont pas détectées. La morphologie et la nature des fibres observées sont analysées conformément aux critères de HSG 248 et de l'ISO 22262-1. Si l'analyse est négative ou non concluante au MOLP, l'analyse est poursuivie au META.

Enfin, les analyses sont effectuées selon la procédure interne « ROCHES NATURELLES » et les modes opératoires internes « ROCHES NATURELLES / Analyse MOLP » et « ROCHES NATURELLES / Préparation en vue de leur analyse META ».

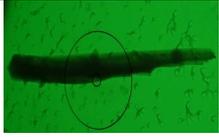
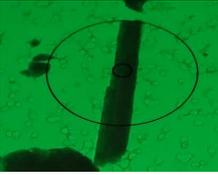
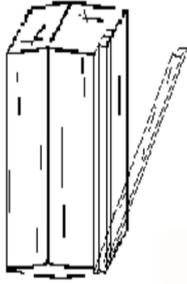
<p>Observation après broyage</p>	 Fragment de clivage (d) à bords approximativement parallèles	 Fin fragment de clivage fin (e) à bords partiellement parallèles	 Fibre fine (f) à bords parallèles	 Fibre très fine et très longue (g) à bords parallèle
<p>Correspondance avec classification sur la base de l'avis de l'ANSES de décembre 2015 et avril 2017 (PMAI : Particule minérale allongée d'intérêt)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, non fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage, notée fibriforme</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est un fragment de clivage (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est semi-asbestiforme (amiante réglementaire)</p>	<p>PMAI avec des dimensions OMS*, fibreuse selon la NF X43-050 et qui est asbestiforme (amiante réglementaire)</p>
<p>Origine probable des formes d'amphiboles amiante dans les roches naturelles</p>	 Prismatique (a)	 Aciculaire (ou en aiguille) (b)	 Semi-asbestiforme (c')	 Asbestiforme (c)

Tableau 1 : Classement des particules selon les observations de M. GERMINE, 1986, Asbestiform and non-asbestiform amphiboles, cadmium, and zinc in quarry samples of marble from Franklin and Sparta, Sussex County, New Jersey: New Jersey Geological Survey Geologic Report 15, 19 p.

*Dimensions OMS : Longueur > 5 µm, diamètre < 3 µm, rapport longueur/largeur > 3

C / Préparation des échantillons

Les échantillons sont des fragments de roches naturelles.

Le protocole de la préparation est succinctement décrit ci-dessous :

- Observation sous stéréomicroscope,
- Prélèvement d'un sous-échantillon de roche,
- Broyage manuel mortier-pilon ou écrasement à la spatule,
- Analyse en MOLP (microscope optique à lumière polarisée),
- Mise en eau des particules les plus fines, passage aux ultra-sons et mise en goutte sur des grilles de microscopie électronique pré-carbonées.
- Analyse en META (microscope électronique à transmission équipé d'un analyseur chimique).

D / Analyse

La dimension des particules minérales allongées a été déterminée en microscope électronique à transmission analytique (META). La longueur et la largeur des structures sont données à titre indicatif et ne sont pas systématiquement représentatives de la dimension réelle des fibres dans l'échantillon. En effet, la préparation des échantillons en vue de leur analyse au META inclut une phase de destruction mécanique produisant une fragmentation des fibres et minéraux prismatiques.

La nature fibreuse ou non fibreuse des structures observées, est déterminée conformément aux critères de la norme NF X 43-050. Par conséquent, est classée comme fibre une structure qui répond à la définition suivante : « particule allongée qui a des cotés parallèles ou étagés, ayant un rapport L/l égal ou supérieur à 3 et une longueur minimale de 0,5µm » §3.17. En META, toute autre structure répondant aux critères dimensionnels mais ne présentant pas la morphologie requise est dite fibriforme.

La résistance à la traction et la souplesse des fibres ne peuvent pas être mesurées au META. Ces critères ne sont pas pris en compte.

Seules les fibres citées dans la norme NFX-43 050 sont classées en tant qu'amiante (Chrysotile, trémolite-amiante, actinote-amiante, amosite, crocidolite, anthophyllite-amiante). Cette norme ne prend pas en compte les autres fibres naturelles qui pourraient être dangereuses.

L'IMA (International Mineralogical Association) a publié une classification des amphiboles en 1997, puis en 2004 et 2012. Le classement des fibres en trémolite / actinote est effectué selon l'IMA 12. Néanmoins, la partition dans le diagramme Si apfu versus $Mg/(Mg+Fe^{2+})$, proposée dans l'IMA 78 (mieux adaptée à notre activité) a été préférée pour reporter les compositions chimiques ponctuelles mesurées.

Concernant les spectres ré-équilibrés, il s'agit de la composition chimique de l'amphibole théorique, chimiquement la plus proche de la fibre observée. Cette composition est déterminée à l'aide de la composition chimique brut rentrée dans le logiciel de Locock IMA 12 et ajustée, élément par élément, en fonction des incertitudes de mesure.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -01**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S11-00	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron/orange	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -02**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S11-1	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -03**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S11-2	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -04**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S11-3	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -05**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S11-4	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -06**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S11-5	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -07**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S11-6	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (~ 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ 0.1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (13°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.

Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -08**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S12-0	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -09**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S12-1	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

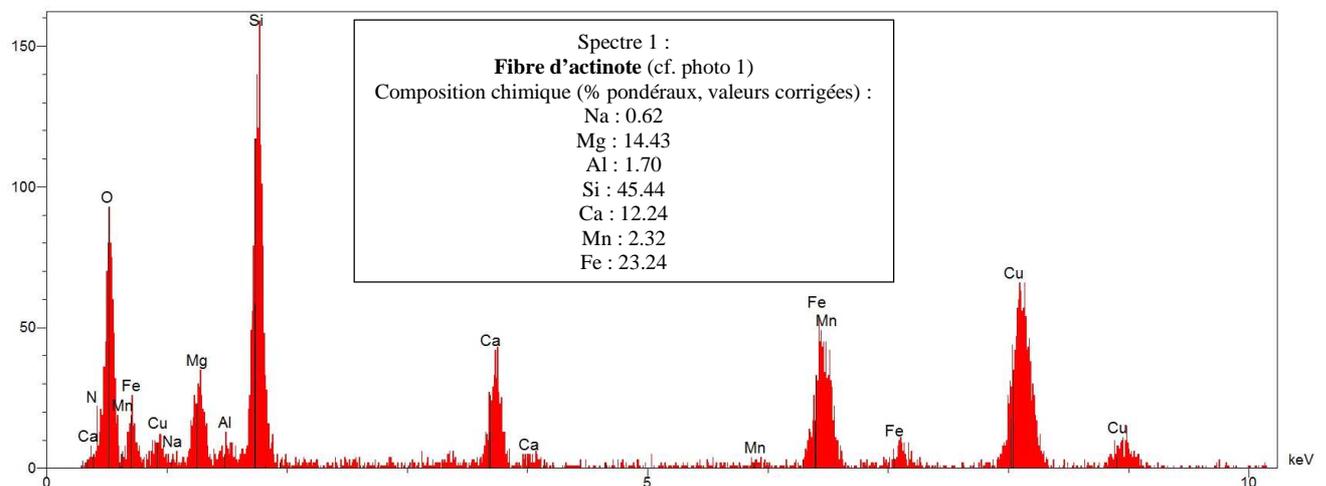
- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie aciculaire.
Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules ne présentent pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (9°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.
Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 1, Photo 1, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Observation de particules allongées présentant les **mêmes éléments chimiques que la trémolite/actinote amiante, mais dans des proportions incompatibles** (cf. photo 2 + spectre 2).
Pas d'autres fibres minérales observées.



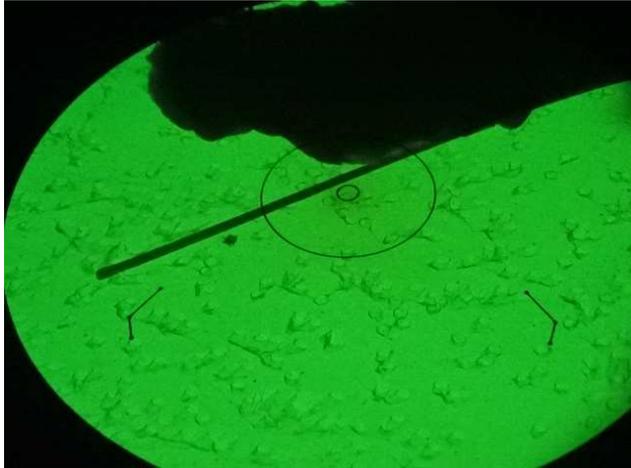


Photo 1 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96μm, petit cercle 0.37μm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5μm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5μm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5μm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 2 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		NP
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 3 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 2, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 3, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

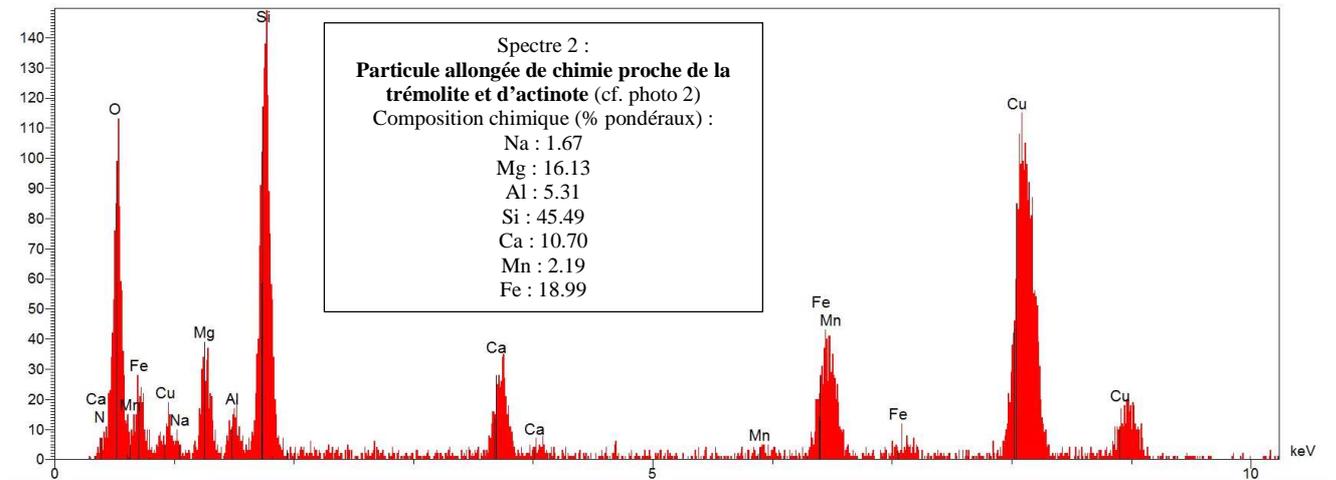


Photo 2 : Particule allongée de chimie proche de la trémolite et d'actinote, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -10**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S12-2	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

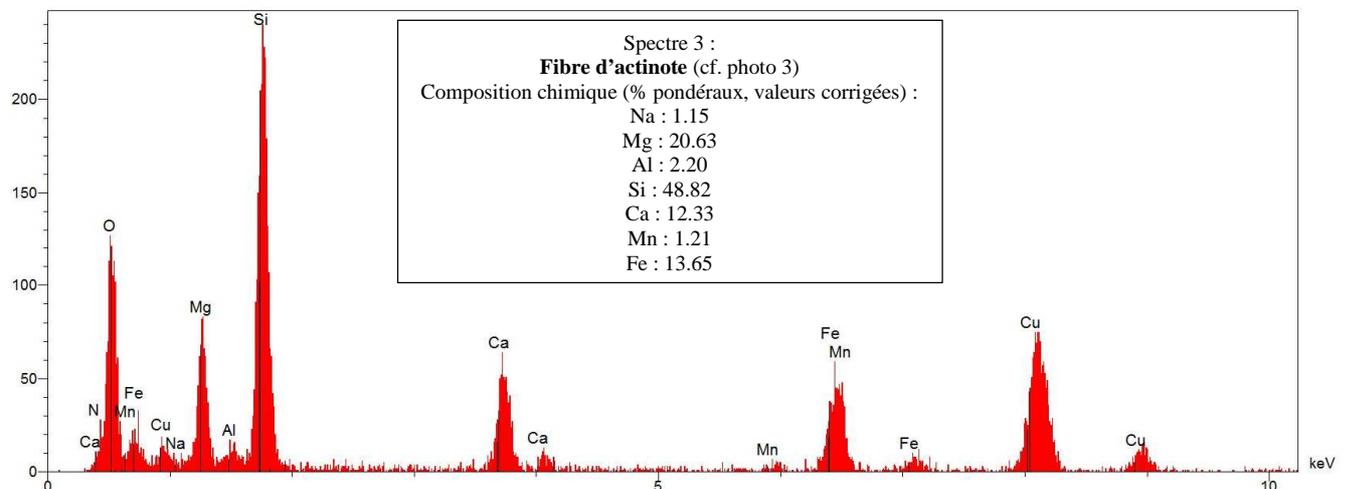
Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie aciculaire.
Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible à nul allant de l'incolore au vert pâle.
En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (8°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif.
Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 3, Photo 3, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Pas d'autres fibres minérales observées.



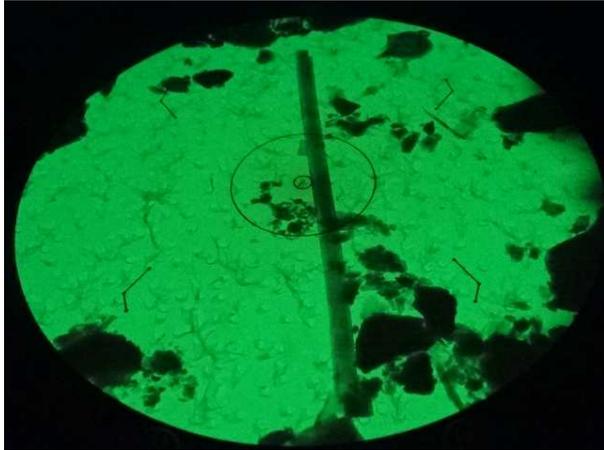


Photo 3 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 3.70μm, petit cercle 0.46μm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5μm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5μm		x
² Plus de 50% des fibres > 5μm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 4 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*	x	
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**	x	

NP = non probant

Tableau 5 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 4, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 5, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -11**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S12-3	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -12**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S12-4	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine semi-asbestiforme probable (type f) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

De rares particules allongées ont été observées (~ 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Une fibre de morphologie semi asbestiforme ;
- Moins de 0,1 % de particules allongées de morphologie aciculaire ;
- Moins de 0,1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1.64.

1) La fibre de morphologie semi asbestiforme :

En lumière polarisée non analysée cette particule ne présente pas de relief ni de pléochroïsme, elle est incolore.

En lumière polarisée analysée, elle présente une extinction quasi droite (9°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Cette particule allongée correspond à de l'actinote semi asbestiforme.

2) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules ne présentent pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (12°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

3) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Une fibre d'actinote (Cf. Spectre 4, Photo 4, figure 1 et figure 2 en annexe) a été détectée. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Pas d'autres fibres minérales observées.

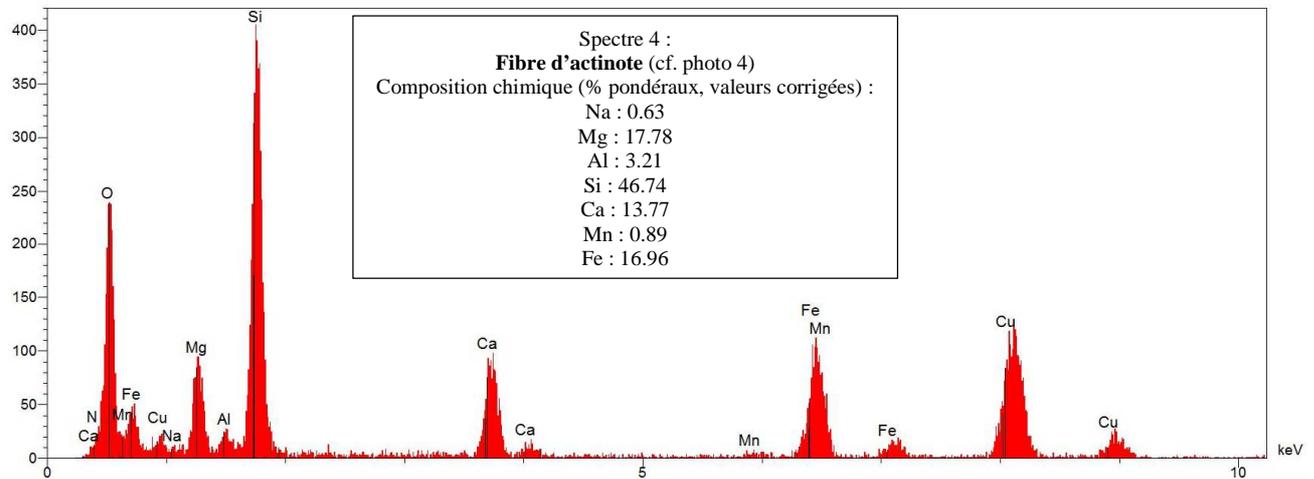


Photo 4 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20		x
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 6 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		x
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 7 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 6, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 7, ci-dessus), la fibre d'actinote observée a probablement une origine semi-asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -13**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S12-5	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -14**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S12-6.5	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -15**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S12-7	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments de roches centimétriques grises et terre marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Pas d'autres fibres minérales observées

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -16**

Date d'analyse : **20/10/2020**



Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S12-8	MOLP+META Broyage manuel au mortier/pilon	Fragments de roches centimétriques et arrondis grises et terre grise	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -17**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S13-0	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -18**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S13-1	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées.

Observation d'une particule allongées présentant les **mêmes éléments chimiques que la trémolite/actinote amiante, mais dans des proportions incompatibles** (cf. photo 5 + spectre 5).

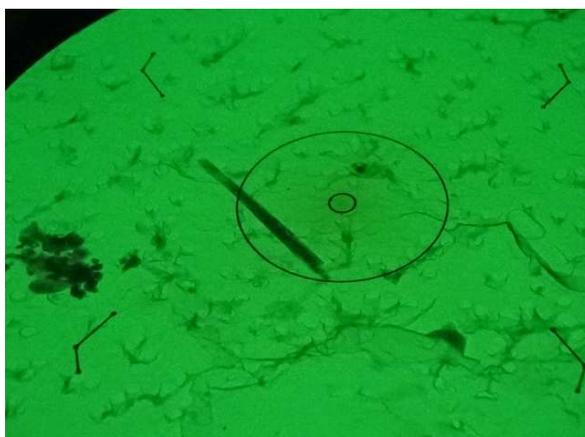
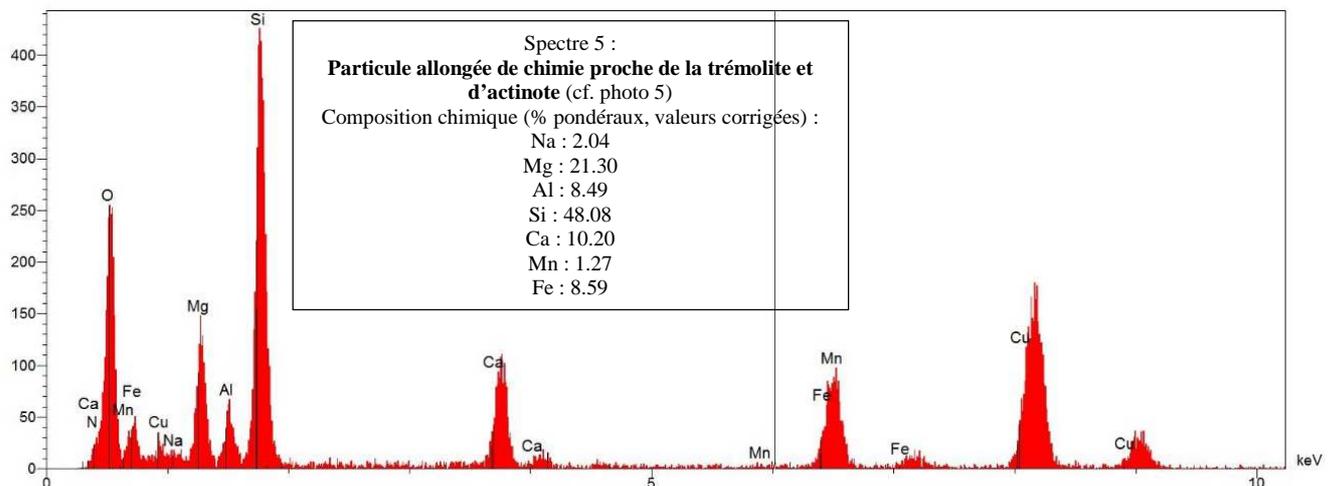


Photo 5 : Particule allongée de chimie proche de la trémolite et d'actinote, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -19**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S13-2	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP :

Des traces de particules allongées ont été observées (< 0.1 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Moins de 0.1 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1,64.

En lumière polarisée non analysée ces particules ne présentent pas de relief, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible à nul allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (18°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Leur signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Pas d'autres fibres minérales observées

Numéro d'analyse : **B2020 10 053-20**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S13-3	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche noire	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine asbestiforme probable (type g) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des particules allongées ont été observées (~ 0.3 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope).

Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Une fibre de morphologie semi asbestiforme ;
- Moins de 0,1 % de particules allongées de morphologie aciculaire ;
- Environ 0,2 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1.64.

1) La fibre de morphologie semi asbestiforme :

En lumière polarisée non analysée cette particule ne présente pas de relief ni de pléochroïsme, elle est incolore.

En lumière polarisée analysée, elle présente une extinction quasi droite (7°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Cette particule allongée correspond à de l'actinote semi asbestiforme.

2) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules ne présentent pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (10°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

3) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (15°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 6, Photo 6, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Pas d'autres fibres minérales observées.

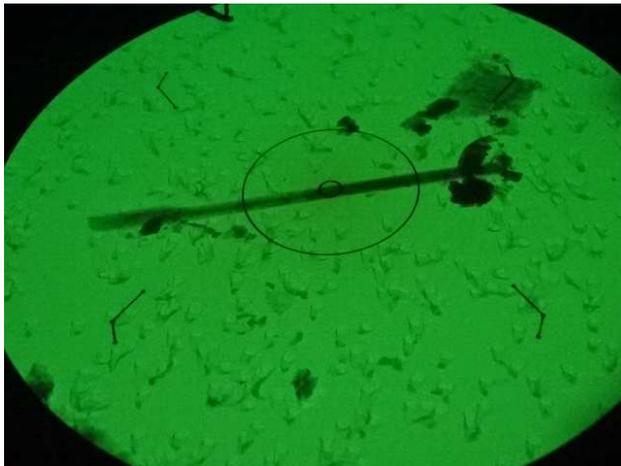
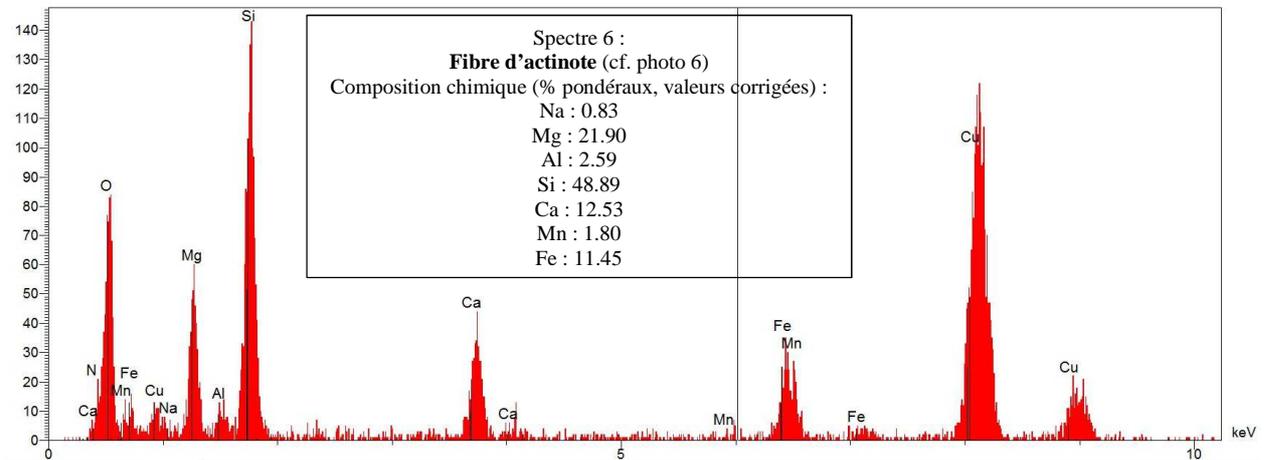


Photo 6 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles	x	
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm	x	
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 8 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		x
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**	x	

NP = non probant

Tableau 9 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 8, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 9, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine asbestiforme.

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -21**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S13-4	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron	Présence de structures classées en Actinote-Amiante selon la norme NF X 43-050 Origine semi-asbestiforme probable (type f) selon la norme ISO 22262-1 et certains critères complémentaires de Van Orden D.R. et Langer A.M.

Analyse MOLP :

Des particules allongées ont été observées (~ 0.6 %) sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous-échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréomicroscope). Leurs morphologies et proportions peuvent être décrites de la manière suivante :

- Environ de 0,3 % de particules allongées de morphologie aciculaire ;
- Environ 0,3 % de particules allongées de morphologie prismatique.

Leur caractérisation a été effectuée avec de l'huile d'indice de réfraction 1.64.

1) Les particules allongées de morphologie aciculaire :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules ne présentent pas de pléochroïsme.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (10°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote aciculaire.

2) Les particules allongées de morphologie prismatique :

En lumière polarisée non analysée ces particules présentent un relief nul, elles sont incolores. Les particules présentent un pléochroïsme faible à nul allant de l'incolore au vert pâle.

En lumière polarisée analysée, elles présentent une extinction oblique (12°) avec des teintes de polarisation du premier ordre. Le signe d'allongement est positif. Les couleurs MC Crone sont caractéristiques de l'actinote.

Ces particules allongées correspondent à de l'actinote prismatique.

Analyse META : De rares fibres d'actinote (Cf. Spectre 7, Photo 7, figure 1 et figure 2 en annexe) ont été détectées. De rares structures fibriformes d'actinote observées.
Pas d'autres fibres minérales observées.

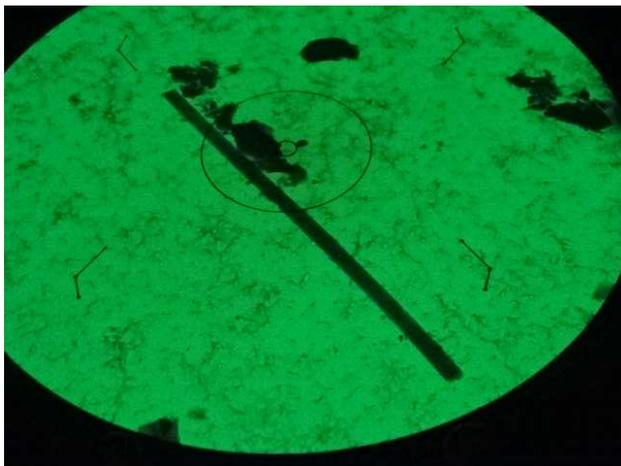
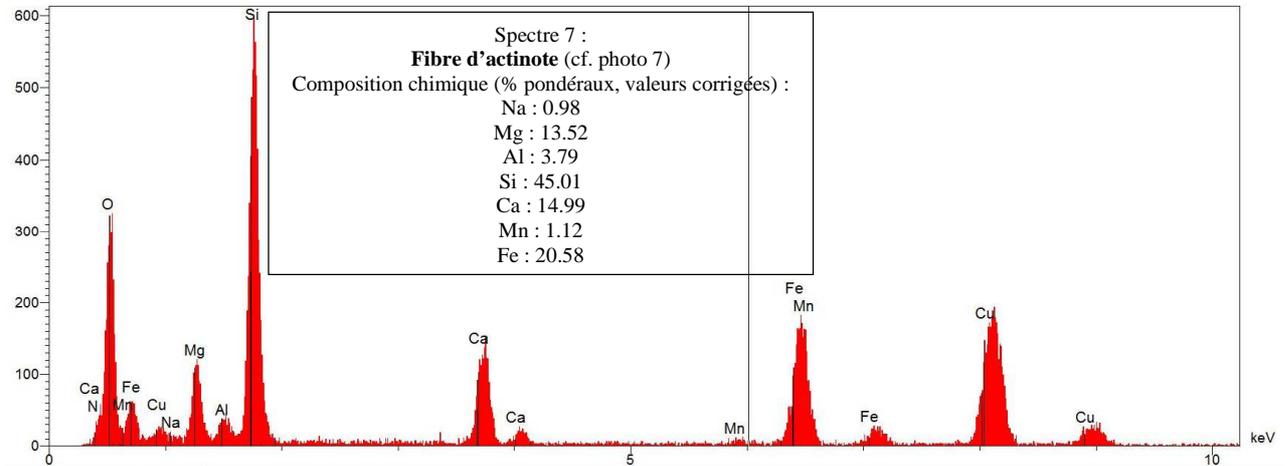


Photo 7 : **Fibre d'actinote**, vue en META
(Grand cercle 8.33µm, petit cercle 1.04µm)

	Critères morphologiques étudiés en ¹ MOLP/ ² META	
	oui	non
¹ Présence de fibres ayant un rapport L/l >20		x
¹ Découpage en fibrilles		x
¹ Fibres parallèles en faisceaux		x
¹ Faisceaux de fibres s'évasant à leur extrémité		x
¹ Fibres sous la forme de fines aiguilles	x	
¹ Masses emmêlées de fibres individuelles		x
¹ Fibres incurvées.		x
² Au moins une fibre de plus de 5µm a un rapport L/l ≥ 20	x	
² Au moins une fibre de largeur < 0,5µm		x
² Plus de 50% des fibres > 5µm ont un rapport L/l > 5	Non significatif (<4 fibres observées)	

NP = Non probant

Tableau 10 : Critères selon la norme ISO 22262-1. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

	Critères complémentaires META *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	oui	non
Les deux terminaisons sont perpendiculaires*		NP
Le diagramme de diffraction montre des figures de maillage *		NP
Les fibres ont des bords francs et diffractants *	x	
Les fibres ont des sous structures obliques opaques aux électrons**		x

NP = non probant

Tableau 11 : Critères complémentaires. « oui » signifie que le critère a été observé au moins une fois.

D'après les critères de la norme ISO 22262-1 (tableau 10, ci-dessus) et certains critères complémentaires (cf. tableau 11, ci-dessus), les fibres d'actinote observées ont probablement une origine semi-asbestiforme

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -22**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S13-5	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche friable marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibriformes ou fibreuses de trémolite ou d'actinote observées.

De rares fibres minérales ont été observées (Cf. Spectre 8, Photo 8)

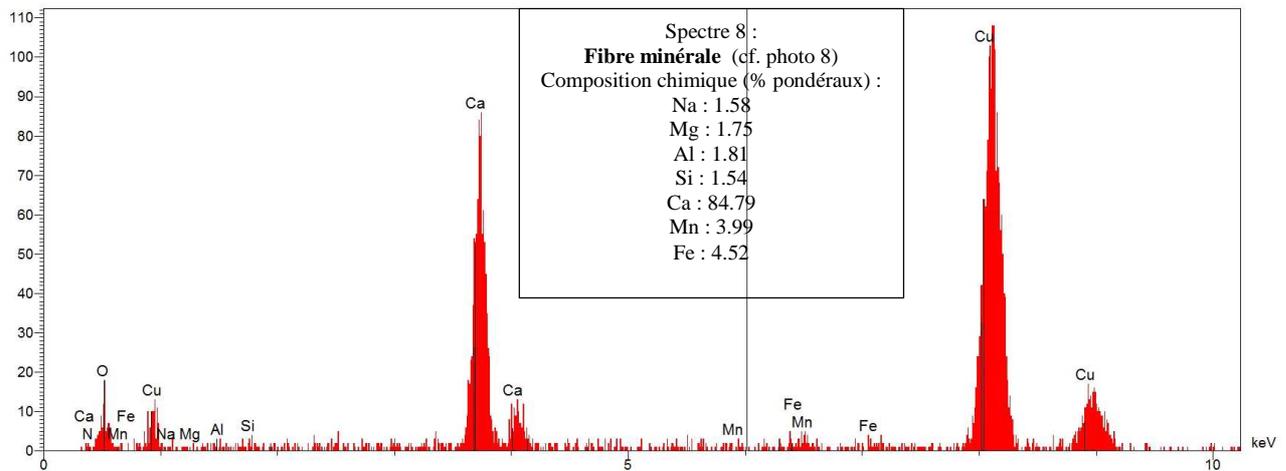


Photo 8 : **Fibre minérale**, vue en META
(Grand cercle 2.96µm, petit cercle 0.37µm)

Numéro d'analyse : **B2020 10 053 -23**

Date d'analyse : **20/10/2020**

Référence échantillon client	Type d'analyse	Description macroscopique	Détection de l'amiante réglementaire
S13-6	MOLP+META Ecrasement à la spatule	Fragments millimétriques de roche sableuse marron	Pas d'amiante détecté

Analyse MOLP : Aucune structure d'actinote et de trémolite allongée de morphologie prismatique, aciculaire ou fibreuse n'a été observée sur les lames minces préparées à partir du broyat d'un sous échantillon (parties pertinentes de l'échantillon sélectionnées sous stéréo-microscope). Pas de fibres de chrysotile observées.

Analyse META : Pas d'amiante détecté. Pas de structures fibreuses et fibriformes de trémolite et d'actinote observées. Pas d'autres fibres minérales observées.

ANNEXE :

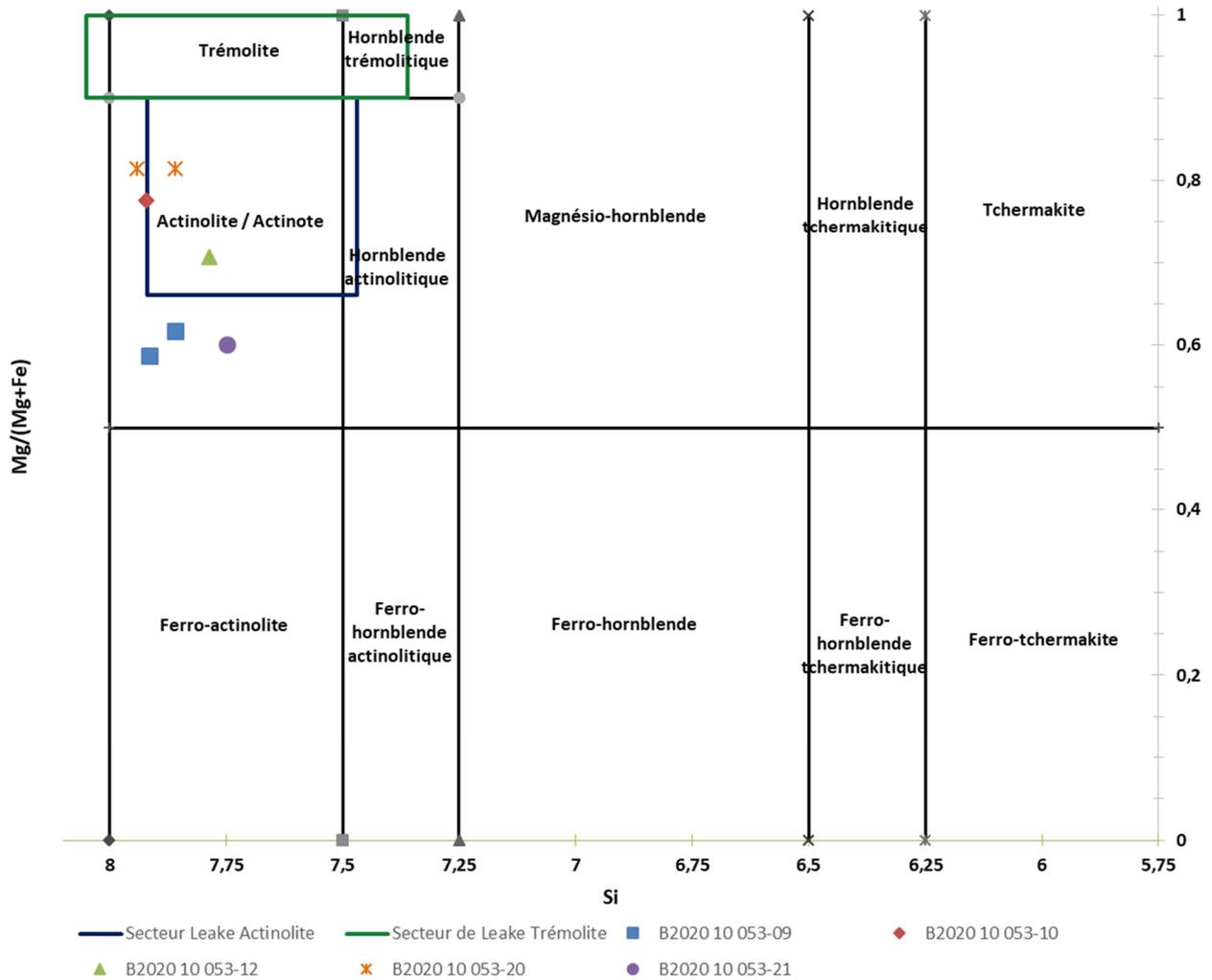


Figure 1 : Diagramme de classification chimique des amphiboles, avec Si en fonction de Mg/(Mg+Fe), IMA 12. Les noms des minéraux « Hornblende trémolitique », « Hornblende actinolitique » et « Ferro-hornblende actinolitique » de l'IMA 12 ont été conservés car mieux adaptés à notre activité.

Les secteurs en bleu et vert ont été déterminés à partir de mesures effectuées sur un standard **NIST SRM 1867** d'actinote-amiante et d'un standard **NIST SRM 1867** de trémolite-amiante analysés sur le(s) microscope(s) électronique(s) à transmission utilisé(s) à l'analyse.

Seules les fibres analysées présentant les mêmes éléments chimiques que la trémolite / actinote ont été reportées.

NB : Attention, les calculs ont été faits comme si les particules étaient des amphiboles, alors que ce n'est peut-être pas le cas pour toutes les particules. Aussi, lorsqu'on est en dehors du champ de la trémolite ou de l'actinote, le nom du minéral correspondant au secteur dans lequel est situé le point de la particule observée n'est pas à prendre en compte.

E / Positionnement dans le diagramme de Chatfield

Les échantillons B2020 10 053 -09, -10, -12, -20 et -21 ont produit des fibres classées comme actinote-amiante selon la norme NF X 43 050. La largeur et le rapport longueur/largeur des fibres d'amiante observées ont été reportés dans le diagramme de Chatfield (2008, cf. figure 2 ci-dessous).

On constate que :

1/ Les échantillons B2020 10 053 -09, -10, -12, -20 et -21 présentent des fibres d'actinote-amiante qui tombent soit dans le champ couvert par les points en noir du standard d'actinote-amiante NIST SRM 1867, soit dans sa limite.

2/ Les fibres d'actinote-amiante observées dans les échantillons B2020 10 053 -09, -10, -20 et -21 tombent dans la zone jaune caractéristique des fibres les plus dangereuses.

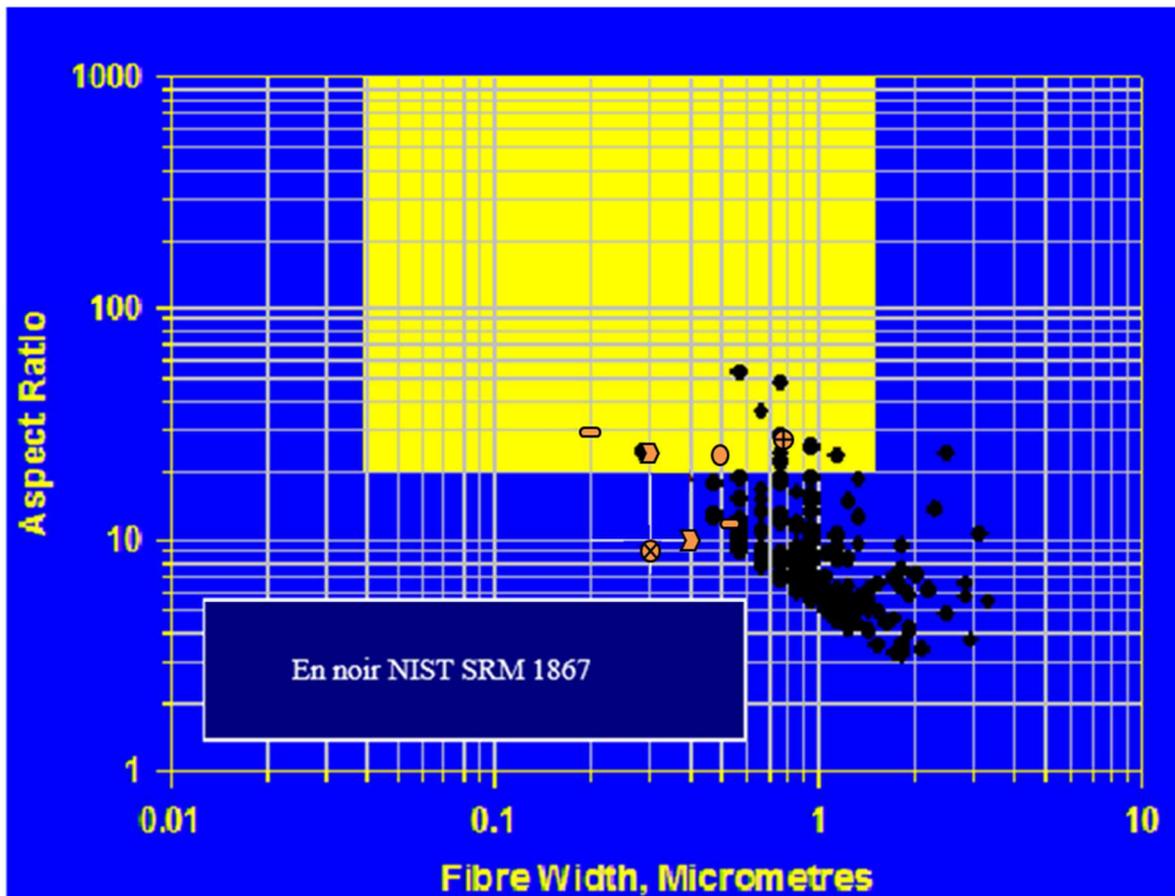


Figure 2 : Diagramme de Chatfield (2008), selon le modèle de référence NIST SRM 1867 concernant l'actinote - amiante

- Echantillon B2020 10 53-09
- Echantillon B2020 10 53-10
- ⊗ Echantillon B2020 10 53-12
- ▧ Echantillon B2020 10 53-20
- ⊕ Echantillon B2020 10 53-21

F. Conclusion

Les échantillons B2020 10 053 -09, -10, -12, -20 et -21 ont libérés après broyage de rares fibres classées comme de l'actinote-amiante selon la norme NFX 43-050.

Aux vues des observations réalisées au META, et selon la norme NF ISO 22262-1, les critères complémentaires de Van Orden D.R., de Langer A.M et le classement selon l'IMA 12, nous nous trouvons probablement :

- Dans le cas f (voir tableau 1) pour les échantillons B2020 10 053 -12 et -21, c'est-à-dire en présence de fibres d'actinote d'origine semi-asbestiforme.
- Dans le cas g (voir tableau 1) pour les échantillons B2020 10 053 -09, -10 et -20, c'est-à-dire en présence de fibres d'actinote d'origine asbestiforme.

Analyste MOLP : Fanny Soler 

Analyste META : Eileen Güttler 

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation. Le résultat concerne uniquement l'échantillon soumis à essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

ACCREDITATION
1-5606
PORTEE
DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR

