

## **Prise de position du Forum Amiante Suisse (FACH):**

# **Critères d'évaluation du caractère asbestiforme des particules d'amphiboles dans des échantillons de matériaux**



Lucerne, le 27.6.2023

Auteurs:<sup>1</sup>

Dr Patrick Steinle (Suva, secteur analytique; Silag), Dre Barbara Kuhn (Silag), Dr Markus Schafer (Suva, secteur analytique), Dr Michael Romer (Aatest, Silag, groupe de travail analytique de l'association FAGES), Dr Roy Trittschack (Jehle Umweltdienste, groupe de travail analytique de l'association FAGES)

---

<sup>1</sup> Formulation: les désignations genrées incluent toujours implicitement l'autre sexe et les personnes non binaires.

## **Sommaire**

## **Page:**

Situation initiale / Problématique	2
Consensus sur la démarche analytique	3
Critères de consensus pour un résultat positif concernant la présence d'amiante dans des échantillons contenant des particules d'amphiboles	5
Comparaison avec les principales normes	5
Conséquences attendues de l'observation des critères de consensus proposés	7

## **Annexes**

Annexe 1: Exemples d'images au MEB/MOLP

Annexe 2: Exemples d'images de la granulométrie et de l'étalement des préparations

## **Crédit photo :**

Laboratoires ayant participé à l'élaboration du présent document ou à «l'envoi d'amphiboles»

## Situation initiale / Problématique

La plupart des amphiboles, dont les cinq reconnues internationalement comme des minéraux amiantés (anthophyllite, actinolite, trémolite, riébeckite et cummingtonite-grunérite)<sup>2</sup>, peuvent présenter une morphologie tant asbestiforme (fibreuse) que non asbestiforme.

L'anthophyllite, l'amosite et la crocidolite (morphologies asbestiformes respectivement de la grunérite et de la riébeckite) ont en général été rajoutées volontairement aux matériaux de construction en raison de leurs propriétés typiques de l'amiante. Du point de vue géologique, ces minéraux sont extrêmement rares voire inexistants en Suisse, que ce soit sous leurs morphologies asbestiformes ou non asbestiformes, de sorte que leur différenciation ne joue qu'un rôle secondaire et leur analyse en est facilitée.

Il en va tout autrement notamment de l'actinolite et de la trémolite, rarement commercialisées comme amiante mais présentes dans quelques roches-mères primaires et susceptibles, de ce fait, de se trouver en quantité notable dans les gravières et sablières. On en rencontre ainsi mélangées involontairement à quelques matériaux de construction (p. ex. enduits, colles de carrelage)<sup>3</sup>.

Dans la pratique, il est souvent difficile de différencier les morphologies asbestiformes et non asbestiformes, d'autant qu'il n'existe pas de définition minéralogique ou juridique universelle. Malheureusement, les définitions des fibres diffèrent elles aussi en fonction des méthodes d'analyses normalisées, ce qui peut entraîner d'importantes disparités dans l'évaluation des échantillons en fonction des analystes et/ou laboratoires, sans compter les différences d'interprétation et une pratique s'écartant parfois de la norme.

Une erreur de classification de l'amiante amphibolique lors de l'analyse peut représenter un danger direct pour la santé des travailleurs, des habitants ou des riverains et entraîner une dissémination dans le circuit de recyclage. À l'inverse, un résultat faux positif entraînerait des travaux de désamiantage et d'élimination inutiles.

Afin d'obtenir une évaluation plus uniforme et compréhensible dans toute la Suisse, cette thématique a été examinée pour la première fois le 24 août 2021 à la demande de la Silag<sup>4</sup> et du groupe analytique de l'association FAGES<sup>5</sup> lors d'un entretien entre experts<sup>6</sup> organisé dans les locaux de la Suva<sup>7</sup> à Lucerne.

---

<sup>2</sup> Outre les amiantes amphiboliques reconnus internationalement, d'autres amphiboles peuvent présenter des morphologies asbestiformes. Leur examen et leur différenciation n'entrent pas dans le cadre du présent document.

<sup>3</sup> En Suisse, du point de vue de la législation et des analyses, cela ne fait aucune différence que l'amiante soit volontairement rajouté à un matériau ou contenu «fortuitement» dans une matière première minérale ou une roche. Dans un cas comme dans l'autre, il n'y a ni limites de teneur ni méthode d'analyse prescrite. On utilise habituellement des méthodes pour l'analyse de l'amiante dans les «produits techniques» ou les matériaux de construction (voir la note de bas de page n° 8). En Allemagne, en revanche, la limite maximale pour l'amiante dans les matières premières minérales est fixée à 0,1 % par l'ordonnance sur les substances dangereuses (Gefahrstoffverordnung). Ces dispositions sont réglées dans les Règles techniques TRGS 517<sup>11</sup>; comme pour l'analyse de l'air, on considère comme fibres d'amiante toutes les particules ayant une structure chimique correspondante et qui satisfont aux critères de dimensions de l'OMS. Bien que, d'une part, cela simplifie l'analyse, il peut y avoir des problèmes pour discerner si l'amiante a été rajouté à un produit volontairement pour ses qualités, ou involontairement, faisant partie d'une matière première minérale.

<sup>4</sup> Silag – swiss laboratory for particle analysis in tissues, Association de recherche et de contrôle des maladies pulmonaires causées par les poussières inorganiques

<sup>5</sup> Association professionnelle des polluants du bâtiment

<sup>6</sup> Dr Patrick Steinle (Suva, secteur analytique; Silag), Dre Barbara Kuhn (Silag), Dr Markus Schafer (Suva, secteur analytique), Dr Michael Romer (Aatest, Silag, groupe de travail analytique de l'association FAGES), Dr Roy Trittschack (Jehle Umweltdienste, groupe de travail analytique de l'association FAGES)

<sup>7</sup> Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents

Par la suite, avec la participation des laboratoires intéressés et après l'organisation d'un envoi d'échantillons à la fin de l'été 2022, le groupe d'experts a élaboré la présente convention avec des règles les plus simples possible, accompagnées d'images à titre d'exemples (annexe 1). Cette convention est compatible avec les procédures d'analyse<sup>8</sup> employées couramment en Suisse et précise ou simplifie la définition des fibres figurant dans celles-ci.

Les experts tiennent à signaler que cette convention ne donne aucune indication sur la toxicité des particules d'amphiboles non asbestiformes (p. ex. fragments de clivage) qui sont généralement aussi présentes. Aussi bien l'ANSES<sup>9</sup> en France que la Roadmap to Asbestos du NIOSH aux États-Unis<sup>10</sup>, par exemple, proposent de prendre celles-ci en compte, mais sans préciser des critères de comptage et d'appréciation. Pour la réglementation en Allemagne, voir la note de bas de page n° 3.

L'inclusion de telles particules se situerait bien en dehors des critères des méthodes d'analyse courantes et ne répondrait pas à l'approche de la présente prise de position, consistante à s'appuyer sur celles-ci pour harmoniser les pratiques d'évaluation. Néanmoins, les recommandations ANSES/NIOSH sont prises en compte dans la mesure où, en cas de doute, la décision est prise en faveur du caractère asbestiforme d'une particule, conformément au principe de précaution.

### Consensus sur la démarche analytique

- En fonction du traitement des échantillons (broyage au moulin, au mortier, par ultrasons, etc.), différents fragments peuvent se former et les faisceaux de fibres éventuels sont plus ou moins clivés.

La procédure conventionnelle, qui simule dans une certaine mesure une action mécanique sur le matériau, est le broyage au moulin ou au mortier.

Dans ce cadre, on tiendra compte du fait qu'il faut bien fournir un certain apport d'énergie mais que l'échantillon (et l'amiante possiblement contenu) ne doit pas être «pulvérisé».

Une répartition granulométrique dans laquelle la majorité des particules dans l'échantillon mesurent moins de 100 µm permet d'atteindre cet objectif et facilite l'analyse en évitant que des structures fines d'amiante ne soient cachées (voir les images de l'annexe 2 pour des exemples de granulométrie et d'étalement).

Dans certains cas, p. ex. si l'on ne parvient pas à déterminer si un procédé donné provoque la libération de fibres d'amiante à partir d'un matériau, il est recommandé de procéder selon la méthode 2 définie dans les Règles techniques TRGS 517<sup>11</sup>, à savoir en prélevant un échantillon de poussières dans l'air pendant l'action effective sur le matériau et en analysant cet échantillon pour y rechercher la présence d'amiante.

- En ce qui concerne la préparation de l'échantillon, l'étalement de la préparation, la quantité/la superficie étudiée, les grossissements et la durée de l'examen, les laboratoires disposent de grandes marges de manœuvre. Les experts s'accordent à dire que la limite de

---

<sup>8</sup> VDI 3866:5 Bestimmung von Asbest in technischen Produkten. Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren. Berlin: Beuth 2017.

HSG 248: Asbestos: The analysts' guide (2<sup>nd</sup> edition). Norwich, TSO 2021

EPA 600/R-93/116: Method for the determination of asbestos in bulk building materials. Environmental Protection Agency (EPA), 1993.

<sup>9</sup> Rapport d'expertise collective: Effets sanitaires et identification des fragments de clivage d'amphiboles issus des matériaux de carrière. ANSES, saisine n° 2014-SA-0196. Éd.: Agence nationale de sécurité sanitaire (ANSES). Maisons-Alfort, France, 2015.

<sup>10</sup> Current intelligence Bulletin 62: Asbestos fibers and other elongate mineral particles: State of the science and roadmap for research [vers. avril 2011]. DHHS Publ. n° 2011-159. Éd.: National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Atlanta, USA.

<sup>11</sup> Technische Regel für Gefahrstoffe: Tätigkeiten mit potenziell asbesthaltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Gemischen und Erzeugnissen (TRGS 517). GMBI. (2013) n° 18, p. 382-396; dernière modif. GMBI. (2015) n° 7, p. 137-138.

détection de l'ordre de 0,01 % indiquée dans les «recommandations de la Suva»<sup>12</sup> constitue une valeur indicative appropriée (malgré l'incertitude liée à l'estimation de la teneur). La directive VDI 3866 (feuille 5, annexe B) et le guide HSG 248 (annexe 2) donnent aussi des limites de détection du même ordre de grandeur.

- Indépendamment de la méthode, du nombre de préparations tirées de chaque échantillon et du volume d'échantillon ou de la superficie/du nombre de champs de prise de vue analysés de manière standard, le résultat doit être reproductible avec une sécurité suffisante. Si seulement une ou deux structures asbestiformes sont retrouvées dans une préparation, il est fortement probable selon la loi de Poisson (événements rares) que l'on ne trouve AUCUNE fibre d'amiante lors d'une nouvelle analyse du même échantillon ou d'une deuxième préparation issue de celui-ci.<sup>13</sup>

La conclusion qu'un échantillon contient de l'amiante ne devra être formulée que si au moins trois structures asbestiformes sont clairement identifiées dans une préparation produite et examinée avec soin. Si l'on examine plusieurs préparations par échantillon, la fiabilité du résultat doit être assurée par une règle appropriée. On évite ainsi que des structures présentes fortuitement, par exemple à la suite de la contamination de l'échantillon (dépôt d'amiante «en suspension» pendant la durée d'utilisation d'un élément de construction, faibles quantités disséminées lors du prélèvement ou pendant la préparation au laboratoire), n'entraînent en fin de compte des désamiantages inutiles.

Les réflexions et critères qui suivent se rapportent exclusivement aux dimensions et à la morphologie des particules. On part du principe que les autres critères d'identification (chimiques/optiques) selon la méthode EPA 600/R-93/116 et la directive VDI 3866:5 sont parfaitement remplis.

- Les experts s'accordent à dire que les critères de dimensions de l'OMS ne doivent être employés que pour les mesures dans l'air et non pour les analyses de matériaux. Pour les mesures dans l'air, ces dimensions sont définies dans les normes correspondantes, dont le respect est obligatoire selon la liste des valeurs limites d'exposition de la Suva (VDI 3492 et DGUV-I 213-546), tandis que d'autres critères morphologiques figurent dans les normes courantes pour les analyses de matériaux. S'en écarter aurait pour conséquence que presque tous les matériaux contenant des amphiboles devraient être déclarés comme contenant de l'amiante.

La divergence entre les critères d'analyse de l'air et des matériaux persiste par conséquent. Au lieu de transposer les critères de l'OMS aux échantillons de matériaux, on peut aussi envisager une approche différenciée pour les mesures dans l'air<sup>14</sup>.

Contrairement aux échantillons d'air, les faisceaux de fibres dont l'épaisseur est supérieure à 3 µm et/ou le rapport longueur/diamètre est inférieur à 3 doivent également être pris en compte dans les échantillons de matériaux. Les structures doivent néanmoins présenter une longueur minimale de 5 µm. S'il n'y a que des structures plus courtes, il convient de le mentionner.

- Satisfaire aux critères de l'OMS n'est ni nécessaire (voir plus haut) ni suffisant: les principales normes formulent des exigences supplémentaires ou plus strictes pour l'évaluation morphologique. Le groupe d'experts propose par la suite des critères de consensus englobant ces normes.

---

<sup>12</sup> <https://forum-amiante.ch/files/fachexperten/suva-recommandations-analyse-amiante-echantillons-difficiles-fr.pdf>

<sup>13</sup> König, R. 2021: Nachweisgrenze und Bestimmungsgrenze von mikroskopischen Methoden in der Asbestanalytik. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 81:435-442.

<sup>14</sup> Cf. Steinle, P., M. Schafer et P. Roth 2016: Freisetzung von Asbestfasern und anderen länglichen Mineralpartikeln beim Bearbeiten von Serpentinestein – Emissionstest und differenzierte analytische Beurteilung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 76:173-182. Les critères formulés dans ce document pour les fibres d'amiante «nettes» (longueur > 10 µm, diamètre < 0,5 µm) pourraient être adaptés aux critères de consensus proposés dans le présent document. Des comptages comparatifs correspondants sur des filtres à échantillons d'air sont en cours, en collaboration avec l'IFA (D) et l'ÖSBS (A).

- Les experts ont aussi été unanimes sur un dernier point qui crée souvent des malentendus: le passage concernant la «population» dans la méthode «EPA 600» est utile pour parler d'une source d'amphibole du point de vue géologique, mais non pour évaluer la teneur en amiante d'un échantillon de matériau de construction ou de matière première. En effet, il n'est pas pertinent qu'un échantillon contenant un petit nombre de particules d'amphibole asbestiforme (mais identifiables de façon reproductible) ne soit pas considéré comme contenant de l'amiante simplement parce que ce minéral est présent aussi sous une forme compacte dans le même matériau.

### **Critères de consensus pour un résultat positif concernant la présence d'amiante dans des échantillons contenant des particules d'amphiboles**

Dans un échantillon préparé et examiné avec soin<sup>15</sup>, on trouve au moins trois particules/structures d'amiante ayant les propriétés morphologiques suivantes (critères OU):

- fibres isolées longues et fines (ou faisceaux de fibres très fins): longueur > 5 µm ET diamètre < 1 µm ET rapport longueur-diamètre > 20
- faisceaux de fibres avec extrémités effilochées<sup>16</sup> de tout diamètre, longueur > 5 µm
- agglomérats de particules fibreuses enchevêtrées/entremêlées («matted masses»), de longueur > 5 µm

### **Comparaison avec les principales normes**

Les trois normes citées dans la note de bas de page n° 8, sur lesquelles s'appuient la majorité des laboratoires suisses effectuant des analyses d'amiante, définissent les critères morphologiques suivants:

#### **VDI 3866, feuille 5:**

*«Les caractéristiques essentielles de l'évaluation morphologique au MEB sont la visibilité nette de clivages longitudinaux et l'effilochage correspondant de l'objet aux extrémités des fibres ou la présence de fibres fines ( $D < 1 \mu\text{m}$ ) ayant un grand rapport longueur-diamètre ( $L/D$ ).»*

#### **EPA 600:**

*«With the light microscope, the asbestiform habit is generally recognized by the following characteristics:*

- *Mean aspect ratios ranging from 20:1 to 100:1 or higher for fibers longer than 5 µm. Aspect ratios should be determined for fibers, not bundles.*
- *Very thin fibrils, usually less than 0.5 micrometers in width, and*
- *Two or more of the following:*
  - o *Parallel fibers occurring in bundles,*
  - o *Fiber bundles displaying splayed ends,*
  - o *Matted masses of individual fibers, and/or*
  - o *Fibers showing curvature»*

<sup>15</sup> Superficie à examiner, p. ex. selon VDI 3866, feuille 5; temps nécessaire par échantillon (examen au microscope) au moins 10 minutes (HSG 248).

<sup>16</sup> La simple visibilité de structures allongées et les extrémités en gradins ou clivées ne suffisent pas. Les structures longitudinales doivent être reconnaissables comme des fibres isolées superposées. L'effilochage (qui doit être clairement visible au moins à une extrémité) désigne la séparation dans le sens de la longueur d'un faisceau de fibres en fibres isolées/faisceaux plus fins à ses extrémités. L'incurvation par rapport à l'axe principal du faisceau est caractéristique. Quelques fibres qui s'écartent et qui peuvent être interprétées comme une superposition de particules ne constituent pas une preuve d'effilochage. Voir aussi les exemples illustrés de l'annexe 1.

### HSG 248:

«Under a light microscope, the asbestiform habit is generally recognised by the following characteristics:

- a range of aspect ratios ranging from 20:1 to 100:1 or higher for fibres longer than 5 µm;
- capability of splitting into very thin fibrils;
- two or more of the following:
  - o parallel fibres occurring in bundles
  - o fibre bundles displaying frayed ends
  - o fibres in the form of thin needles
  - o matted masses of individual fibres, and/or
  - o fibres showing curvature.»

**Par rapport à la directive VDI 3866**, les critères de consensus définissent ce qu'il faut entendre par un «grand» rapport longueur-diamètre, en s'appuyant sur les autres normes. Ils permettent de réduire la marge d'interprétation et le potentiel de divergences d'évaluations entre analystes ou entre laboratoires.

Les rares «matted masses», amas de fibres entremêlées et difficiles, voire impossibles, à discerner individuellement, ont été incluses dans ces critères afin de permettre également une évaluation plus uniforme par-delà les différentes normes. Il est probable que les laboratoires qui se basent sur la directive VDI 3866 dans leur travail considéraient déjà ces observations comme de l'amiante.

**Par rapport au guide HSG 248** et, plus encore à la méthode **EPA 600**, les critères de consensus sont moins stricts, en particulier parce qu'il n'y a plus d'opération logique «ET».

Conformément à ces critères, il y a également présence d'amiante quand l'on ne trouve qu'une catégorie de particules (vraisemblablement des fibres longues et fines dans la plupart des cas), tandis que la méthode EPA 600 et le guide HSG 248 requièrent la mise en évidence d'autres caractéristiques dans la même préparation. Le critère d'incurvation des fibres, presque obligatoire en fonction de l'interprétation des normes, est également abandonné.

Le guide HSG 248 ne précise pas ce que signifie «very thin» ou «thin» et la méthode EPA 600 indique «usually less than 0.5 micrometers in width». Ces normes restent donc floues, sans doute délibérément, d'autant qu'il est difficile d'obtenir une mesure précise à l'échelle submicro-métrique avec un microscope optique. Le groupe d'experts propose, en application du principe de précaution, une limite de 1 µm, qui est mieux mesurable et satisfait le critère de diamètre de la directive VDI 3866. Il s'appuie aussi pour cela sur une étude de Harper et al.<sup>17</sup>, selon laquelle la «démarcation» entre les diamètres des particules d'amphiboles asbestiformes et non asbestiformes se situe à environ 0,84 µm.

Les exigences des critères de consensus, abaissées par rapport au guide HSG 248 et à la méthode EPA 600, visent à réduire la marge d'interprétation et à améliorer la comparabilité des résultats obtenus par différentes méthodes (harmonisation avec la directive VDI 3866), mais aussi à prendre en compte la nécessité de travailler vite au laboratoire. Si une préparation comporte au moins trois particules d'une catégorie (p. ex. des faisceaux de fibres effilochés), il est très probable que l'on trouverait aussi des particules d'une autre catégorie si l'on cherchait encore (p. ex. des fibres fines isolées, détachées de ces faisceaux de fibres lors du broyage). Pour des raisons d'économie de procédure, le groupe d'experts propose de laisser les analystes libres de rechercher d'autres composants qu'ils pourraient encore trouver.

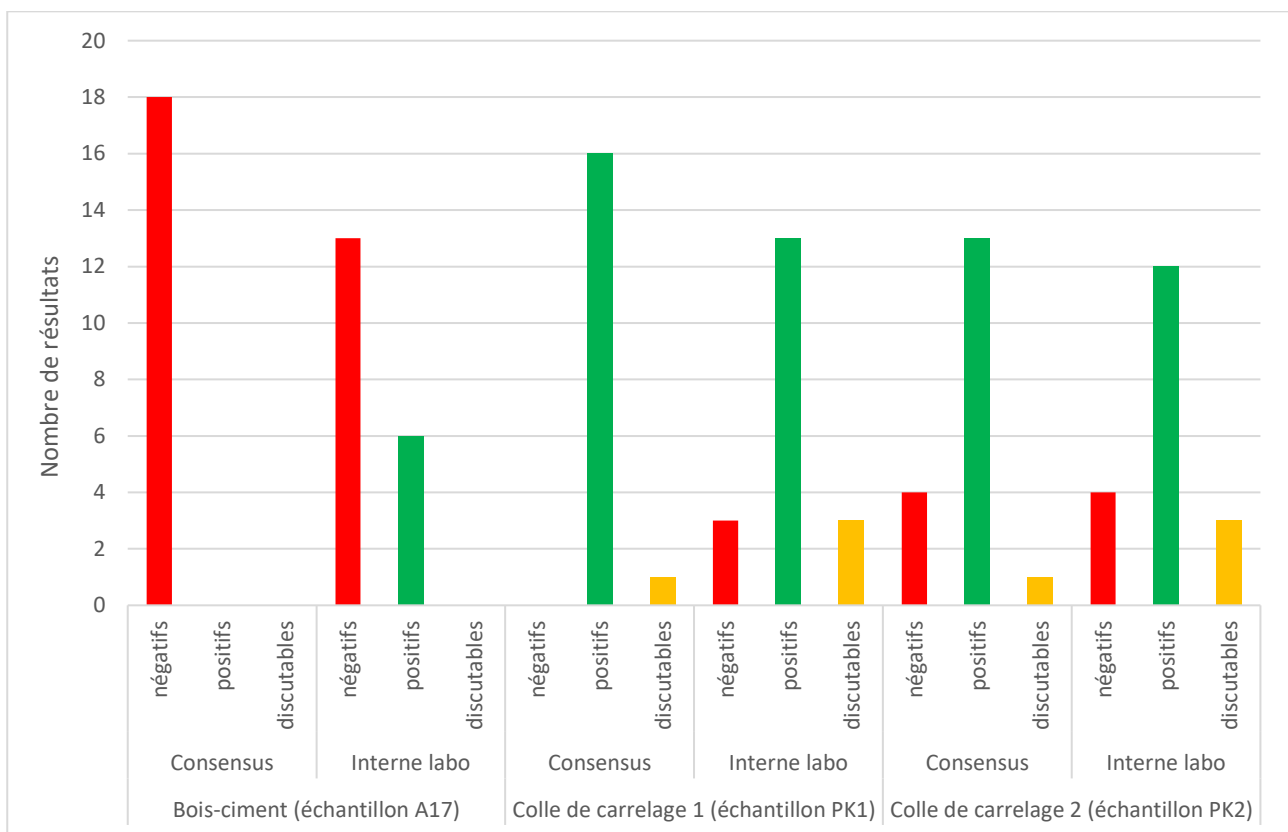
---

<sup>17</sup> Harper, M. et al (2012): An Inter-Laboratory Study to Determine the Effectiveness of Procedures for Discriminating Amphibole Asbestos Fibers from Amphibole Cleavage Fragments in Fiber Counting by Phase-Contrast Microscopy. Ann. Occup. Hyg., Vol. 56, No. 6, pp. 645-659

## Conséquences attendues de l'observation des critères de consensus proposés

Le groupe d'experts table sur une large harmonisation des résultats d'amiante dans les échantillons contenant des amphiboles. Si les laboratoires de microscopie MEB abandonnaient la pratique consistant à classer les échantillons comme contenant de l'amiante sur la base de fragments isolés remplissant fortuitement les critères de dimensions de l'OMS au bénéfice d'une application plus stricte des critères morphologiques de la norme VDI 3866, certains matériaux ne seraient plus classés comme contenant de l'amiante à l'avenir. D'autre part, avec l'interprétation moins stricte proposée, les laboratoires qui insistaient déjà sur le respect de toute la liste de critères de l'EPA classeront désormais comme amiantés certains matériaux contenant des amphiboles en aiguilles, ce qui est souhaitable en application du principe de précaution.

L'essai mené à la fin de l'été 2022, au cours duquel 19 laboratoires ont examiné différents matériaux de construction contenant de la trémolite selon les critères de consensus et leurs propres critères internes, témoigne de cette harmonisation souhaitée.



**Figure 1:** Résultats de «l'envoi d'amphiboles»: 19 laboratoires ont examiné 3 échantillons de matériau, préparés et homogénéisés au préalable de manière centralisée, d'une part suivant leur pratique interne et, d'autre part, en appliquant les «critères de consensus» (18 résultats). L'évaluation a concordé totalement pour les échantillons A17 et PK1. (Un laboratoire a considéré que l'échantillon PK1, examiné par MOLP, ne contenait pas d'amiante selon les critères de consensus, mais ce résultat n'a pas été pris en considération car le même laboratoire a obtenu un résultat positif par MEB et a privilégié ce résultat.) L'échantillon PK2 s'est effectivement avéré à la limite, avec quelques particules allongées de trémolite dont le diamètre était de l'ordre de 1 µm et le rapport longueur/diamètre généralement de 10 à 15, de sorte que le résultat penchait tantôt d'un côté, tantôt de l'autre selon les contingences statistiques (répartition de la probabilité).



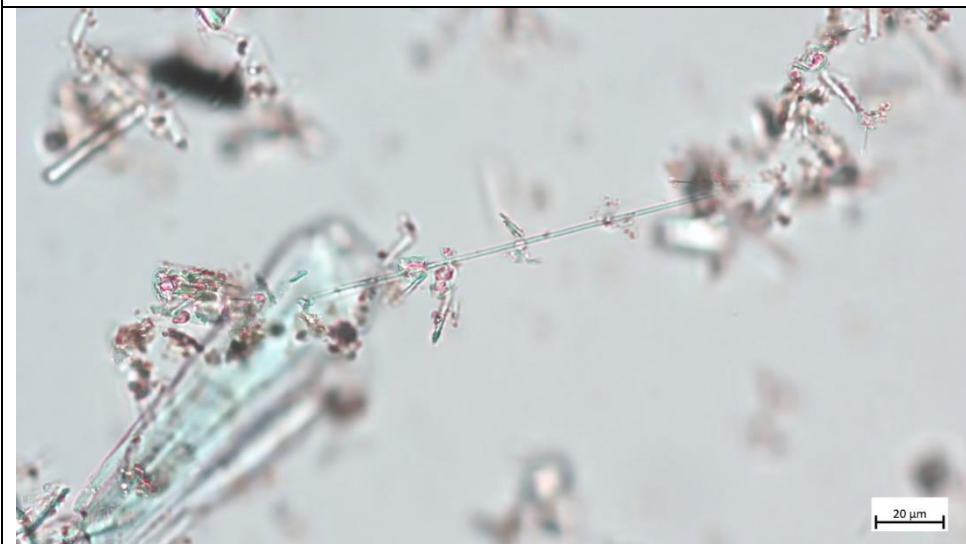
**Annexe 1:** Exemples d'images au MEB/MOLP

**Catégorie «fibres isolées longues et fines» (ou faisceaux de fibres très fins), MOLP**

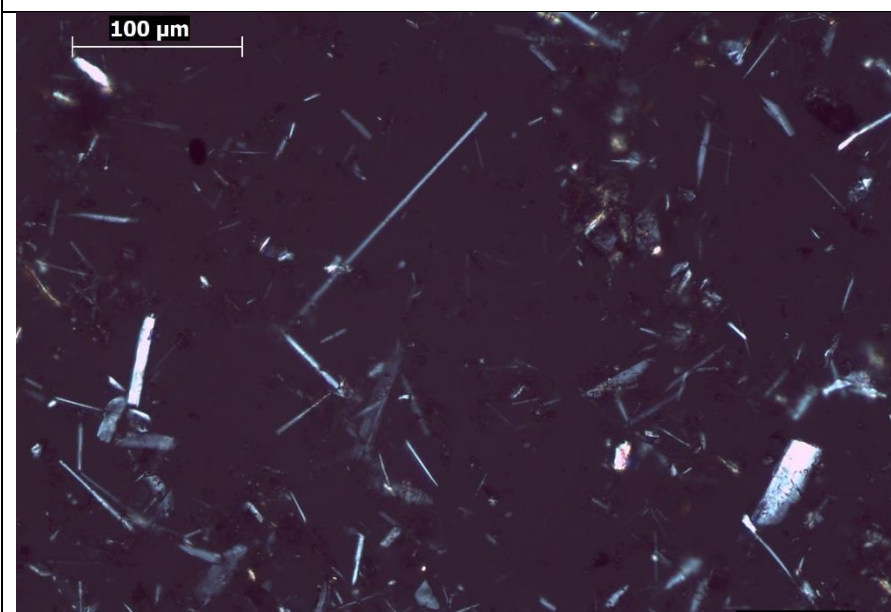
longueur > 5 µm ET diamètre < 1 µm ET rapport longueur-diamètre > 20



Plusieurs fibres satisfont aux critères de dimensions

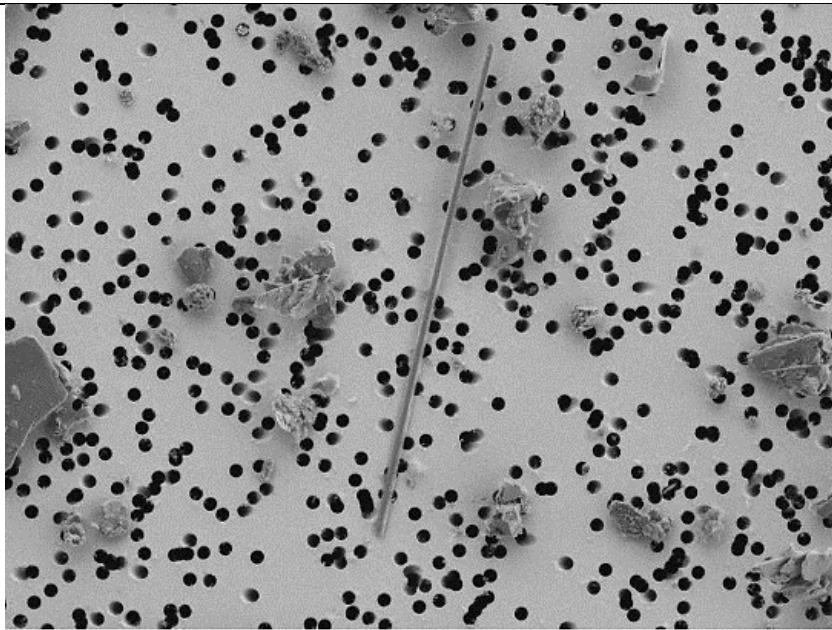


Fibre isolée au milieu de l'image

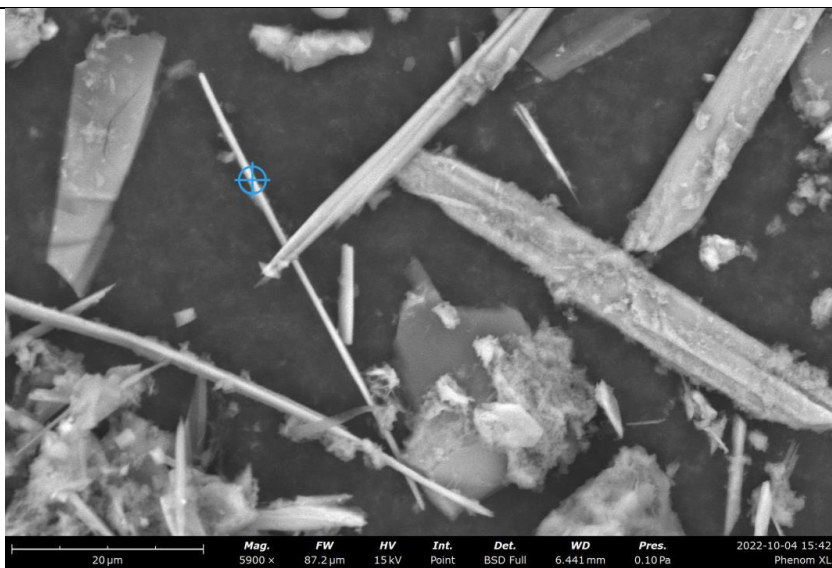


À ce grossissement, le critère de diamètre < 1 µm n'est pas évaluable.  
  
On suppose que des fibres longues et fines isolées seraient décelables à plus fort grossissement.

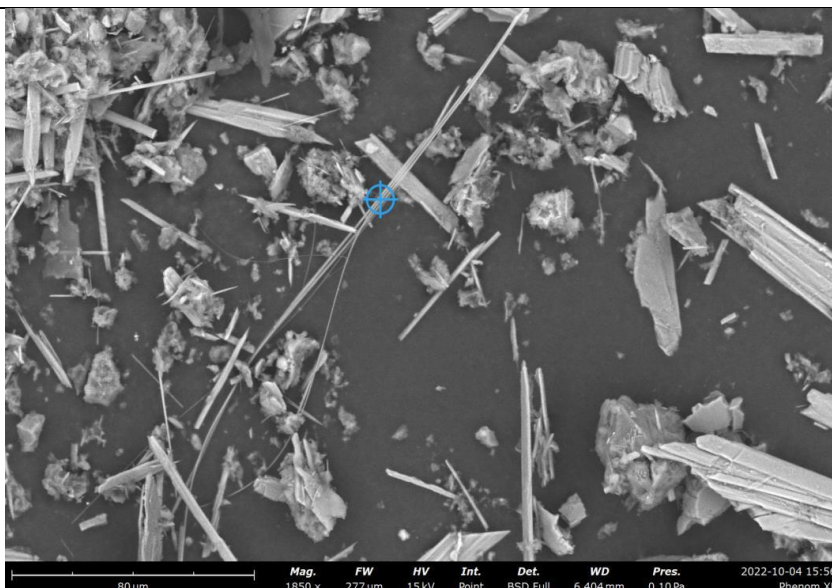
**Catégorie «fibres isolées longues et fines» (ou faisceaux de fibres très fins), MEB**



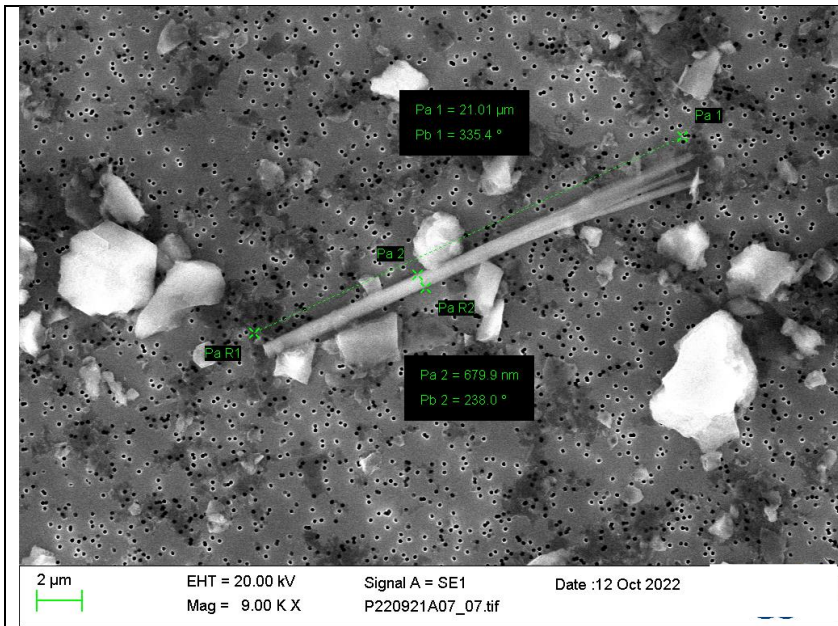
Vue de détail  
fibre droite



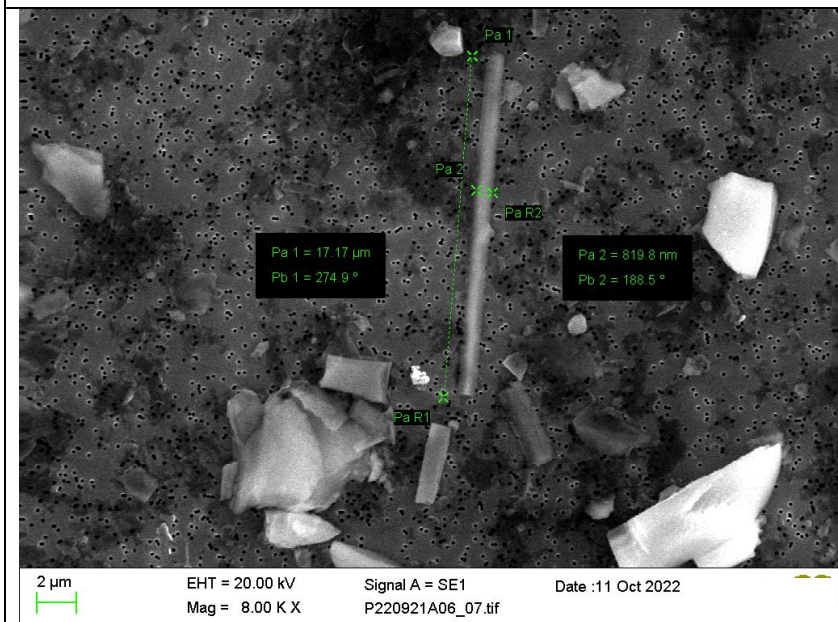
La fibre marquée satisfait aux critères (diamètre tout juste < 1 μm).



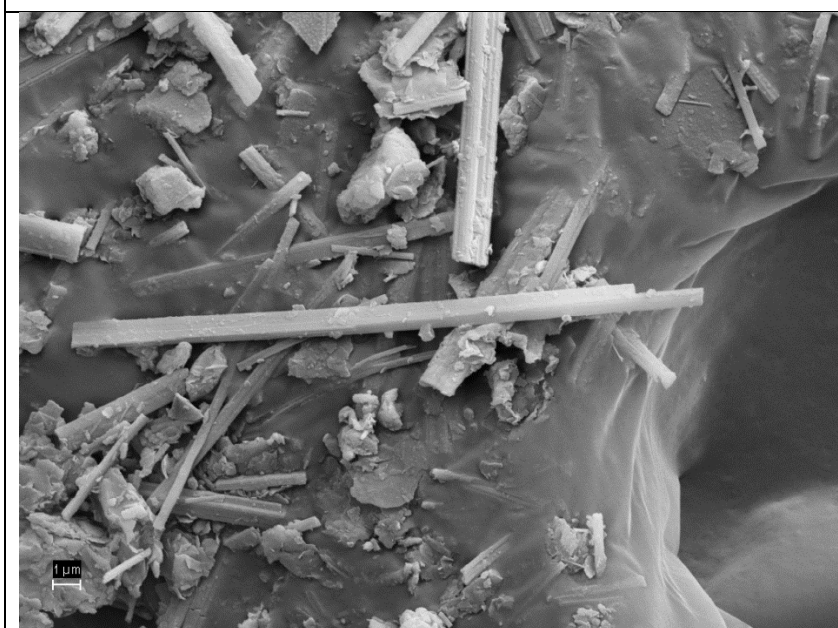
Plusieurs fibres satisfont aux critères.  
Incurvations visibles.



Petit faisceau de fibres fin qui s'effiloche, critères de dimensions des «fibres isolées longues et fines» également rempli.

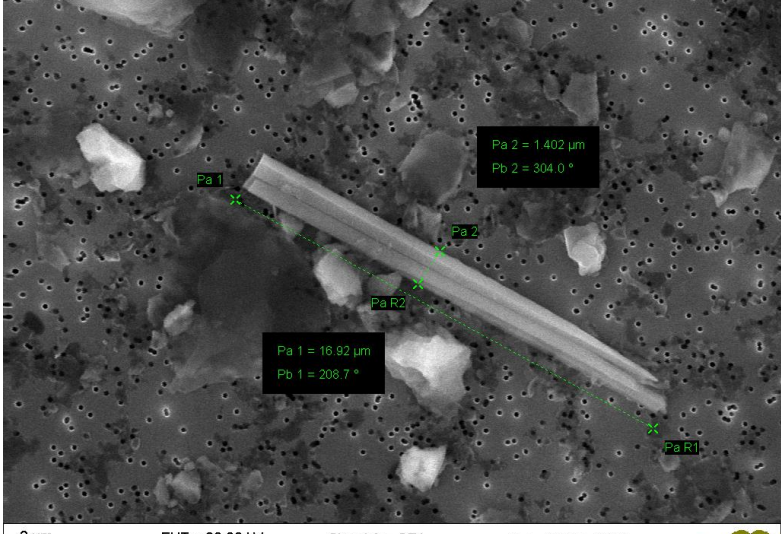
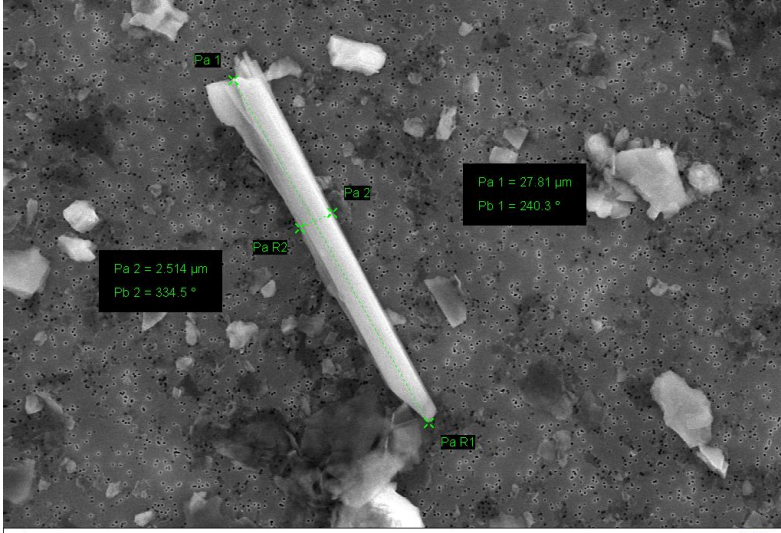
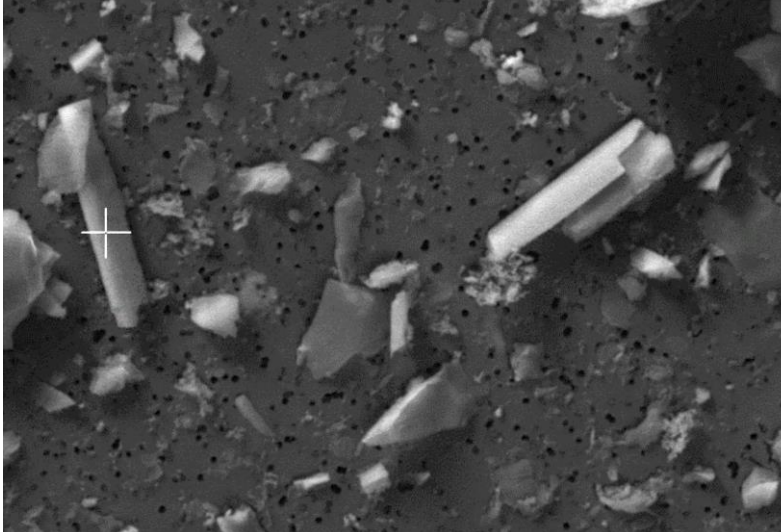


Critères tout juste satisfaits avec D 0,82 et L = 17,2 μm (L/D = 21).


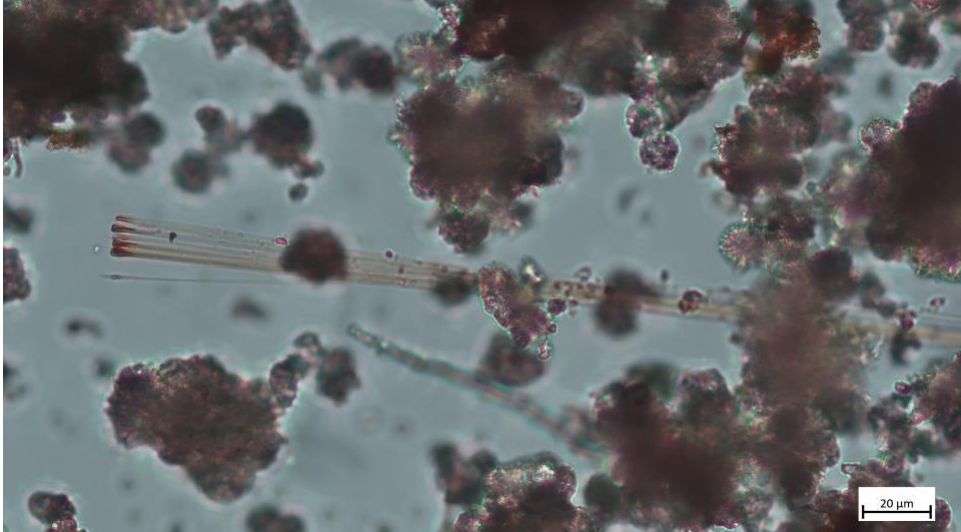
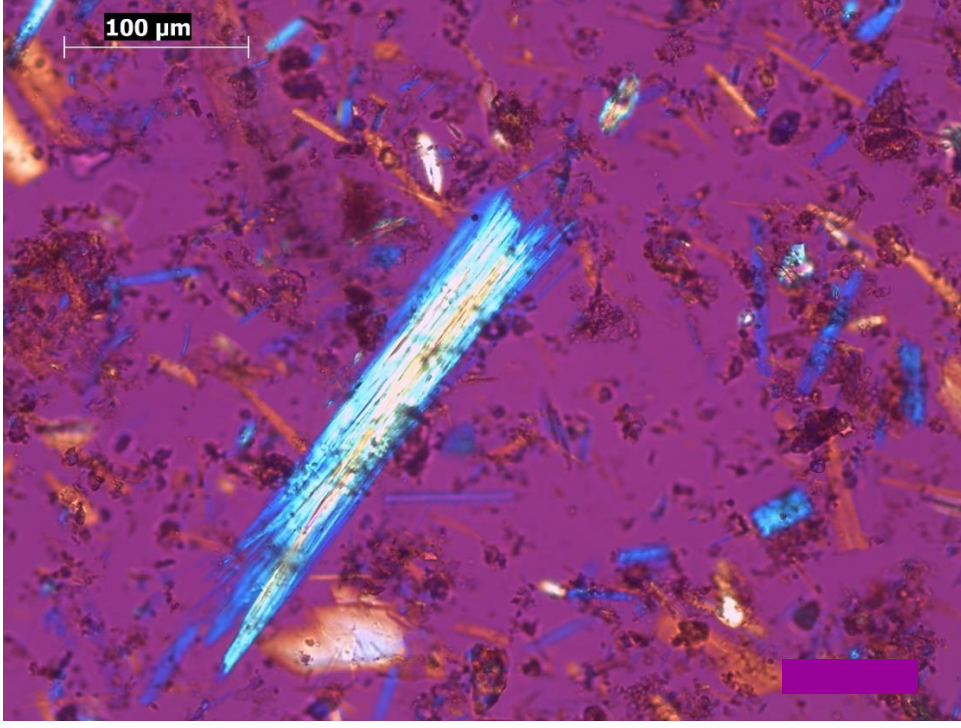


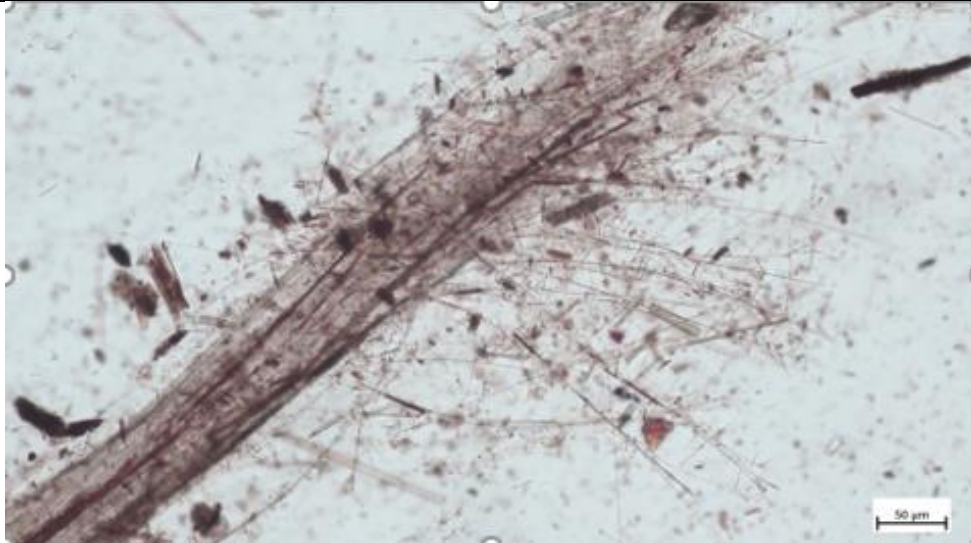
Fibre à extrémité en gradins ou deux fibres droites superposées, satisfaisant ensemble (tout juste) les critères de dimensions.

Catégorie des fibres isolées longues et fines (ou faisceaux de fibres très fins), exemples de critères non satisfaits:

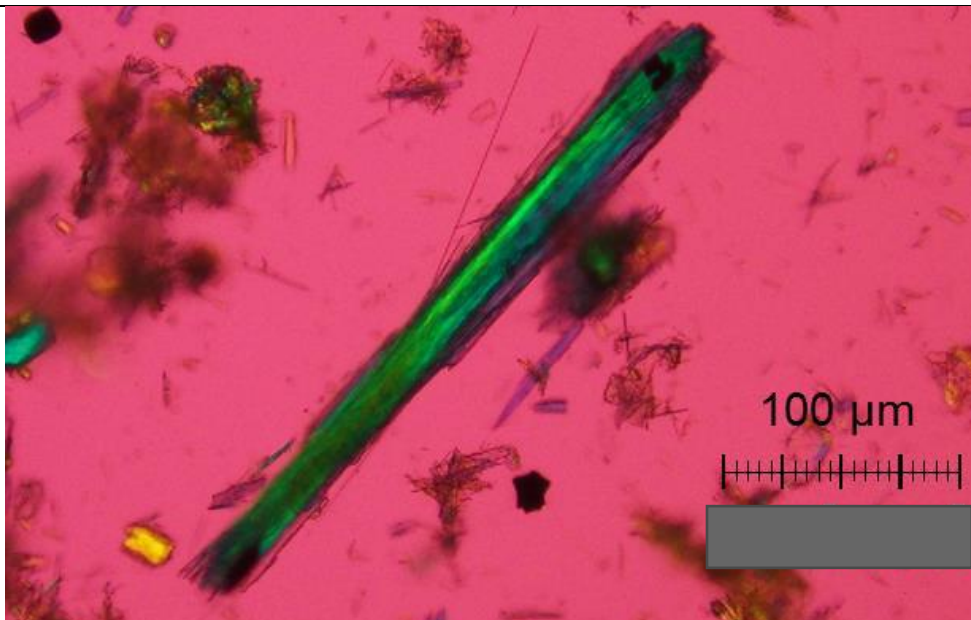
 <p> <b>Pa 1 = 16.92 <math>\mu</math>m</b>  <b>Pb 1 = 208.7 <math>^{\circ}</math></b> </p> <p> <b>Pa 2 = 1.402 <math>\mu</math>m</b>  <b>Pb 2 = 304.0 <math>^{\circ}</math></b> </p> <p>           2 <math>\mu</math>m    EHT = 20.00 kV    Signal A = SE1    Date :12 Oct 2022            Mag = 12.00 K X    P220921A07_08.tif         </p>	<p>Critères de diamètre et de rapport L/D non satisfaits.</p> <p>Interprétation comme faisceau de fibres: effilochage pas assez net.</p>
 <p> <b>Pa 1 = 27.81 <math>\mu</math>m</b>  <b>Pb 1 = 240.3 <math>^{\circ}</math></b> </p> <p> <b>Pa 2 = 2.514 <math>\mu</math>m</b>  <b>Pb 2 = 334.5 <math>^{\circ}</math></b> </p> <p>           2 <math>\mu</math>m    EHT = 20.00 kV    Signal A = SE1    Date :12 Oct 2022            Mag = 6.00 K X    P220921A07_04.tif         </p>	<p>Critères de diamètre et de rapport L/D non satisfaits.</p> <p>Interprétation comme faisceau de fibres: effilochage incertain à l'extrémité supérieure mais pas de structures longitudinales &gt; non satisfait.</p>
 <p>           10 <math>\mu</math>m*         </p> <p>           1:1    20.00 kV    12.0 mm    4.01 K X    L2204594-0001-00-SW-02.tif    Width = 14.79 <math>\mu</math>m    14 Oct 2022         </p>	<p>Critères de diamètre et de rapport L/D loin d'être satisfaits.</p> <p>D &gt; 3 <math>\mu</math>m, ne peut pas être considéré comme une fibre même selon les Règles techniques TRGS 517.</p>

**Catégorie «faisceaux de fibres effilochés»**

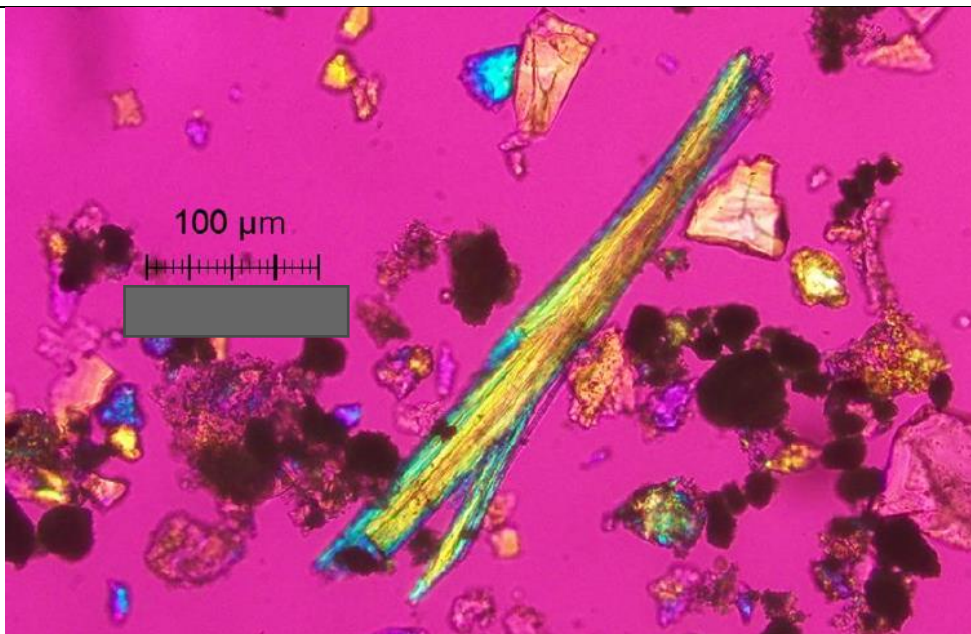
 <p>A light micrograph showing a bundle of two fibers. A blue box highlights a section of the bundle. A scale bar in the bottom right corner indicates 20 μm.</p>	<p>Faisceau «minimal» Deux fibres effilochées.</p>
 <p>A light micrograph showing a bundle of fibers with some fraying on the left side. A scale bar in the bottom right corner indicates 20 μm.</p>	<p>Léger effilochage à gauche</p>
 <p>A polarized light micrograph showing a compact bundle of fibers. A scale bar in the top left corner indicates 100 μm.</p>	<p>Faisceau compact. Léger effilochage visible aux deux extrémités.</p>



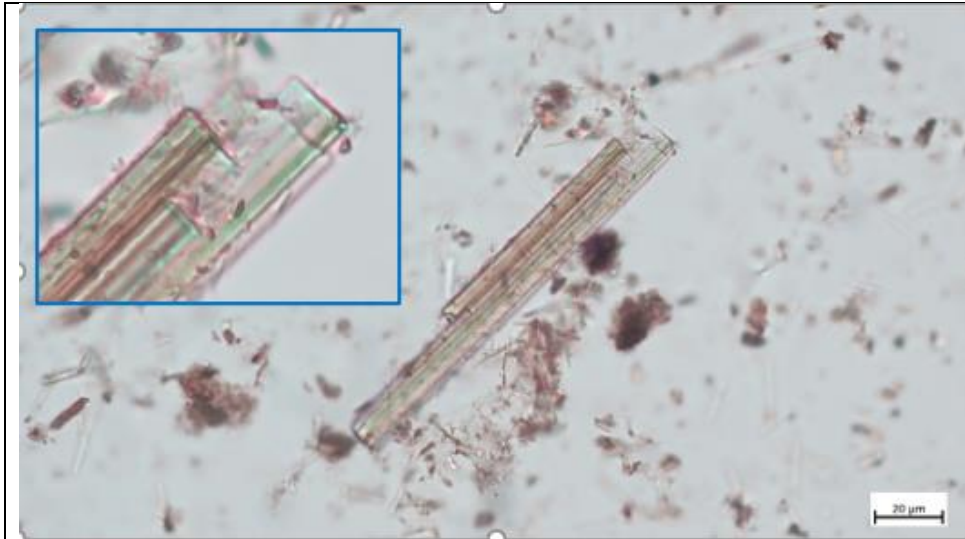
Faisceau épais avec d'innombrables fibres effilochées.  
En voie de devenir une «matted mass»



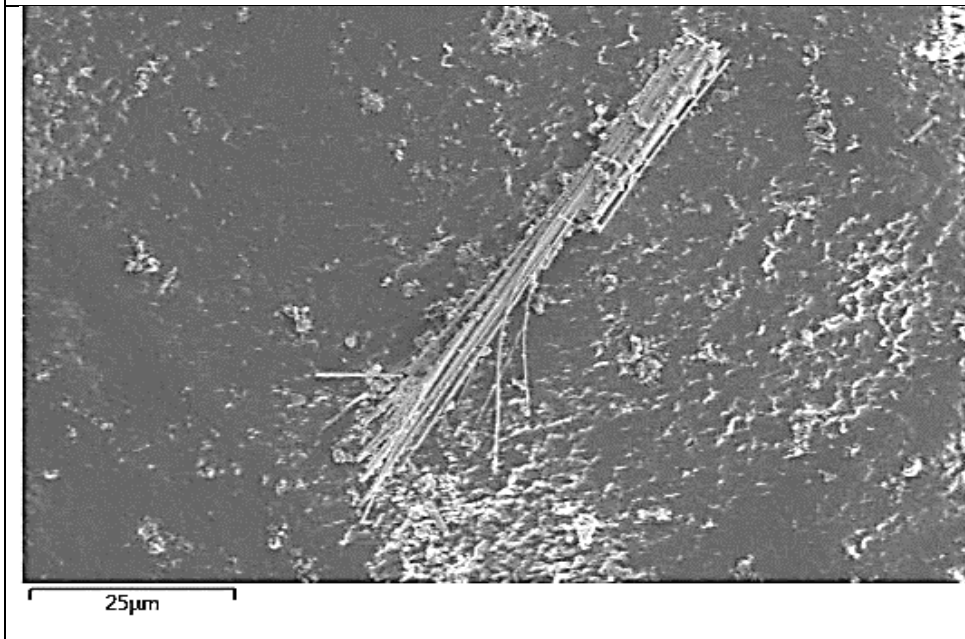
Léger effilochage en bas à gauche  
Également trois fibres effilochées visibles sur le flanc gauche.



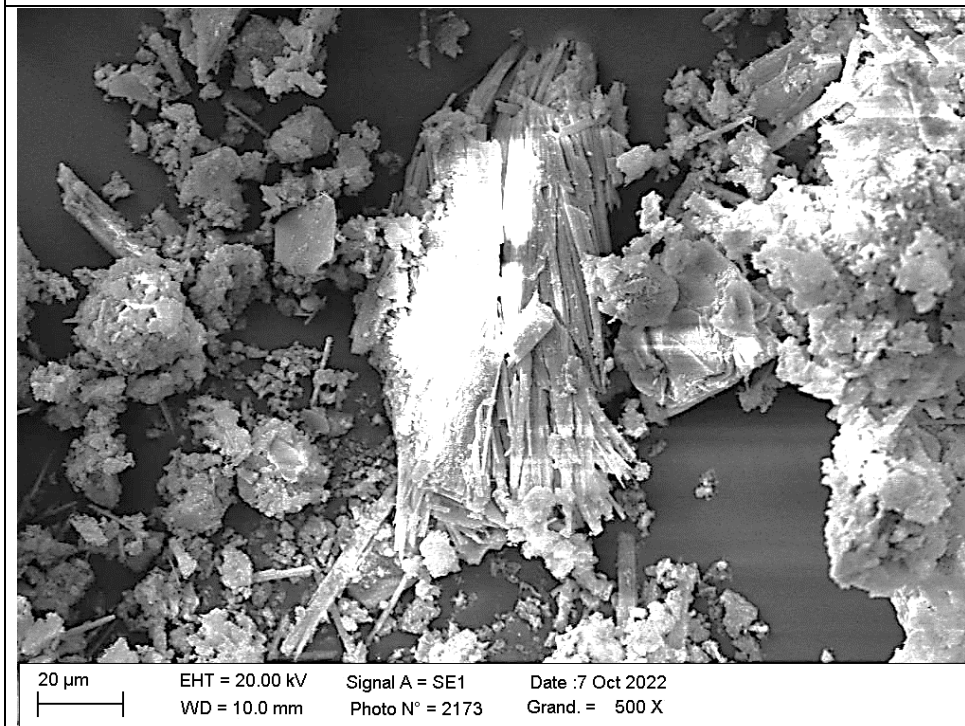
Non asbestiforme  
Limite, mais considéré comme non asbestiforme à ce grossissement.  
Clivage grossier de l'extrémité inférieure.  
Fibres fines (?) au milieu et peut-être début d'effilochage, trop indistinct, à l'extrémité supérieure.



Non asbestiforme  
 Particule (d'amosite) à structure longitudinale nettement parallèle et extrémité droite en gradins complexes.  
 Pas de véritable effilochage observable.

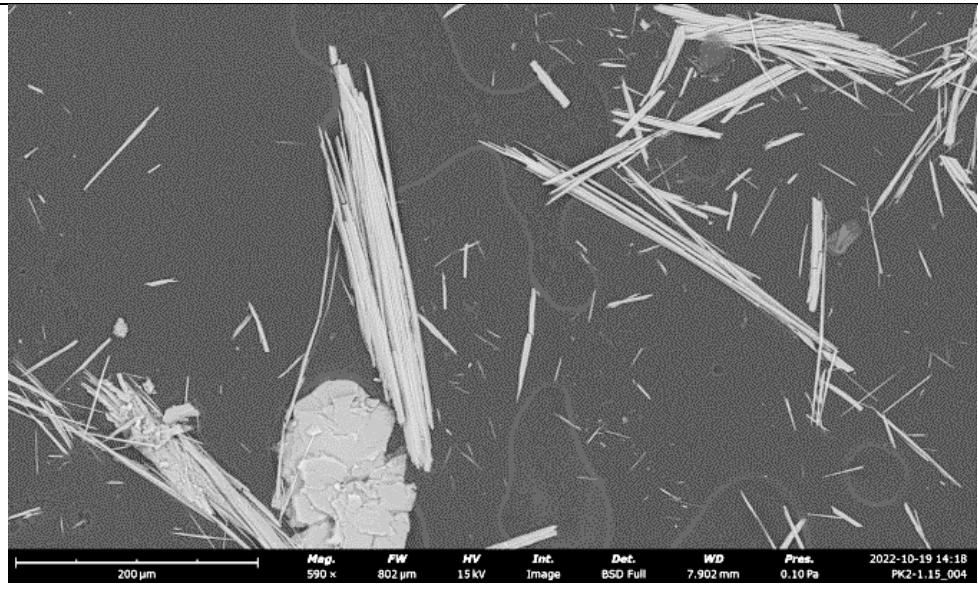
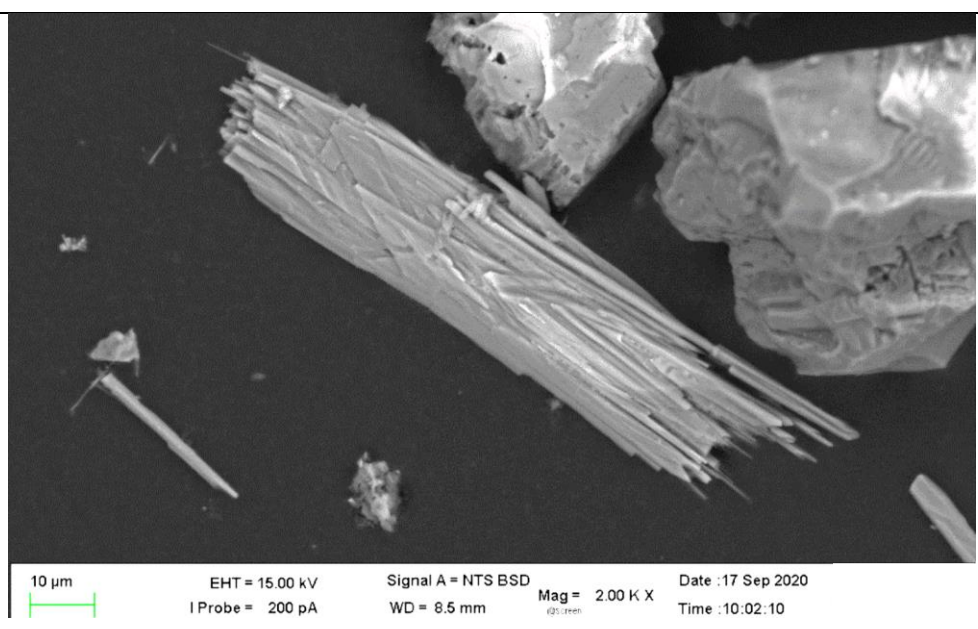



«Bel» effilochage à l'extrémité inférieure du faisceau, qui reste compact par ailleurs.



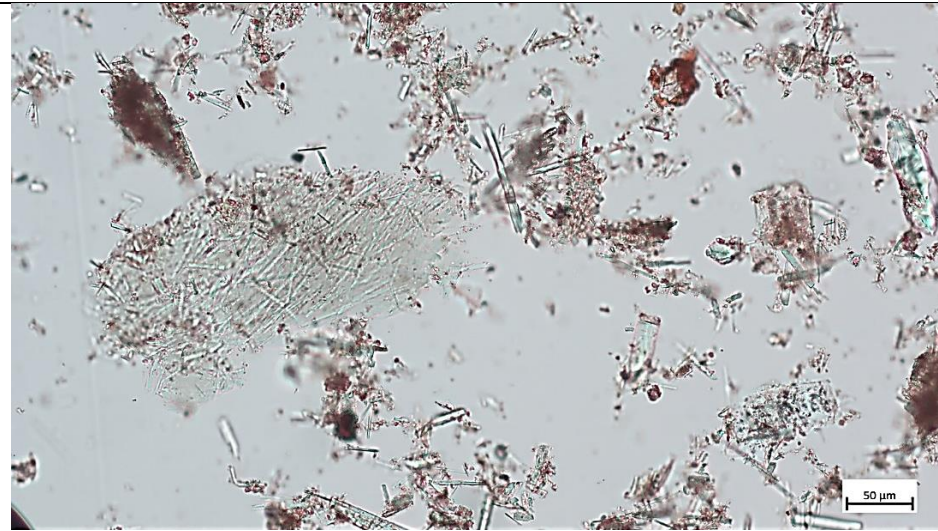
Faisceau très épais, effilochage bien visible dans la partie inférieure

Catégorie «faisceaux de fibres effilochés», limite mais considéré comme asbestiforme

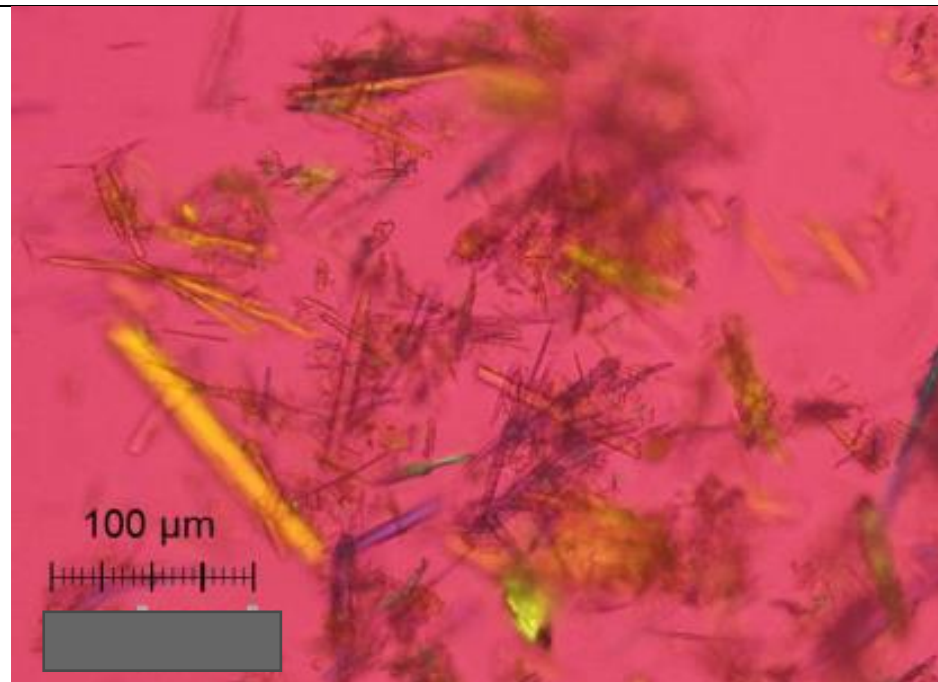
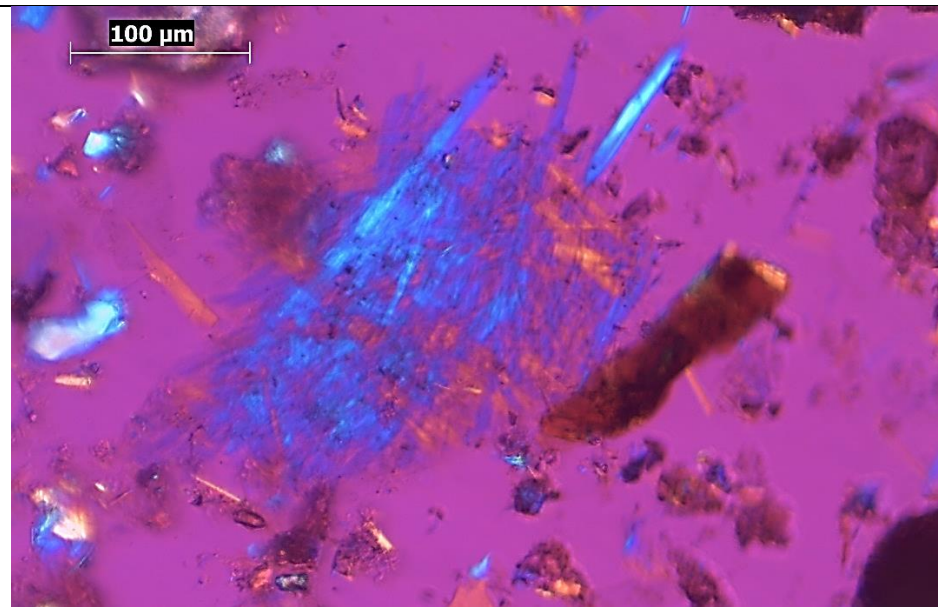
	<p>Plusieurs faisceaux différents, nette clivabilité longitudinale.</p> <p>À ce grossissement, le critère de diamètre n'est pas évaluable.</p>
	<p>Faisceau très compact.</p> <p>Effilochage incertain des extrémités.</p> <p>Classé comme asbestiforme par le groupe d'experts.</p>
	<p>Faisceau au milieu de l'image. Extrémité inférieure effilochée?</p> <p>Non considéré comme asbestiforme par le groupe d'experts.</p>



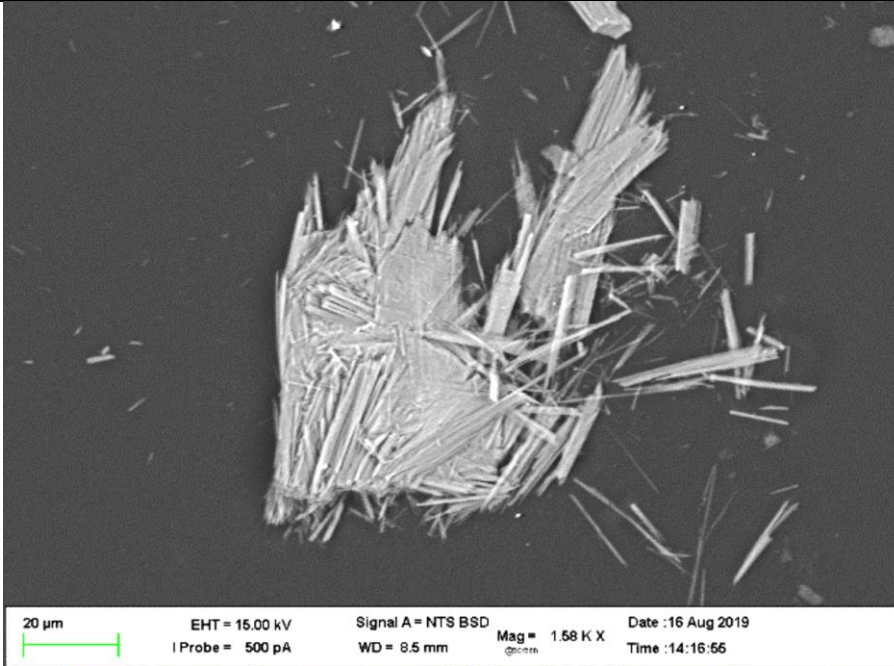
**Catégorie: «agglomérats de fibres enchevêtrées / matted masses»**



La structure entremêlée dans la moitié gauche de l'image est un bon exemple de «matted mass»

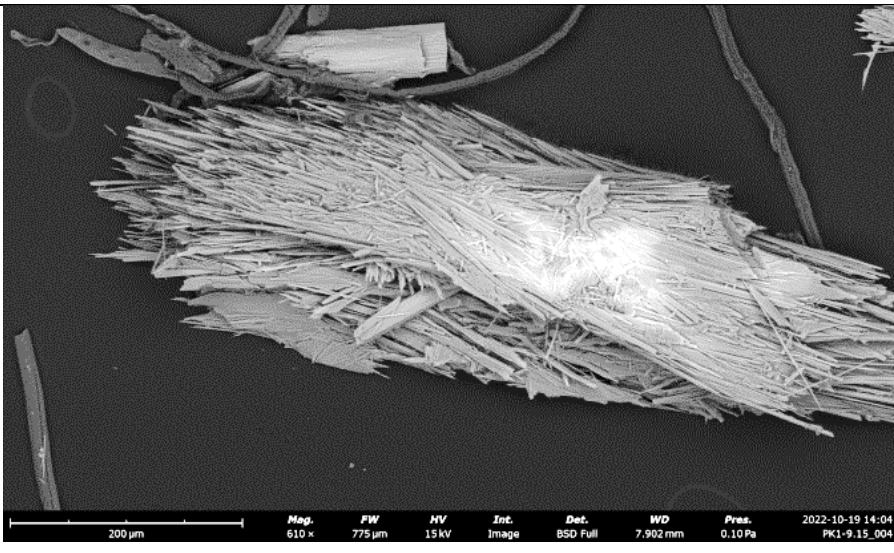


Limite, mais encore interprétable comme des agglomérats de fibres enchevêtrées.  
Une accumulation de fibres isolées ou de particules en forme de baguettes sera peut-être reconnaissable à plus fort grossissement.

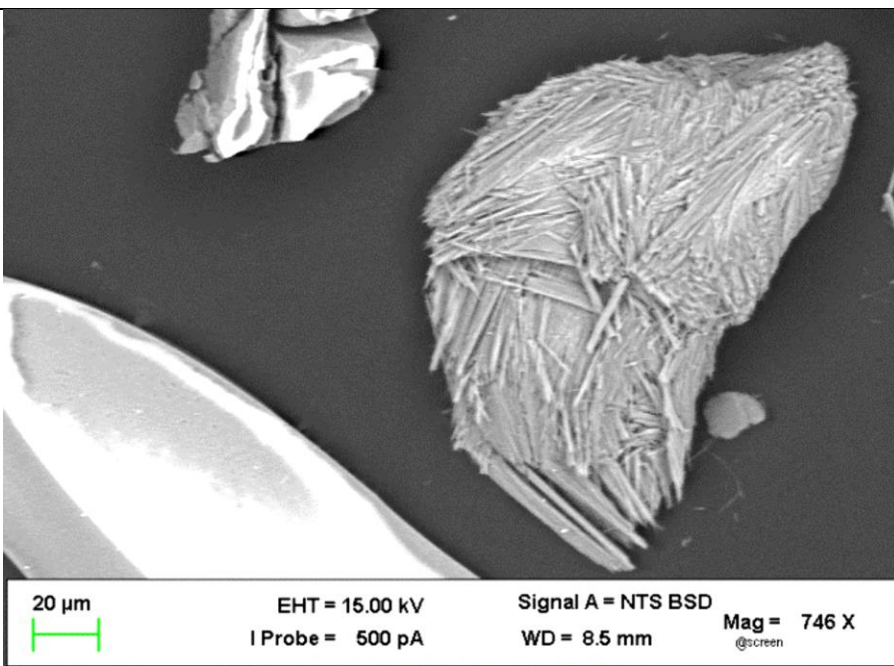


«Matted mass» compacte au MEB

Faisceaux désordonnés et quelques fibres isolées



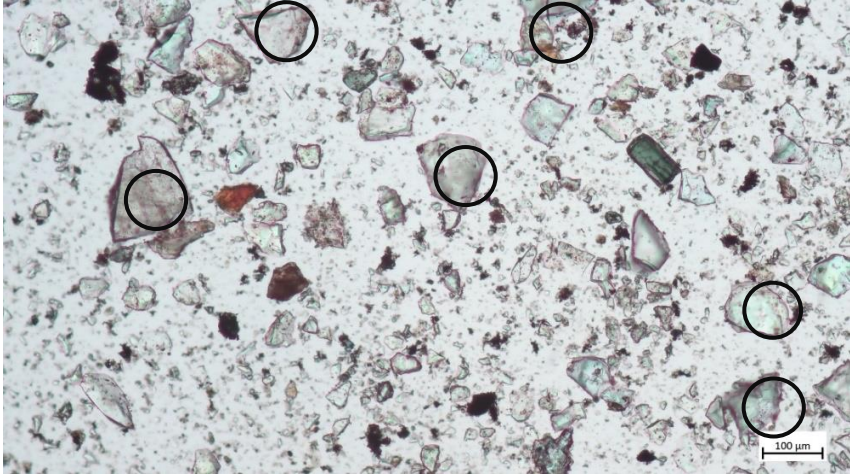

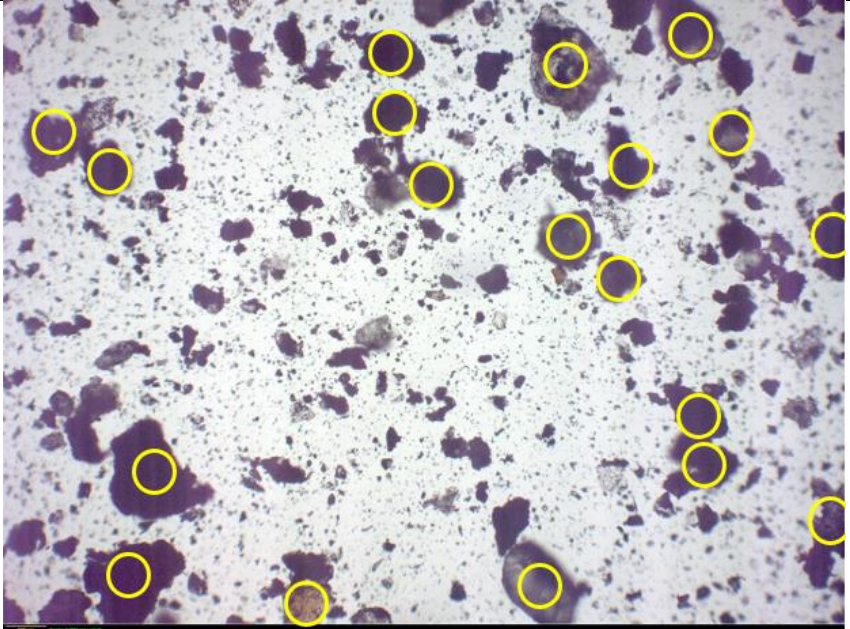

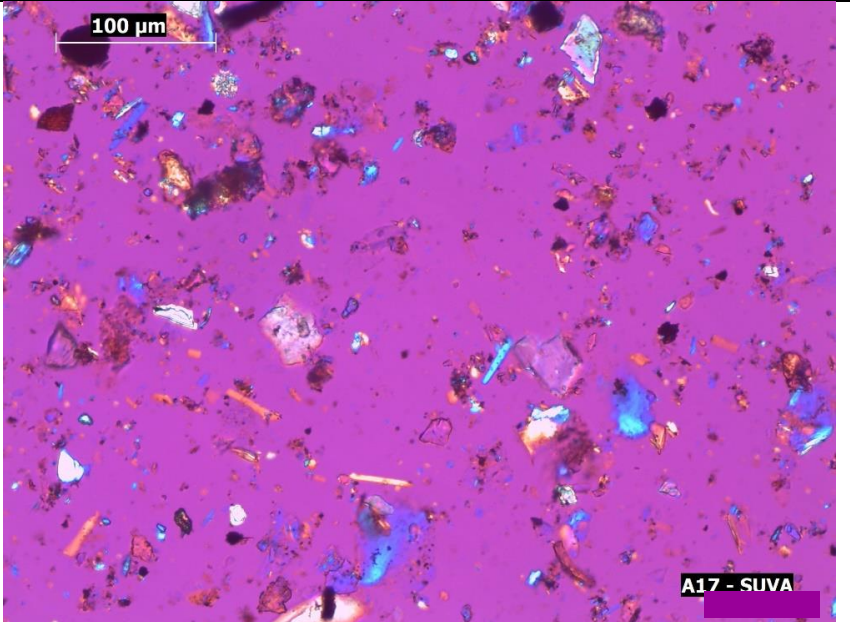
Très grand faisceau ou «matted mass».



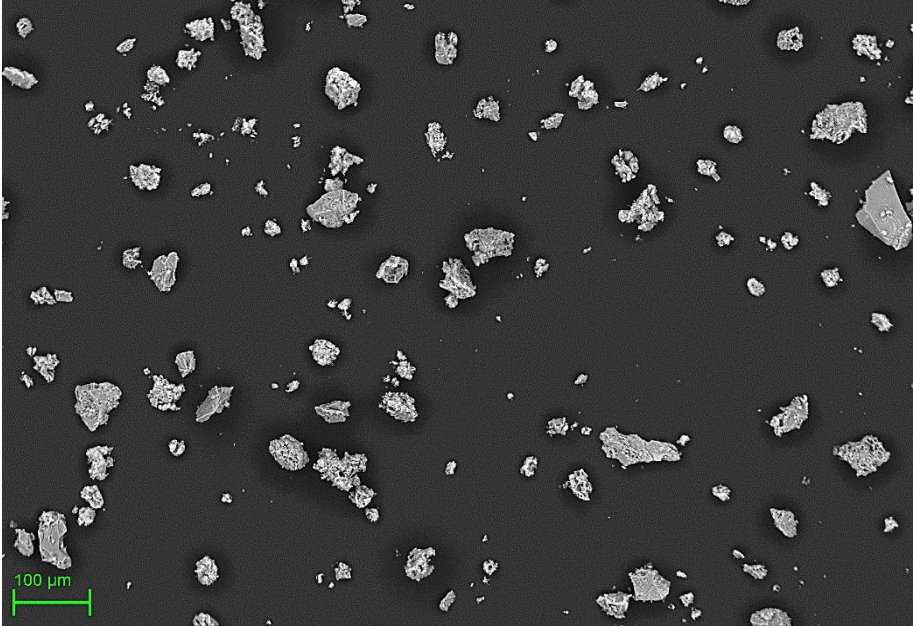

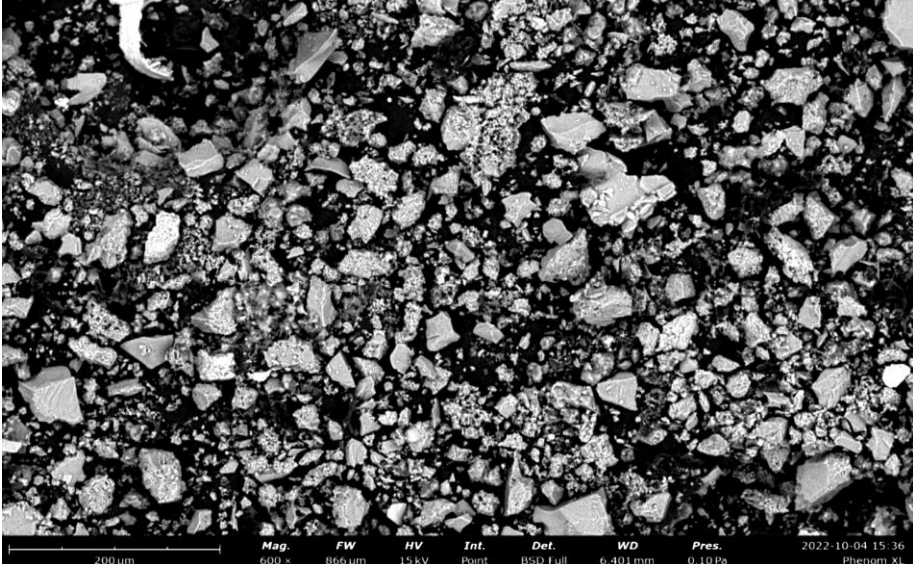
«Matted mass» très compacte

Présence de fibres de < 1 µm de diamètre, à vérifier à plus fort grossissement.

**Annexe 2:** Exemples d'images de la granulométrie et de l'étalement des préparations à l'analyse par MOLP et MEB

	<p>D = 0,1 mm </p> <p>Répartition granulométrique plutôt optimale. Étalement plutôt dense.</p>
	<p>D = 0,1 mm </p> <p>Répartition granulométrique plutôt grossière. Bonne densité d'étalement</p>
	<p>Granulométrie plutôt fine. Bonne densité d'étalement</p>

Exemples d'images de granulométrie de préparations à l'analyse par MEB

	<p>Bonne granulométrie, étalement passable.</p> <p>(baisse de la limite de détection et augmenta- tion du travail d'ana- lyse)</p>
	<p>Bonne granulométrie, étalement bon à dense.</p>
	<p>Étalement dense</p>