

REUNION D'AVANCEMENT ANNEE 1 Du PROJET ABP Amiante et Bonnes Pratiques

Le vendredi **18/11/16**

à l'IRD salle 2 (Nouméa) – de 13h30 à 16h00 – **en visio** à l'IAC (Pouembout)

Le CNRT vous invite à participer
à la réunion du 18/11/2016
animée par **l'équipe scientifique**

Présentation des travaux de
recherche année 1 du projet
ABP

« Amiante et Bonnes Pratiques »

I. Rappels des objectifs

II. Présentation des travaux de l'année 1

- Comparaison des performances des différentes méthodologies d'identification des asbestes (tâche 2)
- Comportement des éléments métalliques lors de l'altération de surface des asbestes (tâche 3)
- Toxicologie des asbestes calédoniens.
Focus sur l'antigorite.

III. Perspectives pour les mois à venir

Animée par

-Christine LAPORTE-MAGONI (UNC) Coordinatrice locale du Projet

-Jasmine PETRIGLIERI

(étudiante en thèse au PPME, UNC)

Pour tous renseignements

Contactez le CNRT

Tél. : 28 68 72

cnrt@cnrt.nc



Objectif du Projet

Le projet propose une approche intégrée et pluridisciplinaire dans l'objectif d'apporter de nouvelles données scientifiques indispensables pour évoluer vers une estimation de la toxicité des différents minéraux amiantifères présents en Nouvelle-Calédonie et la caractérisation du risque sanitaire lié à l'amiante environnemental.

Durée du projet : 18 mois

Démarrage des travaux : 24/08/2015

Organisme coordinateur : Université de Turin

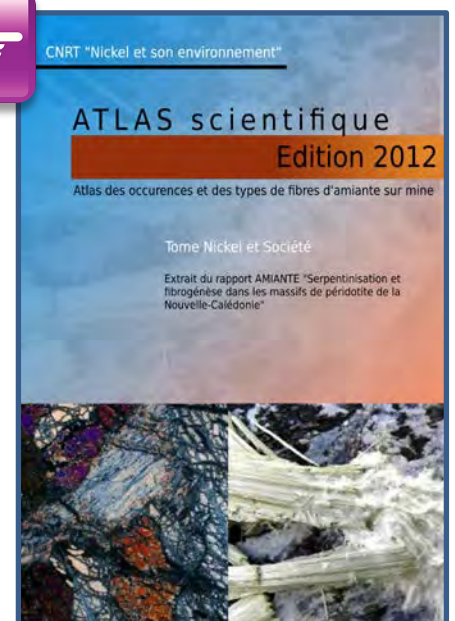
Partenaires : Univ de Turin – UNC - Univ. De Parmes – IMPMC-IRD

BIENTÔT REEDITER : Le rapport

Edition 2012 « Atlas des

occurrences et des types de

fibres d'amiante sur mine



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO



ABP Amiante et bonnes pratiques

La Nouvelle-Calédonie est recouverte sur plus du tiers de sa surface d'unités ultra-basiques dans lesquelles l'exploitation minière doit être conciliée avec la présence d'affleurements d'amiantes et de minéraux fibreux. Les travaux réalisés par le passé, permettent d'avoir aujourd'hui une vision précise de l'aléa amiante.

La part humaine de la problématique a été traitée via deux approches conjointes d'épidémiologie et de géographie de la santé. Le décret N°82 du 25 Août 2010 régit en Nouvelle-Calédonie les modalités de protection des personnes face à l'exposition aux fibres d'amiante. Cette réglementation impose notamment une évaluation du risque sanitaire.

Dans le cadre des expositions environnementales, ou para-professionnelles, aux minéraux amiantifères, l'évaluation de ce risque répond à une problématique complexe. Les exigences de ce texte de loi, en termes d'évaluation du risque, se confrontent à l'insuffisance de connaissances sur le lien entre la nature minéralogique et les caractéristiques chimiques et physiques des minéraux amiantifères présents à l'affleurement en Nouvelle-Calédonie. Or, ces propriétés sont en lien direct avec la toxicologie des fibres inhalées, et elles représentent de ce fait des connaissances indispensables pour estimer le risque sanitaire.

Le projet propose une approche intégrée et pluridisciplinaire dans l'objectif d'apporter de nouvelles données scientifiques indispensables pour évoluer vers une estimation de la toxicité des différents minéraux amiantifères présents en Nouvelle-calédonie et la caractérisation du risque sanitaire lié à l'amiante environnemental.

Ce projet est organisé suivant 3 axes :

- Une étude comparative des atouts/limites des techniques analytiques d'identification des minéraux amiantifères. L'objectif est, au travers d'une démarche analytique comparative, de tenter de proposer un protocole permettant l'identification de ces minéraux amiantifères qui soit différent de celui reposant sur la microscopie électronique en transmission.
- Une caractérisation des propriétés chimiques et physico-chimiques des minéraux amiantifères. Il s'agit d'acquérir de nouvelles données pour mieux contraindre les processus de fibrogenèse et l'évolution potentielle des propriétés physico-chimiques des minéraux amiantifères au cours de cette fibrogenèse.
- Une analyse toxicologique des minéraux amiantifères de la Nouvelle-Calédonie, incluant un focus sur l'antigorite.

L'équipe scientifique travaillera en étroite collaboration avec le Comité Inter-minier Amiante environnemental de Nouvelle-Calédonie afin d'adosser au mieux le programme scientifique à la réalité de terrain et d'intégrer directement les pratiques de la profession dans la réflexion expérimentale.

Connaissance et toxicité de l'Amiante



Fronts miniers à Poro

Coordinateur scientifique UNIVERSITE de TURIN (IT)

Scansetti Interdepartmental Centre
<http://www.centroscansetti.unito.it>
Prof. Bice FUBINI

Coordinateur scientifique local Université de Nouvelle-Calédonie Dr Christine MAGONI

Partenaires Université de Parmes (IT) IMPMC (NC)

Déroulement
18 mois / 2015-2016

Financement CNRT
14,4 millions CFP / 120 683 EUR

Centre National de Recherche Technologique

AMIANTE ET BONNES PRATIQUES *avancement année 1*

18 Novembre 2016



Ni & Technologie

Ni & Environnement

Ni & Société

Thèmes

Cartographie géologique

Connaissance de la ressource Ni et autres Métaux

Développement d'outils d'optimisation des techniques minières

Connaissance du milieu physique :
Bassins versants miniers, engravement, sédiments, eaux souterraines

Connaissance du milieu naturel : Outils de diagnostic de qualité environnementale et suivi des impacts (air, eau douce, littoral et lagon, sols, faune et végétation)

Compensation des impacts résiduels sur le milieu naturel

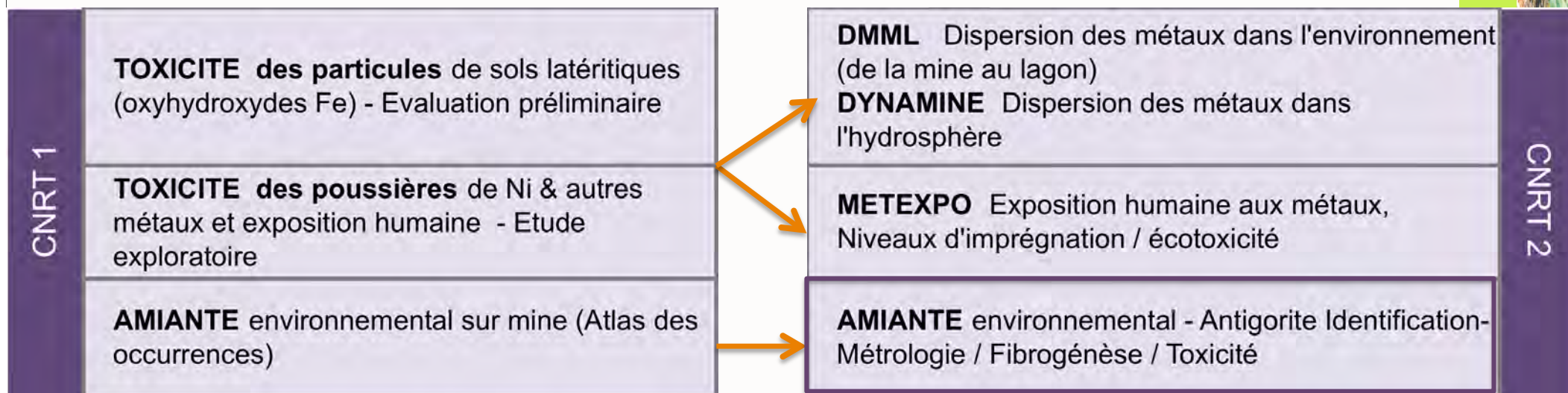
Optimisation des techniques de conservation et restauration écologique (réhabilitation minière)

Connaissance et gestion des risques pour la santé humaine (Amiante & Métaux)

Risque climatique - Atténuation des émissions de CO2

Interactions sociétales et innovation / Rapports communautés-compagnies minières

Risques pour la santé humaine (Métaux & Amiante)



Coordinateur scientifique

UNIVERSITE de TURIN (IT)
Scansetti Interdepartmental Centre
<http://www.centroscansetti.unito.it>
Prof. Bice FUBINI

Coordinateur scientifique local

Dr Christine MAGONI, UNC

Partenaires

Université de Parmes (IT)
IMPMC (NC)

Déroulement

18 mois / 2015-2017

Financement CNRT

14,4 millions CFP / 120 683 €

Comité Interministériel 'Amiante environnemental'

PROJET AMIANTE ET BONNES PRATIQUES

- RÉUNION D'AVANCEMENT ANNÉE 1 -

14,4 millions F CFP

18 mois (Janvier 2016 – Juillet 2017)

Christine Laporte-Magoni, PPME UNC

Jasmine Petriglieri, PPME UNC/U Parme

Le Consortium



- **Centre G. Scansetti**, *Interdepartmental Center for Studies on Asbestos and other Toxic Particulates*, Université de Turin

Bice FUBINI, coordinatrice scientifique initiale du projet
Maura TOMATIS, coordinatrice scientifique

- **Pôle pluridisciplinaire de la Matière et de l'Environnement**

Christine LAPORTE-MAGONI, coordinatrice scientifique

- **Département de physique et des sciences de la Terre**

Mario TRIBAUDINO

- **Institut de recherche pour le développement, Matériaux et de physique des milieux condensés**, UMR 7550

Farid JUILLOT

Jasmine PETRIGLIERI

Thèse en co-tutelle

Co-direction:

Peggy Gunkel-Grillon (UNC)

Emma Salvioli-Mariani (U Parme)

Encadrement scientifique:

Christine Laporte-Magoni (UNC)

Mario Tribaudino (U Parme)

Rappel des objectifs

« *Etude intégrée, depuis l'identification jusqu'au caractère pathogène, des fibres issues de minéraux amiantifères présents en Nouvelle Calédonie (secteur minier) »*

- **Meilleure réactivité pour l'identification minéralogique** – Etude comparative des performances/limites de différentes méthodes de reconnaissance des minéraux fibreux
- **Caractérisation** de la minéralogie, et des propriétés physico-chimiques des asbestes de NC et de leur modification au cours des **processus d'altération** de surface (structure de la matière, disponibilité en éléments chimiques, cinétiques des réactions de lessivage en condition supergène...)
- **Premières données sur la Toxicologie des fibres néo-calédoniennes** – focus Antigorite – impact sur l'humain.

Programmation scientifique

Tâche 1

Etude comparative des atouts/limites des techniques analytiques d'identification des minéraux asbestiformes

(U.Parme, PPME, IRD)

1.1 Nomenclature des professionnels / analyses MOLP, DRX, Spectroscopie Raman (labo-portable), MEB et MET

1.2 Round Robin Tests (DRX) : mélanges contrôlés asbestes/altérites, et asbestes entre eux.

1.3 Diffusion de la lumière : distribution des tailles des fibres

Tâche 2

Caractérisation des propriétés chimiques et physico-chimiques des minéraux asbestiformes

Impact des facteurs environnementaux ?

(PPME)

2.1 Analyses des concentrations majeurs et traces des asbestes NC. Niveaux d'altération variables (ICP-AES, ICP-MS)

2.2 Reconstitution expérimentale de l'altération de surface (lixiviation). Suivis des concentrations des solutions; du nombre /taille/morphologie des fibres émises

2.3 Spéciation du Fe

Tâche 3

Toxicologie des minéraux amiantifères de la Nouvelle-Calédonie
(Centre Scansetti, U. Turin)

3.1 Propriétés physico-chimiques associées à la toxicité des amiantes (disponibilité en Fe, génération des radicaux libres...)

3.2 Effets cellulaires des amiantes (cytotoxicité, stress oxydatif, effets pro-inflammatoires, genotoxicité)

ETUDE COMPARATIVE DES ATOUTS/LIMITES DES TECHNIQUES ANALYTIQUES D'IDENTIFICATION DES MINÉRAUX ASBESTIFORMES

Microscopie
Optique

Diffraction
des rayons X

Microscopies Électroniques
à Balayage (MEB) et à
Transmission (MET)

Spectroscopie
Raman

UNIVERSITÉ DE PARME

- Préparation des lame minces
- Diffraction des Rayons X (DRX)
- Raman Portable (en laboratoire)
- Microscopie Optique à Contraste de Phase (MOCP)

UNIVERSITÉ DE LA NOUVELLE CALÉDONIE - PPME

- Microscopie optique à lumière polarisée (MOLP)
- Diffraction des Rayons X (DRX)
- MEB
- Raman Portable (tests sur le terrain)



Echantillonnages miniers néo-calédoniens

58 ÉCHANTILLONS AU TOTAL

35 ANTIGORITES

Tontouta _ Kououa

11 TREMOLITES

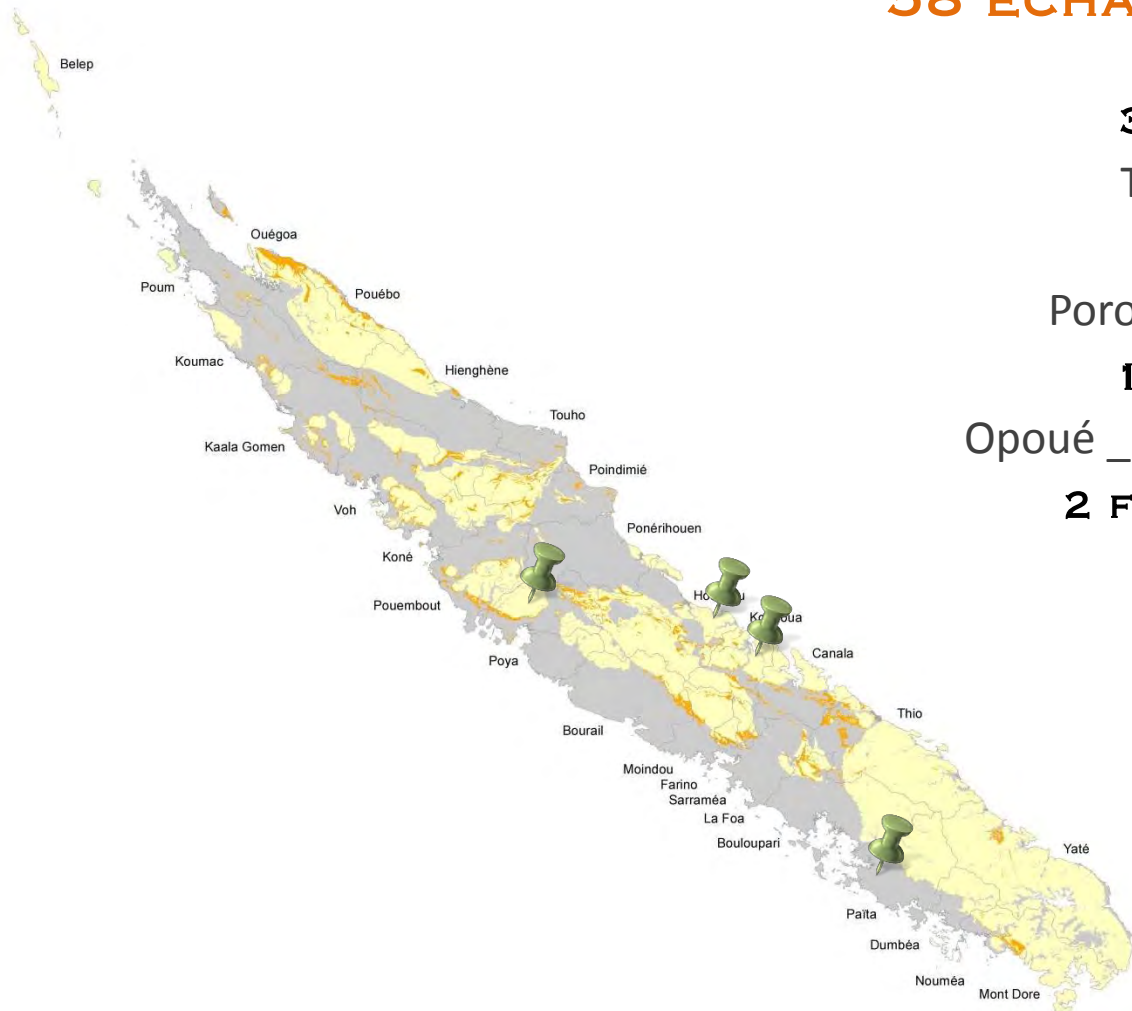
Porou _ Kououa _ Boulinda

10 CHRYSOTILES

Opoué _ Kououa _ Tontouta _ Porou

2 FIBRES INCONNUES

Tontouta



Ile des Pins

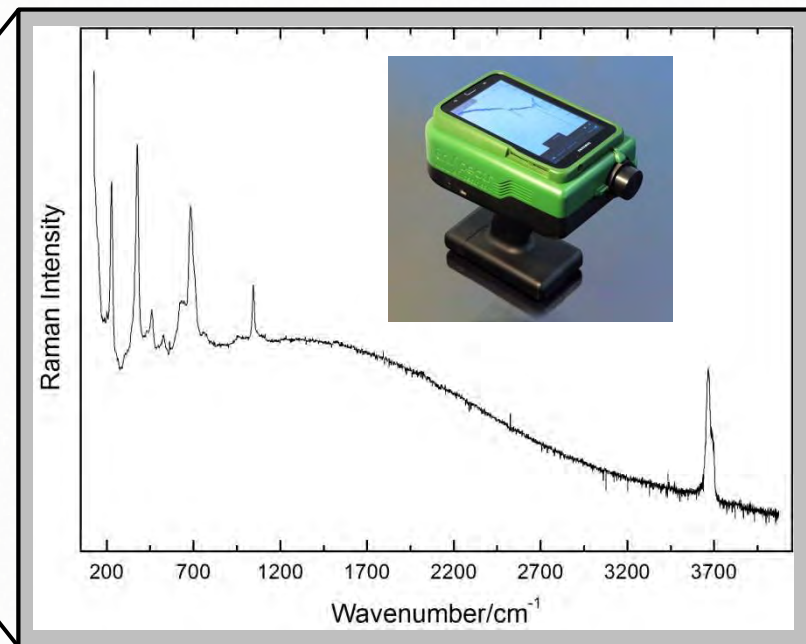


De nouvelles approches d'identification

TECHNIQUES ANALYTIQUES

ÉTUDE COMPARATIVE DES ATOUTS/LIMITES DES TECHNIQUES ANALYTIQUES D'IDENTIFICATION DES MINÉRAUX ASBESTIFORMES

- Microscopie optique
- Diffraction des rayons X
- Spectroscopie Raman
- Analyse thermique différentielle







L'utilisation d'un appareil portable sur le terrain fournira une réponse non subjective et fiable instantanément!

La démarche suivie par les entreprises minières

Etape 1: CARACTERISATION SUR LE TERRAIN

Classification du degré d'altération utilisée en secteur minier

Niveau d'altération	Caractéristiques visuelles	Illustration
Altération #1	L'antigorite ne se débite pas ou très peu en fines plaquettes	
Altération #2	L'antigorite se débite en amas de plaquettes et aiguilles	
Altération #3	Individualisation des fibres	
Altération #4	Disparition de la structure originelle de l'antigorite, perte de la cohésion et transformation minéralogie forte (talc)	

- COMMUNICATION SOCIÉTÉ GLENCORE -

Etape 2: CARACTERISATION EN LABORATOIRE

NORMES DE RÉFÉRENCE

ARRÊTÉ DU 14 AOÛT 2012, NORME NF X43 269

- Microscopie optique à contraste de phase
- Microscopie électronique à balayage
- Microscopie électronique à transmission

LES CONTRAINTES

ACTIVITÉ DE TERRAIN

- Subjectivité des critères morphologiques
- Erreurs d'identification
- Difficultés de la mise en œuvre sur le terrain

ACTIVITÉ DE LABORATOIRE

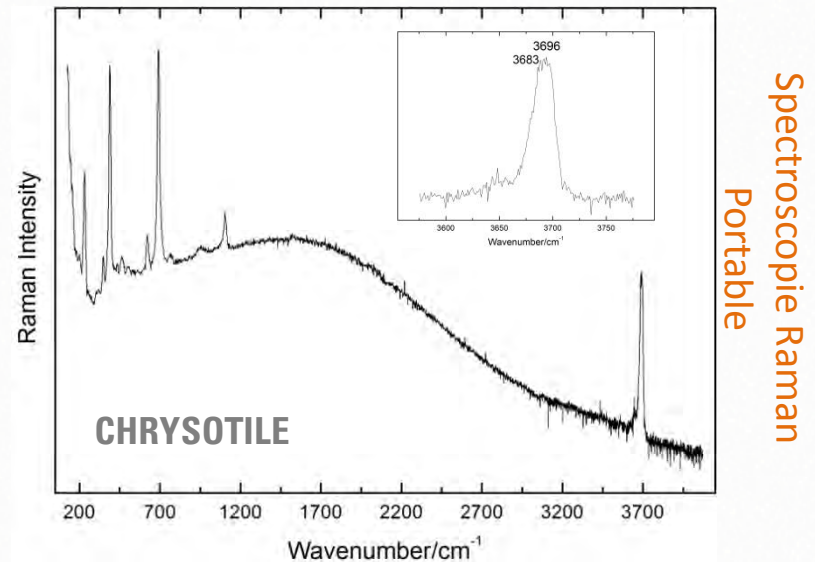
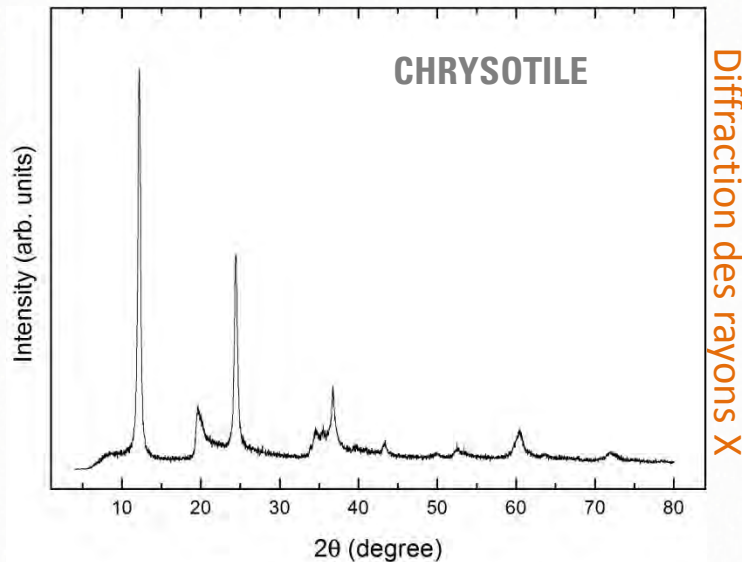
- Techniques exclusivement de laboratoire
- Délai de réponse très long
- Analyses ponctuelles par rapport à l'affleurement
- Coût analytique important

33 – Antigorite #1



Tontouta

Reconnu dans la classification minière comme antigorite... mais il s'agit de chrysotile!

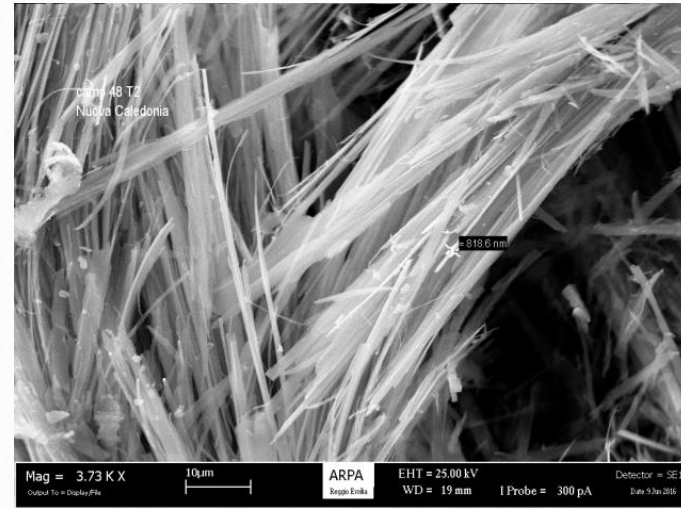


Identification

Morphologie

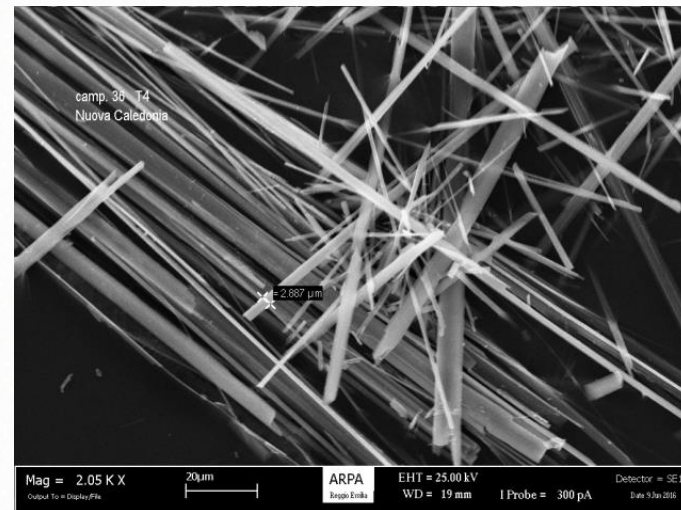
Degré d'altération

48 – Antigorite #2



Microscopie Electronique
à Balayage

36 – Trémolite #4

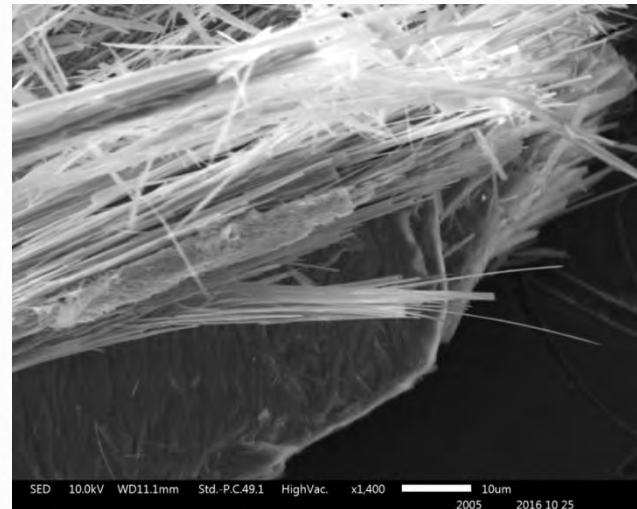


Microscopie Electronique
à Balayage

Identification

Morphologie

Degré d'altération

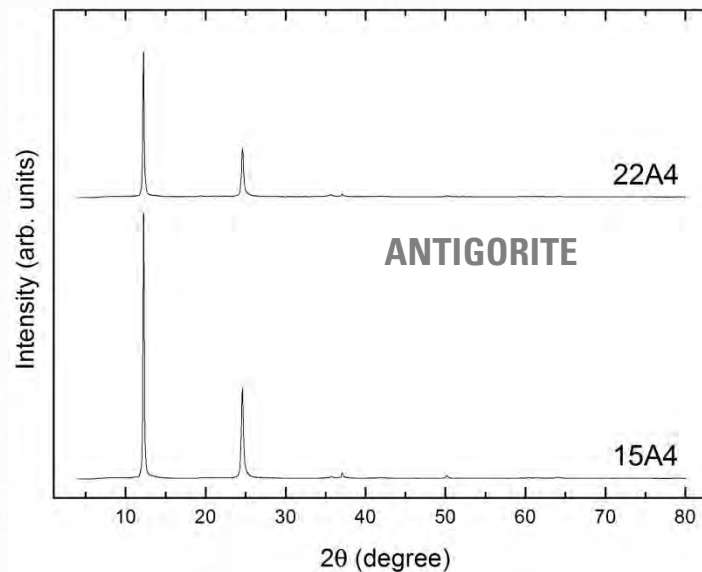


Identification

Morphologie

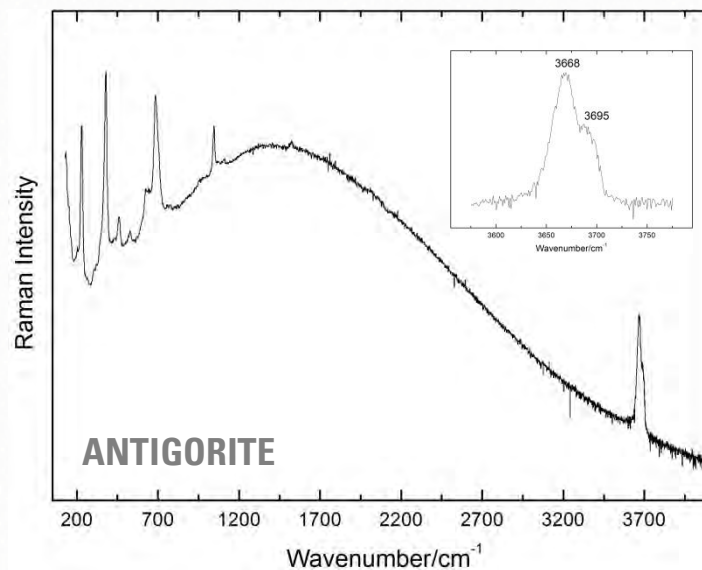
Degré d'altération

22 – Antigorite #4



Diffraction des rayons X

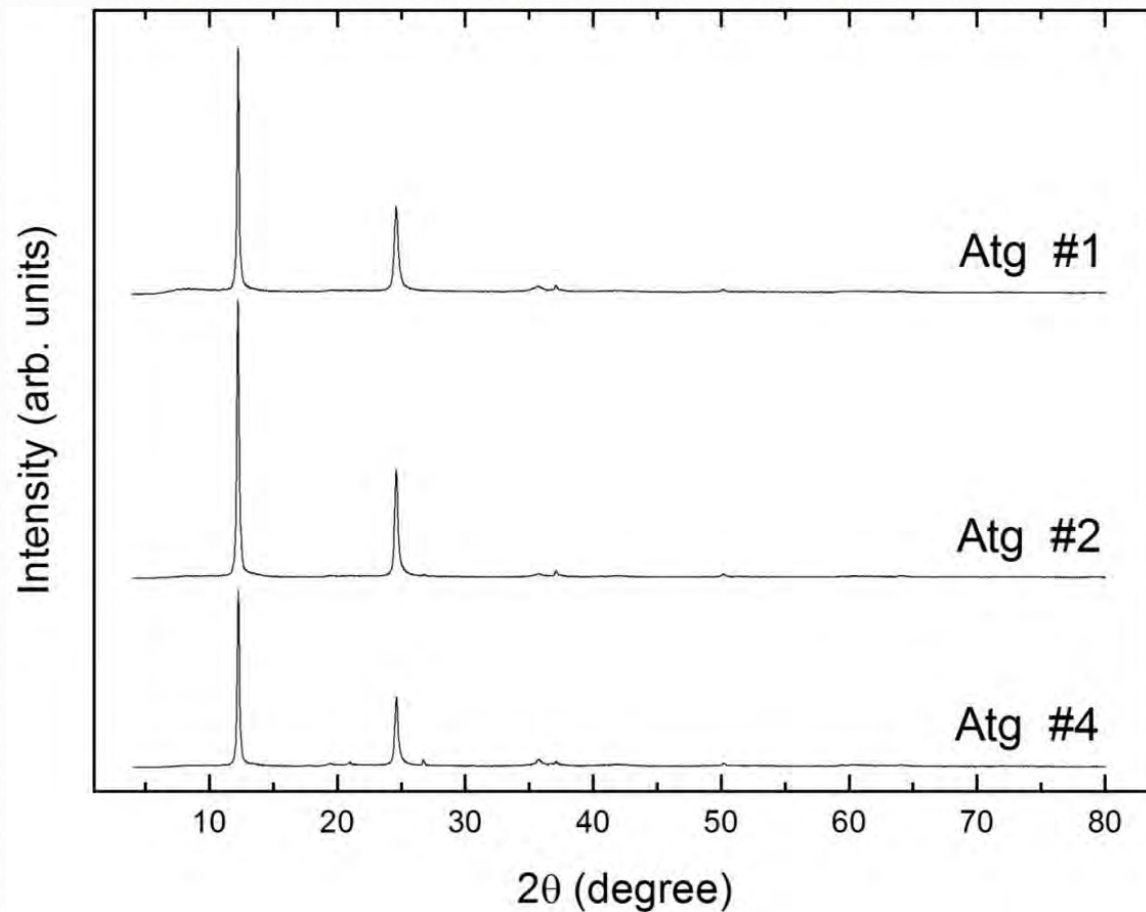
15 – Antigorite #4



Spettroscopie Raman
Portable

A
L
T
E
R
A
T
I
O
N

D
E
G
R
E

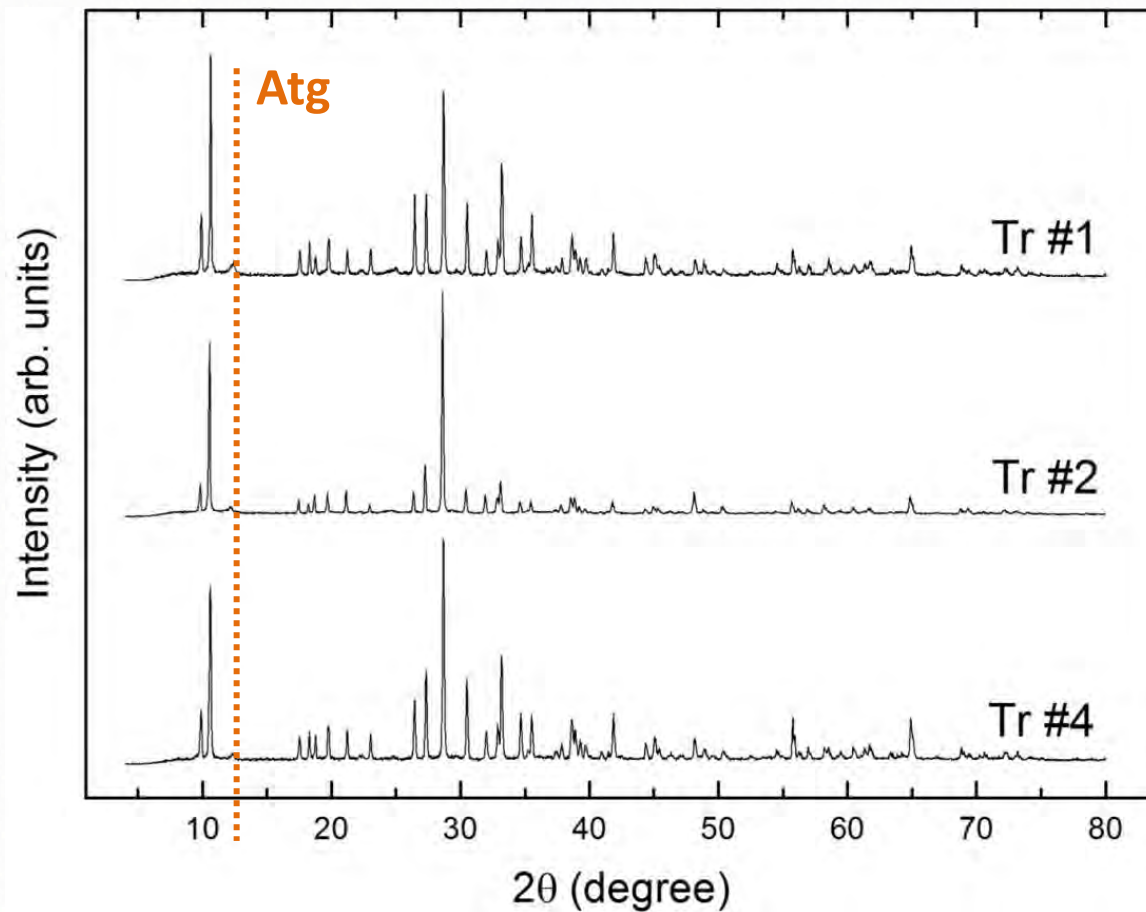


Antigorite

- DIFFRACTION DES RAYONS X -

A
L
T
E
R
A
T
I
O
N

D
E
G
R
E
E

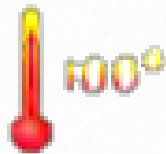


Tremolite

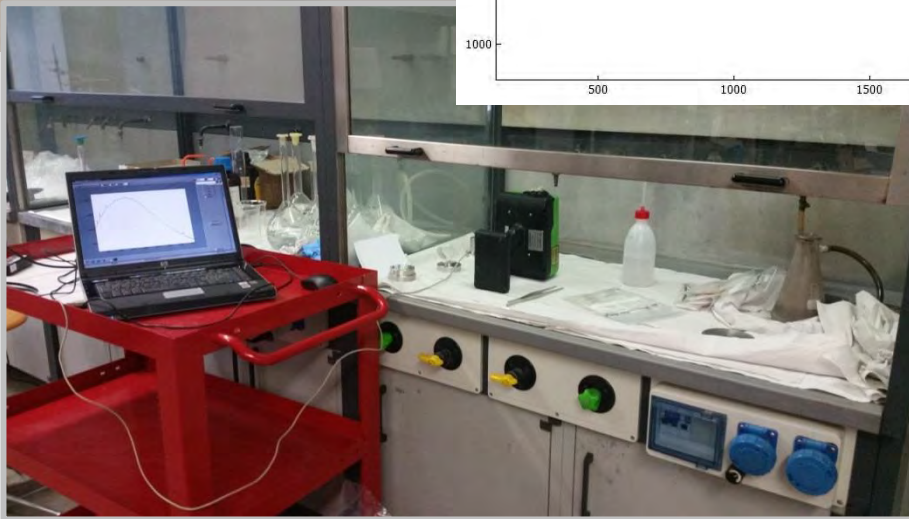
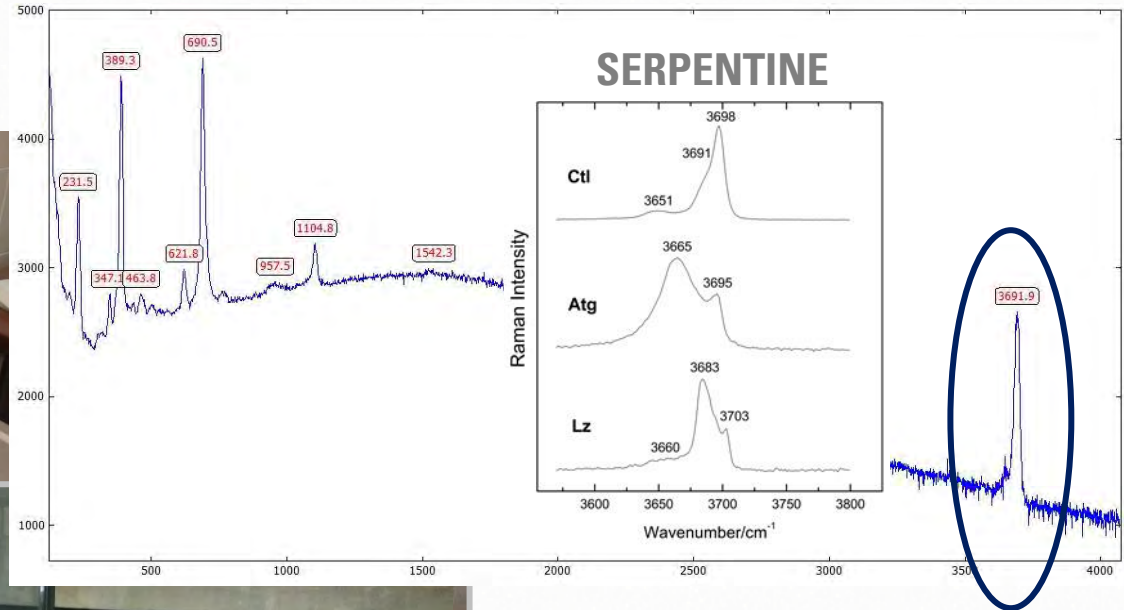
Tests de faisabilité d'une identification des asbestes in situ

Le Raman portable pourrait-il représenter un instrument analytique de premier usage sur front minier ?

LES CONTRAINTES



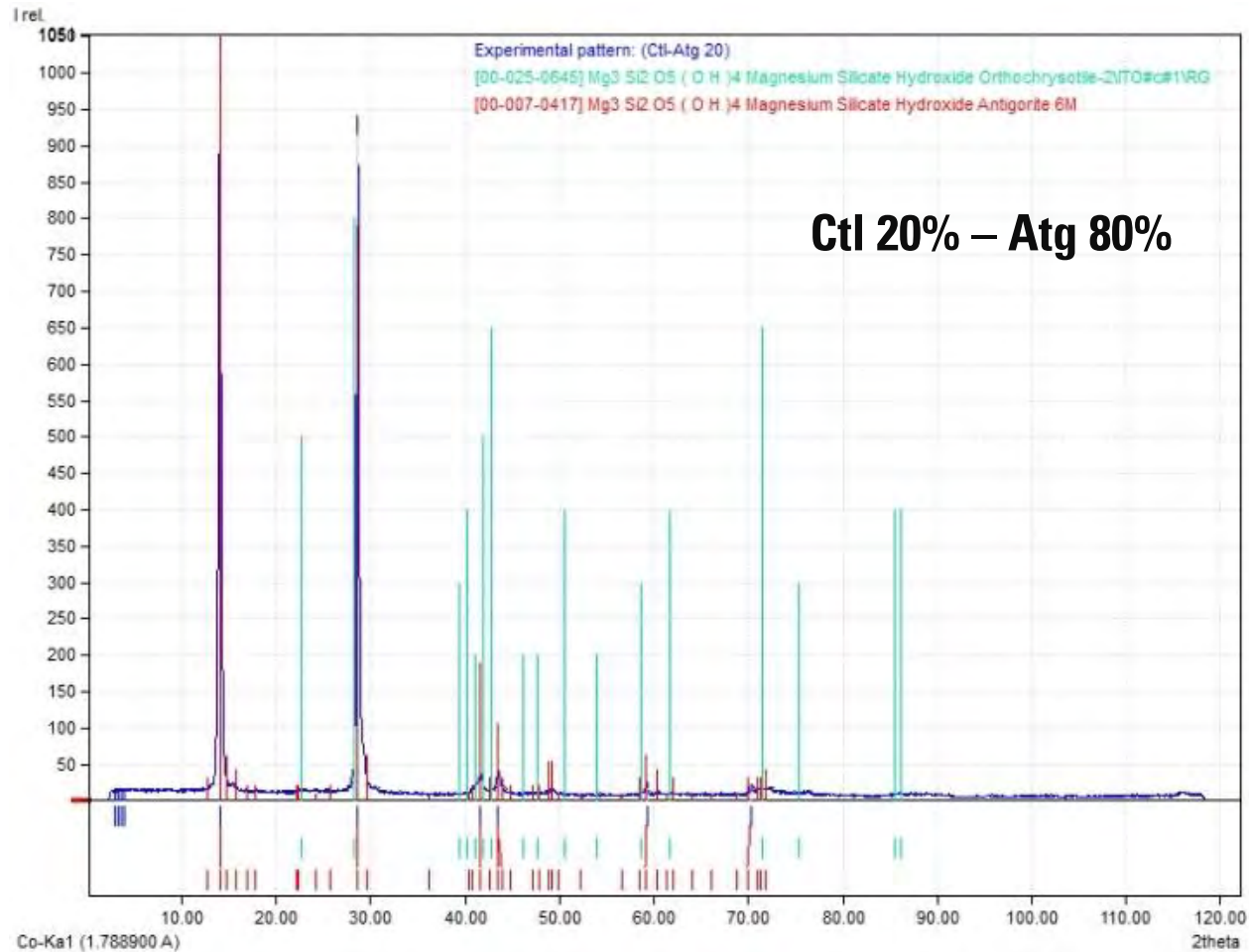
Tests en laboratoire



Sur 47 échantillons analysés, 41 ont pu être identifiés, sans ambiguïté, via l'utilisation du spectromètre Raman portable!

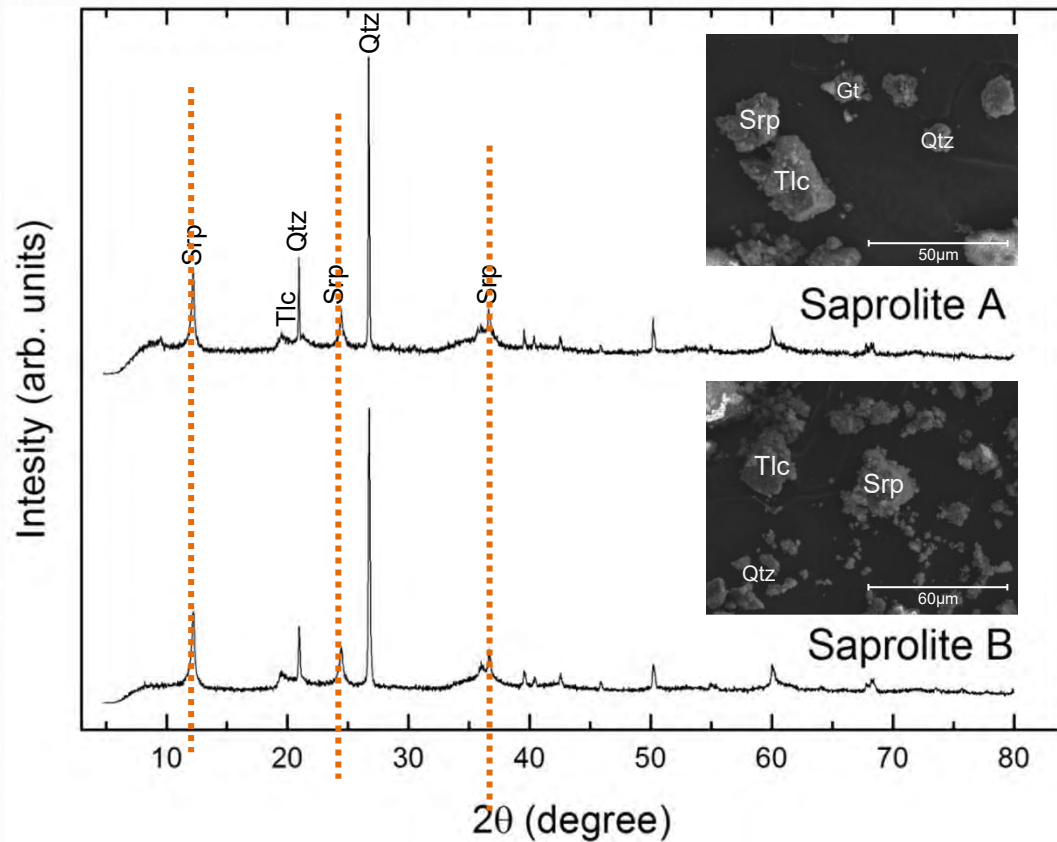
Evaluation des limites de détection pour l'identification

Détection de chrysotile dans l'antigorite



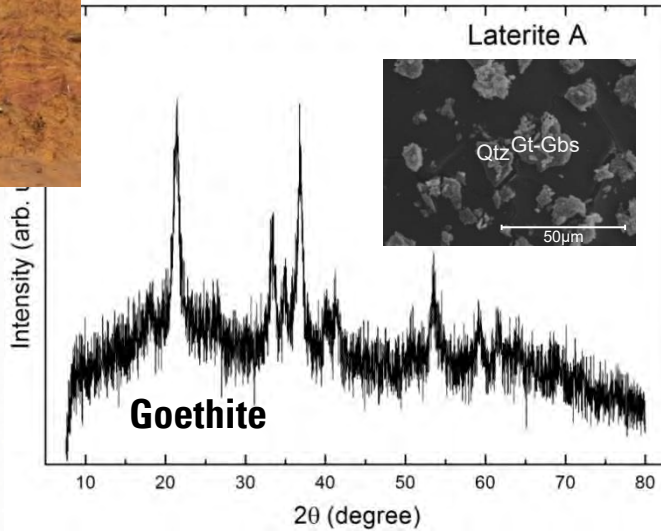
Identification des asbestes dans les altérites

Saprolite

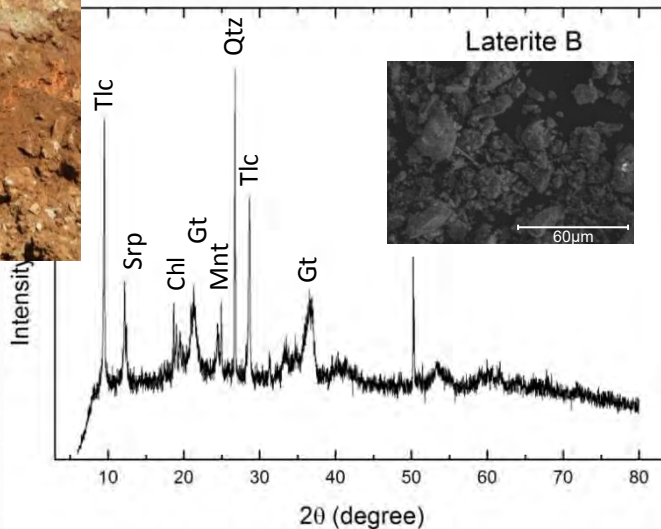
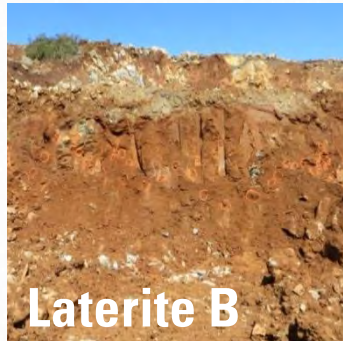


La saprolite présente une composition minéralogique homogène constituée par de la serpentine, probablement de l'antigorite, du quartz et du talc

Latérite



Association minéralogique plus complexe : goethite (Latérite A et B), avec présence secondaire de gibbsite (Latérite A), et d'une grande variété de silicates manganésifères, riches en Ni: serpentine, talc, chlorite et smectite (Latérite B)



→ Les analyses MEB-EDS révèlent la présence de fibres de la famille des serpentines dans les sols latéritiques

Données déjà collectées

MICROSCOPIE OPTIQUE À LUMIÈRE POLARISÉE

- Observation 26 lames minces sur 46

DIFFRACTION DES RAYONS X

- 46 patterns de diffraction à l'U Parme
- 46x2 patterns de diffraction au PPME-UNC

MICROSCOPIE ELECTRONIQUE À BALAYAGE

- 409 images MEB sur 9 échantillons à différents degrés d'altération

SPECTROSCOPIE RAMAN PORTABLE

- Tests sur 47 échantillons

MICROSCOPIE OPTIQUE À CONTRASTE DE PHASE

- 12 échantillons (AR.PA. Emilia-Romagna, Italie)

Reste à réaliser!

- Achèvement de l'acquisition des images MEB
- Caractérisation des structures des asbestes via les images MET
- Utilisation des techniques d'identification moins couramment utilisée dans la caractérisation des fibres d'amiante, telle que la **diffusion de la lumière** : distribution des tailles des fibres

Valorisation

- **Doctoriales2016.** *Etude Minéralogique Des Asbestes: Vers de meilleurs comportements face aux risques sanitaires liés à l'amiante environnemental (Nouvelle-Calédonie).* 3-5 Aout 2016, UNC, Nouvelle Calédonie. (Communication orale)
 - **2^e European Mineralogical Conference EMC2016.** *A survey of asbestos minerals in New Caledonia: preliminary results.* 11-15 Septembre 2016, Rimini, Italie. (Présentation d'un poster)
- ... en Avril 2017!
- **European Geosciences Union General Assembly EGU2017.** 23-28 Avril 2017, Vienne, Autriche.

CARACTÉRISATION DES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES DES MINÉRAUX ASBESTIFORMES

2.1 Analyses des concentrations majeurs et traces des asbestes NC. Niveaux d'altération variables (ICP-AES, ICP-MS)

- Effet de l'altération de surface sur les compositions chimiques des minéraux asbestiformes



47 échantillons analysés en ICP-AES et ICP-MS.
=> Compositions chimiques en éléments majeurs et traces

CALENDRIER

Octobre 2016
Expédition
des échantillons

Janvier 2017
Résultats des analyses
Interprétations

2.2 Reconstitution expérimentale de l'altération de surface (lixiviation).
Suivi des concentrations des solutions; du nombre /taille/morphologie des fibres émises



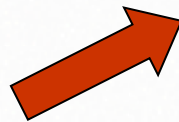
- **Identification et quantification des échanges eau de pluie/phase minérale et des cinétiques des réactions :**

Lixiviation au MES (acide 2-morpholino ethanesulfonique)

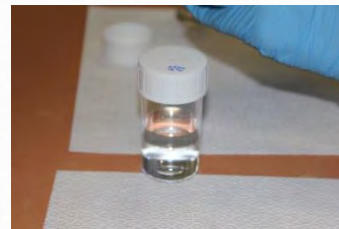
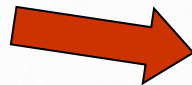
- **Estimation de la fraction biodisponible en éléments métalliques, libérée au cours de l'altération de surface des asbestes (réserve potentielle):**

Lixiviation au DTPA (acide diéthylène triamine pentaacétique)

2h, 4h, 8h, 24h,
4 jours, 24 jours, 60 jours



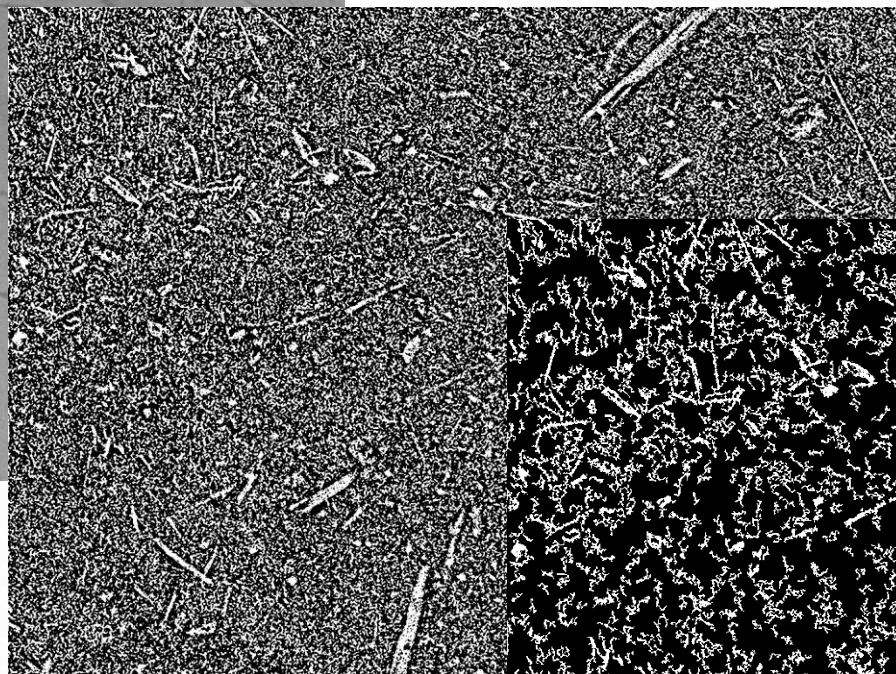
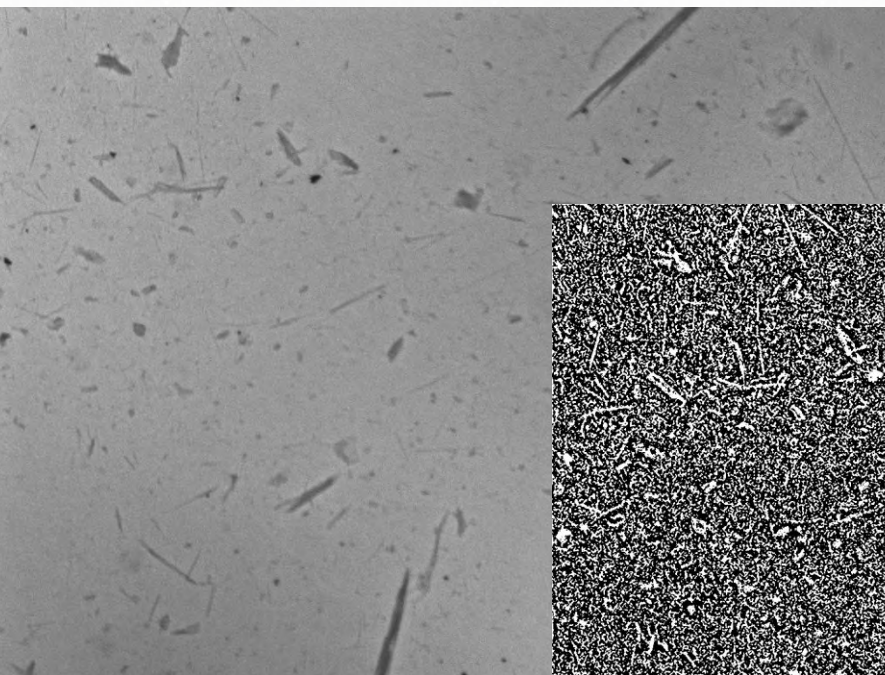
Analyses des fibres
Taille, nombre,
morphologie,
MOP, MEB



Concentrations en éléments chimiques du filtra
Analyses ICP-AES, ICP-MS

Reconnaissance automatisée des fibres en suspension (48 filtres à traiter) :
utilisation d'algorithmes de traitement des images

41 Trém #1, 24 heures

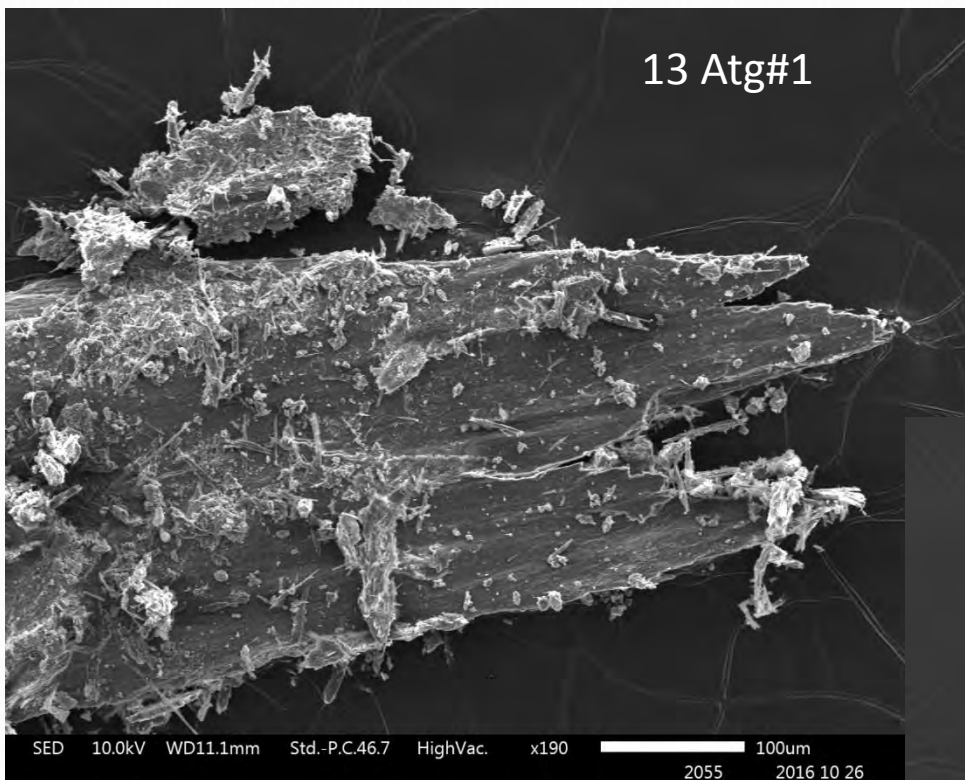


Reconnaissance
automatique des
formes

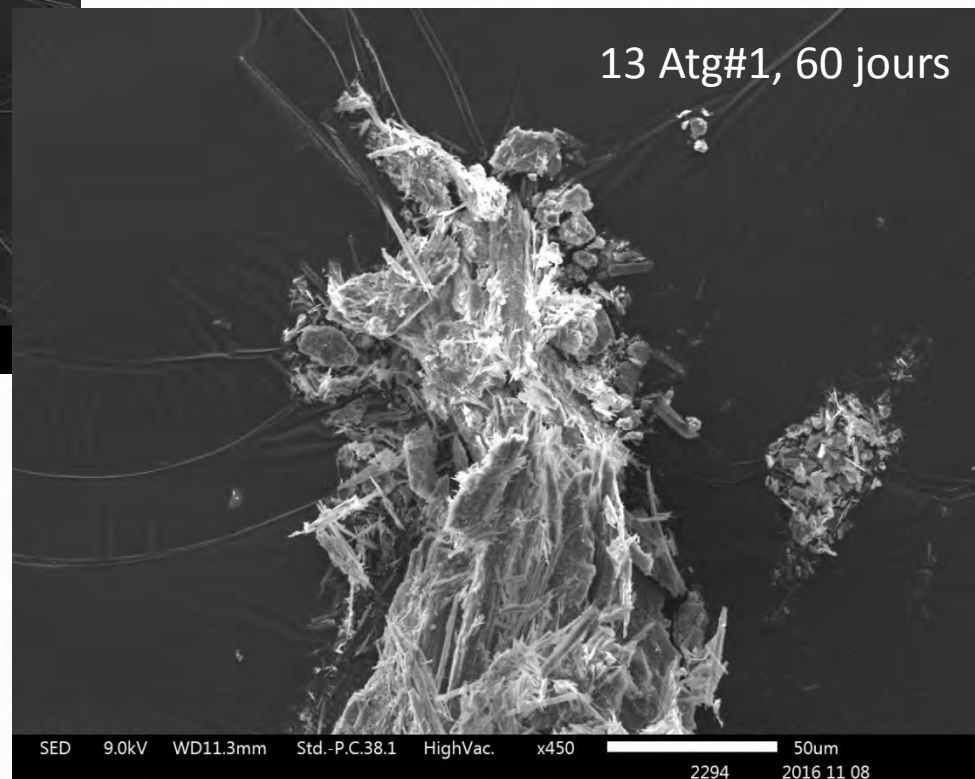


Vue partielle du
filtre en MOLP

Influence de l'altération sur la morphologie et la taille des fibres émises



Résultat après 60 jours
d'immersion dans une solution
MES (pas de contrainte mécanique)



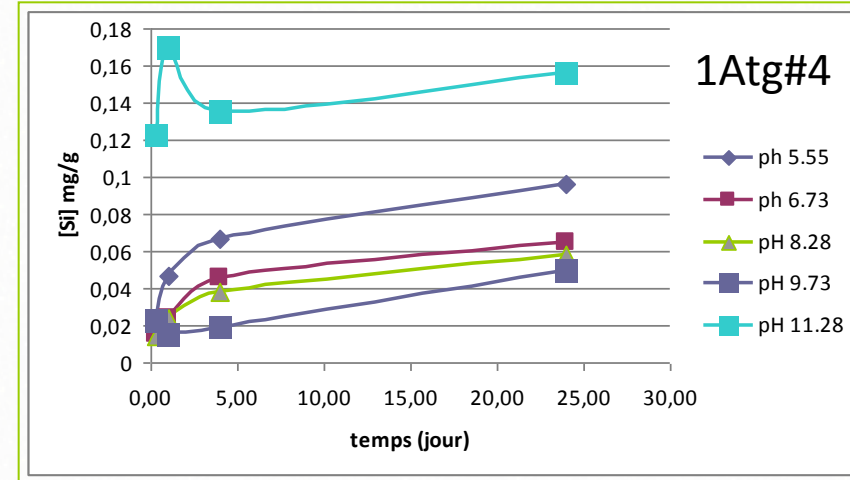
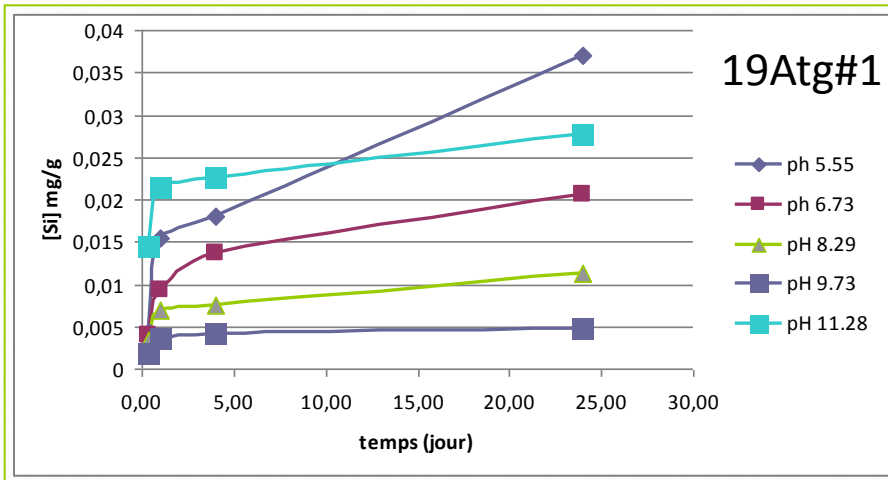
- L'altération par imitation de l'effet « eau de pluie » sur 60 jours, provoque une libération importante de fibrilles, là où le minéral initial était relativement compact.

2.2 Reconstitution expérimentale de l'altération de surface (lixiviation).
Suivis des concentrations des solutions; du nombre /taille/morphologie des fibres émises



- Influence du pH sur les réactions d'échanges en éléments chimiques liquide/asbeste et leur cinétique :**
Lixiviation avec utilisation de différents extractants représentatifs des gammes de pH des eaux de ruissellement ou de pluie (115 échantillons analysés pour chaque élément)

Romane Guyonnet-Monika Lemestre



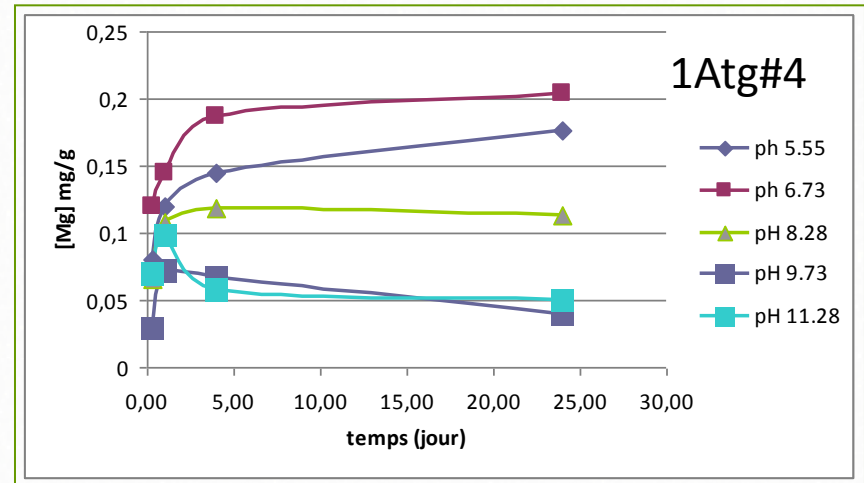
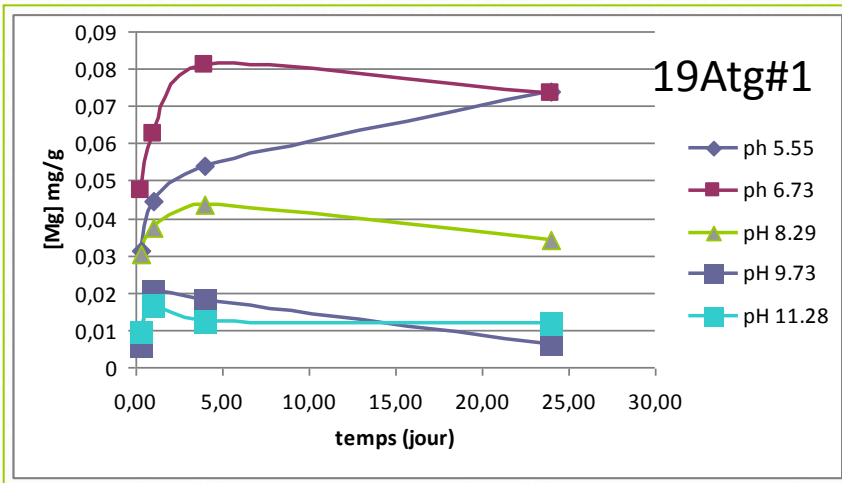
- A pH = 11.28, extraction la plus forte pour t cours
- A pH acide, au bout de 24 jours, une réserve plus importante de Si est déstabilisée
- L'altération à pH=11.28 d' une Atg déjà altérée, libère davantage de Si qu'une Atg non altérée

2.2 Reconstitution expérimentale de l'altération de surface (lixiviation). Suivis des concentrations des solutions; du nombre /taille/morphologie des fibres émises



- Influence du pH sur les réactions d'échanges en éléments chimiques liquide/asbeste et leur cinétique :**
Lixiviation avec utilisation de différents extractants représentatifs des gammes de pH des eaux de ruissellement ou de pluie (115 échantillons analysés pour chaque élément)

Romane Guyonnet-Monika Lemestre



- A pH = 6.78, lixiviation la plus forte de Mg
- Une Atg déjà altérée, libère davantage de Mg qu'une Atg non altérée

- Quel réservoir en Fe^{2+} et Fe^{3+} représentent les minéraux asbestiformes de la Nouvelle-Calédonie ?
- Ces proportions varient –elles au cours de l'altération?

=> influence leur toxicologie



Mesures par colorimétrie après
préparation sous atmosphère contrôlée
(Boîte à gants / azote)

(Actuellement réalisée par Joanne Lhuillery)

CALENDRIER

Novembre 2016
Réalisation des analyses

TOXICOLOGIE DES MINÉRAUX AMIANTIFÈRES DE LA NOUVELLE CALÉDONIE

Test in « cell-free environment »

Production d'espèces radicalaires

Cytotoxicité

Production de NO

Lipoperoxydation

Quelle est la différence de réactivité entre antigorite et chrysotile?

Test cellulaires

deux modèles de cellules épithéliales pulmonaires humaines:

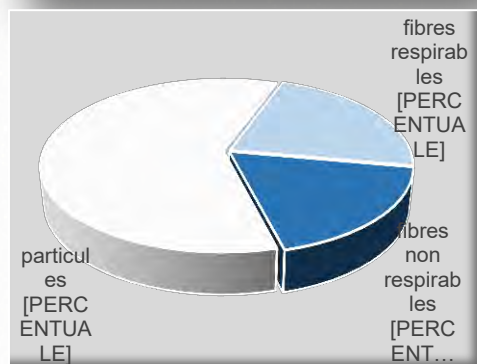
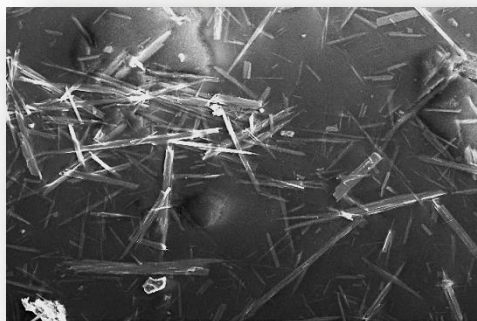
- cellules épithéliales alvéolaires (A549)
- cellules bronchiques (BEAS-2B).

incubation avec différentes concentrations d'antigorite pendant 24h

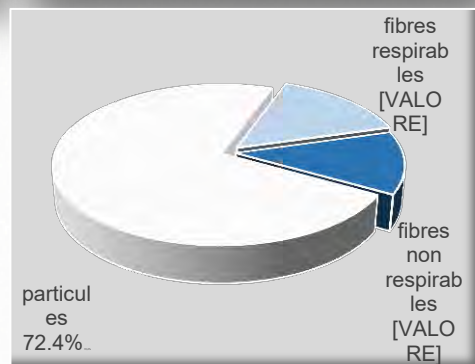
Les échantillons étudiés

Deux échantillons proviennent du dépôt de Tontouta et diffèrent par le degré d'altération (6Atg # 2 et 35Atg#4), le troisième provient des Alpes italiennes

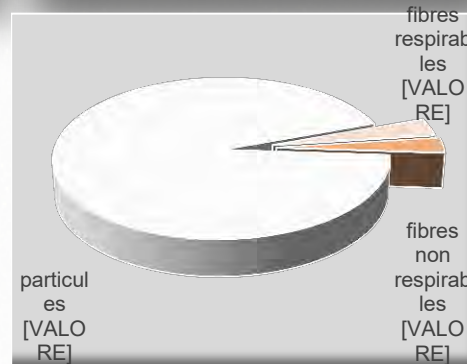
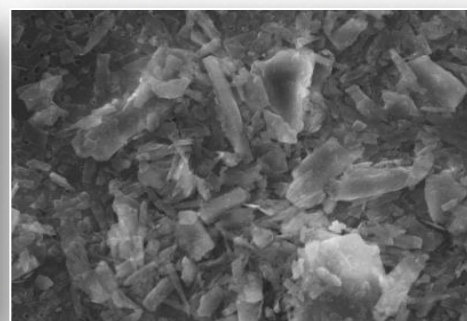
6 ATG #2



35 ATG #4



ATG IT



Images au microscope électronique à balayage (500X)

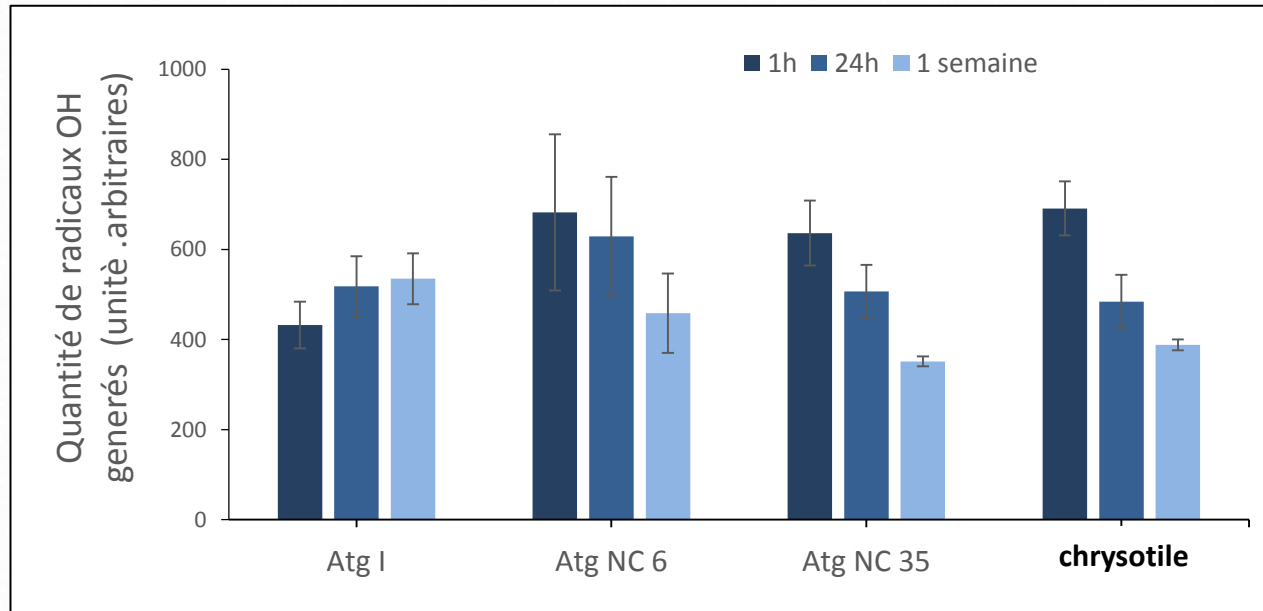
Caractéristiques morphologiques des échantillons: fraction de fibres

Les échantillons néo-calédoniens contiennent une quantité importante de fibres (particules avec longueur/diamètre > 3)

L'antigorite italienne contient surtout des fragments de clivage aciculaires (fraction fibreuse < 10%)

Production d'espèces réactives de l'oxygène

Formation de radicaux hydroxyles ($\bullet\text{OH}$) en milieu contenant H_2O_2

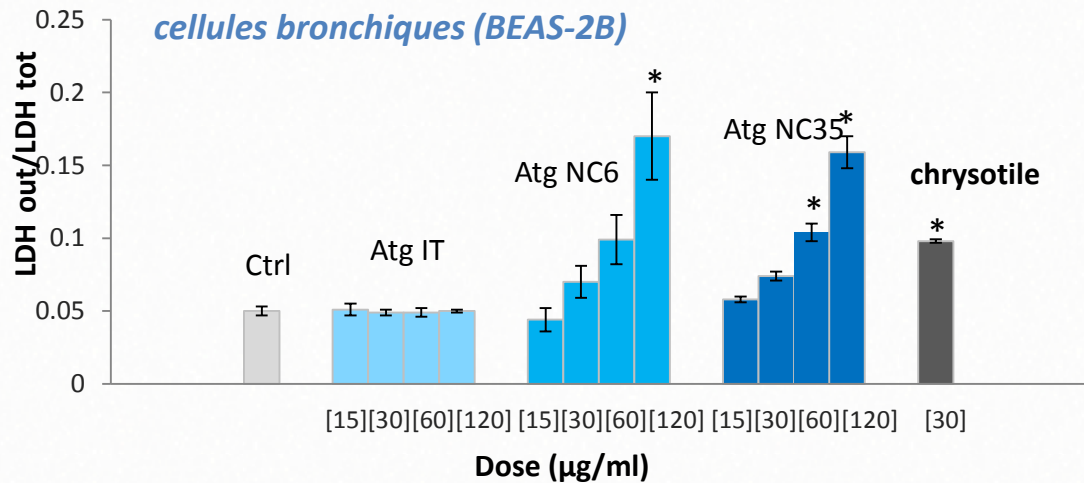
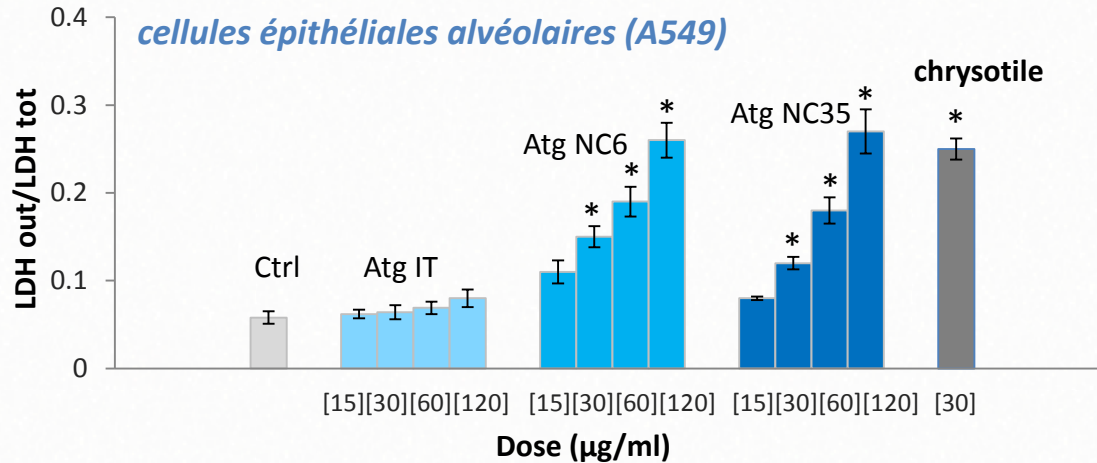


La réactivité des échantillons néo-calédoniens est semblable à celle du chrysotile

La réactivité est soutenue dans le temps: après une semaine d'incubation en H_2O_2 tous les échantillons sont actifs pour la génération de $\bullet\text{OH}$

Cytotoxicité

quantification de la lactate déshydrogénase (LDH), une enzyme cytosolique libérée dans le milieu de culture, suite à la rupture de la membrane cellulaire

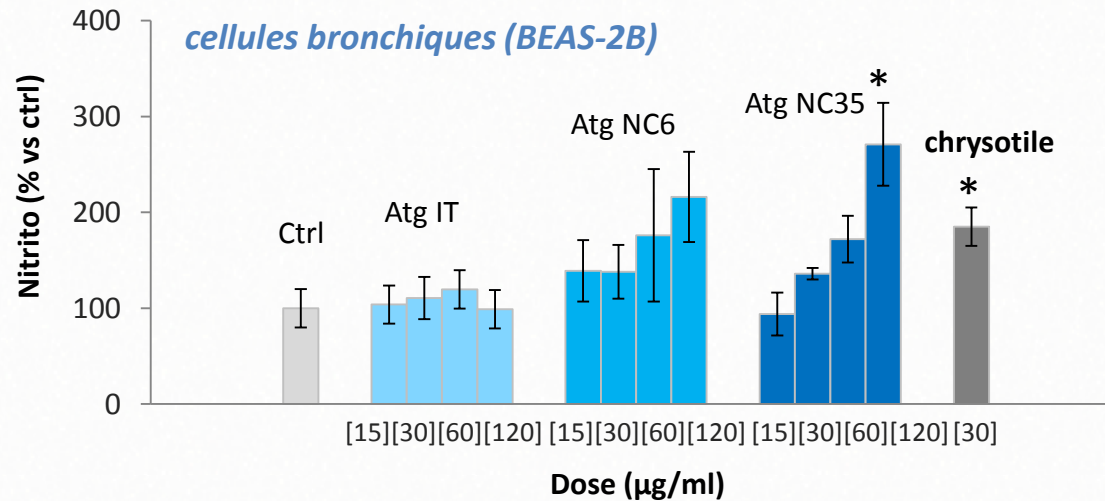
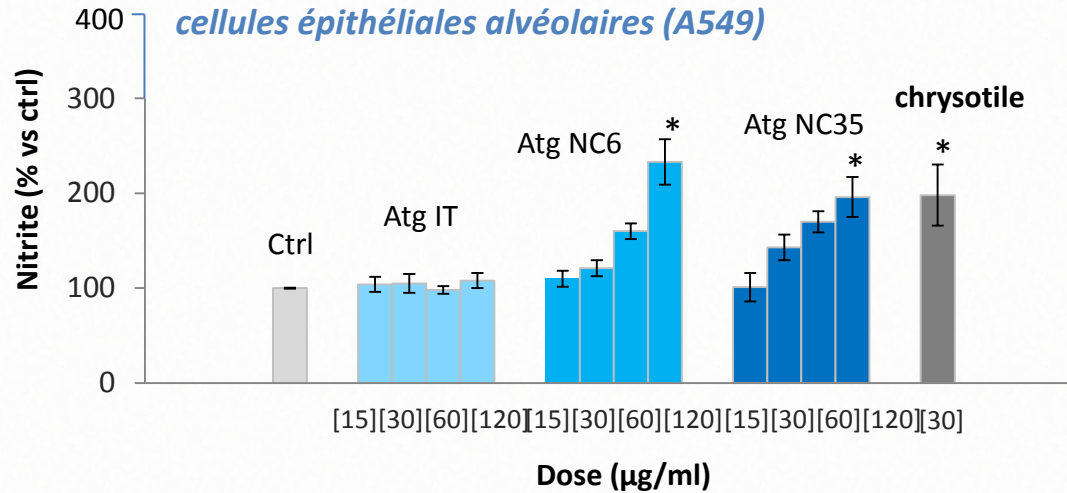


- Effets cytotoxiques dosés et en relation avec les deux antigorites néo-calédoniennes
- L'antigorite italienne n'induit aucun effet
- Les deux antigorites NC sont moins cytotoxiques que le chrysotile

Production de NO

NO est un message intracellulaire cytotoxique et pro-inflammatoire.

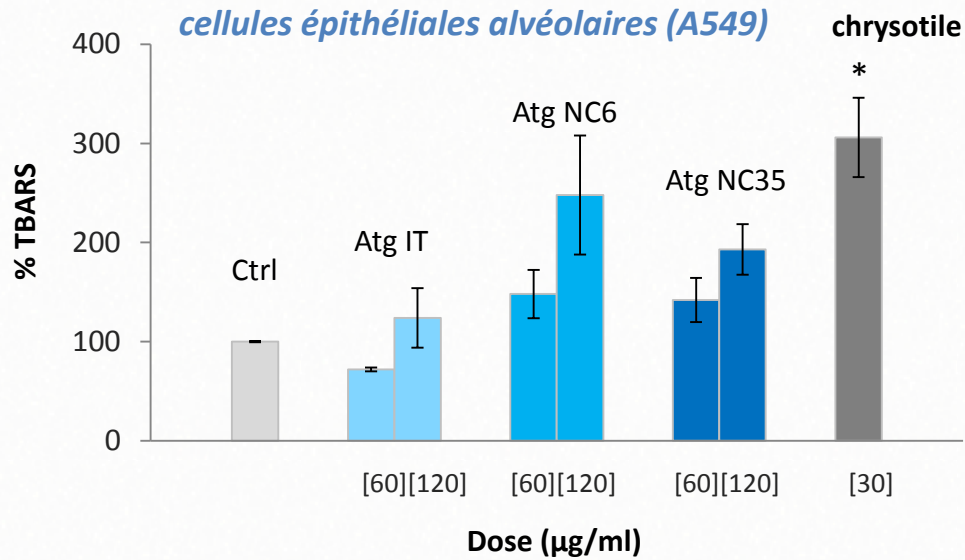
La synthèse de NO a été évaluée en mesurant un dérivé stable de NO, le nitrite



- Faible production de NO aux doses élevées pour les deux antigorites néo-calédoniennes
- L'antigorite italienne n'induit pas de production de NO
- Les deux antigorites NC sont moins actives que le chrysotile

Lipoperoxydation

La peroxydation des lipides a été évaluée en mesurant les substances résultant de la dégradation des acides gras polyinsaturés (TBARS)

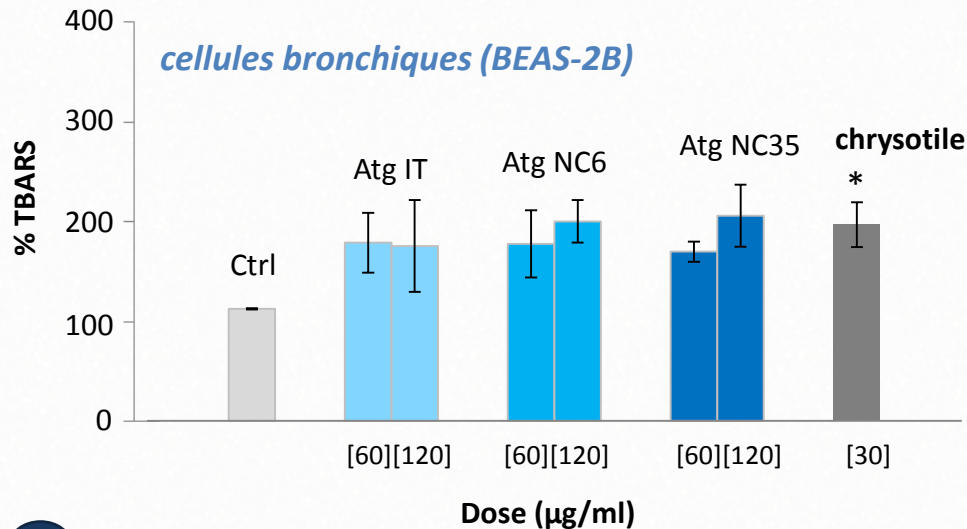


Aucun des trois types d'antigorite n'induit une peroxydation des lipides des membranes cellulaires significative

En conclusion:

les **effets cellulaires** induits par l'antigorite sont **inférieurs** à ceux induits par le chrysotile et sont observables à des doses élevées

cytotoxicité et production de NO **dépendent de la quantité de fibres** dans les échantillons (l'antigorite italienne non-fibreuse n'induit aucune réponse cellulaire)



Merci de votre attention!