OBSERVATOIRE NATIONAL DE L'AMIANTE

LES MIDIS-DÉCOUVERTES
DU CEGEP DE THETFORD

VALORISATION DES RÉSIDUS MINIERS AMIANTÉS EN NANOMATÉRIAUX DE MAGNÉSIUM

Enjeux, défis et futures avenues

Hamza Daoudi, Étudiant en Ph.D.

Mercredi 1 avril, 2026

PLAN DE PRÉSENTATION

Au programme ce midi

1. Motivations pour cette étude
2. Mise en contexte et objectif
3. Méthodologie
4. Bienvenue dans le nanomonde
5. Applications concrètes
6. Tavaux à venir

1. MOTIVATIONS POUR CETTE ÉTUDE

Étude sous la supervision de **Louis-César Pasquier**, Ph.D. professeur et directeur au Centre Eau, Terre, et Environnement (ETE) à Québec

En collaboration avec **Ana C. Tavares**, Ph. D. professeure au centre Énergie, Matériaux, et Télécommunication (EMT) à Varenne
De l'institut national de la recherche scientifique (INRS)

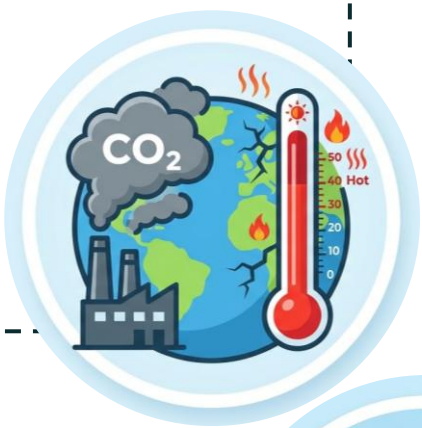
Institut national de la recherche scientifique

ORGANISMES SUBVENTIONNAIRES:

ONA OBSERVATOIRE NATIONAL DE L'AMIANTE
CRITM
ECO2 MAGNESIA
NSERC CRSNG

1. MOTIVATIONS POUR CETTE ÉTUDE

Trop de CO_2, des technologies de capture actuelles trop coûteuses.



Les RMAs : une « éponge » naturelle pour capturer et minéraliser le CO_2.

Nettoyer notre région tout en luttant contre les changements climatiques et en générant de la richesse.

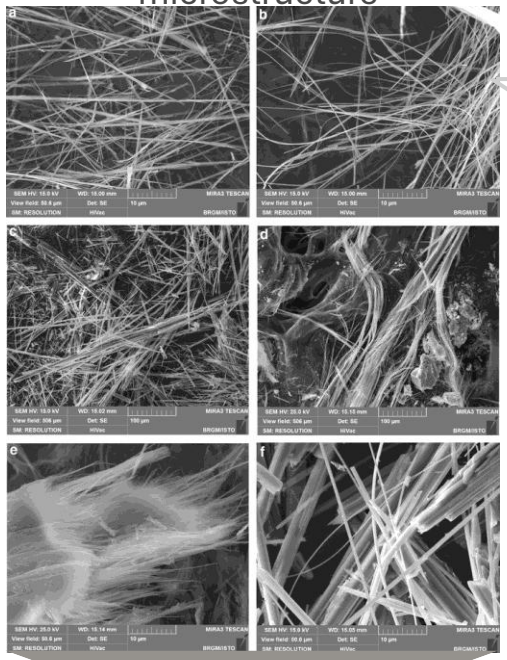
2. MISE EN CONTEXTE ET OBJECTIFS

- Exploitation de l'amiante au Québec historique depuis **les années 1870 ~ 156 ans**
- Héritage de plus de **800 M de tonnes des RMAs**

Haldes à RMAs
Passif minier

© Radio-Canada / Pier Gagné

Photographies par microscope de la microstructure



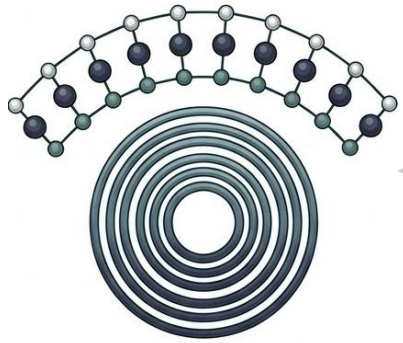
© Lahondère et al. (2018)

© Mindat.org / Serpentine

Spécimen de RMAs

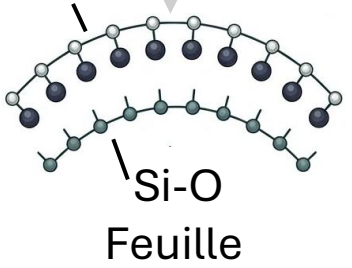
Les fibres de RMAs

Enroulement des feuilles

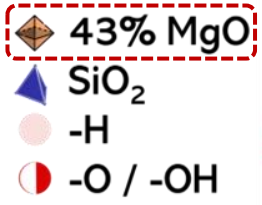


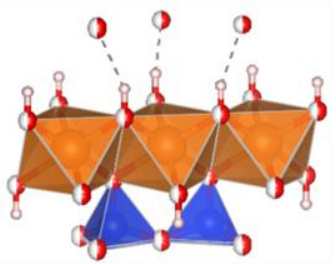
La section

© Adapté de asbestos/asbestoshome.htm



$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$

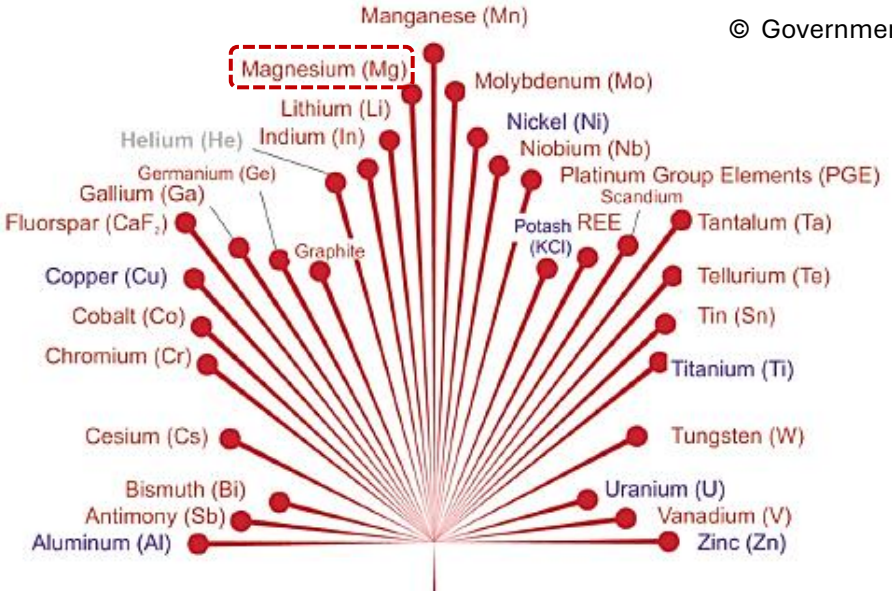




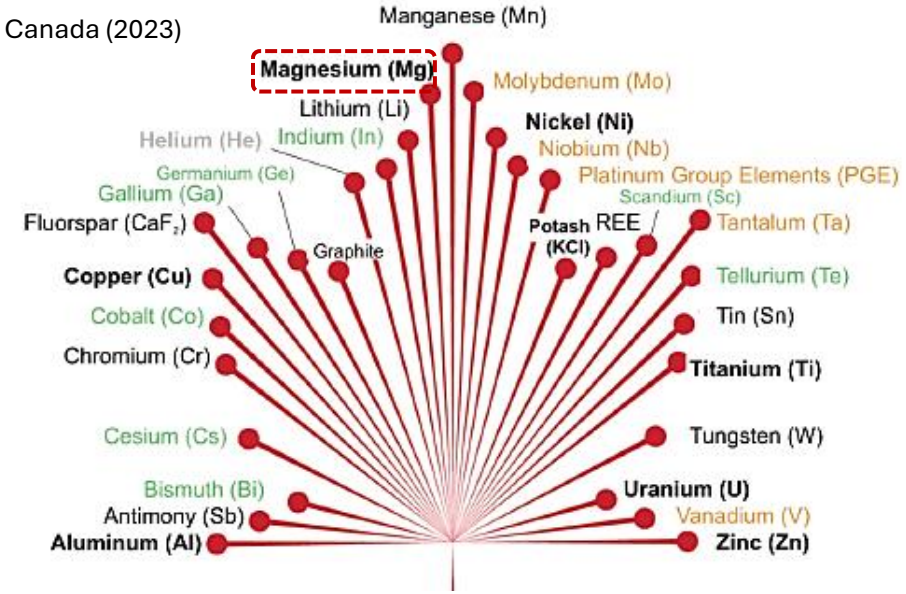
~ 344 M tonnes de MgO pure
~ 34xTour Eiffel

2. MISE EN CONTEXTE ET OBJECTIFS

→ Pourquoi le magnésium ?



© Government of Canada (2023)



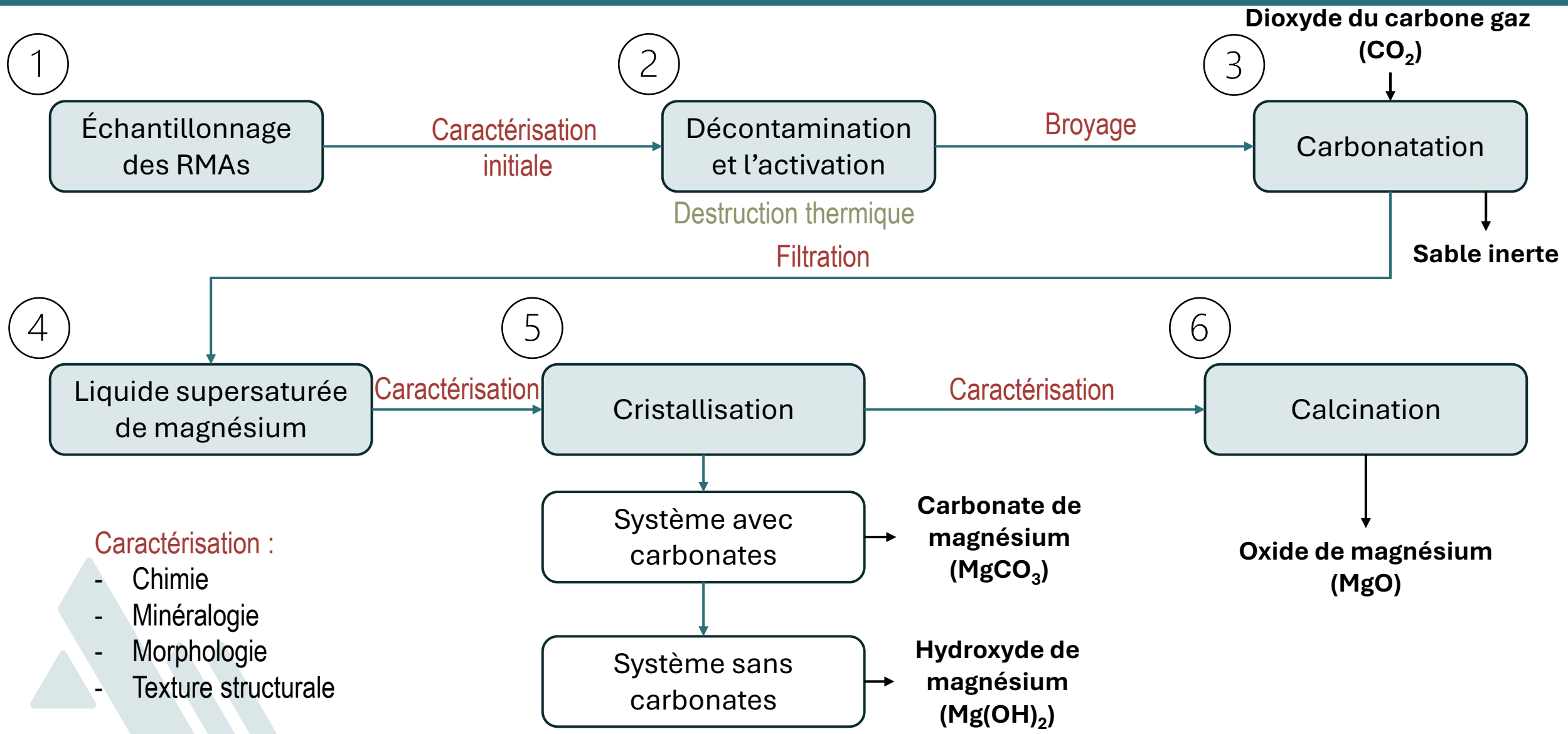
Liste des minéraux critiques et stratégiques en feuilles d'érable

- Le magnésium figure parmi les minéraux critiques et stratégiques avec une vulnérabilité restreinte mondiale d'approvisionnement.
- Le magnésium couramment exploité comme **un produit principal** et non sous produit.
- **Pas actuellement produite au Canada**, mais avec une production antérieure issue de gisements carbonatés en Colombie-Britannique.

Référence :

- *The Geological Association of Canada, 2023*

3. MÉTHODOLOGIE



4. BIENVENUE DANS LE NANOMONDE

C'est quoi les nanomatériaux?

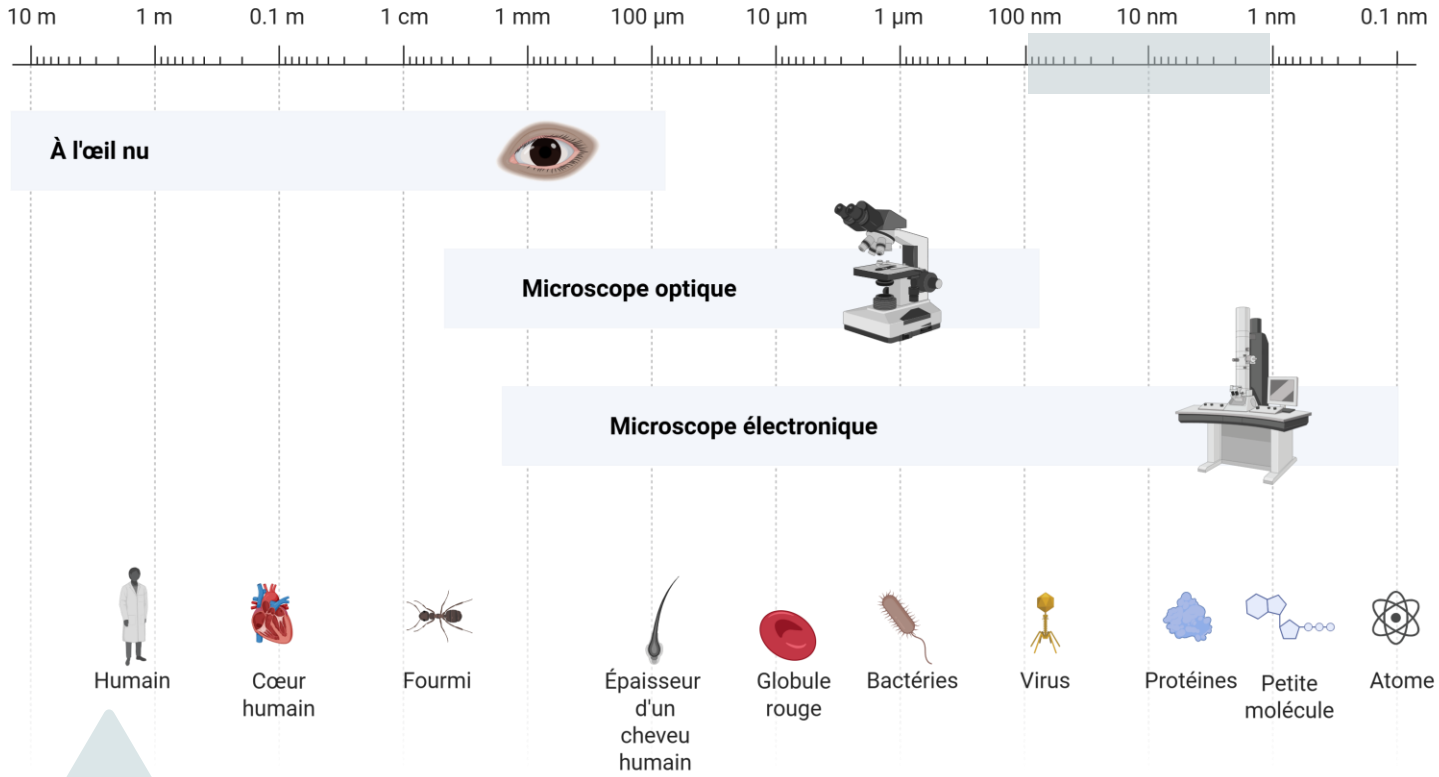


Diagramme en échelle des nanostructures

- ☑ Dimension clé : **1 à 100 nanomètres.**
- ☑ Critères réglementaires selon UE/ISO:

  50 % des particules entre 1 et 100 nm.
- ☑ Surface spécifique en volume (SSA)

  supérieure à **60 m²/cm³**.

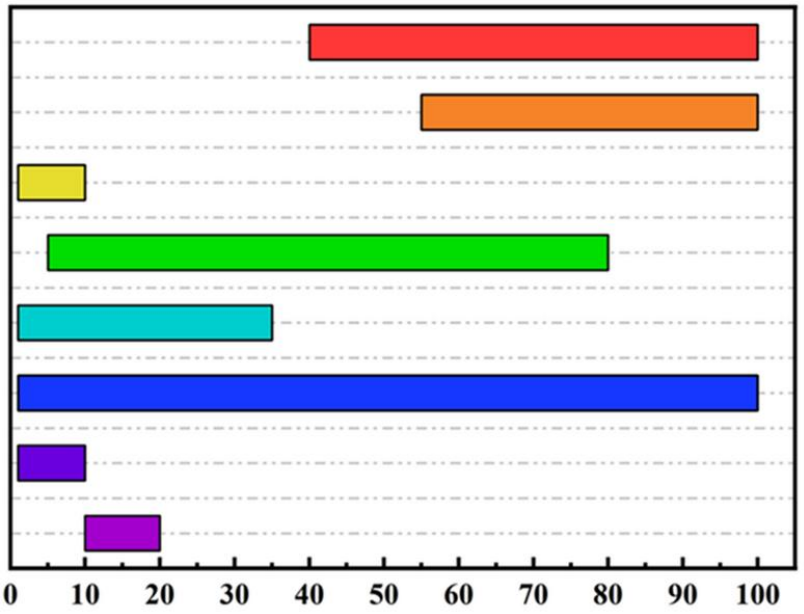
Référence :

- https://www.inrs.fr/dam/inrs/CataloguePapier/HST/TI-DO-26.pdf
- https://www.mediachimie.org/sites/default/files/nanomateriaux_p29.pdf

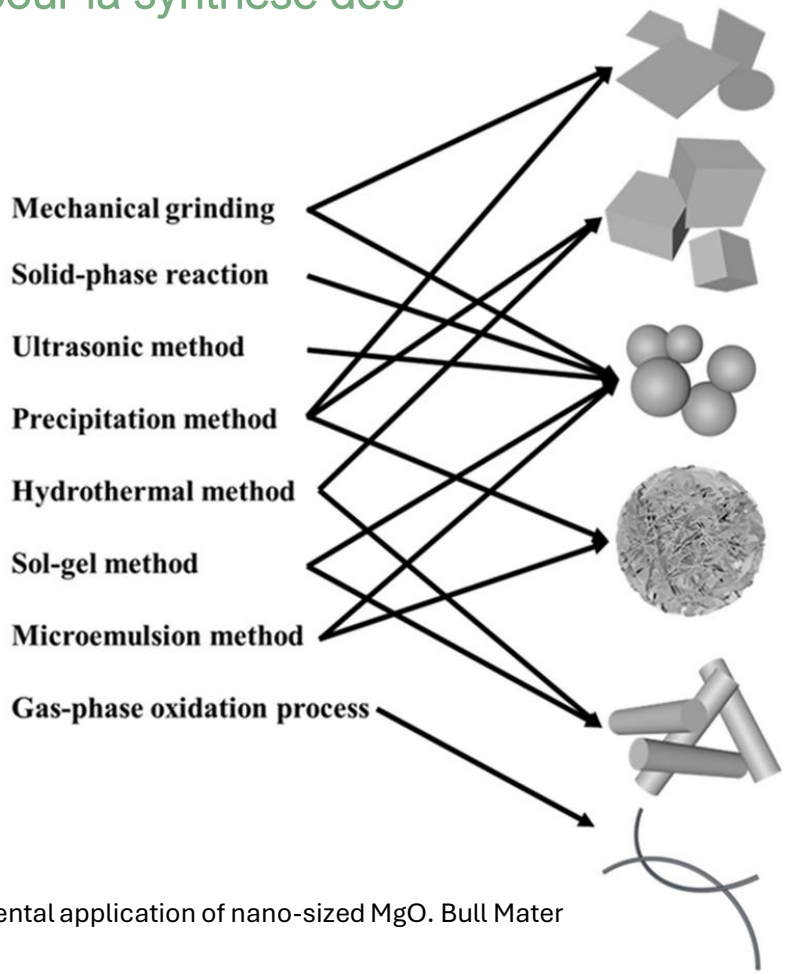
4. BIENVENUE DANS LE NANOMONDE

C'est quoi les méthodes utilisées pour obtenir les nanomatériaux ?

Les méthodes largement utilisées pour la synthèse des nanomatériaux



Distribution de taille (nm)



- Le choix de la méthode dicte le résultat :
  - → Taille : De < 10 nm à 100 nm selon le procédé.
  - → Morphologie : **Sphères, cubes, réseaux poreux, nanofils.**

- Méthode de précipitation/hydrothermale :
  - → Excellent **contrôle de la taille.**
  - → Flexibilité **morphologique.**
  - → Procédé **évolutif et économique.**

Référence :
- Duan, Z., Li, X. & Deng, B. Recent development in the environmental application of nano-sized MgO. Bull Mater Sci 45, 204 (2022).

4. BIENVENUE DANS LE NANOMONDE | CARACTÉRISATION DES NANOMATÉRIAUX ISSUES DES RMA

	Mg(OH)2	MgO	Mg5(CO3)4(OH)2•4H2O
Description	Hydroxyde de magnésium (Brucite)	Oxyde de magnésium (Périclase)	Carbonate de magnésium (Hydromagnésite)
Apparence et odeur	Des poudres fines blanches et sans odeurs		
Pureté	Haute pureté (> 98 %)		
Surface spécifique (m^2/g)	95,48	109,51	76,67

→ Atteinte d'une haute pureté à partir d'**une matrice complexe (RMAs)**, avec élimination quasi totale **des métaux lourds et silicates**.

→ Surface spécifique optimisées selon la phase ($MgO > Mg(OH)_2 > Mg_5(CO_3)_4(OH)_2•4H_2O$).

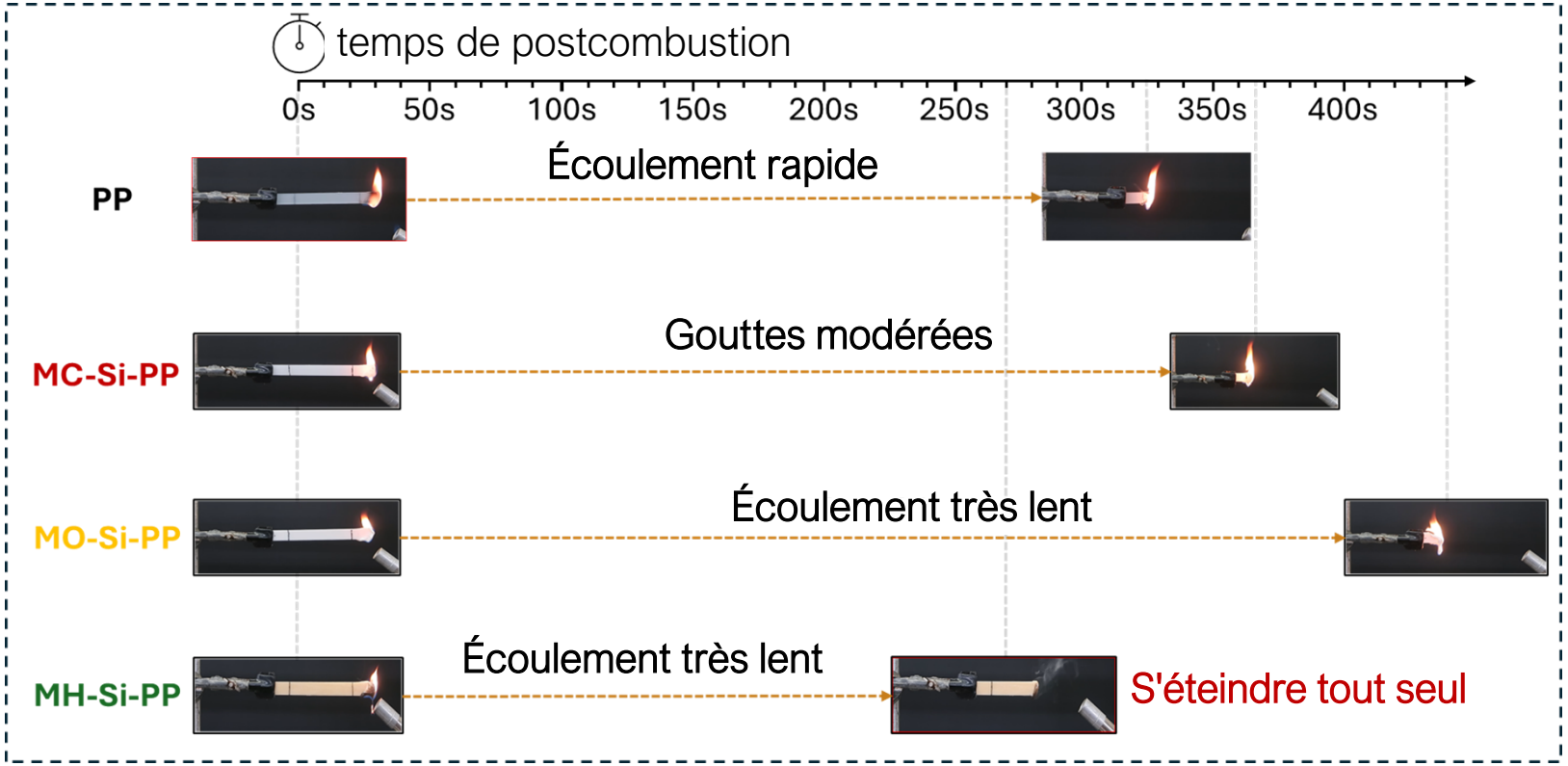
Référence:
Daoudi *et al., articles en progresse* (2026)

5. APPLICATIONS CONCRÈTES | PERFORMANCE RÉSISTANT AU FEU

TRAVAIL RÉALISÉ EN COLLAB. AVEC:

co:alia

Le savoir de la matière | La maîtrise des procédés



Vitesse de combustion – ASTM D635

- ↓ **Vitesse de combustion** avec des nanocharges à base de magnésium.
- **Amélioration** de la résistance au feu.
- **Intégrité visuelle** préservée après combustion → formation **d'un charbon stable**.

Référence:
Daoudi *et al., article en cours* (2026)

6. TAVAUX À VENIR

Évaluer la robustesse en conditions réelles

- Évaluer comment l'ajout de magnésium renforce **la résistance mécanique** du polypropyléne (**Analyse dynamomécanique**).

Observer la structuration du matériau

- Comprendre **comment le polypropyléne se fige** et s'organise autour des nanoparticules à l'échelle microscopique (**Cinétique de cristallisation**).

Découvrir d'autres pistes

- **Optimiser les méthodes de production** pour des nanopoudres encore plus fines, et explorer de **nouvelles applications vertes au-delà de la plasturgie**.

Questions, commentaires ou besoin d'informations additionnelles ?

Hamza Daoudi, Étudiant en Ph.D.

Contact:
Hamza.daoudi@inrs.ca

Institut national de la recherche scientifique