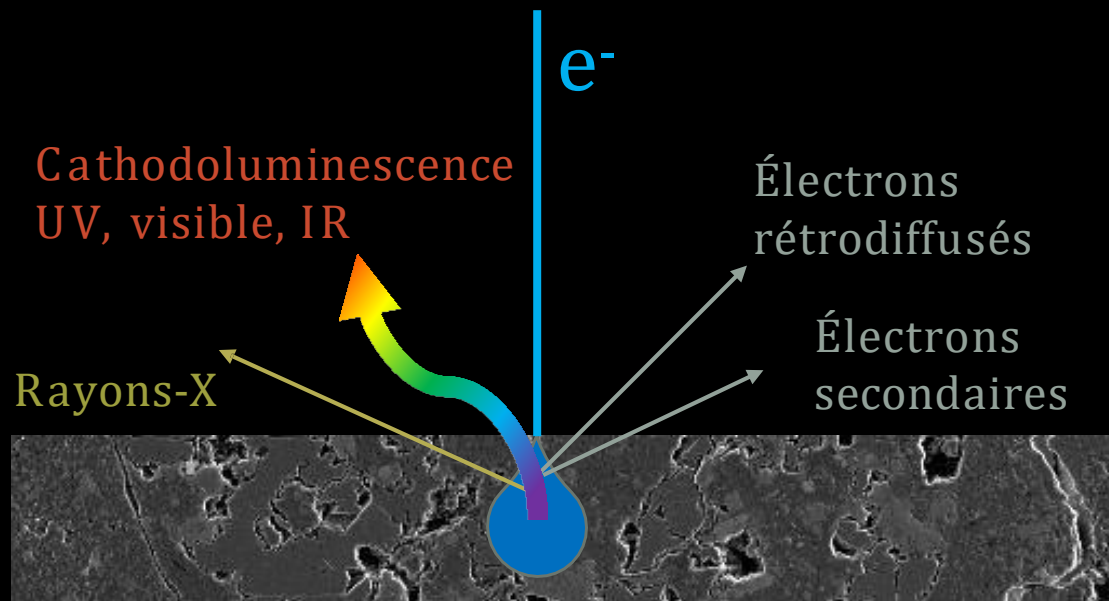


# Cathodoluminescence à haute-résolution de carbonates de chondrite: en préparation de l'étude d'échantillons d'astéroïde de OSIRIS-REX

V. GUIGOZ<sup>1</sup>, A. SERET<sup>2</sup>, M. PORTAIL<sup>1</sup>, G. LIBOUREL<sup>2</sup>, H. C. CONNOLLY Jr<sup>3,4,5</sup>, and D. S. LAURETTA<sup>4</sup>

1. Université Côte d'Azur, CNRS, CRHEA, Rue Bernard Grégory, 06560 Valbonne, France,
2. Université Côte d'Azur, Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS, Laboratoire Lagrange, Boulevard de l'Observatoire, CS 34229, 06304 Nice Cedex 4, France,
3. Department of Geology, Rowan University, Glassboro, NJ, USA,
4. Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, AZ, USA, 5
5. Department of Earth and Planetary Science, American Museum of Natural History, New York, NY, USA.

# Principe de la cathodoluminescence

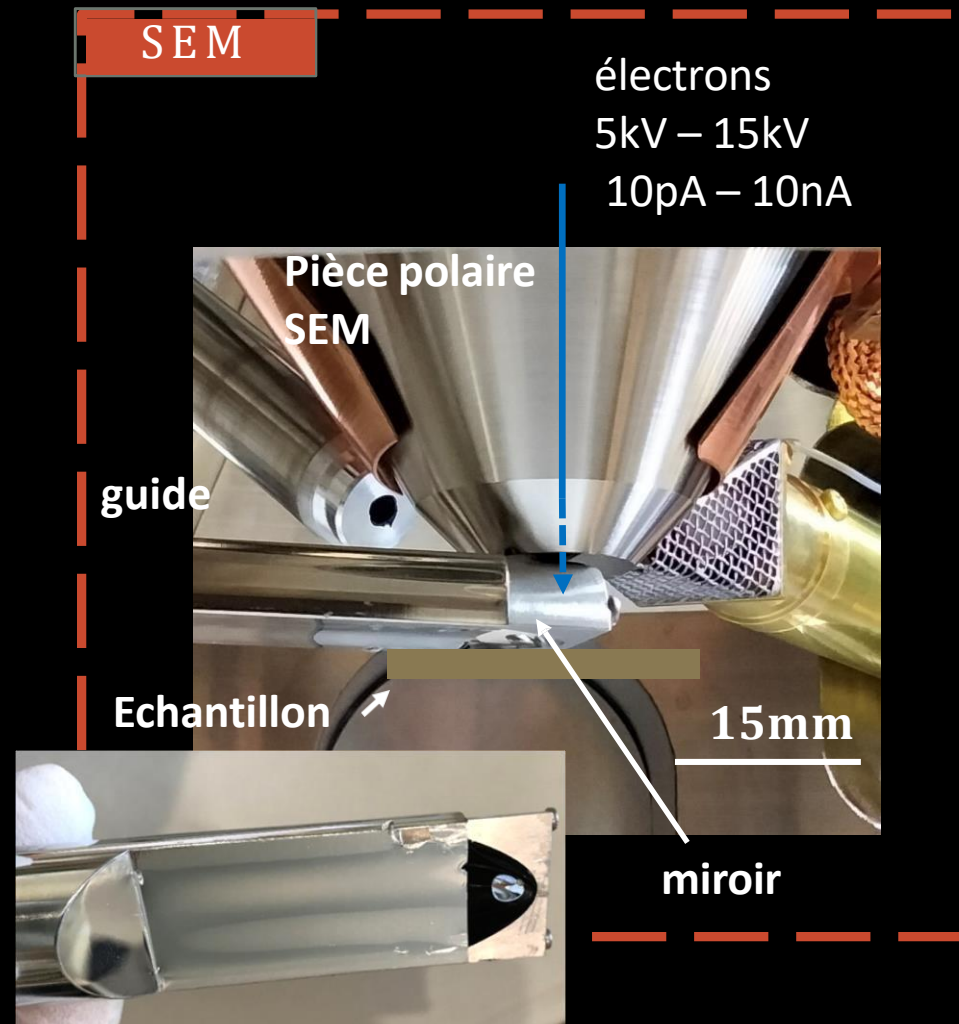
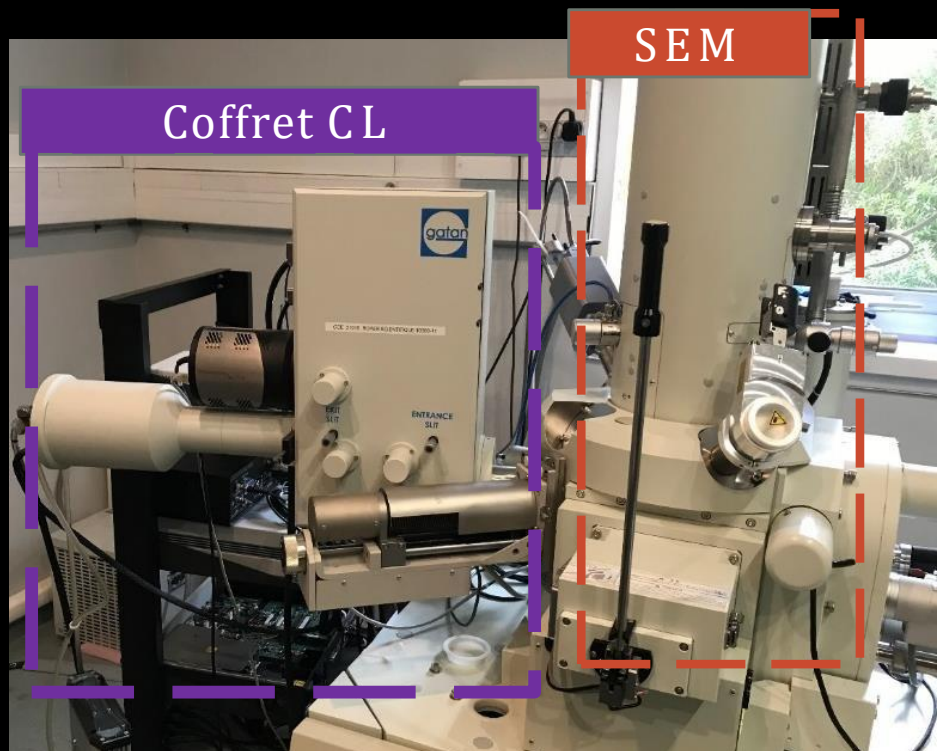


La longueur d'onde du photon émis dépend de la bande interdite du matériau.

La CL permet d'étudier la composition, la structure, les défauts et la croissance du matériau.

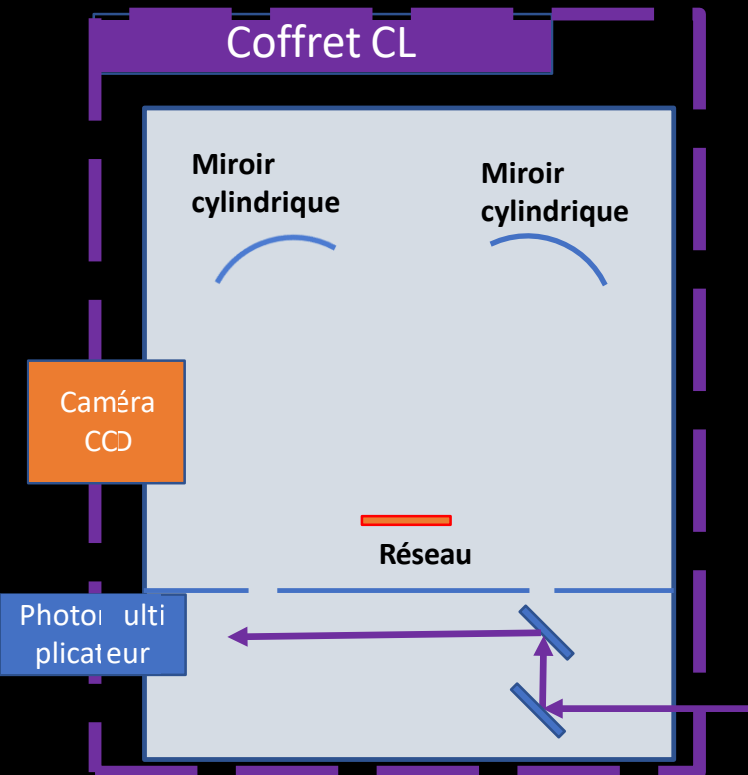
# Notre instrument

- MEB FEG JEOL 7000F
- CL Gatan MonoCL4

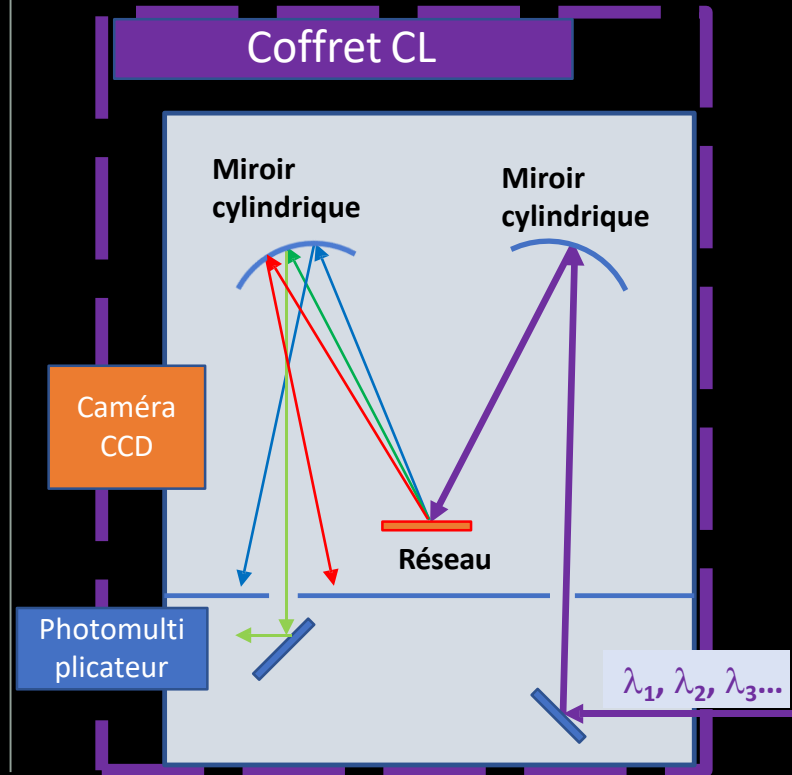


# 3 modes d'analyse

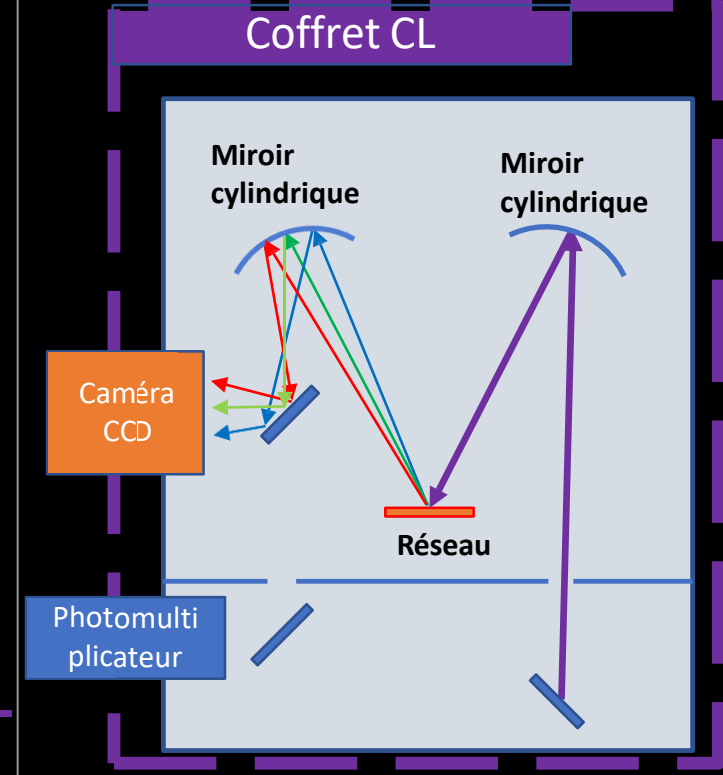
## Imagerie panchromatique



## Imagerie monochromatique



## Spectroscopie

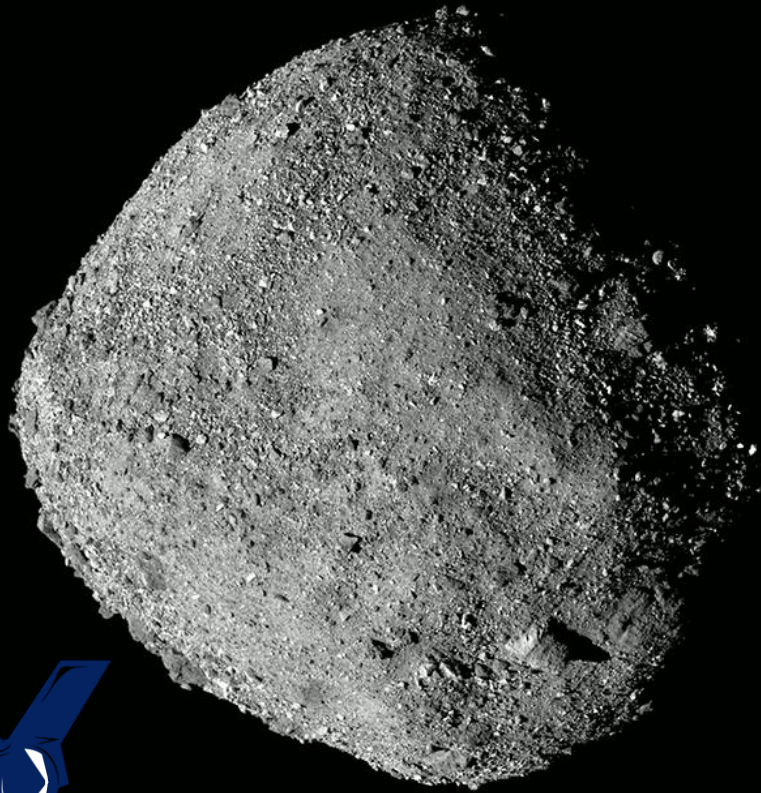


# Association entre un labo de microélectroniques et un observatoire

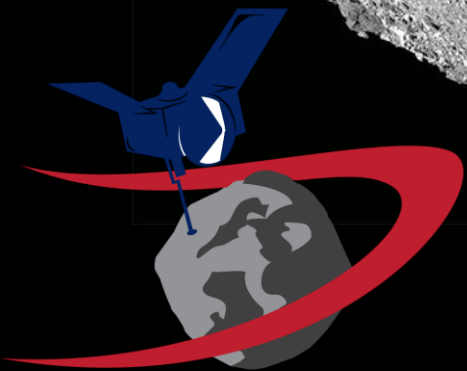
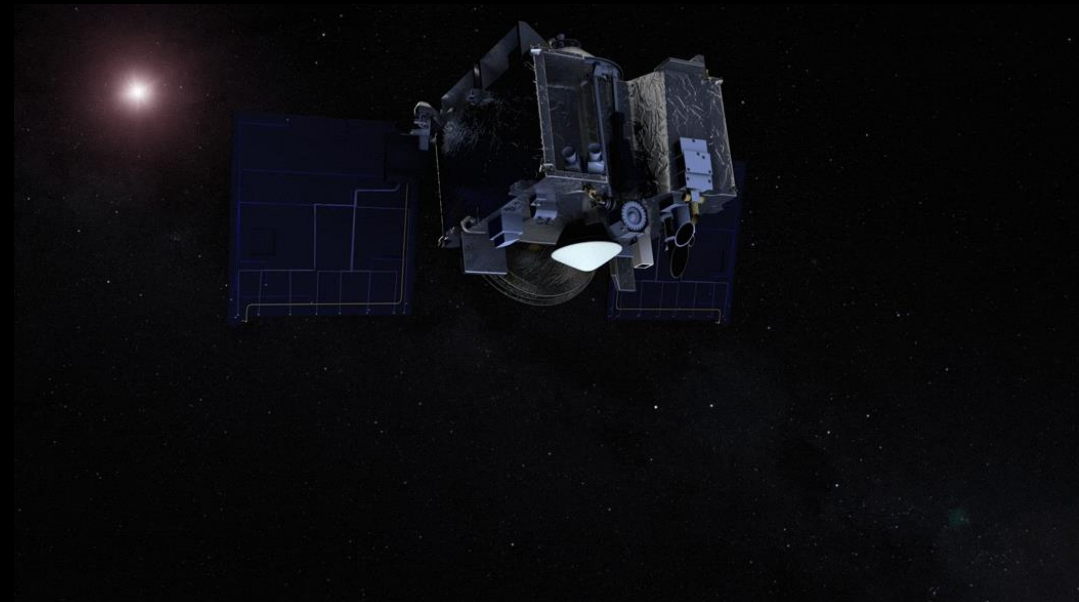
- Centre de Recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications
  - Laboratoire de physique, spécialisé dans l'élaboration de matériaux semi-conducteurs (épitaxie).
  - Domaines applicatifs : énergie, santé et environnement, communications du futur
- Laboratoire LAGRANGE de l'Observatoire de la Côte d'Azur
  - Astrophysique (planétologie, physique stellaire et solaire, galaxies et cosmologie), de mécanique des fluides et d'instrumentation pour l'observation astronomique
- Permet à l'observatoire d'accéder à des instruments de haute résolution
- Apport d'un point de vue matériaux et épitaxie à une problématique cosmochimique



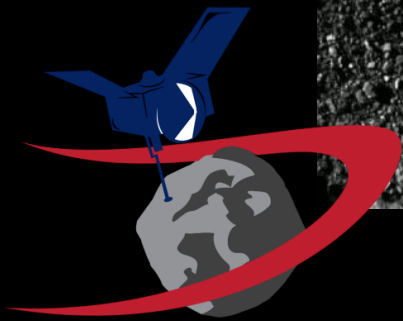
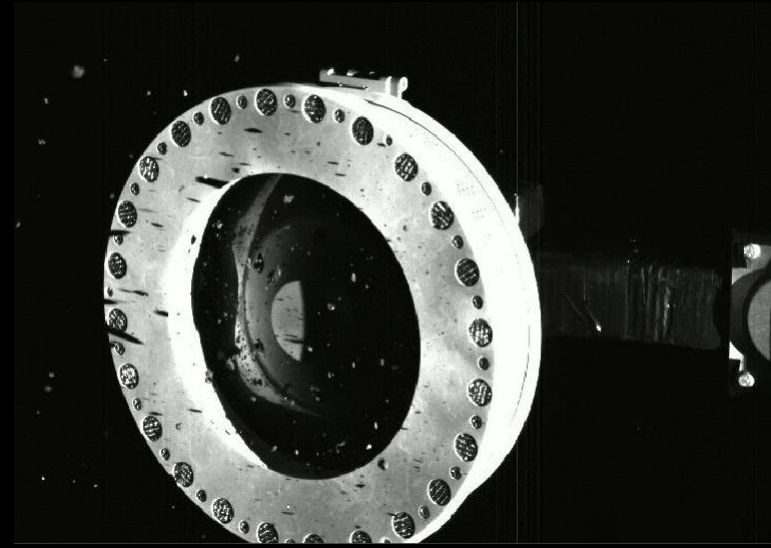
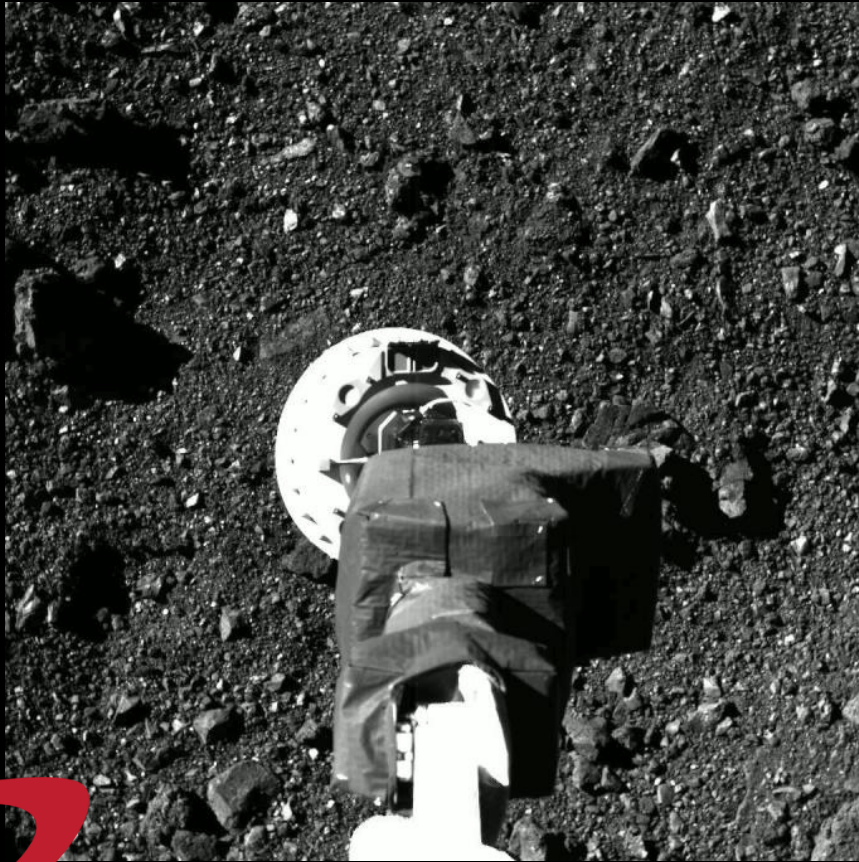
# NASA's OSIRIS-REx asteroid sample return mission



- Envoi de la sonde le 8 septembre 2016
- Approche de Bennu le 3 décembre 2018
- Collecte d'échantillons le 20 octobre 2020
  - Entre 400 g et 1 kg
- Retour des échantillons le 24 septembre 2023



# NASA's OSIRIS-REx asteroid sample return mission



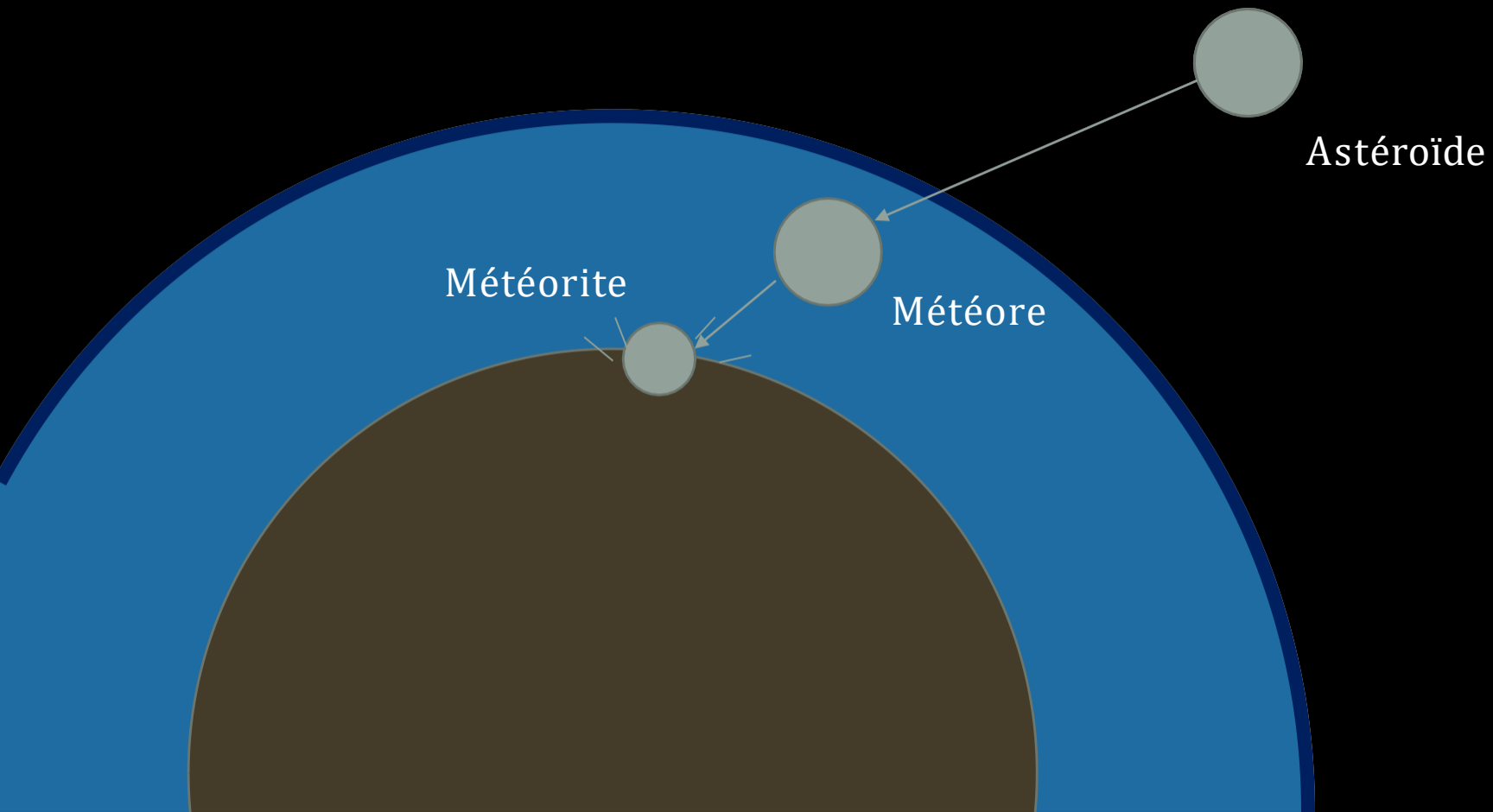
**OSIRIS-REx**  
ASTEROID SAMPLE RETURN MISSION

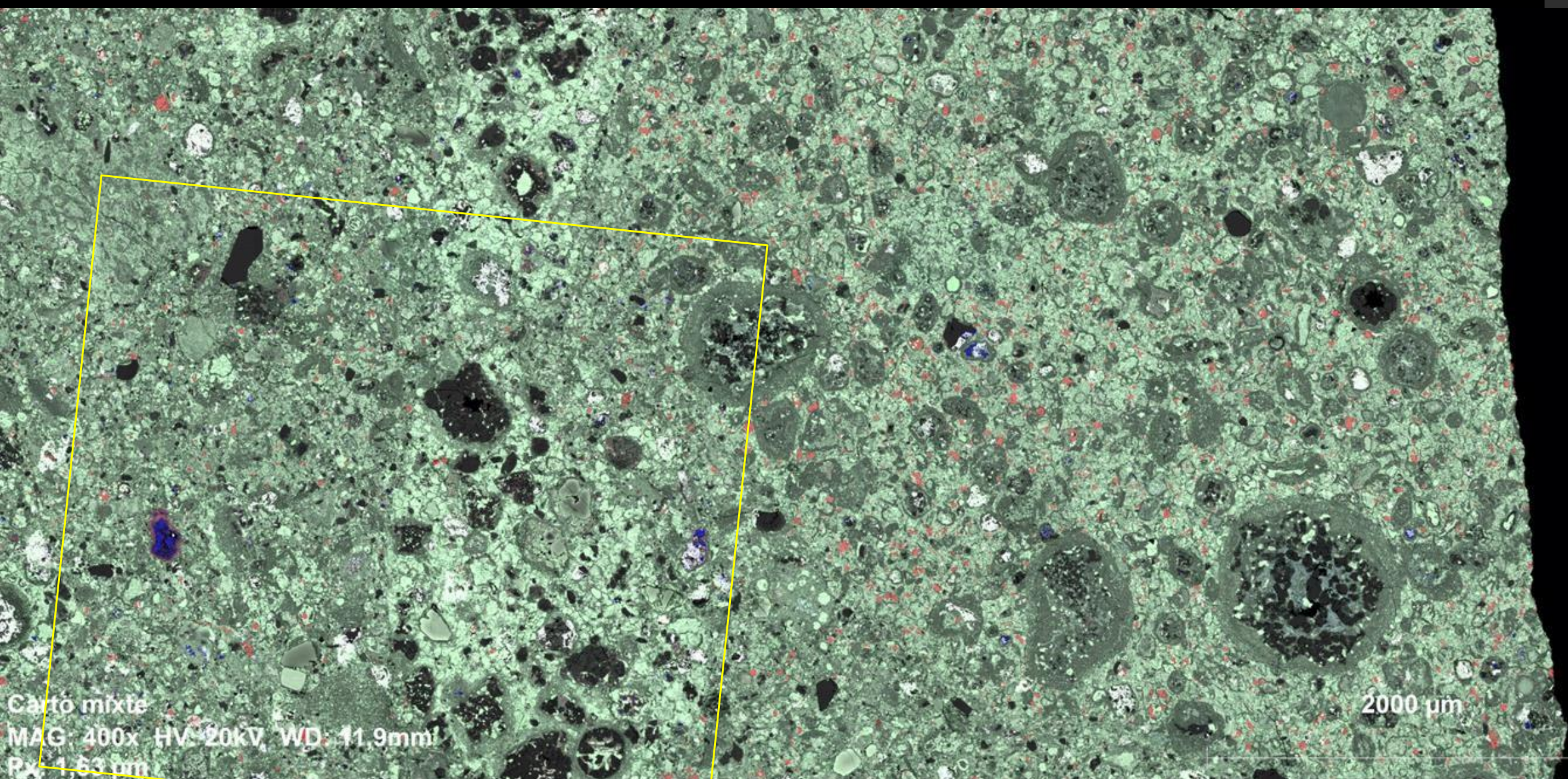
!!! Bennu samples return to Earth, Sept. 24th, 2023 !!!

# Nos objectifs

- Etude de précédentes météorites
- Développement de méthode d'analyses avec la CL pour exploiter pleinement son potentiel
- Réalisation d'images avec une grande précision
- Analyses spectrales
- Traitement de données spectrales

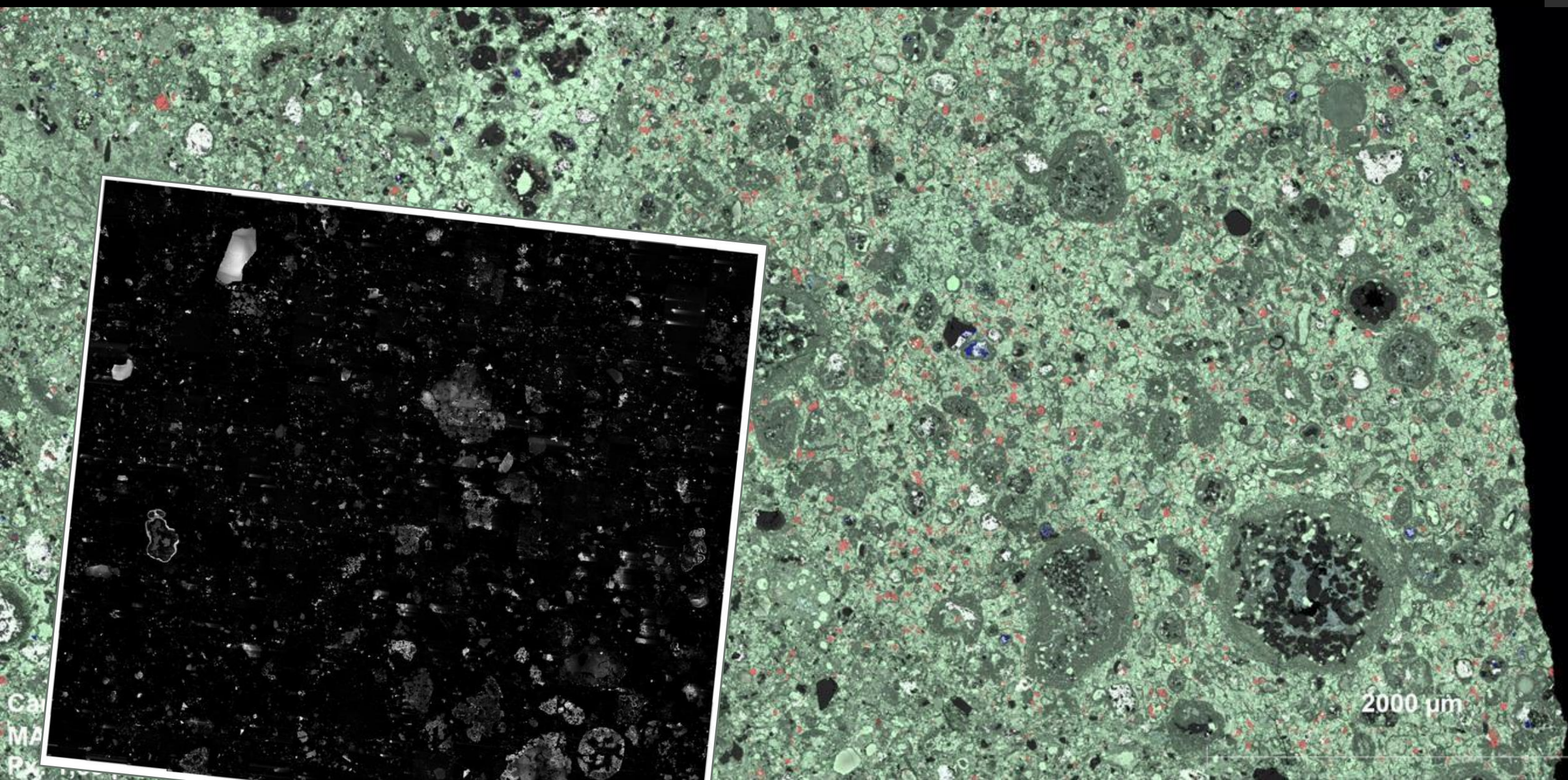
# Petit point culture général





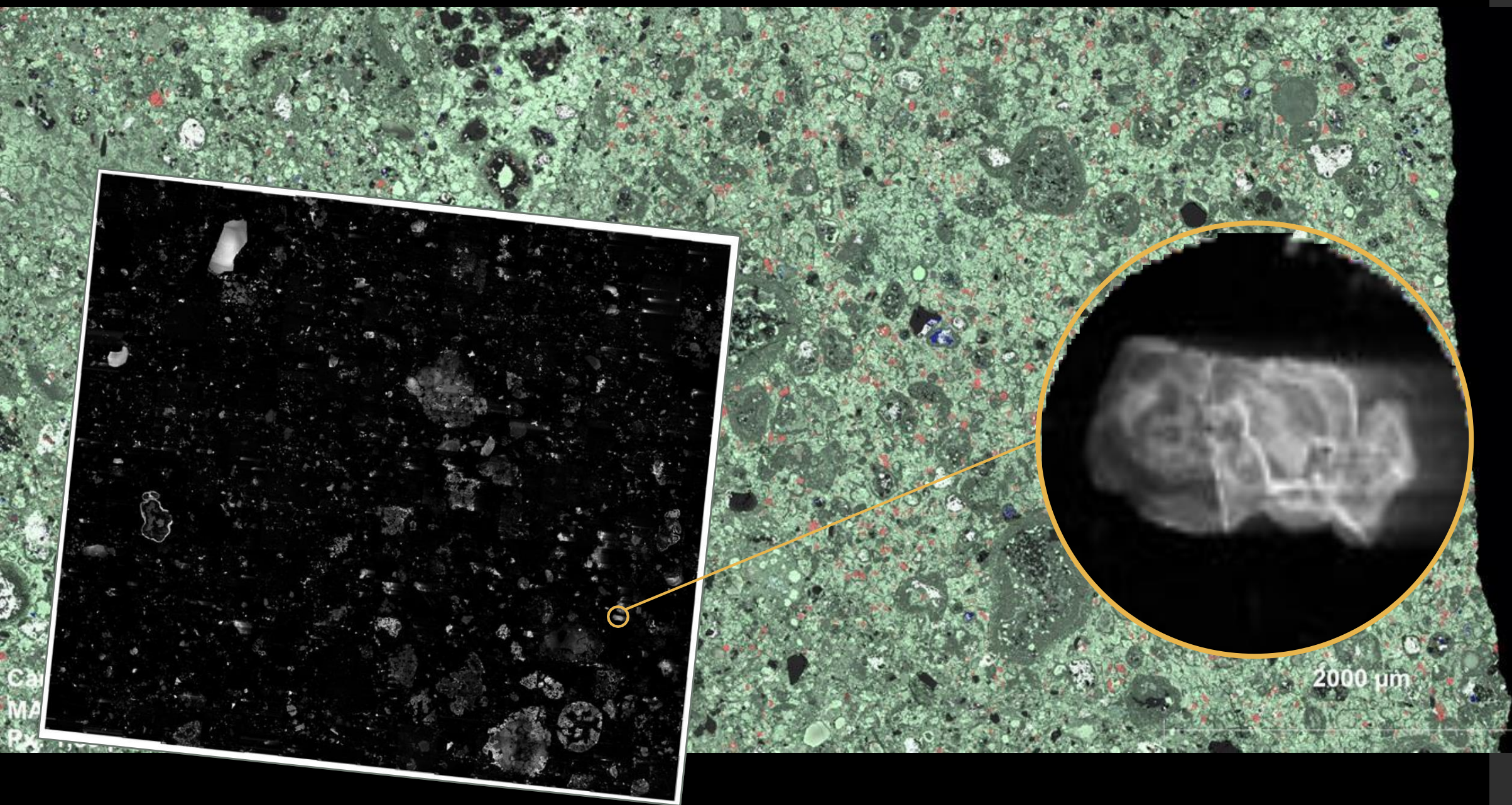
Carto mixte  
MAG: 400x HV: 20kV WD: 11.9mm  
Px: 1.63mm

2000  $\mu$ m



2000 μm

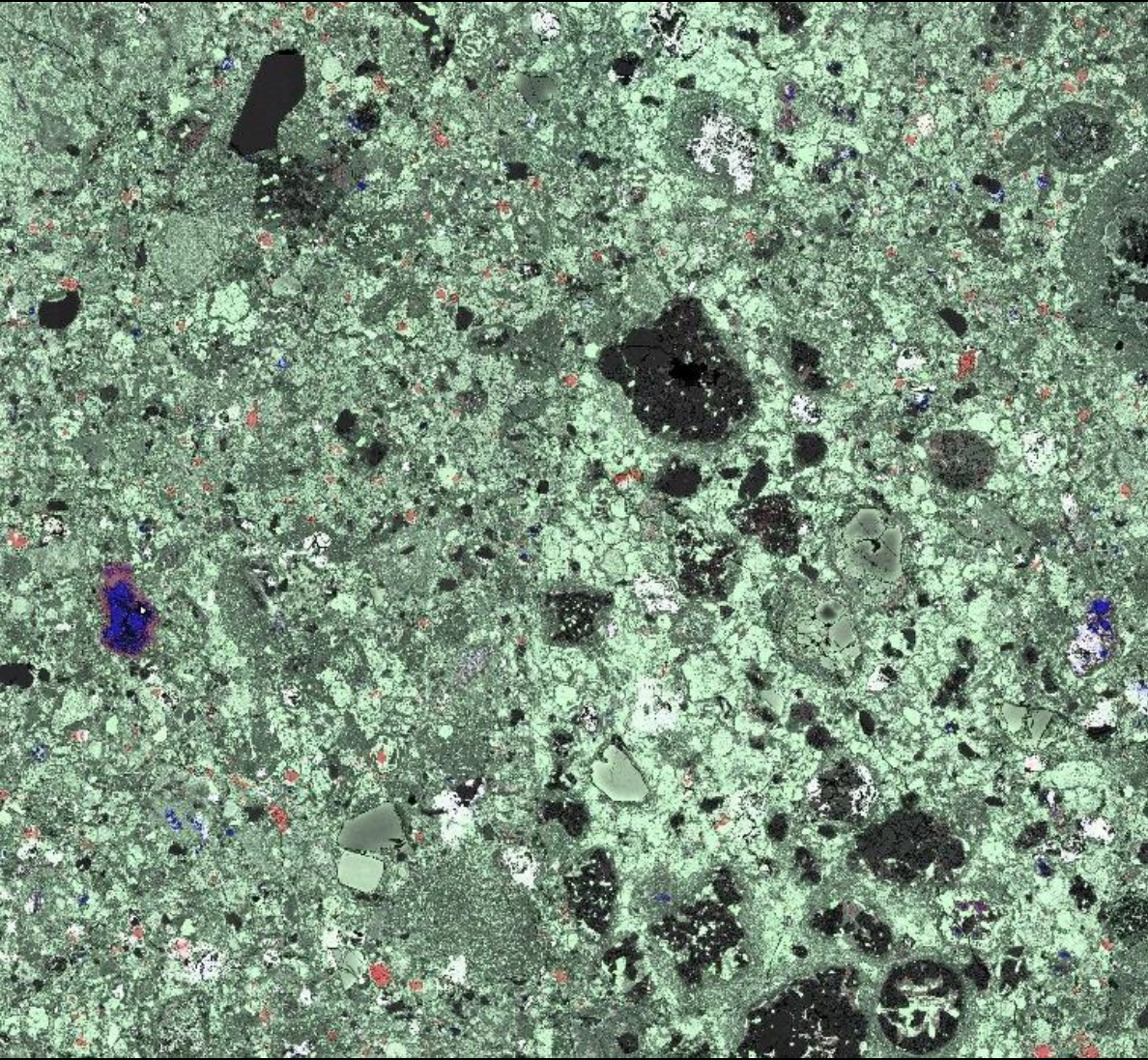
Ca  
MA  
Ry



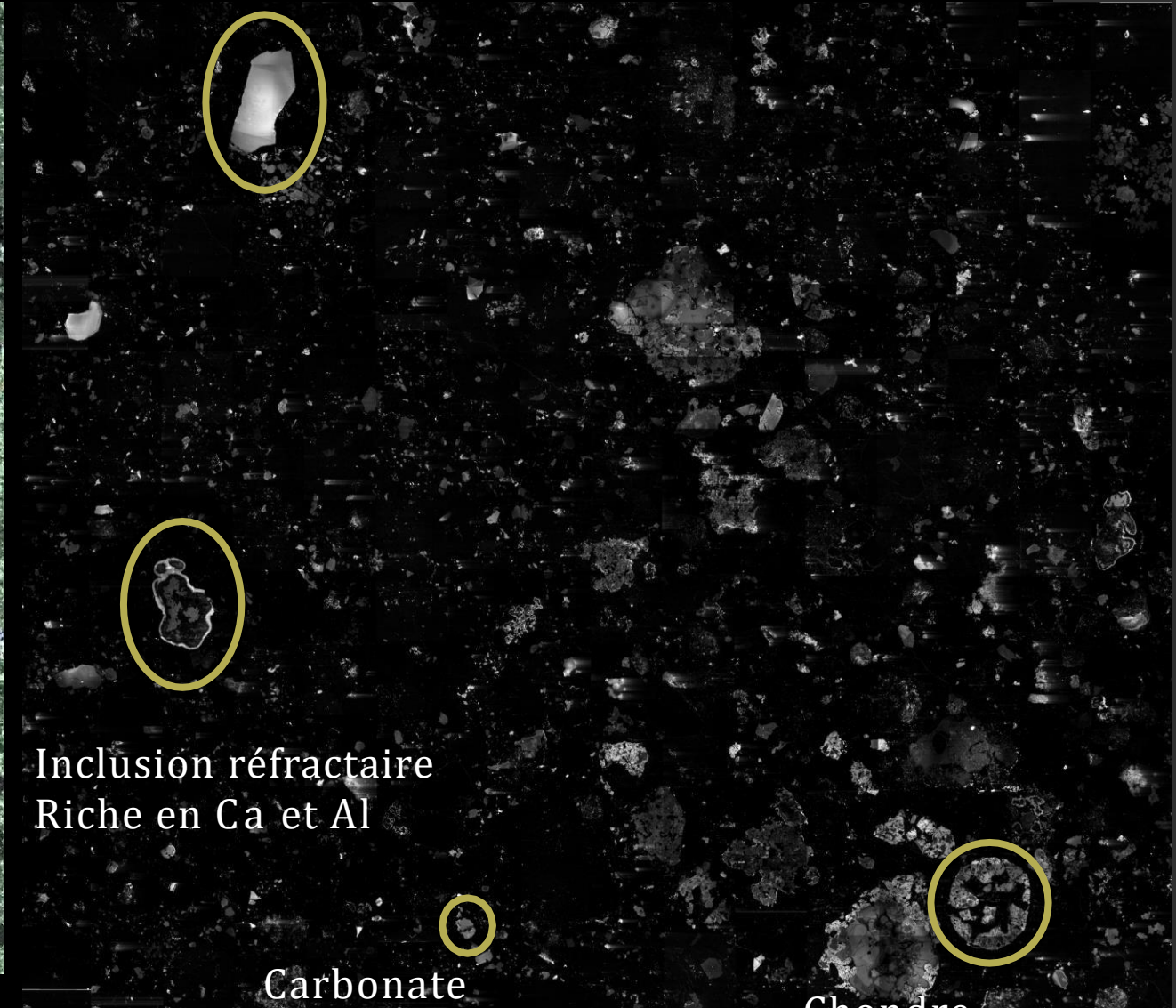
Ca  
MA  
Ry

2000 μm

Olivine  
 $Mg_2SiO_4$



2000  
 $\mu m$

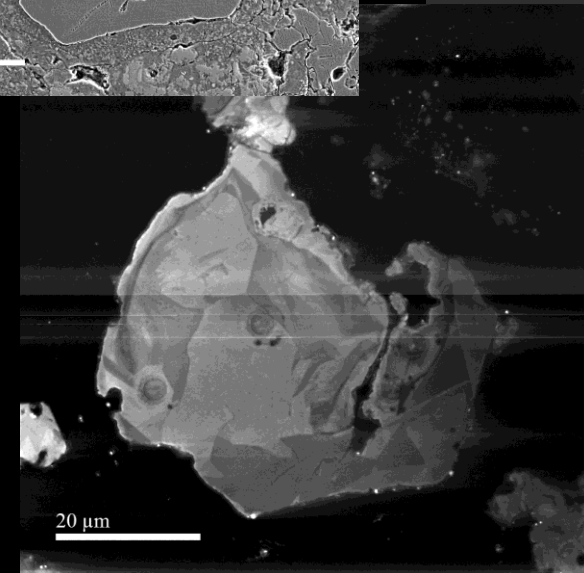
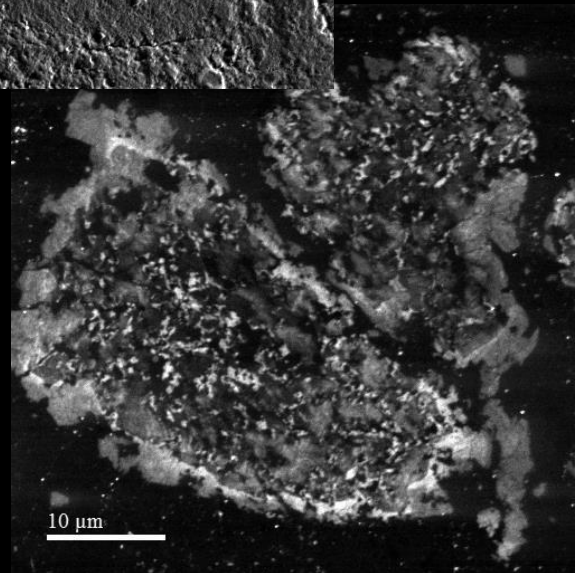
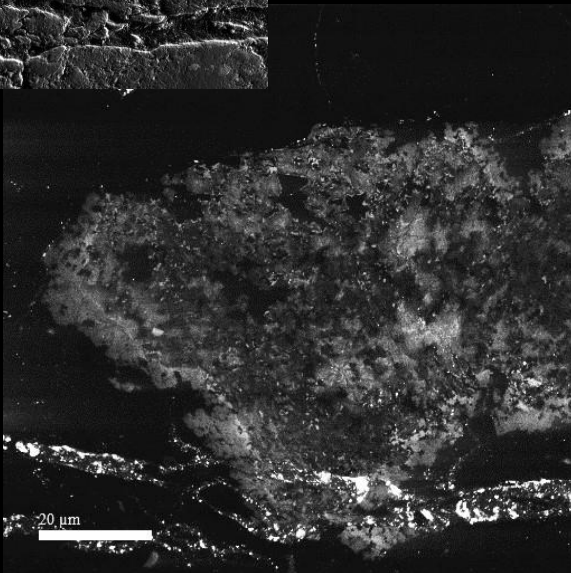
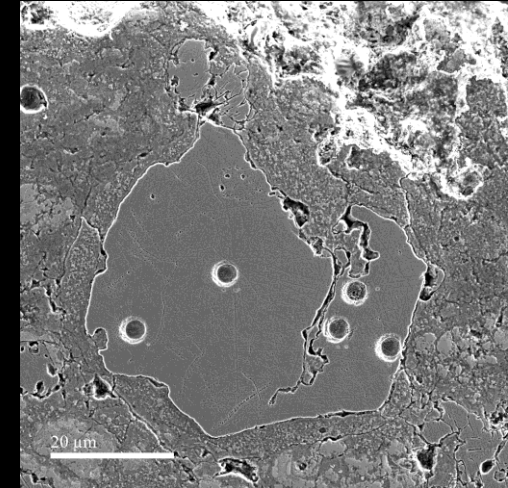
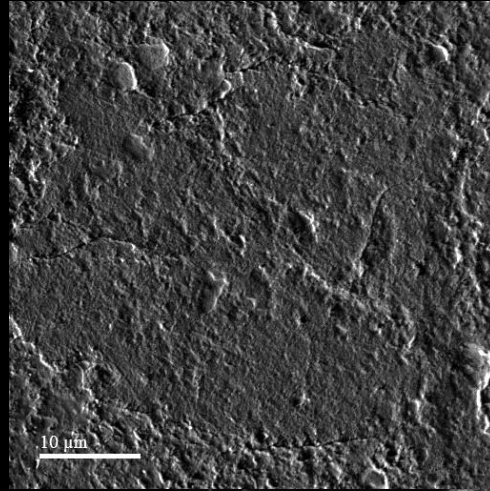
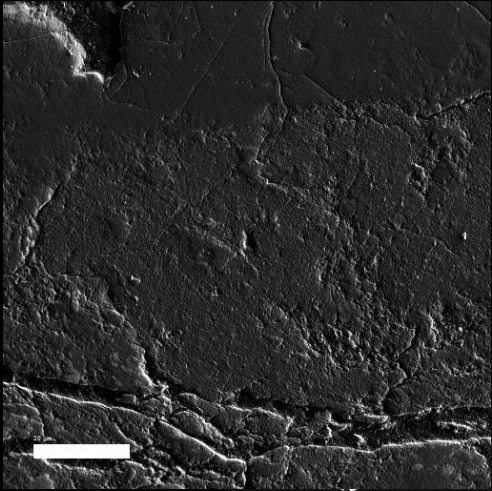


Inclusion réfractaire  
Riche en Ca et Al

Carbonate  
 $CaCO_3$

Chondre  
Silicates  $SiO_2-MO$

# Etude de carbonates ( $\text{CaCO}_3$ )



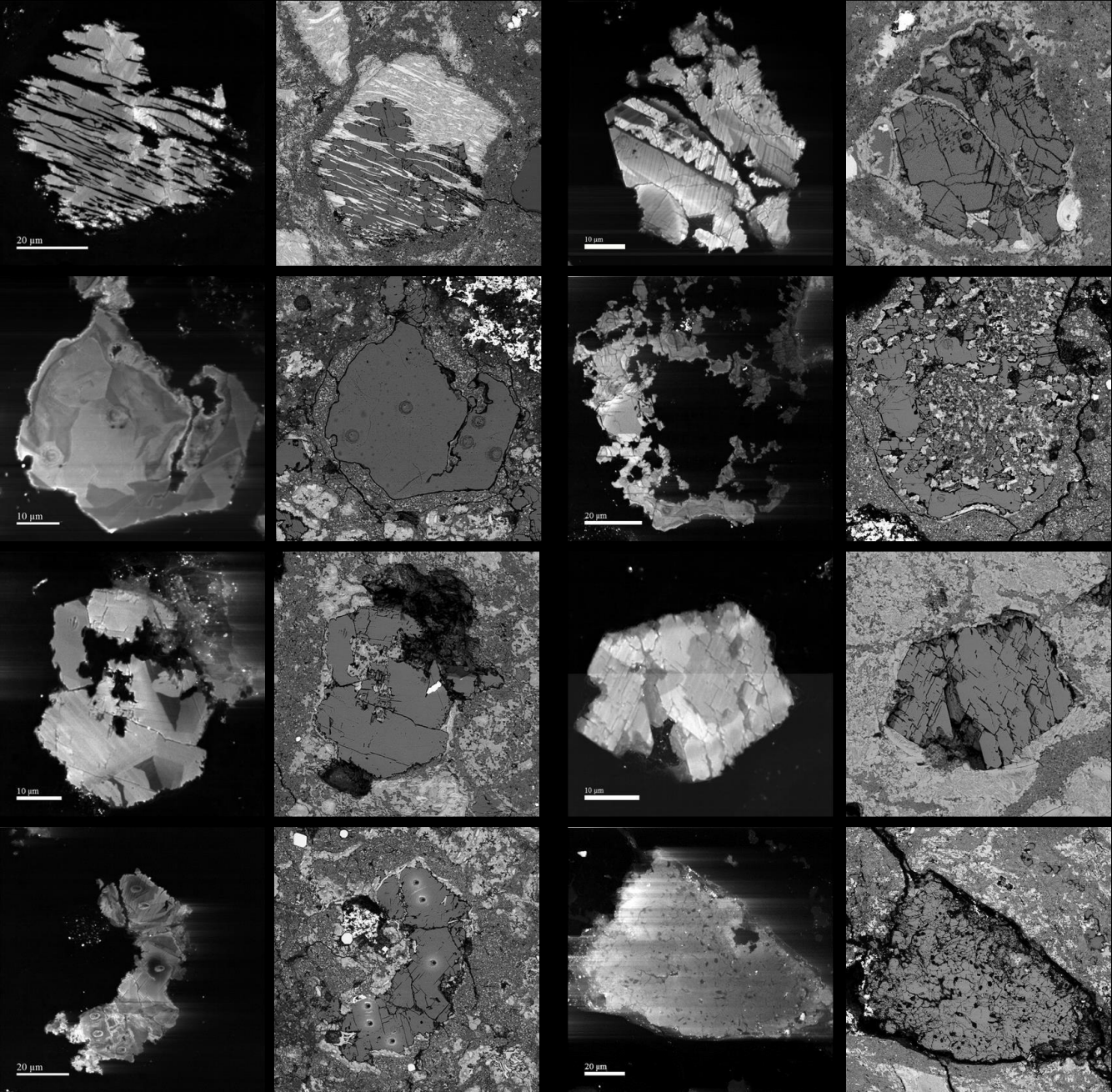
Tagish Lake

Renazzo

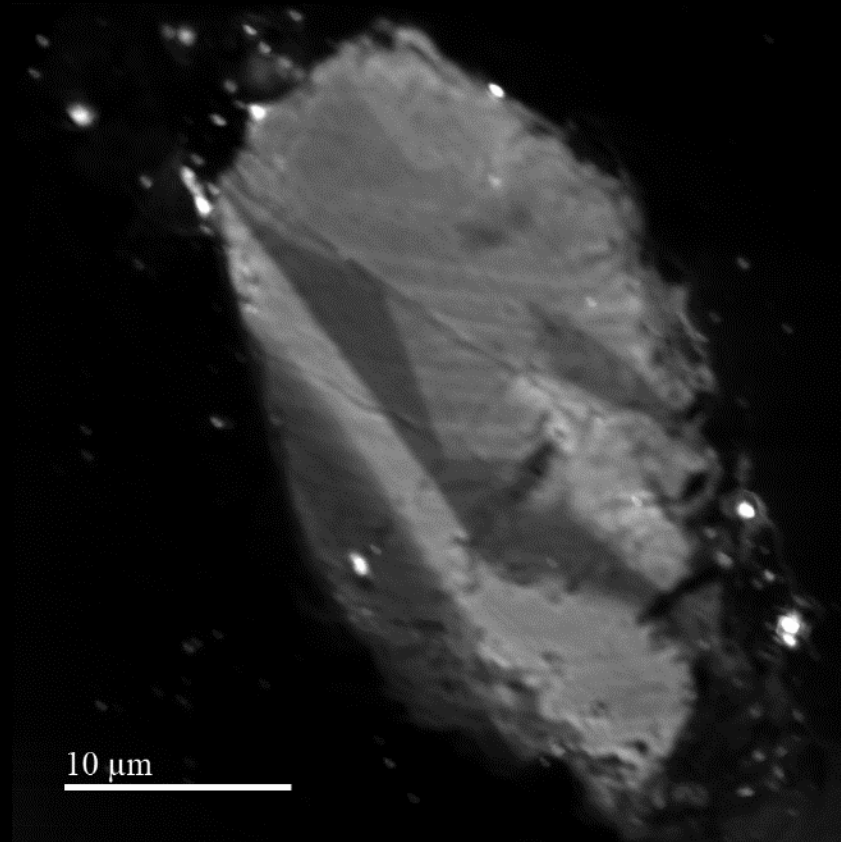
Cold Bokkeveld

# Cold Bokkeveld

Aperçu des carbonates



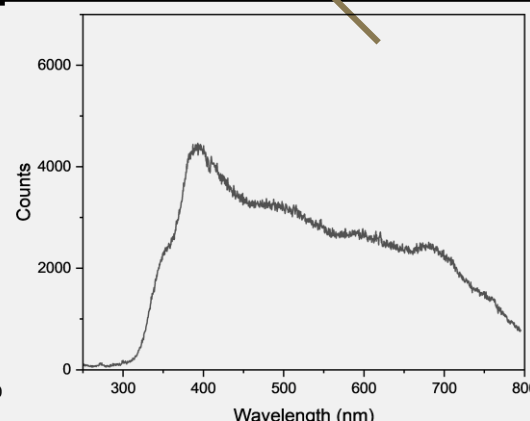
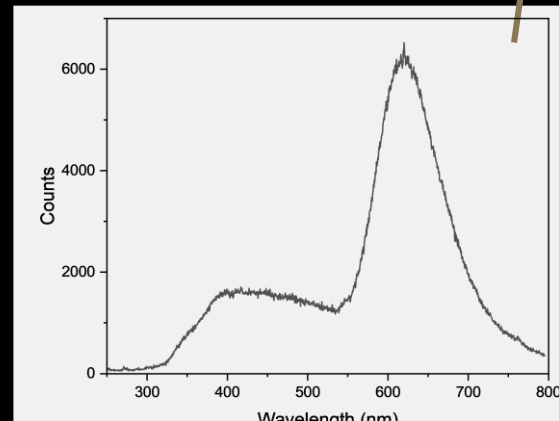
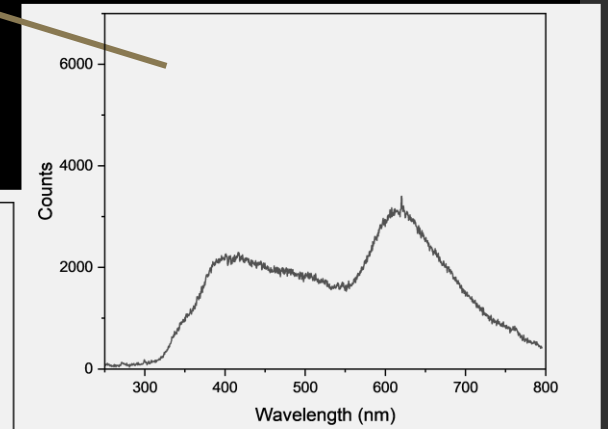
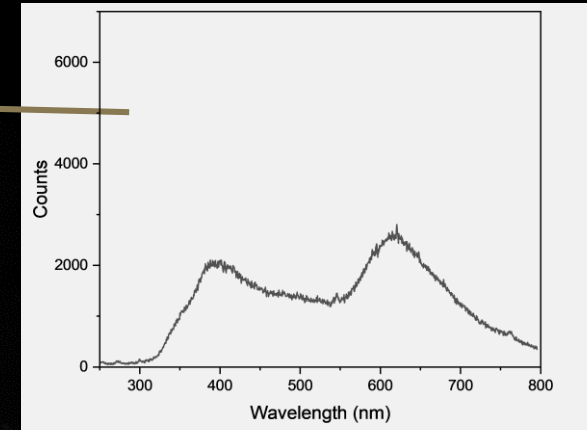
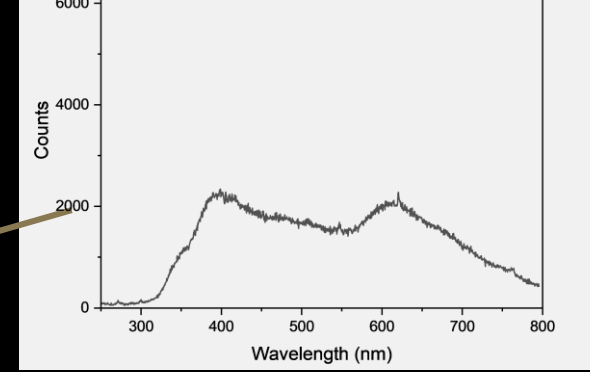
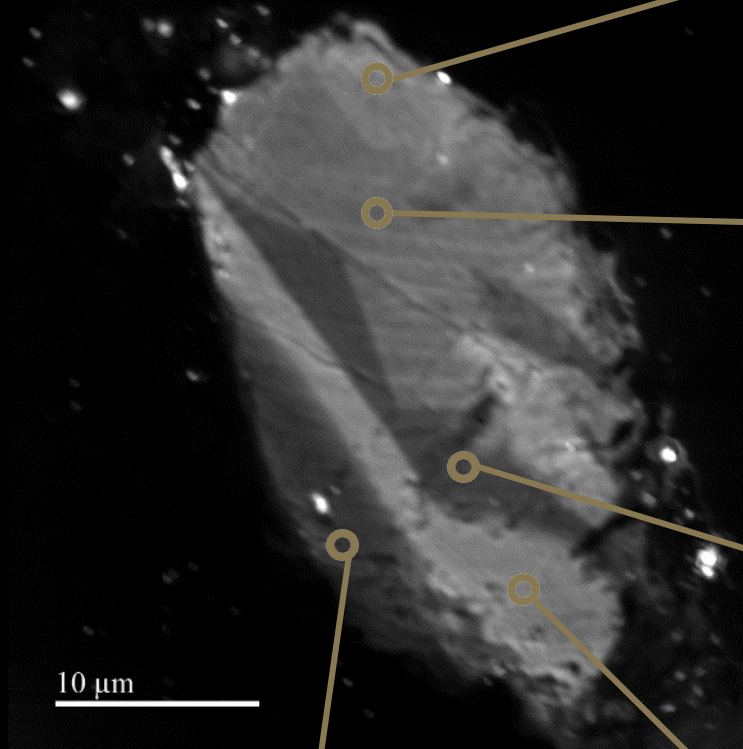
# Analyse spectrale dans chaque zone



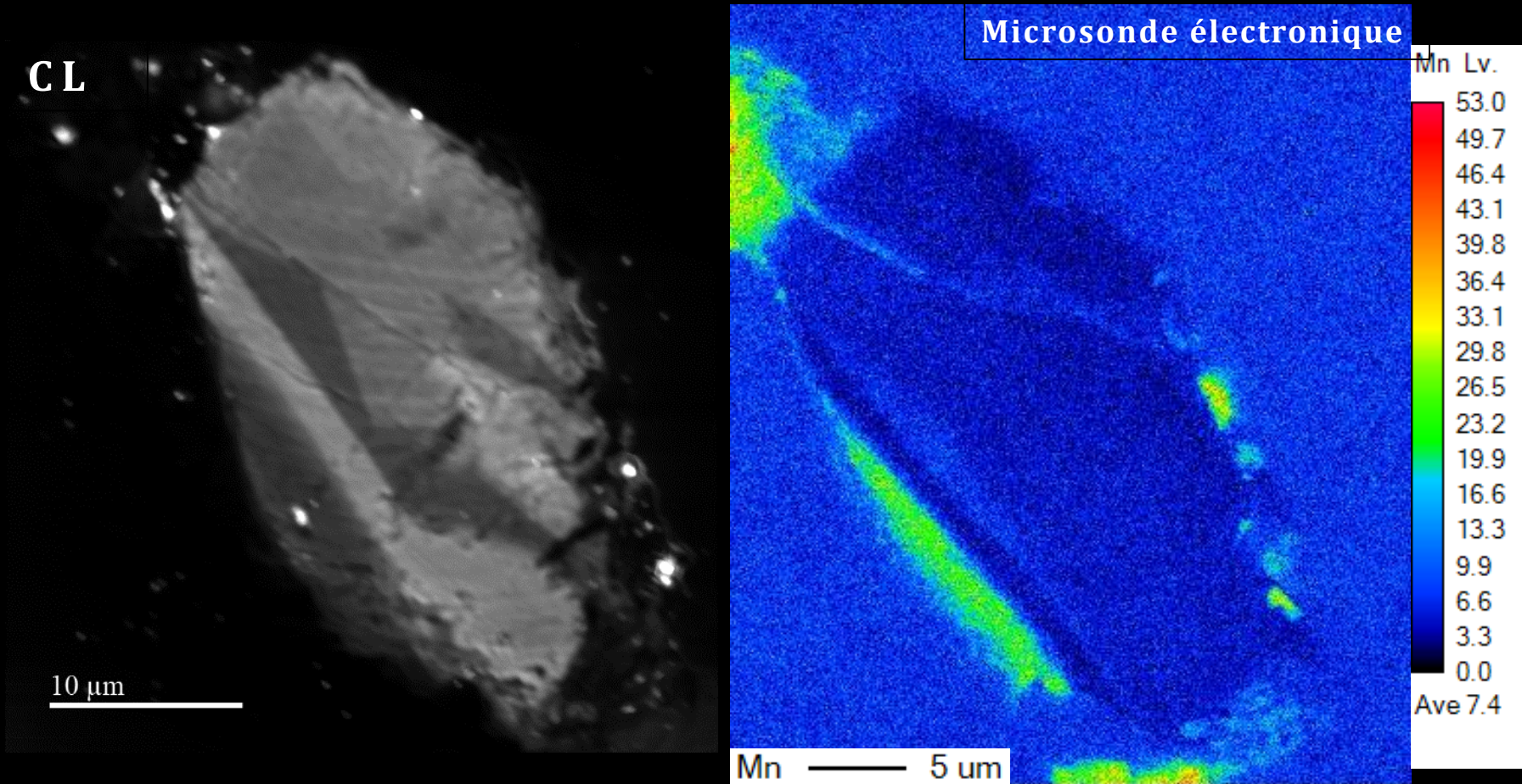
# Analyse spectrale dans chaque zone

2 composantes dans le spectre :

- ~400 nm : défauts intrinsèques liés à la structure cristalline
- ~620 nm : défauts extrinsèques liés à l'implantation de Mn dans la maille, à la place du Ca

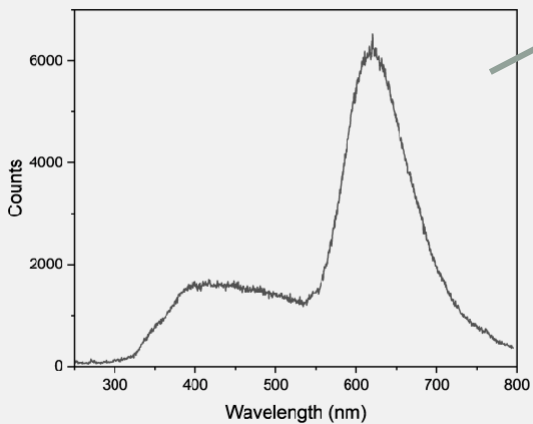
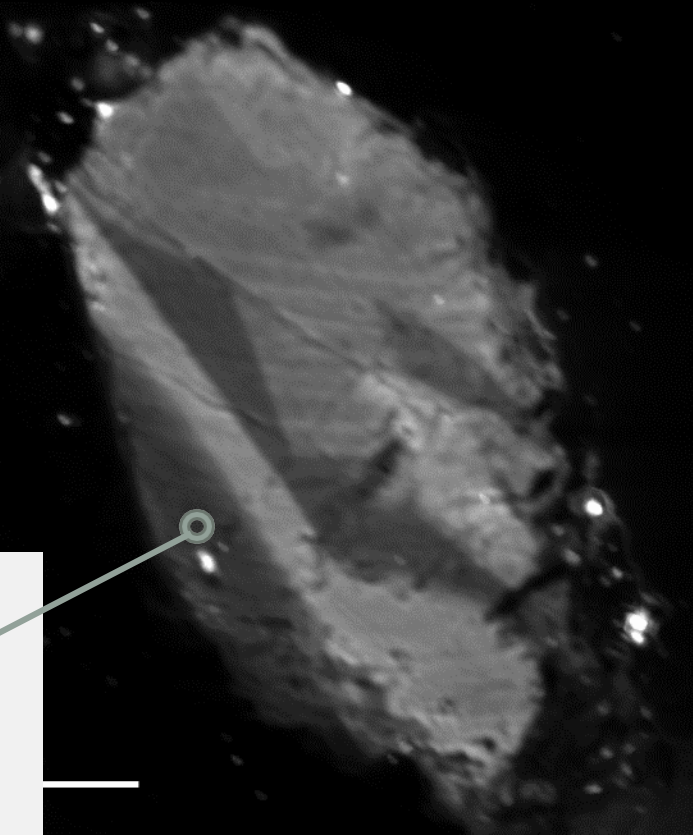


# Mesure de la concentration en Mn par microsonde électronique

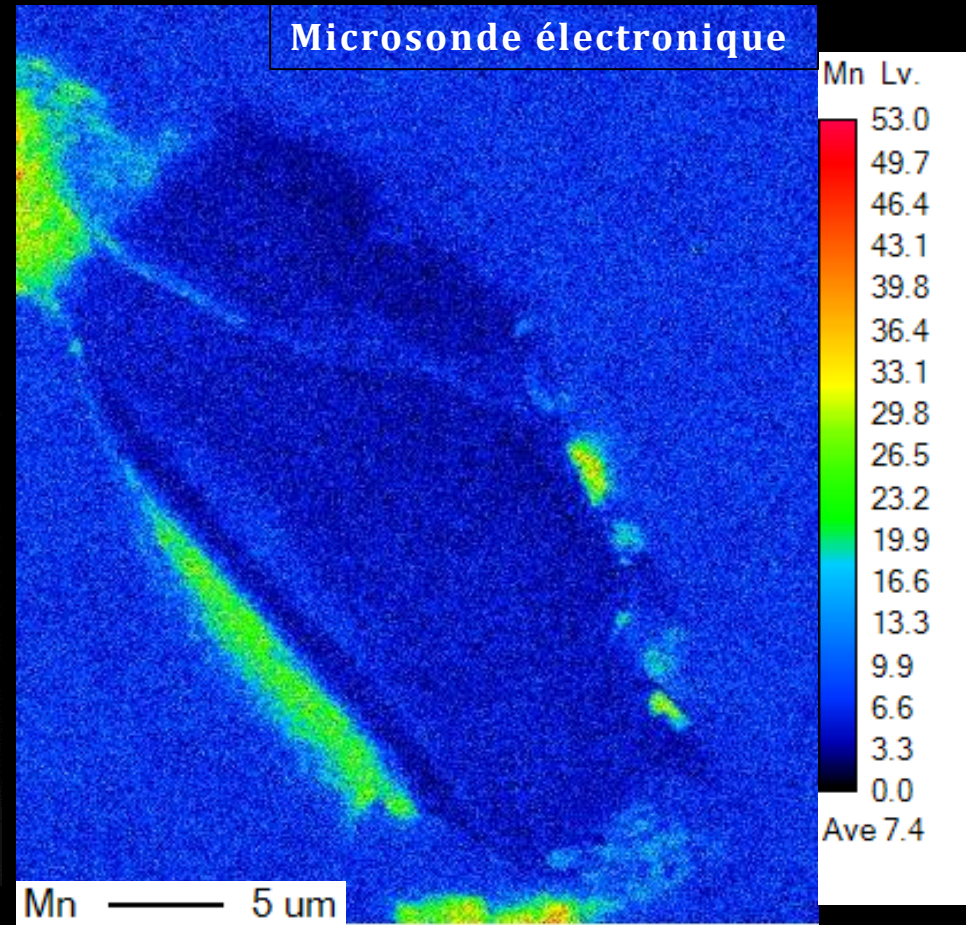


# Mesure de la concentration en Mn par microsonde électronique

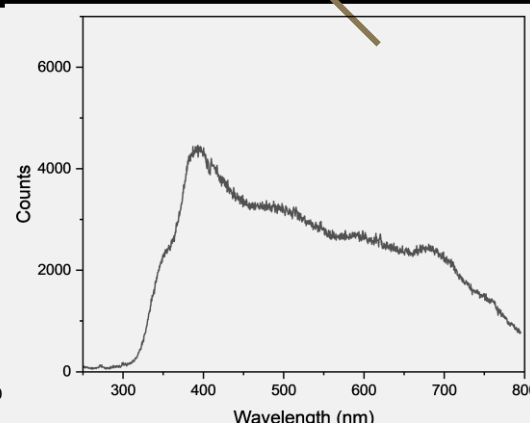
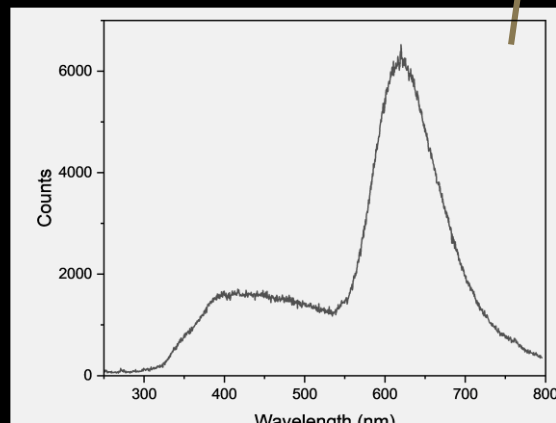
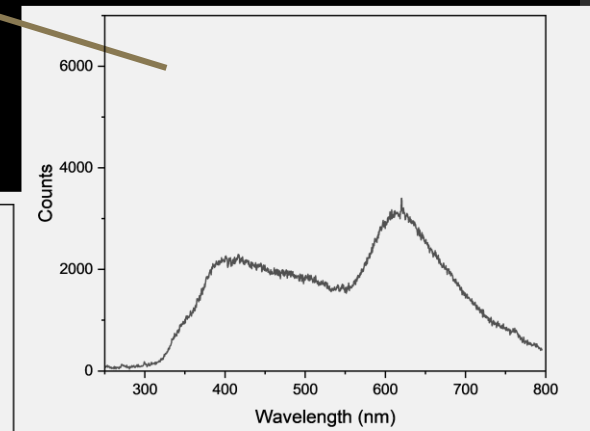
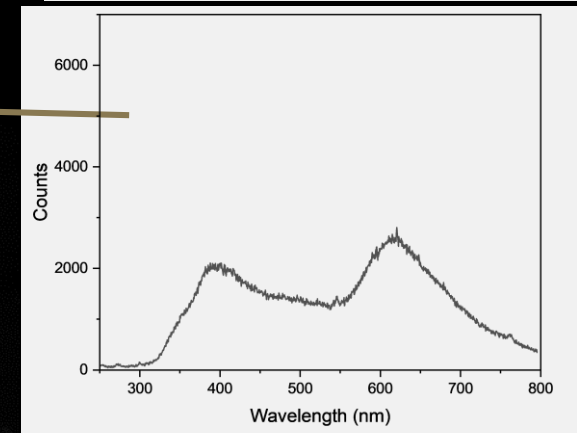
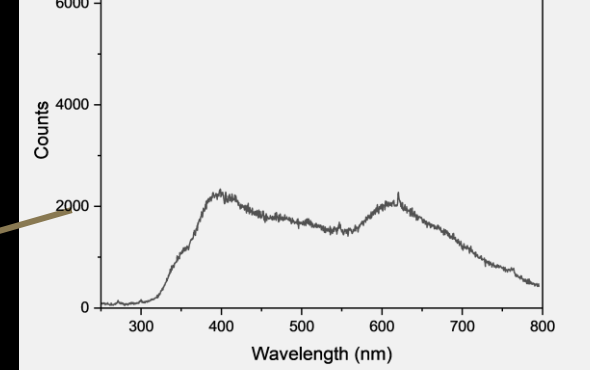
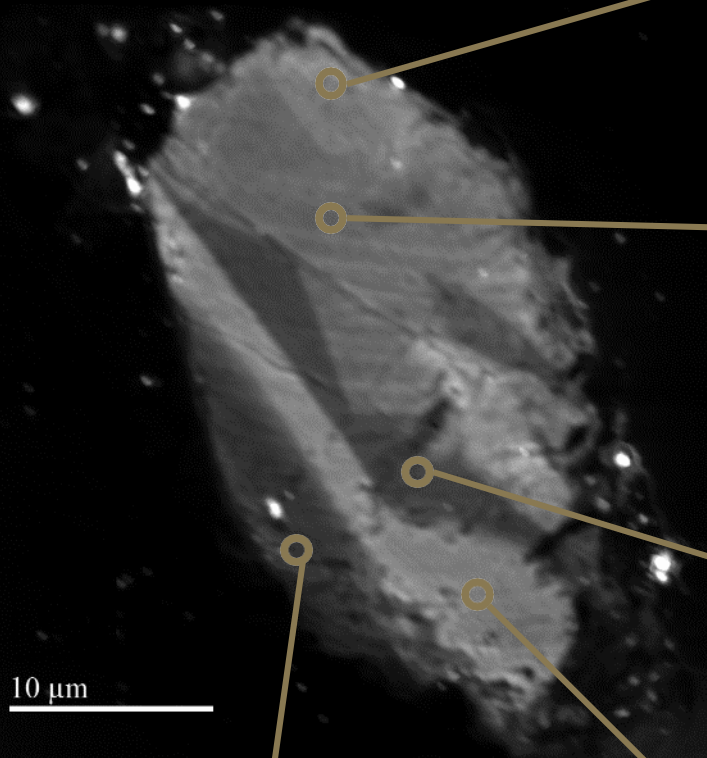
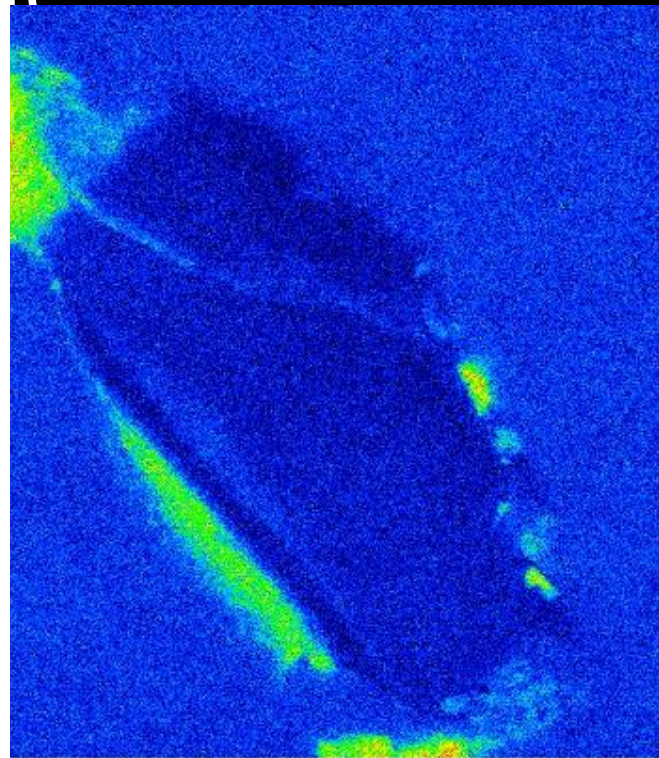
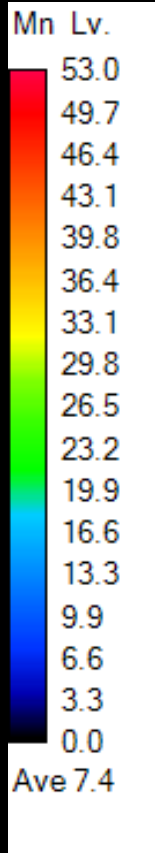
CL

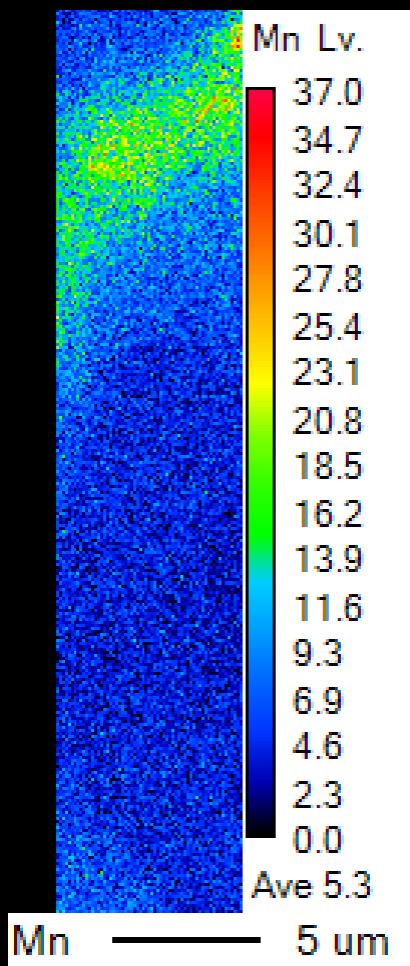
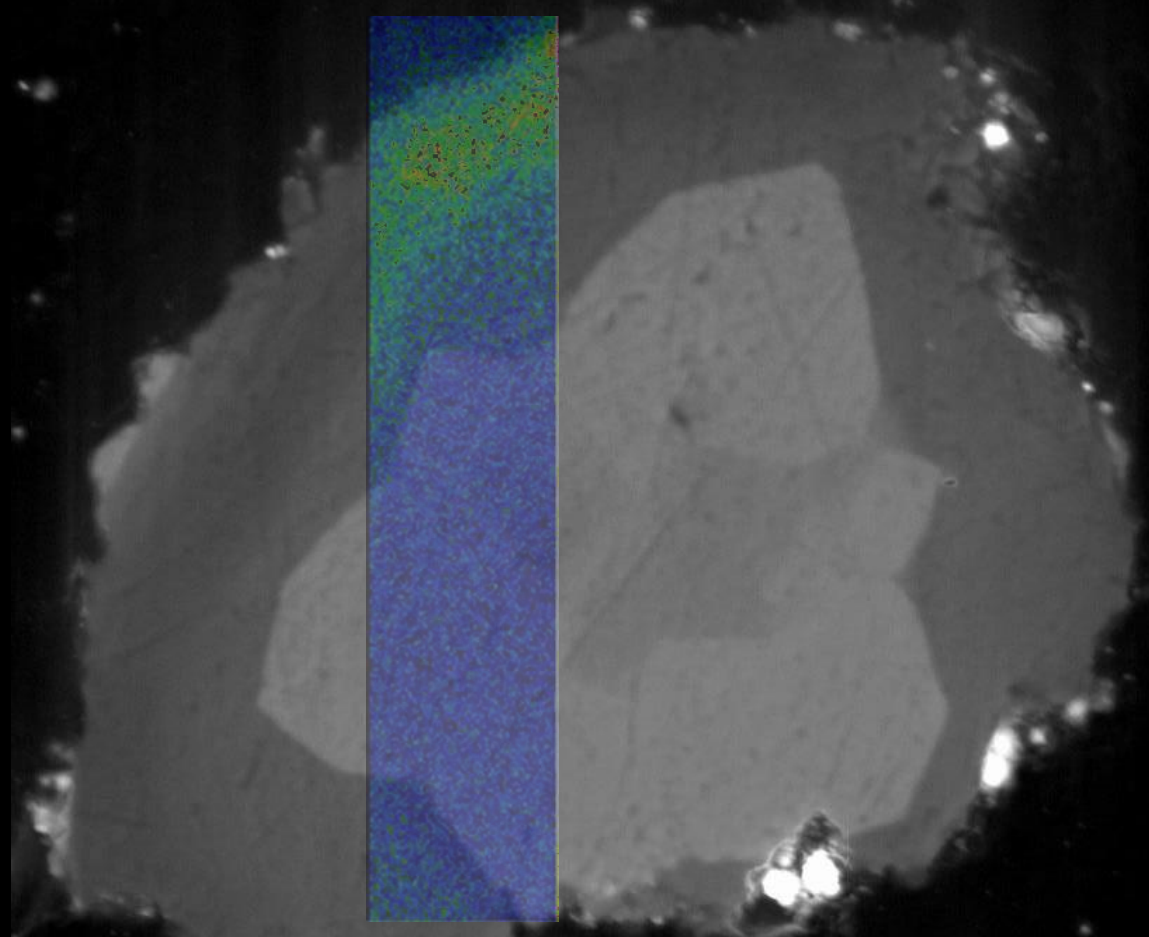


Microsonde électronique

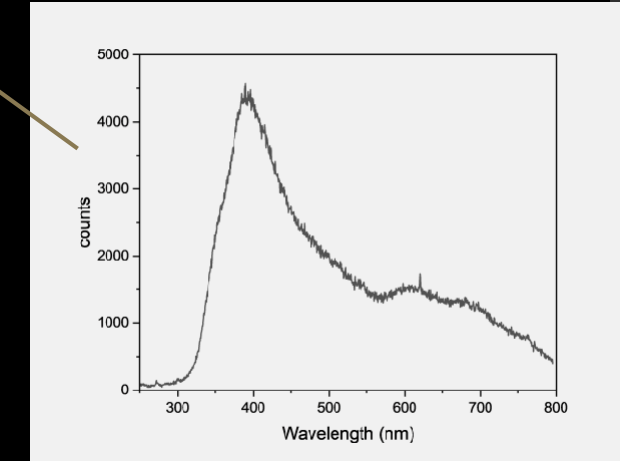
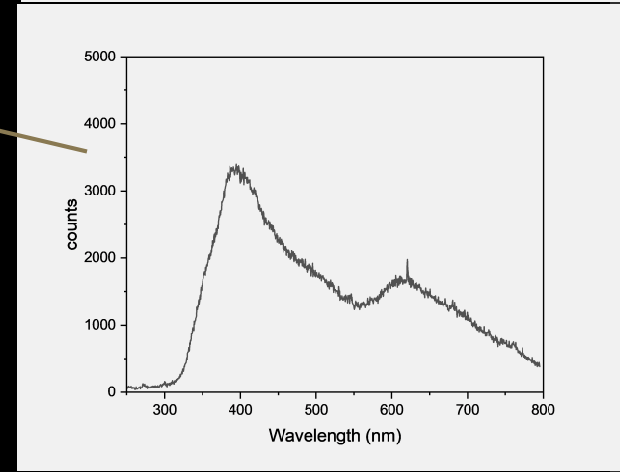
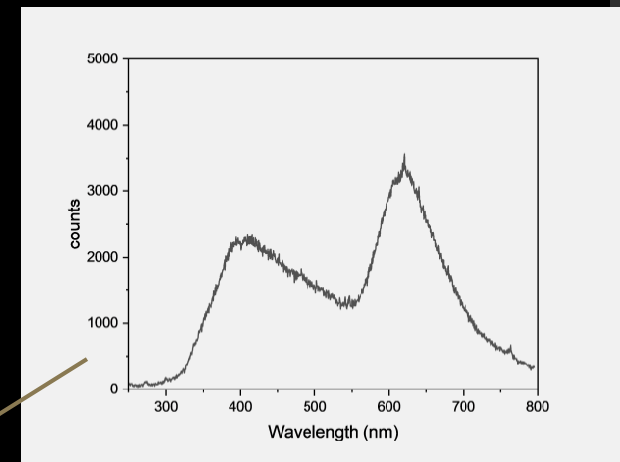
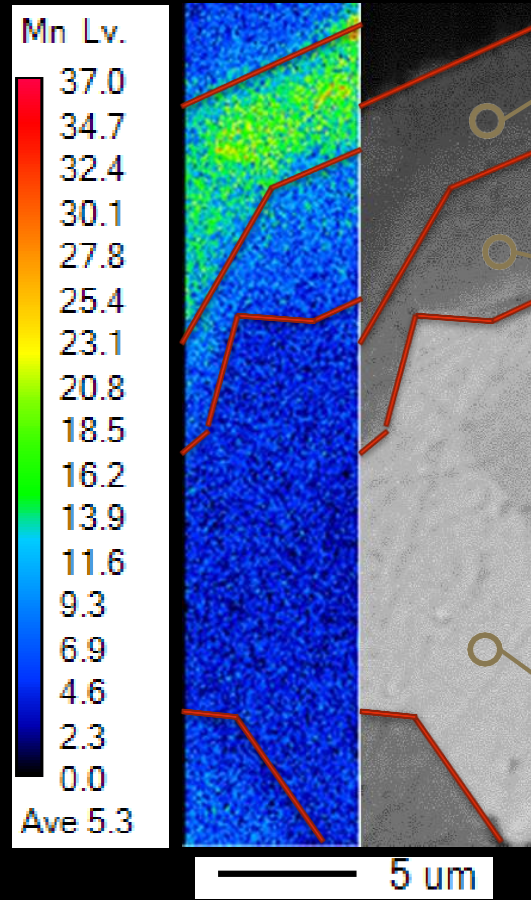
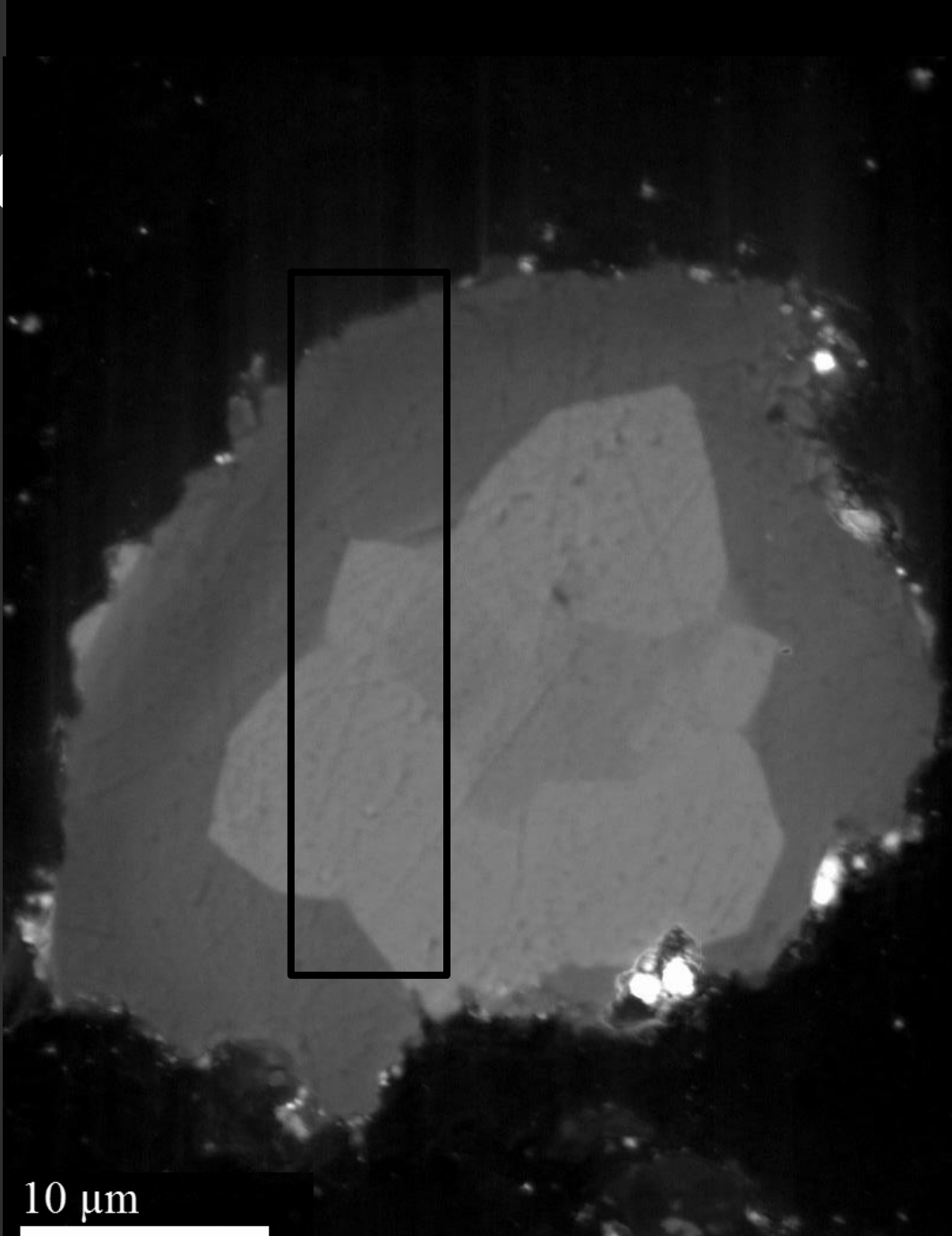


# Analyse spectrale dans chaque

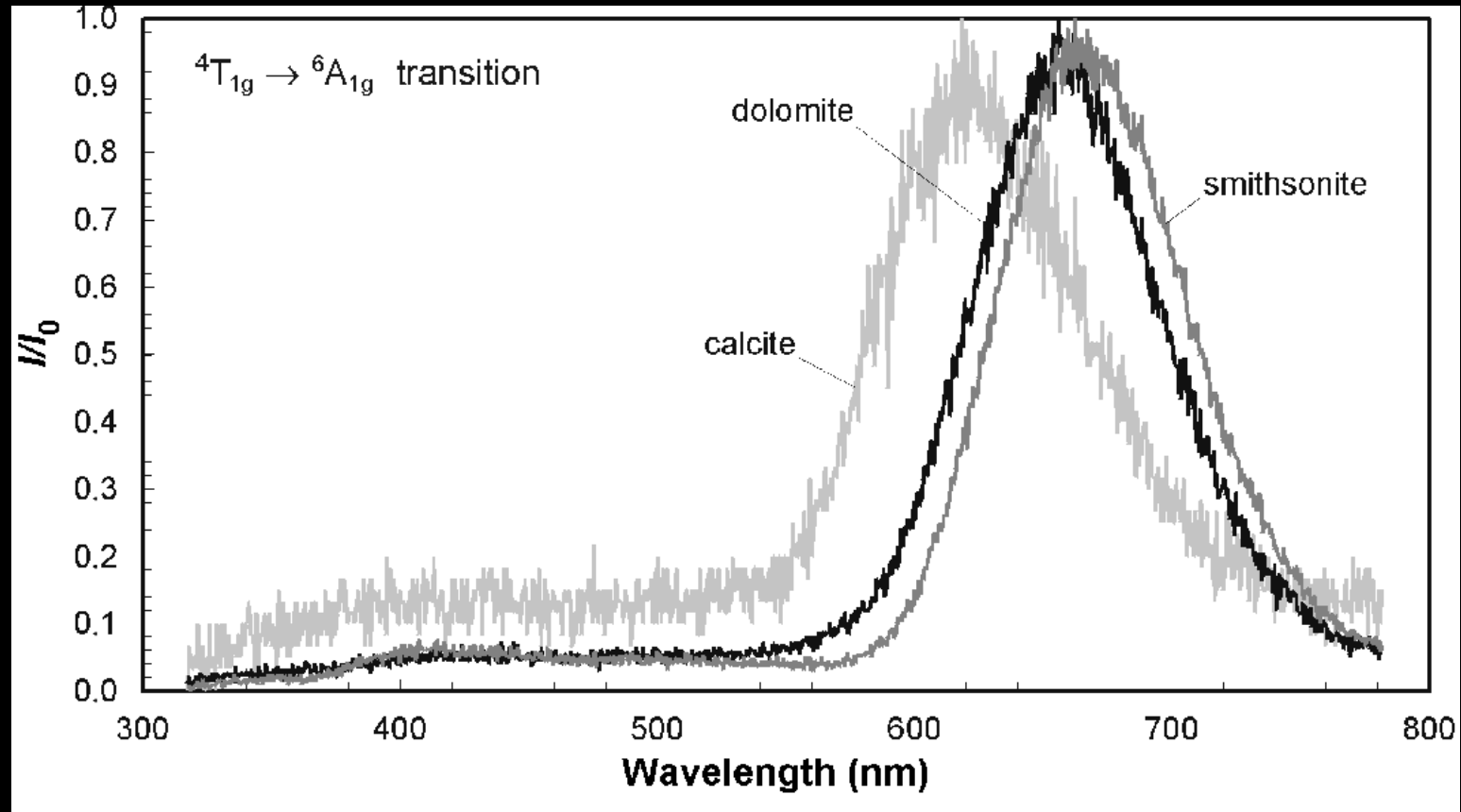




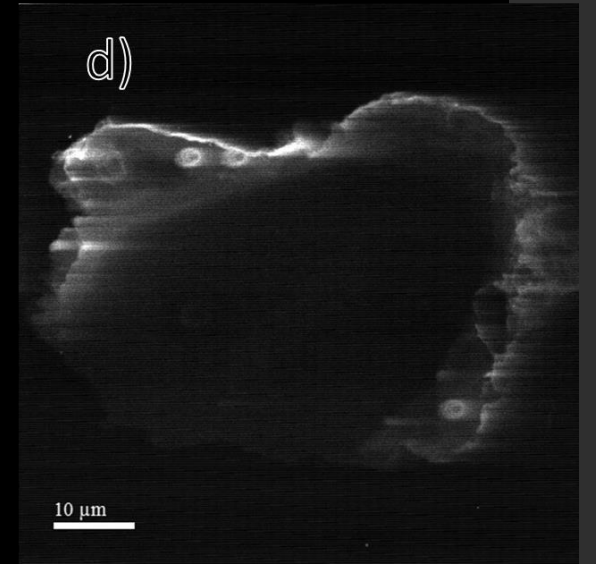
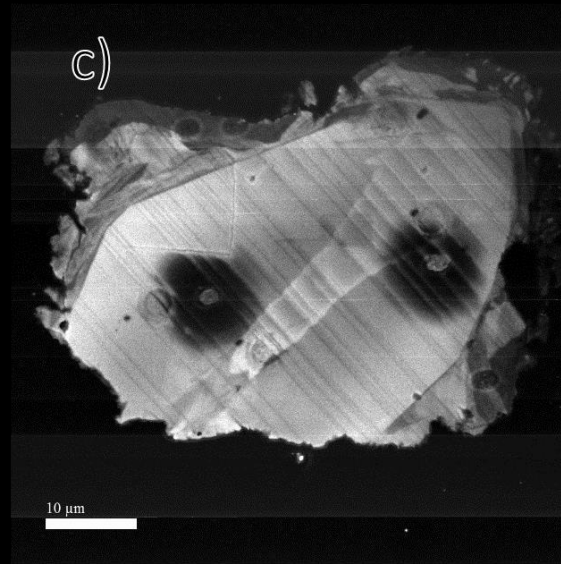
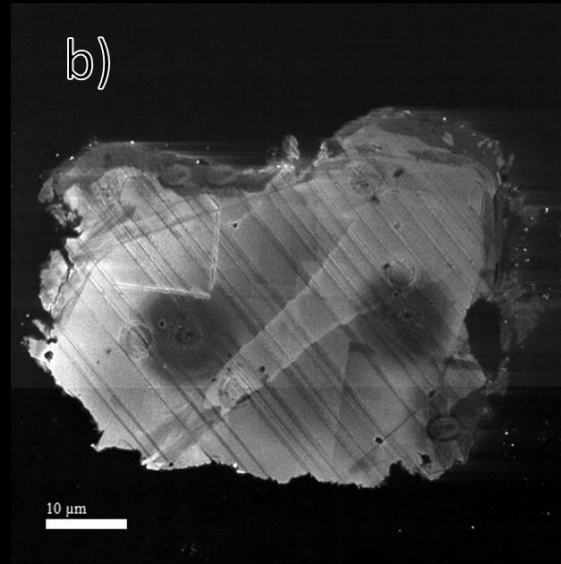
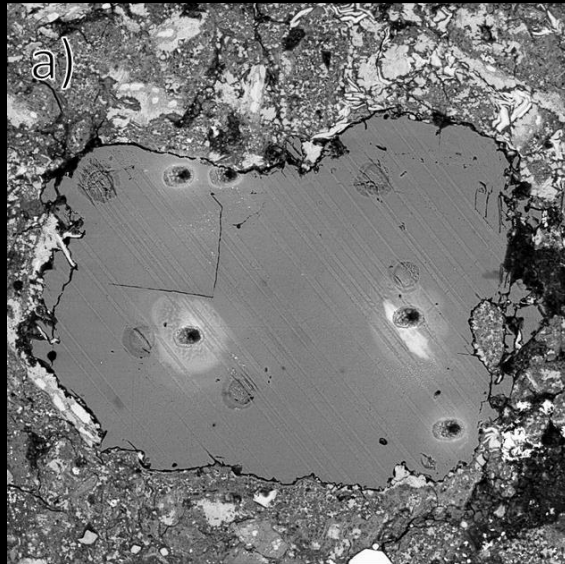
10  $\mu\text{m}$



- La CL permet aussi de distinguer des polymorphes
- La position du pic de Mn à 620 nm correspond au calcite

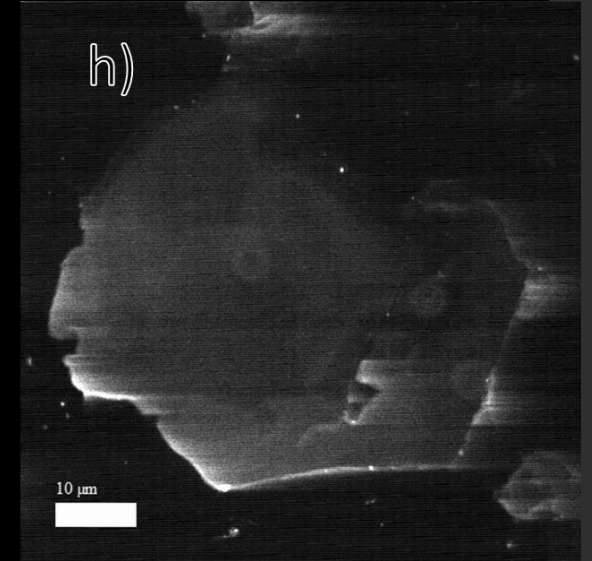
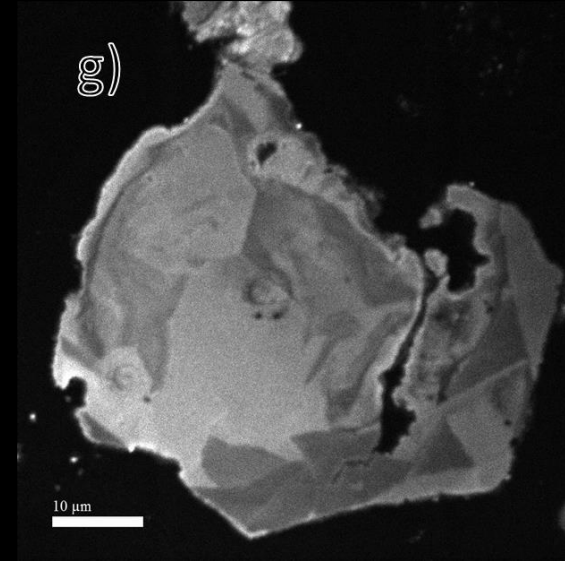
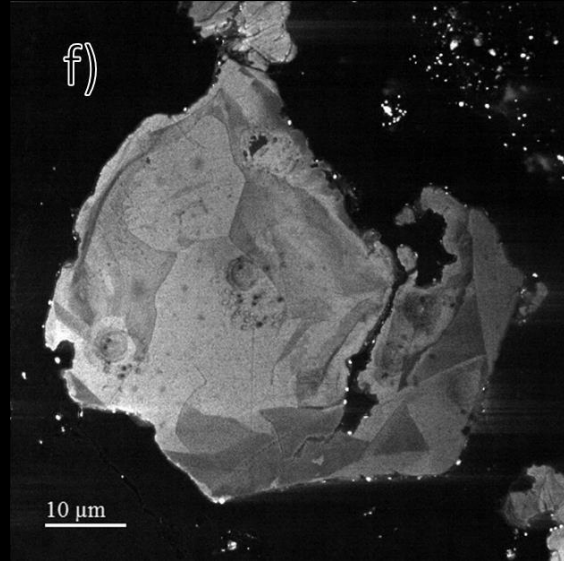
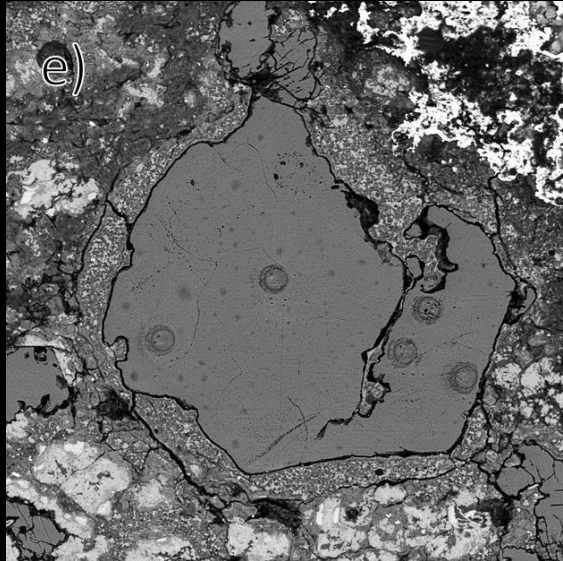


# Images CL avec filtres



- Filtre 400 nm pour une mesure précise de la variation de la structure
- Filtre 620 nm pour une détection rapide du Mn dans les carbonates

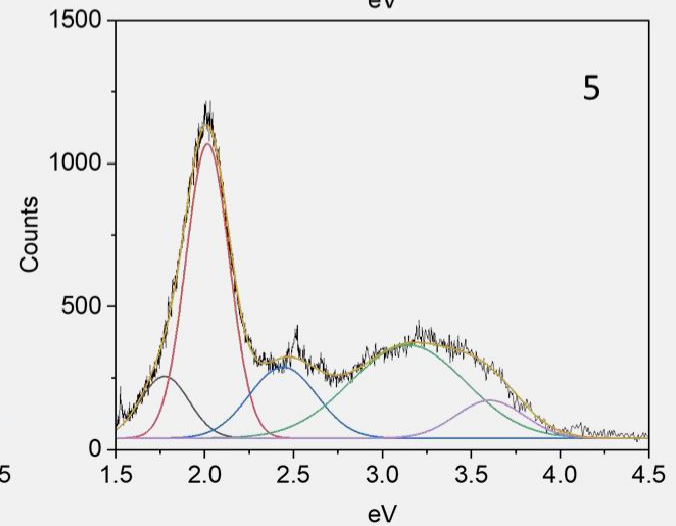
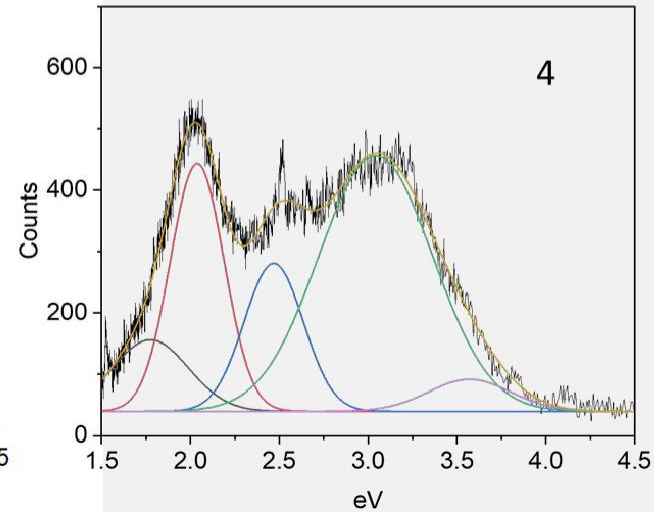
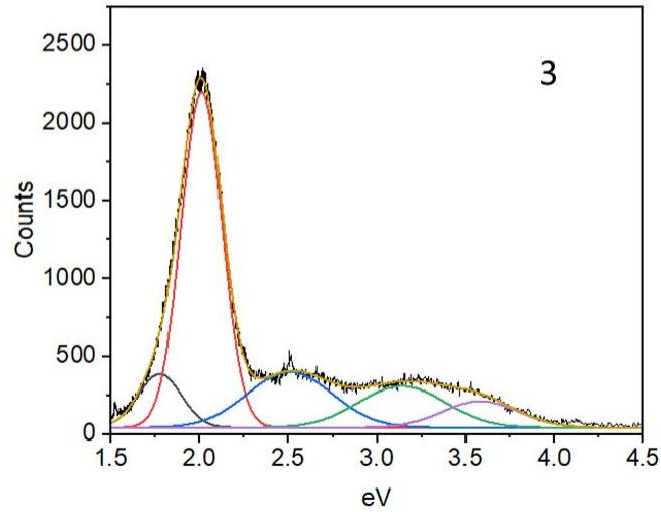
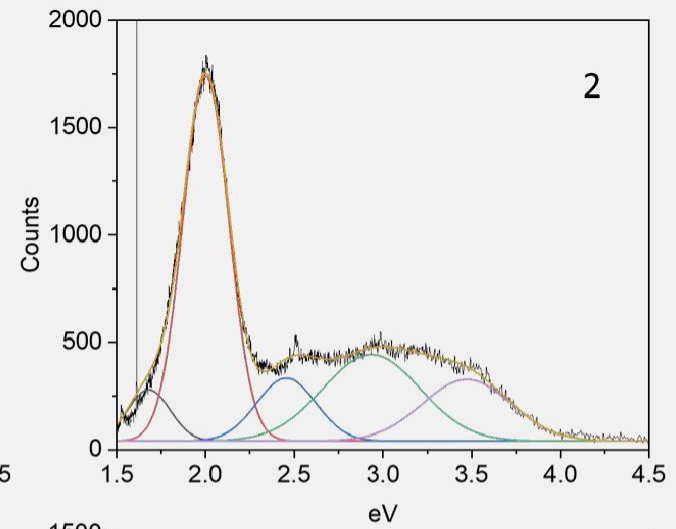
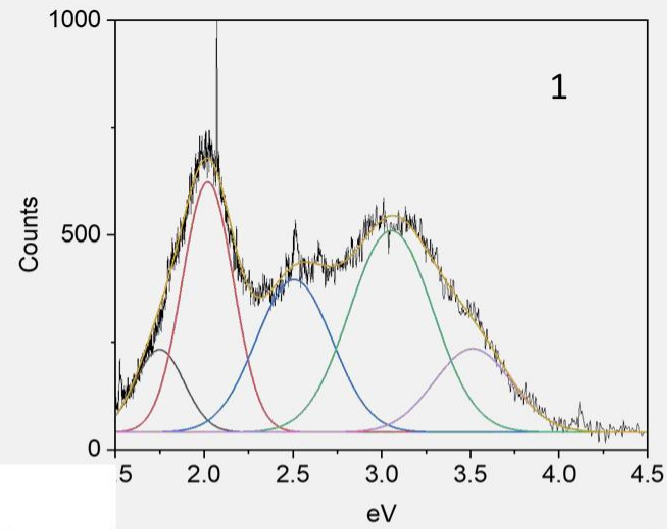
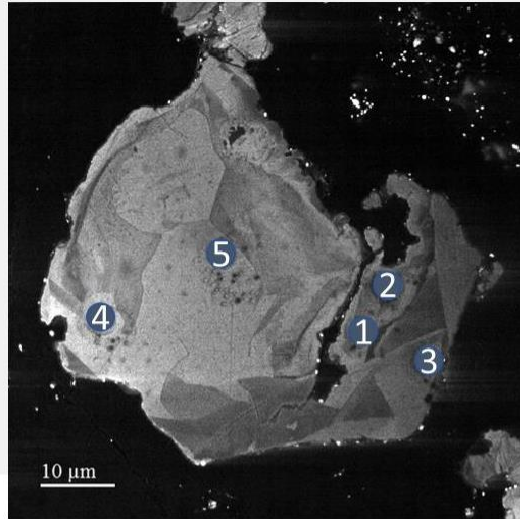
# Images CL avec filtres



- Filtre 400 nm pour une mesure précise de la variation de la structure
- Filtre 620 nm pour une détection rapide du Mn dans les carbonates

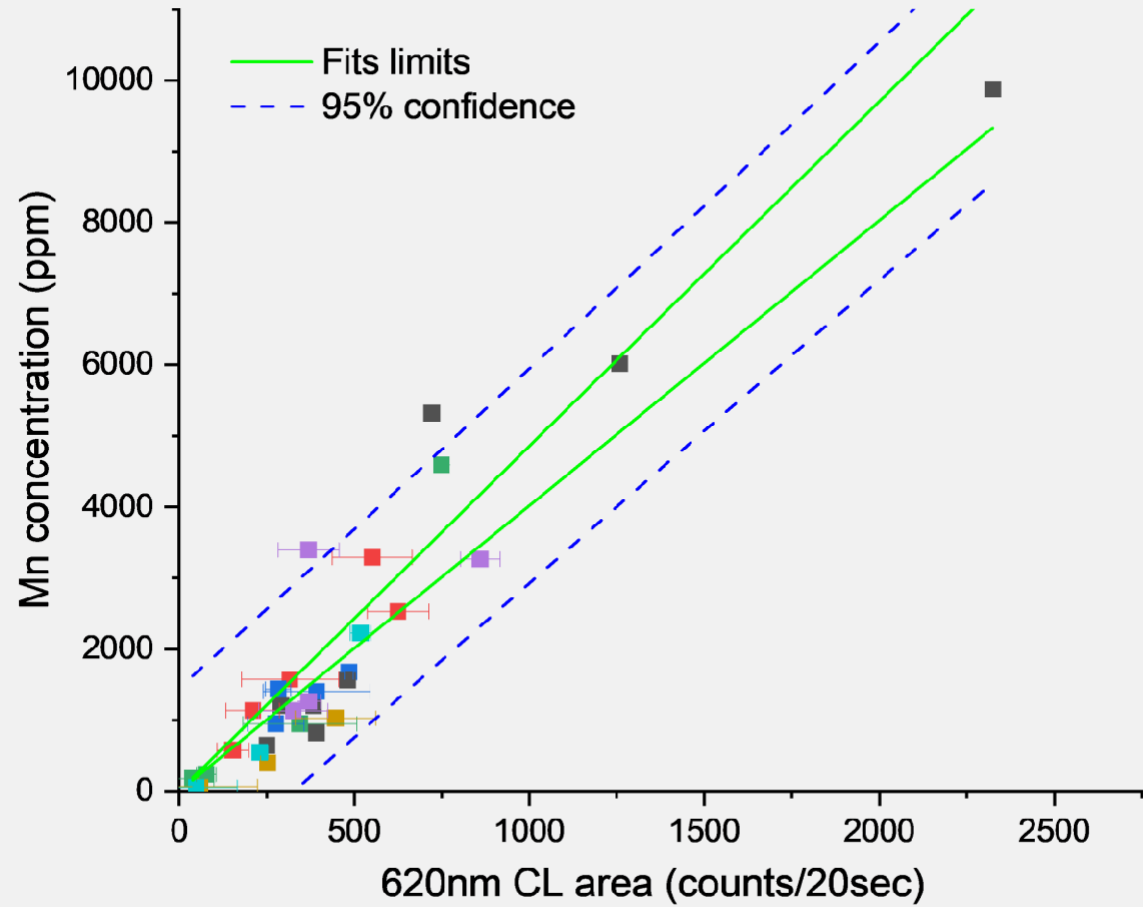
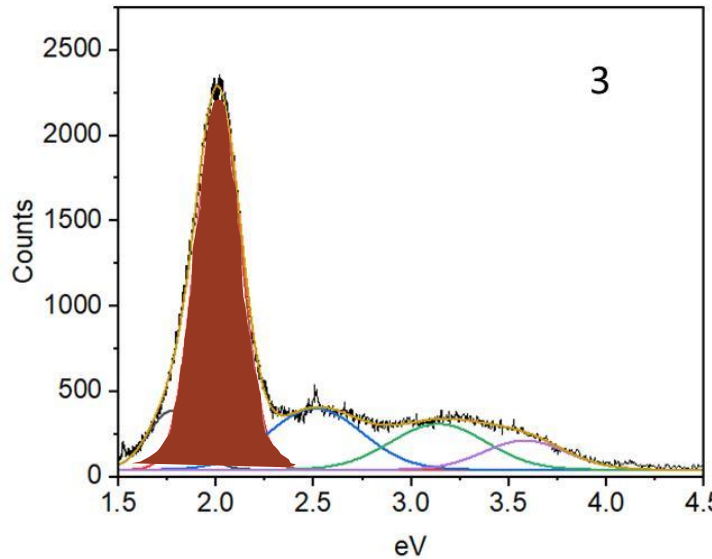
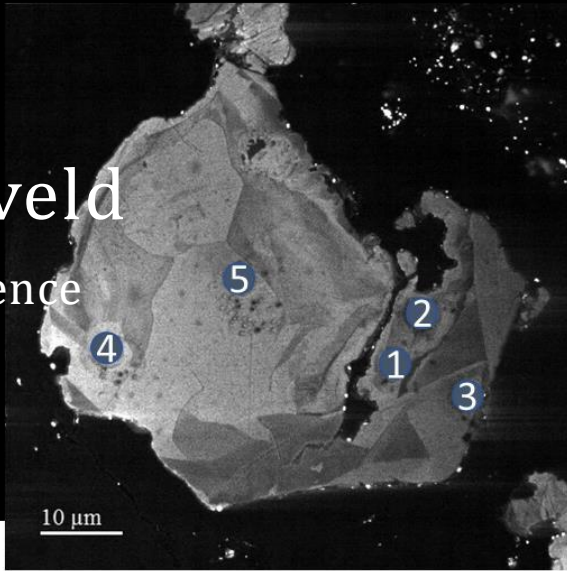
# Cold Bokkeveld

Cathodoluminescence  
fits de spectres



# Cold Bokkeveld

Cathodoluminescence  
Mn concentration  
analysis



# Conclusion

- Variation des objets luminescents dans une météorite
- Analyse de carbonates extraterrestres
  - Diversité des aspects entre les météorites et à l'intérieur d'une même météorite
  - Détermination des contributions du spectre de  $\text{CaCO}_3$ 
    - Importance du Mn
    - Luminescence des défauts intrinsèques
    - Autres composantes à déterminer
  - Développement de nouvelles méthodes d'acquisition
    - Imagerie avec filtres
    - Cartographies millimétriques automatiques
    - Lignes spectrales
  - Quantification du Mn par la CL
    - Comment améliorer sa précision ? Paramètres instrumentaux importants ?
- Préparation de poudres de taille micrométrique

Merci de votre  
attention

[vincent.guigoz@crhea.cnrs.fr](mailto:vincent.guigoz@crhea.cnrs.fr)