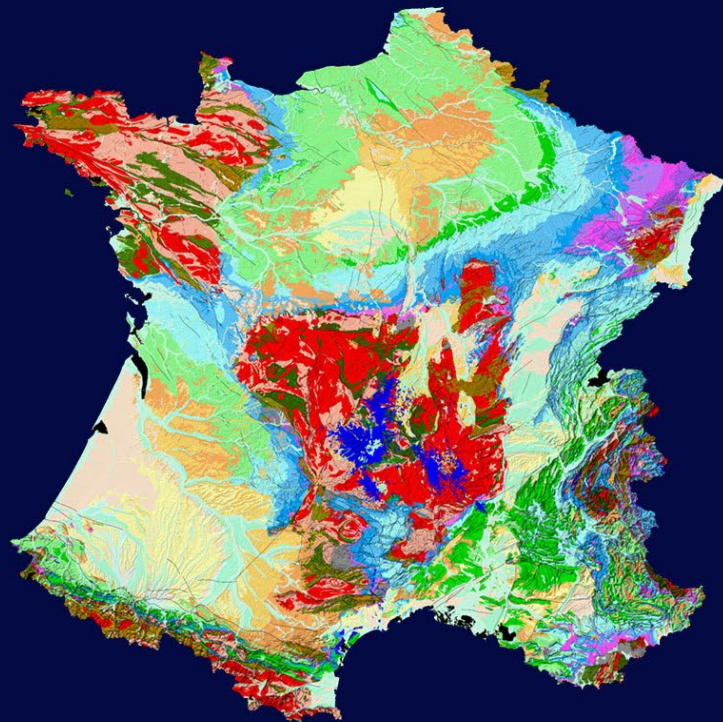
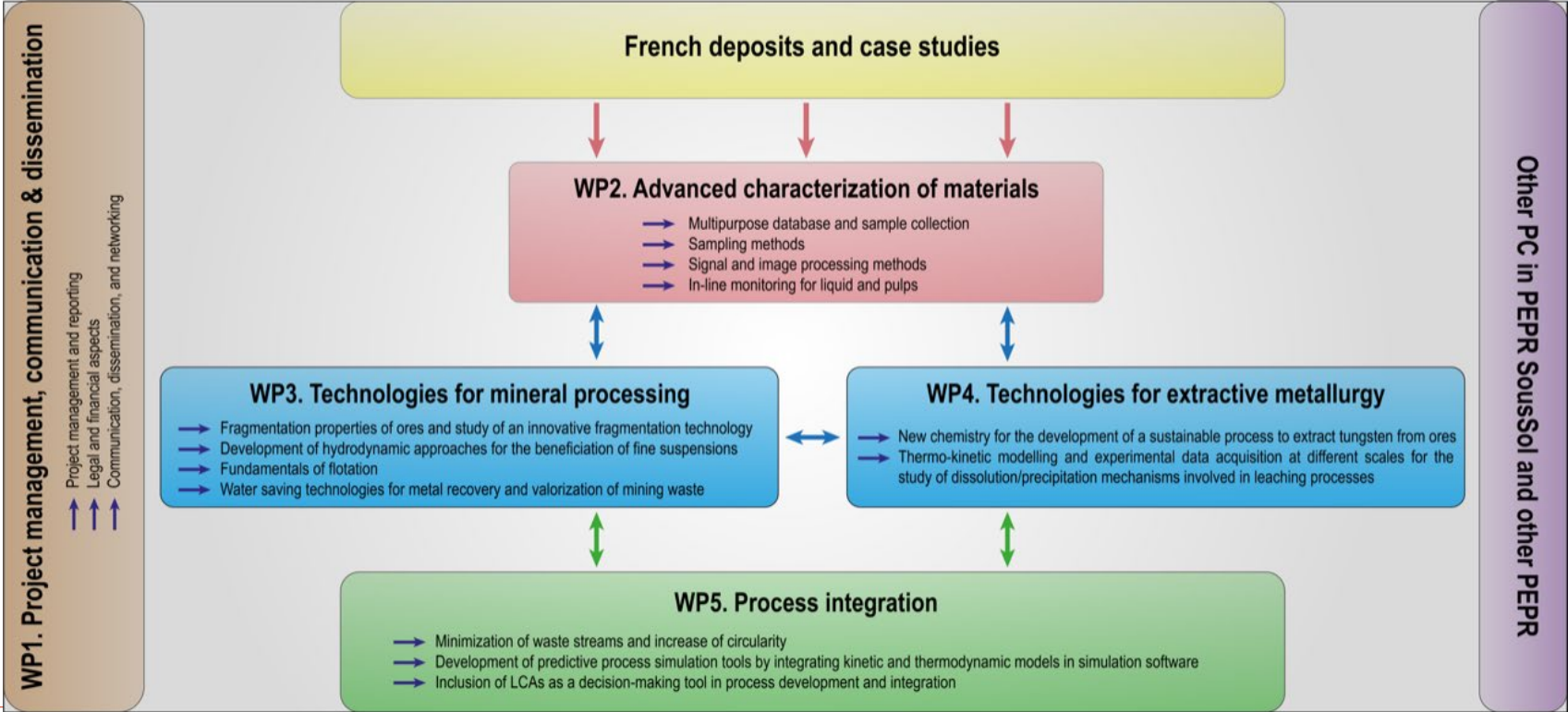


# InnovTech

*Jean Cauzid, Kathy Bru, Yann  
Foucauld, Solène Touzé, Sylvain  
Delchini, El-Hadi Djermoune, Paul  
Bresson, Claire Dommesent*



# InnovTech – schema d'ensemble



## WP2 – caractérisations avancées

Quelle validation pour les procédés des autres WPS ?

Echantillons des autres WPs, des autres PCs, d'autres projets

Développer l'analyse en ligne

Installer les équipements de caractérisation sur les bandes de convoyage et dans les conduites

2.1

**Création d'une Base de données**

Spectres EDS+EDX & Images SEM,  $\mu$ XRF optiques à disposition de la communauté scientifique

2.3

**Calculer l'erreur d'échantillonnage fondamentale**

Sur les données de caractérisation des échantillons en utilisant la théorie Gy

2.2

2.4



## WP2 – Difficultés RH

- T2.1 : 2024 recrutement stage M2 infructueux: pas de candidat ayant des connaissances suffisantes.  
Claire Dommesent, stagiaire M2 en avril 2025 puis IE en septembre 2025 (GeoR).
- T2.3 : Amel Guedjali. Dossier ZRR bloqué de février à juillet 2025. 3 mois de stage au CRAN suivi d'une inscription en doctorat. Travaille sous la supervision de Paul Catala (CRAN), El-Hadi Djermoune (CRAN) et Sylvain Delchini (BRGM)
- T2.4: 2024 changements de porteurs. 2025 équipe stabilisée et recrutement de Téo Avantin pour un début en mars 2026 (CEA)

## T2.1 Objectifs

**Permettre le comptage de points semi-automatisée par XRF et MEB-EDS dans les labos relevant des domaines CNRS Terre et Univers**

1. Avoir une base de données de spectres de référence
  - mesurer de nombreux échantillons
  - sur la base de cartographies
  - mettre les données à disposition
2. Comparer des spectres inconnus à la base de données
  - rédiger les codes informatiques pour procéder à la comparaison
3. Permettre la conversion des spectres de la machine de mesure à la base de données
  - concevoir la méthode de mesure des fonctions de transfert entre dispositifs de mesure
  - rédiger les codes informatiques pour les mettre en œuvre
4. Avoir les échantillons nécessaires pour valider les conversion
  - coupler la base de données à une collection physique d'échantillons disponible au prêt

**Base de données massive indexée ( $\times 10^5$  spectres)  
→ bien d'autres tombées possibles à moyen et long terme**



## T2.1 Etat à l'ouverture du projet

### Des verrous identifiés

1. Avoir une base de données de spectres de référence
  - mesurer de nombreux échantillons
  - sur la base de cartographies → verrou sur le clustering des données d'imagerie
  - mettre les données à disposition → verrou matériel (serveurs)
2. Comparer des spectres inconnus à la base de données
  - rédiger les codes informatiques pour procéder à la comparaison → résoudre le point 3 d'abord !
3. Permettre la conversion des spectres de la machine de mesure à la base de données
  - concevoir la méthode de mesure des fonctions de transfert entre dispositifs de mesure →!
  - rédiger les codes informatiques pour les mettre en œuvre → verrou RH
4. Avoir les échantillons nécessaires pour valider les conversion
  - coupler la base de données à une collection physique d'échantillons disponible au prêt
  - lieu, mètres linéaires, boîtes,...

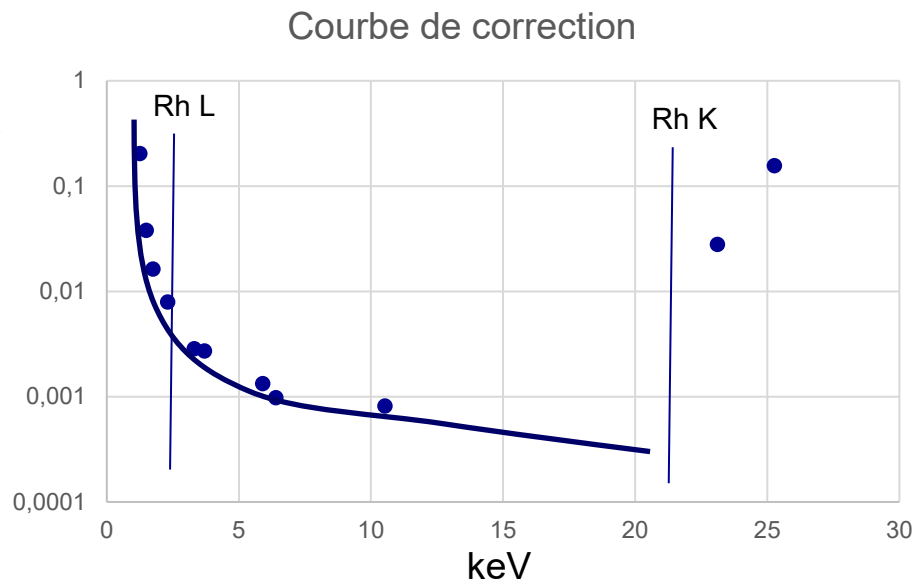
## T2.2 – Résultats 2025

### Verrou « méthode de mesure des fonctions de transfert entre dispositifs de mesure »

#### Stage Axelle Briquanne (prépa des INP)

- Idée testée: « rapprocher le signal spectre EDX d'une mesure quantitative »
- Mesure de nombreux minéraux de composition variable (silicates, sulfures, sulfosels, oxides, carbonates)
- Etablissement d'une relation signal/concentration par raie d'émission K
- Courbe de correction du signal en fonction de l'énergie.

→ Travail encourageant à compléter



## T2.1 Etat septembre 2025

### Stage Claire Dommesent: inventaire des verrous et préparation de la logistique

1. Avoir une base de données de spectres de référence
  - mesurer de nombreux échantillons
  - sur la base de cartographies → verrou sur le clustering mais ressources dans T2.3
  - mettre les données à disposition → verrou matériel mais pas de difficulté technique
2. Comparer des spectres inconnus à la base de données
  - rédiger les codes informatiques pour procéder à la comparaison → résoudre le point 3 d'abord !
3. Permettre la conversion des spectres de la machine de mesure à la base de données
  - concevoir la méthode de mesure des fonctions de transfert entre dispositifs de mesure → !!!
  - rédiger les codes informatiques pour les mettre en œuvre → verrou RH
4. Avoir les échantillons nécessaires pour valider les conversion
  - coupler la base de données à une collection physique d'échantillons disponible au prêt
  - inséré dans le projet de collection à l'échelle OSU

## T2.1 Etat septembre 2025

### Verrou non initialement identifié

1. Préparer pour la caractérisation les échantillons en poudre issus du WP3

- échantillons en résine
- des minéraux de densité très contrastée
- éviter la sédimentation pendant la prise
- éviter la formation de bulles pendant la prise

→ mission de formation à prévoir à Liège





## T2.1 Etat janvier 2026

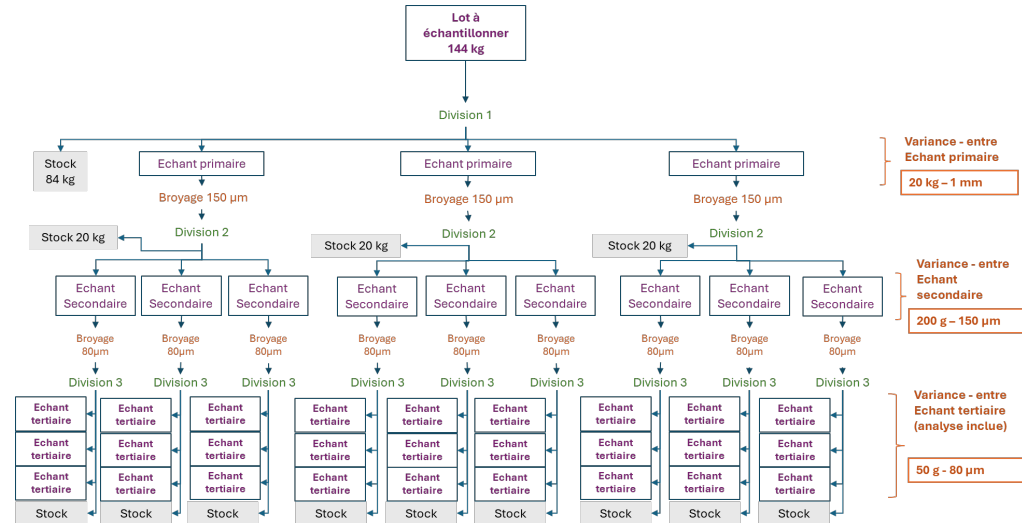
1. Prêt à la création des premiers jeux de données (2 pour la réunion scientifique d'InnovTech en mars), avec un nombre limité de spectre de référence (verrou clustering)
2. Prêt à la réception des 10-20 premiers échantillons avant l'été pour le démarrage des acquisitions de cartographie
3. Travail sur le clustering à démarrer mais « souci » RH à résoudre au sein de la plateforme

## T2.2 – Résultats 2025

- Tache 2.2 - Calculer l'erreur d'échantillonnage → approche empirique

Multiplication des analyses et traitement statistiques

- Etude d'un arbre de préparation de la matière, ici poudre. Fait sur un minerai d'or de Guyane et un déchet minier de traitement
- Analyses chimiques & minéralogique
- Calcul de variances / écart-type
- Validation de l'arbre *ou pas* selon le degré d'exigence sur l'incertitude



## T2.2 – Résultats 2025

- Tache 2.2 - Calculer l'erreur d'échantillonnage → approche empirique

### Multiplication des analyses et traitement statistiques

- Etude d'un arbre de préparation de la matière, ici poudre. Fait sur un minerai d'or de Guyane et un déchet minier de traitement
- Analyses chimiques & minéralogique
- Calcul de variances / écart-type
- Validation de l'arbre *ou pas* selon le degré d'exigence sur l'incertitude

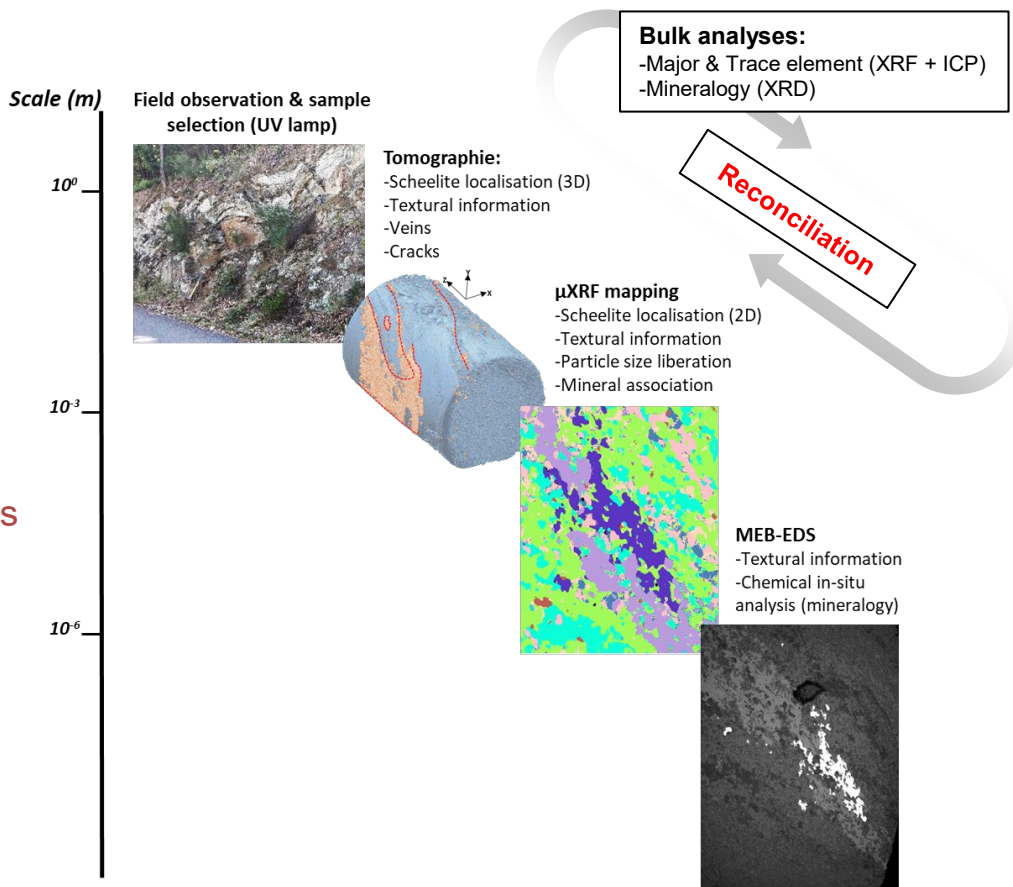
Etape de préparation	Granulométrie	Masse du lot initial	Masse de l'échantillon	Ecart-type	Ecart-type relatif
	µm	kg	kg	mg/kg	%
Primaire	1000	144	20	4	5.8
Secondaire	150	20	0,2	2.4	3.4
Tertiaire	80	0,2	0,05	7.9	11.4
Total				9.2	13.2

## T2.2 – Résultats 2025

- Tache 2.2 - Calculer l'erreur d'échantillonnage → approche multi-échelle

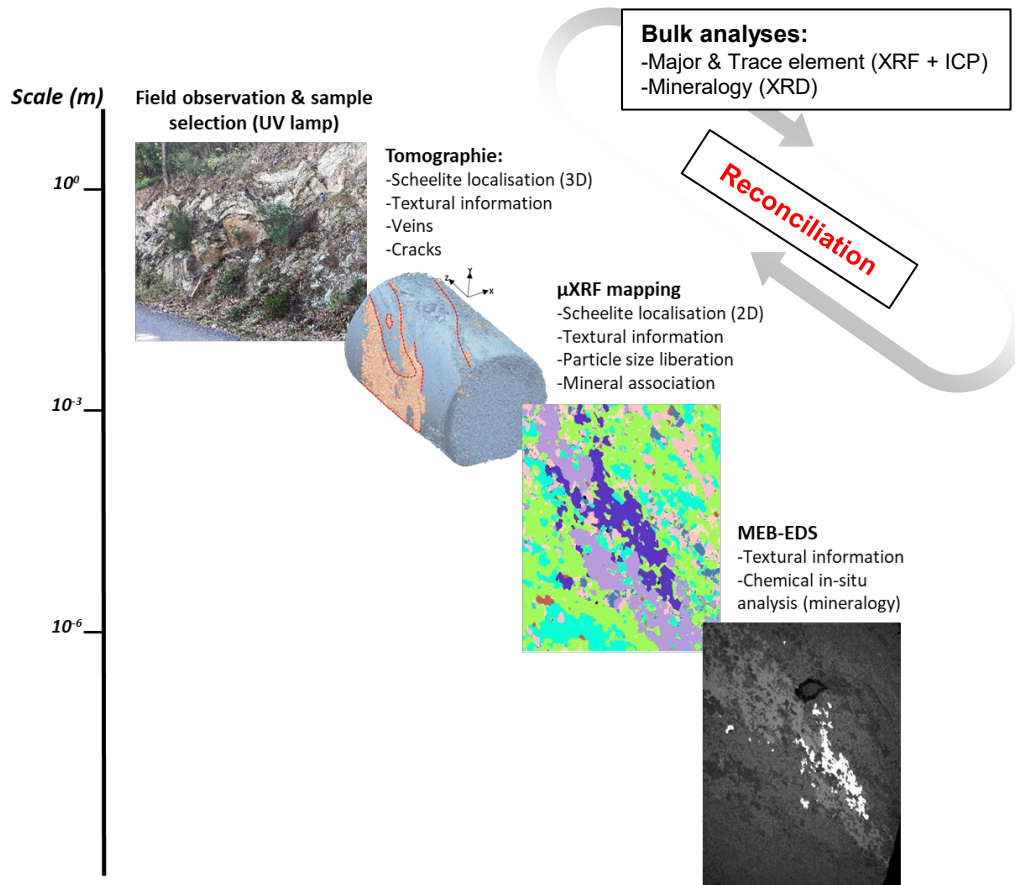
### Objectifs

1. Fournir des données analytiques à différentes échelles pour estimer les erreurs d'échantillonnage
2. Réconcilier les données acquises par des approches cartographiques avec les analyses roches totales



## T2.2 – Résultats 2025

- **Tache 2.2 - Calculer l'erreur d'échantillonnage → approche multi-échelle**
- **Données nécessaires**
  - Densités des constituants
  - Granulométries des constituants
  - Formes des constituants
  - Compositions
- **Acquisition en cours sur un minerai de tungstène :**
  - Gisement de la Fumade
  - Minerai = scheelite ( $\text{CaWO}_4$ )
- **Approche utilisée : caractérisation multi-échelle**
  - Tomographie → carotte
  - $\mu\text{XRF}$ , MEB → talon poli / lame
  - Chimie/Minéralogie → poudre

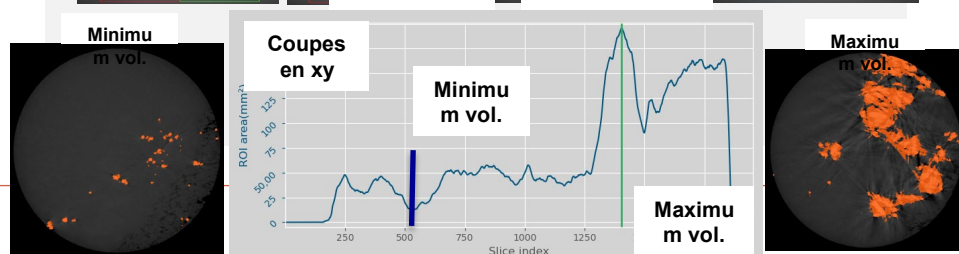
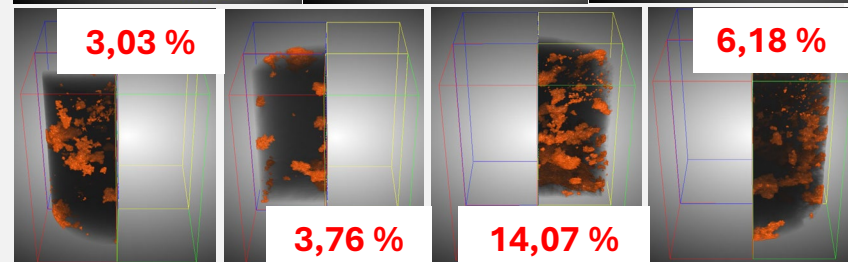
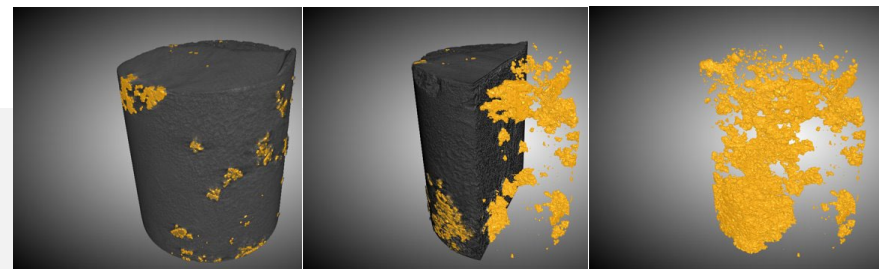


## T2.2 – Résultats 2025

- Tache 2.2 - Calculer l'erreur d'échantillonnage → approche multi-échelle

### Résultats préliminaires :

- Analyse tomographique d'une éprouvette : Fumade 1. Identification scheelite : **6,68 % vol. échantillon**
- ¼ éprouvettes montrent une **hétérogénéité** de répartition de la scheelite à l'échelle de l'éprouvette
- Permet de définir les coupes des lames minces pour conserver le volume de scheelite à 6.68 % :





## Conclusions InnovTech

1. T2.1 et 2.2 lancées
2. T2.3 et 2.4 stabilisées en ce qui concerne les RH
3. Premiers résultats encourageants, en ligne avec les prévisions

Une problématique imprévue à l'échelle d'InnovTech a été identifiée à propos des données:

Echantillon E1 envoyé par le partenaire P1 à P2 et P3 a produit les données D1 chez P1, D2 chez P2 via un sous échantillon E1.2 et D3 chez P3 via un sous-échantillon E1.3. Toutes les données et métadonnées produite à chaque étape sont sur des dossiers de partage accessibles.

Sans nommage et enregistrement standardisé, les données sont accessibles mais pas exploitables



# Problématique commune à l'ensemble d'InnovTech

## Comment faire pour que les données soient exploitables par tous ?

Contact avec RéGEF et l'OSU OTELo pour prendre connaissance du travail mené à l'échelle CNRS Terre & Univers → C. Scheffer (IR OTELo gestionnaire de RéGEF) et P.-Y. Arnould (IR OTELo responsable numérique, gestionnaire de ORDaR)

Possibilité de bénéficier de leur travail sur la dénomination des préparations, types de roches, nommage avec héritage lors de la préparation de sous-échantillons,...

Nécessité d'adapter car ce travail n'inclut pas notre recherche focalisée sur l'effet des méthodes de préparation ou de traitement sur un échantillon. Préparations et nommage qui en découlent ne sont pas modifiables dans leur travail.

Travail assez lourd et pas de main d'œuvre disponible à l'échelle du projet pour s'en occuper