

ARTGOLD^{MD}

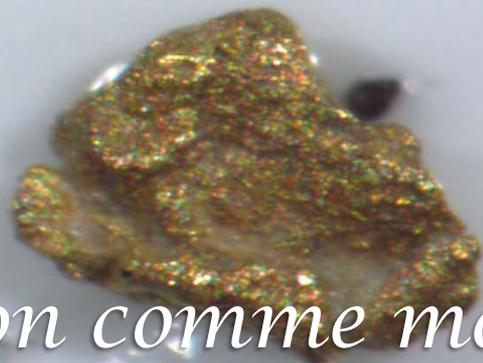
Une nouvelle méthode de
concentration pour l'analyse
de l'or

102x
250 µm



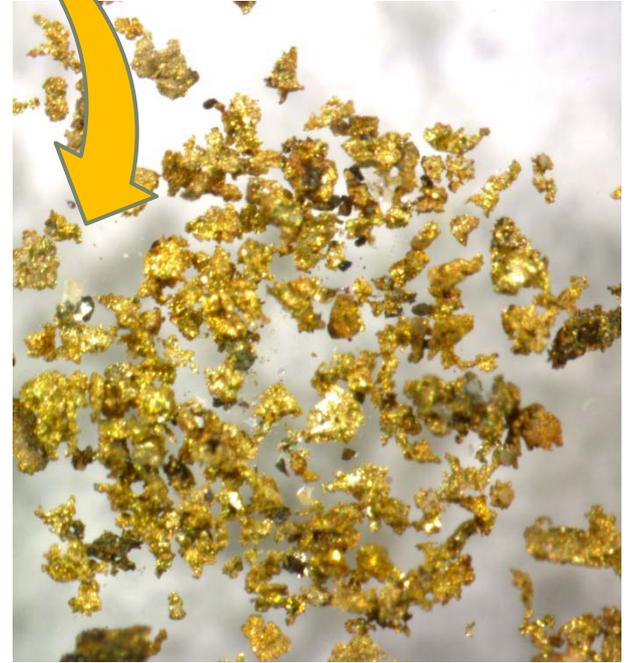
L'innovation comme motivation

Parce que la récupération, le comptage et la caractérisation des grains d'or dispersés dans les sédiments demeure la méthode la plus efficace pour l'exploration hors des camps miniers...



L'innovation comme motivation

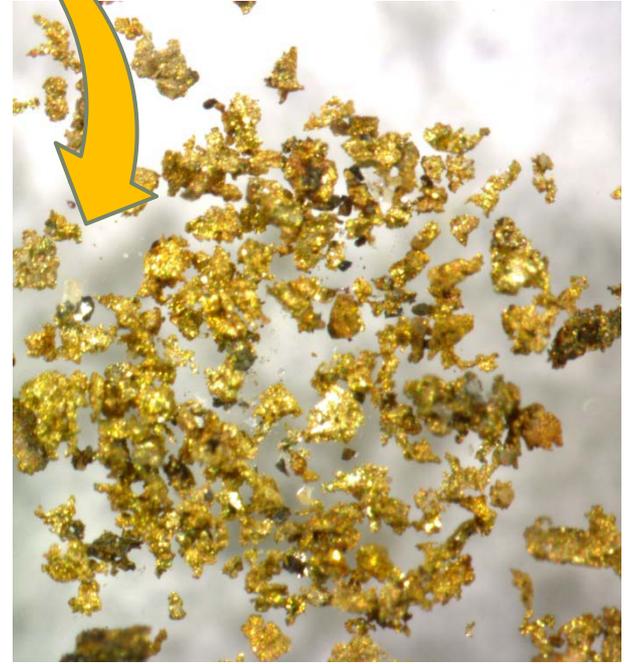
Développée il y a quarante et un ans...



IOS

L'innovation comme motivation

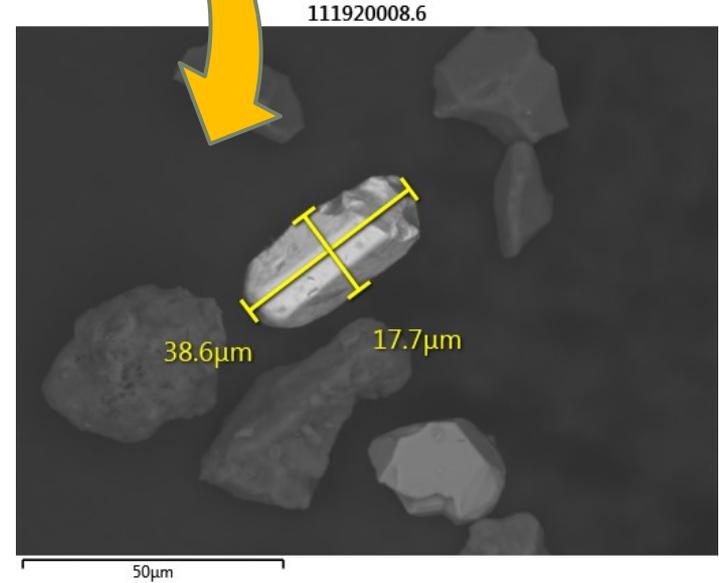
Paufinée pendant quarante ans...



IOS

L'innovation comme motivation

Et un an plus tard... **ARTGold^{MD}**



IOS

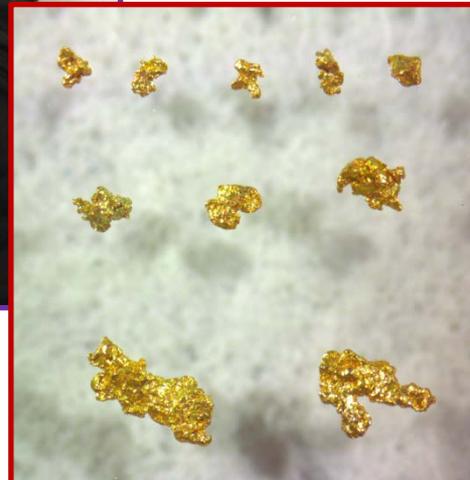
L'innovation comme motivation

Pourquoi devrait-on changer?

Réponses:

- **Pour améliorer la fiabilité**
- **Pour améliorer l'efficacité**
- **Pour améliorer la signifiante de l'information extraite**

Méthode conventionnelle...

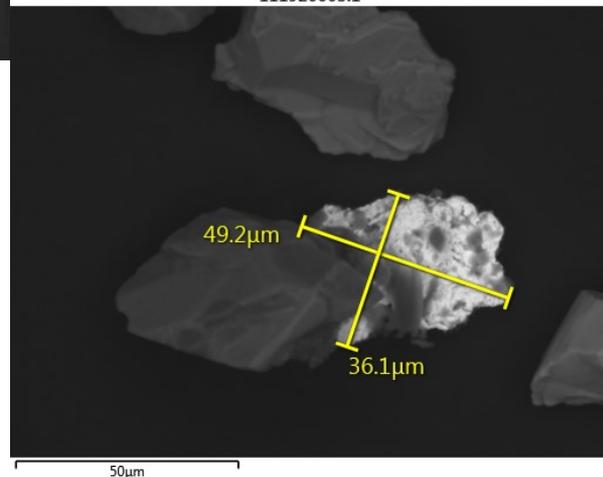


IOS

ARTGold^{MD}



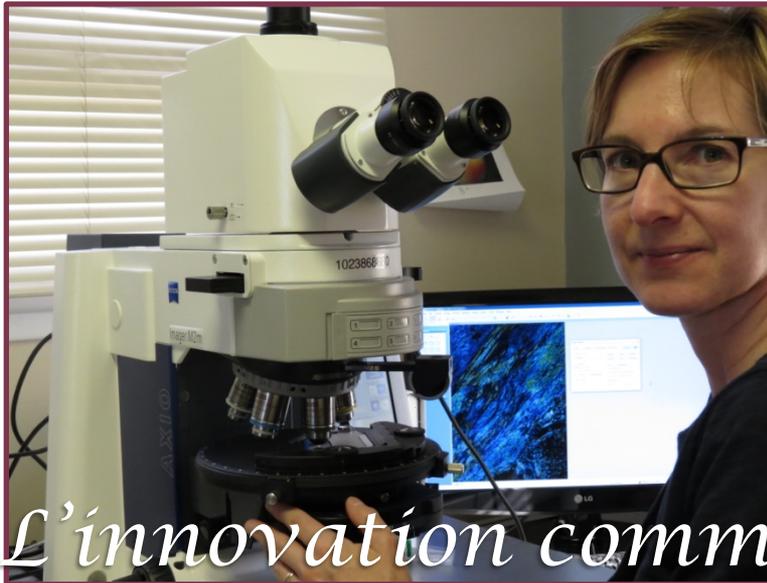
111920003.1



IOS

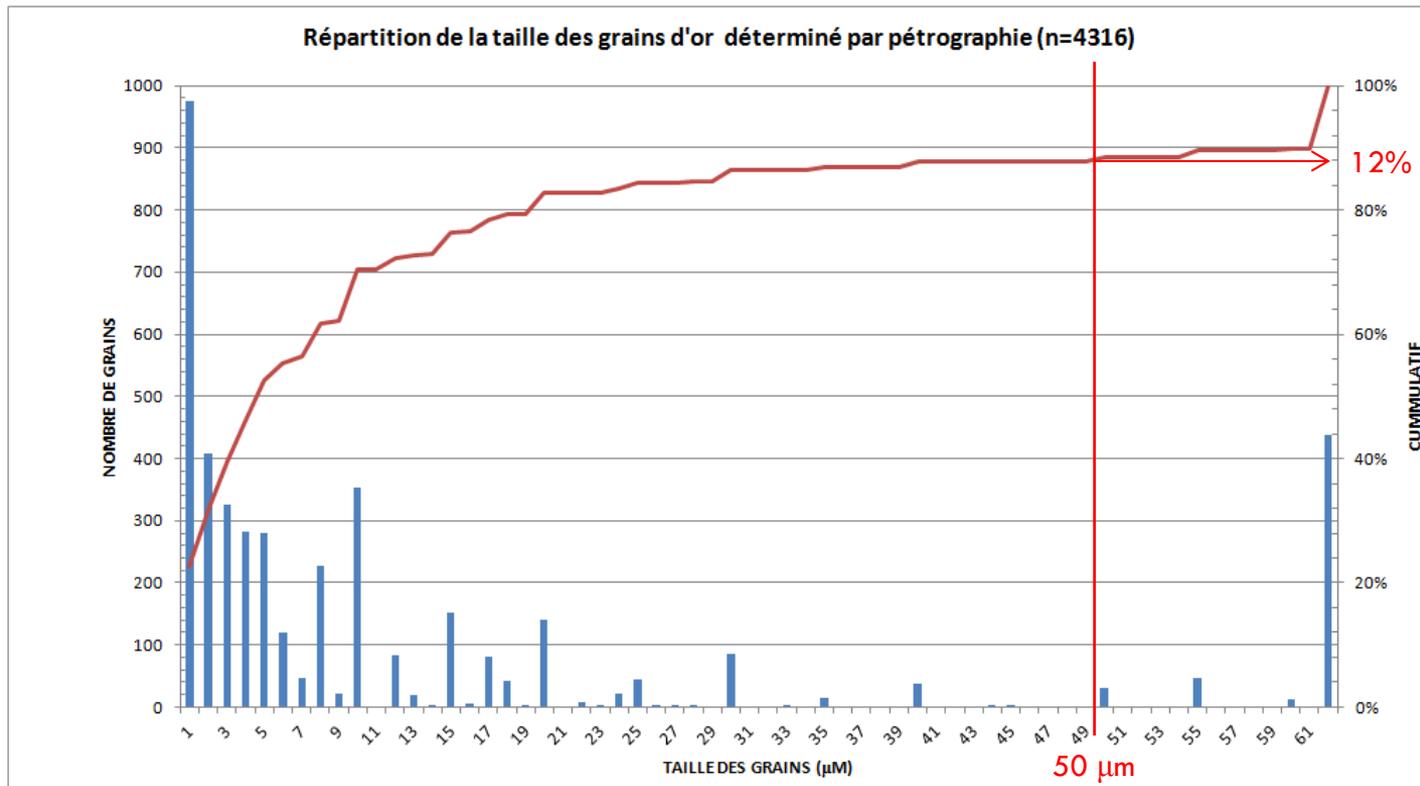
Granulométrie naturelle de l'or orogénique dans le Supérieur

- **Compilation de toutes nos études pétrographiques faites sur les gîtes de l'Abitibi**



L'innovation comme motivation

La taille moyenne des grains est très fine!

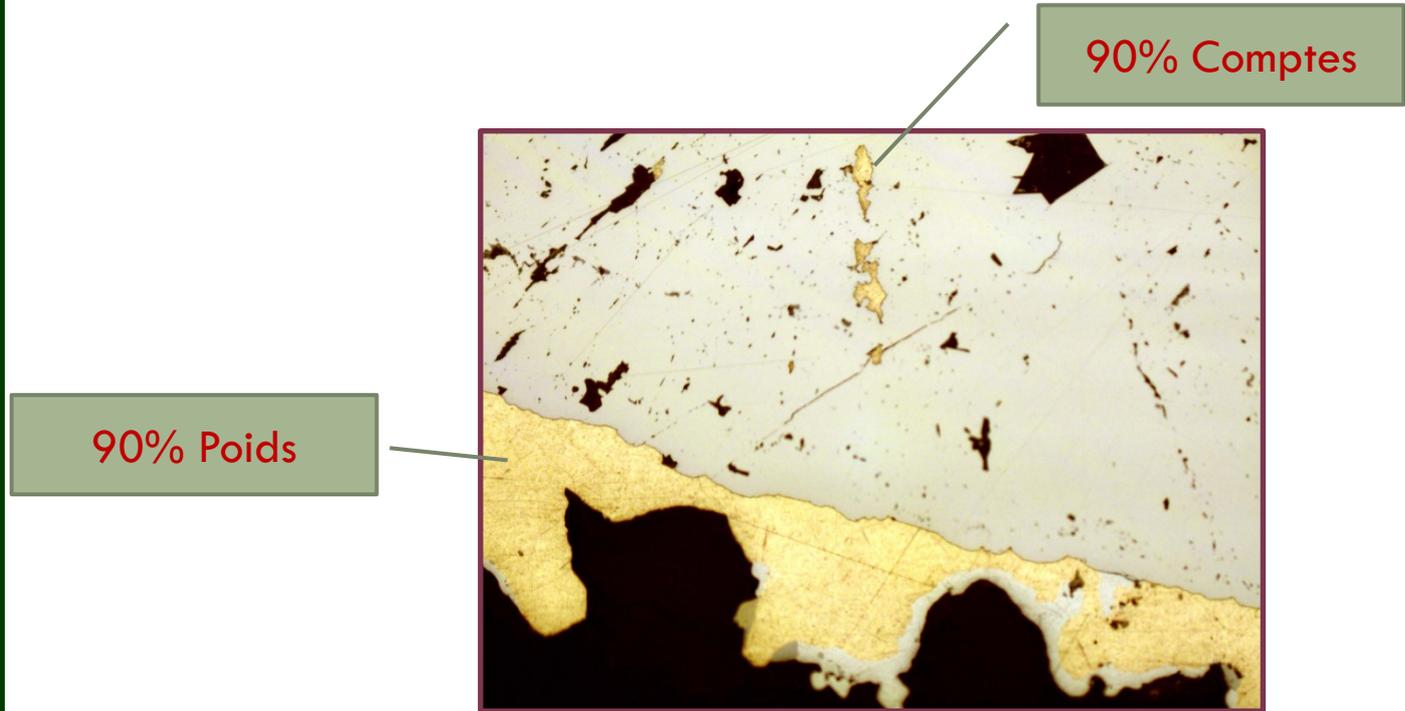


IOS

L'innovation comme motivation

90% de l'or est dans les grains $> 50 \mu\text{m}$

90% des grains d'or sont $< 50 \mu\text{m}$

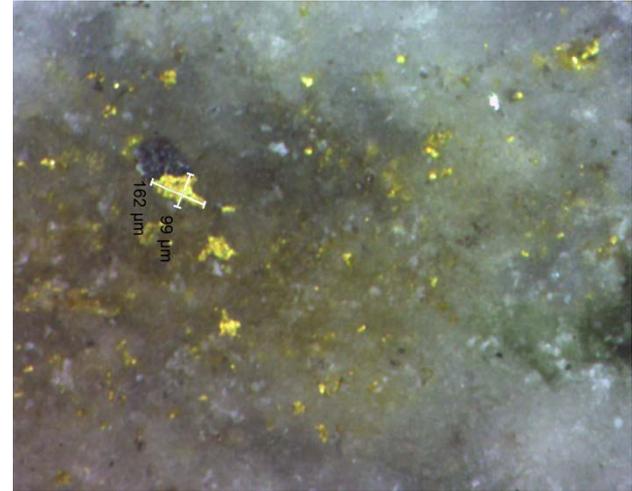
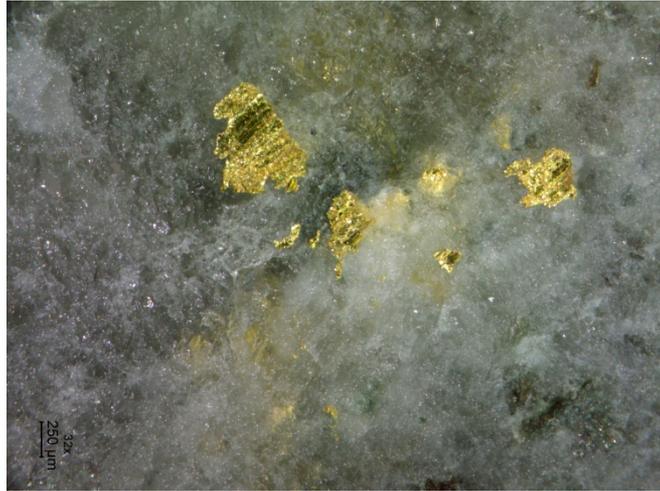


IOS

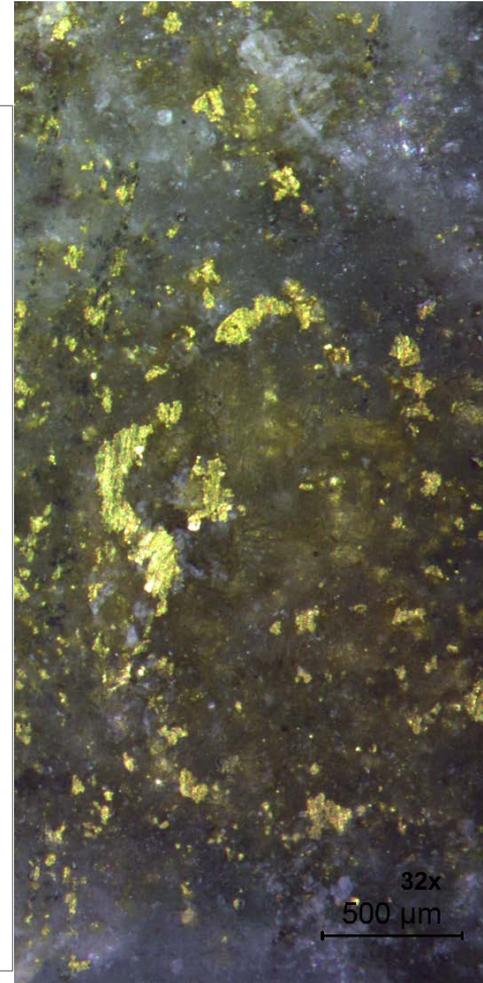
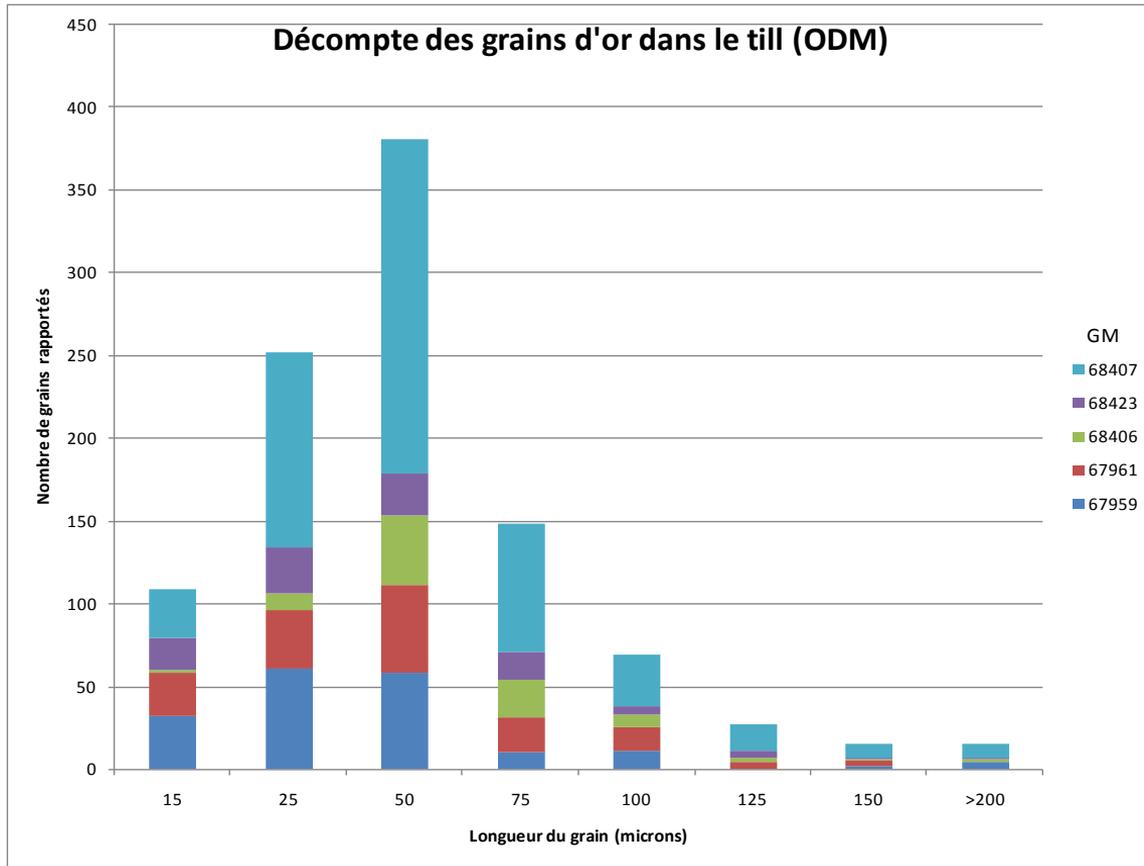
L'innovation comme motivation

OR : Dominance des petits grains

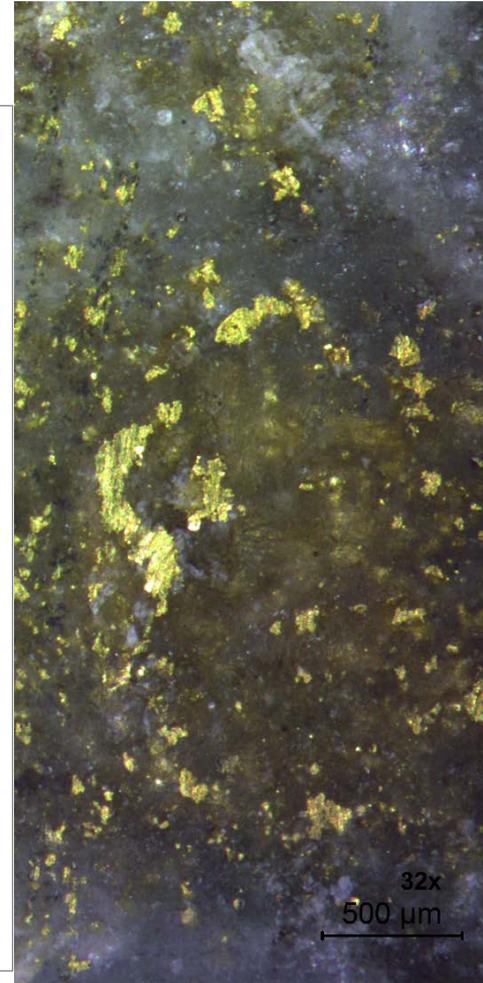
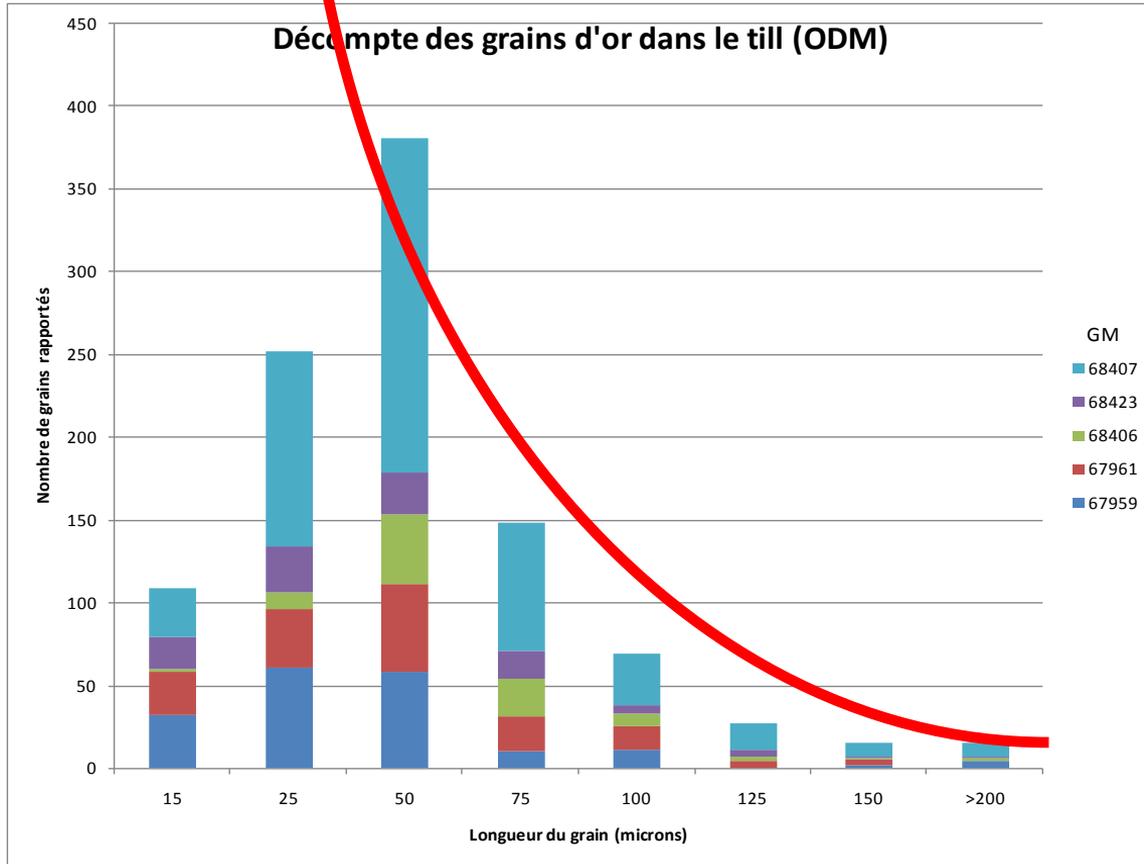
Ex: Carottes de Cheechoo



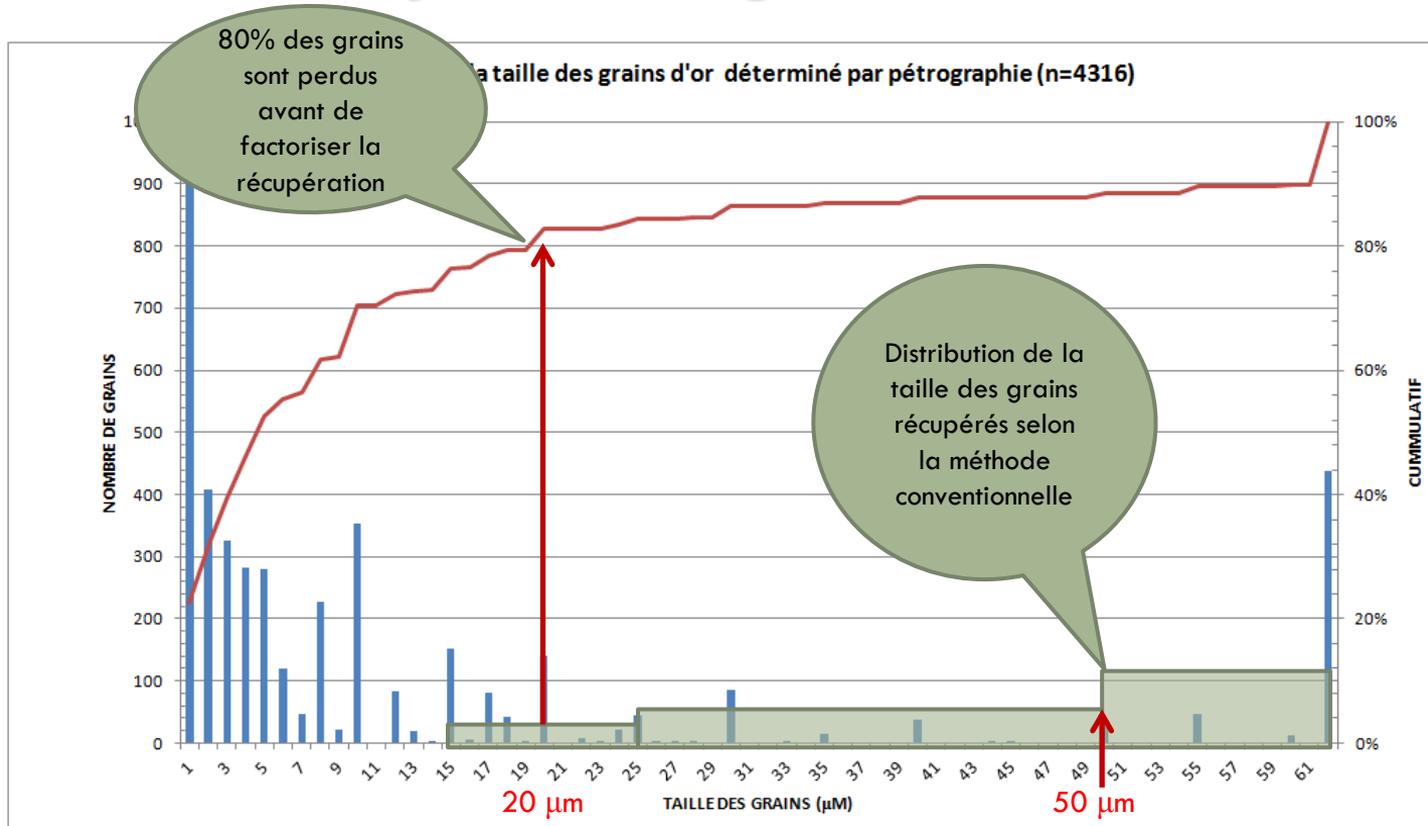
EFFONDREMENT DE LA RÉCUPÉRATION À MOINS DE 50 MICRONS



EFFONDREMENT DE LA RÉCUPÉRATION À MOINS DE 50 MICRONS



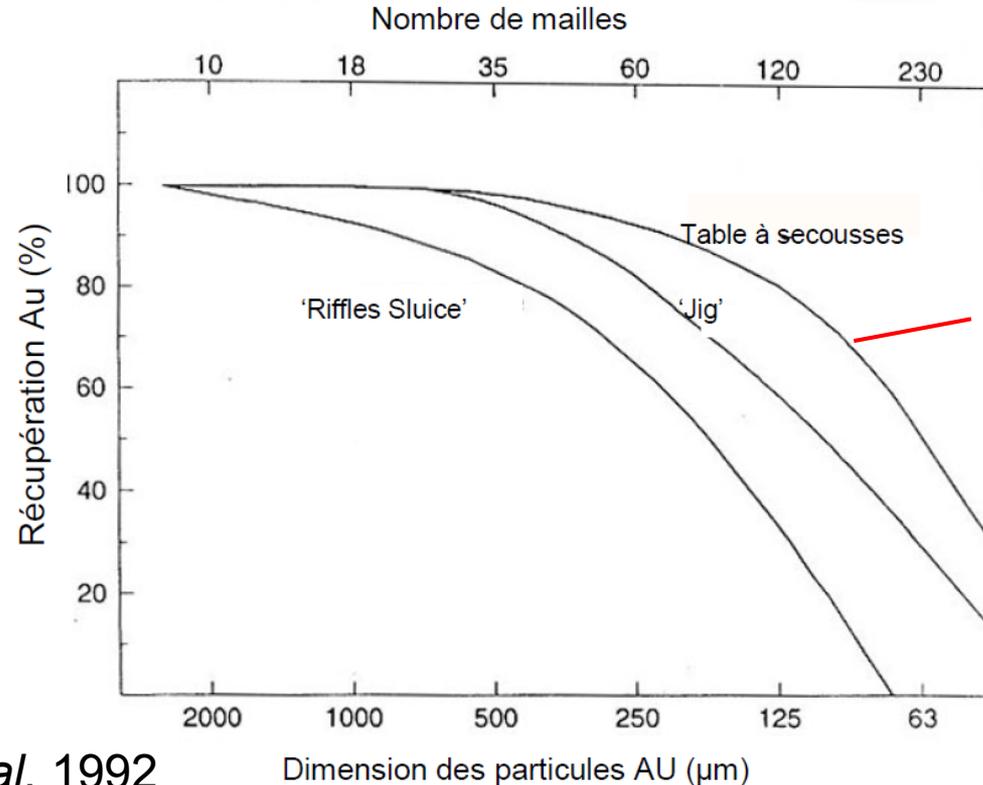
La taille moyenne des grains est très fine!



PROBLÈME #1 : Récupération

- **Méthodes artisanales**
 - Non paramétrées
- **Sensible à l'intervention humaine**
 - « *Super-panner...* »
- **Récupération 40-70 % → Instable**
 - Le matériel traité est variable
 - Récupération chute avec la rareté : <10 grains
 - La récupération chute avec la petitesse : <40µm

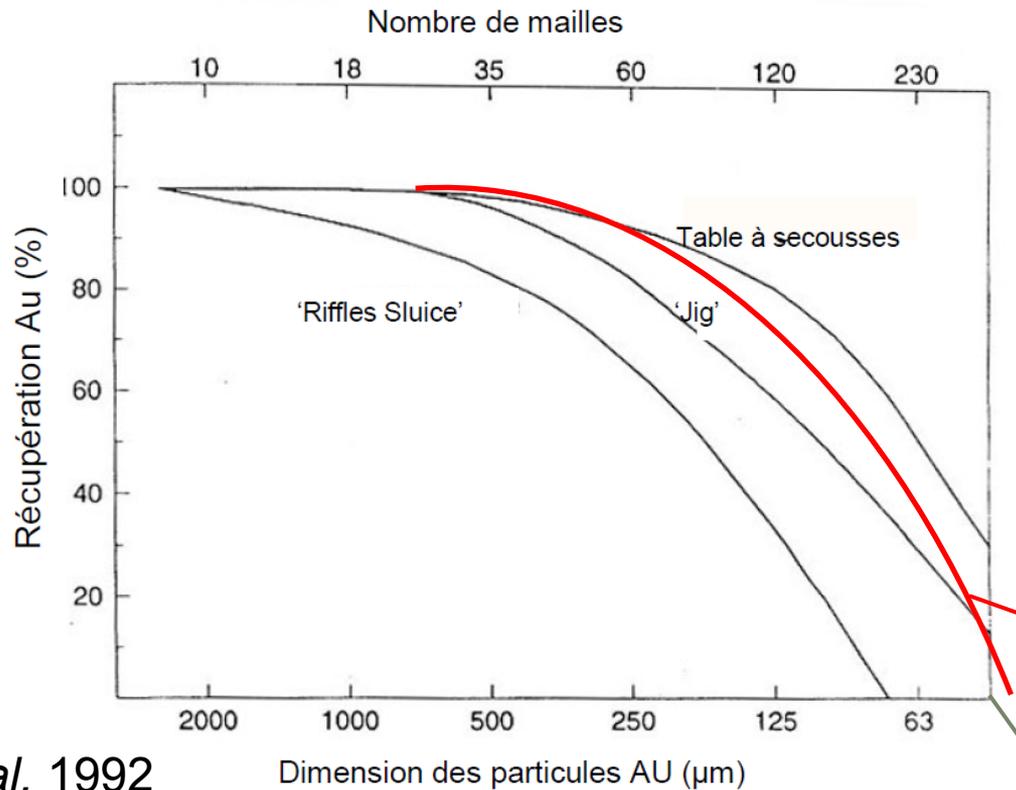
RÉCUPÉRATION SENSIBLE À L'APPAREILLAGE



Nichol *et al.* 1992

50 µm

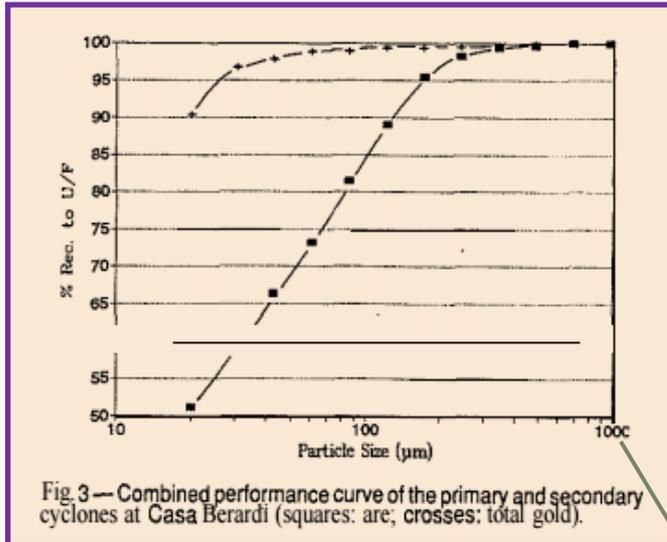
RÉCUPÉRATION SENSIBLE À L'APPAREILLAGE



Nichol *et al.* 1992

Bilan Métallurgique:

Basé sur le poids, donc une fonction cubique de la taille des grains. Donc dominé par les gros grains. La récupération des très petits grains a très peu d'effet. Il faut 1000 grains de 20 μm pour compenser 1 grain de 200 μm .



La perte des fines a peu d'effet dans les concentrateurs

Un concentrateur Knelson a 98% de récupération... poids

Bilan Métallurgique:

Basé sur le poids, donc une fonction critique de la taille des grains. Donc dominé par les gros grains. La récupération des petits grains a peu d'effet. On peut récupérer tout 1000 grains de 20 µm par exemple.

Récupérer 98% de l'or ne signifie pas récupérer 98% de l'information!

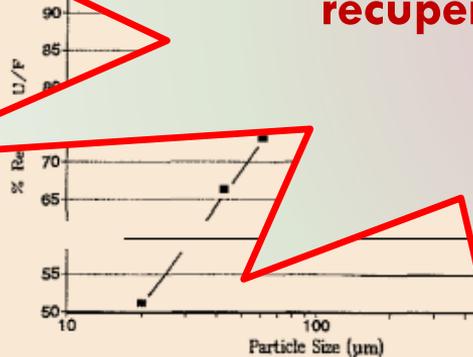


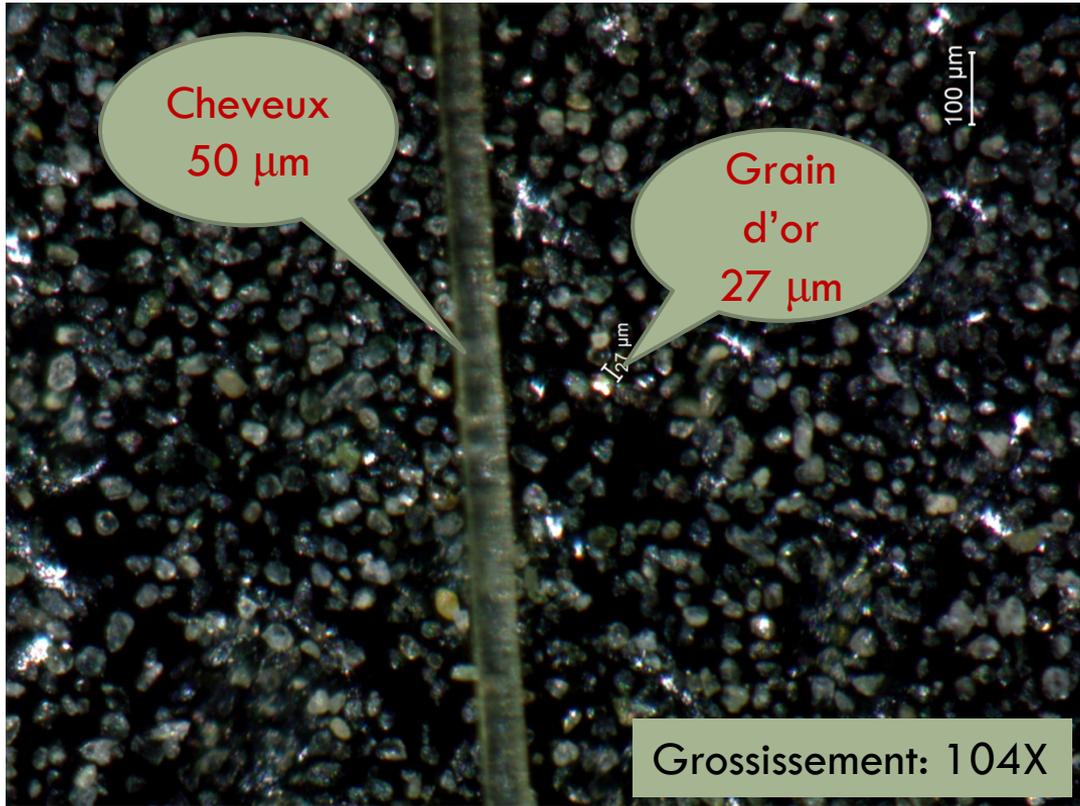
Fig. 3— Combined performance curve of the primary and secondary cyclones at Casa Berardi (squares: are; crosses: total gold)



La perte des fines a peu d'effet dans les concentrateurs

Un concentrateur Knelson a 98% de récupération... poids

PROBLÈME #2: Identification



Binoculaire
apochromatique
de recherche
Leica M205c

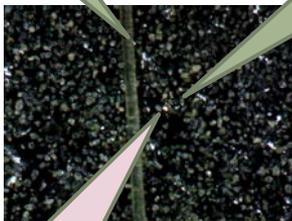
IOS

L'innovation comme motivation

PROBLÈME #2: Identification

Cheveux
50 μm

Grain
d'or
27 μm



Sa forme est
« *pristine* » !

Grossissement: 25X

Sur un
binoculaire
conventionnel...

IOS

L'innovation comme motivation

SOLUTION À LA RÉCUPÉRATION

➤ LIT FLUIDISÉ

- Concentrés de 200 milligrammes
- Récupération 90-95 % des grains $> 40\mu\text{m}$
- Récupération 99 % si en cascade
- **Récupération 10x table à secousses à $<20\mu\text{m}$**



L'innovation comme motivation

LIT FLUIDISÉ

- Fonctionne sur le principe
- La densité
- La réaction
- L'ordre

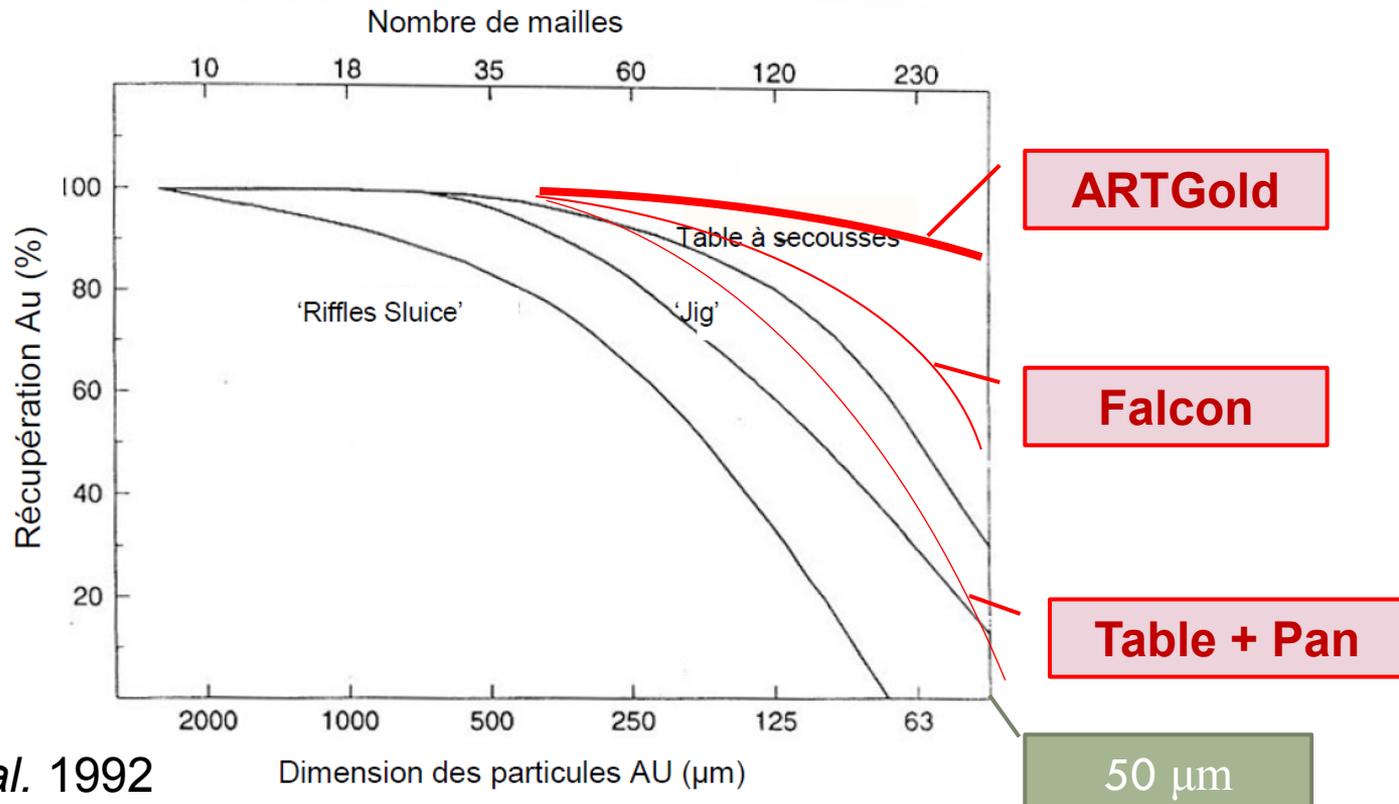
TOP SECRET!

IOS

L'innovation comme motivation

RÉCUPÉRATION

→ Validée pendant des mois d'essais



Nichol *et al.* 1992

Dimension des particules AU (µm)

50 µm

SOLUTION AU COMPTAGE

- **> 50 μm : Examen optique, stéréomicroscope apochromatique et validation MEB**
- **< 50 μm : Microscope électronique automatisé**

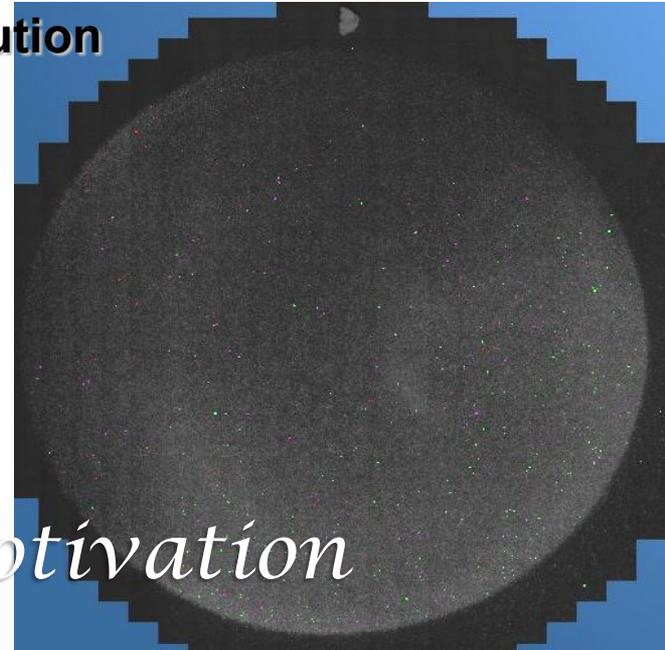


IOS

L'innovation comme motivation

RECONNAISSANCE DE PHASE AU MEB:

- **Examen MEB du <50 μm**
 - **Mosaïque en rétrodiffusion**
 - **Détection des phases lourdes >5 g/cc**
 - **Analyse EDS qualitative et classification**
 - **Image rétrodiffusion à haute résolution**
 - **Analyse semi-quantitative**
 - **Caractérisation du morphofaciès**



RECONNAISSANCE DE PHASE AUTOMATISÉE

1 : ACQUISITION D'UNE MOSAÏQUE BSE

- ❖ Pixels de 1 μm
- ❖ Environ 600 champs de vue
- ❖ Localisation des phases denses ($> 5 \text{ g/cc}$)

Grain d'or
de 20 μm



L'innovation comme motivation

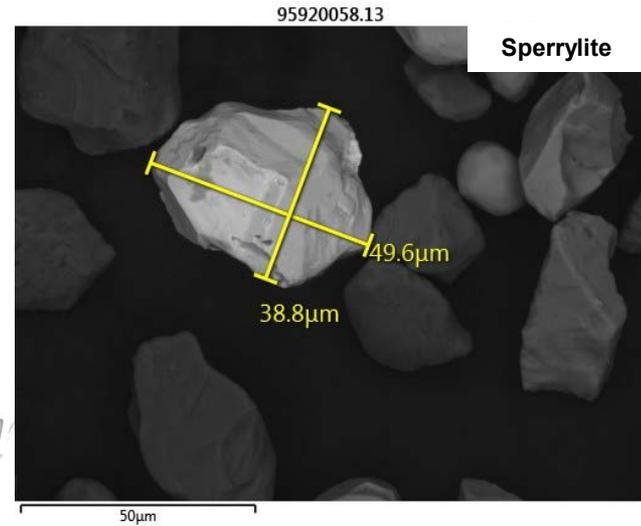
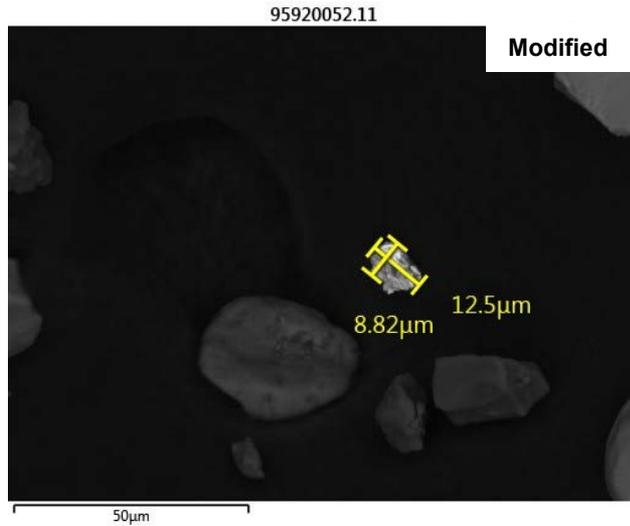
2 : ACQUISITION D'UN SPECTRE EDS SUR CHACUNE DES PARTICULES DENSES

- ❖ **1 seconde d'acquisition, qualitatif**
 - ❖ **Analyse normalisée à 100 %**
 - ❖ **Calibration d'usine**
- ❖ **Pression variable**
 - ❖ **Problème de contamination du spectre par les grains adjacents**
 - ❖ **Significatif seulement si > 5%**
- ❖ **Classification des phases selon leur chimie**

L'innovation comme motivation

3 : IMAGE BSE À HAUTE RÉOLUTION

- ❖ Centre la platine sur le grain
- ❖ Acquiérs une image BSE
- ❖ Calcule les dimensions
- ❖ Acquiérs un spectre EDS semi-quantitatif normalisé

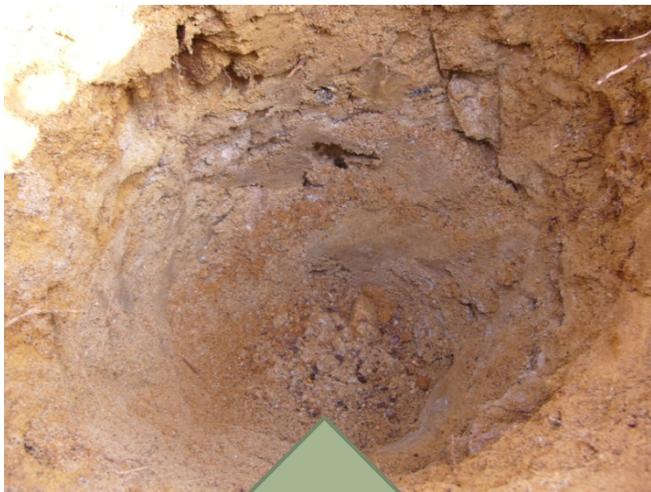


AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ

- Réduction de coûts des levés
 - Échantillonnage + analyse
 - 50-90% 50-10%
 - 100-600\$ 70-100\$
 - Stratégie: Réduction de la taille des échantillons
 - 10 kg → 1 kg (...forage...)
 - Réduction de la granulométrie
 - Fonction hypercubique (n^4)
 - De 40 à 20 microns → >10x grains!



MISE EN GARDE #1: L'ÉLUTRIATION NATURELLE



TILL DE FUSION
• SABLONNEUX
• ÉLUTRIATION
• OXYDÉ

TILL DE FOND
• ARGILEUX
• IMPERMÉABLE
• NON-OXYDÉ



MISE EN GARDE #2: Forage de type RC



**Forage RC: ARTGold est inutile, car les fines sont perdues!
Nécessite du forage de type SONIC**

L'innovation comme motivation

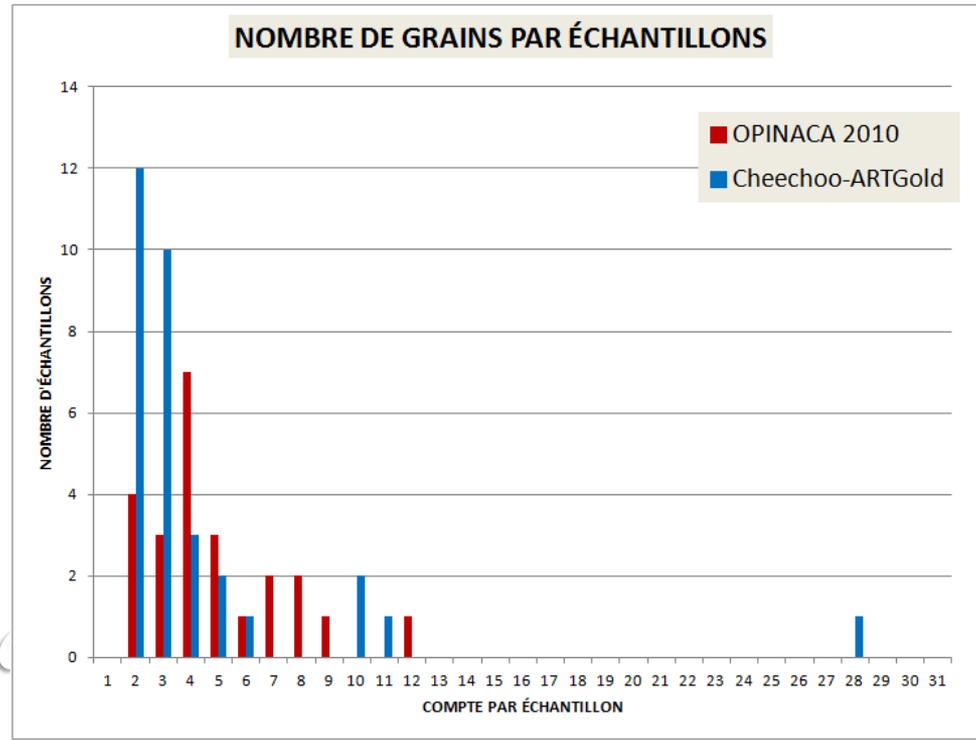
AMÉLIORATION DE LA SIGNIFIANCE #1

AUGMENTATION DES COMPTES

- Typiquement 10x les comptes de la méthode conventionnelle
- Détection des signaux distaux
- Définition plus précise des trainées de dispersion
- Bruit de fond Baie James (+/- 5-10 grains)

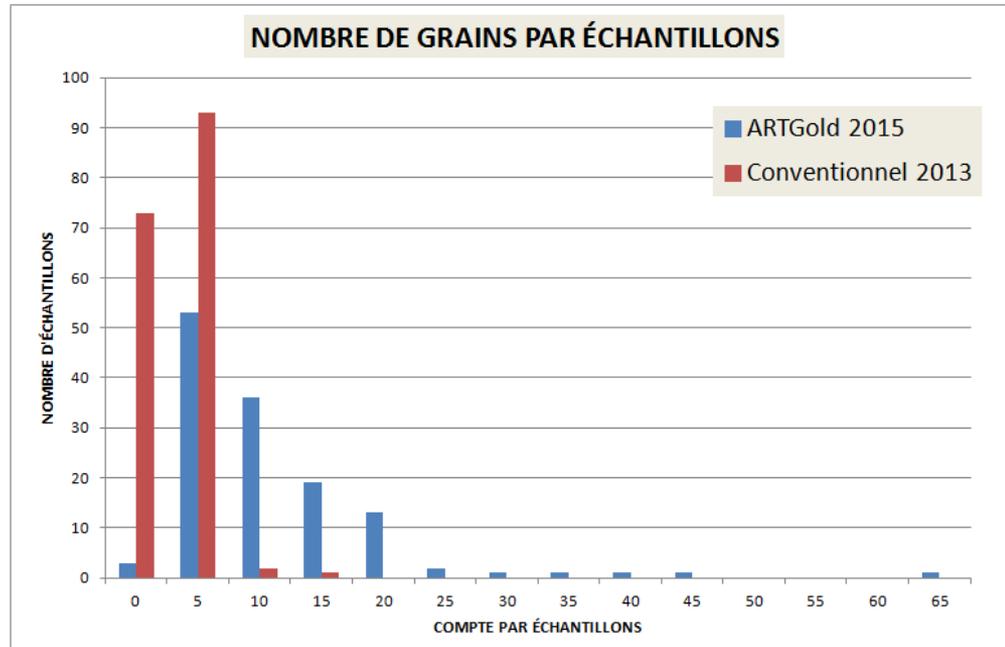
Exemple #1: ÉLÉONORE-CHEECHOO

- Levé conventionnel 2010: 24 éch 417gr 17.4 gr/éch
- Levé ARTGold 2015: 31 éch 475 gr 15.3 gr/éch
- Plus 20 PGM,



Exemple #2: Secteur de Chapleau

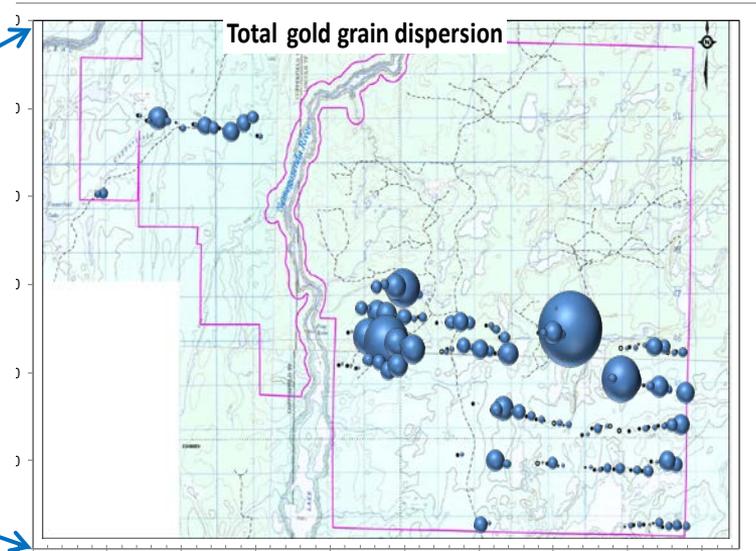
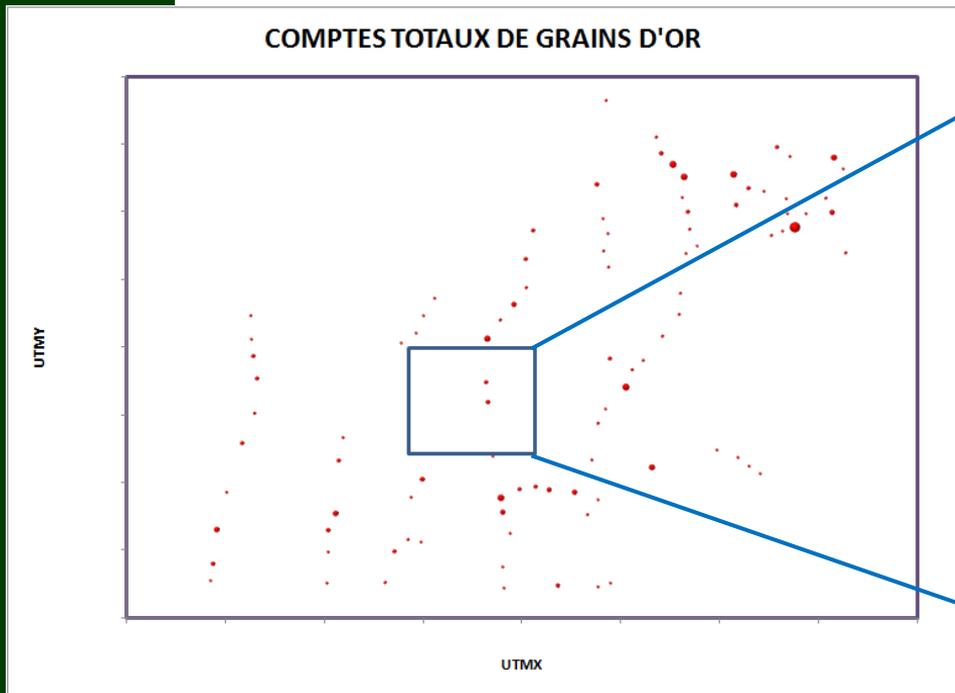
- Levé conventionnel 2013: 169 éch 177 gr 1.04 gr/éch
- Levé ARTGold 2015: 131 éch 1186 gr 9.05 gr/éch
 - Plus 91 PGM, 1922 scheelites, 574 wolframites, 8 cinabres, 34 galènes, 758 colomboantalite...



Exemple #2: Secteur de Chapleau

Levé conventionnel 2013

Levé ARTGold 2015



IOS

L'innovation comme motivation

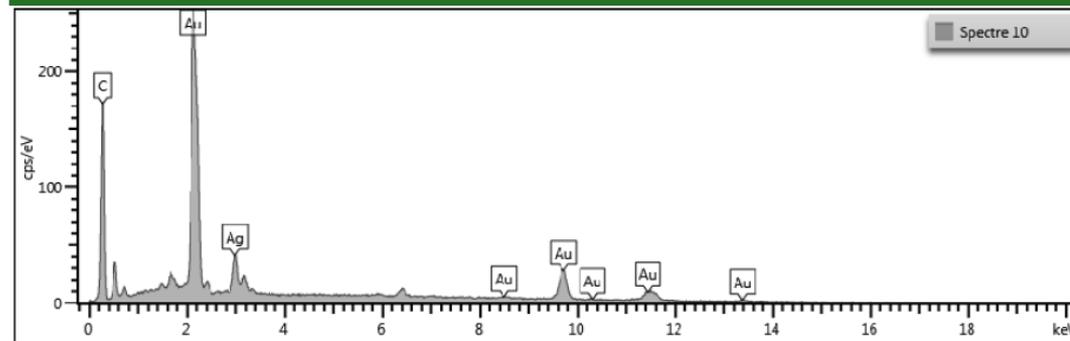
AMÉLIORATION DE LA SIGNIFIANCE #2: Analyse chimique EDS-SDD des grains

L'analyse chimique semi-quantitative dose:

- Au
- Ag (électrum)
- Cu (or rouge)
- Hg (amalgame)
- Te (or brun)
- Bi
- EGP (or blanc)

Normalisée à 100%
Limite de détection de 1%

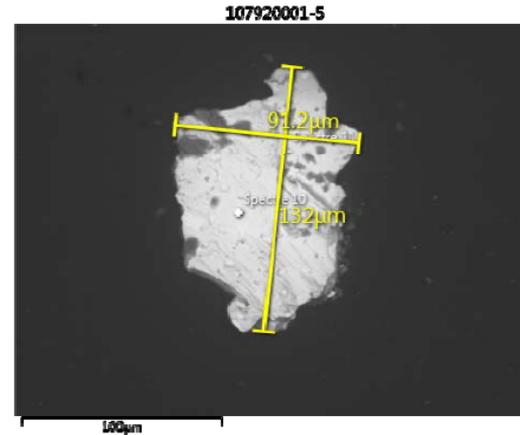
Analyse chimique EDS-SDD



Spectrum composition			
Composition du spectre			
Élément	% Masse	%Masse	Sigma
Ag	17,81		0,41
Au	82,19		0,41
Total:	100		

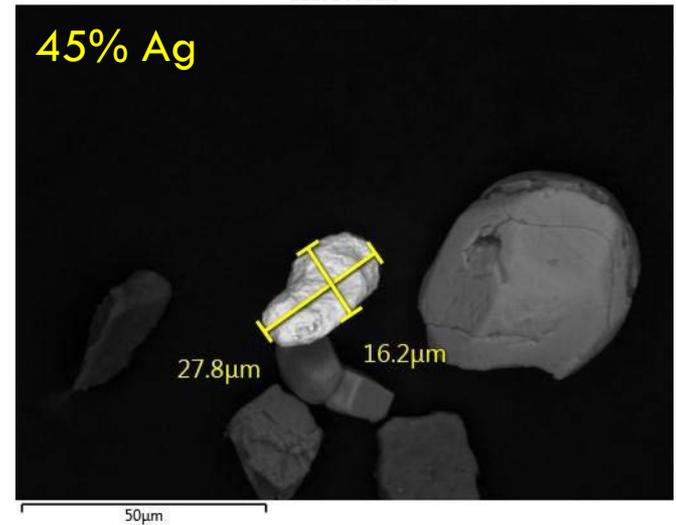
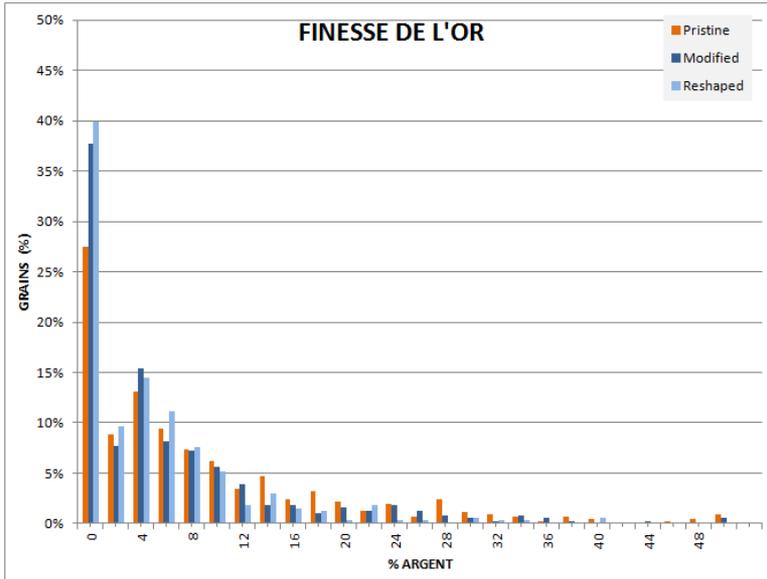
Note : Analyzes were performed under variable pressure mode. Some elements originally from the signal of the substrate or contamination were excluded from analysis.

Note : Les analyses ont été effectuées en mode de pression variable. Certains éléments provenant du signal du substrat ou d'impuretés ont été exclus des analyses.

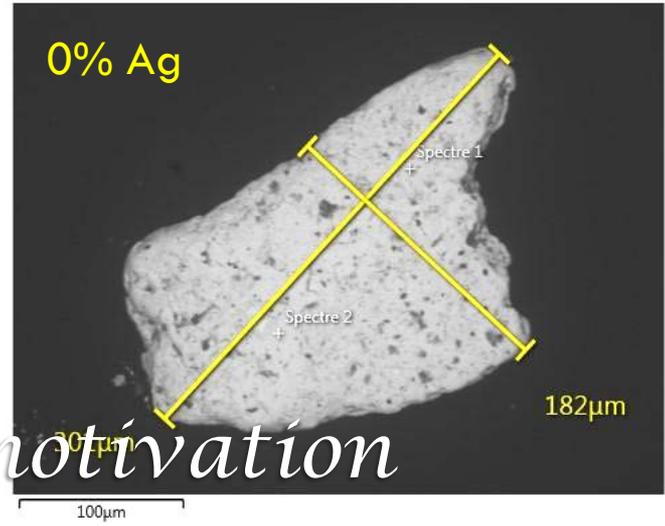


ARGENT: Électrum

- Détermine la finesse de l'or
- Dissout dans un environnement oxydant



111920005.1

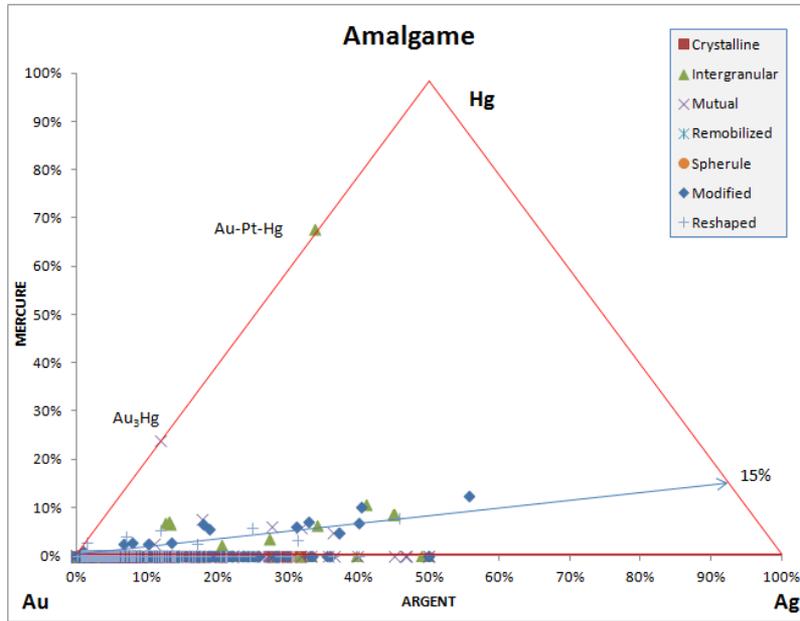


L'innovation comme motivation

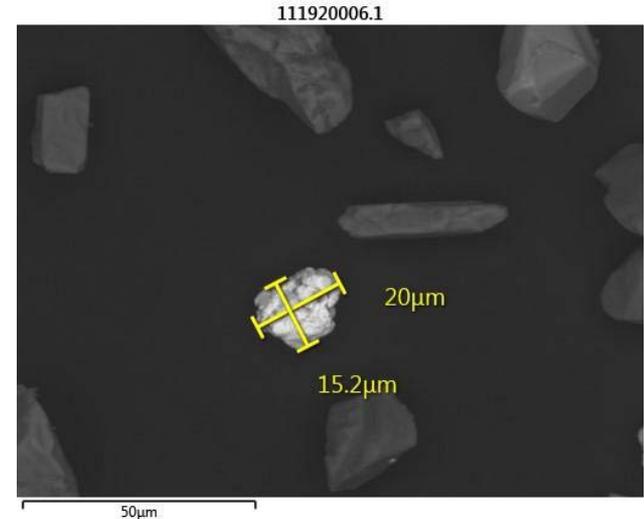
MERCURE: Amalgame

-Rare

-Système de basse température



10.2% Hg



IOS

L'innovation comme motivation

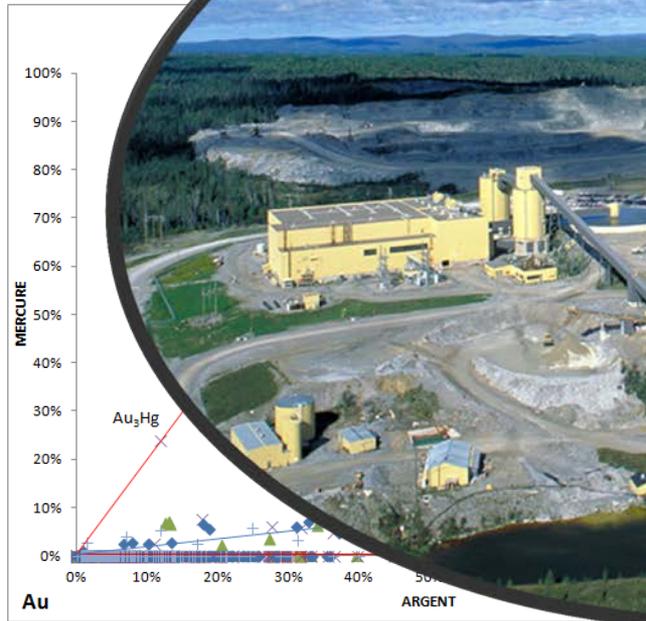
MERCURE: Amalgame

-Rare

-Système

MINE HEMLO

10.2% Hg

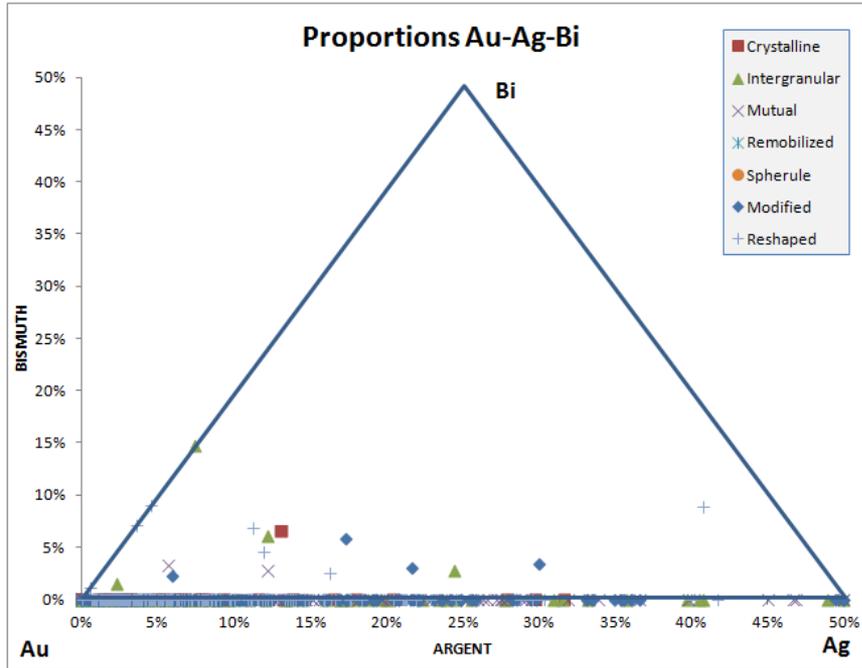


L'innovation comme motivation

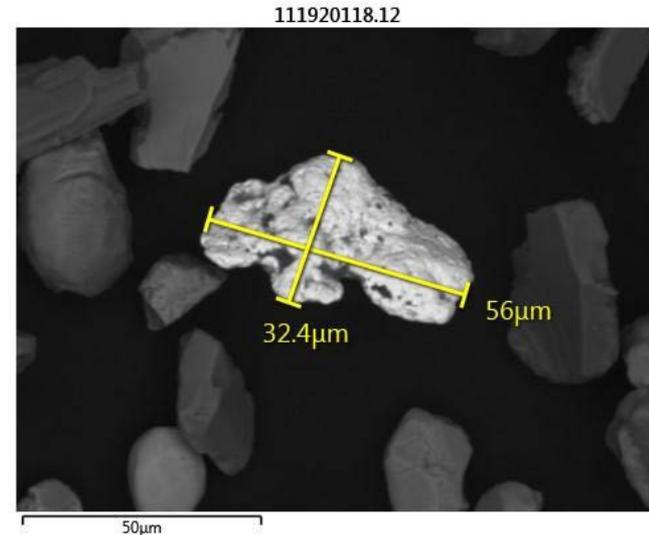
BISMUTH:

-Rare

-Système de basse température



9.1% Bi



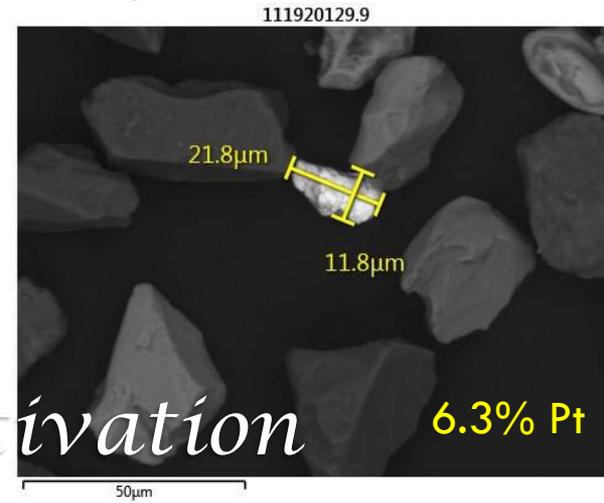
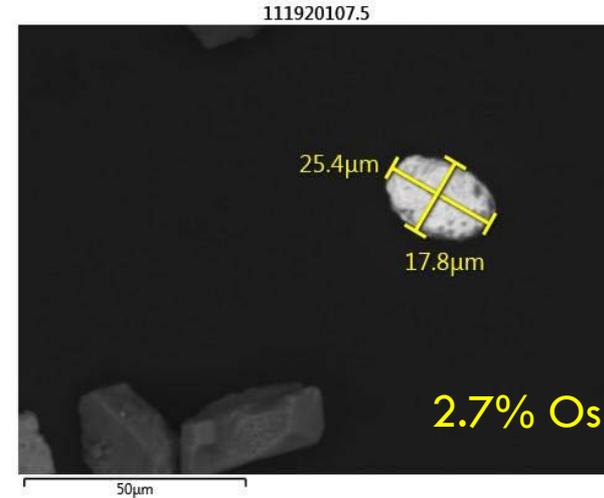
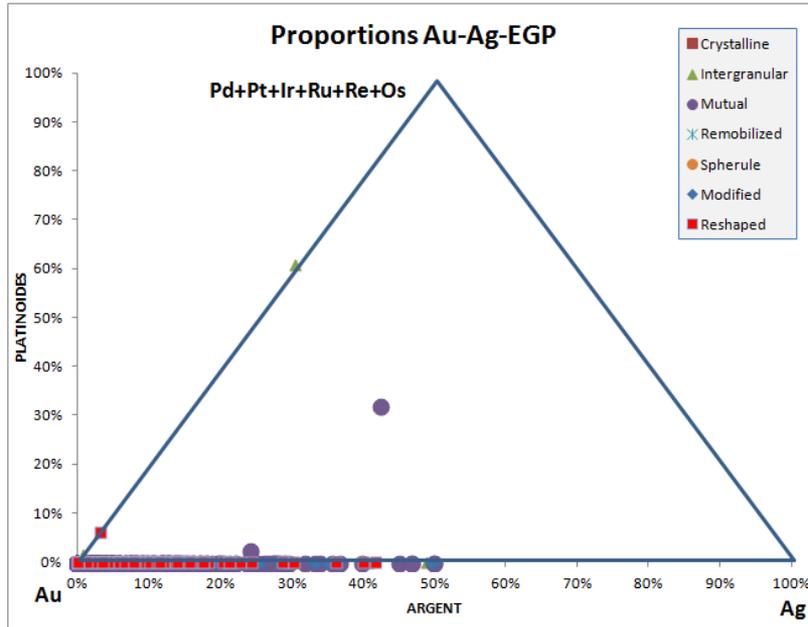
IOS

L'innovation comme motivation

ALLIAGE OR-EGP: Or blanc!

-Rare

-Source dans une roche ultramafique



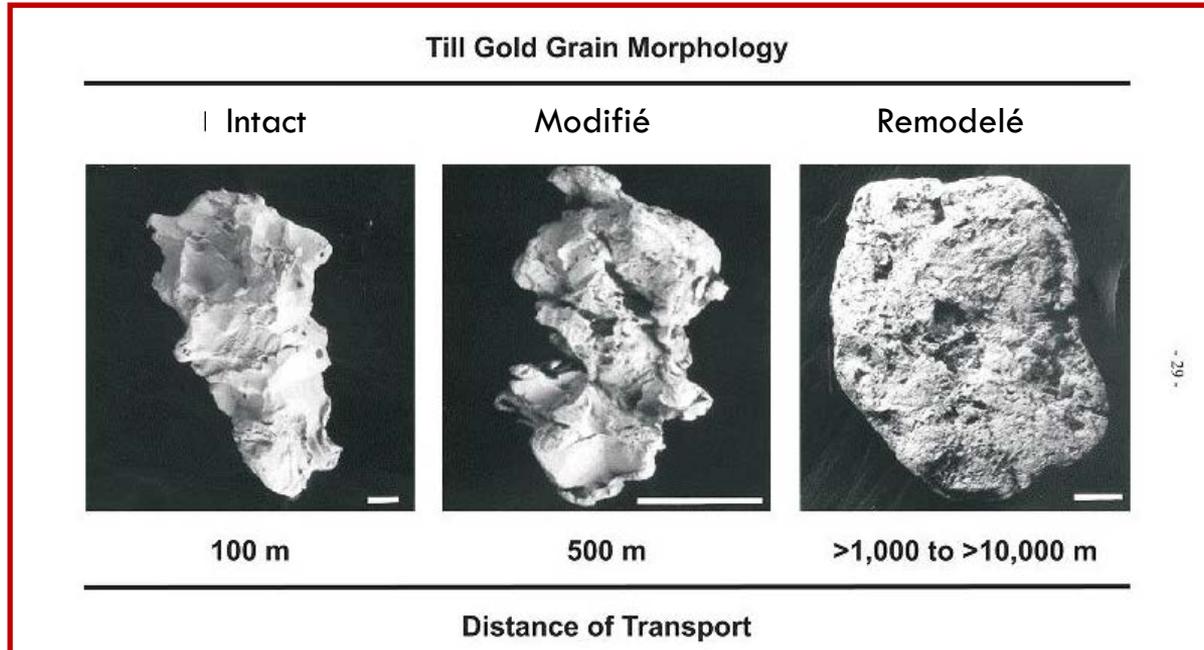
L'innovation comme motivation

IOS

AMÉLIORATION DE LA SIGNIFIANCE #3

TEXTURES DES GRAINS

- Publication phare de Di Labio (1991)
- Estimation de l'effet du transport glaciaire... **Depuis sa libération...**
- QUALITATIF... Dépend du jugement du minéralogiste

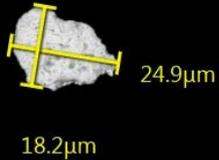


CARACTÉRISATION DE LA MORPHOLOGIE

- ❖ Donnée subjective... Fournir la photo!
- Plus complexe que généralement assumé!

95920052.18

REMODELÉ

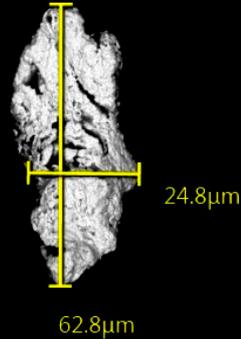


18.2µm
24.9µm

50µm

95920052.10

MODIFIÉ

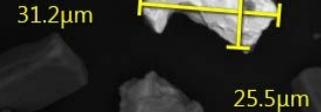


24.8µm
62.8µm

50µm

95920052.32

INTACT



31.2µm
25.5µm

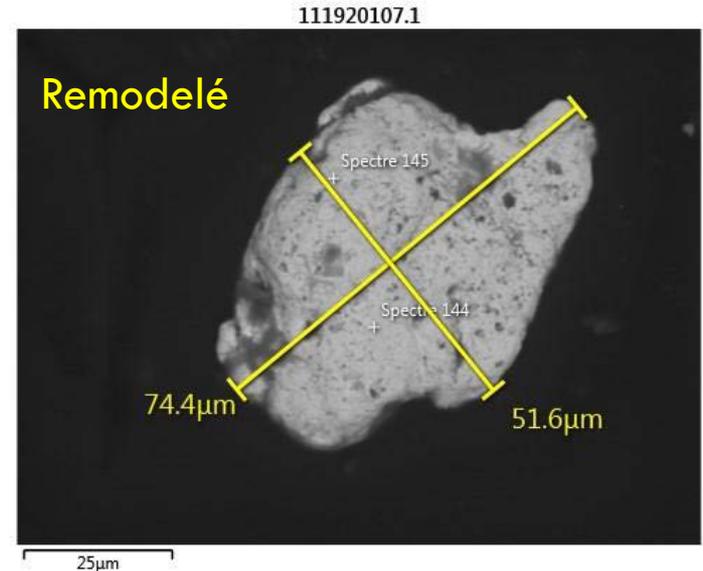
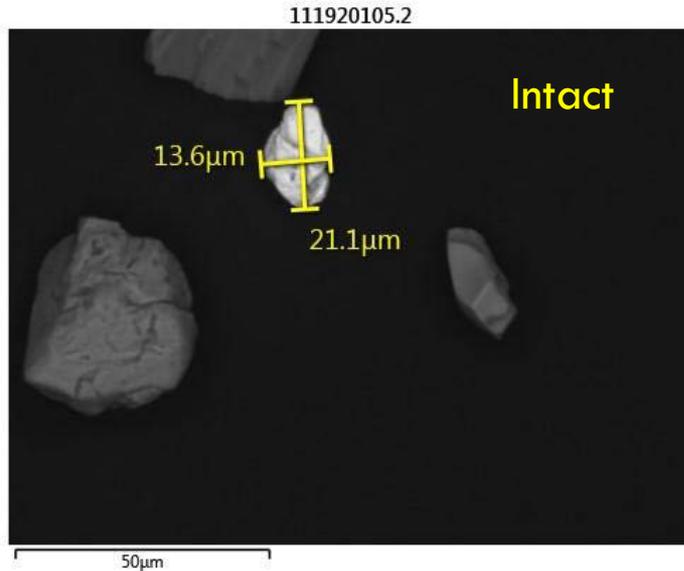
50µm

IOS

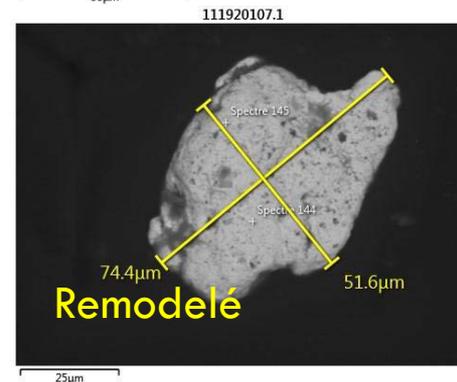
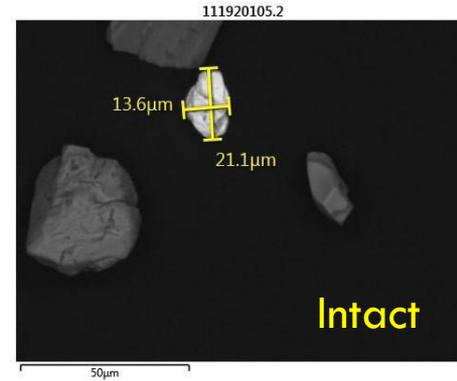
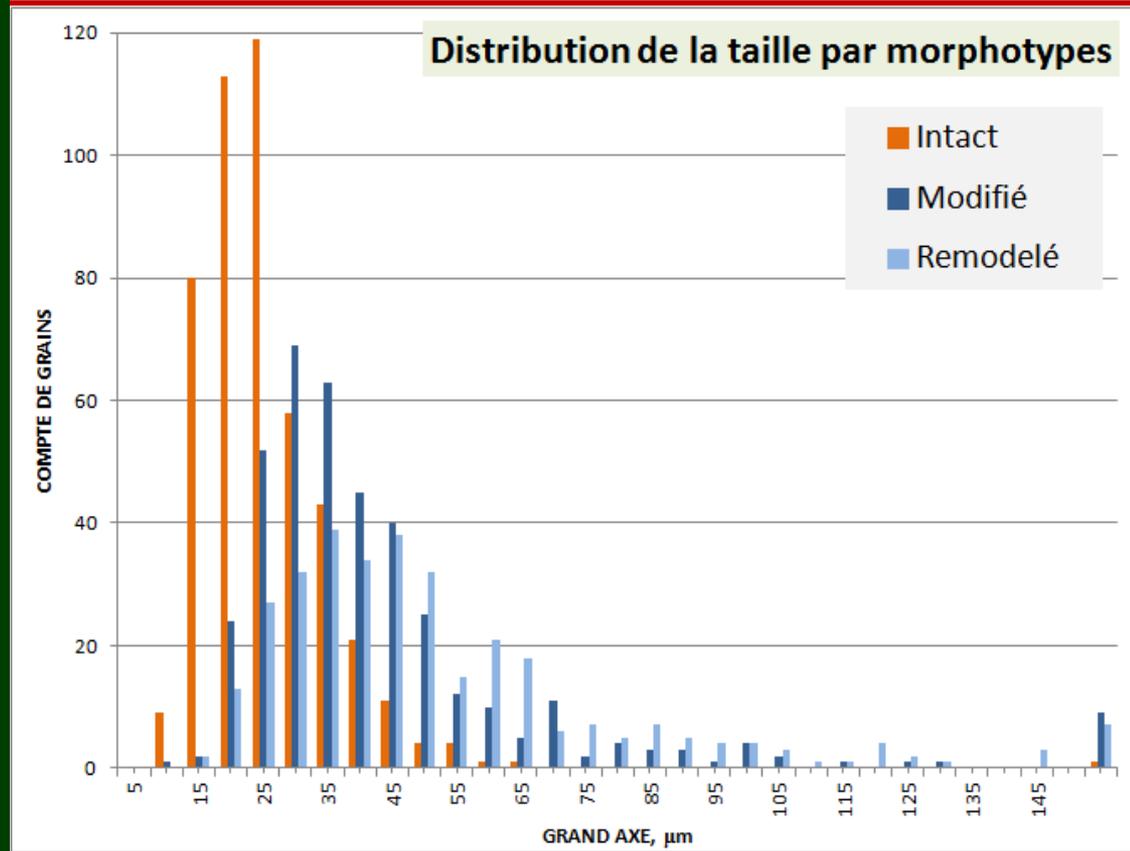
L'innovation comme motivation

TEXTURES DE DÉFORMATION DÉPENDENT DE LA TAILLE DES GRAINS

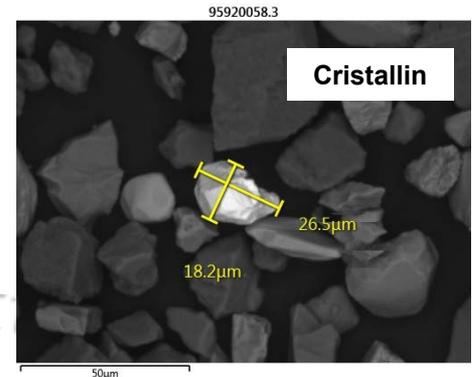
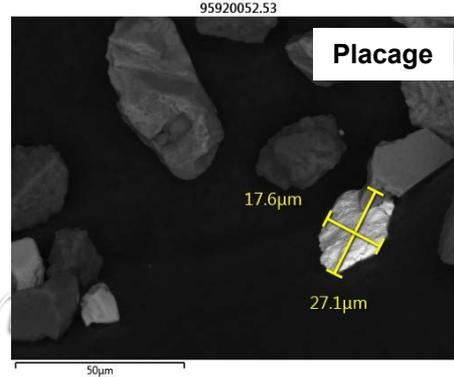
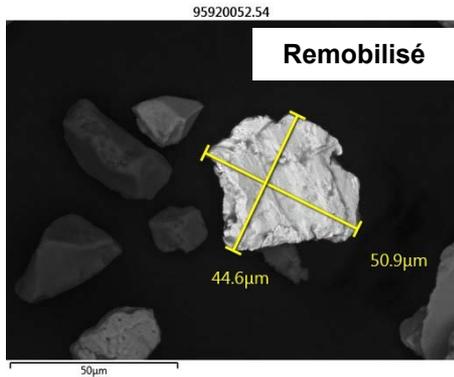
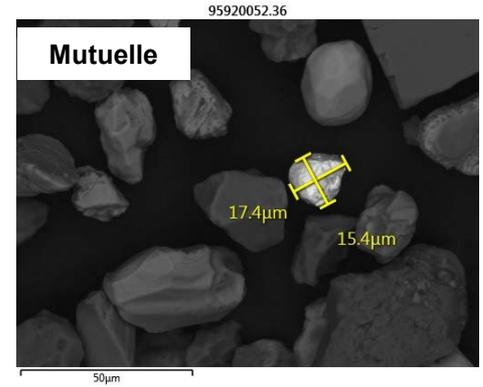
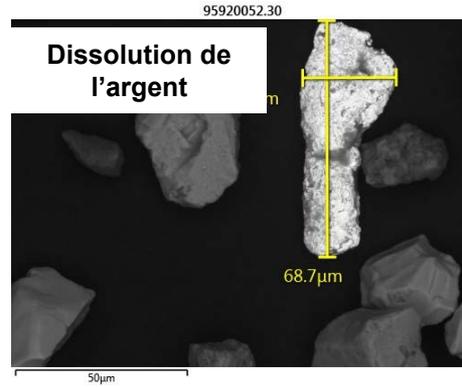
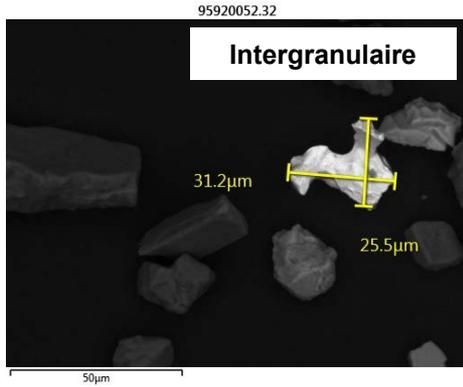
- Plus le grain est petit, moins il est susceptible d'être déformé
- Plus le grain est trapu, moins il est susceptible d'être déformé



Les très petits grains sont INTACTS



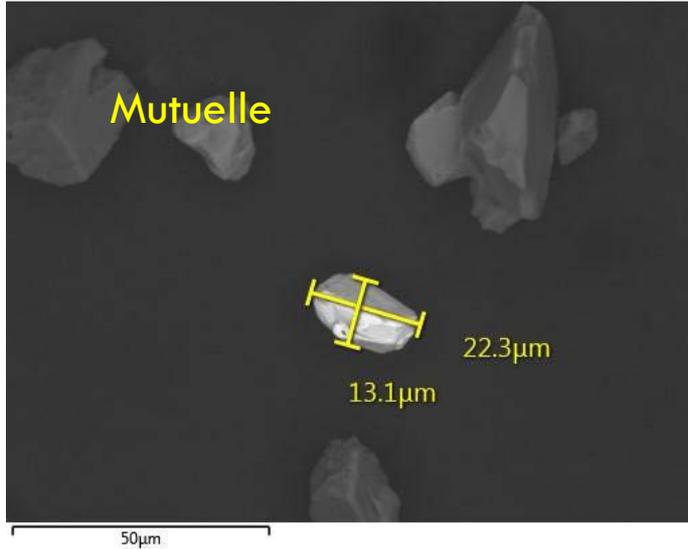
La morphologie des grains "Intacts" reflète l'environnement de cristallisation



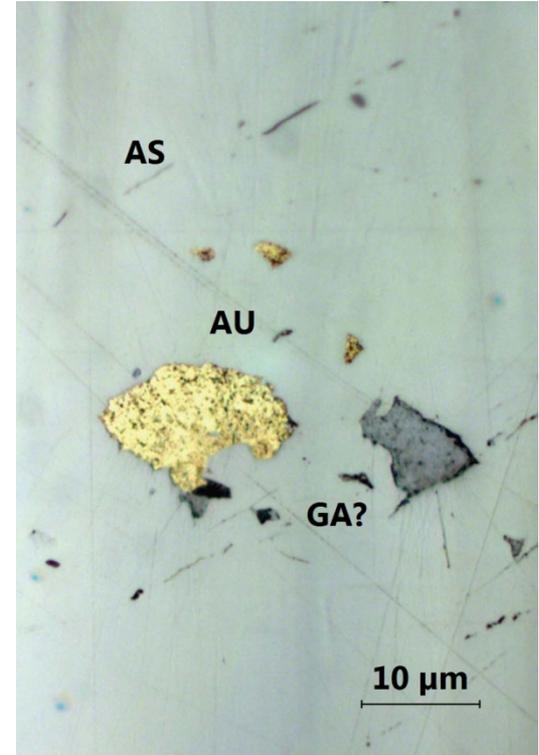
Mutuelle: Arrondie, equante, convexe

Croissance en inclusion dans les sulfures

111920001.13



Till

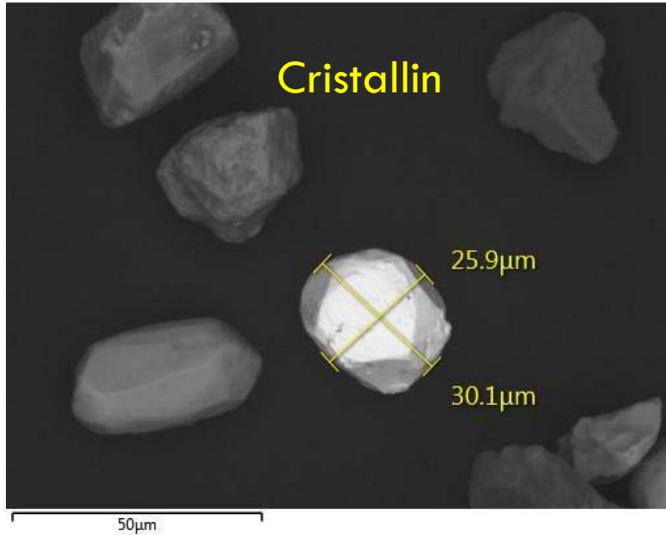


Roche

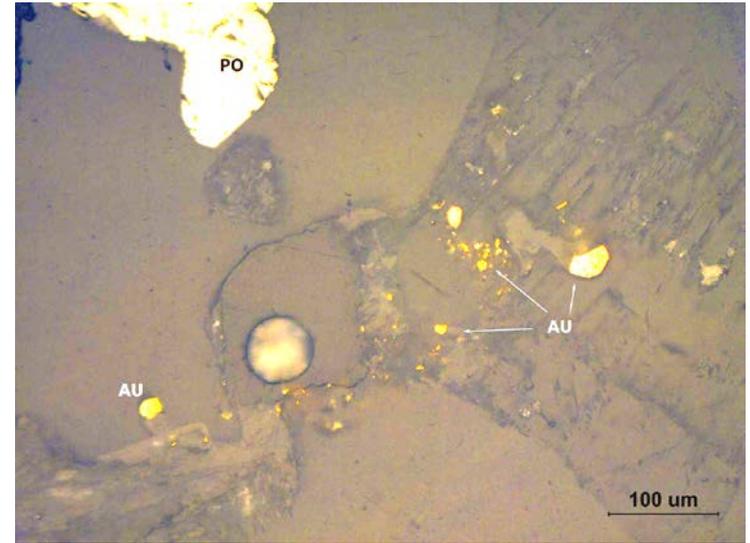
Cristallin: Anguleuse, habitus cubique

Croissance en inclusion dans les silicates

91920011.6 Si



Till

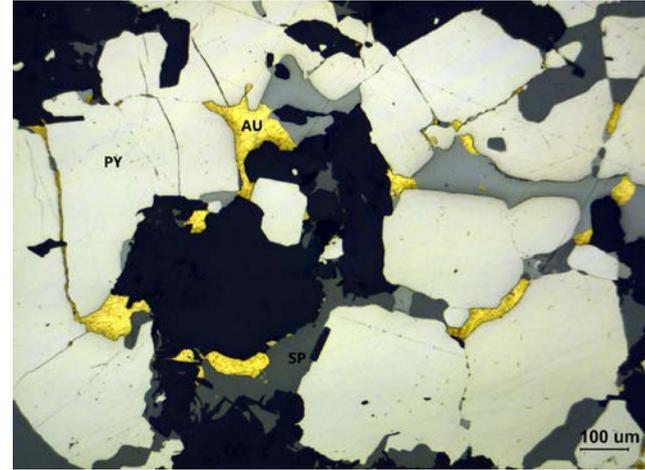
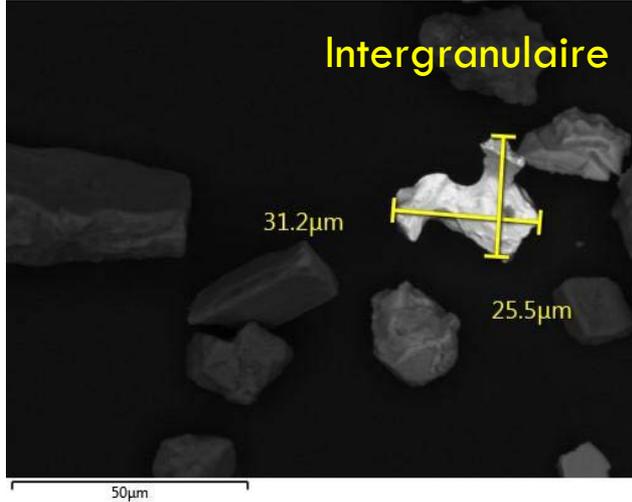


Roche

Intergranulaire: Irrégulière et complexe

Croissance à l'interface de plusieurs grains

95920052.32



Till

Roche

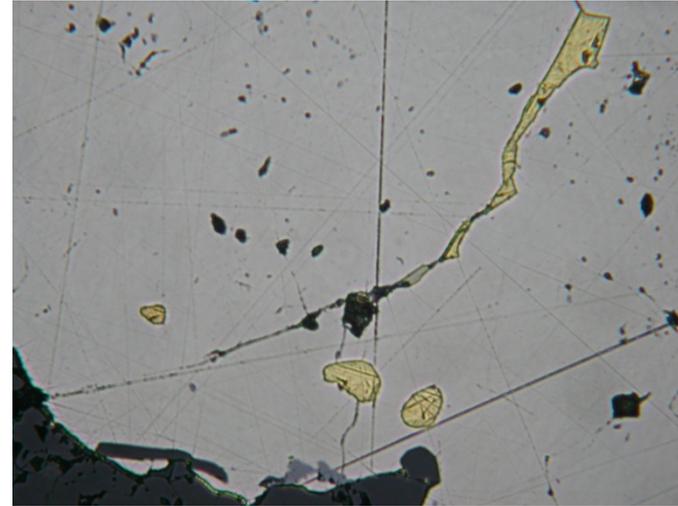
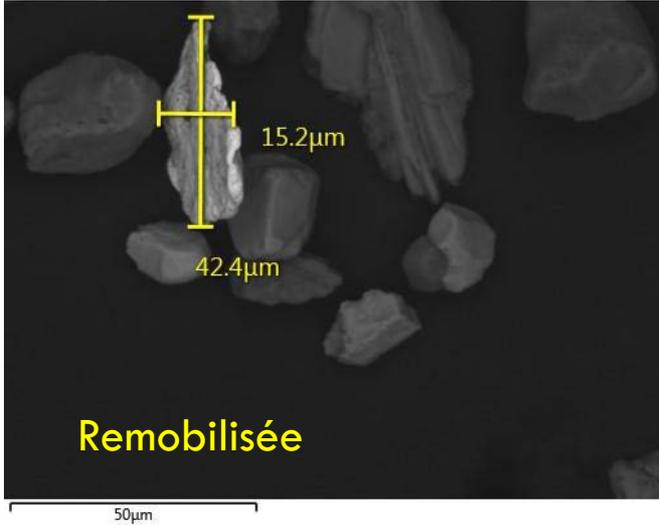
IOS

L'innovation comme motivation

Remobilisée: Feuilletés irréguliers

Croissance dans des fractures

111920019.14



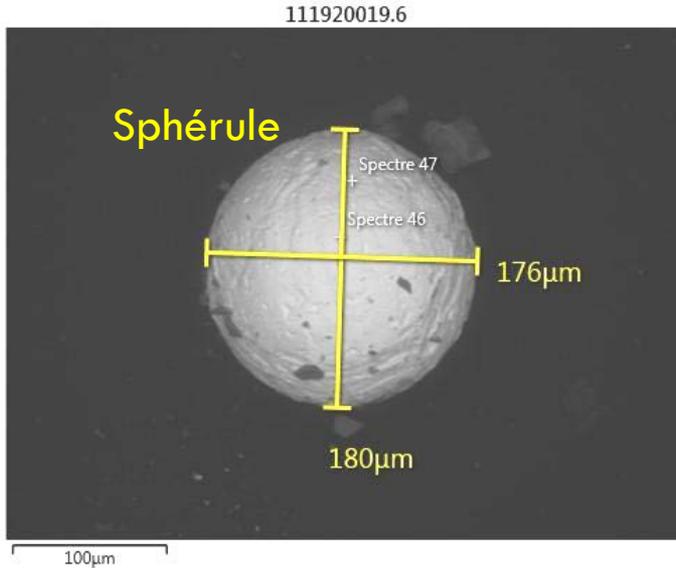
Till

Roche

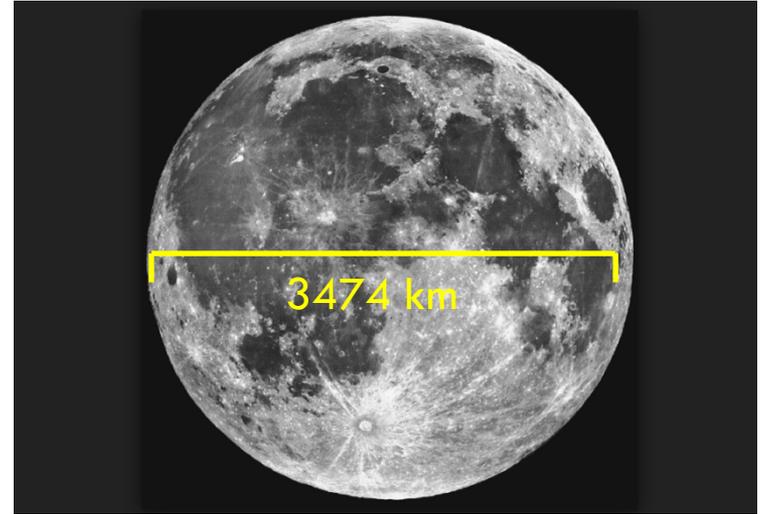
L'innovation comme motivation

Sphérule: Sphères et bulbeuses

Concrétion dans le sédiments

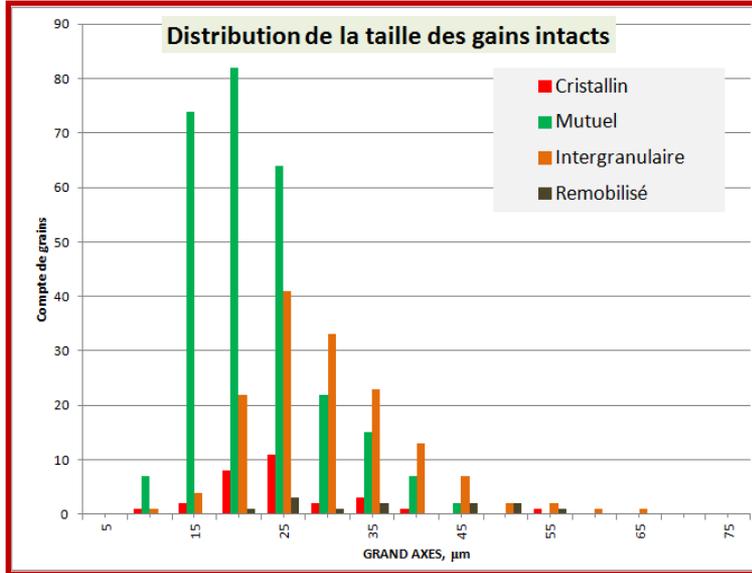


Till

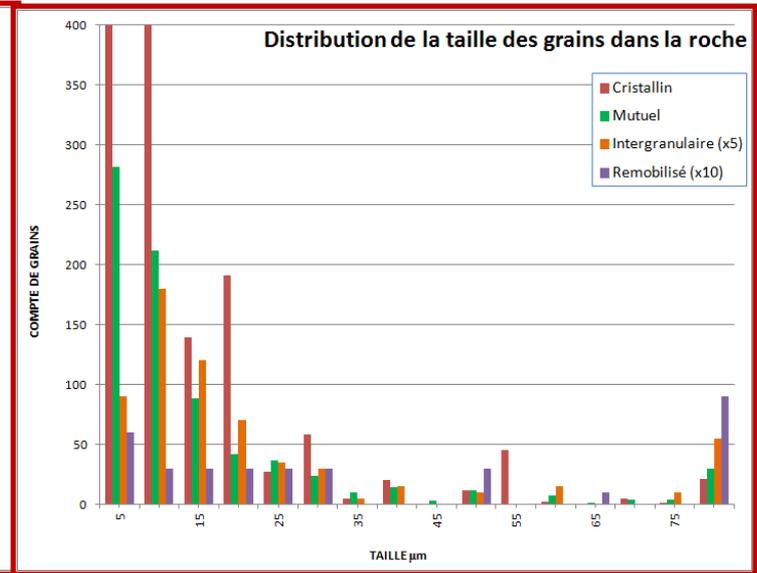


Roche

Les différents morphofaciès ont leur propre distribution granulométrique



ARTGold



Pétrographie

IMPLICATIONS DES TEXTURES

- ❖ **Déformé et remodelé:** Affecte le gros grains et ceux qui ont des formes fragiles
- ❖ **Remobilisé:** Très fragile, proximaux
- ❖ **Intergranulaire:** Majorité des grains déformés
- ❖ **Cristallin:** Encapsulé dans les silicates
 - ❖ →PP: Résistivité?, Veine de quartz?
- ❖ **Mutuel:** Encapsulé dans les sulfures
 - ❖ →PP: Chargeabilité et conductivité?

AMÉLIORATION DE LA SIGNIFIANCE #4

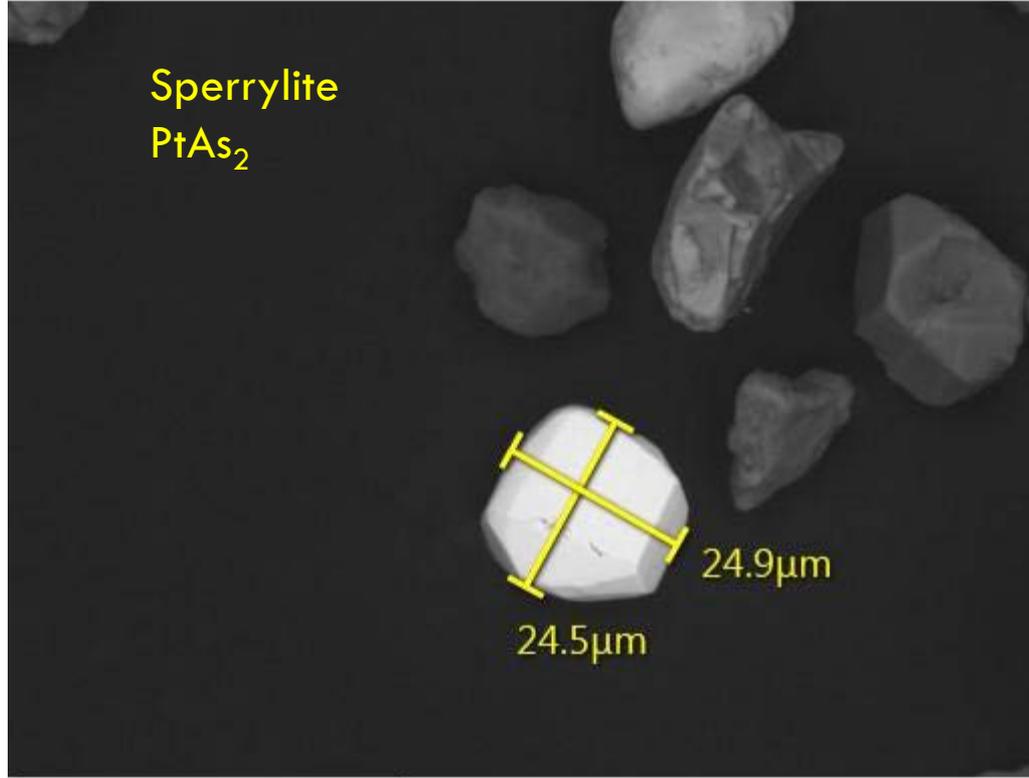
MINÉRAUX DU GROUPE DU PLATINE

- **Teneurs très faibles: Pas détectés par la géochimie**
 - **<1 ppb dans les sédiments**
- **Taille très petites: Pas récupérés dans les minéraux lourds**
 - **99% des grains <50 μm**
- **Très faible abondances des grains**
 - **10-100x moins que l'or!**
- **Famille très complexe**
 - **75 espèces décrites dans Cabri (1989, CIM #23)**
- **MOYENNE DE 1 GRAIN PAR ÉCHANTILLON**

L'innovation comme motivation

111920001.14

Sperrylite
 PtAs_2

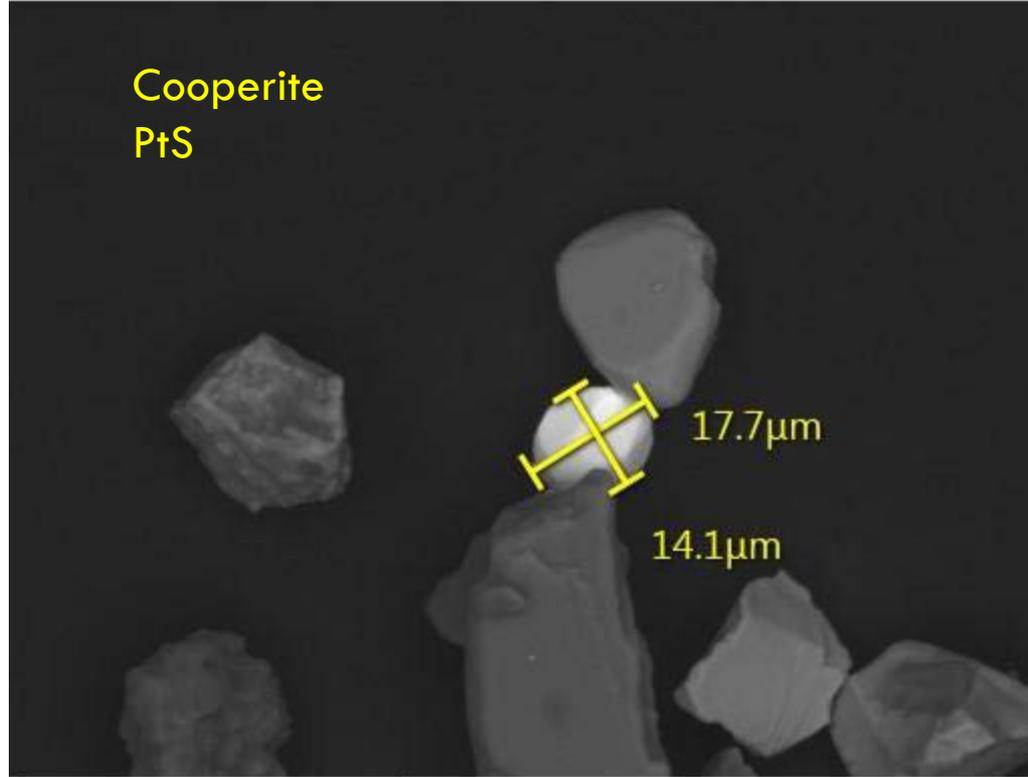


50μm

L'innovation comme motivation

111920001.16

Cooperite
PtS

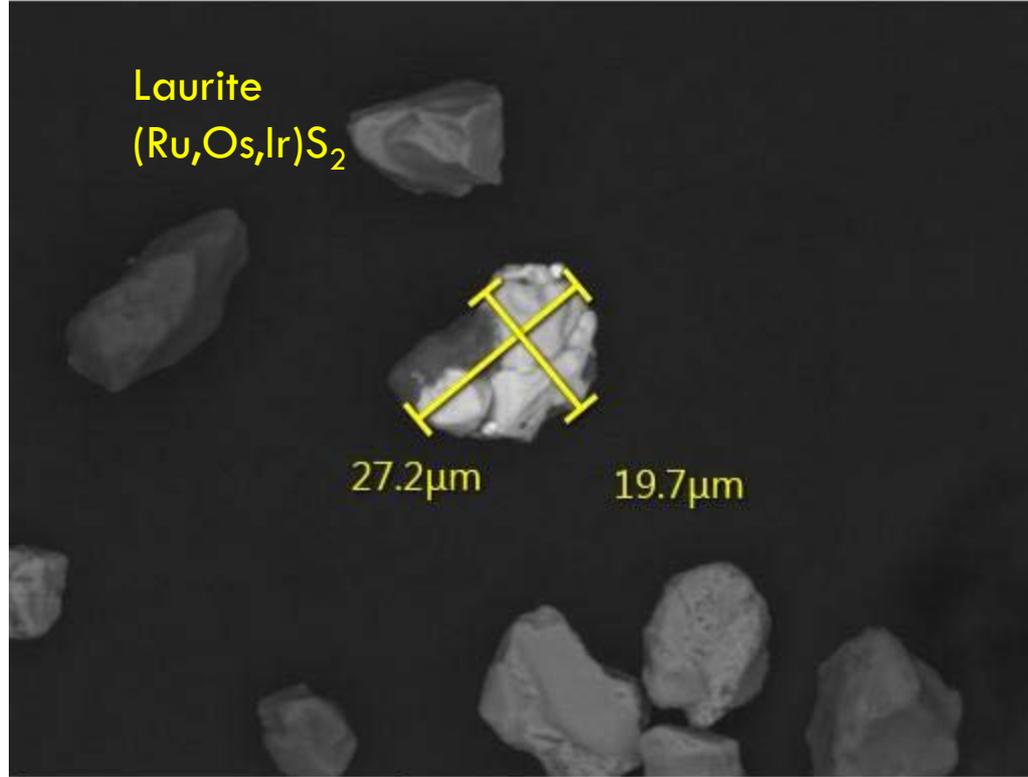


50μm

L'innovation comme motivation

111920001.17

Laurite
(Ru,Os,Ir) S_2



27.2 μm

19.7 μm

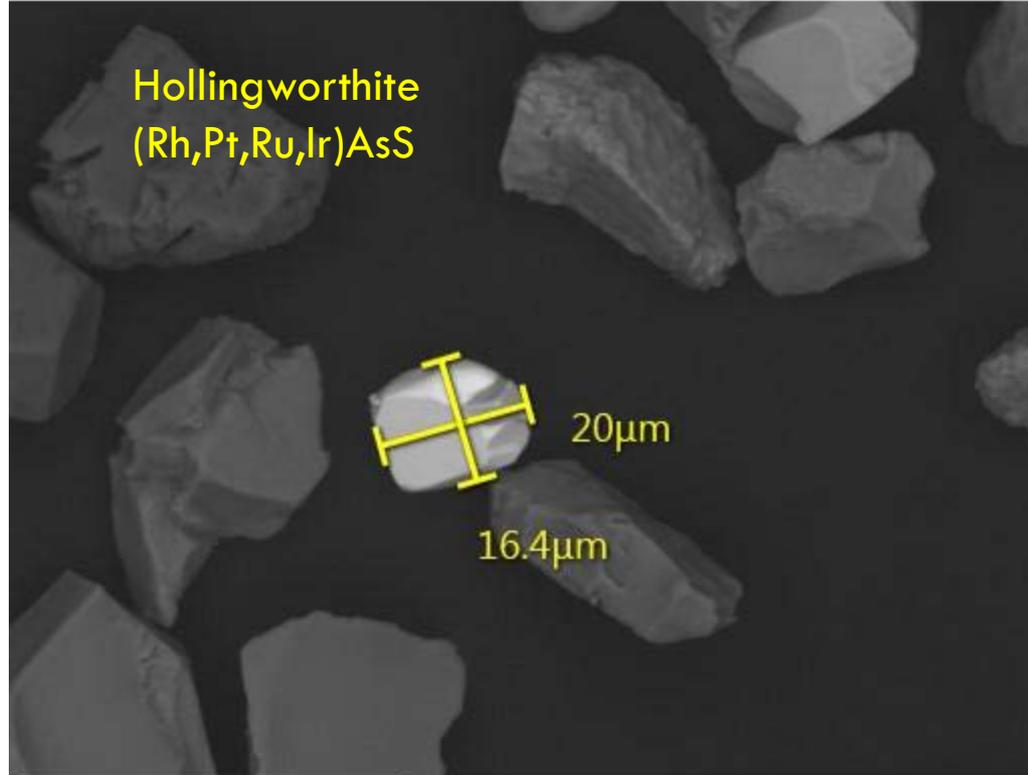
50 μm

IOS

L'innovation comme motivation

111920011.18

Hollingworthite
(Rh,Pt,Ru,Ir)AsS



50 μm

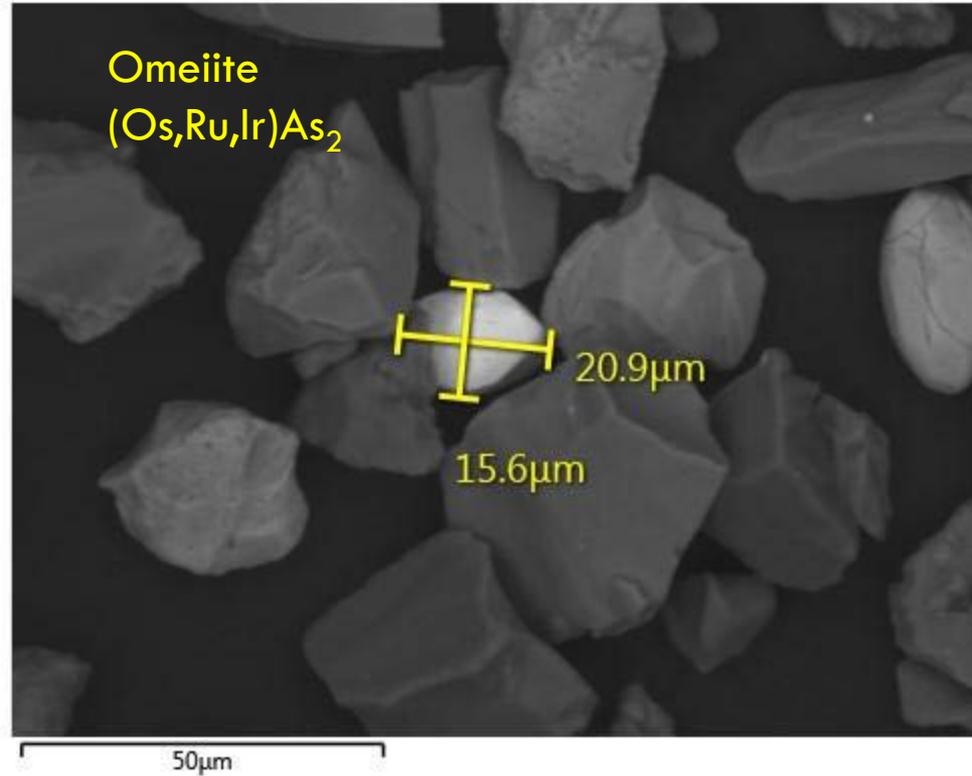
L'innovation comme motivation

111920013.58



L'innovation comme motivation

111920015.18

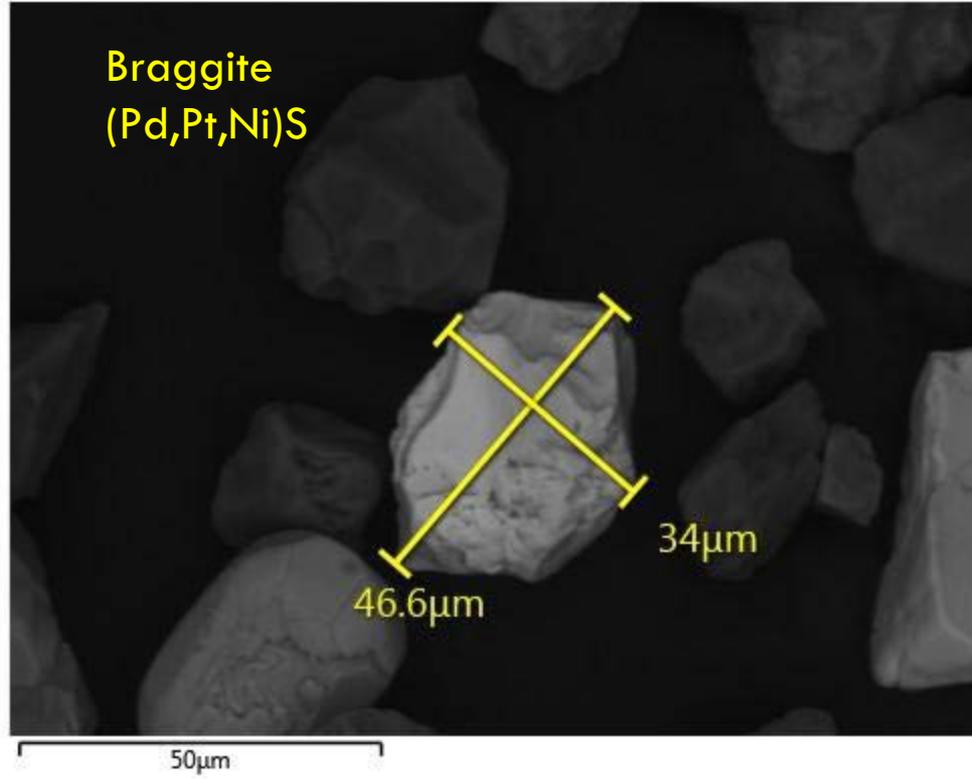


IOS

L'innovation comme motivation

111920015.20

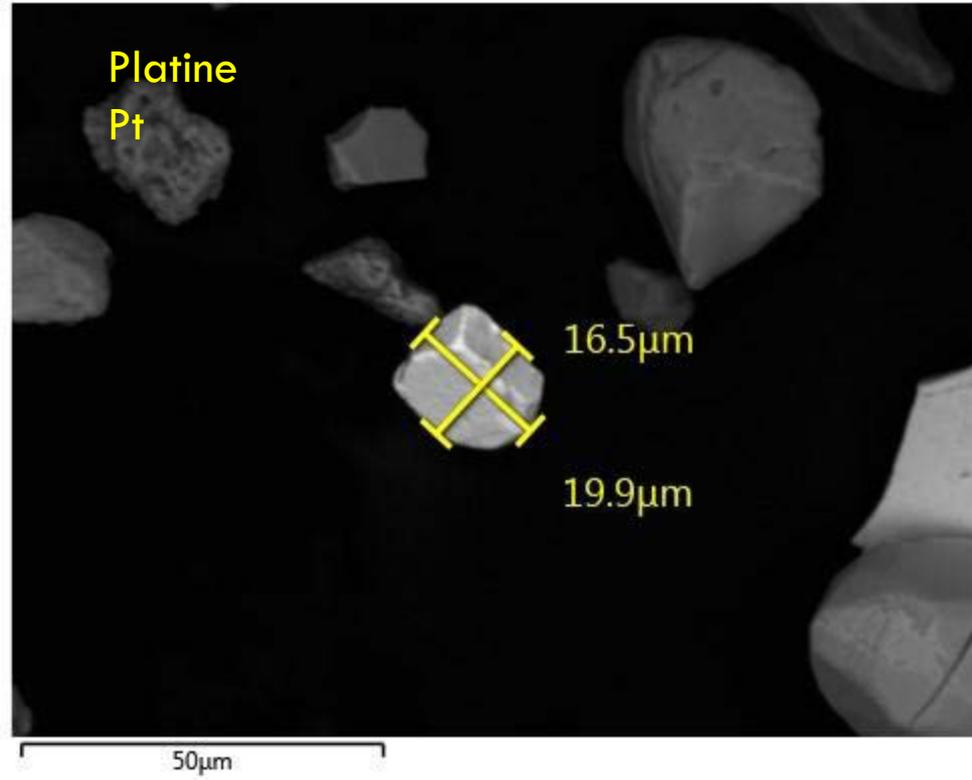
Braggite
(Pd,Pt,Ni)S



IOS

L'innovation comme motivation

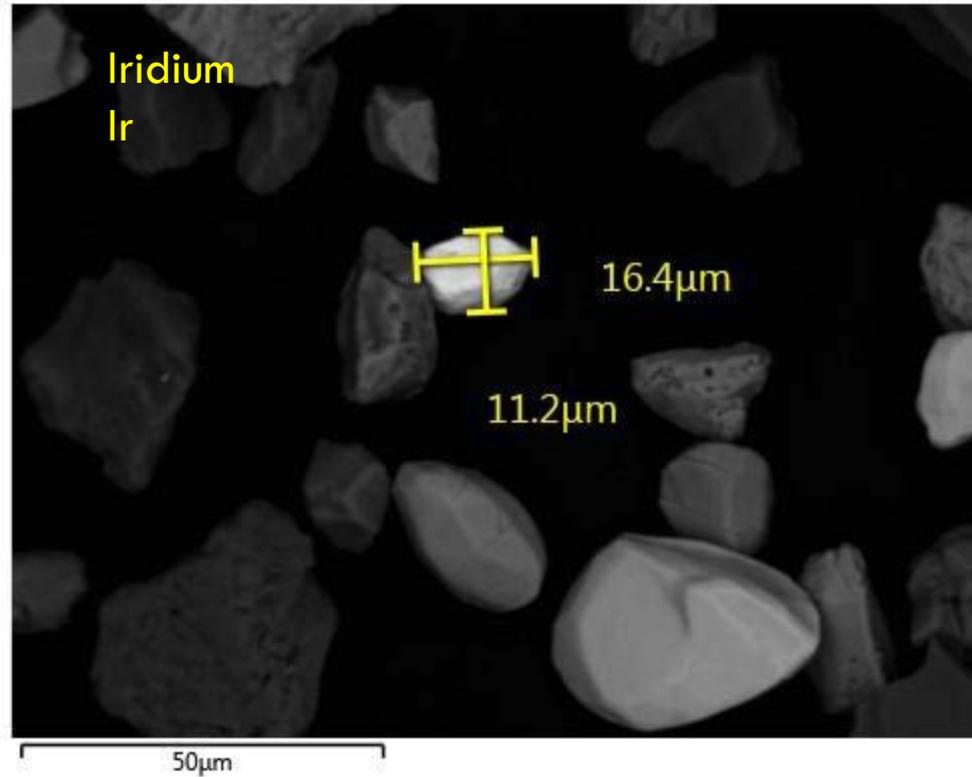
111920049.15



IOS

L'innovation comme motivation

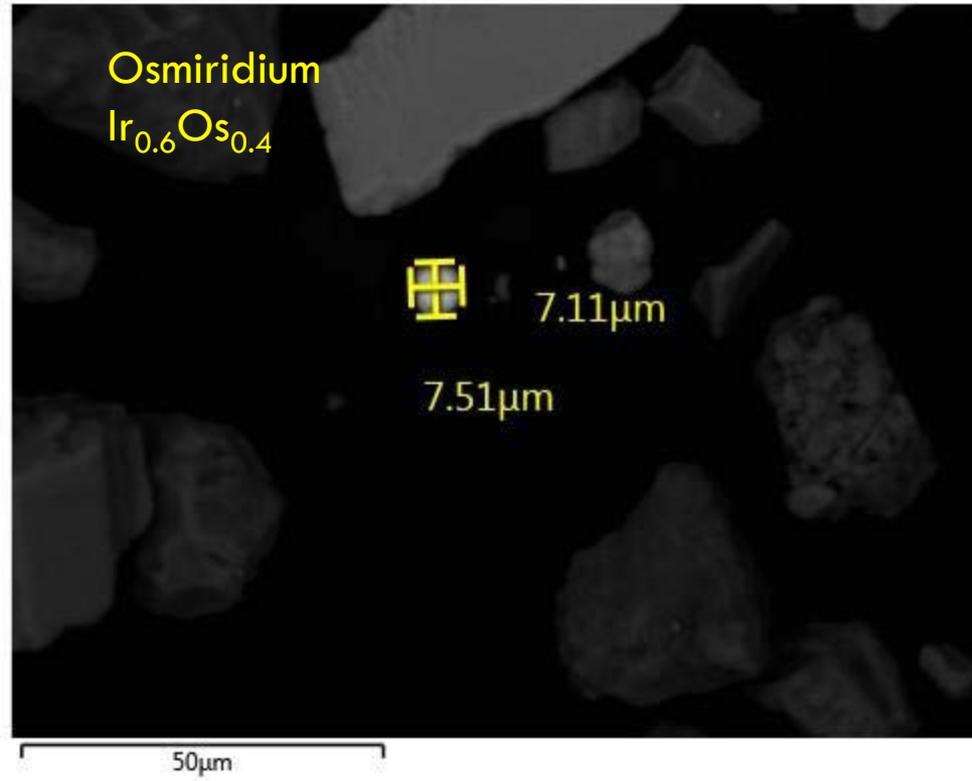
111920044.30



IOS

L'innovation comme motivation

111920050.13

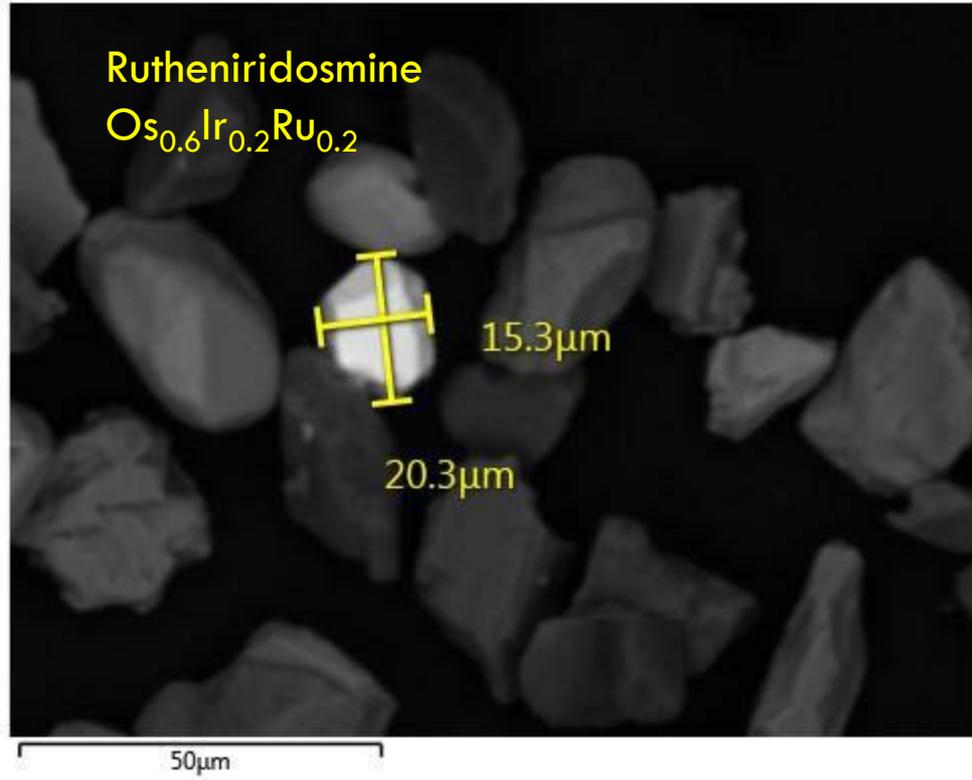


IOS

L'innovation comme motivation

111920047.24

Rutheniridosmine



IOS

L'innovation comme motivation

111920035.20

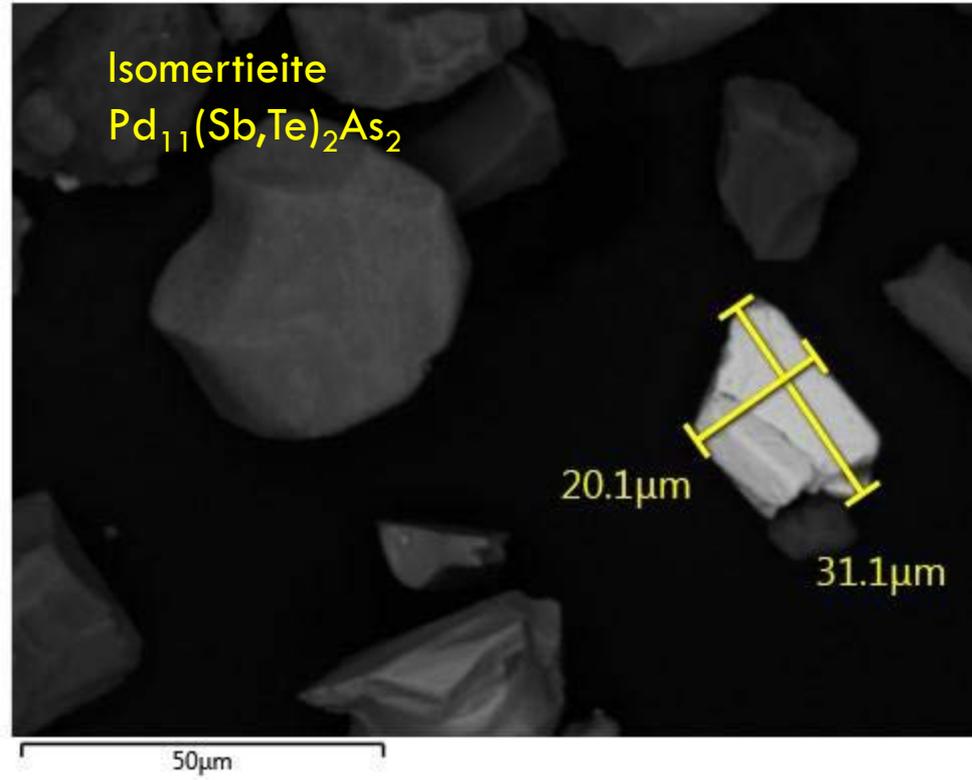
Erlichmanite
(Os,Rh,Ir) S_2



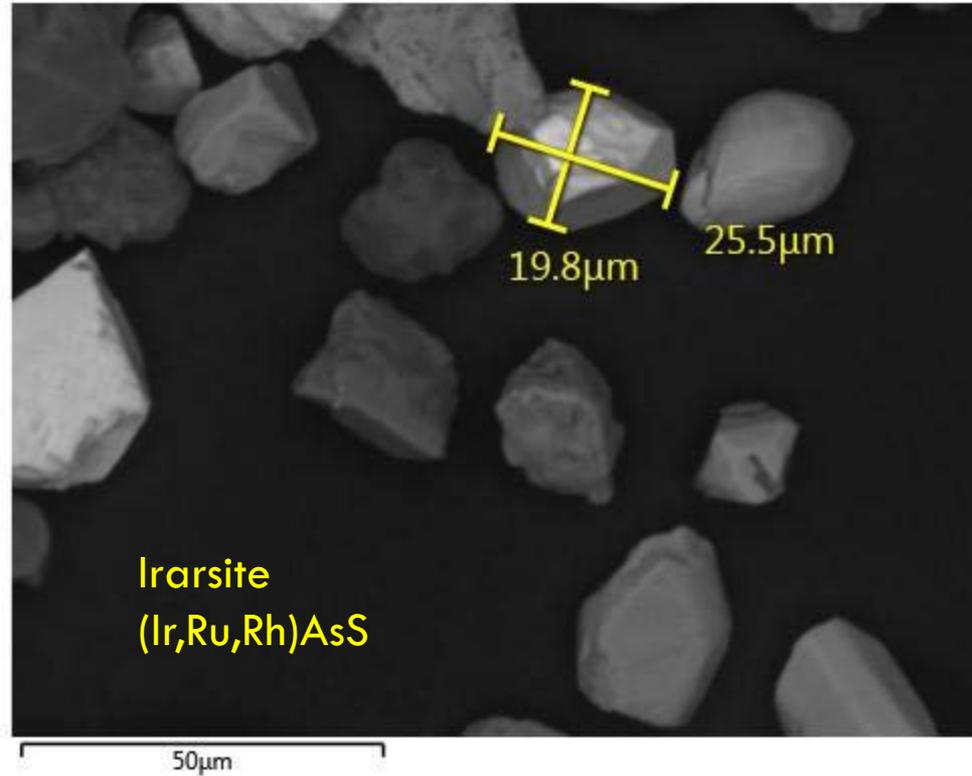
IOS

L'innovation comme motivation

111920062.13



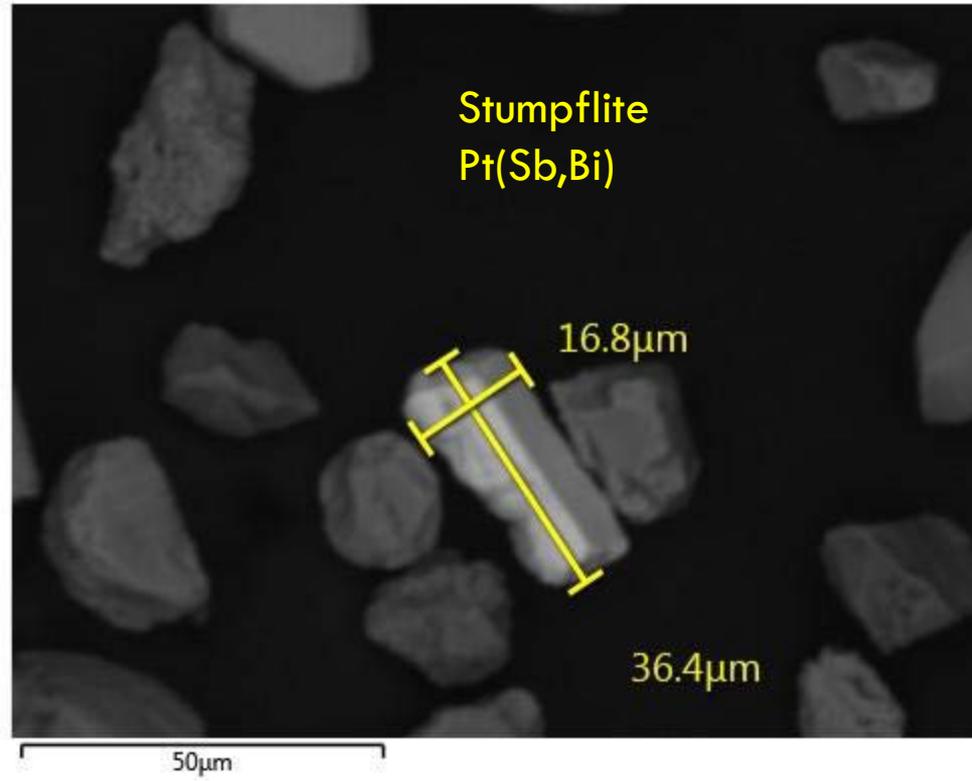
111920116.12



IOS

L'innovation comme motivation

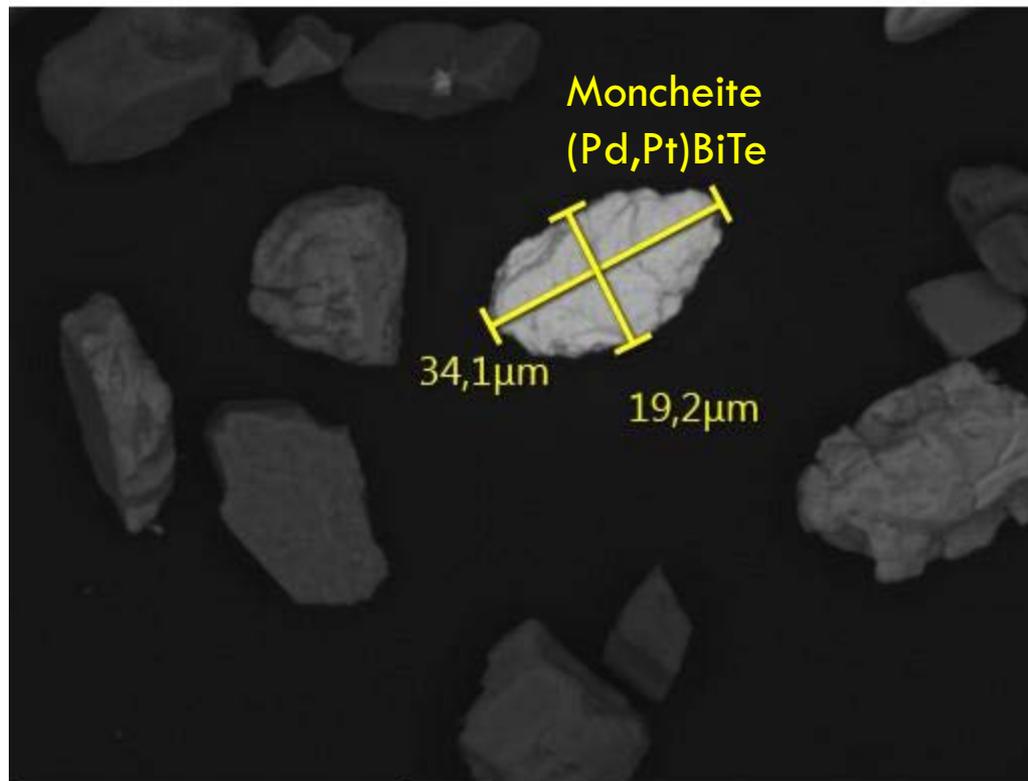
111920117.17



IOS

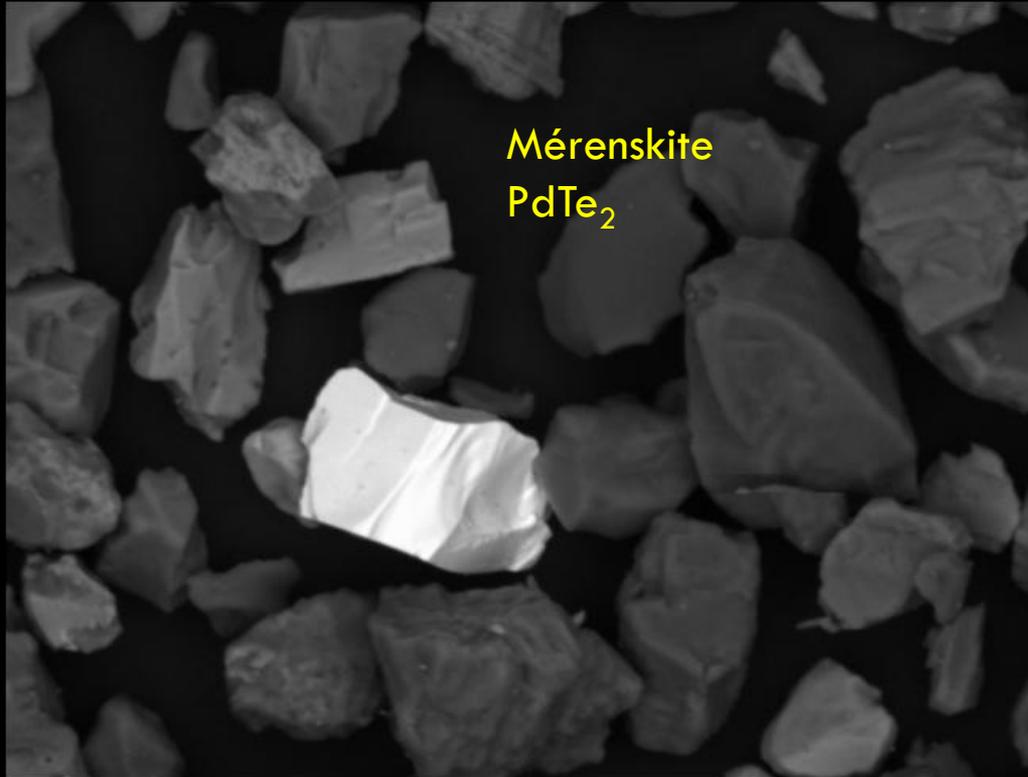
L'innovation comme motivation

91920036.10 Si



IOS

L'innovation comme motivation



Mérenskite
 PdTe_2

AMÉLIORATION DE LA SIGNIFIANCE #5

AUTRES MINÉRAUX LOURDS

- Fraction <50 μm , Densité > 5
- Récupération imparfaite
- « Agrégats de pixels », pas des comptes de minéraux
- Indicateurs de métallotectes
- Indicateurs de lithofaciès
- Très rares dans les concentrés de MXL dédiés à l'examen binoculaire!

Scheelite CaWO_4 : Zones d'altération

Wolframite FeWO_4 : Zones d'altération

Colombotantalite $(\text{Fe-Mn})(\text{Nb-Ta})_2\text{O}_6$: Pegmatite LCT

Pyrochlore $(\text{NaCa})_2\text{Nb}_2\text{O}_6\text{OH}$: Carbonatite

Bismuthinite Bi_2S_3 : Zone d'altération

Galène PbS : Sulfures massifs ou autres

Barytine BaSO_4 : Diverses altérations

Cinabre HgS : Zone d'altération basse température

Uranothorite $(\text{Th,U})\text{SiO}_4$: Granites alumineux

Baddaleyite ZrO_2 : Roches mafiques alcalines

Monazite LnPO_4 : Environnement alcalin

Euxinite $(\text{Y,Ca,Ln,U,Th})(\text{Ti,Nb,Ta})_2\text{O}_6$: Environnement Alcalin

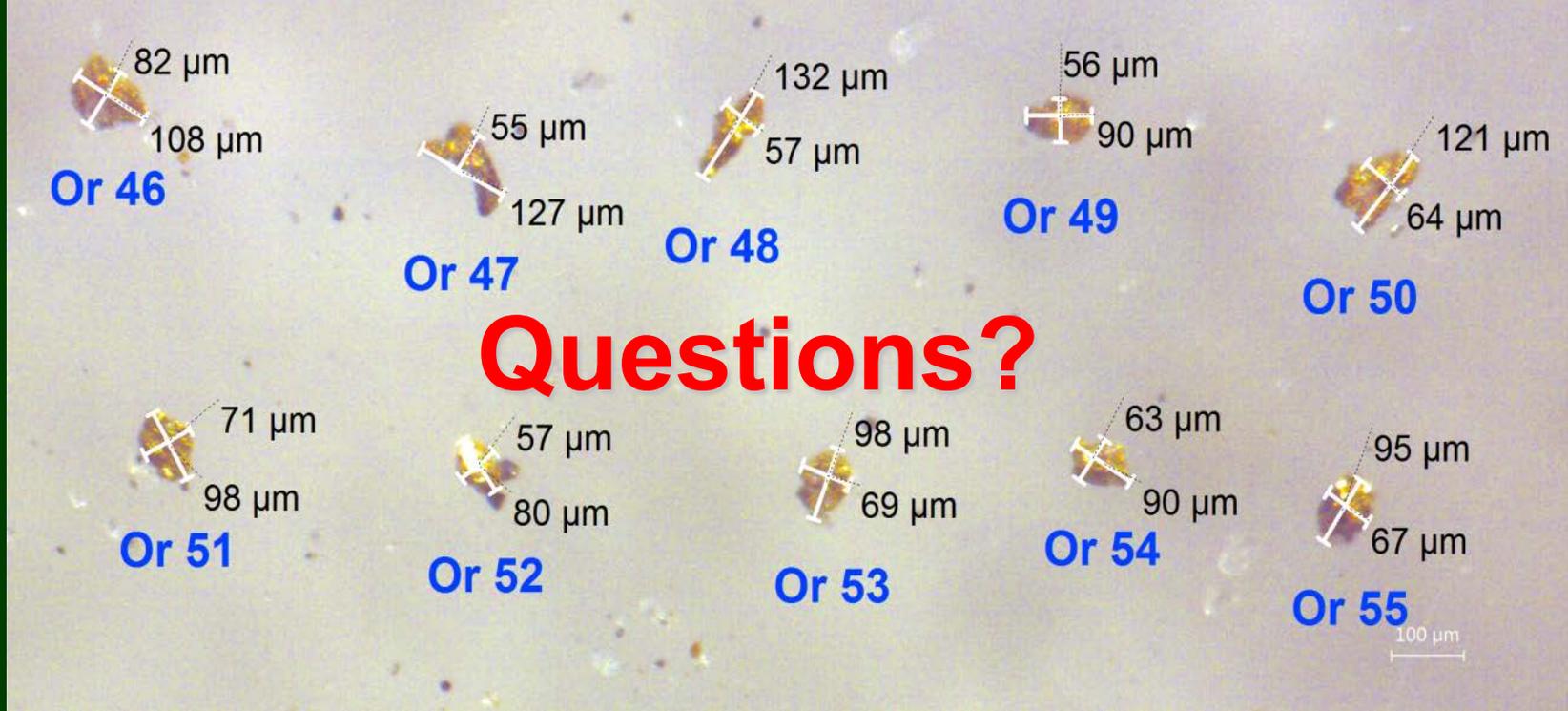
L'innovation comme motivation

Mais on comprend que vous ne voulez pas modifier vos base de données...



IOS

L'innovation comme motivation



Pour obtenir cette présentation: <http://www.iosgeo.com/fr/intranet/>

› Section Documentation

› Utilisateur: consorem

› Mot de passe: 2016consorem