

Traçabilité de l'or: Nouvelles approches scientifiques

Dr. Barbara Guénette-Beck
Prof Suren Erkman
Groupe écologie industrielle, UNIL

Session: L'or dans la tourmente, la Suisse sous pression

Journées Biennales de la FGSE, 14 février 2018

Traçabilité de l'or: nouvelles approches scientifiques

A. Quel est le but de la traçabilité de l'or ?

B. Comment tracer l'or ?

Traçabilité de l'or: nouvelles approches scientifiques

A. Quel est le but de la traçabilité de l'or ?

1. L'origine ASM (artisanal) - LSM (large scale) de l'or
2. La question de la responsabilité
3. Normes et certifications

Large Scale Mining (LSM):

L'enjeu

des grandes mines

L'exemple de Rosia Montana en Roumanie, 2014



POUR:

- Amélioration de la vie sociale et économique
 - Création de postes de travail
 - Augmentation du PIB national
- Production minière majeure en Europe
- Héritage culturel
- Techniques les plus récentes afin de diminuer l'impact environnemental

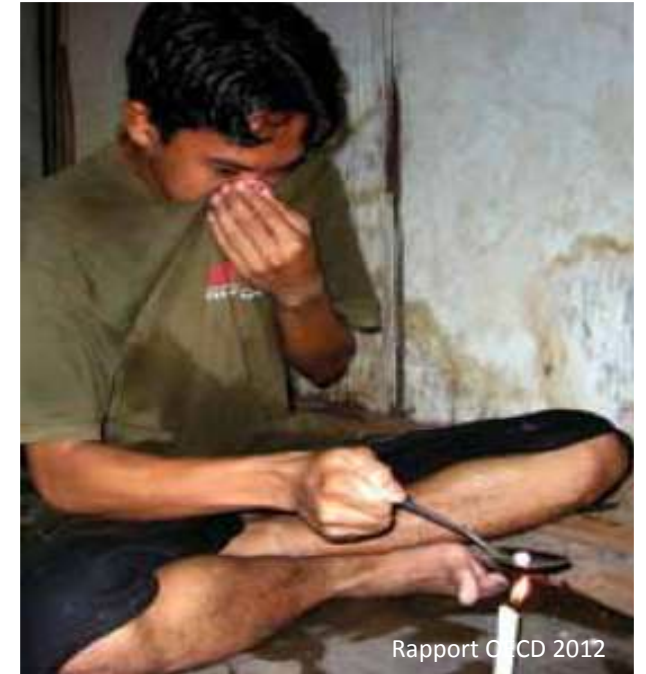
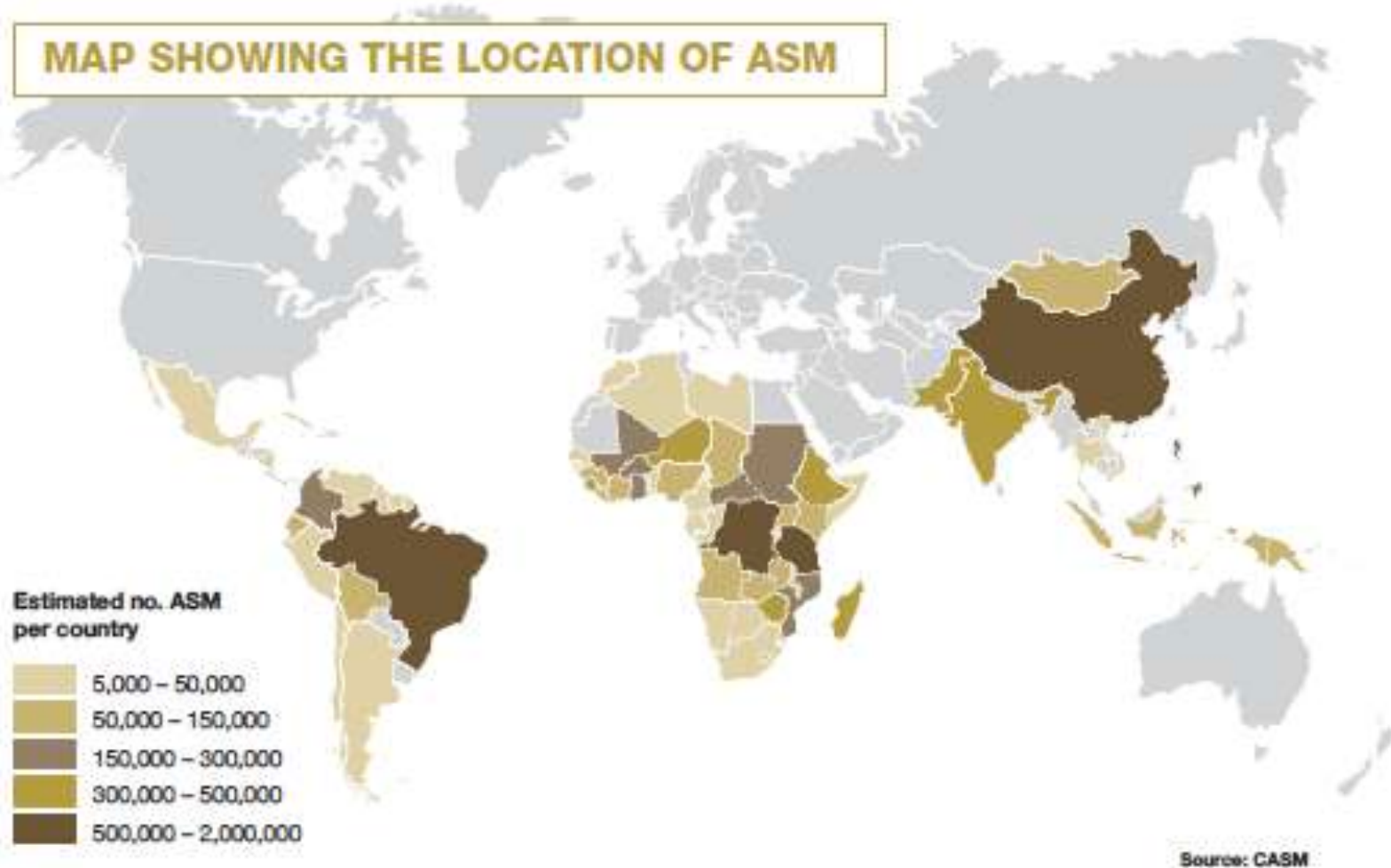
CONTRE:

- Destruction partielle de 4 montagnes
- Expropriation
- Environ 12'000 tonnes de cyanure / année
- Partenaires: 80 % Rosia Montana Gold Corp. + 20 % Etat roumain
- 900 emplois pendant les 16 ans d'exploitation

Artisanal Scale Mining: L'enjeu des petites mines

ASM is a global phenomenon occurring in at least 70 countries in Africa, Asia and Latin America.²²

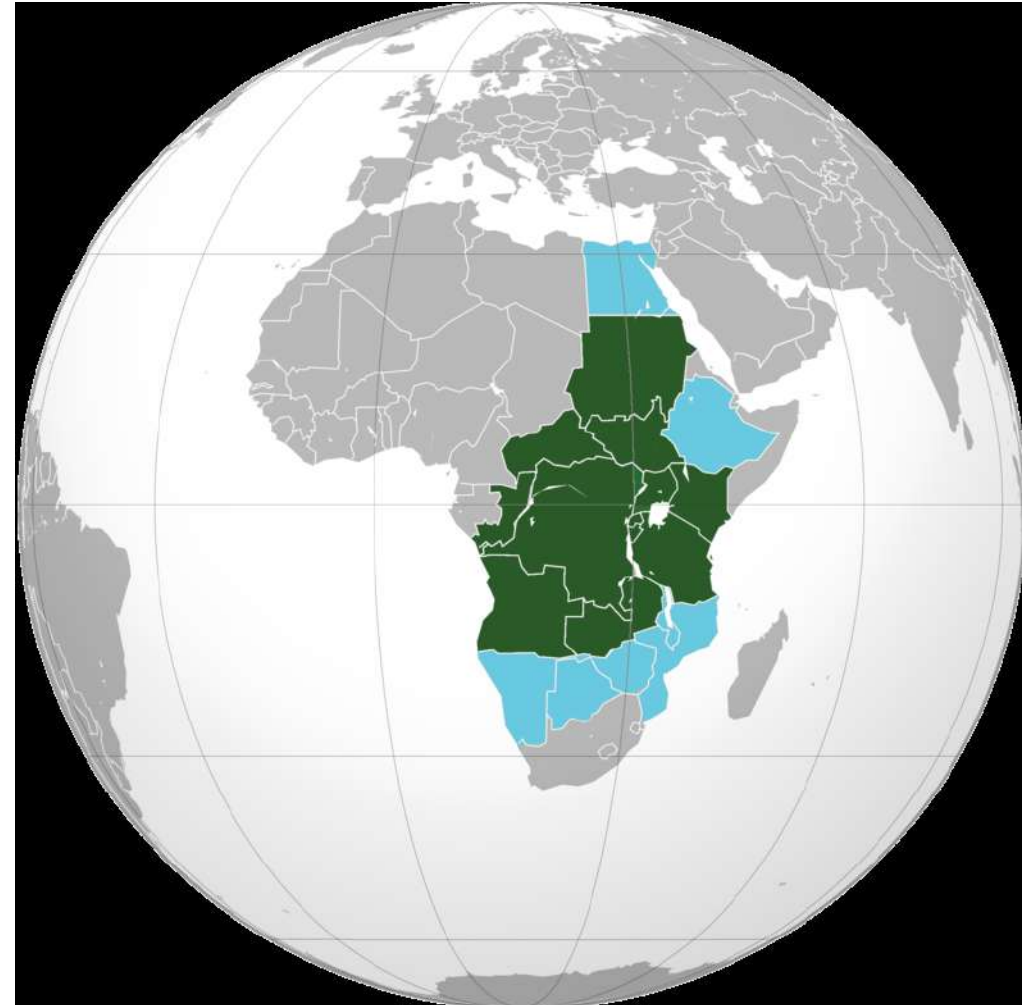
MAP SHOWING THE LOCATION OF ASM



USA: Dodd-Franck Act (2010)

Loi de Dodd-Franck, Article 1502:

Diminuer l'importation aux Etats-Unis de « minerais de guerre », c'est-à-dire des minerais issus de zones de conflits, dont les pays membres de l'ICGLR et notamment en provenance de la République démocratique du Congo.



International Conference on the Great Lakes Region (ICGLR)

Droits humains: principes de John Ruggie

- «Les Principes directeurs relatifs aux entreprises et aux droits de l'homme», adopté en juin **2011** par le **Conseil des droits de l'homme des Nations Unies**.
- Clarifier le rôle des entreprises en matière de respect des droits humains.
- Consensus au niveau international quant à ce qui est attendu des entreprises en matière de droits humains.

Principes directeurs

1. Les Etats doivent protéger les droits humains.
2. Les entreprises doivent respecter les droits humains partout dans le monde. C'est une obligation.

Entreprises liées aux matières premières et principes de John Ruggie

«La responsabilité et l'ampleur des mesures qu'une entreprise doit prendre ne dépend pas de sa taille ou de ses revenus, mais de la **gravité des impacts** que ses activités peuvent avoir sur les détenteurs de droits» (Peyer 2013)

La gravité des impacts est déterminée par:

1. Le nombre de personnes affectées
2. L'étendue des impacts
3. Leur caractère irrémédiable

Les Principes directeurs s'applique non seulement aux activités d'une entreprises, mais à toutes les relations commerciales.

Prolifération des normes et des certifications

Choisir / définir des normes → Les mettre en œuvre → Les faire respecter

- Kimberley Process Certification Scheme (KPCS)
- Responsible Jewellery Council (RJC)
- Fairtrade and Fairmined Standard of Gold from Artisanal and Small-scale Mining
- Max Havelaar
- Certified Trading Chain (CTC)
- LBA (loi blanchiment argent)
- LBMA Gold Guidance (London Bullion Market Association)

Traçabilité de l'or: nouvelles approches scientifiques

B. Comment tracer l'or ?

1. Les principes de base
2. Les origines de la traçabilité: les études archéométriques
3. Les approches modernes
4. Notre étude

Principe de base de la traçabilité physico-chimique



Brixlegg, Autriche



Mine d'or illégale en Afrique du Sud. R. Dixon



- Etablir un lien entre un objet en or, un lingot d'or, une pepite d'or ou un sable riche en or et son origine géologique / géographique
- Ce lien peut être réalisé grâce à des **paramètres physico-chimiques** précis: analyses de la composition chimique et de la composition isotopique
- La caractérisation physico-chimique d'un gisement ou d'un objet en or revient à déterminer son «**analytical fingerprint (AFP)**»

Echantillonnage et analyse (détermination de la composition isotopique)

Prélèvement



**Dissolution
Séparation**

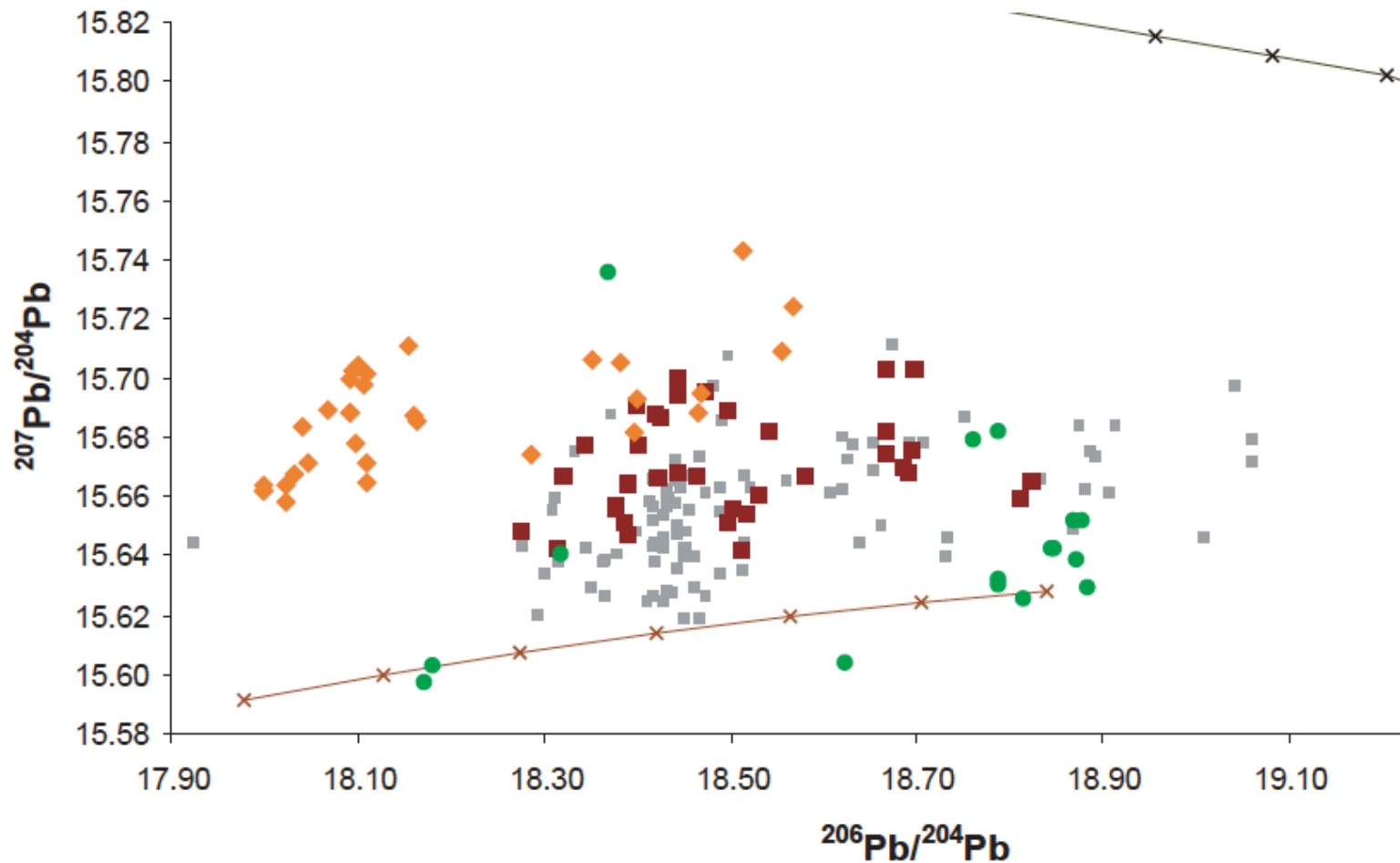


Analyse: spectromètre de masse



Interprétation

Interprétation des données



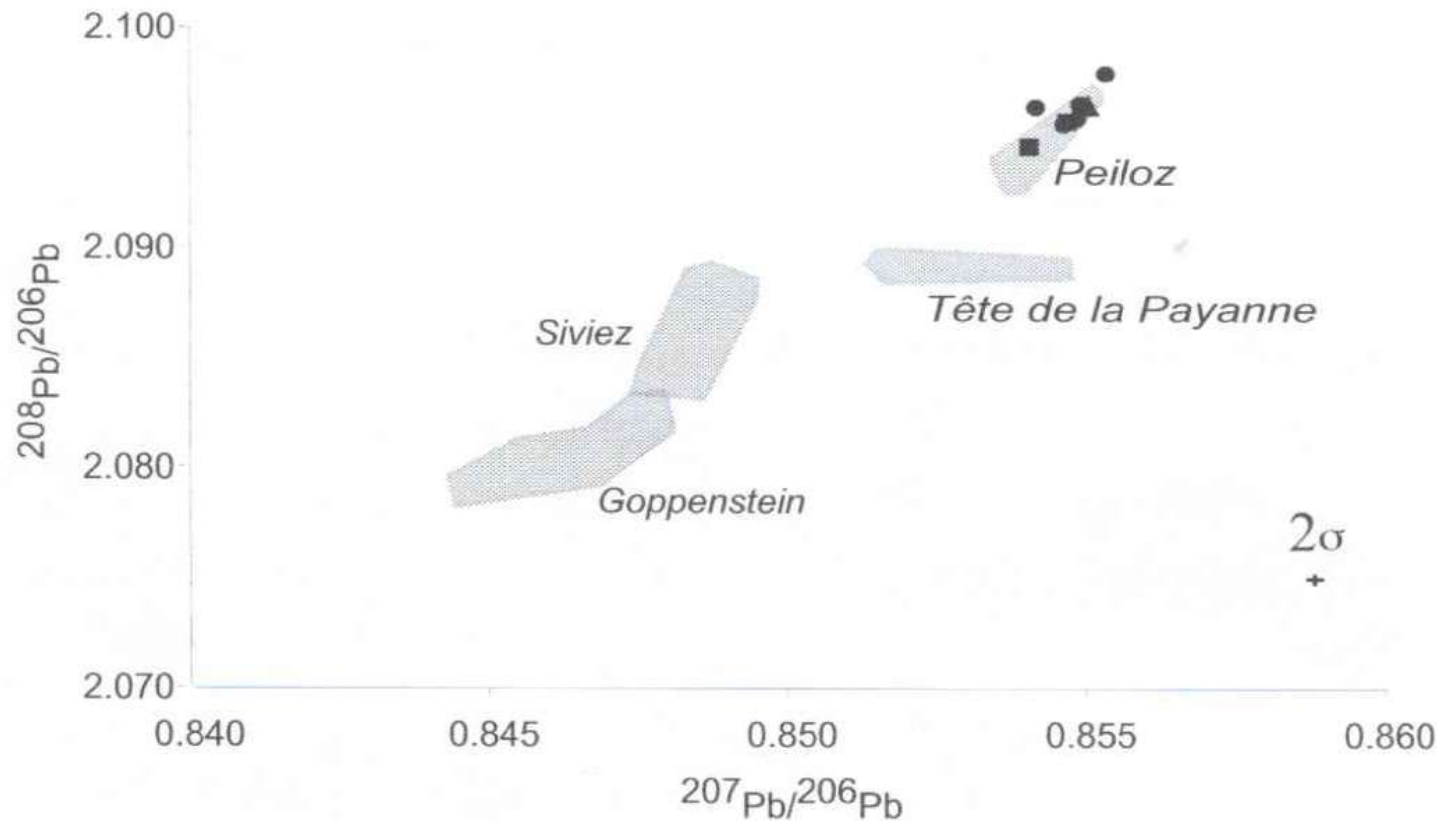
- Les mines du Valais ■ Alpes françaises ◆ Pyrénées
- Vosges —x— ancienne croûte sup. —x— jeune croûte sup.

Echant.	Cu	Sn	Fe2O3	Zn	Bi	Pb	Ag	Ni	As	Sb	Mg
	wt-%	wt-%	wt-%	wt-%	wt-%	wt-%	wt-%	wt-%	wt-%	wt-%	wt-%
1367	12.11	77.20	0.463	0.022		3.100	0.282	0.032	0.000	0.335	0.66
1367AG	74.50	22.40				1.400	0.120	0.018	0.004	0.130	
1486	69.32	25.97	0.345	0.013		0.931	0.091	0.000	0.016	0.035	0.39
1487	56.78	36.22	0.360		0.017	2.430	0.068	0.089	0.424	0.000	0.60
1488	46.49	43.20	0.451	0.000		1.060	0.112	0.017	0.000	0.000	0.67
1489	56.55	25.21	0.635	0.011		5.440	0.512	0.514	0.012	1.380	0.54
1489AG	80.20	16.80				1.300	0.310	0.310	0.010	1.000	
1490F1	64.64	28.72	0.205	0.012		0.598	0.094	0.000	0.000	0.000	0.56
1490F2	62.99	30.06	0.290	0.024		0.605	0.010	0.000	0.000	0.000	0.50
1490AG	77.00	22.40				0.430	0.057	0.013	0.007	0.040	
2853	15.22	69.42	2.450	0.030	0.116	1.300	0.951	0.067	0.425	1.850	0.69
2853AG	75.20	22.80				0.510	0.320	0.065	0.170	0.930	
2854	19.41	61.42	1.840	0.032	0.021	0.511	1.140	0.073	1.200	3.160	0.96
7183	17.00	72.92	1.770	0.013		0.965	0.572	0.188	0.042	0.843	0.47
7189	17.81	74.47	1.210	0.021		1.280	0.383	0.029	0.012	0.256	0.43
7214	22.49	58.82	1.840	0.023	0.111	2.670	0.898	0.036	0.211	2.570	0.74
7217	19.98	67.60	1.200	0.013		2.830	0.191	0.035	0.000	0.124	0.51
7223	12.72	77.54	2.780	0.030		1.830	0.410	0.036	0.021	0.280	0.40
7323	25.13	67.35	0.963		0.032	2.360	0.166	0.196	0.139	0.040	0.46
7331	18.96	73.35	1.350	0.015		2.520	0.276	0.015	0.017	0.235	0.48
7338	13.00	72.04	2.240	0.014	0.042	5.850	0.488	0.056	0.499	0.753	0.37

Les approches archéométriques

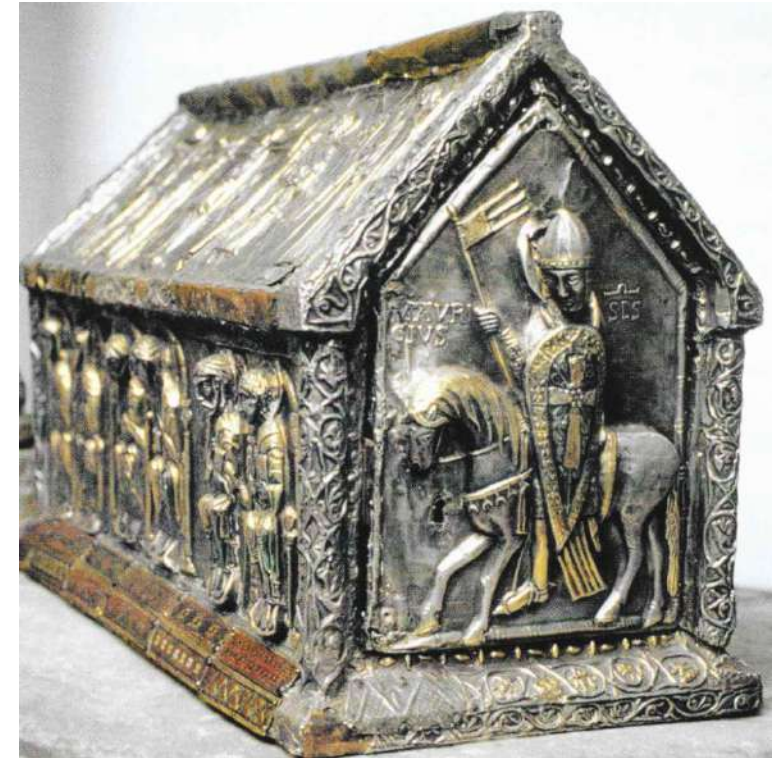
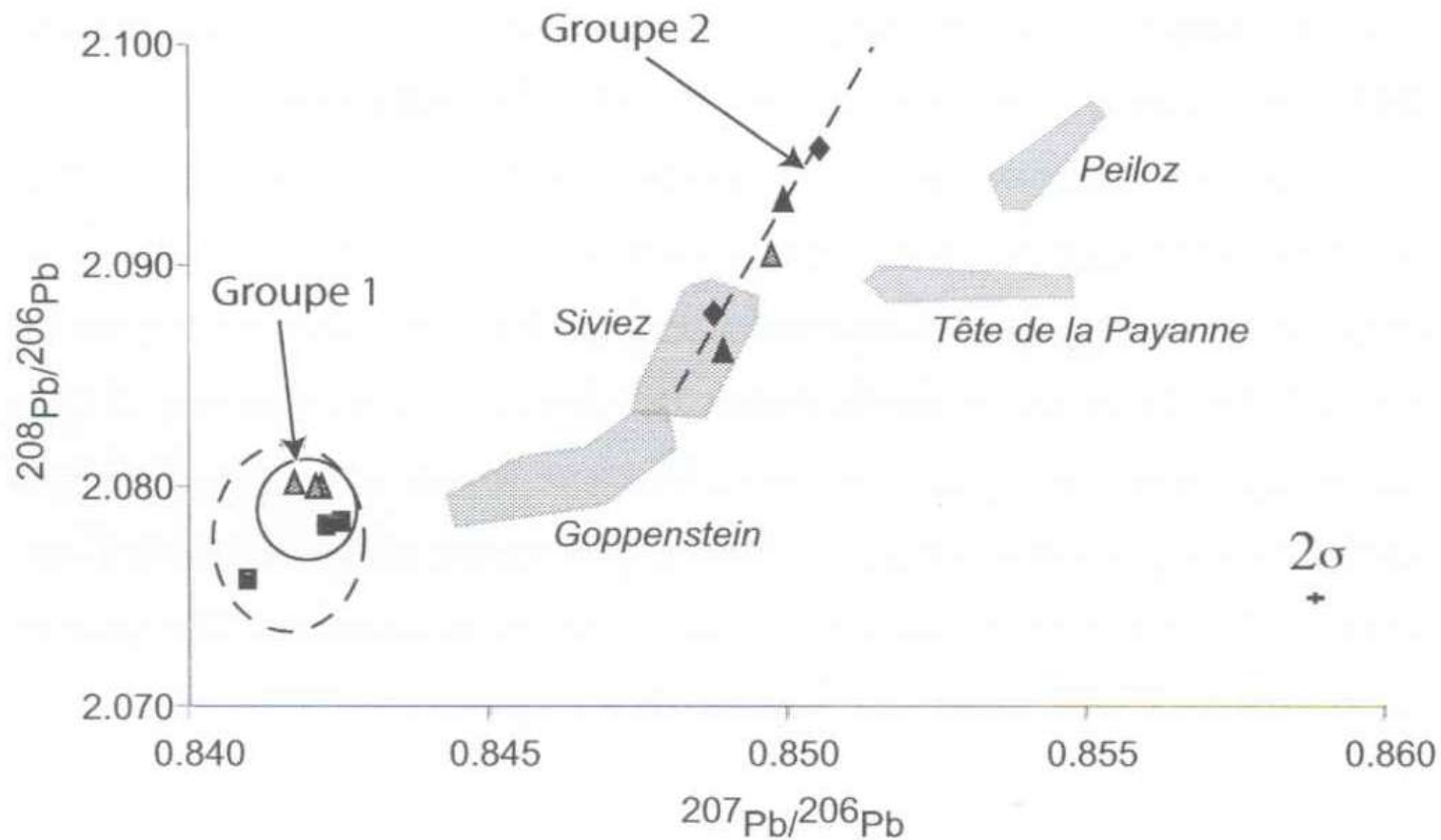
Exemple: frappes épiscopales

source unique



Evêque Mathieu Schiner,
1499-1522

Exemple: Châsse des enfants de St Sigismund mélanges complexes



XII ème siècle,
Rénovations aux XIII, XVII et
XXIème siècles

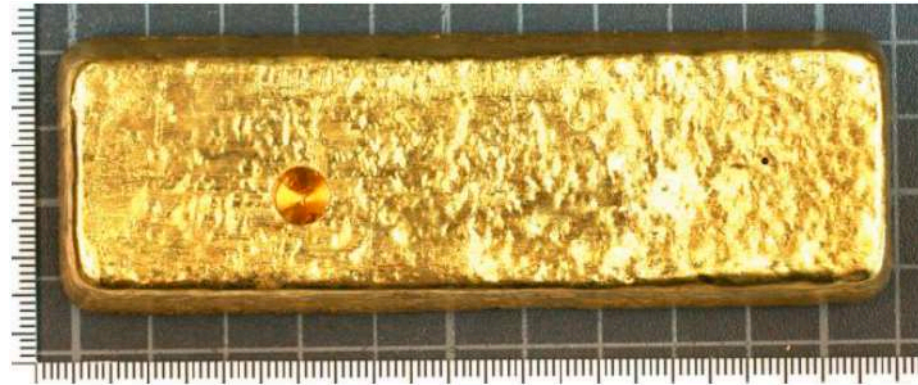
Les approches modernes

- Etude de traçabilité du tungstène, étain, tantale effectuée par le BGR (Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe, Hannover) dans la région des Grands Lacs
- BRGM, Augé: Faisabilité technique d'une traçabilité physico-chimique de l'or en Guyane



Les approches modernes

Déterminer l'origine géologique / géographique de l'or



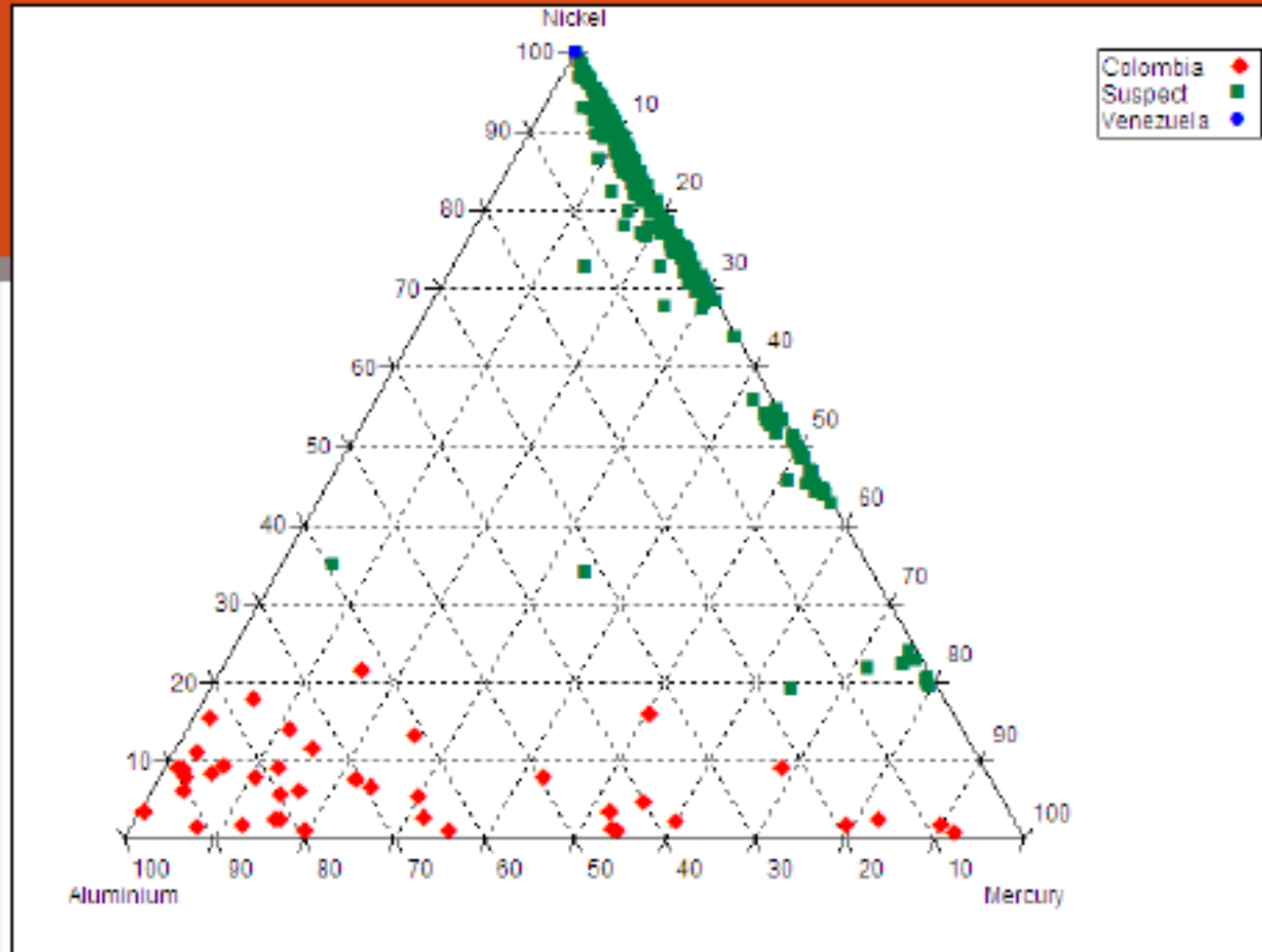
Fret confisqué dans les Caraïbes:

Originaire du Venezuela (exploitation minière illégale)

ou de Colombie (légale) ?

Déterminer l'origine géologique / géographique de l'or

Compositional differences due to geology



Notre étude préliminaire

Partenariat entre:

- Jonathan Jodry, Chef du laboratoire d'affinage, Metalor Technologies SA, Neuchâtel
- Massimo Chiaradia, Responsable laboratoire isotope, Faculté des Géosciences, Université de Genève
- Suren Erkman, Chef groupe écologie industrielle, Université de Lausanne
- Barbara Guénette-Beck, groupe écologie industrielle, Université de Lausanne

Caractérisation chimique et isotopique des échantillons

Mine



Teneur en or: 2 - 10 ppm = 0.00002% - 0.00010%

Fournisseur

Swiss Doré Bars



Teneur en or: 20 – 80 %

Affineur

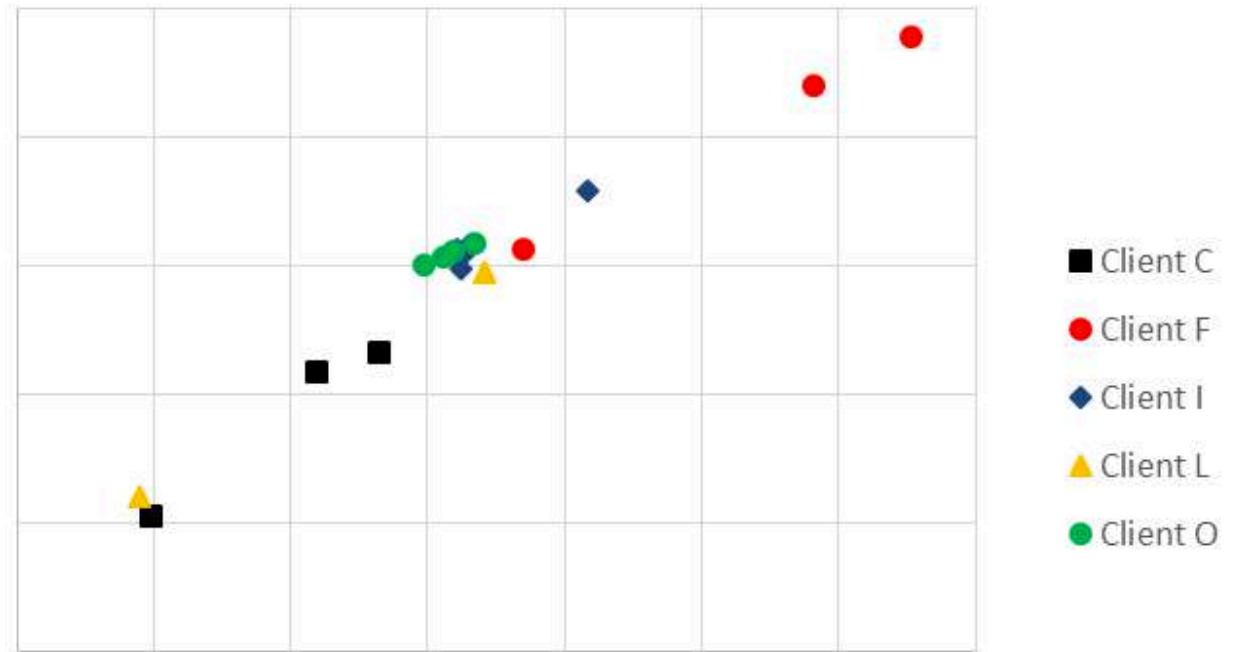
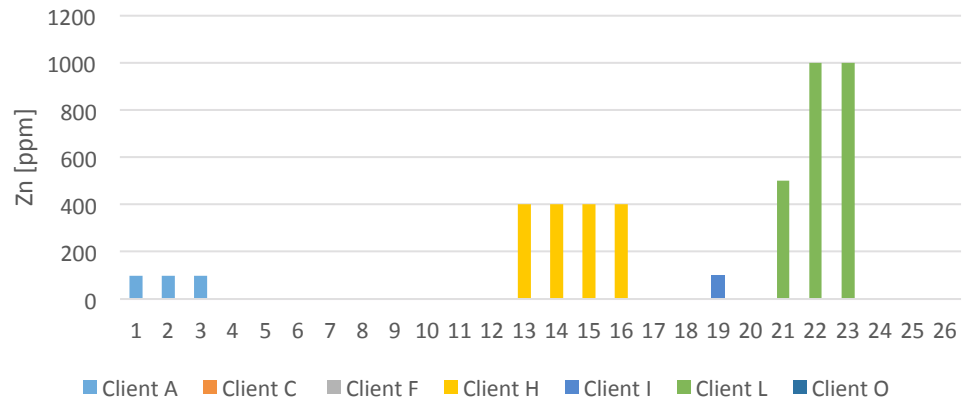
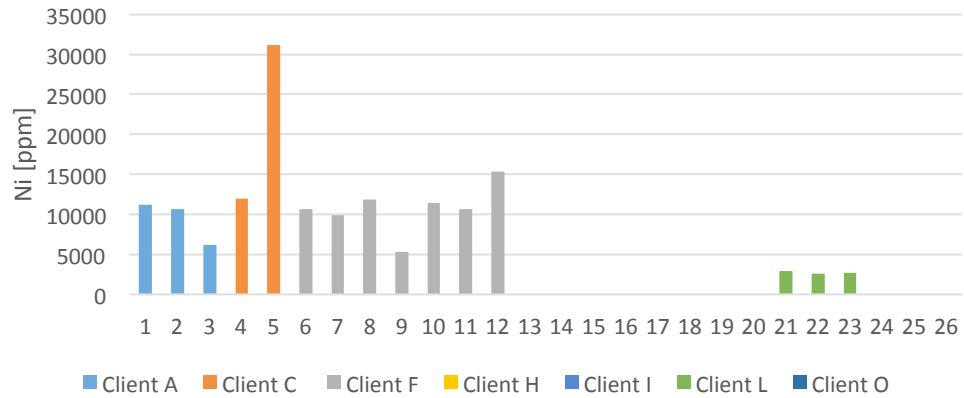


pro aurum



Titre: 999.9 – 999.99

Résultats de l'étude préliminaire



Résultats de l'étude préliminaire: prometteurs

- Un fournisseur peut être caractérisé par son «analytical fingerprint»
 - Caractérisation univoque d'un fournisseur possible en combinant des analyses isotopiques et chimiques
 - Les dorés de certains fournisseurs montrent une signature typique d'un mélange de plusieurs sources, d'autres sont typiques d'une source unique
 - Certains échantillons ont été pollués par des ajouts le long de la chaîne de valeur: volontaires (Hg) ou involontaires (Pb)
 - Sur la base des analyses, il est possible de faire des hypothèses quant à l'origine géologique des échantillons

Limites et potentiel de cette approche

- Analyse des impuretés
- Mélanges complexes peuvent être difficiles à interpréter
- Banque de données

- La détermination de l'origine est possible
- Difficile de tricher



Une vraie alternative, basée sur une approche scientifique, aux audits effectués actuellement

Suite de notre projet

1. Caractérisation des échantillons traités dans les affineries en Suisse
 - Affiner notre méthodologie
 - L'appliquer à un plus large échantillonnage
2. Etude d'un site métallurgique:
 - Mieux comprendre l'impact des procédés métallurgiques sur la composition chimique et isotopique

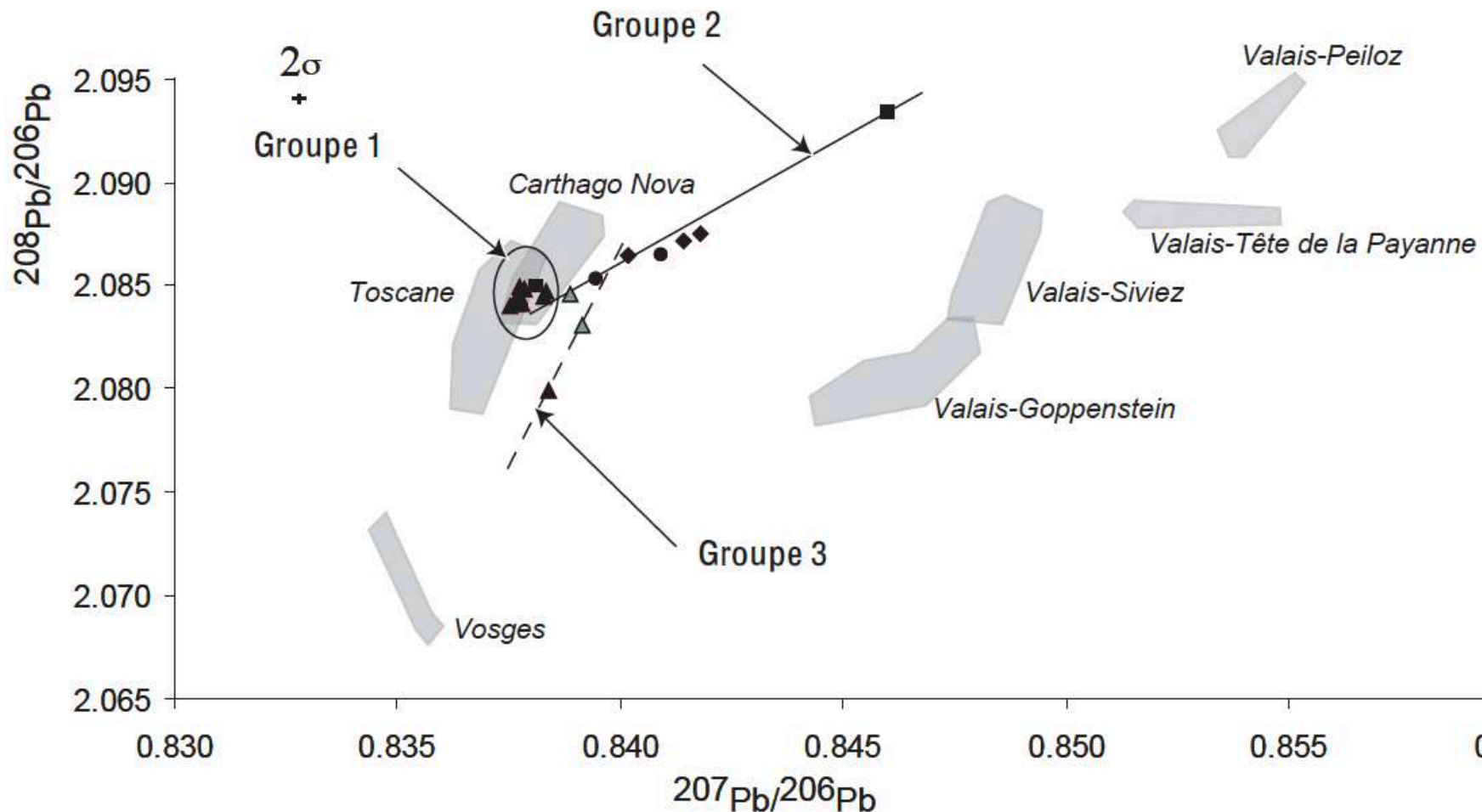


Merci de votre attention !

Chinese sales staff walk along an aisle paved with gold bars, estimated to be worth over 100 million yuan (\$16 million), at a gold exchange house in Kunming, China, Dec. 11, 2012.

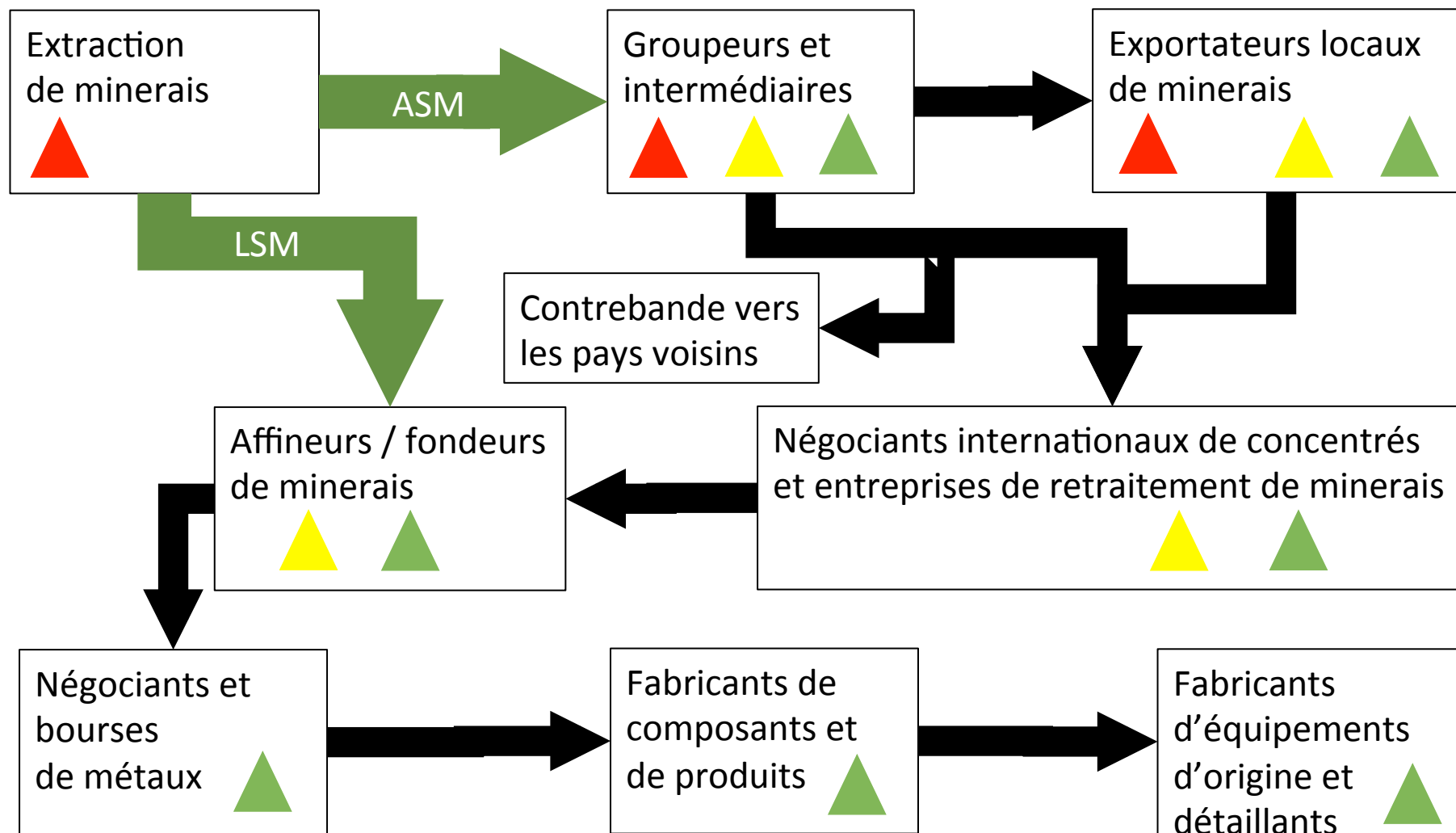
Exemple 2: les potins du Mont Vully

source unique et mélange binaire



Potins: alliage Pb, Cu, Sn
Monnaies ayant circulées
sur le Plateau Suisse, région
des trois lacs
Séquanais, LTD1/LTD2a

Enjeux de la chaîne d'approvisionnement



Risques associés:

- Soutien à des groupes armés.
- Présence des forces de sécurité publique dans une optique autre que la sécurité.

- Corruption
- Fausses déclarations d'origine des minerais

- Le devoir de diligence n'est pas respecté.