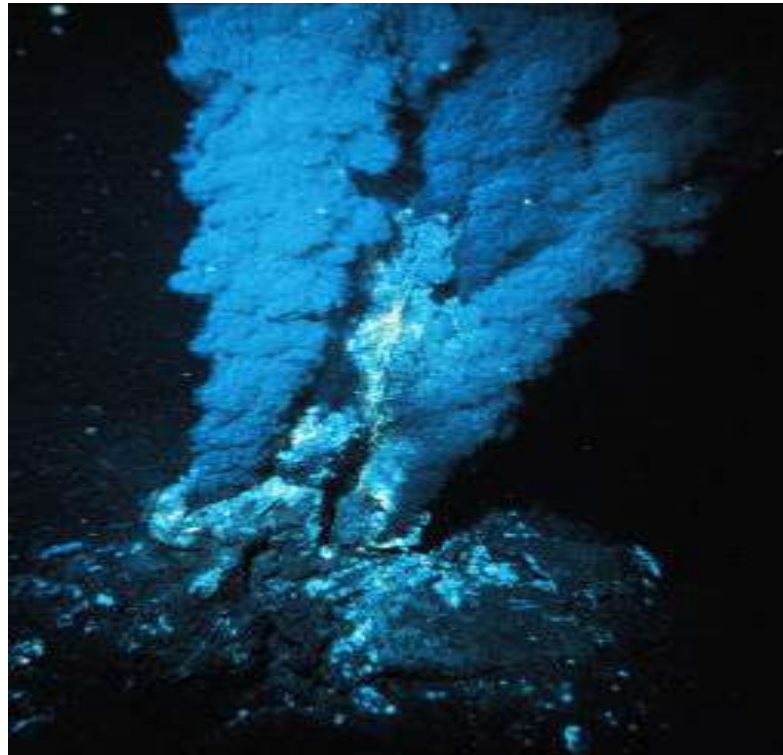


AMAS SULFURES MASSIFS

Conférence SGA
JC PREVOT
7 mars 2026
Cruas



plan

- Introduction : événements hydrothermaux actuels et fossiles
- VMS et tectonique des plaques, modèle génétique
- Divers types d'amas sulfurés massifs
- Les premiers VMS décrits : les KUROKO
- Cadre géologique et gîtologique
- Positionnement économique des VMS
- Exemples :
 - Arabie Saoudite : la mine de Jebel Said
 - France : le gisement de Chessy

Introduction

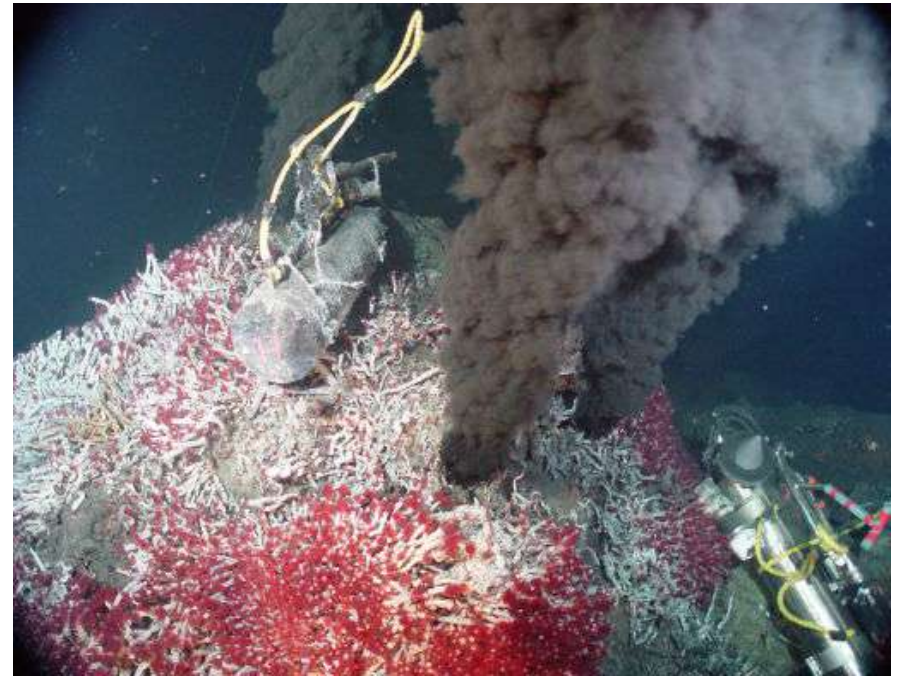
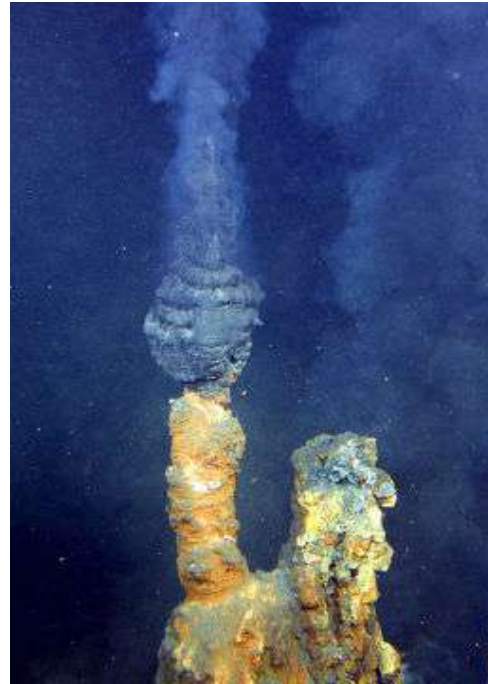
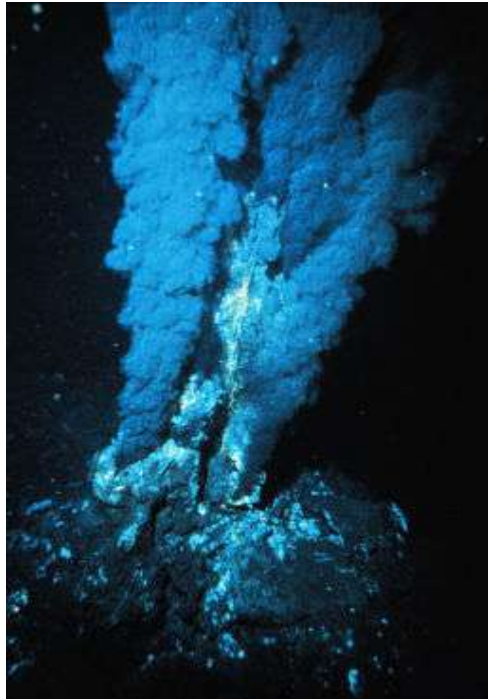
- Avec la transition énergétique les besoins en cuivre explosent : 24 Mt métal en 2025 – 40 Mt à l'horizon 2040
- Les amas sulfurés sont la 2de source de Cu après les porphyres cuprifères
- Les amas sulfurés : très nombreuse famille de gisements de métaux de base, Fe, Cu, Zn, Pb, (Mn, Ba,) et précieux Ag, Au, parfois Sn (Neves Corvo)
- Plus de 1000 gisements répartis en districts
- Taille de 1Mt à plusieurs dizaines de Mt, rarement >100Mt (Kidd Creek, Rio Tinto, Tharsis, Neves Corvo, Aljustrel..)

« Smokers »

- Events hydrothermaux
- Localisation sur rides médio-océaniques
- « Fabrique » actuelle de gisements de métaux de base
- Modèle pour comprendre les amas sulfurés « fossiles »

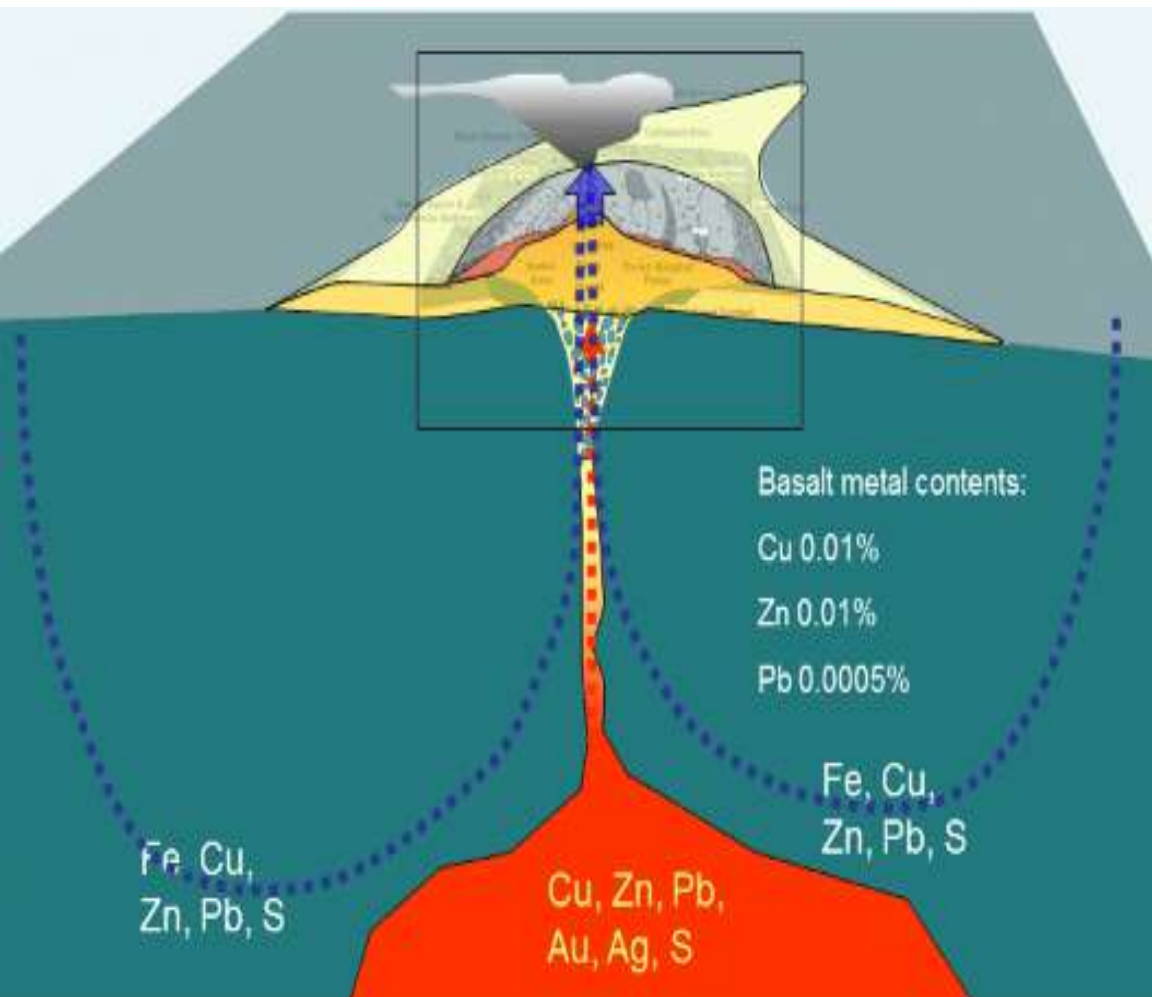
Fumeurs noirs

(Ride médio-océanique atlantique)



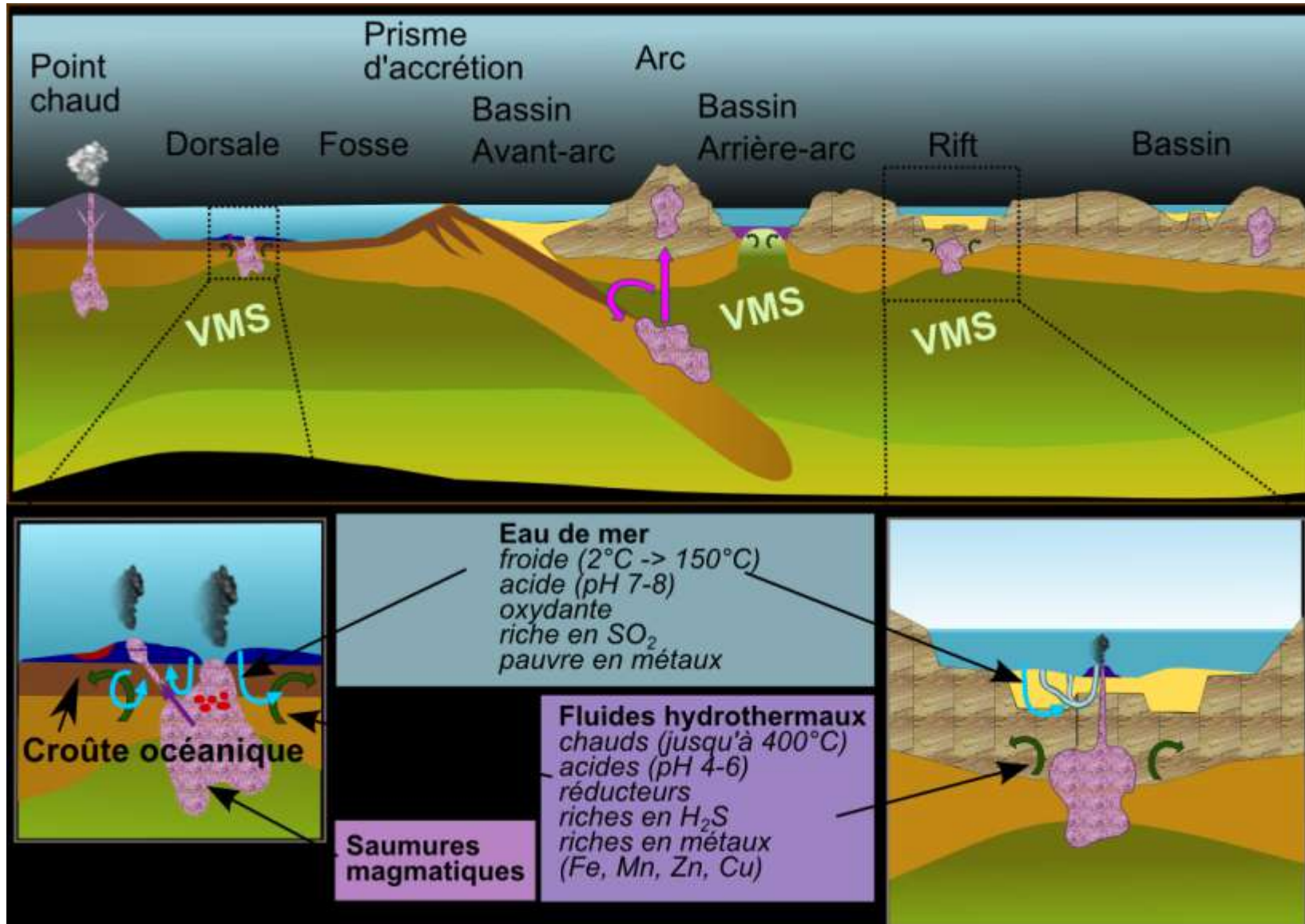
- <https://youtu.be/mXFIL1oD9fE>
- <https://youtu.be/bbeyokkMK7Y>

Modèle génétique



- **Source de chaleur, moteur convectif**
- **Zone de réaction à HT° avec lessivage des métaux par solutions hydrothermales (au mur)**
- **Failles synvolcaniques, conduits pour fluides hydrothermaux et sulfures**
- **Zones d'altération au mur ou au toit par interaction eau de mer/ fluides hydrothermaux**
- **Sulfures massifs proximaux de l'évent**
- **Sédiments formés par dépôt des sulfures ou autres (cherts, jaspes,...) du panache hydrothermal**

Contexte géodynamique



Structure des VMS de dorsale ou d'arrière-arc

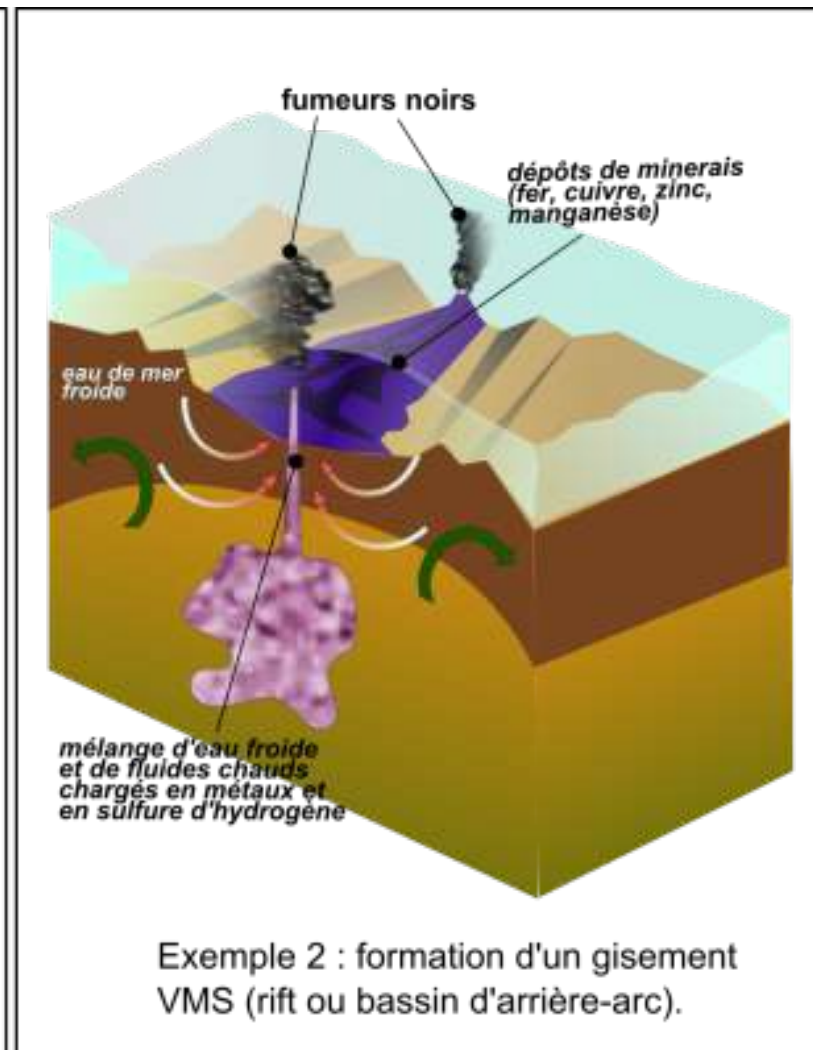
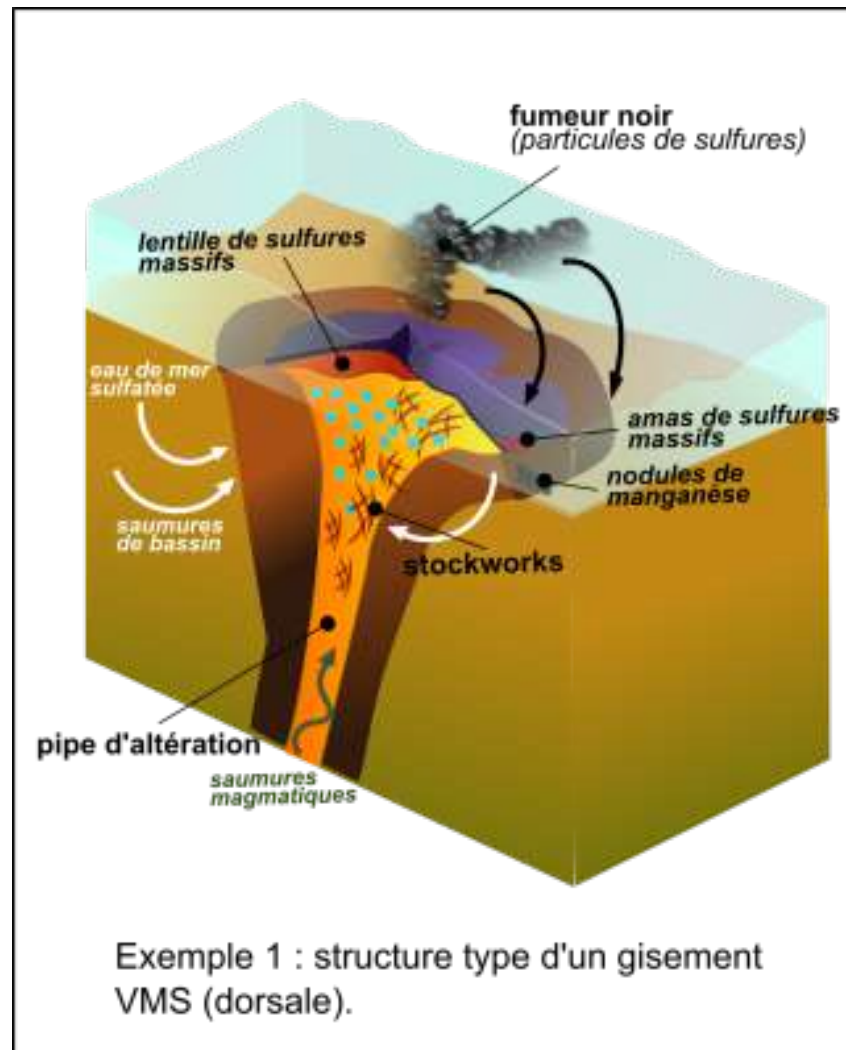
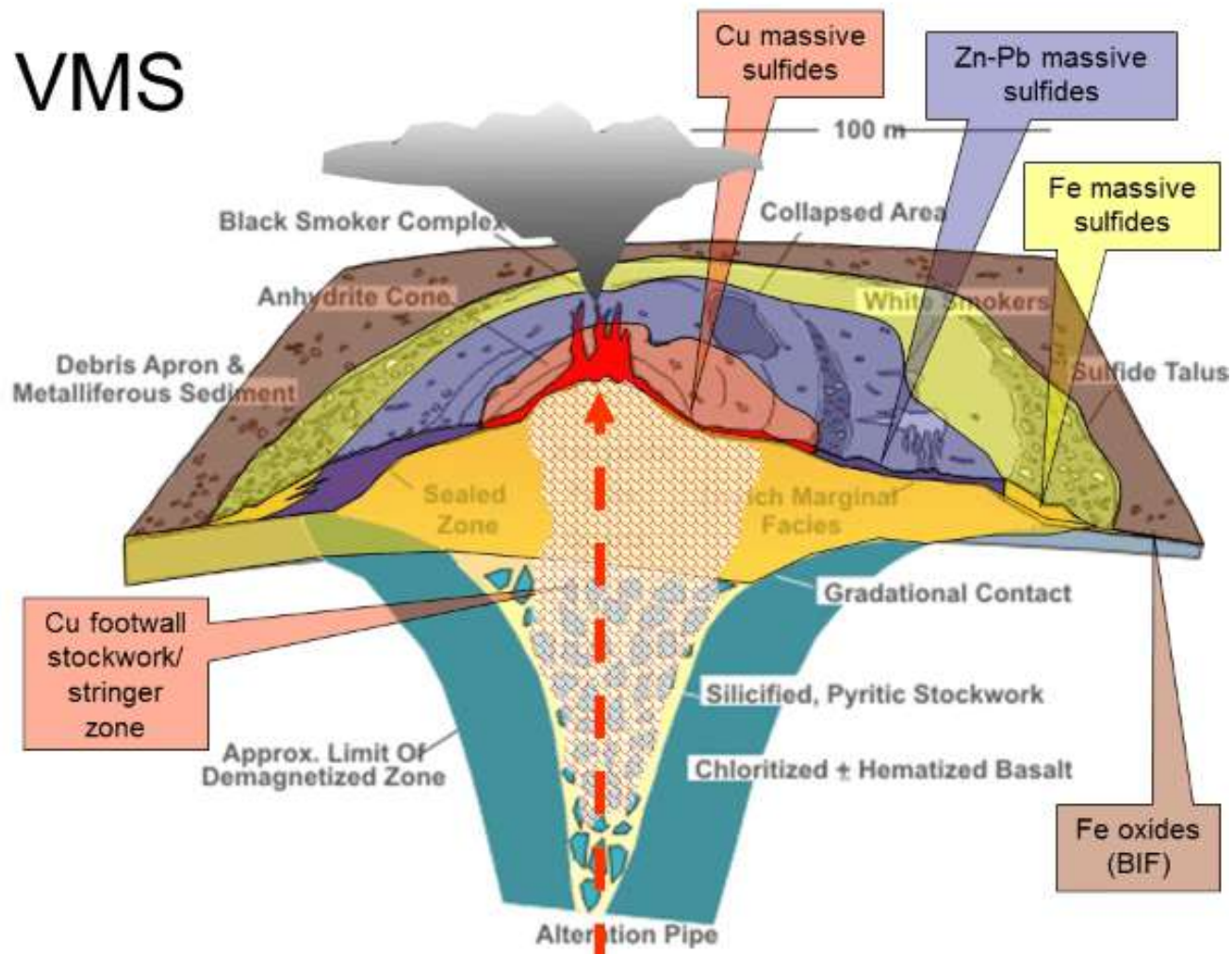
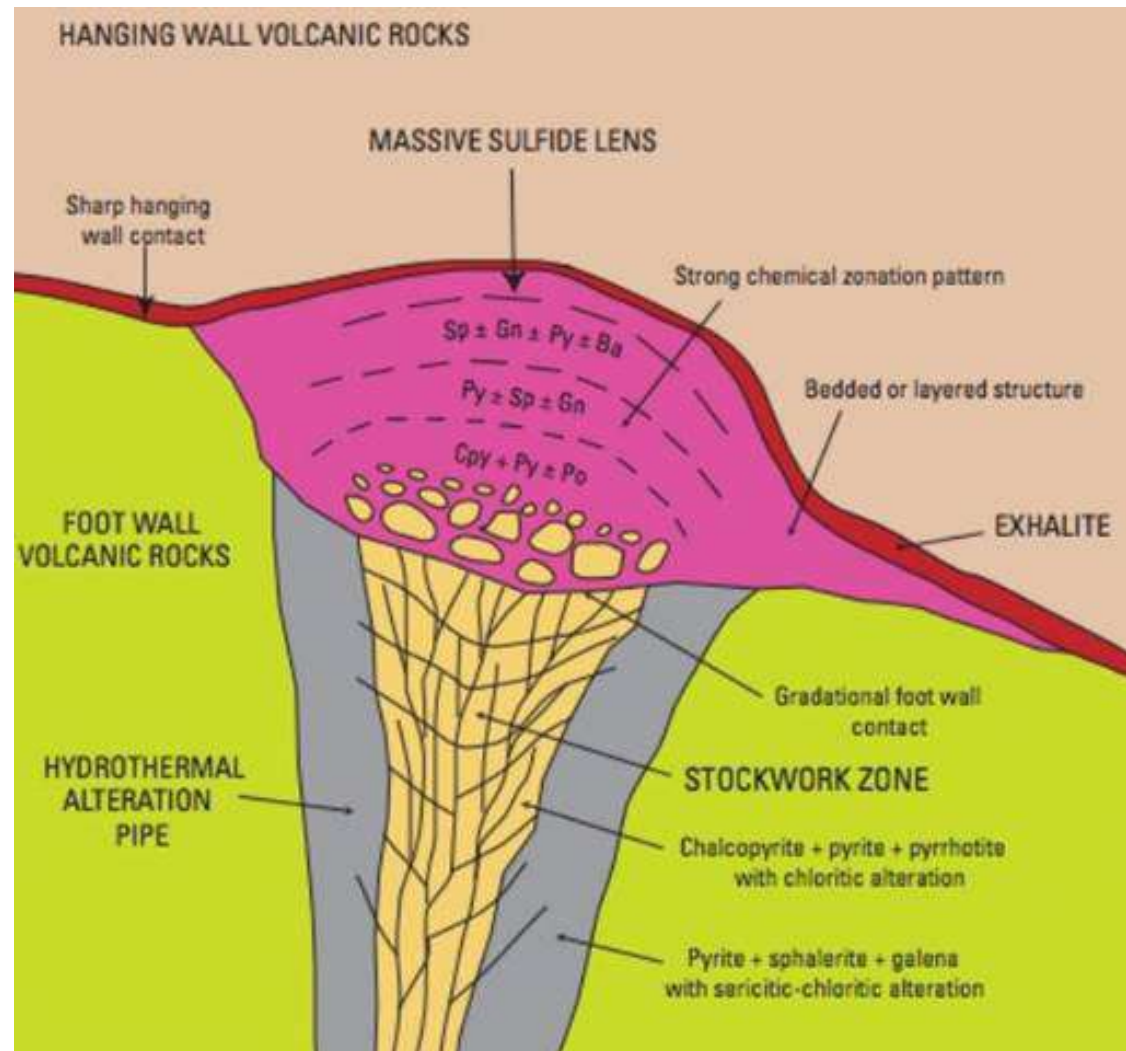


Schéma synthétique

VMS



Répartition minéralogique



Cadre géologique et gîtologique

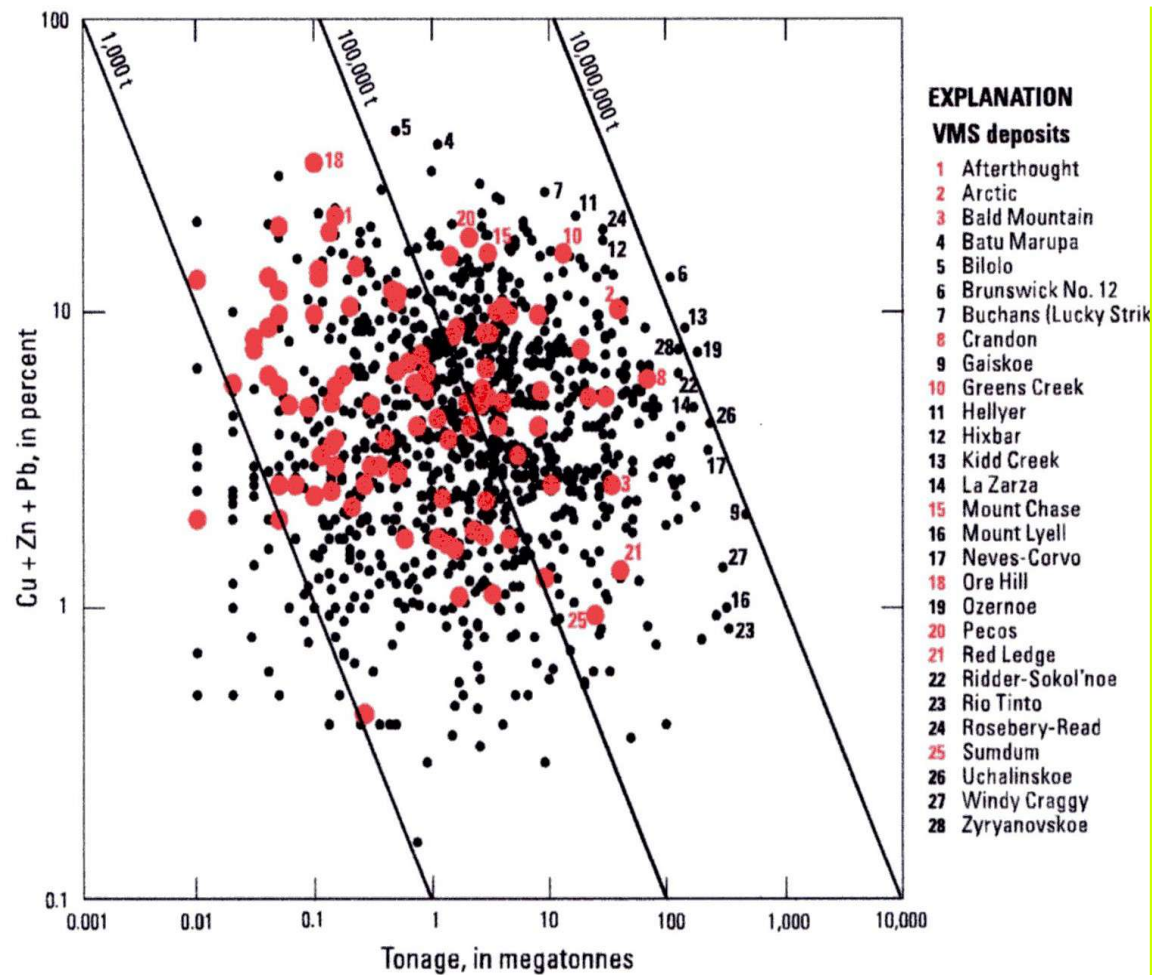
• Géologie

- Série volcano-sédimentaire
- Volcanisme acide/basique
- Altérations hydrothermales au mur (Si/chlo) et au toit (Si...)
- Souvent centré sur appareil volcanique acide
- Souvent plusieurs corps minéralisés en chapelet:
ex : Kurokos, ceinture Ariab au Soudan, province sud-ibérique

• Gîtologie

- Morphologie en dôme ou champignon, centré sur stockwerk au mur
- Zonalité verticale et latérale
- Altération silice-chlorite-séricite dans et autour du stockwerk avec Py/pyrrh/cpy
- Minerais massifs à py+cpy puis py+sph puis sph+gal puis mn
- Minerais massifs stratifiés ou bréchiques

Positionnement économique



- >1000 gisements connus
- De 1kt à >10 Mt métal Cu+Pb+Zn
- <1% à >50% Cu+Pb+Zn
- >40% Py(+Po)
- 2e source de Cu

Figure 2-1. Grade and tonnage of volcanogenic massive sulfide deposits. Data are shown for 1,000 deposits worldwide. U.S. deposits are shown as red dots. Data from Mosier and others (2009) (Cu, copper; Zn, zinc; Pb, lead).

Kurokos (Japon)

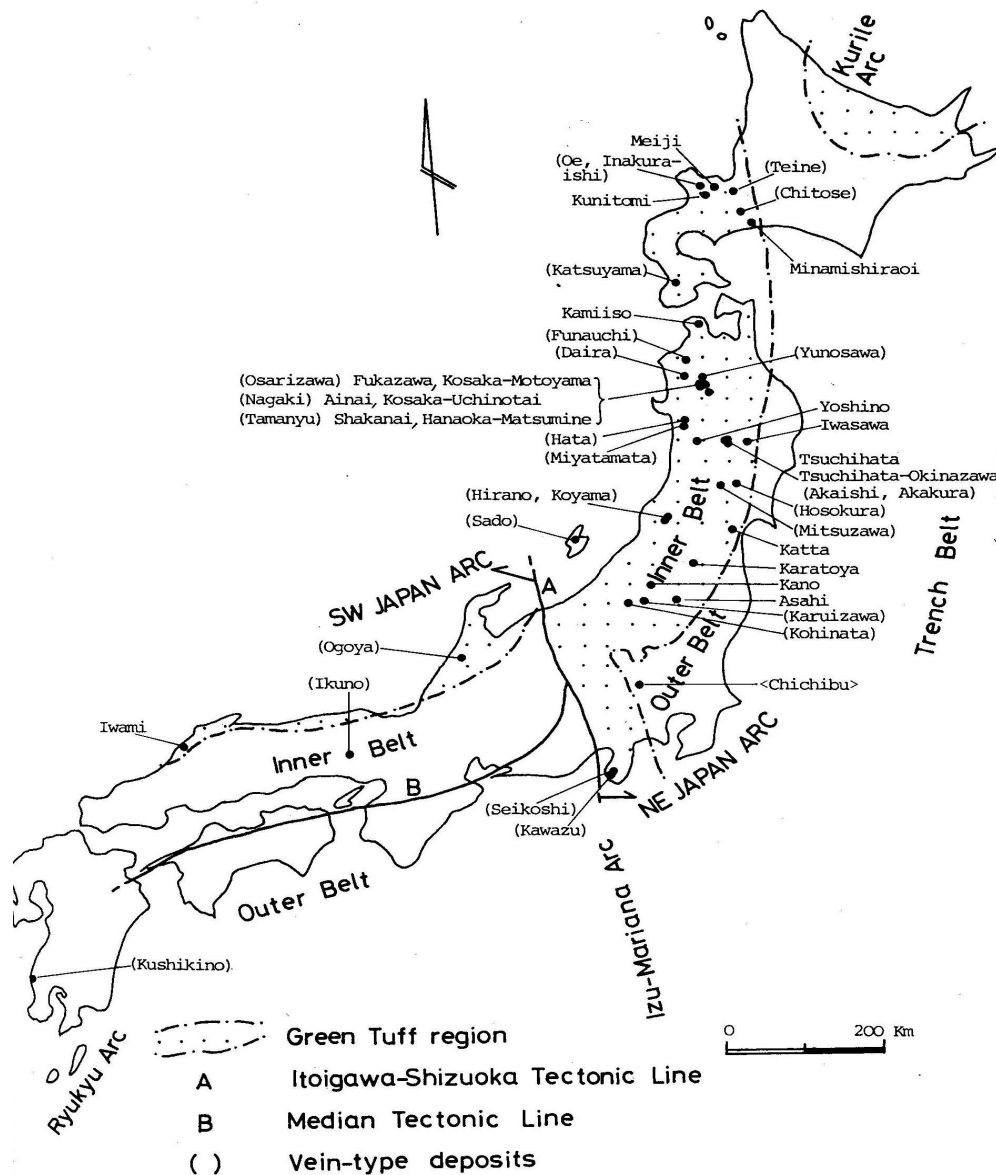
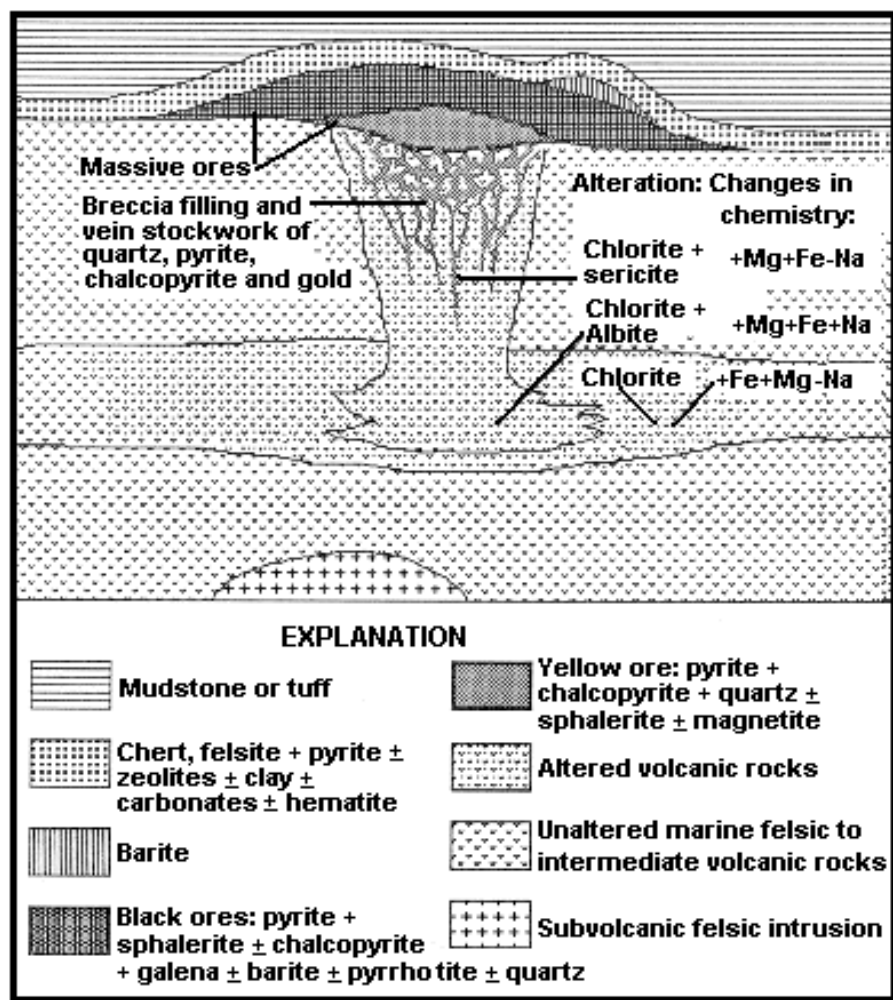


FIG. 1. Map showing localities of some Neogene ore deposits in the Green Tuff region.

- Plusieurs centaines de gisements similaires groupés en districts (1500kmx100km)
- Intercalés dans série volcano-sédimentaire bimodale, basique/acide (green tuff)
- Sub-contemporains (13 MA)
- Importance économique :

Les « Kuroko » (Japon)



- **Forme en champignon :**
 - **Pied :** stockwerk Py-Cpy & altération chlorite/séricite
 - **Chapeau :** zonalité verticale et latérale Py-Cpy-Sp-Gal-Bar-(Mn)-cherts

Sédimentation des sulfures (Kuroko)



- Furutobe mine (Japon)
- Déformation synsédimentaire en forme de flamme
- Granoclassement des grains de sulfure

Jebel Saïd : coupe géologique

OB4

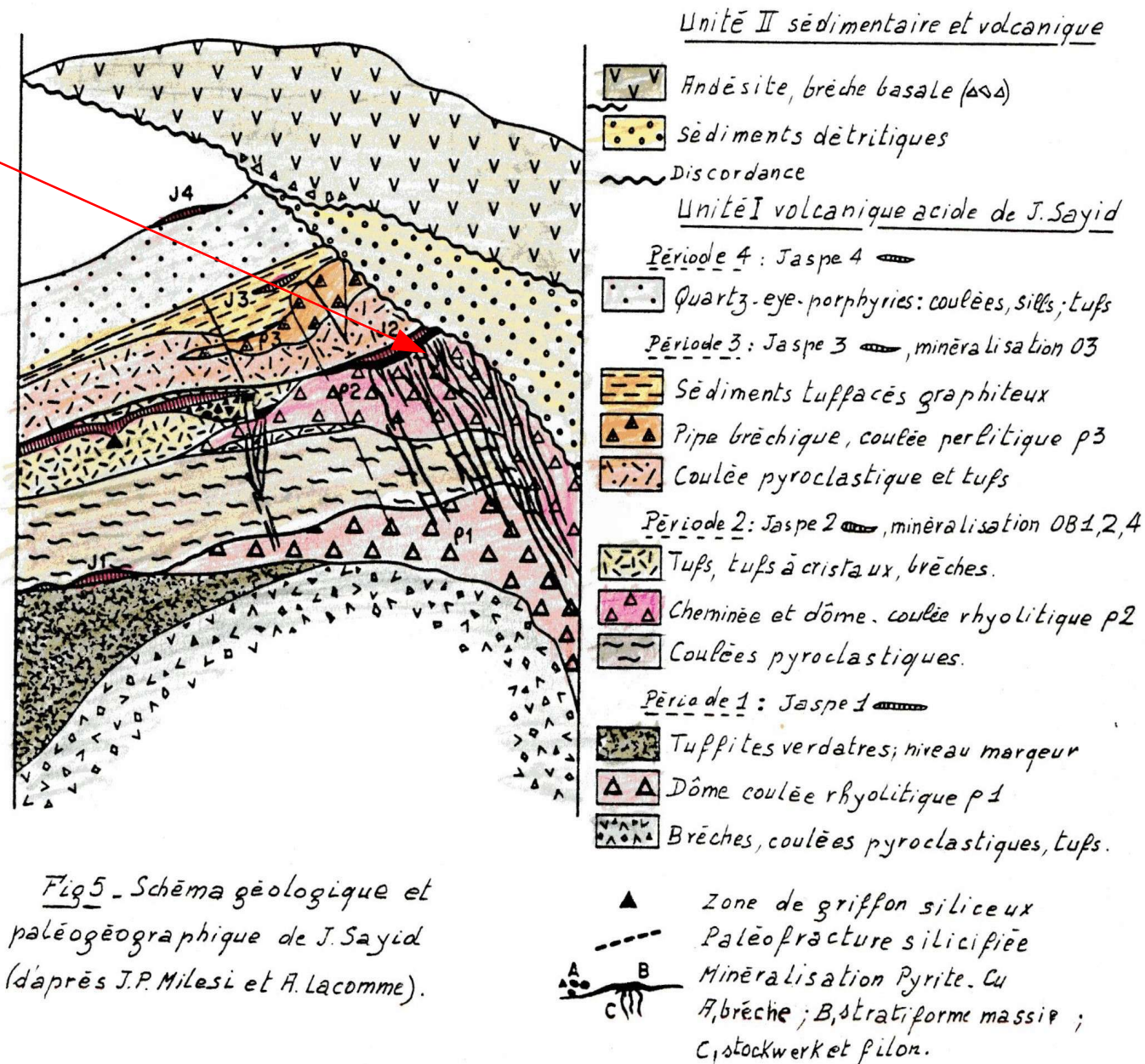
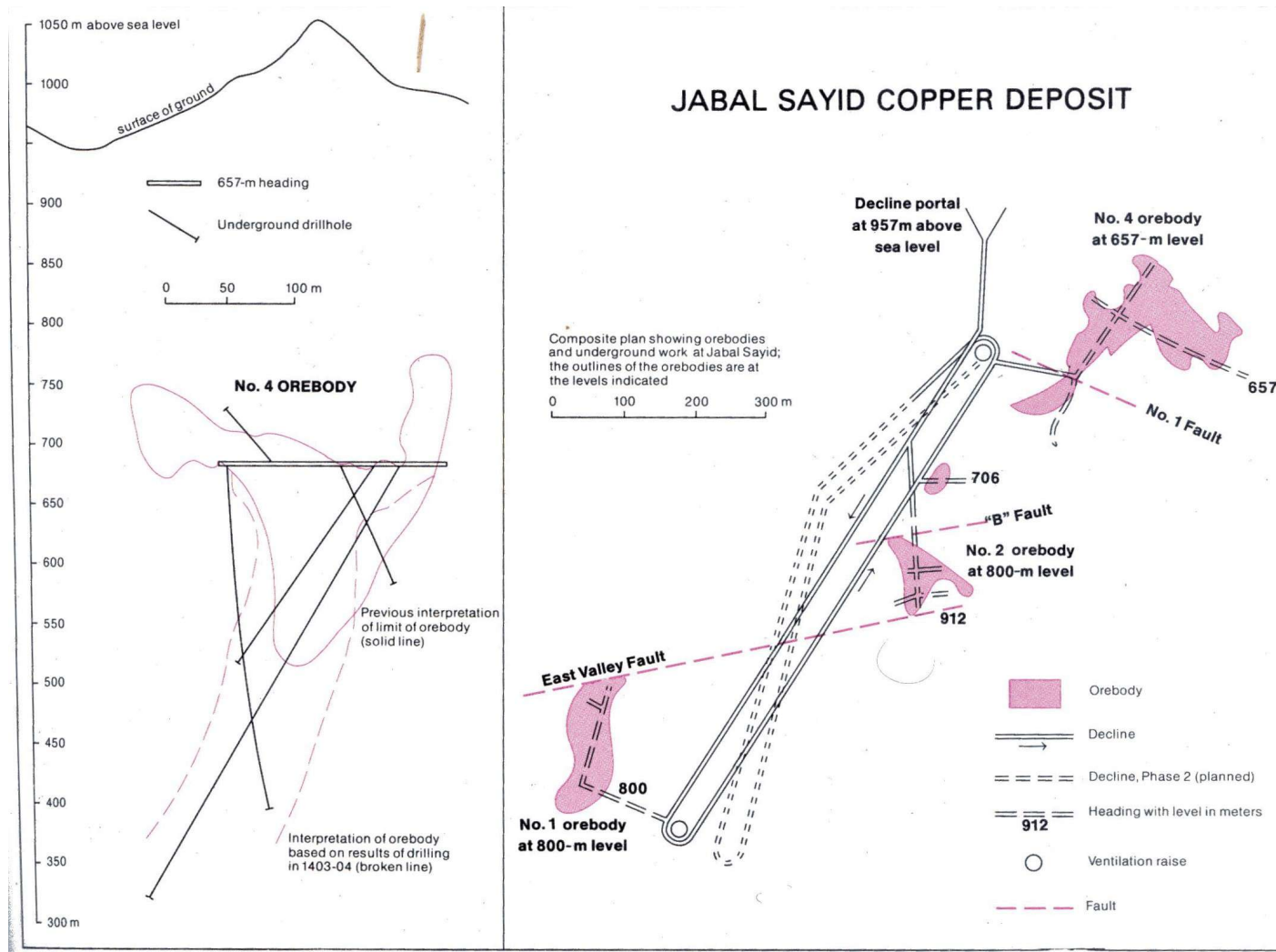


Fig5 - Schéma géologique et paléogéographique de J. Saïd (d'après J.P. Milesi et A. Lacomme).

Jebel Saïd : cadre géologique-gitologique



Jebel Saïd: niveau 657m soit -300m



Nathalie 4 ans
Fernando 11 ans
Claudia 2 ans



Mineral stockwerk Jebel Saïd OB4

- Filonnets centimétriques de chalcopryrite massive
- Pyrite mineure
- Gangue de rhyolite altérée et chloritite

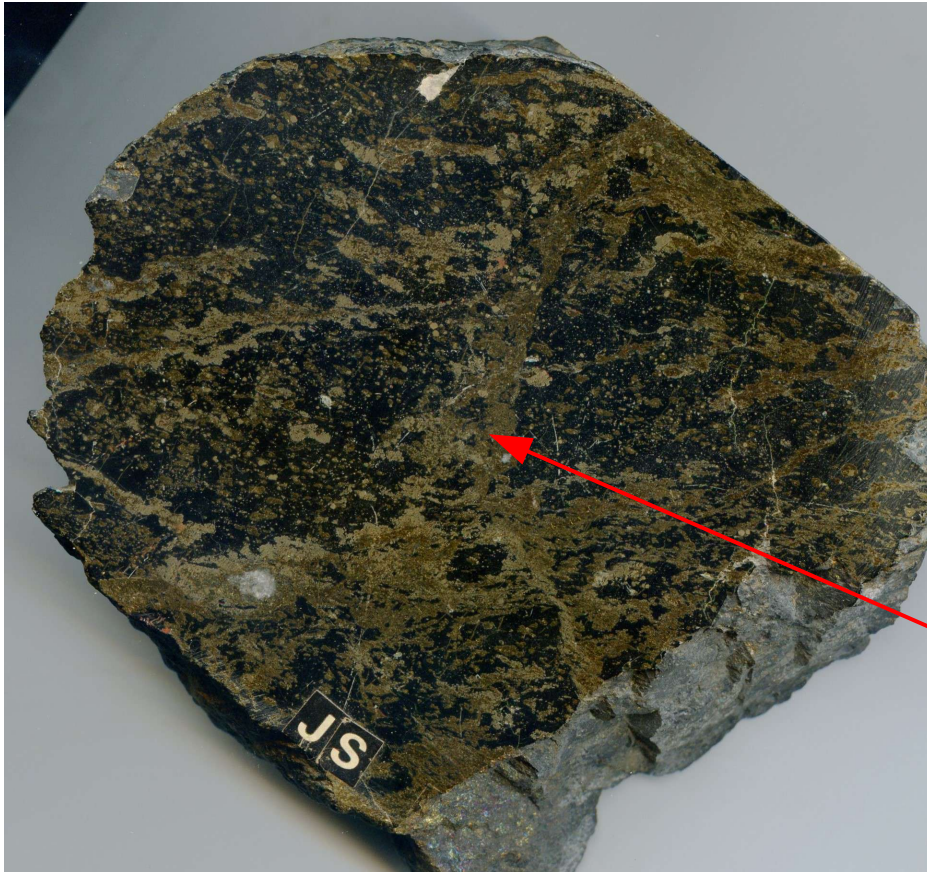


Mineral stockwerk Jebel Saïd OB4



- Brèche de rhyolite altérée (chlorite)
- Quartz rhyolitiques
- Ciment de pyrite + chalcopyrite localement altérée (covelline)

Jebel Saïd OB4 minerais stratiformes proche du stockwerk



Minerais stratoïdes à chlorite dominante
emballant éléments et niveaux de
pyrite > chalcoppyrite ;

Recoupé par veinules à
chalcoppyrite > pyrite

Minerais bréchiques

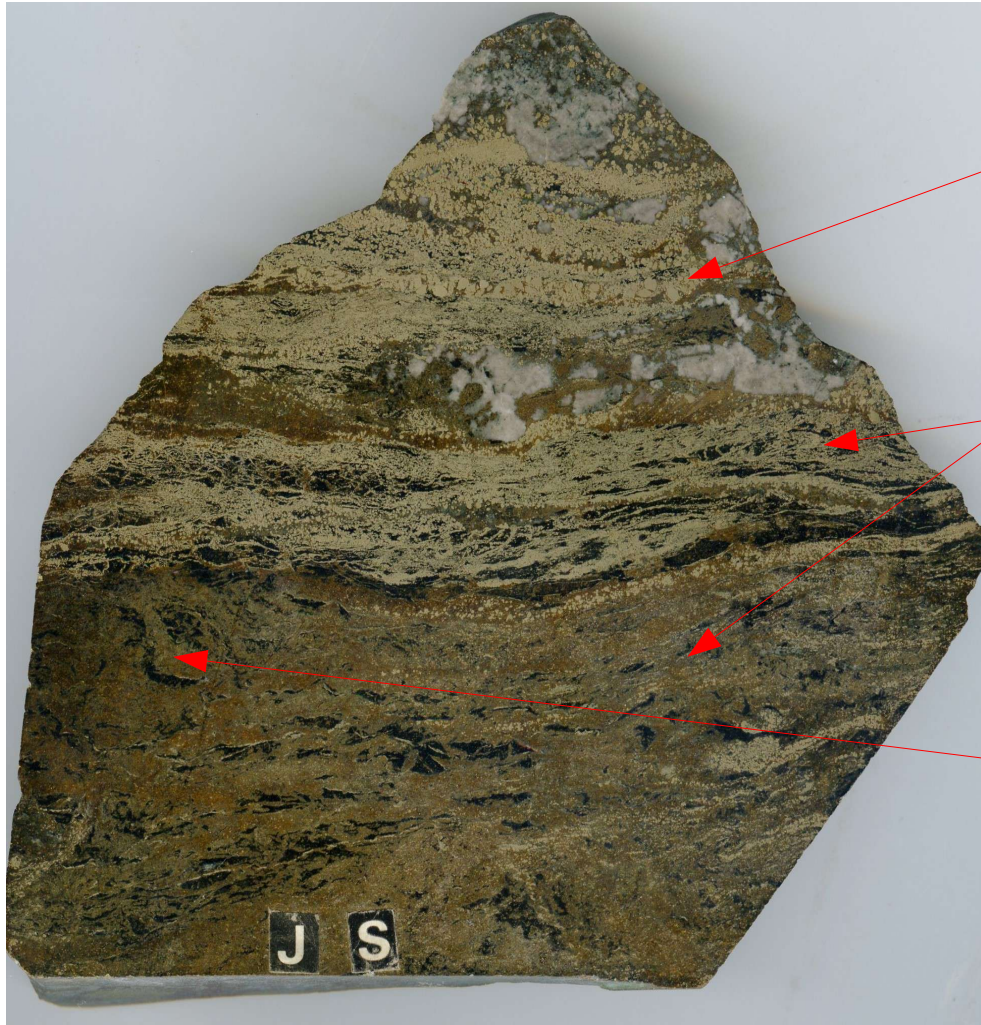
- Jebel Said OB4 : fragments de pyrite massive + matrice pyrite chlorite ; possible effondrement de l'évent hydrothermal



Jebel Saïd OB4 minerais stratiformes :
conglomérat à éléments de pyrite (cpy) et matrice chlorite



Jebel Saïd OB4 minerais stratiformes



Petit niveau à fragments de pyrite en haut

Niveaux stratoïdes perturbés avec pyrite, chalcopyrite, lentilles de chlorite ;

Slump en bas à gauche ?

Jebel Saïd : jaspe



Minerais stratiformes : Al Masane



Faisceaux volcano-sédimentaires dévono-dinantiens du NE du Massif Central

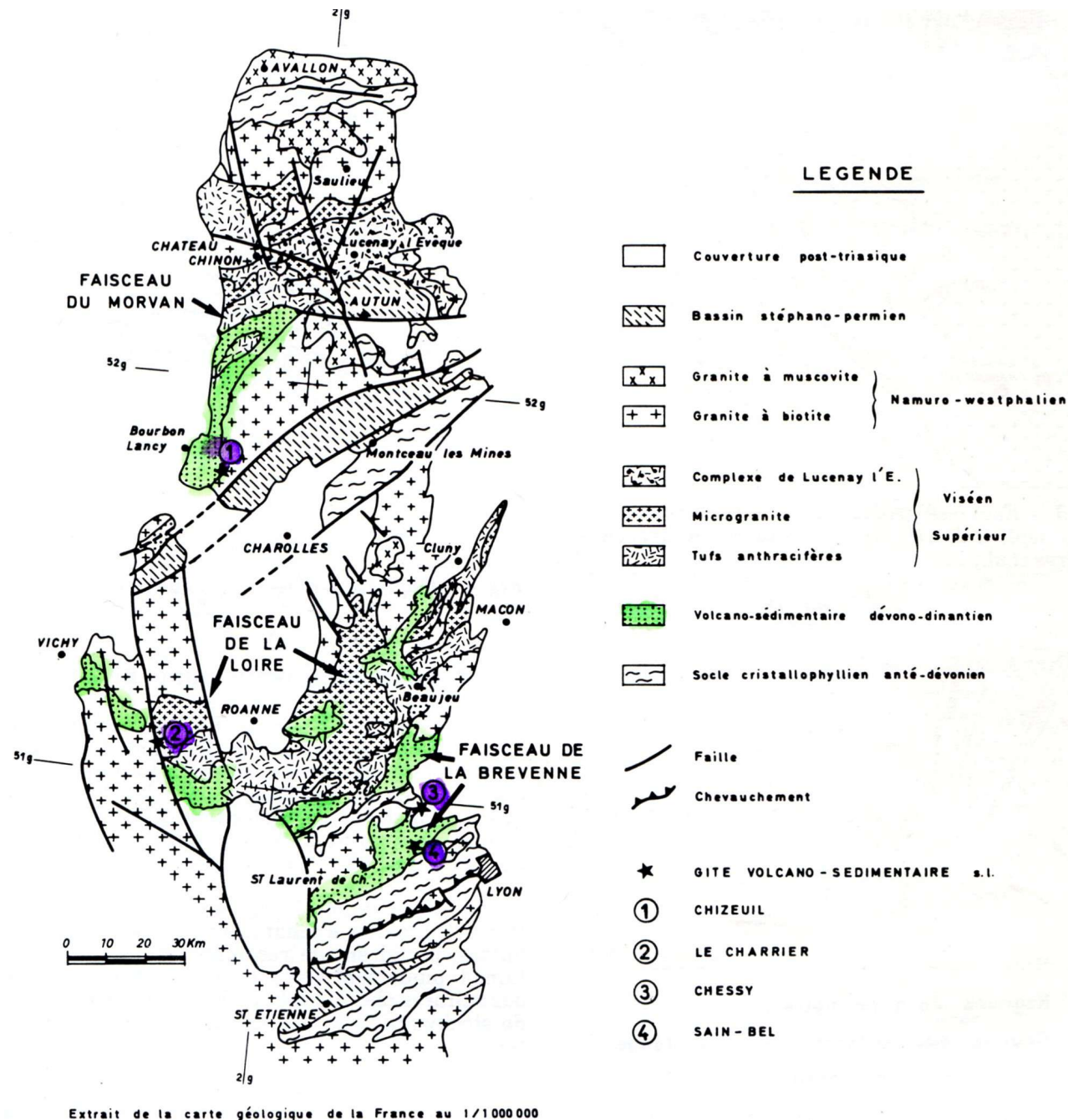


Fig. 9. Les faisceaux volcano-sédimentaires dévono-dinantiens du NE du Massif central

Chessy géologie régionale

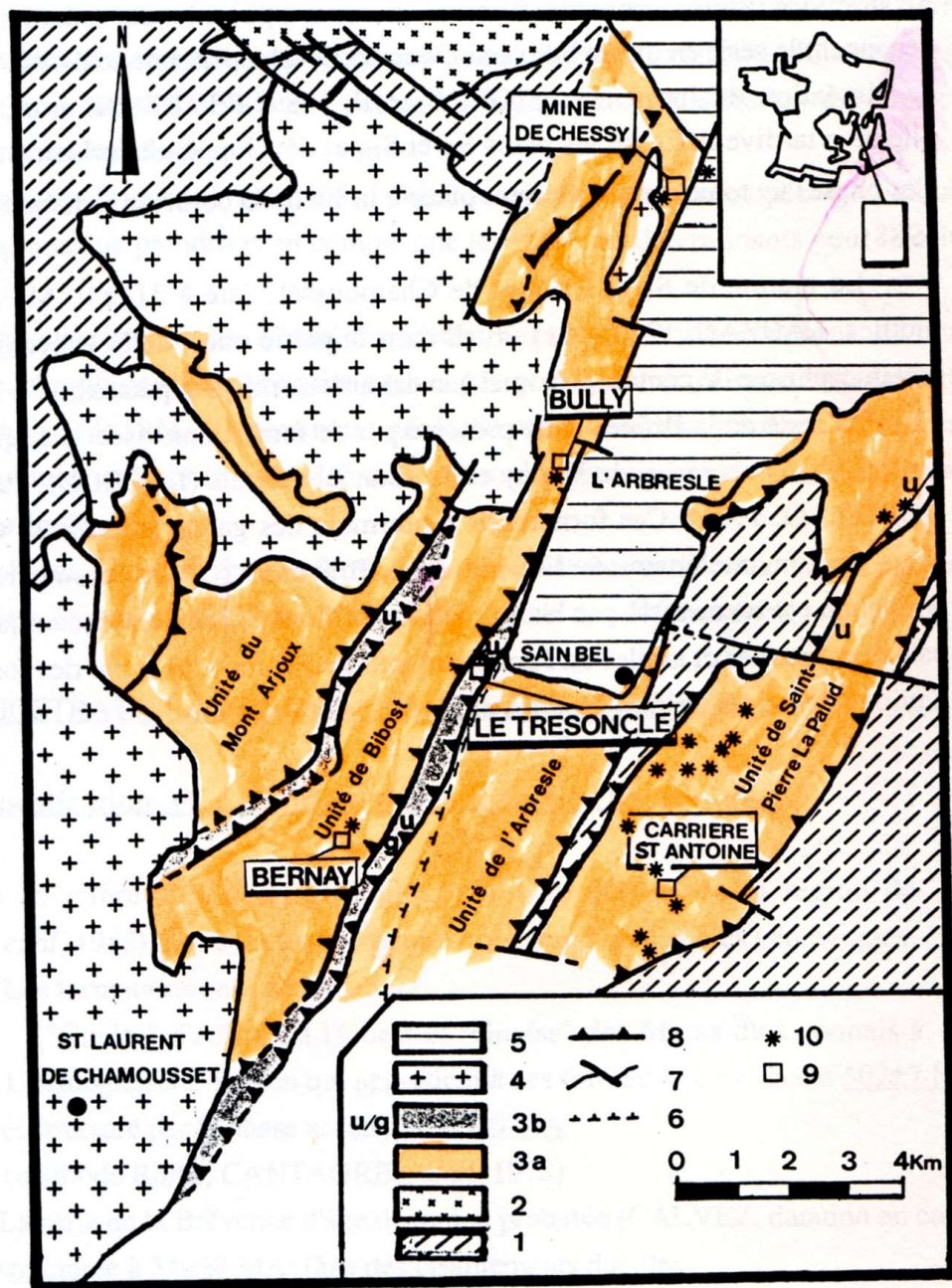
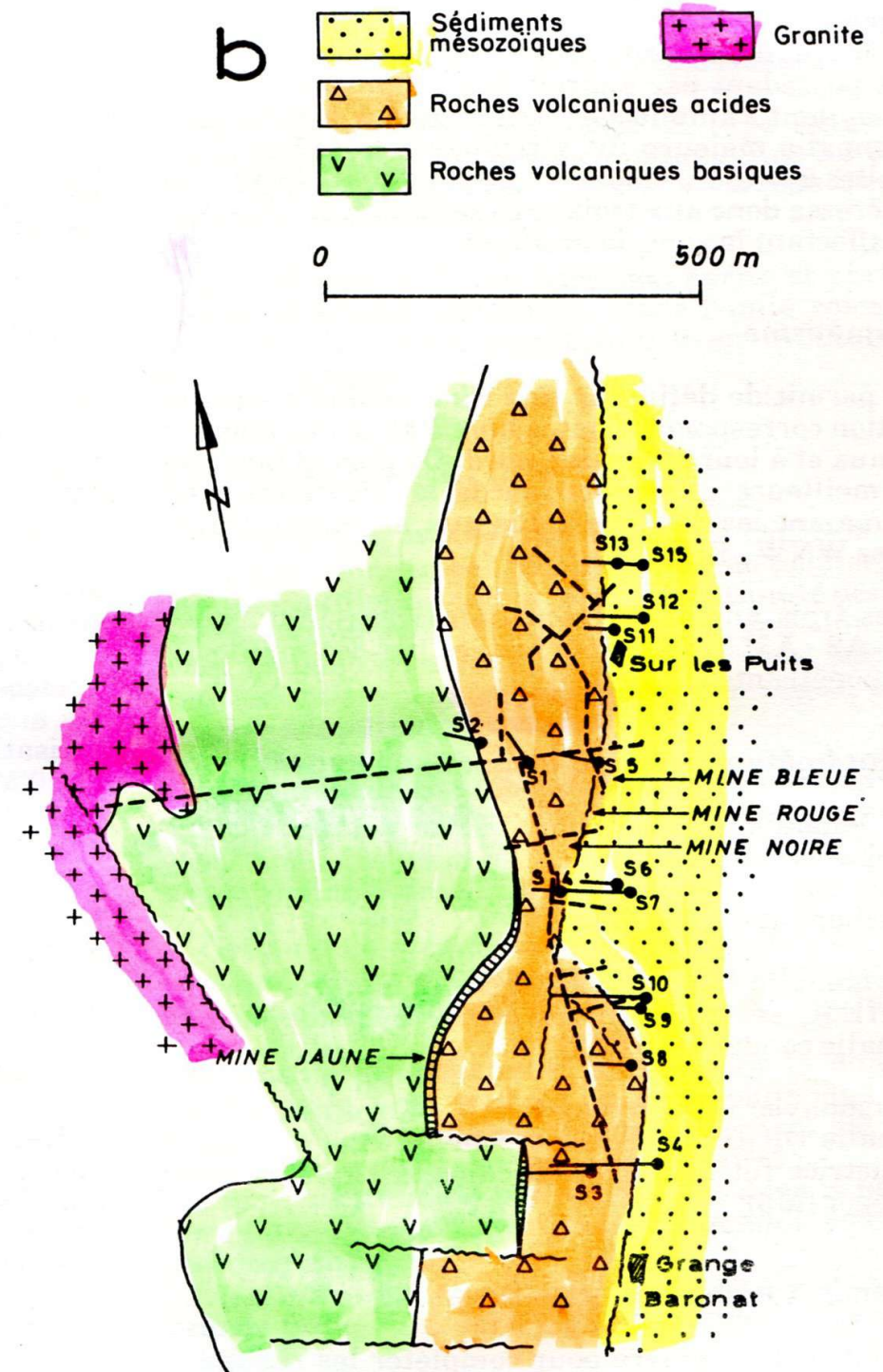


Figure 2: Schéma géologique et structural de la série de la Brévenne. (d'après BARDIN, 1971; GROS *et al*, 1989 et FEYBESSE *et al*, 1988).

1. Socle ante-dévonien. 2. Trondhjémite. 3a. Série de la Brévenne. 3b. Blasto-mylonite indifférenciée à écailles de gneiss (g) et de roches ultrabasiques (u).
4. Granite à biotite. 5. Terrains Mésozoïques. 6. Limite du métamorphisme de contact du granite (zone des schistes tachetés).
7. Faille majeure. 8. Décro-chevauchement blasto-mylonitique. 9. Localisation des zones étudiées. 10. Localisation des principaux travaux miniers.

Chessy : anciennes mines & sondages



OUEST

EST

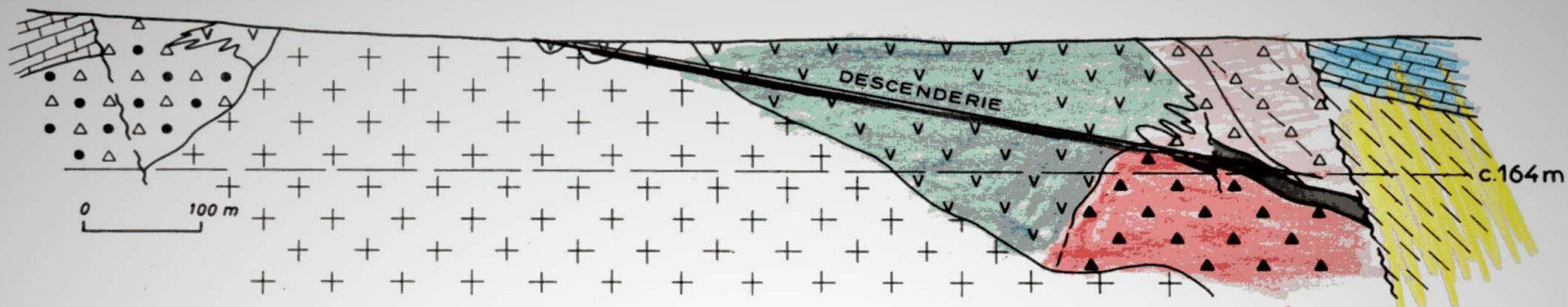
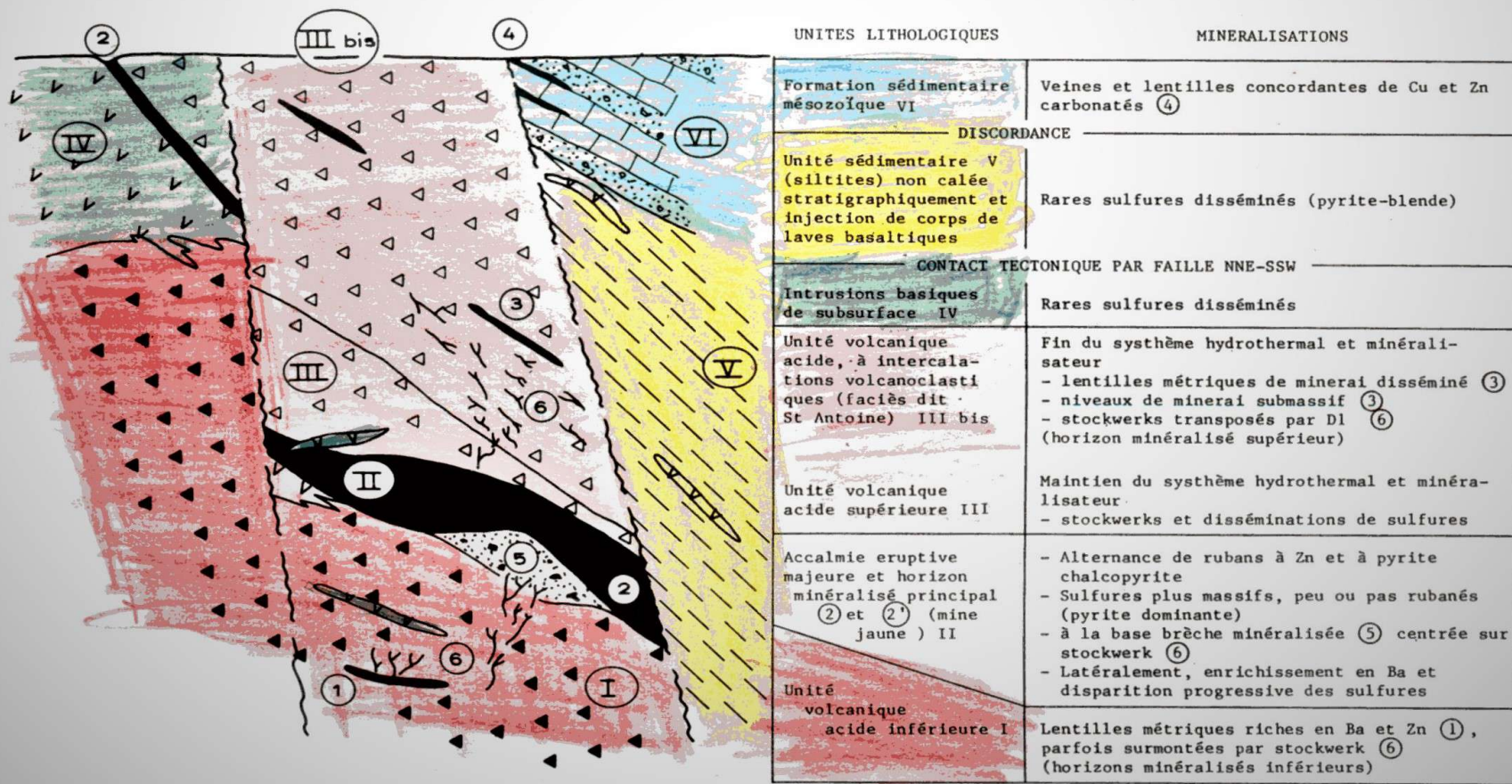


Fig. 7. - Structure des formations paléozoïques de Chussy. Coupe interprétative passant par la descenderie principale.



Modèle métallogénique

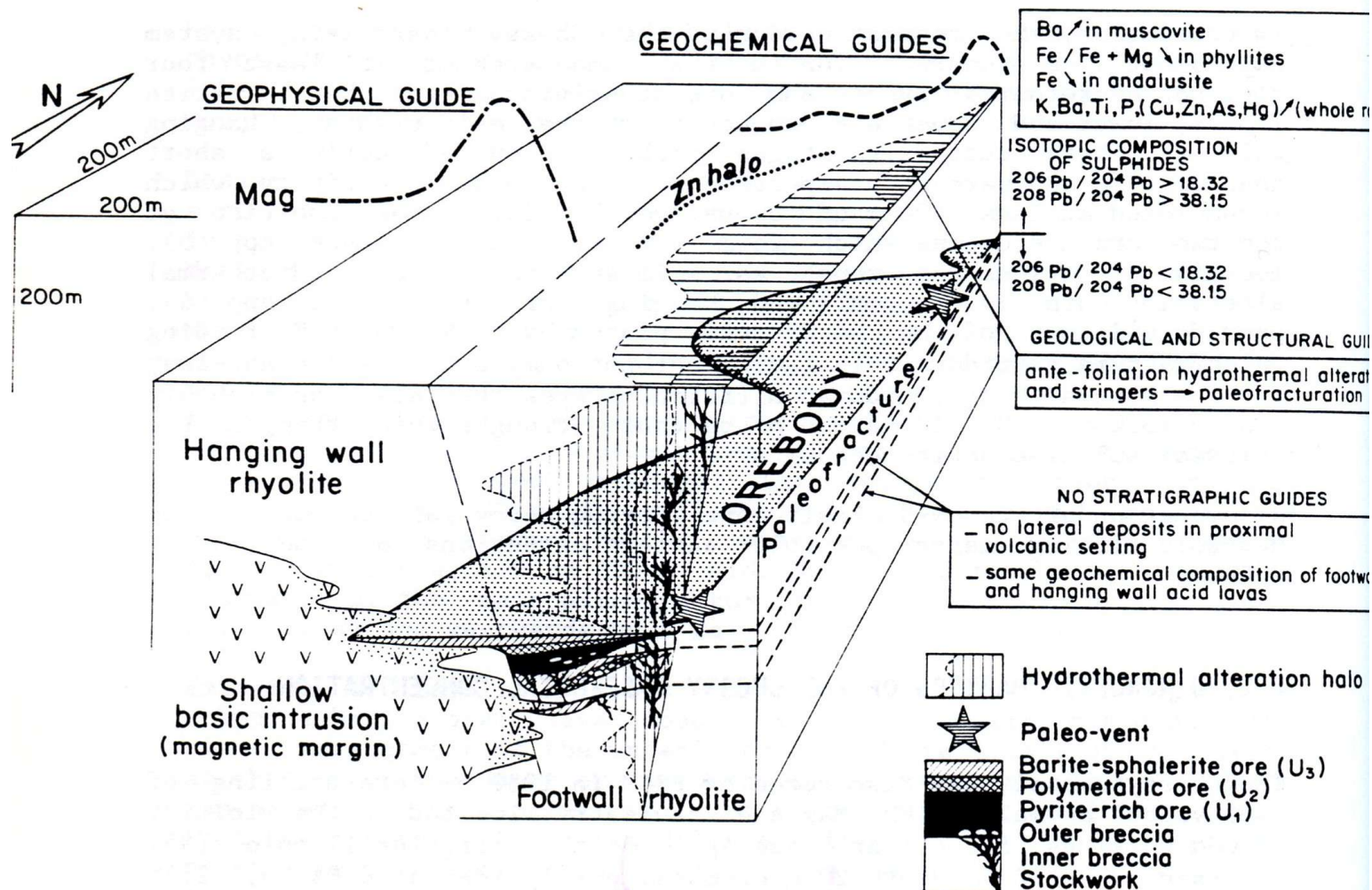


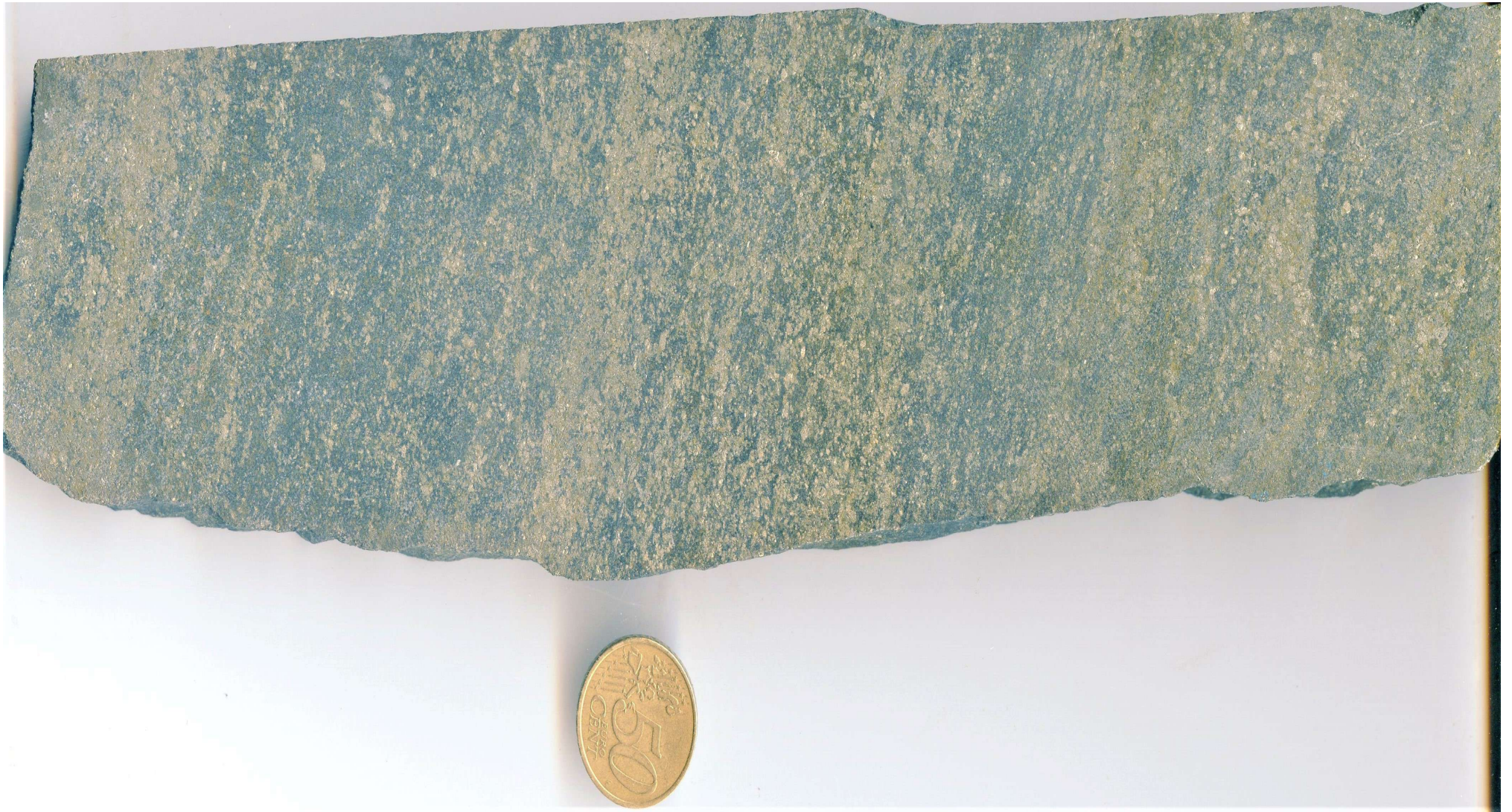
Fig. 9 - Metallogenic model of the Chessy deposit (prior to Hercynian deformation). Main exploration guides.

CHESSY : brèche du mur

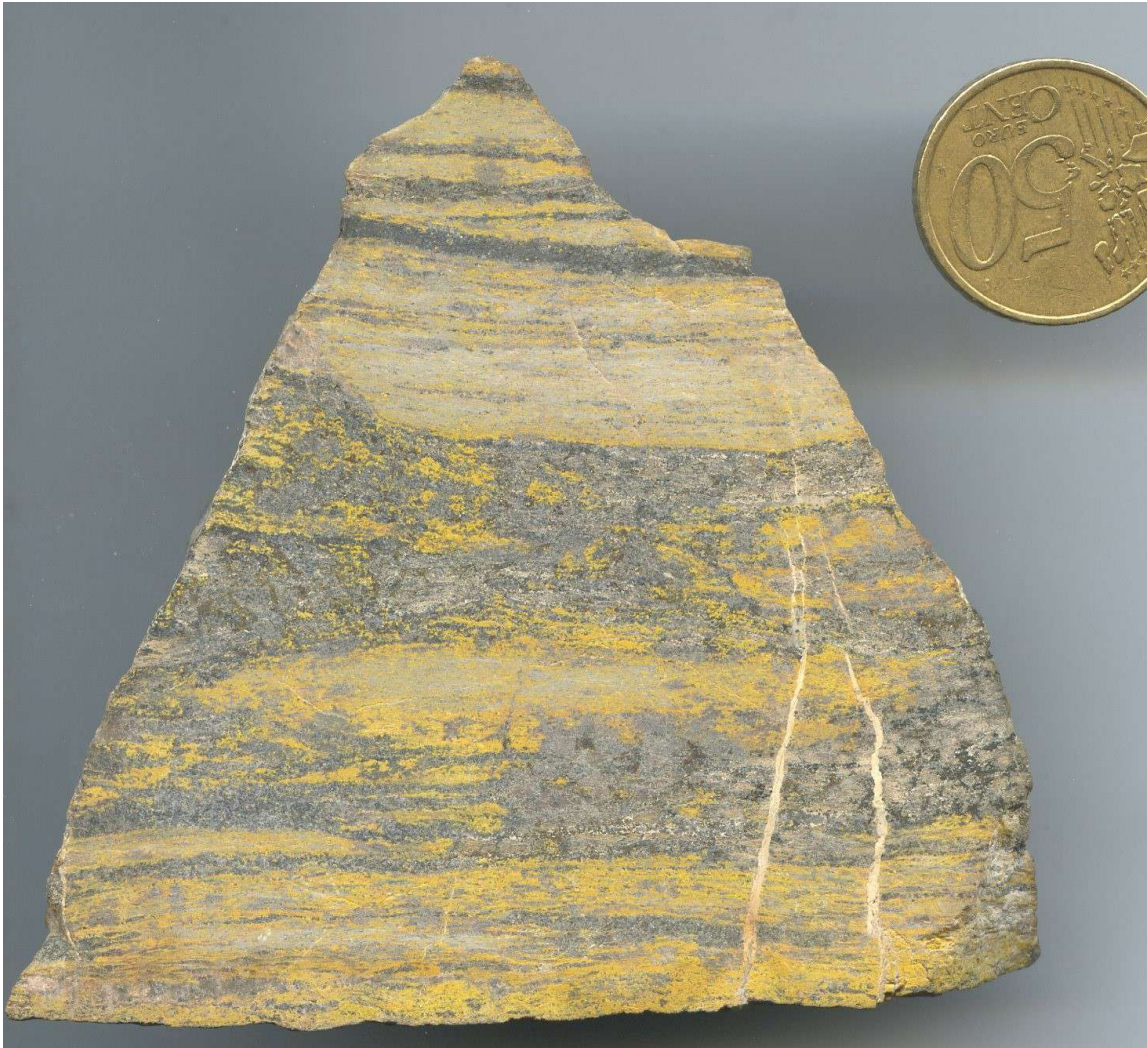


**Brèche à éléments de lave acide altérés
avec ciment de pyrite (chalcopyrite)**

Chessy : minerais stratiforme



Chessy : formation St-Antoine (toit)



- **Unité volcano-sédimentaire acide**
- **Altération potassique en jaune**

Projet minier de Chessy

- Depuis 1983 : 2,7 Km de galeries et 15 Km de sondages
- 1986 : Concession d'exploitation attribuée, achat des terrains nécessaires : concession de la Ronze 7,76 Km² (15Ha achetés à la CIM Saint Gobain).
- Septembre 1989 : création de la société minière de Chessy (Gallet et Liger) = COFRAMINE (BRGM) 51% + AZTEC Mining (Australie) 24% + SEREM (étude BRGM) 25%
- Réserves exploitables : **4,1 millions de tonnes** sur 14 ans → 300000 tonnes/an
- Teneur de 2,51% Cu ; 7,76% Zn ; 21% barytine ; 46% pyrite
- Les concentrés :
 - 21000-24000 tonnes de minerais de cuivre/an
 - 40000-60000 tonnes de zinc/an
 - 92000-117000 tonnes de pyrite/an
 - 51000-75000 tonnes de barytine/an
- Une production finale de **6000 tonnes/an de cuivre et zinc**

En 1 an et demi = la production cumulée des romains jusqu'à 1877 à Chessy

La production mondiale en Cuivre annuelle de l'époque : 700 000 tonnes

Rappel : 1455 - 1456 : production de 630 Kg de cuivre.

CONCLUSION

- Un des types de gisements de métaux de base les plus répandus sur toute la planète
- Ceintures volcano-sédimentaires depuis le précambrien (Arabie, Soudan, Canada,...) jusqu'à sub-actuel (Kurokos) ou actuel (événements hydrothermaux)
- Géologie et géologie très intéressantes
- Géophysique et géochimie efficaces
- Nombreux gisements en Europe (Ceinture sud-ibérique) dont plusieurs en France

Et maintenant...

Allons voir les cailloux !!!