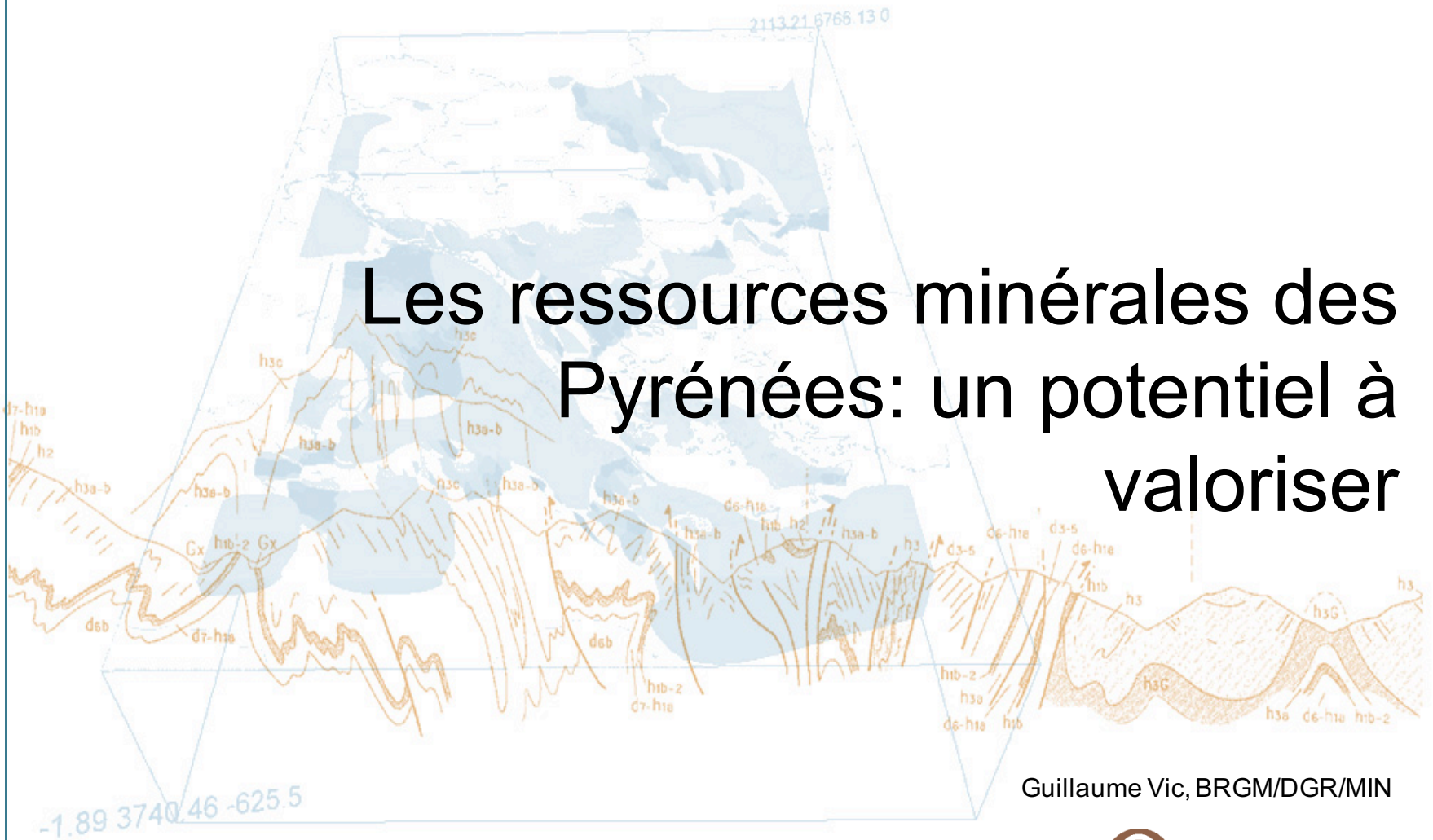


# Les ressources minérales des Pyrénées: un potentiel à valoriser



Guillaume Vic, BRGM/DGR/MIN

*Ecole thématique du CNRS -  
ressources minérales*



Monday 4 July 2016

# Plan de la présentation

## > Introduction

- Rappels sur l'Inventaire et sur le potentiel minier de la France métropolitaine

## > Contexte géologique des Pyrénées

## > Les ressources minérales des Pyrénées

- Historique des travaux et production minière
- Les travaux de l'Inventaire minier menés par le BRGM
- Les substances d'intérêt limité
- Les substances à valoriser

## > Conclusion

# Introduction

# Les travaux de l'Inventaire

## > Campagnes de prospection stratégique « stream sediment »

- 284 435 échantillons collectés ;
- 102 000 km<sup>2</sup> couverts dans les zones de socle hercynien et alpin (et marges sédimentaires).

## > Prospections complémentaires « alluvionnaire »

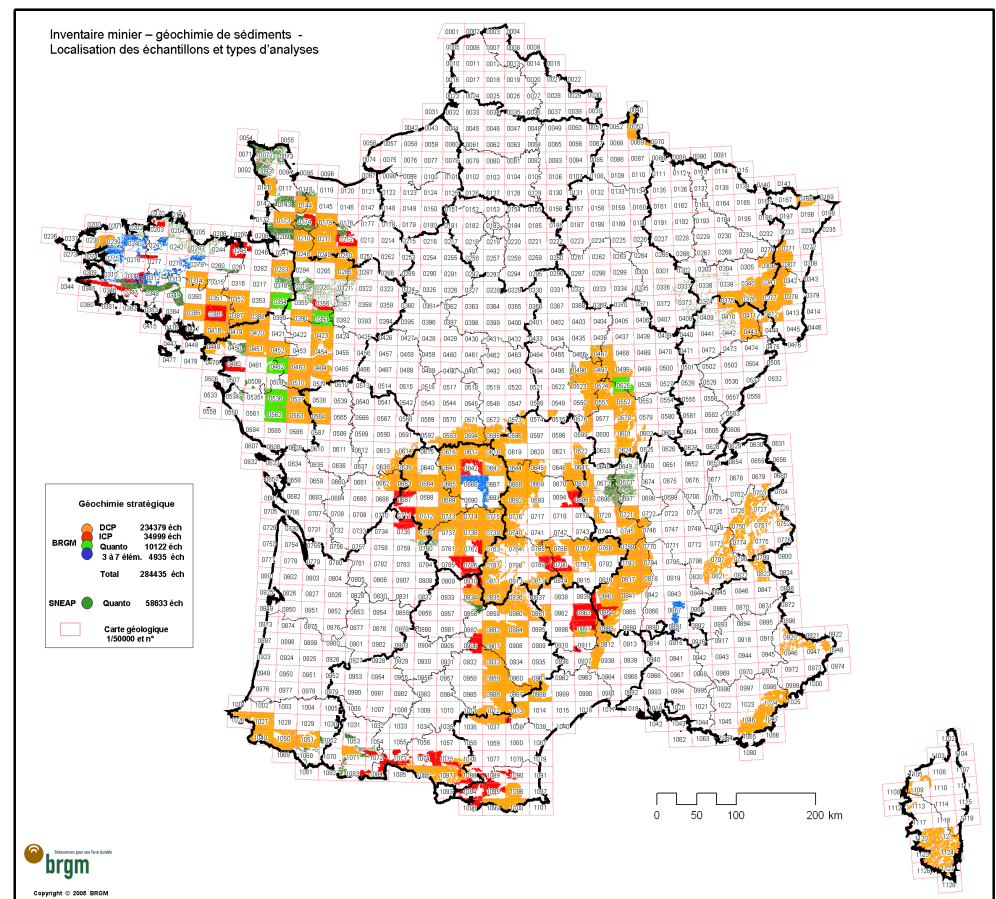
- 96 924 prélèvements de fond de batée;
- 58 633 échantillons collectés par la SNEAP,

## > Prospections tactiques sur les zones les plus intéressantes :

- Géochimie sol ;
- Etudes géophysiques au sol ;
- Sondages percutants et carottés.

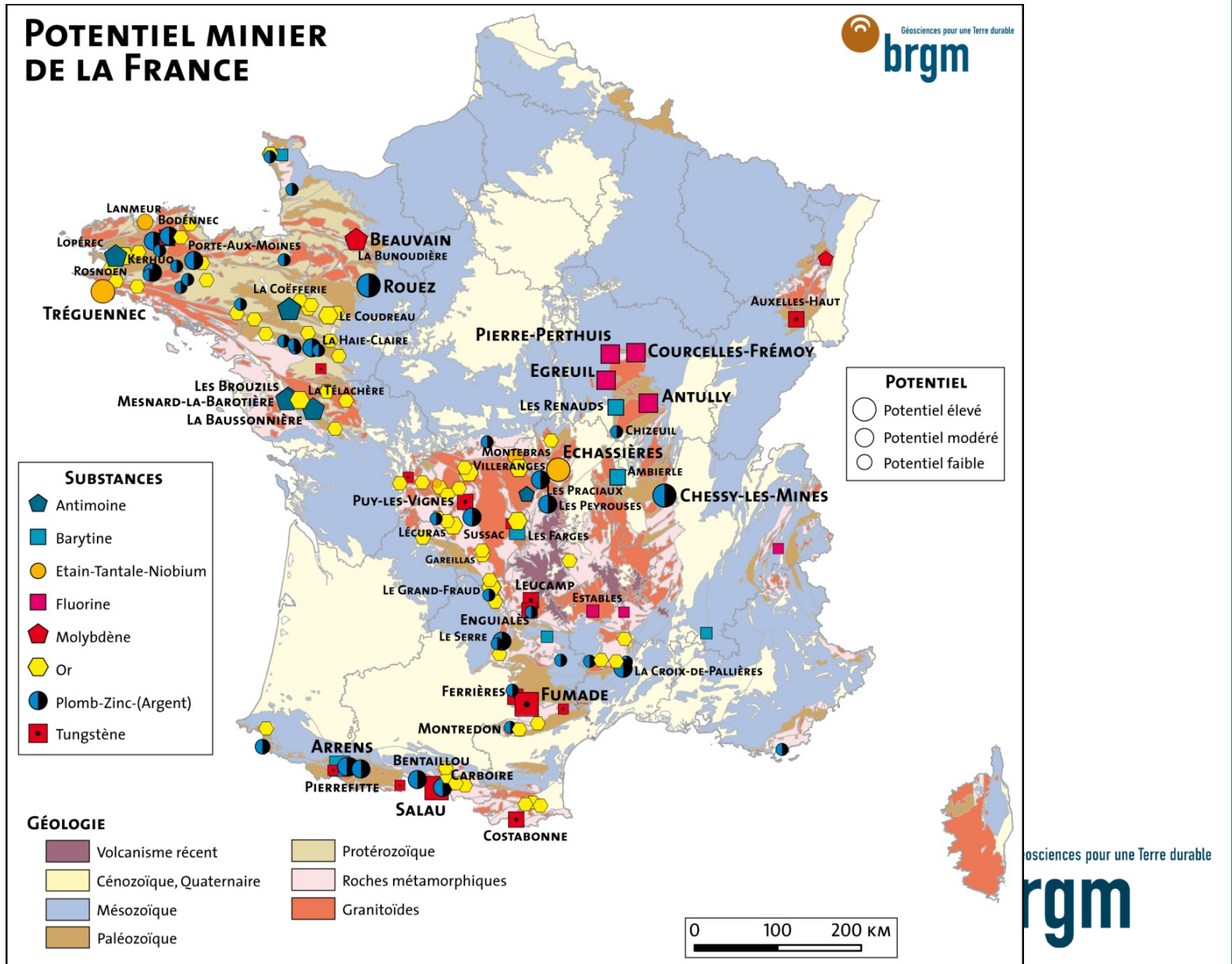
## > Principaux résultats (1975-1991):

- Environ 2000 nouveaux indices.





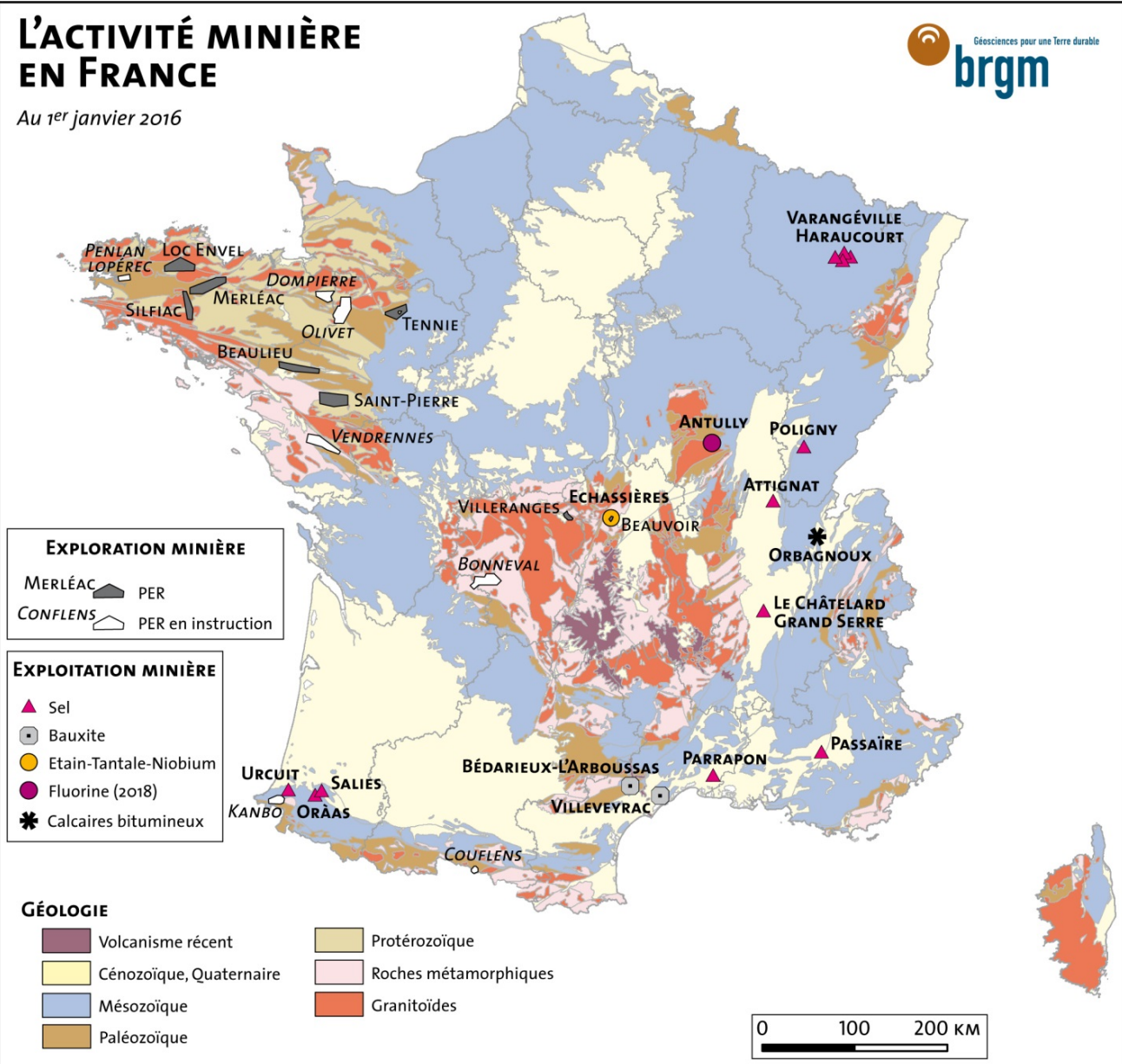
# Le potentiel minier de la France



# L'activité minière en France

## L'ACTIVITÉ MINIÈRE EN FRANCE

Au 1<sup>er</sup> janvier 2016



BRGM-DGR

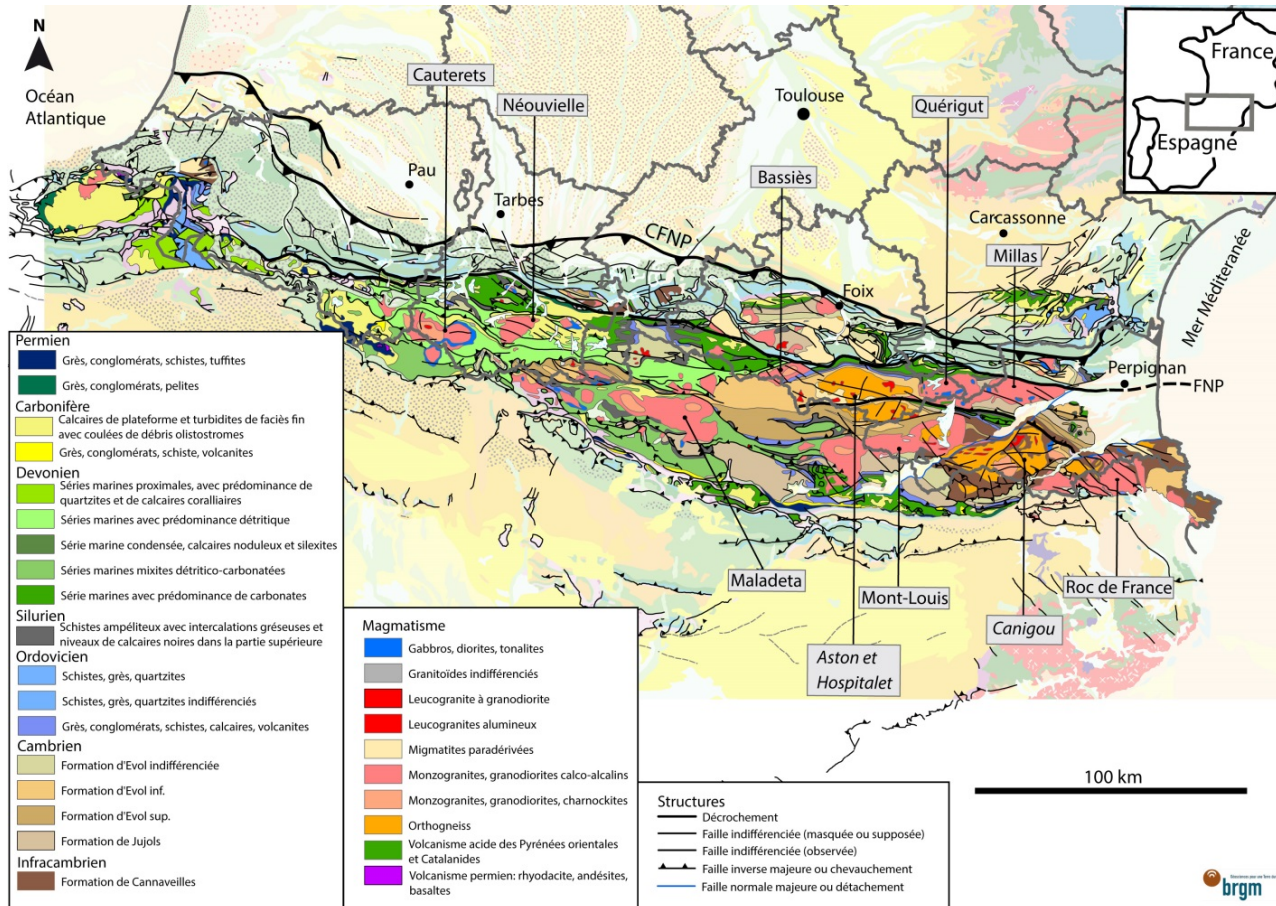
Géosciences pour une Terre durable



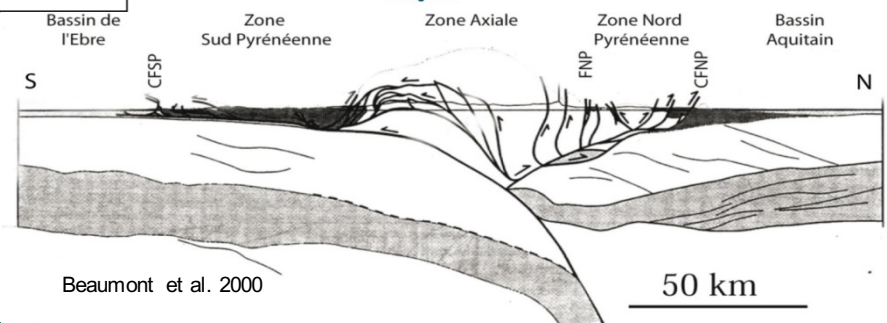
# Contexte géologique des Pyrénées



# Cadre géologique des Pyrénées

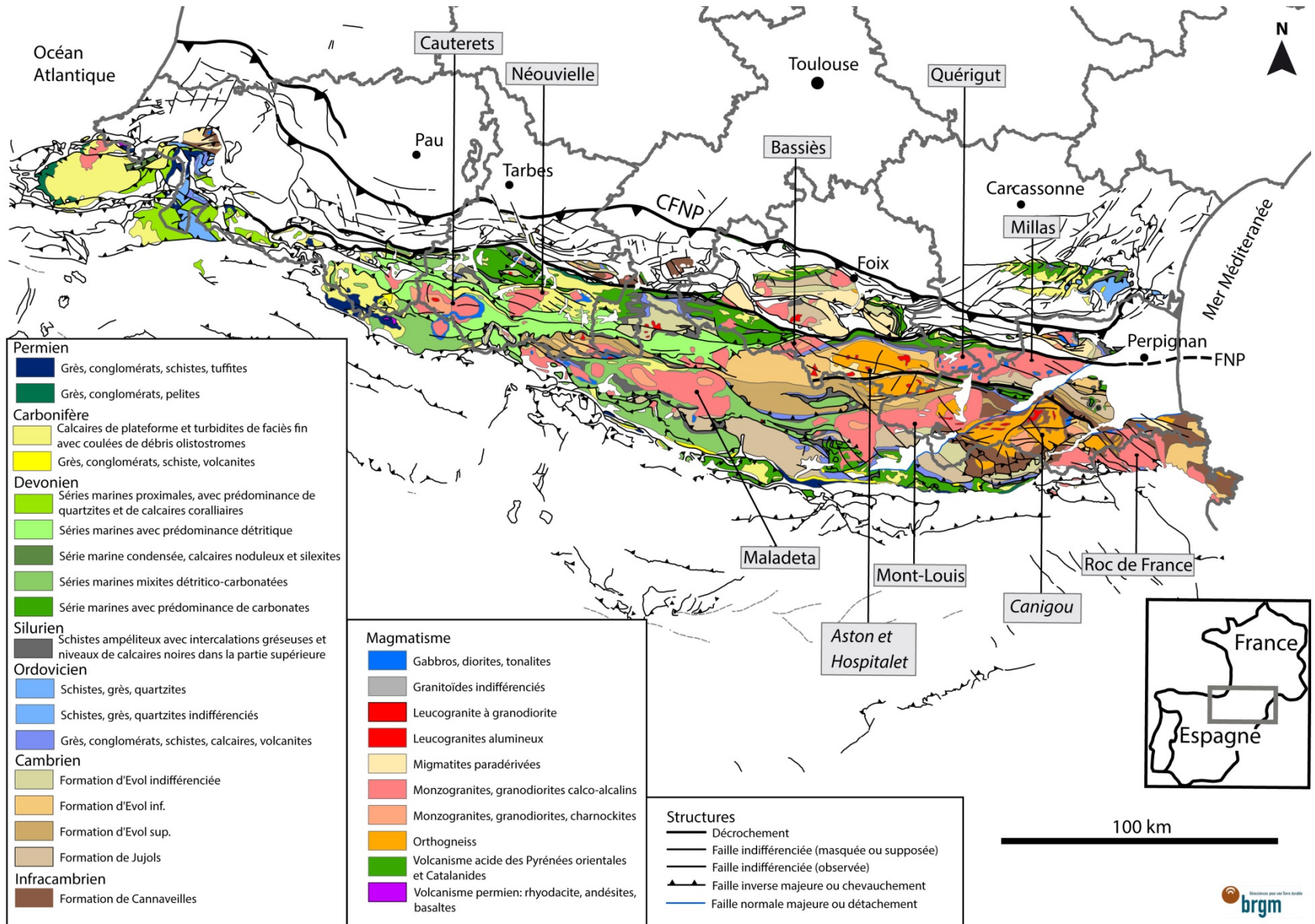


- Collision intracontinentale entre la plaque Ibérique et la plaque Eurasie.
- Eventail dissymétrique de part et d'autre d'un accident crustal (FNP) avec des chevauchements à vergence sud bien développés vers le Sud et des chevauchements à vergence nord peu développés au Nord,



Beaumont et al. 2000

# Cadre géologique de la Zone Axiale



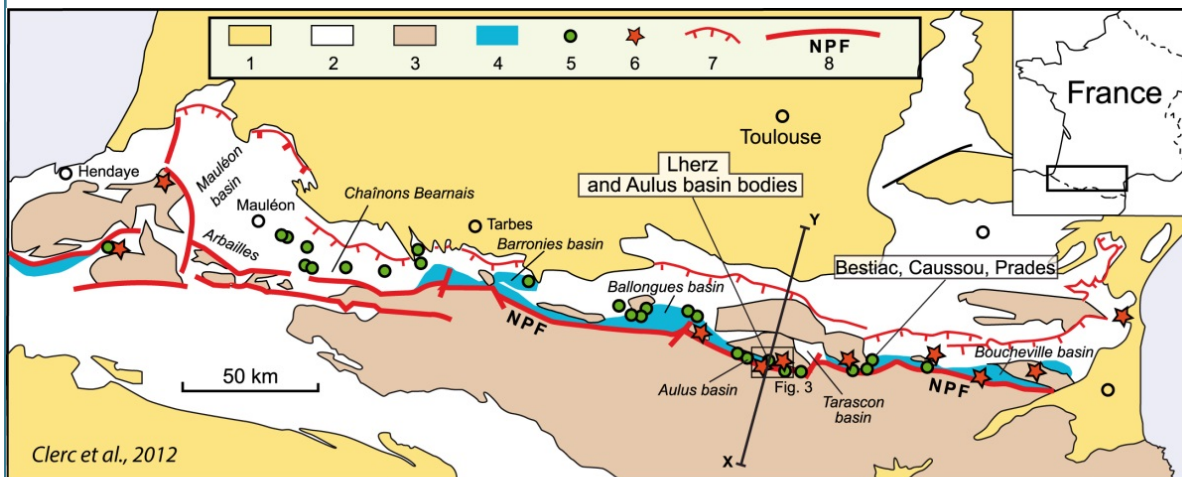




# Evènements tectoniques majeurs post-varisques

## > Evènement extensif du créacé moyen (~110 à 85 Ma)

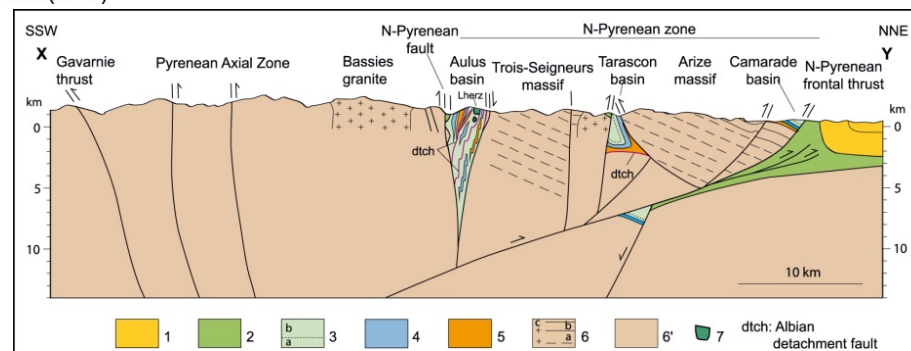
- Régime transtensif senestre accommodé par la FNP lors de l'ouverture du Golfe de Gascogne,
- Localement, le long de la FNP, le régime métamorphique est HT-BP avec l'exhumation de lherzolites et la circulation importante de fluides hydrothermaux.



1, Oligocène and post-Oligocène; 2, Mesozoic and Eocene; 3, Paleozoic Basement; 4, area of HT-LP Pyrenean metamorphism; 5, peridotite; 6, granulite; 7, main external thrusts; 8, North Pyrenean Fault (NPF)

## > Tectonique Alpine (~50 à 35 Ma)

- Collision intracontinentale entre la plaque Ibérique et la plaque Eurasie
- Réactivation de nombreuses failles varisques en failles inverses et mise en place de grands chevauchements dans les terrains mésozoïques dans le niveau de décollement des formations évaporitiques du Trias.



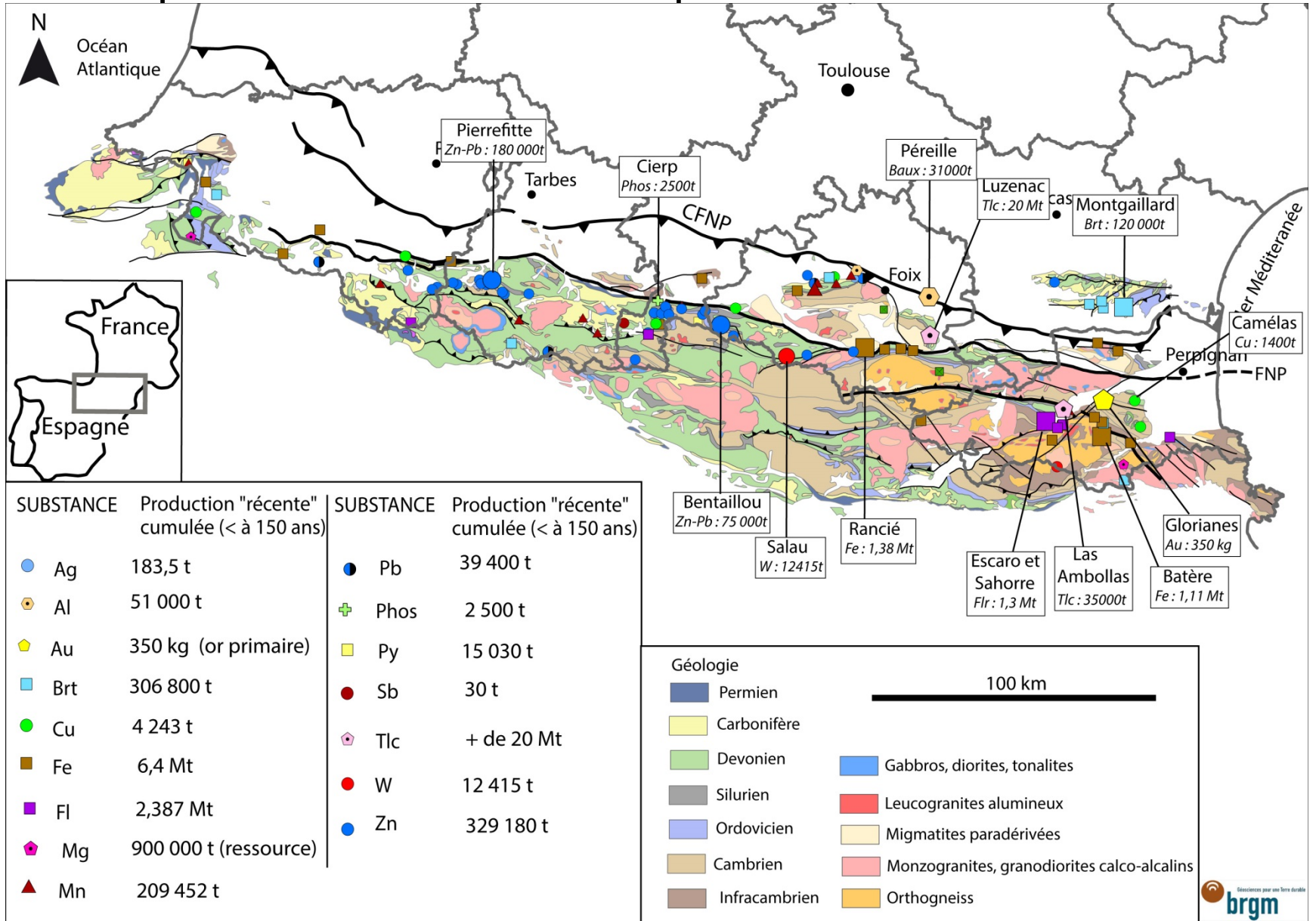
1, Paleogene foredeep; 2, Upper Cretaceous foredeep; 3, Aptian-Albian (a, Urgonian facies limestones; b, flysch and breccia); 4, Jurassic to Barremian; 5, Triassic; 6, Paleozoic (a, InfraSilurian metamorphic rocks; b, Silurian to Carboniferous metasediments; c, Granite); 6', undifferentiated Paleozoic rocks; 7, Lherzolite.

D'après Clerc et al, 2012



# Les ressources minérales des Pyrénées

# Historique des travaux et de la production minière



# Historique des travaux et de la production minière



**Chargeuse Eimco à l'abandon dans la mine de Batère (Fer)**



**Usine de traitement du minerai de Batère à Arles sur Tech (66)**



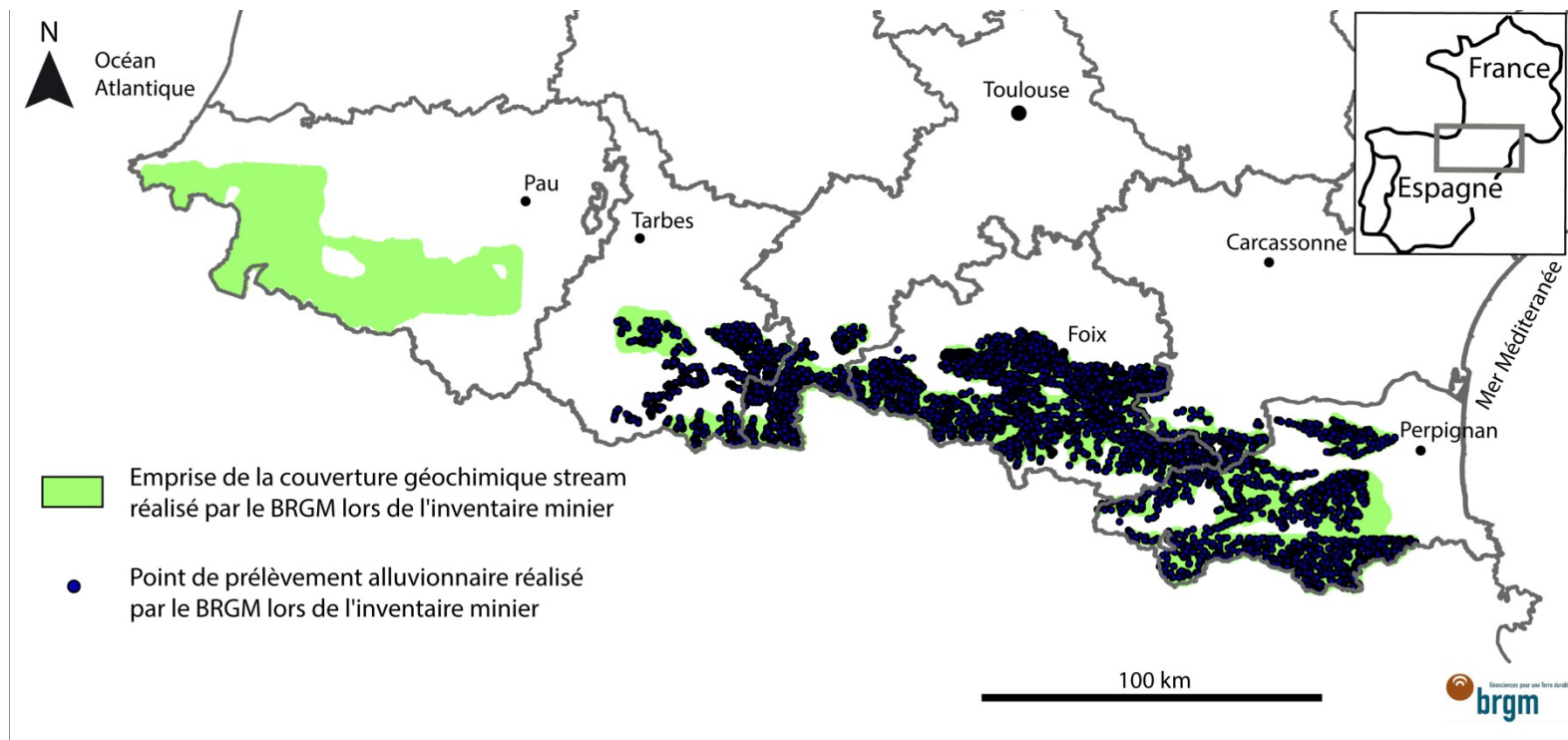
**Nodule de phosphate (fluorapatite) de Cierp (31). Echantillon collecté par J.P. Prian**

**Employé de la mine de Rancié (Fer) (31)**



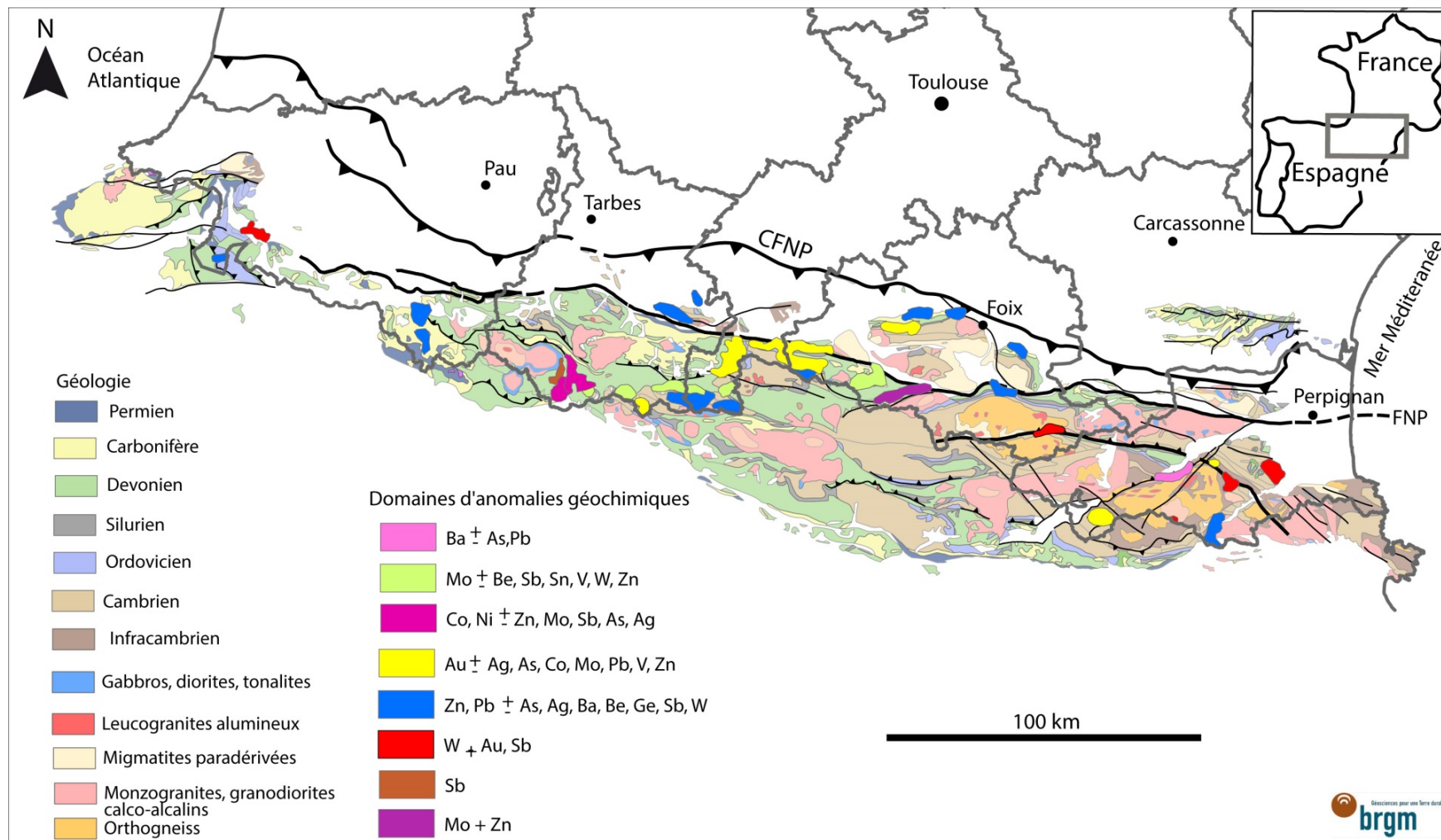


# Les travaux de l'Inventaire minier dans les Pyrénées

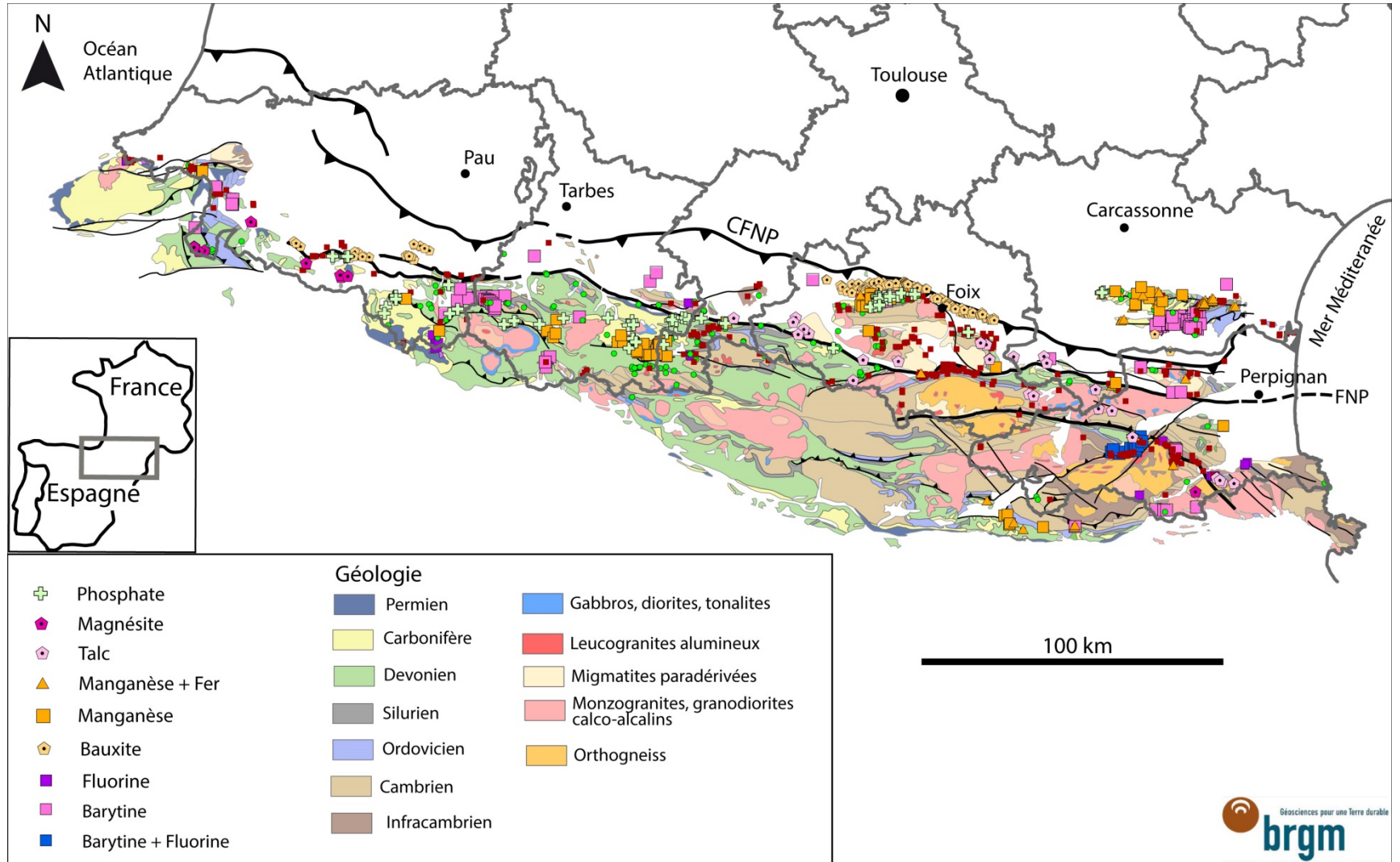


- > 24 836 prélèvements de « stream sédiment » analysés par DCP ou ICP réalisé entre 1978 et 1990.
- > 6 614 prélèvements alluvionnaires pour comptage et identification des minéraux lourds.

# Les travaux de l'Inventaire minier dans les Pyrénées



# Les substances d'intérêt limité



> A l'exception du talc, ces substances ne présentent pas d'intérêt

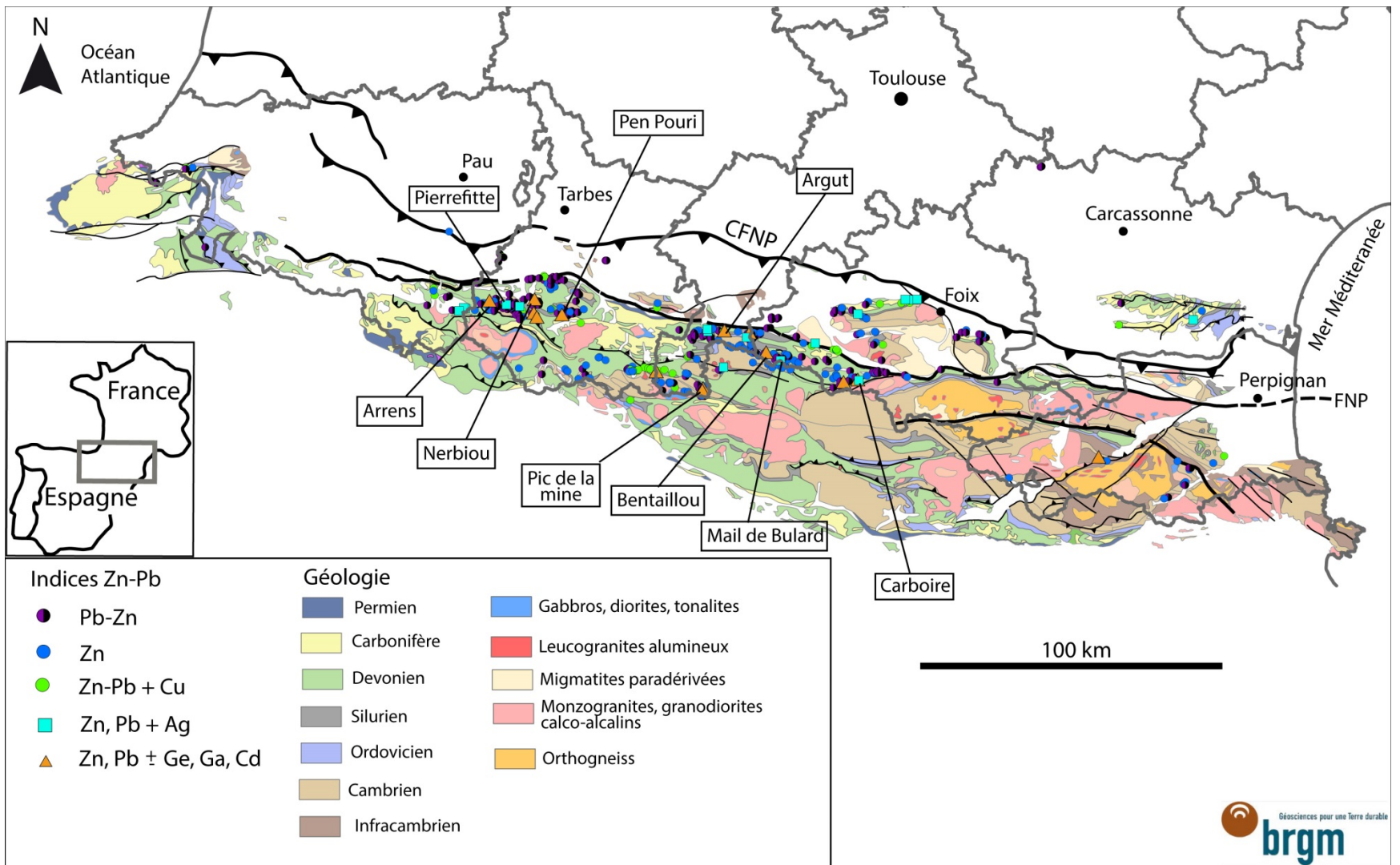
# Les substances à valoriser (Zn-Pb)

Eonothème Eon	Erathème Ère	Système Période	Série Epoque	Age	Formations géologiques	Evènements géodynamiques et magmatiques	Minéralisations					
Phanérozoïque	Paléozoïque	Dévonien	Supérieur	351.0 ± 0.4	→ Epaisse série de 2500m présente sur l'ensemble de la Zone Axiale, essentiellement carbonaté au centre et à l'Est et de type flysch à l'Ouest.	→ Passage à un régime compressif : subductions, failles listriques, tectonique de nappes et épaissement crustal.	→ Gisement atypique Zn-Pb et Barytine d'Arrens d'origine sédimentaire					
			Moyen	385.3 ± 2.6				Minéralisation amas stratoïdes sidérite/ankérite				
			Inférieur	397.5 ± 2.7								
	Silurien	Pridoli	416.0 ± 2.8	→ Série de schistes noirs d'environ 200 m de puissance présents sur l'ensemble de la Zone Axiale.	→ Fin du régime extensif. → Trace de volcanisme	→ Minéralisations Zn-Pb de type "Sedex" associé au niveau repère des calcaires Emsien (Carboire).						
		Ludlow	418.7 ± 2.7				→ Faciès de régime calme marquant l'extension maximale du domaine océanique.	→ Pas de minéralisations significatives connues.				
		Wenlock	422.9 ± 2.5									
		Llandovery	428.2 ± 2.3									
		Ordovicien	Supérieur						443.7 ± 1.5	→ Formations du Caradoc (conglomérats) et de l'Ashgill (schistes troués)	→ Evènement extensif et volcanisme basaltique (Pierrefitte)	→ Minéralisations Zn-Pb de type "Sedex" (Pierrefitte, Bentaillou)
			Moyen						460.9 ± 1.6	→ Lacune sédimentaire et érosion		
			Inférieur						471.8 ± 1.6	- Discordance - Evènement transpressif <b>PHASES SARDES</b>		

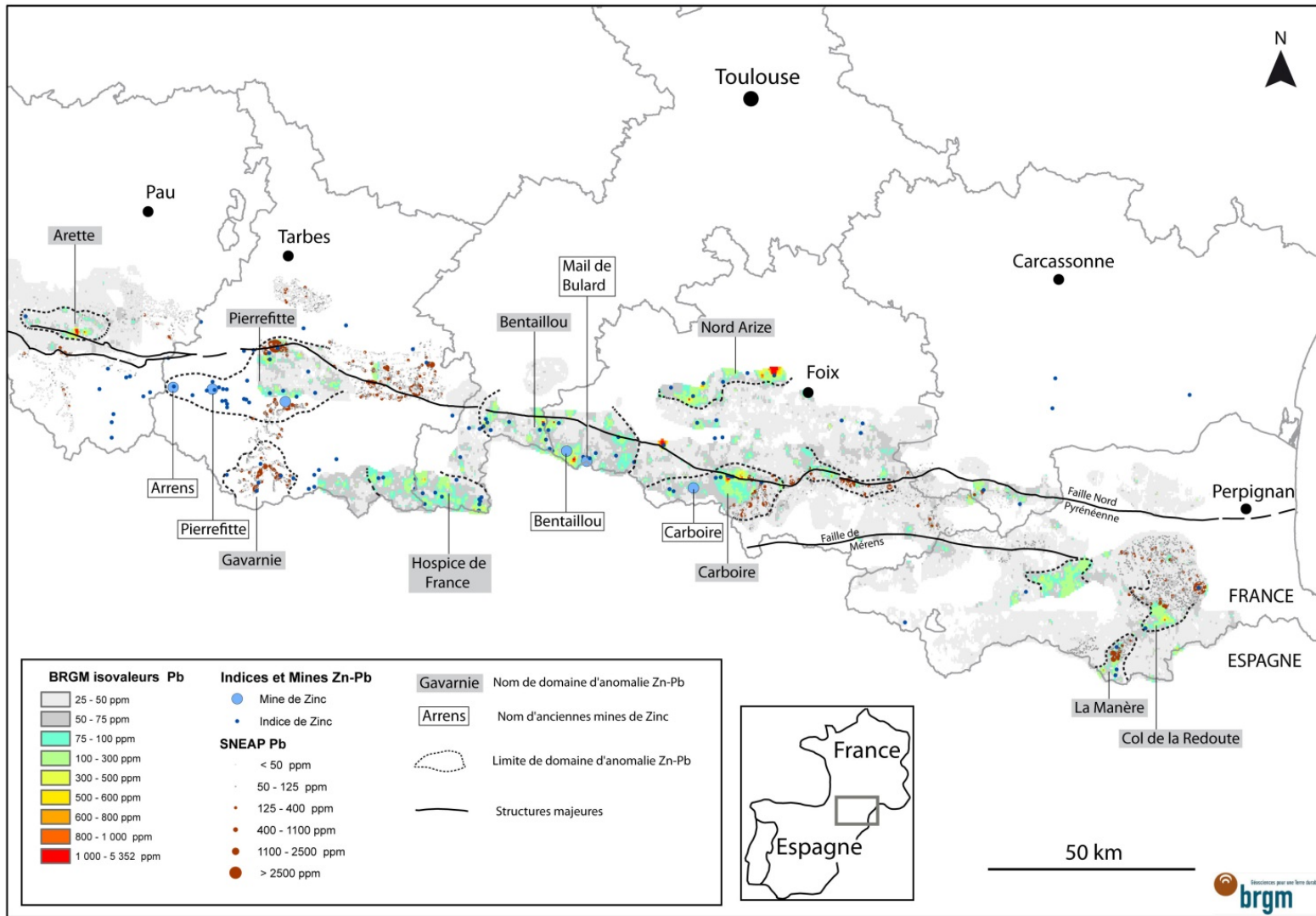
Synthèse géodynamique et métallogénique des minéralisations Zn-Pb paléozoïques des Pyrénées



# Les substances à valoriser (Zn-Pb)



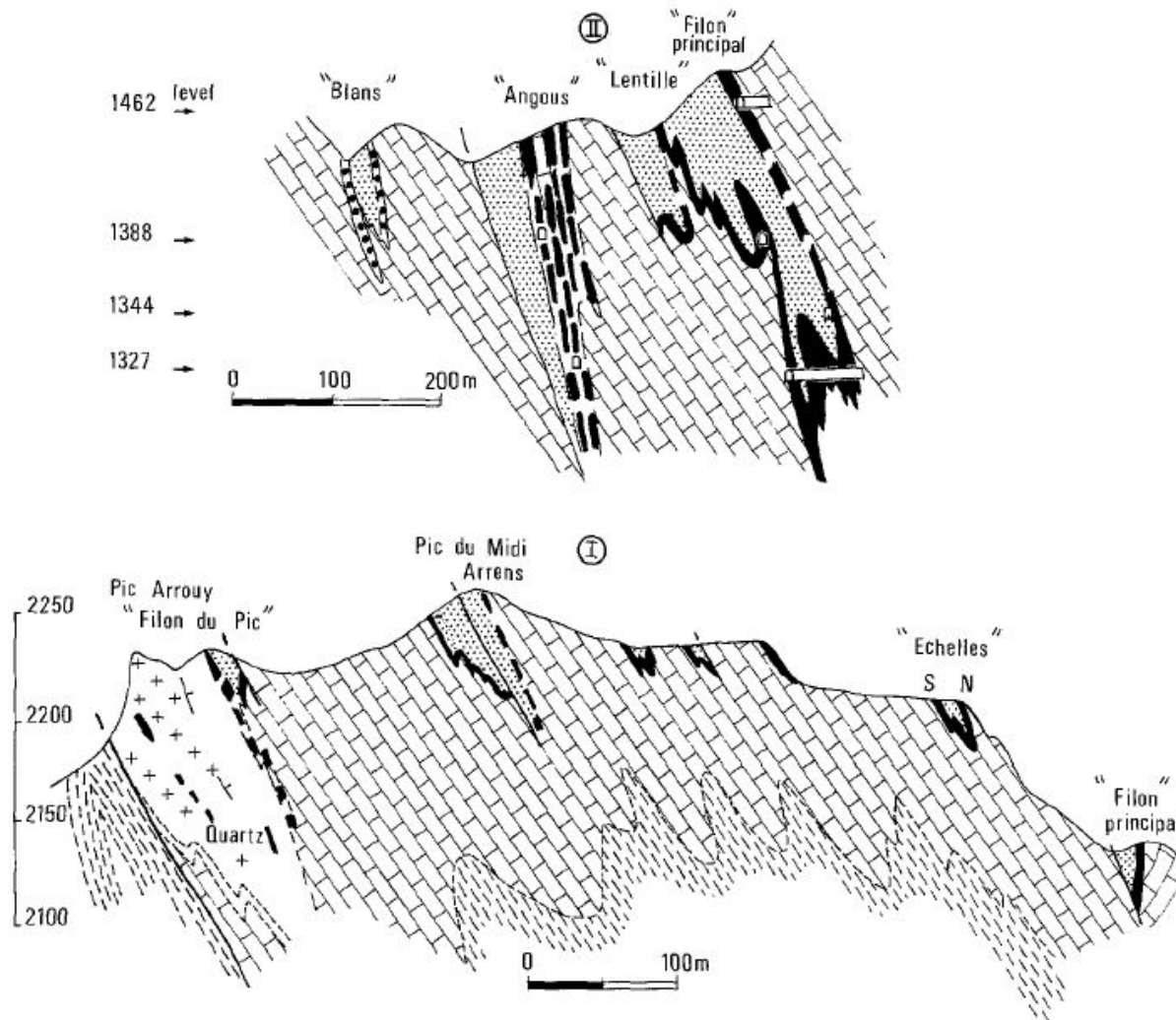
# Les substances à valoriser (Zn-Pb)



Les domaines de Carboire et du Bentailou sont non négligeables et le domaine de **Pierrefitte avec le gisement d'Arrens est le prospect à développer en priorité.**

**Arrens : entre 2 et 4 Mt de minerai à 5 – 10% de Zn-Pb et entre 2 et 3 Mt de barytine**

# Les substances à valoriser (Zn-Pb)



Pouit, 1986

# Les substances à valoriser (Or)

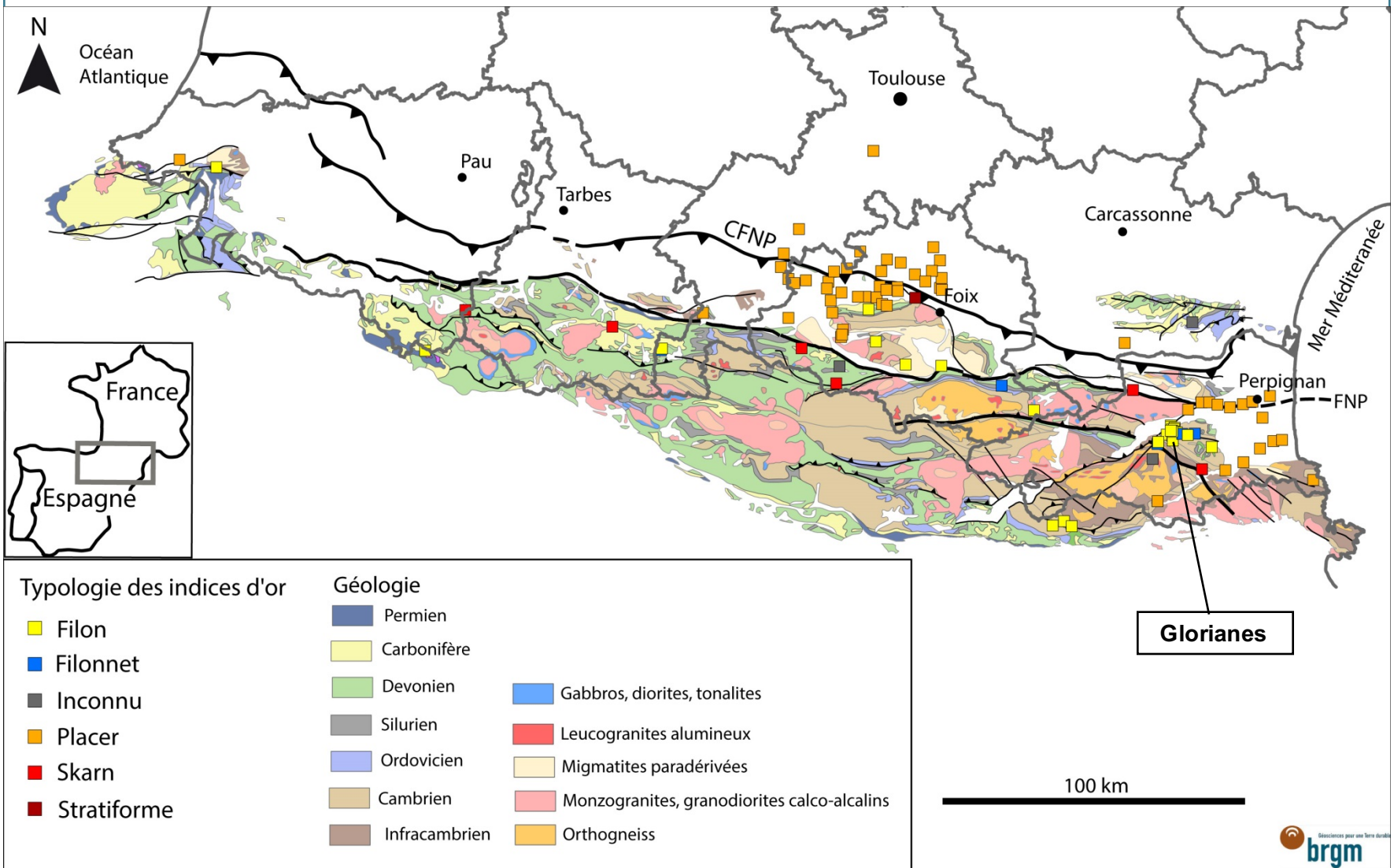
Eonothème Eon	Erathème Ère	Système Période	Série Epoque	Age	Formations géologiques	Evènements géodynamiques et magmatiques	Minéralisations	
Pré-Cambrien	Proterozoïque	Carbonifère	Pennsylvanien	Supérieur	299.0 ± 0.8	→ Hiatus sédimentaire	→ Evènement extensif	
				Moyen	306.5 ± 1.0	→ Dépôts sédimentaires syn-orogéniques (e.g. faciès Culm) de type flysch grés-pélimitique et conglomératique d'avant fosse.	-D3 : Phase de décrochement dextre inverse et évènement magmatique majeur (intrusions granitiques calco-alcalines).	→ Minéralisations aurifères de types filonien (évènement Or 300 Ma ?)
				Inférieur	311.7 ± 1.1		-D2 : Transpression dextre, domes métamorphiques et metamorphisme HT	→ Minéralisation de type skarn à Scheelite (Salau, Costabonne) (W +/- Au).
				Supérieur	318.1 ± 1.3		-D1 : Chevauchements modérés	
				Moyen	326.4 ± 1.6		<b>OROGENESE HERCYNIENNE</b>	→ Minéralisation de nodule phosphaté (fluorapatite) (e.g. Cierp)
				Inférieur	345.3 ± 2.1	→ Niveau de Jaspe et Lydienne (dinantien)		→ Nombreuses occurrences Mn sédimentaires (e.g. Las Cabesses)
					359.2 ± 2.5			

+ de 100 indices aurifères sont connus donc les Pyrénées dont la majorité sont des placers actuels ou des paléo-placers (e.g. conglomérats oligocène à éocène du Plantaurel)

2 métallotectes aurifères semblent dominer : les filons à Au-As-Pyrite et l'or contenu dans les skarns.



# Les substances à valoriser (Or)



# Les substances à valoriser (Or)

## Mines de Glorianes:

650 m de décapages , 1700 m de galeries

19 entrées , 3 puits

Découverte: 1902

Exploitation de façon intermittente

Teneur or: 23g/t et 300 g/t argent

Or extrait: 350 Kg

Ressources estimées à 350 Kg

Source photos : orpillage.fr



## Ancienne Exploitation alluvionnaire du Tech :

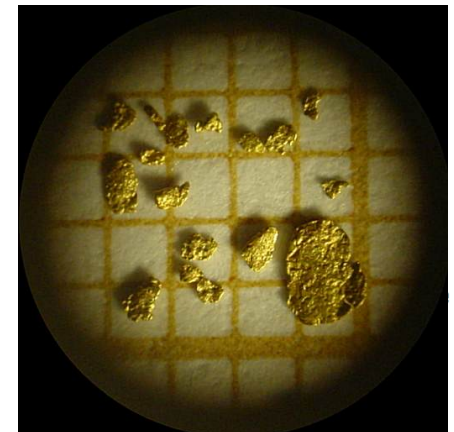
Ancienne sablière



Moquette installée sous le crible

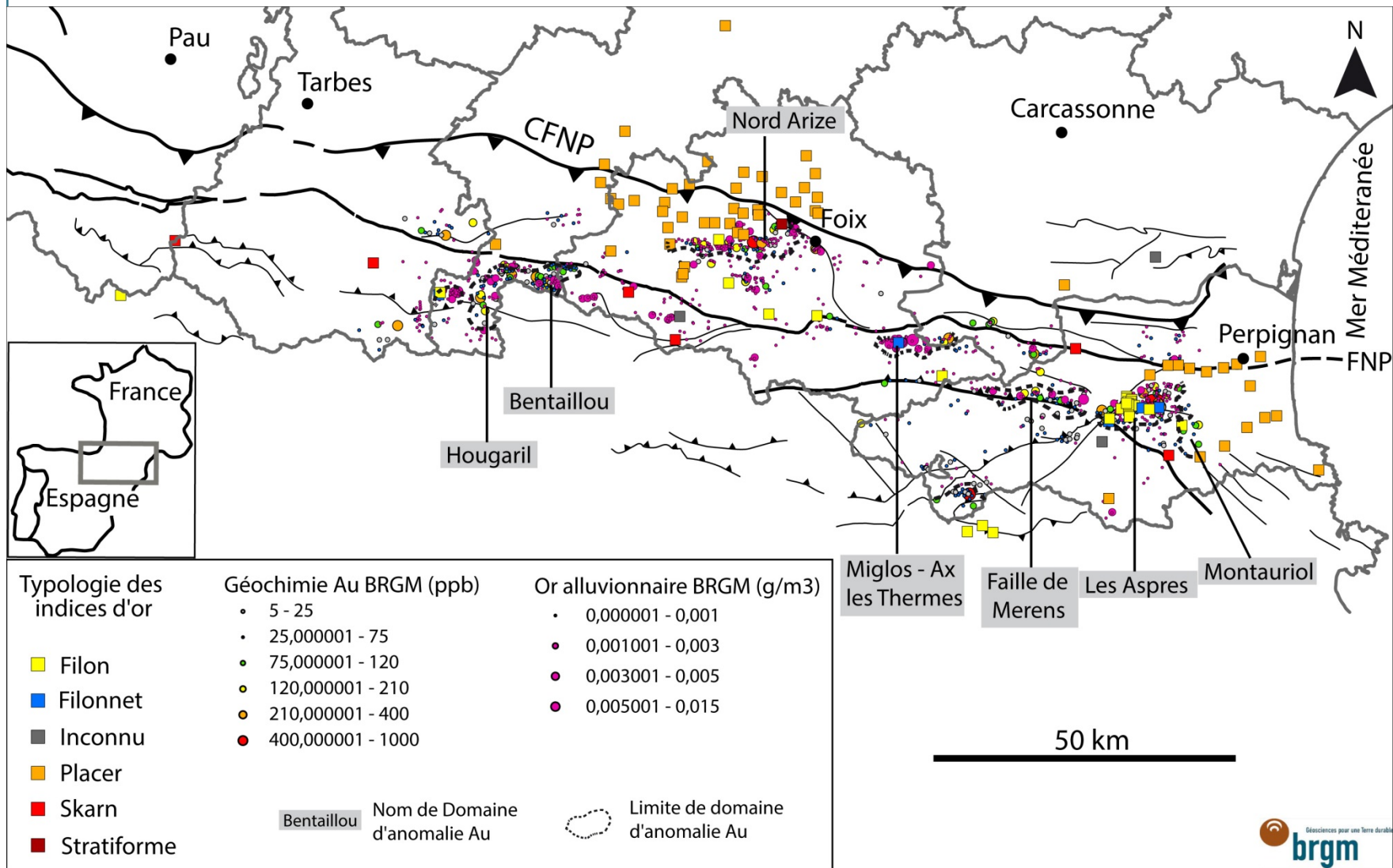


Paillette d'or du Tech





# Les substances à valoriser (Or)





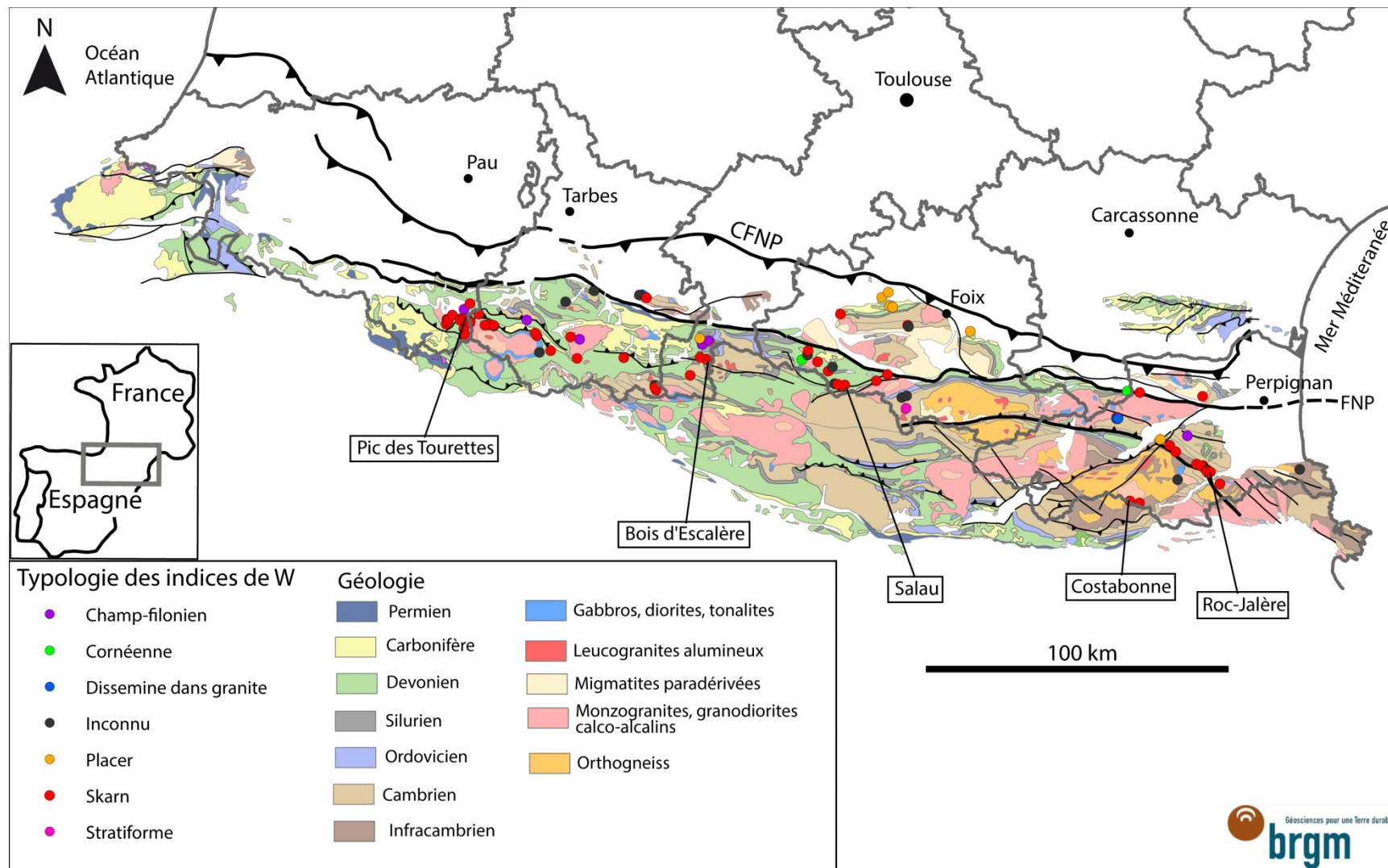
# Les substances à valoriser (W)

Eonothème Eon	Erathème Ere	Système Période	Série Epoque	Age	Formations géologiques	Evènements géodynamiques et magmatiques	Minéralisations
ériodique	Carbonifère	Pennsylvanien	Supérieur	299.0 ± 0.8	→ Hiatus sédimentaire	→ Evènement extensif	→ Minéralisations aurifères de types filonien (évènement Or 300 Ma ?)
			Moyen	306.5 ± 1.0	→ Dépôts sédimentaires syn-orogéniques (e.g. faciès Culm) de type flysch gréso-pélimitique et conglomératique d'avant fosse.	-D3 : Phase de décrochement dextre inverse et évènement magmatique majeur (intrusions granitiques calco-alcalines).	→ Minéralisation de type skarn à Scheelite (Salau, Costabonne) (W +/- Au).
			Inférieur	311.7 ± 1.1		-D2 : Transpression dextre, domes métamorphiques et metamorphisme HT	
			Supérieur	318.1 ± 1.3		-D1 : Chevauchements modérés	
			Moyen	326.4 ± 1.6		<b>OROGENESE HERCYNIE</b>	→ Minéralisation de nodule phosphaté (fluorapatite) (e.g. Cierp)
			Inférieur	345.3 ± 2.1	→ Niveau de Jaspe et Lydienne (dinantien)		→ Nombreuses occurrences Mn sédimentaires (e.g. Las Cabesses)
				359.2 ± 2.5			

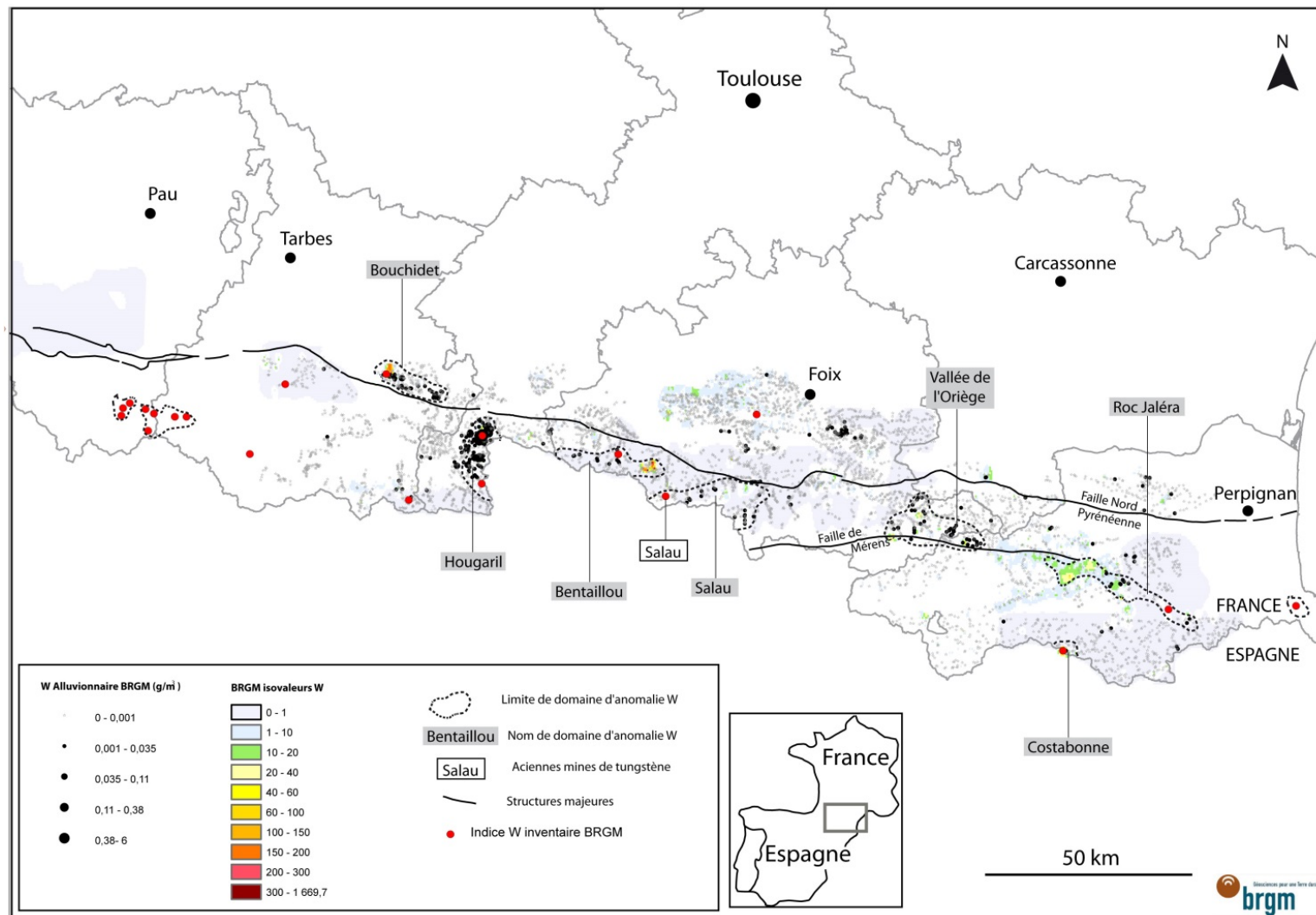
Environ 100 indices de W sont connus et tous sont uniquement à scheelite (CaWO<sub>4</sub>).

Les minéralisations de W sont principalement de type skarn à scheelite et encaissé dans les formations cambro-ordoviciennes et dévoniennes.

# Les substances à valoriser (W)



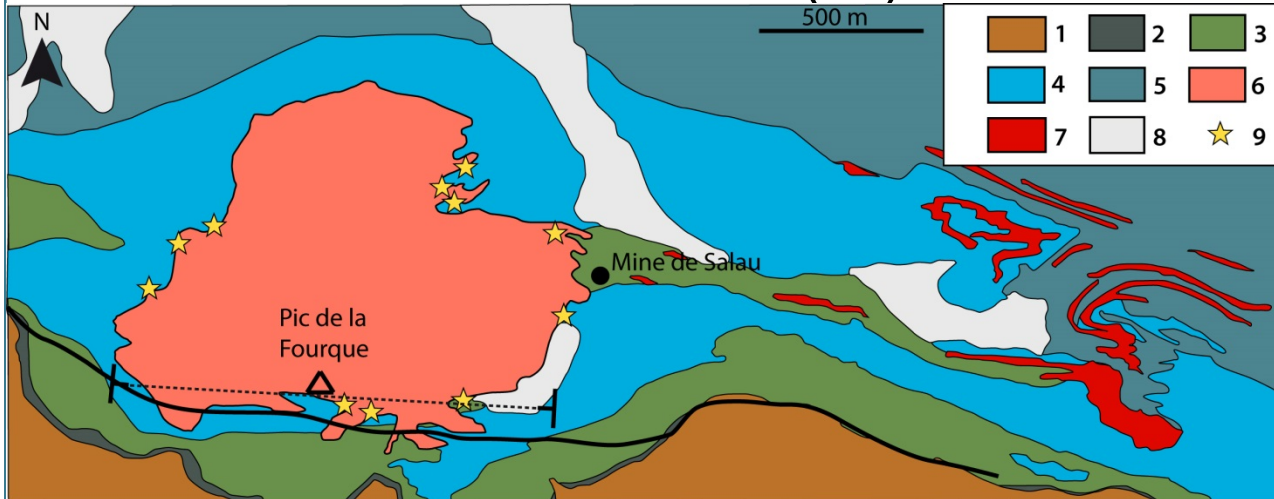
# Les substances à valoriser (W)



Les gisements de **Salau (partiellement exploité)** et de **Costabonne** sont les cibles **prioritaires à développer**. Une prospection plus détaillée du domaine de Hougaril est également à privilégier.

BRGM-DGR

# Les substances à valoriser (W)

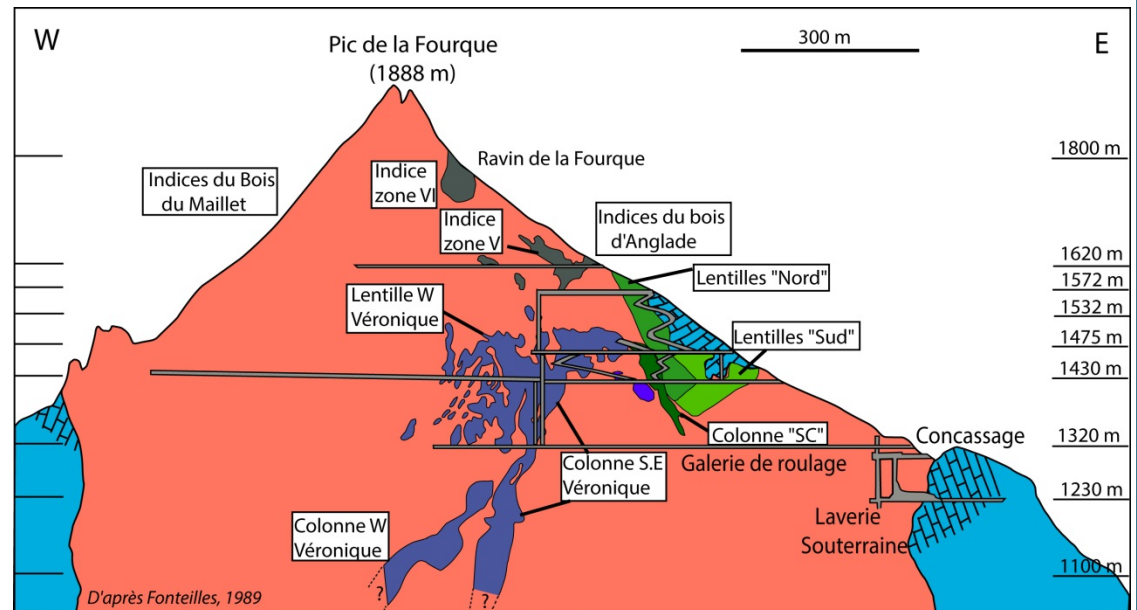


## Le gisement de Salau (W)

- Gisement exploité de 1970 à 1986 avec une production de 12415 t de  $WO_3$ .
- La forme du gisement est complexe sous forme de lentilles et de colonnes d'endoskarn et d'exoskarn.

1 : Formation d'Evol indifférenciée; 2 : Calcaire noir à crinoïdes dévonien inf.; 3 : Unité Barrégiennes silto-carbonatée; 4 : Calcaire de Salau Praguien - Emsien inf. (dévonien); 5 : Pélite bleuté Eifélien (dévonien); 6 : Granodiorite à bt et hb de la Fourque; 7 : Sills et dykes de microgranitoïde; 8 : Quaternaire; 9 : Skarns à scheelite.

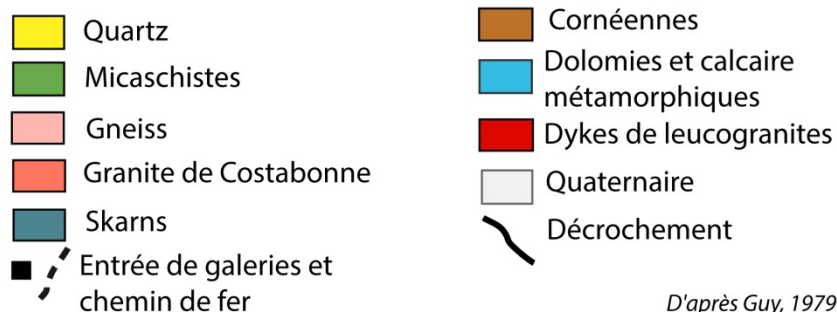
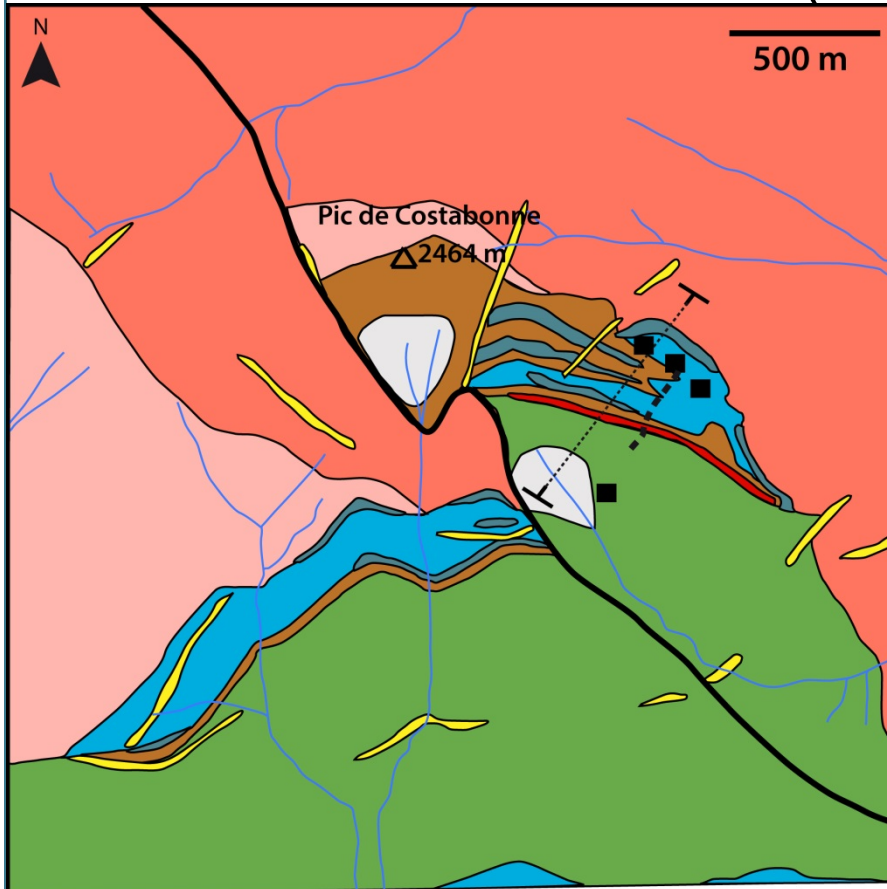
- La scheelite et la pyrrhotite, sont parfois accompagnées de sphalérite, arsénopyrite, chalcopryrite, bismuth et de l'or avec des teneurs intéressantes.
- Les réserves estimées en 1986 sont de 3400 t de  $WO_3$  (200 000 t de minerai à 1,7%). Cependant, le contexte économique actuel devrait significativement augmenter ces réserves.



BRGM-DGR



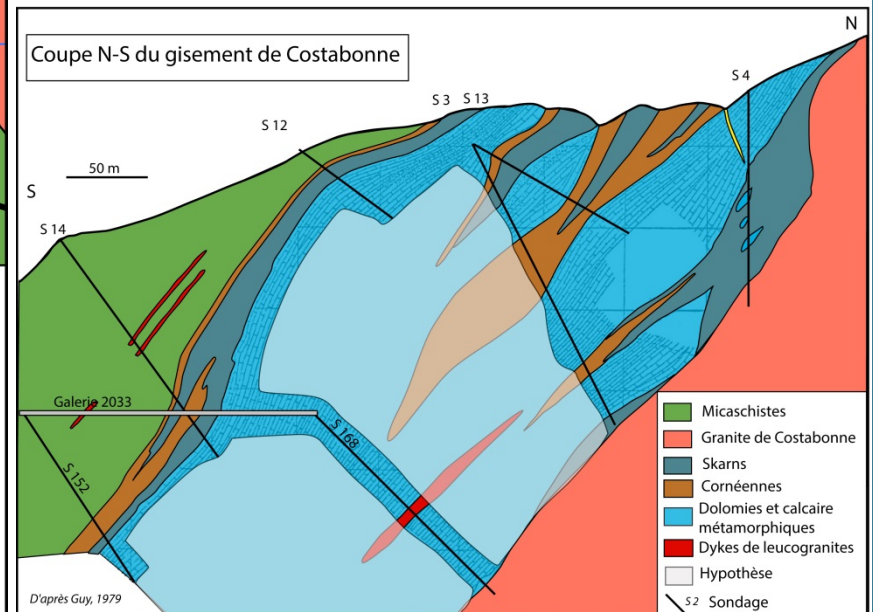
# Les substances à valoriser (W)



D'après Guy, 1979

## Le gisement de Costabonne (W)

- La genèse du gisement de Costabonne est liée à la mise en place d'une intrusion granitique hercynienne au sein des calcaires et dolomies de la série Infracambrienne de Canaveilles;
- Les skarns se présentent sous forme de lentilles minéralisées où la teneur en  $WO_3$  est supérieure à 0,3%.
- Paragénèse à scheelite  $\pm$  pyrite  $\pm$  sphalérite  $\pm$  chalcoppyrite.



D'après Guy, 1979

# Les substances à valoriser (W)



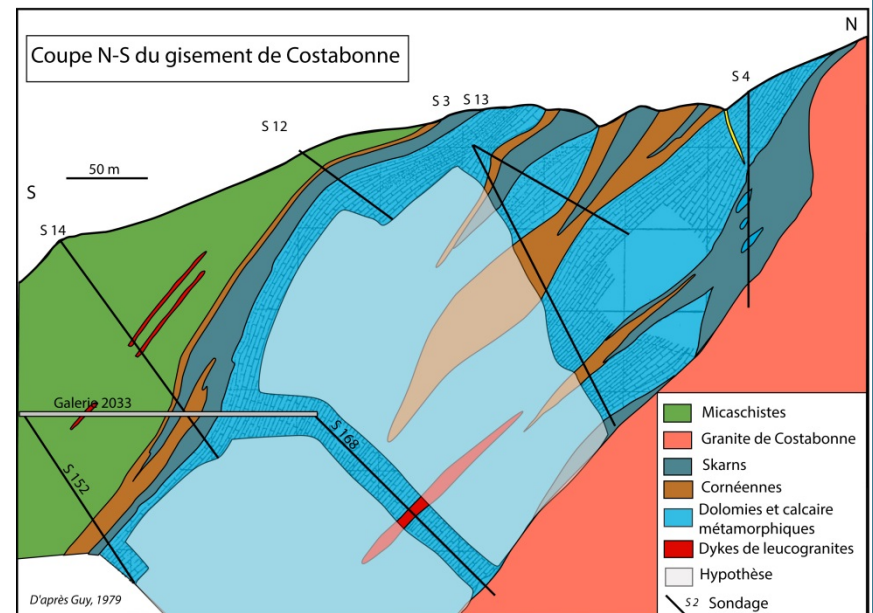
Faciès sain du granite de Costabonne (© B. Le Bayon)



Scheelite centimétrique des skarns de Costabonne (© C. Berbain ; collection Guitard, Tautavel)

## Le gisement de Costabonne (W)

- La genèse du gisement de Costabonne est liée à la mise en place d'une intrusion granitique hercynienne au sein des calcaires et dolomies de la série Infracambrienne de Canaveilles;
- Les skarns se présentent sous forme de lentilles minéralisées où la teneur en  $WO_3$  est supérieure à 0,3%.
- Paragénèse à scheelite  $\pm$  pyrite  $\pm$  sphalérite  $\pm$  chalcoppyrite.



# Conclusions



# Conclusion

- > **La géologie des Pyrénées est particulièrement complexe mais de nombreux travaux de recherche sont actuellement menés dans le cadre du RGF.**
  
- > **La province métallogénique des Pyrénées est riche et a été largement exploitée par le passé (de l'époque Gallo-Romaine jusqu'aux années 1990).**
  
- > **A l'heure actuelle 3 substances semblent présenter un potentiel valorisable, à savoir :**
  - **Les sedex à Zn-Pb ± Ba ± Ag (± métaux critiques ?) (e.g Arrens);**
  
  - **L'or, mal connu, est un sujet à développer et qui peut également apporter une valeur ajoutée comme sous-produit du W dans les gisements de type skarn (e.g Salau);**
  
  - **Le tungstène (W) a été découvert récemment dans les Pyrénées (1960) et a été très peu prospecté. Il présente un intérêt majeur.**

# Merci de votre attention



*Photothèque BRGM*

**Photo de l'exploitation à ciel ouvert de la mine de Fluorine d'Escaro (66)**



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**