

**Université de Liège**  
Faculté des Sciences  
Département de Géologie  
Laboratoire de Minéralogie

Université  
de Liège



# **Bastogne et son sous-sol: aperçu géologique**

**Frédéric Hatert**

Bastogne, le 6 octobre 2011

# Plan de l'exposé

1. Notions de géologie

2. Géologie de l'Ardenne

3. Les minéraux exceptionnels de la région de Bastogne-Bertrix

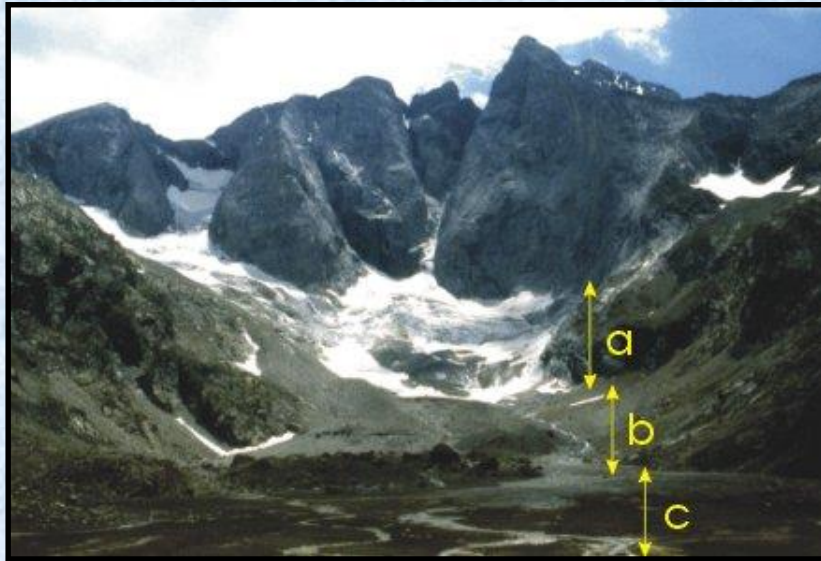
4. Relations entre le sol et le sous-sol: influences sur la végétation

## Définition de la Géologie

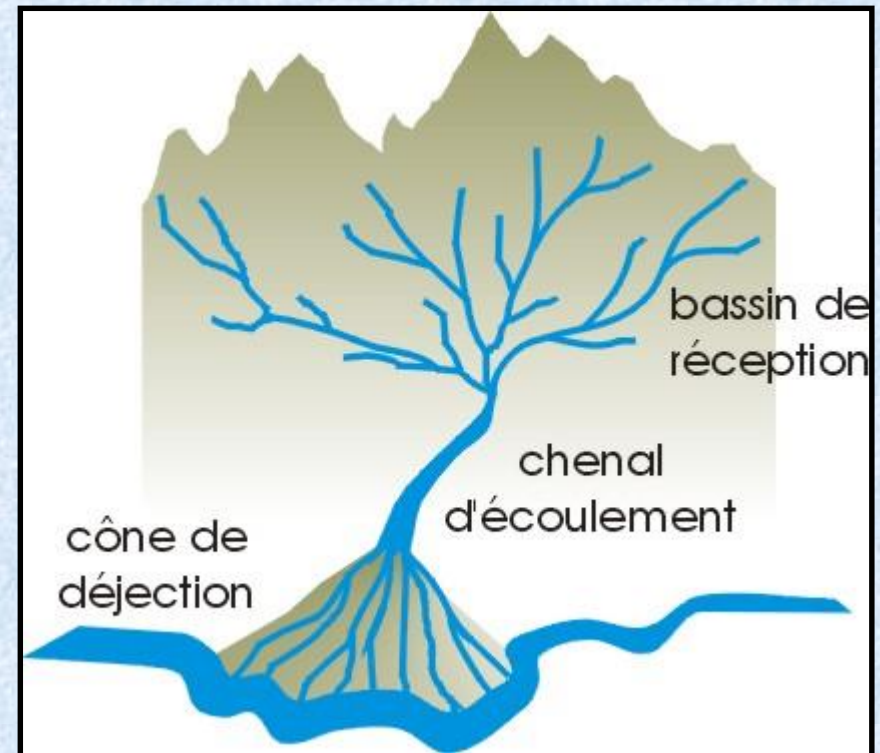
La géologie est la science qui étudie l'évolution de la lithosphère au cours du temps

- Pétrologie (roches)
- Minéralogie (minéraux)
- Paléontologie (fossiles)
- Tectonique (déformation des roches)
- Hydrogéologie (eau)
- Paléoclimatologie (évolution du climat)
- Planétologie (géologie des autres planètes)
- .....

# Les roches sédimentaires: Erosion

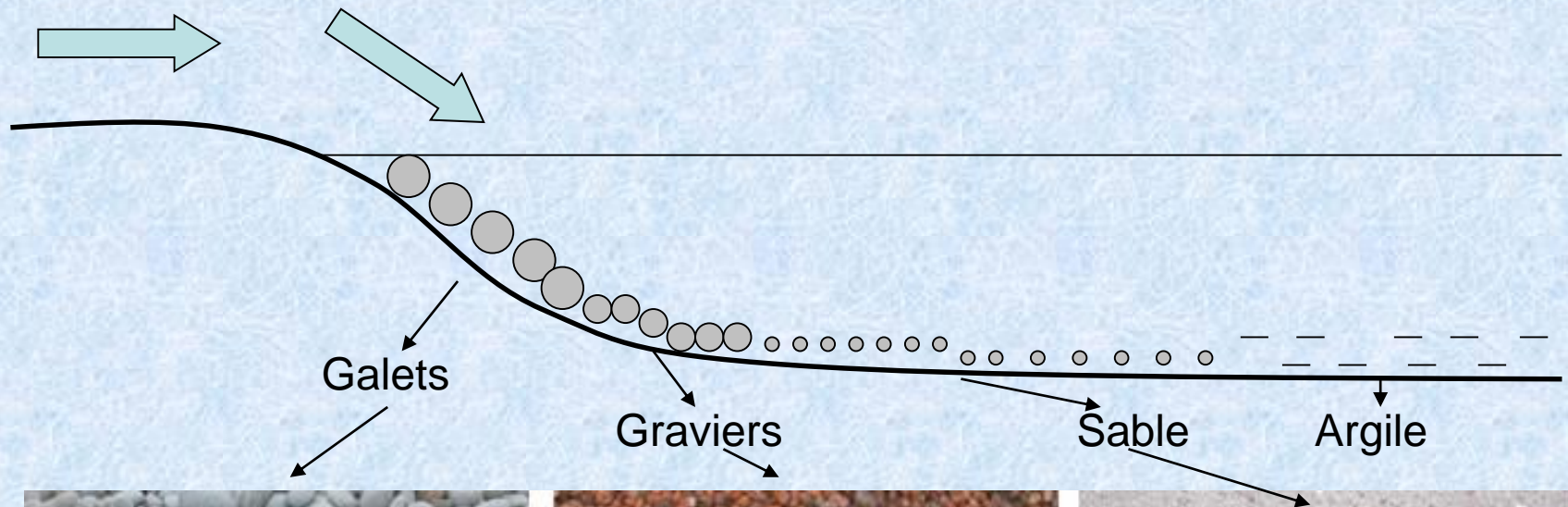


## EROSION - TRANSPORT



# Les roches sédimentaires: Sédimentation

## SEDIMENTATION - CLASSEMENT



# Les roches sédimentaires: Diagenèse

## DIAGENESE

Galets



Conglomérat



Graviers



Arkose

Sable



Grès



Argiles



Argilite



# Les roches métamorphiques



OROGENESE – HP HT

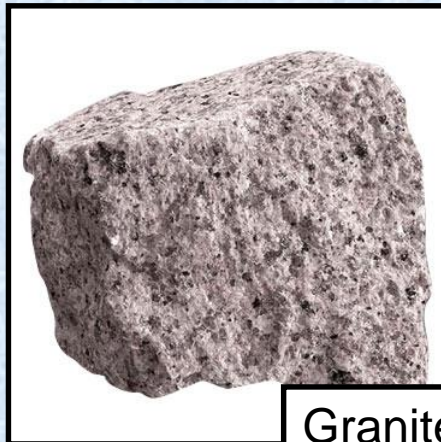
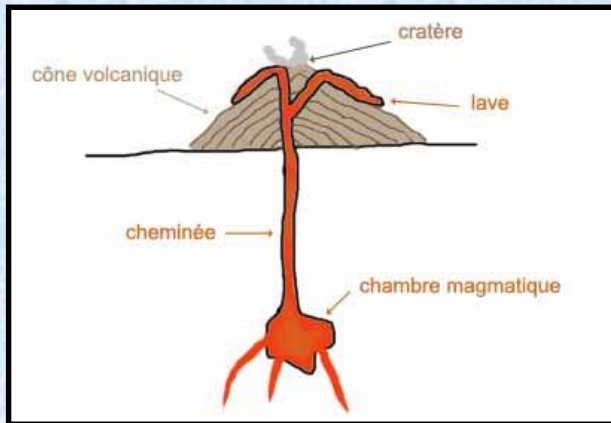
METAMORPHISME



Micaschiste à grenats

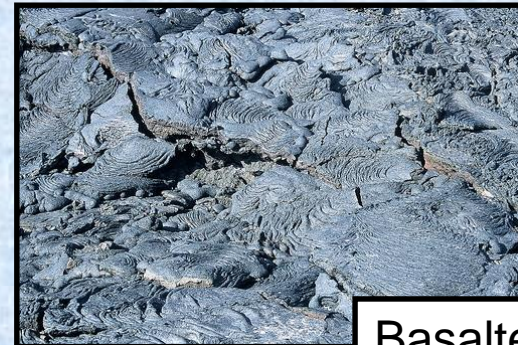
# Les roches magmatiques

## INTRUSIVES



Granite

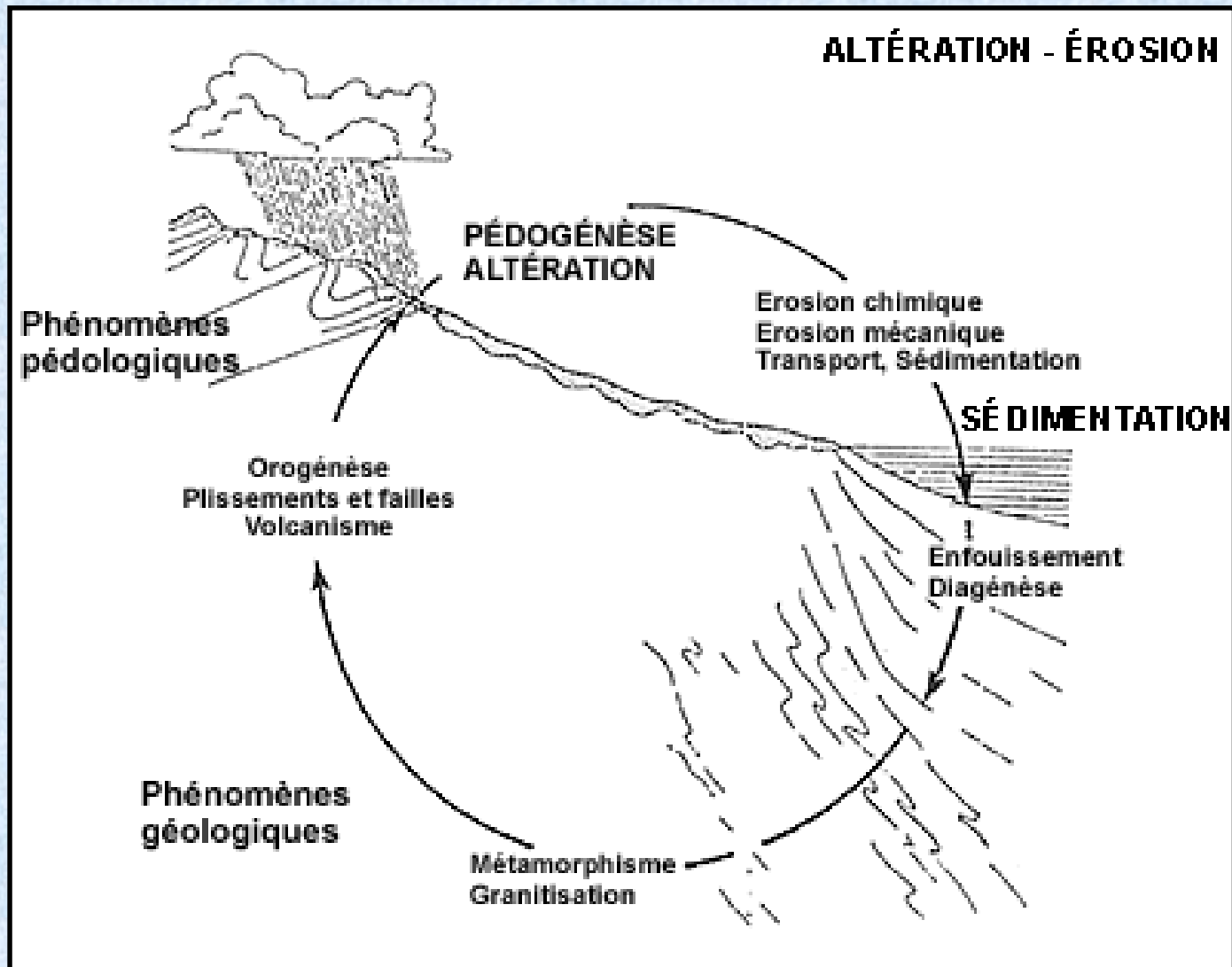
## EXTRUSIVES



Basalte



# Le cycle géologique

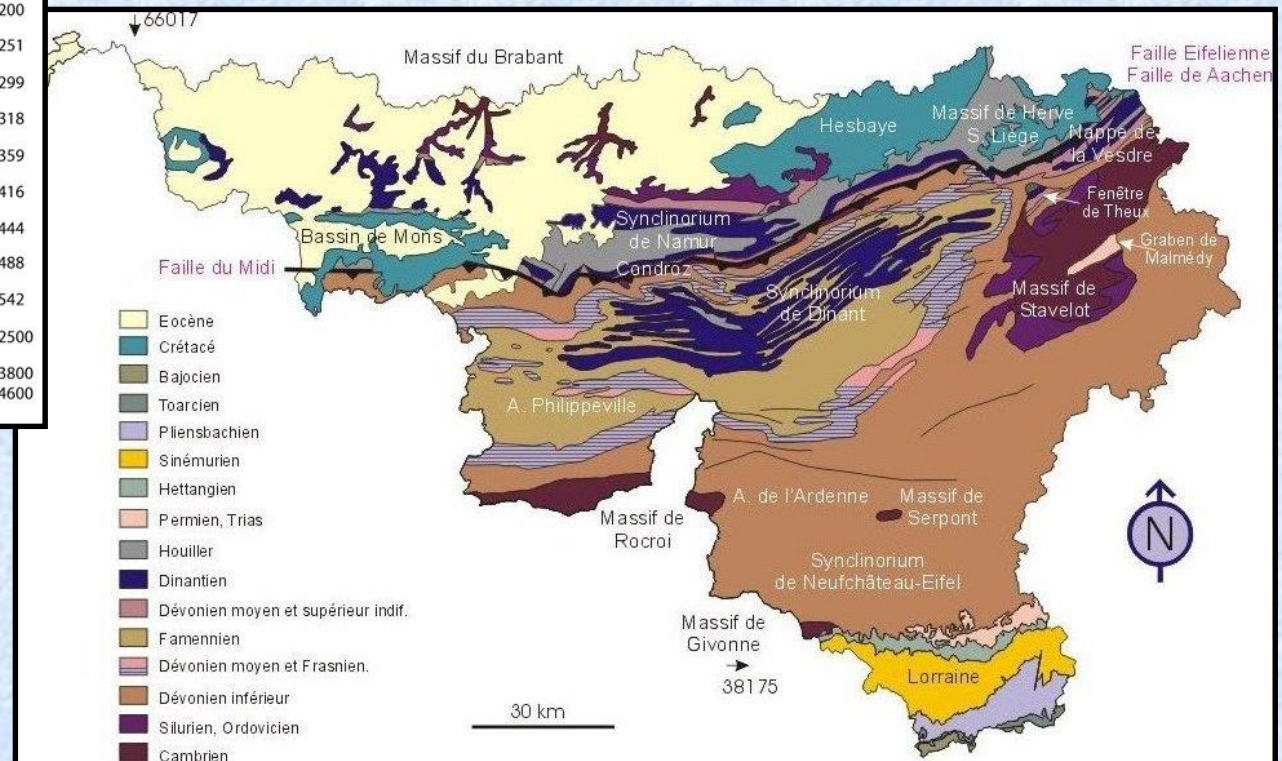


# Géologie de la Wallonie

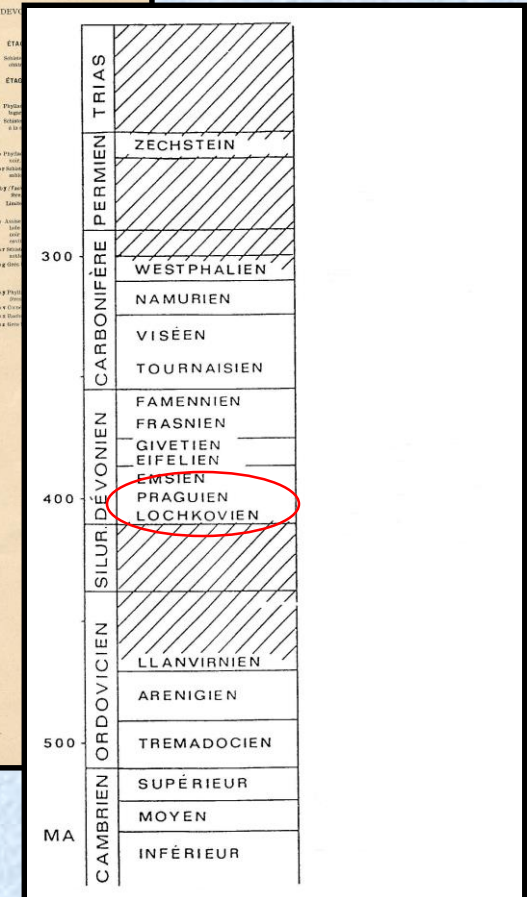
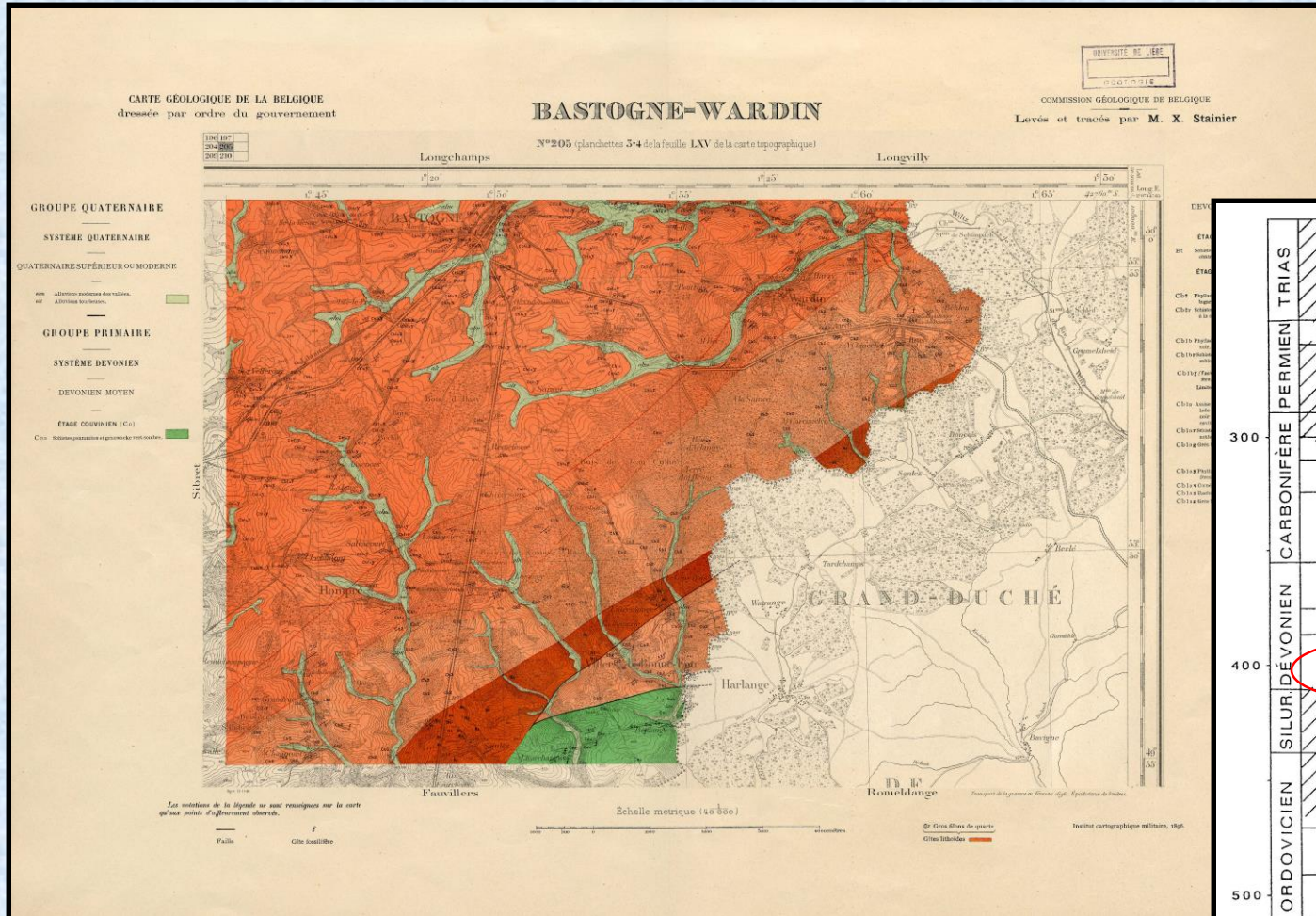
## Massifs cambro-ordoviciens:

Stavelot, Rocroi, Serpont, Givonne

Éon	Ère	Période	Époque	Ma	
PHANÉROZOÏQUE	CÉNOZOÏQUE	QUATÉNAIRE	HOLOCÈNE	0,01	
			PLÉISTOCÈNE	1,8	
		NÉOGÈNE	PLIOCÈNE	5	
			MIOCÈNE	23	
		PALÉOGÈNE	OLIGOCÈNE	34	
			ÉOCÈNE	56	
	MÉSOZOÏQUE	PALÉOZOÏQUE	CRÉTACÉ	146	
			JURASSIQUE	200	
			TRIASSIQUE	251	
			PERMIEN	299	
			CARBONIFÈRE	PENNSYLVANIEN	318
				MISSISSIPIEN	359
			DÉVONIEN	416	
			SILURIEN	444	
ORDOVICIEN	488				
CAMBRIEN	542				
PRÉCAMBRIEN	PROTÉROZOÏQUE	ARCHÉEN	2500		
		HADÉEN	3800		
			4600		



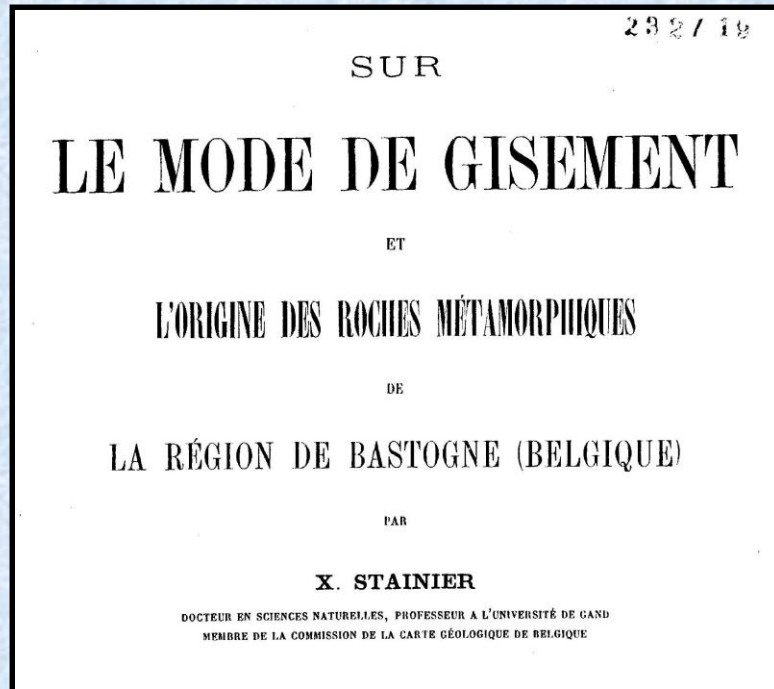
# La carte géologique de Stainier (1896)



Coblencien = Praguien

Roches = schistes, grès

# X. Stainier (1907): le métamorphisme



## PRÉFACE

Il existe au cœur de l'Ardenne des roches métamorphiques remarquables, qui, depuis 1835, époque où Cauchy les signala pour la première fois, sont devenues classiques dans la littérature géologique. Parmi ceux qui s'en sont occupés, on retrouve les plus beaux noms de la géologie belge, et peu de questions ont donné lieu à tant de recherches. Et cependant, malgré tous les travaux accumulés depuis tant d'années, l'accord est encore loin d'être fait sur l'origine de ces formations énigmatiques. Il y a quelques années à peine, lors d'une excursion de la Société belge de géologie, deux voix autorisées, celles de M. Gosselet et de M. Renard, faisaient encore entendre l'exposé des deux théories les plus opposées.

La question reste donc encore ouverte, et nous croyons faire œuvre utile en apportant dans le débat les nombreux matériaux que nous avons pu recueillir.

Au cours des travaux que nous avons poursuivis pendant plusieurs années, dans l'Ardenne, pour le levé de la carte géologique de Belgique, nous avons eu l'occasion de parcourir, dans le plus grand détail, la région classique de ces roches métamorphiques, ainsi que les alentours. Plus heureux que nos devanciers, nous avons eu la chance de pouvoir observer, dans les meilleures conditions, de très nombreux gisements de ces roches.

# Max Lohest et le boudinage

COMPTE RENDU  
DE LA  
SESSION EXTRAORDINAIRE  
DE LA  
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE  
*tenue à Eupen et à Bastogne les 29, 30 et 31 août  
et 1<sup>er</sup>, 2 et 3 septembre 1908,*  
PAR  
M. LOHEST (Vielsalm), X. STAINIER (environs de Bastogne)  
et P. FOURMARIER (La Helle et séances).

Définition du terme  
« boudinage » à  
Bastogne par M.  
Lohest en 1908

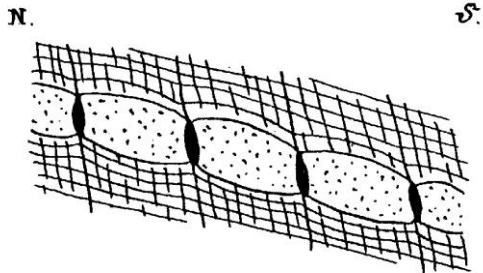


FIG. 3.

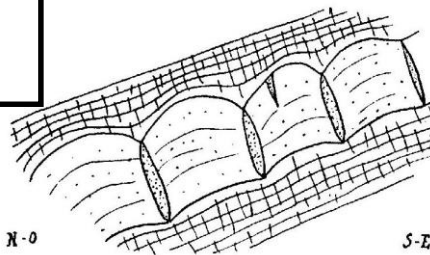
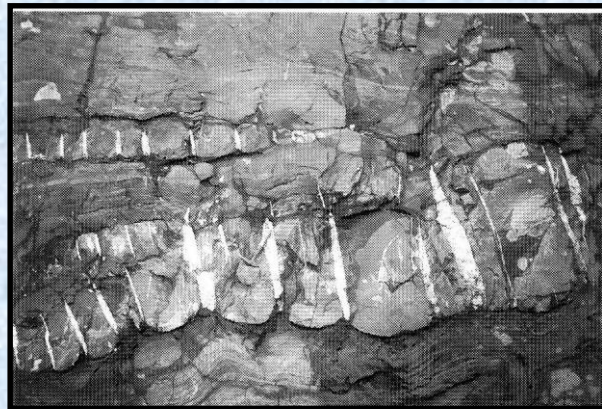
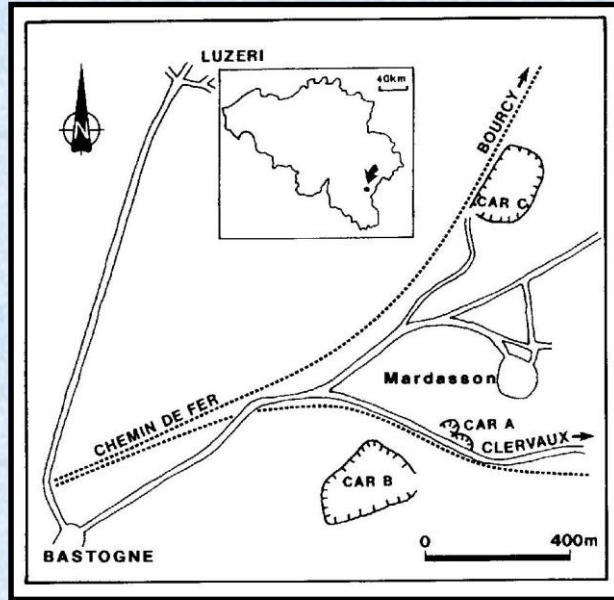


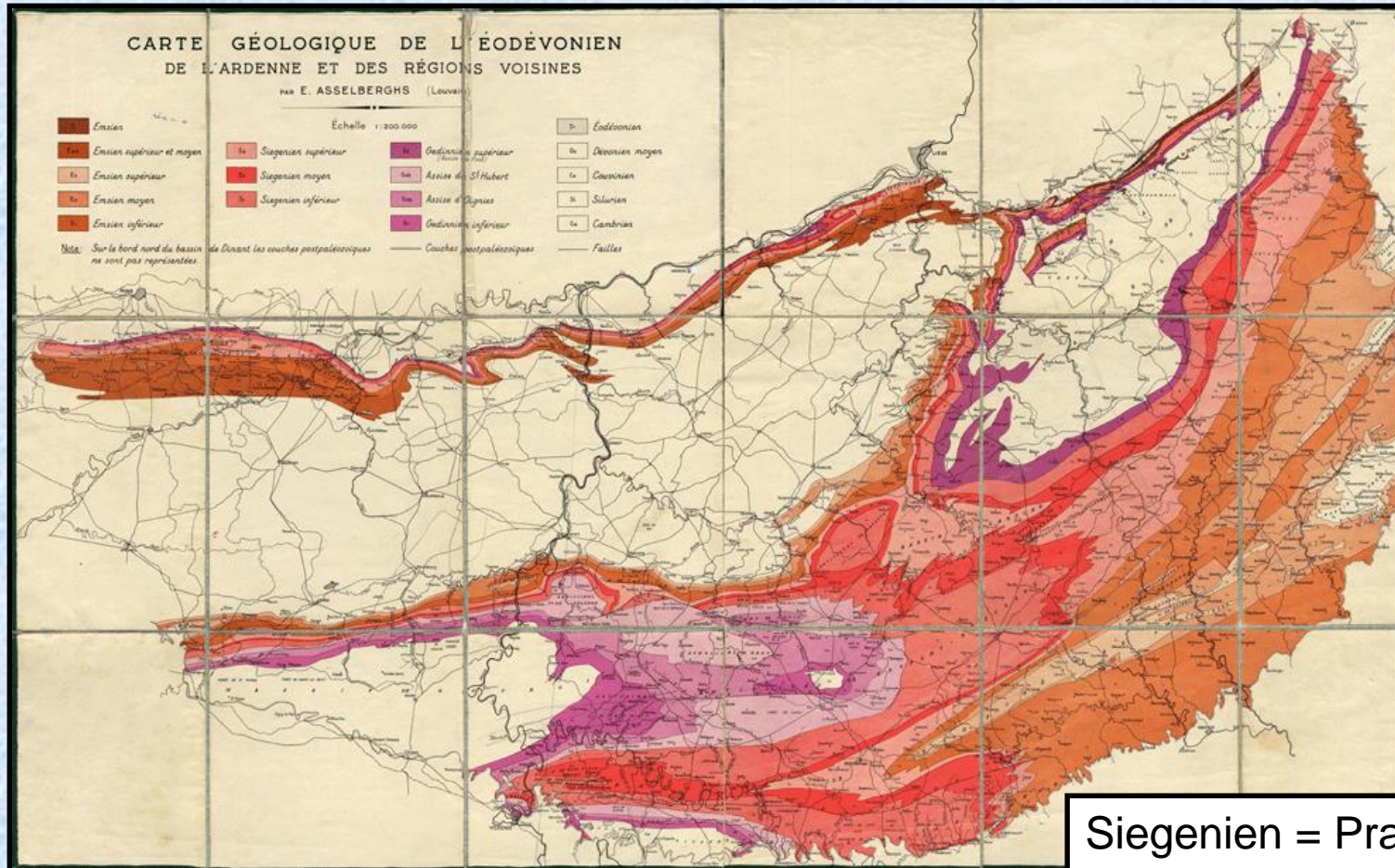
FIG. 2.



# Les carrières de Bastogne



# La carte géologique d'Asselberghs (1946)



Siegenien = Praguïen  
Gedinnien = Lochkovien

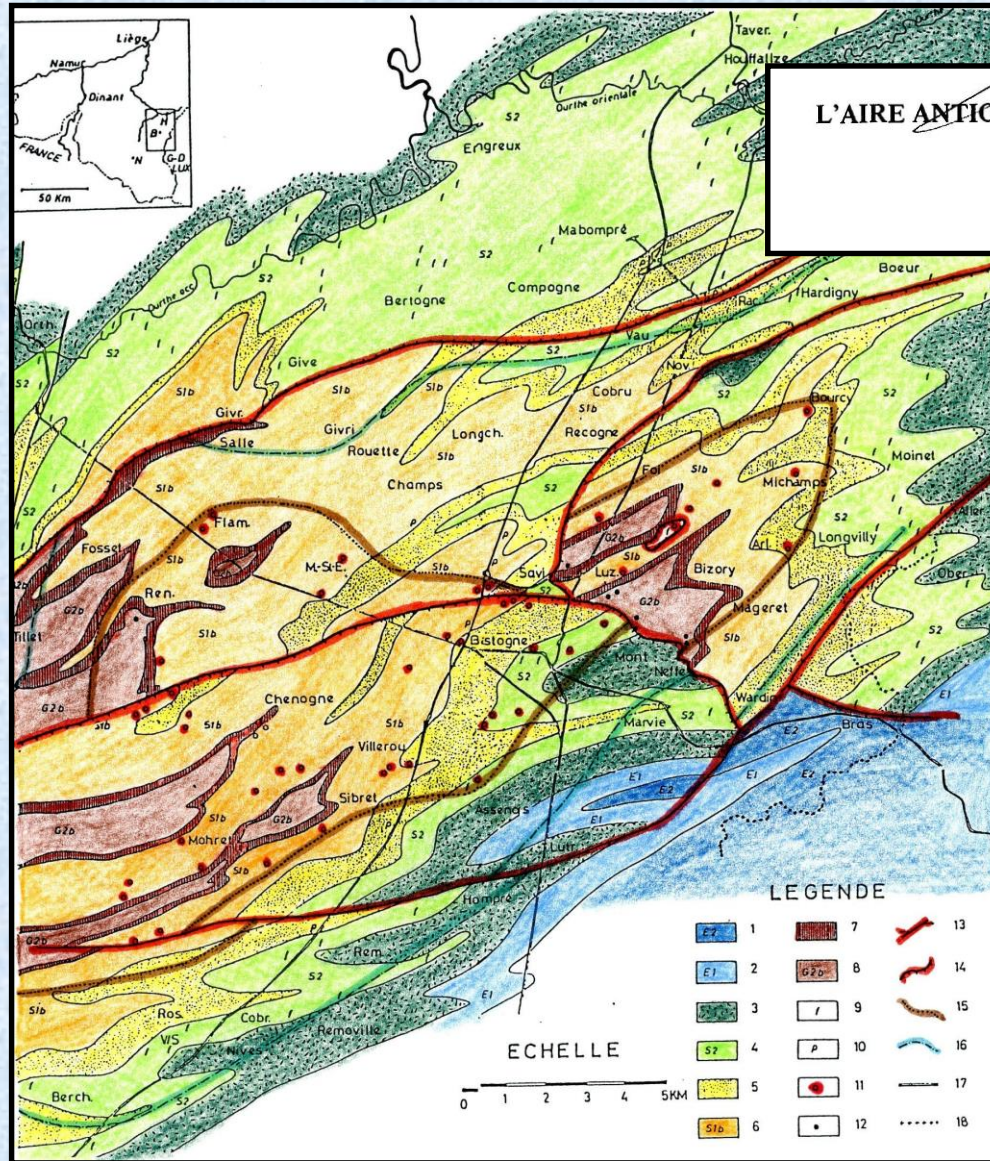
# La carte géologique de Beugnies (1986)

L'aire anticlinale de l'Ardenne dans la région de Bastogne

 A. BEUGNIES<sup>1</sup>

1986

Géologie beaucoup plus complexe, caractérisée par de nombreuses failles!



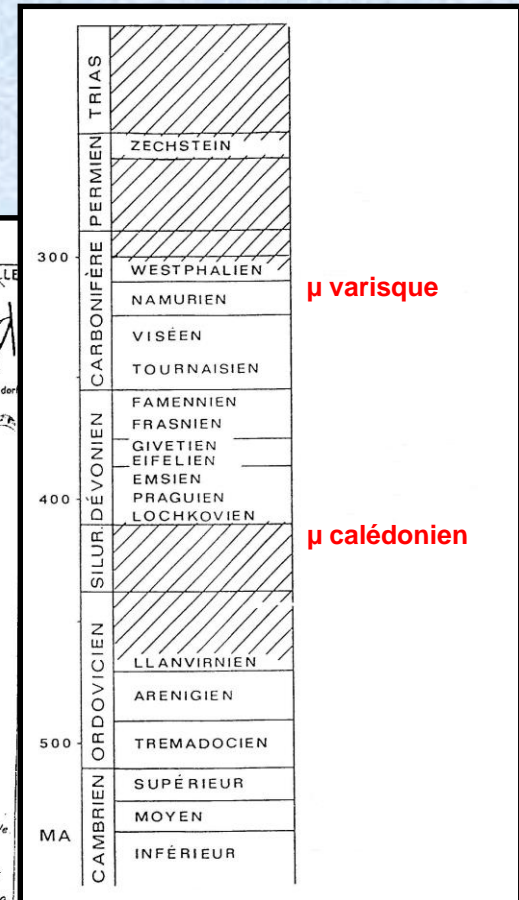
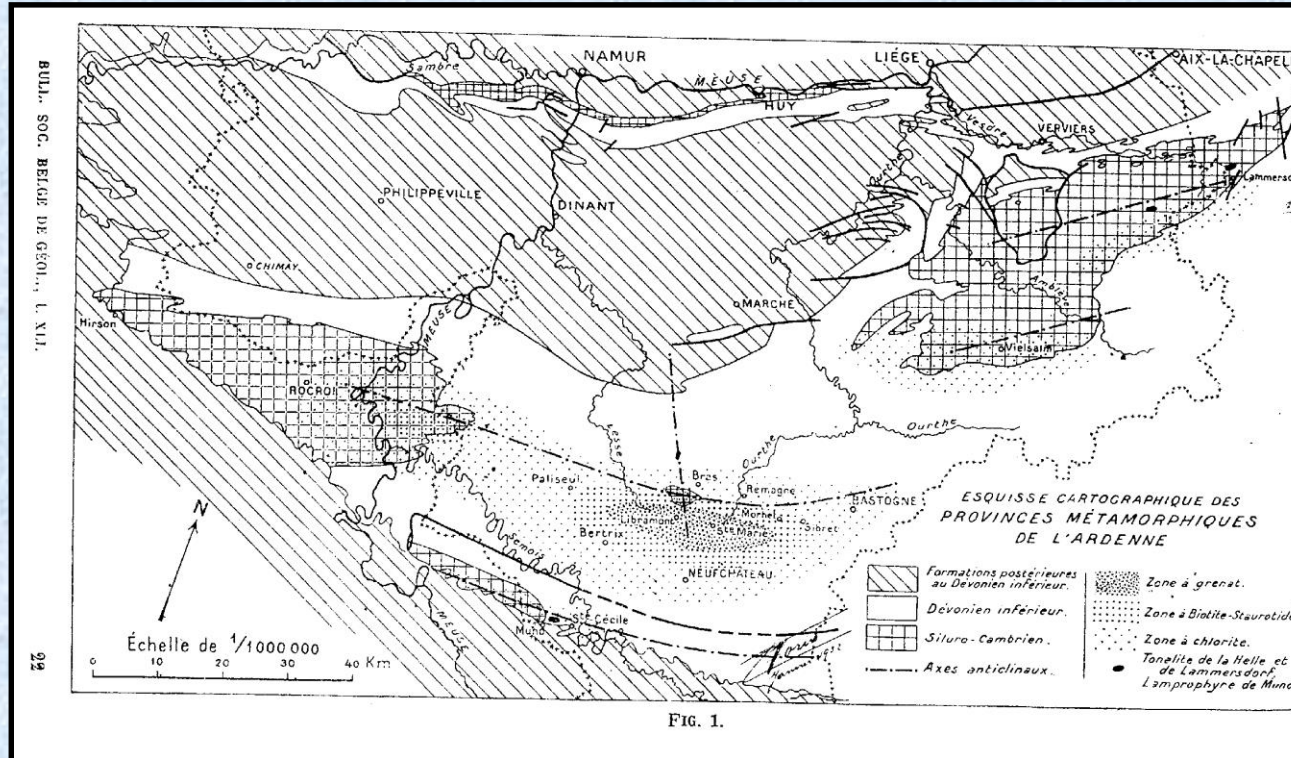


# Le métamorphisme en Ardennes

Coup d'œil sur la zone métamorphique de Paliseul,

par F. CORIN.

Corin (1931)



Zones métamorphiques à grenat, biotite-stauroлите, chlorite

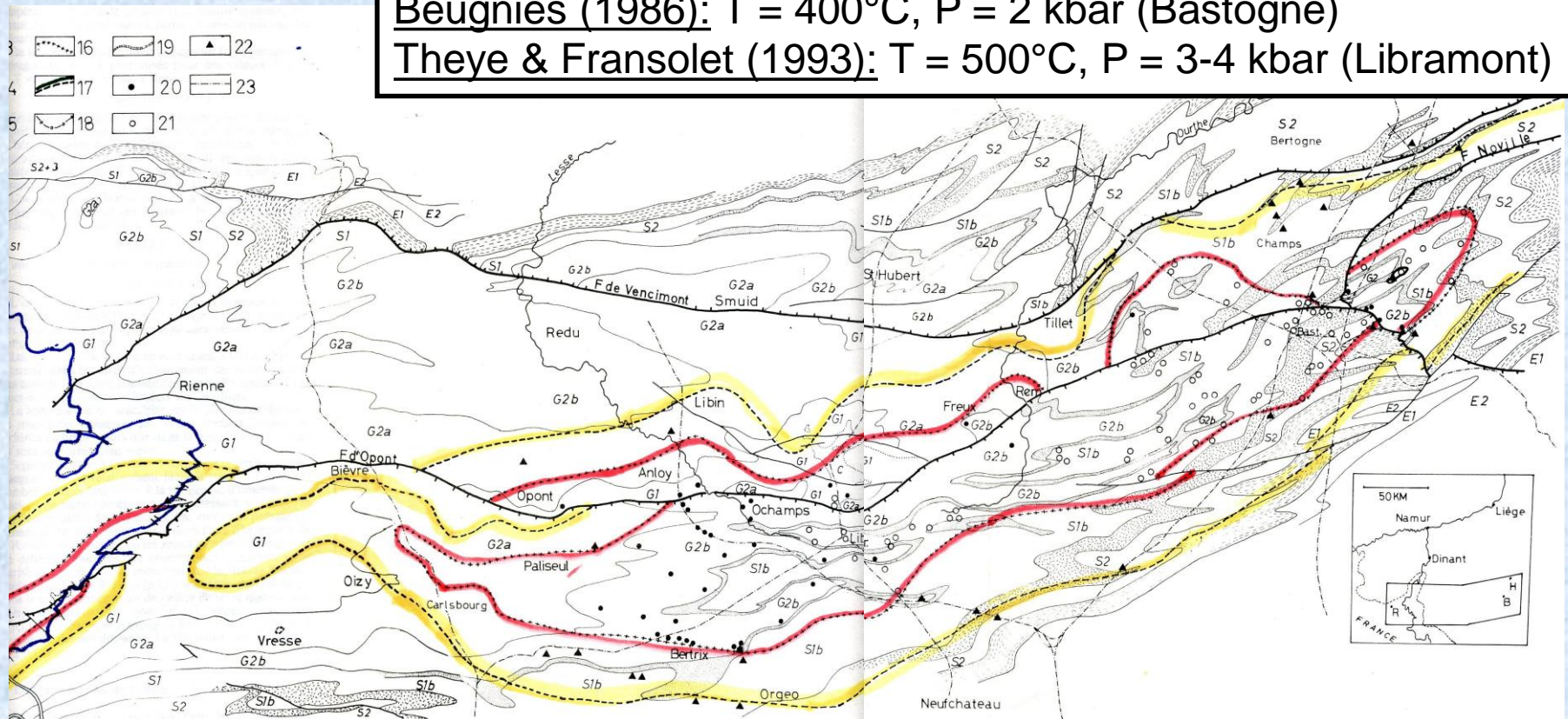
# Les travaux de Beugnies (1986)

## LE MÉTAMORPHISME DE L'AIRE ANTICLINALE DE L'ARDENNE

 par  
Alphonse BEUGNIES\*

Beugnies (1986):  $T = 400^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 2 \text{ kbar}$  (Bastogne)

Theye & Fransolet (1993):  $T = 500^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 3-4 \text{ kbar}$  (Libramont)



Zone interne: andalousite, grenat, chloritoïde

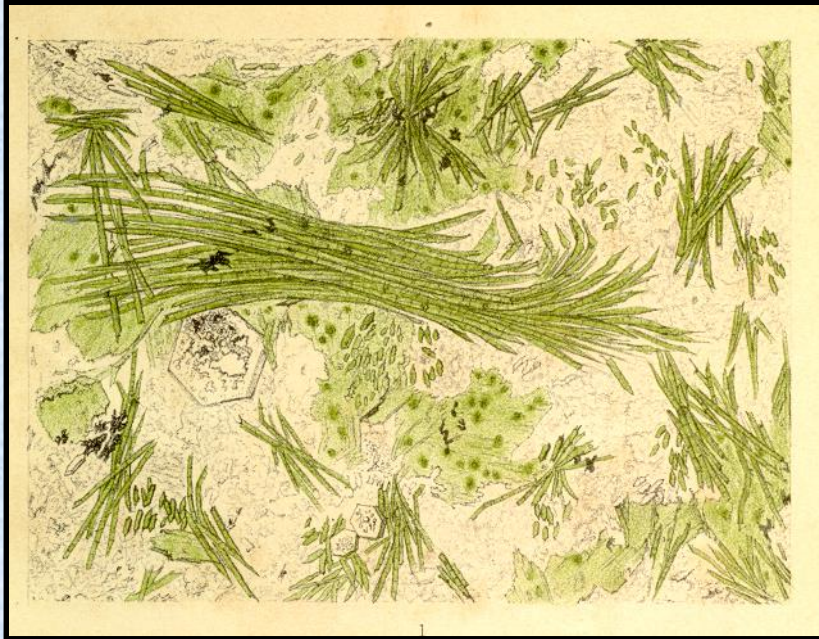
Zone externe: chloritoïde, pyrophyllite, hématite

## Minéraux exceptionnels: la « bastonite »

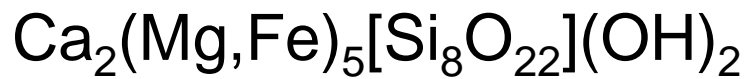
- Mica noir présent dans les veines de quartz de Bastogne
- Déjà signalé par André Dumont (1847-1848)
- Variété altérée de biotite,  $K(Mg,Fe)_3[Si_3AlO_{10}](OH)_2$
- Présence de  $NH_4^+$  en remplacement de  $K^+$  (Darimont *et al.* 1988)
- Le nom n'est plus accepté par la Commission Internationale de Minéralogie



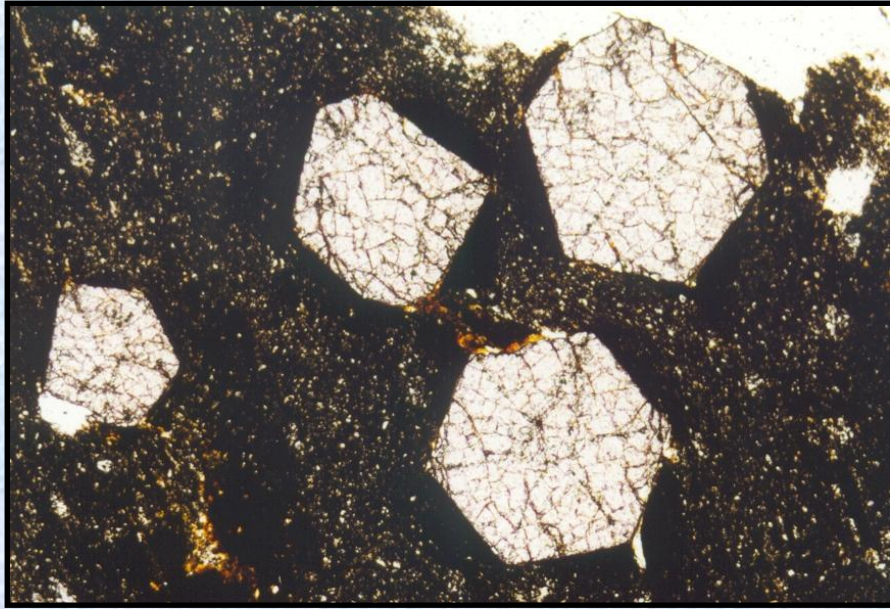
## Autres minéraux du métamorphisme



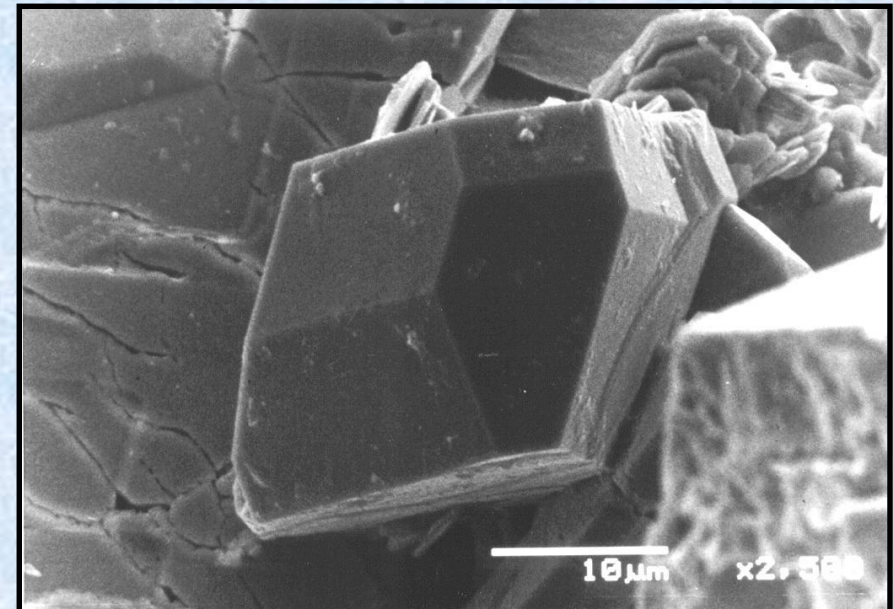
Les amphiboles



## Autres minéraux du métamorphisme



Les grenats  
 $(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ca})_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$



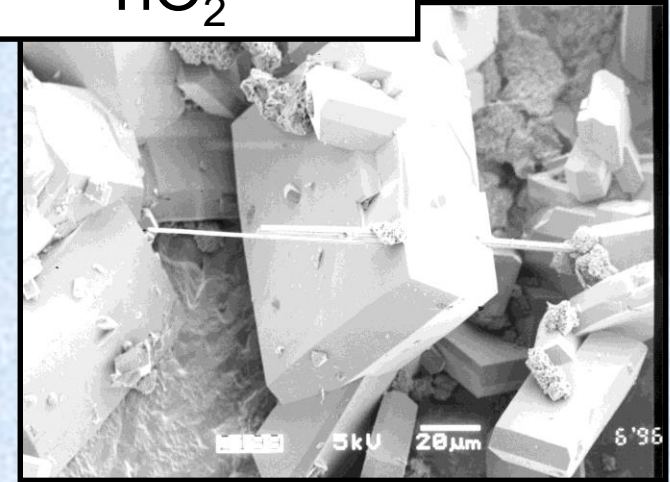
L'épidote  
 $\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH})$

# La titanite de Bastogne

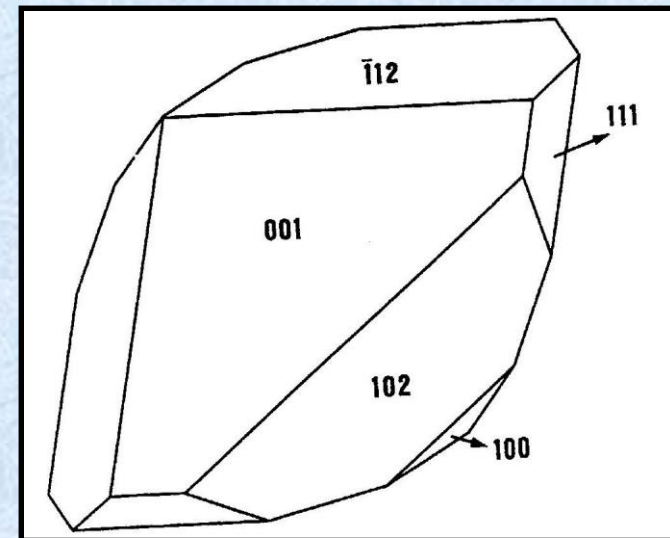
## LA TITANITE DE BASTOGNE (BELGIQUE) ET LES MINÉRAUX ASSOCIÉS

Frédéric HATERT, André-Mathieu FRANSOLET  
et Michel HOUSSA

## Anatase et rutile $\text{TiO}_2$



La titanite  
 $\text{CaTiO}(\text{SiO}_4)$



# L'or et l'argent...

BULLETIN DE L'INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE  
BULLETIN VAN HET KONINKLIJK BELGISCH INSTITUUT VOOR NATUURWETENSCHAPPEN

SCIENCES DE LA TERRE, 70: 223-229, 2000  
AARDWETENSCHAPPEN, 70: 223-229, 2000

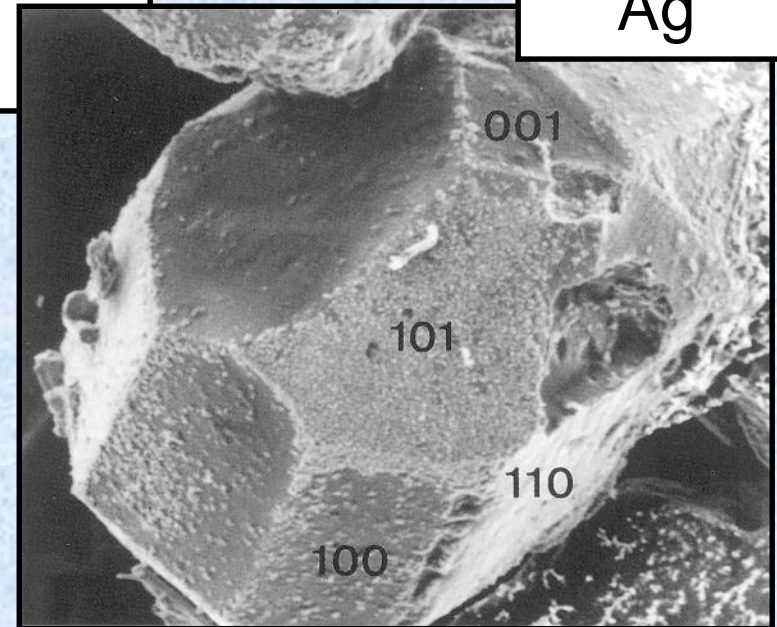
Native gold, native silver, and secondary minerals in the quartz veins from Bastogne, Belgium

by Frédéric HATERT, Michel DELIENS, Michel HOUSSA & Francis COUNE

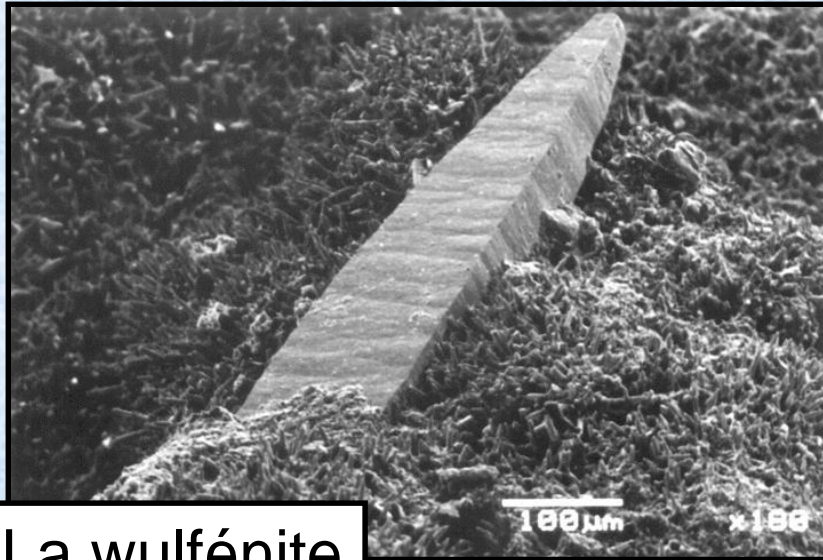
L'argent  
Ag



L'acanthite  
 $\text{Ag}_2\text{S}$

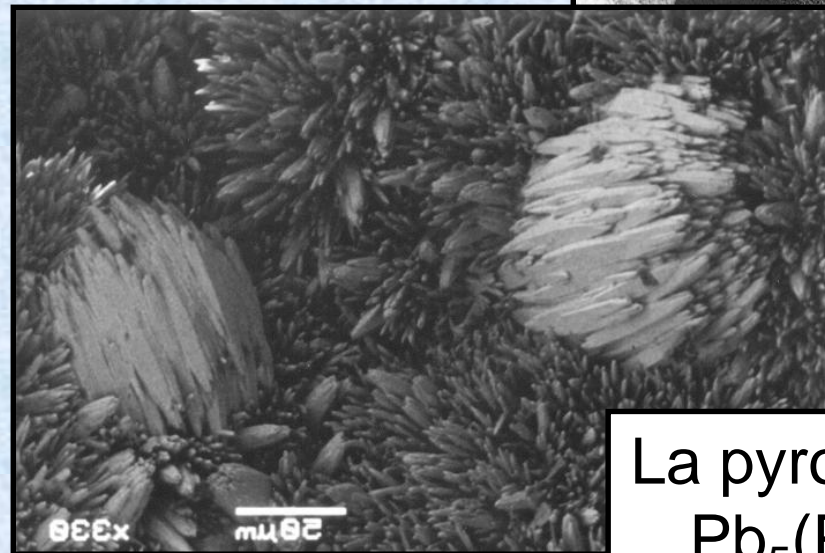
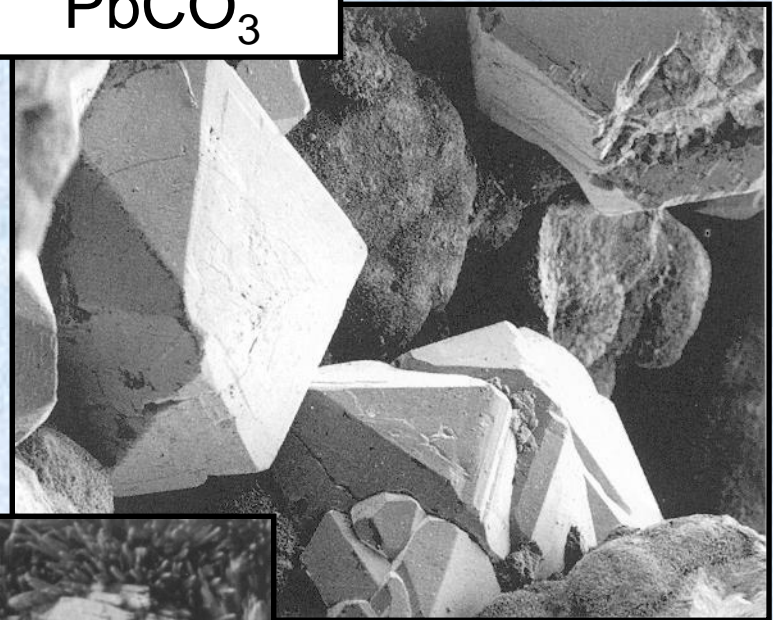


## Les minéraux secondaires



La wulfénite  
 $\text{PbMoO}_4$

La cérusite  
 $\text{PbCO}_3$



La pyromorphite  
 $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$

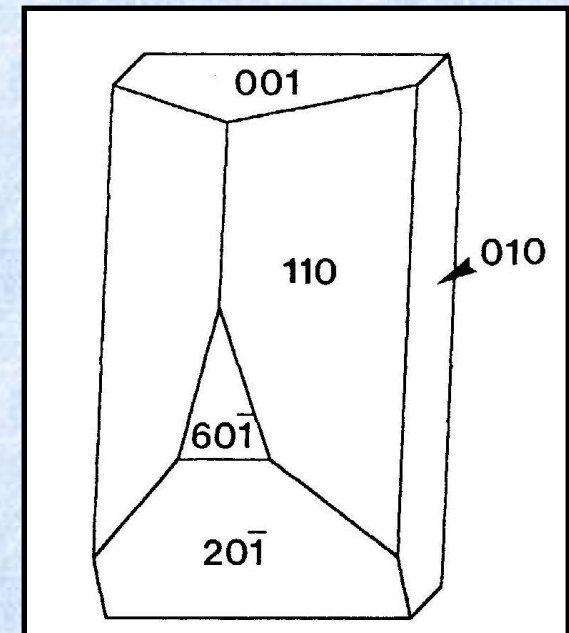


## Bertrix: la laumontite

**Données nouvelles sur la laumontite  
de la zone métamorphique de Libramont,  
Belgique**

Frédéric HATERT

La laumontite  
 $\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}]\cdot 18\text{H}_2\text{O}$



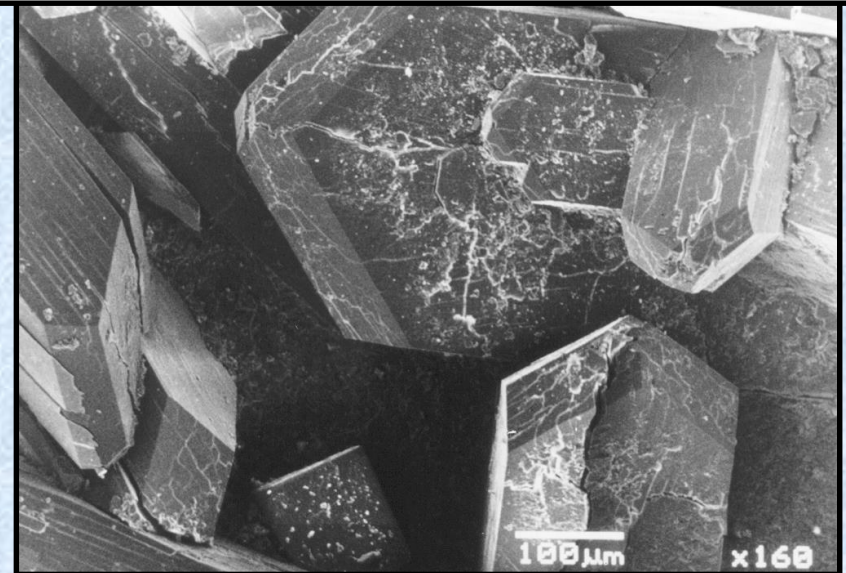
# Les zéolites de Bertrix

GEOLOGICA BELGICA (2005) 8/1-2: 33-42

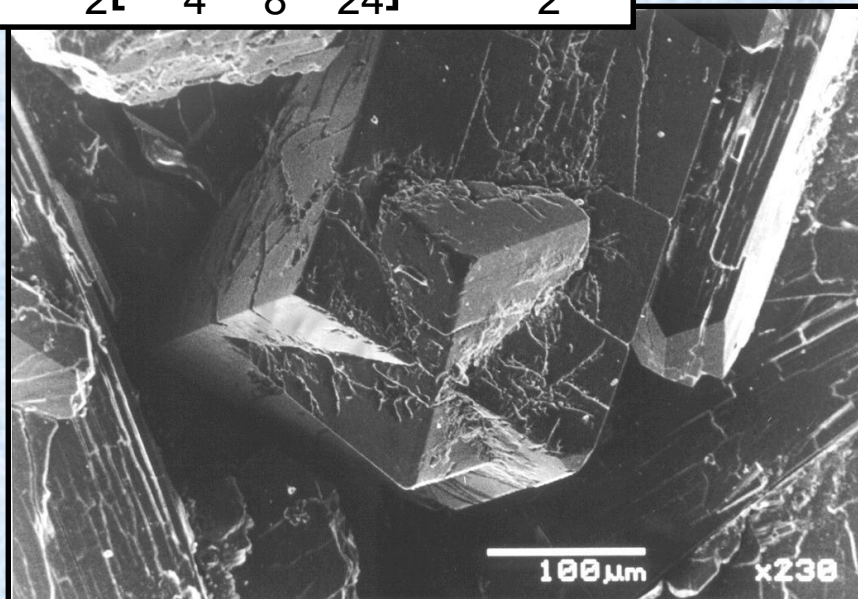
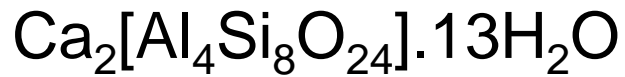
## ZEOLITES, PREHNITE, AND PUMPELLYITE FROM BERTRIX, BELGIAN ARDENNES

Frédéric HATERT<sup>1</sup> & Thomas THEYE<sup>2</sup>

### La stilbite-Ca



### La chabazite-Ca



# La pumpellyite-(Al): une nouvelle espèce!

## Pumpellyite-(Al), a new mineral from Bertrix, Belgian Ardennes

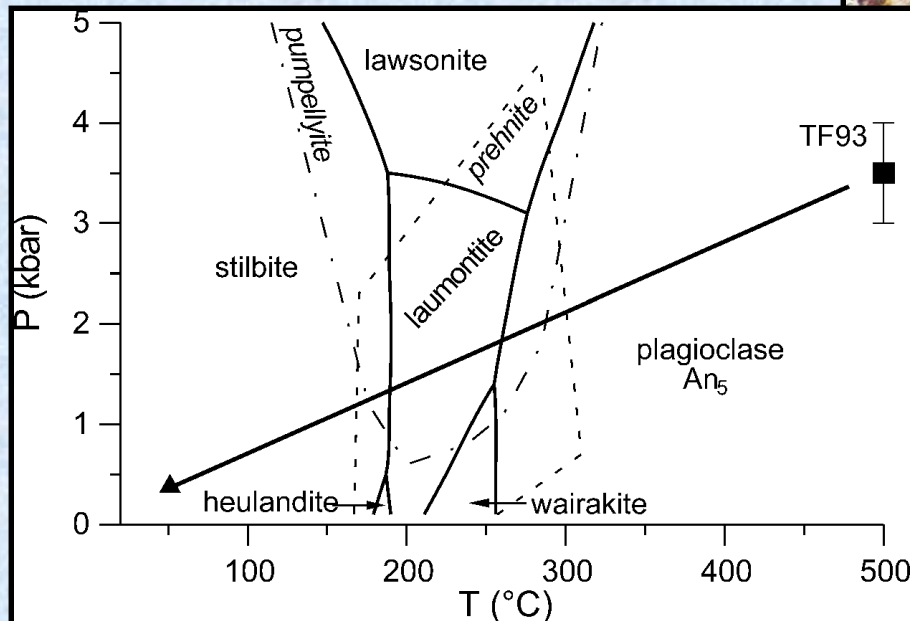
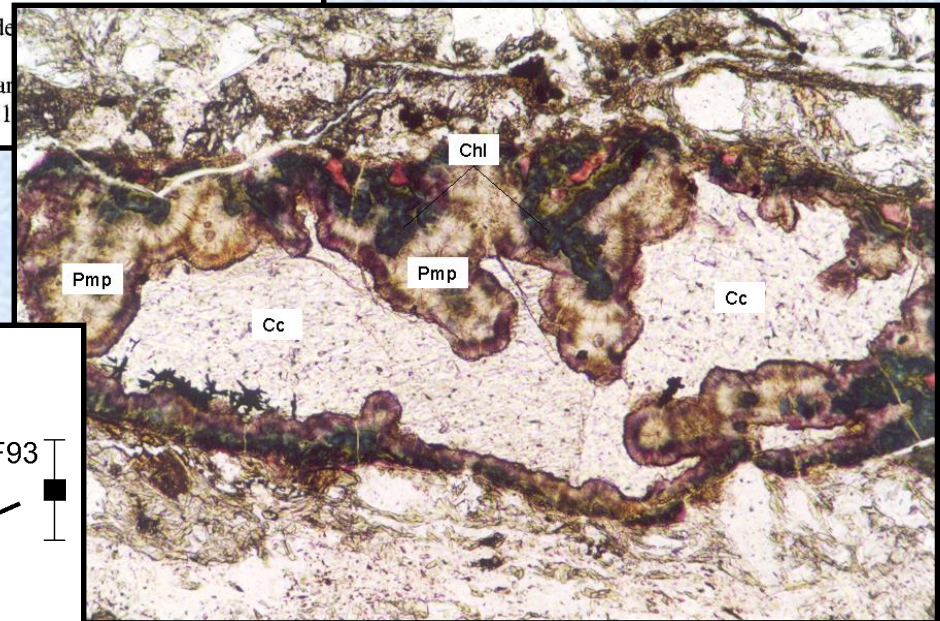
FRÉDÉRIC HATERT<sup>1,\*</sup>, MARCO PASERO<sup>2</sup>, NATALE PERCHIAZZI<sup>2</sup> and THOMAS THEYE<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Minéralogie, Département de Géologie, Bâtiment B18, Université de Liège, Belgium

\* Corresponding author, e-mail: fhatert@ulg.ac.be

<sup>2</sup> Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Pisa, Via S. Maria 53, 56126 Pisa, Italy

<sup>3</sup> Institut für Mineralogie und Kristallchemie, Universität Stuttgart, Azenbergstraße 1, 70569 Stuttgart, Germany



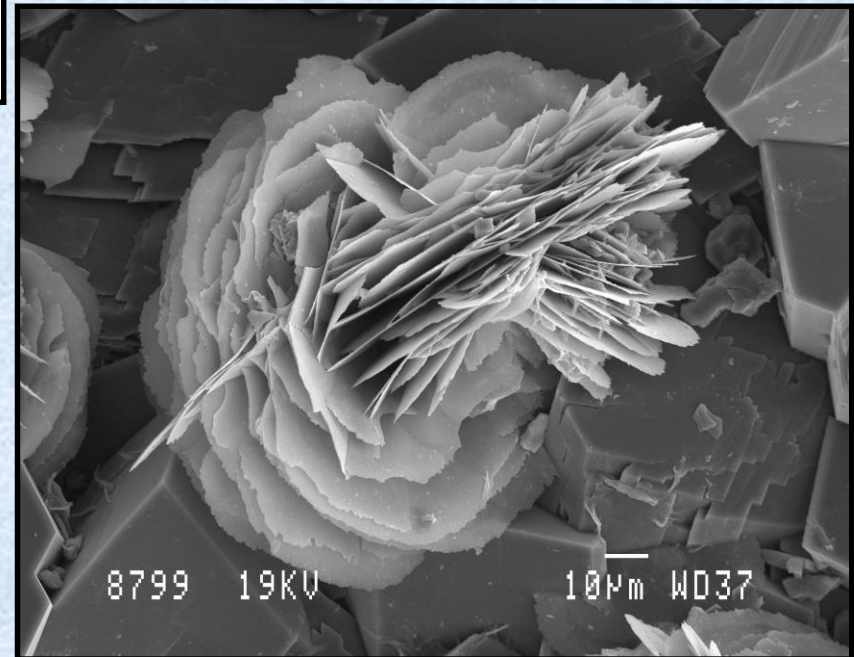
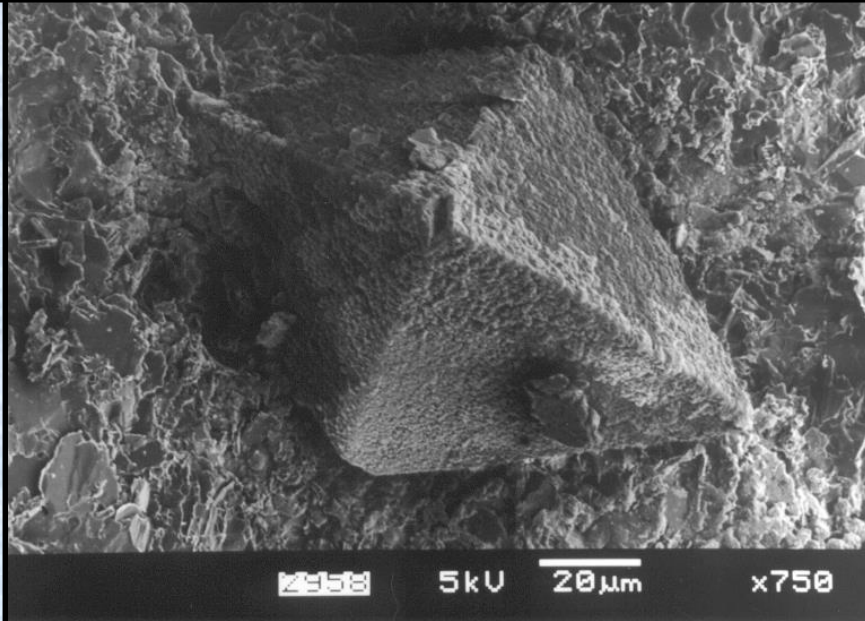
Détermination des conditions  
P/T postérieures au  
métamorphisme!

# Les minéraux de terres rares de Bertrix

LES CARBONATES DE TERRES RARES DE BERTRIX,  
BELGIQUE

Frédéric HATERT

La calcioancylite-(Ce)



La bastnäsite-(Ce)/synchysite-(Ce)  
 $(\text{Ce}, \text{La})(\text{CO}_3)\text{F} / \text{Ca}(\text{Ce}, \text{La})(\text{CO}_3)_2\text{F}$

# La titanite de Bertrix

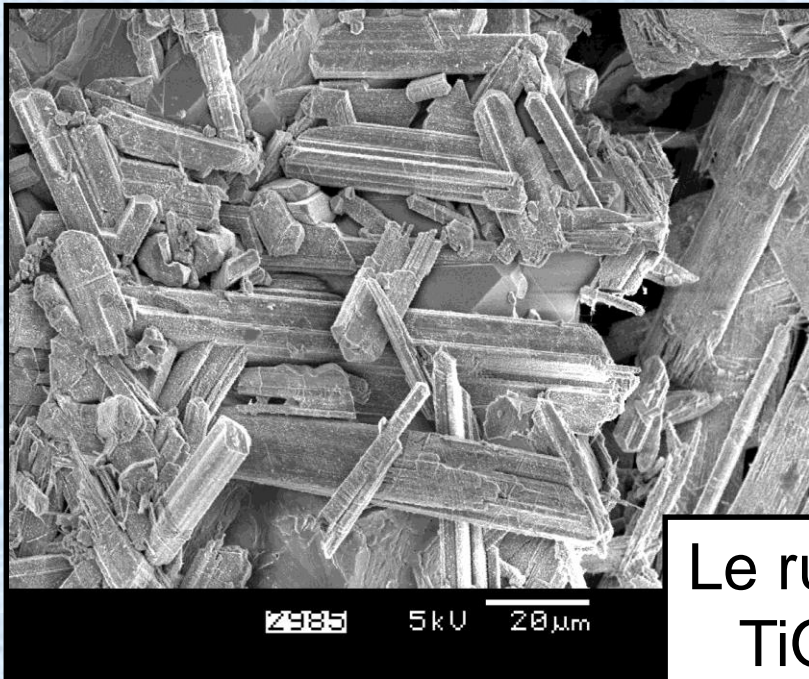
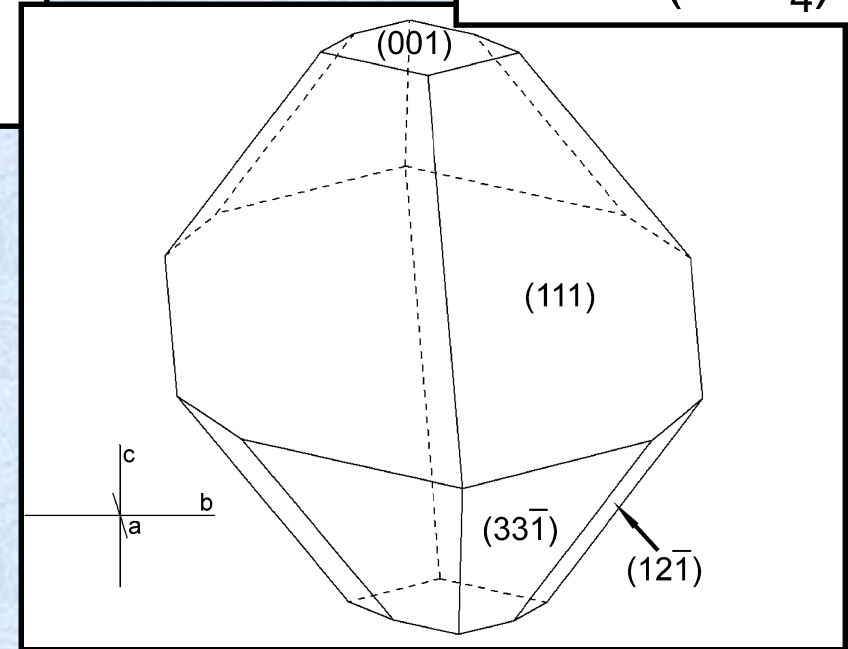
*Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. 76, 2007, pp. 1-11*

## La titanite de Bertrix et les minéraux associés

Mélanie RONDEUX<sup>1</sup> & Frédéric HATERT<sup>1</sup>

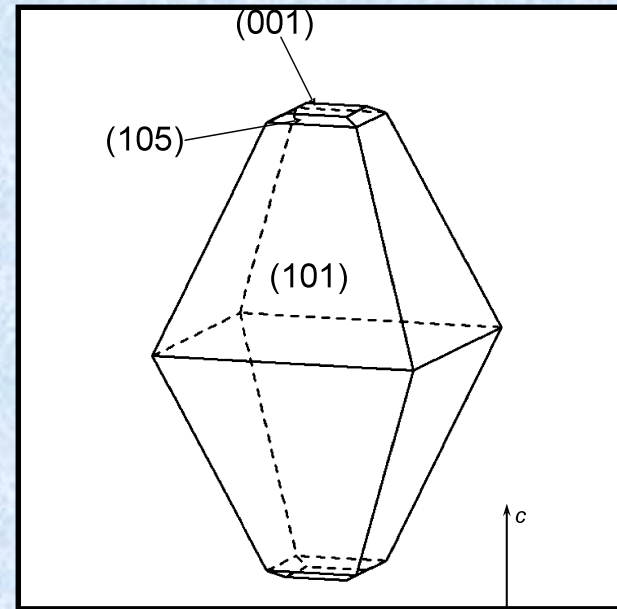
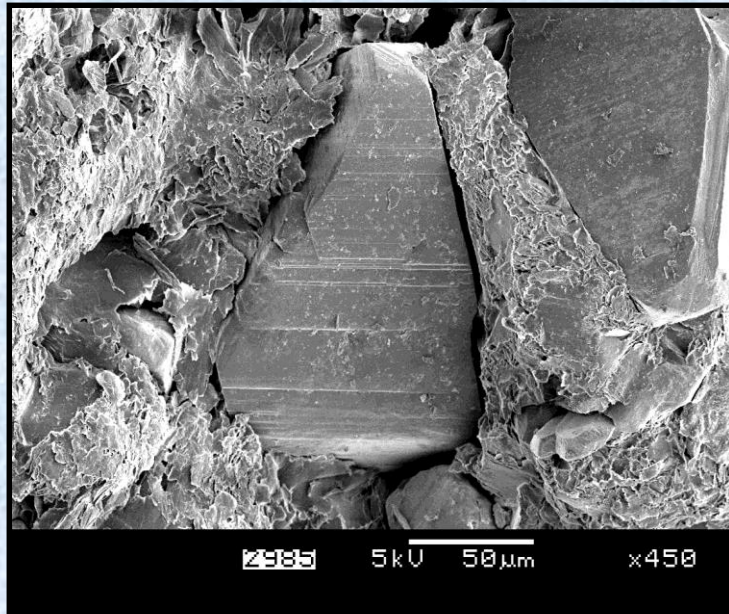
<sup>1</sup> Université de Liège, Laboratoire de Minéralogie B18, B-4000 Liège

## La titanite $\text{CaTiO}(\text{SiO}_4)$



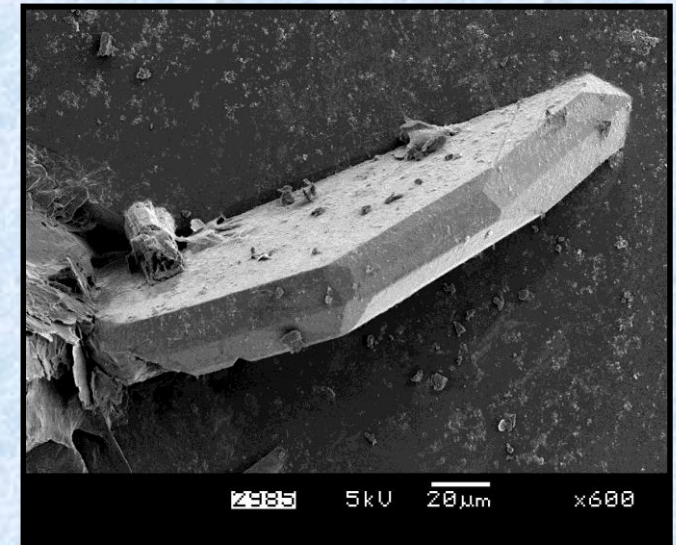
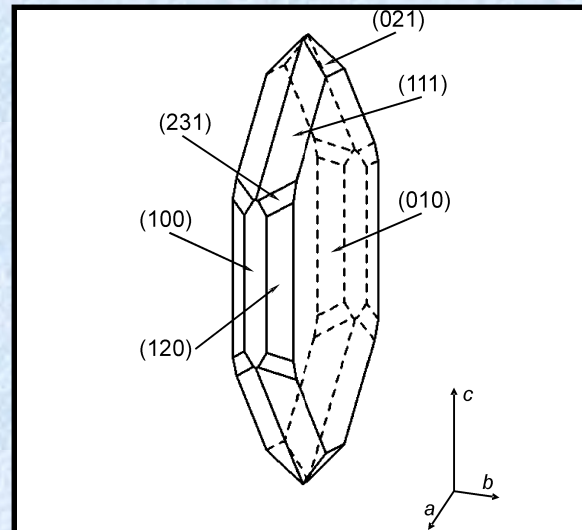
Le rutile  
 $\text{TiO}_2$

# Les oxides de titane de Bertrix



L'anatase  
 $\text{TiO}_2$

La brookite  
 $\text{TiO}_2$

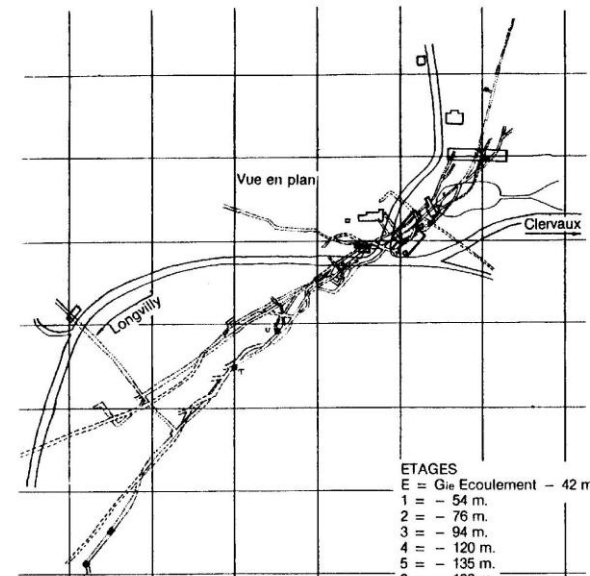


# La mine de plomb de Longvilly

- 1820: Découverte d'un bloc de galène de 600-700 kg
- 1826: Première demande de concession accordée
- 1901: Fermeture de la mine
- Plusieurs milliers de tonnes de minerai ont été extraites!

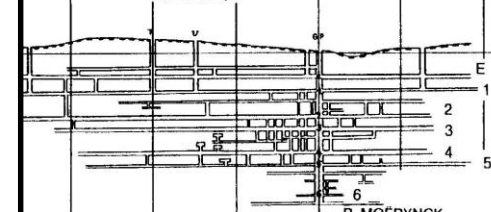
## 1881-1898

TRAVAUX DE 1881 À 1898



ETAGES	
E	= Gie Ecoulement - 42 m.
1	= - 54 m.
2	= - 76 m.
3	= - 94 m.
4	= - 120 m.
5	= - 135 m.
6	= - 168 m.

Vue en coupe



Robert MOËRYNCK

### LA MINE DE PLOMB DE LONGVILLY

Longvilly. — La Mine,



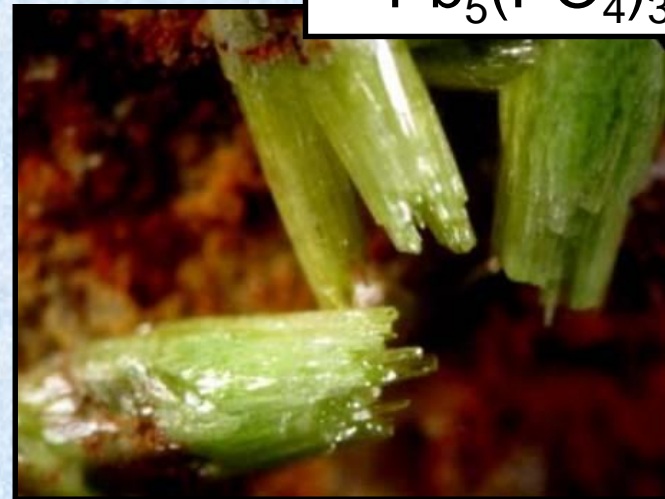
# La mine de plomb de Longvilly



La pyromorphite  
 $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$

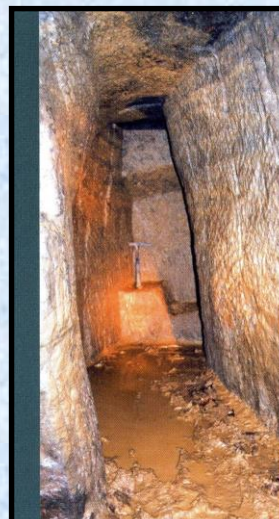
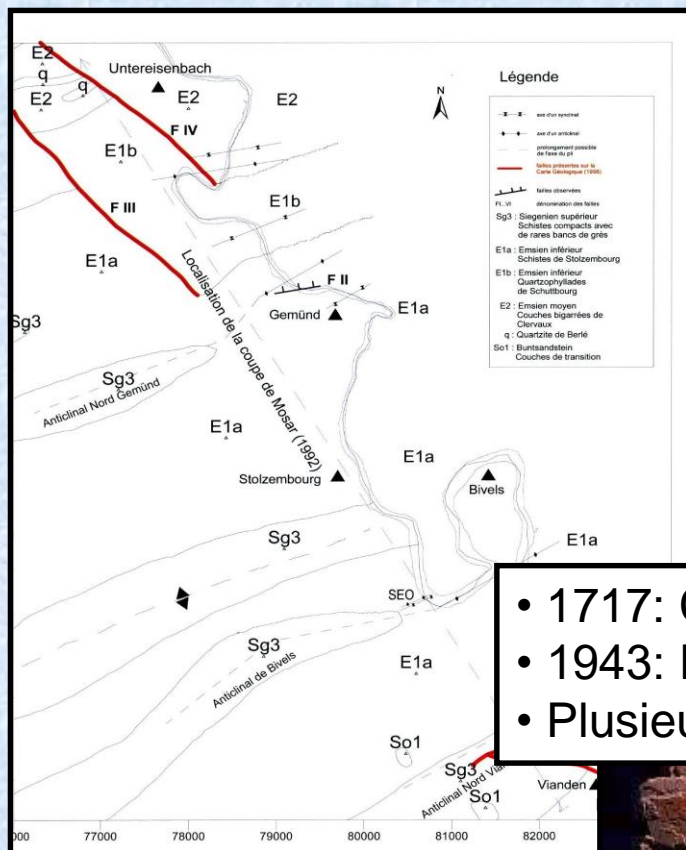


La galène  
 $\text{PbS}$





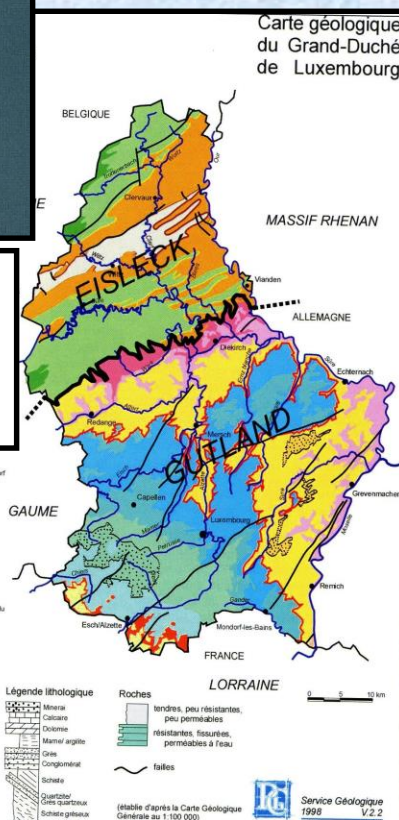
# La mine de cuivre de Stolzenbourg



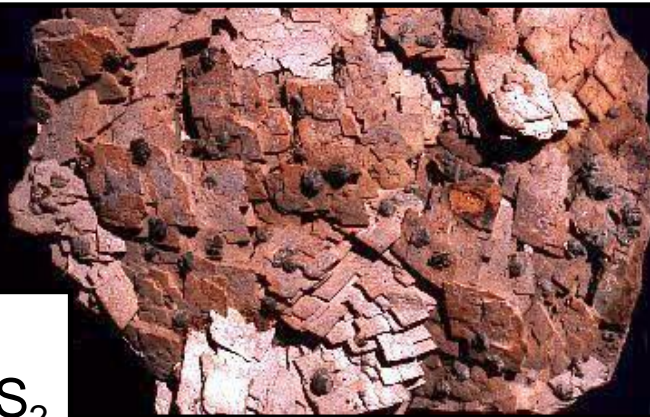
Inventaire minéralogique  
du Luxembourg  
Stolzenbourg, Schimpach,  
Goetsdorf

Simon Philippo (éditeur)

- 1717: Concession la plus ancienne
- 1943: Fin de l'exploitation
- Plusieurs centaines de tonnes extraites



Dolomite et chalcopyrrite  
 $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe})(\text{CO}_3)_2$  et  $\text{CuFeS}_2$

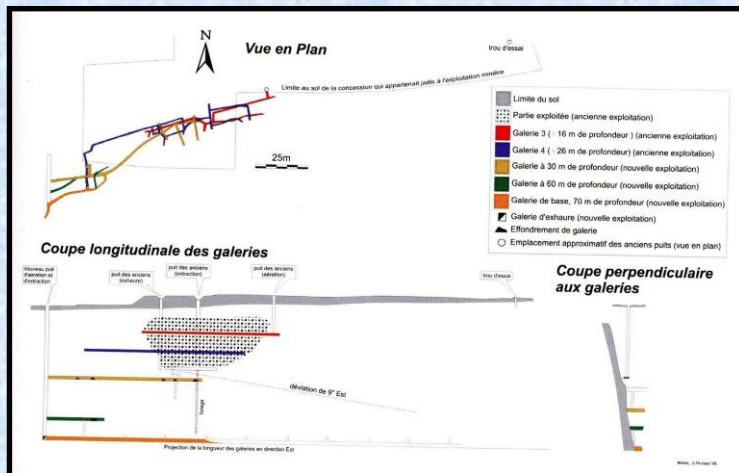


# La mine d'antimoine de Goesdorff

La stibine  
 $Sb_2S_3$



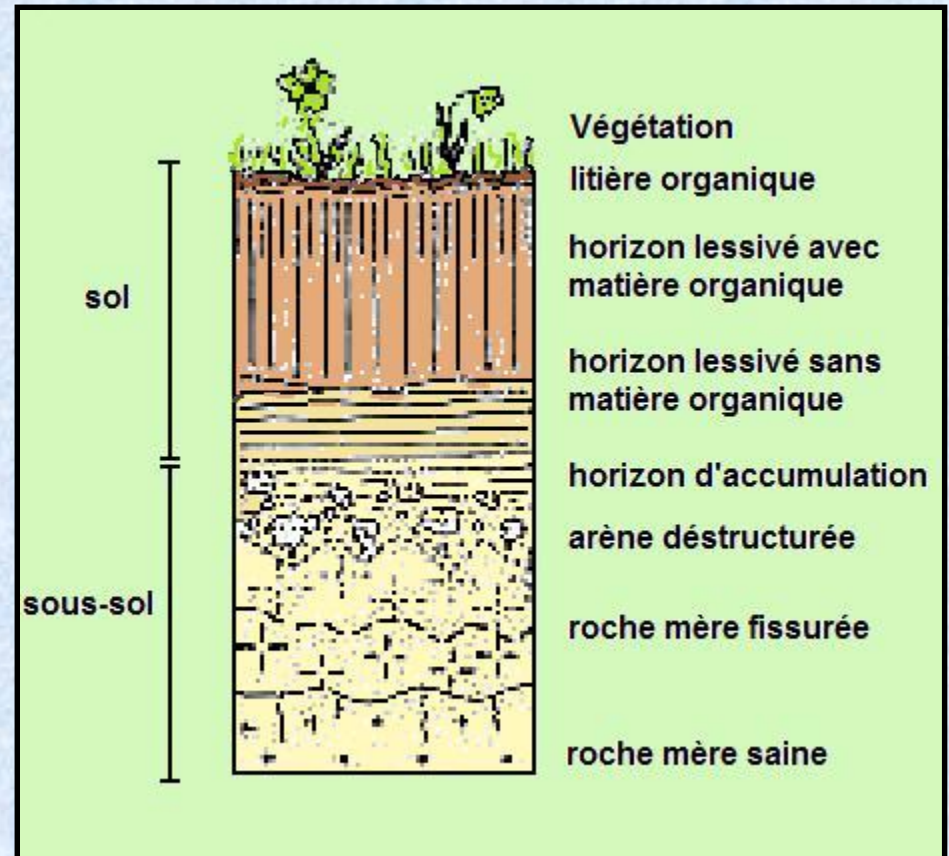
- 1354: Première concession
- 1944: Fin de l'exploitation
- Plusieurs centaines de tonnes de minerai exploitées



# Formation des sols

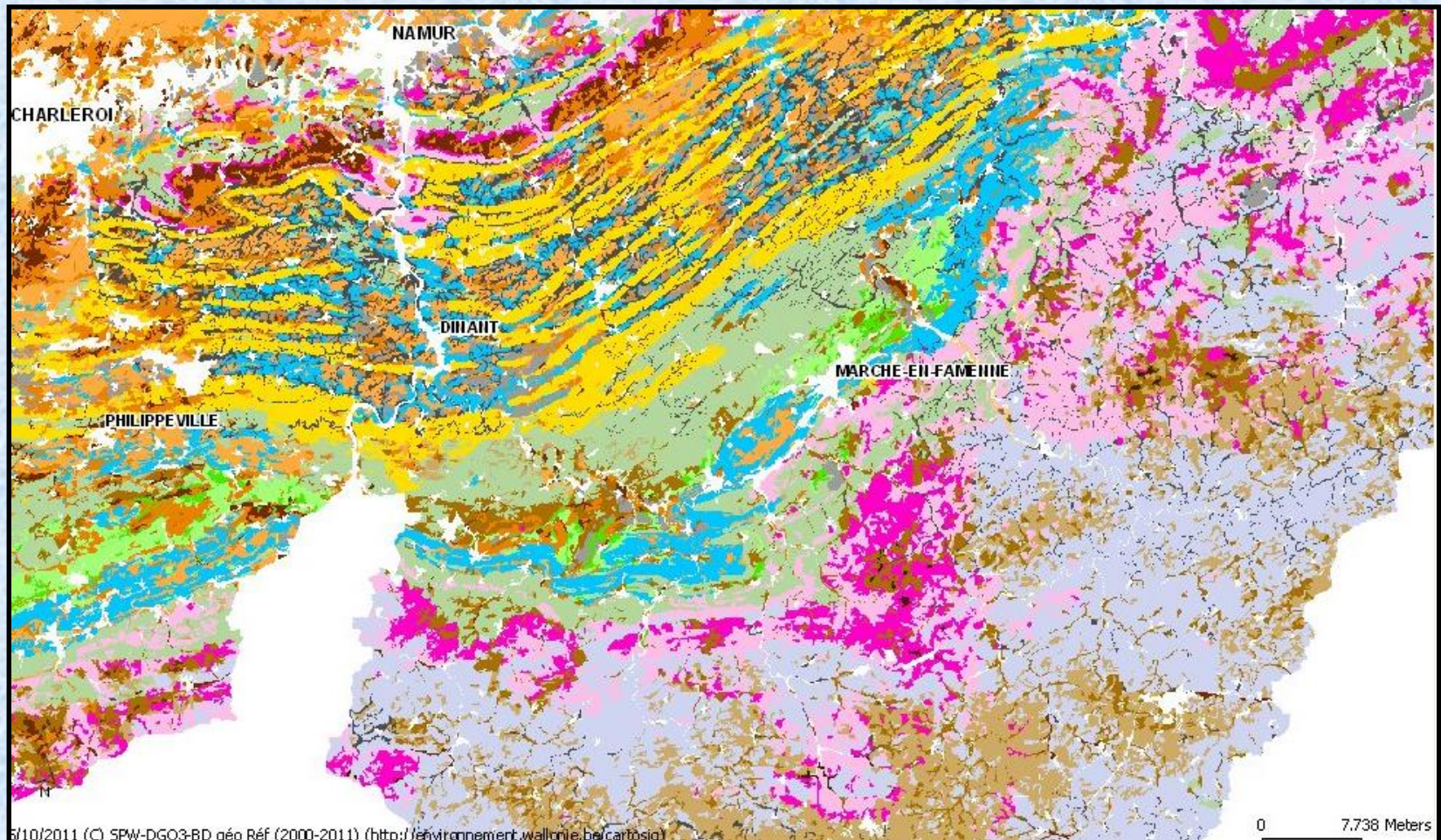


- Apport organique
- Apport minéral (désagrégation des roches)



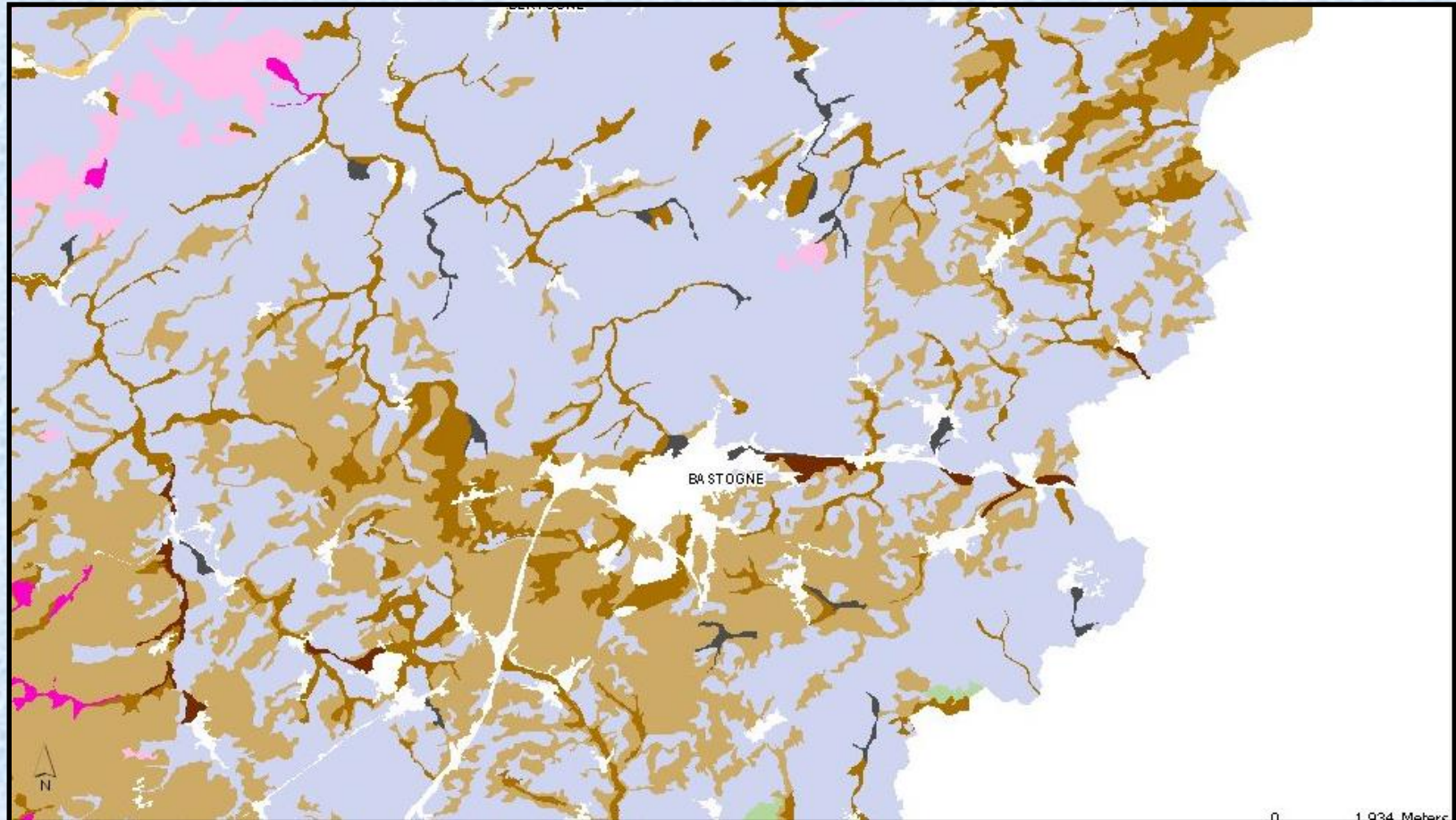
## Carte des sols en Wallonie

Jaune-bleu: Sols limono-caillouteux à charge psammitique ou calcaire  
Rose: Sols limono-caillouteux à charge schisto-gréseuse



## Les sols dans la région de Bastogne

Mauve: Sols caillouteux à charge schisto-phylladeuse  
Brun: Sols limoneux peu caillouteux



# Paramètres influençant la fertilité des sols

L'état de fertilité des terres agricoles et forestières en région wallonne (adapté du chapitre 4 - sol 1 de « L'État de l'Environnement wallon 2006-2007 »)

Valérie Genot <sup>(1)</sup>, Gilles Colinet <sup>(1)</sup>, Vincent Brahy <sup>(2)</sup>, Laurent Bock <sup>(1)</sup>

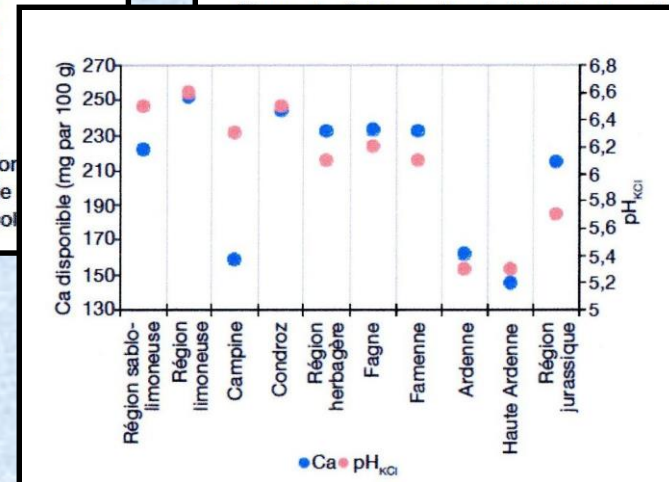
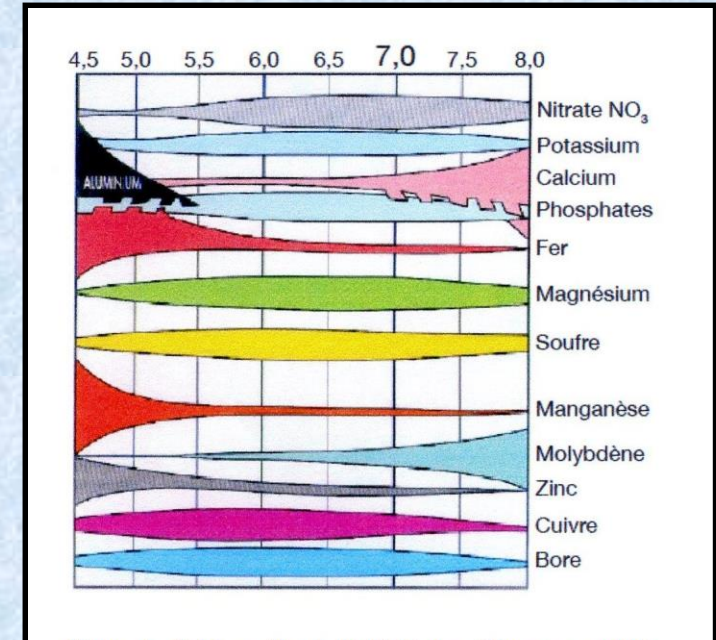
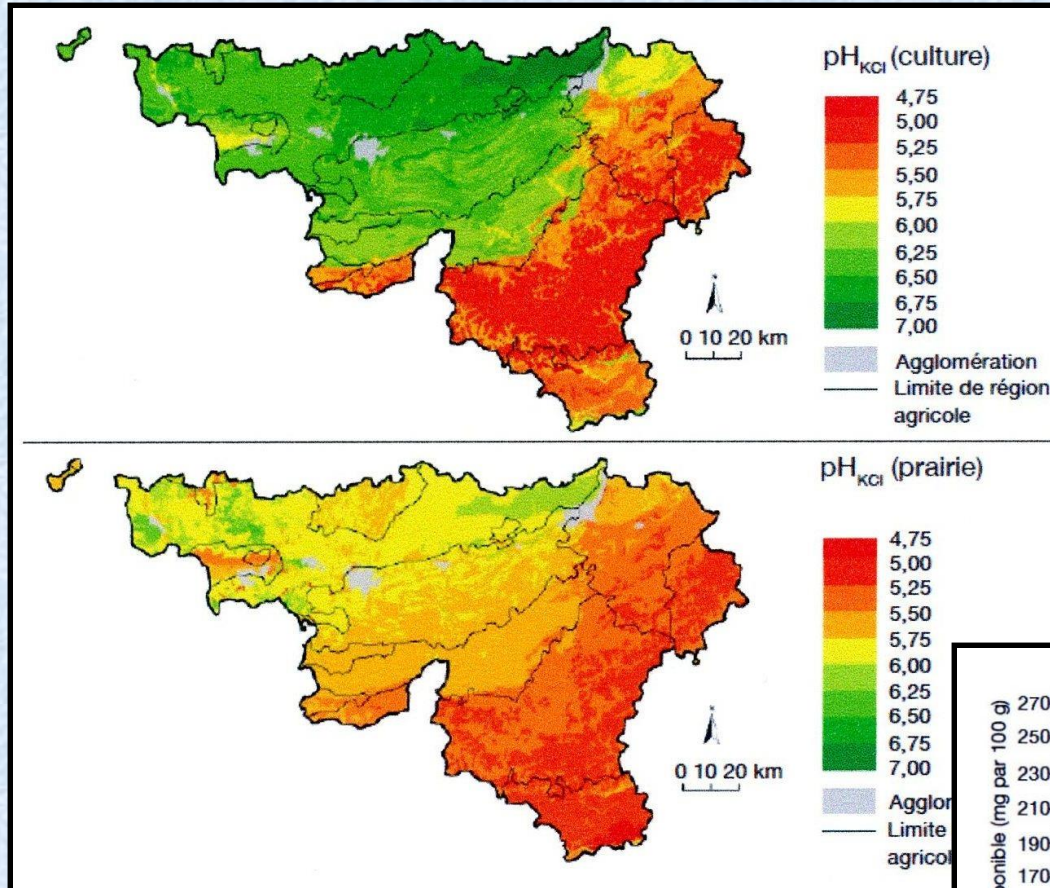
## Fertilité des sols:

- Drainage des sols
- Contenu en matière organique
- Acidité
- Contenu en éléments nutritifs

**Tableau 1.** Rôle des principaux éléments nutritifs dans la croissance végétale — *Major nutrients role in plant growth.*

	Symbole	Élément	Action
	C	Carbone	Élément constitutif de la matière organique, assimilé à partir de l'atmosphère sous forme de CO <sub>2</sub> (photosynthèse par les végétaux, assimilation pour certains micro-organismes)
	N	Azote	Élément constitutif des organismes vivants, assimilé par les végétaux essentiellement sous forme de nitrate (NO <sub>3</sub> ) ou d'ammonium (NH <sub>4</sub> ) à partir de la solution du sol. Un excès de N dans le sol (consommation de luxe) peut entraîner une concentration en nitrate trop importante dans les plantes et un risque de lixiviation et de contamination des eaux
Éléments majeurs	P	Phosphore	Rôles plastique (paroi cellulaire) et métabolique (échanges énergétiques (ATP/ADP))
	K	Potassium	Rôles au niveau de l'absorption et du transport de l'eau, ainsi que dans l'activation d'enzymes
	Ca	Calcium	Neutralisation des anions minéraux et organiques, diminution de la toxicité de certains éléments (comme l'aluminium), consolidation des parois cellulaires, amélioration de la résistance aux stress externes. En excès dans le sol, le Ca peut provoquer, chez certains végétaux, des carences induites en d'autres éléments
	Mg	Magnésium	Constitution de la chlorophylle, synthèse des acides aminés, assimilation et transport du P, résistance aux stress. En cas de carence, le Mg migre vers les parties les plus jeunes de la plante et provoque un jaunissement des feuilles plus âgées
	S	Soufre	Composant essentiel des protéines intervenant notamment dans la synthèse des acides aminés soufrés
Éléments mineurs	Fe	Fer	Rôle métabolique, cofacteurs dans la constitution et le fonctionnement d'enzymes, catalyseurs ou inhibiteurs de diverses réactions biochimiques. Ils doivent être fournis à la plante à des doses relativement faibles, sous peine d'induire des risques de toxicité
	Mn	Manganèse	
	Zn	Zinc	
	Cu	Cuivre	
	Mo	Molybdène	
	B	Bore	
		...	

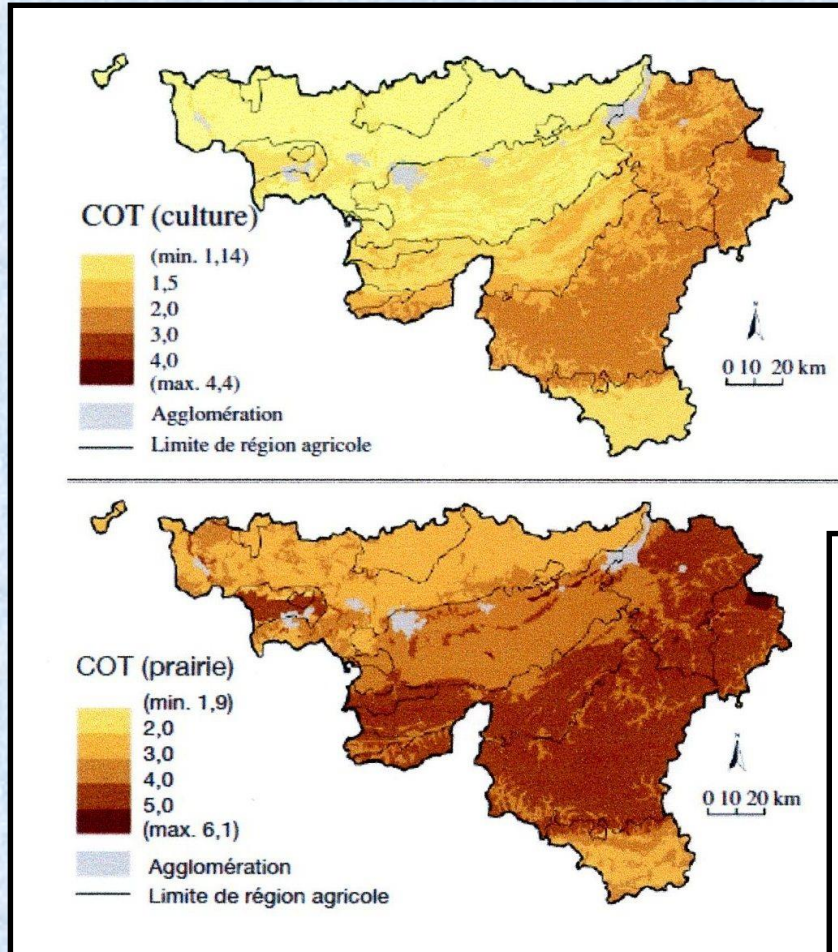
# L'acidité du sol (pH)



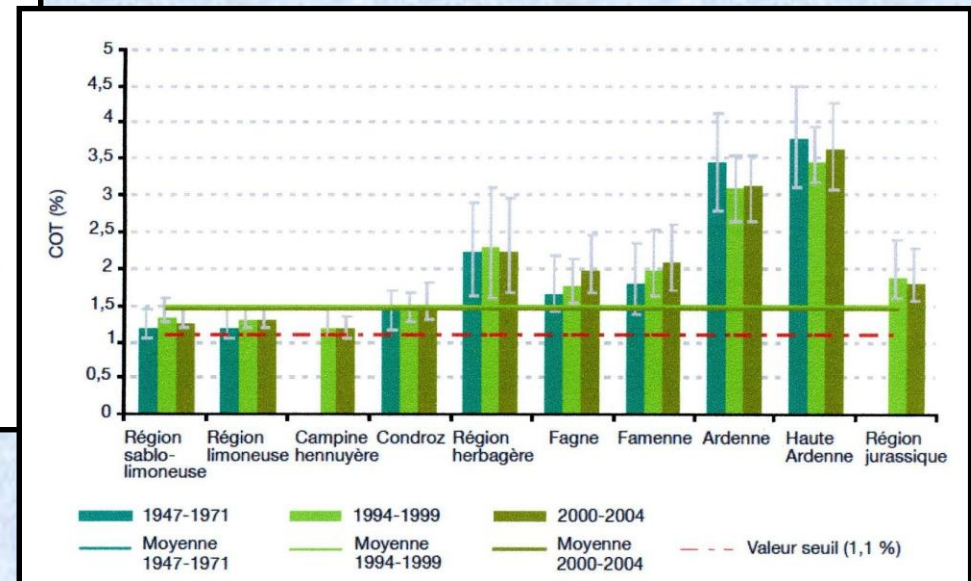
éléments nutritifs  
— Nutriments  
pH (Truog in :

Calcaire → pH neutre et Ca élevé

# Le contenu en matière organique

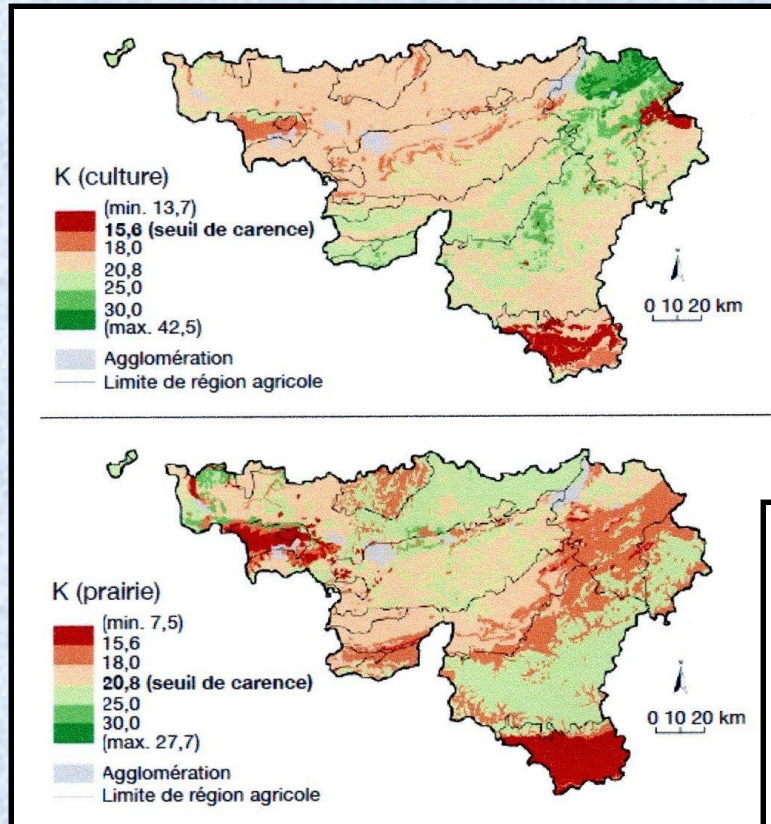


- Climat froid et humide moins favorable à la décomposition de la MO
- Caractère acide des sols ardennais préserve la MO

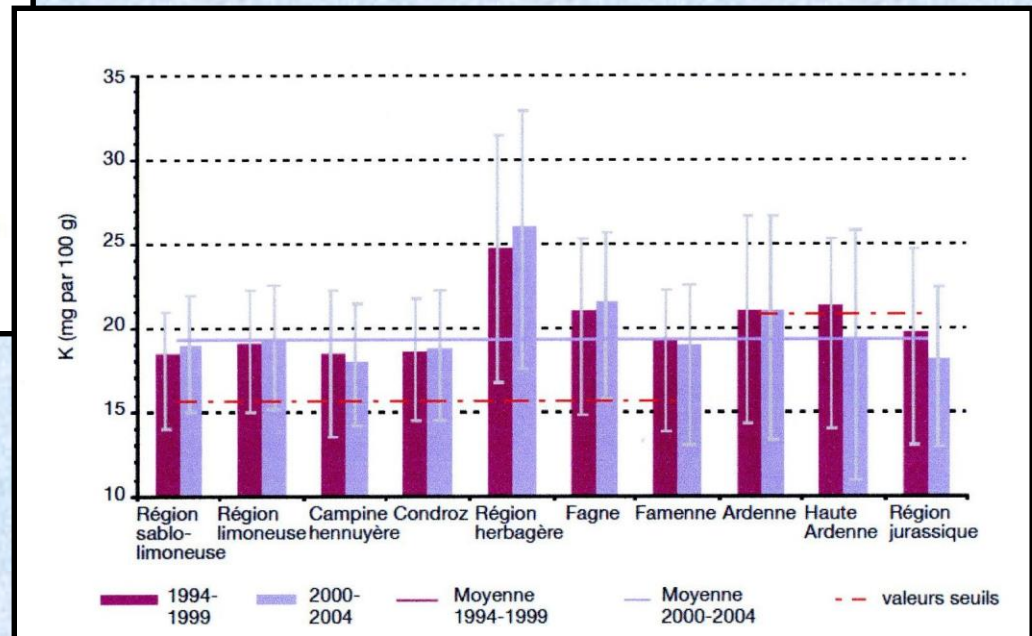




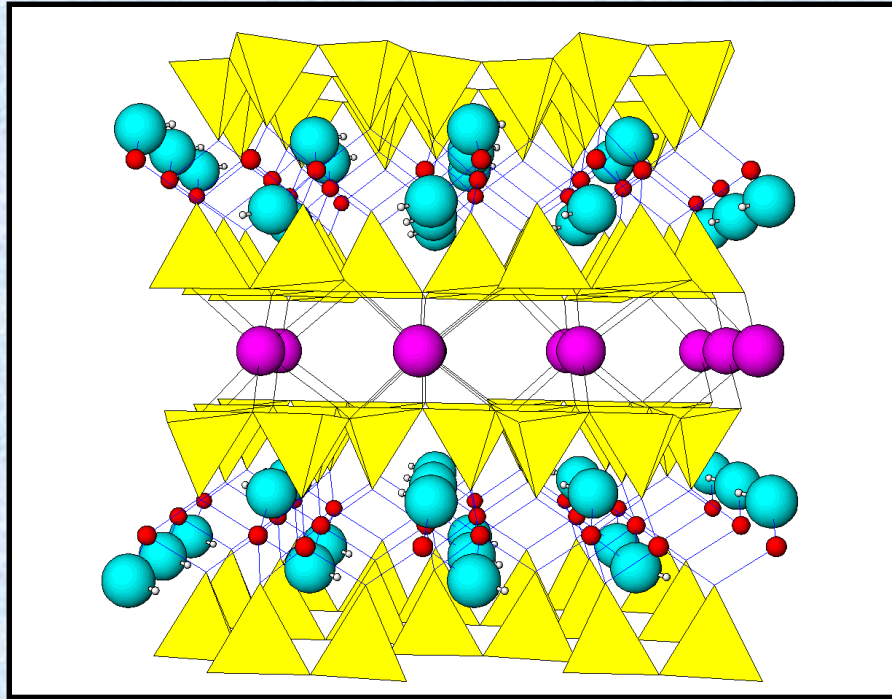
# Le contenu en potassium



Contenu en potassium lié à la teneur en phyllosilicates des roches



## Origine du potassium: les phyllosilicates



La muscovite  
 $\text{KAl}_2[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH})_2$

Libération du potassium situé  
entre les feuillets de la structure



## Conclusions

- La région de Bastogne présente une géologie exceptionnelle, caractérisée par un métamorphisme relativement intense.
- Le terme « boudinage », ainsi que le minéral « bastonite », ont été définis à Bastogne.
- De nombreux minéraux exceptionnels ont été observés dans les carrières de Bastogne.
- Les mines de plomb, de cuivre et d'antimoine ont permis l'extraction de plusieurs centaines de tonnes de minerais.
- Une relation étroite existe entre la nature des roches, et la fertilité des sols de l'Ardenne.