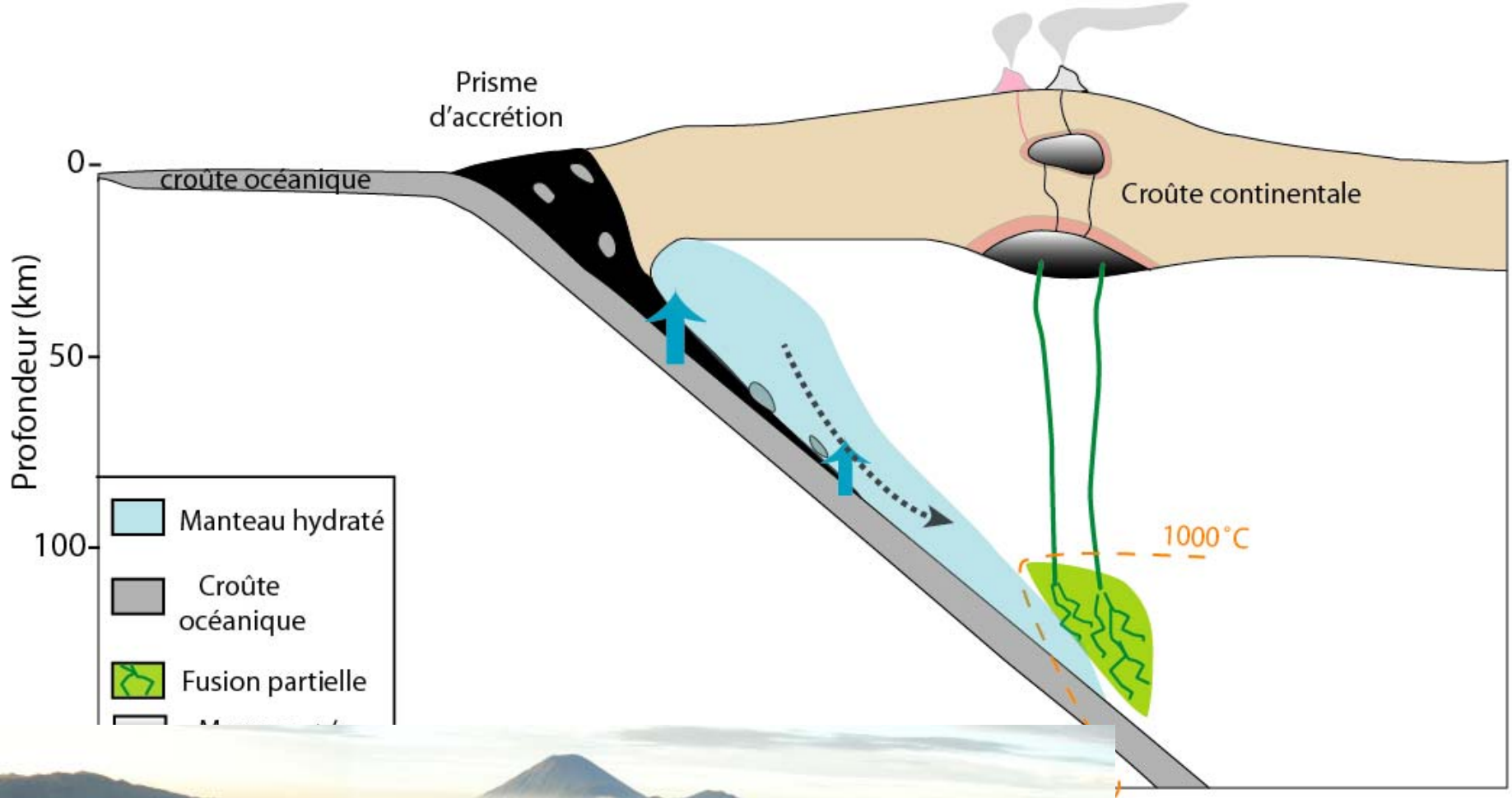
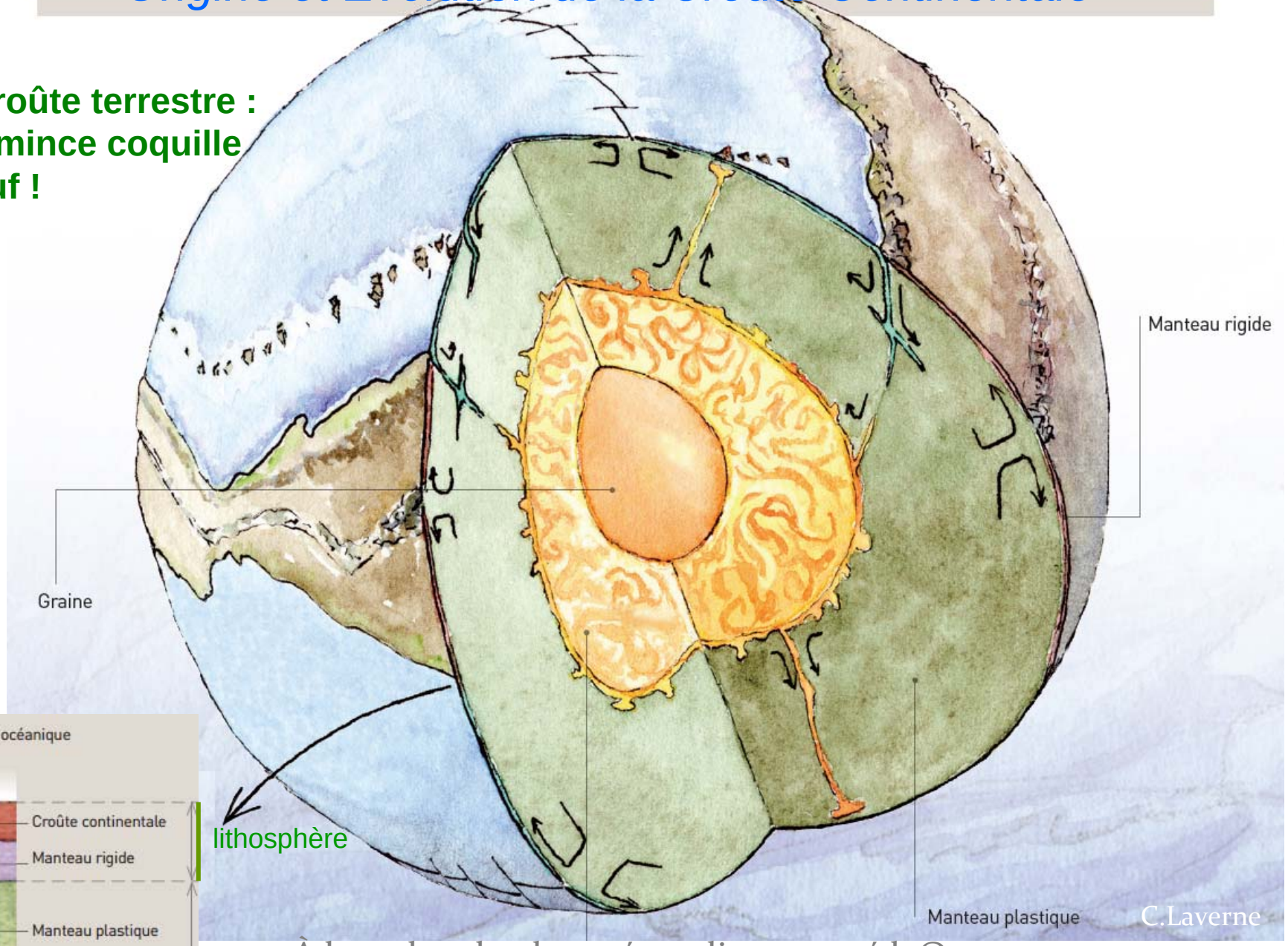
« Origine et Evolution de la Croûte Continentale »

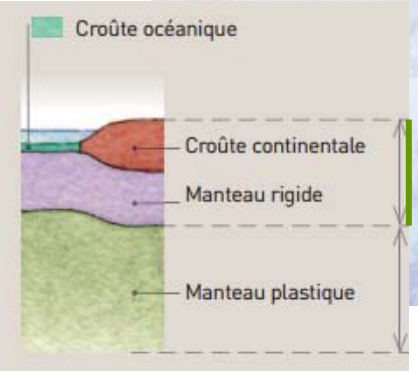


Christian Nicollet
LMV-Université Blaise-Pascal Clermont-Ferrand
Samedi 17 Janvier 2015
GGHL Le Puy

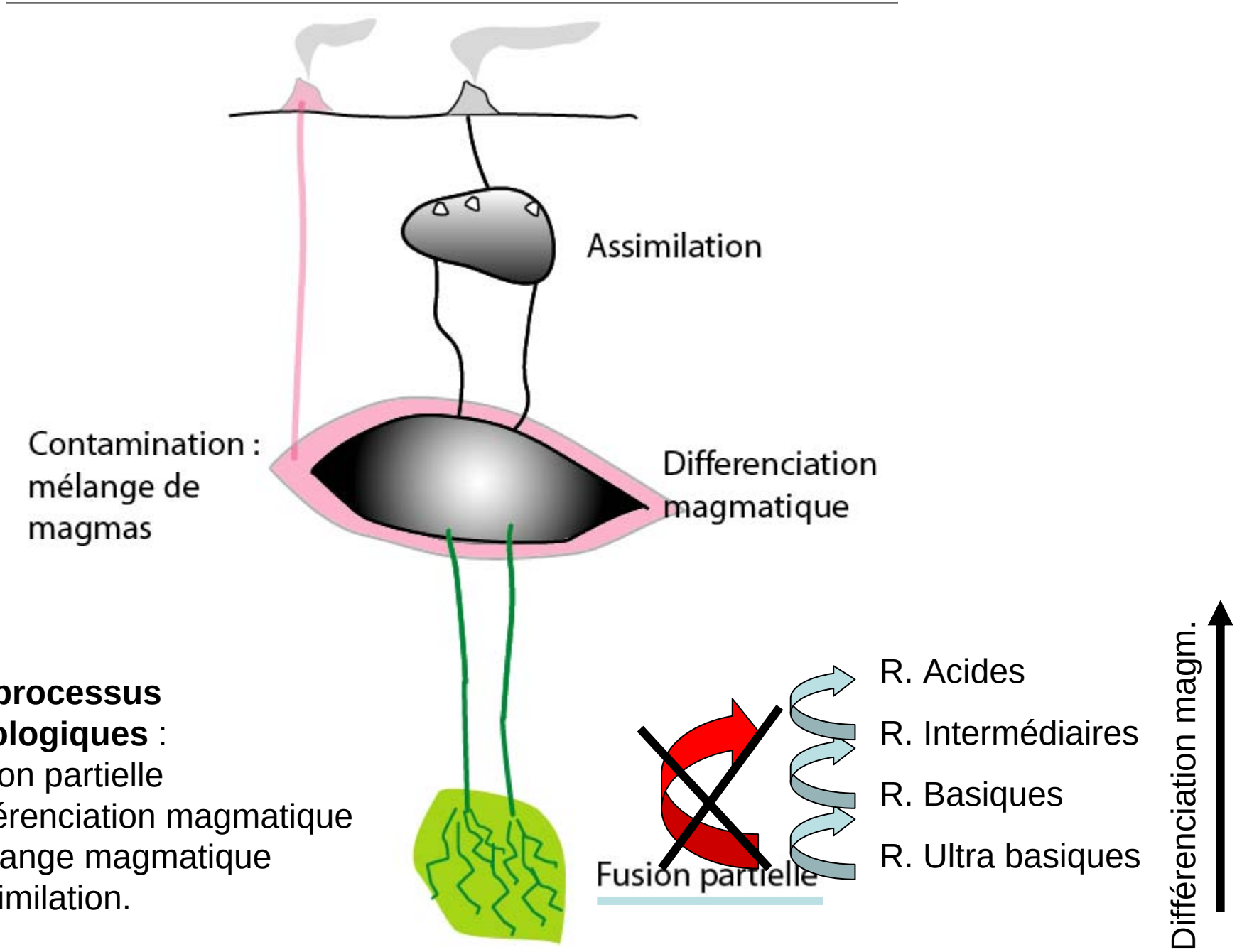
« Origine et Evolution de la Croûte Continentale »

La croûte terrestre : une mince coquille d'œuf !





À la recherche des océans disparus – éd. Quae



Les processus pétrologiques :
- fusion partielle
- différenciation magmatique
- mélange magmatique
- assimilation.

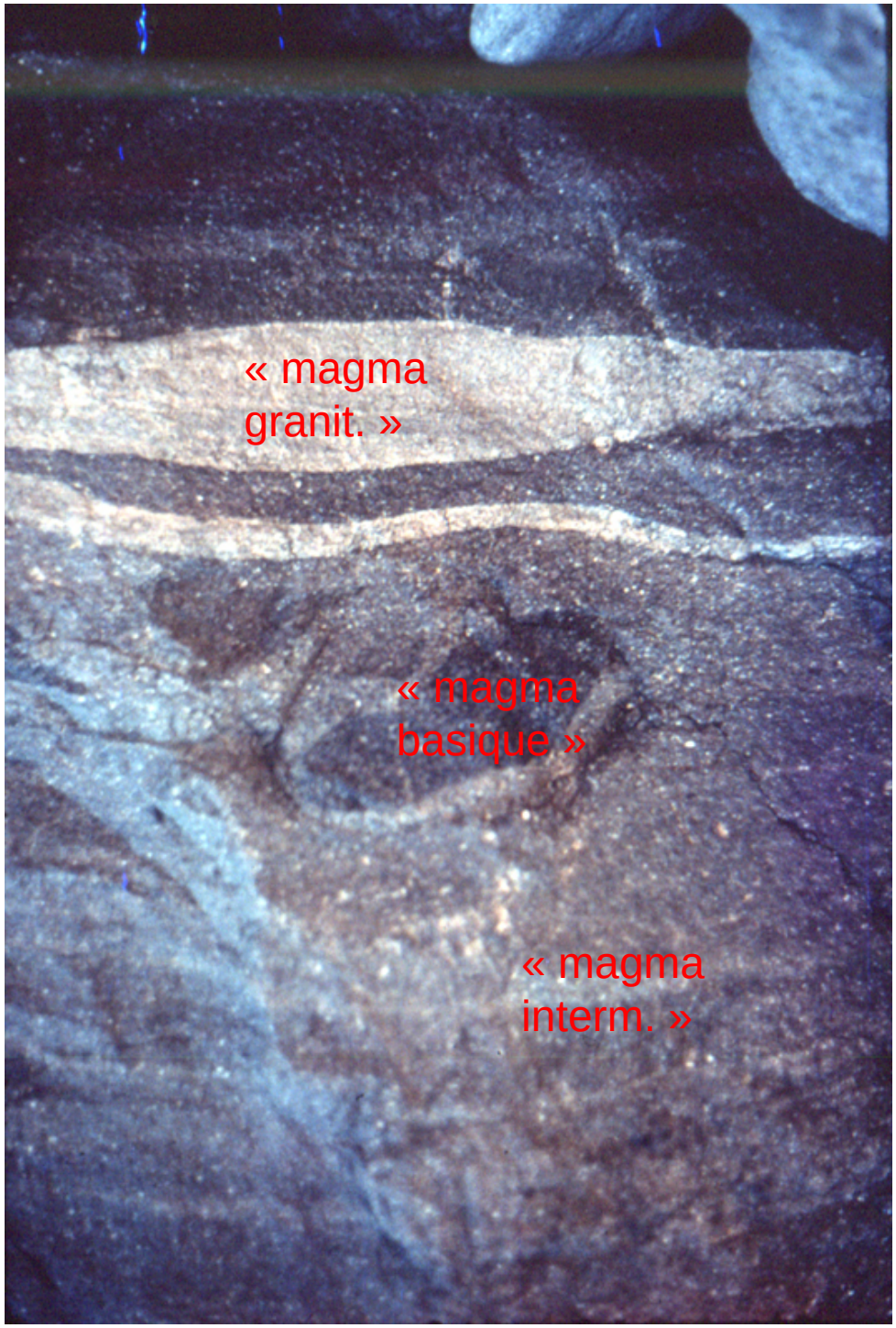
La fusion Partielle du manteau

= magma basaltique

La fusion Partielle de la CO

= magma granitoïde

Différenciation magmatique



Mélange magmatique

Assimilation

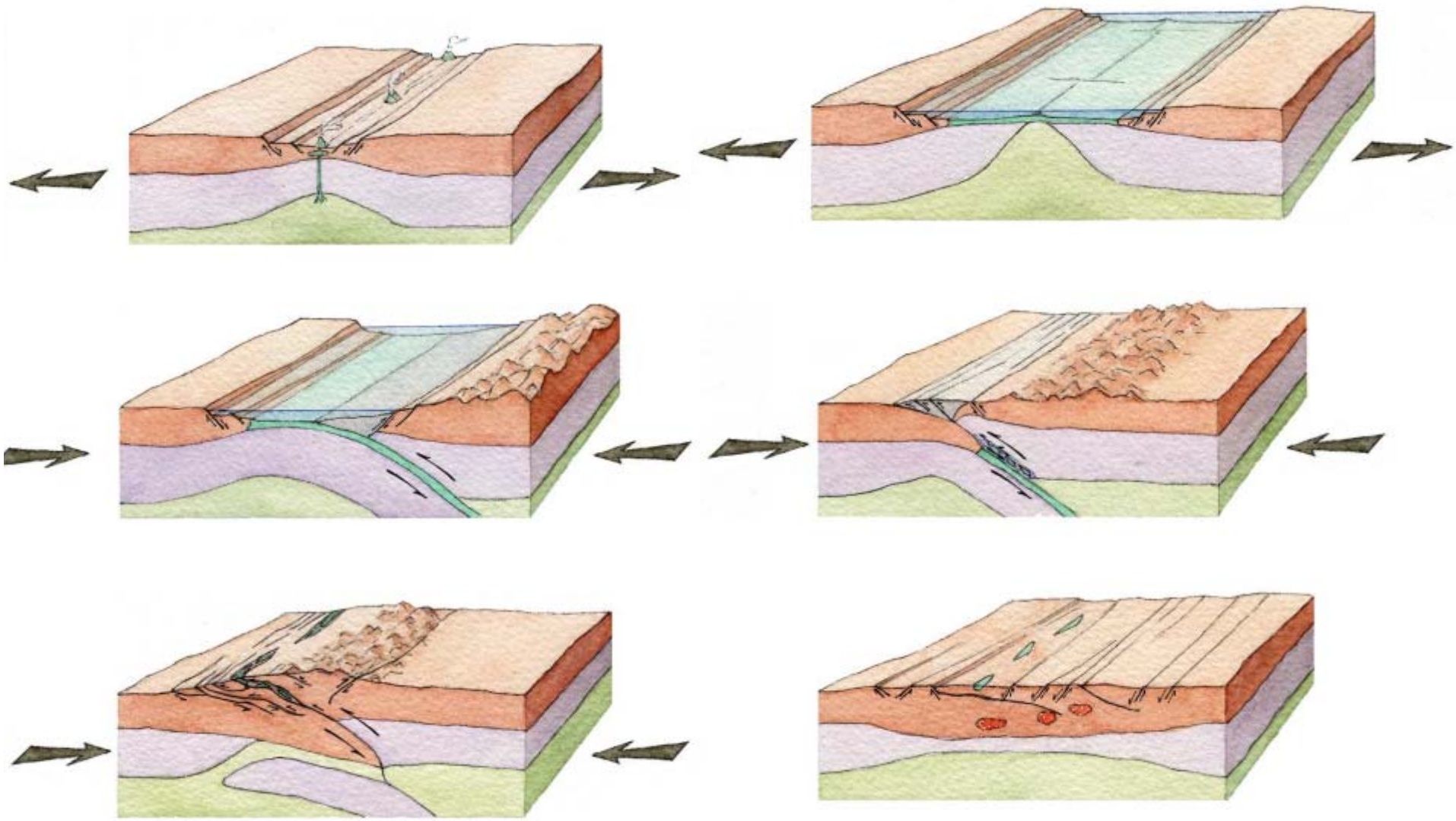
c.nicollet

La CO versus la CC.

- CO : Composition relativement homogène, jeune

- CC : composition très variable, à cause des processus géologiques variés pendant 4 Ga

Le cycle de la lithosphère

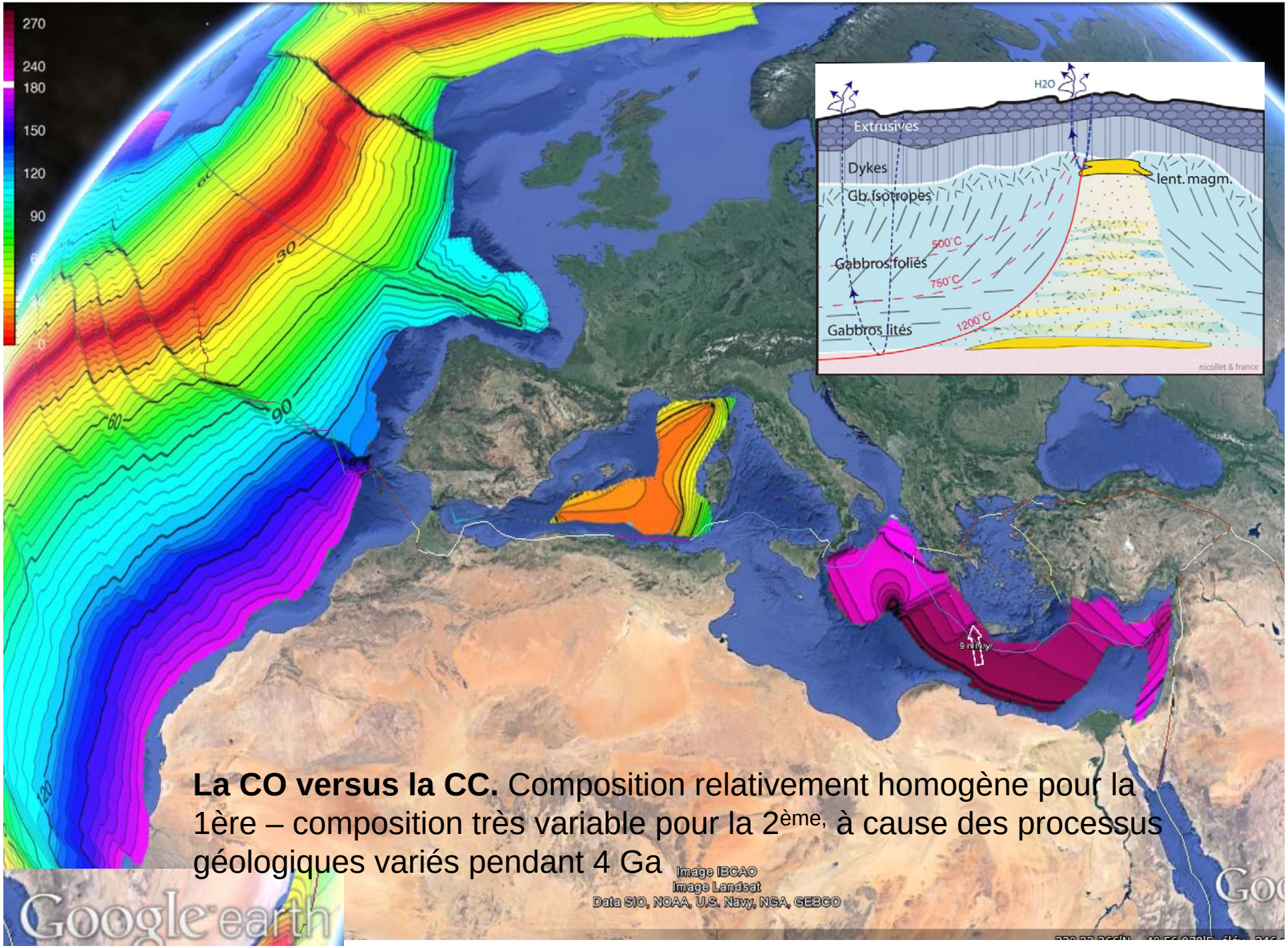


Montagnes jeunes

« Montagnes » anciennes

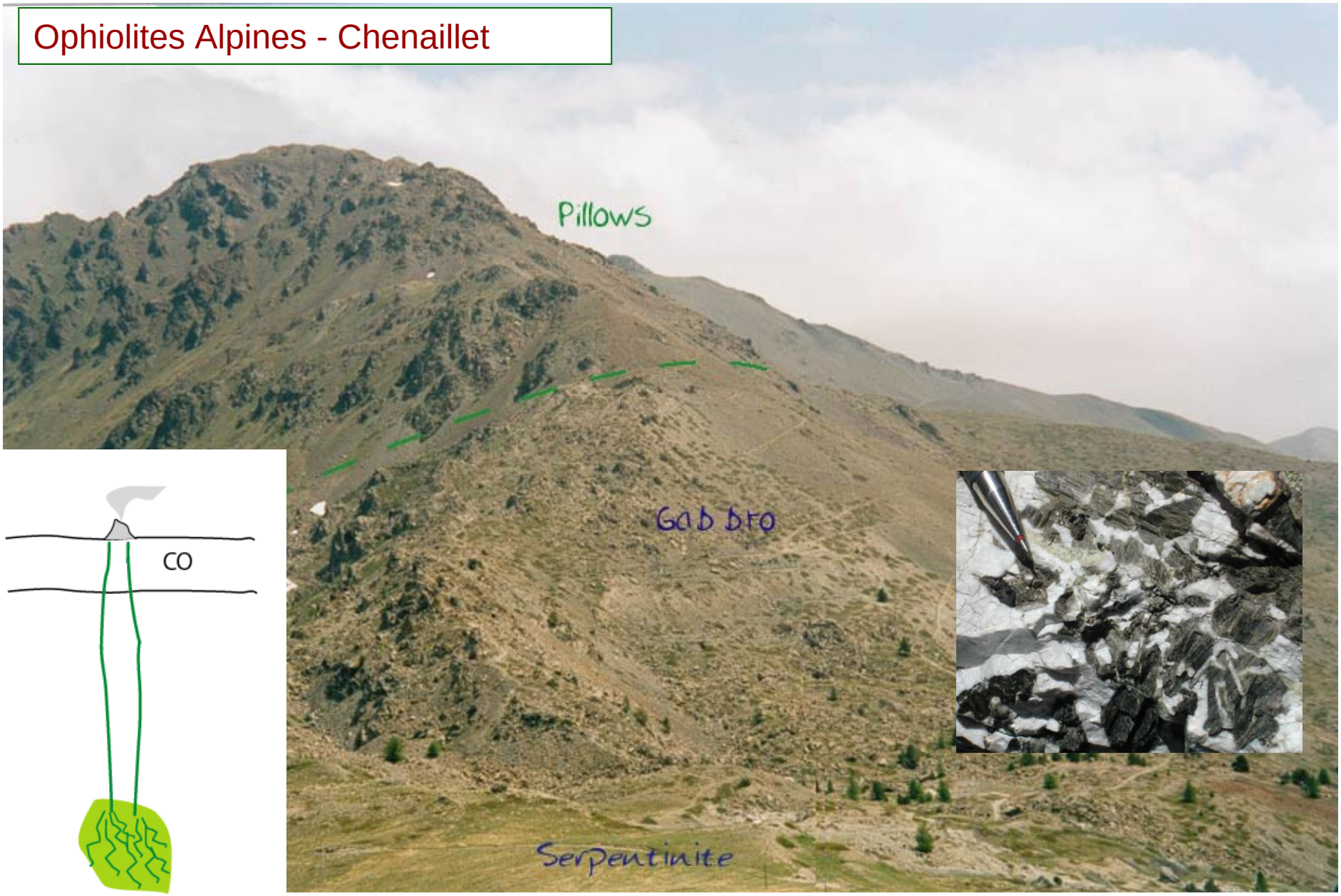
croûte continentale
manteau supérieur
prisme d'accrétion
croûte océanique
manteau inférieur
granites

C.Laverne

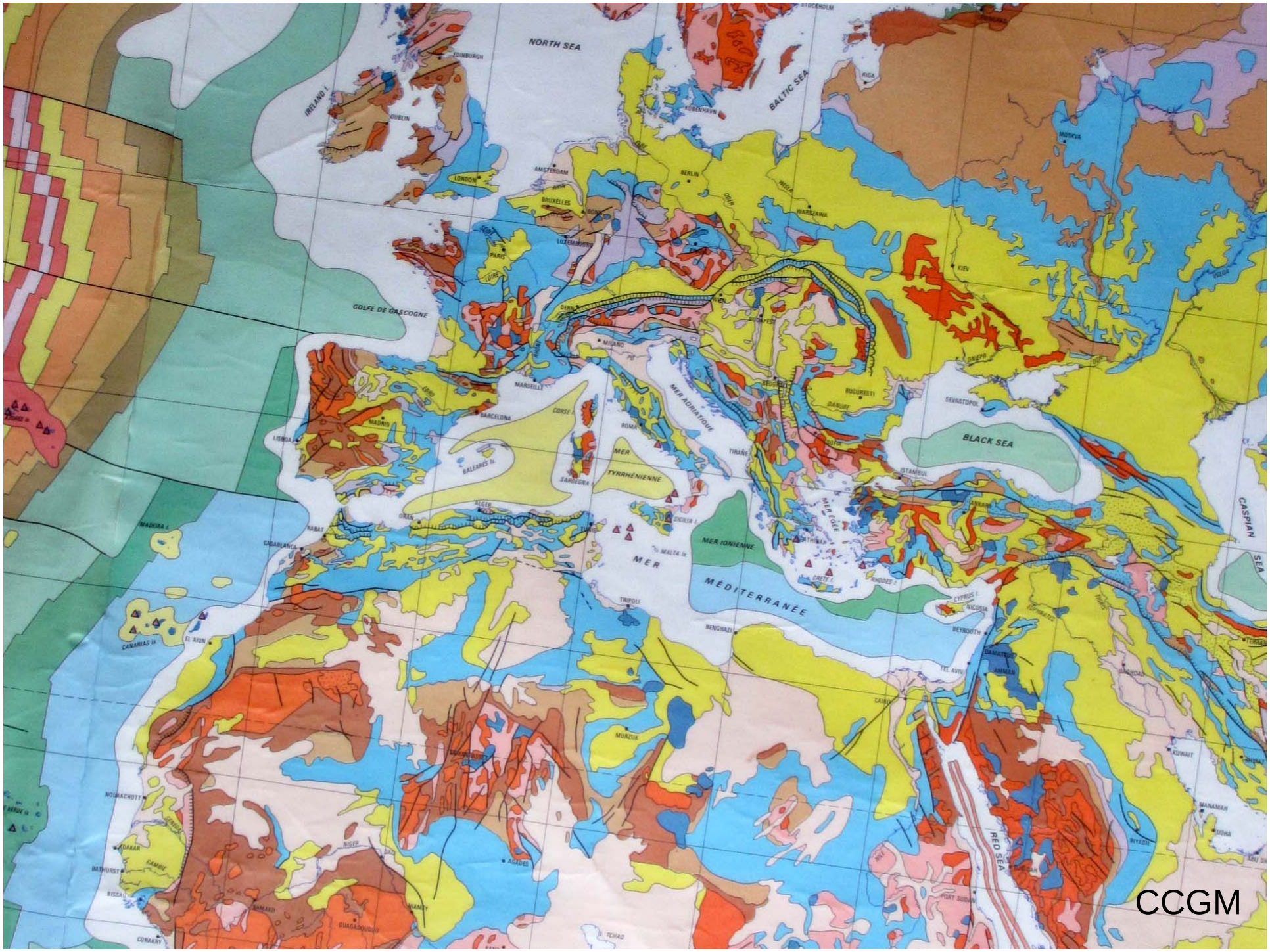


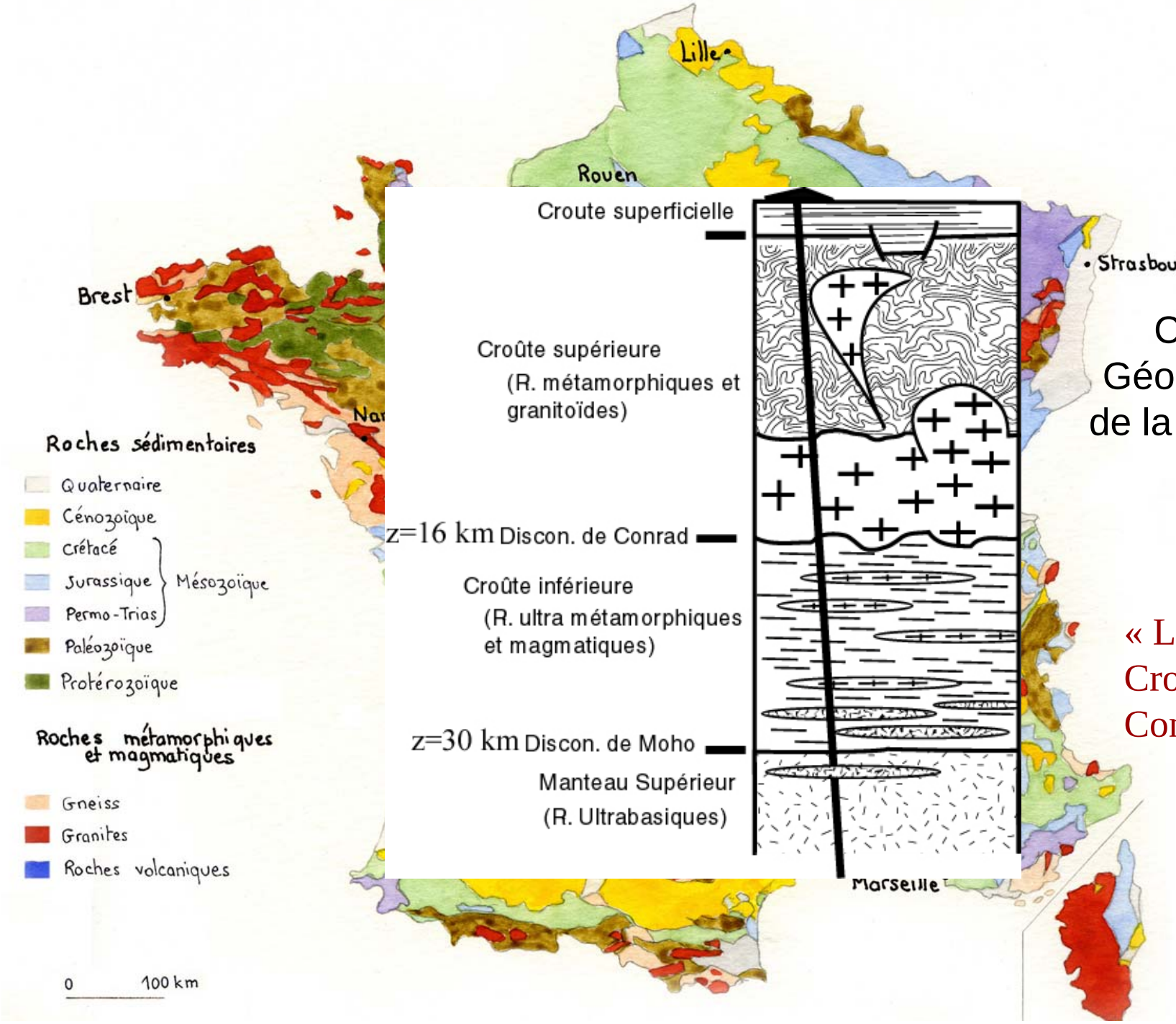
La CO versus la CC. Composition relativement homogène pour la 1ère – composition très variable pour la 2ème, à cause des processus géologiques variés pendant 4 Ga

Ophiolites Alpines - Chenaillet



Arête SO du Chenaillet


NORTH SEA
BALTIC SEA
IRELAND I.
DUBLIN
EDINBURGH
LONDON
AMSTERDAM
BRUXELLES
LUXEMBOURG
PARIS
BERLIN
WARSZAWA
KIEV
MOSKVA
GOLFE DE GASCOGNE
MARSEILLE
BARCELONA
MADRID
LISBOA
MILANO
ROMA
BUDAPEST
BEOGRAD
BUCURESTI
SEVASTOPOL
BLACK SEA
ISTANBUL
ANKARA
TIRANÊ
MER ADRIATIQUE
MER TYRRHÉNIENNE
MER IONIENNE
MER ÉGÉE
MER MÉDITERRANÉE
CORSE I.
SARDEGNA
BALEARES Is.
ALGER
ORAN
TUNIS
RABAT
CASABLANCA
MADEIRA I.
CANARIAS Is.
EL AIUN
TRIPOLI
BENGHAZI
MALTA Is.
SICILIA I.
CRETE I.
RHODES I.
CYPRUS I.
NICOSIA
BEYROUTH
DAMASCUS
AMMAN
TEL AVIV
CAIRO
MURZUK
NOUAKCHOTT
DAKAR
BATHURST
BISSAU
CONAKRY
BAMAKO
NIAMEY
AGADEZ
GUAGADOUGOU
RED SEA
PORT SUDAN
KUWAIT
MANAMAN
DOHA
RIYADH
CASPIAN SEA
CCGM



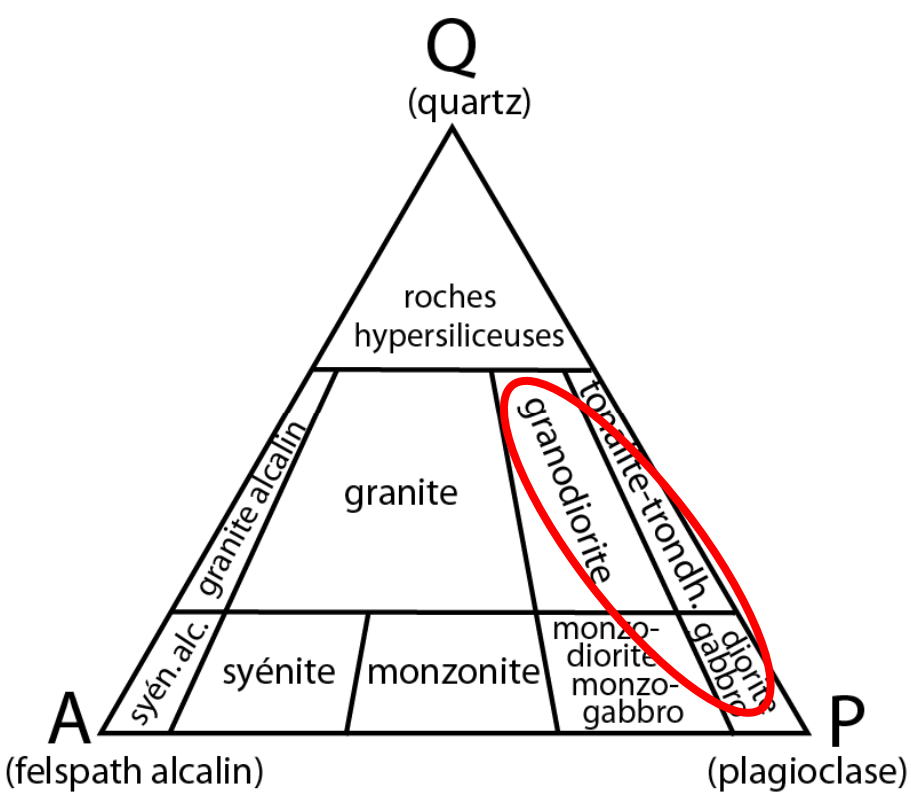
Carte Géologique de la France

« Log » de la Croûte Continentale

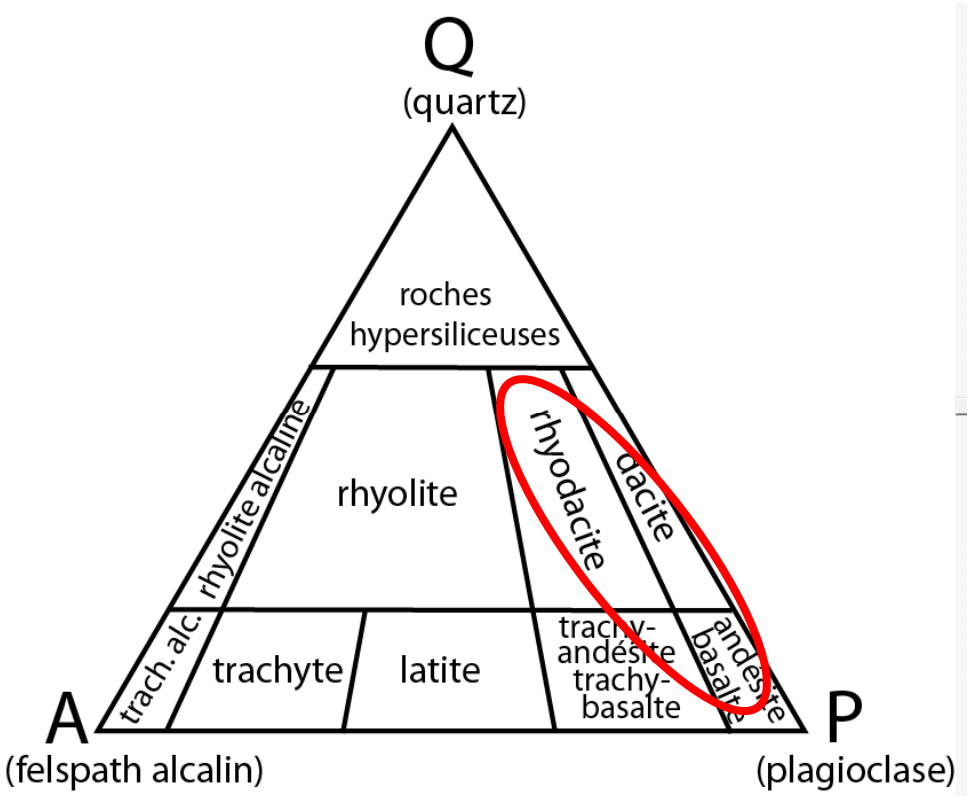
Tableau : Choix d'une composition chimique moyenne de la croute continentale et de quelques roches caractéristiques (moyennes) de celle-ci. Les TTG ou Gneiss gris représenteraient la composition chimique de la croute continentale moyenne archéenne.

% poids oxydes	CC moyenne	Andésite	TTG Gneiss gris	Granodiorite	Adakite
SiO2	59.1	59.85	67.67	68.10	64.80
TiO2	0.7	0.54	0.44	0.54	0.56
Al2O3	15.8	17.25	14.87	15.07	16.64
FeOt	6.6	6.84	3.58	4.36	4.75
MnO	0.11	0.14	0.07	0.09	0.08
MgO	4.4	3.02	1.86	1.55	2.18
CaO	6.4	6.89	3.35	3.06	4.63
Na2O	3.2	3.28	4.18	3.68	4.19
K2O	1.88	0.87	2.60	3.40	1.97
P2O5	0.2	0.14	0.16	0.15	0.20

Composition de TTG : tonalites, trondhjémites, granodiorites



Roches plutoniques



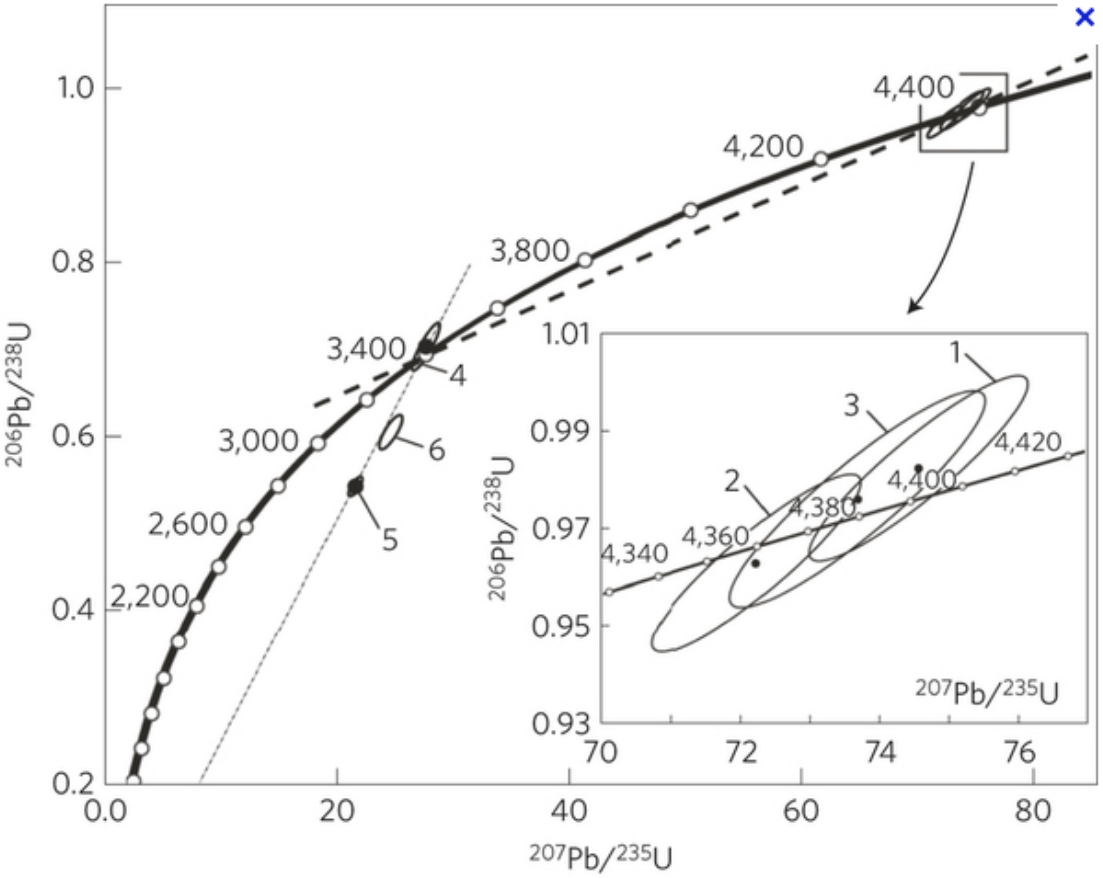
Roches volcaniques

La Classification des granitoïdes ; Streckeisen

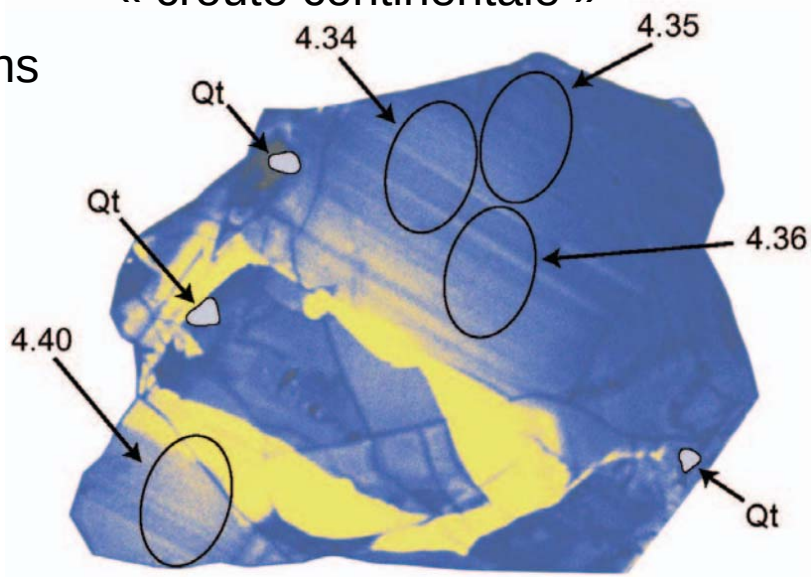
Quand s'est formée la croute continentale ?

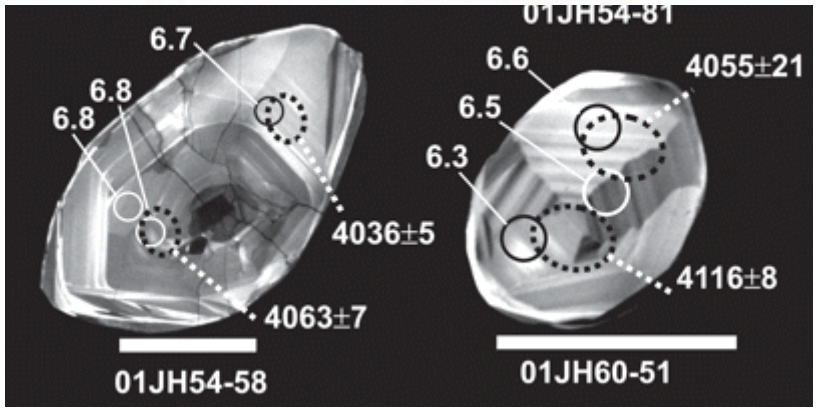
Les gneiss d'Acasta au Canada ont 4 Ga

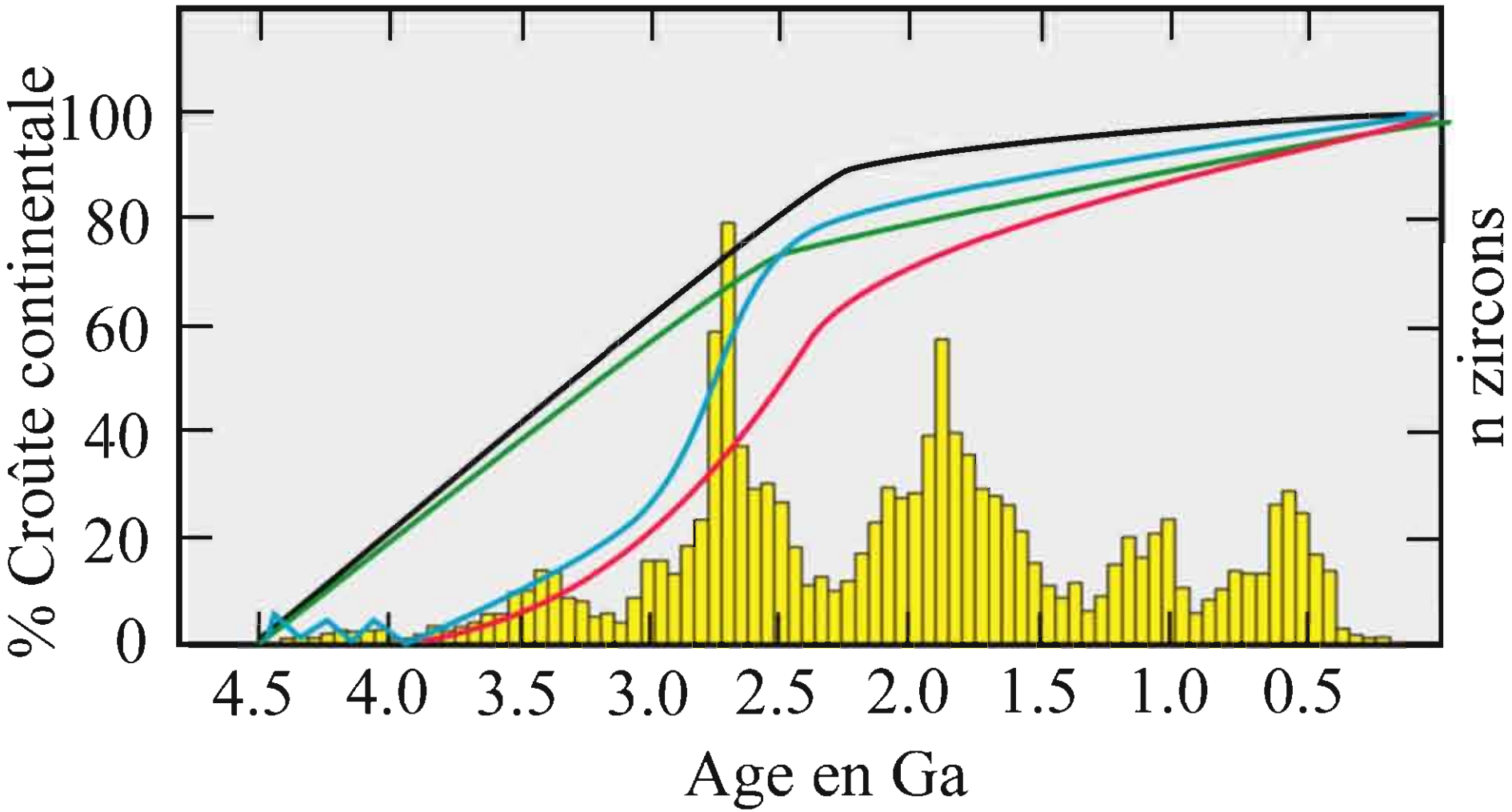
Cristaux de zircons



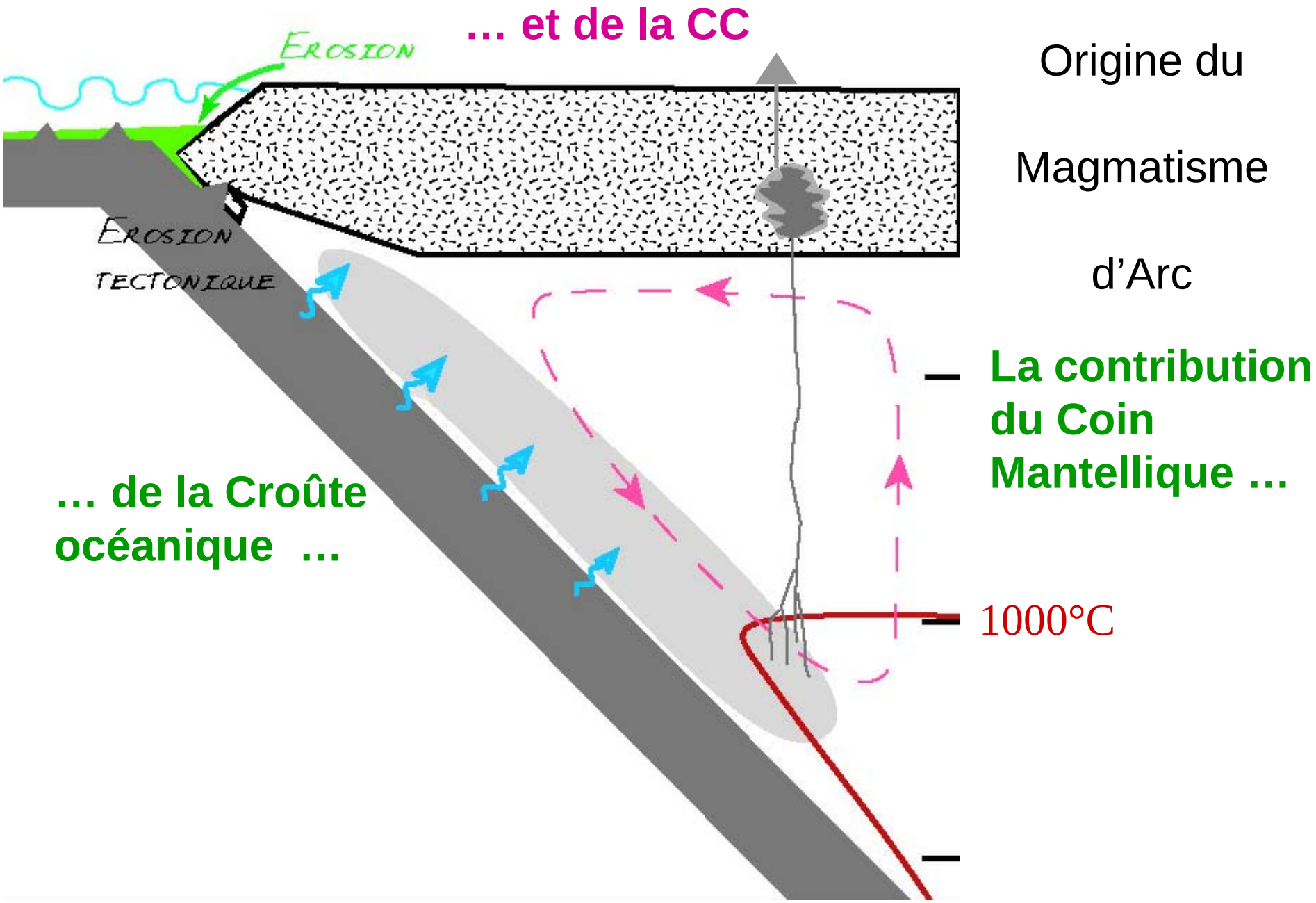
Le plus vieux témoin de « croûte continentale »






% Croûte continentale
100
80
60
40
20
0
n zircons
4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
Age en Ga

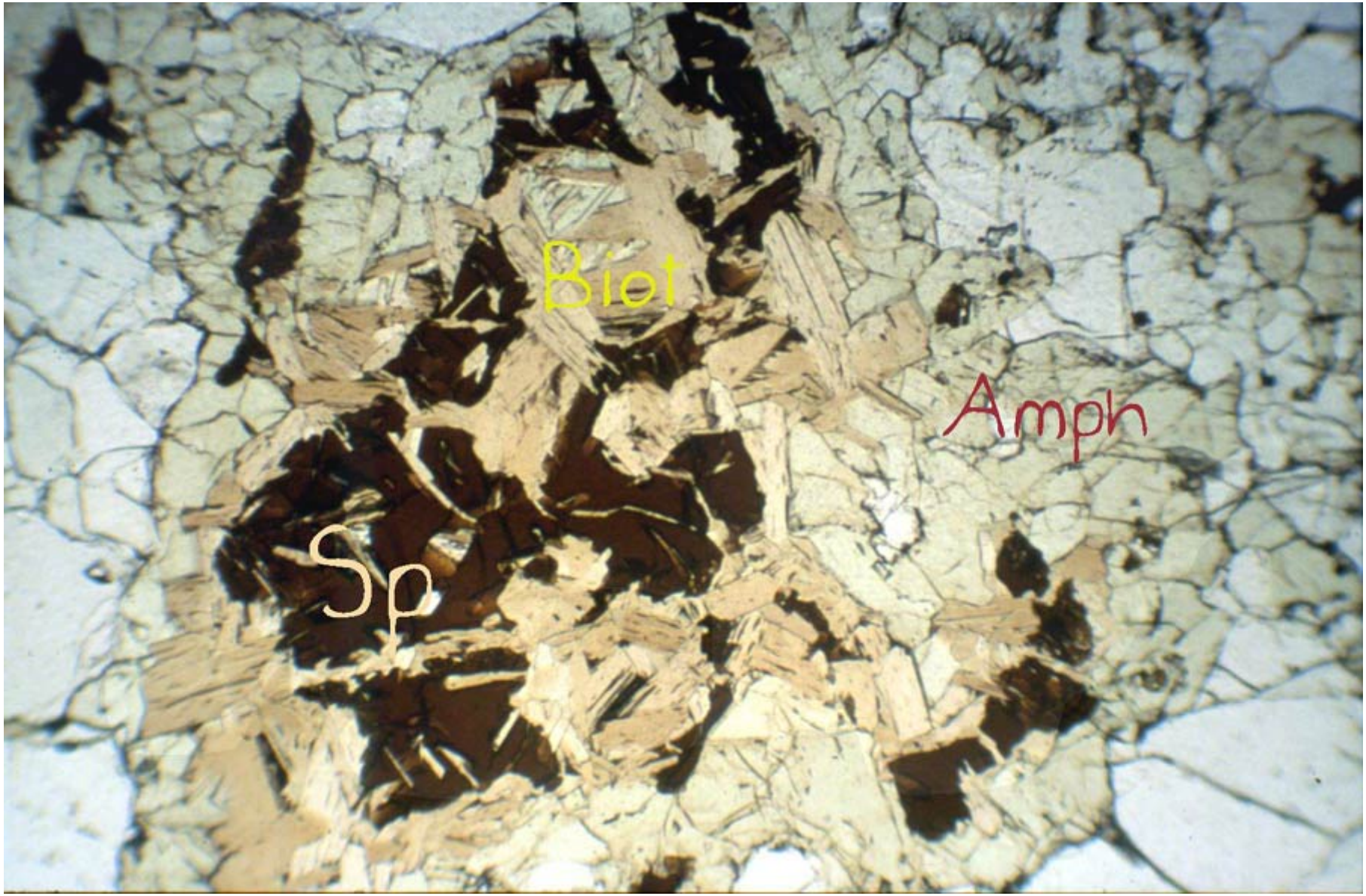
Comment s’est formée la CC à l’Archéen ?



Origine du

Magmatisme

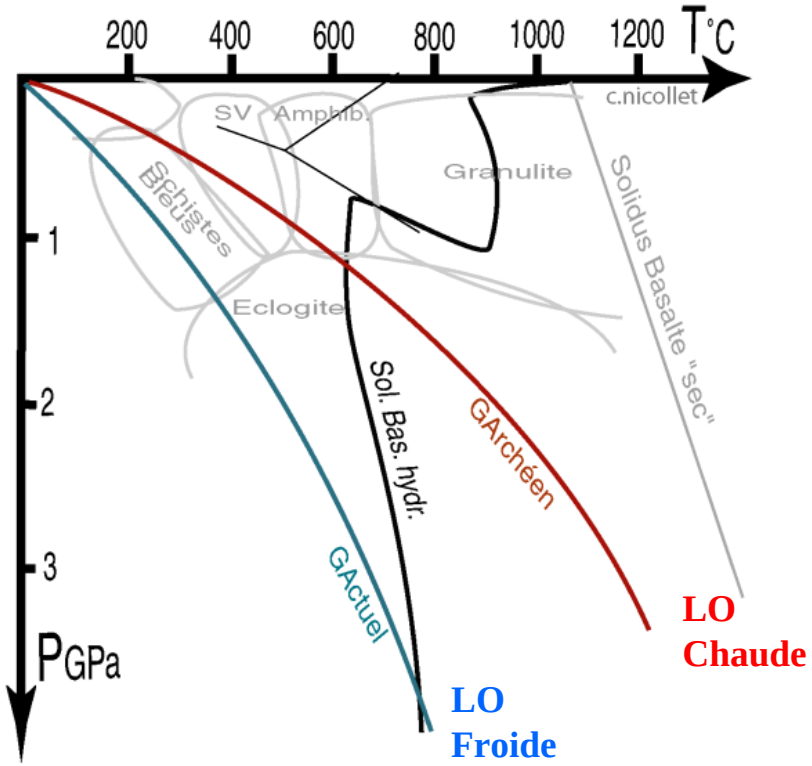
d'Arc



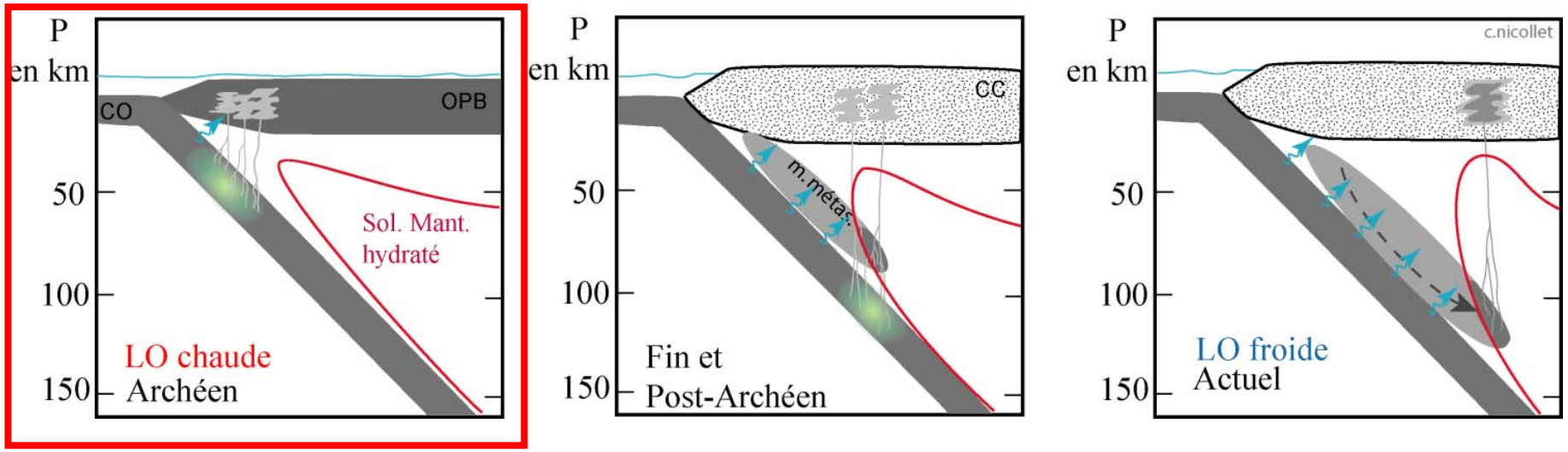
Le Manteau Métasomatisé

Ph. G. Chazot

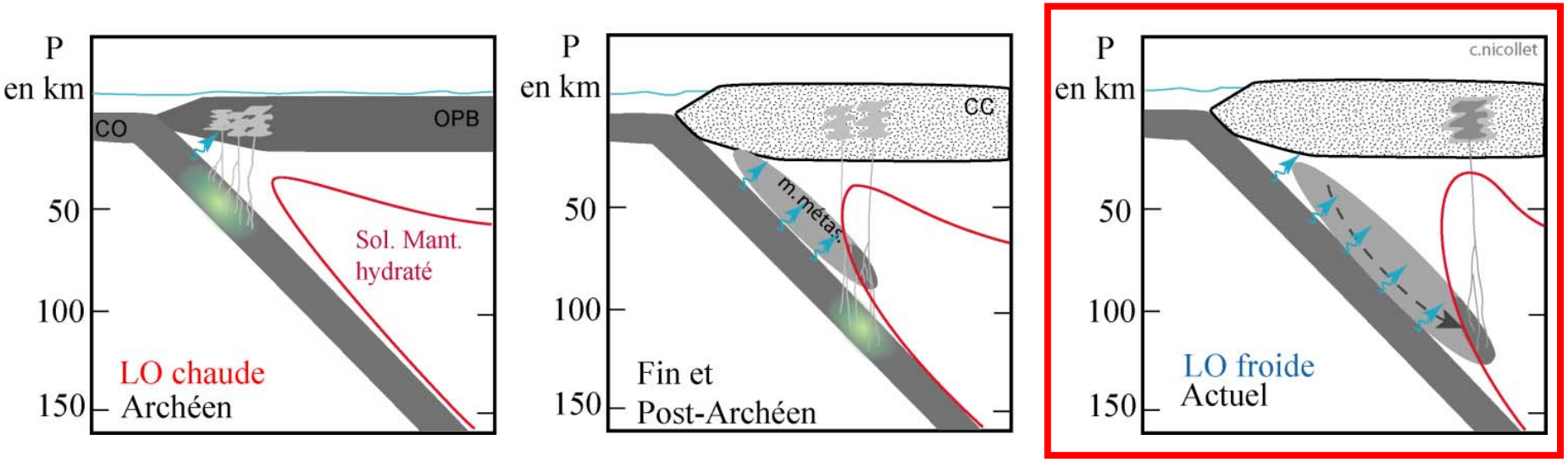
La fusion de la CO produit des adakites



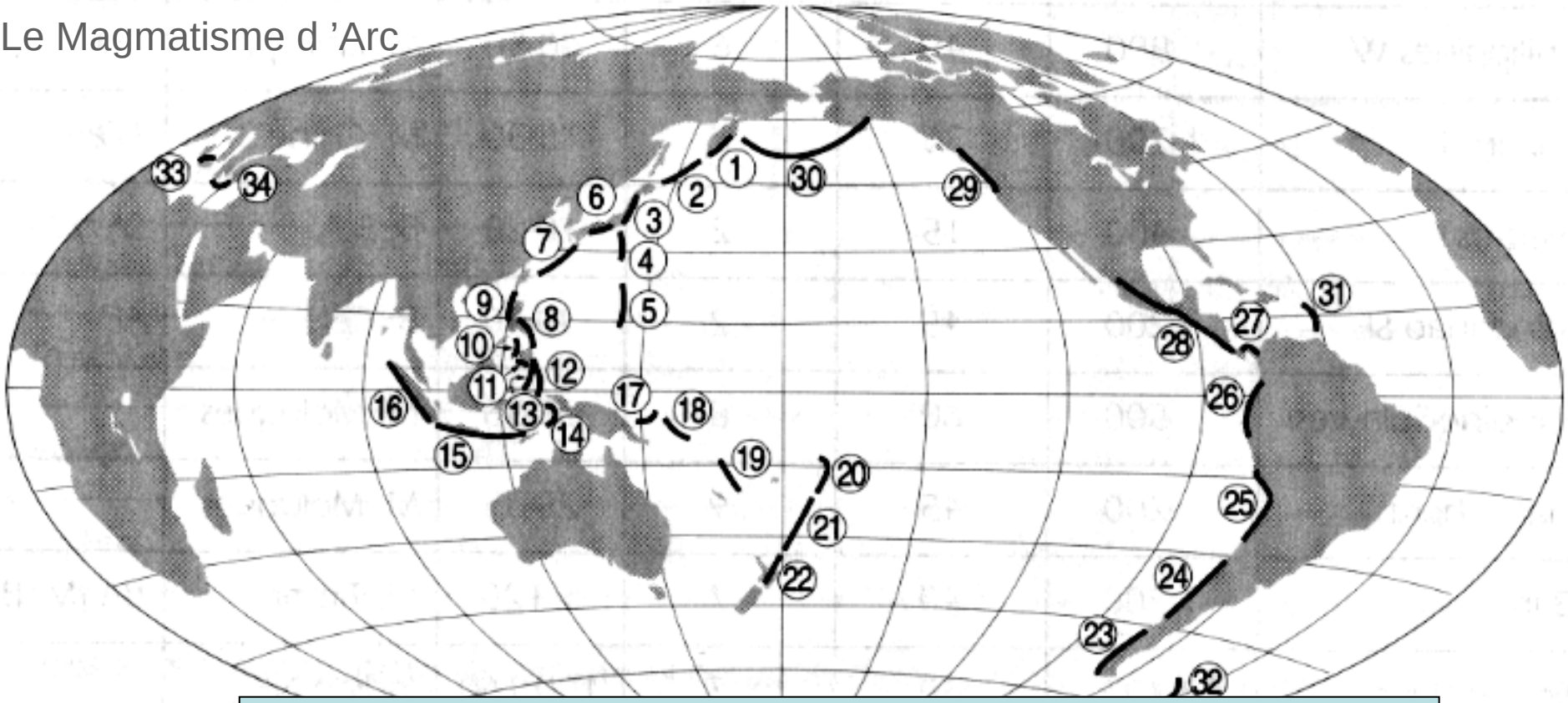
Genèse et Origine de la Croûte Continentale



Production actuelle de magma dans les zones de subduction :



Le Magmatisme d ’Arc

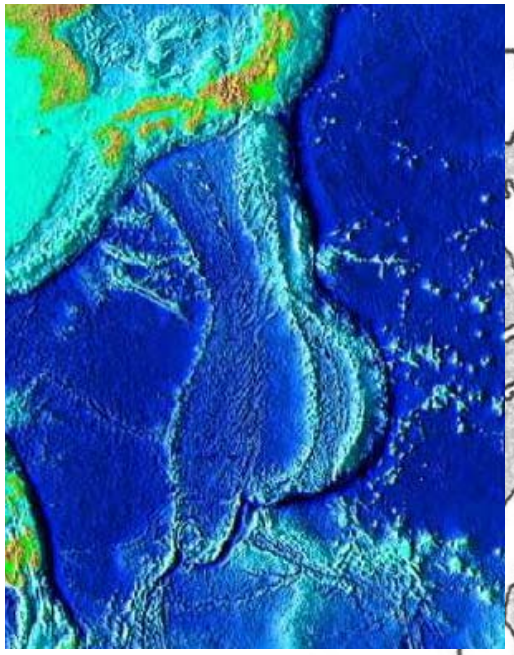


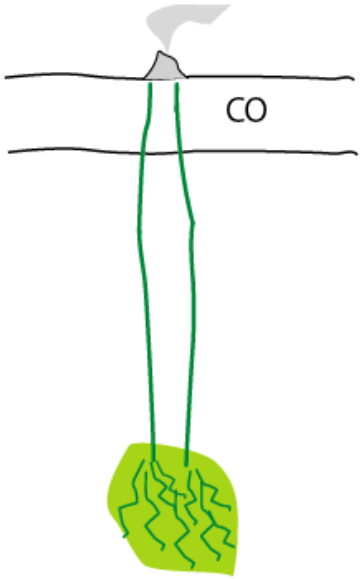
A l’heure actuelle, les arcs magmatiques sont formés au niveau d’une subduction sous :

- une CO d’épaisseur normale,
- une CO épaisse et
- la CC

S’y fabrique t’il de la CC (de composition granodioritique /andésitique) ?

de





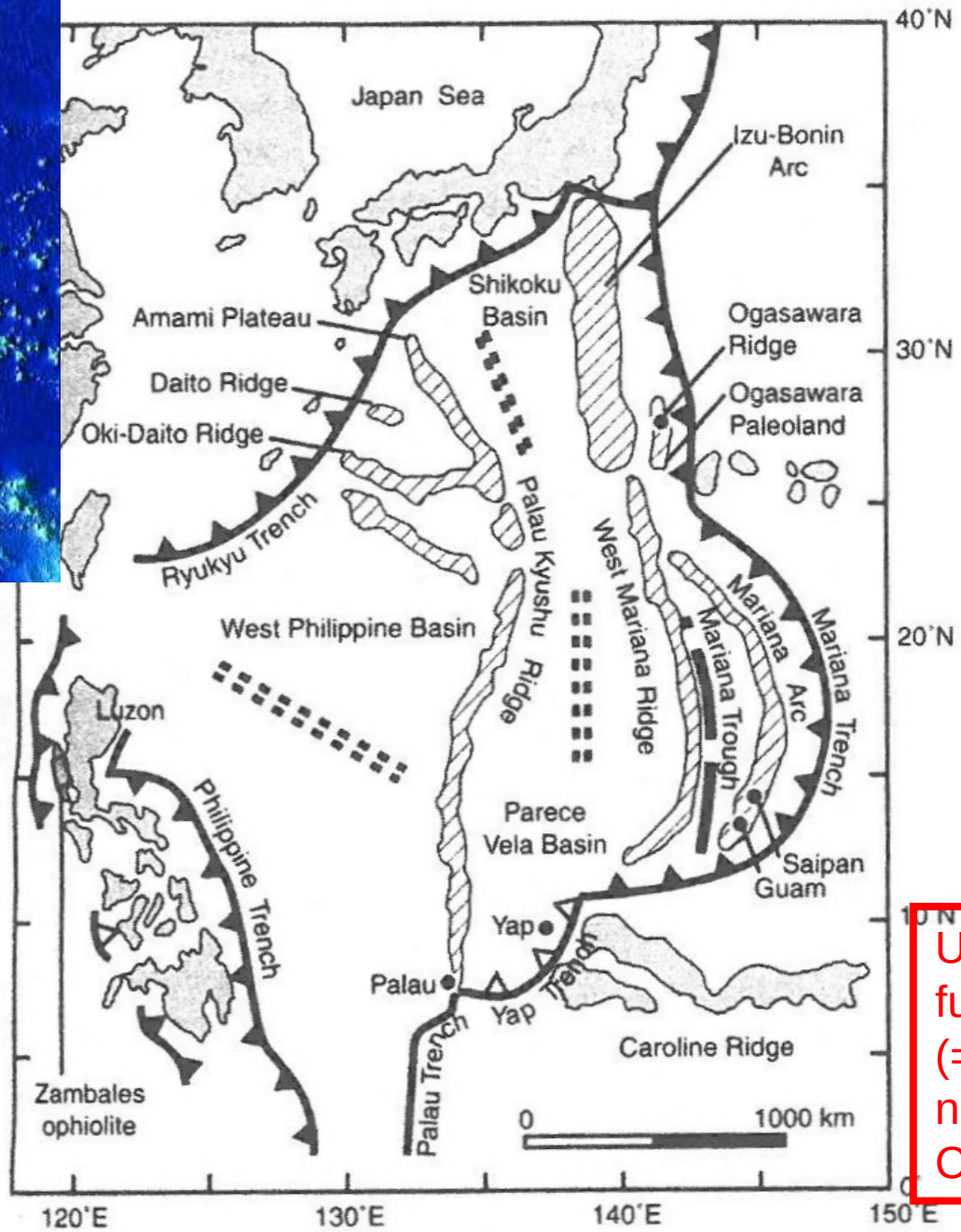


Figure 6.5. Le système de subduction des îles Izu-Bonin-Mariannes.

Sur CO d'épaisseur normale

Basaltes (Tholéiites d'Arc)

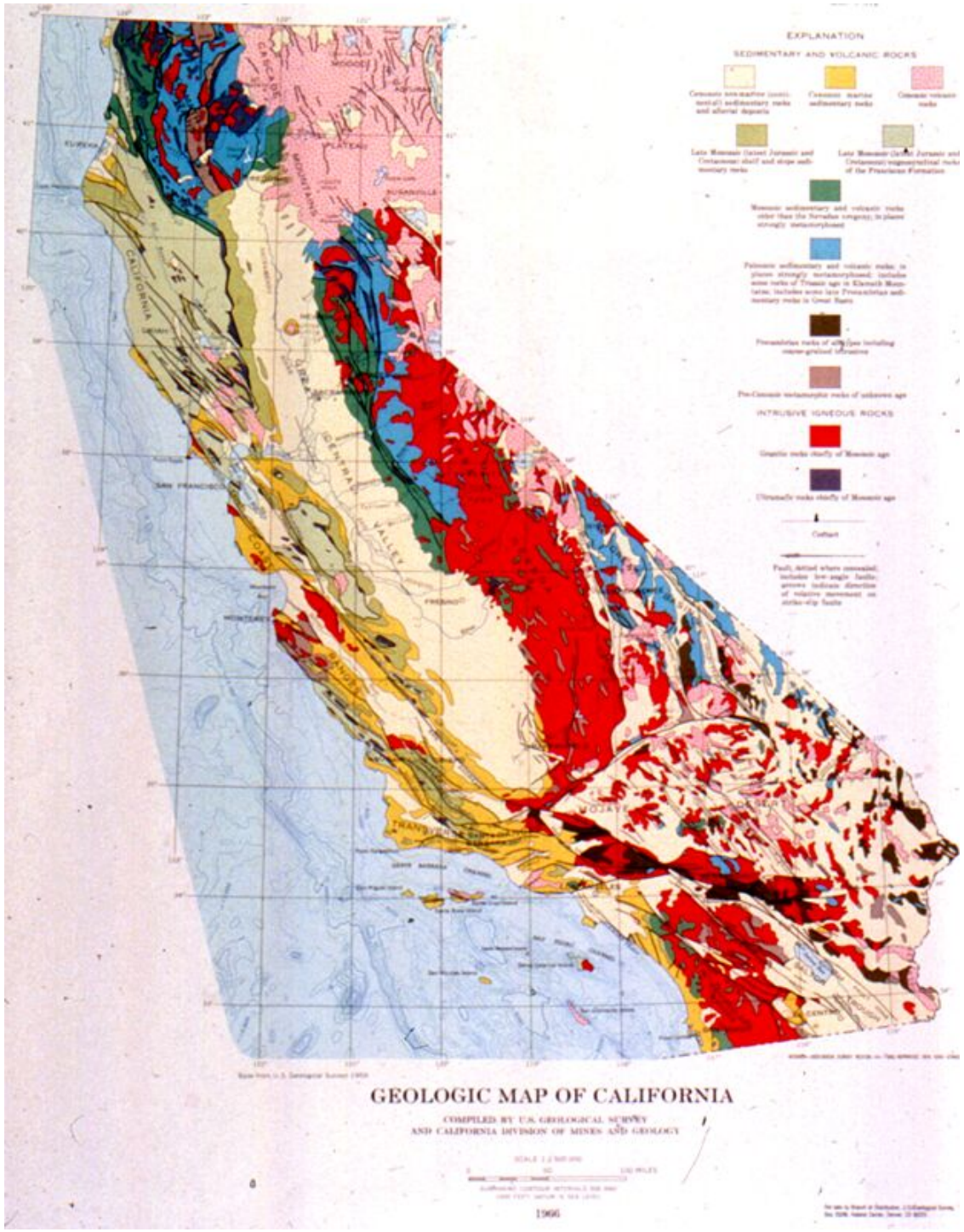
Un magma issu de la fusion du manteau (=magma juvénile) ne fabrique pas de la CC granodioritique

Sur la Croûte Continentale

Volcan andésitique

Sabancaya - Sud Pérou

Ph. A. Gourgaud

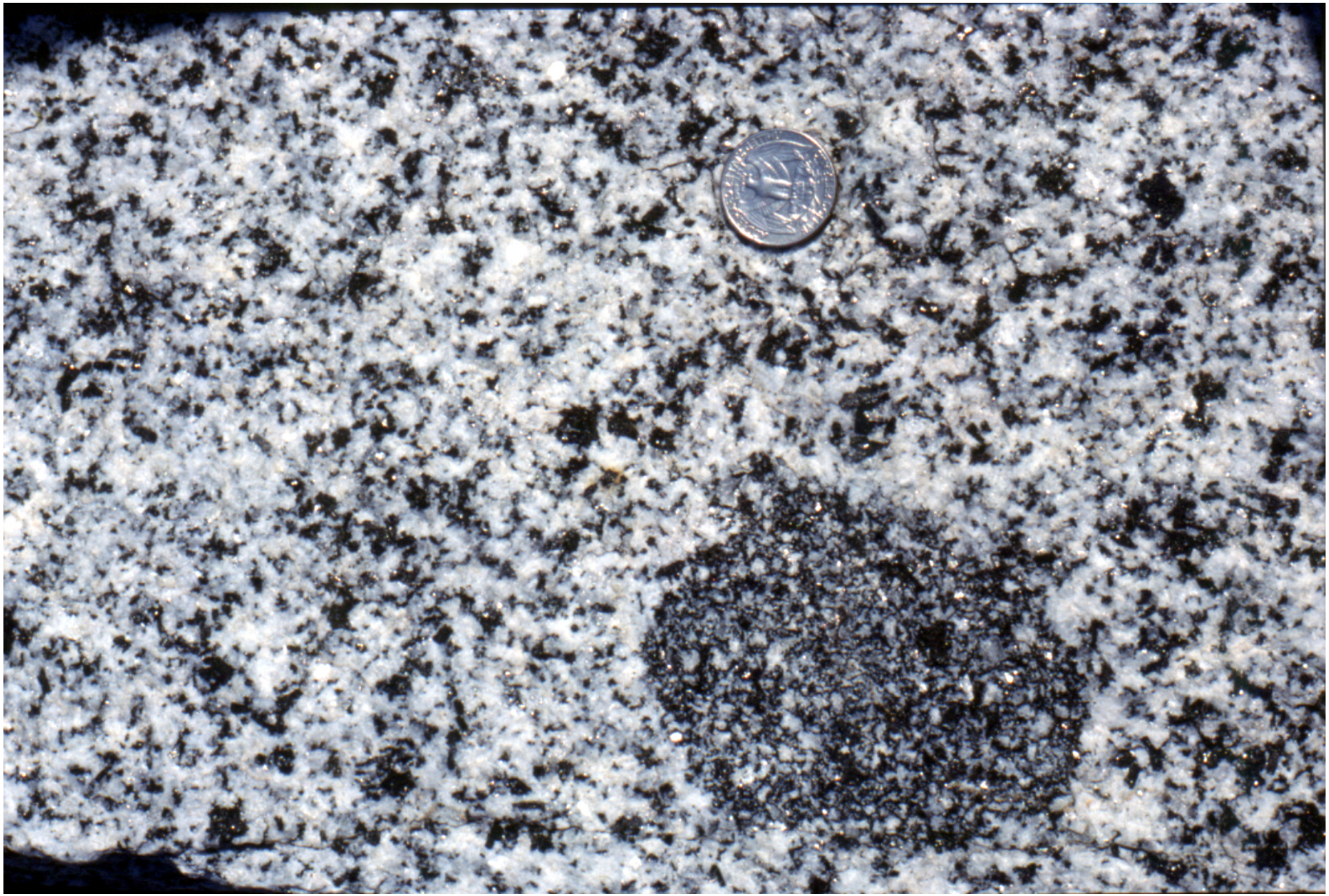


Carte Géologique de la Sierra Nevada, USA

En rouge, les batholites granodioritiques

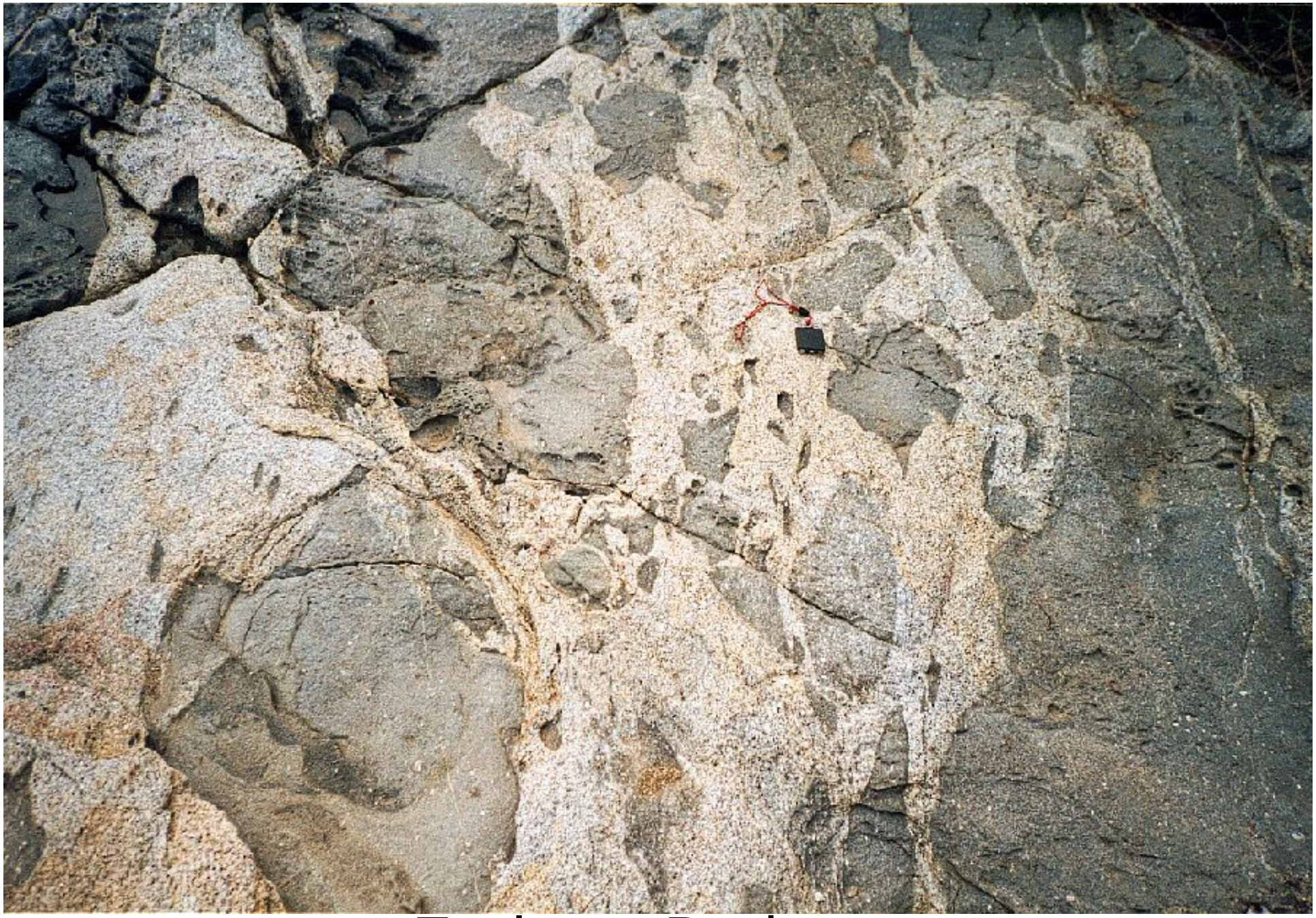
Batholites de Granodiorites - Sierra Nevada, USA

Ph. B. Barbarin



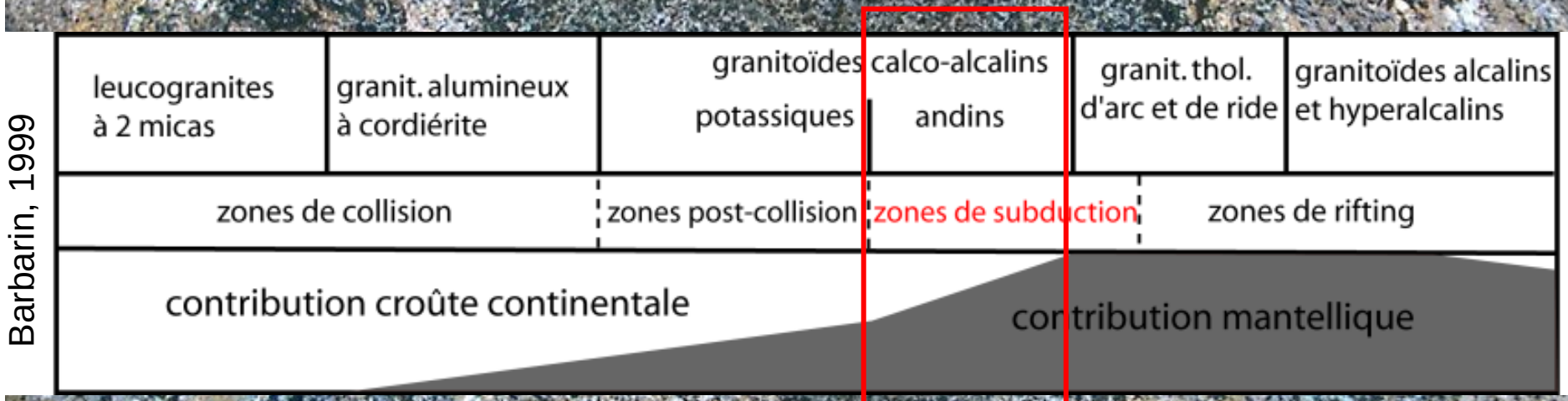
Granodiorite et enclave Basique - Sierra Nevada, USA

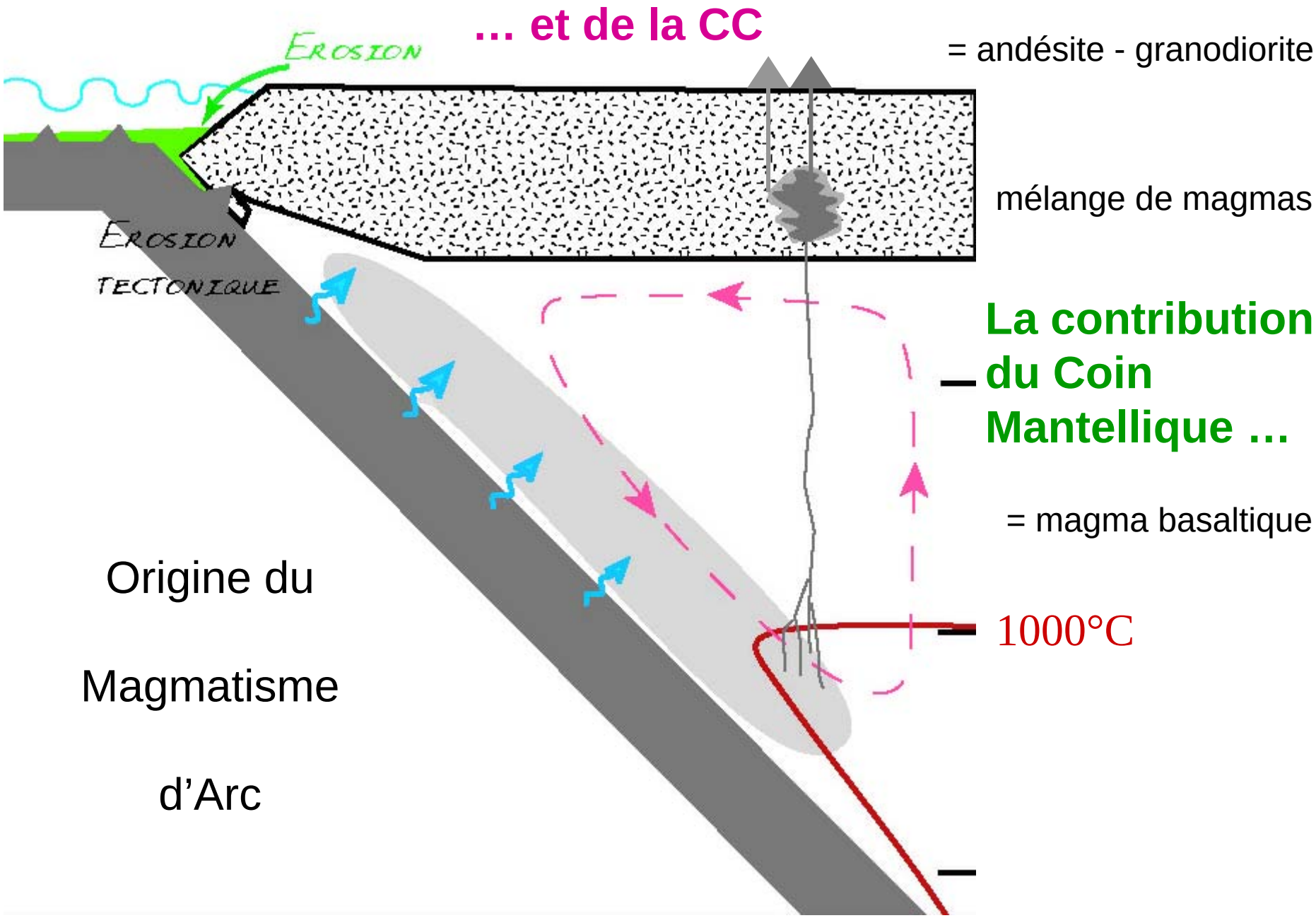
Ph. B. Barbarin



Enclaves Basiques

Classification des roches granitoïdes





Origine du

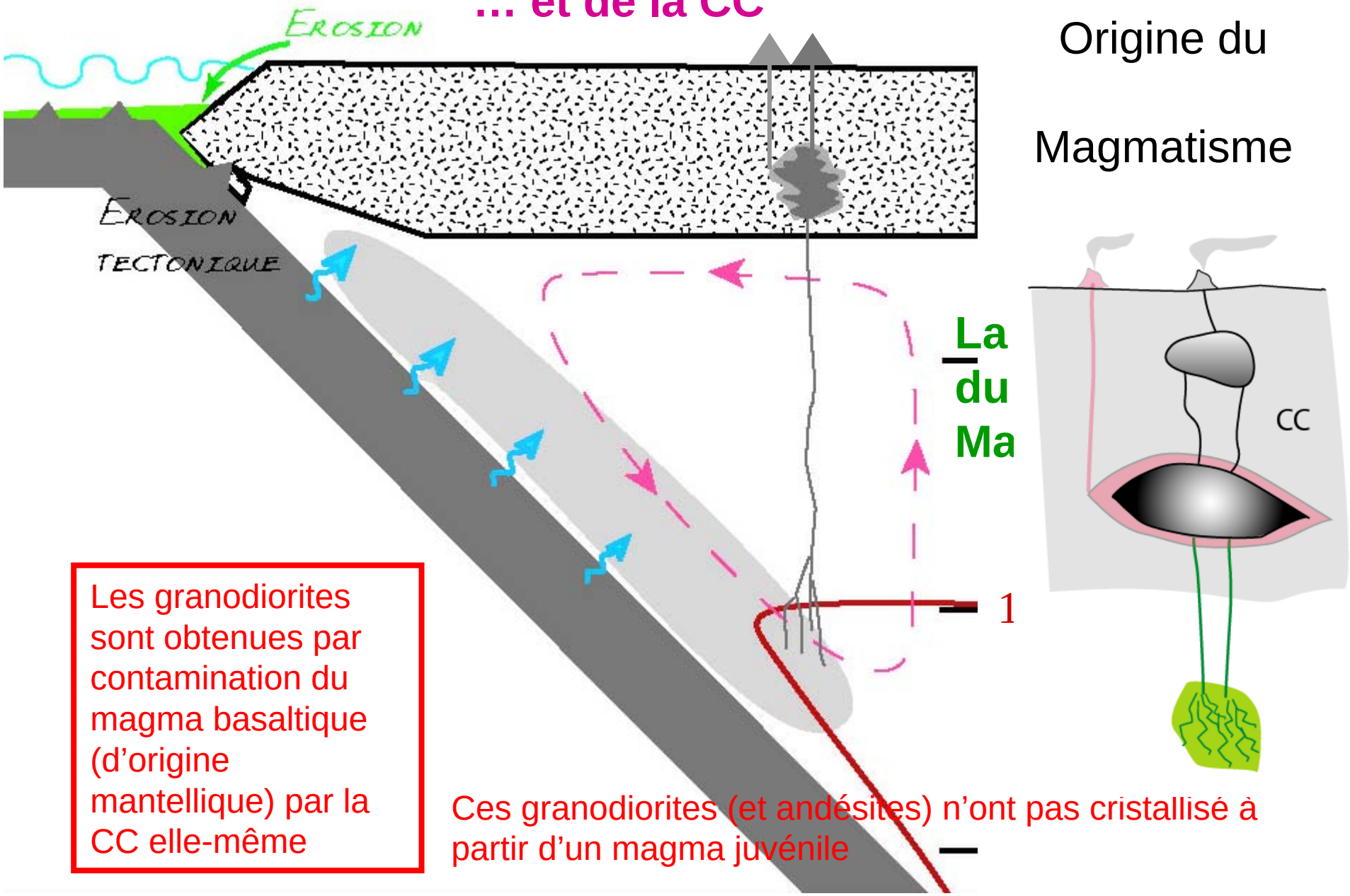
Magmatisme

d'Arc

… et de la CC

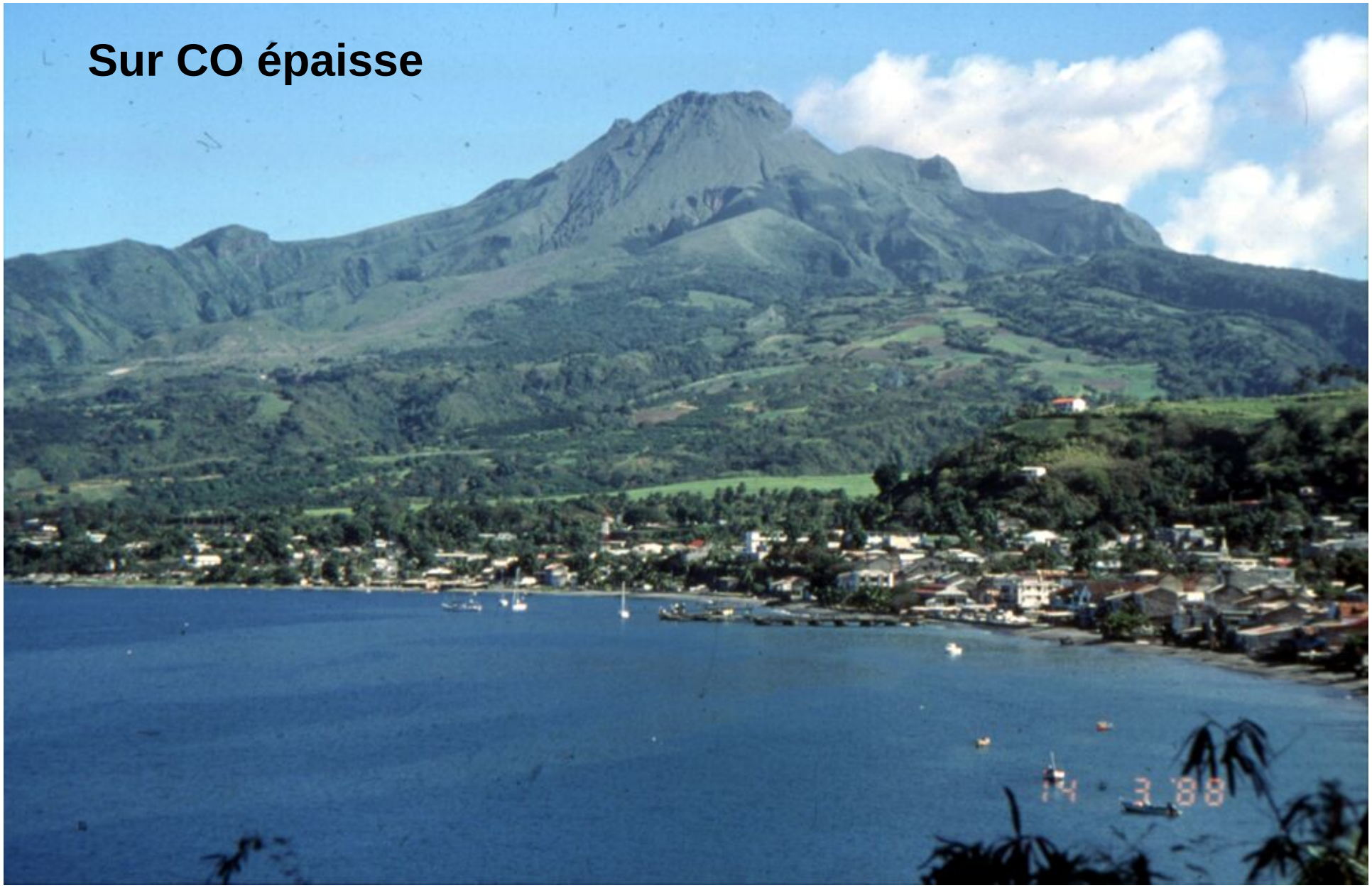
Origine du

Magmatisme



Les granodiorites sont obtenues par contamination du magma basaltique (d'origine mantellique) par la CC elle-même

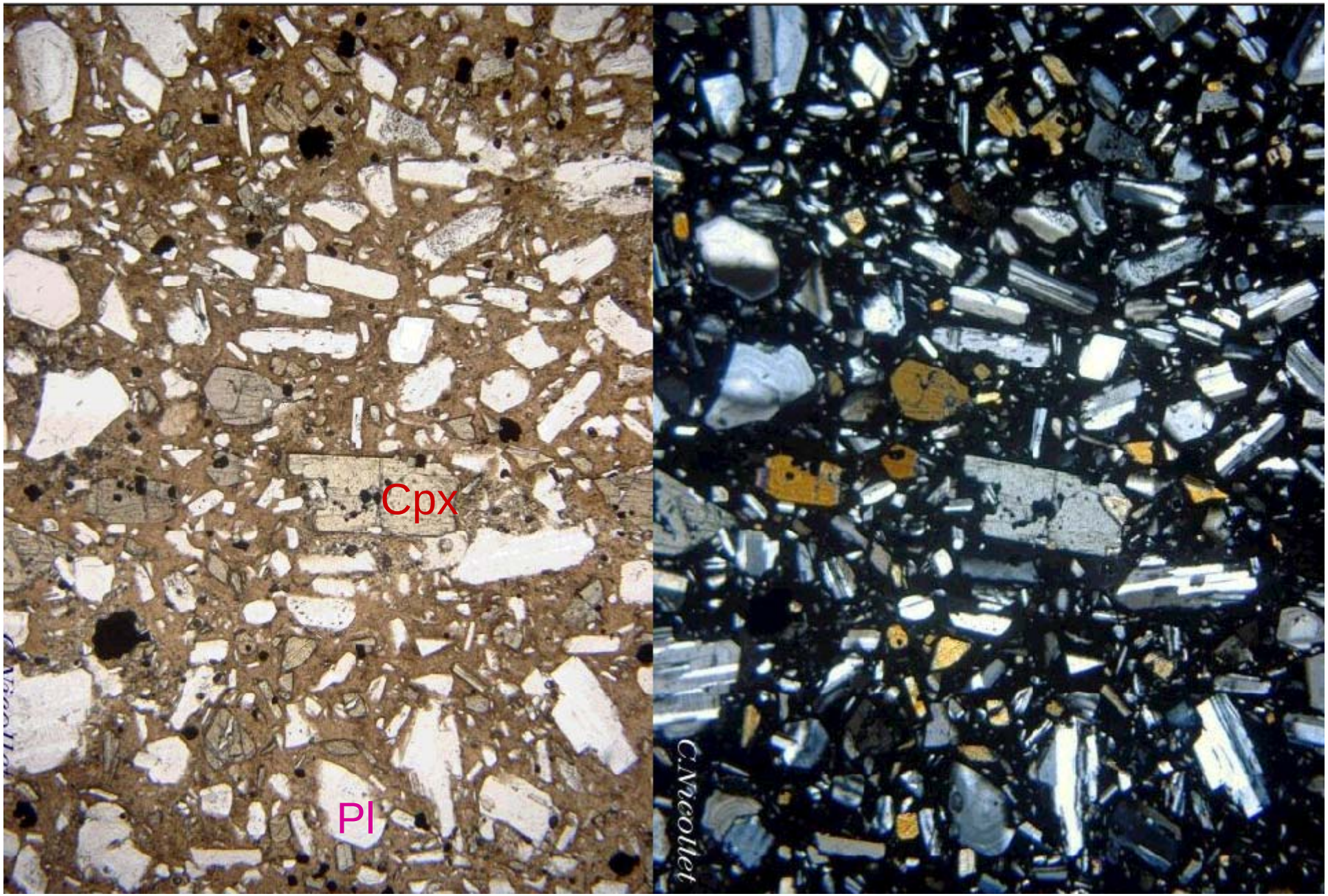
Ces granodiorites (et andésites) n'ont pas cristallisé à partir d'un magma juvénile



La Montagne Pelée à la Martinique

Ph. A. Gourgaud

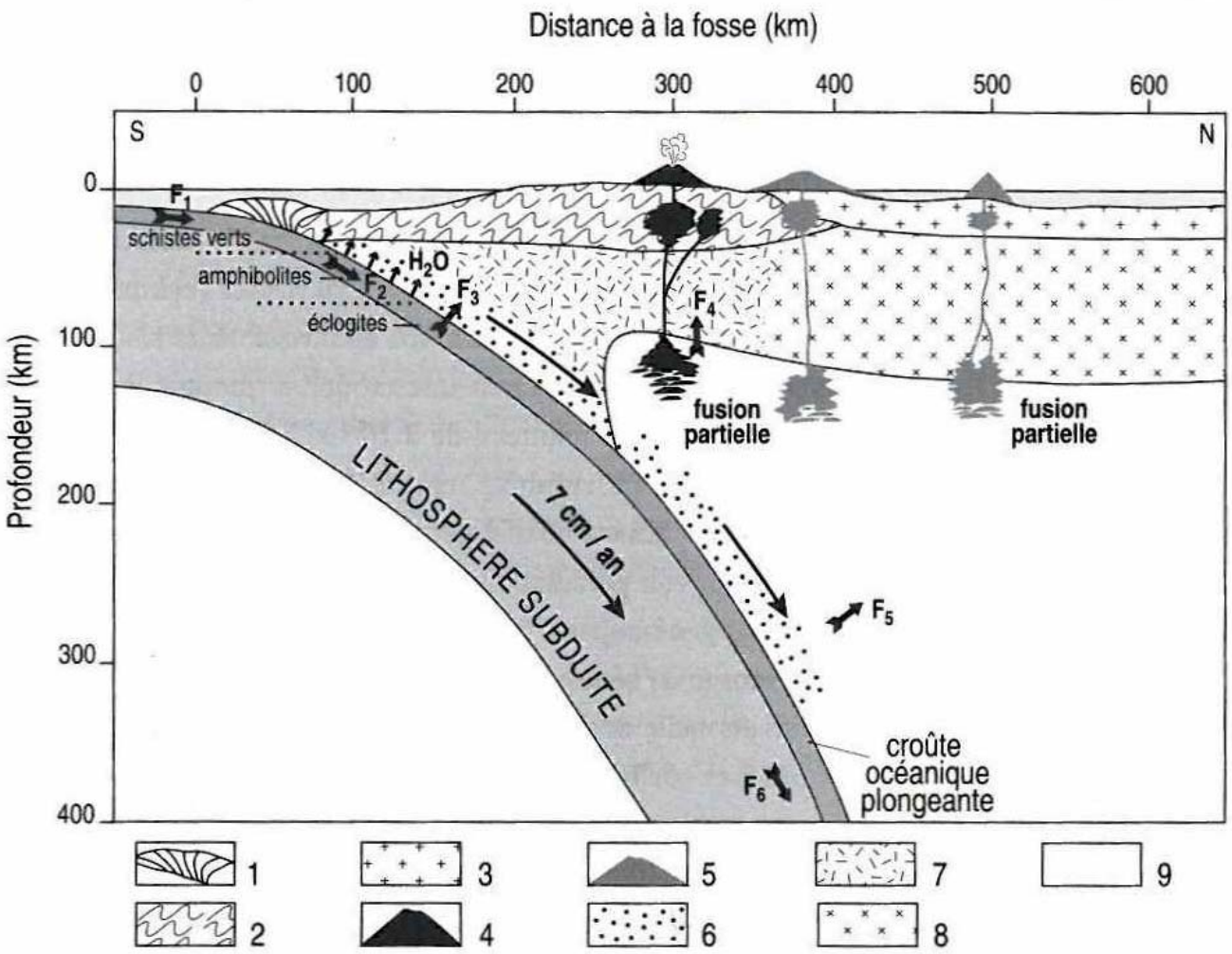
Andésite - Montagne Pelée, Martinique



LPNA

Andésite au microscope

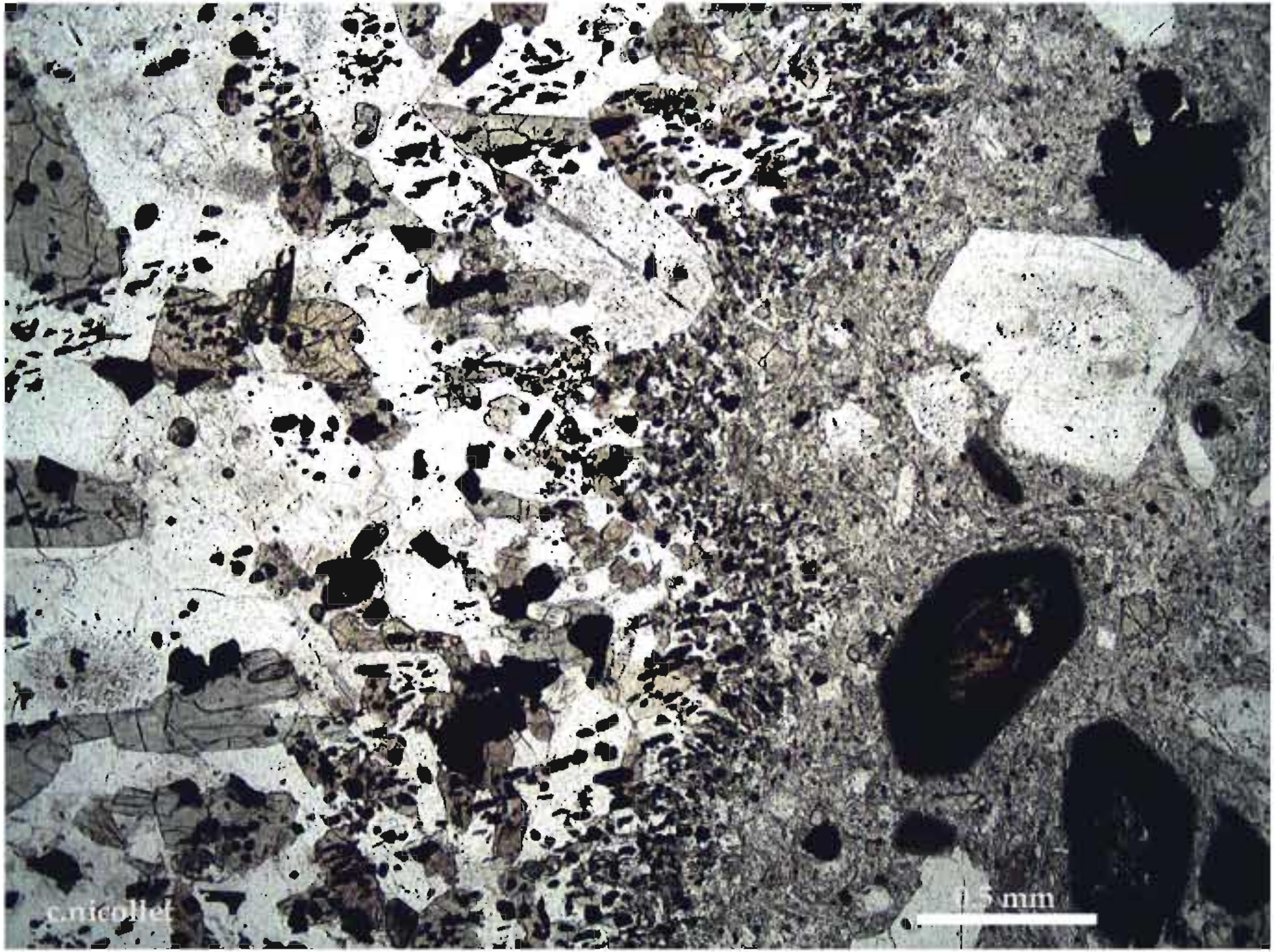
LPA



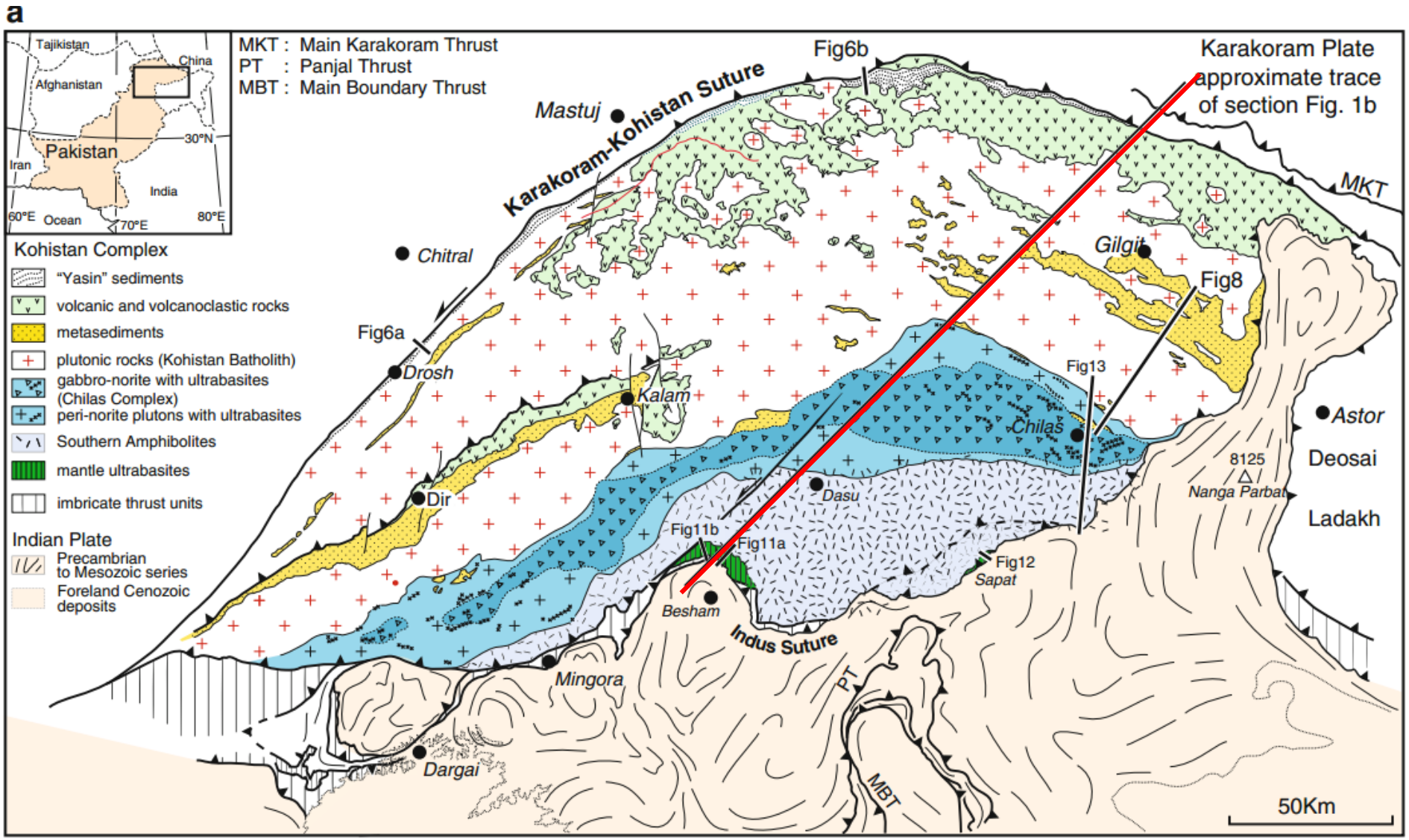
Juteau et Maury (2008)

Figure 11.6. Coupe schématique interprétative de l'arc de la Sonde au niveau de Java central (sans exagération verticale sauf pour la représentation des volcans).

1 : prisme d'accrétion ; 2 : croûte de Java (complexe d'accrétion d'âge mésozoïque/cénozoïque) ; 3 : croûte du domaine arrière-arc (craton de la Sonde) ; 4 : volcan de l'axe de l'arc ; 5 : volcan en position arrière-arc ; 6 : manteau métasomatisé surmontant le plan de Benioff ; 7 : manteau lithosphérique appauvri ; 8 : manteau lithosphérique enrichi du domaine arrière-arc ; 9 : manteau asthénosphérique. Les flèches F1 à F6 symbolisent les divers flux de matière (explications dans le texte).

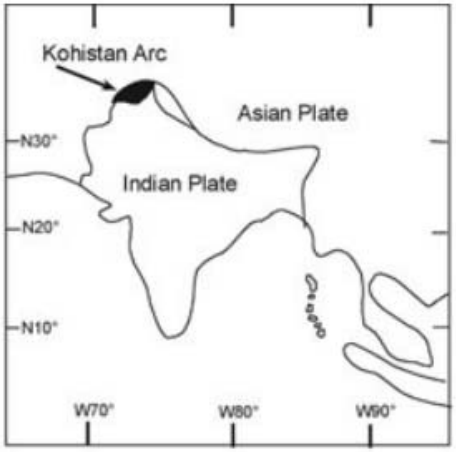

c.nicollet
1.5 mm

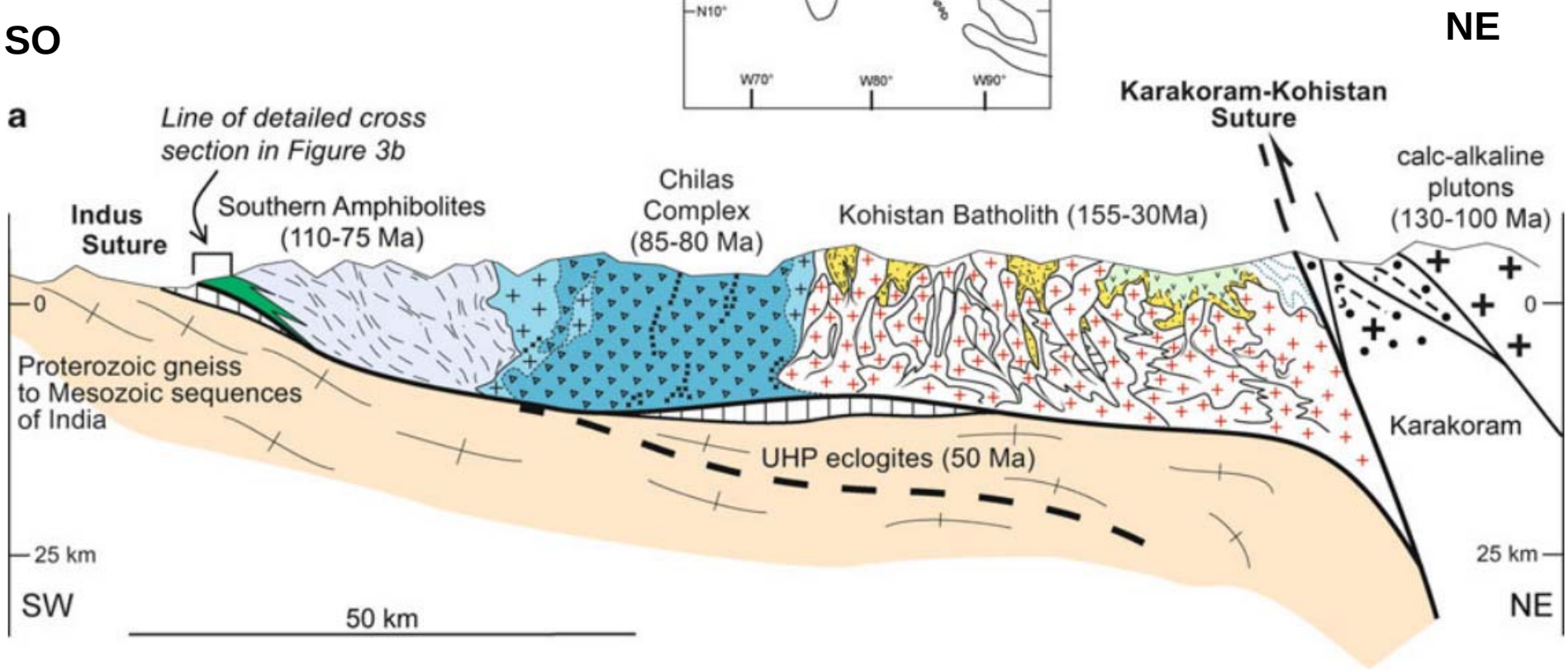
Arc du Kohistan (Himalaya)



BURG J.P.(2011)

Arc du Kohistan (Himalaya)





BURG J.P.(2011)

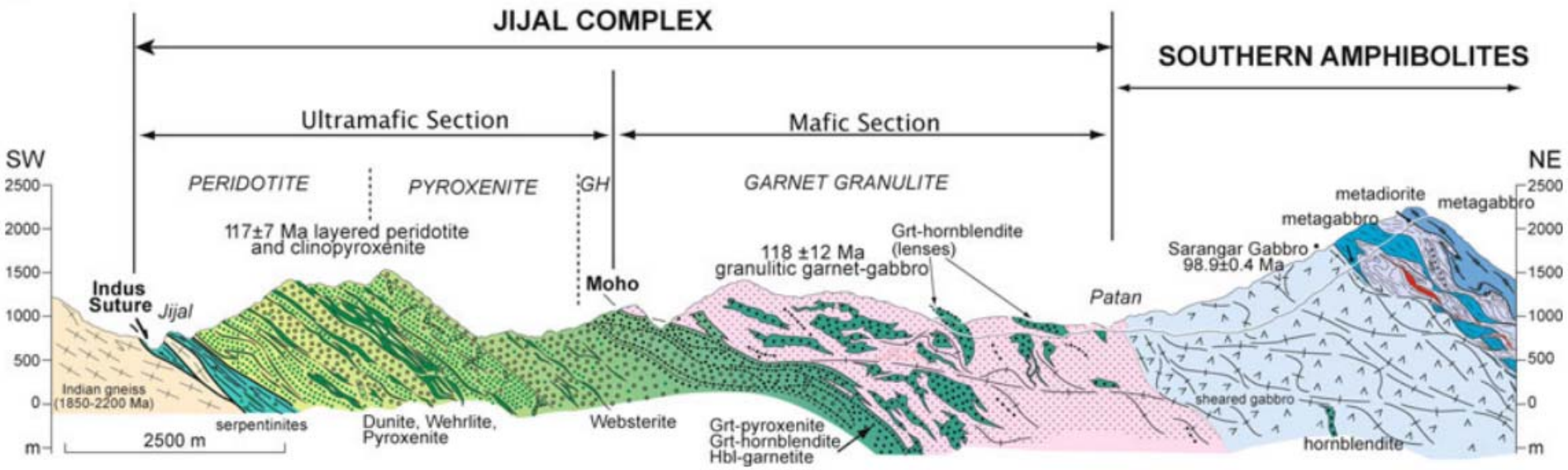
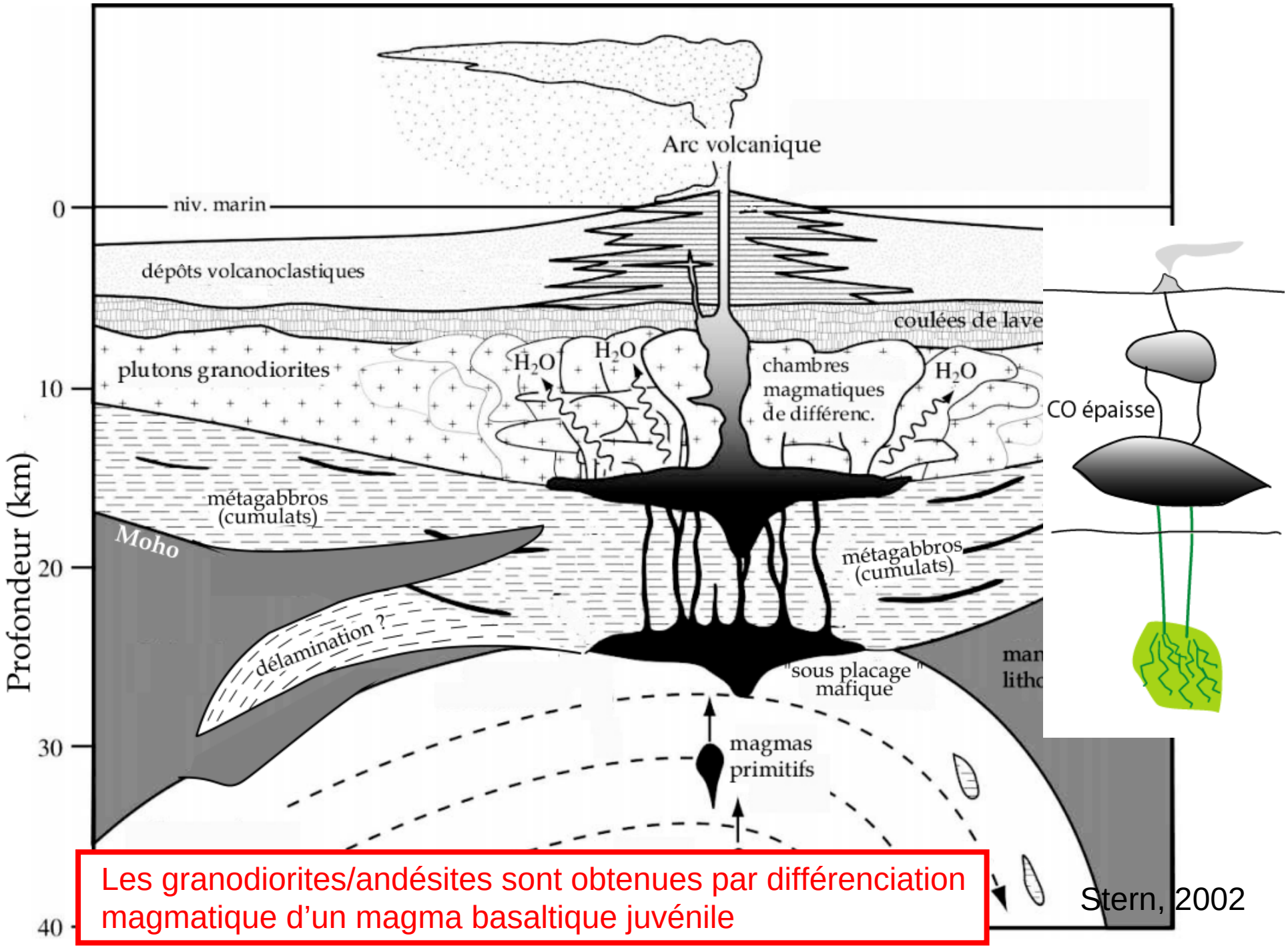


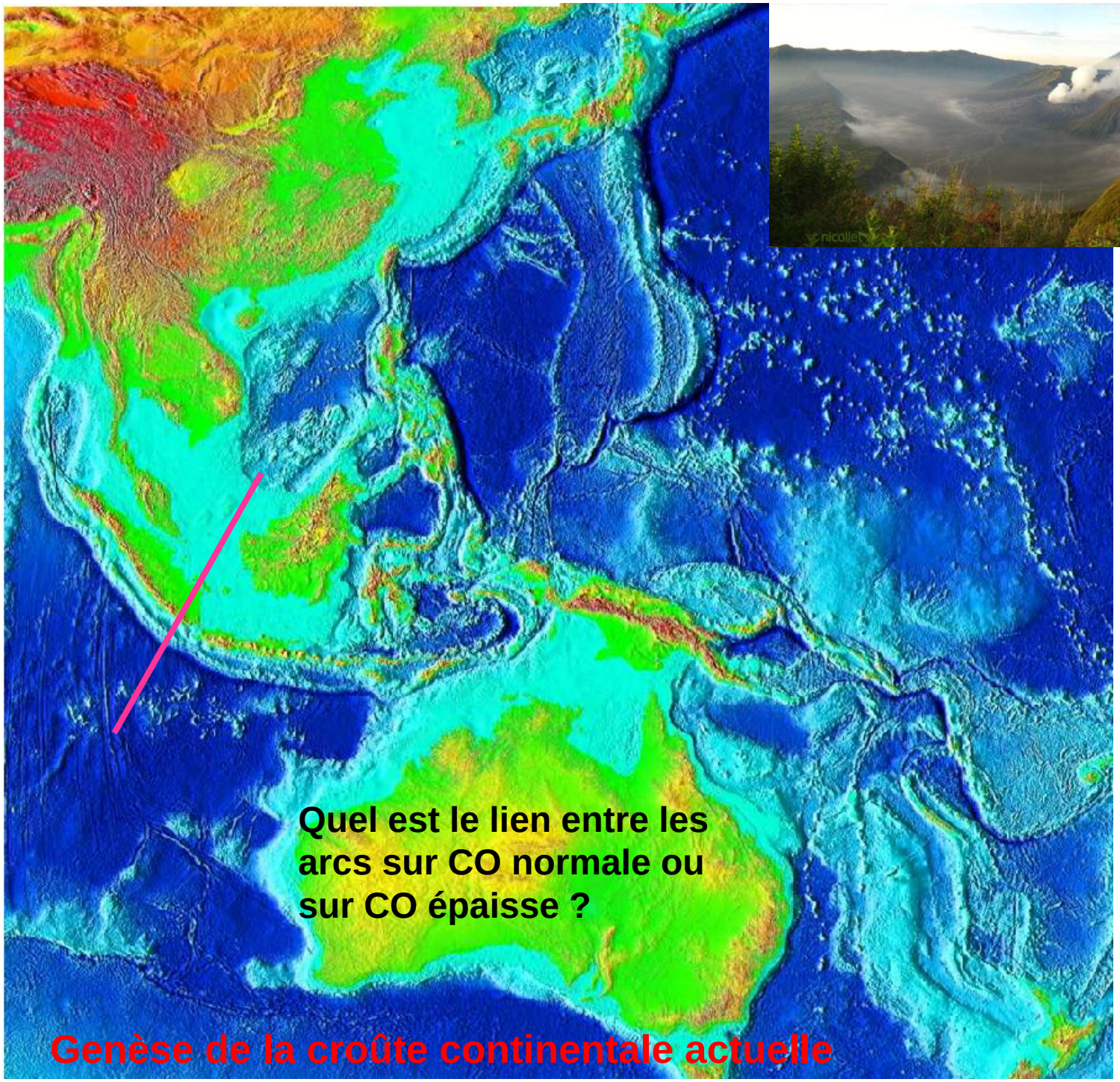
Fig. 5.3 (**a**) Simplified cross section through the Kohistan arc from Burg et al. (2006) and Burg (2011). The main units, the Southern Amphibolites, the Chilas Complex, and the Kohistan Batholith are described in the text. (**b**) Detail of the Moho section (south of the Southern Amphibolites) from Burg (2011) and Dhuime et al. (2007). GH is garnet-hornblendite/ pyroxenite and hornblende-garnetite rocks. The inset map shows the location of the Kohistan arc along the suture between the Indian and Asian plates.

BURG J.P.(2011)



Les granodiorites/andésites sont obtenues par différenciation magmatique d'un magma basaltique juvénile

Stern, 2002

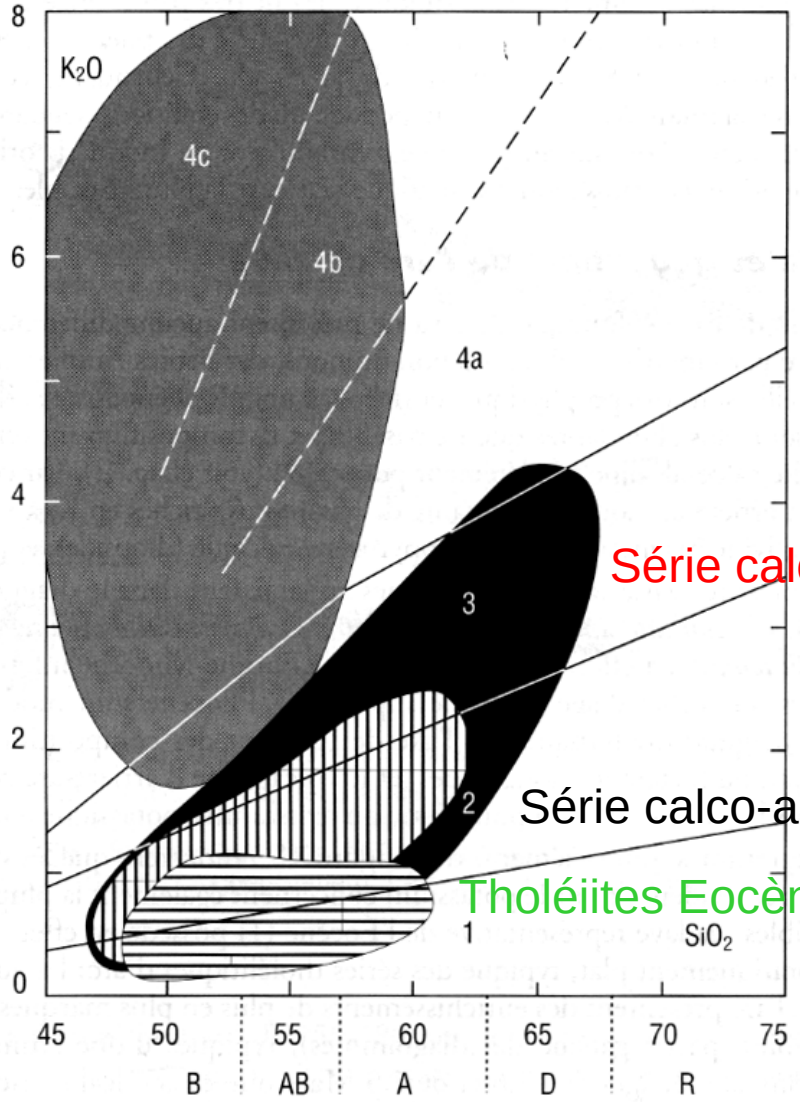


L 'Arc

de

Java

In « Nesdis National Geophysical Data Center »



— *Composition chimique des laves de Java.*

Dans le diagramme K_2O-SiO_2, les champs correspondent respectivement aux séries pauvres en potassium, souvent appelées tholéiitiques d'arc (1), aux séries calco-alcalines modérément potassiques (2), aux séries calco-alcalines potassiques (3), shoshonitiques (4a), alcalines potassiques (4b) et alcalines ultrapotassiques à leucite (4c). Hachures horizontales : laves d'âge Eocène-Miocène inférieur (42-15 Ma); hachures verticales : laves d'âge Miocène supérieur-Pliocène (15-2 Ma); en noir : laves quaternaires de l'axe de l'arc; en grisé : laves quaternaires riches en K du domaine arrière-arc. B : basaltes; AB : andésites basaltiques; A : andésites; D : dacites; R : rhyolites.

B : Basaltes ; AB : Andésites basaltiques ; A : Andésites ; D : Dacites ; R : Rhyolites

Quel est le lien entre les arcs sur CO normale ou sur CO épaisse ?

Série calco-alcaline Quaternaire

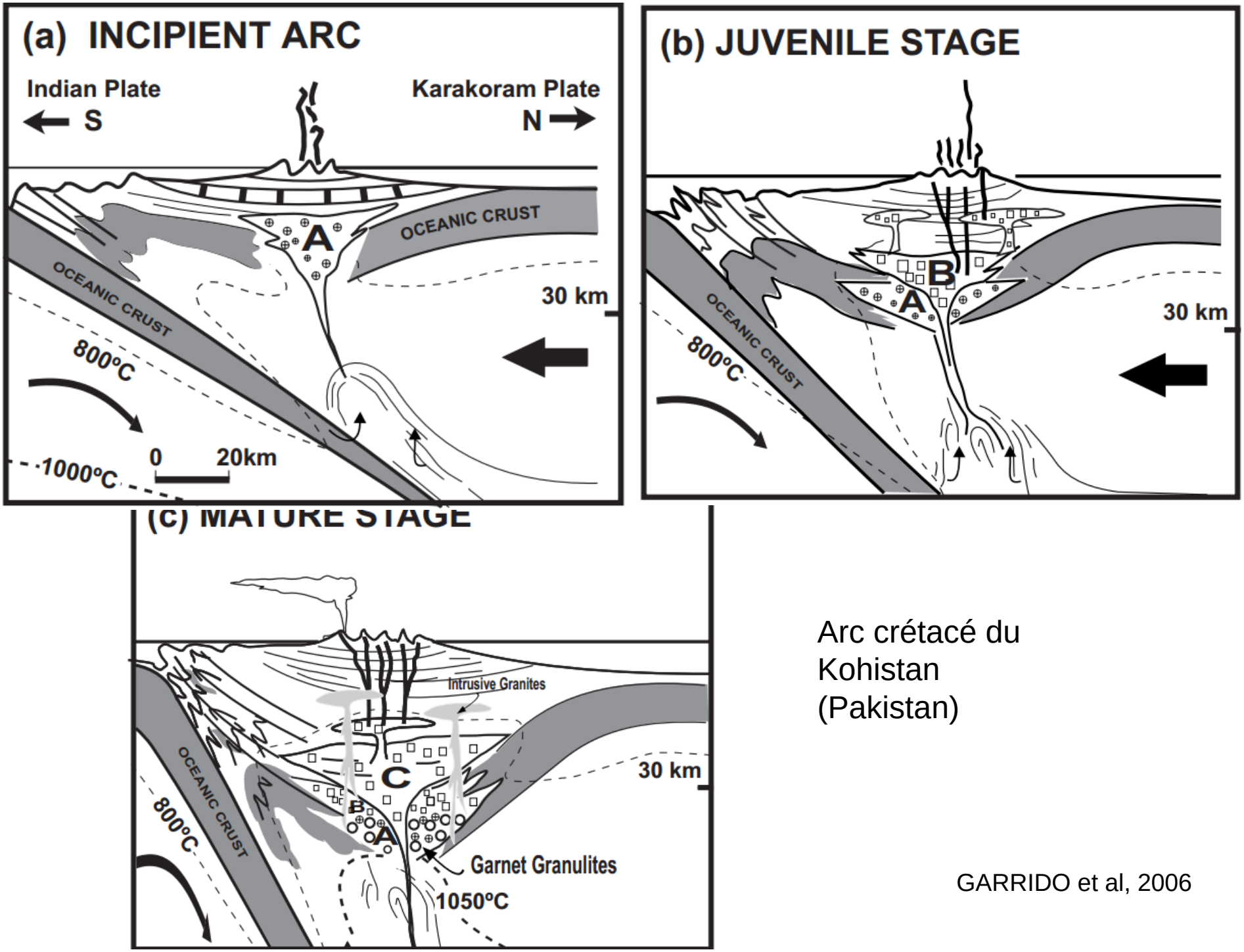
Série calco-alcaline Pliocène

Tholéiites Eocène-Miocène

Le Magmatisme d 'Arc :

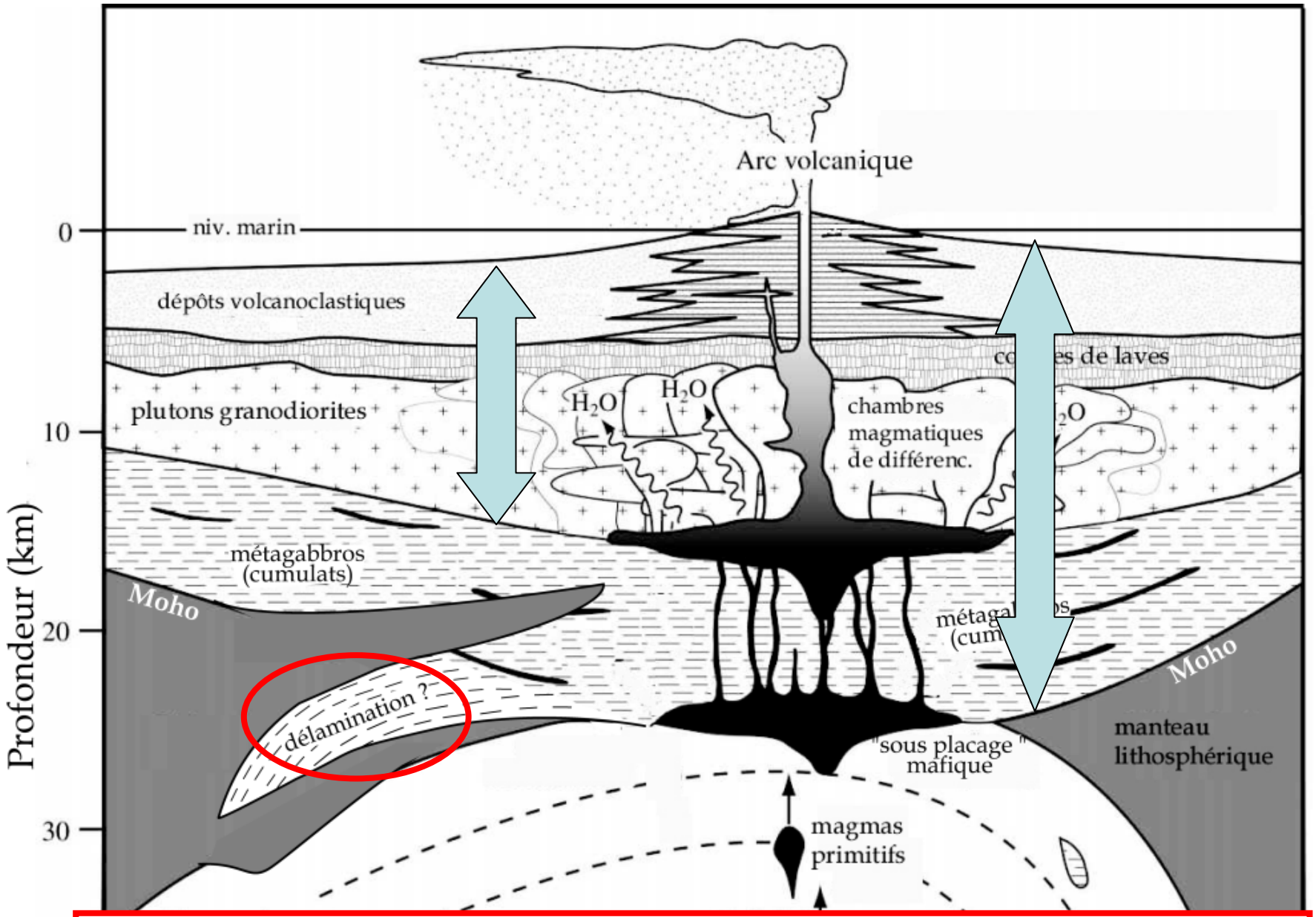
L 'Arc de Java

In Juteau et Maury « Géologie de la Croûte Océanique » - Dunod



Arc crétacé du Kohistan (Pakistan)

GARRIDO et al, 2006

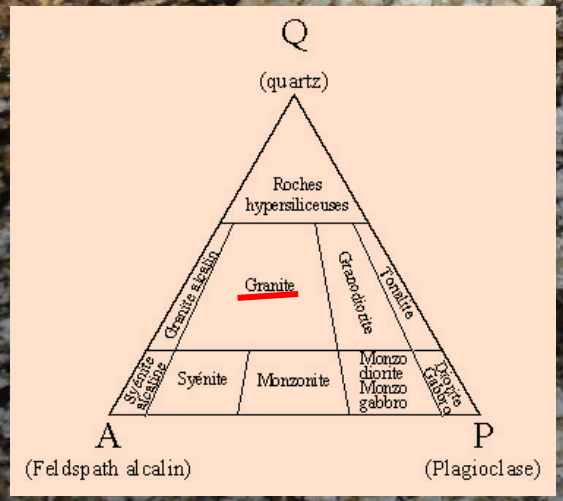


Dans ce modèle, la CC juvénile est (globalement) basaltique…

À moins qu'il n'y ait délamination de la croute inférieure « gabbroïque » ?

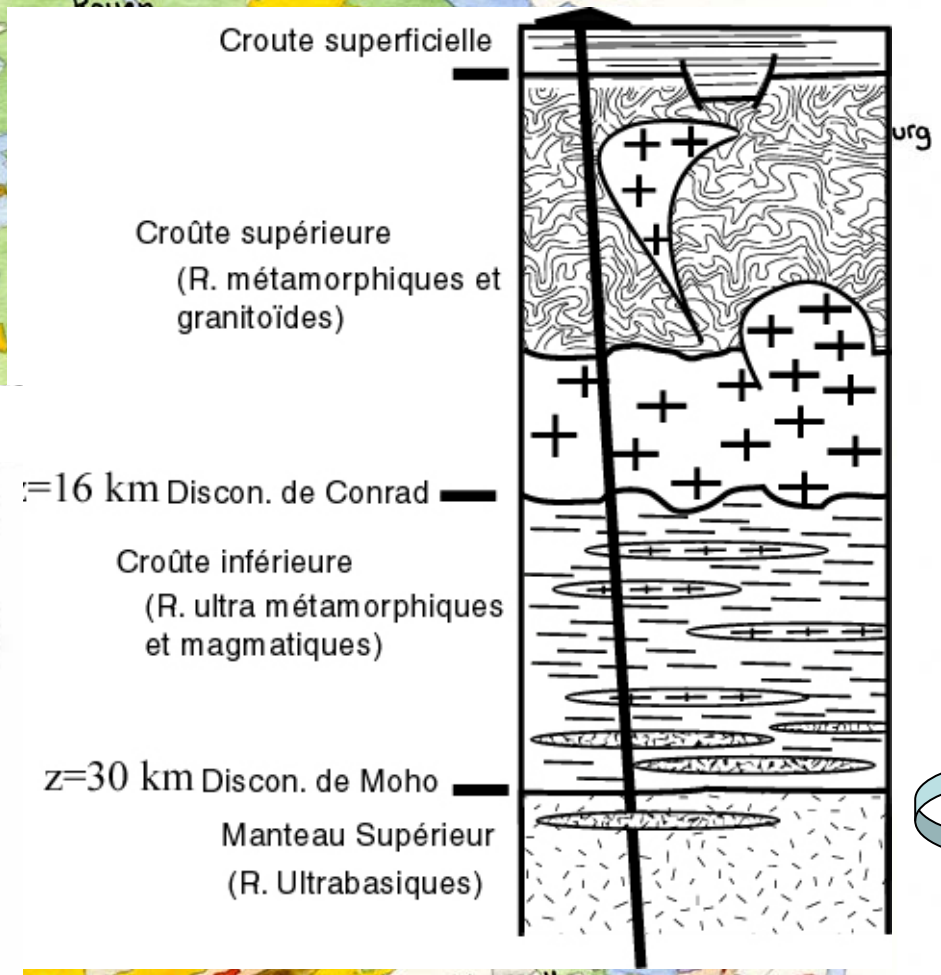
2002

Et les granites s.s. ?



c.nicollet

	CT	Csup.	Cinf.
SiO_2	59.1	66.0	52.3
TiO_2	0.7	0.5	0.8
Al_2O_3	15.8	15.2	16.6
FeO_T	6.6	4.5	8.4
MnO	0.11	0.08	0.1
MgO	4.4	2.2	7.1
CaO	6.4	4.2	9.4
Na_2O	3.2	3.9	2.6
K_2O	1.88	3.4	0.6
P_2O_5	0.2	0.4	0.1



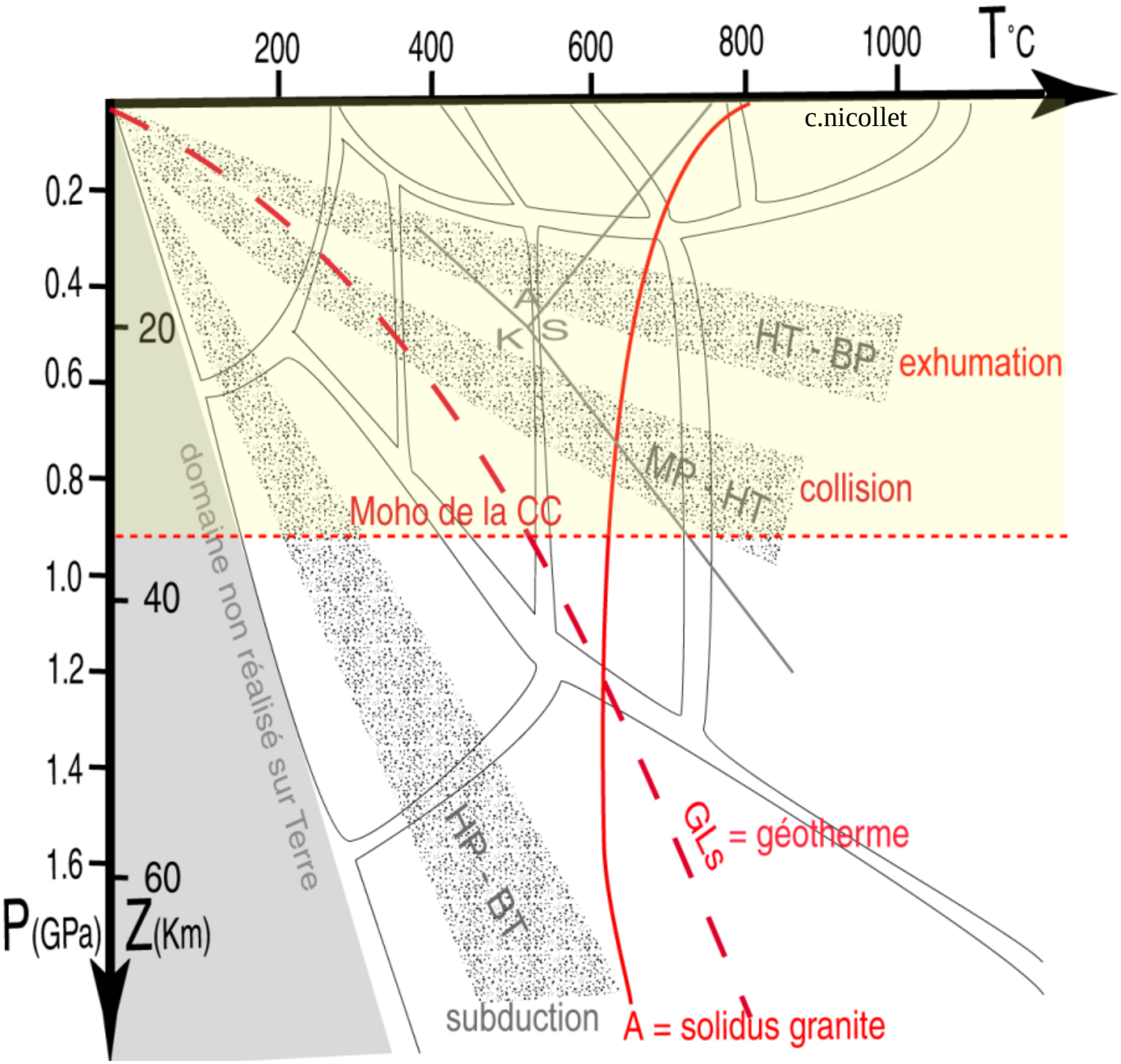
100 km

« Différenciation» de la Croûte Continentale

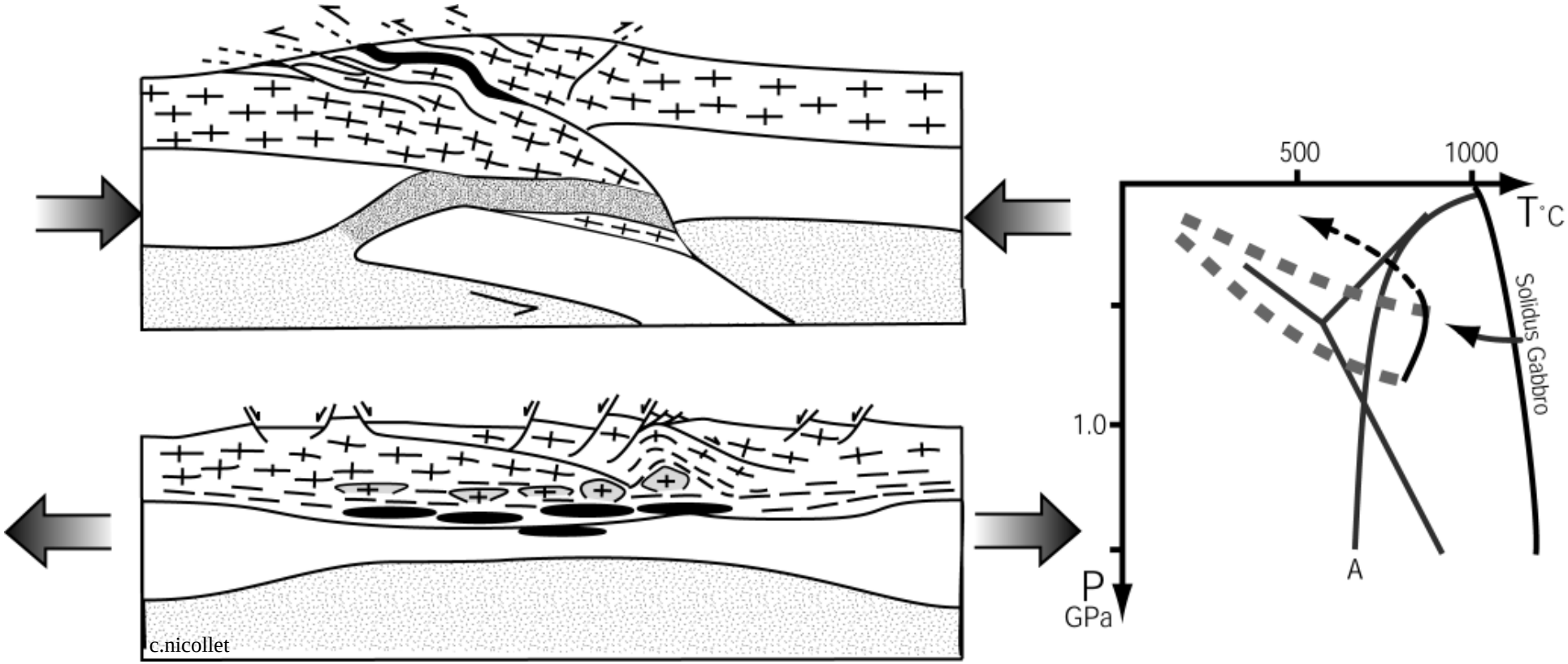
-fusion partielle :

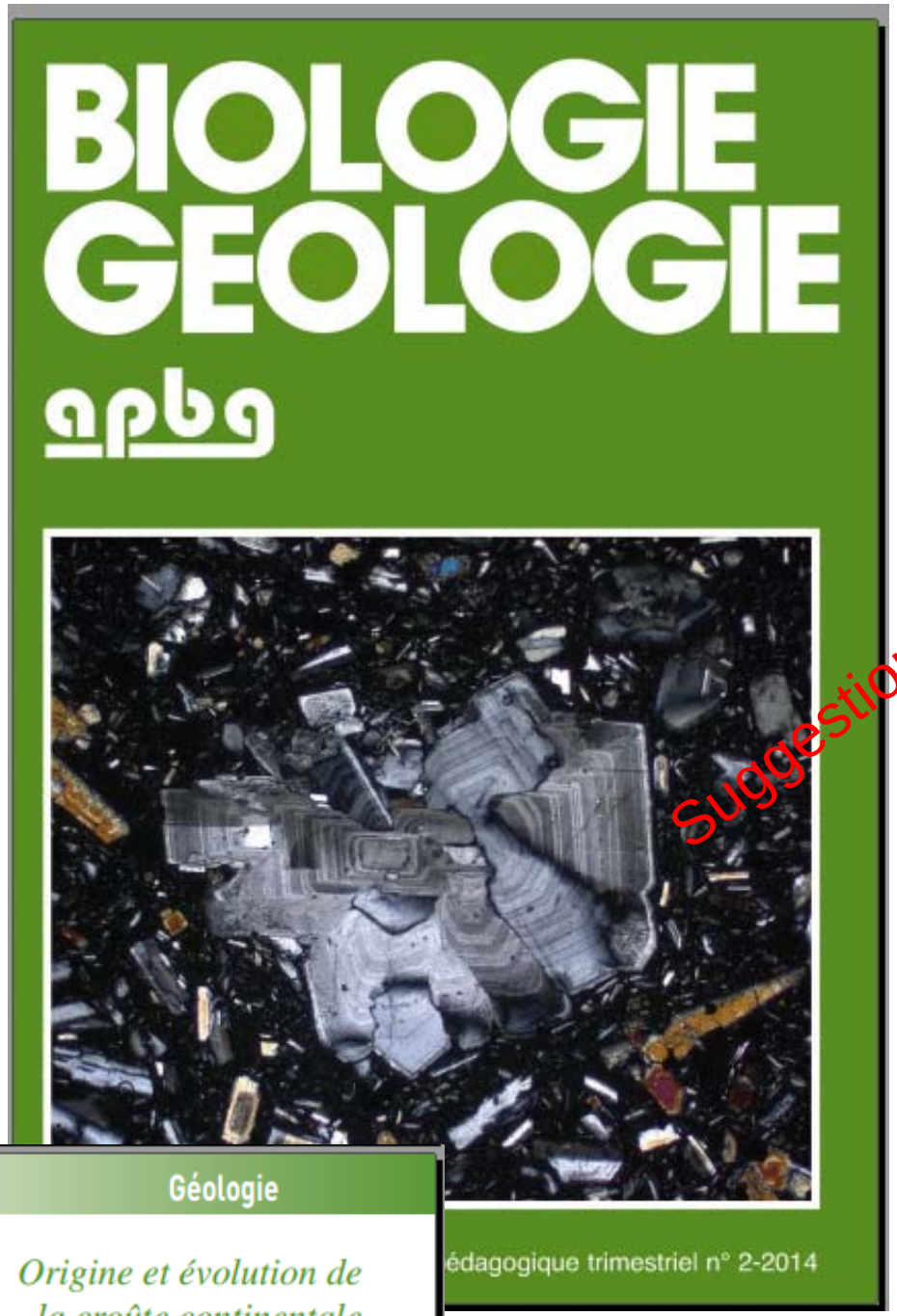
R. Acides

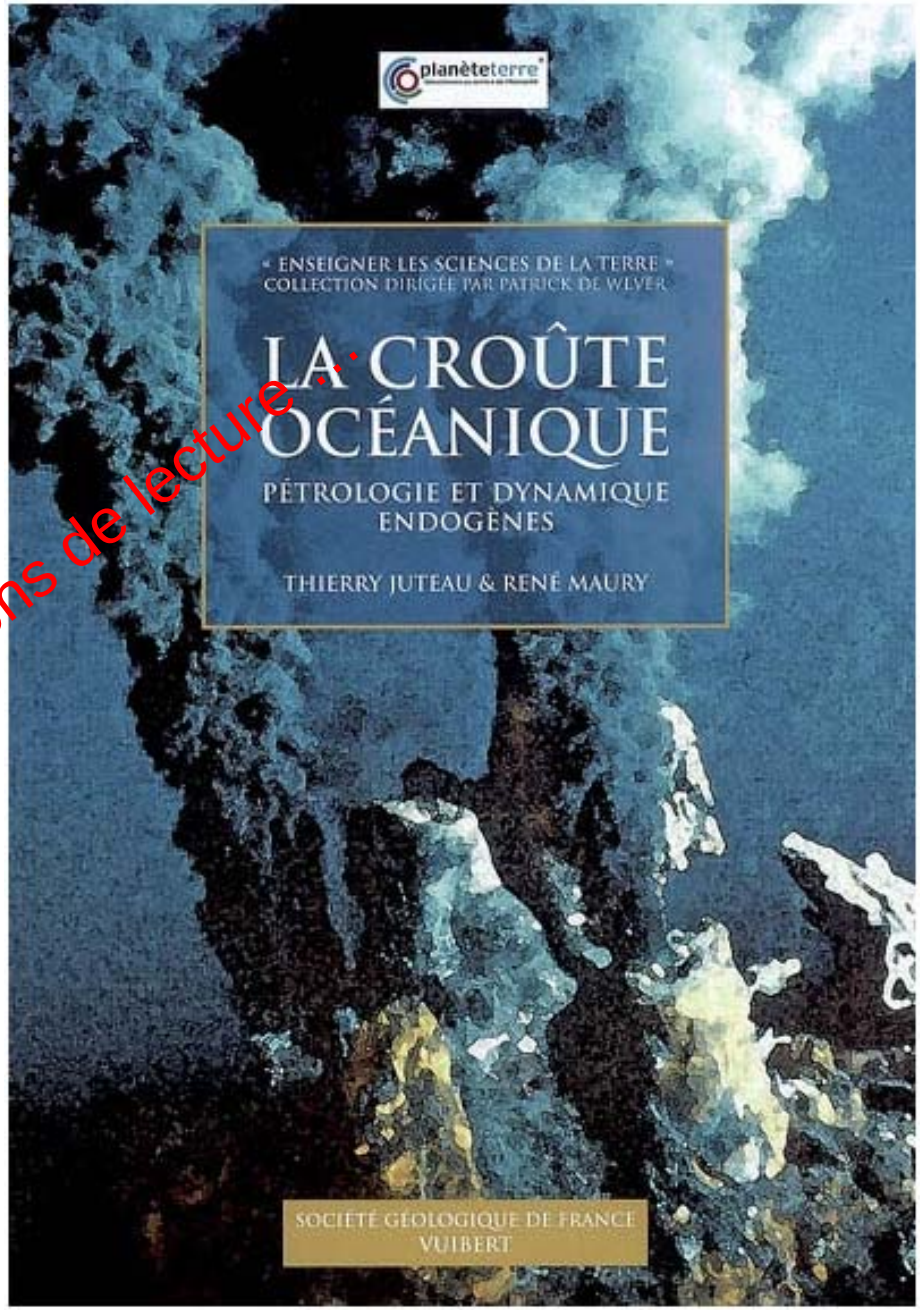
R. Intermédiaires


T°C
200
400
600
800
1000
c.nicollet
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
20
40
60
P(GPa)
Z(Km)
A
K
S
HT - BP
exhumation
MP - HT
collision
Moho de la CC
domaine non réalisé sur Terre
HP - BT
GLs = géotherme
subduction
A = solidus granite

Fin de vie d'un orogène et différenciation crustale







Suggestions de lecture