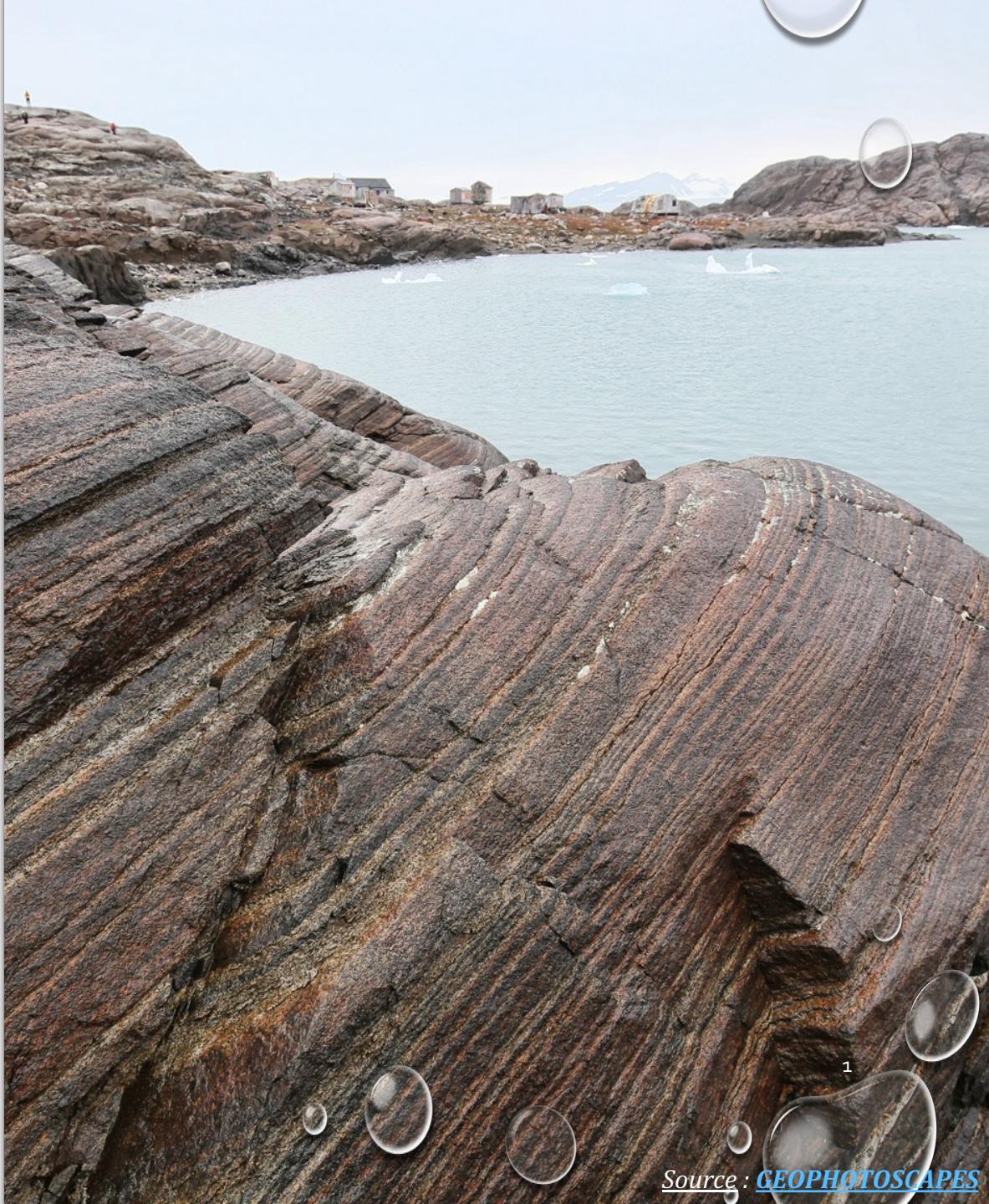


- ST-F LE MAGMATISME
- ST-F-2 LES PROCESSUS
FONDAMENTAUX DU
MAGMATISME
- ST-F-2-2 EVOLUTION
DES LIQUIDES

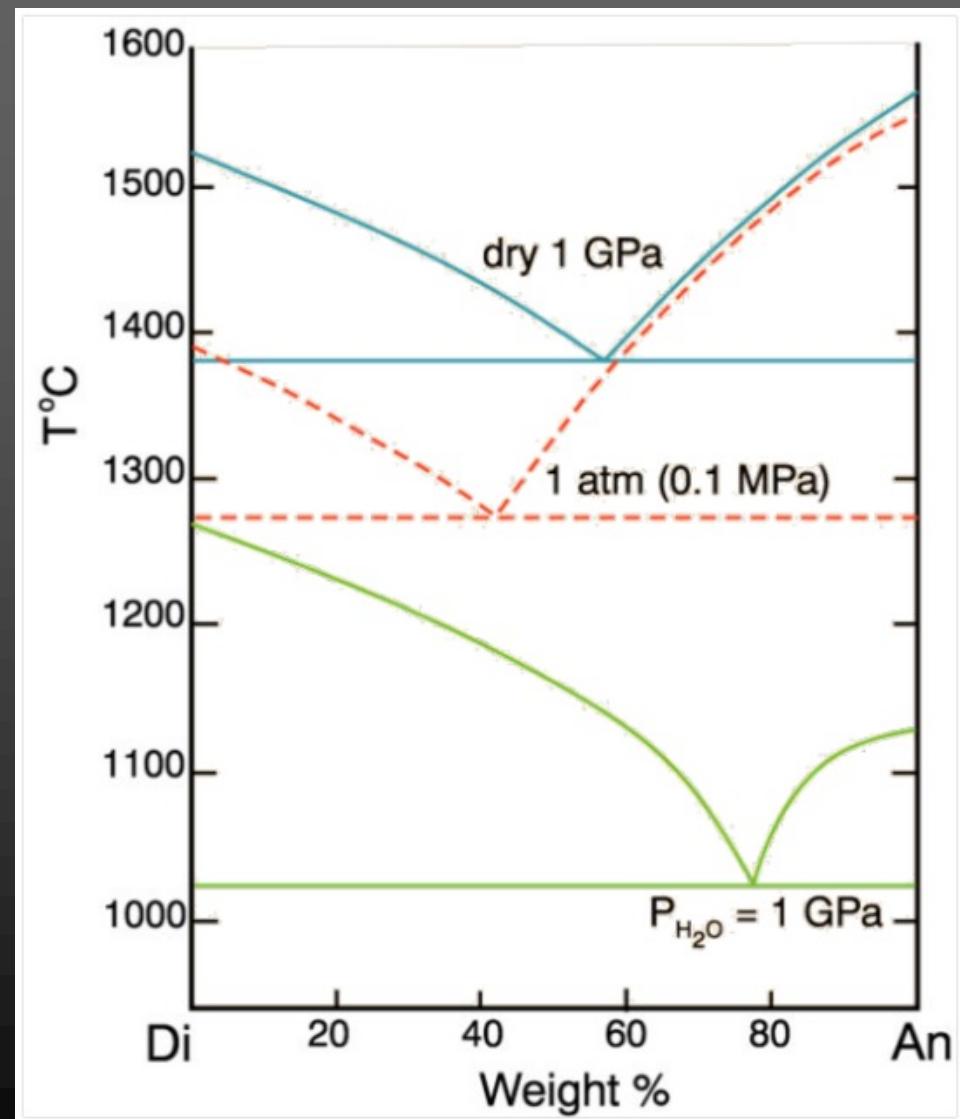


Un magma cristallise au sein d'une chambre magmatique

Le liquide magmatique
alimente une chambre
magmatique

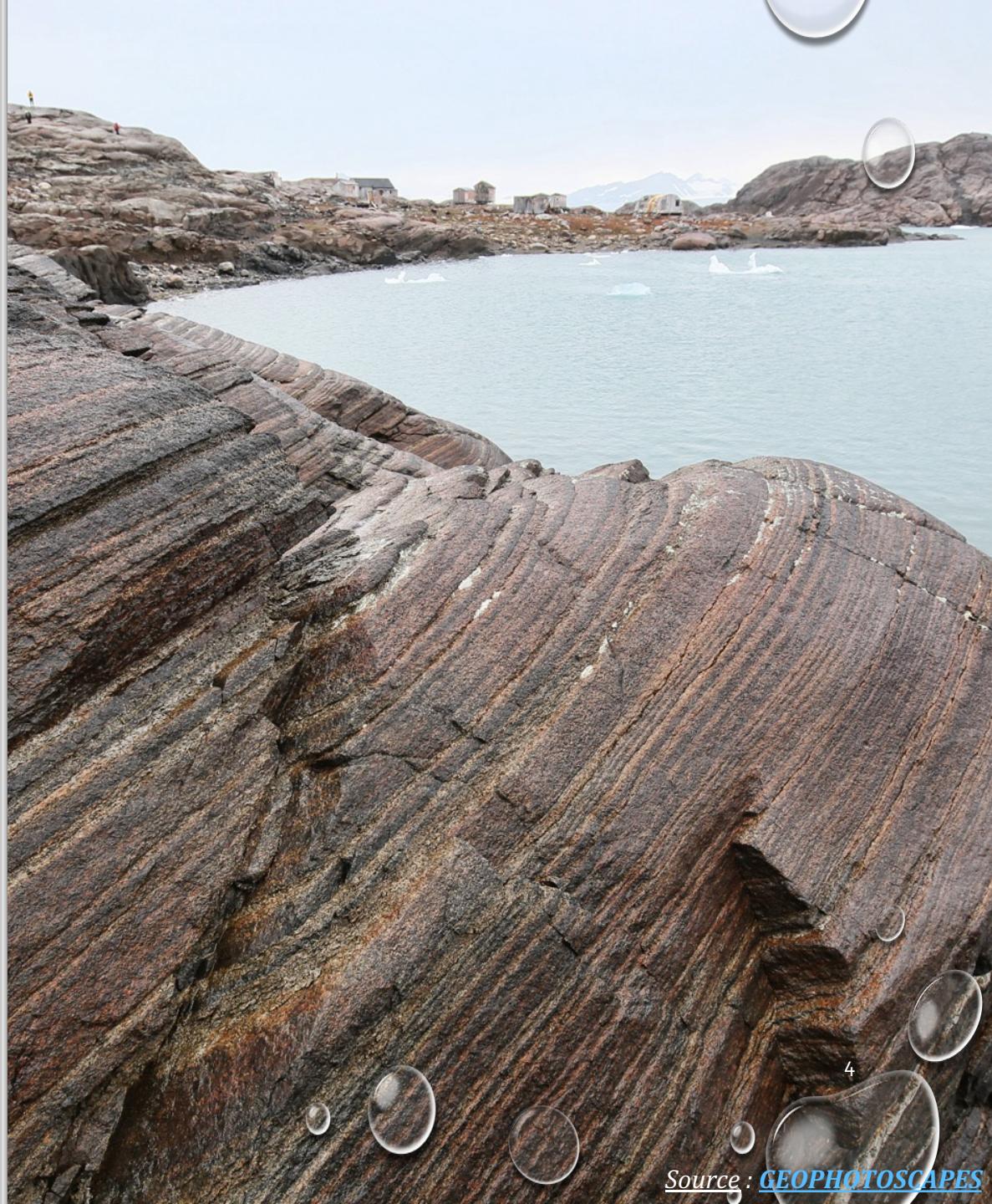


Pression et eutectique



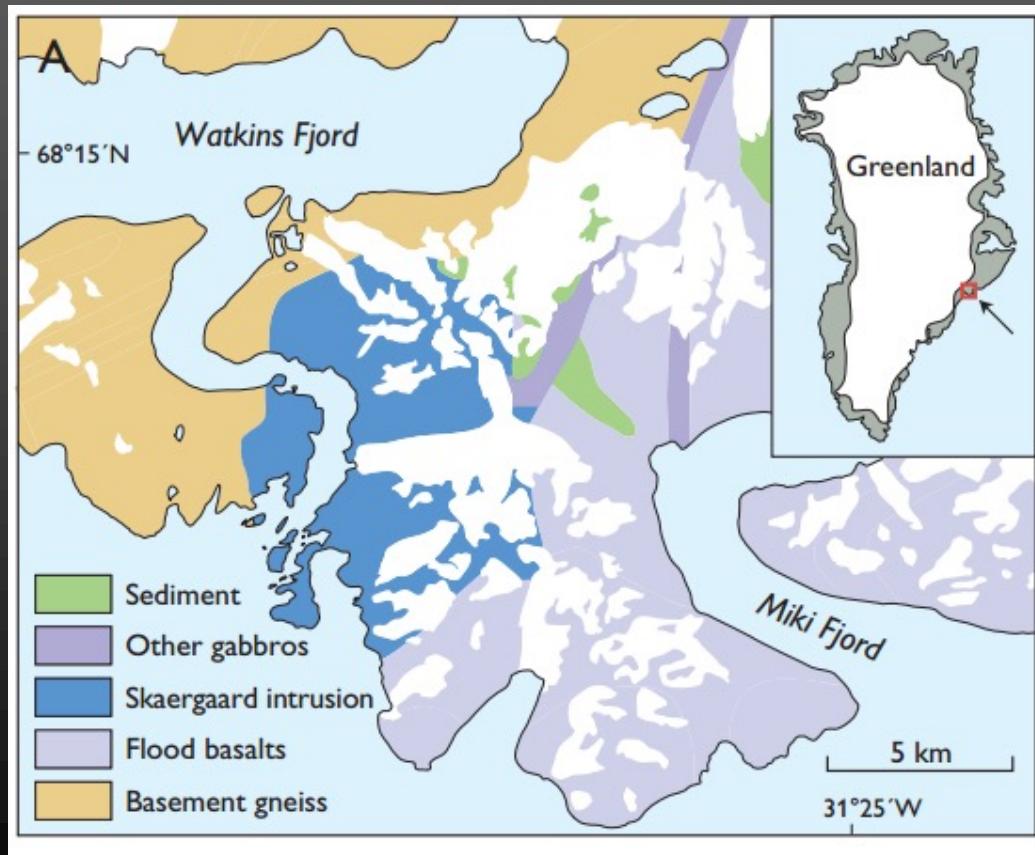
Une cristallisation fractionnée

Le massif du
Skaergaard : objet
d'étude



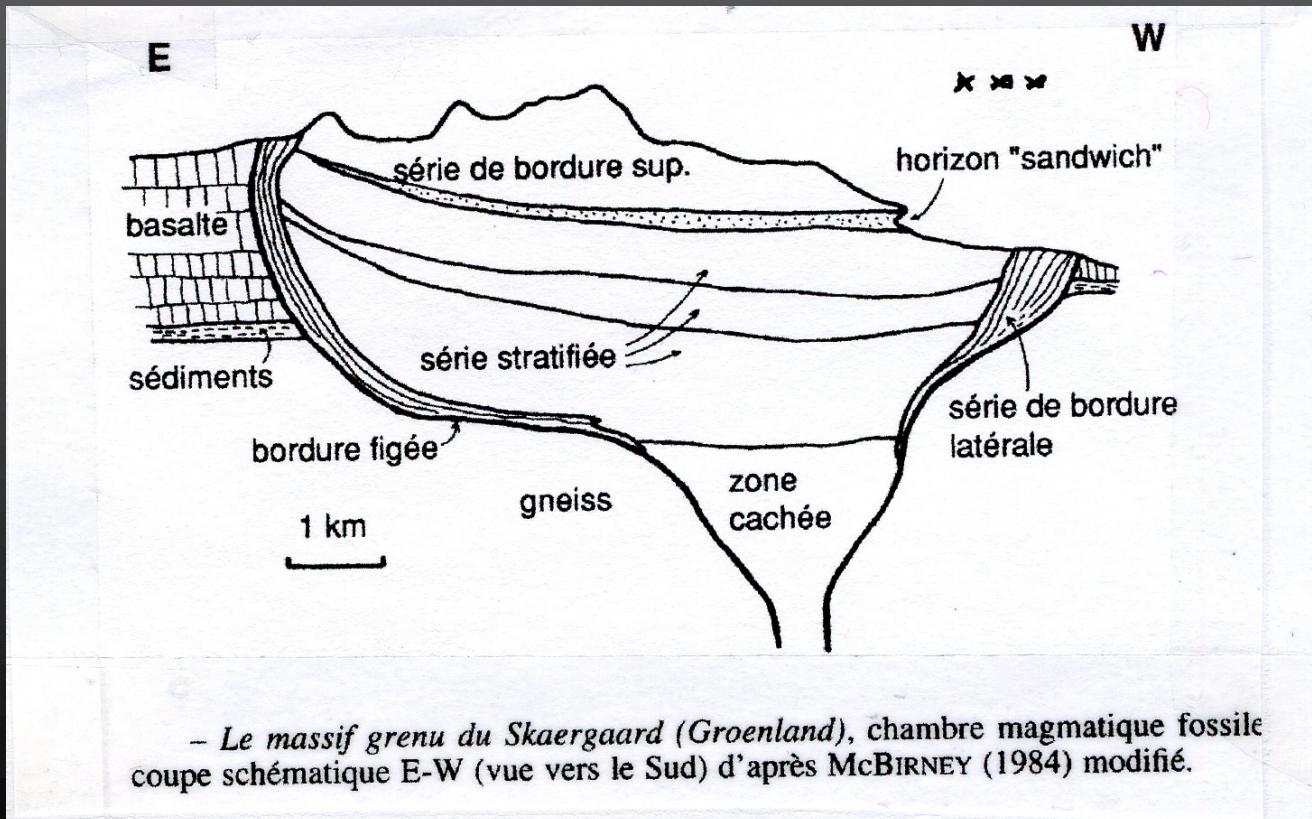
La complexité des processus de cristallisation des magmas basaltiques peut être abordée par l'étude des intrusions comme celle de Skaergaard. Ce massif situé sur la côte Est du Groenland est un **complexe de 500 km³ de roches grenues** (essentiellement des **gabbros**). Il s'est mis en place il y a **50 Ma**.

La **bordure figée** de ce massif est de **texture microgrenue** et possède la *composition d'un basalte tholéïtique (type fond océanique = MORB)*.



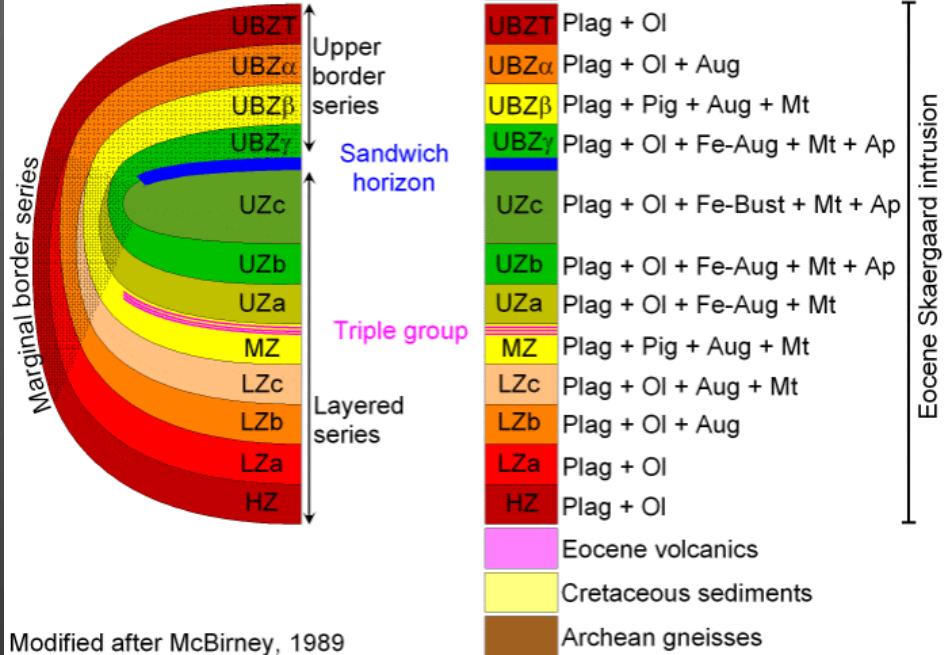
Deux types de cristallisation différentes, comment l'expliquer ? liens avec les conditions régnant dans la chambre magmatique ?

L'intrusion a été inclinée de 20° vers le Sud par le régime tectonique régional. Grâce à l'érosion, il existe aujourd'hui, à l'affleurement, une coupe à travers l'intrusion qui comprend le plancher, les murs et le toit de la chambre magmatique.





Explanation of the geologic map units



UBZT: Bordure supérieure série TUBZ α : série de bordure supérieure alpha
UBZ β : version bêta de la série
Upper Border
UBZ γ : gamma de la série de bordure supérieure

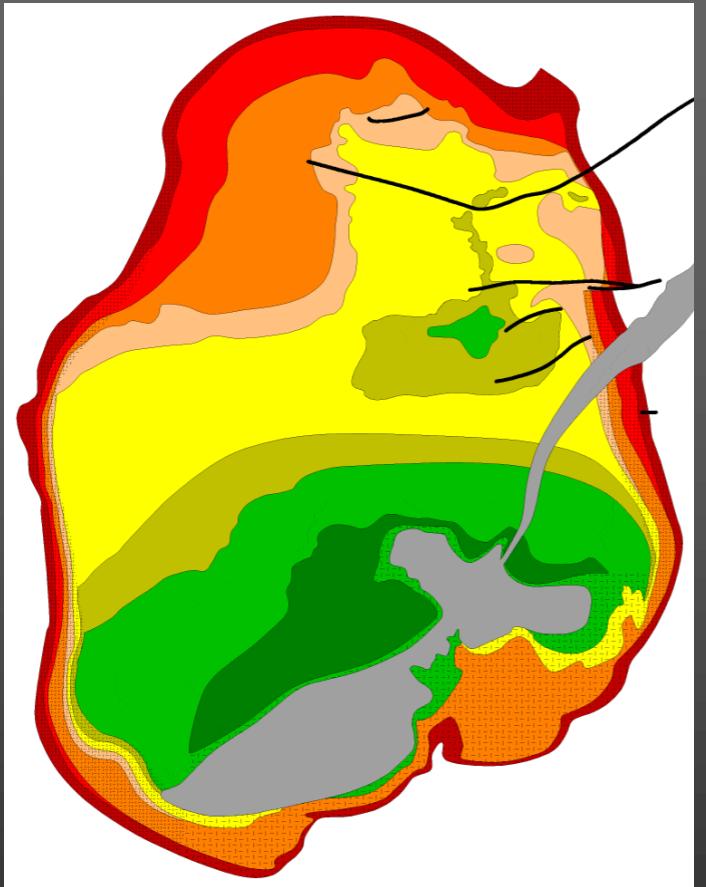
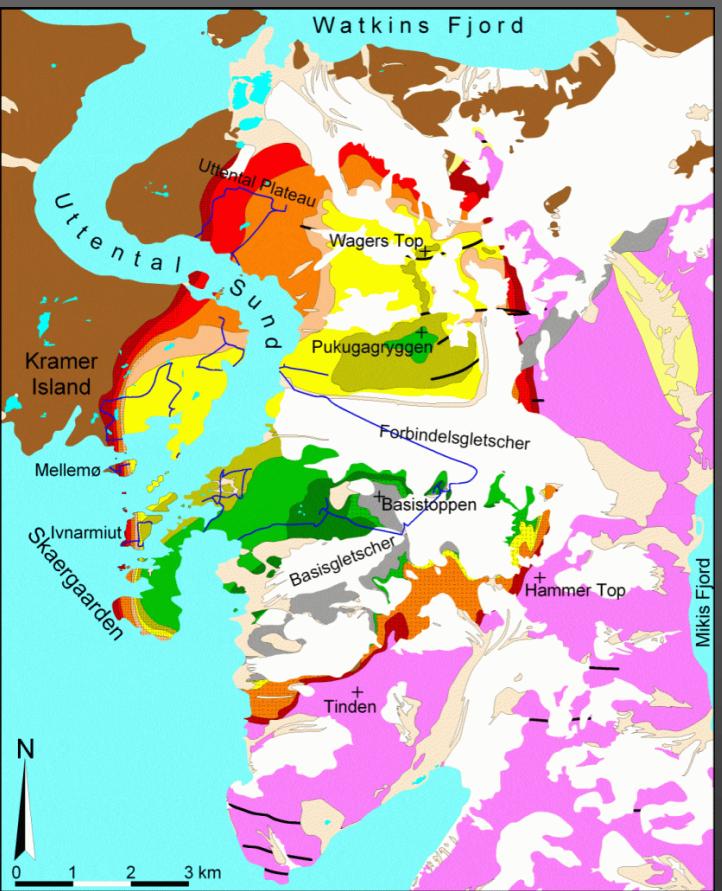
UZc : Zone supérieure cUZb : Zone supérieure bUZa : Zone supérieure a

LZc : Zone inférieure cLZb : Zone inférieure bLZA : Zone inférieure a

MZ : zone médiane

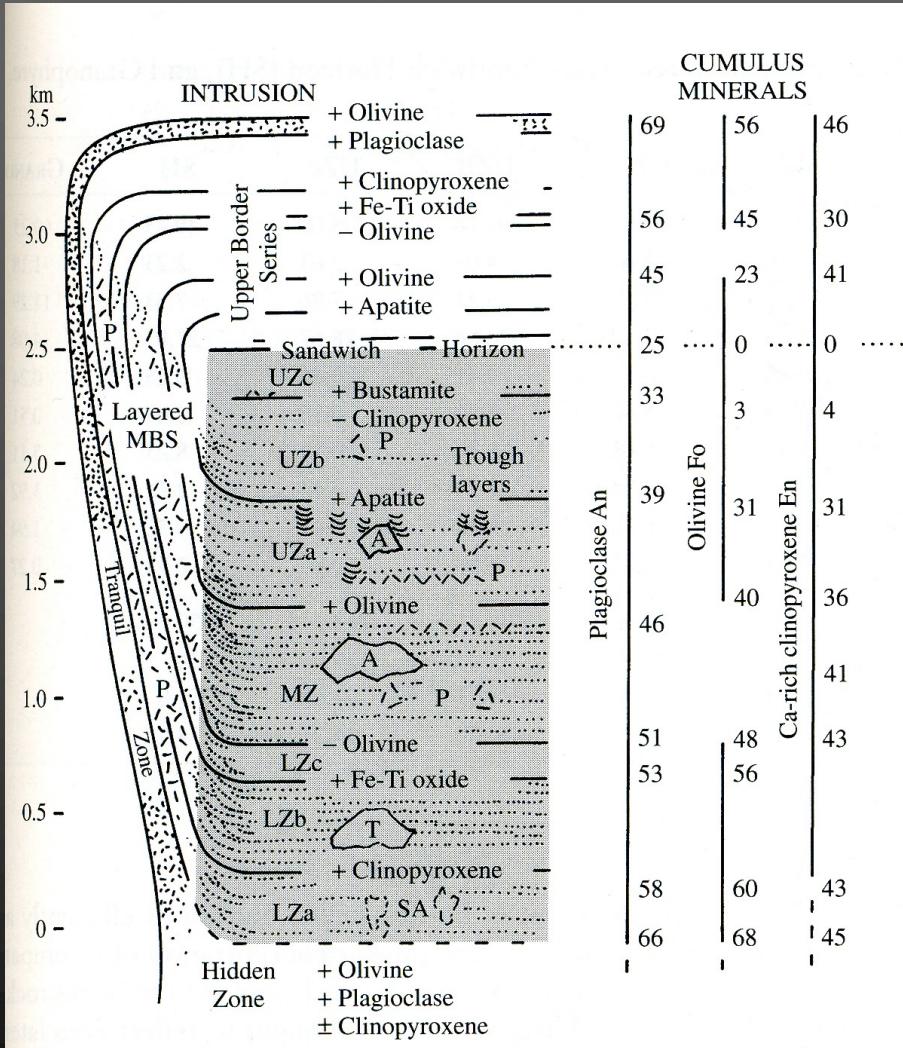
HZ : Zone cachée*

Plag = plagioclase; Ol = olivine; Porc = pigeonite; août = augite ; Fe-Aug = ferroaugite ; Fe-Bust = ferrobustamite; Mt = magnétite ; Ap = apatite.



- La série la plus externe, Marginal Border Series (MBS), a cristallisé depuis les murs vers l'intérieur de la chambre.
- La Layered Series (LS), épaisse d'environ 2500m, est légèrement inclinée et a cristallisé du plancher vers le toit.
- La Upper Border Series (UBS), épaisse d'environ 1000m, a cristallisé du toit (aujourd'hui, partiellement érodé) vers le plancher.
- La limite entre la LS et l'UBS se nomme Sandwich Horizon (SH). Enfin, on suppose l'existence de roches sous les niveaux exposés de la LS, appelées Hidden Layered Series (HLS) ou Hidden Series (HS).

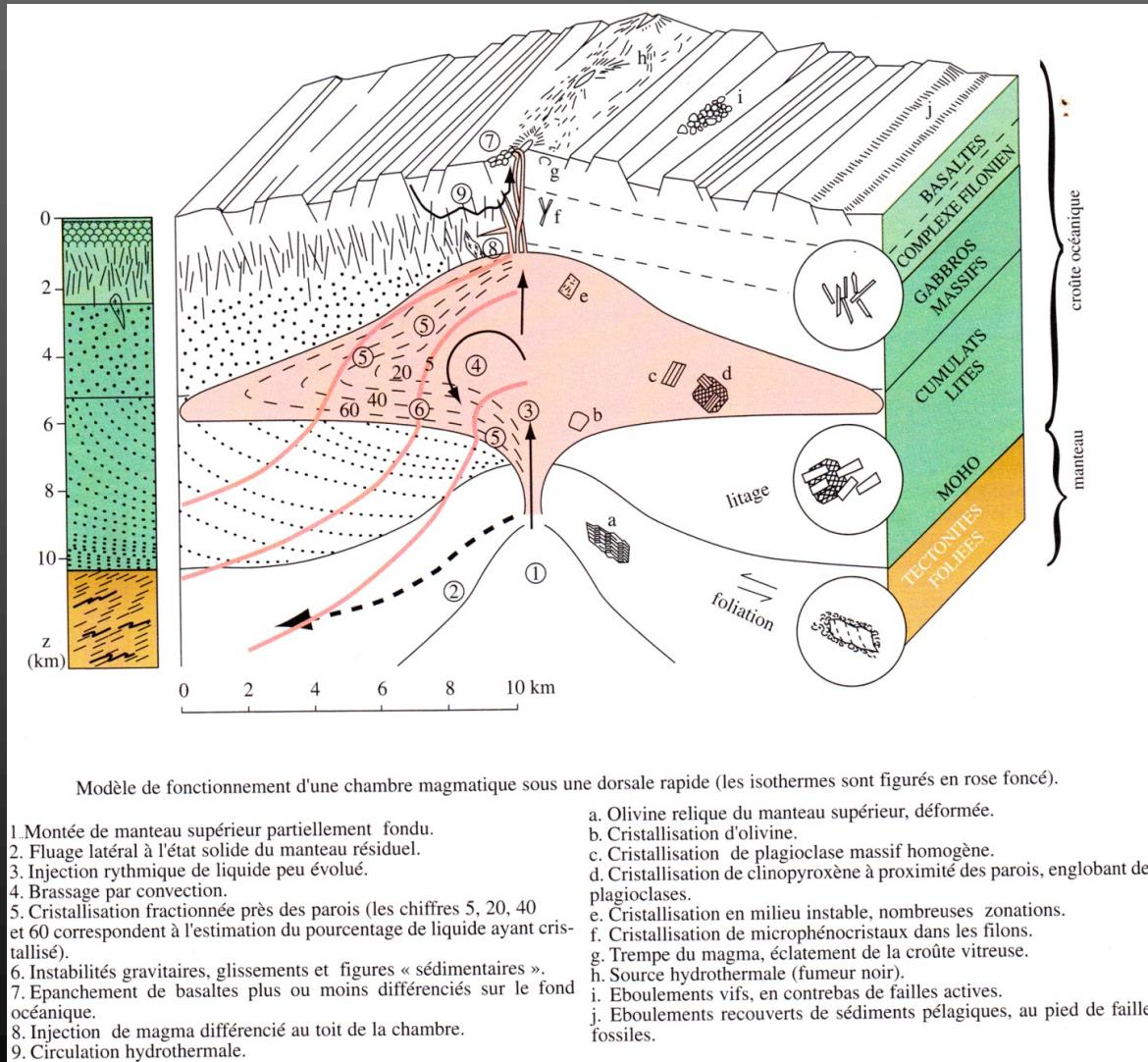
Litage magmatique dans le Skaergaard



Hypothèses sur un ordre de cristallisation au niveau des séries ? Hypothèses d'ordre de cristallisation au niveau des minéraux ?

Minéralogie du Skaergaard

Modèle de chambre magmatique



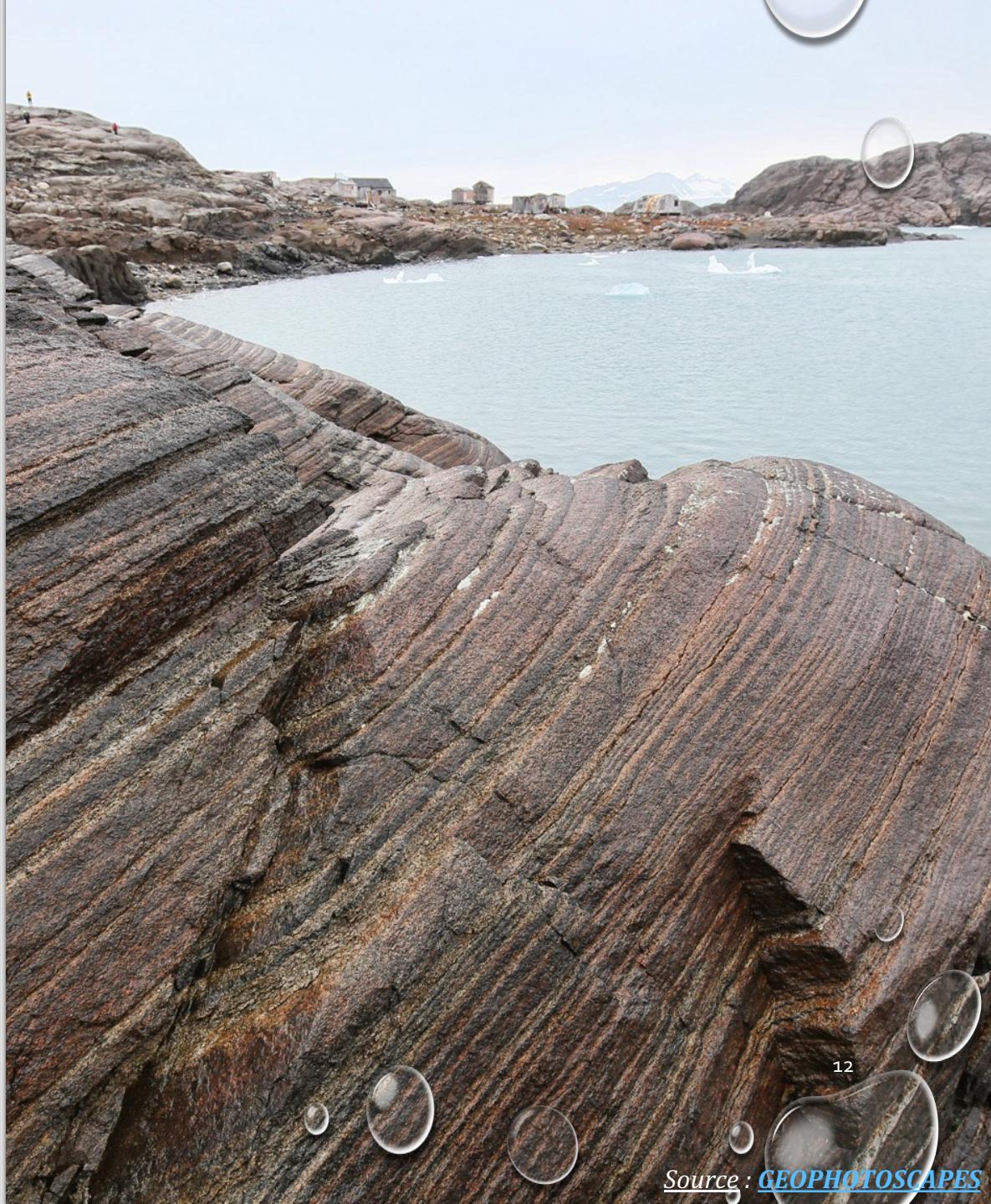
Les conditions de la cristallisation fractionnée

BCPST2 - Amiens - CV- ST-F-2-2



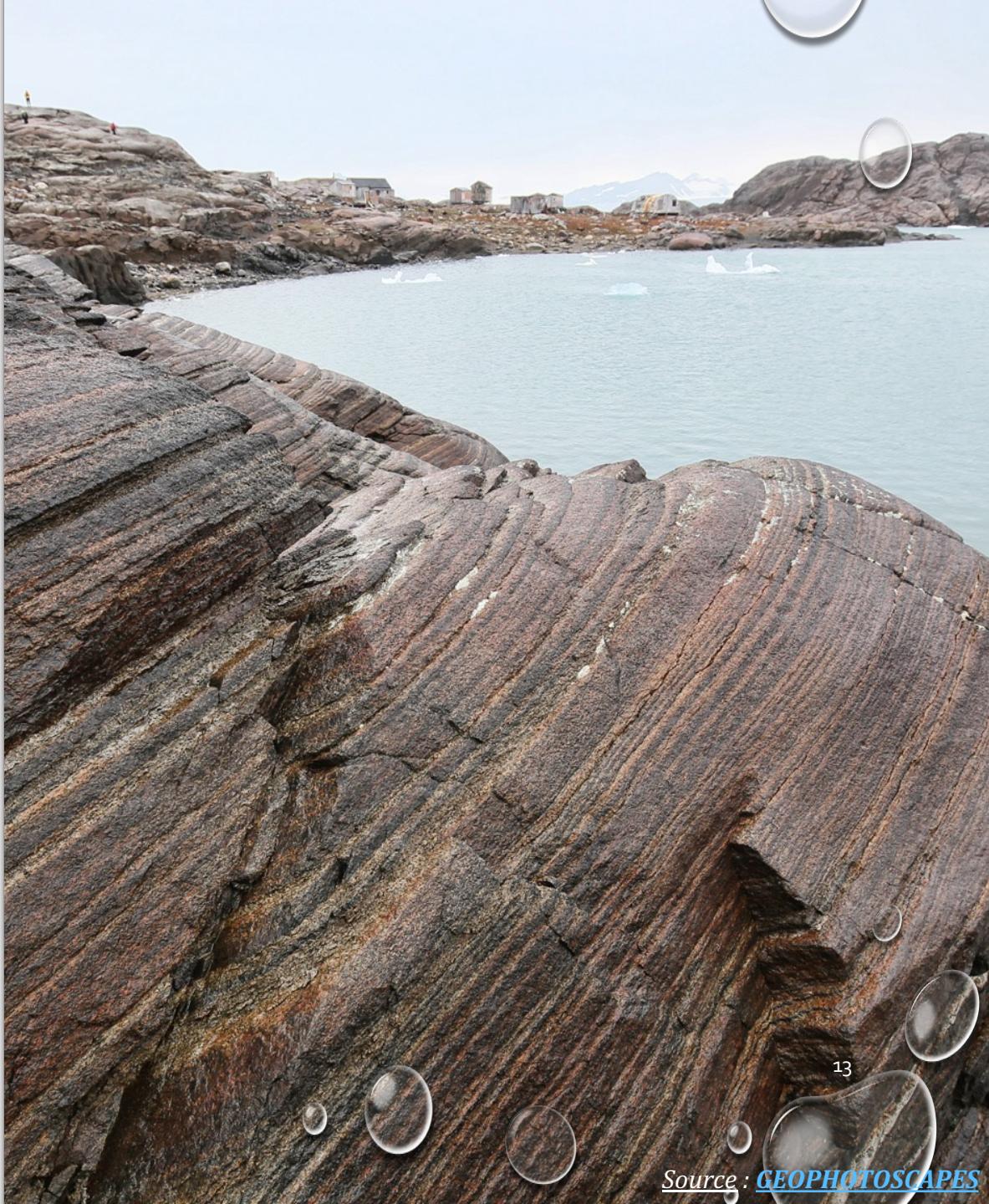
Modèles de cristallisation fractionnée

BCPST2 - Amiens - CV- ST-F-2-2



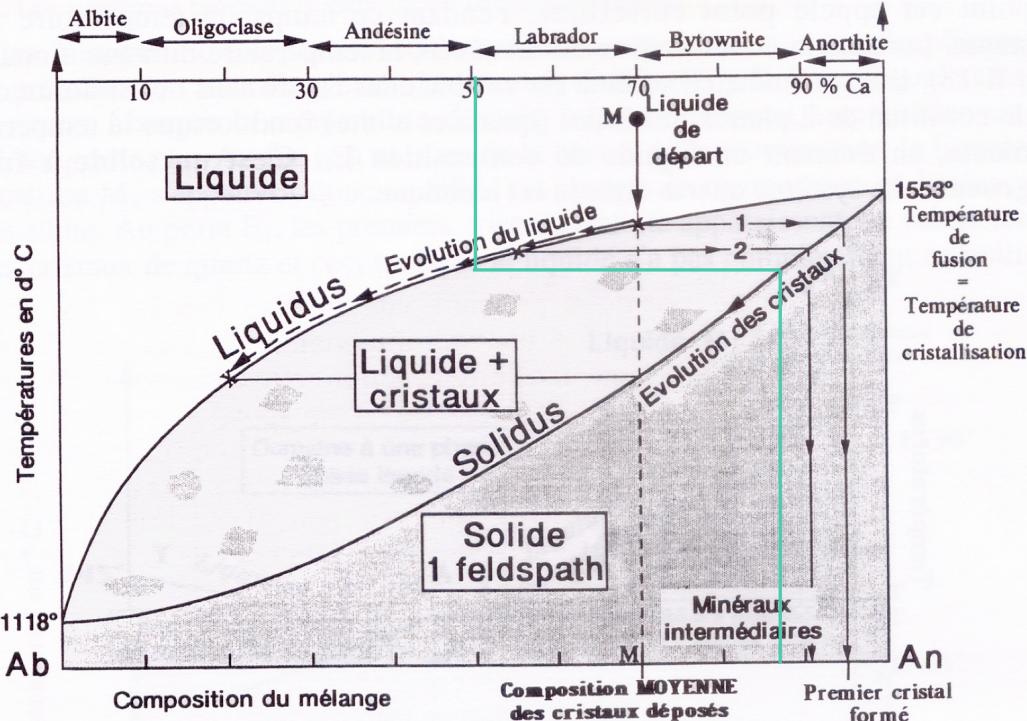
Modèles de cristallisation fractionnée

BCPST2 - Amiens - CV- ST-F-2-2



13

Source : [GEOPHOTOSCAPES](#)



Si les cristaux restent en équilibre avec le bain, le système évolue jusqu'à obtention d'un solide homogène de composition M ; il existe en effet des phénomènes de diffusion atomique entre le cristal nouvellement formé et le bain résiduel, de sorte que des échanges plus ou moins importants ont lieu entre Na et Ca ; si le temps le permet, les échanges sont complets et on obtient un cristal homogène qui a la composition du liquide de départ ; si le temps est trop court, les échanges sont incomplets et on obtient un plagioclase zoné. Si on extrait du bain les cristaux formés au fur et à mesure de leur cristallisation, on obtient des cristaux tous différents (cas où ils sont protégés du bain par d'autres cristaux).

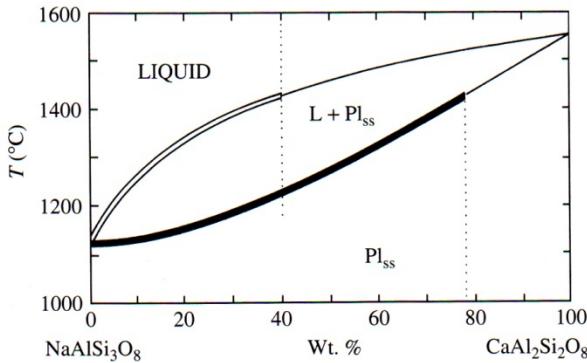
Quelle est la composition du magma du départ ? →

A la T°1 quelle sera la composition du premier cristal formé ? →

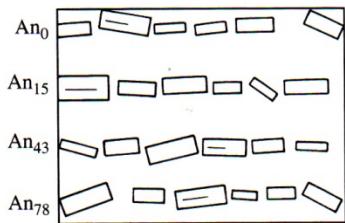
D'un point de vue relatif, qu'en déduire de la teneur en anorthite du liquide résiduel ? →

En plaçant un liquide de départ 50An/50Al, que remarque-t-on ?

(a)

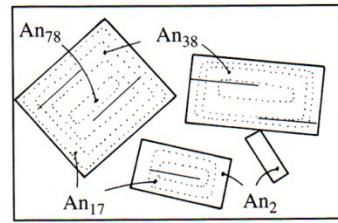


(b)



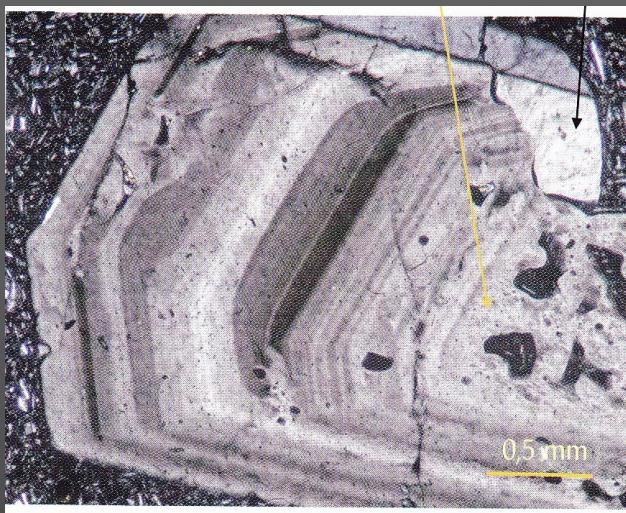
Fractional
crystallization
by
gravitative settling

(c)

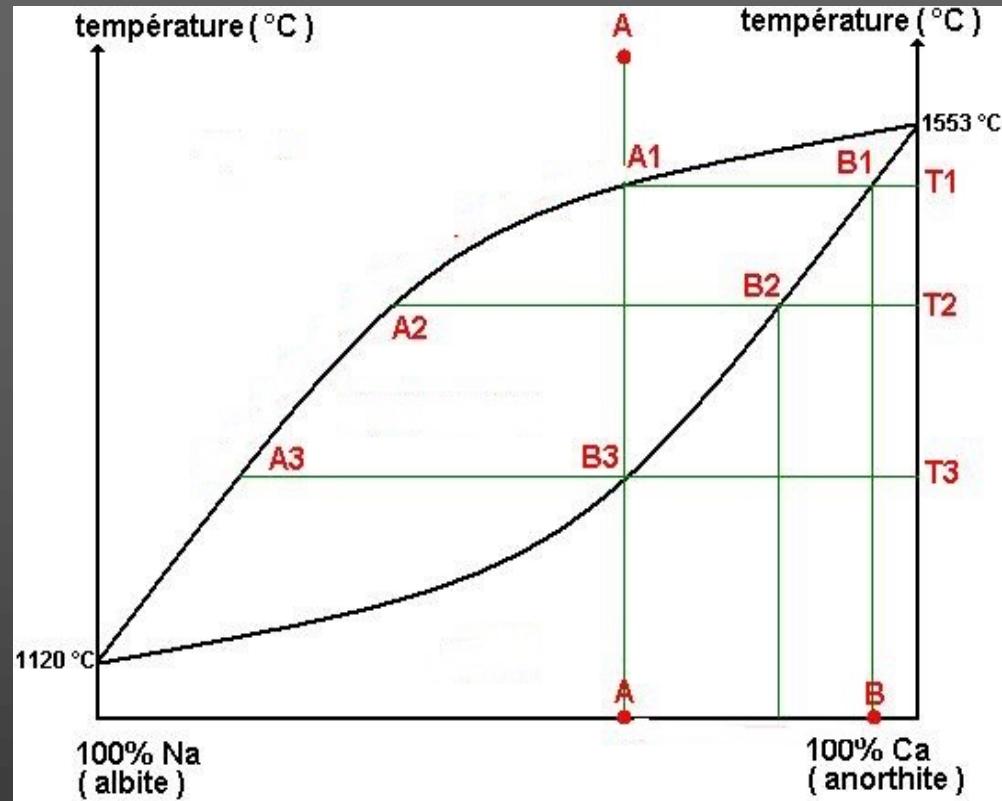
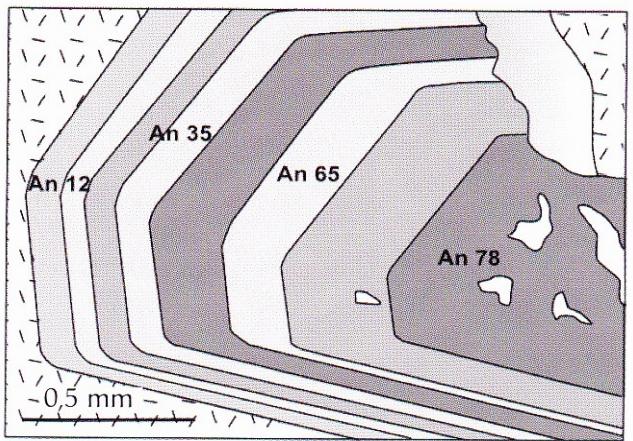


Fractional
crystallization by
incomplete chemical
reaction forming
zoned crystals

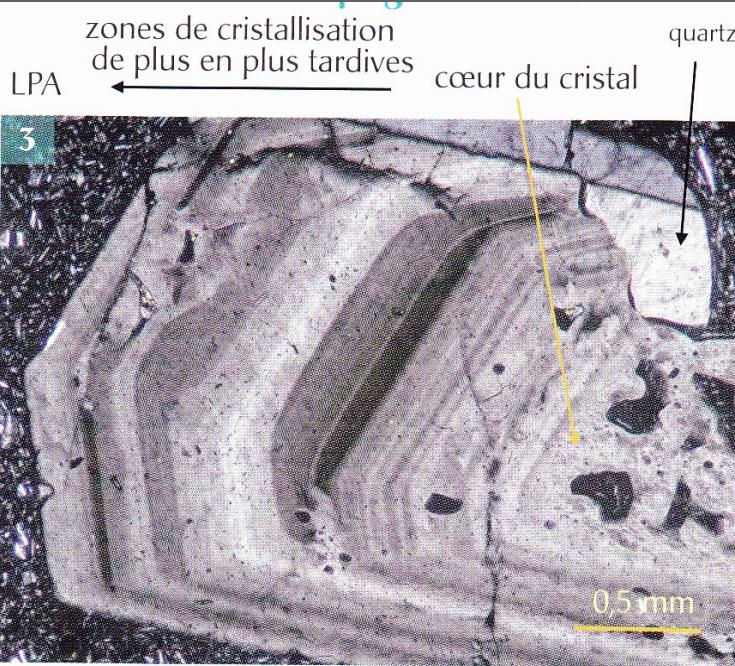




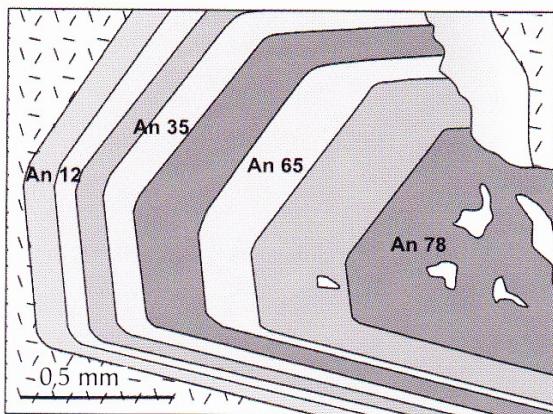
Pourcentages massiques en anorthite des différentes zones du plagioclase



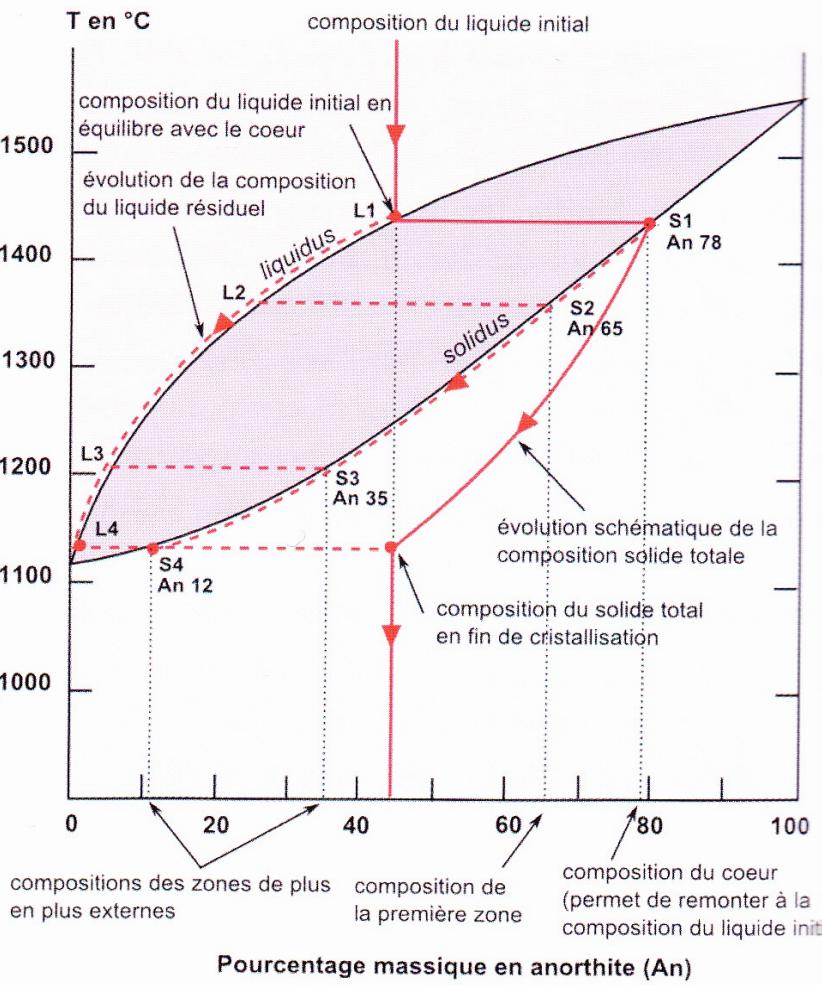
- 1) Rappeler comment un cristal se forme : préciser la zone formée en 1er puis en second...
- 2) Analyser les résultats obtenus grâce à la microsonde électronique.
- 3) Légender complètement le diagramme binaire des plagioclases ci-dessous.
- 4) À l'aide de ce diagramme, expliquer comment un tel plagioclase a pu se former.



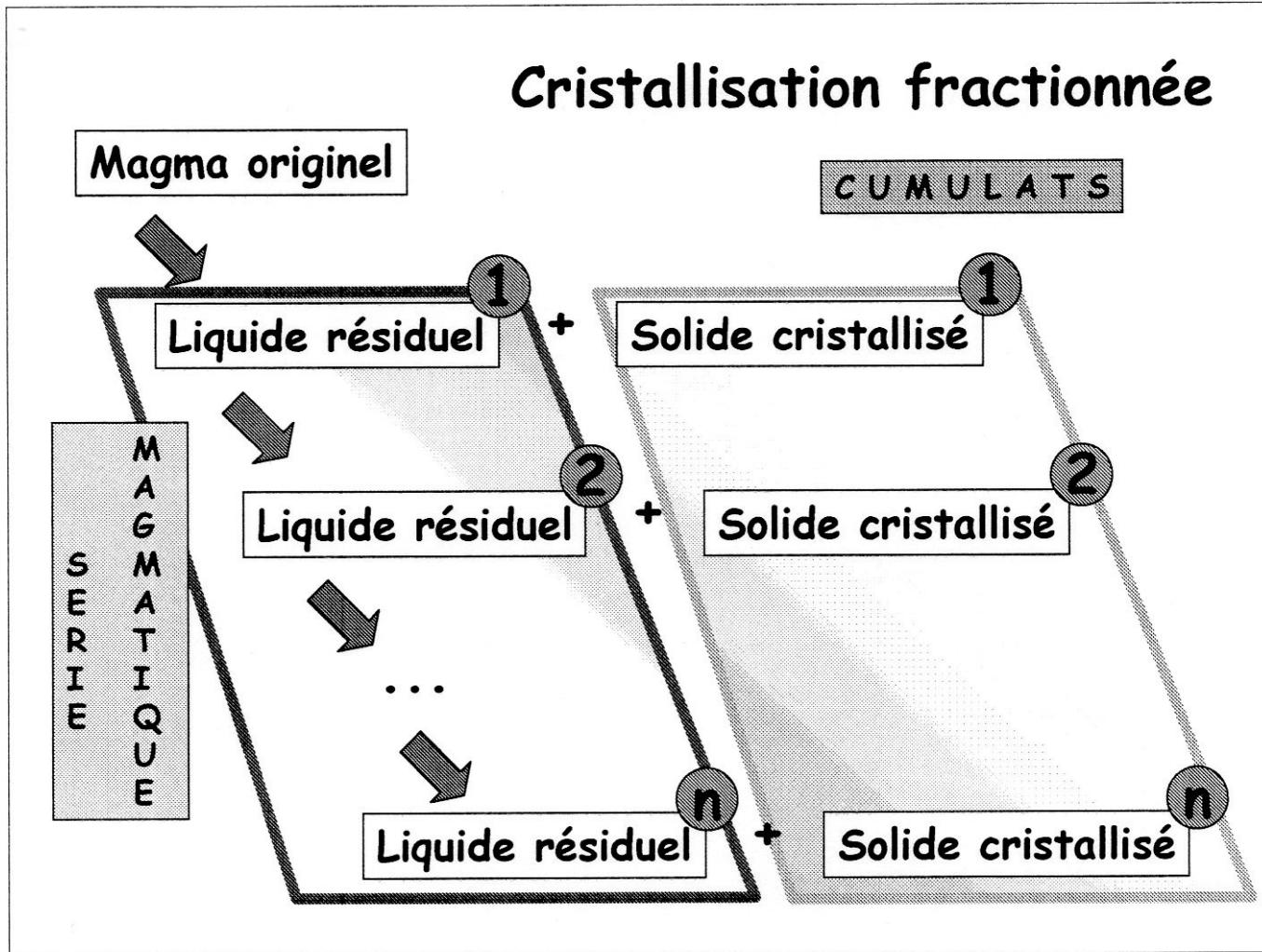
4 Pourcentages massiques en anorthite des différentes zones du plagioclase



5 Reconstitution de la cristallisation

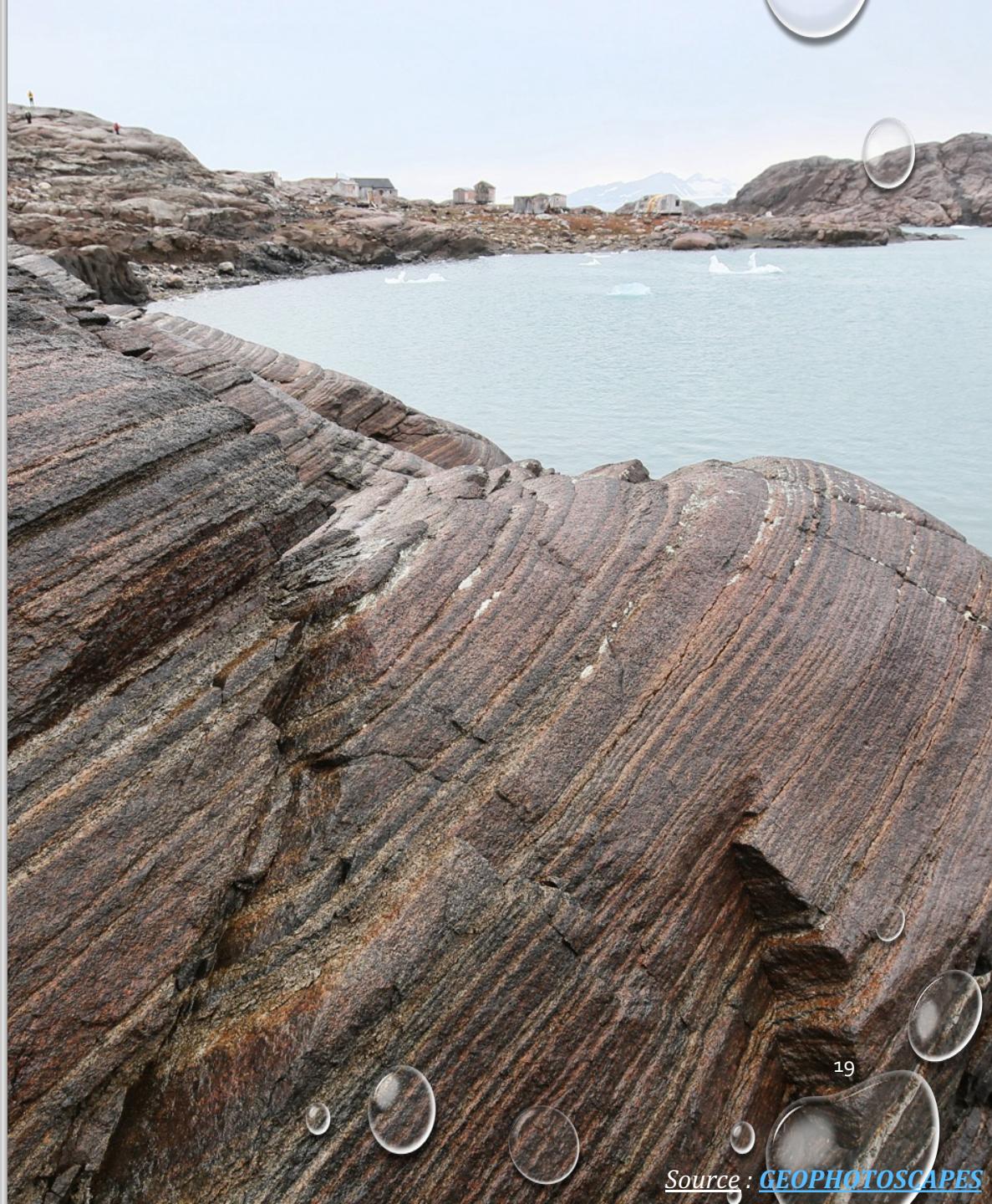


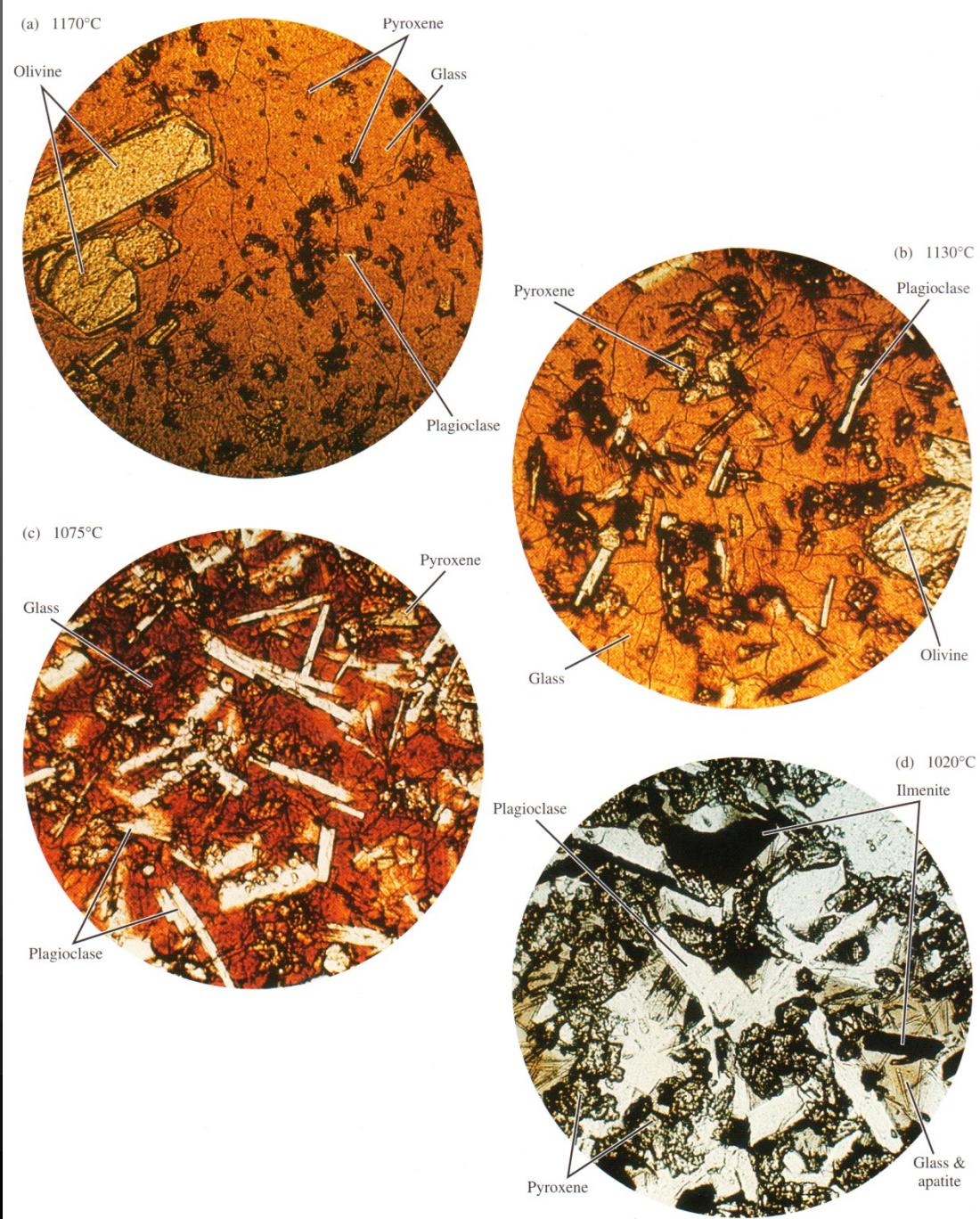
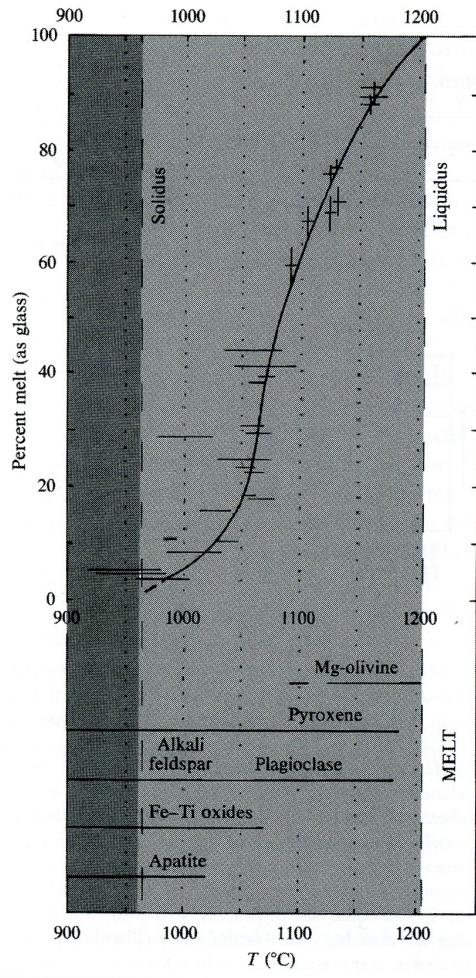
Cristallisation fractionnée

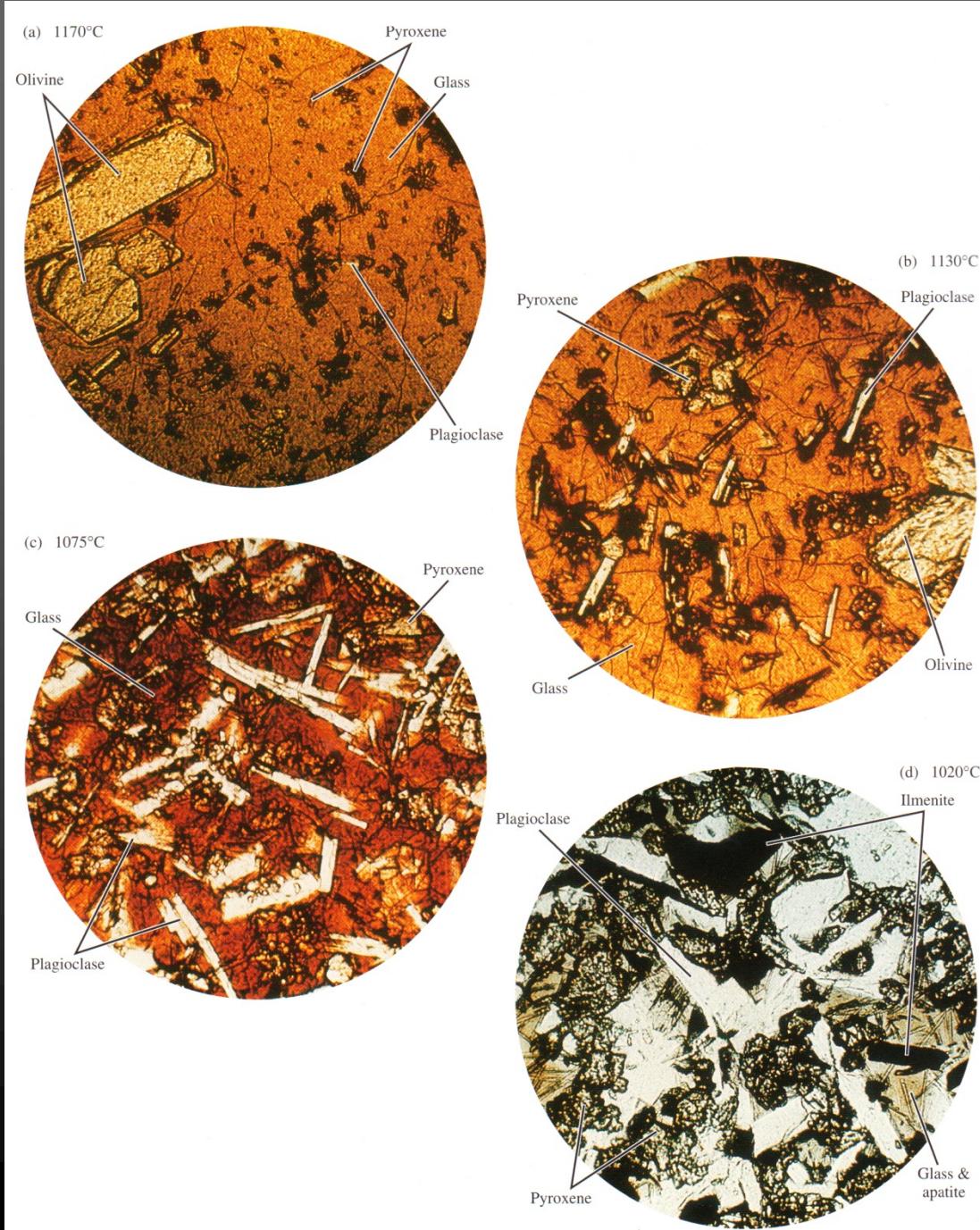
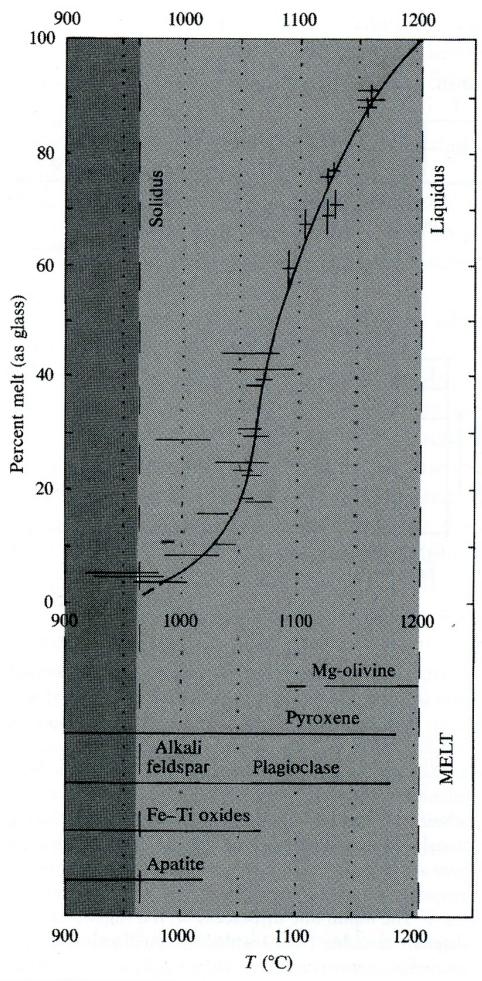


Ordre de cristallisation des minéraux : les séries réactionnelles de Bowen

Suivi de la cristallisation d'un
magma

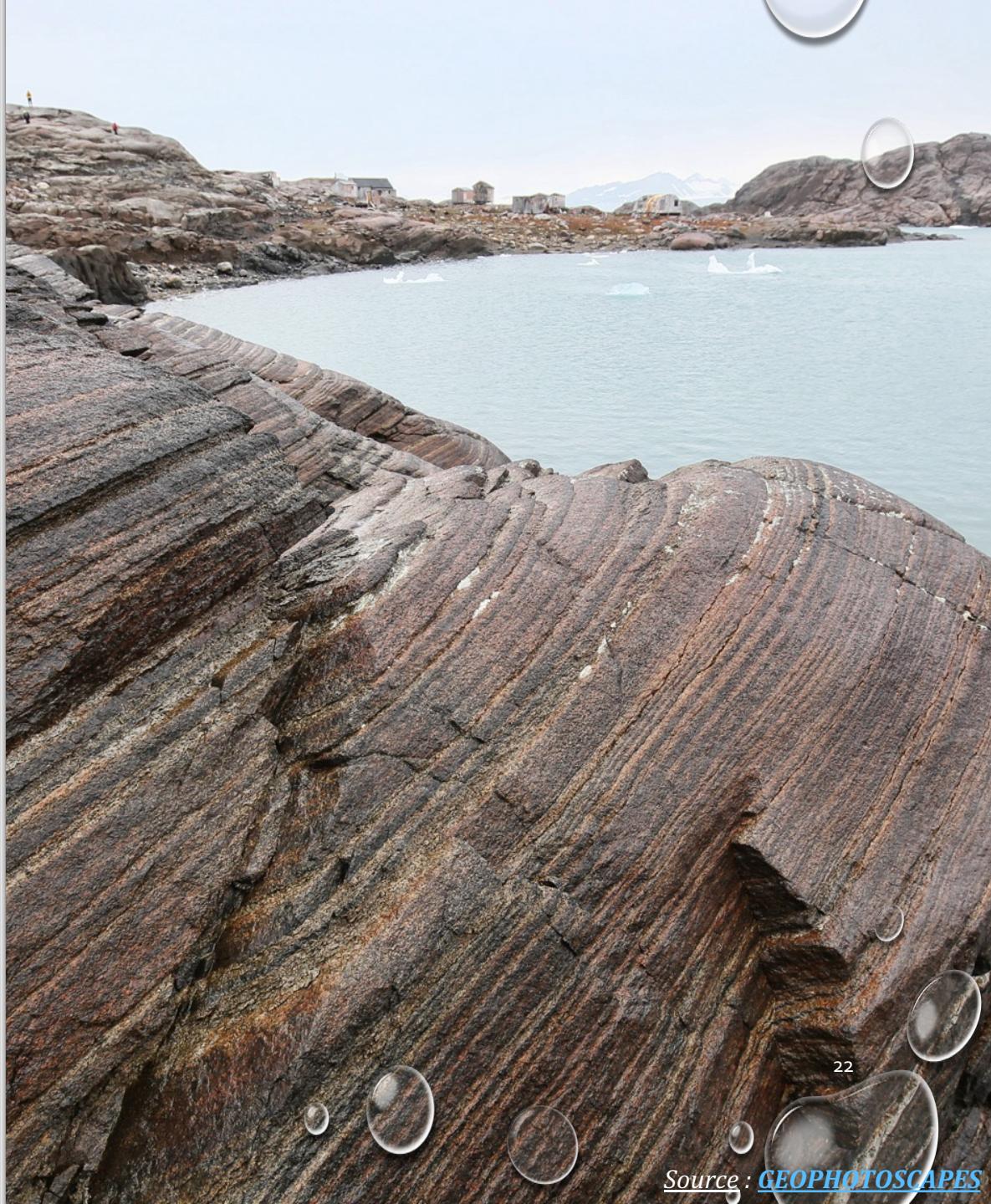






Ordre de cristallisation des minéraux : les séries réactionnelles de Bowen

La série discontinue des
ferromagnésiens



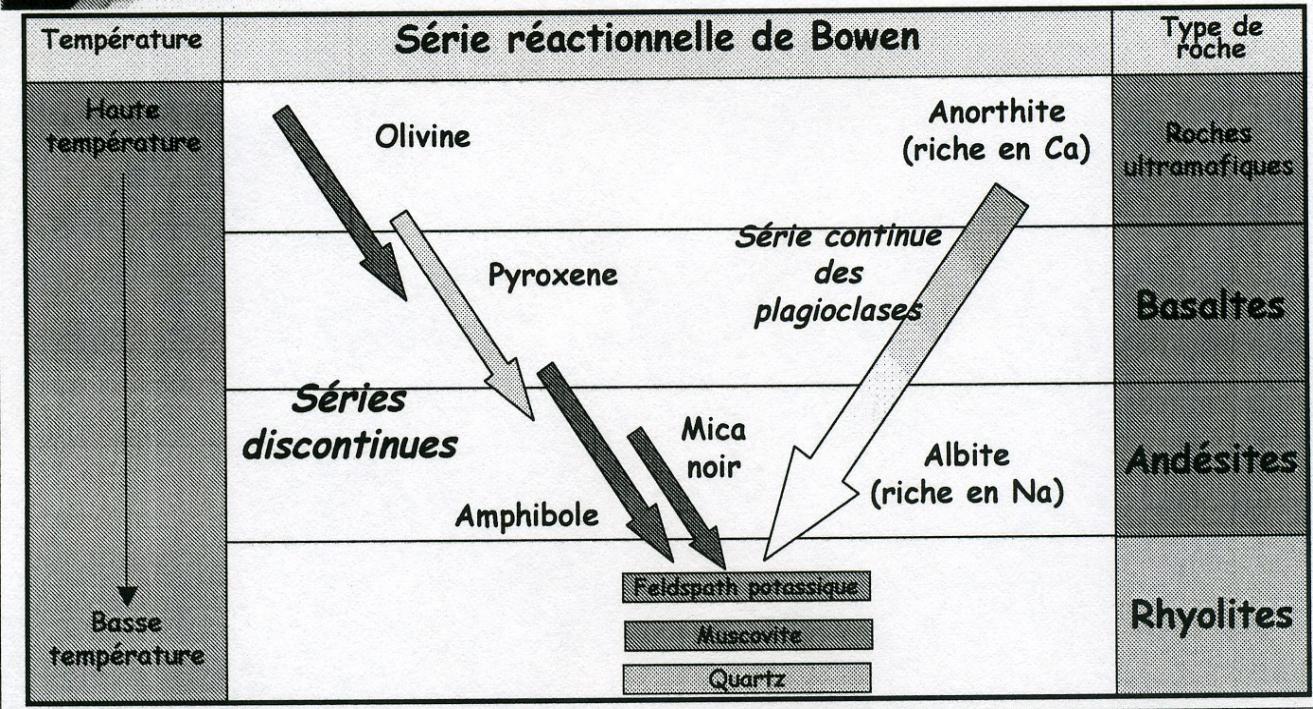
Travaux de Bowen



N.L. Bowen
(1887-1956)

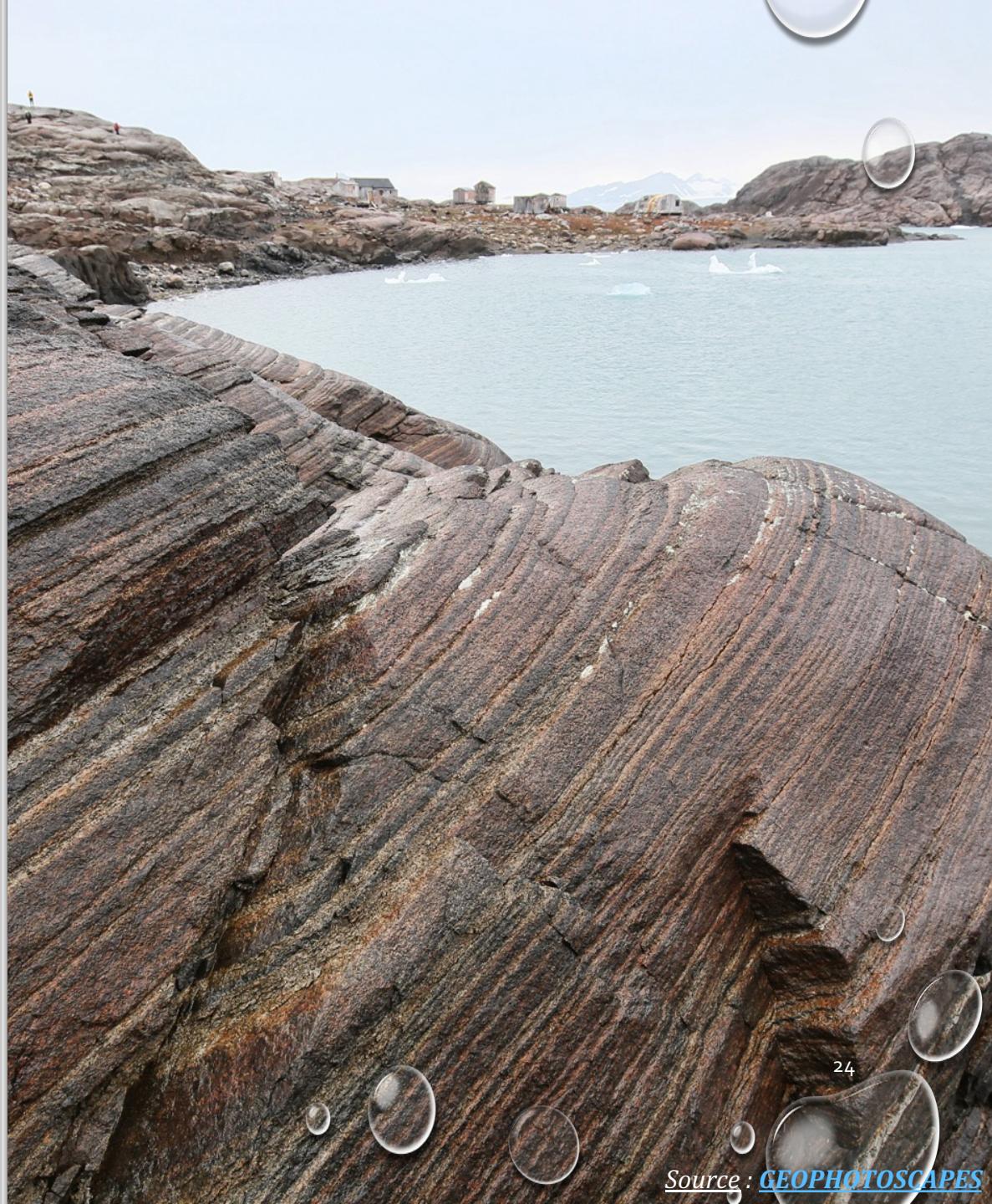
Les séries réactionnelles

(dites aussi *séries de Bowen*)



Ordre de cristallisation des minéraux : les séries réactionnelles de Bowen

La série continue des
plagioclases



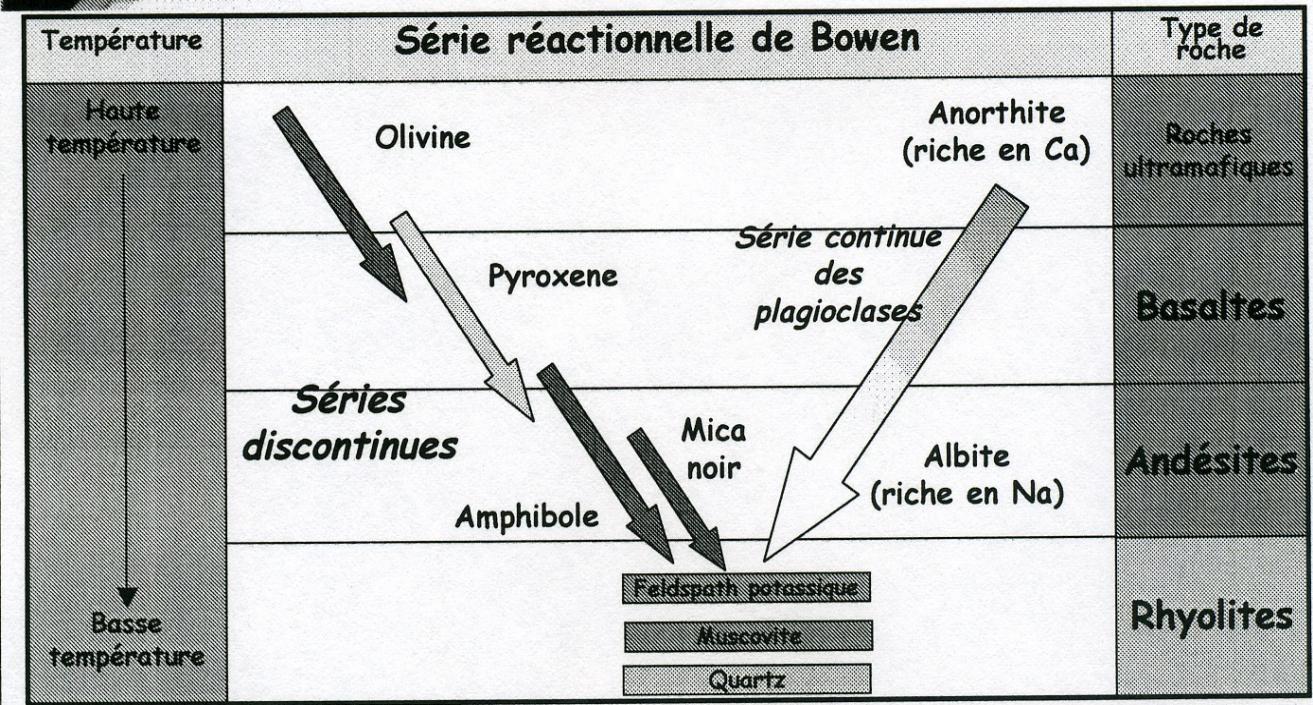
Travaux de Bowen



N.L. Bowen
(1887-1956)

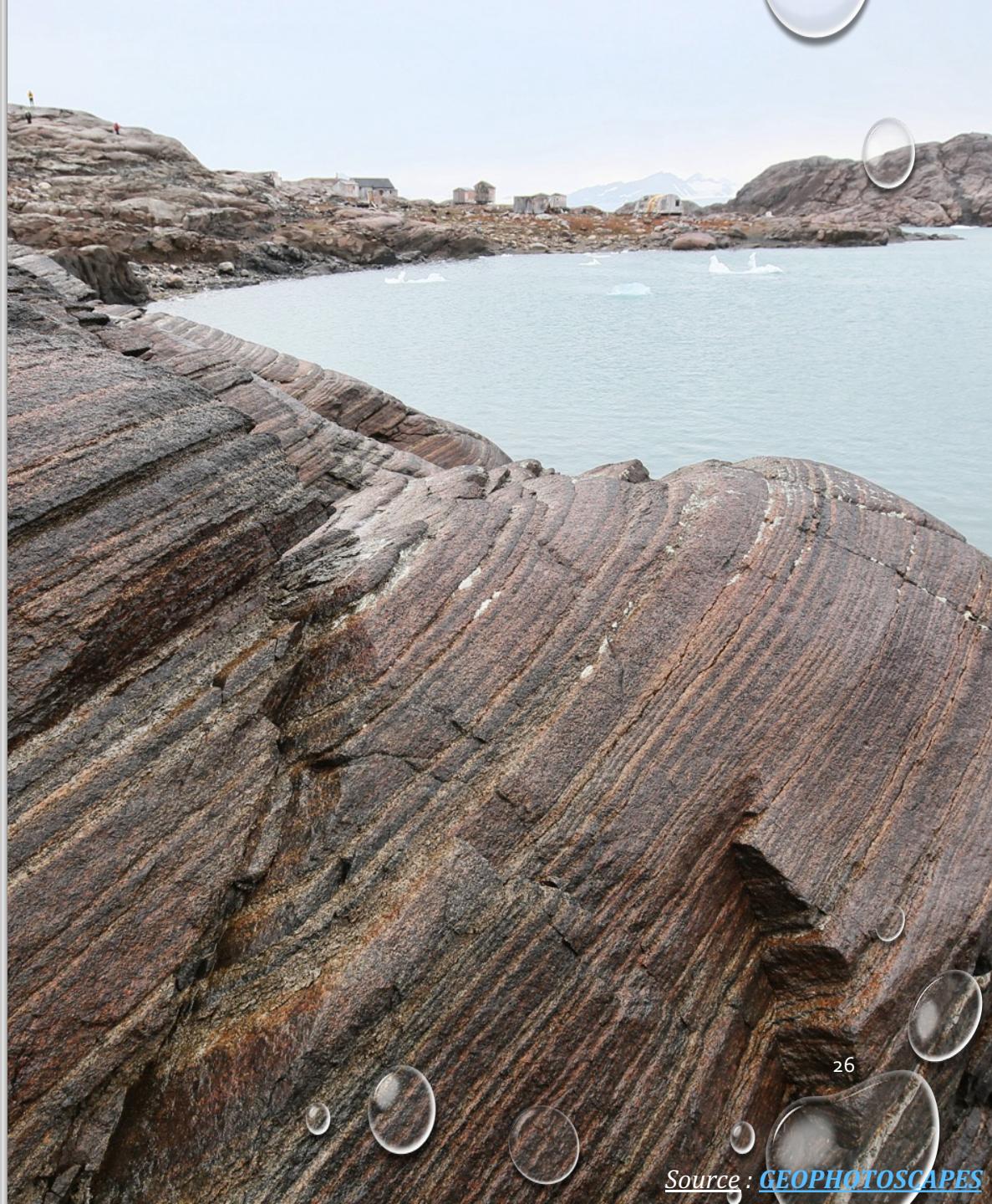
Les séries réactionnelles

(dites aussi *séries de Bowen*)



Ordre de cristallisation des minéraux : les séries réactionnelles de Bowen

La composition du liquide primaire influence l'ordre de cristallisation des minéraux



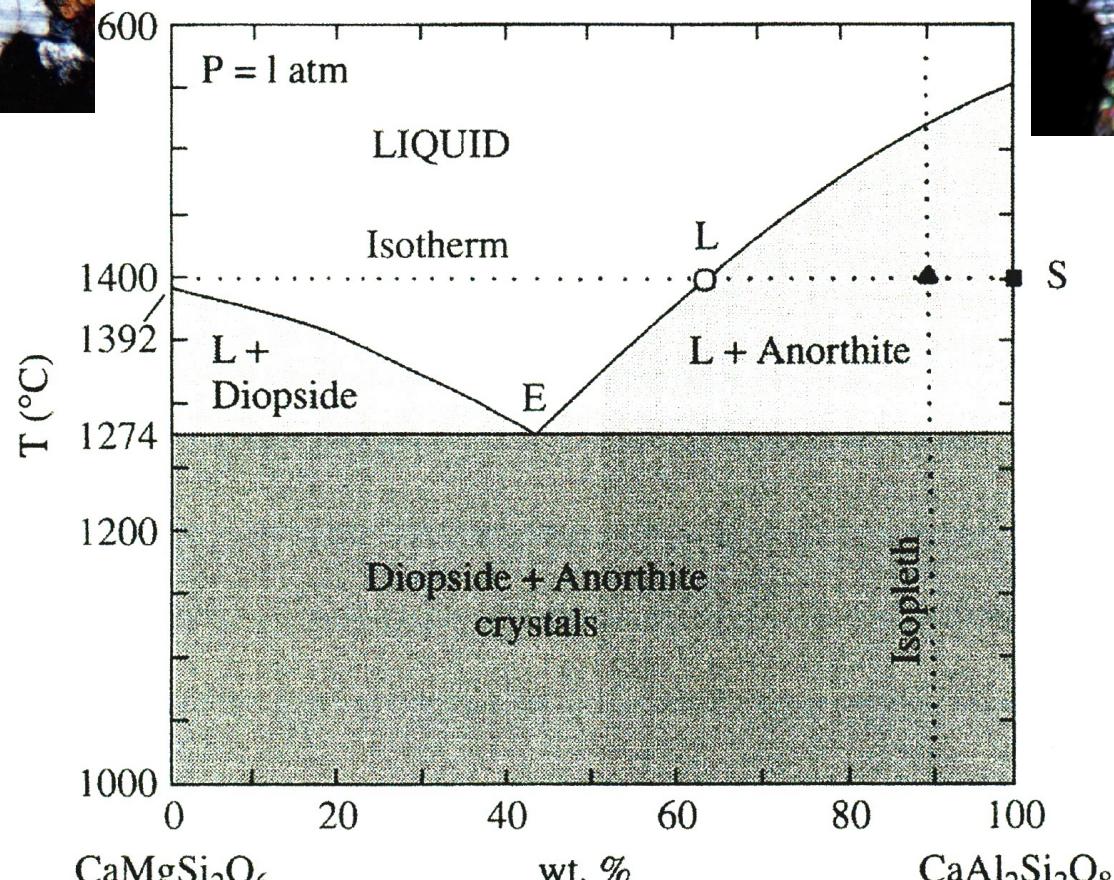
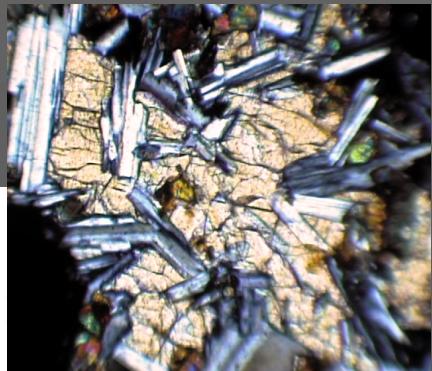
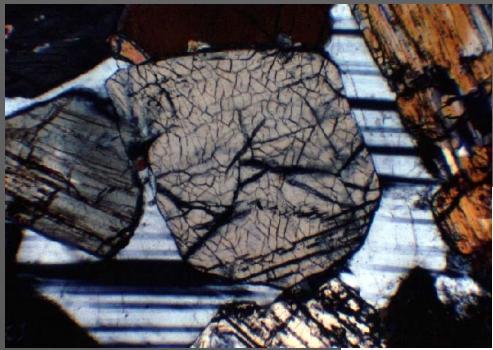
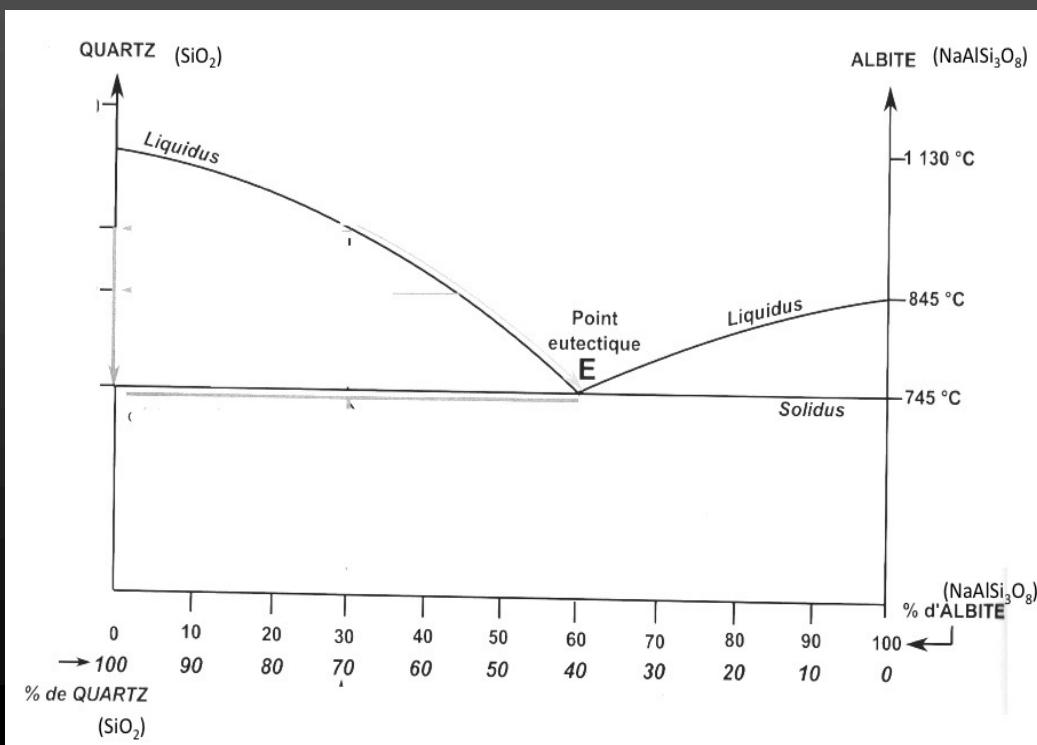
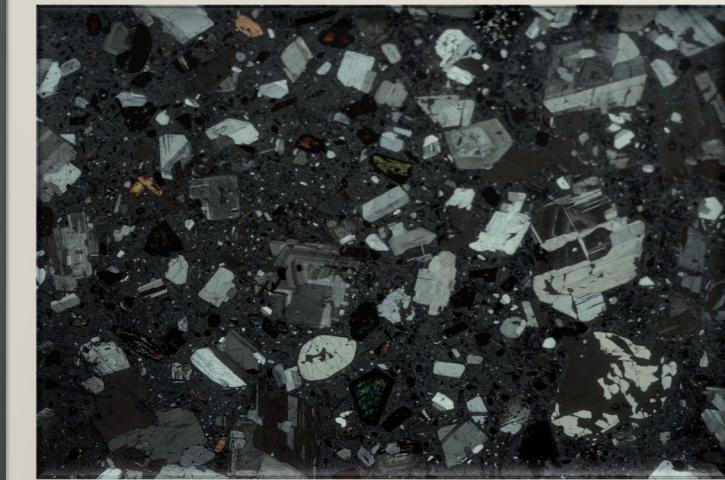
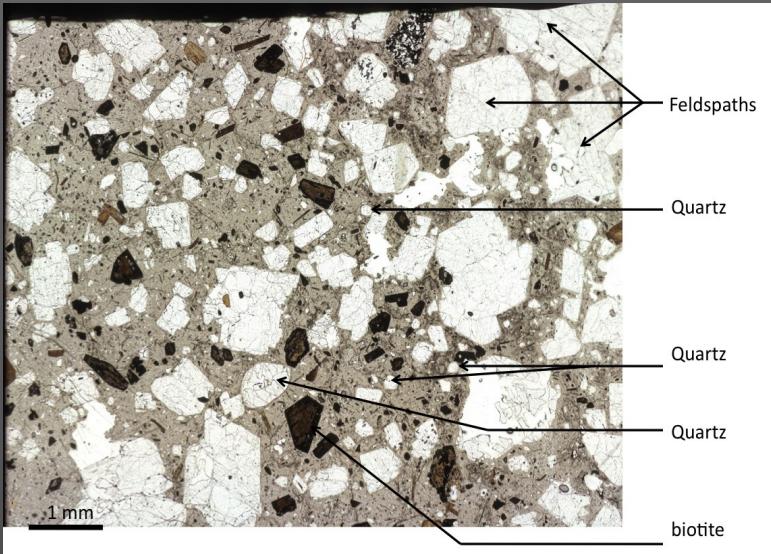
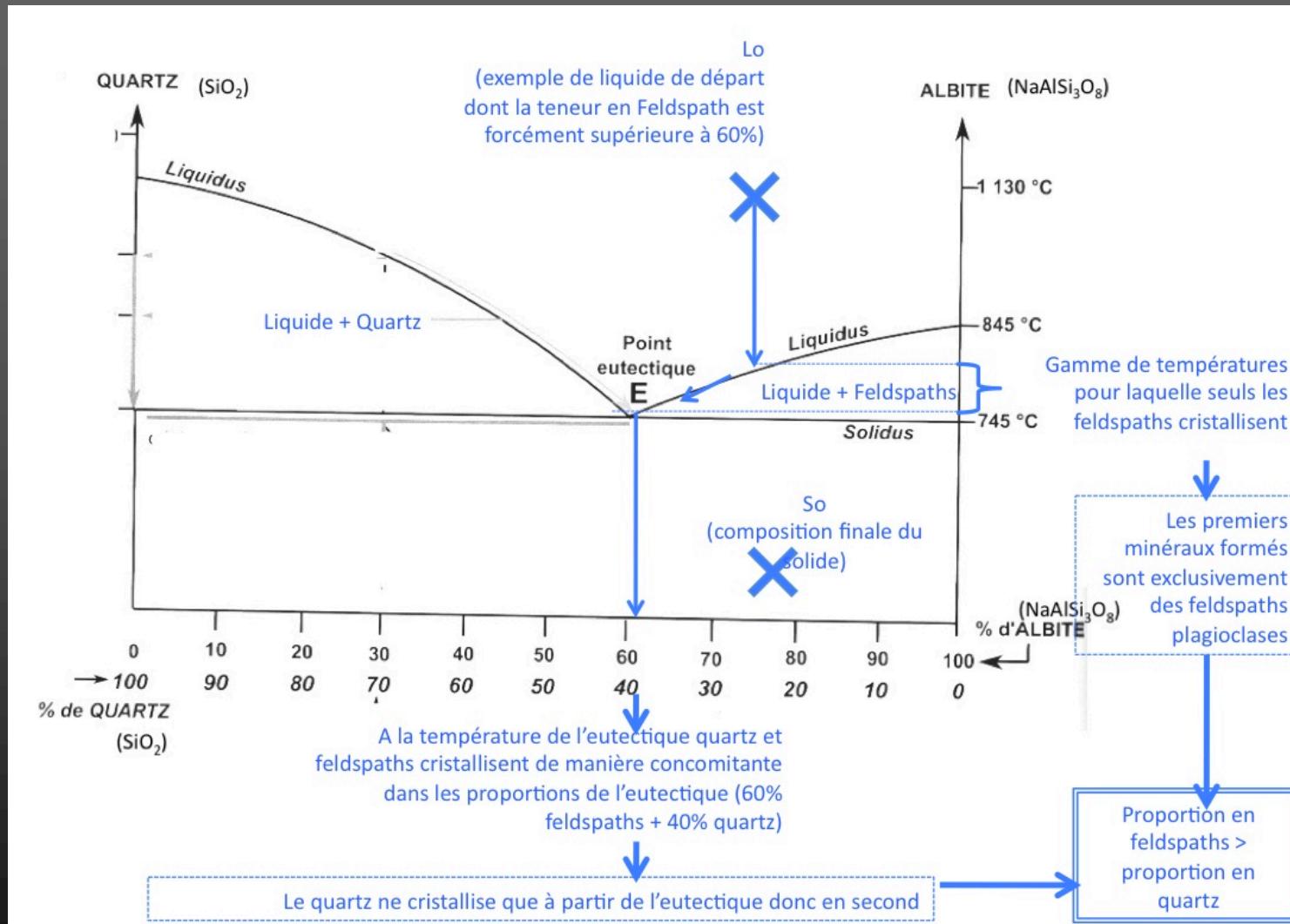
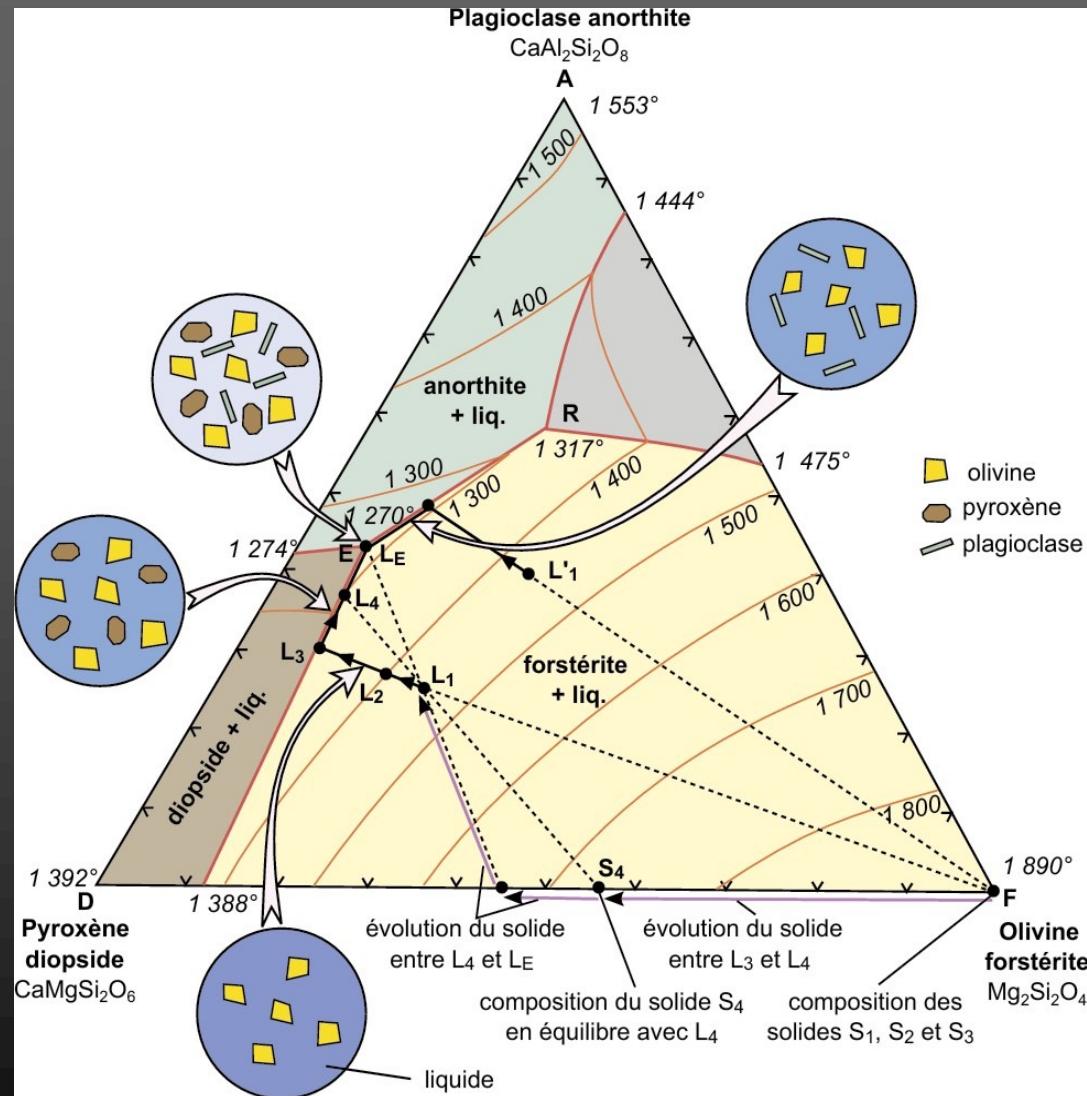


Diagramme binaire Di/An

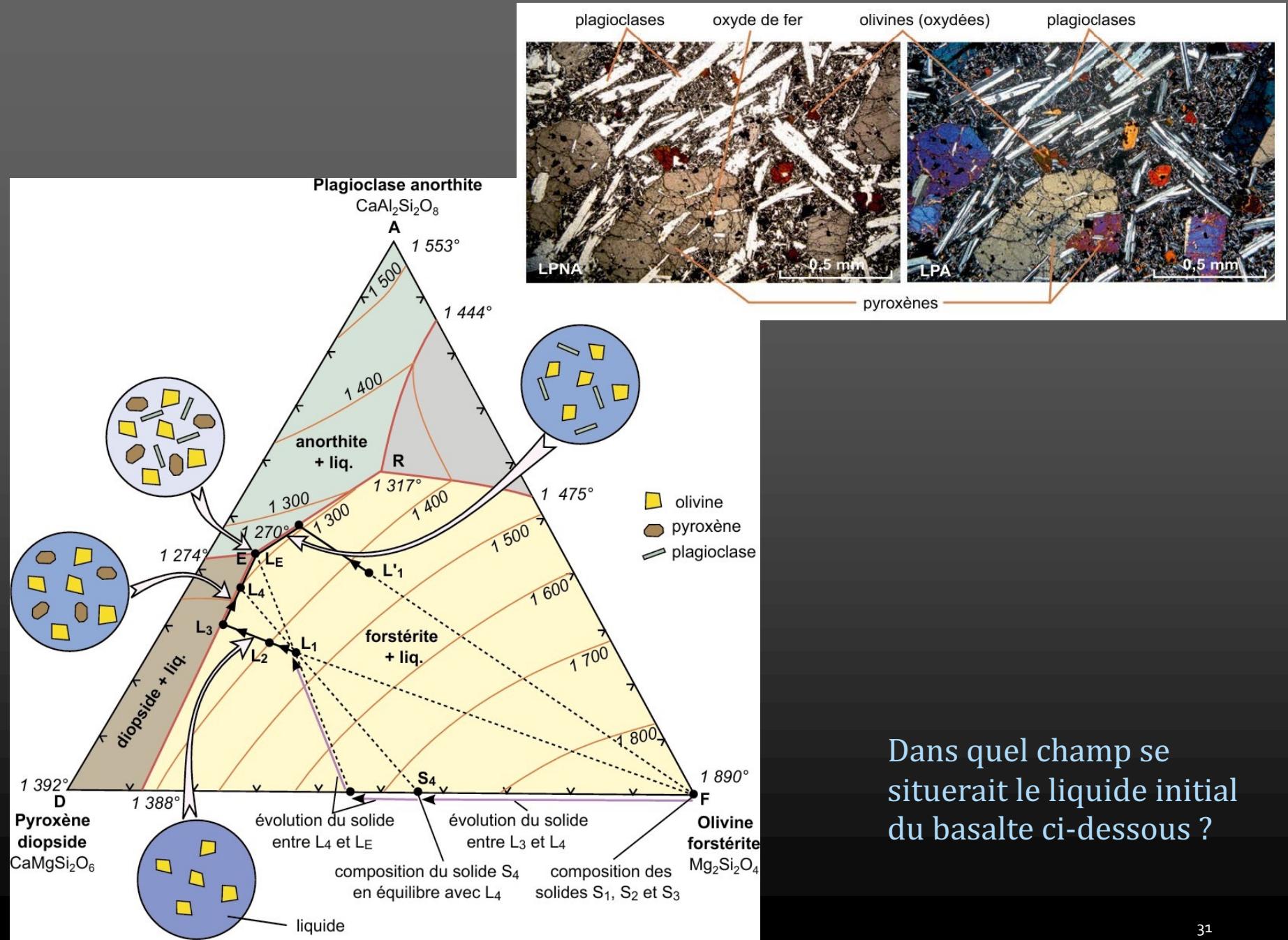






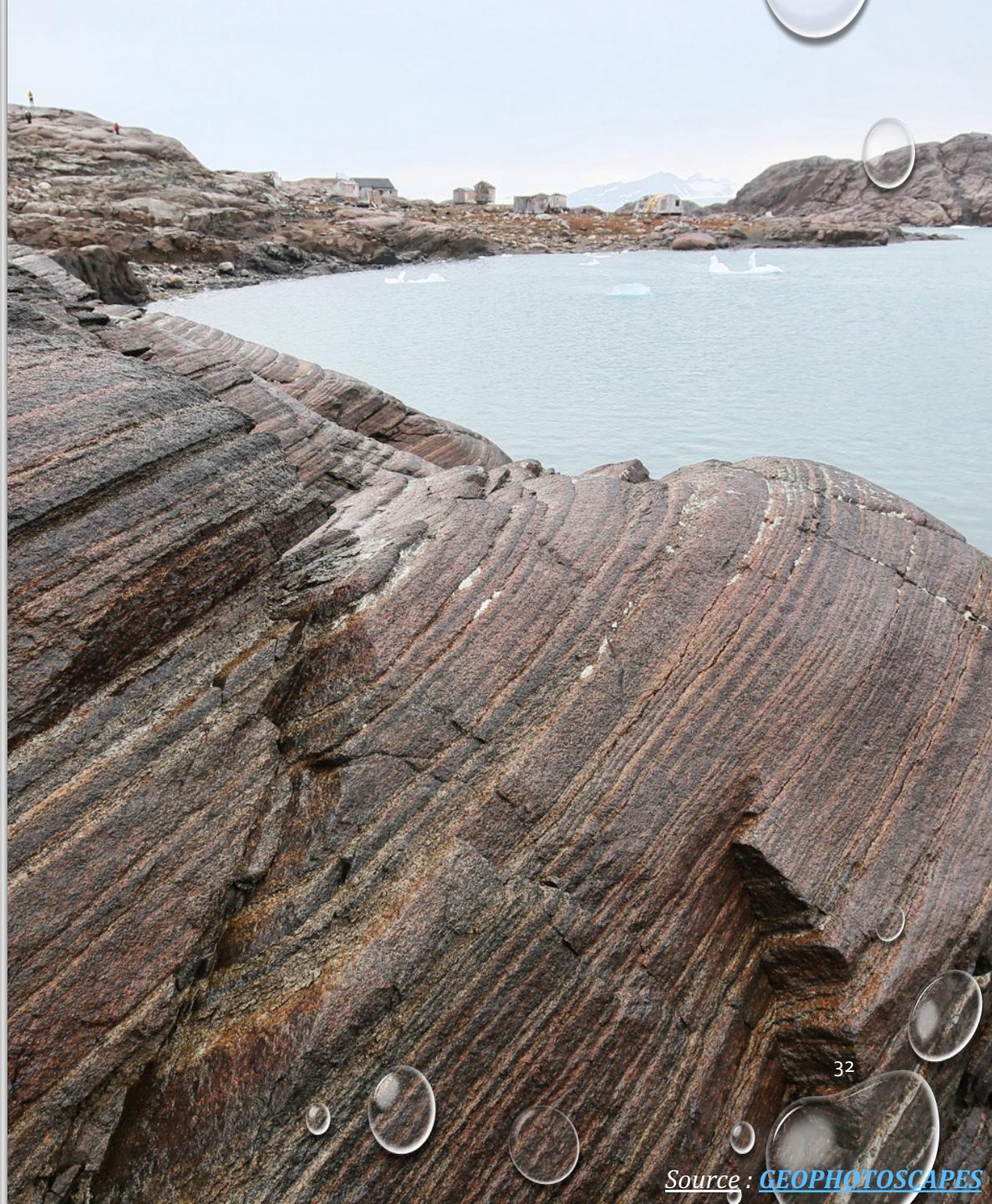
L4 est un liquide situé entre L3 et LE. Relevez sur le diagramme quelle est la composition du solide en équilibre L4. Quelles sont alors les proportions de solide et de liquide ? ➔

Quel serait l'ordre de cristallisation pour un liquide initial de composition L'1. ➔

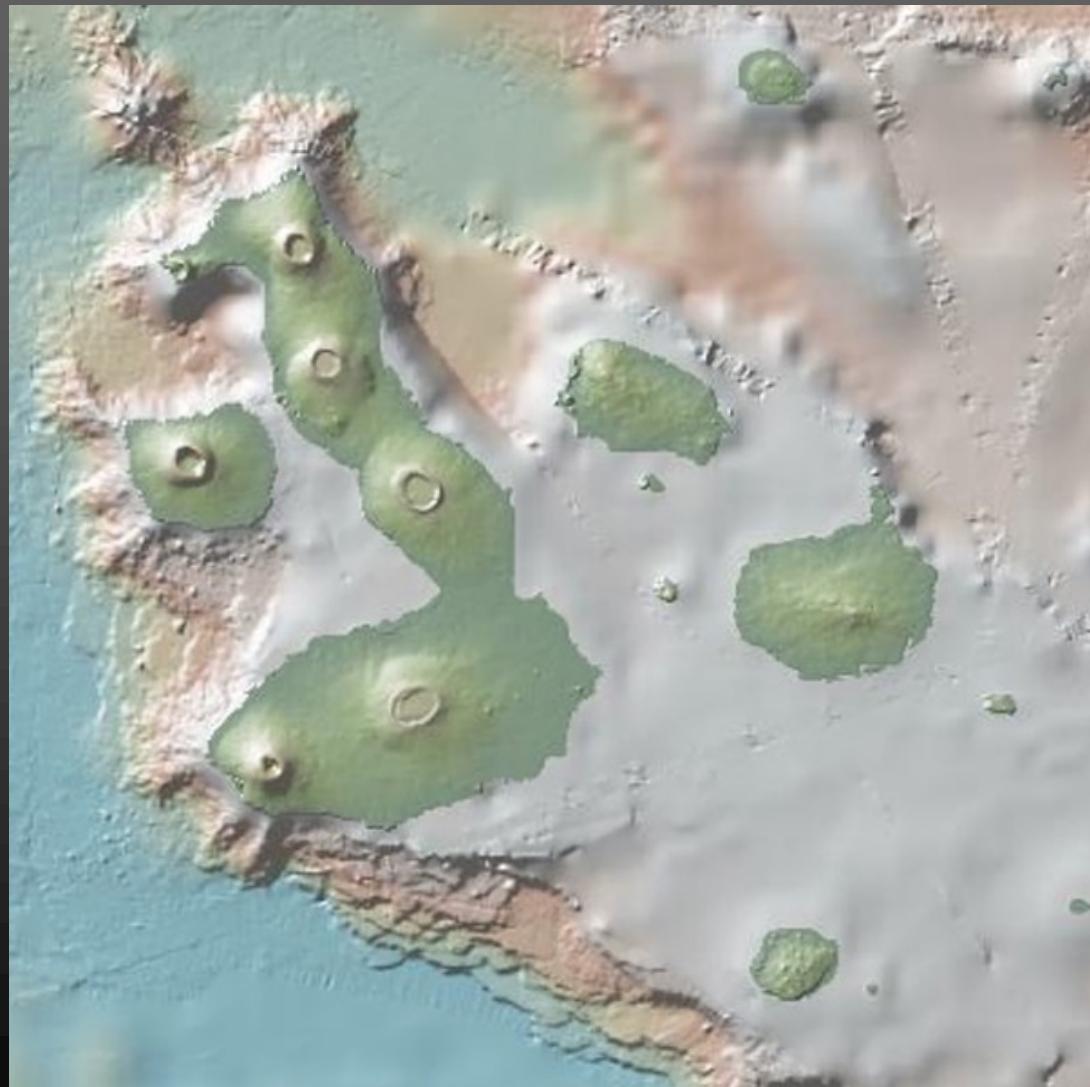


La différenciation dans une série magmatique → mise en évidence des séries

La série tholéïitique :
l'exemple des
Galapagos
Caractéristiques de la série
tholéïitique



Les îles Galapagos



Type	BM	BE	FB	FA	IC	RD	RH
Phénoc.	PL + OL+ CPX	PL + OL + CPX	PL + CPX+ OL	PL + CPX + OL + MT	PL + CPX + MT	PL + CPX+ MT + AP	PL + CPX + MT + AP
SiO ₂	48,61	48,66	49,21	51,70	53,78	64,05	70,92
TiO ₂	2,60	3,25	3,72	3,11	2,76	0,97	0,42
Al ₂ O ₃	14,18	13,70	13,40	13,39	12,90	13,67	13,04
Fe ₂ O ₃	12,62	14,30	15,70	14,65	13,77	8,07	589,00
MnO	0,17	0,20	0,23	0,23	0,22	0,17	0,15
MgO	6,79	5,99	5,08	4,07	3,29	1,66	0,14
CaO	11,27	10,80	9,73	7,77	6,76	3,38	1,73
Na ₂ O	2,75	2,90	3,27	3,63	3,81	5,20	4,83
K ₂ O	0,41	0,45	0,59	0,90	1,11	2,20	2,69
P ₂ O ₅	0,27	0,35	0,60	0,86	0,53	0,24	0,06
P.Feu	< 0,01	< 0,01	0,35	0,14	< 0,01	0,62	< 0,01
Total	99,62	100,61	100,73	100,44	98,95	99,35	99,87
Rb	6	-	10	18	30	44	63
Ba	51	95	115	15	183	30	399
Nb	17	20	25	37	47	66	88
La	12,7	14,9	17,9	29,1	33,4	48,5	60,6
Ce	29,4	38,2	47,5	68,9	78,3	109	132,7
Sr	347	290	320	311	328	174	123
Nd	19,5	23,6	30,3	44,4	48,2	59,1	68,1
Zr	161	185	240	336	521	670	893
Eu	1,83	2,2	2,57	3,65	3,8	3,92	3,56
Tb	0,85	1,12	1,35	1,8	1,87	2,19	2,55
Y	30	28	36	63	70	85	102
Yb	2,39	2,98	3,57	4,88	5,62	7,2	8,93

Analyses de laves d'une série tholéïitique.

Exemple de la série enrichie (à tendance transitionnelle) du volcan Alcedo, île d'Isabela, Galapagos (Geist *et al.*, 1995). BM : basalte magnésien ; BE : basalte évolué (pauvre en Mg) ; FB : ferrobasalte ; FA : ferroandésite ; IC : icelandite ; RD : rhyodacite ; RH : rhyolite tholéïitique. La terminologie équivalente pour des roches plutoniques est : gabbro riche en olivine ; gabbro pauvre en olivine ; ferrogabbro ; ferrodiorite ; monzonite ; monzogranite ; granite tholéïitique (plagiogranite). Abréviations utilisées pour les phénocristaux : AP : apatite ; CPX : clinopyroxène calcique ; MT : titanomagnétite ; OL : olivine ; OPX : orthopyroxène ; PL : plagioclase.

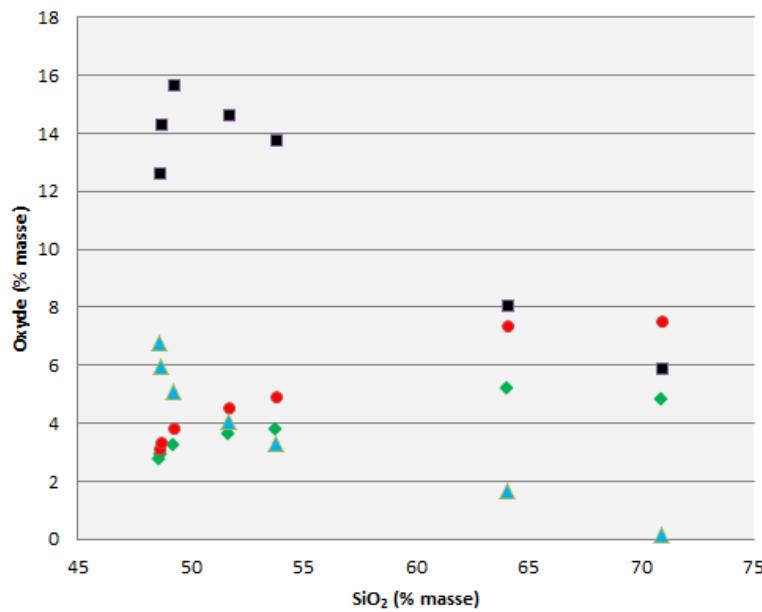
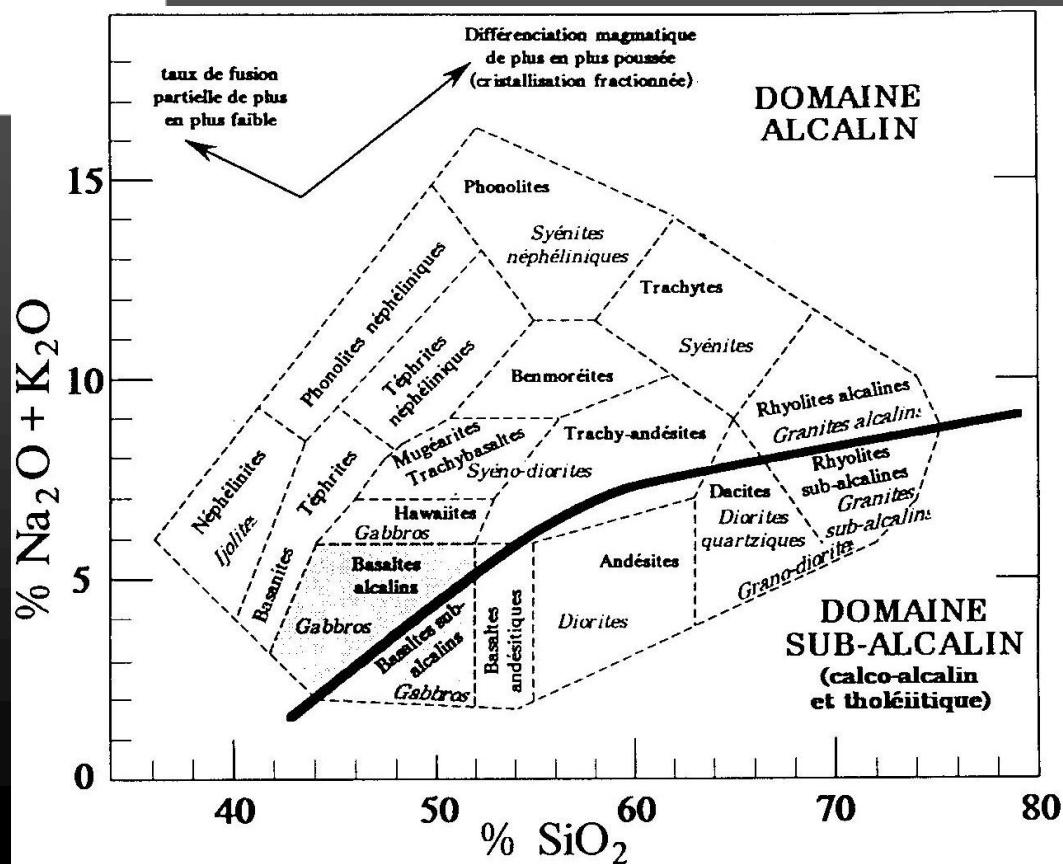


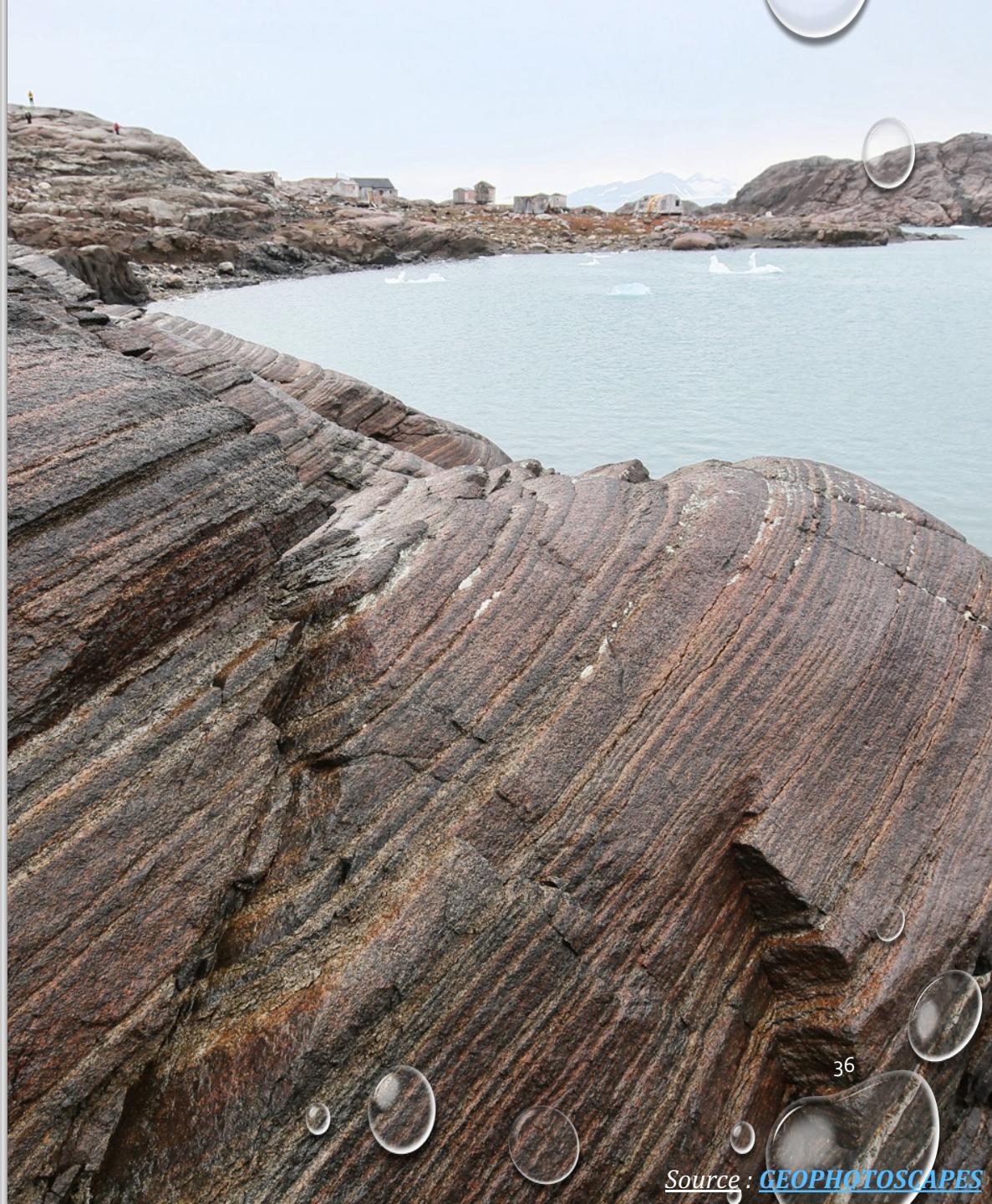
Diagramme de Harker



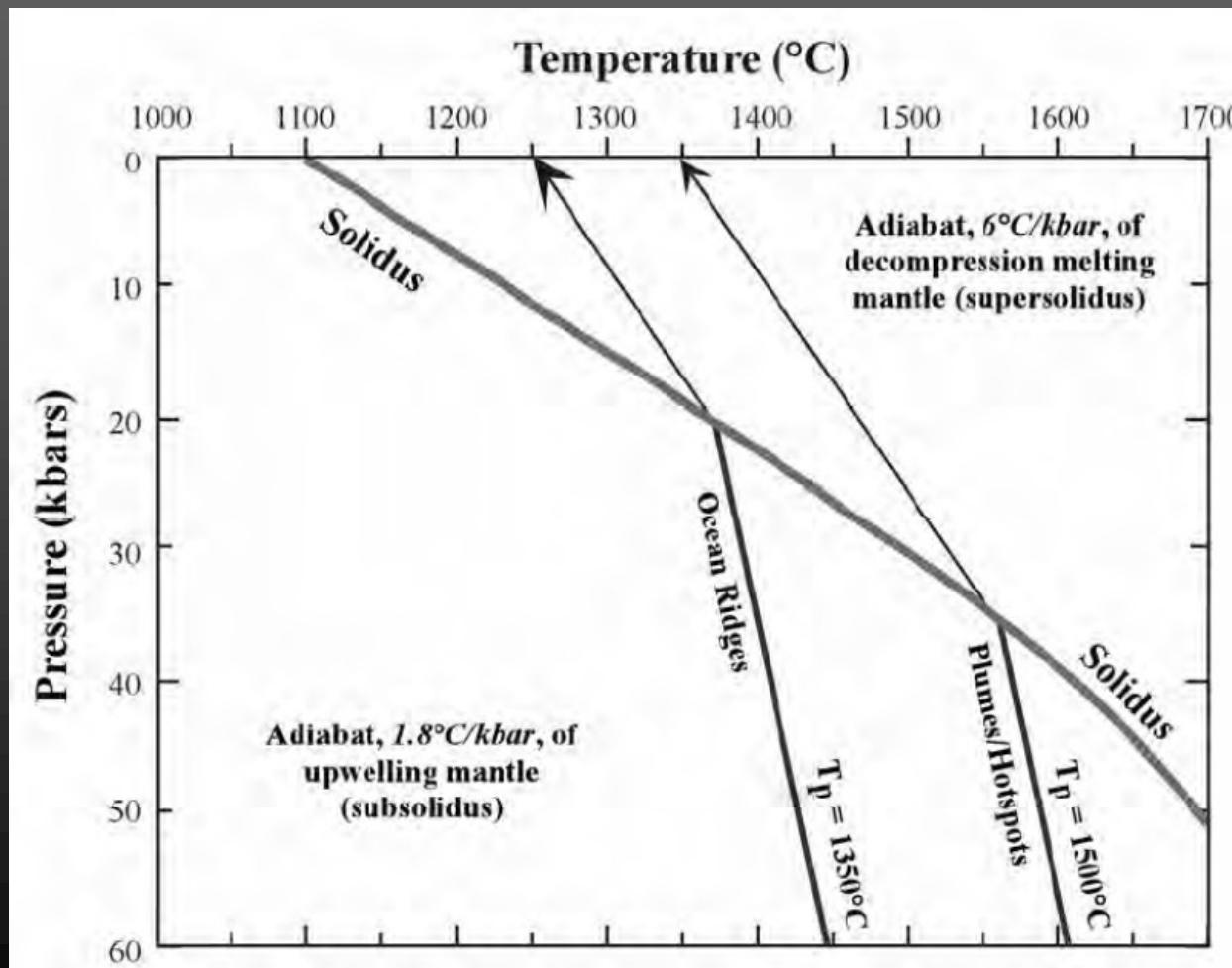
La différenciation dans une série magmatique → mise en évidence des séries

La série tholéïitique :
l'exemple des
Galapagos

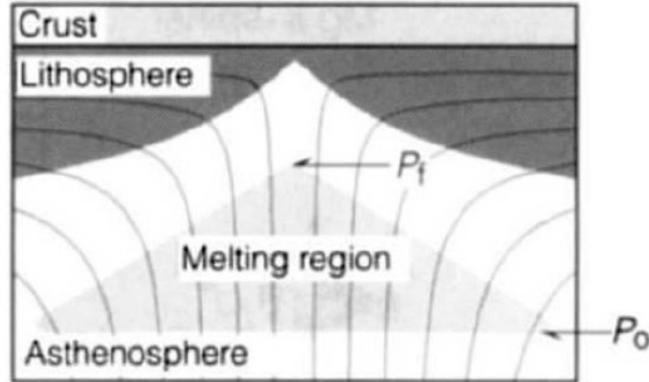
Une série rarement complète
au niveau des dorsales



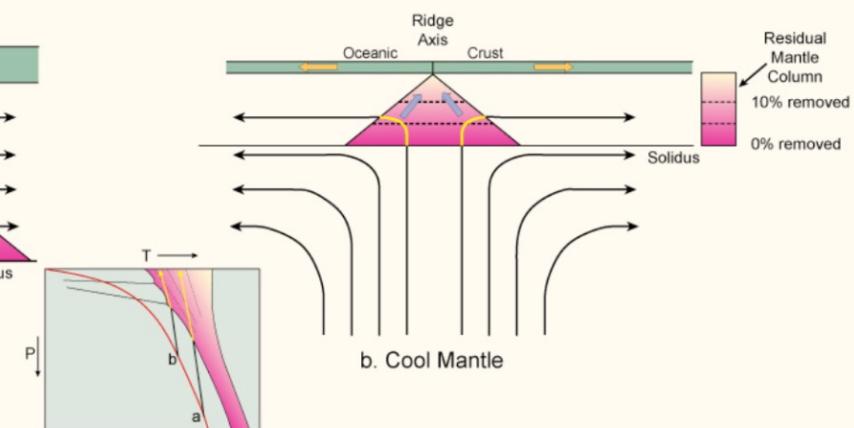
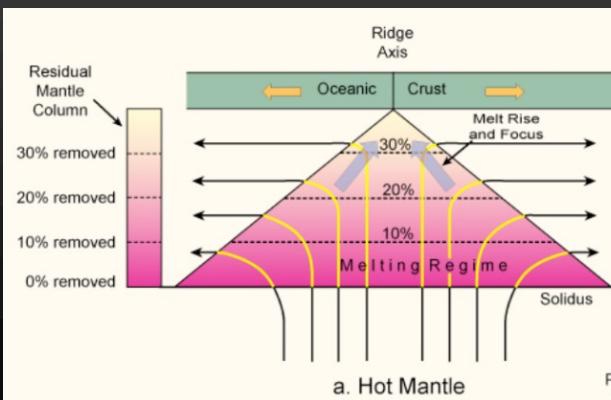
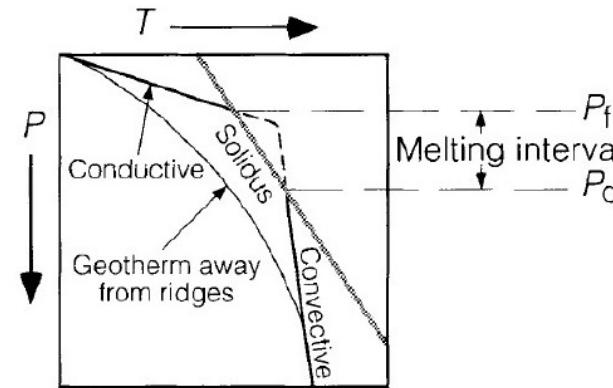
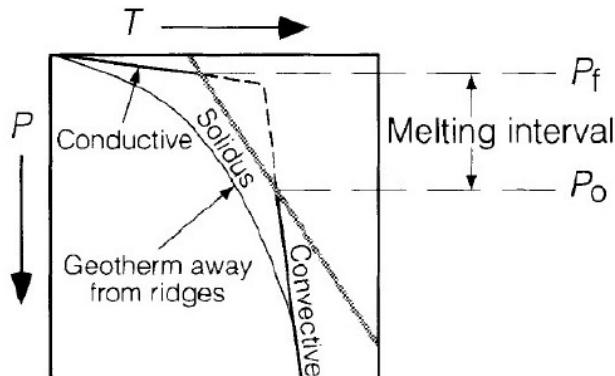
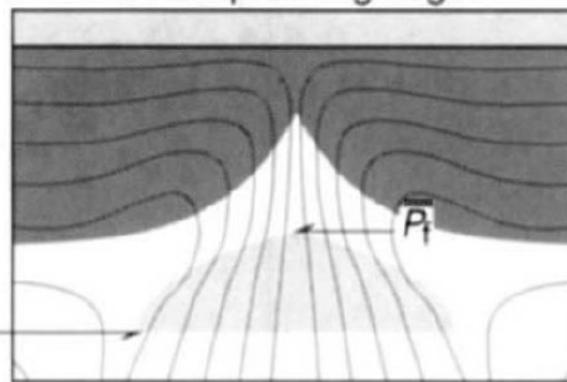
Origine des magmas sous les dorsales et les points chauds



Fast-spreading ridges

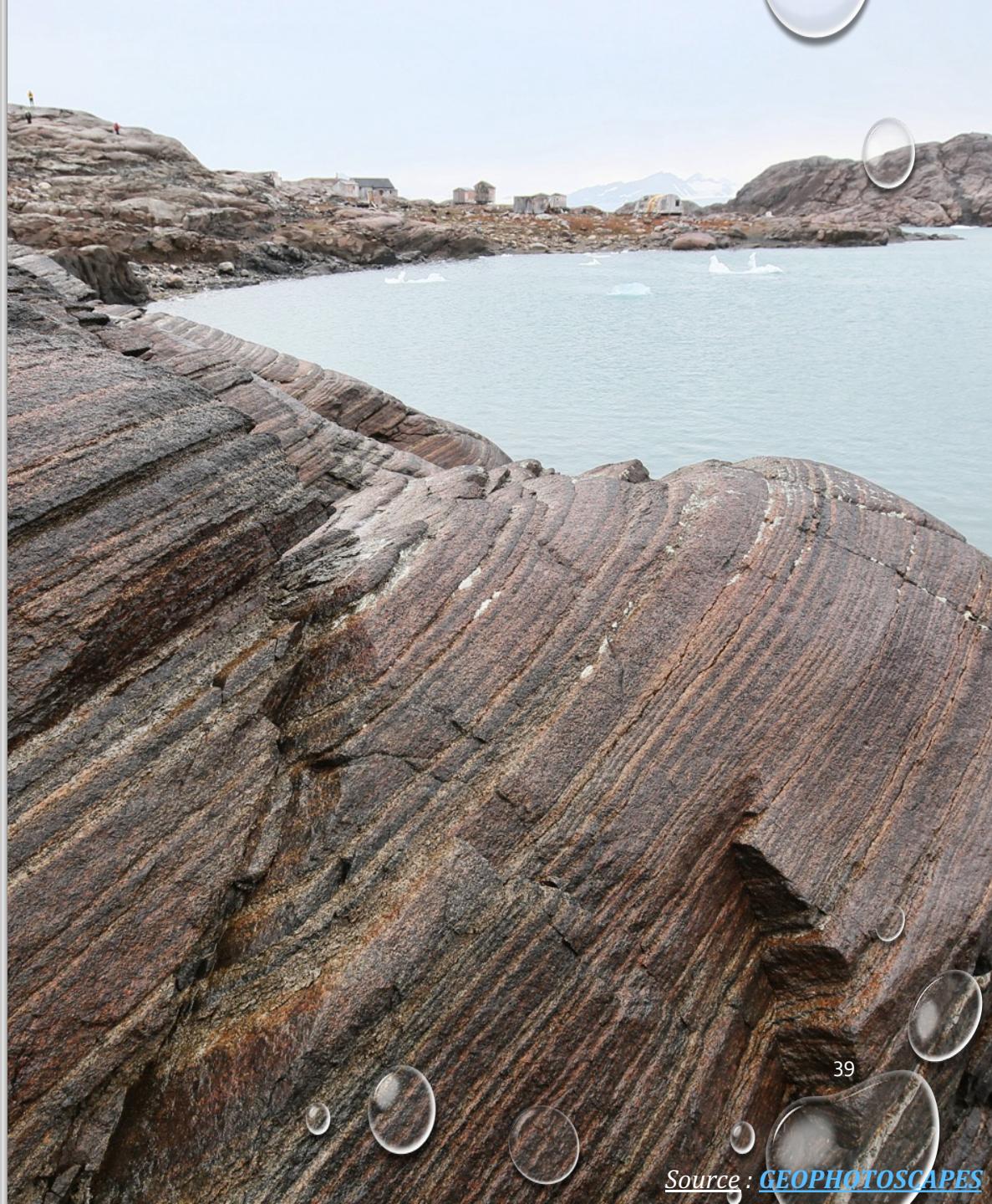


Slow-spreading ridges



La différenciation dans une série magmatique → mise en évidence des séries

La série alcaline :
l'exemple de la chaîne
des Puys



	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
SiO ₂	47,25	48,50	52,20	53,21	57,10	60,20	69,35
TiO ₂	2,25	2,16	1,81	1,49	1,12	0,83	0,39
Al ₂ O ₃	15,85	16,56	16,90	17,60	17,89	17,90	15,55
Fe ₂ O ₃ ^T	12,08	11,86	9,84	11,75	6,83	4,69	2,38
MnO	0,17	0,18	0,20	0,20	0,19	0,22	0,18
MgO	6,62	5,28	3,89	2,48	1,94	1,07	0,36
CaO	9,86	9,21	7,55	5,89	4,53	3,10	1,25
Na ₂ O	3,70	3,92	4,45	5,00	5,42	5,58	5,60
K ₂ O	1,68	1,80	2,47	2,71	3,40	3,82	4,88
P ₂ O ₅	0,61	0,72	0,73	0,31	0,55	0,31	0,09
D.I.	36,31	40,61	51,74	56,78	67,01	75,45	90,86

Fe_2O_3^T = fer total sous forme de Fe_2O_3 .

CP1. basalte alcalin , Cheire d'Aydat, sous le Château de Saint-Saturnin

CP2. hawaïte = "labradorite", coulée de la vallée de la Tiretaine, Pont des Soupirs

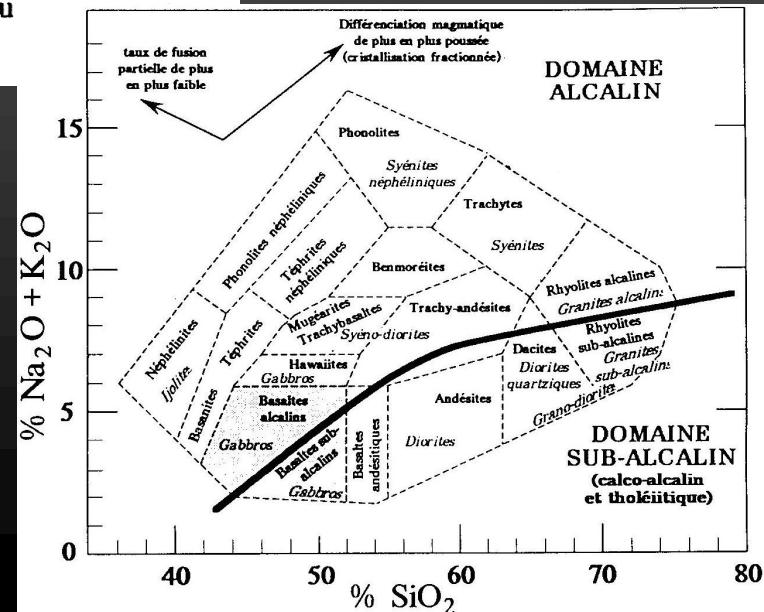
CP3. mugéarite, coulée du Puy de Louchadière. Pontgibaud

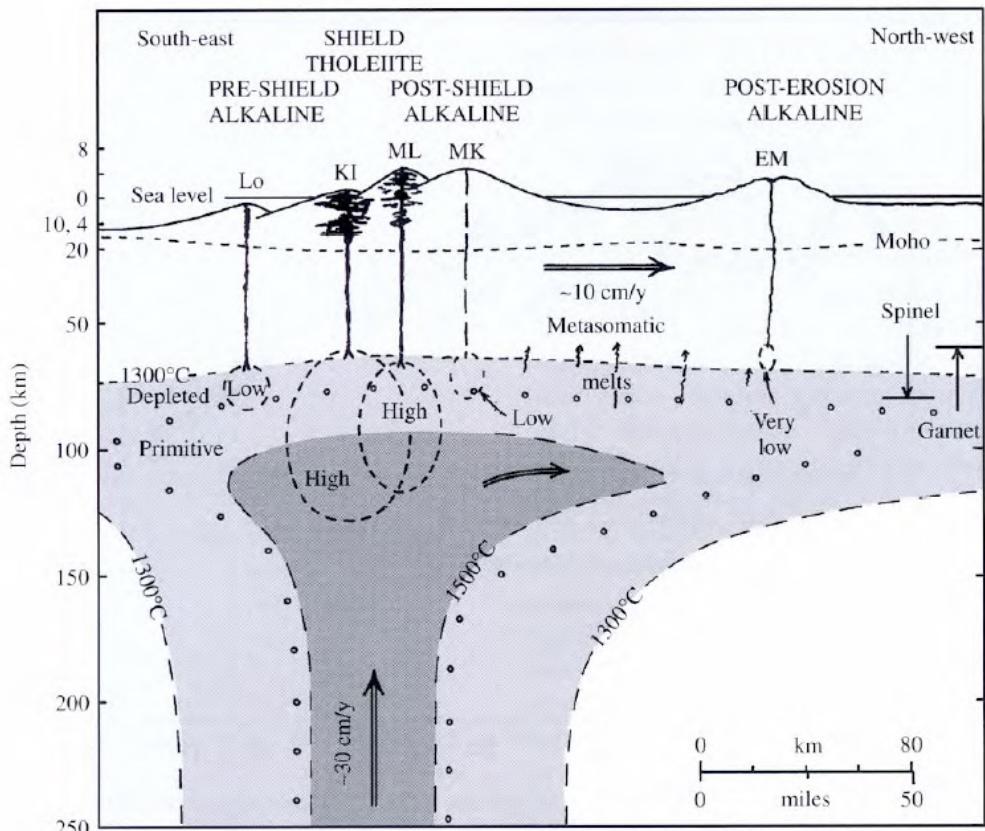
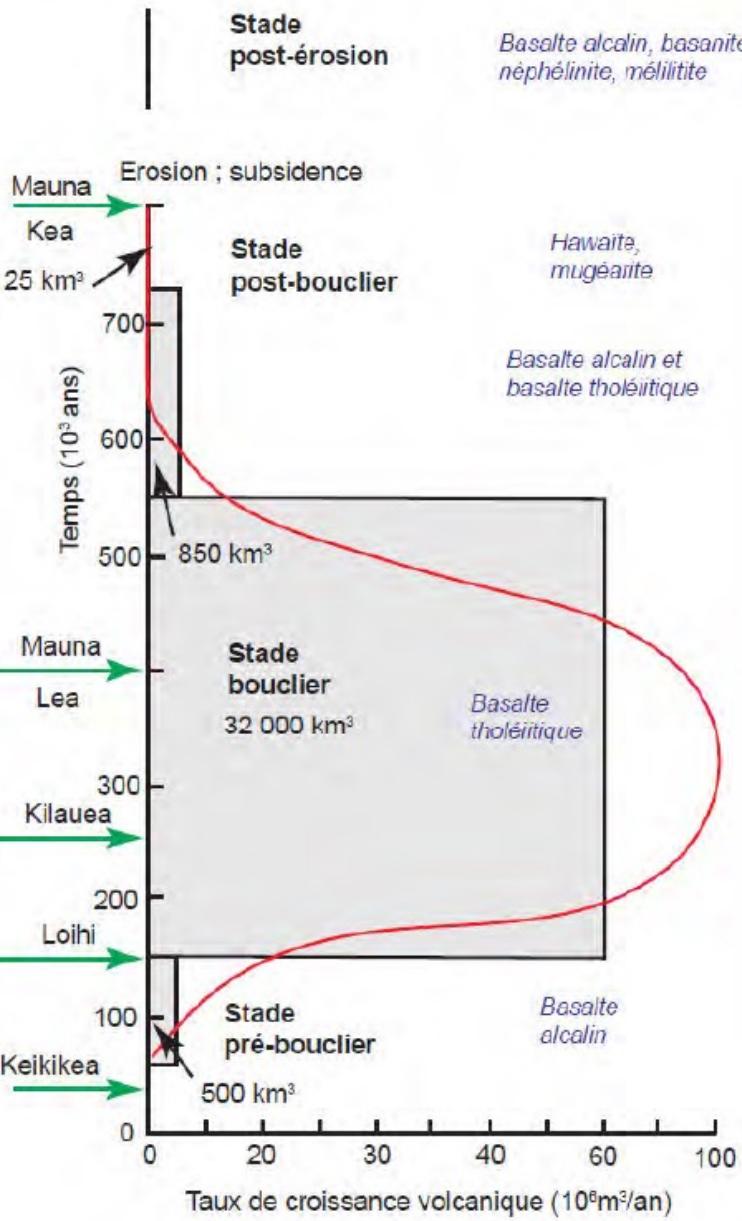
CP4. mugéarite, coulée du Pariou. Bonnabry près d'Orcines

CP5. benmoréite = "pierre de Volvic". coulée du Puy de la Nugère. Le Cratère (Volvic).

CP5. schmoltzite = "pierre de Vervie", coulée du Puy de la Nugere, Le Cantal

CP6. schiste = "dôme à amphibole", sommet du dôme du Cherval

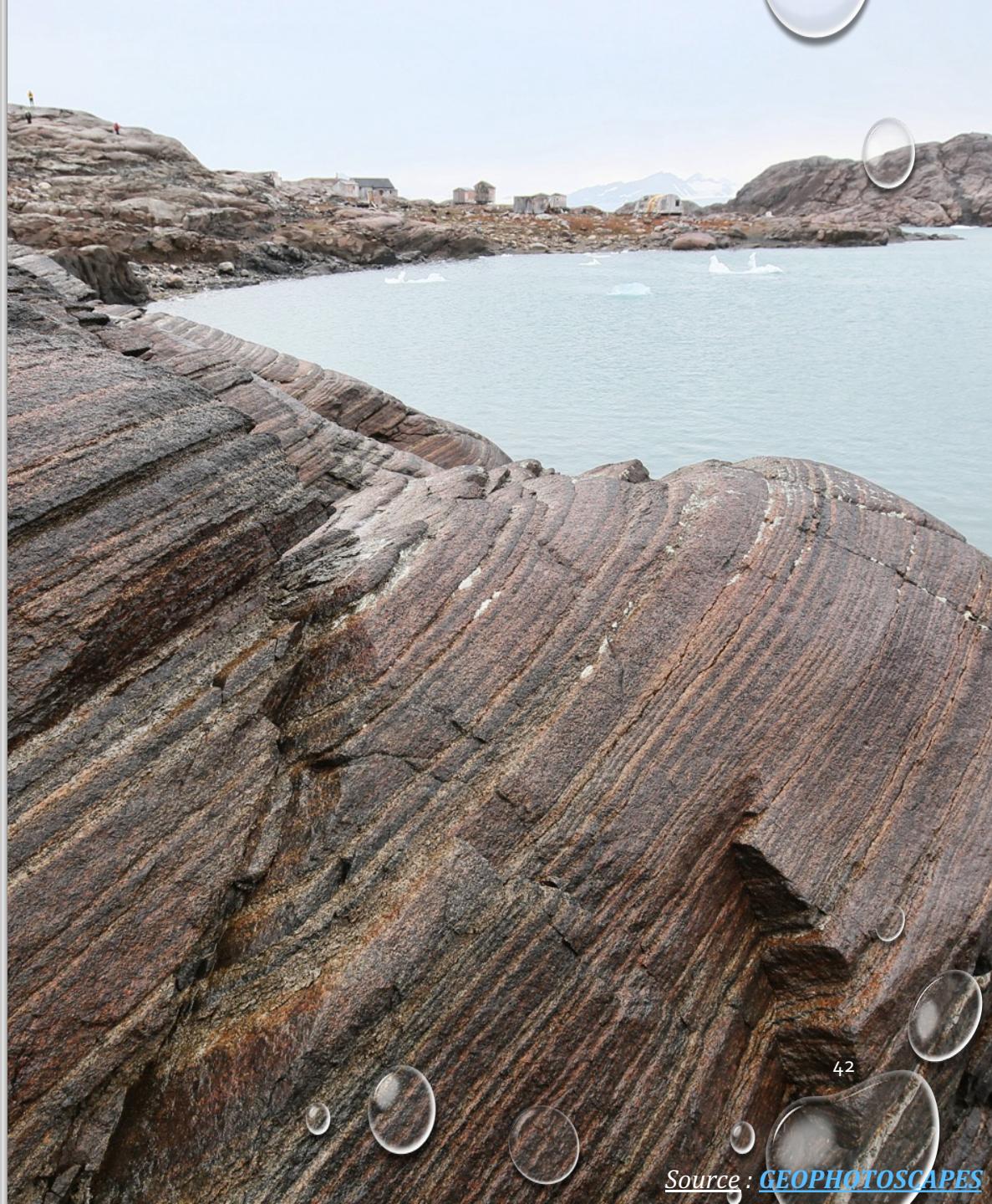




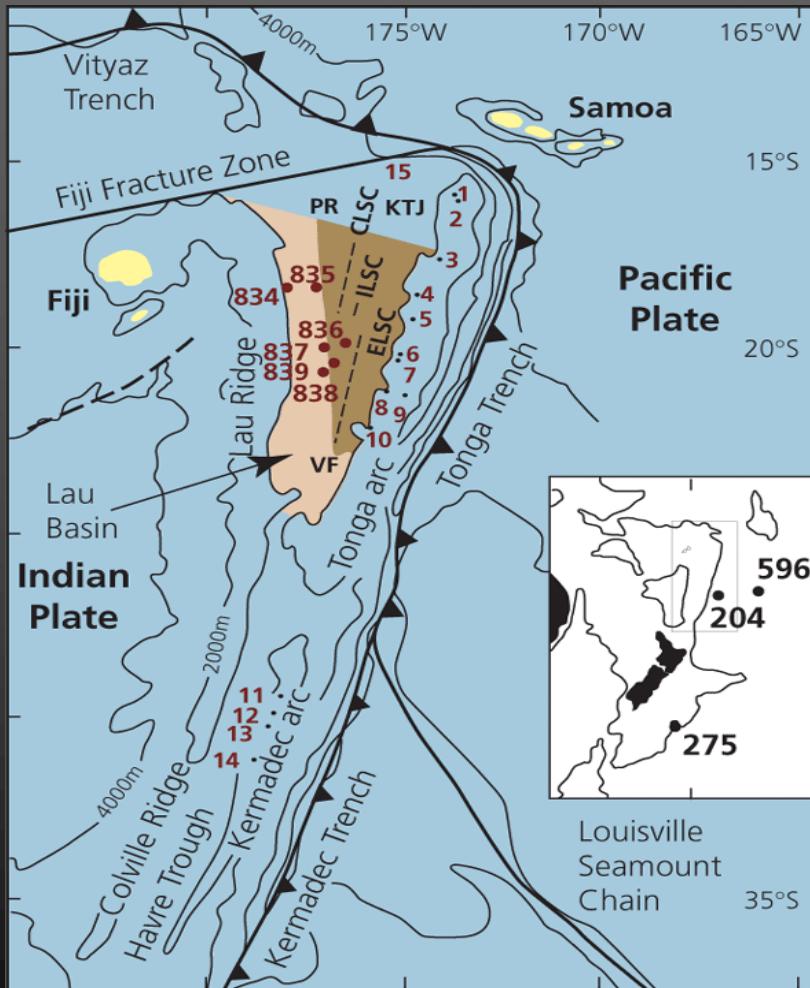
La différenciation dans une série magmatique → mise en évidence des séries

La série calco-alcaline

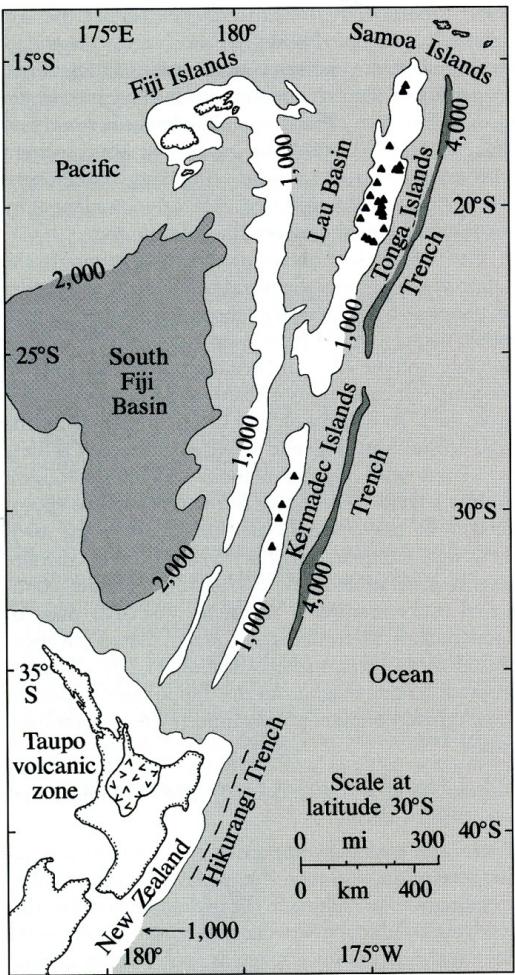
Le magmatisme des zones
de subduction



La zone Tonga-Kermadec

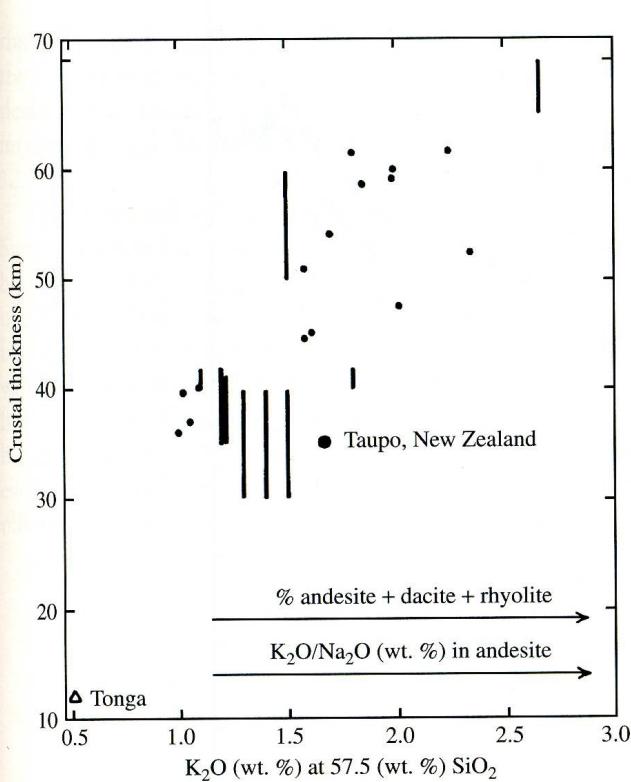
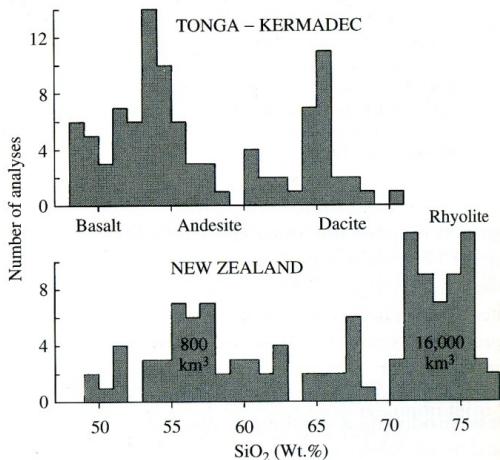


(a)



12.26 Tonga-Kermadec-New Zealand volcanic arc and arc rocks in the southwestern Pacific. (a) Volcanic islands indicated by filled triangles. Bathymetric contours are in fathoms (1 fathom = 1.83 m). For a more detailed, larger-scale map of the North Island of New Zealand see Figure 13.27. (b) Frequency distribution of silica in analyzed rocks from the Tonga-Kermadec island arc and from the North Island of New Zealand. Tonga is chiefly basalt and andesite; sparse dacite is overrepresented. In New Zealand, rhyolite is estimated to be about 20 times more voluminous than andesite. (Redrawn from Ewart et al., 1977.)

(b)

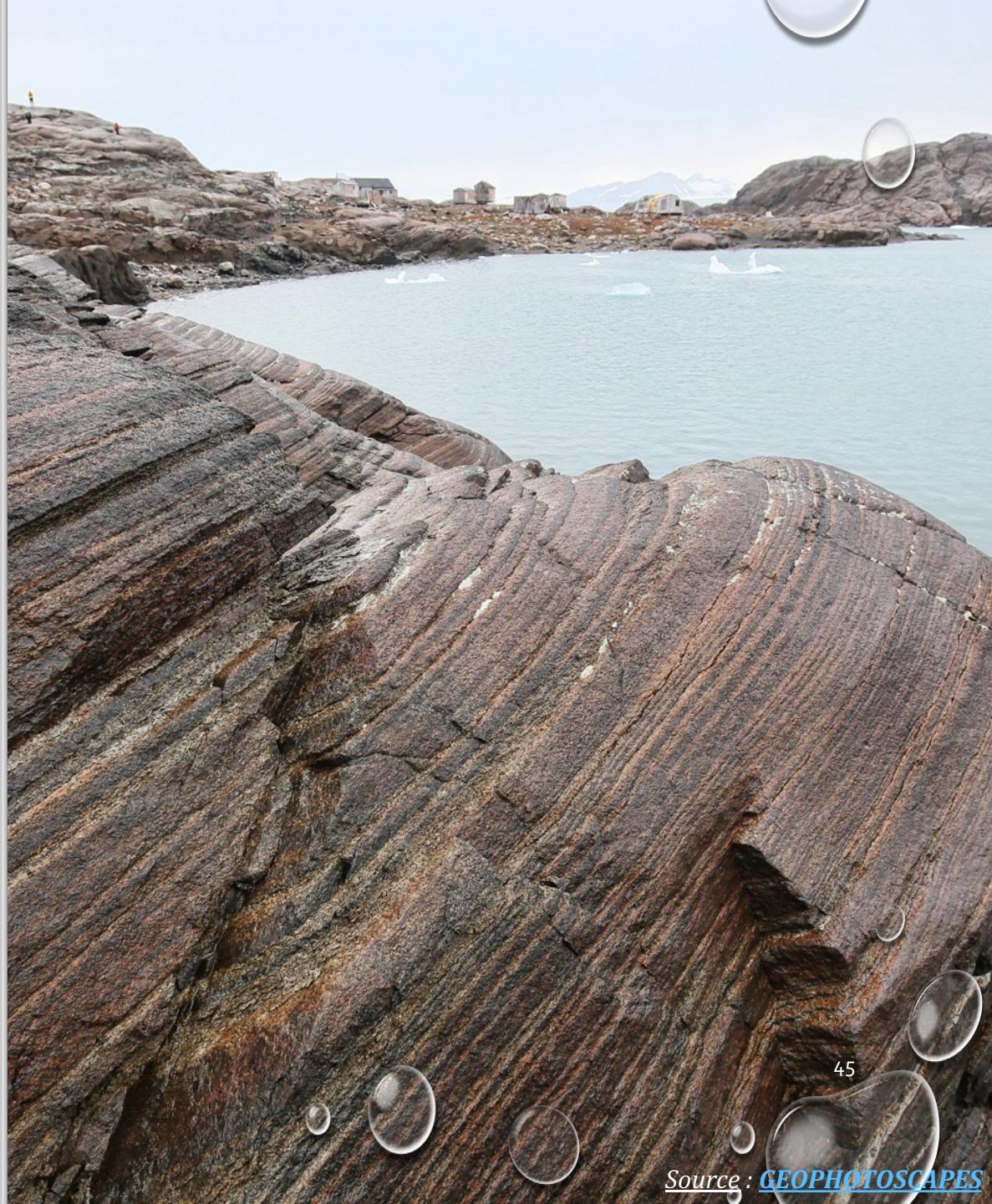


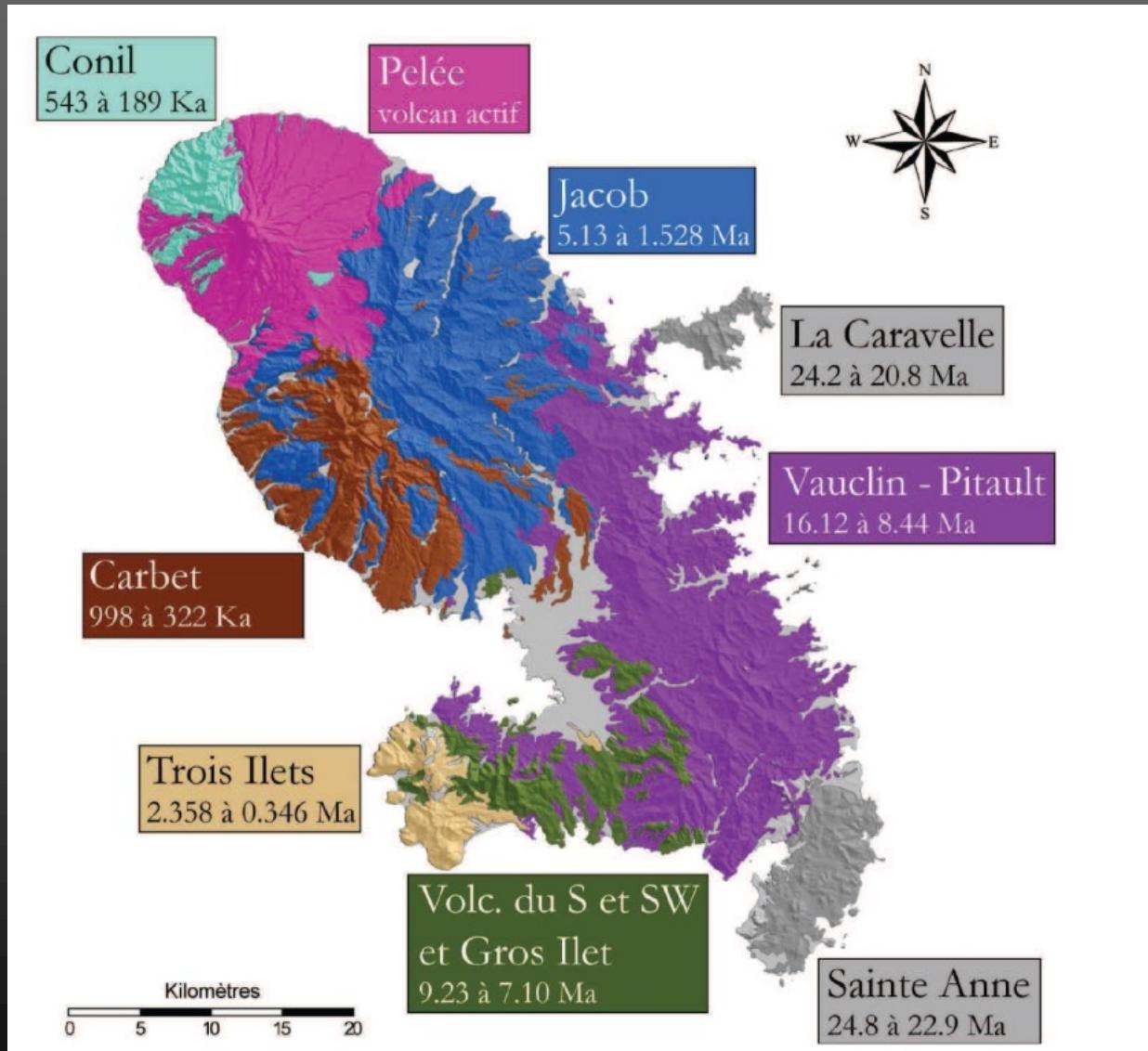
12.27 Correlation between thickness of continental crust (>30 km) and compositional parameters. The graphed parameter is the concentration of K₂O at 57.5 wt.% SiO₂ from a best-fit line through a K₂O versus SiO₂ wt.% variation diagram for a rock suite; for example, values of K₂O at 57.5 wt.% SiO₂ for the New Zealand suite and, for comparison, the Tonga suite are taken from Figure 2.18. Bars in diagram indicate variable crustal thickness for the K₂O value. Two other parameters not graphed also show a positive correlation with crustal thickness; these are the K₂O/Na₂O in andesite (57–63 wt.% SiO₂) and the proportion of andesite + dacite + rhyolite to basalt. (Data from Leeman, 1983; Hildreth and Moorbat, 1988.)

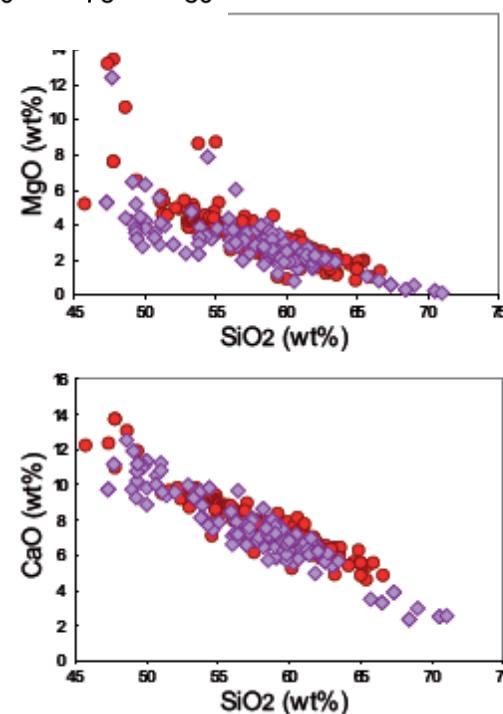
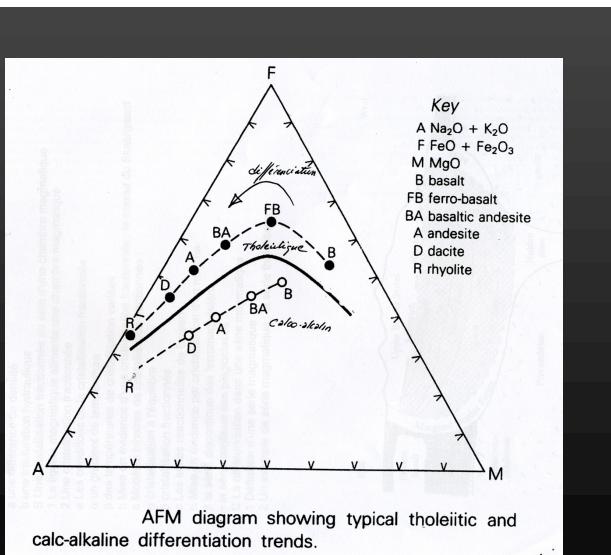
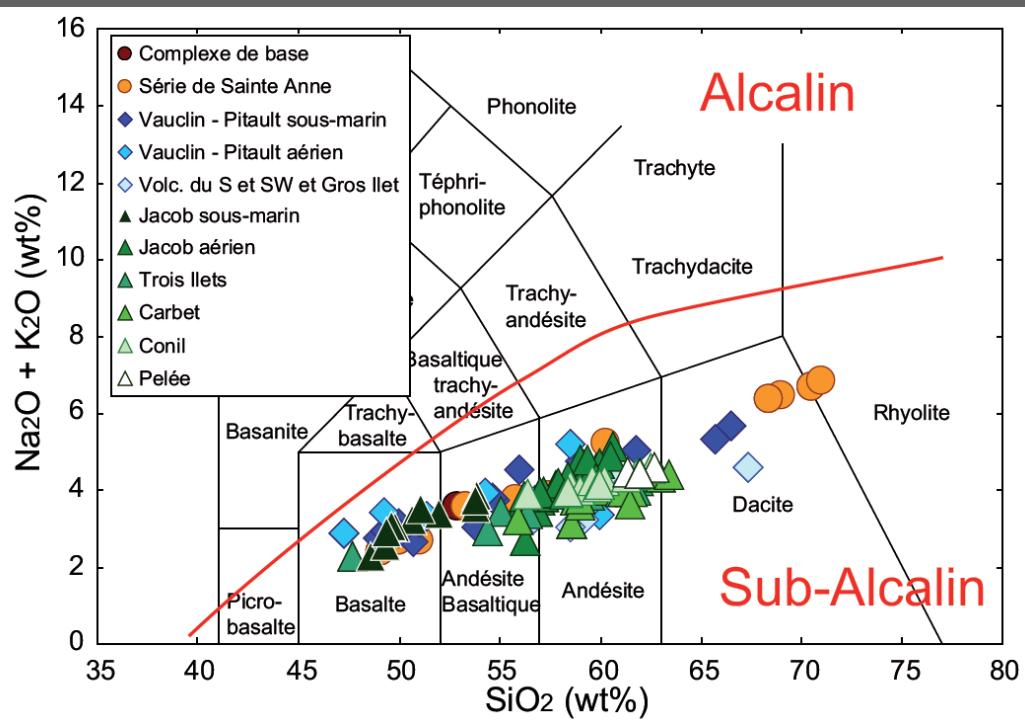
La différenciation dans une série magmatique → mise en évidence des séries

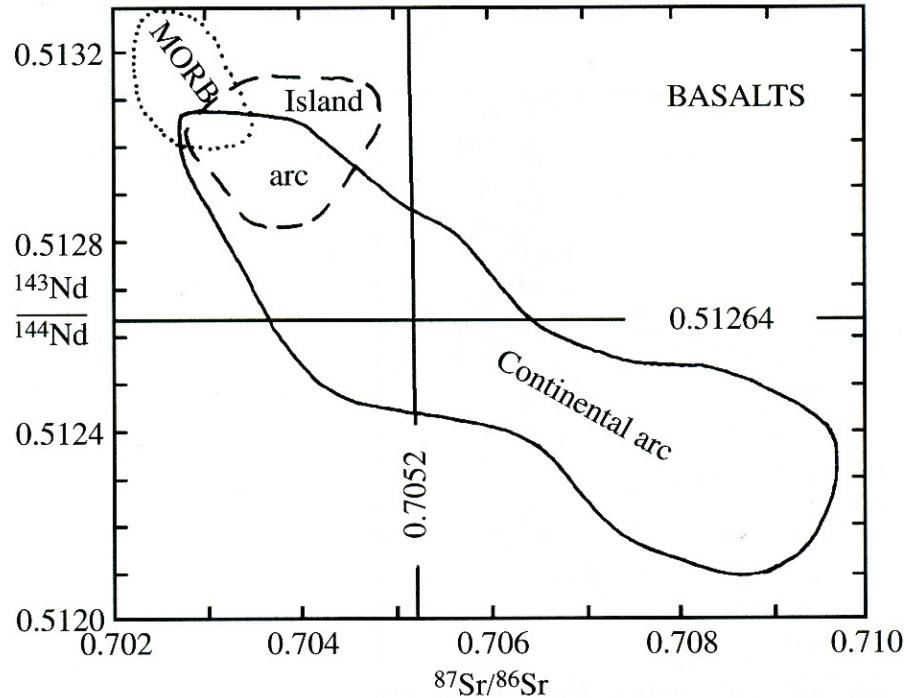
La série calco-alcaline

Une diversité des processus de contamination : l'exemple de la Martinique

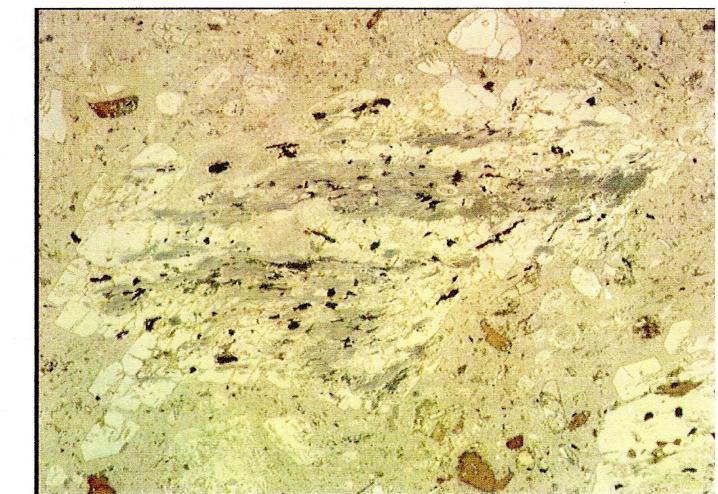






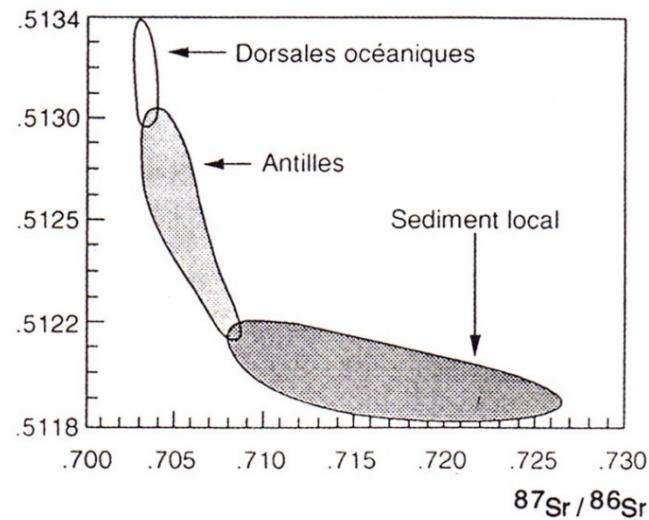


Nd and Sr isotope ratios in arc basalts compared to MORB. Basalts from western Pacific island arcs are slightly more radiogenic than MORB because of the slab-derived aqueous fluid component, whereas continental arc basalts (Japan, Philippines, New Zealand, Ecuador, Central America, Lesser Antilles) range to much more radiogenic ratios because of interaction with highly radiogenic old continental crust in which $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ can be 0.510 and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0.900. (Redrawn from Tatsumi and Eggins, 1995.)

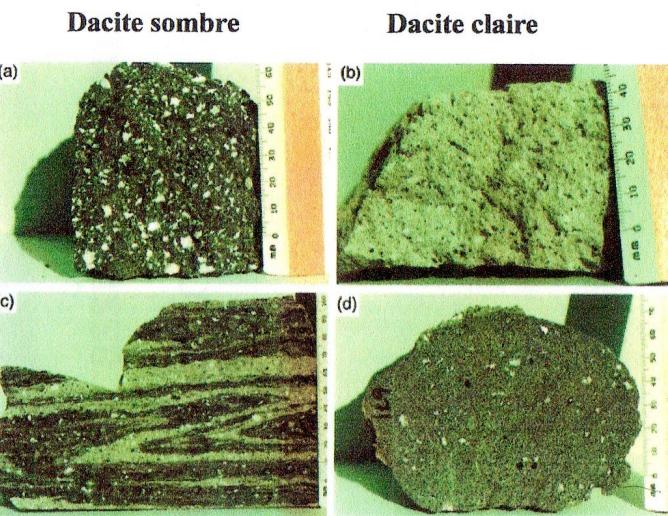


Enclave de socle partiellement assimilée dans une dacite (arc d'Ambon, Indonésie)

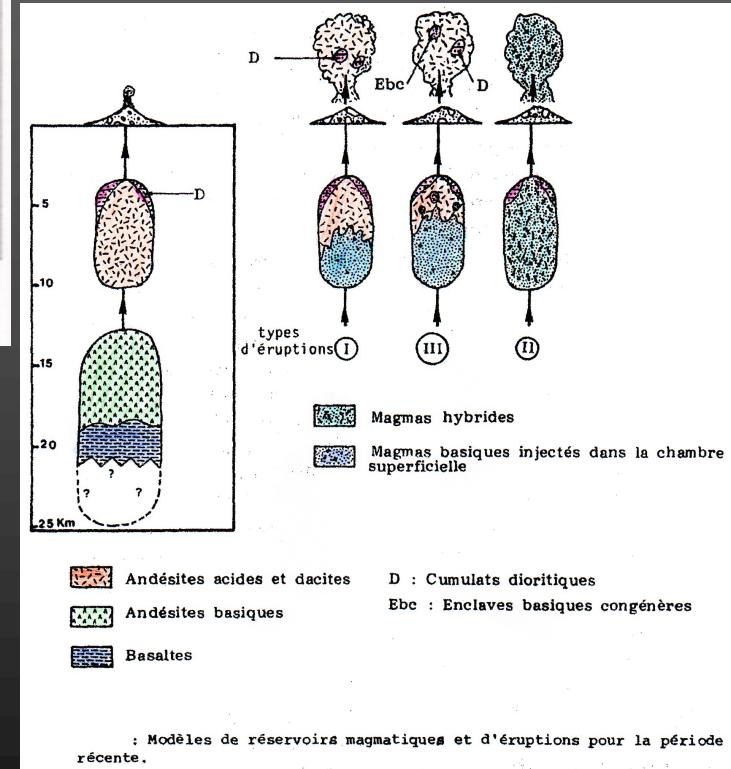
$^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd}$

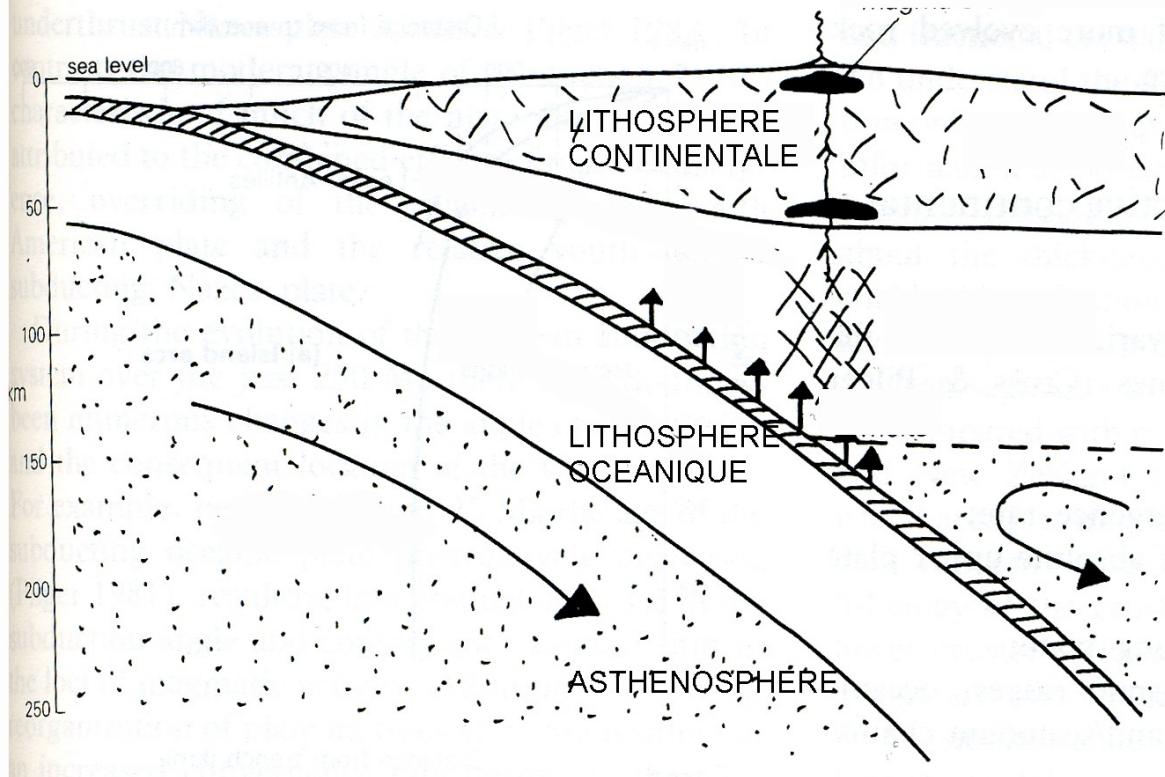


Dans ce diagramme, les basaltes antillais se situent entre les sédiments océaniques du prisme d'accrétion et les basaltes des dorsales : cette position intermédiaire atteste d'une contamination par les sédiments subductés (d'après B. Dupré)



D'après Clyne, 1999





CHAMBRE MAGMATIQUE
CRISTALLISATION
FRACTIONNÉE

CONTAMINATION

ZONE DE FUSION
PARTIELLE

CONTAMINATION
PAR LES FLUIDES
DE LA PLAQUE SUBDUISE

