



Stage « SYSTEME TERRE et SYSTEMES SOLAIRES : AUX ORIGINES DE LA VIE »

20 et 21 janvier 2010

ACADEMIE DE VERSAILLES

PROGRAMME

Mercredi 20 janvier 2010

- **Accueil 9h30** : Bâtiment de la Baleine (Salle Baleine 4) 57 rue Cuvier Paris 75005
- **9h30-9h45** : accueil-café et présentation du stage
- **9h45-12h30**
 - 9h45-11h00 « Les météorites, des témoins de la formation des planètes » par Brigitte ZANDA (maître de conférence MNHN)
 - 11h00-12h30 « Voyage au centre de la Terre ; paysages chimiques et minéralogiques » par Violaine SAUTTER (DR CNRS)

Repas

- **13h30-17h00**
 - 13h30-15h00 « La formation des étoiles et des exoplanètes » par Matthieu GOUNELLE (professeur MNHN).
 - 15h15-16h00 « La matière organique dans les météorites » par Laurent Rémusat (CR CNRS)
 - 16h15-17h00 « Histoire des idées sur les origines de la vie » par Florence RAULIN-CERCEAU (maître de conférence MNHN)

Jeudi 21 janvier 2010

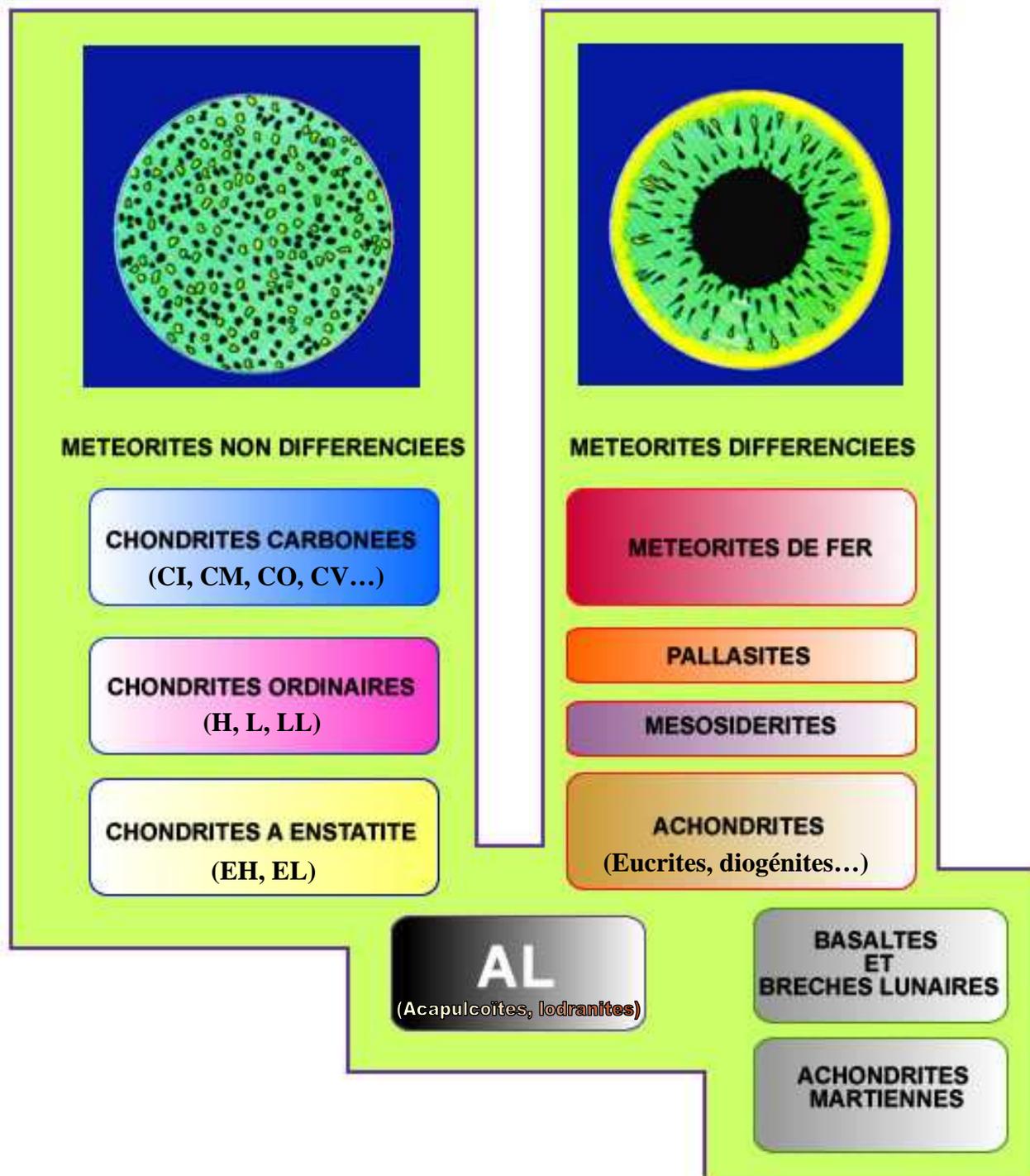
- **Accueil 9h30** : Préfabriqués (Salle de TP 'Sep') dans la cour au 45 rue Buffon 75005 Paris
- **9h45-12h00**
 - « Roches terrestres et extra-terrestres » Atelier-conférence de Brigitte ZANDA sur les bases de la classification des différentes météorites. Présentation d'échantillons macroscopiques. Ressources pour comprendre la composition chimique de la Terre à partir des météorites
- L'utilisation du MEB en Sciences de la Terre et pour les météorites par Sylvain Pont (Assistant ingénieur MNHN).

Repas

- **13h30-17h00** Atelier d'observation et d'analyse comparative de lames minces de roches terrestres et extra-terrestres avec Brigitte ZANDA, Violaine SAUTTER et Céline DEFOUILLOY (moniteur docteur).
- Découverte des instruments de pointe utilisés pour étudier les météorites : Nanosims (Laurent Rémusat) et MEB (Sylvain PONT, assistant-ingénieur)
Ressources pour comprendre la composition chimique de la Terre à partir des météorites.
- Bilan du stage – fiches d'évaluation

POLY : Classification et clé de détermination pour les météorites
Le MEB en Sciences de la Terre et la composition chimique des chondrites

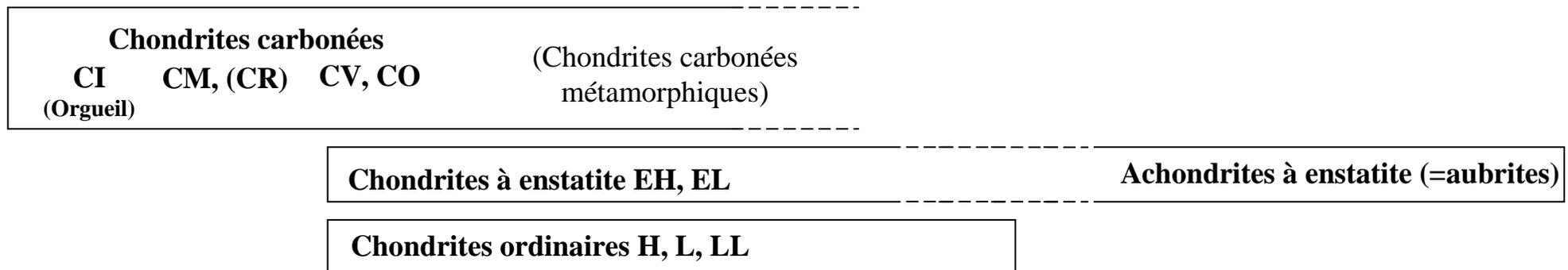
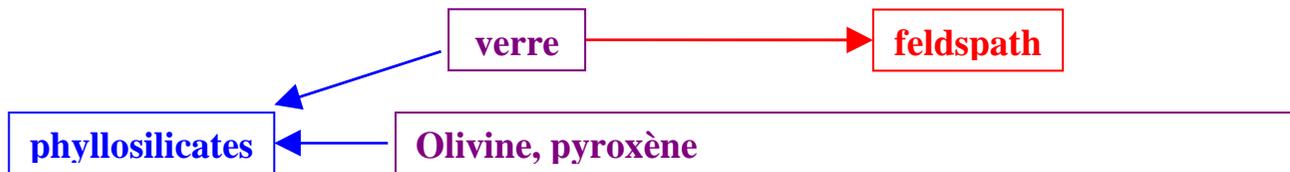
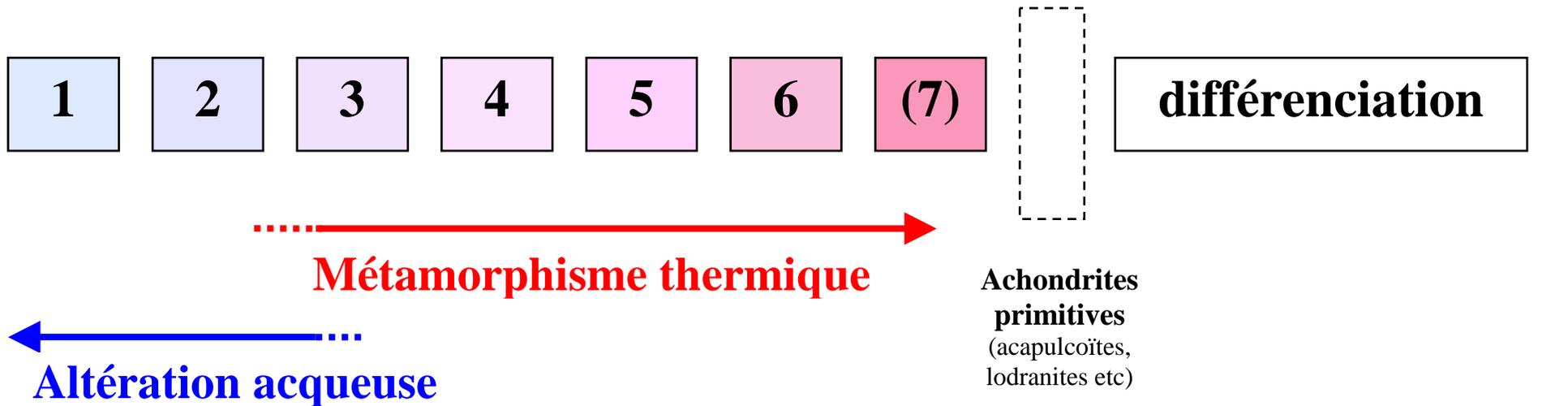
Classification des météorites



Note : Les termes tels que « aérolithe », « lithosidélite » etc et même « météorites de pierre » sont à prescrire. Ils sont désuets et engendrent la confusion puisqu'ils regroupent des objets dont on sait maintenant qu'ils ont une origine très différente (par exemple, les aérolithes ou météorites de pierre regroupent les météorites non différenciées avec des météorites différenciées).

Les types pétrographiques des chondrites

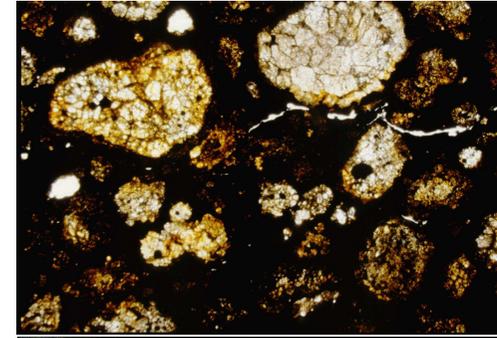
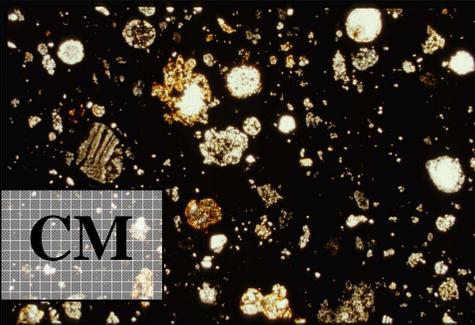
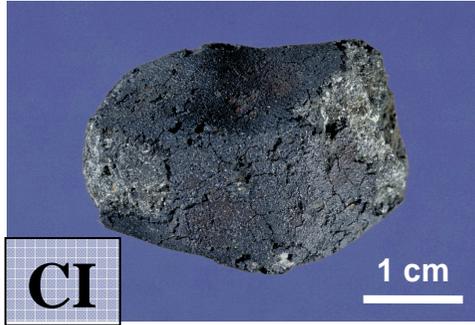
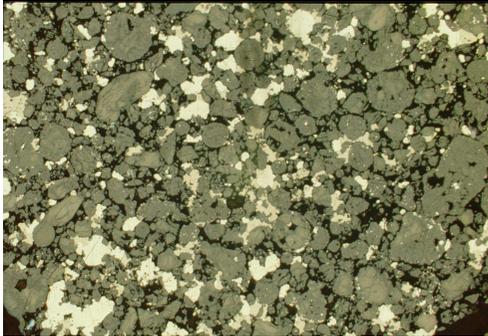
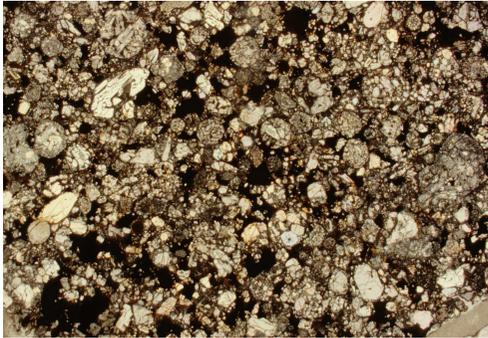
(qualifient l'intensité du métamorphisme thermique – anhydre et de l'altération acqueuse sur les « astéroïdes-parents »).



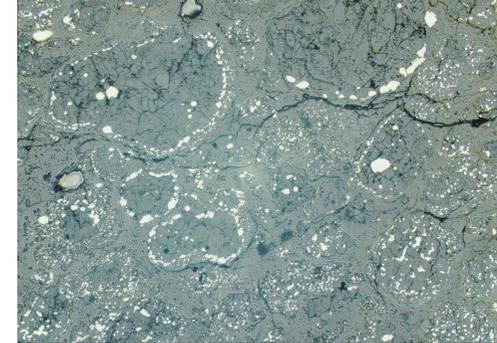
Chondrites ordinaires

Chondrites carbonées

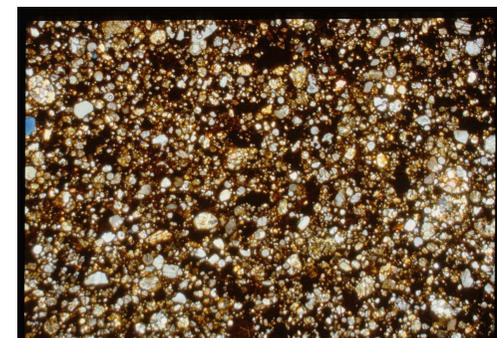
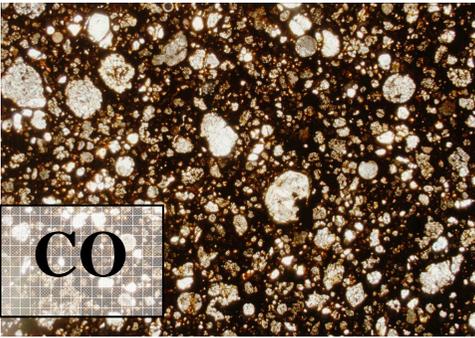
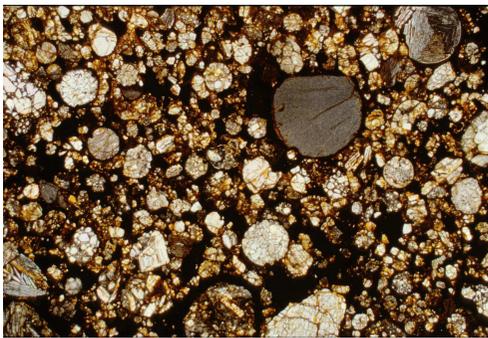
H



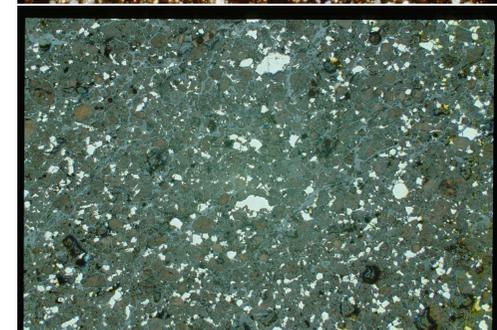
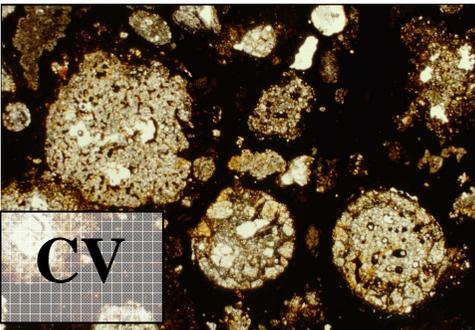
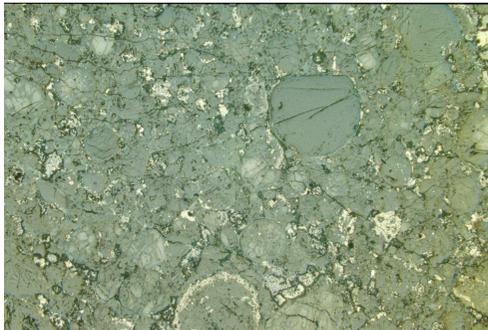
CR



L



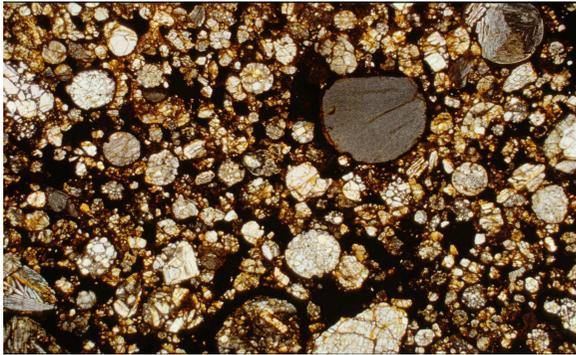
CH



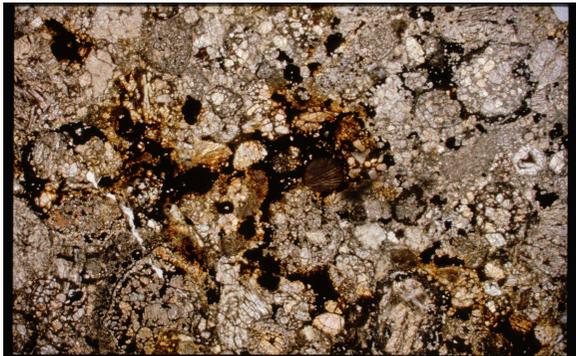
2 mm

**Transformations
métamorphiques
dans les
chondrites
(ordinaires)**

L3



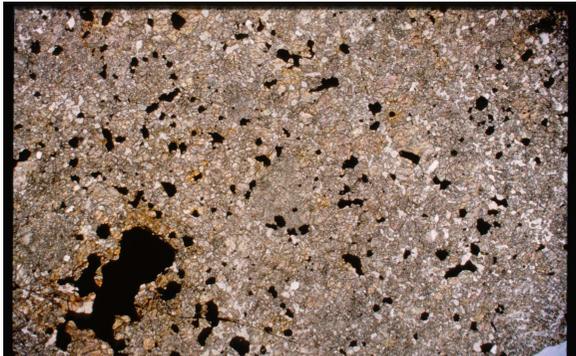
L4



L5



L6



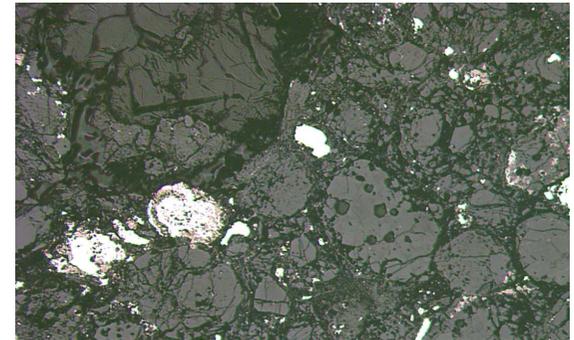
*En lumière
réfléchie
x50*

600 μ m

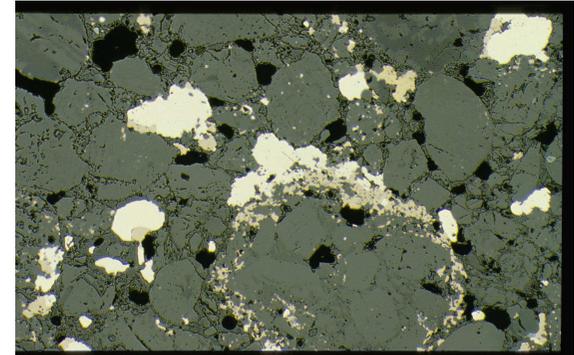
*En lumière
transmise
x15*

2 mm

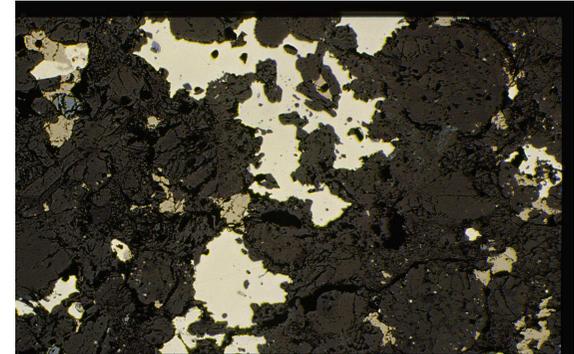
H3



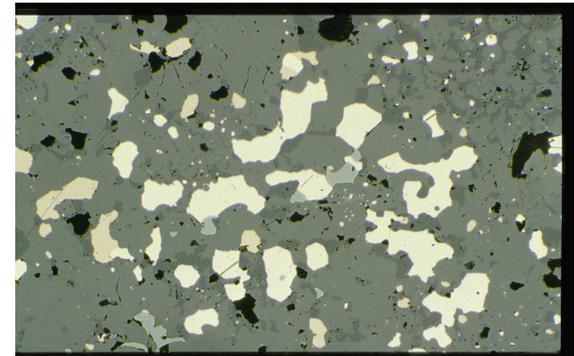
H4



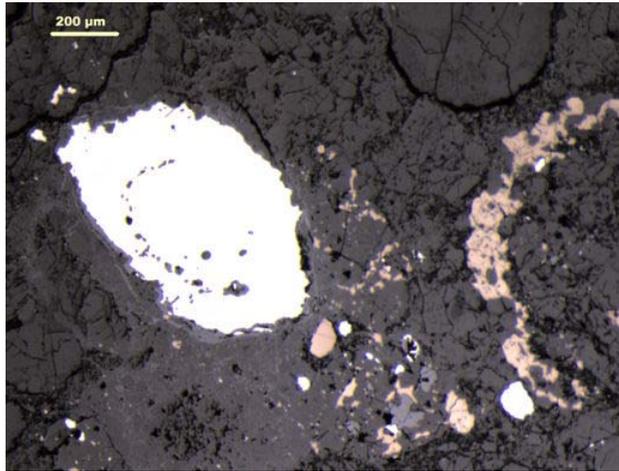
H5



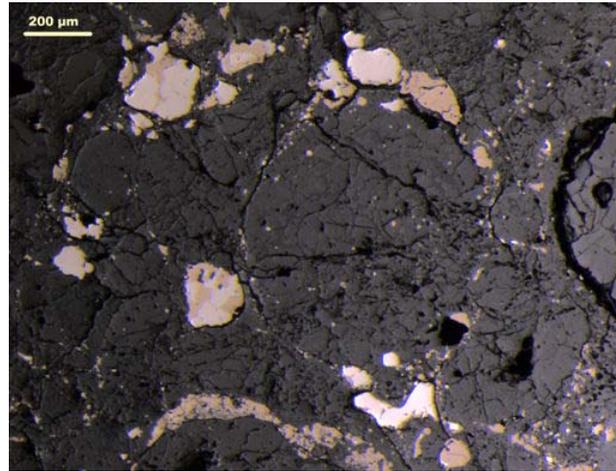
H6



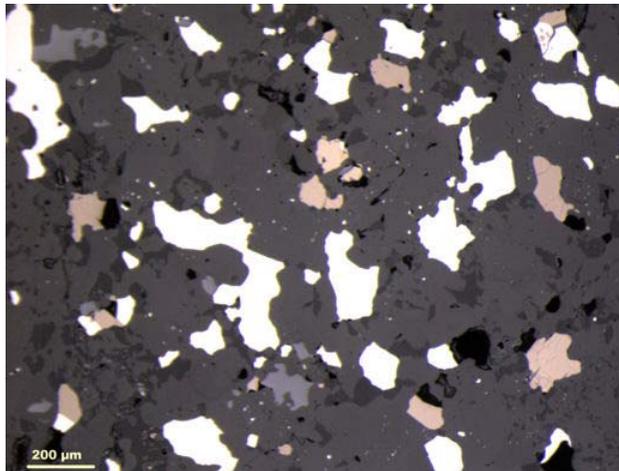
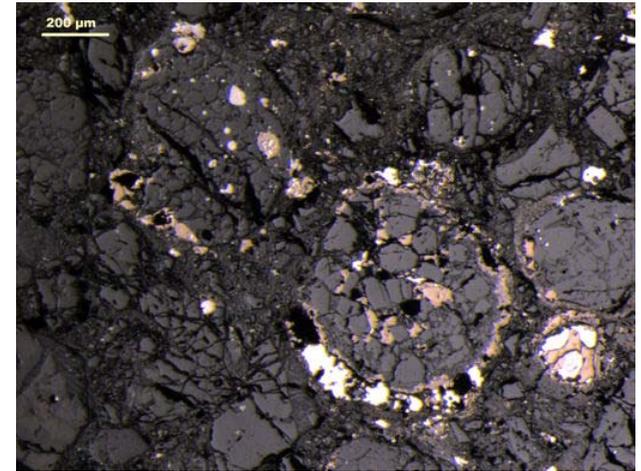
H3



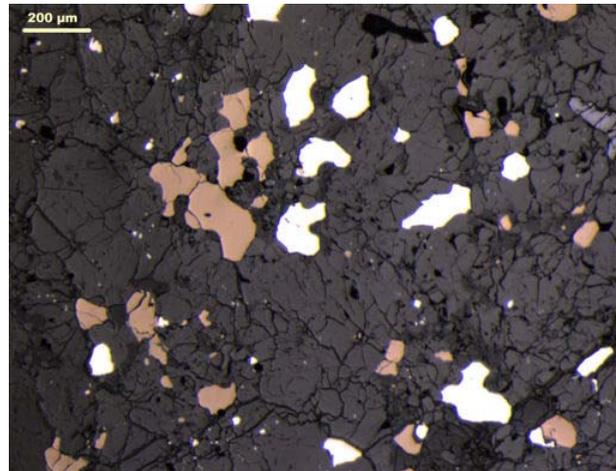
L3



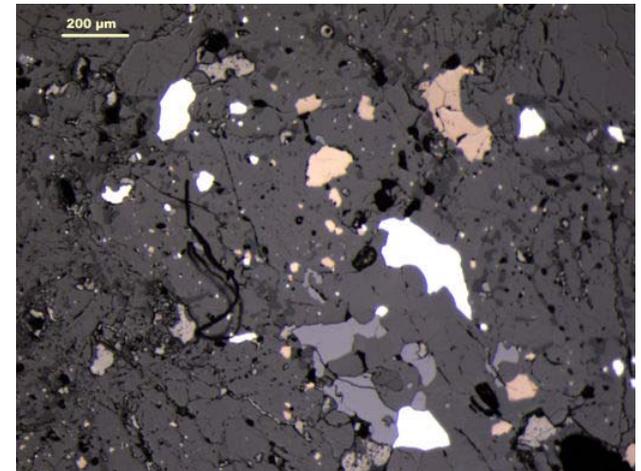
LL3



H6



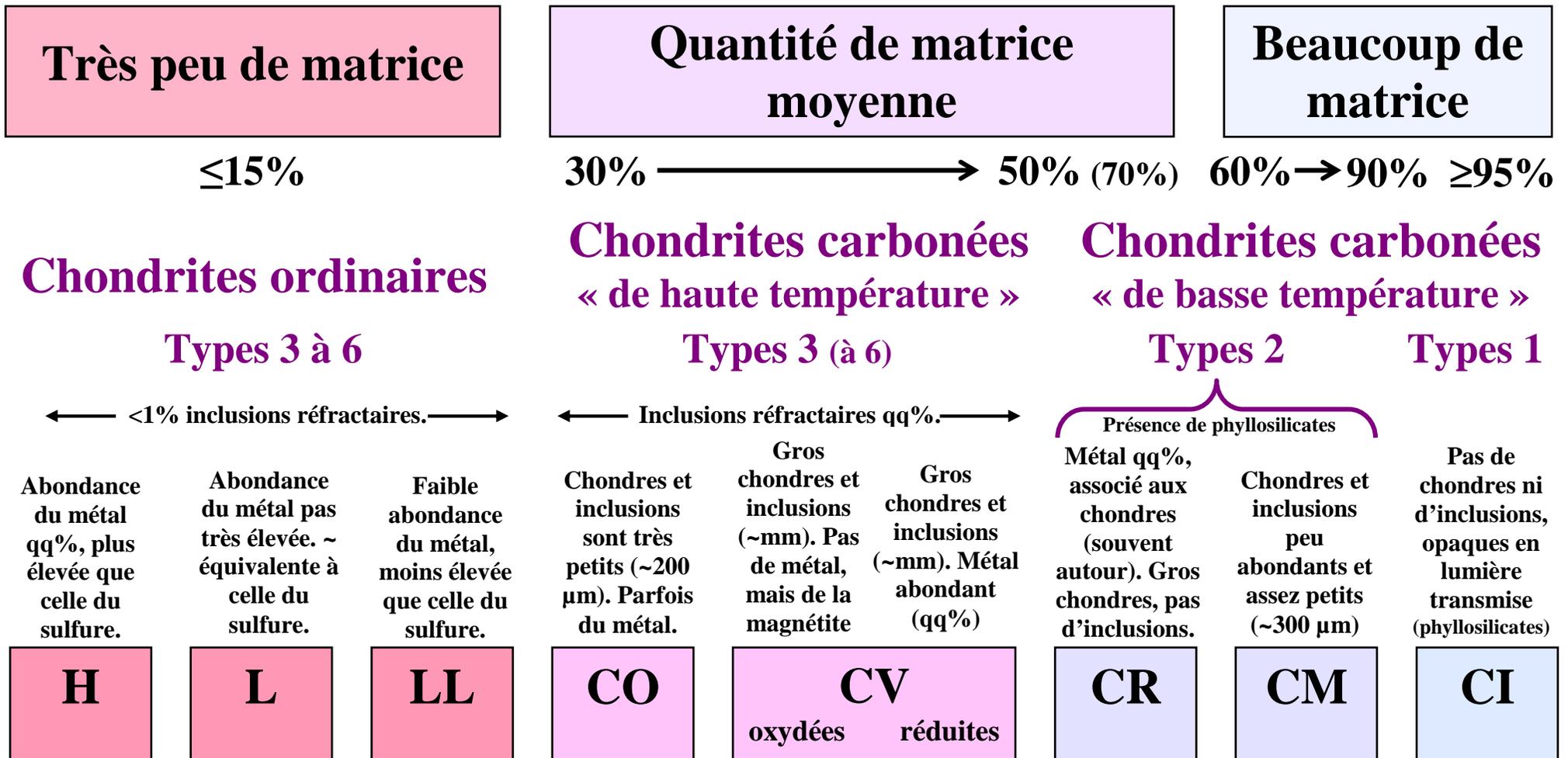
L6



LL6

Sur ces vues en réflexion, les silicates apparaissent gris terne ± foncé (les « trous » sont noirs). Les minéraux opaques renvoient la lumière: le métal est blanc, le sulfure ocre et les chromites gris rosé.

Clé de détermination des chondrites ordinaires et carbonées



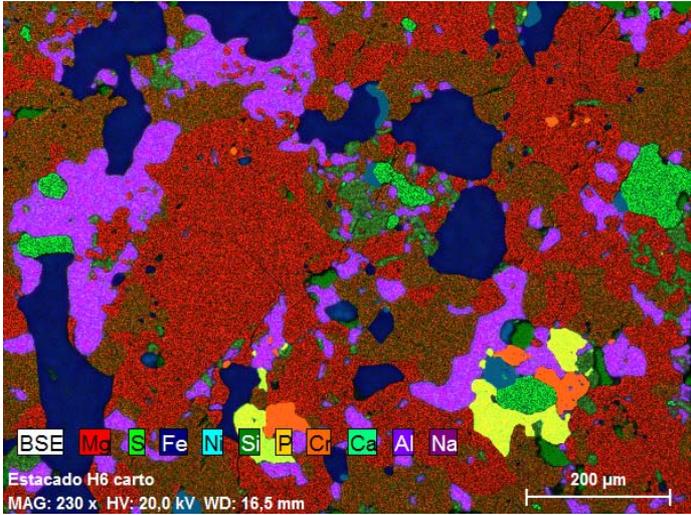
- Types 3** Chondres bien individualisés. Métal et sulfures finement associés, dans des globules, souvent liés aux chondres
- Types 4** Chondres toujours visibles. Métal et sulfures plus séparés
- Types 5** Chondres effacés. Gros grains d'opaques à contour fractal
- Types 6** Qq fanômes de chondres slt. « Pavage » bien « rangé », opaques en grains séparés, répartis de manière homogène et à contour « lisse ».

➤ Les groupes à savoir reconnaître : chondrites ordinaires H, L et LL + carbonées CV. A la rigueur CO et CM. Connaître l'existence et les particularités des CI.

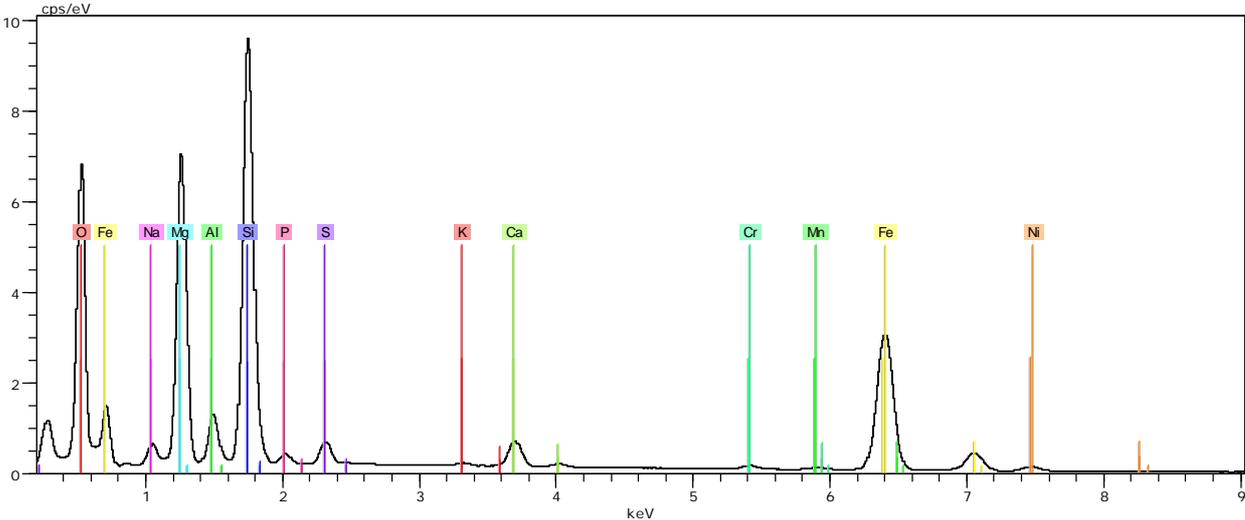


Rapport de séance

Zones d'intérêt, analyses EDS et cartographies X



Cartographie de rayons X représentant la répartition des éléments mentionnés ci-après au sein de la zone d'analyse : magnésium, soufre, fer, nickel, silicium, phosphore, chrome, calcium, aluminium et sodium. Cette image est obtenue par superposition du cliché en électrons rétrodiffusés avec les cartes de répartition élément par élément.



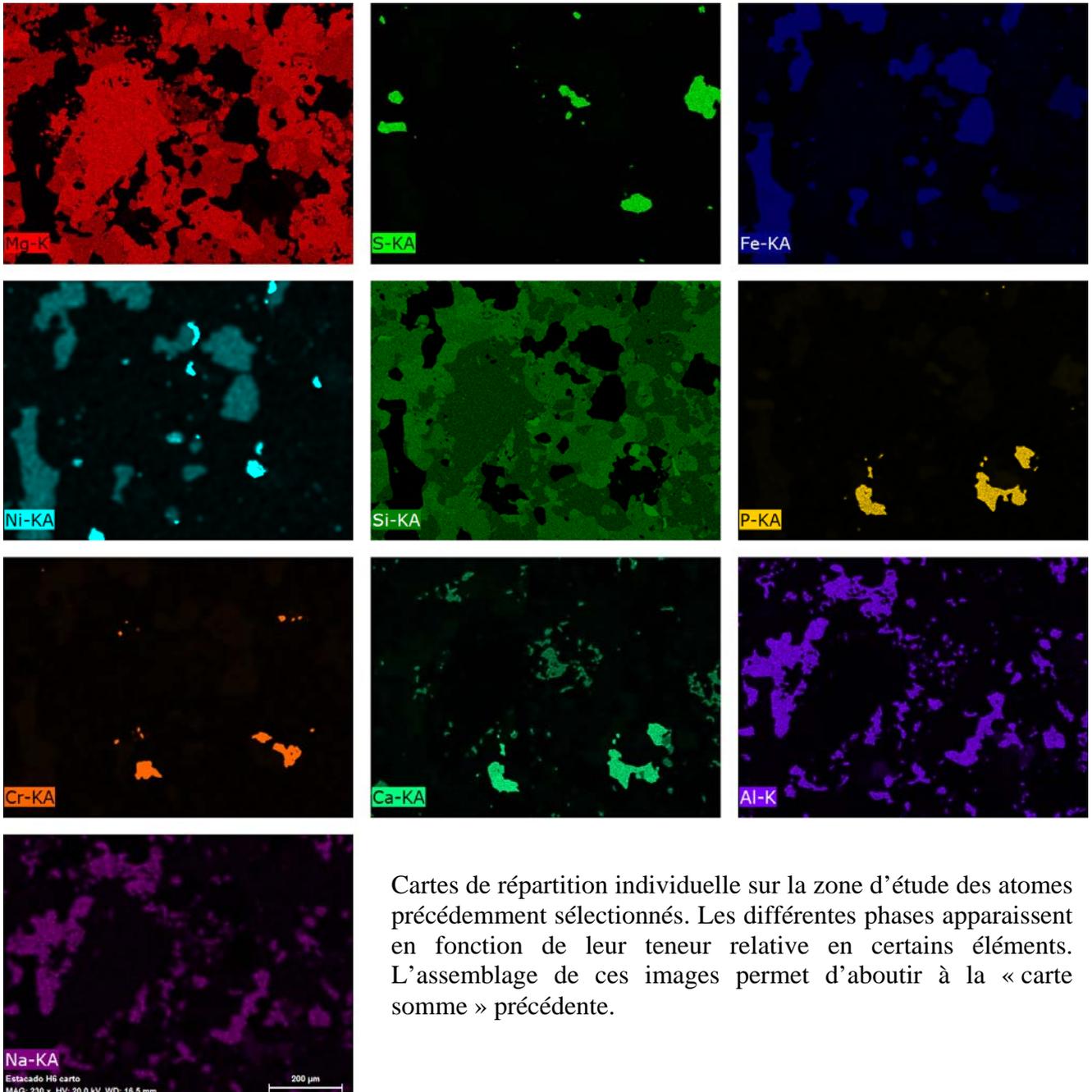
Spectre somme Date: 11/09/2009 16:15:37 HV: 20,0kV Puls th.: 5,00kcps

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
O	8	K-series	25,19	25,87	42,27	2,7
Na	11	K-series	1,94	1,99	2,26	0,1
Mg	12	K-series	17,16	17,62	18,95	1,0
Al	13	K-series	2,79	2,87	2,78	0,2
Si	14	K-series	17,97	18,46	17,18	0,8
P	15	K-series	0,61	0,62	0,53	0,0
S	16	K-series	1,18	1,21	0,99	0,1
K	19	K-series	0,14	0,14	0,10	0,0
Ca	20	K-series	1,87	1,92	1,25	0,1
Cr	24	K-series	0,43	0,44	0,22	0,0
Mn	25	K-series	0,26	0,26	0,13	0,0
Fe	26	K-series	26,53	27,25	12,75	0,7
Ni	28	K-series	1,30	1,34	0,60	0,1
Total:			97,36	100,00	100,00	



Rapport de séance

Zones d'intérêt, analyses EDS et cartographies X

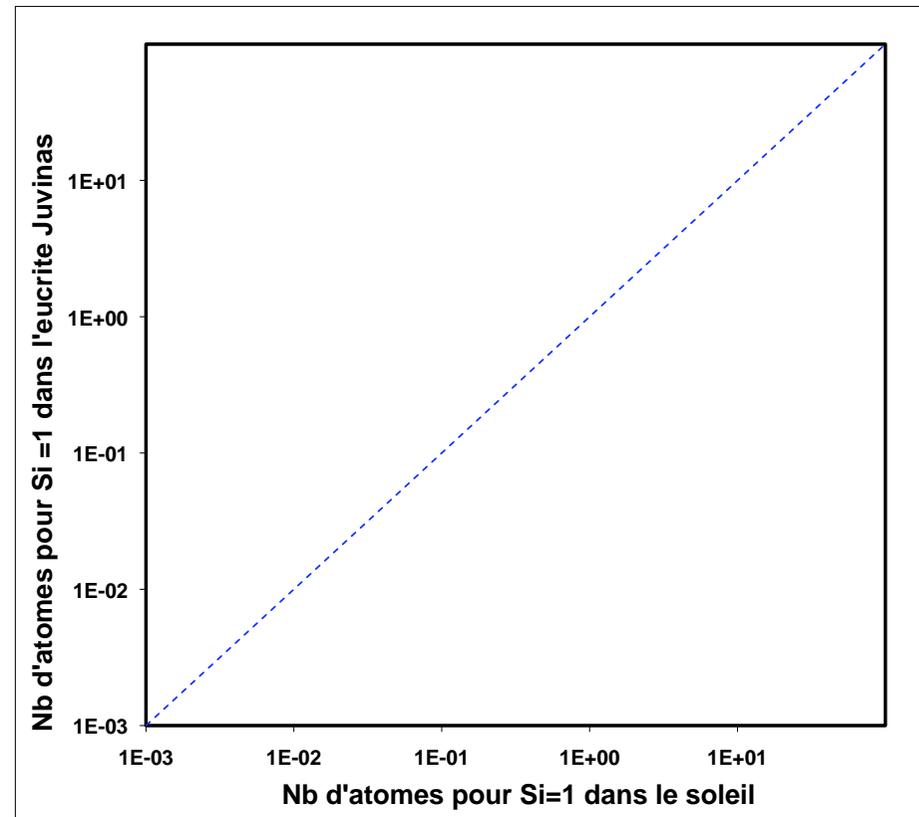
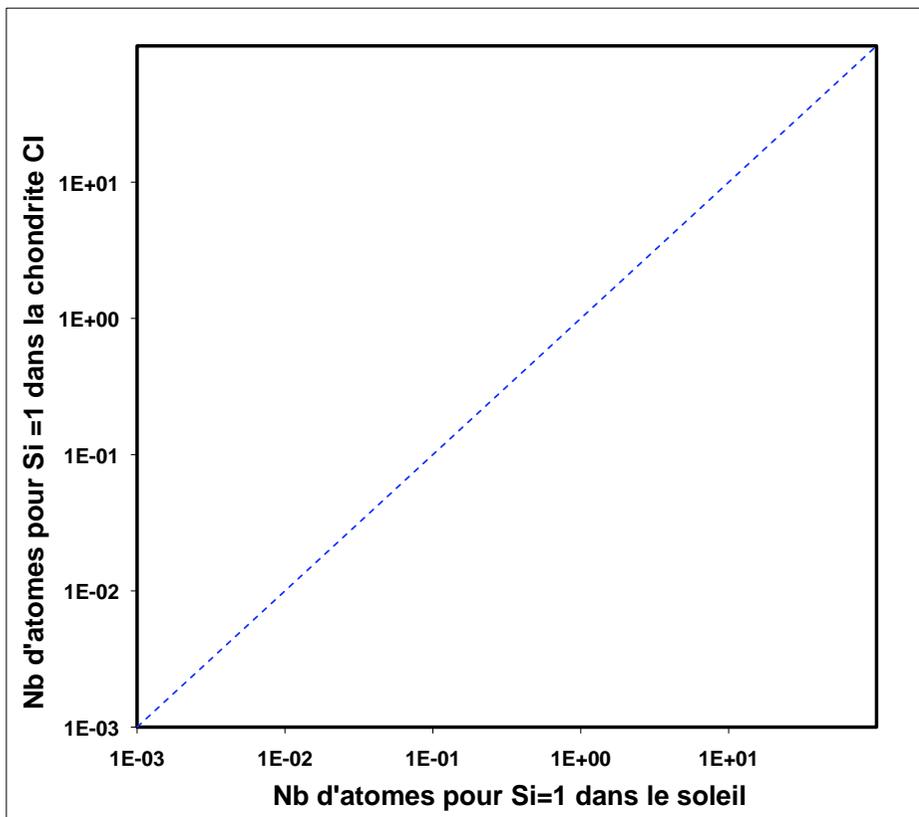


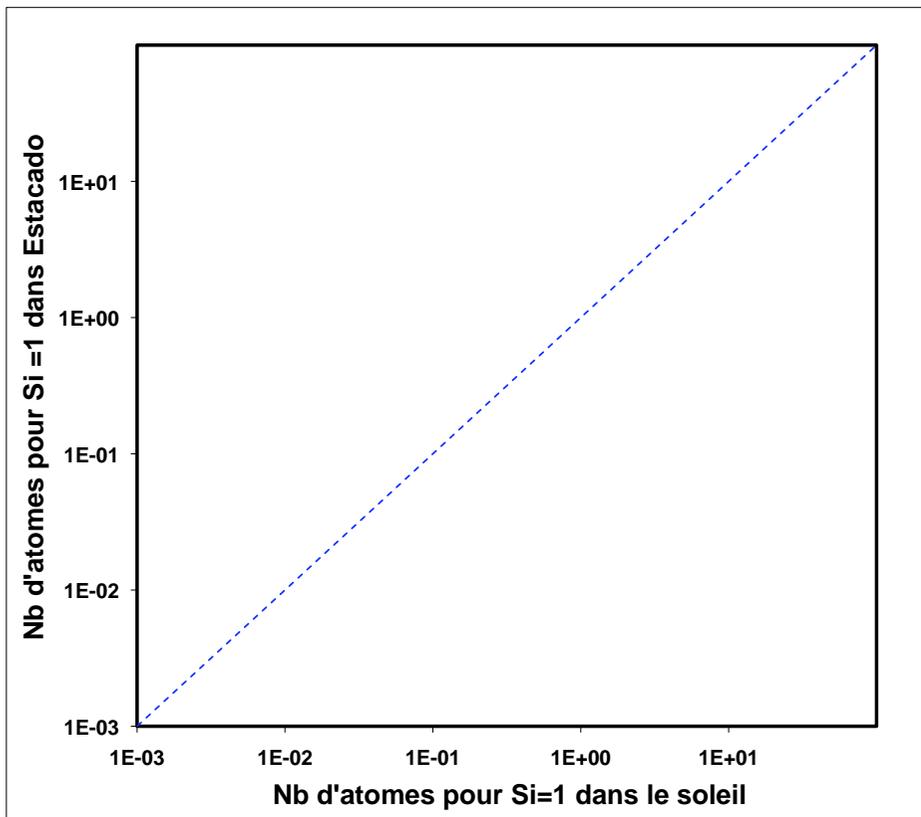
Cartes de répartition individuelle sur la zone d'étude des atomes précédemment sélectionnés. Les différentes phases apparaissent en fonction de leur teneur relative en certains éléments. L'assemblage de ces images permet d'aboutir à la « carte somme » précédente.

N° at	élt	Soleil	Orgueil (littérature*)	Juvinas (littérature*)	Estacado (résultats EDS)			
		Nb at pour Si = 1 soleil	%at	Orgueil nb at pour Si=1	%at	Juvinas nb at pour Si=1	%at	Estacado nb at pour Si=1
8	O	1.41E+01	4.39E+01	7.66E+00		4.23E+01	2.46E+00	
11	Na	4.57E-02	3.30E-01	5.74E-02	8.06E-01	1.70E-02	2.26E+00	1.32E-01
12	Mg	1.05E+00	6.05E+00	1.05E+00	1.01E+01	2.12E-01	1.90E+01	1.10E+00
13	Al	7.24E-02	4.86E-01	8.46E-02	1.48E+01	3.13E-01	2.78E+00	1.62E-01
14	Si	1.00E+00	5.74E+00	1.00E+00	4.74E+01	1.00E+00	1.72E+01	1.00E+00
15	P	7.08E-03	4.65E-02	8.10E-03	7.48E-02	1.58E-03	5.23E-01	3.05E-02
16	S	4.27E-01	2.56E+00	4.45E-01	2.71E-01	5.72E-03	9.86E-01	5.74E-02
19	K	3.72E-03	2.13E-02	3.71E-03	4.86E-02	1.03E-03	9.36E-02	5.45E-03
20	Ca	6.31E-02	3.50E-01	6.10E-02	1.11E+01	2.34E-01	1.25E+00	7.29E-02
24	Cr	1.35E-02	7.72E-02	1.35E-02	1.98E-01	4.19E-03	2.21E-01	1.29E-02
25	Mn	7.59E-03	5.35E-02	9.32E-03	4.26E-01	8.99E-03	1.24E-01	7.20E-03
26	Fe	8.71E-01	4.94E+00	8.60E-01	1.44E+01	3.04E-01	1.28E+01	7.42E-01
28	Ni	5.25E-02	2.84E-01	4.95E-02	3.95E-04	8.33E-06	5.97E-01	3.47E-02

*K Lodders, B. Fegley; in The Planetary Scientist's Companion

Comparez les abondances atomiques (en nombre d'atomes rapporté à Si=1) dans une chondrite CI, un basalte météoritique (eucrite de Juvinas) et la chondrite d'Estacado analysée au MEB-EDS





LA MICROSCOPIE ELECTRONIQUE A BALAYAGE

Résumé de la présentation du 21/01/10

Historique et échelle accessible

- 1935-1965 : les évolutions techniques
- champ d'application de la microscopie électronique : imagerie à petite échelle (nm)

L'interaction électron / matière

- Collisions élastiques : production d'électrons rétrodiffusés (haute énergie, contraste chimique)
- Collisions inélastiques : production d'électrons secondaires (faible énergie, topographie)

production de rayons X
(analyse chimique)

Le microscope électronique à balayage

- Le canon à électron : filament de tungstène, source thermoélectronique
- Les lentilles magnétiques : la force de Lorentz
- Les différents détecteurs de la chambre d'analyse : les détecteurs d'électrons SE et BSE (imagerie)
le spectromètre de rayons X (analyse chimique EDS)

La spectrométrie de rayons X

- L'émission radiative : désexcitation de l'atome, cascade électronique
- Le spectre d'émission : pics caractéristiques, rayonnement de freinage
- L'analyse semi-quantitative : traitement des spectres et facteurs de correction

La préparation des échantillons

- Microscopie électronique « conventionnelle » : échantillons conducteurs ou métallisés
- Microscopie électronique à pression contrôlée : échantillons précieux, fragiles ou hydratés
- Analyse chimiques élémentaires : échantillon plan, homogène et conducteur

Bilan

- structure des matériaux à petite échelle : contraste de Z, topographie, analyse chimique
- Des équipements « clé » et modulables