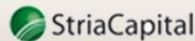


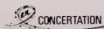
UQAM Février 2015

# Méthodes géochimiques de reconnaissance de l'altération et du métasomatisme en exploration minérale

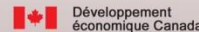
*Présenté par: Sylvain Trépanier*  
**CONSOREM / Redevances Aurifères Osisko Ltée**



AGNICO EAGLE



URSTM/UQAT



GLENCORE



UQAC

UQAM

# Méthodes d'étude de l'altération et du métasomatisme

- Minéralogie des roches → altération
  - Visuellement
  - Minéralogie optique classique (lames minces)
  - Diffraction aux rayons-X
  - Microscope électronique
  - Hyperspectral visible-infrarouge
- Analyses chimiques → métasomatisme (surtout)
  - Lithogéochimie des éléments majeurs et traces des roches
  - Systèmes isotopiques

# Lithogéochimie, métasomatisme et altération

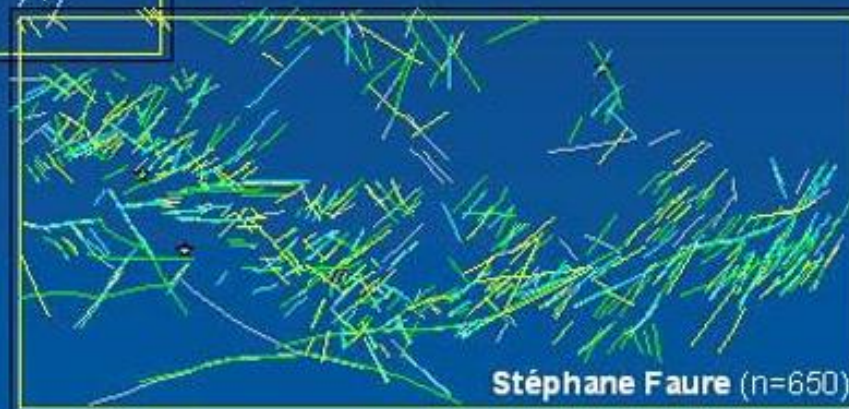
- Avantages de la lithogéochimie
  1. Peu coûteux (30\$ par éch.)
  2. Peu de travail de la part du géologue. Envoie la roche au labo et fichier de résultats retourné.
  3. On doit envoyer les roches à un laboratoire d'analyse chimique de toutes façons pour d'autres raisons (métaux, lithostratigraphie). Alors on analyse pour traiter le métasomatisme en même temps.
  4. Méthode qui peut être quantitative, contrairement aux observations qui sont subjectives. Retourne des chiffres précis et pour des éléments en faible abondance.
  5. Traitement en vrac d'une grande quantité de données.

# Différents observateurs

## Méthode de la densité de points

Interprétation  
sur le gradient

3 observateurs  
et 4 éclairages



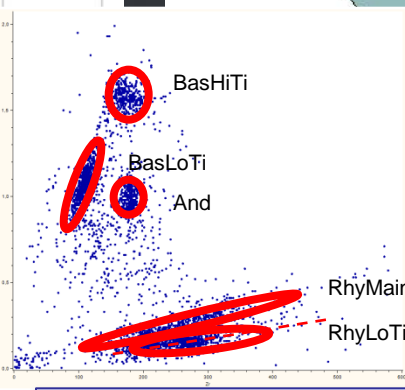
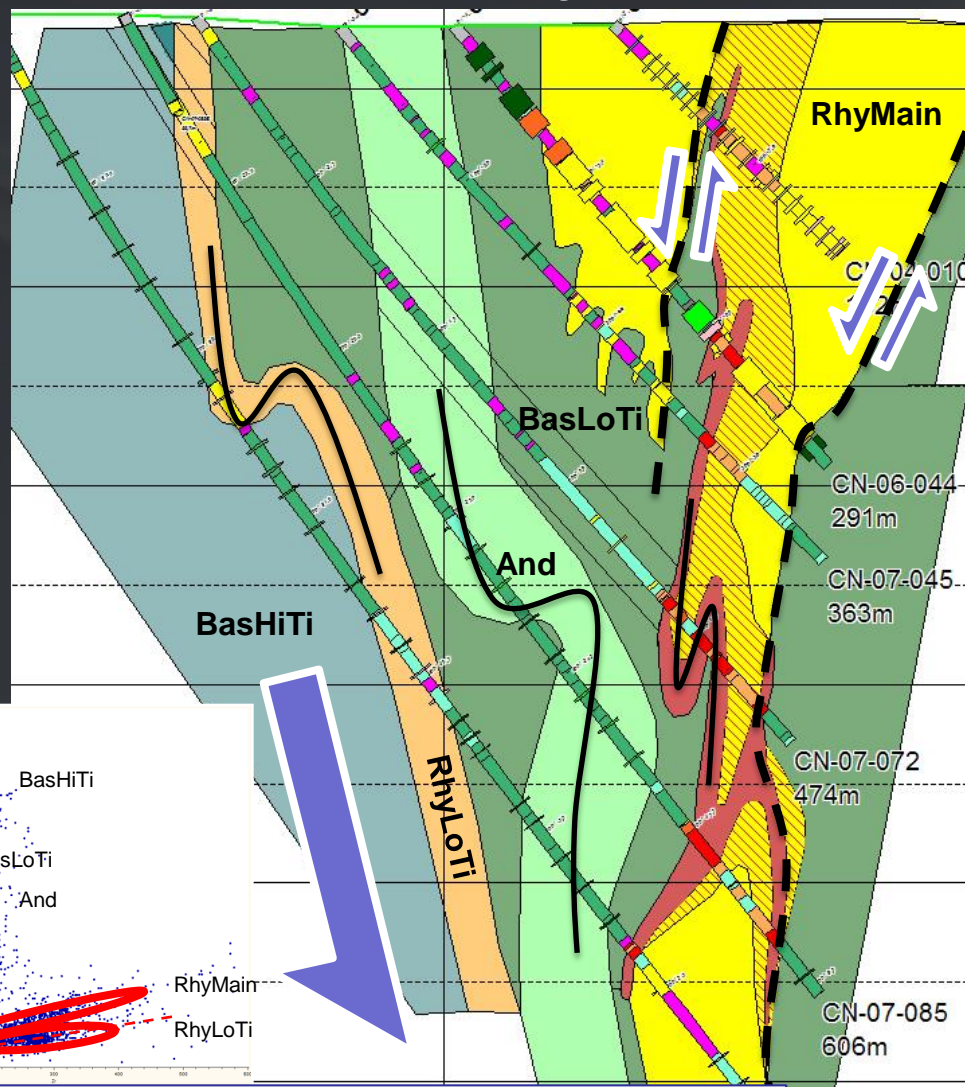
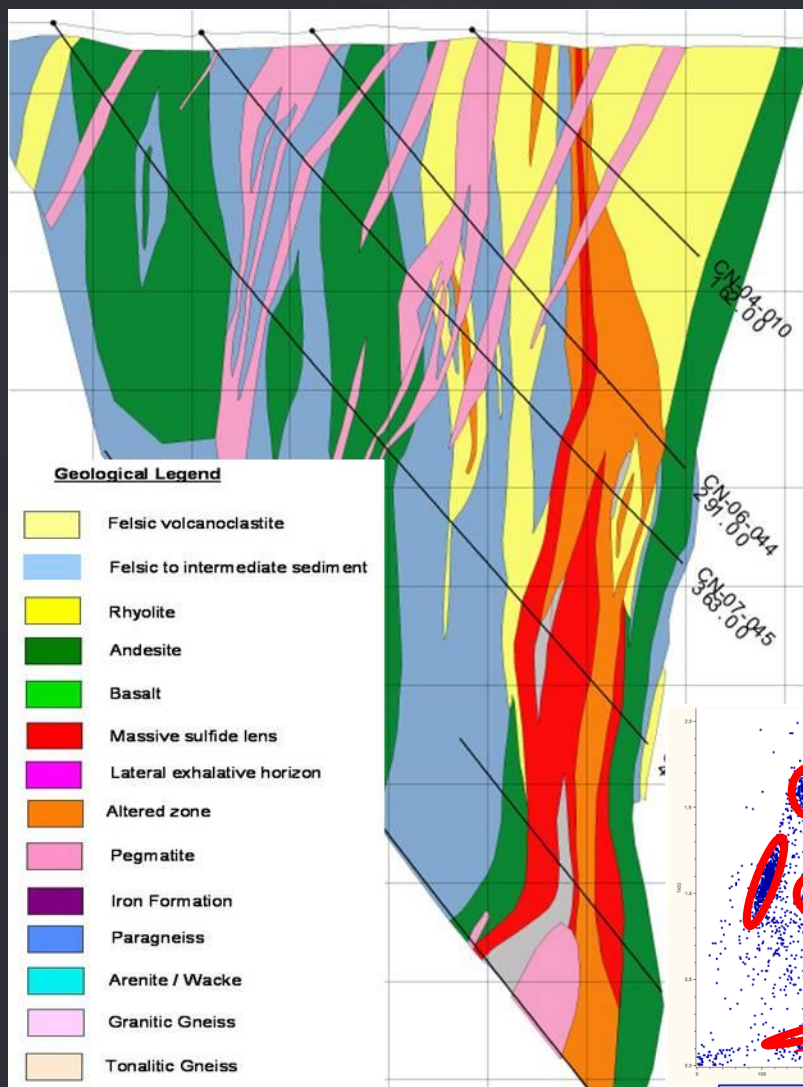
*Tiré de Faure, 2004*



# Projet Coulon (Virginia), Section 13+00N

Interprétation visuelle

Interprétation géochimique

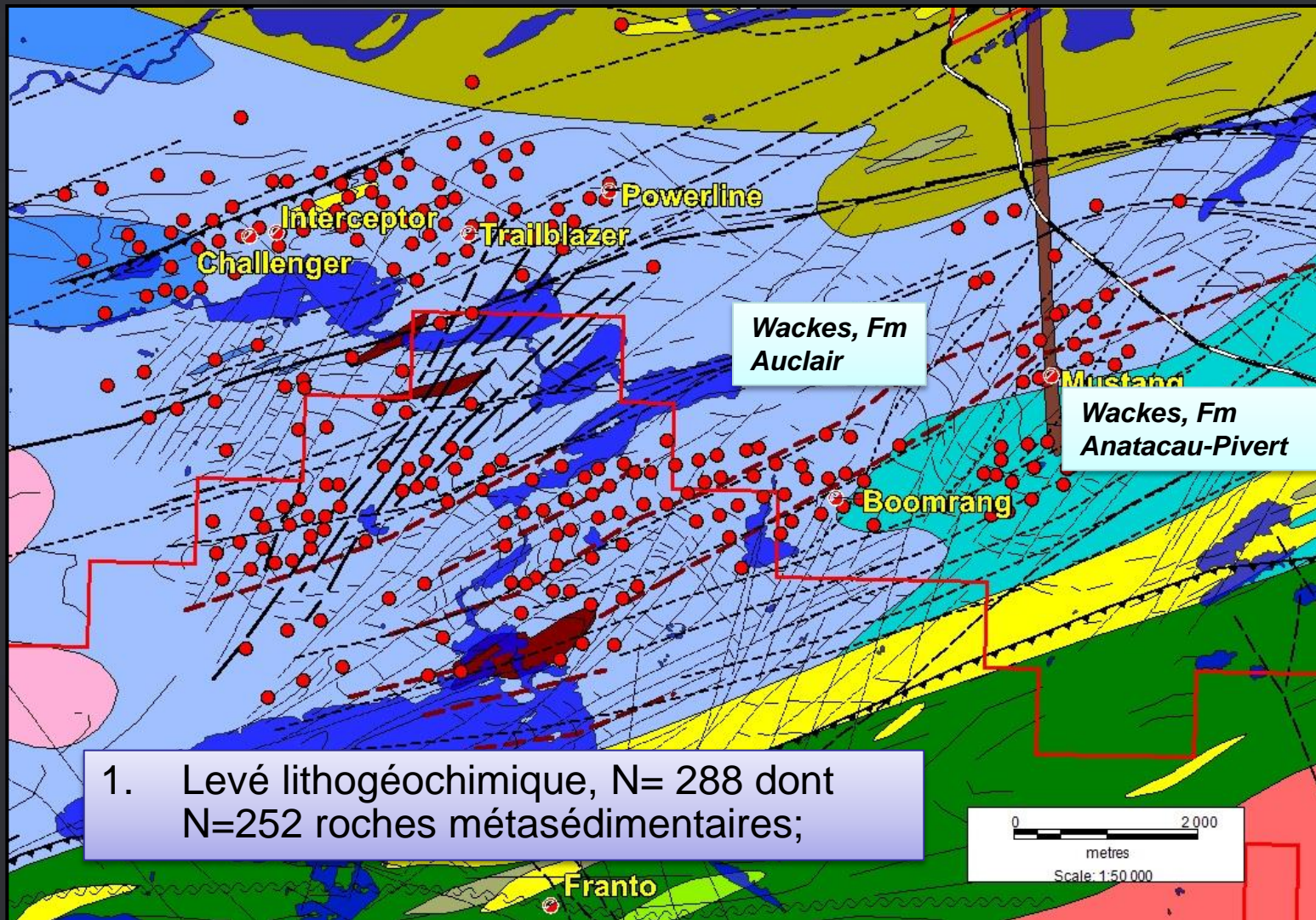


Tiré de Pearson, 2008

23 différents observateurs dans la base de données de descriptions de forages (10 ans de forages)



# Projet Wabamisk (Virginia), Baie-James

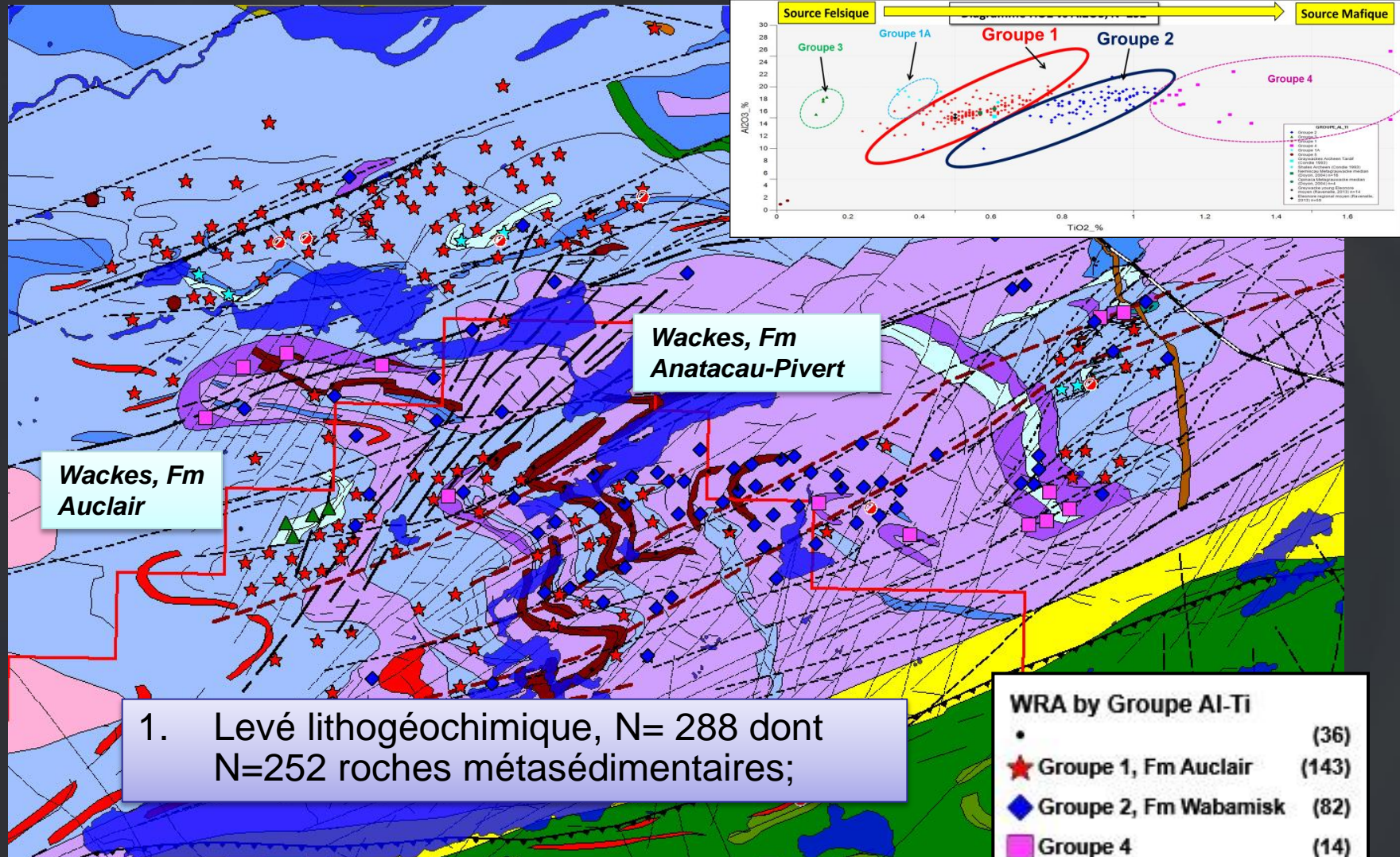


Carte modifiée du SIGEOM  
Figure de Lavoie et al, 2014





# Projet Wabamisk (Virginia), Baie-James



Carte modifiée du SIGEOM à partir de la lithogéochimie  
Figure de Lavoie et al, 2014

# Analyses lithogéochimiques en laboratoire


**ALS Chemex**
**EXCELLENCE EN ANALYSE CHIMIQUE**

ALS Canada Ltd.

2103 Dollarton Hwy

North Vancouver BC V7H 0A7

Téléphone: 604 984 0221 Télécopieur: 604 984 0218 www.alschemex.com

 Page: 1  
 Finalisée date: 5-NOV-2009

**CERTIFICAT VO09108565**

Projet: 504-0

Bon de commande #: 157-52

Ce rapport s'applique aux 33 échantillons de carotte forage soumis à notre laboratoire de Val d'Or, QC, Canada le 2-OCT-2009.

Les résultats sont transmis à:


**PRÉPARATION ÉCHANTILLONS**

CODE ALS	DESCRIPTION
WEI-21	Poids échantillon reçu
LOG-22	Entrée échantillon - Reçu sans code barre
CRU-31	Granulation - 70 % <2 mm
SPL-21	Échant. fractionné - div. riffles
PUL-31	Pulvérisé à 85 % <75 um
CRU-QC	Test concassage QC
PUL-QC	Test concassage QC

**PROCÉDURES ANALYTIQUES**

CODE ALS	DESCRIPTION	INSTRUMENT
ME-ICP06	Roche entière - ICP-AES	ICP-AES
C-IR07	Total carbone (Leco)	LECO
S-IR08	Soufre total (Leco)	LECO
ME-MS81	Fusion 38 éléments ICP-MS	ICP-MS
ME-MS42	Max. 34 éléments par ICP-MS	ICP-MS
OA-GRA05	Perte par calcination à 1 000 C	WST-SEQ
TOT-ICP06		ICP-AES
ME-4ACD81	Métaux par digestion de 4 acides	ICP-AES
Au-ICP21	Au 30 g FA fini ICP-AES	ICP-AES

Ce rapport est final et remplace tout autre rapport préliminaire portant ce numéro de certificat. Les résultats s'appliquent aux échantillons soumis. Toutes les pages de ce rapport ont été vérifiées et approuvées avant publication.

**Signature:**
  
 Colin Ramshaw, Vancouver Laboratory Manager



# Analyses lithogéochimiques en laboratoire

**CERTIFICAT D'ANALYSE VO09108565**

Description échantillon	Méthode élément	WEI-21	Au-ICP21	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06	ME-ICP06		
	unités L.D.	Poids reçu	Au	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SrO	BaO	
		kg	ppm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1002501		0.95	0.005	64.6	16.10	6.17	3.19	2.84	3.02	2.50	0.03	0.62	0.09	0.28	0.05	0.06	
1002502		0.85	0.006	65.4	15.05	6.37	2.80	2.92	3.37	1.70	0.03	0.60	0.09	0.19	0.07	0.06	
1002503		1.05	0.005	64.6	16.15	6.12	3.03	2.75	3.60	1.93	0.03	0.64	0.09	0.19	0.05	0.05	
1002504		0.71	0.043	65.2	15.40	4.93	2.12	2.79	4.24	1.89	0.03	0.53	0.06	0.17	0.08	0.10	
1002505		0.66	0.045	61.8	17.25	5.93	1.44	3.41	2.85	2.81	0.03	0.58	0.05	0.20	0.05	0.10	
1002506		0.67	0.066	48.3	8.08	9.90	6.90	21.3	0.23	0.55	0.32	0.37	0.19	0.03	<0.01	0.01	
1002507		0.62	0.420	63.1	16.35	6.02	2.29	3.10	2.83	3.03	0.03	0.59	0.07	0.17	0.06	0.11	
1002508		0.60	2.32	63.9	15.75	5.84	2.32	3.04	3.51	2.41	0.04	0.59	0.07	0.16	0.05	0.09	
1002509		0.80	0.535	63.0	16.10	6.16	2.31	3.07	3.08	2.73	0.03	0.58	0.08	0.13	0.03	0.08	
1002510		0.52	0.061	48.7	7.57	9.59	6.97	21.5	0.20	0.43	0.29	0.33	0.15	0.01	0.01	0.01	
1002511		0.61	1.105	63.5	15.85	5.92	1.99	2.84	3.60	2.63	0.03	0.54	0.07	0.16	0.04	0.09	
1002512		0.58	0.931	60.7	17.00	6.65	1.80	3.14	2.51	3.34	0.03	0.61	0.07	0.16	0.03	0.11	
1002513		0.44	0.592	60.1	16.90	6.96	2.62	3.28	3.85	2.40	0.03	0.64	0.08	0.14	0.03	0.11	
1002514		0.66	0.023	36.3	5.40	9.92	7.63	23.9	0.02	0.01	0.29	0.30	0.18	0.02	0.02	<0.01	
1002515		0.44	0.016	20.00	12.15	11.90	12.60	21.4	0.01	0.02	0.27	0.32	0.31	0.01	0.03	<0.01	
1002516		0.71	0.005	64.0	15.40	6.22	2.18	3.11	3.21	2.16	0.03	0.58	0.09	0.14	0.05	0.08	
1002517		0.74	0.156	68.3	13.95	4.61	1.15	2.35	3.02	2.75	0.02	0.48	0.05	0.09	0.03	0.08	
1002518		0.67	0.093	70.7	12.40	4.90	1.54	2.52	3.08	1.69	0.02	0.48	0.07	0.10	0.04	0.07	
1002519		0.74	0.561	60.0	15.65	6.38	2.86	3.11	5.49	1.78	0.03	0.61	0.10	0.11	0.06	0.07	
1002520		0.86	4.52	68.0	12.10	5.13	2.57	2.20	2.27	2.44	0.02	0.51	0.07	0.06	0.06	0.10	
1002521		0.67	0.022	70.2	11.85	4.98	1.93	2.43	3.29	1.52	0.03	0.50	0.08	0.11	0.04	0.08	
1002522		0.71	6.22	69.6	11.55	4.54	2.33	2.40	1.60	2.97	0.02	0.43	0.07	0.08	0.04	0.10	
1002523		0.51	0.022	65.7	14.35	5.76	2.52	3.12	2.69	2.57	0.04	0.55	0.08	0.14	0.06	0.06	
1002524		0.42	0.010	59.6	15.70	7.73	2.41	4.98	2.81	2.14	0.06	0.66	0.11	0.22	0.05	0.07	
1002525		0.65	0.048	56.9	16.80	8.05	2.60	5.18	2.74	3.50	0.06	0.67	0.10	0.21	0.07	0.09	
1002526		0.57	2.24	64.8	12.95	4.49	4.39	1.86	4.40	0.98	0.02	0.44	0.07	0.08	0.06	0.05	
1002527		0.43	0.073	68.6	13.25	4.54	2.22	2.00	4.18	1.85	0.02	0.46	0.05	0.10	0.05	0.08	
1002528		0.53	0.038	63.7	14.85	5.74	2.38	3.13	3.60	2.36	0.04	0.54	0.07	0.14	0.06	0.11	
1002529		0.51	0.050	63.5	14.80	5.97	2.85	3.12	2.95	2.68	0.04	0.56	0.08	0.14	0.05	0.07	
1002530		0.56	0.088	63.8	15.25	6.06	2.69	3.14	3.29	2.39	0.03	0.55	0.08	0.14	0.07	0.08	
1002531		0.54	0.028	69.0	13.10	4.83	2.25	2.35	3.60	1.38	0.02	0.46	0.06	0.09	0.05	0.05	
1002532		0.39	0.007	69.5	13.20	5.97	2.07	2.63	3.30	2.12	0.04	0.57	0.07	0.13	0.04	0.07	
1002533		0.72	0.006	67.8	11.75	5.12	3.43	2.11	3.25	1.68	0.02	0.48	0.07	0.09	0.05	0.07	

Résultats sont présentés en poids%. Certains éléments majeurs sont donnés sous forme de leur oxyde principal: Ex: SiO<sub>2</sub>. D'autres en éléments individuels Ex: Au.

# Lithogéochimie, métasomatisme et altération

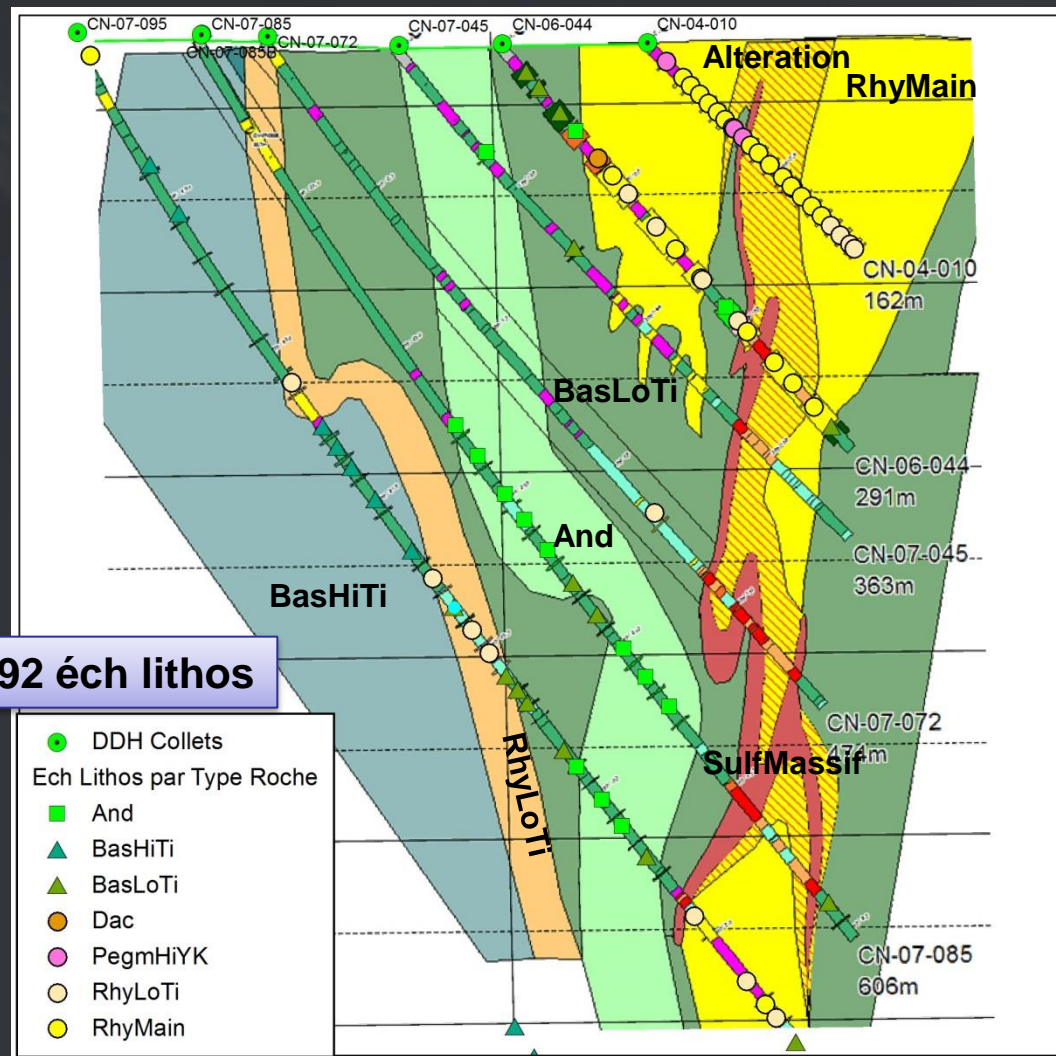
- Panique....! Que faire avec toutes ces colonnes de chiffres?????
- Il existe des outils pour nous simplifier la vie... mais il faut les utiliser correctement.
- Quelques catégories de méthodes de traitement de la lithogéochimie pour l'altération et le métasomatisme
  - **Indices unaires**
  - Diagrammes binaires
  - Bilans de masse
  - Minéralogie normative



# Projet Coulon (Virginia), Section 13+00N

## Interprétation géochimique

- Section 13+00 N du projet Coulon de Virginia (Moyen-Nord Québec)
- Amas sulfuré volcanogène métamorphisé au faciès amphibolite supérieur – Basaltes, andésites, rhyolites
- Ressources indiquées : 3 675 000 tonnes
  - Teneur moyenne de 3,61 % Zn; 1,27 % Cu; 0,40 % Pb; 37,2 g/t Ag et 0,25 g/t Au
- Ressources inférées : 10 058 000 tonnes
  - Teneur moyenne de 3,92 % Zn; 1,33 % Cu; 0,19 % Pb; 34,5 g/t Ag et 0,18 g/t Au



Tiré de Pearson, 2008

# Indices unaires

- Un seul chiffre comme résultat.
- Prendre un ou plusieurs éléments chimiques. Souvent sous forme de ratio.
- Avantage: facile!! Mettre le tableau de données dans Excel, écrire la formule et c'est fini!
- Chaque indice cible en principe un processus métasomatique ou d'altération particulier... Mais la réalité est plus complexe.



# Indices unaires

Quelques indices unaires utiles pour les minéralisations de type SMV et le processus d'altération/métasomatisme visé par l'indice

Alteration Index	Element Ratios	Alteration Process	Source
Sericite Index	$K_2O / (K_2O + Na_2O)$	replacement of feldspar by sericite	Saeki & Date, 1980
Chlorite Index	$MgO + Fe_2O_3 / (MgO + Fe_2O_3 + 2CaO + 2Na_2O)$	addition of Fe and Mg as chlorite loss of CaO and Na <sub>2</sub> O by destruction feldspar	Saeki & Date, 1980
Spitz-Darling	$Al_2O_3 / Na_2O$	sodium depletion (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> conserved)	Spitz & Darling, 1978
Alkali Index	$Na_2O + CaO / (Na_2O + CaO + K_2O)$	loss of CaO and Na <sub>2</sub> O by destruction feldspar	Saeki & Date, 1980
Hashimoto Index	$MgO + K_2O / (MgO + K_2O + CaO + Na_2O)$	addition of Mg and K as chlorite and sericite loss of CaO and Na <sub>2</sub> O by destruction feldspar	Ishikawa, 1976 Date <i>et al.</i> , 1983
Modified Hashimoto	$FeO + MgO + K_2O / (MgO + K_2O + CaO + Na_2O)$	as above with addition of FeO	Coad, 1982
Hashigushi Index	$Fe_2O_3 / (Fe_2O_3 + MgO)$	addition of Fe as Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Hashigushi, 1983

*Tiré de Franklin, 1997*

# Indices unaires

Quelques indices unaires utiles pour les minéralisations de type orogénique et le processus d'altération/métasomatisme visé par l'indice

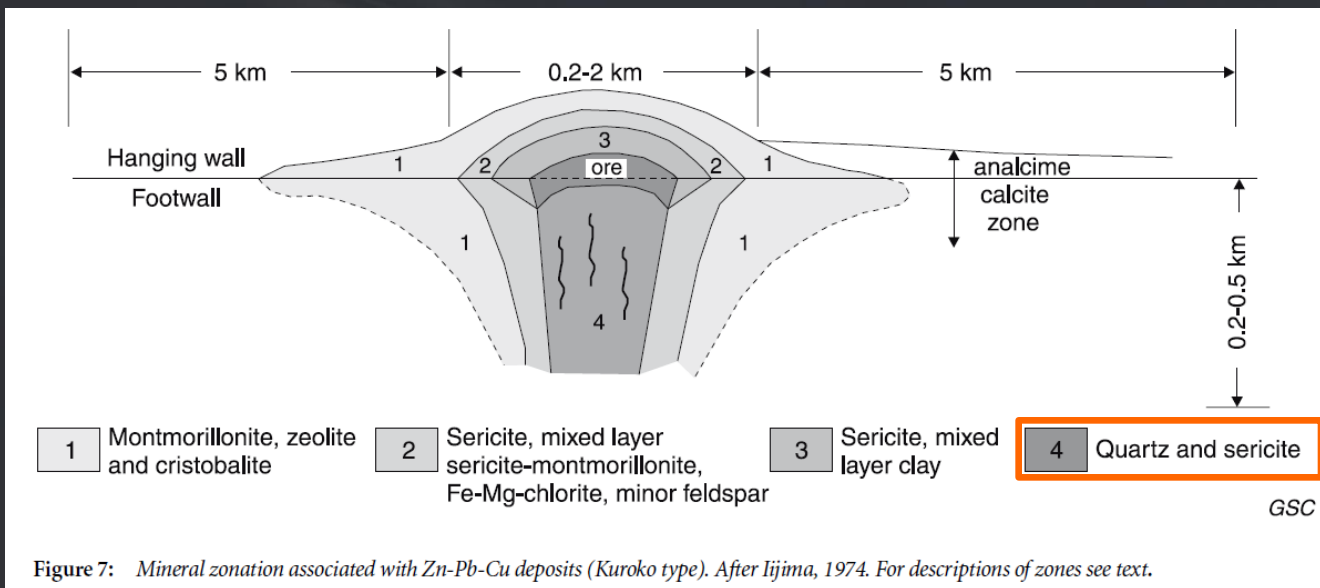
Indice	Formule	Référence
Saturation en albite	Na / Al molaire	Kishida et Kerrich, 1987
Saturation en séricite	3*K / Al molaire	Kishida et Kerrich, 1987
Saturation en albite-séricite	(3*K+Na) / Al molaire	Kishida et Kerrich, 1987
Saturation en carbonates	$\text{CO}_2 / (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO})$ molaires	Kishida et Kerrich, 1987
Discrimination des carbonates	$\text{CO}_2 / \text{CaO}$ molaire	Kishida et Kerrich, 1987

Note: les indices de carbonatation sont indépendants des lithologies



# Exemple: indice Sérícite

Altération typique autour des gisements de Zn-Pb-Cu de type SMV du district de Kuroko, Japon (Franklin, 1997)



Albite

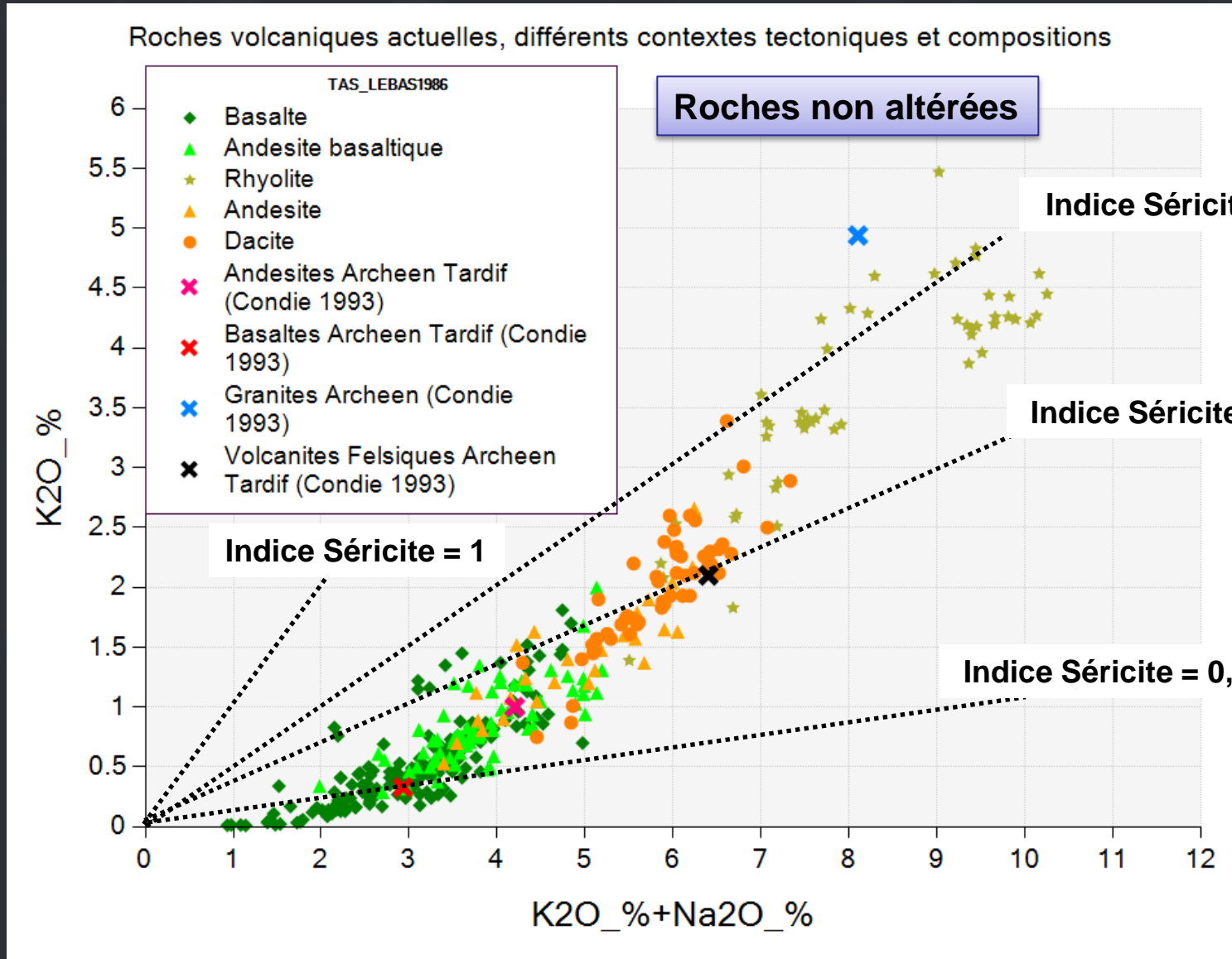
Séricite

Quartz

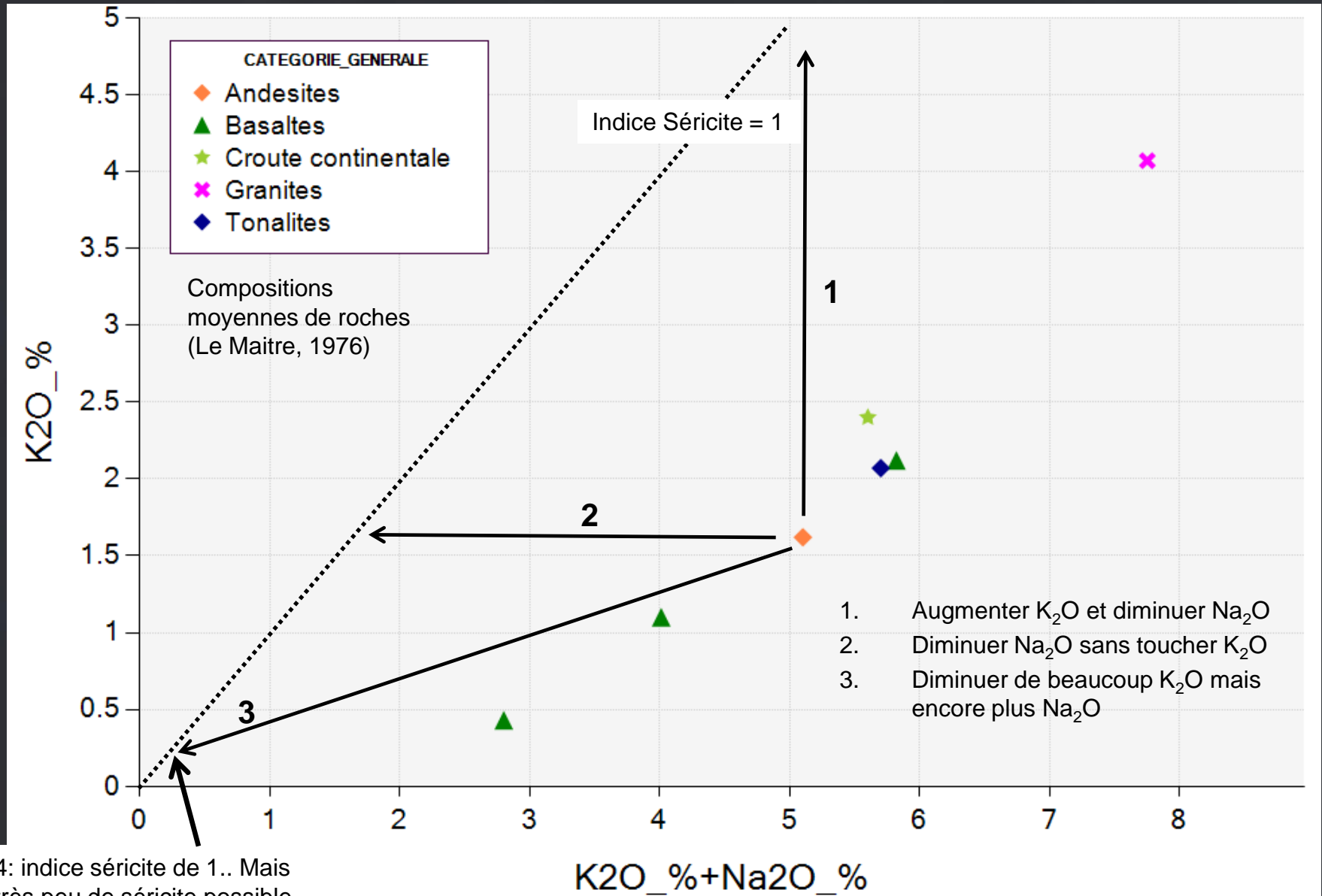
Durant la transformation de l'albite en sérícite, la roche perd le sodium et gagne le potassium.

Idée: faire indice  $\text{K}_2\text{O} / (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) \rightarrow$  Indice sérícite  
Augmente durant la transformation de l'albite en sérícite

# Indice séricite: seuils

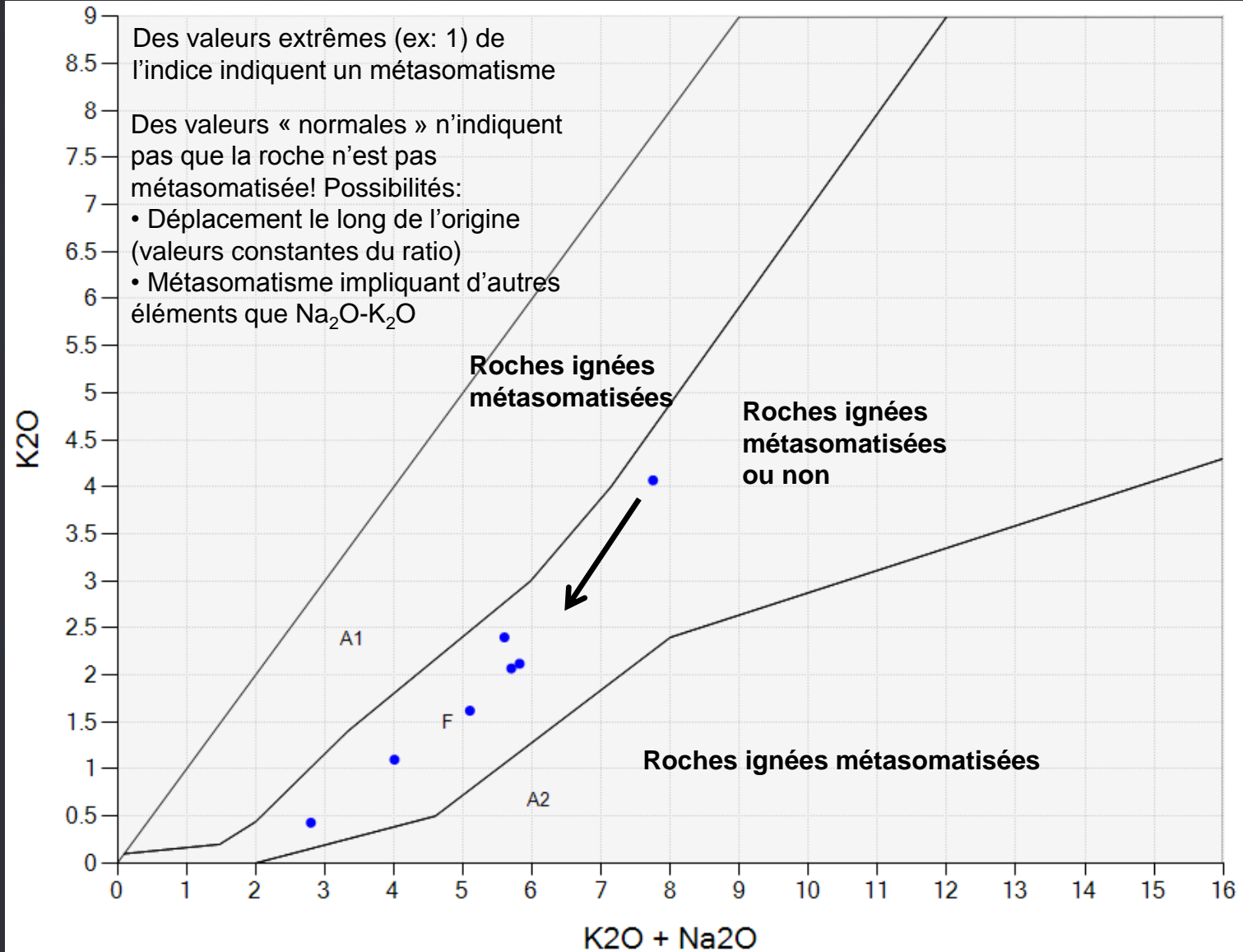


# Indice séricite



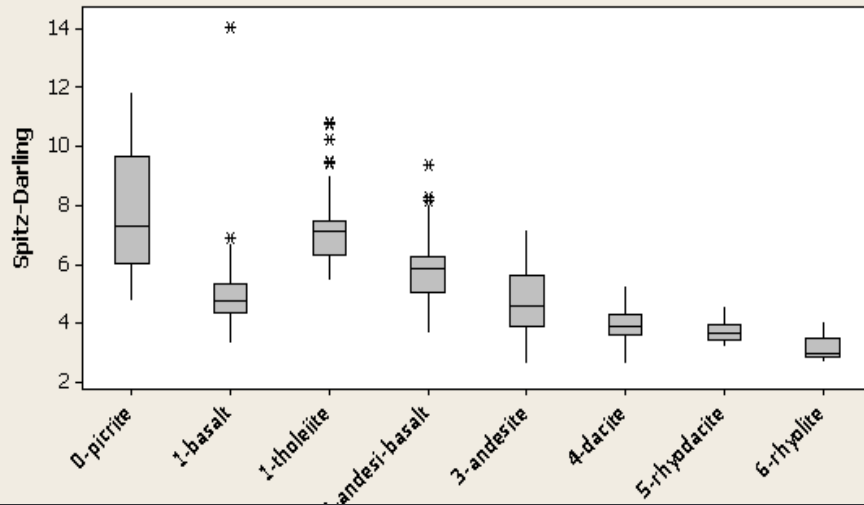


# Indice séricite

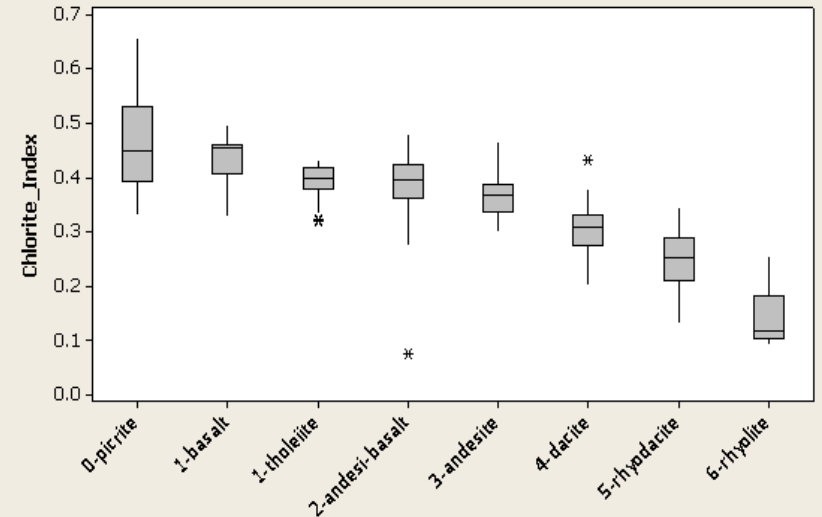


# Autres indices

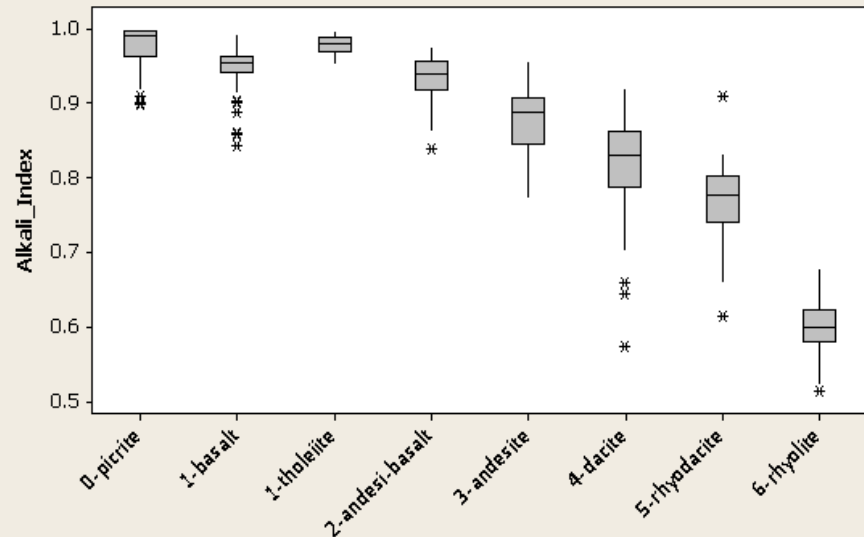
Boîte à moustaches de Spitz-Darling



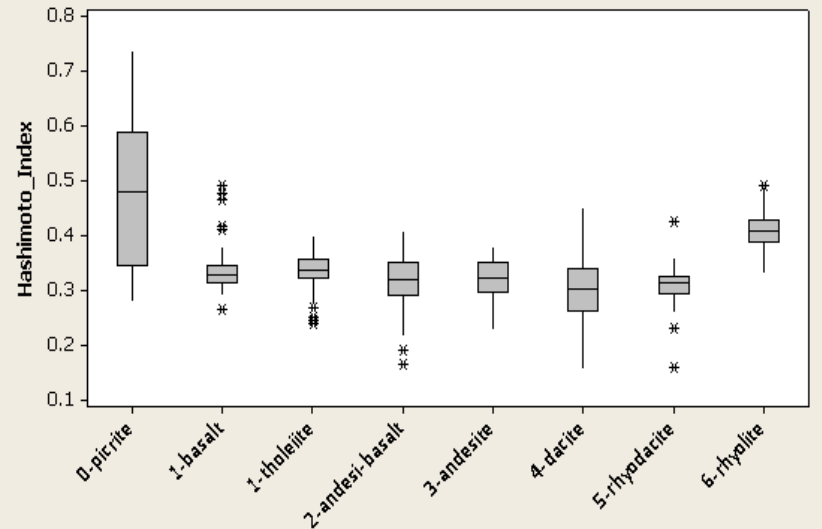
Boîte à moustaches de Chlorite\_Index



Boîte à moustaches de Alkali\_Index



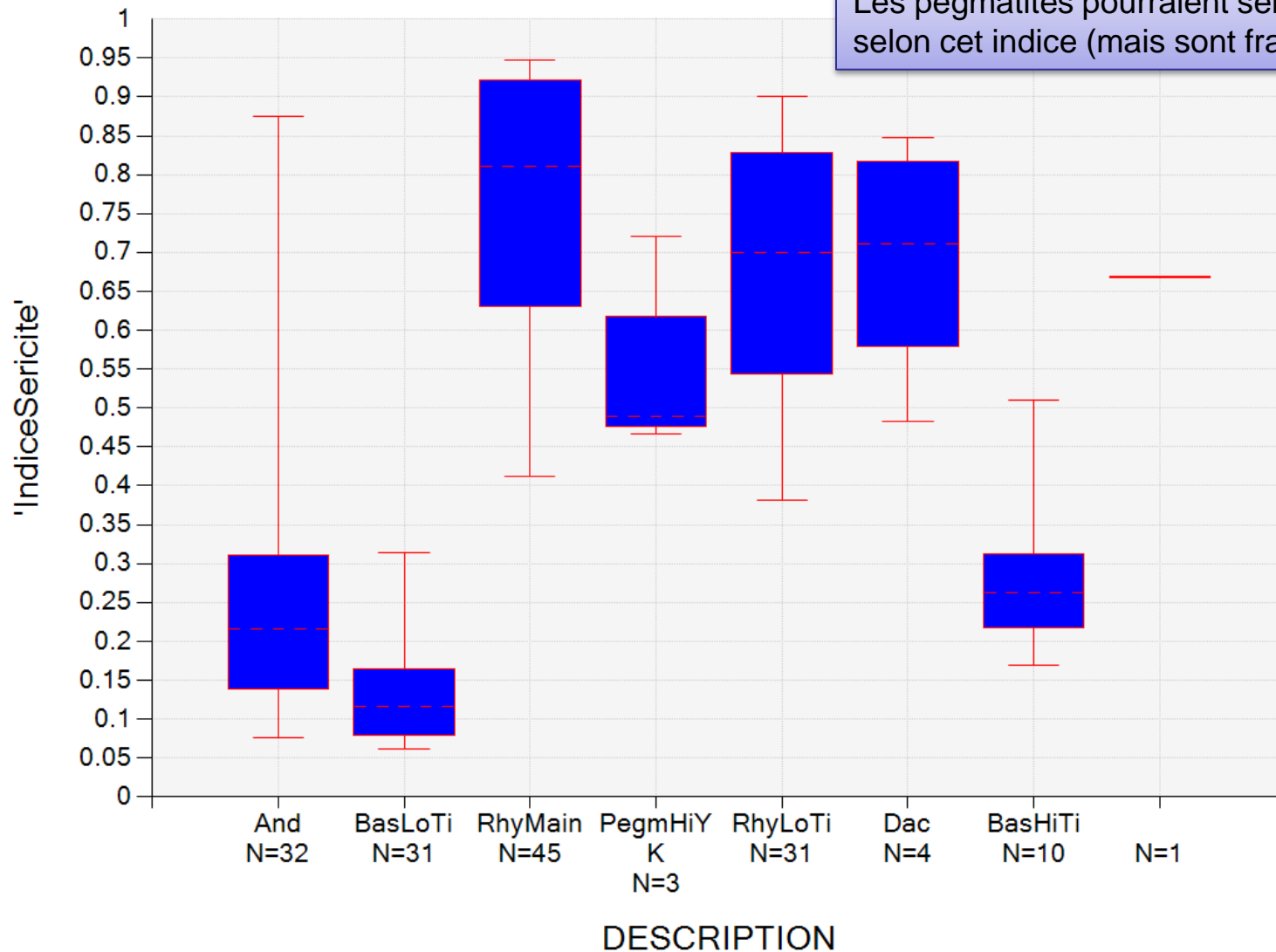
Boîte à moustaches de Hashimoto\_Index



Indices selon les types de roches, roches non-altérées

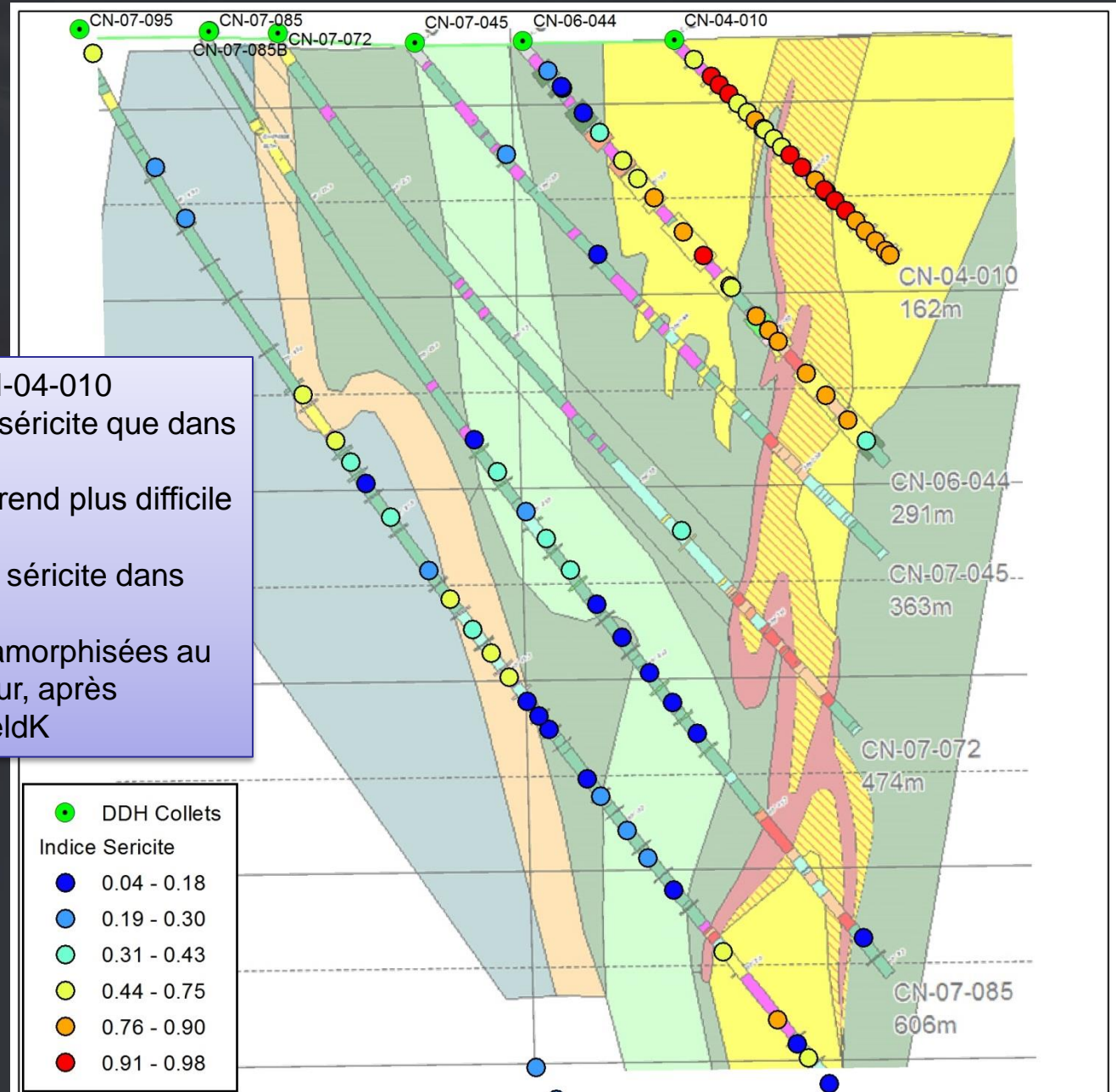
# Indice Séricite, Coulon, 13+00N

L'indice dépend des lithologies  
 Les pegmatites pourraient sembler altérées selon cet indice (mais sont fraîches)





# Indice Séricite, Coulon, 13+00N



- Les rhyolites du forage CN-04-010 semblent plus altérées en séricite que dans les autres forages
- Mais... L'effet lithologique rend plus difficile l'interprétation correcte
- Trouve-t-on vraiment de la séricite dans ces roches?
- Peu! Les roches sont métamorphosées au faciès amphibolite supérieur, après l'isograde  $Ms+Qz \rightarrow Sill+FeldK$

# Lithogéochimie, métasomatisme et altération

- Indices unaires
- **Diagrammes binaires**
- Bilans de masse
- Minéralogie normative

# Diagrammes binaires

- Un diagramme X-Y avec des champs qui identifient le métasomatisme/l'altération.
- Les axes peuvent être composés d'un seul éléments, d'une combinaison, d'un ratio...
- Moins facile à utiliser, car il faut connaître la position des champs sur le diagramme.



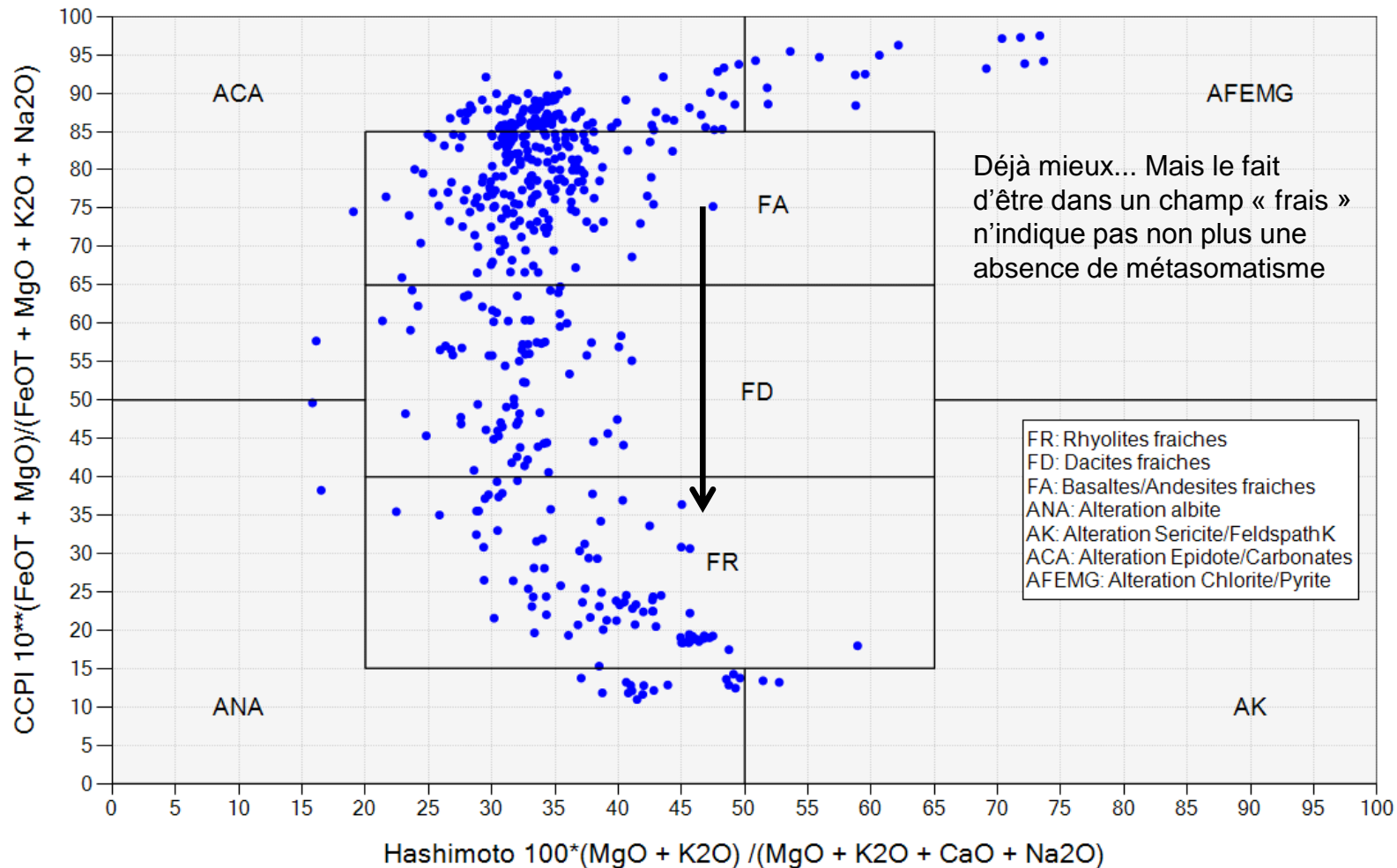
# Diagrammes binaires et métasomatisme

- « Alteration Box Plot » (Large, 2001)
- Diagramme de Hughes (Hughes, 1973)
- Ratios molaires alcalins-aluminium (Davies, 2006)
- Indices de carbonatation
- Des diagrammes binaires peuvent également être dérivés des différents indices d'altération présentés précédemment

# Diagrammes binaires

R1R2DF1 AROCHF1980EXTRUIS

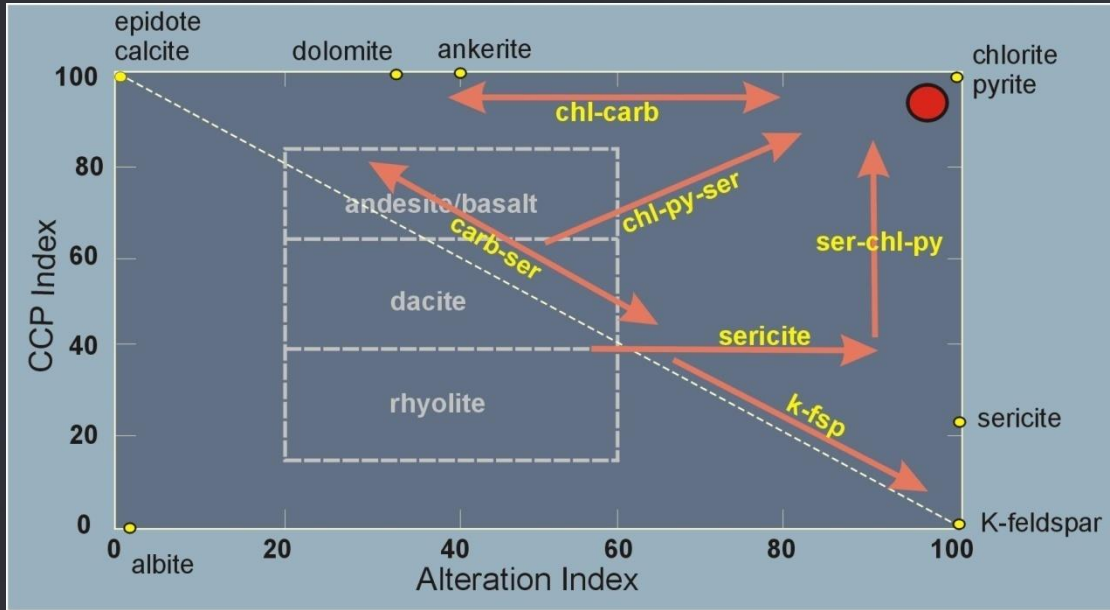
Alteration Box Plot original (Large et al., 2001) N=500



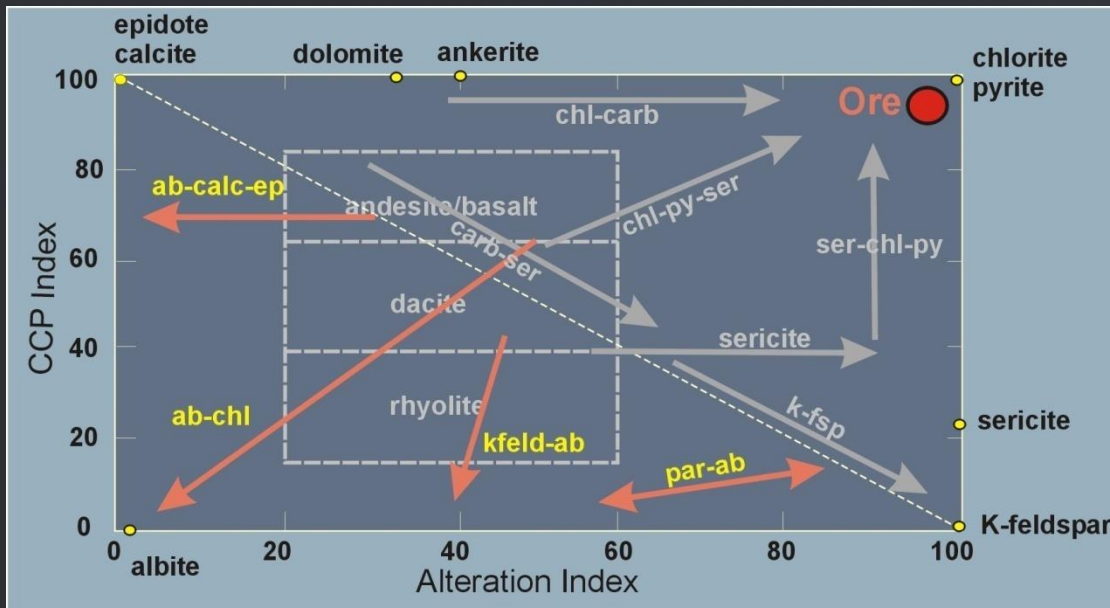
Déjà mieux... Mais le fait d'être dans un champ « frais » n'indique pas non plus une absence de métasomatisme

Roches ignées seulement.

# Diagrammes binaires



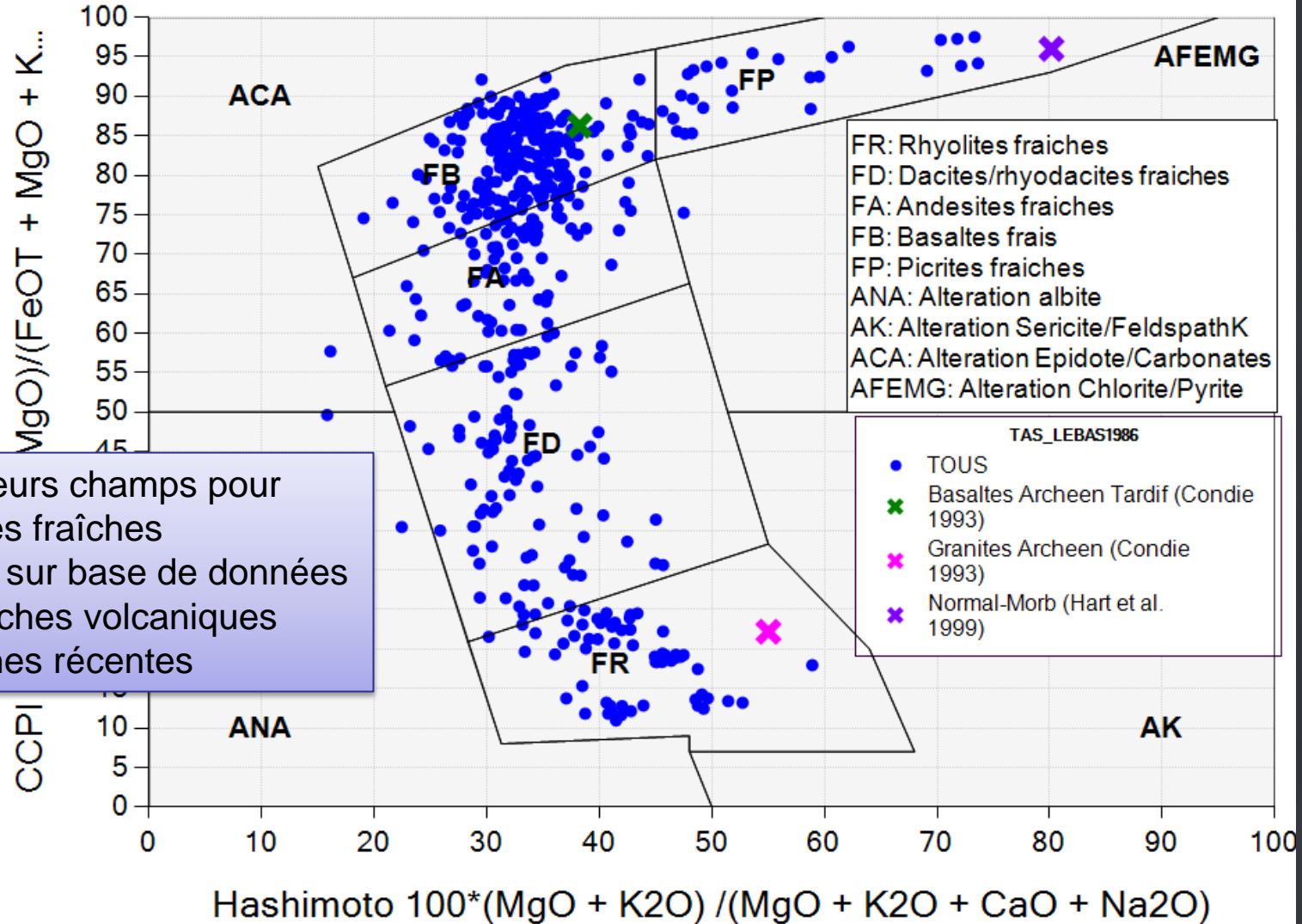
Altération hydrothermale proximale



Altération hydrothermale distale

# Large, 2001, modifié Consorem

Alteration Box Plot modifié (Large et al., 2001, modifié Consorem, 2009) N=500

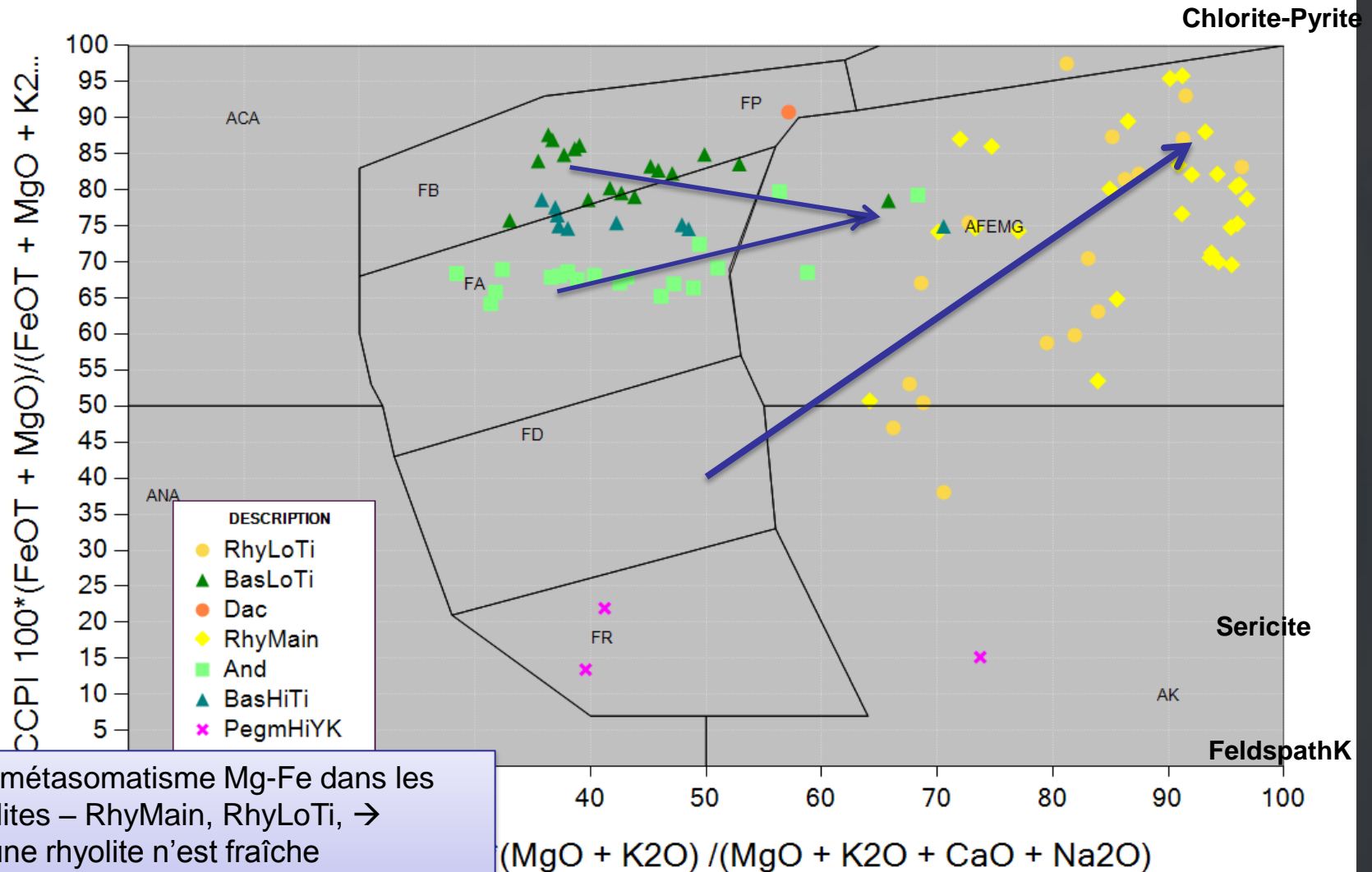


- Meilleurs champs pour roches fraîches
- Basé sur base de données de roches volcaniques fraîches récentes



# Coulon – Box Plot modifié

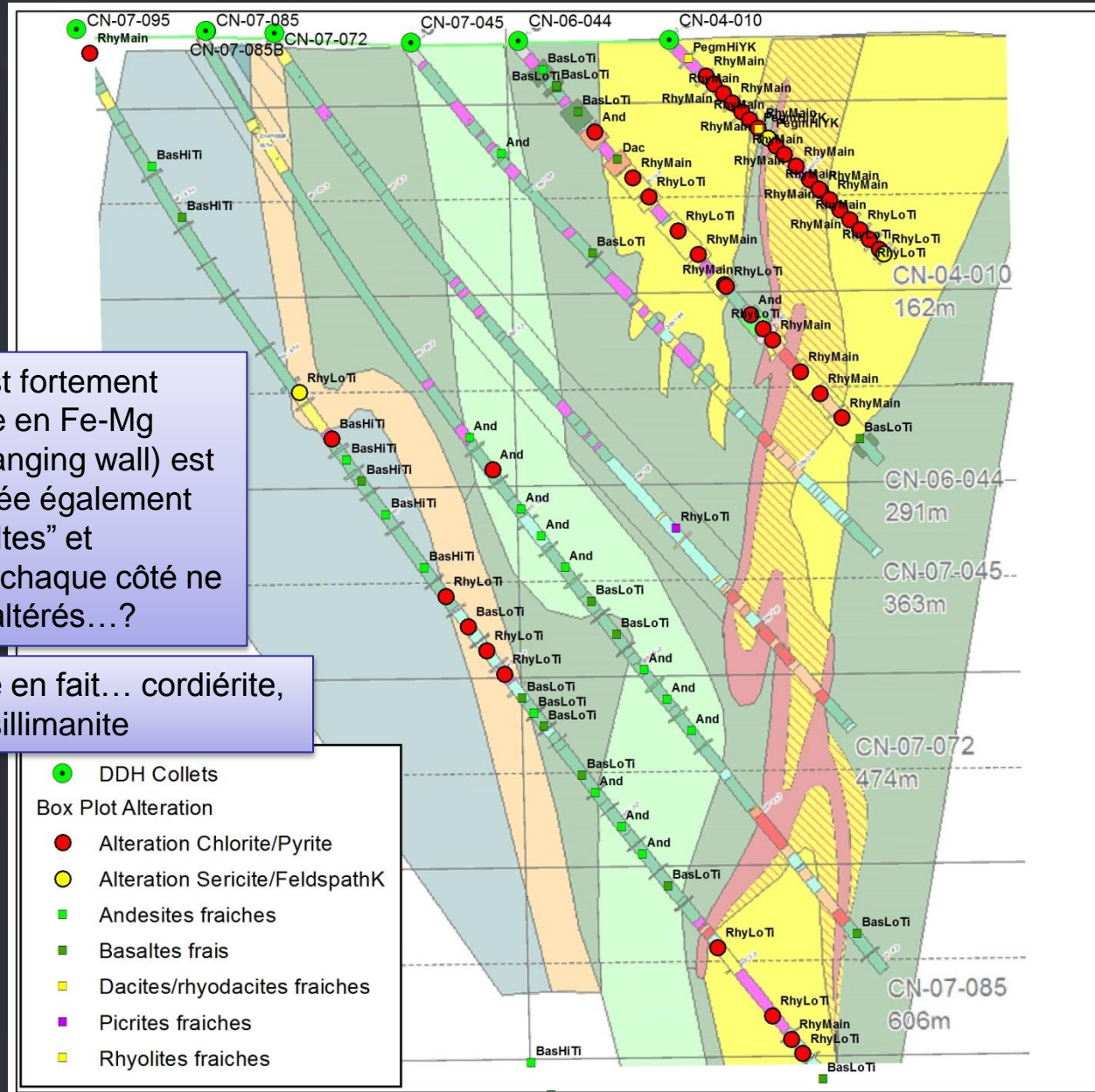
Alteration Box Plot modifié 2012 (Large et al., 2001, modifié Consorem, 2012) (Section13N-Est) N=92



- Fort métasomatisme Mg-Fe dans les rhyolites – RhyMain, RhyLoTi, → aucune rhyolite n'est fraîche
- Très peu de métasom. vers K (séricite)
- Andésites moyennement altérées
- Basaltes semblent peu altérés?

été modifiés par rapport à l'original pour mieux correspondre au spectre de roches fraîches (incluant ultramafiques).

# Coulon – Box Plot modifié



- La RhyMain est fortement métasomatisée en Fe-Mg
- La RhyLoTi (hanging wall) est fortement altérée également
- Mais les “basaltes” et “andésites” de chaque côté ne semblent pas altérés...?

- Peu de chlorite en fait... cordiérite, anthophyllite, sillimanite

# Lithogéochimie, métasomatisme et altération

- Indices unaires
- Diagrammes binaires
- **Bilans de masse**
- Minéralogie normative

## Processus métasomatiques

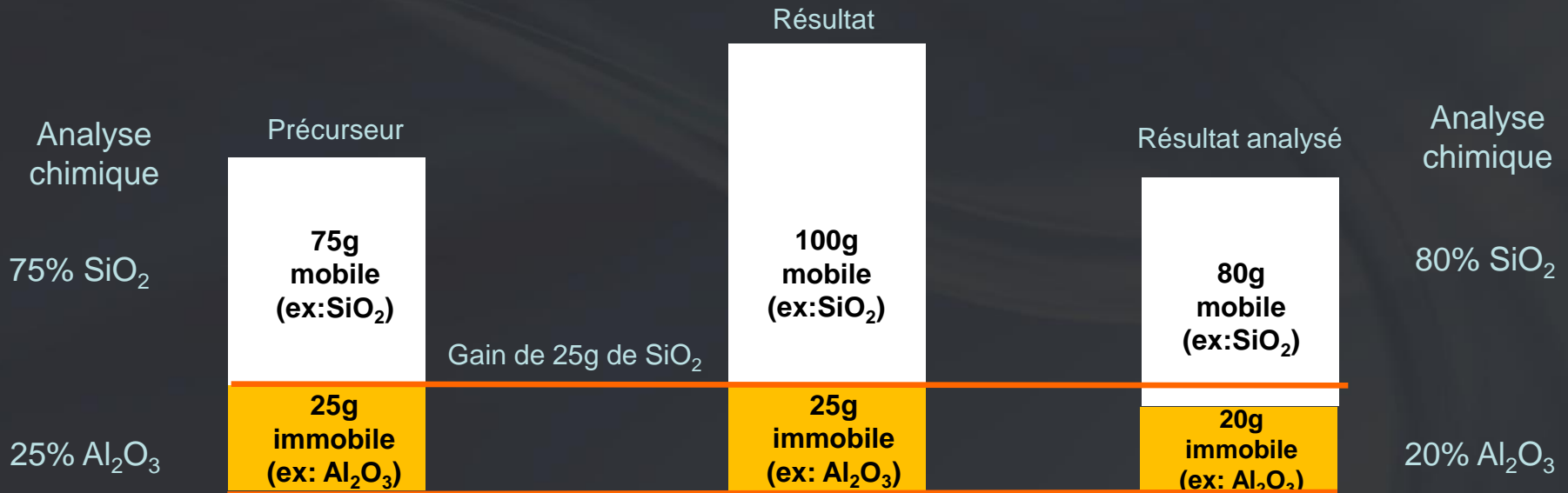
- Il serait intéressant de connaître le processus métasomatique en plus du résultat
- Supposons qu'on connaît la composition du précurseur frais d'une roche métasomatisée
- Intuitivement, on pourrait simplement penser de faire la différence entre l'analyse fraîche et métasomatisée pour connaître les changements (processus)

Roche	% Na <sub>2</sub> O analysé	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> analysé
Granite frais	4	70	13
Granite cisailé	0.5	75	11
Processus	-3,5%	+5%	-2%

**NON!!!!**



# Changements de masse et fermeture à 100% des analyses chimiques



- Si on calcule directement les changements, on pourrait dire qu'on a perdu 5% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Or, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> n'a pas bougé... Il a seulement diminué en proportion à cause du gain de masse global de la roche.
- Il faut déterminer le changement de masse global de la roche pour ensuite calculer les changements de masse individuels des éléments.

## Bilans de masse

- Objectifs: calculer les gains / pertes réels (%) d'éléments chimiques lors du métasomatisme, tenant compte des gains de masse/volume possibles de la roche
- Pour calculer des bilans de masse, il faut:
  - Connaissance de l'immobilité d'un ou plusieurs élément durant le métasomatisme OU mesures de densités du précurseur et de la roche métasomatisée
  - Connaissance de la composition du précurseur
- Permet de calculer le changement de masse global de la roche durant le métasomatisme d'abord puis les changements de masse de différents éléments ensuite

# Connaissance de la composition du précurseur

- Comment connaître la composition du précurseur??
- Normalement, il faut se baser sur les connaissances de terrain et l'examen pétrographique des roches
- Trouver dans la même unité une ou plusieurs roches qui, pétrographiquement, est sans altération → lames minces
- Réalisable dans un contexte de recherche.. Mais souvent difficile en contexte d'exploration → informations souvent insuffisantes pour trouver un précurseur approprié

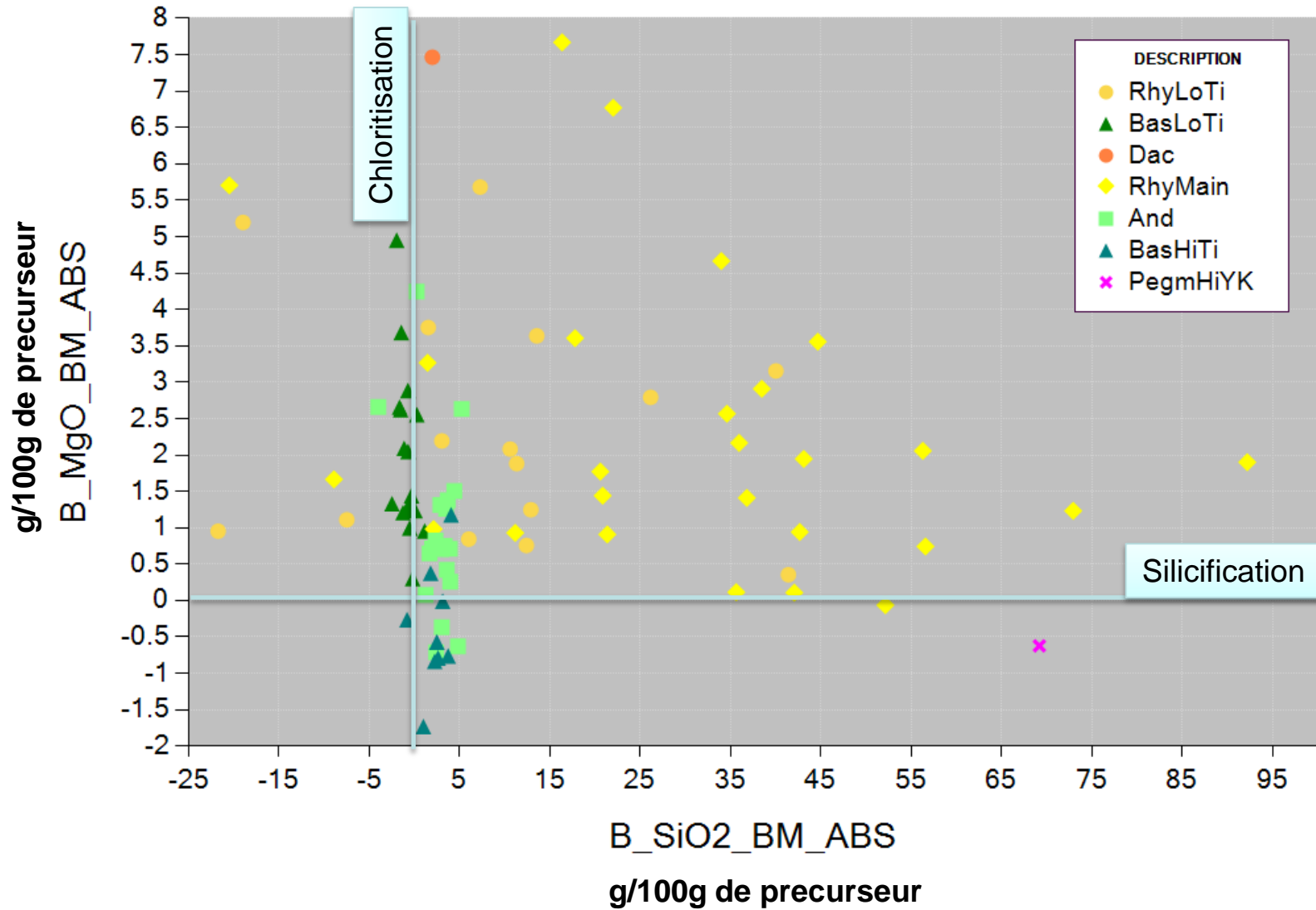
## Bilan de masse par modélisation des précurseurs

- Pour les roches volcaniques/intrusives subalcalines..
- Méthode développée au CONSOREM pour calculer un précurseur théorique d'une roche à partir de ratios d'éléments peu mobiles durant la plupart des types d'altérations hydrothermales (Zr, Ti, Al, Cr, Y)
- Permet de calculer en vrac des bilans de masse "raisonnables"

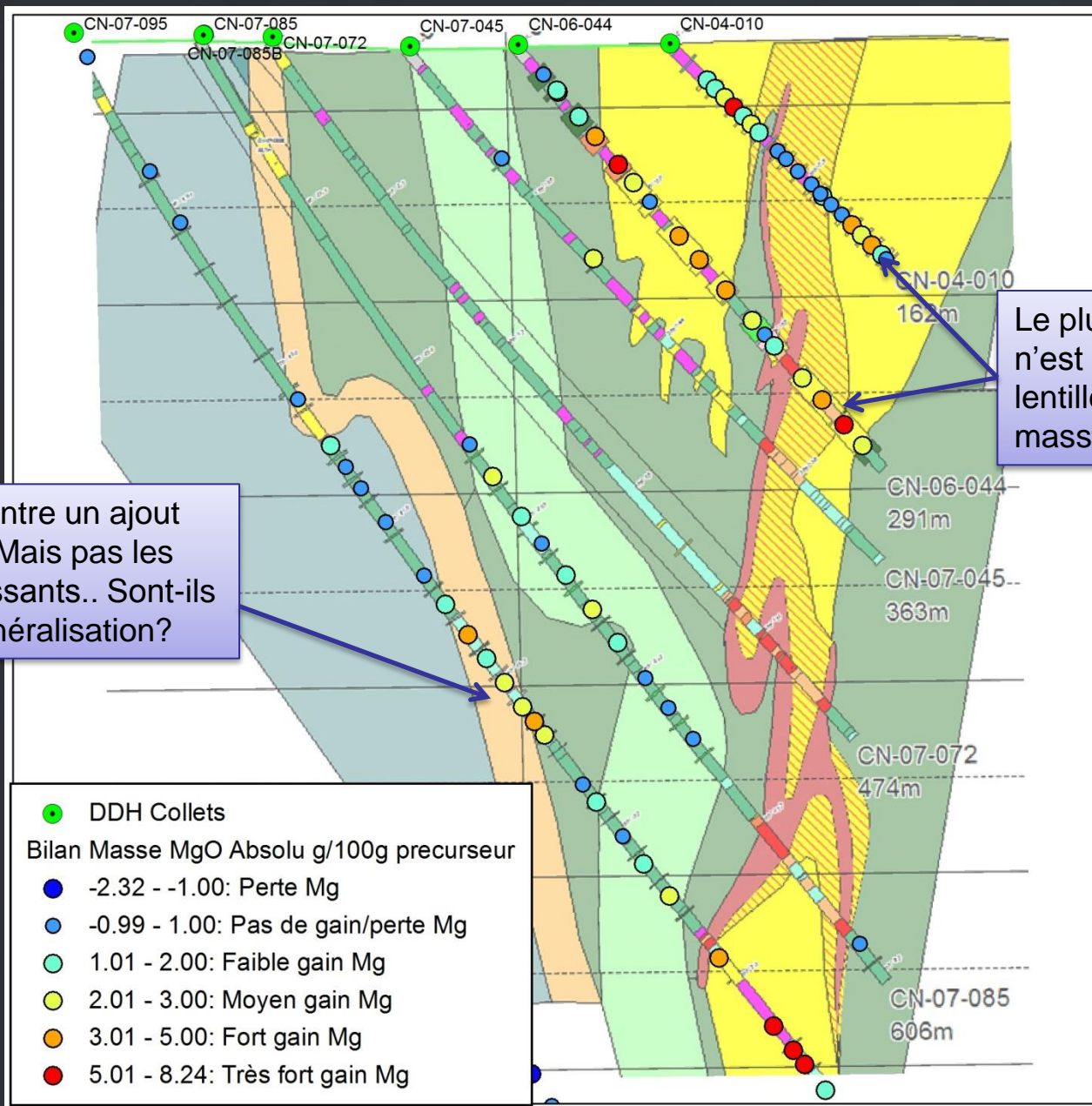


# Coulon: Bilan masse MgO

Diagramme Instantané (Section13N-Est) N=88



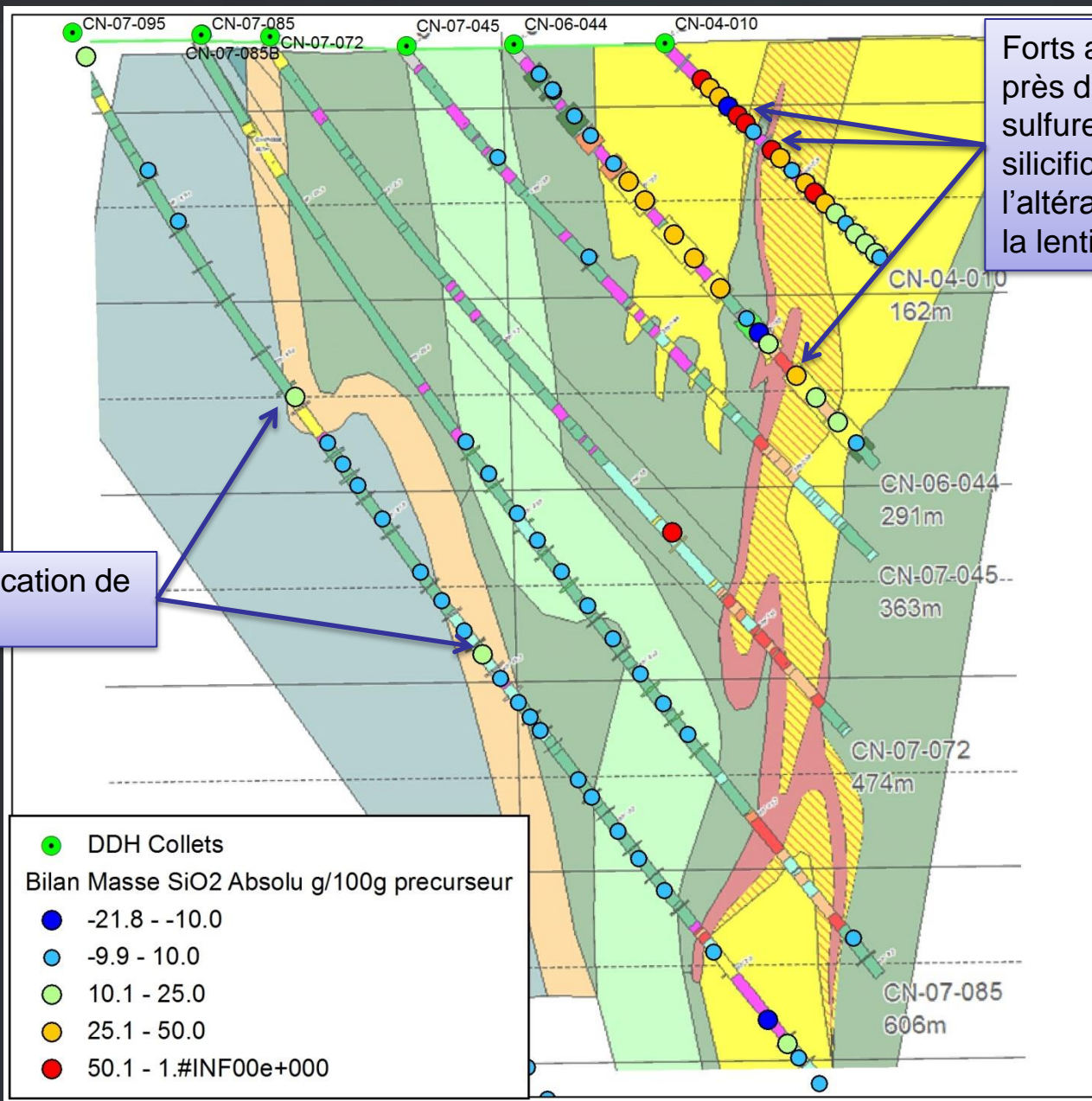
# Coulon: Bilan masse MgO



La RhyLowTi montre un ajout moyen-fort Mg.. Mais pas les "basaltes" encaissants.. Sont-ils des sills post-minéralisation?

Le plus fort ajout MgO n'est pas proximal à la lentille de sulfures massifs

# Coulon: Bilan masse SiO<sub>2</sub>

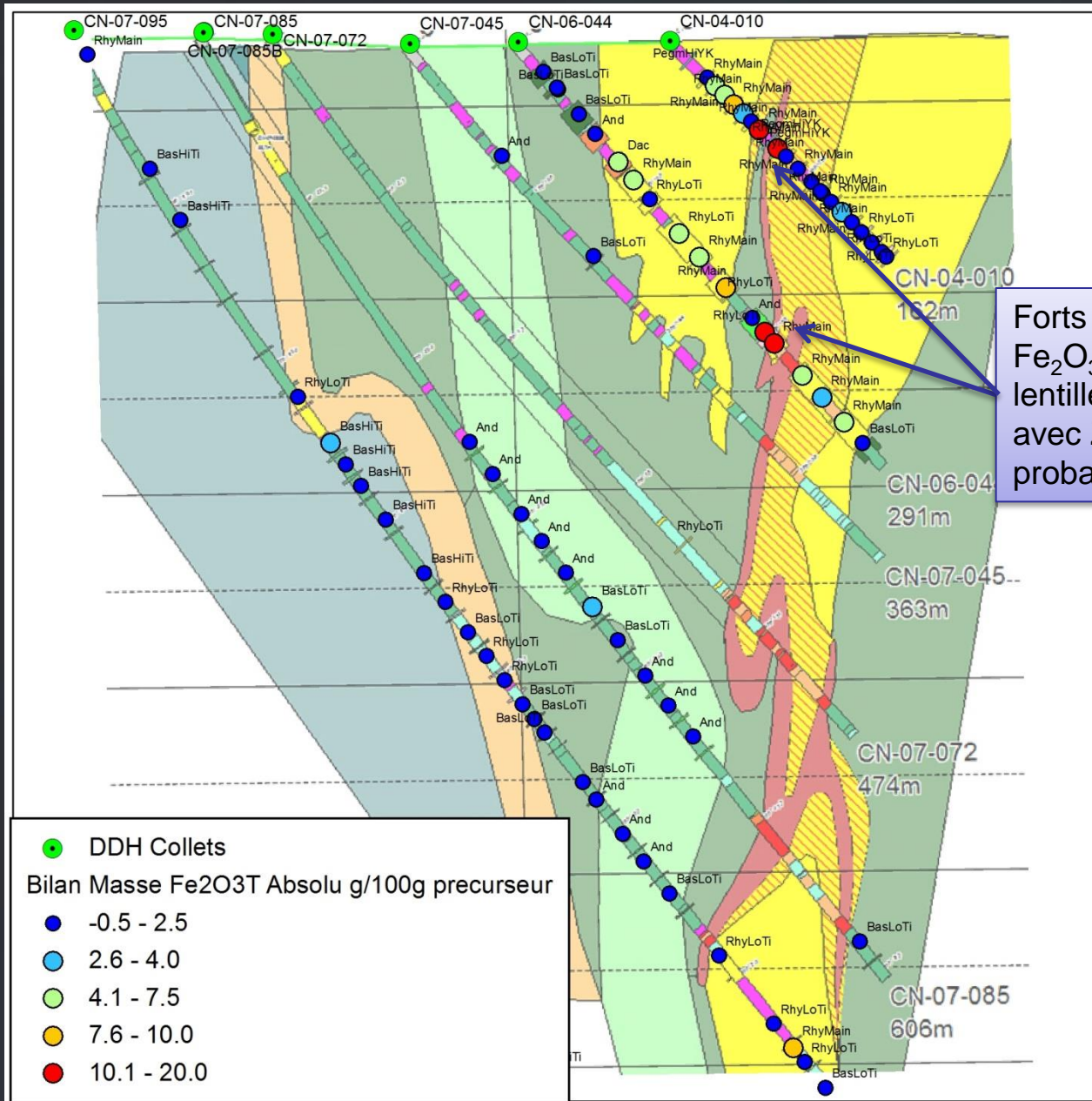


Forts ajouts de SiO<sub>2</sub> près de la lentille de sulfures. La silicification est l'altération proximale à la lentille minéralisée

Légère silicification de la RhyLowTi



# Coulon: Bilan masse $Fe_2O_3T$



Forts ajouts de  $Fe_2O_3T$  près de la lentille – Correspond avec Zn, Cu, sulfures probablement

● DDH Collets

Bilan Masse  $Fe_2O_3T$  Absolu g/100g précurseur

- -0.5 - 2.5
- 2.6 - 4.0
- 4.1 - 7.5
- 7.6 - 10.0
- 10.1 - 20.0



# Lithogéochimie, métasomatisme et altération

- Indices unaires
- Diagrammes binaires
- Bilans de masse
- **Minéralogie normative**

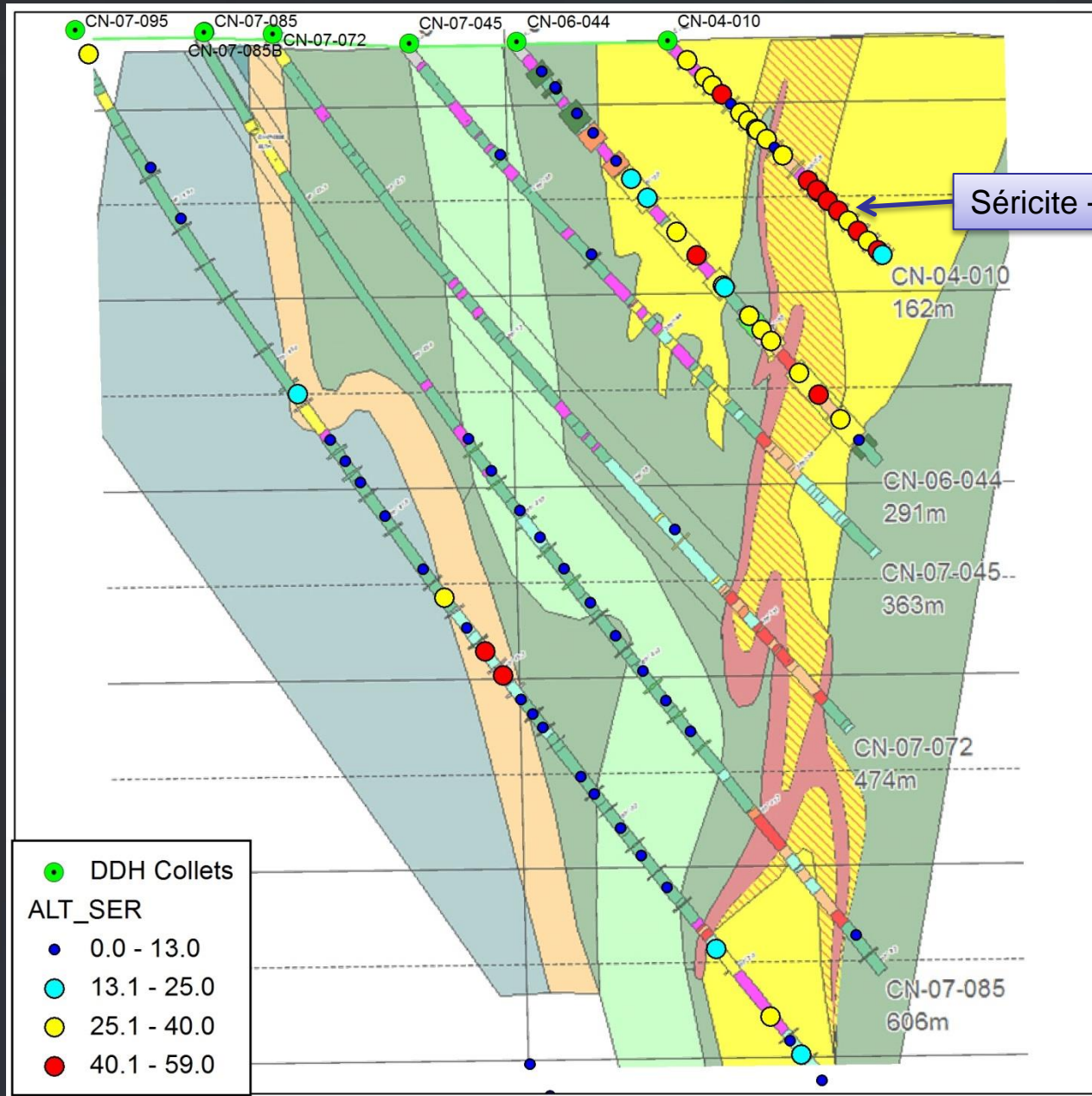
# Nouveaux calculs normatifs pour roches métamorphiques

- **Norme CONSOREM S 350**
  - Nouvelle norme pour les roches métamorphiques: faciès schiste vert moyen, supérieur et amphibolite moyen
- **Se démarque de la plupart des normes antérieures par:**
  - ***Tétraèdres*** métamorphiques (un tétraèdre par niveau métamorphique désiré) – Barth, 1959
  - Calcul des proportions minérales par équations linéaires – Pruseth, 2009

# Indices altération VMS

- Altération en **chlorite**
  - ALT\_CHLO
- Altération en **séricite**
  - ALT\_SER
- Altération en **paragonite**
  - ALT\_PARA
- Altération en **pyrophyllite**
  - ALT\_PYRO
- Altération en **phyllosilicates**
  - ALT\_PHYLLO

# Coulon: ALT SER



# Conclusions

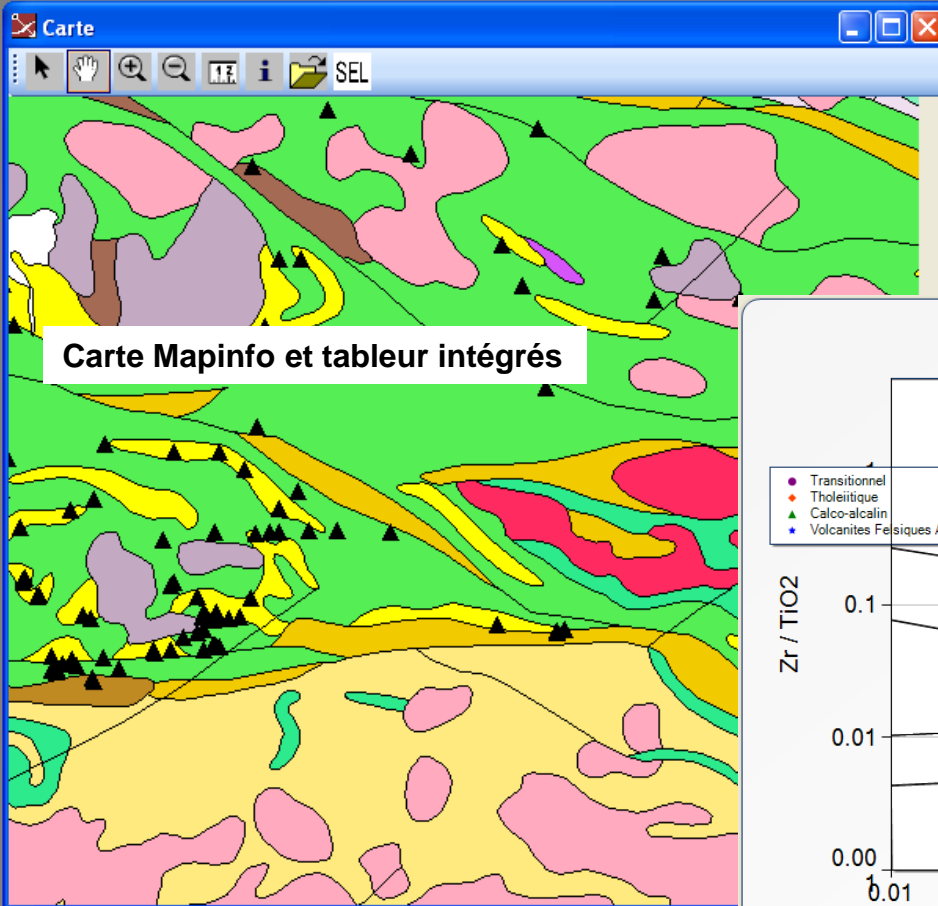
- Étude de l'altération et du métasomatisme par lithogéochimie:
  - Connaître l'anatomie du système hydrothermal
  - Prévoir les endroits où on trouvera la minéralisation
  - Particulièrement important pour certains types de gisements (ex: SMV, porphyries)...



# LithoModeleur CONSOREM

Outil d'assistance pour le traitement de la lithogéochimie

Fichier Carte Configuration Manipulation des données Indices unaires Diagrammes Analyses



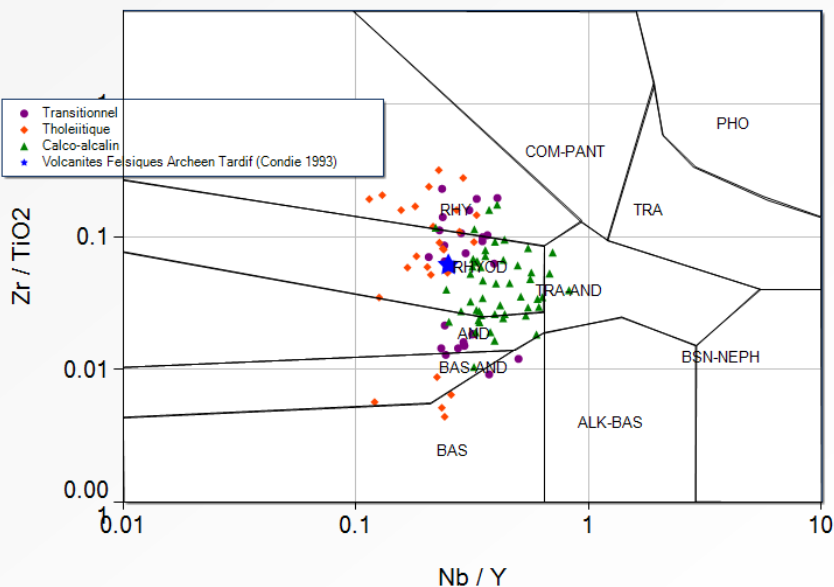
Rhyolites

Mise à jour

Noir: Colonnes numériques. (NB: seules colonnes numeriques peuvent etre utilisées comme d  
Rouge: Autres types de colonnes

TriOrig	CSREM ID	Lab ID	Date	Auteur
127	R-2003-68	03-0328-0069	2003	DG
129	R-2003-70	03-0328-0071	2003	DG
132	R-2003-73	03-0328-0074	2003	DG
57	4006	05.0550.0057	2005	ST

Nb/Y vs Zr/TiO<sub>2</sub> (Winchester et Floyd, 1977)



# Remerciements

- Équipe de chercheurs du Consorem
  - Lucie Mathieu → prise en charge du développement futur de LithoModeleur, raffinements de la norme, rédaction de publications sur le sujet
  - Stéphane Faure, Silvain Rafini, tests de différents outils géochimiques de LithoModeleur
- Comité de gestion du Consorem