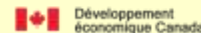
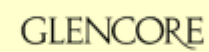


11 novembre 2013, Québec

Bilan de masse roches alcalines

Présenté par: Sylvain Trépanier



LithoModeleur

- Développé entre 2009 et 2012. Version actuelle (finale) : 3.51
- Objectif: intégrer les nombreux outils lithogéochimiques développés au CONSOREM depuis 13 ans
- Indices, diagrammes binaires et ternaires
 - PER-GH Volcanites felsiques VMS (V.Pearson)
 - Discrimination des carbonates (H.Nabil, I.Lapointe)
 - Ni-S pour fertilité Ni-Cu magmatique (H.Longuépée)
 - PER-Mafique, PER-Alcalin (D.Gaboury)
 - Arachnide-EGP (V.Pearson)
 - Middlemost SiO_2 - K_2O - Na_2O modifié (B.Lafrance)
 - Diagramme de Hughes, Alteration Box-Plot (S.Trépanier)
 - Diagrammes dérivés des indices Séricite, Chlorite, etc. (S.Trépanier)

LithoModeleur

- Autres outils d'analyse
 - Identification des intrusions fertiles pour Cu-Au porphyrique (S.Faure)
 - Identification des protolithes (séd/ignée) des roches métamorphiques (S.Trépanier/S.Faure)
 - Bilan de masse par modélisation des précurseurs (S.Trépanier)
 - Norme LithoModeleur pour roches métamorphiques schiste vert/amphibolite (S.Trépanier)

LithoModeleur

- Intègre plusieurs autres outils lithogéochimiques de la littérature
 - Norme CIPW
 - Bilans de masse classiques (Grant)
 - Analyses statistiques
 - Plus d'une centaine de diagrammes et indices de la littérature
- Modèles de traitement pour classifications complexes des roches (ex: IUGS)
- Interactivité diagrammes/Mapinfo/tableurs
- Etc.

LithoModeleur

lithomodeleur Consorem

[Fichier](#) [Projet](#) [Carte](#) [Configuration](#) [Sous-ensembles d'échantillons](#) [Manipulation de la table de données](#) [Diagrammes/Indices](#) [Analyses](#) [Aide](#)

Messages de session

12-11-21 07:06:11 Début de la session

12-11-21 07:06:11 Activation du logiciel valide jusqu'à 2013-04-01 00:00

12-11-21 07:06:15 Ouverture du fichier de définition des indices/diagrammes

12-11-21 07:06:15 Nombre de diagrammes et indices: 111

12-11-21 07:06:15 Base de données de référence géochimique

12-11-21 07:06:15 Nombre d'échantillons de la base de référence

12-11-21 07:06:31 Ouverture de la table: Geotoc_Th de la base

12-11-21 07:07:15 Ouverture de la table: Geotoc_Th de la base

Vider

Tous (Sous-ensemble actif) N=5810

Mise à jour de la table

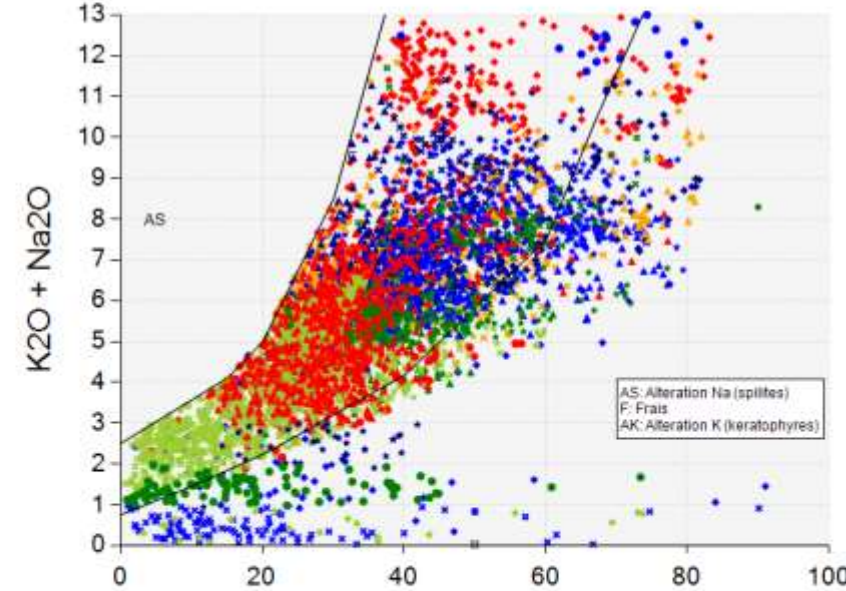
Noir: Champs numériques. (NB: seuls champs numériques)

Rouge: Autres types de colonnes

ID	FICHIER	CITATIONS
4	ANDESITE	[3291][2299]
10	ANDESITE	[3291][2299][22]
12	ANDESITE	[3291][2299][22]
13	ANDESITE	[10608][14365]
17	ANDESITE	[2495][3370]
19	ANDESITE	[3384][3371][14]
22	ANDESITE	[2495][13277]
26	ANDESITE	[2495][13277]
27	ANDESITE	[2495][3591][74]
35	ANDESITE	[3291][2298]
88	ANDESITE	[13460][9592]
90	ANDESITE	[13460][2495][2]
91	ANDESITE	[13460][9592]
370	ANDESITE	[4788]
371	ANDESITE	[4788]
372	ANDESITE	[4788]
373	ANDESITE	[4788]
779	ANDESITE	[4788]

Hughes1

Diagramme de Hughes (Hughes, 1973) N=5810



AS: Alteration Na (spilites)
F: Frais
AK: Alteration K (keratophyes)

100 * K2O / (K2O + Na2O)

Projet: spilitisation

Bilan de masse par modélisation des précurseurs

- Projet 2008-07
- Idée: prédire les valeurs en éléments majeurs + Zr à partir des ratios d'éléments immobiles des roches ignées
- Développer les prédictions sur une banque de données de roches fraîches avec réseaux de neurones
- Calcul automatisé des bilans de masse possible en utilisant Zr-Ti comme éléments immobiles par la suite

Bilan de masse par modélisation des précurseurs

- Version 2008-2009: banque de roches fraîches contenait des roches subalcalines seulement → pas approprié pour roches alcalines
- Objectif 2012: appliquer aux roches alcalines également

- **Modèles**
- Banque de données de roches fraîches
- Prédications et erreurs
- Roches subalcalines
- Roches alcalines

Roches alcalines

- Pour déterminer l'alcalinité générale, Nb est un élément critique
 - Ratio Nb/Y de Winchester et Floyd, 1977
- Pour le caractère potassique des séries alcalines des arcs volcaniques, Th est un élément important
 - Enrichissement relatif en Th ; Pearce, 1996
 - Diagramme Th-Nb-Zr de Wood, 1980

- 2 modèles réalisés pour roches alcalines, selon éléments immobiles
- Réalisés sur la même banque
 1. Al-Ti-Zr-Cr-Y-Nb
 2. Al-Ti-Zr-Cr-Y-Nb-Th

- Modèles
- Banque de données de roches fraîches
- Prédications et erreurs
- Roches subalcalines
- Roches alcalines

Banque de données de roches fraîches

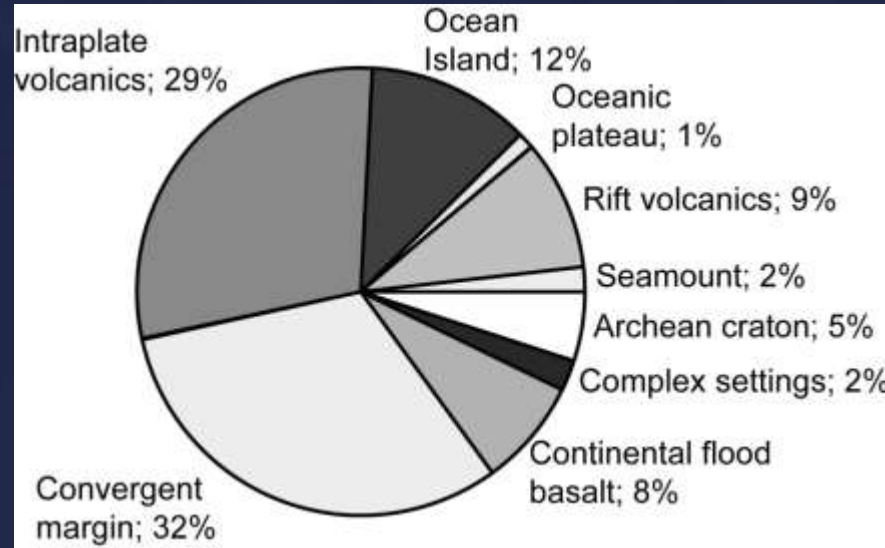
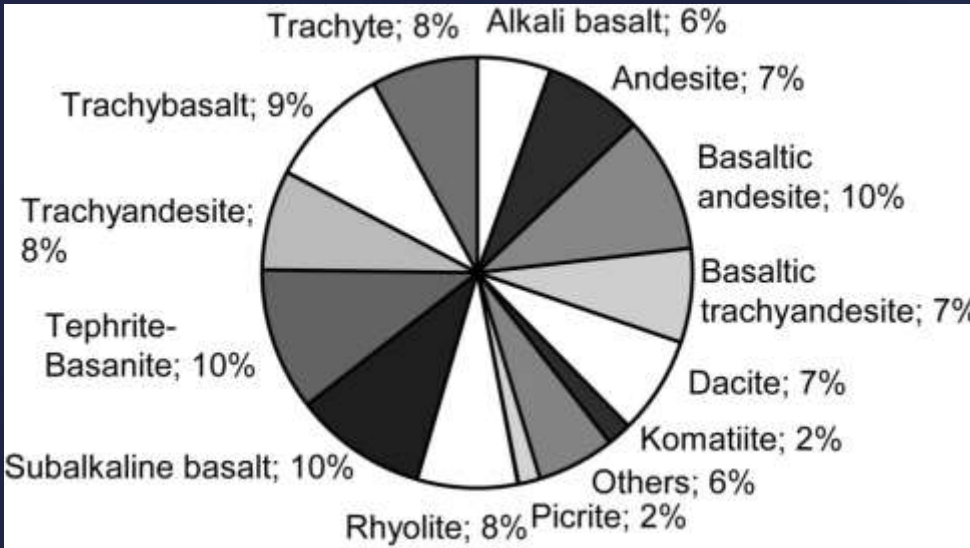
- Banque de départ: ~110 000 échantillons
- Critères appliqués pour filtrer la banque
 1. Seulement analyses avec Majeurs + LOI + Zr-Y-Cr-Nb-Th
 2. Seulement conserver analyses avec Nb > 8 ppm ou avec Nb déterminé au dixième de degré près
 3. Échantillons décrivent comme Frais dans Georoc ou non-spécifiés (note: seulement 7% de la banque a une description d'altération)
 4. Échantillons avec LOI < 2.5 seulement → critère IUGS pour altération
 - Sauf pour picrites, komatiites, meimechites et boninites conservées peu importe LOI (critère IUGS également)

Banque de données de roches fraîches

5. Échantillons sur champ frais de Hughes (1973) seulement – modifié
 - Sauf pour picrites, picrobasaltes, komatiites, meimechites et boninites gardées peu importe
6. Index chimique d'altération (CIA; Nesbitt, 2003) < 52.5 (50 normalement mais 52.5 pour laisser passer des roches légèrement peralumineuses)
7. Équilibre des articles : certains articles compilés dans Georoc contiennent beaucoup d'échantillons. Conservé un maximum de 25 échantillons par article, aléatoirement.
8. Équilibre des types de roches: banque Georoc contient beaucoup de basaltes et de basaltes andésitiques. Échantillonné pour qu'un type de roche ne représente pas plus que 10% de la banque.

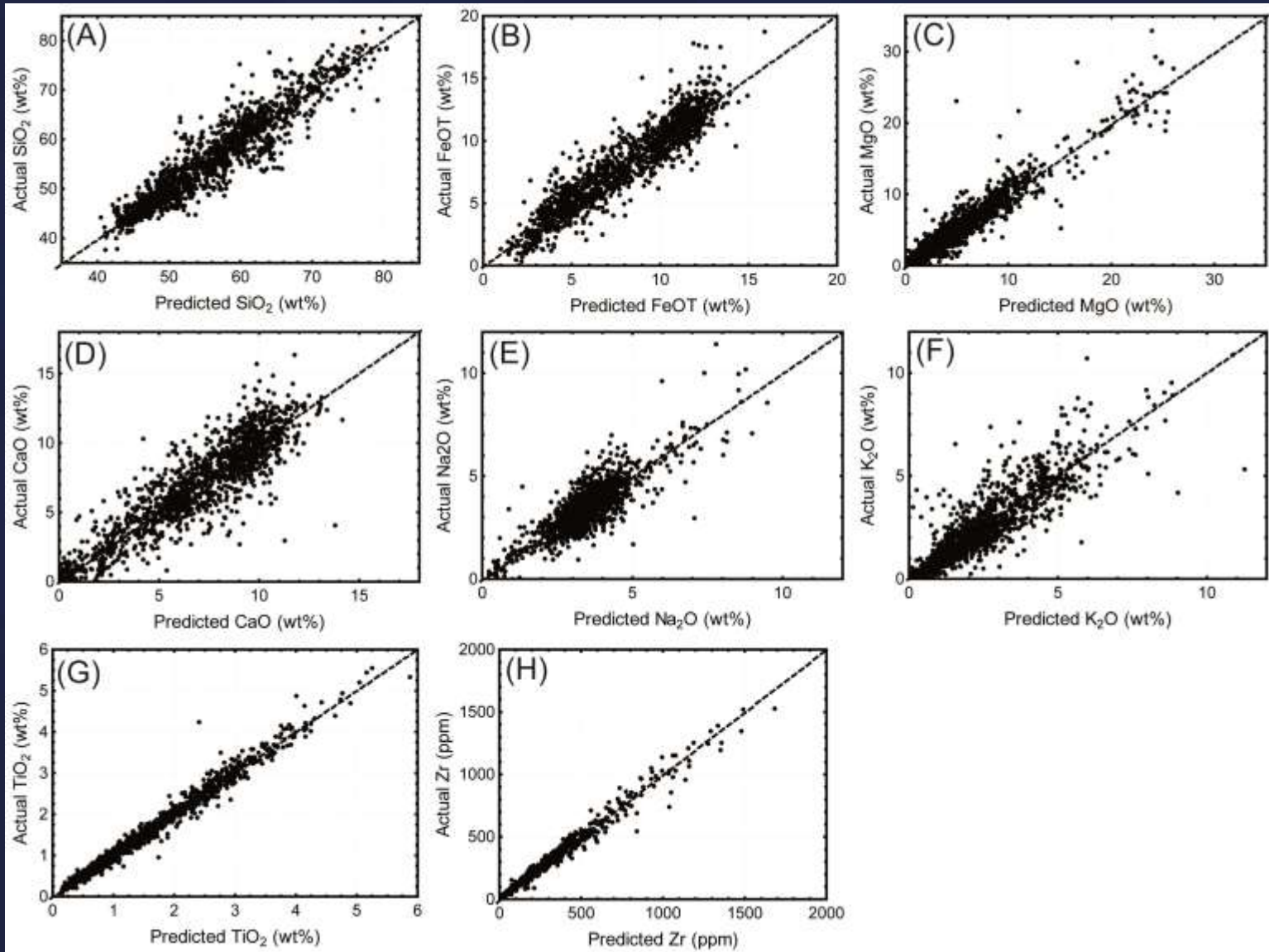
Banque de données de roches fraîches

- Banque finale: 5810 échantillons



- Banque de données de roches fraîches
- Modèles
- **Prédictions et erreurs**
- Roches subalcalines
- Roches alcalines

Valeurs prédites vs Analysées (groupe test, Nb-Th)



Corrélations

Modèle Nb-Th

Composante	Subalcalin	Alcalin
SiO ₂	0.931	0.918
FeOT	0.937	0.913
MgO	0.925	0.945
CaO	0.891	0.803
Na ₂ O	0.798	0.726
K ₂ O	0.921	0.838
TiO ₂	0.986	0.992
Zr	0.984	0.989

Modèle Nb

Composante	Subalcalin	Alcalin
SiO ₂	0.918	0.908
FeOT	0.937	0.915
MgO	0.922	0.941
CaO	0.895	0.805
Na ₂ O	0.785	0.703
K ₂ O	0.888	0.818
TiO ₂	0.988	0.993
Zr	0.985	0.987

Question: les corrélations plus basses pour les roches alcalines pour CaO, Na₂O, K₂O sont-elles pour toutes les roches alcalines sans distinction ou pour certains types de roches alcalines seulement?

- Banque de données de roches fraîches
- Modèles
- Prédications et erreurs
- **Roches subalcalines**
- Roches alcalines

A Volcano Rekindled: The Renewed Eruption of Mount St. Helens, 2004–2006
Edited by David R. Sherrod, William E. Scott, and Peter H. Stauffer
U.S. Geological Survey Professional Paper 1750, 2008

Chapter 30

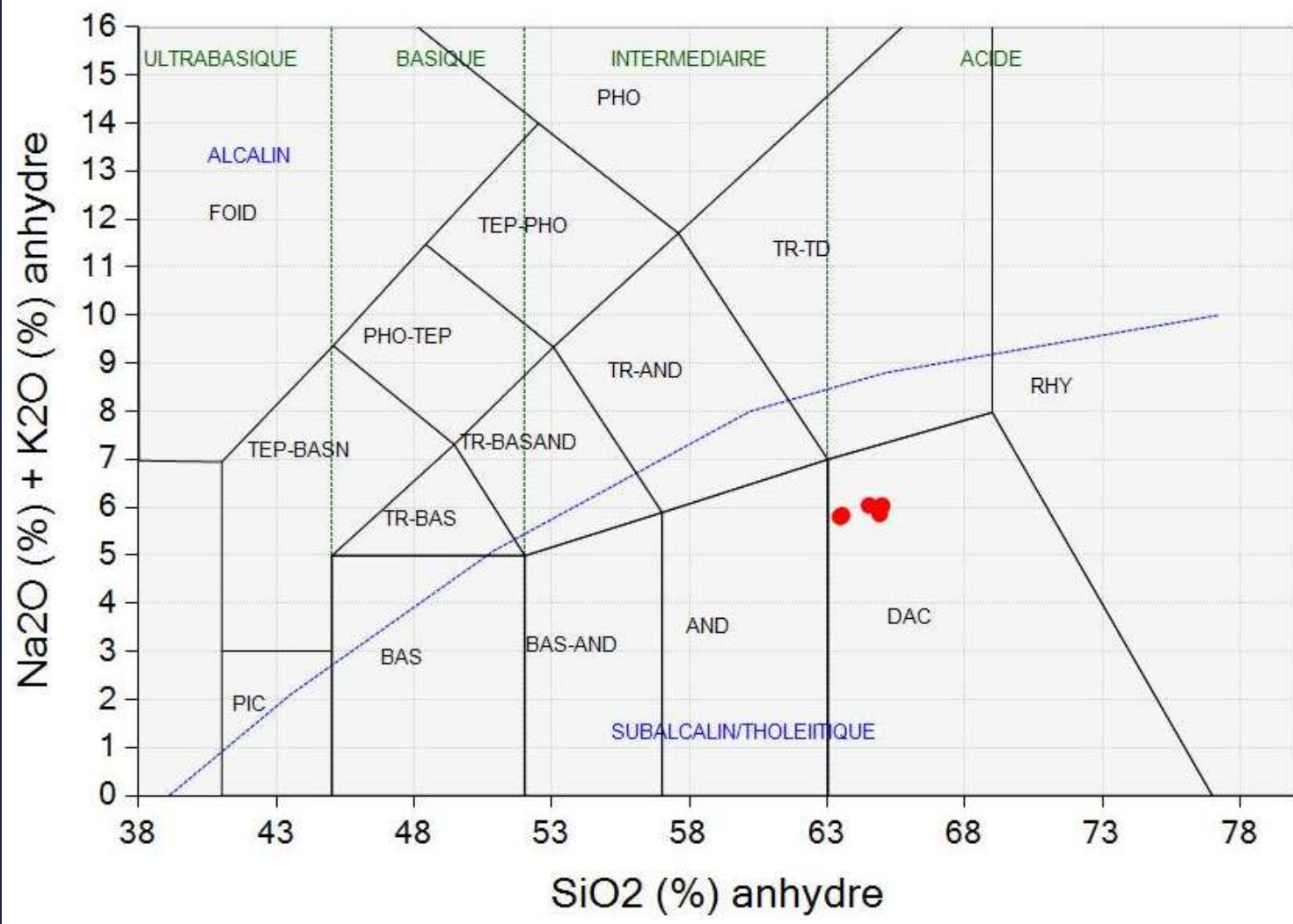
Petrology of the 2004–2006 Mount St. Helens Lava Dome—Implications for Magmatic Plumbing and Eruption Triggering

By John S. Pallister¹, Carl R. Thornber¹, Katharine V. Cashman², Michael A. Clynne³, Heather A. Lowers⁴, Charles W. Mandeville⁵, Isabelle K. Brownfield⁴, and Gregory P. Meeker⁴

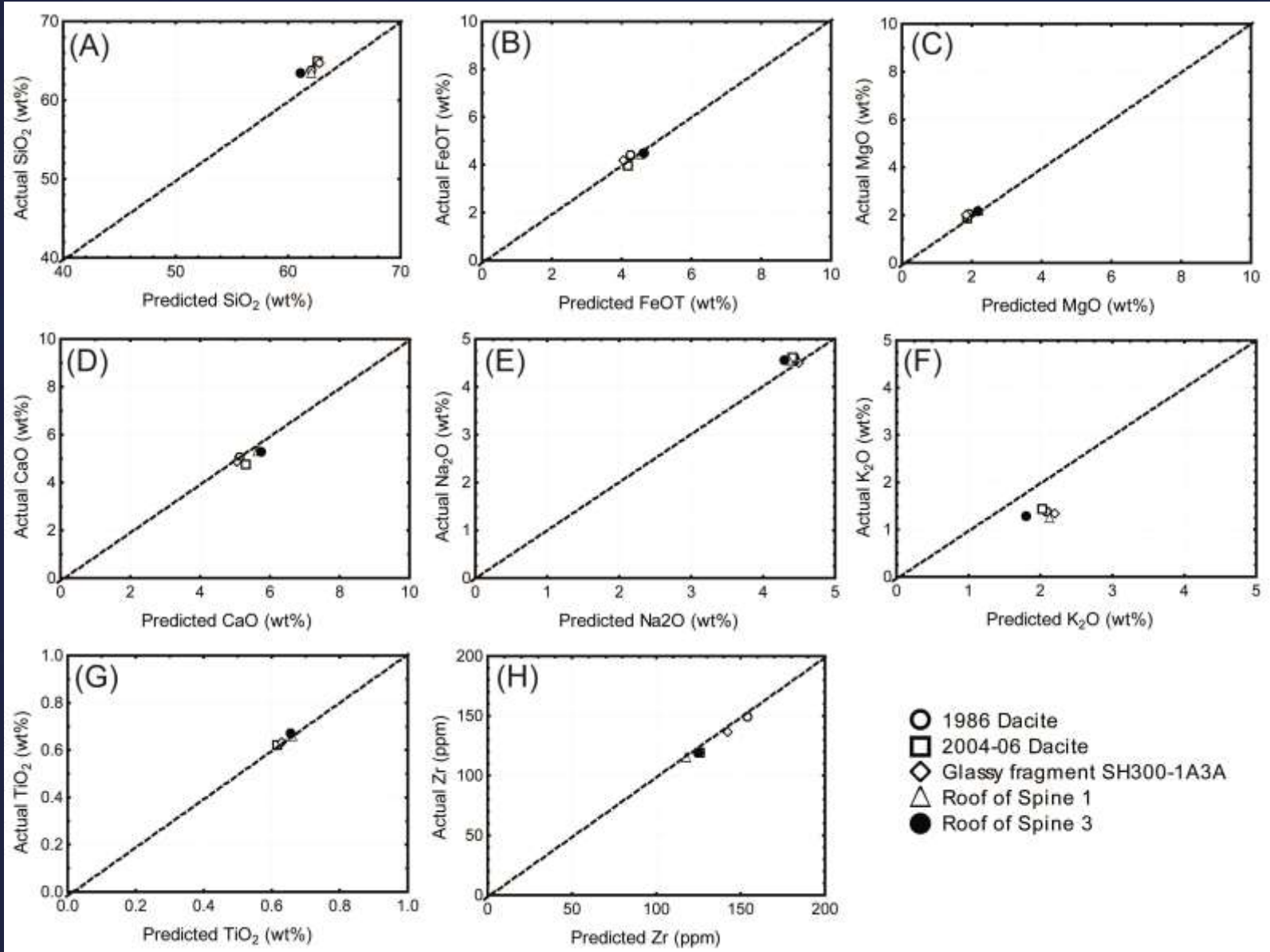
Note: pas inclus dans la banque de référence de roches fraîches

Mont Saint-Helens

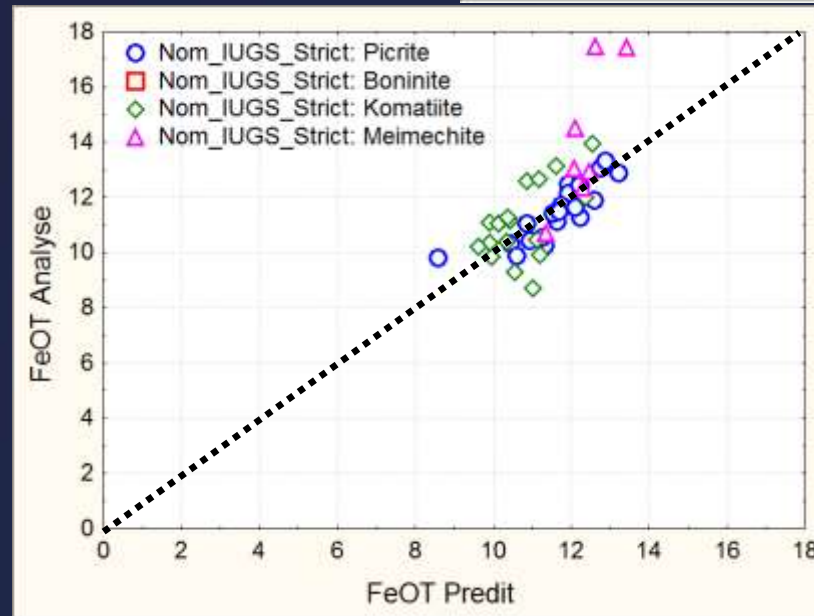
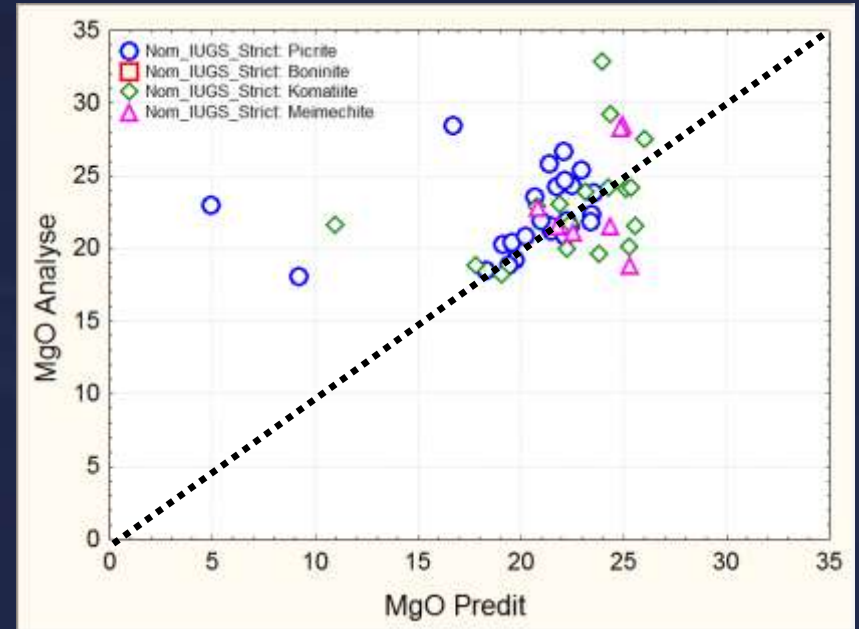
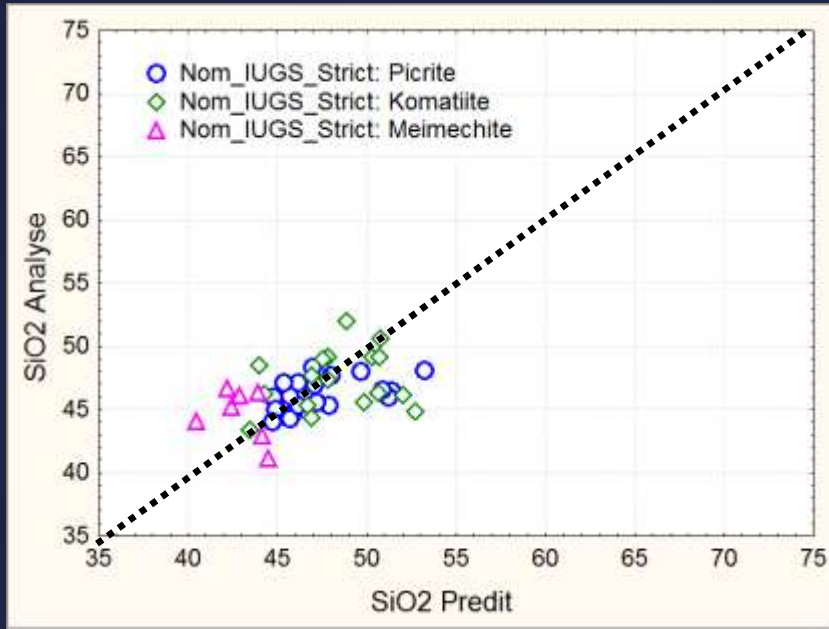
SiO₂ vs K₂O+Na₂O (Le Bas et al. 1986) (SousEnsemble1) N=5



Mont Saint-Helens

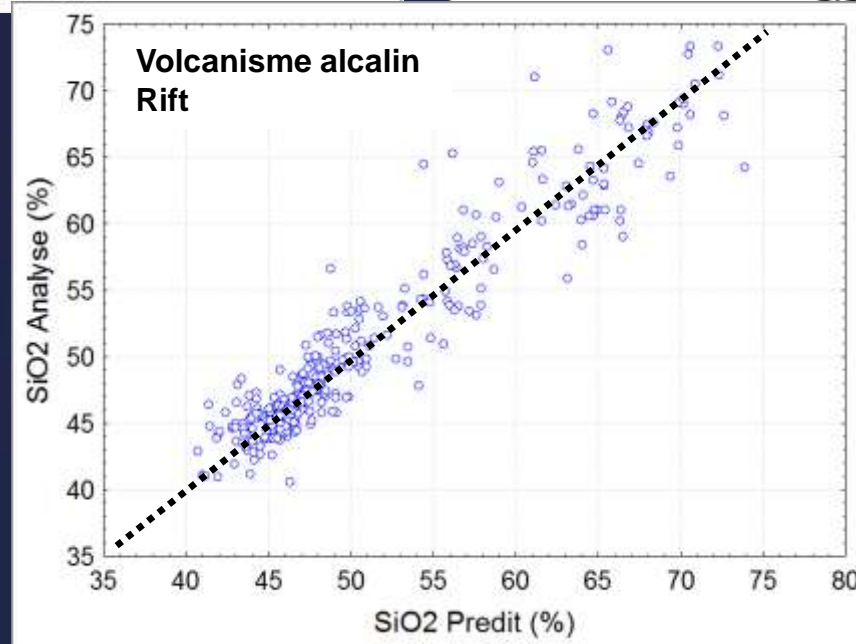
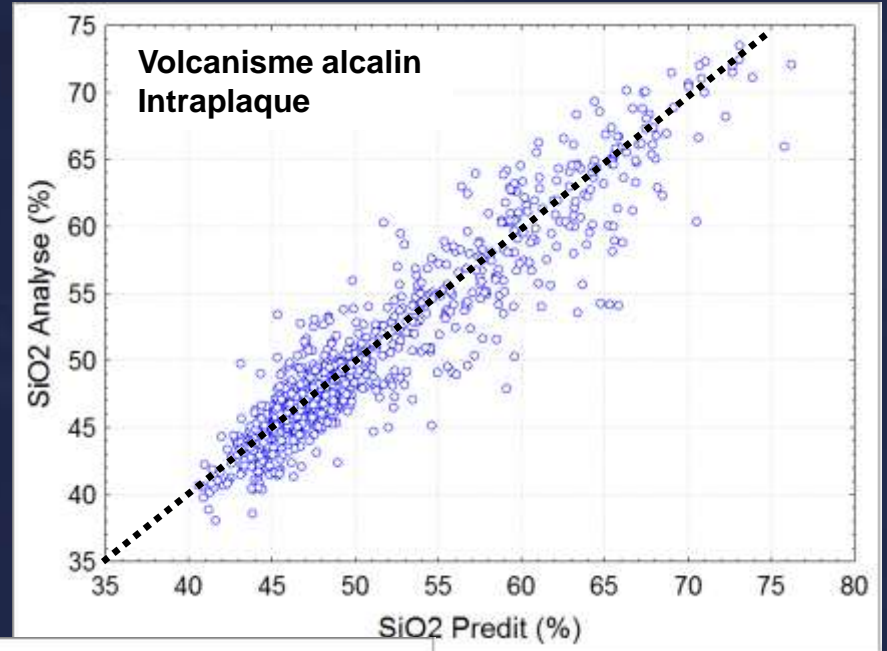
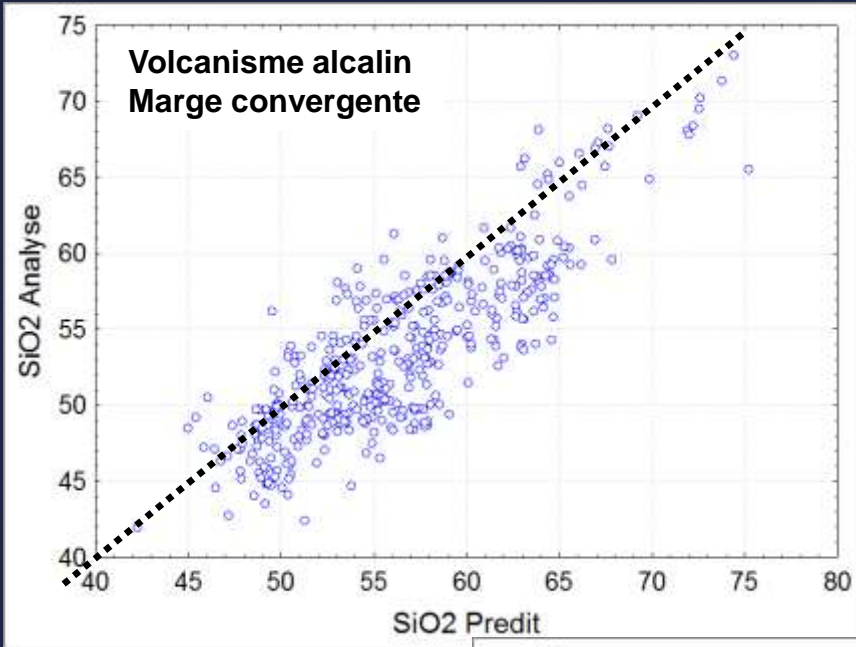


Roches riches en Mg, groupe test n=55



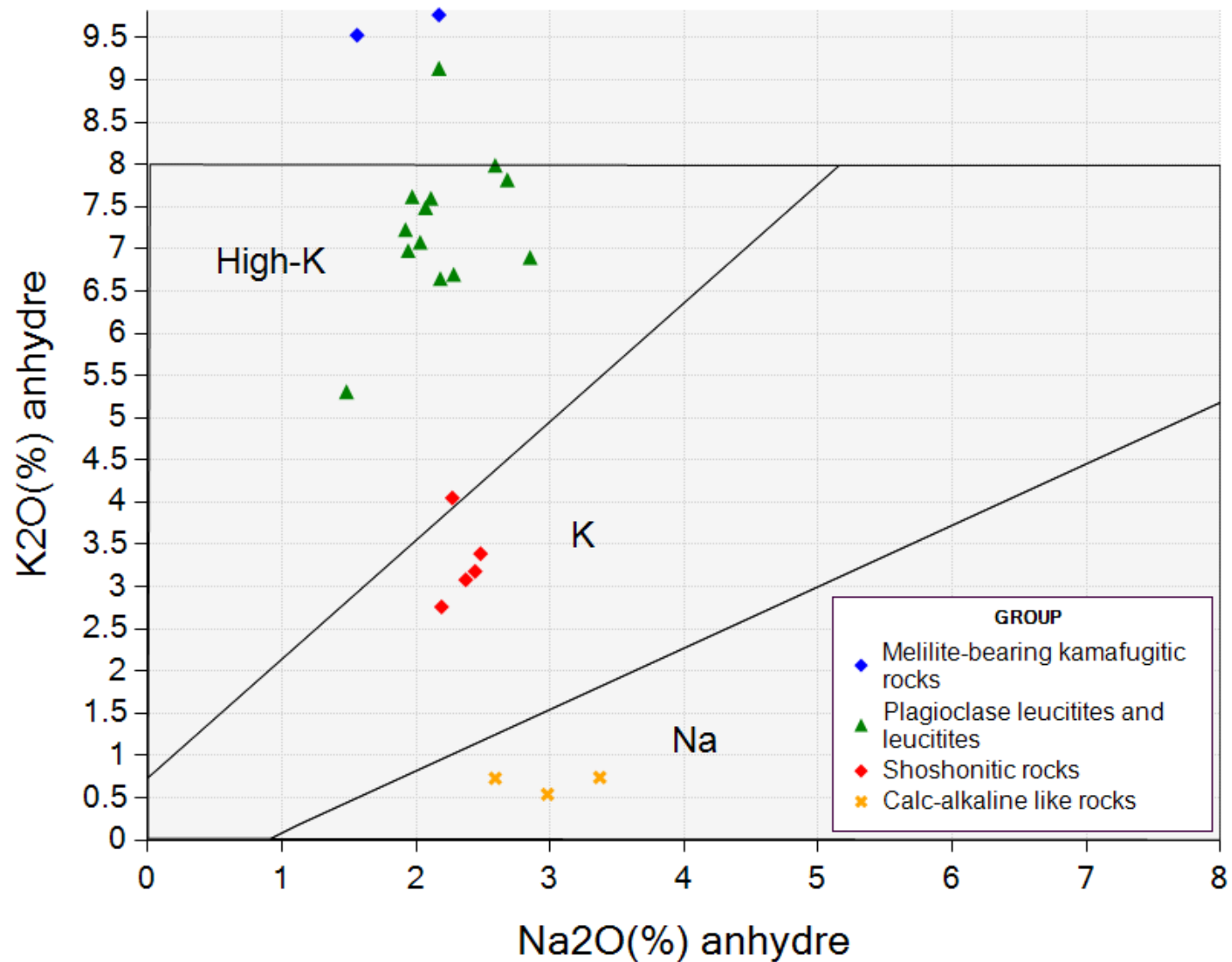
- Banque de données de roches fraîches
- Modèles
- Prédications et erreurs
- Roches subalcalines
- **Roches alcalines**

SiO₂ prédit vs réel



Classification des séries alcalines

Na₂O vs K₂O pour roches alcalines (Middlemost, 1975) N=23



Roches alcalines mafiques, selon le contexte tectonique et l'affinité

Erreur médiane absolue

	Marge convergente			Rift			Intraplaque			Ile océanique		
	Na	K	K++	Na	K	K++	Na	K	K++	Na	K	K++
SiO ₂	-0.7	-3.5	-7.6	-0.1	0	-	-0.7	-0.3	-4	-0.7	0	-
FeOT	0.3	0.2	1.5	0	-0.3	-	0.5	0.1	0.8	-0.1	-0.3	-
MgO	0.1	0.7	2.7	-0.4	0.4	-	0.3	0.8	0.9	-0.2	0.4	-
CaO	0.1	1.7	3.9	-0.4	-0.6	-	-0.1	-0.4	0.8	0.5	-0.7	-
Na ₂ O	0.4	-0.1	-1	0.1	-0.3	-	0.2	-0.2	-0.4	0.2	-0.3	-
K ₂ O	-0.1	0.4	1.2	-0.2	0.4	-	-0.1	0.2	1.1	-0.1	0.4	-
TiO ₂	-0.2	0.1	0	0	0	-	0	0	0	0.1	0	-
Zr	1	4	3.3	5	-1.8	-	-5	-4	5.6	5	-1.8	-

Roches alcalines intermédiaires, selon le contexte tectonique et l'affinité

Erreur médiane absolue

	Marge convergente			Rift			Intraplaque			Ile océanique		
	Na	K	K++	Na	K	K++	Na	K	K++	Na	K	K++
SiO ₂	-0.5	-1.5	-4.5	1.4	0.8	-	-0.4	0.1	-0.8	-0.6	1.1	-
FeOT	0.2	0.4	1.2	0.3	-0.5	-	0.1	0.1	0.1	-1	-1.1	-
MgO	0.4	0.41	1.1	-0.5	0.0	-	0	-0.1	-0.3	-0.2	-0.5	-
CaO	-0.1	0.1	1.8	0.3	0.1	-	-0.3	-0.4	0.1	0.3	-0.4	-
Na ₂ O	0.6	0.2	0.8	-0.3	0.2	-	0.9	0.1	-0.6	0.3	0.1	-
K ₂ O	-0.0	0.7	1.7	-0.3	0.4	-	0.2	0.6	1.2	-0.3	0.1	-
TiO ₂	0	0	0	0.1	-0.1	-	0.1	0	0	0.1	0.2	-
Zr	1.8	3.9	11	0.7	-9	-	1	-3.4	-15	13	18	-

Roches alcalines felsiques, selon le contexte tectonique et l'affinité

Erreur médiane absolue

	Marge convergente			Rift			Intraplaque			Ile océanique		
	Na	K	K++	Na	K	K++	Na	K	K++	Na	K	K++
SiO ₂	-1.4	-2.5	-4.5	0	-0.1	-	-0.8	-0.1	-0.6	-0.8	-0.2	-
FeOT	0.2	0.1	0.9	0.0	0.15	-	0.5	0	0	-0.2	-0.6	-
MgO	0.3	0.4	0.8	-0.4	-0.1	-	0.3	0.1	-0.3	-0.2	-0.2	-
CaO	0	0.6	1.4	-0.3	0	-	-0.1	-0.4	-0.3	0.4	0	-
Na ₂ O	0.4	0.1	-0.6	0.1	0.05	-	0.2	0	-0.5	0.2	-0.3	-
K ₂ O	0	0.6	1.6	-0.2	0.2	-	-0.1	0.4	1	-0.1	0.3	-
TiO ₂	0	0	0.05	0.1	0	-	0	0	0	0	0	-
Zr	2.9	4	14	4.2	-4	-	-5	-4	-0.1	7	9	-

Roches alcalines selon le contexte tectonique

Coefficients de corrélation de Spearman

	Marge convergente	Rift	Intraplaque	Ile océanique
SiO ₂	0.80	0.92	0.91	0.93
FeOT	0.88	0.91	0.85	0.85
MgO	0.92	0.95	0.94	0.96
CaO	0.75	0.87	0.79	0.90
Na ₂ O	0.65	0.88	0.69	0.86
K ₂ O	0.84	0.85	0.84	0.88
TiO ₂	0.99	0.99	0.99	0.98
Zr	0.99	0.99	0.99	0.99

Synthèse: roches alcalines

- Le bilan de masse par modélisation des précurseurs fonctionne bien pour les roches alcalines des contextes de rift et d'îles océaniques.
- Fonctionne bien en général pour les contextes intraplaques hormis les séries ultrapotassiques
- Ne fonctionne pas pour les séries potassiques et ultrapotassiques des marges convergentes, et pas plus pour les séries ultrapotassiques en général

Roches ultrapotassiques, Italie

JOURNAL OF PETROLOGY

VOLUME 50

NUMBER 7

PAGES 1327–1357

2009

doi:10.1093/petrology/egp003

Transition from Ultrapotassic Kamafugitic to Sub-alkaline Magmas: Sr, Nd, and Pb Isotope, Trace Element and ^{40}Ar – ^{39}Ar Age Data from the Middle Latin Valley Volcanic Field, Roman Magmatic Province, Central Italy

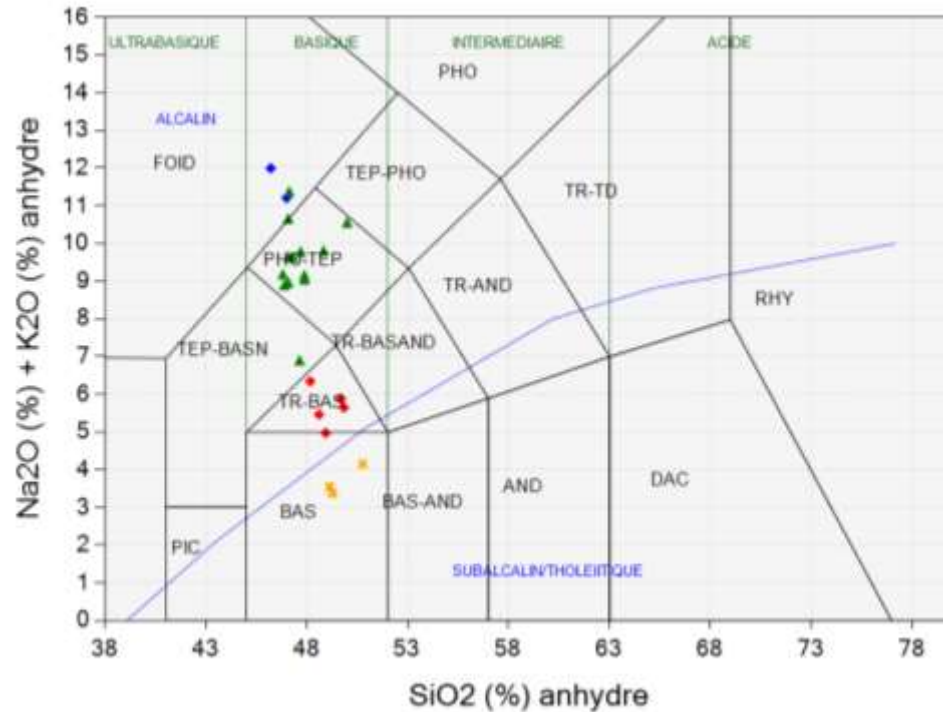
**ELENA BOARI¹, SIMONE TOMMASINI¹, MARINELLA A. LAURENZI²
AND SANDRO CONTICELLI^{1,3*}**

¹DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE, VIA GEORGIO LA PIRA, 4, I-50121, FIRENZE, ITALY

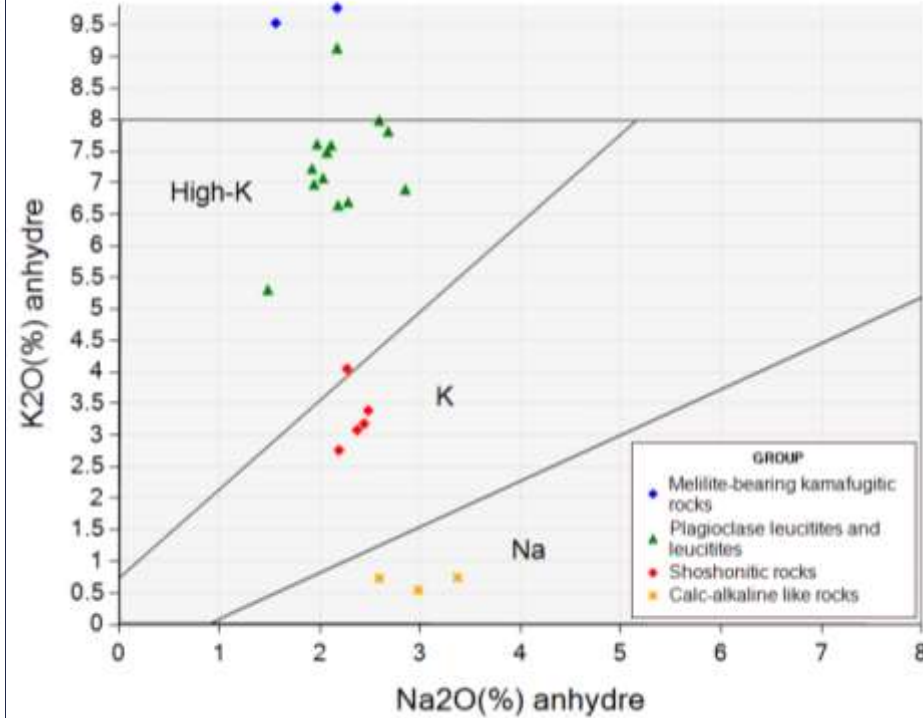
Note: pas inclus dans la banque de référence de roches fraîches

Province magmatique romaine

SiO₂ vs K₂O+Na₂O (Le Bas et al. 1986) N=23

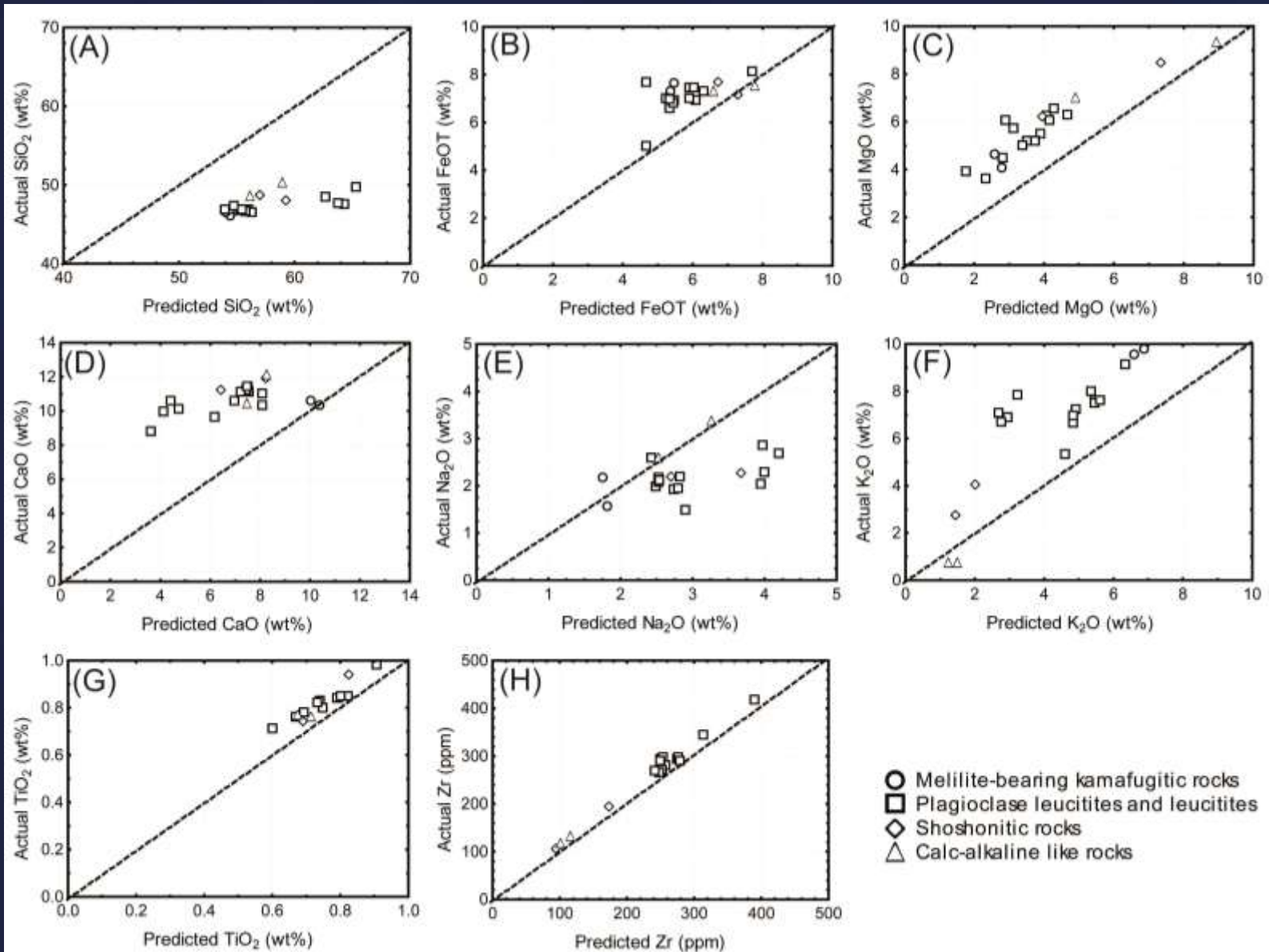


Na₂O vs K₂O pour roches alcalines (Middlemost, 1975) N=23

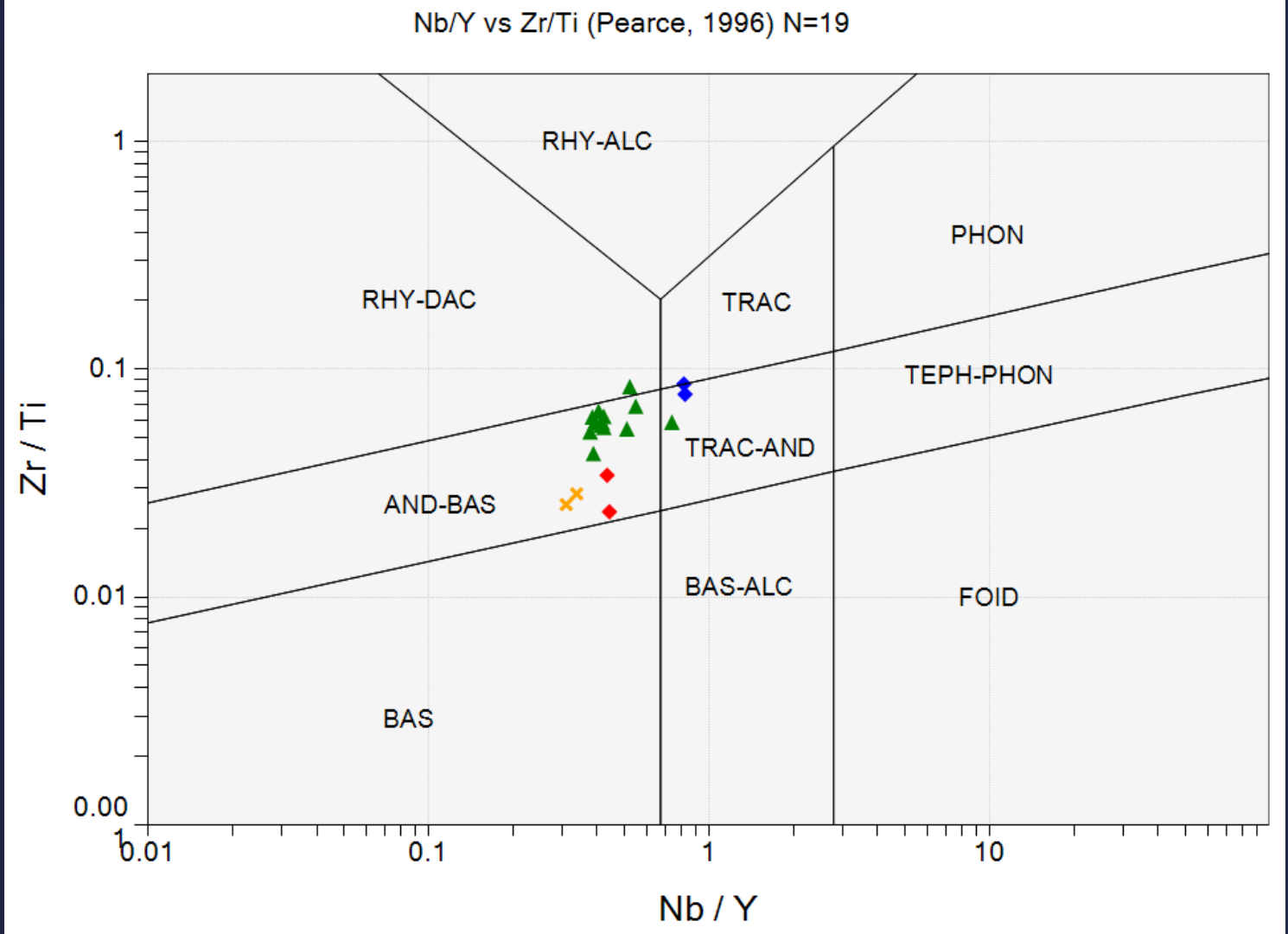


Basaltes subalcalins, trachybasaltes, phonotéphrites, foidites
Potassique à ultrapotassiques

Province magmatique romaine



Province magmatique romaine



Selon Pearce (1996) et Winchester et Floyd (1977). Ces roches extrêmement alcalines ne le sont pas selon le diagramme!

Roches alcalines en Abitibi

Economic Geology
Vol. 79, 1984, pp. 1104-1130

The Macassa Mine Archean Lode Gold Deposit, Kirkland Lake, Ontario: Geology, Patterns of Alteration, and Hydrothermal Regimes

R. KERRICH AND G. P. WATSON

Department of Geology, University of Western Ontario, London, Ontario N6A 5B7, Canada

Canadian Mineralogist
Vol. 31, pp. 219-244 (1993)

PETROGENESIS OF THE LATE ARCHEAN SYENITIC MURDOCK CREEK PLUTON, KIRKLAND LAKE, ONTARIO: EVIDENCE FOR AN EXTENSIONAL TECTONIC SETTING

STEPHEN M. ROWINS*

Ottawa-Carleton Geoscience Centre, Department of Geology, University of Ottawa, Ottawa, Ontario K1N 6N5

EION M. CAMERON

*Geological Survey of Canada, Ottawa, Ontario K1A 0E8, and Ottawa-Carleton Geoscience Centre, Department of Geology,
University of Ottawa, Ottawa, Ontario K1N 6N5*

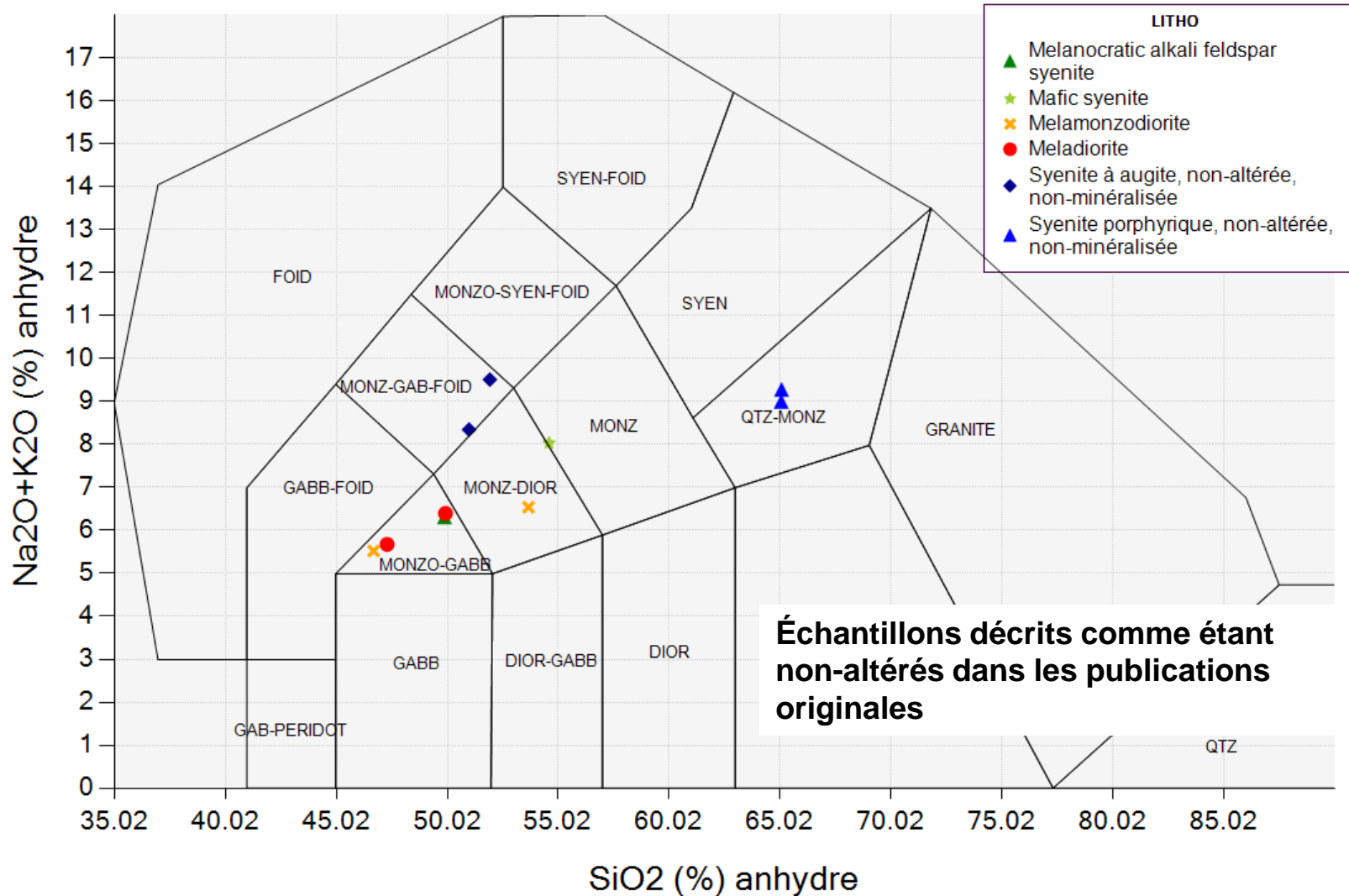
ANDRÉ E. LALONDE AND RICHARD E. ERNST

Ottawa-Carleton Geoscience Centre, Department of Geology, University of Ottawa, Ottawa, Ontario K1N 6N5

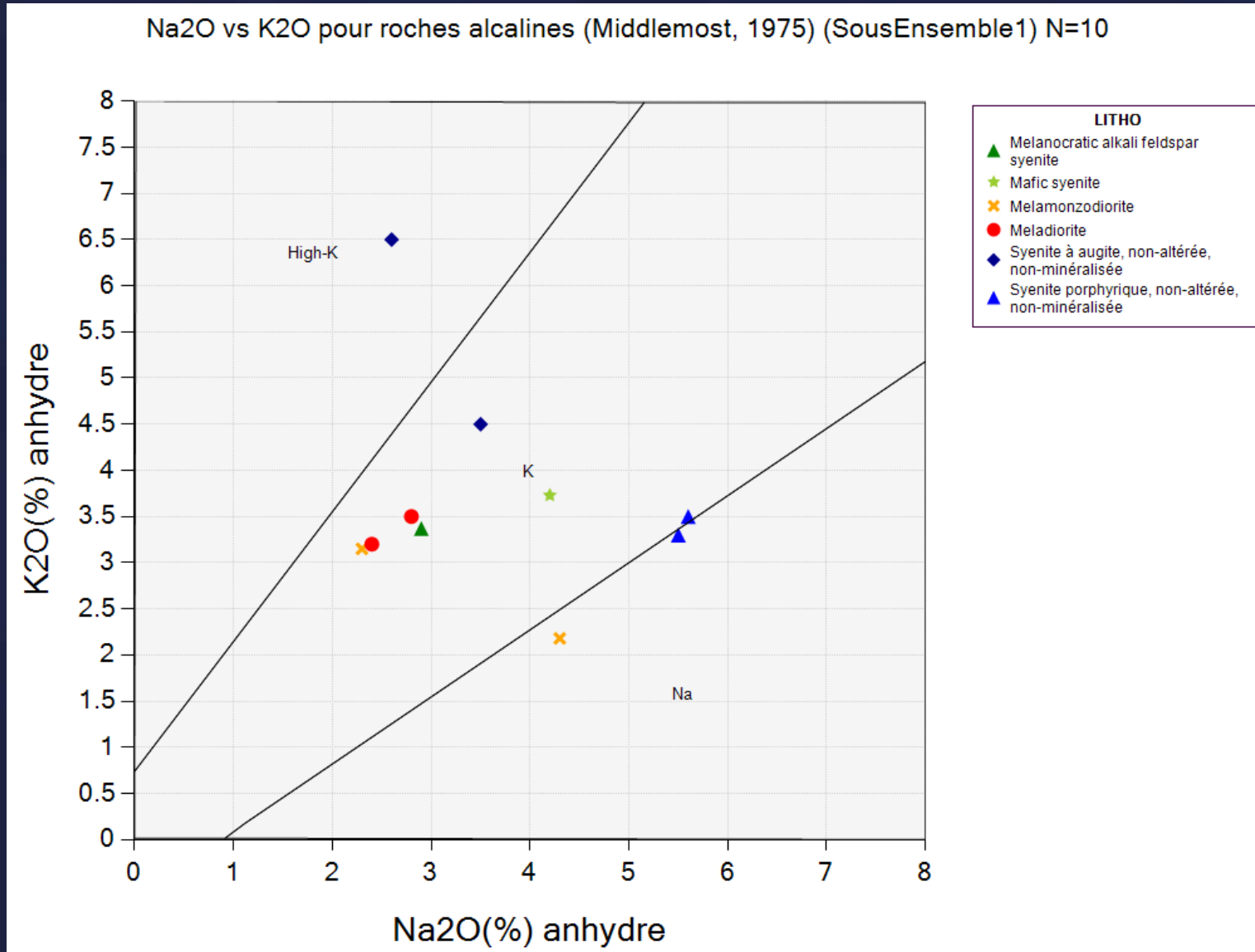
Note: pas inclus dans la banque de référence de roches fraîches

Syénites Kirkland Lake

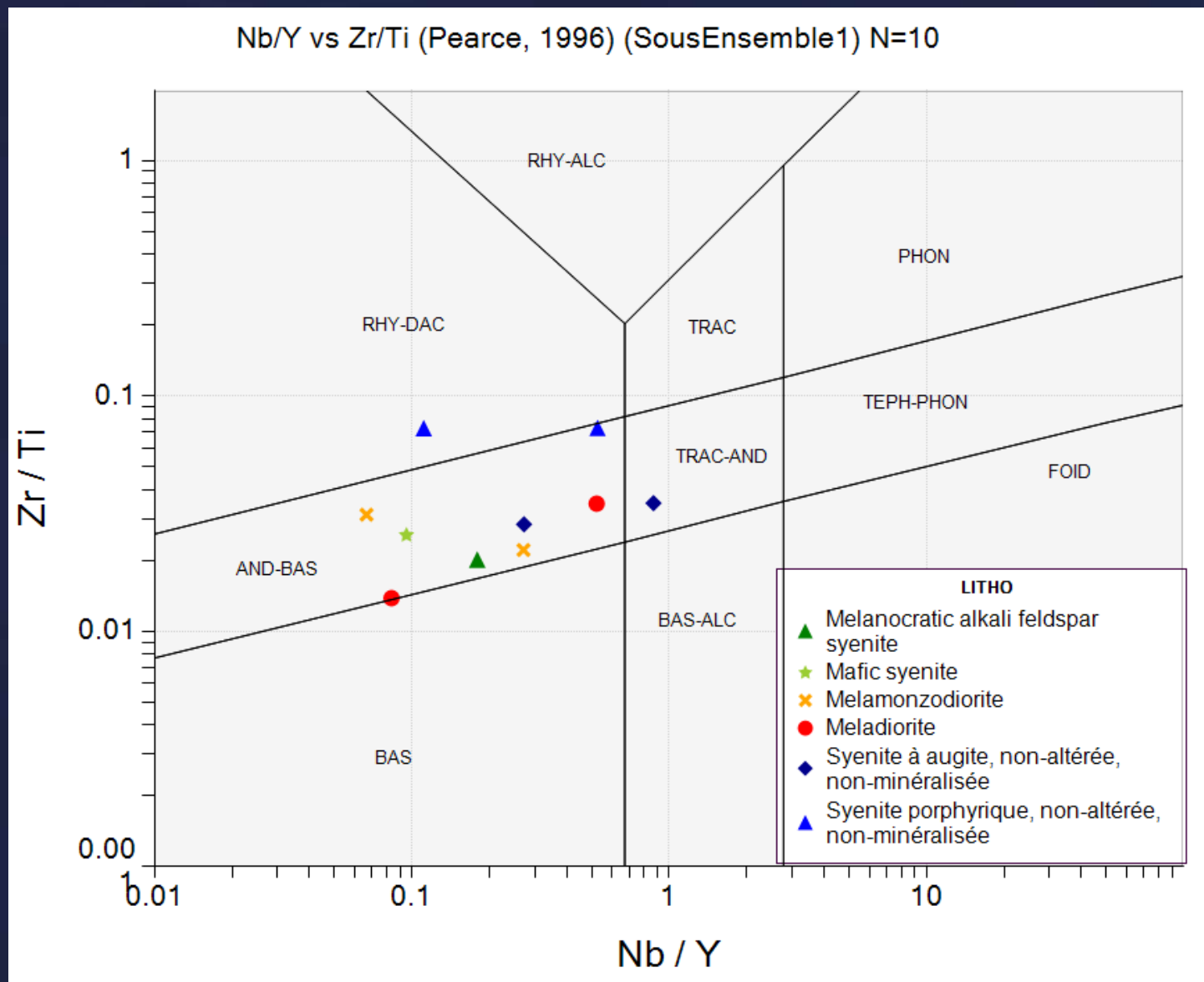
SiO₂ vs Na₂O+K₂O (Middlemost, 1985) (SousEnsemble1) N=10



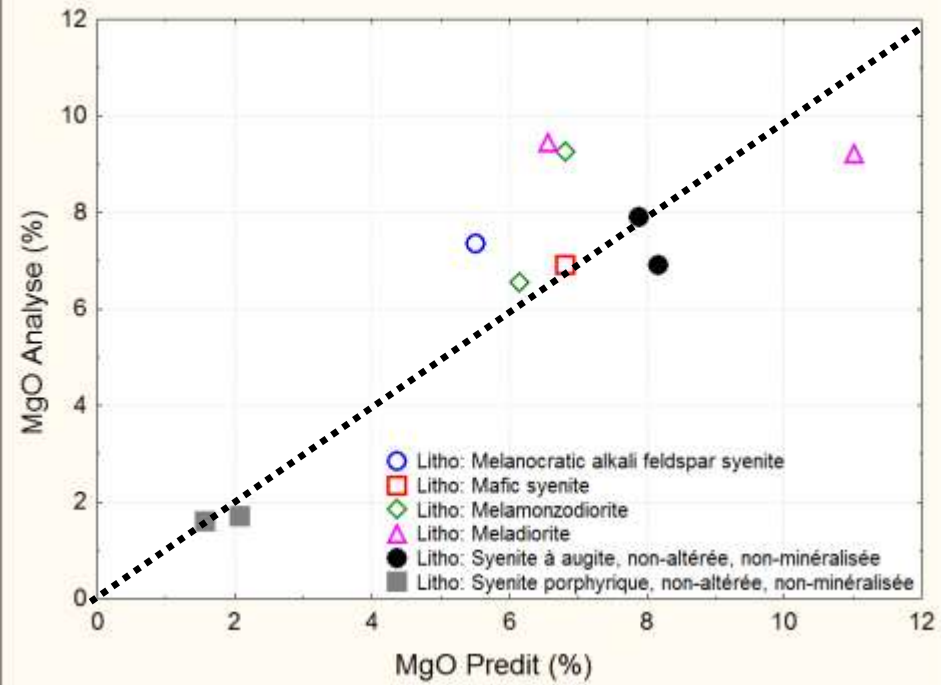
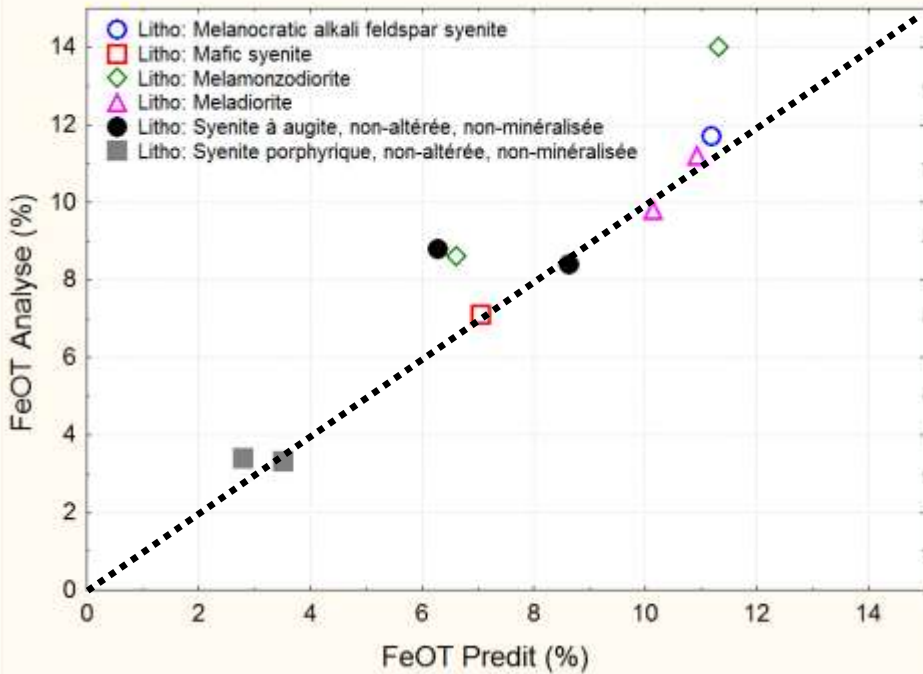
Syénites Kirkland Lake



Syénites Kirkland Lake

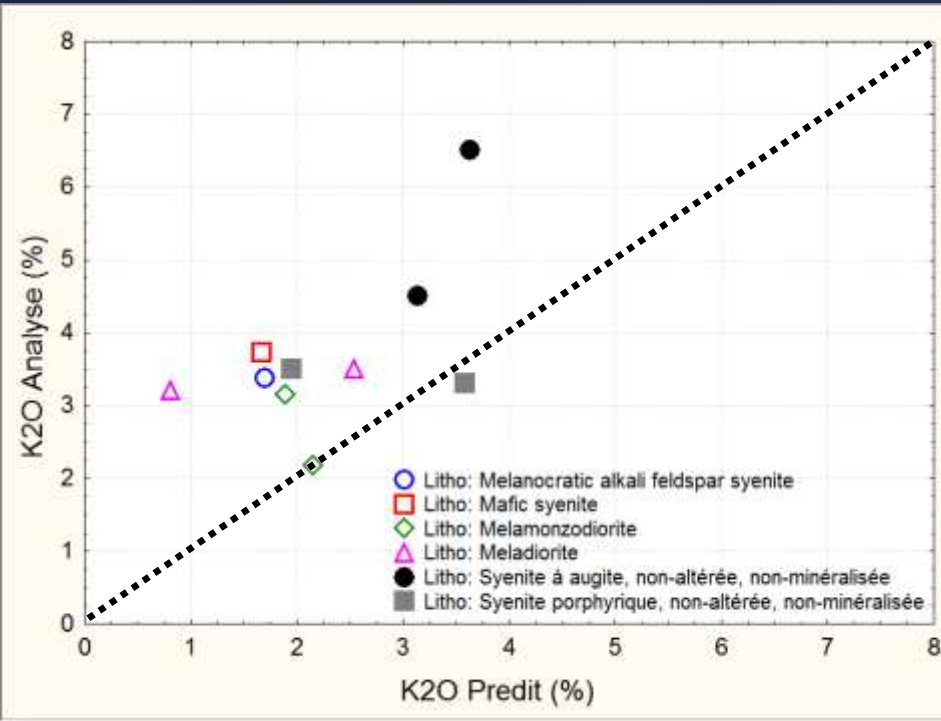
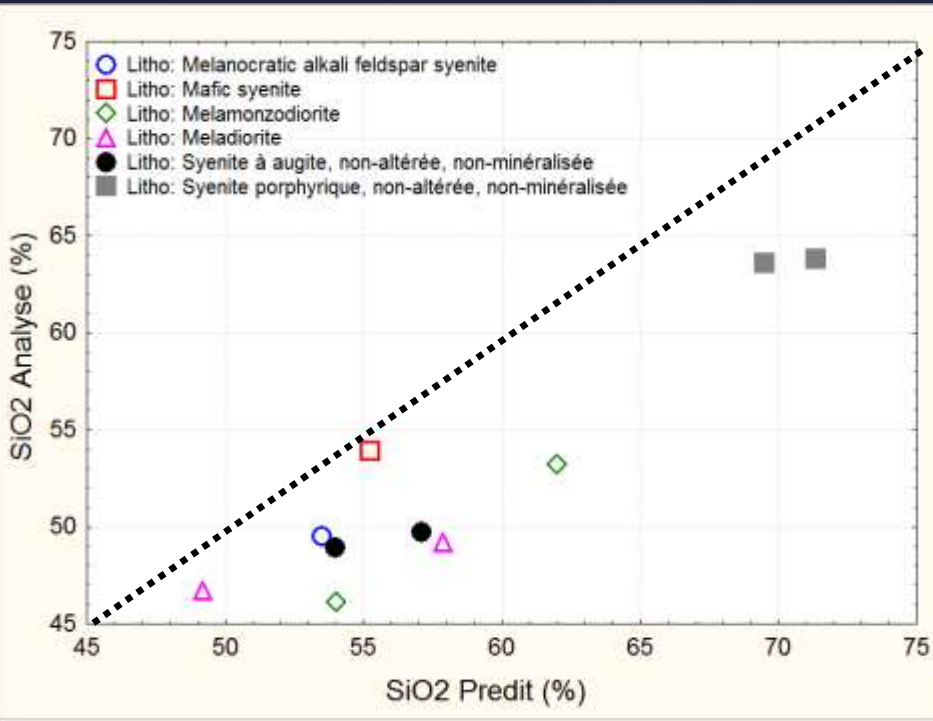


Syénites Kirkland Lake



Très bonne évaluation pour FeOT, moins bonne mais correcte en générale pour MgO

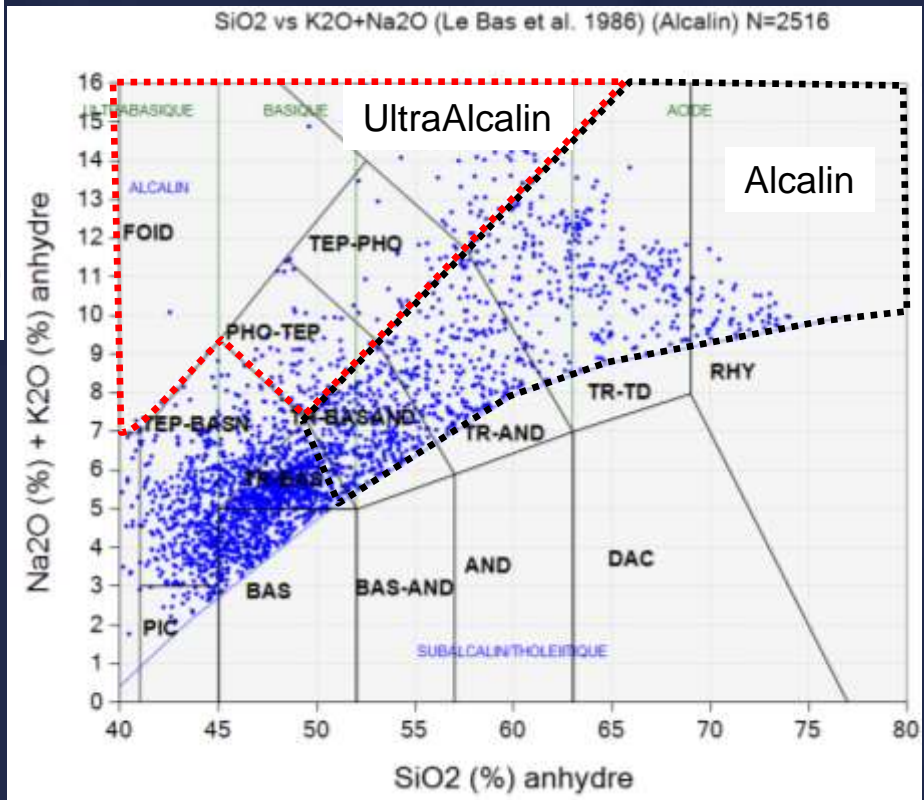
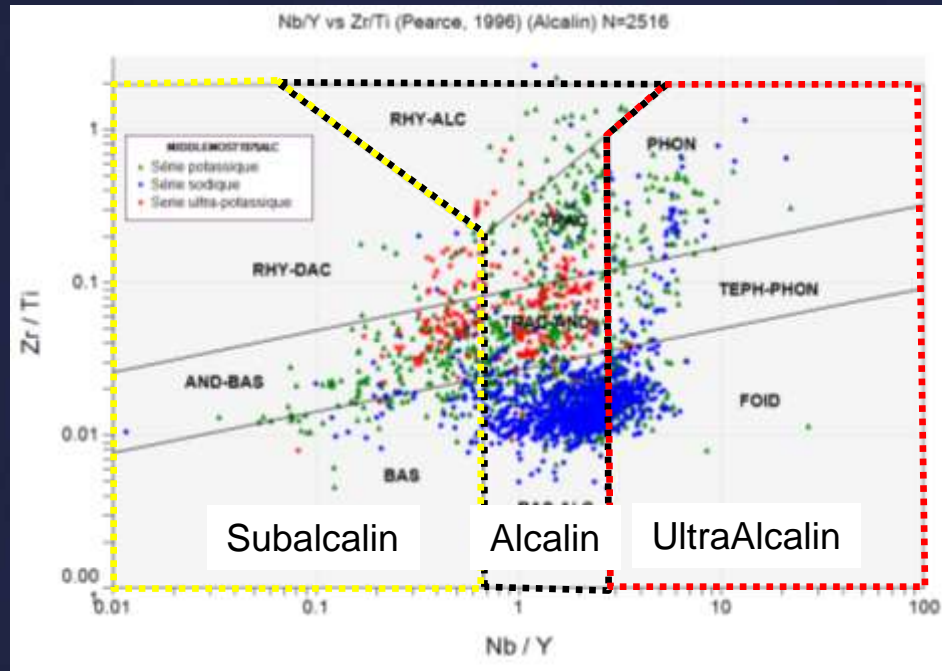
Syénites Kirkland Lake



Sur-évaluation de SiO₂ par environ 5%. Sous-évaluation de K₂O de 1 à 3%

Roches alcalines

Banque de données de référence



Roches alcalines

% classement correct Pearce vs Le Bas

% de classification correcte, série **sodique** intermédiaire-felsique

TAS	Pearce Ultraalcalin	Pearce Alcalin	Pearce Subalcalin
Ultraalcalin	94.0	6.0	0

% de classification correcte, série **potassique** intermédiaire-felsique

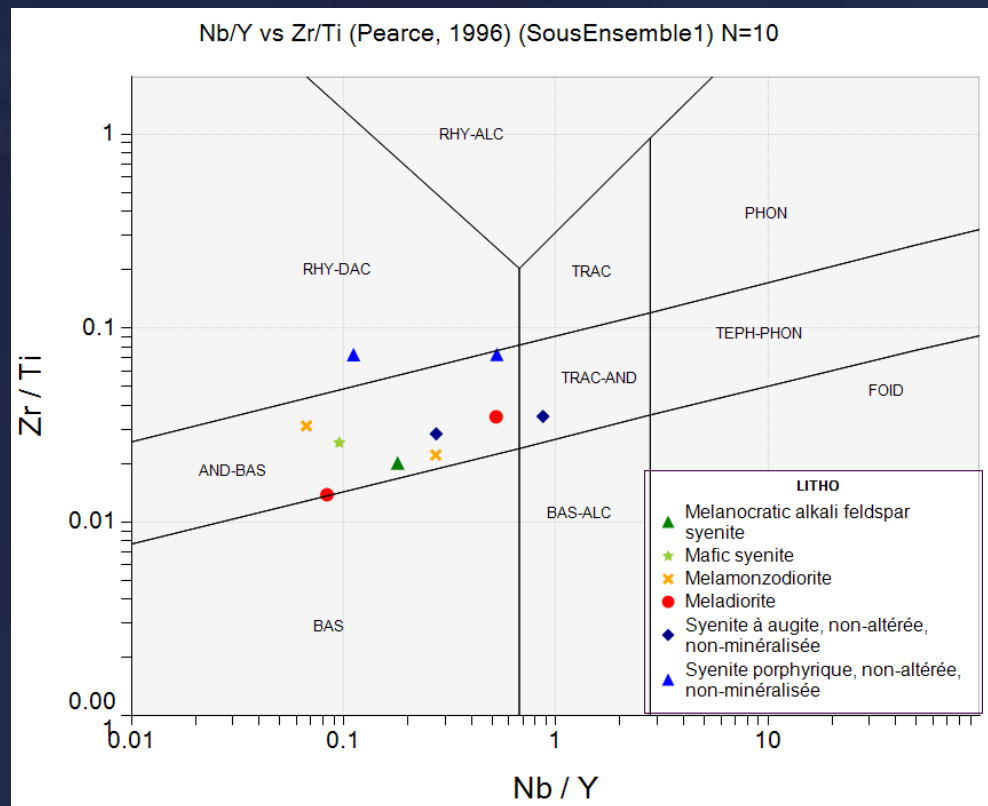
TAS	Pearce Ultraalcalin	Pearce Alcalin	Pearce Subalcalin
Ultraalcalin	41.3	55.7	3.4

% de classification correcte, série **ultrapotassique** intermédiaire-felsique

TAS	Pearce Ultraalcalin	Pearce Alcalin	Pearce Subalcalin
Ultraalcalin	1.4	52.8	45.7

Roches potassiques, marges convergentes

- Les roches alcalines des marges convergentes semblent garder les mêmes ratios de Zr, Nb, Al, Ti, Th, Y, Cr que les roches subalcalines de marges convergentes... tout en étant enrichies en K_2O (Na_2O) et appauvries en SiO_2 .
- Contrairement aux roches alcalines de tous les autres contextes, pas d'enrichissement relatif en Nb.
- Les ratios Th/autres ne semblent pas représenter correctement le caractère alcalin potassique vs subalcalin



- Fonctionne bien pour les roches subalcalines, y compris pour ultramafiques
- Fonctionne bien pour 80% des roches alcalines du monde... Mais pas celles de l'Abitibi! (marges convergentes et ultrapotassiques intraplaques)
- Recommandation: ne pas utiliser le bilan de masse par modélisation des précurseurs pour les séries alcalines potassiques, y compris les séries alcalines de l'Abitibi (monzonite-syéénite)