

## CR 2003-04

Chromite et tourmaline : deux minéraux indicateurs en exploitation, projet 2003-10

Documents complémentaires

*Additional Files*



**Licence**



*Licence*

Projet 2003-10

**Chromite et tourmaline :  
deux minéraux indicateurs en exploration.**

Par Gabriel Voicu

Avril 2004

# **PROJET 2003-10 La chromite et la tourmaline – minéraux indicateurs en exploration**

## **A. OBJECTIFS**

- Évaluer la variation de la composition chimique de la chromite et de la tourmaline dans des différents contextes:
  - lithologiques
  - tectoniques
  - métallogéniques
- Évaluer le potentiel d'utilisation de la chromite et de la tourmaline comme minéral indicateur des zones minéralisées
- Définir des outils pour différencier la chromite et la tourmaline des roches environnantes stériles vs minéralisées

## **B. METHODOLOGIE**

### **1. VOLET CHROMITE**

Une base de données de type Microsoft Access d'environ 26 000 d'analyses chimiques des minéraux du groupe des spinelles a été obtenue à partir d'un article de Barnes et Roedder paru en 2002 dans Journal of Petrology. Les analyses d'ilménite de la base de données ont été soustraites à cause du fait que l'ilménite ne fait pas partie du même sous-groupe que la chromite, et donc il n'existe pas une solution solide entre ces deux minéraux. En plus, des analyses chimiques sans localisation géographique ou sans information lithologique ou métallogénique ont également été aussi éliminées.

Cette base de données contient des analyses chimiques de plusieurs types pétrographiques situés dans des contextes tectoniques variés. Les groupes lithologiques ont été divisés comme suit :

1. **Ophiolites, péridotites océaniques et de type 'Alpin'**
2. **Complexes mafiques-ultramafiques lités**
3. **Complexes ultramafiques de type 'Alaska'**
4. **Basaltes tholéiitiques et boninites**
5. **Roches alcalines, lamprophyres et kimberlites**
6. **Komatiites**
7. **Xénolites du manteau**

De plus, les types lithologiques métamorphisés ont été divisés en fonction du faciès métamorphique: schistes verts, amphibolites et granulites/éclogites. La plupart des roches métamorphiques sont des komatiites.

Exception faites des xénolites du manteau et des basaltes tholéitiques/boninites, les autres groupes lithologiques ont été divisés en stériles et fertiles. Le terme stérile fait référence au fait que les groupes lithologiques discutés ne sont pas associés aux gîtes métallifères. Le terme fertile signifie que les analyses chimiques proviennent des roches qui sont spatialement et/ou génétiquement associés à des gîtes métallifères, sans distinction du type de minéralisation (chromite, Ni, or, EPG, etc).

Cette division de la base de données par des critères lithologiques/tectoniques et métallogéniques a été faite pour essayer de répondre à deux questions : 1. Peut-on définir le contexte géologique à l'aide de la composition chimique des chromites?; 2. Peut-on reconnaître les zones minéralisées et si oui, quelles sont les caractéristiques chimiques des chromites fertiles par rapport aux chromites des zones stériles?

## **2. VOLET TOURMALINE**

Une base de données a été créée à partir d'articles des journaux et de livres. Puisque la composition chimique est très variable et qu'il n'y a pas de consensus sur la formule structurale des minéraux du groupe de la tourmaline et pour des raisons d'uniformité de l'information, la plupart des données chimiques incluses dans la base de données ont été analysées à la microsonde électronique et très peu par d'autres méthodes d'analyses. Exception faite des analyses chimiques des oxydes et des éléments trace, la base de données inclut aussi les formules structurales de la tourmaline, la localisation, la lithologie hôte, le faciès métamorphique, le type de minéralisation, le modèle métallogénique, les minéraux associés, l'âge et la référence.

La plupart des analyses chimiques proviennent des tourmalines associées aux zones minéralisées et très peu aux zones stériles.

## **C. DISCUSSION**

### **1. VOLET CHROMITE**

La composition chimique de la chromite est variable et dépend de plusieurs facteurs comme la température, la cristallisation fractionnée, la fugacité en oxygène et la co-cristallisation de silicates de Fe-Mg-Al. Par exemple, le ratio  $Cr/(Cr+Al)$  est contrôlé par la pression et les processus de cumulation, les rapports entre  $Fe^{3+}/(Cr+Al+Fe^{3+})$  et  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  est une fonction de la fugacité en oxygène, tandis que le ratio  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  est une fonction de la température, surtout si on connaît les ratios de l'olivine et du pyroxène.



Plusieurs diagrammes sont présentés pour déterminer les caractéristiques de la composition chimique des chromites des différents types lithologiques et des chromites associés aux zones minéralisées ou stériles.

Parmi les caractéristiques qui peuvent être utilisées comme outils d'exploration on peut inclure :

- La présence ou l'absence de substitution des oxydes du site Y;
- Le pourcentage de remplacement du  $\text{Fe}^{2+}$  par  $\text{Mg}^{2+}$  du site X;
- La variation des teneurs absolues (ex.: komatiites) ou relatives (ex.: complexes lités) des oxydes;
- La présence ou l'absence de minéraux autres que la chromite (magnétite, gahnite, spinelle, magnésiochromite);
- La variation des teneurs normalisées par le poids atomique;

Le tableau suivant présente les principaux critères, par groupe lithologique, qui peuvent éventuellement distinguer les chromites des zones minéralisées et celles des zones stériles.

| Groupe lithologique    | Critères favorables                                                                                                                                                                                                                                        | Critères non favorables                                                                                                                                                            |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kimberlites</b>     | - Teneurs basses en $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;<br>- Chromites de composition très proche de la composition idéale                                                                                                                                           | - Remplacement graduel du $\text{Cr}_2\text{O}_3$ par $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;<br>- La présence des bordures de magnétite                                                         |
| <b>Komatiites</b>      | - Teneurs basses en $\text{MgO}$ (< 5%)<br>- Manque de substitution du $\text{FeO}$ par $\text{MgO}$                                                                                                                                                       | - Teneurs de > 5% $\text{MgO}$<br>- Substitution du $\text{FeO}$ par $\text{MgO}$                                                                                                  |
| <b>Ophiolites</b>      | - Présence de la magnésiochromite<br>- Substitution des chromites par d'autres minéraux riches en $\text{Al}_2\text{O}_3$ comme le spinelle, la gahnite et l'hercynite<br>- Absence de substitution du $\text{Cr}_2\text{O}_3$ par $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | - Substitution du $\text{Cr}_2\text{O}_3$ par $\text{Fe}_2\text{O}_3$                                                                                                              |
| <b>Complexes lités</b> | - Substitution partielle du $\text{Cr}_2\text{O}_3$ par $\text{Fe}_2\text{O}_3$                                                                                                                                                                            | - Substitution partielle du $\text{Cr}_2\text{O}_3$ par $\text{Al}_2\text{O}_3$<br>- Substitution des chromites par d'autres minéraux comme le spinelle, la gahnite et l'hercynite |
| <b>Type Alaska</b>     | - $\text{MgO}$ ▲                                                                                                                                                                                                                                           | - $\text{MgO}$ ▼                                                                                                                                                                   |

## 2. VOLET TOURMALINE

**La tourmaline se retrouve dans plusieurs types de gîtes métallifères:**

- dépôts hydrothermaux associés aux roches granitiques et pegmatitiques
- dépôts de sulfures massifs volcanogènes et sédimentaires
- dépôts d'or orogénique
- formations de fer
- dépôts d'origine épithermale, porphyrique ou de type Carlin
- dépôts alluvionnaires

**Les facteurs qui influencent la composition de la tourmaline :**

- Concentration du bore
- Métasomatisme
- Composition pétrographique des roches hôte
- Lessivage des roches hôte
- Température

Le tableau suivant présente les caractéristiques de la composition chimique de la tourmaline qui peuvent ou qui ne peuvent pas être utilisées comme critères de discrimination.

| Critères favorables                                                                                                         | Critères non favorables                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. La tourmaline associée à l'or orogénique et aux formations de fer est pauvre en Ca;                                      | 1. Le rapport des métaux alcalins, le Fe# et les rapports des cations ne peuvent pas être un critère de différencier entre la composition chimique des tourmalines associées aux zones minéralisées et celles associées aux zones stériles. Dans les zones stériles, la composition de la tourmaline reflète plutôt la chimie des roches hôte que la composition des fluides minéralisateurs |
| 2. Les teneurs en Fe+Mg sont plus élevées dans les porphyriques et les skarns par rapport aux épithermaux                   | 2. Les teneurs en Fe+Mg et Si des tourmalines ne peuvent pas faire la différence entre l'or orogénique, les sulfures massifs et les formations de fer                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3. Teneurs en Al:<br>porphyrique et skarns < or orogénique, sulfures massifs, formations de fer et épithermaux < pegmatites | 3. Grande variabilité des teneurs en Fe et Mg pour l'or orogénique et les sulfures massifs                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 4. Le faciès métamorphique affecte les rapports des métaux alcalins des tourmalines                                         | 4. Aucune relation évidente entre la composition des tourmalines et l'âge de mise en place                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

# **Projet 2003-10**

## **La chromite et la tourmaline – minéraux indicateurs en exploration**

### **Volet Chromite**

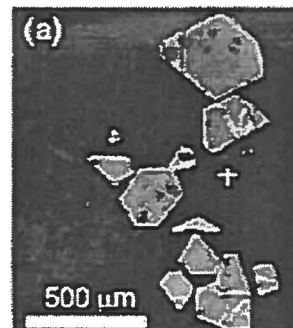
**Gabriel Voicu**

Arianne – Aurizon – Cambior – Majescor – Maude Lake – McWatters – Noranda – Soquem – Virginia  
Développement Économique Canada – Géologie Québec – Ministère de la science et des  
technologies du Québec – UQAM – UQAC

**CONSOREM**

## **Peut-on utiliser les chromites pour...**

- Définir le contexte géologique ?
- Reconnaître les zones minéralisées ?



**CONSOREM**

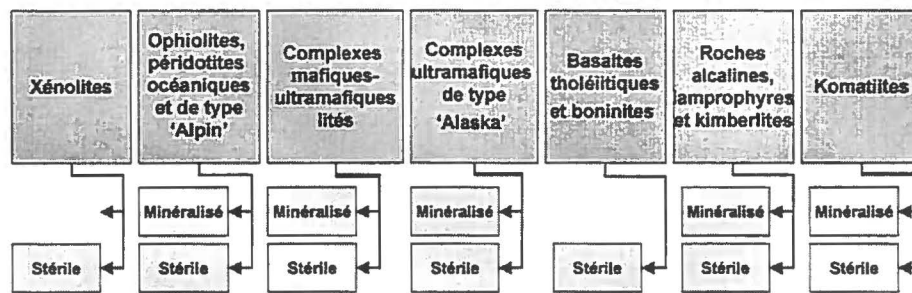
# Méthodologie

**Analyses chimiques des chromites:**  
 SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  
 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO,  
 MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O,  
 ZnO, NiO  
**Formule cationique**  
**Description**  
**Références**

- Compilation des analyses de chromites
  - Un fichier de 26 000 analyses (Barnes et Roeder)
- Division par environnements géologiques
  - Contexte
  - Métamorphisme
- Division stériles/minéralisés

CONSOREM

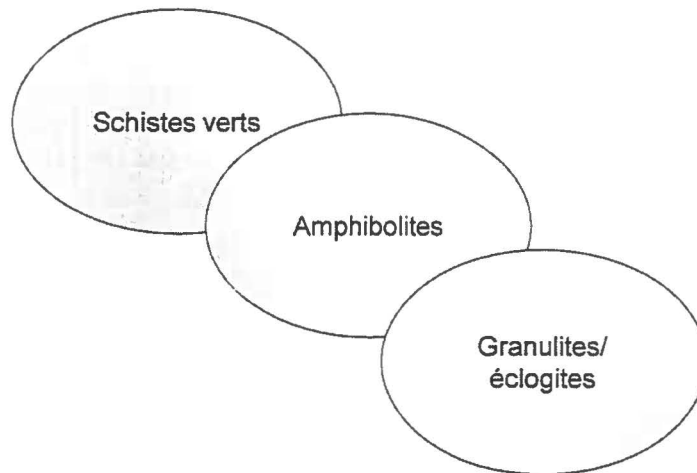
# Lithologie/contexte tectonique



Minéralisé: inclut n'importe quel type de minéralisation (chromite, nickel, or, platinoïdes, etc)

CONSOREM

# Faciès métamorphique



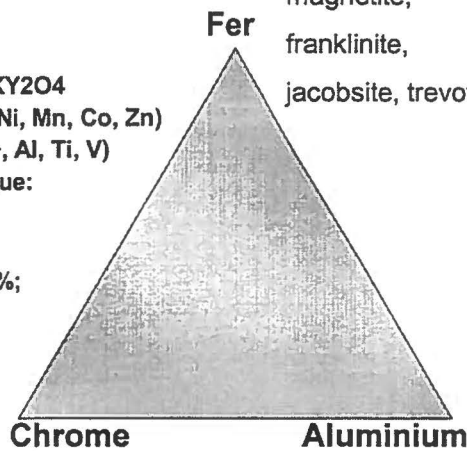
CONSOREM

## Chromite

*Une solution solide*

- Formule chimique:  $XY_2O_4$   
 $X = (Fe^{2+}, Mg, Ni, Mn, Co, Zn)$   
 $Y = (Cr^{3+}, Fe^{3+}, Al, Ti, V)$
- Composition chimique:  
 $Cr = 46,46 \%$ ;  
 $Fe = 24,95 \%$ ;  
 $O = 28,59 \%$ ;  
 $Cr_2O_3 = 67,90 \%$ ;  
 $FeO = 32,10 \%$ ;

magnésio-chromite,  
 mangano-chromite,  
 nichromite,  
 cochromite,  
 zinchromite



magnésio-ferrite,  
 magnétite,  
 franklinite,  
 jacobsonite, trevotite

spinelle,  
 hercynite,  
 gahnite

CONSOREM

## Les facteurs de la composition de la chromite

- Température
- Cristallisation fractionnée
- Fugacité en oxygène
- Co-cristallisation de silicates de Fe-Mg-Al

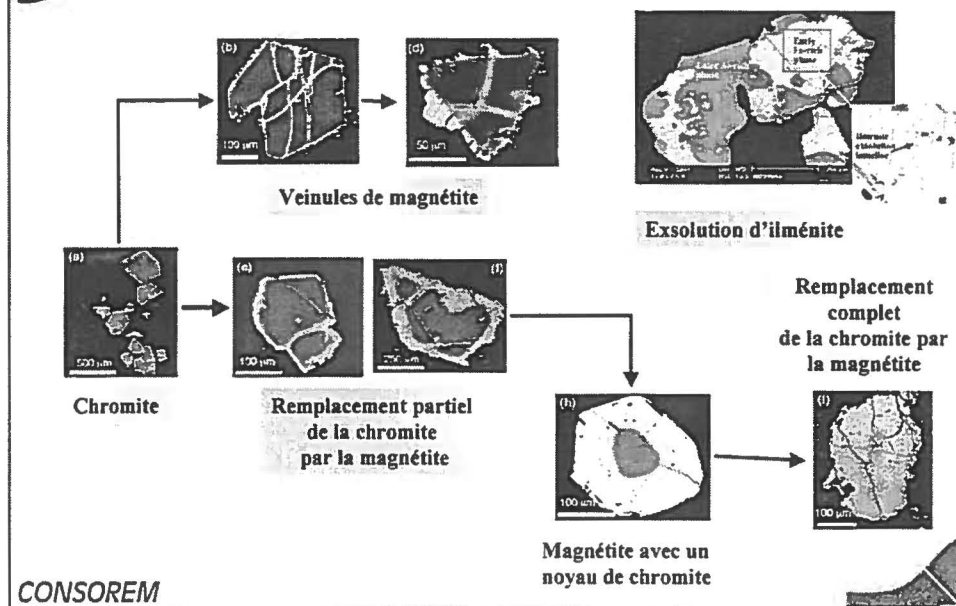
► Le ratio  $\text{Cr}/\text{Cr}+\text{Al}$  est contrôlé par la pression et les processus de cumulation

► Le diagramme  $\text{Fe}^{3+}/\text{Cr}+\text{Al}+\text{Fe}^{3+}$  vs.  $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}$  est une fonction de la fugacité en oxygène

► Le ratio  $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}$  est une fonction de la température, surtout si on connaît les ratios de l'olivine et du pyroxène

CONSOREM

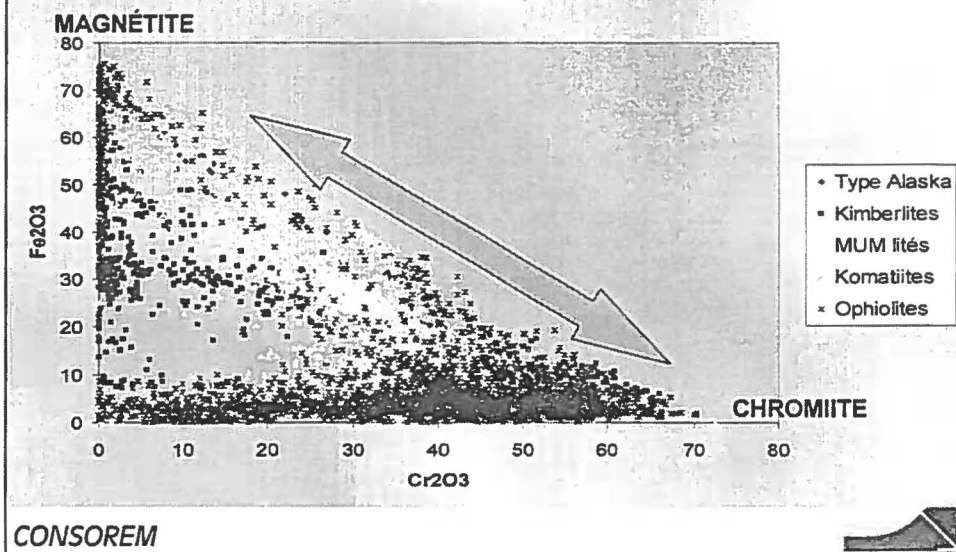
## Chromite



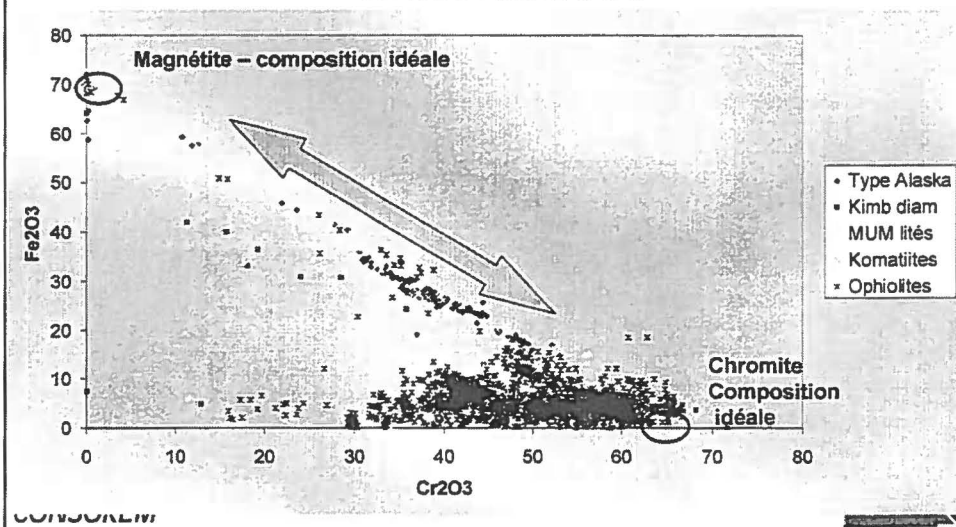
CONSOREM

## Une grande variabilité (Y)

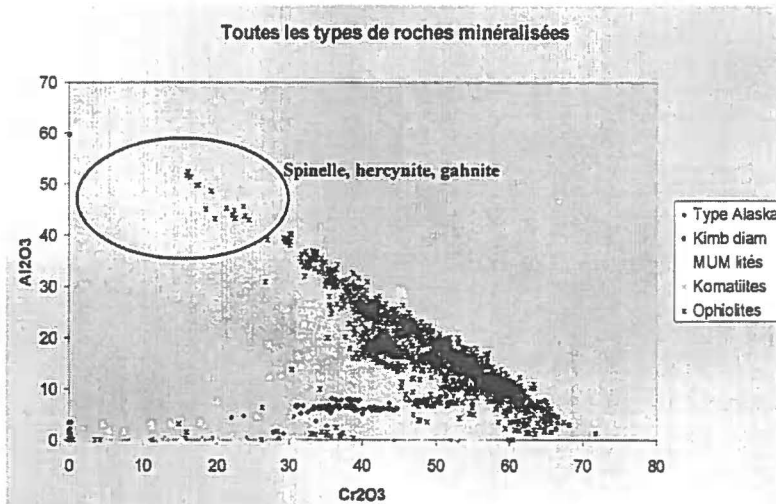
Toutes les types de roches stériles



## Moins de variabilités pour les roches minéralisées

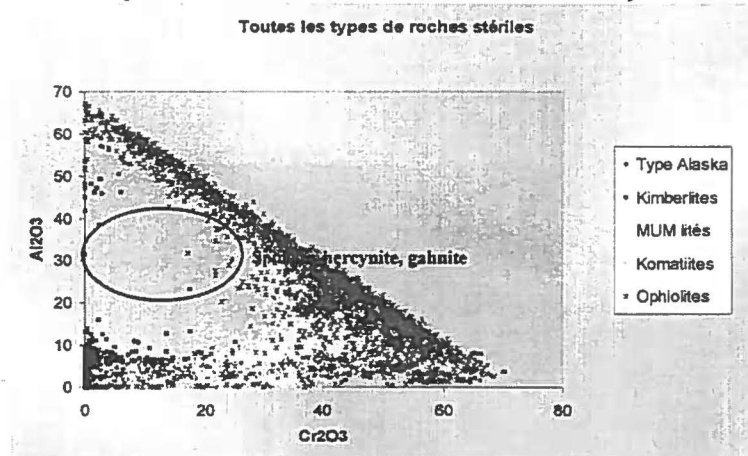


## Roches minéralisées (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vs Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, site Y)



CONSOREM

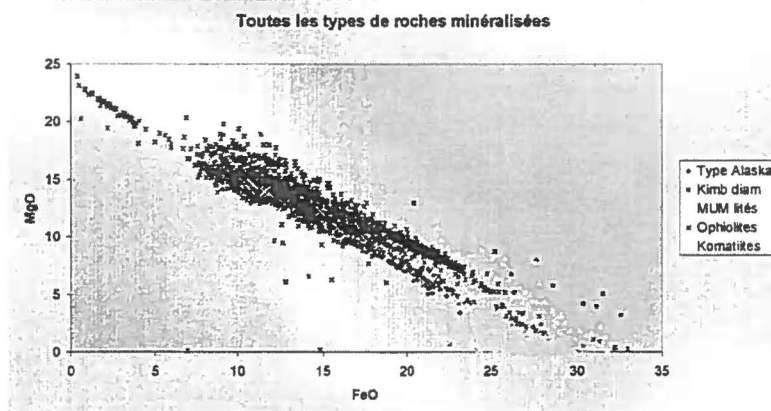
## Roches stériles (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vs Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, site Y)



CONSOREM

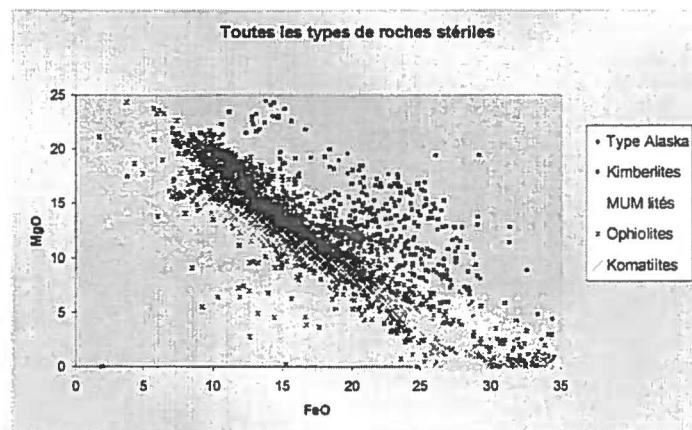


## Roches minéralisées (MgO vs FeO, site X)



CONSOREM

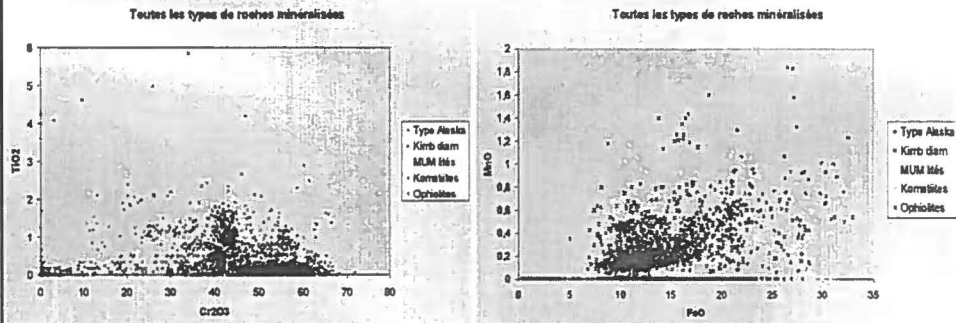
## Roches stériles (MgO vs FeO, site X)



CONSOREM

## Roches minéralisées (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vs TiO<sub>2</sub>, site Y et FeO vs MnO, site X)

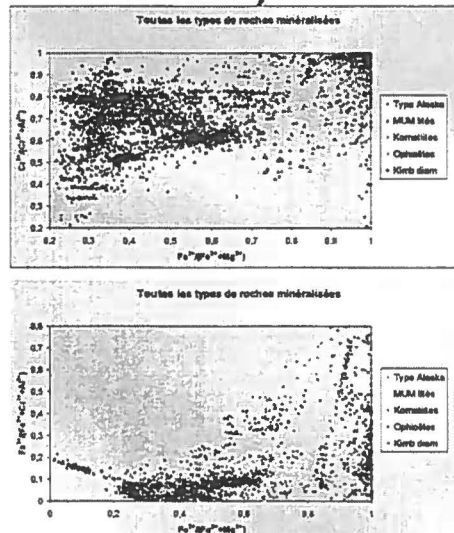
- Kimberlites: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ▲
- Komatiites: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> variable
- Ophiolites: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> variables
- MUM lités: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> variables
- Kimberlites: FeO ▼
- Komatiites: FeO ▲; MnO variable
- Ophiolites: FeO, MnO variables
- MUM lités: FeO, MnO variables



CONSOREM

## Roches minéralisées (rapports cations Y vs. rapports cations X)

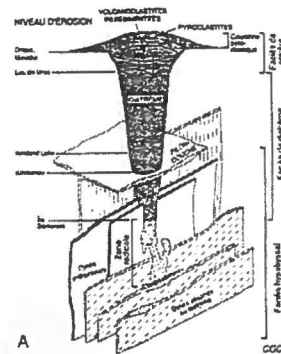
- Komatiites: très riches en Cr et Fe<sup>2+</sup>, très pauvres en Al et Mg
- Kimberlites: riches en Cr et Mg, pauvres en Al, Fe<sup>2+</sup> et Fe<sup>3+</sup>
- Ophiolites: assez riches en Mg, pauvres en Fe<sup>3+</sup>, variables en Cr et Al
- MUM lités: pauvres en Fe<sup>3+</sup>, variables en Cr, Al, Mg
- Type Alaska: relativement riches en Cr, variables en Al, Fe<sup>2+</sup> et Mg



CONSOREM

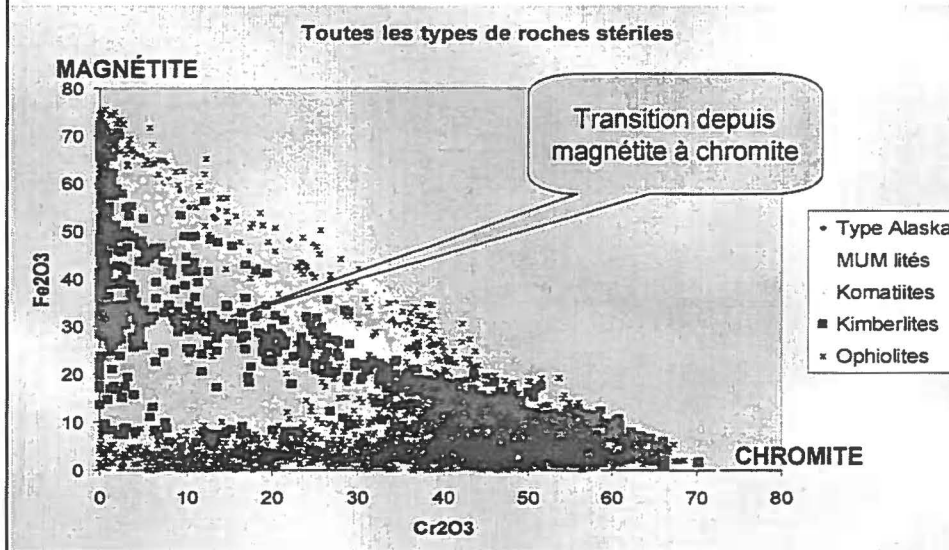
## Environnements géologiques

- Kimberlites
- Komatiites
- Ophiolites
- Complexes Ignés Lités
- Complexe de type Alaska

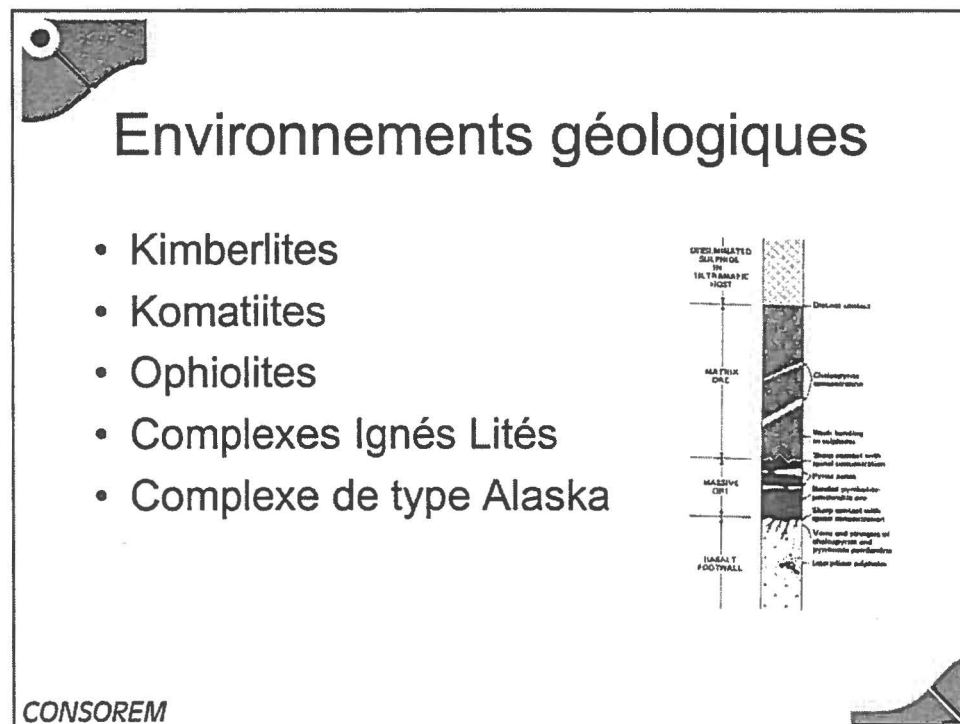
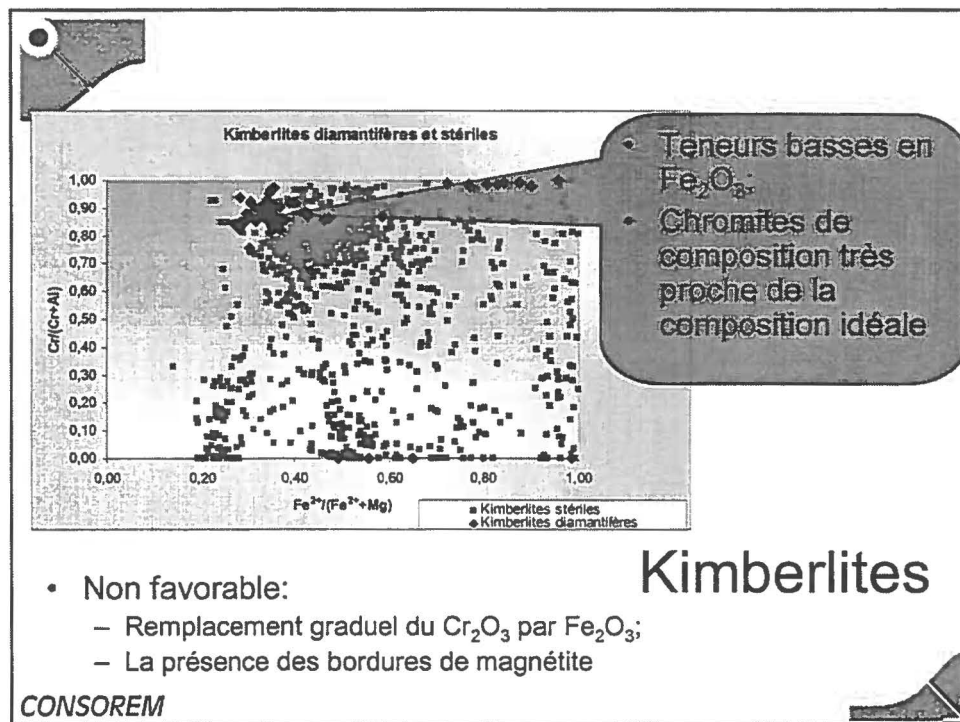


CONSOREM

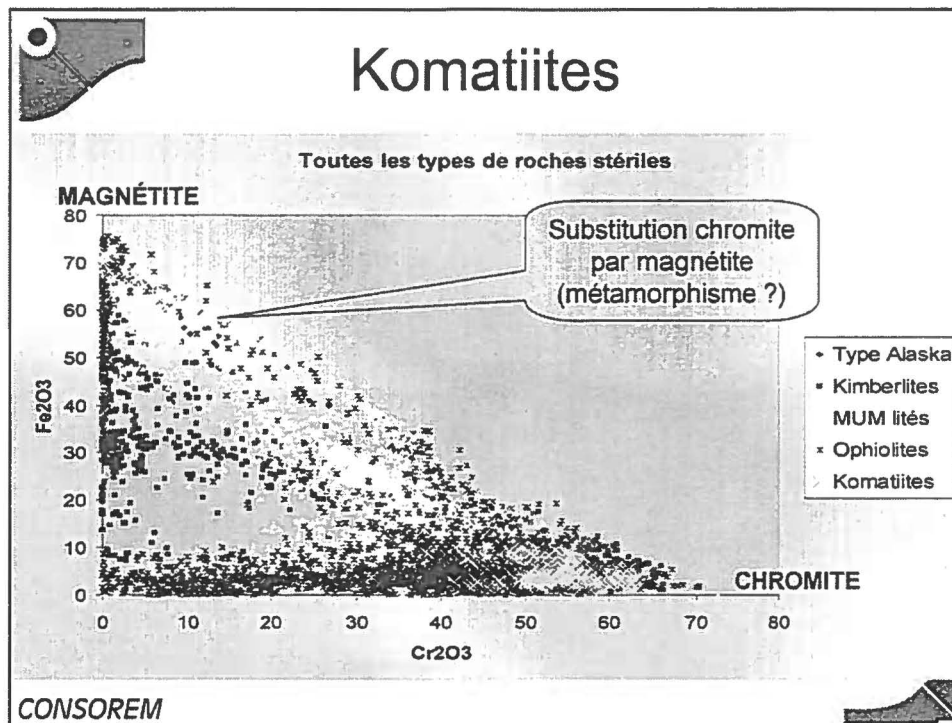
## Kimberlites



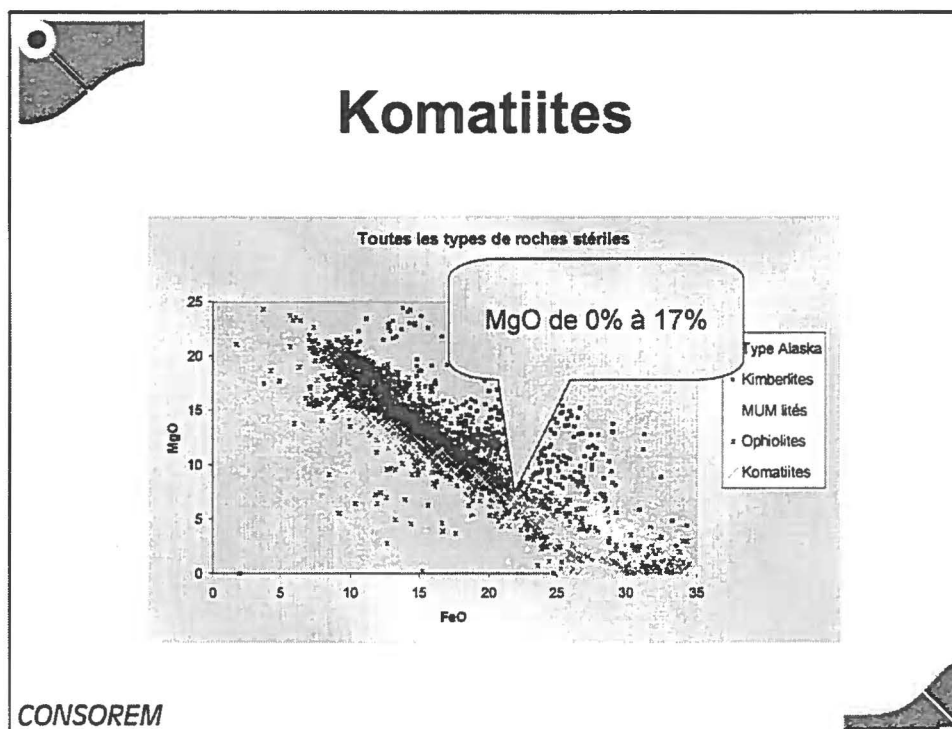
CONSOREM



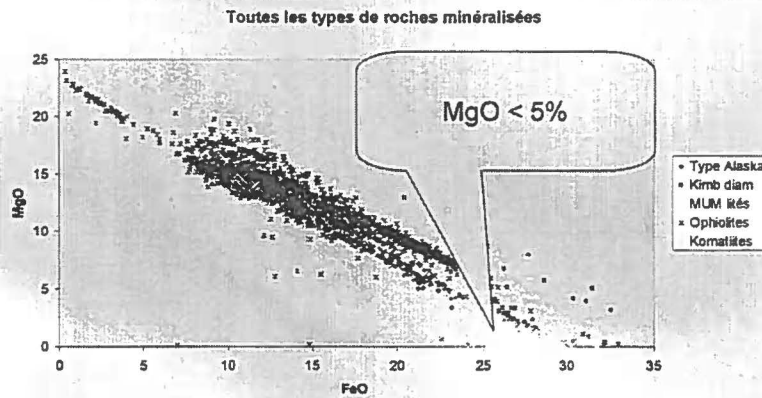
# Komatiites



# Komatiites

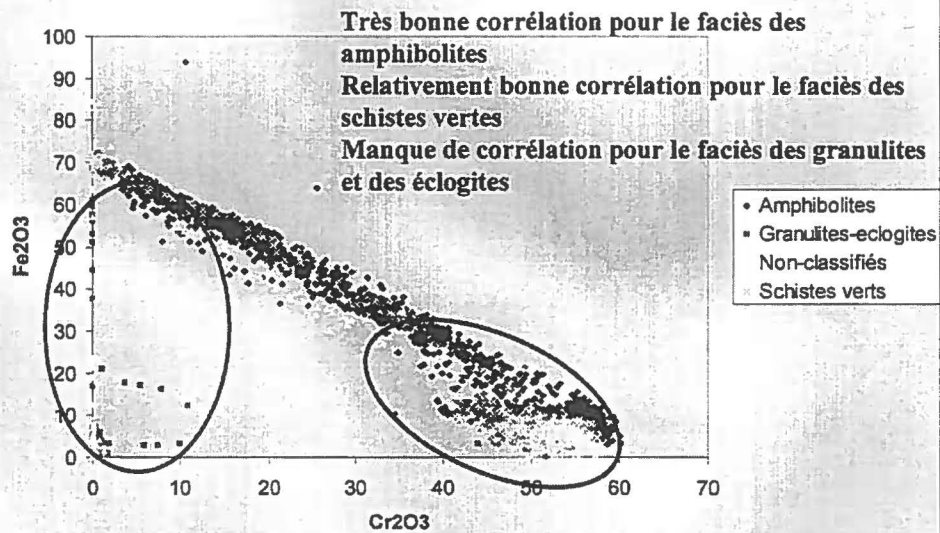


# Komatiites

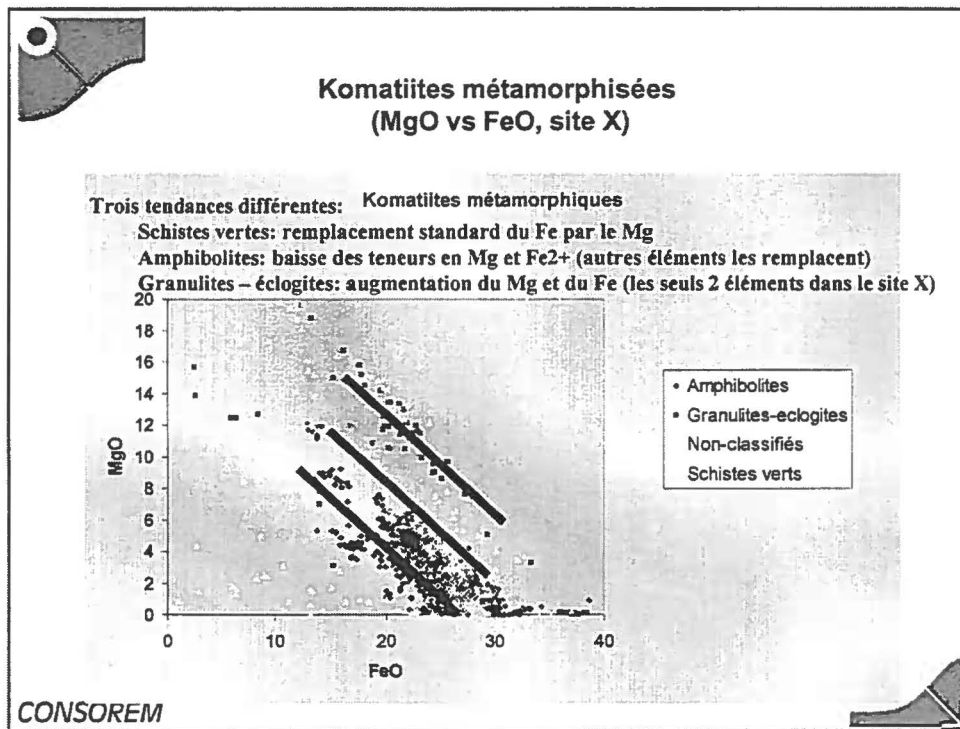
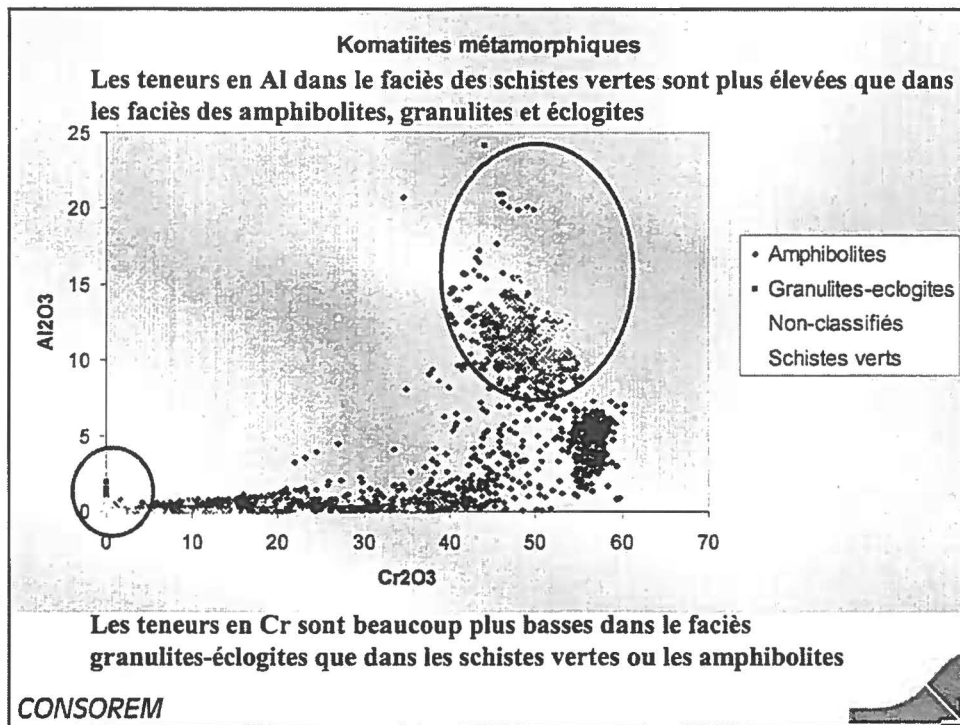


CONSOREM

## Komatiites métamorphiques



CONSOREM



## Komatiites

- Favorable
  - Teneurs basses en MgO (< 5%)
  - Manque de substitution du FeO par MgO
- Non favorable
  - Teneurs de > 5% MgO
  - Substitution du FeO par MgO

CONSOREM

## Effet du métamorphisme

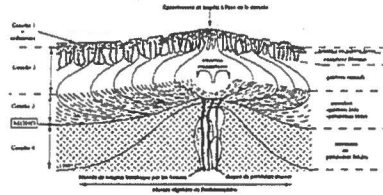
- Quand le métamorphisme augmente
  - $\text{Cr}_2\text{O}_3$  baisse
  - $\text{Al}_2\text{O}_3$  baisse
- La substitution très fréquente du  $\text{Cr}_2\text{O}$  par  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pour les komatiites minéralisées et stériles reflètent probablement le degré de métamorphisme

CONSOREM



## Environnements géologiques

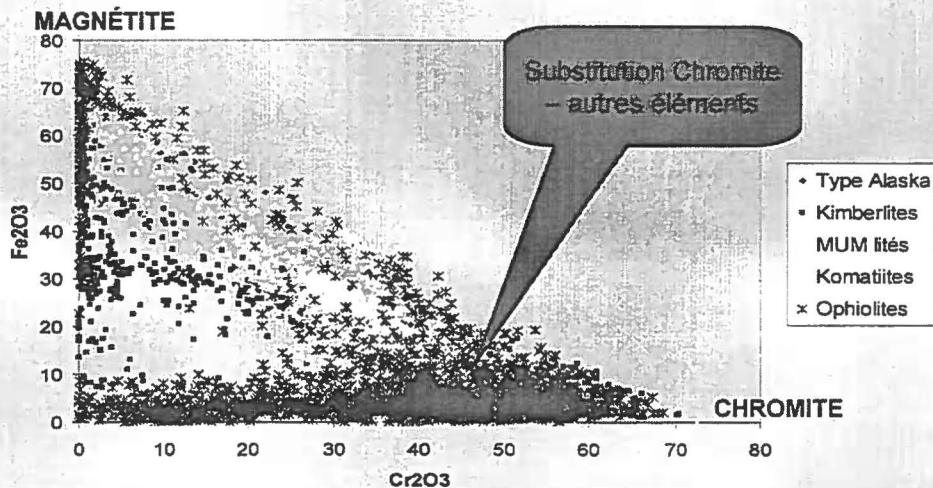
- Kimberlites
- Komatiites
- Ophiolites
- Complexes Ignés Lités
- Complexe de type Alaska



CONSOREM

## Ophiolites

Toutes les types de roches stériles

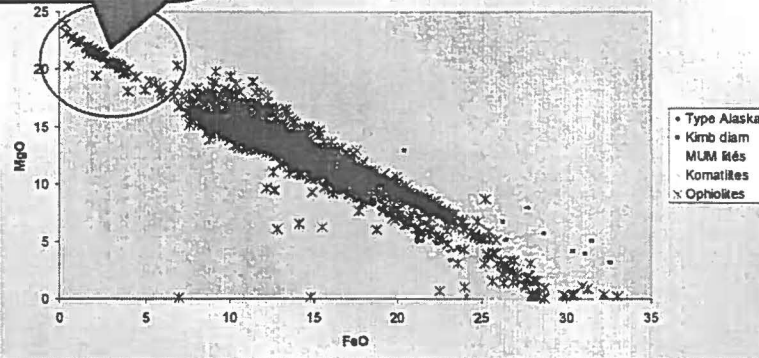


CONSOREM

# Ophiolites

Présence de la magnésio-chromite

Toutes les types de roches minéralisées

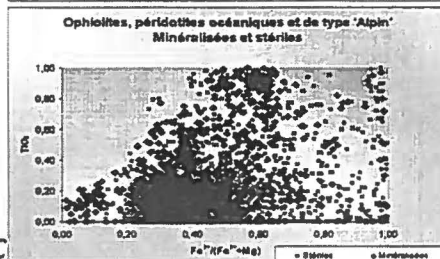
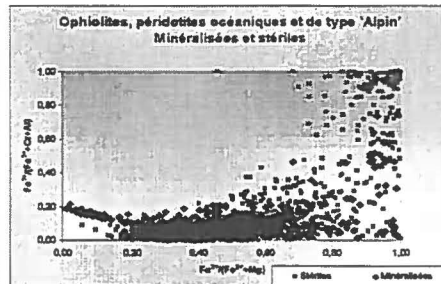
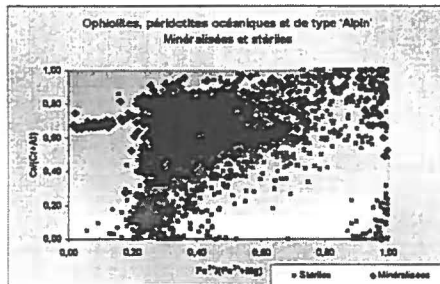


CONSOREM

## Ophiolites, péridotites océaniques et de type 'Alpin'

Minéralisées  
Stériles

n = 2272  
n = 3051



Pas des différences notables entre les ophiolites minéralisées et celles stériles

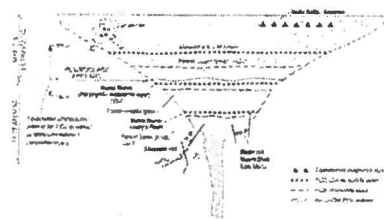
# Ophiolites

- Favorable
  - Présence de la magnésio-chromite
  - Substitution des chromites par d'autres minéraux riches en  $Al_2O_3$  comme le spinelle, la gahnite et l'hercynite
  - Absence de substitution du  $Cr_2O_3$  par  $Fe_2O_3$
- Non favorable
  - Substitution du  $Cr_2O_3$  par  $Fe_2O_3$

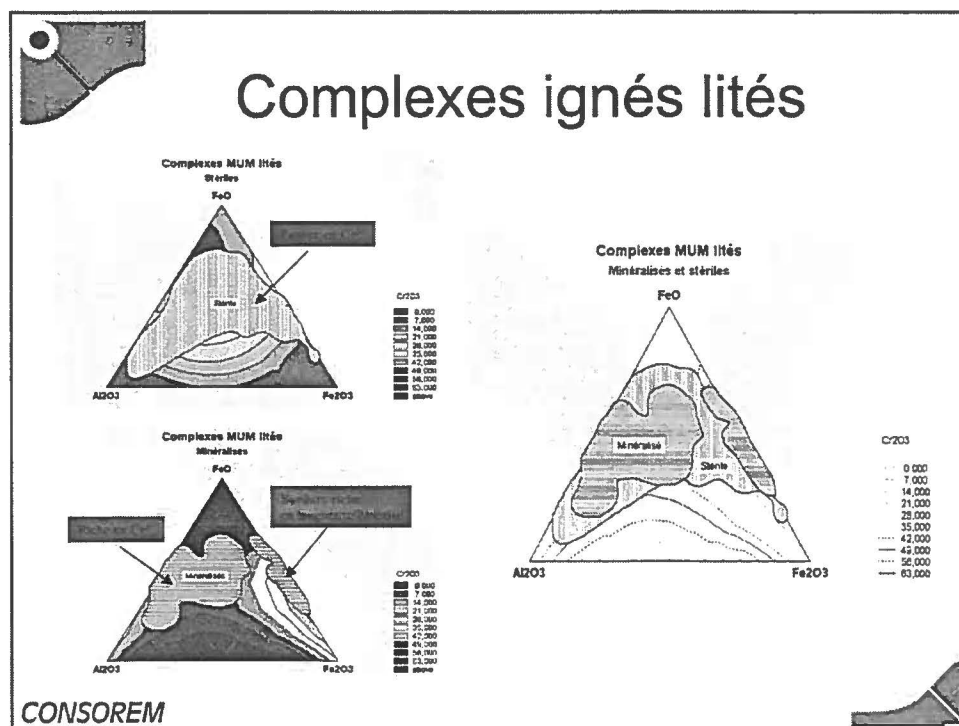
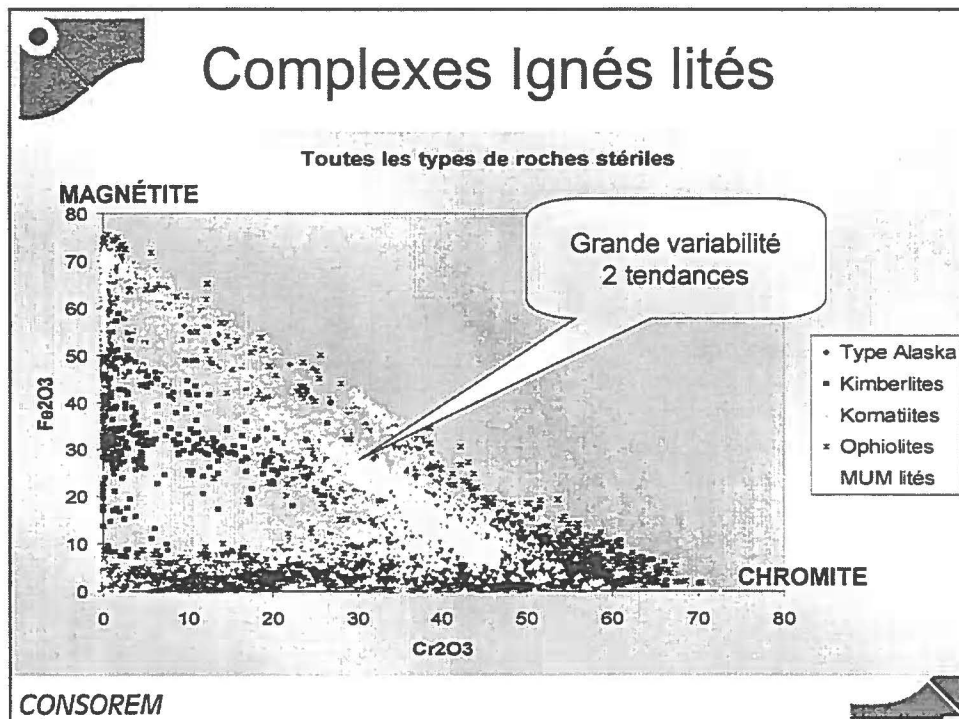
CONSOREM

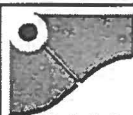
# Environnements géologiques

- Kimberlites
- Komatiites
- Ophiolites
- Complexes Ignés Lités
- Complexe de type Alaska



CONSOREM

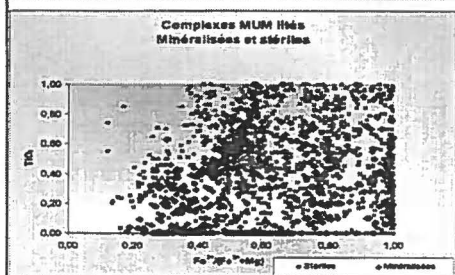
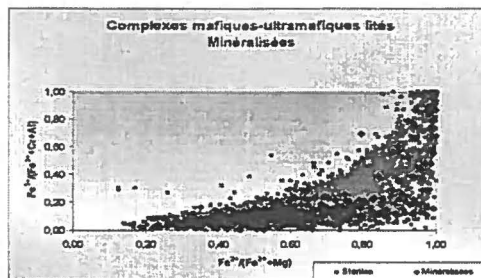
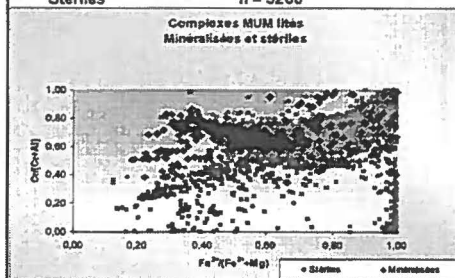




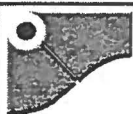
## Complexes ignés lités

Minéralisés  
Stériles

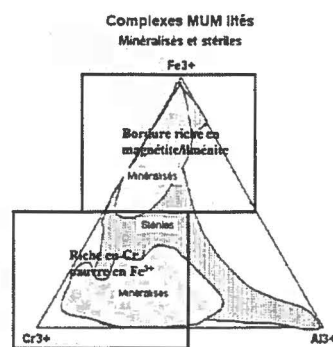
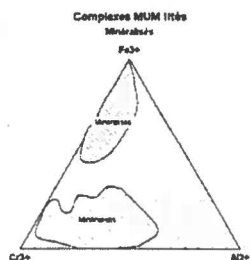
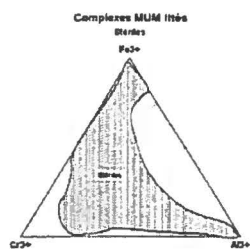
n = 646  
n = 3260



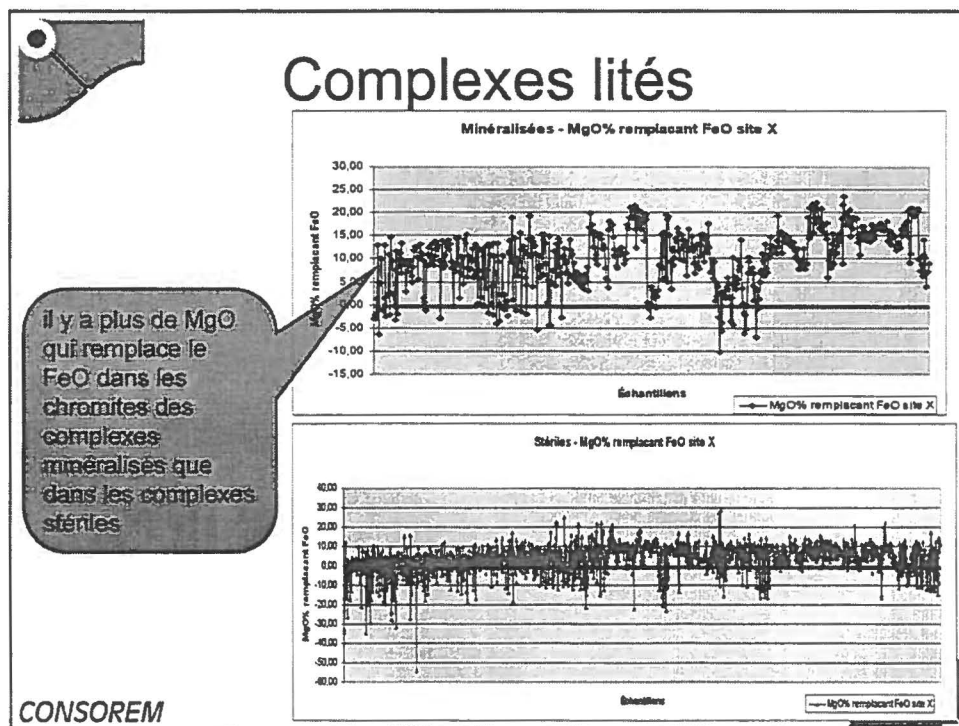
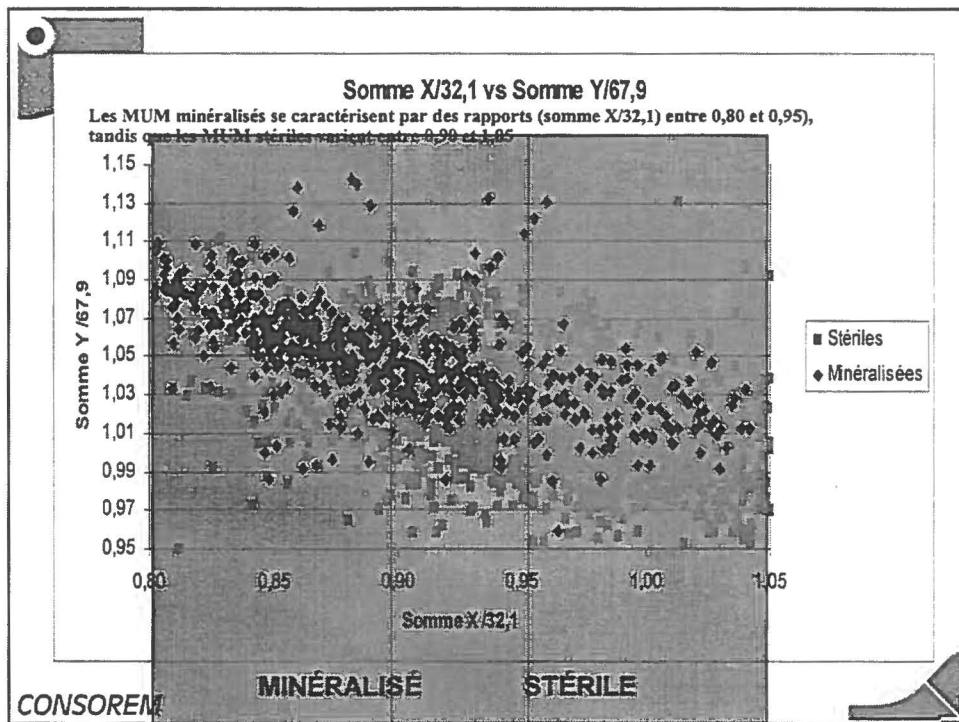
Pas des différences évidentes  
entre les chromites des  
complexes minéralisés vs  
stériles



## Complexes lités



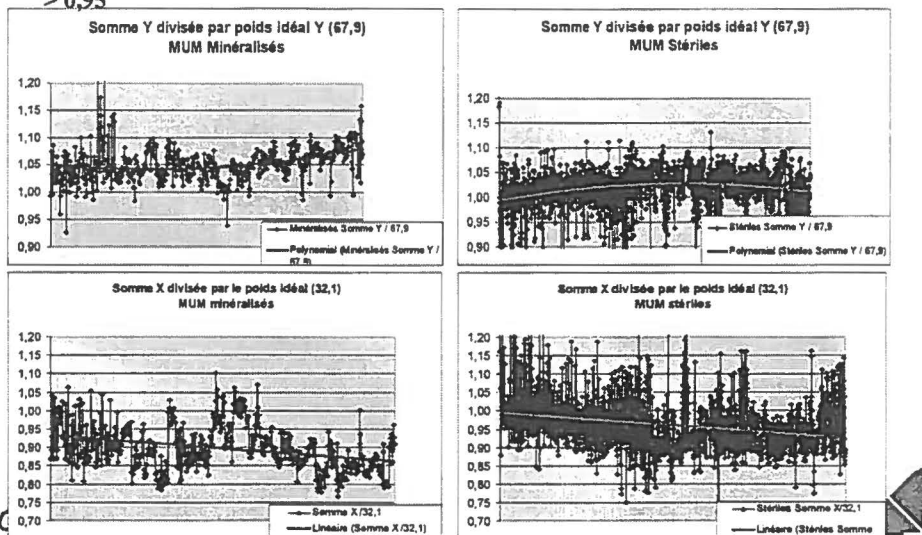
CONSOREM



## Complexes MUM lités

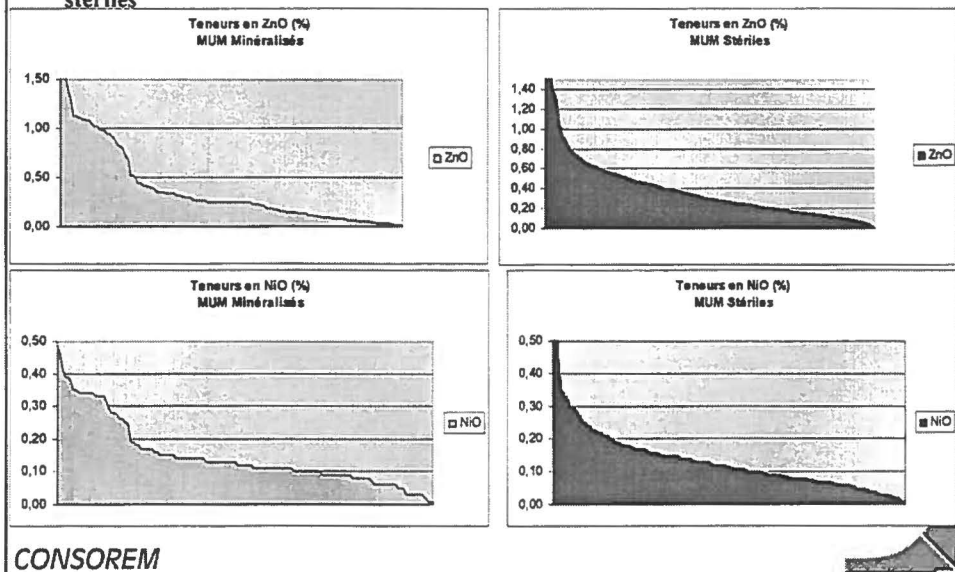
Site Y: MUM minéralisés: rapports  $> 1$ ; MUM stériles: rapports  $> 1$

Site X: MUM minéralisés: rapports  $< 0,95$  et  $> 0,85$ ; MUM stériles: rapports  $< 1$  et  $> 0,95$



## Complexes MUM lités

Aucune différence entre les chromites des complexes MUM lités minéralisés vs stériles



CONSOREM

## Complexes lités

- Favorable
  - Substitution partielle du  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  par  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- Non favorable
  - Substitution partielle du  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  par  $\text{Al}_2\text{O}_3$
  - Substitution des chromites par d'autres minéraux comme le spinelle, la gahnite et l'hercynite

CONSOREM

## Environnements géologiques

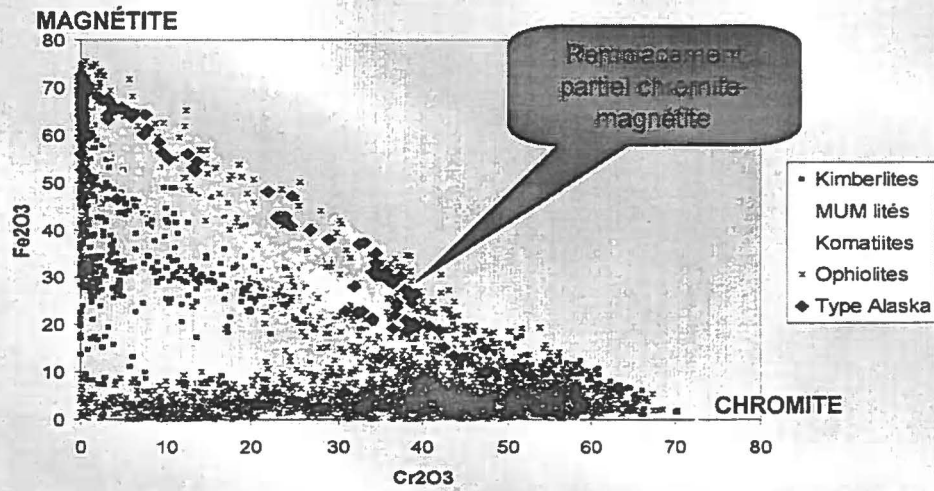
- Kimberlites
- Komatiites
- Ophiolites
- Complexes Ignés Lités
- Complexe de type Alaska

CONSOREM



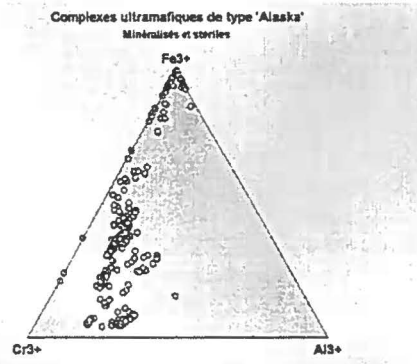
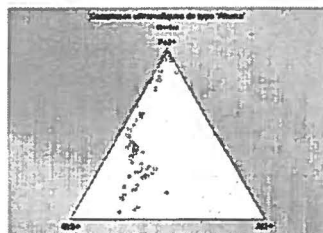
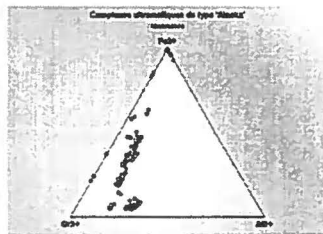
# Alaska

Toutes les types de roches stériles



CONSOREM

# Alaska

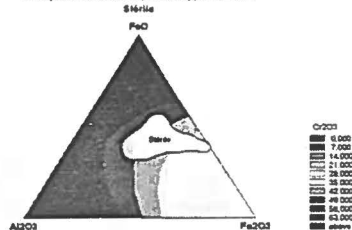


→ Pas de différence évidente

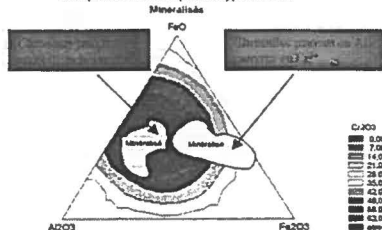
CONSOREM

# Alaska

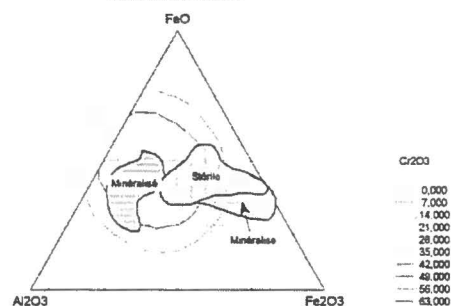
Complexes ultramafiques de type 'Alaska'



Complexes ultramafiques de type 'Alaska'



Complexes ultramafiques de type 'Alaska'



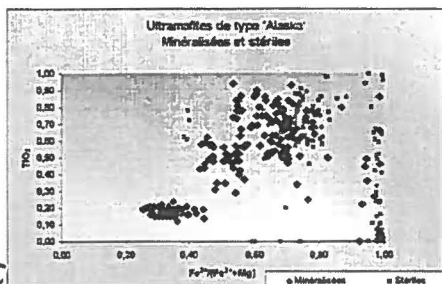
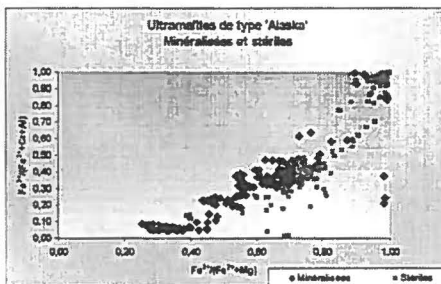
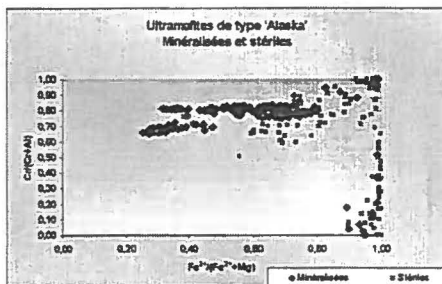
→ Toujours pas de différence évidente

CONSOREM

# Alaska

Minéralisées  
Stériles

n = 220  
n = 166



Minéralisés: riches en Mg et Cr,  
teneurs variables en Al, Fe<sup>3+</sup> et  
Ti

Stériles: pauvres en Mg,  
teneurs variables en Cr, Al,  
Fe<sup>3+</sup> et Ti

C

## Type Alaska

- Peu de différence

Favorable:

- MgO ▲

Restrictif:

- MgO ▼

CONSOREM

## En résumé,

- La composition chimique des chromites dépend de:
  - lithologie;
  - degré de métamorphisme
  - paramètres physico-chimiques de la cristallisation
  - composition chimique du magma initial

CONSOREM

## ... des outils d'exploration...

- La présence ou l'absence de substitution des oxydes du site Y;
- Le pourcentage de remplacement du  $\text{Fe}^{2+}$  par  $\text{Mg}^{2+}$  du site X;
- La variation des teneurs absolues (ex.: komatiites) ou relatives (ex.: complexes lités) des oxydes;
- La présence ou l'absence de minéraux autres que la chromite (magnétite, gahnite, spinelle, magnésiochromite);
- La variation des teneurs normalisées par le poids atomique.

CONSOREM

## Projet 2003-10 La chromite et la tourmaline – minéraux indicateurs en exploration

### Volet Tourmaline

Gabriel Voicu

Arianne – Aurizon – Cambior – Maude Lake – McWatters – Noranda – Soquem – Virginia  
Développement Économique Canada – Ministère des Ressources naturelles du Québec  
Ministère de la science et des technologies du Québec – UQAM – UQAC

CONSOREM

## Objectifs

- Évaluer la variation de la composition chimique des tourmalines dans des différents contextes:
  - lithologiques
  - tectoniques
  - métallogénique
- Évaluer le potentiel d'utilisation de la tourmaline comme minéral indicateur des zones minéralisées
- Définir des outils pour différencier les tourmalines des roches environnantes stériles vs minéralisées

CONSOREM

## Méthodologie

- **Compilation d'analyses chimiques de tourmaline**
- **Division par:**
  - Âge
  - Type de dépôt
  - Modèle métallogénique
  - Lithologie de la roche hôte
  - Faciès métamorphisme
- **Division stériles/minéralisés**

Analyses chimiques des tourmalines:  
Formule structurale  
Description  
Références

CONSOREM

## Tourmaline - Âge

Division du temps géologique utilisée dans la base de données

| ÈRES                       | PÉRIODES    | ÉPOQUES                          |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|
| CÉNOZOÏQUE                 | QUATERNAIRE | Holocène (récent)<br>Pléistocène |
|                            | TERTIAIRE   | 1,8 — Pliocène                   |
|                            |             | 5,2 — Miocène                    |
|                            |             | 23,7 — Oligocène                 |
|                            |             | 38,8 — Éocène                    |
| 66,4 — Paléocène           |             |                                  |
| MÉSOZOÏQUE<br>(Secondaire) | CRÉTACÉ     | 144                              |
|                            | JURASSIQUE  | 208                              |
|                            | TRIAS       | 245                              |
|                            | PERMIEN     | 280                              |
|                            | CARBONIFÈRE | 360                              |
| PALÉOZOÏQUE<br>(Primaire)  | DÉVONIEN    | 488                              |
|                            | SILURIEN    | 438                              |
|                            | ORDOVICIEN  | 585                              |
|                            | CAMBRIEN    | 544 Ma                           |
|                            | PRÉCAMBRIEN | PROTÉROZOÏQUE                    |
| MÉS- 1,5 Ga                |             |                                  |
| PALÉO- 2,5 Ga              |             |                                  |
| ARCHÉEN                    |             | 4,016 Ga                         |
|                            | HADÉEN      | 4,55 Ga                          |

CONSOREM

## Tourmaline - Types de gîtes

- La tourmaline se retrouve dans:
  - dépôts hydrothermaux associés aux roches granitiques et pegmatitiques
  - dépôts de sulfures massives volcanogènes et sédimentaires
  - dépôts d'or orogénique
  - formations de fer
  - dépôts d'origine épithermale, porphyrique ou de type Carlin
  - dépôts alluvionnaires

CONSOREM

Non-  
métamorphisé

- volcaniques
- plutoniques
- sédimentaires
- métamorphiques

## Schistes verts

Schistes verts  
Amphibolites

## Amphibolites

Amphibolites —  
Granulites

## Granulites

[illegible]

1. Tourmaline sodique
2. Tourmaline calcique
3. Tourmaline avec le site X vacant

## Tourmaline – Propriétés physico-chimiques

Classe : Cyclosilicates; Système cristallin : Rhomboédrique; Classe cristalline: 3m

Généralités: Le terme tourmaline désigne un groupe de minéraux de formule générale:  $WX_3Y_6(BO_3)Si_6O_{18}(O,OH,F)_4$  avec  $W=Ca, K, Na$ ;  $X=Al, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Li, Mg, Mn^{2+}$ ;  $Y=Al, Cr^{3+}, Fe^{3+}$ . Ce groupe de minéraux comporte une douzaine d'espèces qui se rencontrent principalement dans les pegmatites et les roches métamorphiques. Parmi elles les plus courantes sont: la schorlélite, la dravite, l'elbaïte et l'uvite. Gemme à translucide en fines esquilles, les espèces du groupe de la tourmaline peuvent présenter les couleurs les plus variées: brun, noir pour les espèces ferromagnésiennes, bleu, rouge, verte, jaune..., pour les tourmalines lithiques (elbaïte, liddicoatite). L'habitus des cristaux le plus fréquent est caractéristique: prismes plus ou moins allongés, profondément striés parallèlement à l'allongement présentant une section triangulaire à faces convexes.

Minéraux associés: très nombreux, différent selon le type de gisement

Liste des minéraux associés : Cassitérite, Wolframite, Biotite, Béryl, Muscovite, Orthose, Quartz, Topaze

Forme : longs cristaux prismatiques striés à section triangulaire souvent courbe, agrégats aciculaires ou fibreux à texture radiée, masses columnaires; Clivages : difficiles et peu nets (110) et (100)

Fréquence: minéral très fréquent

Utilisation: les variétés gemmes sont utilisées en joaillerie

Gisements: roches acides et leur cortège de pegmatites, de filons hydrothermaux et pneumatolytiques, parfois roches métamorphiques alumineuses, alluvions



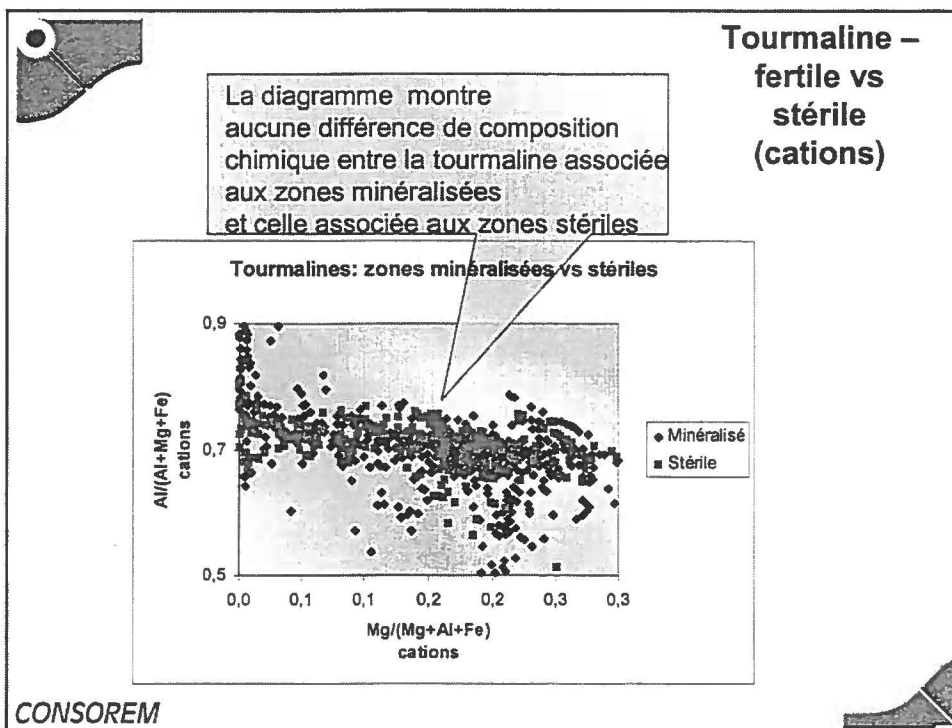
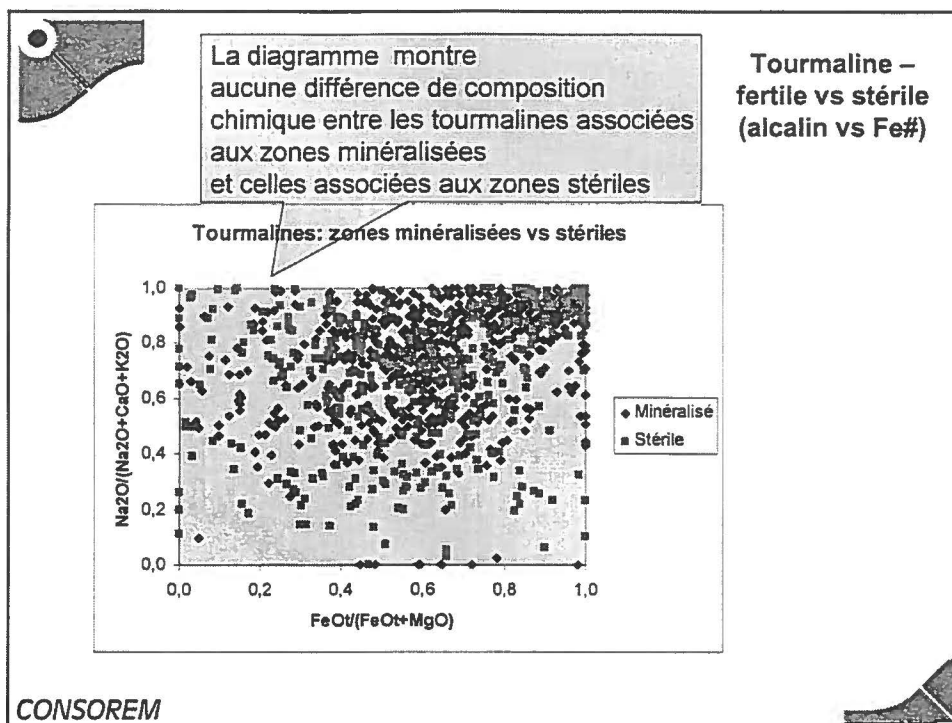
CONSOREM

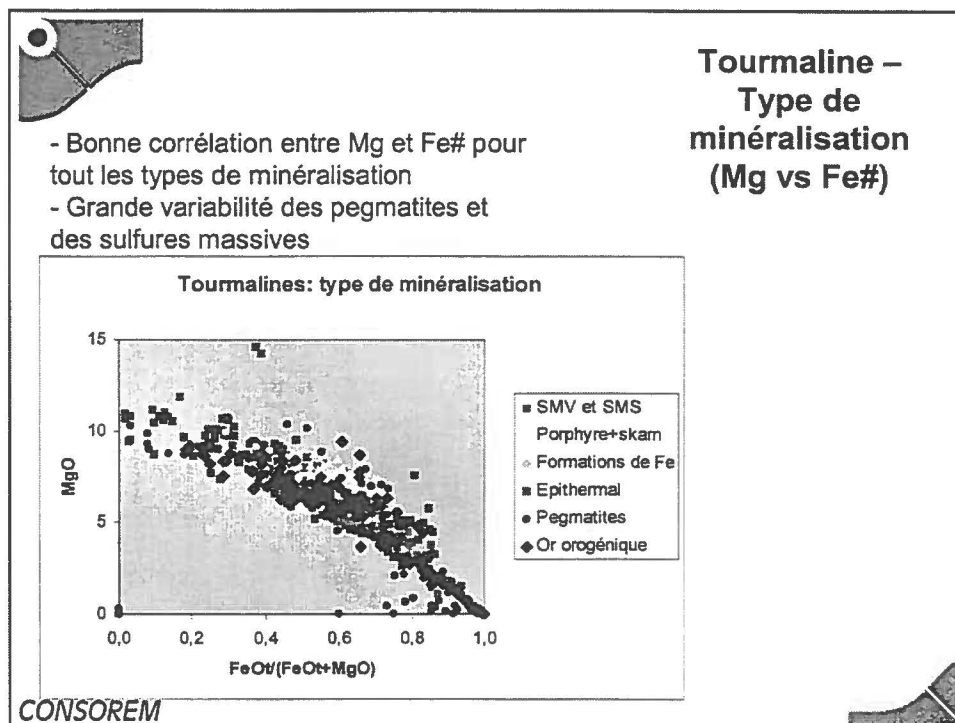
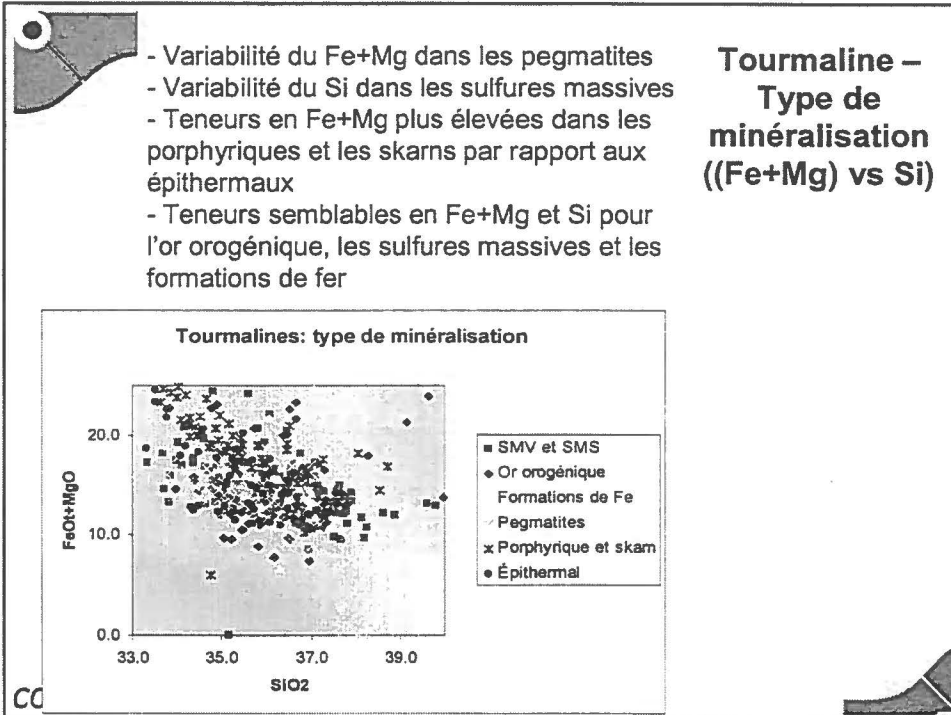
## Les facteurs qui influencent la composition de la tourmaline

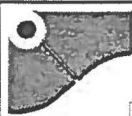
- Concentration du bore
- Métasomatisme
- Composition pétrographique des roches hôte
- Lessivage des roches hôte
- Température

CONSOREM

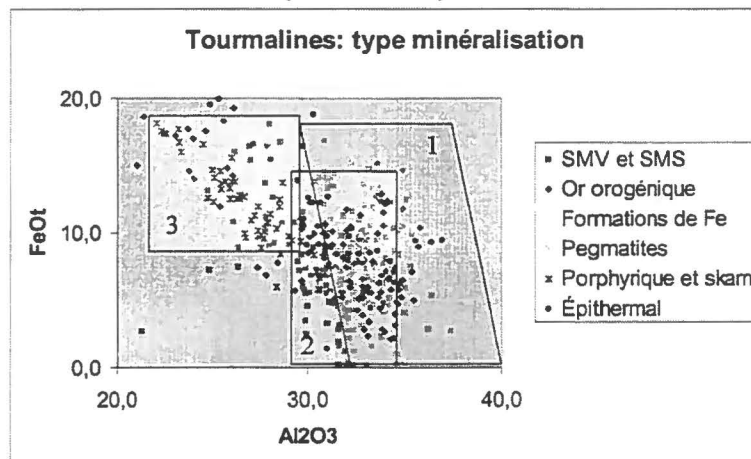








## Tourmaline – type de minéralisation (Fe vs Al)



- Trois groupes:

1: pegmatites;

2: or orogénique, sulfures massives, formations de fer et épithermaux; 3: porphyrique et skarn

**CONSOREM** - Grande variabilité des pegmatites et des sulfures massives



## Tourmaline – type de minéralisation (Fe-Mg-Ca)

- Or orogénique
- \* SM volcanogènes ou sédimentaires
- △ Formations de Fe
- × Porphyrique et skarn
- Épithermal
- ▲ Pegmatites

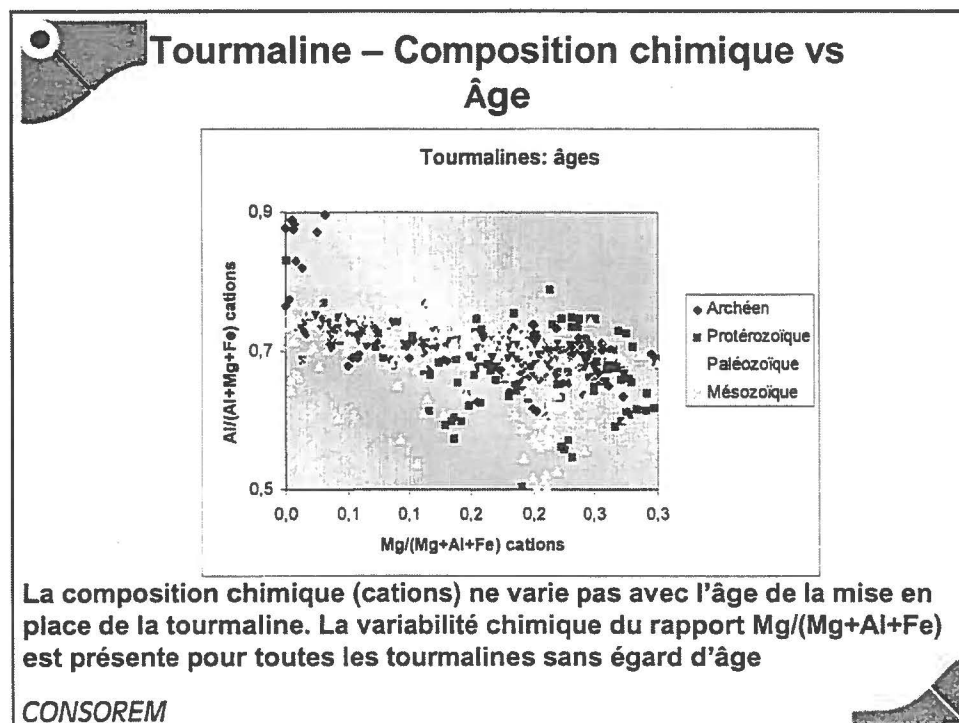
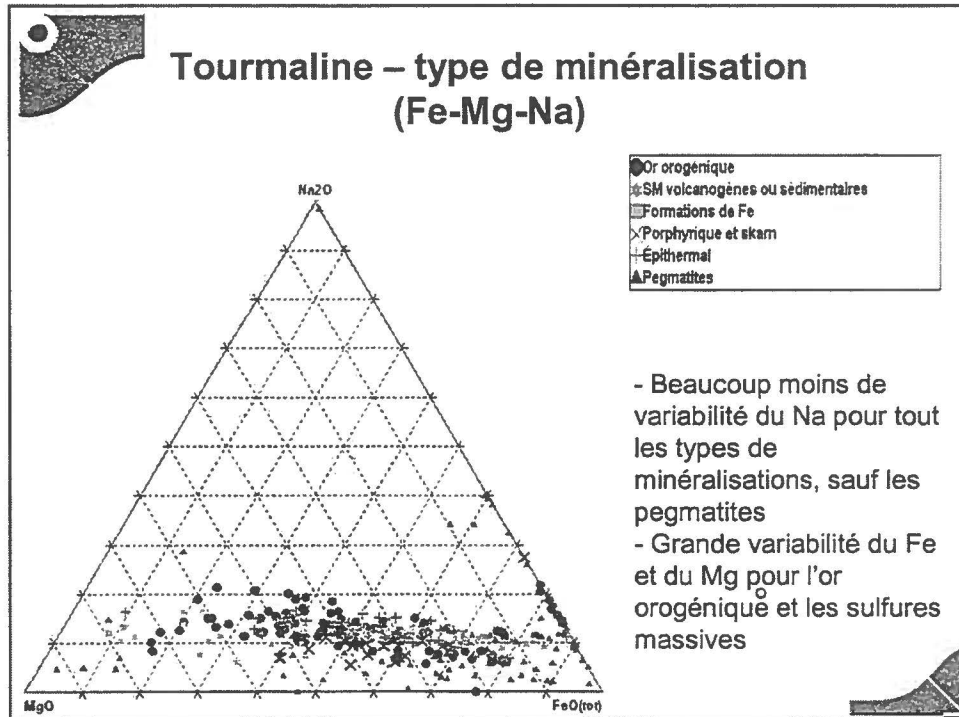


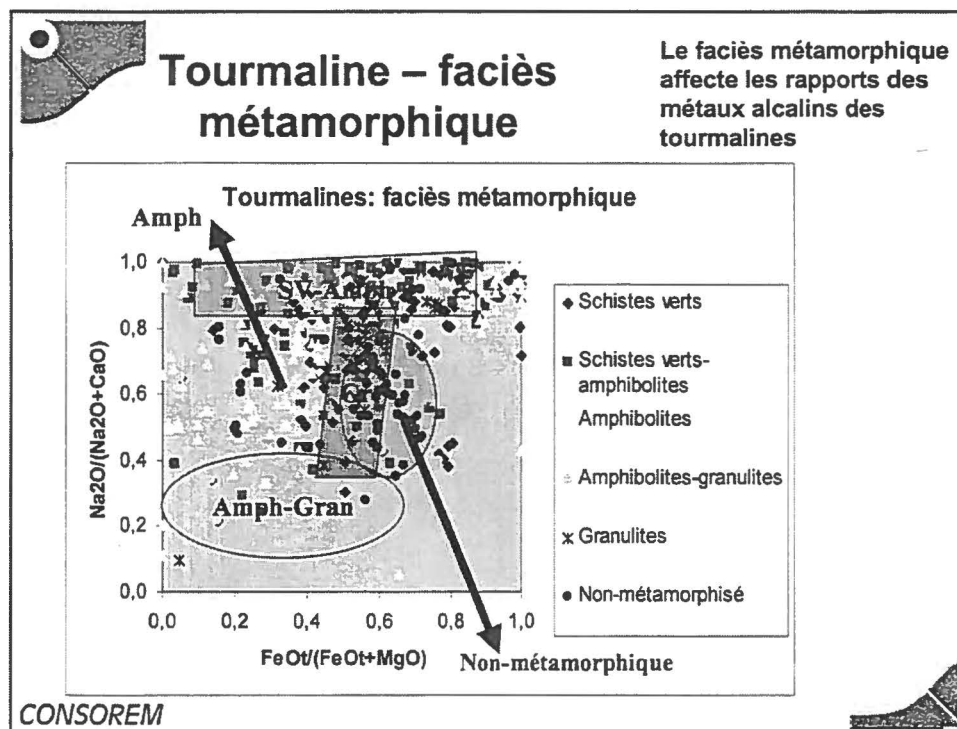
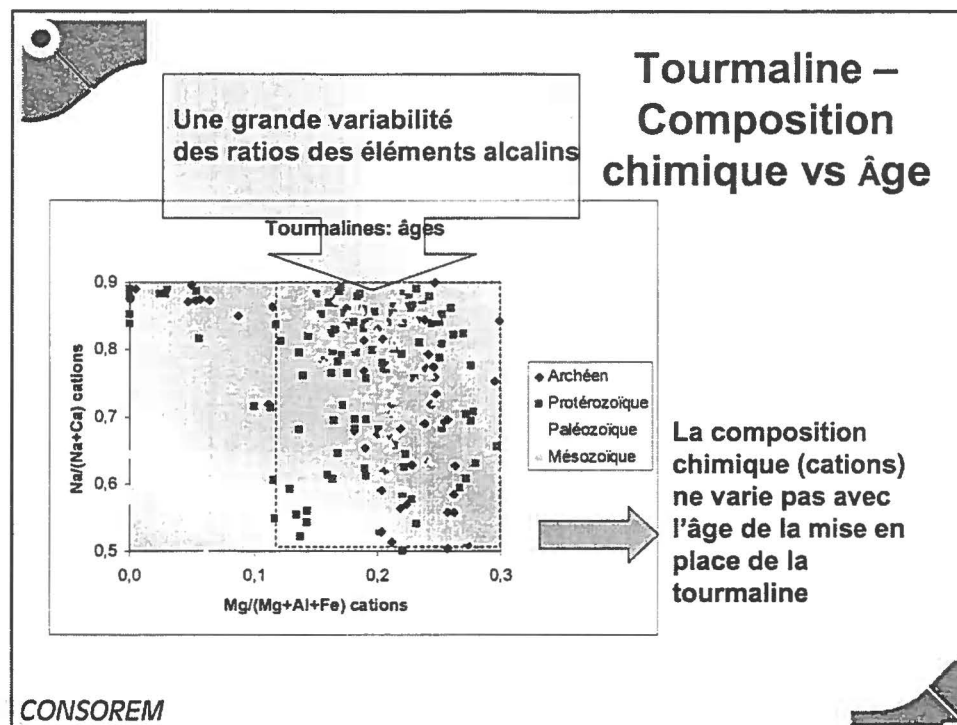
- Grande variabilité du Fe et Mg pour l'or orogénique et les sulfures massives

- La plupart des pegmatites sont riches en Fe, tandis que la tourmaline des autres types de minéralisation est plus riche en Mg

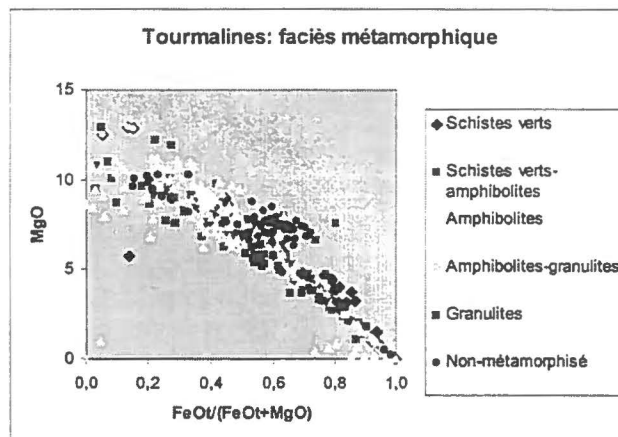
- Les porphyriques/skarns et les épithermaux montrent très peu de variabilité chimique

- La plupart des tourmalines associées à l'or orogénique et aux formations de fer est pauvre en Ca; plus de variabilité des teneurs en Ca pour les sulfures massives





## Tourmaline – faciès métamorphique



Corrélation entre  
MgO et Fe#



Seulement le rapport  
des métaux alcalins  
est  
affectée par  
le métamorphisme  
(voir la diagramme  
précédent)

CONSOREM

## Conclusions

Caractéristiques de la composition chimique de la tourmaline  
qui peuvent être utilisées comme critères de discrimination

- A. La tourmaline associée à l'or orogénique et aux formations de fer est pauvre en Ca;
- B. Les teneurs en Fe+Mg sont plus élevées dans les porphyriques et les skarns par rapport aux épithermaux
- C. Teneurs en Al:  
porphyrique et skarns < or orogénique, sulfures massifs,  
formations de fer et épithermaux < pegmatites
- D. Le faciès métamorphique affecte les rapports des métaux alcalins des tourmalines

CONSOREM

## Conclusions

**Caractéristiques de la composition chimique de la tourmaline qui ne peuvent pas être utilisées comme critères de discrimination**

- Le rapport des métaux alcalins, le Fe# et les rapports des cations ne peuvent pas être un critère de différencier entre la composition chimique entre les tourmalines associées aux zones minéralisées et celles associées aux zones stériles. Dans les zones stériles, la composition de la tourmaline reflète plutôt la chimie des roches hôte que la composition des fluides minéralisateurs
- Les teneurs en Fe+Mg et Si des tourmalines ne peuvent pas faire la différence entre l'or orogénique, les sulfures massives et les formations de fer
- Grande variabilité des teneurs en Fe et Mg pour l'or orogénique et les sulfures massives
- Aucune relation évidente entre la composition des tourmalines et l'âge de mise en place

CONSOREM