

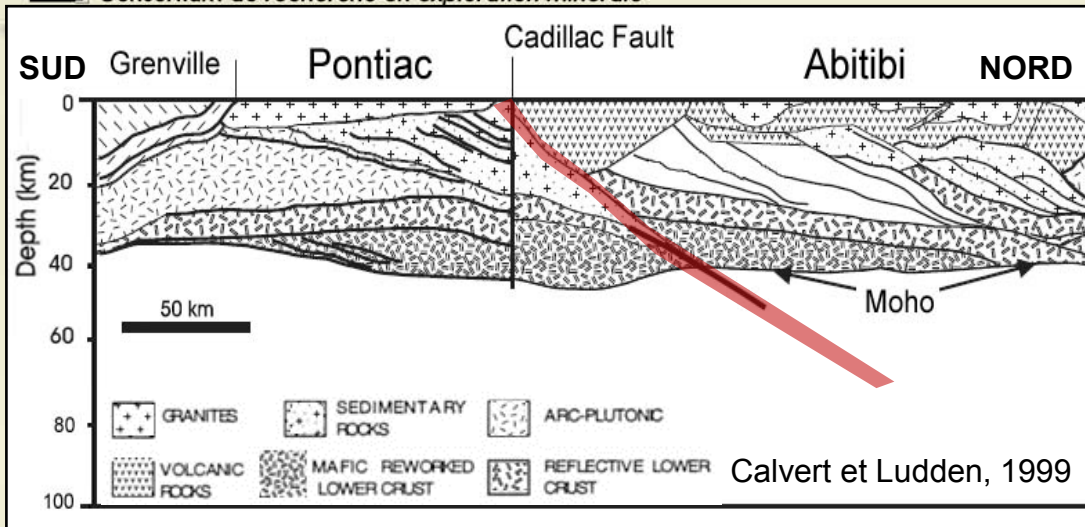
Typologie des gites aurifères associés de la Faille Cadillac – Segment Est

(Projet CONSOREM 2011-01)

Silvain Rafini

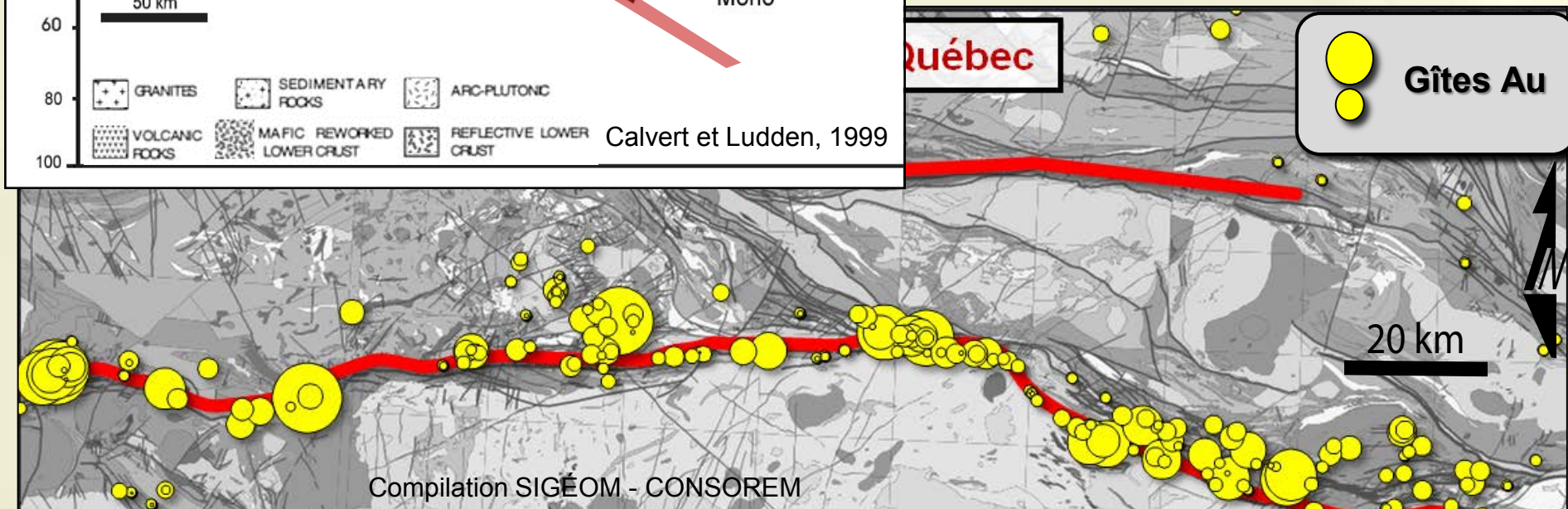
Forum Consorem-DIVEX, Val-d'Or
11 septembre 2013





Observations LITHOPROBE

- Racine crustale profonde
- Pendage N diminue en profondeur

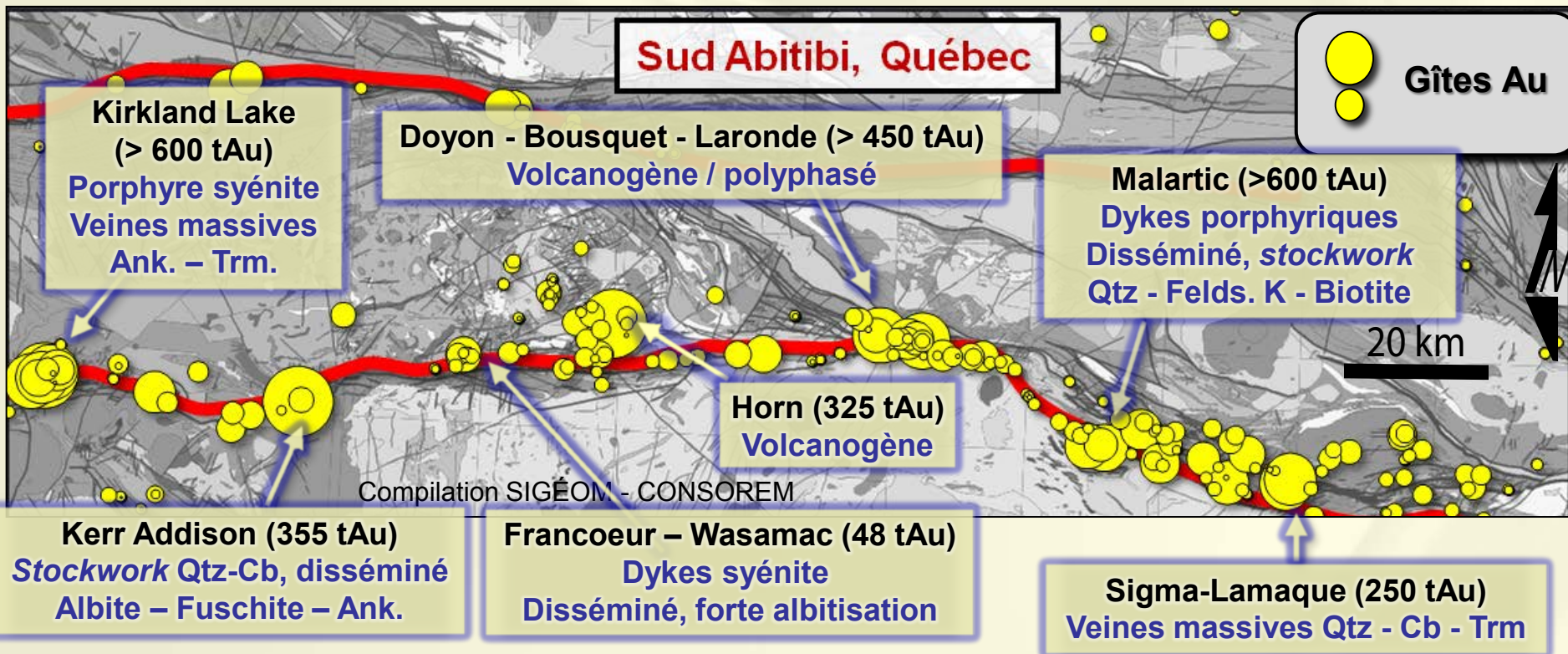


Limite de terranes archéennes ; plan subduction (?) évoluant en décrochement lors de convergence oblique tardi-orogénique (Daigneault et al, 2002).

Analogie archéen : Faille Boulder-Lefroy, Australie, largement documentée (Groves et al, 2002, Weinberg et al, 2004, 2005) ; analogue actuel (décrochement tardi-tectonique) : Faille San Andreas, Faille nord-Anatolienne

• Un des plus importants métallotectes aurifères au monde :

- Plus 4700 t Au
- 48 gîtes majeurs (> 10 t Au)
- 10 gîtes géants (> 100 t Au)



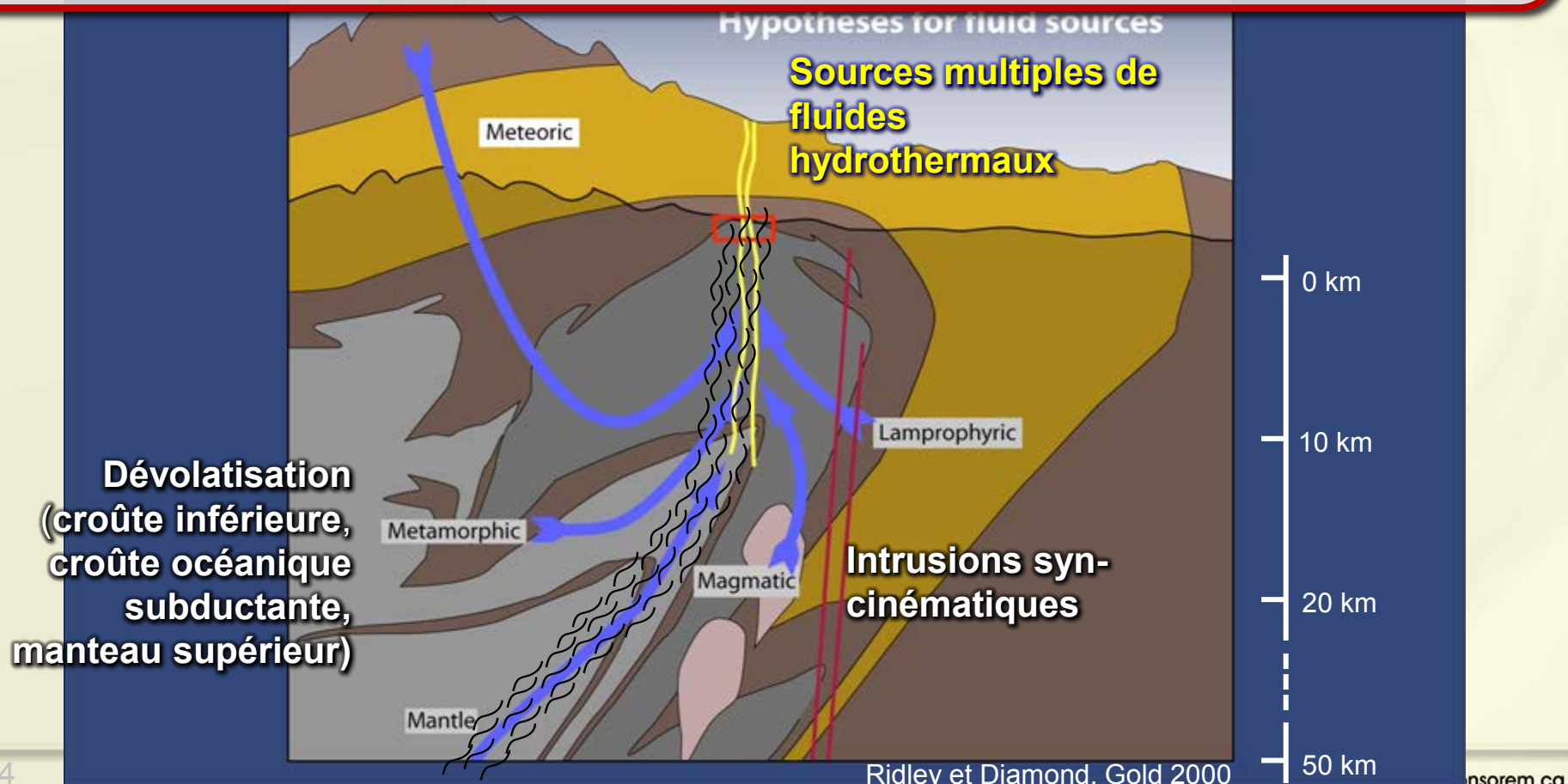
→ Gisements géants répartis sur toute la longueur de la faille

→ **Très grande variabilité de style**

1. Drainage sismique des fluides depuis réservoirs profonds surpressurisés vers niveaux crustaux supérieurs ; fluides d'origine métamorphique

Convergence de plusieurs moteurs hydrothermaux, dans un contexte géothermique crustal anormal (amincissement manteau lithosphérique, remontée asthénosphérique)

→ Diversité de styles métallogéniques dans le temps et dans l'espace



Cadre de l'étude

- Caractéristiques de nombreux gîtes sont décrites → informations ponctuelles
- Synthèses métallogéniques : s'intéressent à des segments de la faille, ou sont associées à l'introduction de modèles → sélectives, conceptuelles
- Il n'existe pas de **synthèse objective et systématique comparant les caractéristiques des gîtes d'un bout à l'autre de la FC (Ontario et Québec)**

Méthode de travail

- Répertorier les caractéristiques individuelles de chaque gîte associé à la faille (publications scientifique, gouvernementale et universitaire, rapports internes compagnies, observations de terrain) → **104 gîtes compilés**
 - Vérifier l'existence de **champs gîtologiques** (i.e., regroupement spatial de gîtes possédant plusieurs caractéristiques communes) basés sur ces paramètres descriptifs
- Contribution à la compréhension de l'**histoire métallogénique** de la faille
- Production d'un outil synthétique de culture gîtologique régionale à la disposition des géologues praticiens ; champs gîtologiques : **guides d'exploration sectoriels** le long de la fa faille

Zone d'influence métallifère de la Faille Cadillac

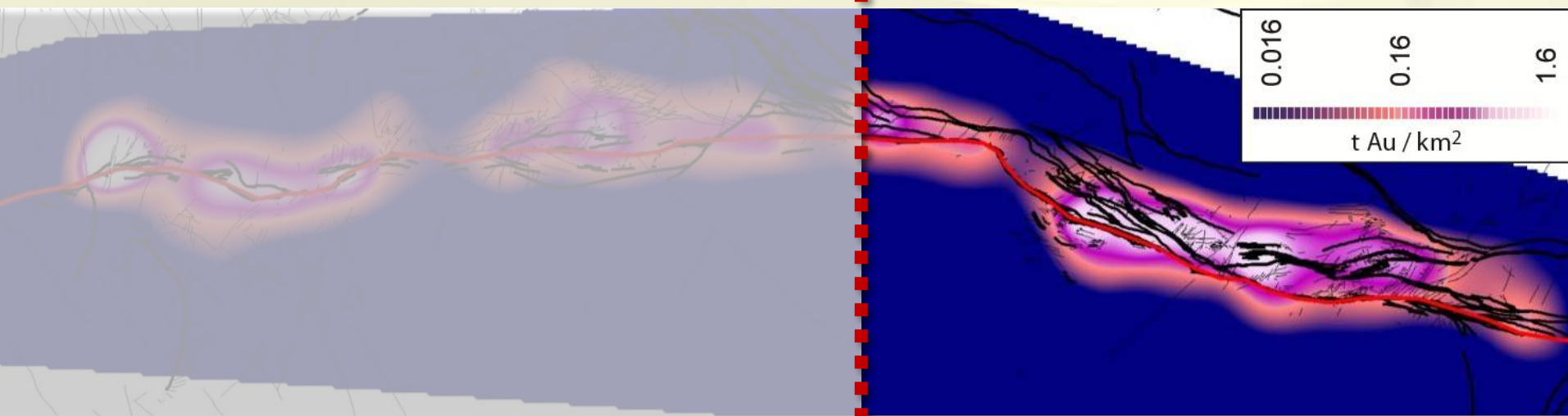
- Délimitation des camps miniers historiques bien marquée en termes de tonnage surfacique

Phase 2012-2013

Cadillac – Rouyn-Noranda – Kerr Addison –
Kirkland Lake ; **55 gîtes**

Phase 2011-2012

Val d'Or – Malartic – Cadillac ; **49 gîtes**



Interpolation du tonnage aurifère surfacique (échelle log) le long de la Faille Cadillac. Gîtes non-volcanogènes.

→ Zone considérée dans cette étude : 15 km de part et d'autre de la faille

Nom du gîte (tonnage, teneur)

Références des documents

Qualité documentation : x/5

Résumé :

Caractéristiques

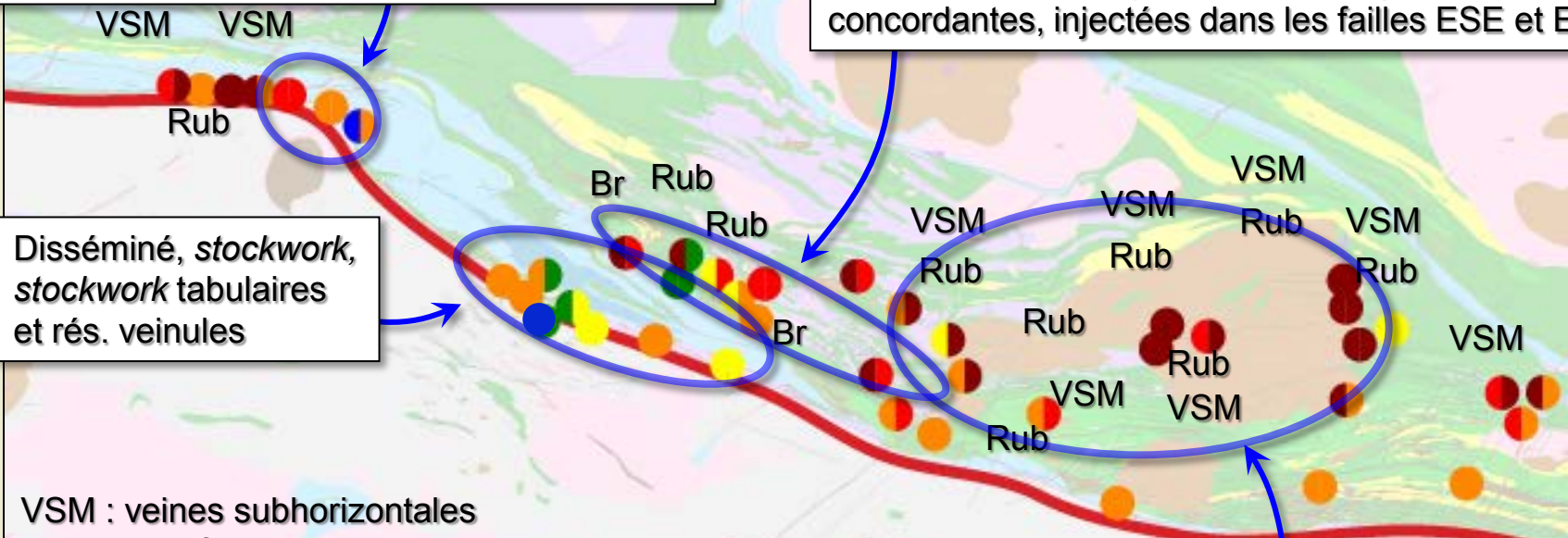
- Encaissant :
- Foliation /stratification :
- Métamorphisme :
- Disposition minéralisation :
- Note texture minéralisation :
- Intrusions :
- Dykes :
- Altérations :
- Minéraux non-métalliques du minerai :
- Minéraux métalliques du minerai :
- Signature métallique :
- Plissement :
- Attitude structures porteuses :
- Nature structures porteuses :
- Cinématique :
- Distance Faille Cadillac :
- Distance faille subsidiaire :
- Chronologie relative minéralisation / intrusions :
- Chronologie relative minéralisation / plissement :
- Chronologie relative minéralisation / métamorphisme :
- Chronologie relative minéralisation / cisaillement :
- Chronologie relative intrusions / plissement :
- Chronologie relative intrusions / métamorphisme :
- Chronologie relative intrusions / cisaillement :
- Âge absolu encaissant :
- Âge absolu intrusions :
- Âge absolu minéralisation :
- Remarques, ou autres caractéristiques :

Disposition de Au

- Disséminé
- Veines massives (une veine dominante largement plus épaisse que ses satellites)
- Veines semi-massives (essaim de veines et veinules contenant quelques veines dominantes)
- Réseau de veinules (couloir contenant un essaim de veinules composé d'1 ou 2 familles)
- *Stockwork* tabulaire (couloir contenant un essaim de veinules composé de plus de 2 familles)
- *Stockwork* (essaim de veines-veinules composé de plus de 2 familles)

Réseaux veinules dans – ou au contact – unités de forte compétence relative (volc. mafiques, intr. fels. - interm concordantes, form. fer), déformation intense

Veines (semi-) massives parallèles au grain mylonitique ± brèches ; dans intrusions intermédiaires-felsiques déformées (tabulaires concordantes, injectées dans les failles ESE et E-O



Disséminé, *stockwork*, *stockwork* tabulaires et rés. veinules

VSM : veines subhorizontales massives (*flats*) ; Br : brèches ; Rub : veines rubanées

10 km

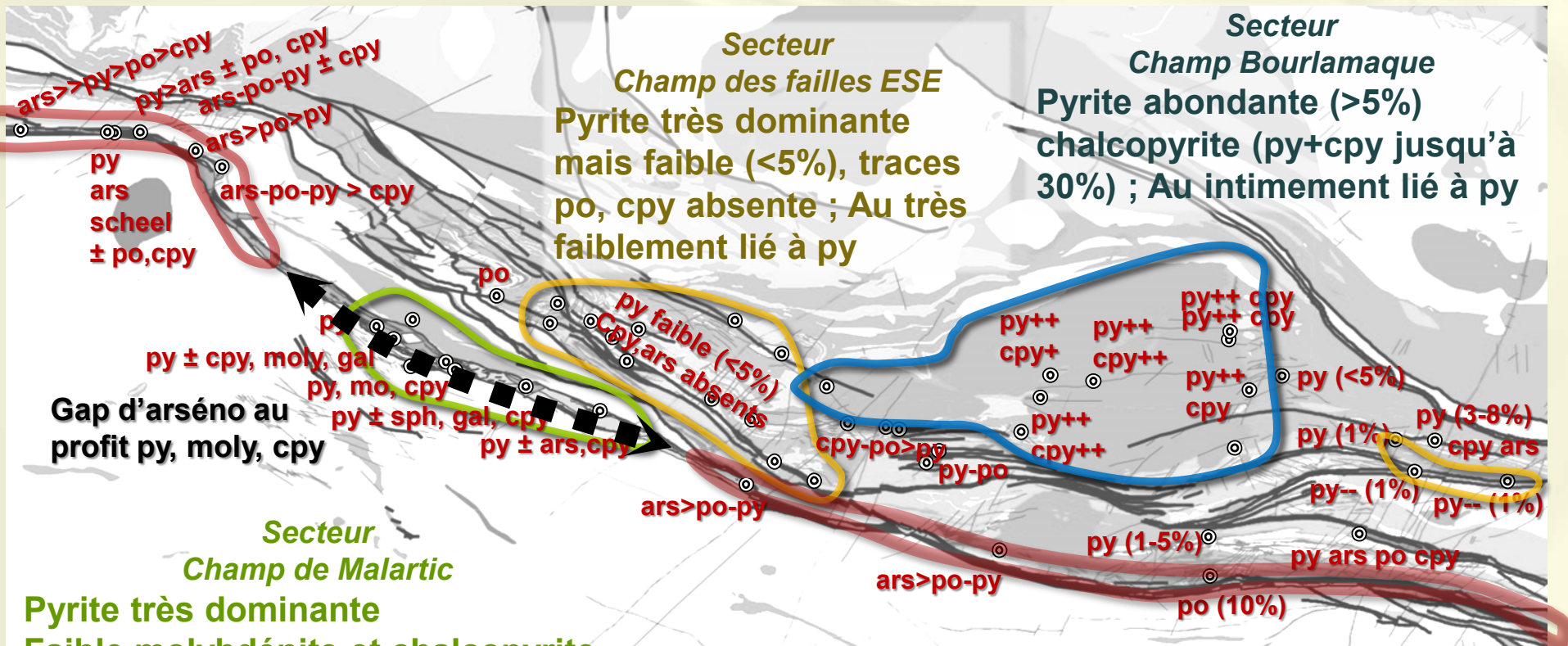
Veines (semi-) massives verticales (parallèles grain mylonitique dans failles ductiles-cassantes) + *flats*, rubanées ; failles porteuses sont E-O ; ± essaims de **dykes dioritiques** ; bordure Bourlamaque

Carte des caractéristiques géologiques de la Faille Cadillac (partie orientale)

Assemblages de sulfures dans le minerai

- Champs très bien délimités par assemblages de sulfures
- Gap d'arsénopyrite dans la FC au niveau de Malartic, au profit de Py, Mo, Cpy...

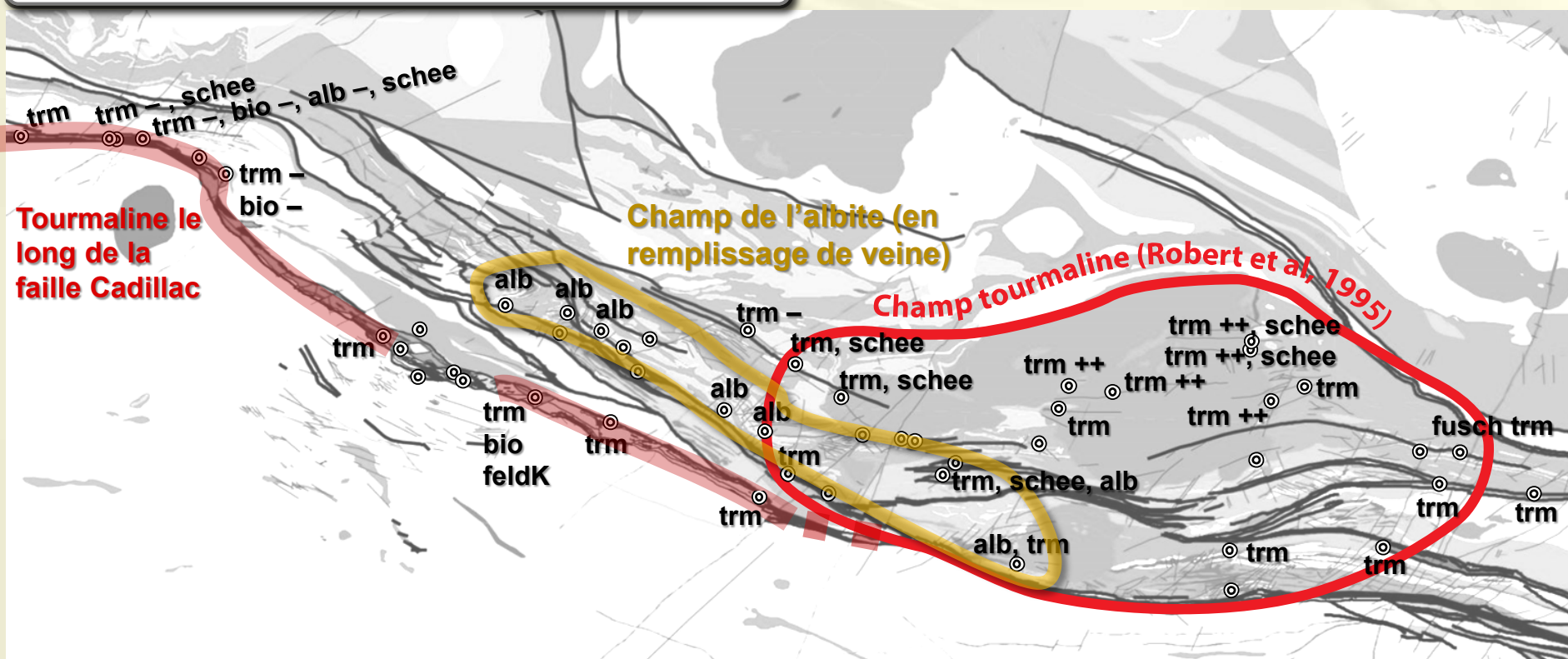
Secteur Champ Flexure Faille Cadillac
Arsénopyrite abondante (jusqu'à 10%)
Pyrite, pyrrhotite, faible chalcopyrite



Chimo, Nordeau :
ars>po,py

Assemblages de minéraux non-sulfures dans le minerai

Remplissage des veines : Qtz-carb + ...



Chimo, Nordeau :
alb (remplissage)

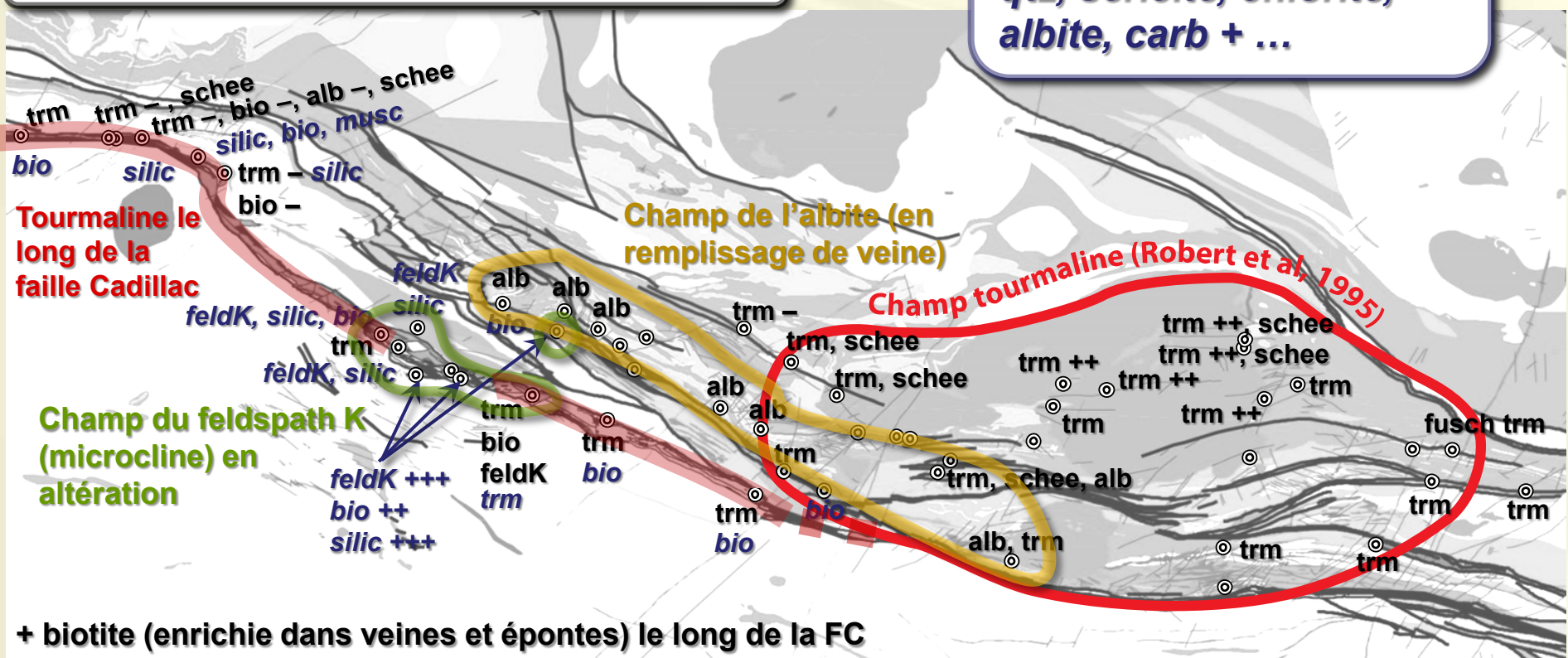


Carte des caractéristiques géologiques de la Faille Cadillac (partie orientale)

Assemblages de minéraux non-sulfures dans le minerai

Remplissage des veines : Qtz-carb + ...

Minéraux d'altérations éponges :
 qtz, séricite, chlorite,
 albite, carb + ...



Tourmaline le long de la faille Cadillac

Champ de l'albite (en remplissage de veine)

Champ tourmaline (Robert et al, 1995)

Champ du feldspath K (microcline) en altération

+ biotite (enrichie dans veines et éponges) le long de la FC

Chimo, Nordeau :
 alb (remplissage)
 trm, musc, bio, grenats (altérations)

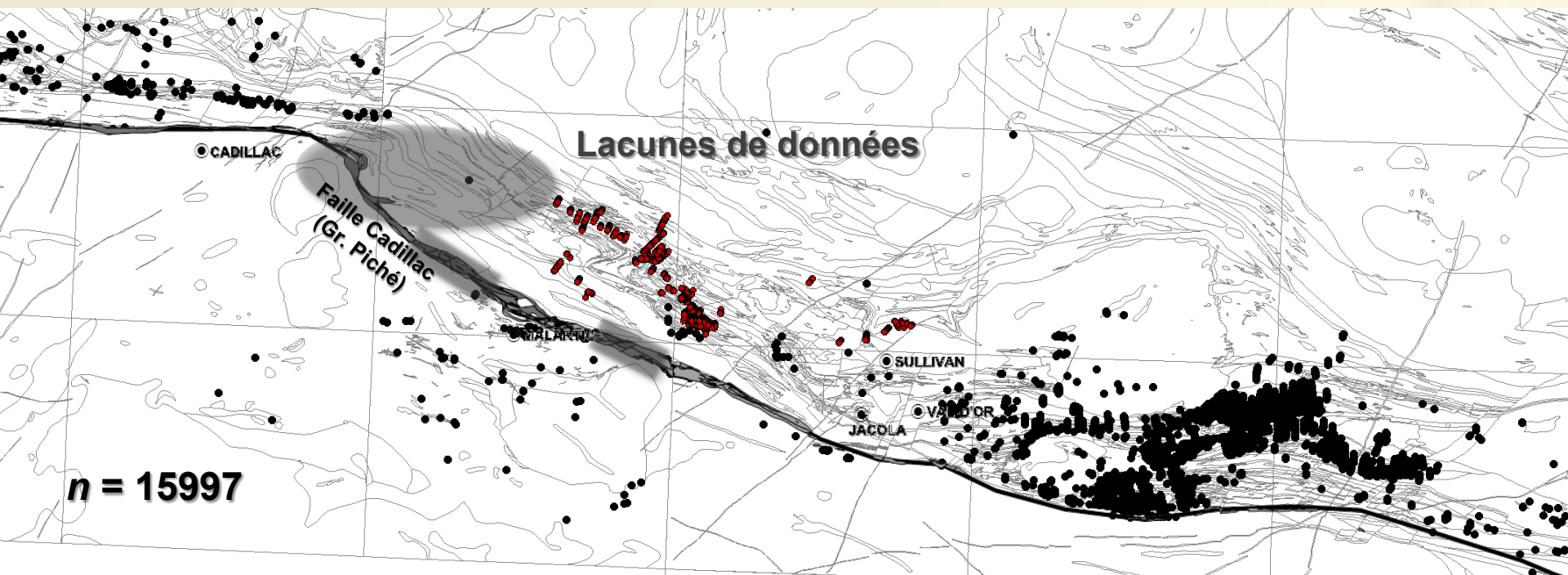
Données disponibles

- Base Consorem (oct. 2011) : accumulation de données compilées lors de projets antérieurs, issues des domaines privé et public
- Banque lithogéochimique de NIOGOLD (données historiques + récent) secteurs Siscoe East, Marban, Camflo-Malartic, Norlartic : 6516 analyses
- Agnico-Eagle

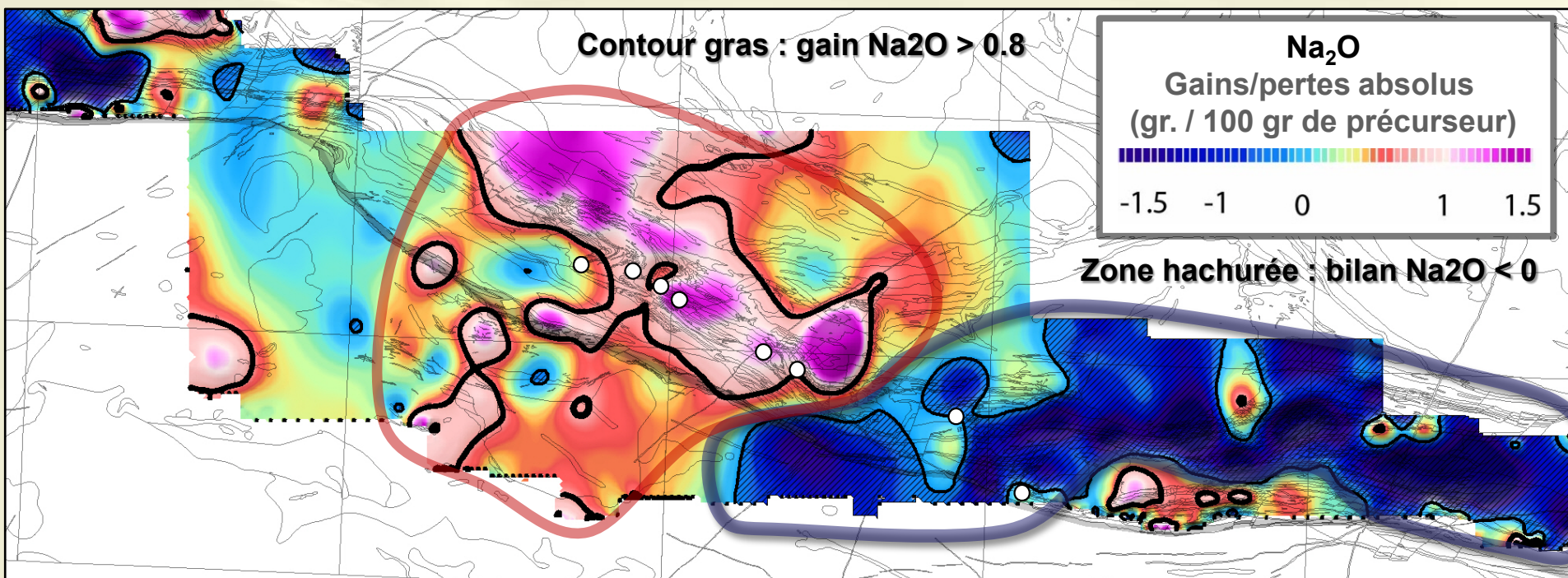
Sélection

- Échantillons < 20 km Faille Cadillac,
- Non-sédimentaire, subalcalin ($Nb/Y < 0.7$), non-ultramafique ($Cr < 1000$ ppm)

n = 52217 éch. → n = 15997 éch.



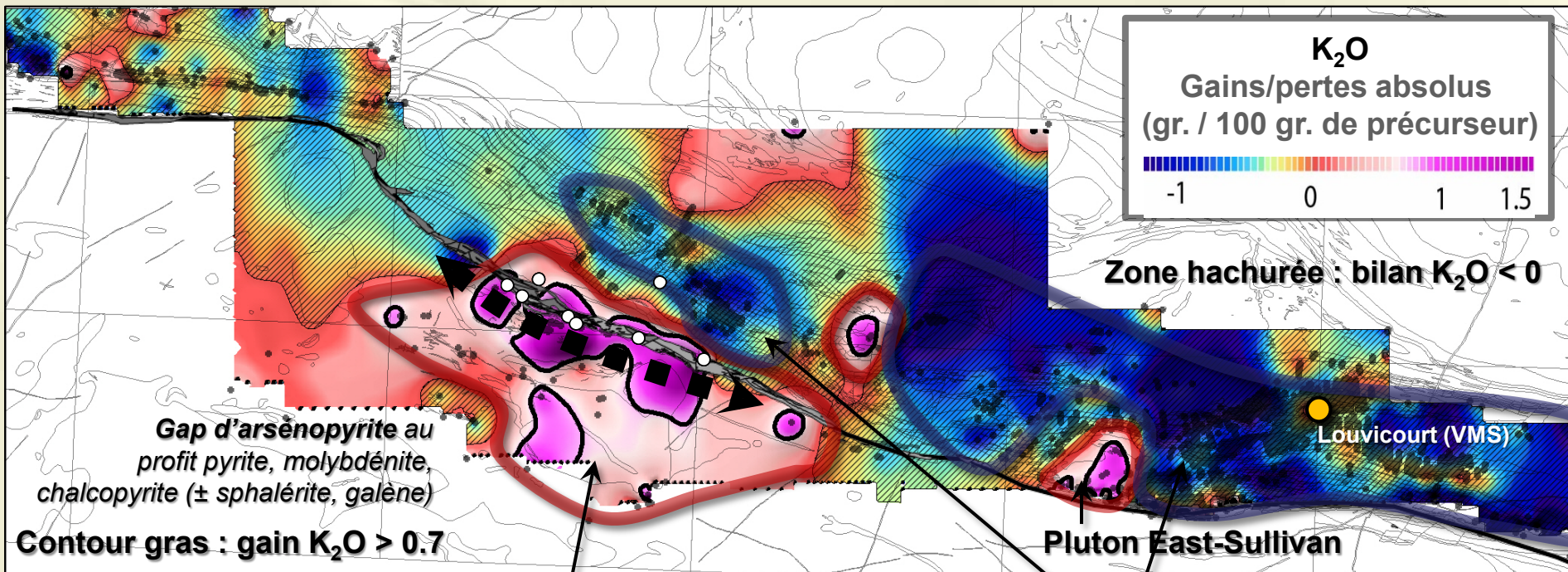
- Gites avec albite en remplissage de veines



Secteur Malartic – Failles ESE (Cadillac, Norbénite, Marbénite, « zone K ») :
Zone de **gain absolu Na_2O**

Secteur Val-d'Or - Louvicourt:
Zone de **perte absolue Na_2O** (excepté proche contact F. Cadillac)

○ Gîtes avec altération feldspath-K (+biotite)



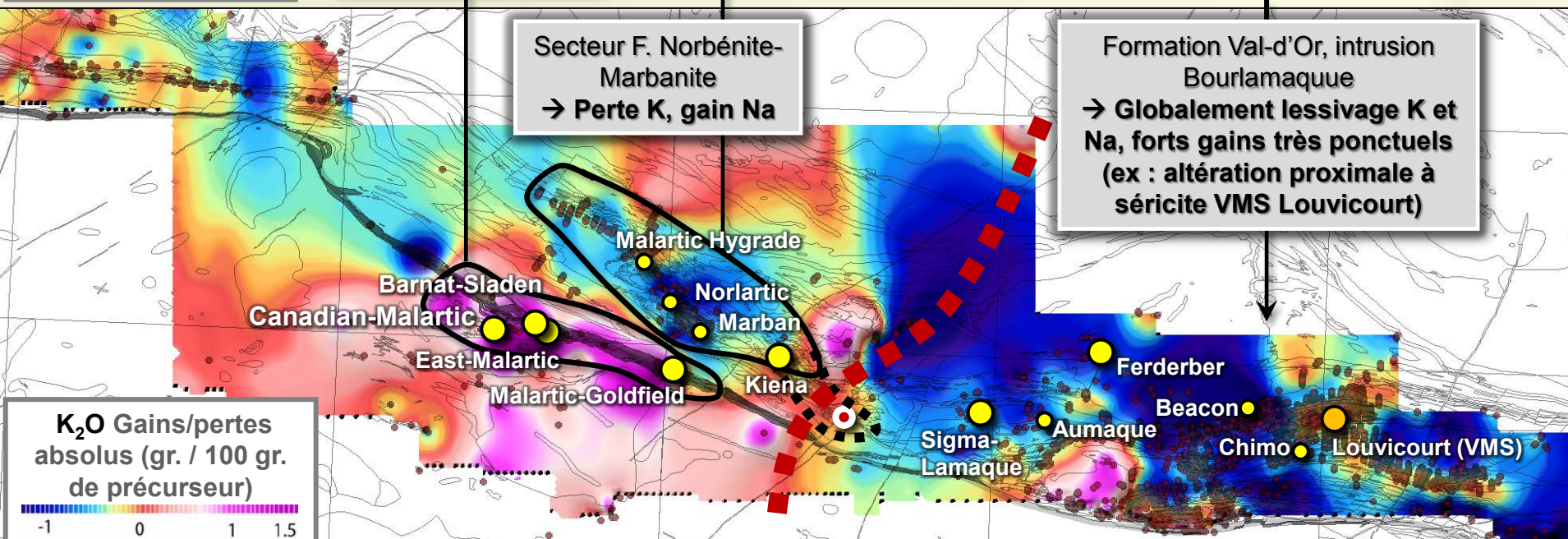
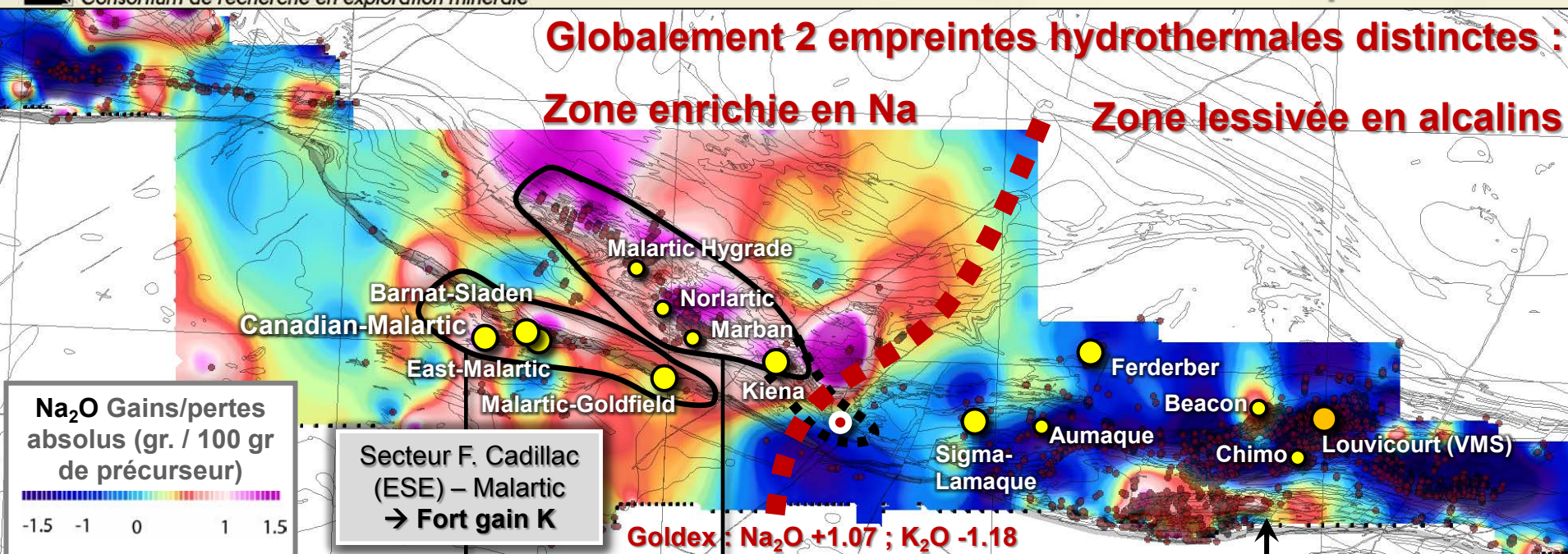
- Malartic – F. Cadillac (ESE)
→ Zones de **gain absolu K₂O**

- Secteur F. Norbénite – F. Marbanite
- Secteur Val-d'Or – Louvicourt
→ Zones de **perte absolue K₂O**

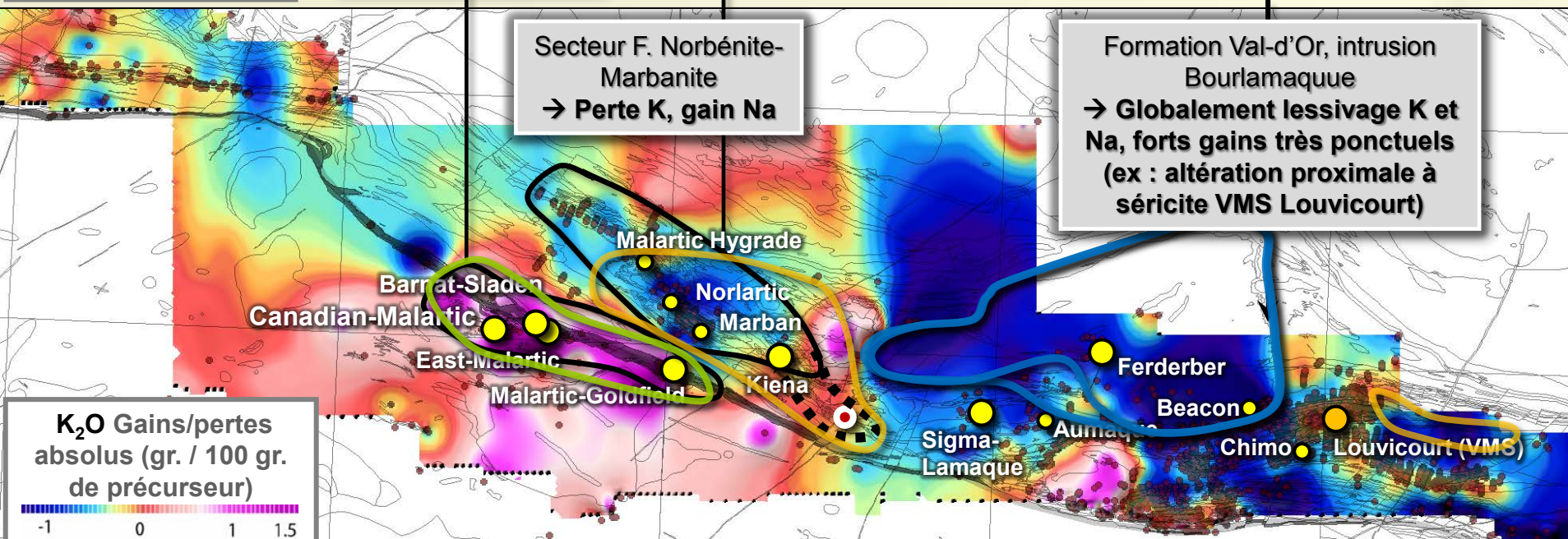
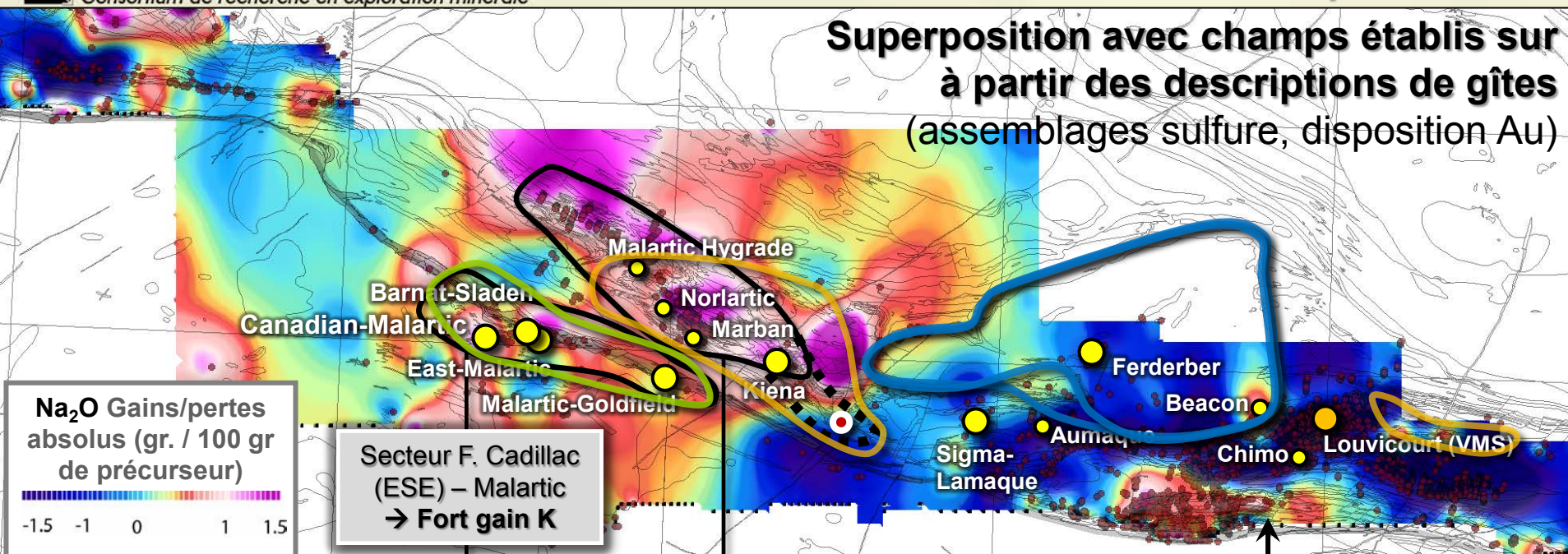
Globalement 2 empreintes hydrothermales distinctes :

Zone enrichie en Na

Zone lessivée en alcalins



Superposition avec champs établis sur à partir des descriptions de gîtes (assemblages sulfure, disposition Au)



SECTEUR 1

Malartic Goldfield
Rand Malartic
Canadian Malartic
East Malartic
Barnat-Sladen
East Amphi
Western Porphyry
Fourax
Camflo

Gangue : quartz ± carb

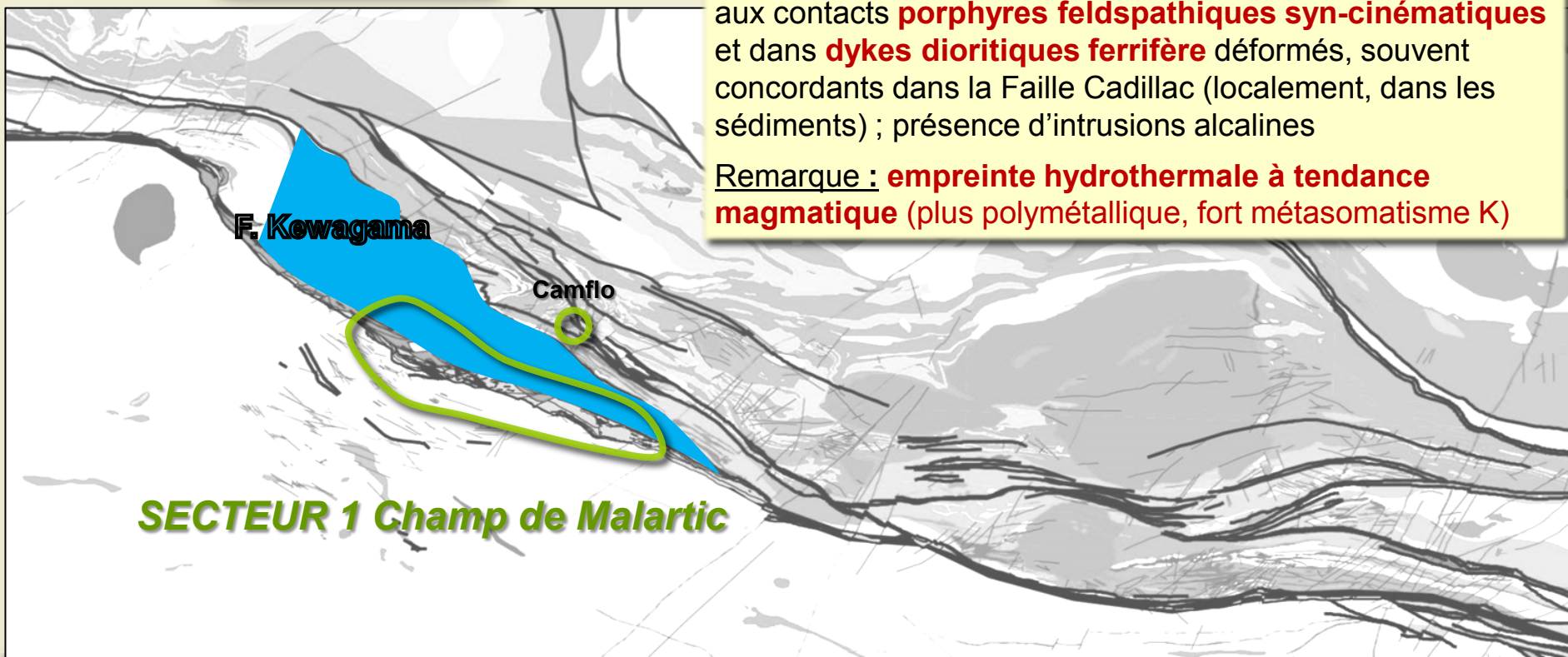
Sulfures : **pyrite (<5% à 20%)**, faible **moly-chalco.**, tr. galène et sph., **pas d'ars.** (localement pyrite 15-20% encaissant ferro-diorite)

Altération **très potassique** (microcline), biotite, forte silic.

Bilans de masses : **fort gain K, faible gain Na**

Encaissant et disposition Au : réseaux veinules et *stockwork* aux contacts **porphyres feldspathiques syn-cinématiques** et dans **dykes dioritiques ferrifère** déformés, souvent concordants dans la Faille Cadillac (localement, dans les sédiments) ; présence d'intrusions alcalines

Remarque : **empreinte hydrothermale à tendance magmatique** (plus polymétallique, fort métasomatisme K)



SECTEUR 1 Champ de Malartic

SECTEUR 2

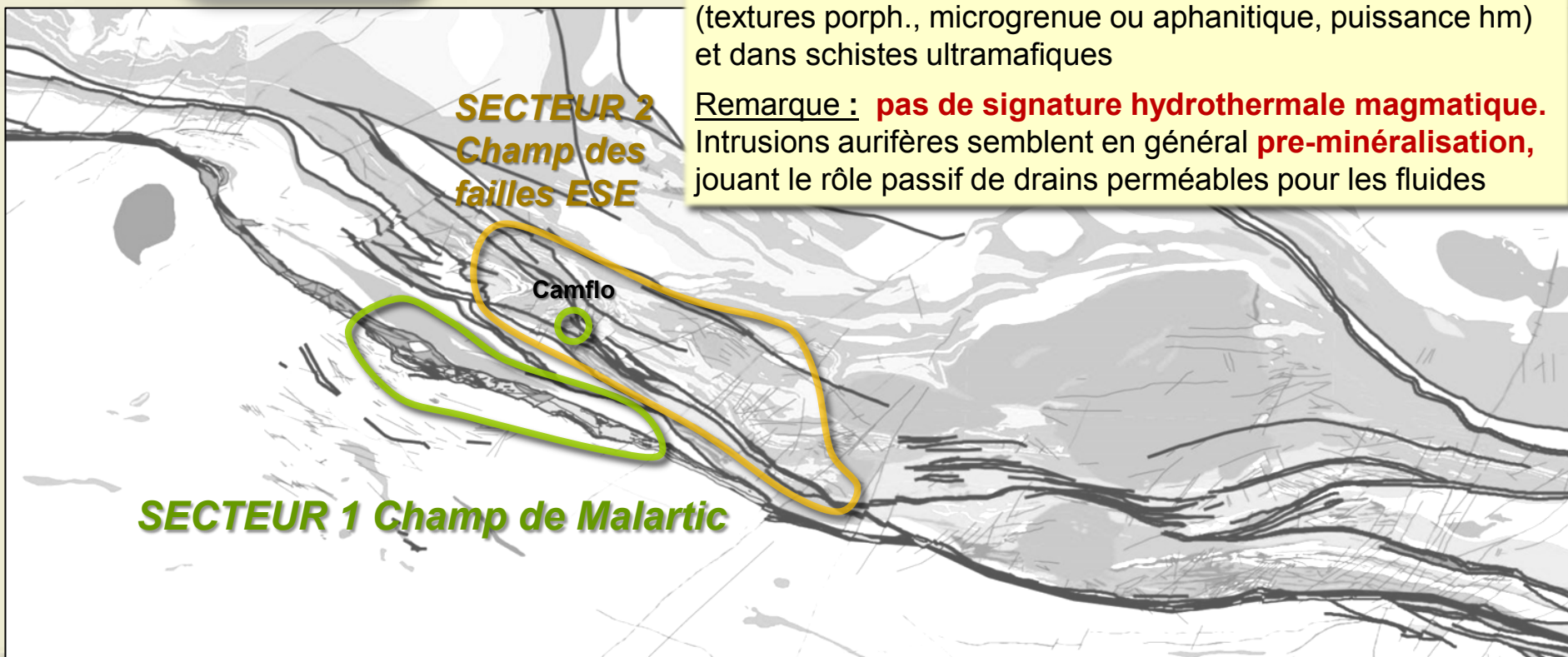
Norlartic
Malart. Hygrade
Kierens
Callahan
Kiena
Siscoe
Marban
Wesdome
Shawkey

Gangue : Quartz ± carb-**albite**-chl, faible tourm
Sulfures : **pyrite (<5%)**, tr. pyrrhotite, chalco rare. **Lien Au – Py moins marqué que dans le Bourlamaque** (plusieurs veines haute teneur sans pyrite)

Bilans de masses : **gain Na, lessivage K**

Encaissant et disposition Au : dominance veines – veinules ± brèches dans **intrusions fels - interm calco-alkalines** injectées à la faveur de **failles pluri-km ESE-ONO à E-O** (textures porph., microgrenue ou aphanitique, puissance hm) et dans schistes ultramafiques

Remarque : **pas de signature hydrothermale magmatique**. Intrusions aurifères semblent en général **pre-minéralisation**, jouant le rôle passif de drains perméables pour les fluides



SECTEUR 3

Ferderber
Beaufor
Dumont
Lac Herbin
Wrightbar
Courvan

Gangue : Quartz-carb-**tourmaline**-chl, faible albite, **scheelite**

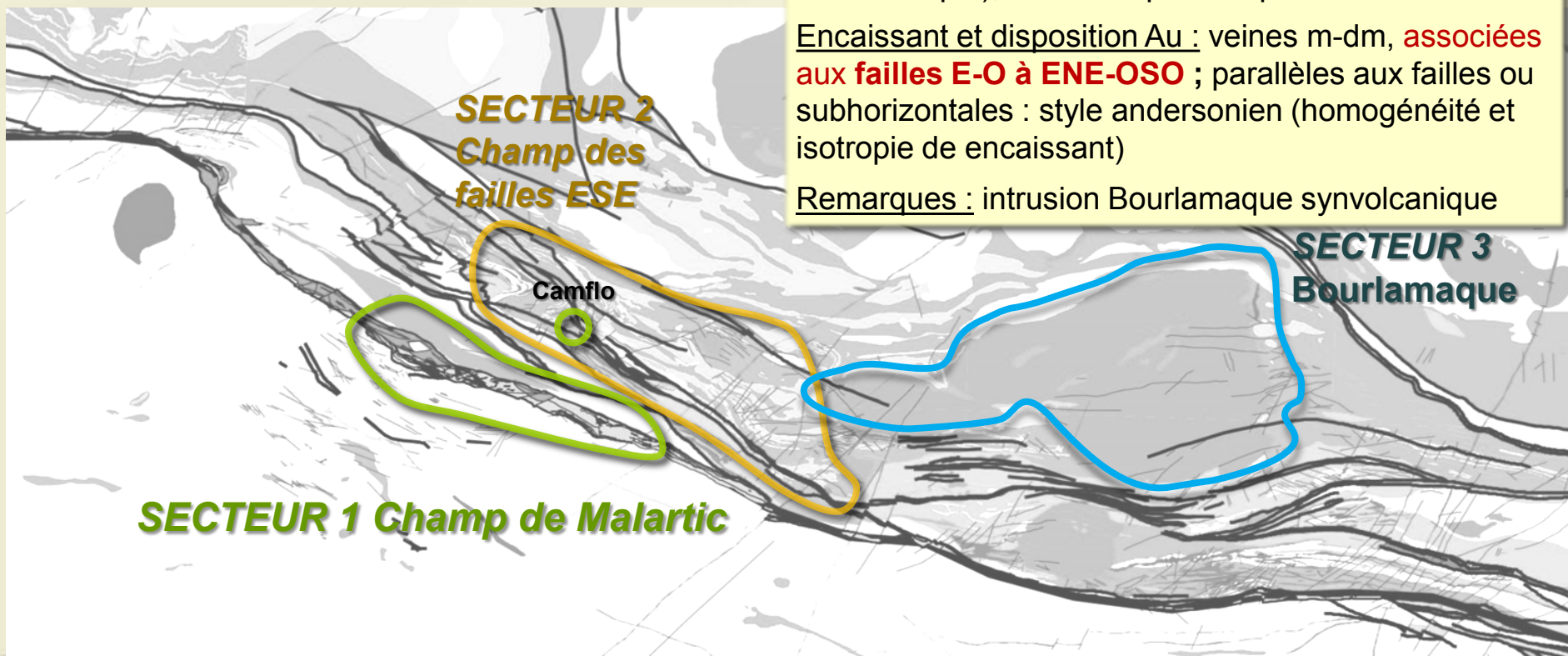
Sulfures : **pyrite-chalco abondantes (jusqu'à 30%)** ;
Au intimement lié à pyrite (teneurs Au ~ py)

Altérations : zonées et restreintes (< 1m : albite et carbonates-séricite ; ~10m : séricite-chlorite)

Bilans de masse : lessivage alcalins (partie S du Bourlamaque), même empreinte que Form. Val-d'Or

Encaissant et disposition Au : veines m-dm, **associées aux failles E-O à ENE-OSO** ; parallèles aux failles ou subhorizontales : style andersonien (homogénéité et isotropie de encaissant)

Remarques : intrusion Bourlamaque synvolcanique



Québec-Explorer
Orenada 4
Nordeau
Chimo

SECTEUR 4

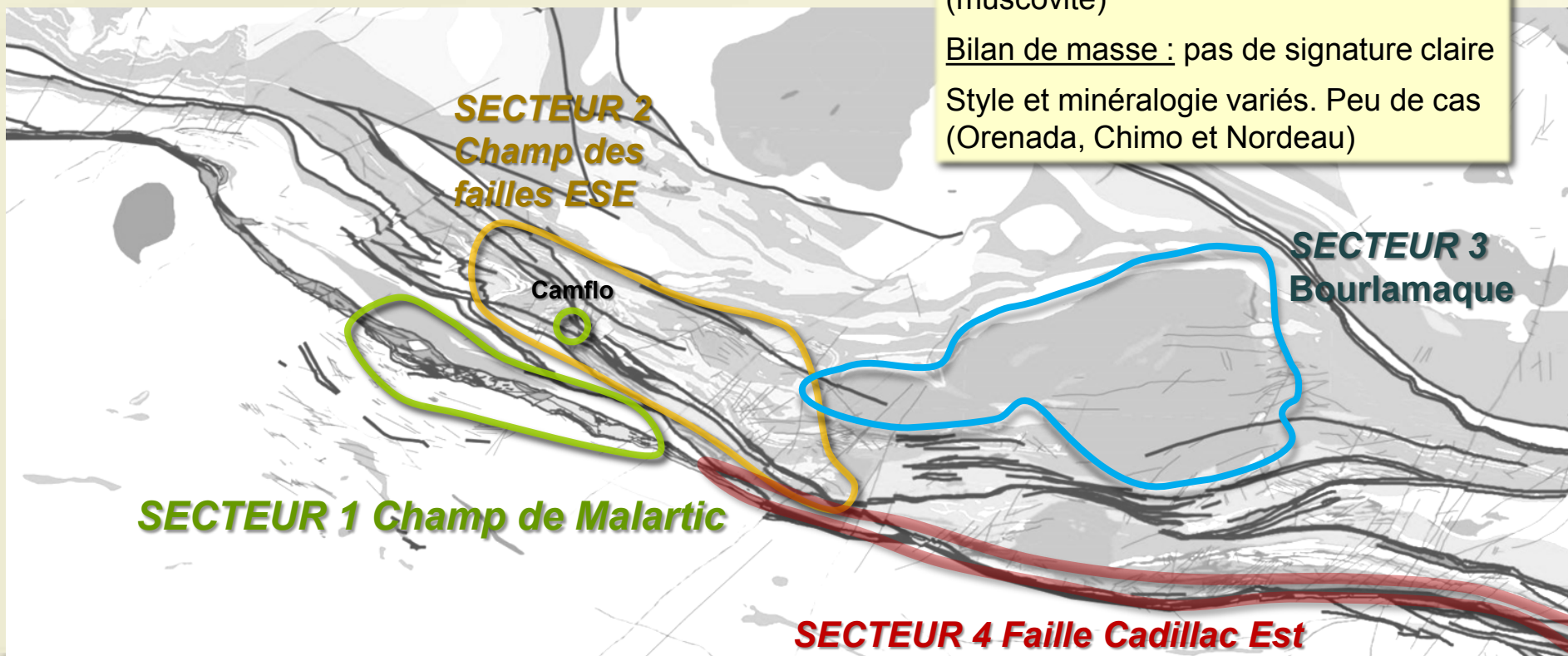
Gangue : **biotite et tourmaline** fréquentes

Sulfures : **arsénopyrite fréquente, pyrite, pyrrhotite**

Altération : biotite, tourmaline (muscovite)

Bilan de masse : pas de signature claire

Style et minéralogie variés. Peu de cas (Orenada, Chimo et Nordeau)



SECTEUR 5 (≈ secteur 4)

Lapa
Lapa-Cadillac
Wood-Cadillac
Central-Cadillac
New Alger
Pandora

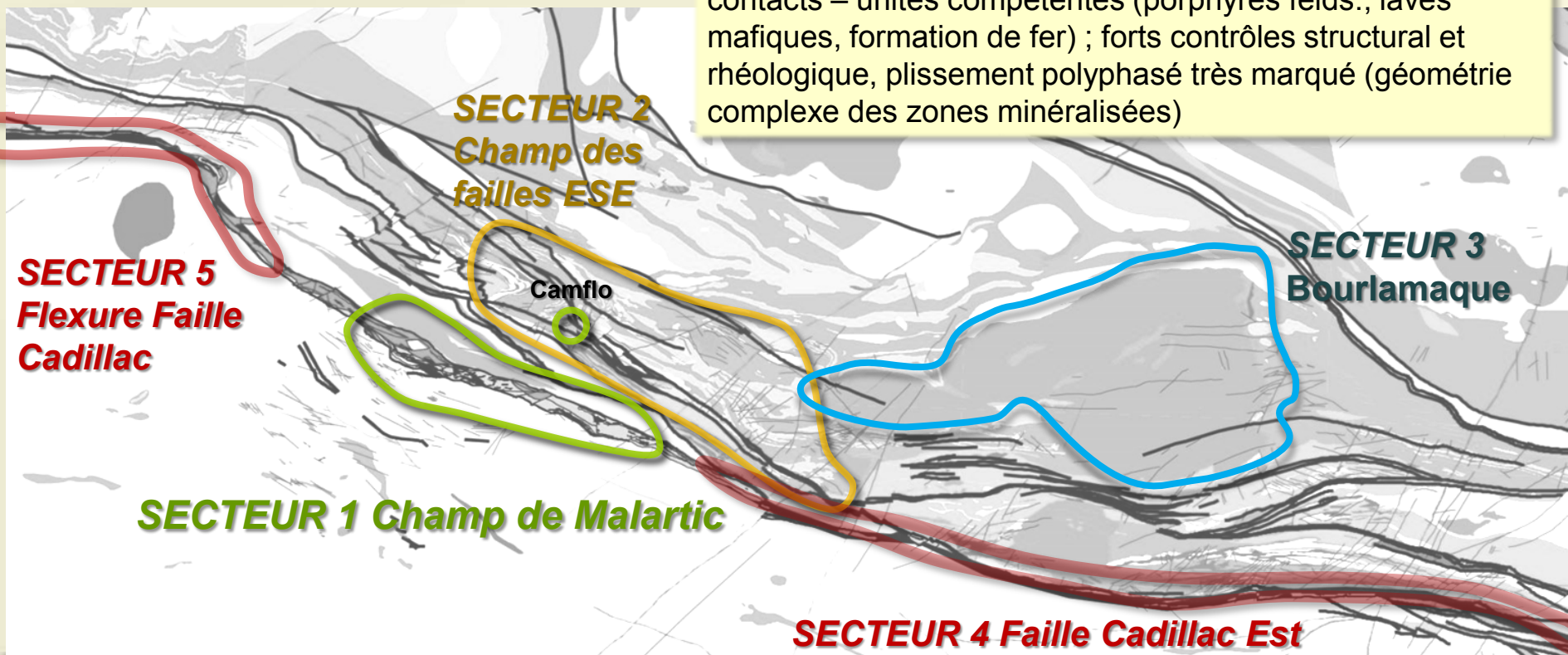
Gangue : Quartz ± **biotite**-tourmaline-carbonates-**albite-scheelite**

Sulfures : **arséno abondante**, pyrite, pyrrhotite, faible chalco

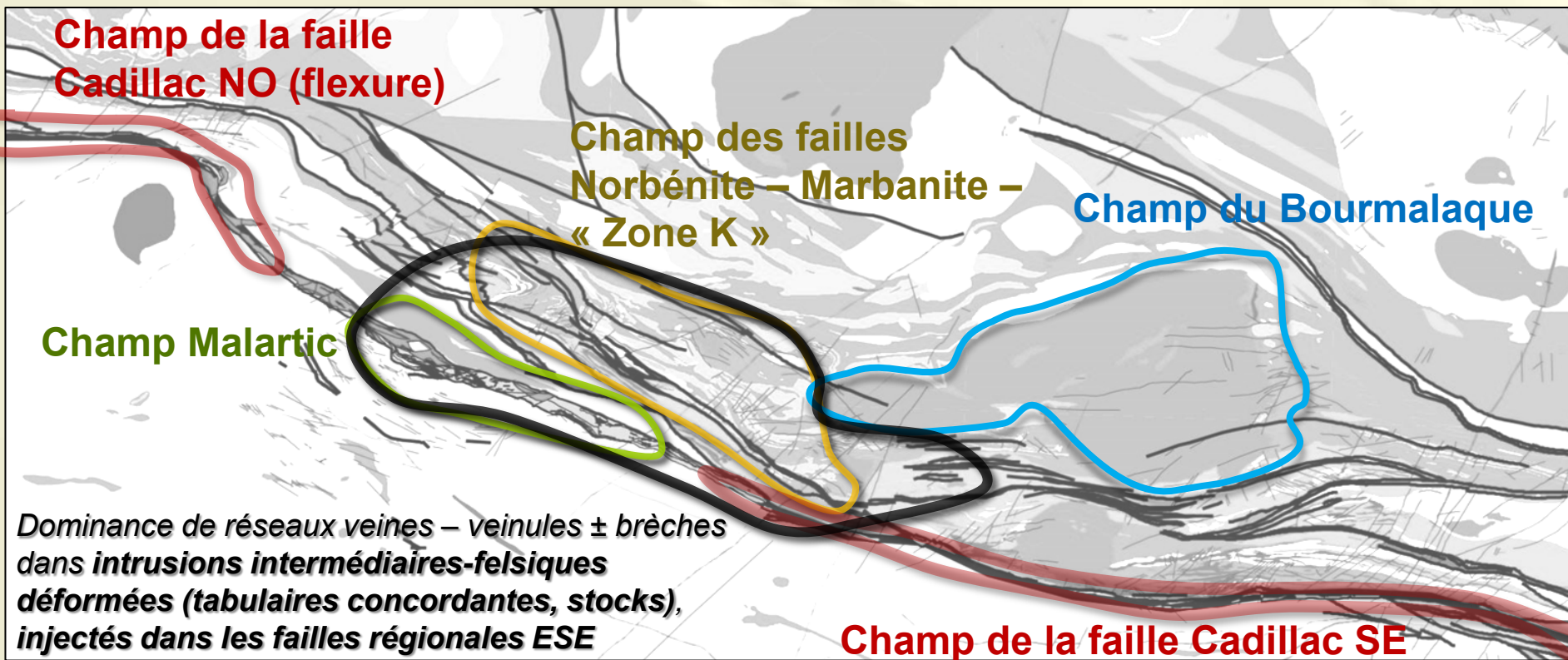
Altérations : silicification ± biotite, muscovite

Bilans de masses : pas de signature homogène (poursuivre vers l'ouest)

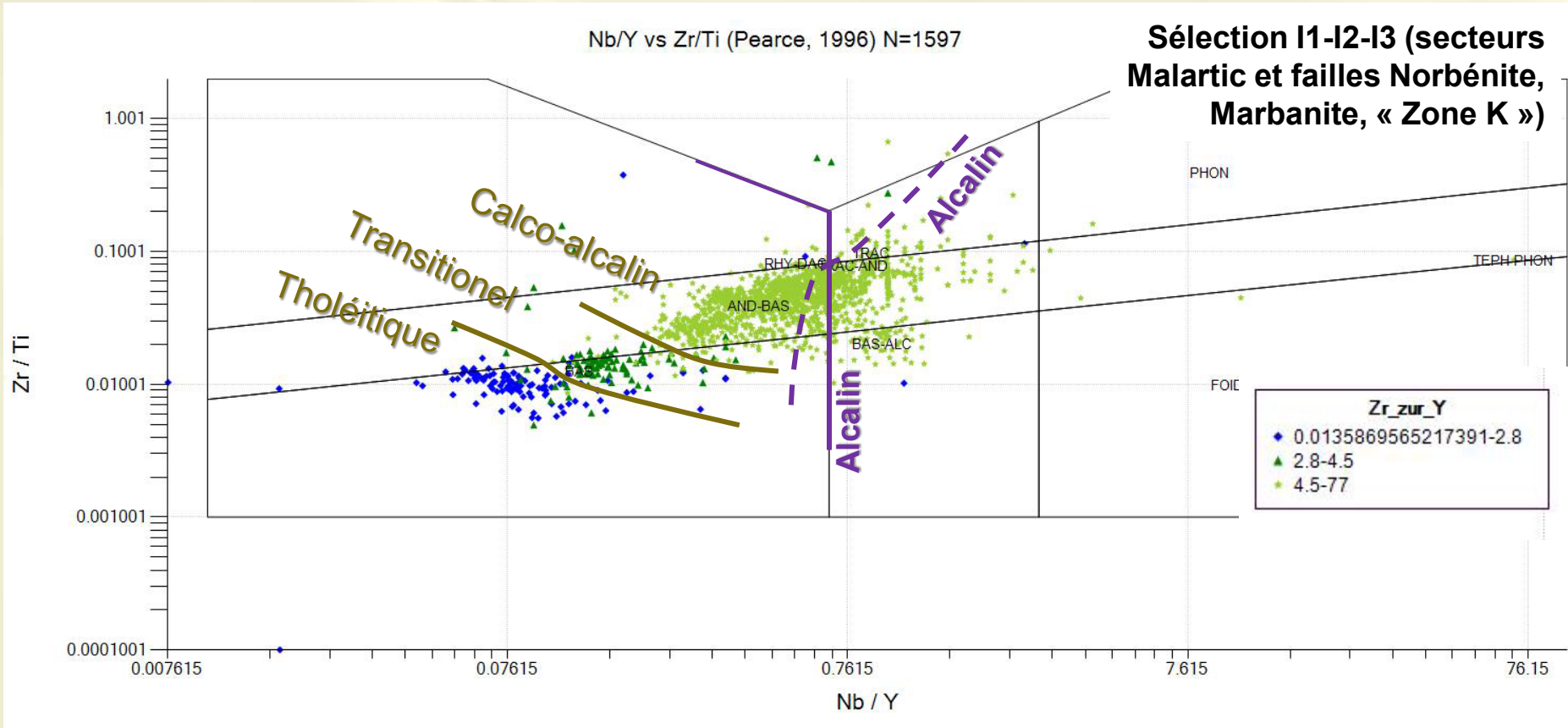
Encaissant et disposition Au : rés. veinules dans – et aux contacts – unités compétentes (porphyres felds., laves mafiques, formation de fer) ; forts contrôles structural et rhéologique, plissement polyphasé très marqué (géométrie complexe des zones minéralisées)



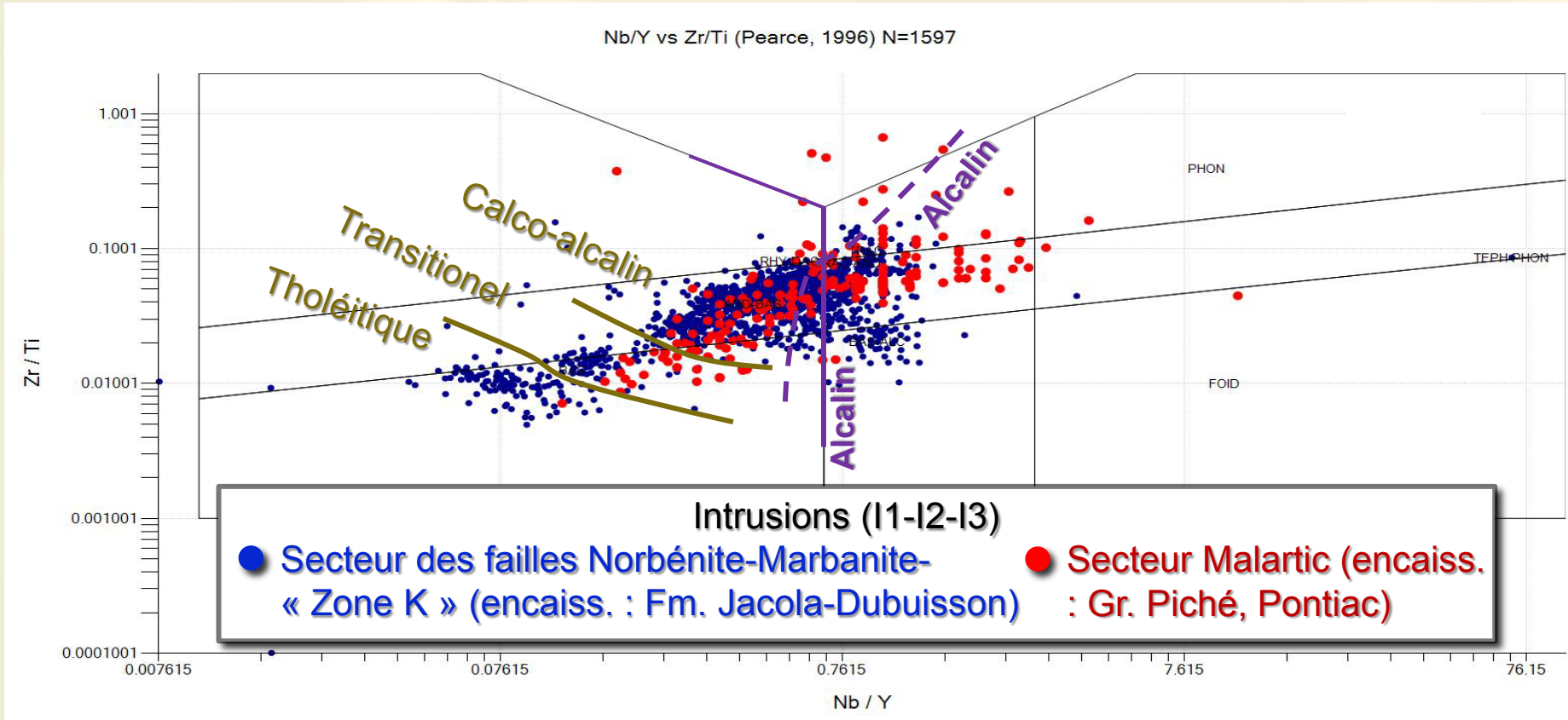
→ Intrusions sont-elles de même nature dans le champ Malartic et dans le champ des failles Marbanite – Norbénite – « zone K » ?



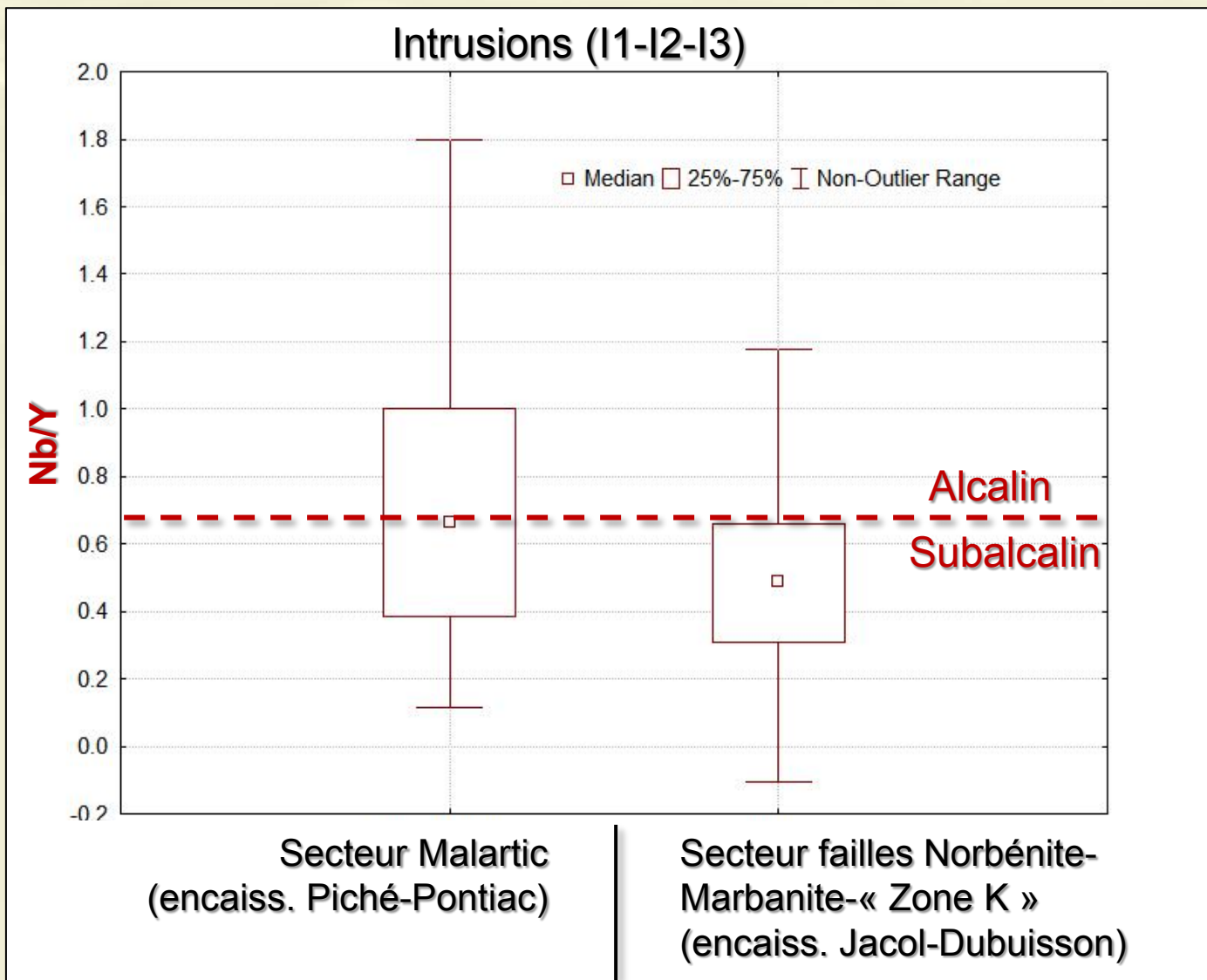
Éléments immobiles ; discrimination des séries tholéitiques/calco-alcalines (rapport Zr/Y), et alcalines (diagramme Pierce, 1996)



Répartition des affinités dans les différents secteurs



→ Termes alcalins sont clairement plus représentés dans le secteur Malartic



Secteur Malartic

- Pas d'arsénopyrite
- Altérations non typiques des gîtes orogéniques
- Rupture de la continuité de style gîtologique le long de la faille

→ Événement hydrothermal magmatique postérieur



Pyrite,
molybdénite,
chalcopyrite
Métasomatisme K
**Signature
hydrothermale magmatique**

The map shows a complex network of faults and mineral deposits. A prominent red-shaded area follows a fault line from the left towards the bottom right. A green-shaded area is located in the lower-left quadrant. A yellow line outlines a specific region, and a blue line outlines another region to the right. The background is a grey-toned geological map with various fault patterns.

Arsénopyrite > pyrrhotite > pyrite

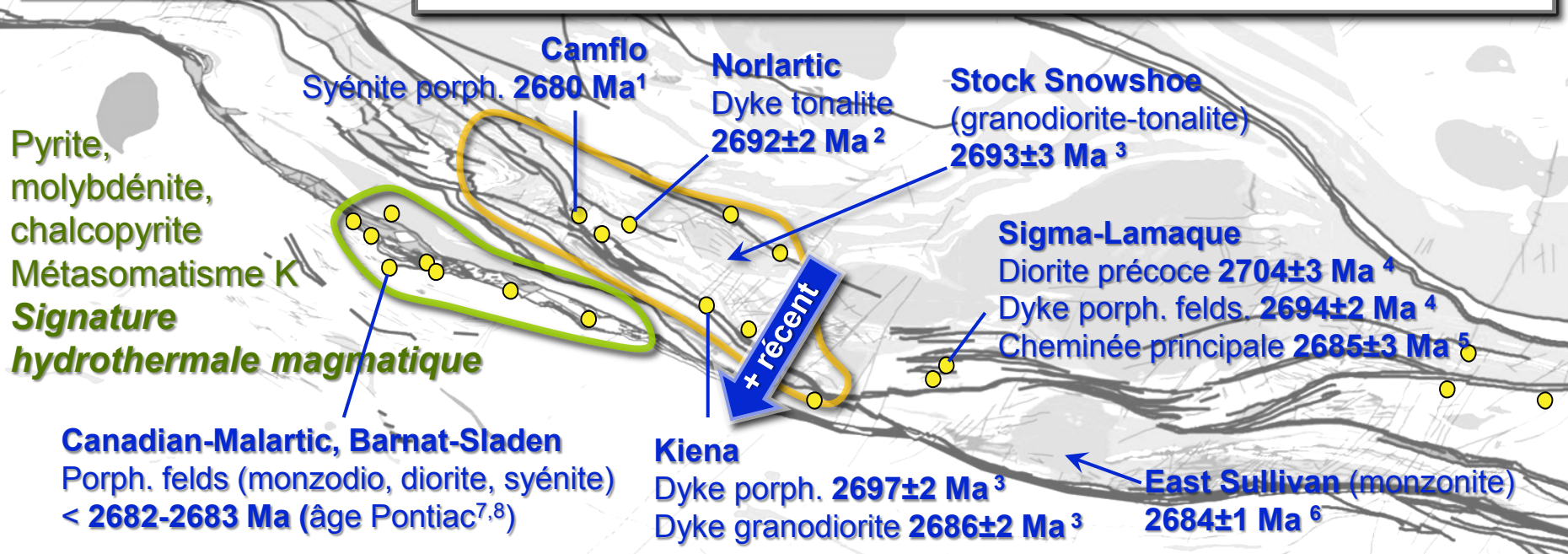
- Gîtes encaissés au moins partiellement dans I1 – I2 (excepté Bourlamaque)

1. Intrusions aurifères injectées dans f. Norbénite-Marbanite (calcoalcalin)
Contrôle rhéologique, passif (contrastes compétence : perméabilité de fractures) ; pas d'empreinte de contribution hydrothermale de la part des intrusions → **Intrusions pré-minéralisation (Norlartic)**

2. Intrusions aurifères injectées dans f. Cadillac (calcoalcalin à alcalin)
Apport magmatique visible dans empreinte hydrothermale (fort métasomatisme K) ; tendance style porphyrique (stockwork) → **Intrusions syn-minéralisation (Canadian-Malartic)**

→ **Plutonisme diachrone NE-SO entre 2693 et 2678 Ma**

Âge U/Pb des intrusions aurifères



¹ Jemielita et al. 1990

⁵ Jemielita et al. 1989

² Couture et Pilote, 1994

⁶ Davis (Goutier)

³ Morasse et al. 1995

⁷ Davis, 2002

⁴ Wong et al. 1991

⁸ Mortensen et Card, 1993

→ **Morasse et al (1995) : « ceinture plutonique calcoalcaline à alcaline 2694-2680 Ma pendant minéralisation »**

MERCI
de votre attention