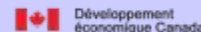
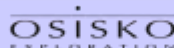


# Typologie des minéralisations aurifères le long de la Faille Cadillac – Phase 2 (Segment Cadillac - Kirkland Lake)

Silvain Rafini

Projet 2012-01

Atelier Québec Mines  
Novembre 2013



## Répartition des gîtes phases I et II

### Phase 2012-2013

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

### Phase 2011-2012

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

Données SIGÉOM – OGS, compilation CONSOREM

## PLAN

- Présentation du projet
- Mise en contexte de la Faille Cadillac
- Cartes thématiques et champs gîtologiques
- Discussions
- Conclusion

### À la source du projet :

- Outil pratique de documentation sur les différents types de minéralisations associés à la FC (culture gîtologique)
- Synthèse gîtologique *descriptive* de la FC

### Problématique

- Grande diversité de styles gîtologiques associés à la FC (> 4200 t Au et 37 gisements de rang mondial)
- Caractéristiques de chaque gîte sont étudiées individuellement, mais *aucune synthèse n'a envisagé une comparaison systématique des caractéristiques des gîtes d'un bout à l'autre de la FC (Ontario et Québec)*
- Compréhension de l'histoire métallogénique de la FC (champs gîtologiques)
- Manque un outil de culture gîtologique synthétique à la disposition des géologues régionaux

## Objectifs

- Procurer outils d'exploration
  1. Champs gîtologiques : guides permettant d'anticiper les caractéristiques des minéralisations dans un secteur
  2. Fiches textuelles descriptives détaillées de tous les gîtes (+ base tabulaire interrogeable)
- Aspect culture gîtologique des géologues d'exploration régionaux : procurer une vision intégrée de la diversité gîtologique associée à la Faille Cadillac (catalogue)

## Méthodologie

- Documenter et synthétiser les caractéristiques individuelles de chaque gîte (articles, synthèses, rapports internes, travaux universitaires, observations de terrain)
  - Fiches descriptives textuelles
- Vérifier l'existence de champs basés sur ces paramètres descriptifs
- Interprétations

## 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 :

## gîte Chimo (1 390 000 @ 6.6g/t Au)

Sauvé P., Blanchet P., Blouin J.-Y., Champagne M., Leclerc A., 1987, *Géologie de la mine d'or Chimo*, MB87-05

Rocheleau M., Gaudreau R., Sauvé P., Perrier B., 1988, *Géologie des gisements aurifères de Chimo et Nordeau*, MB88-14

Sauvé P., Imreh L., Trudel P., 1991, *Description des gîtes d'or de la région de Val-d'Or*, MM91-03

Qualité documentation : 5/5

**Résumé** : veines métriques (+ veinules) parallèles au grain mylonitique dans bande cisaillement majeure (localement graphitique) au contact volcanites/sédiments + épontes altérées aurifères + (mineur) or en remplacement dans formation de fer adjacentes ; remplissage des veines essentiellement quartz±carbonates, albite (tourmaline en traces) ; arsénopyrite>>pyrrhotite>>pyrite ; altération zonée des épontes, carbonatation, chloritisation + muscovitisation, biotitisation (fort gain K<sub>2</sub>O) + tourmalinisation ; la faille aurifère semble être la structure dominante d'un faisceau de failles constituant l'extension orientale de la faille Cadillac ; la tourmaline apparaît en altération des épontes et non en remplissage de veines ; l'or est dans l'arsénopyrite (inclusions et microfractures) ; chronologie minéralisation incertaine (syn-métam ?) ; grade métam amph inf

-Encaissant : domaine de Trivio, volcanites (450m d'ép., basaltes et andésites massifs et coussinées intercalés de tufs intermédiaires avec horizons graphitiques cisailés) enveloppés dans sédiments (grés, siltstone, mudstones, argilites, + formation de fer à magnétite de 30m d'ép. au contact des volcanites) ; les veines aurifères sont concentrées exclusivement dans les volcanites

-Foliation /stratification : S0 N115-125 – 55N-90, S1 N90 peu visible, S2 dominante et très pénétrative N110 – 85N-90

-Métamorphisme : amphibolite inf. (chlorite, épidote, grenat, hornblende alumineuse, porphyroblastes biotite, plagioclase calcique) interprété par certains auteurs comme métamorphisme de contact relié à une extension sous-jacente du batholite de Pershing (affleurant 5km au S)

-Disposition minéralisation : or est dans l'arsénopyrite (en inclusion ou dans microfractures) et dans le quartz ou les carbonates proche de l'arsénopyrite

- Volcanites (contenant l'essentiel de la minéralisation) : veines massives (+ veinules parallèles en réseau) parallèles au grain mylonitique, dans les fortes zones de cisaillement, ép. des veines pluri-métrique et continuité pluri-hectométrique ; les épontes des veines sont minéralisées

- Formation de fer : lentilles d'arsénopyrite-pyrrhotite semi-massive et massive en remplacement de la magnétite, ép. max 1m, très discontinues, quartz peu abondant (qq veinules)

-Note texture minéralisation : --

-Intrusion : filon-couche subconcordant gabbroïque, non documenté

-Dykes : --

-Altérations : carbonatation, chloritisation ; biotitisation, muscovitisation/séricitisation (= gain K<sub>2</sub>O) ; tourmalinisation (gain B)

-Minéraux non-métalliques du minerai (proportion décroissante) :

- Veines : quartz ± carbonates, albite (An<sub>05-15</sub>) + traces muscovite, chlorite, biotite, tourmaline ; quartz localement riche en graphite, carbone

-Minéraux métalliques du minerai (proportion décroissante) : arsénopyrite – pyrrhotite-pyrite-chalcopryrite en proportion 60%-30%-10%-1% ; pas de tellurures

- Veines : 1-2% sulfures, arsénopyrite grossière (5mm)

- Épontes des veines : 2-5% sulfures arsénopyrite fine (1mm) et disséminée

- Formation de fer : 20-50% sulfures, pyrrhotite apparaît en transition entre les phases magnétite et arsénopyrite en exploration minérale

## gîte Chimo (1 390 000 @ 6.6g/t Au)

Sauvé P., Blanchet P., Blouin J.-Y., Champagne M., Leclerc A., 1987, *Géologie de la mine d'or Chimo*, MB87-05

Rocheleau M., Gaudreau R., Sauvé P., Perrier B., 1988, *Géologie des gisements aurifères de Chimo et Nordeau*, MB88-14

Sauvé P., Imreh L., Trudel P., 1991, *Description des gîtes d'or de la région de Val-d'Or*, MM91-03

Qualité documentation : 5/5

**Résumé** : veines métriques (+ veinules) parallèles au grain mylonitique dans bande cisaillement majeure (localement graphitique) au contact volcanites/sédiments + épontes altérées aurifères + (mineur) or en remplacement dans formation de fer adjacentes ; remplissage des veines essentiellement quartz±carbonates, albite (tourmaline en traces) ; arsénopyrite>>pyrrhotite>>pyrite ; altération zonée des épontes, carbonatation, chloritisation + muscovitisation, biotitisation (fort gain K<sub>2</sub>O) + tourmalinisation ; la faille aurifère semble être la structure dominante d'un faisceau de failles constituant l'extension orientale de la faille Cadillac ; la tourmaline apparaît en altération des épontes et non en remplissage de veines ; l'or est dans l'arsénopyrite (inclusions et microfractures) ; chronologie minéralisation incertaine (syn-métam ?) ; grade métam amph inf

-Encaissant : domaine de Trivio, volcanites (450m d'ép., basaltes et andésites massifs et coussinées intercalés de tufs intermédiaires avec horizons

### -Disposition minéralisation : or est dans l'arsénopyrite (en inclusions et dans microfractures) et dans le quartz et les carbonates proche de l'arsénopyrite

- Volcanites (contenant l'essentiel de la minéralisation) : veines (+ veinules parallèles en réseau) parallèles au grain mylonitique, dans les zones de fort cisaillement, ép. des veines pluri-métrique et continuité pluri-hectométrique ; épontes des veines sont minéralisées
- Formation de fer : lentilles d'arsénopyrite-pyrrhotite semi-massive et massive en remplacement de la magnétite, ép. max 1m, très discontinues, quartz peu abondant (qq veinules)

-Altérations : carbonatation, chloritisation ; biotitisation, muscovitisation/séricitisation (= gain K<sub>2</sub>O) ; tourmalinisation (gain B)

-Minéraux non-métalliques du minerai (proportion décroissante) :

- Veines : quartz ± carbonates, albite (An<sub>05-15</sub>) + traces muscovite, chlorite, biotite, tourmaline ; quartz localement riche en graphite, carbone

-Minéraux métalliques du minerai (proportion décroissante) : arsénopyrite – pyrrhotite-pyrite-chalcopryrite en proportion 60%-30%-10%-1% ; pas de tellurures

- Veines : 1-2% sulfures, arsénopyrite grossière (5mm)

- Épontes des veines : 2-5% sulfures arsénopyrite fine (1mm) et disséminée

- Formation de fer : 20-50% sulfures, pyrrhotite apparaît en transition entre les phases magnétite et arsénopyrite en exploration minérale



## Documents fournis en livraison

### 1. Fiches descriptives détaillées



**104 gîtes**

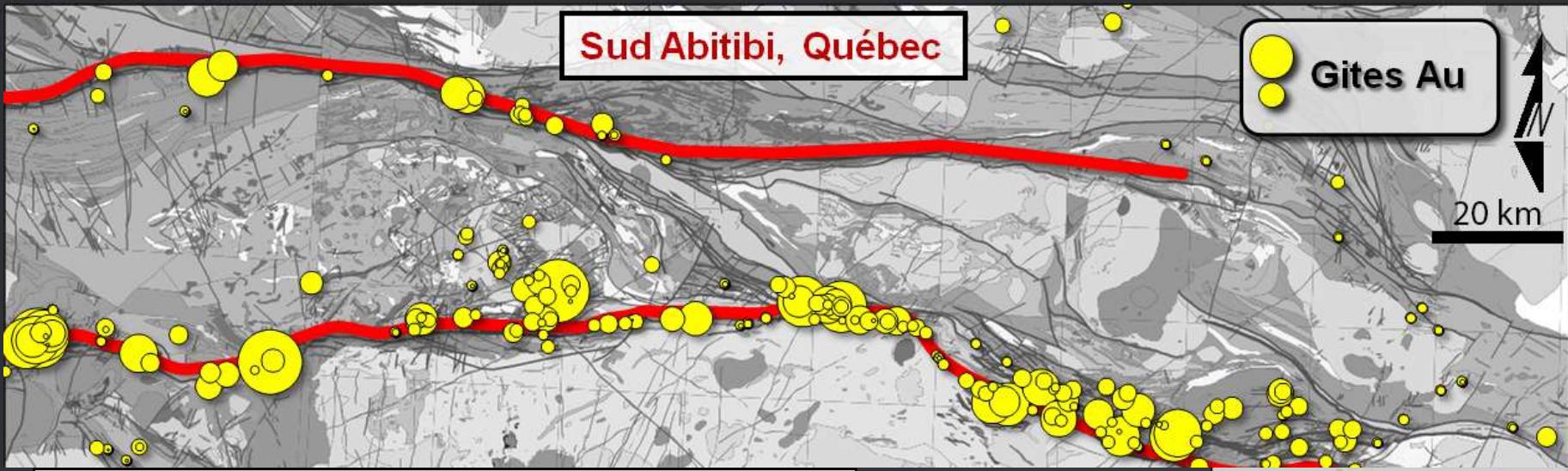
Bibliothèque de 230 documents  
livrée (classés par secteurs  
géographiques)

### Liste des gîtes considérés:

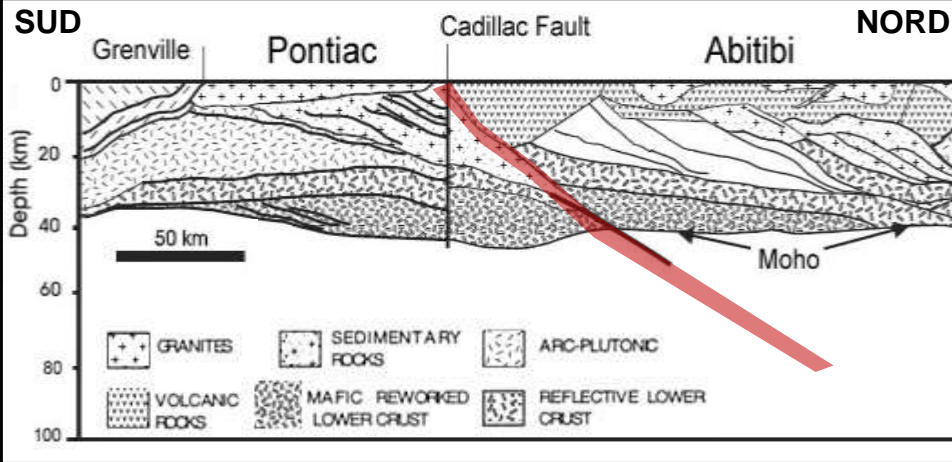
- Nordeau
- Chimo
- Regcourt
- Monique
- New-Pascalis(L.Béliveau)
- Bevcon
- Sigma2
- LouvicourtGoldfield
- Courvan
- Akasaba
- Dumont
- Perron
- Beaufor
- NewBidlamaque
- Orenada4
- LacHebin
- Ferderber
- Sigma-Lamaque
- Jacola
- HydroZone
- NewHarricana
- Sullivan
- Siscoe
- Wesdome
- Marban
- Norlartic
- Callahan
- Kierens
- MalarticHygrade
- Kiena
- Shawkey
- Goldex
- Joubi
- BlackCliff
- Camflo
- MalarticGoldfield
- EastMalartic
- Barnat-Sladen
- CanadianMalartic
- NewAlger
- Pandora
- CentralCadillac
- WoodCadillac
- Lapa
- Lapacadillac
- EastAmphi
- WesternPorphyry
- Fourax
- RandMalartic
- Kewagama
- Zone36
- O'brien
- Bouscadillac
- BrownBousquet
- LacNorman
- Cavannagh
- CalderBousquet
- Decoeur
- Maracambeau
- BouzanOr
- Hosco
- Héva
- RuisseauDavidson
- DavidsonCreek
- Highbank
- ONeilThompson
- RouynMerger
- McWatters
- Dovercliff
- Granada
- Astoria
- Forbex-Cambior
- Stadacona
- LacPelletier
- WrghtRouyn
- Durbar
- Augmitto
- Bazooka
- Wasamac
- Arntflied
- Francoeur
- LacFortune
- LacSaniès
- BaieRenault-Galloway-SoakerHill
- KerrAddison
- Chesterville
- McGarry-Armistice
- LarderBarber
- Cheminis
- Omega
- McBean
- Anoki
- UpperCanada
- Macassa
- TeckHughes
- LakeShore
- WrightHargreaves
- AmalgamatedKirkland
- Bidgood

## PLAN

- Présentation du projet
- Mise en contexte de la Faille Cadillac
- Cartes thématiques et champs gîtologiques
- Discussions
- Conclusion



Calvert et Ludden, 1999



**Observations LITHOPROBE**  
 Racine crustale profonde, pendage N diminue en profondeur

**Métallotecte archéen**

Limite de terranes dans ceinture de roches vertes archéenne. Analogue archéen : Faille Boulder-Lefroy, Australie, largement documentée (Groves et al, 2002, Weinberg et al, 2004, 2005)

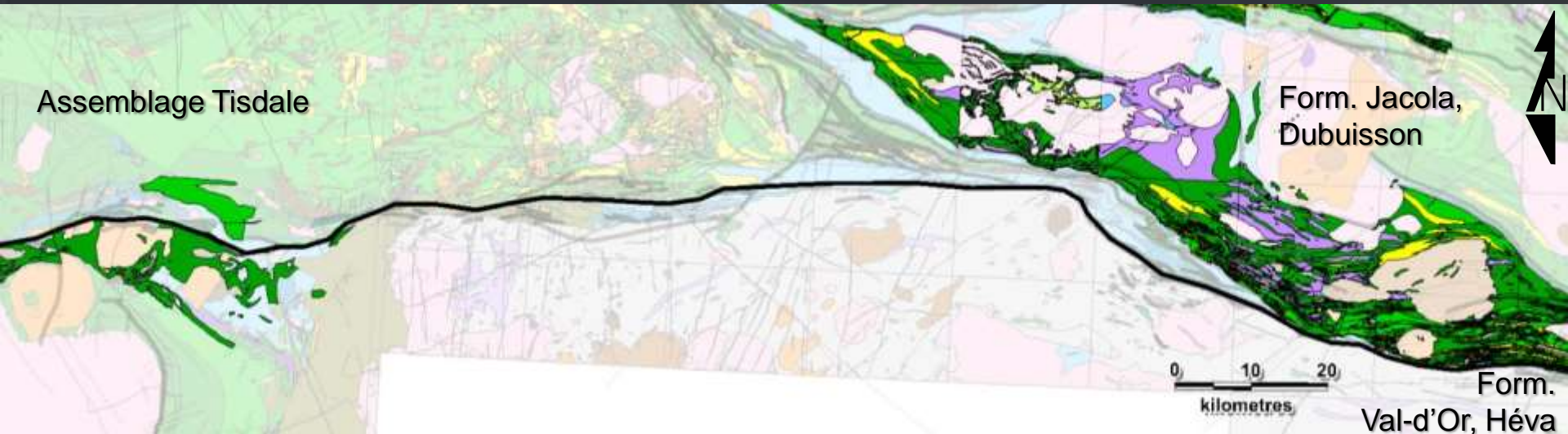
**Interprétation géodynamique régionale**

Plan subduction évoluant en décrochement lors de convergence oblique tardi-orogénique (Daigneault et al, 2002). Analogue actuel : Faille San Andreas, Faille nord-Anatolienne, Faille Şumatra (bassin Andaman)

**2714 – 2703 Ma** : Ensembles volcaniques tholéitiques mafiques à intermédiaires (+ felsiques dans camp de Val-d'Or), avec intercalations de coulées ultramafiques (Tisdale inf., Jacola, Dubuisson)

Québec : 2714 à 2701 Ma (Formations Val-d'Or, Jacola, Héva, Kewagama, Dubuisson)

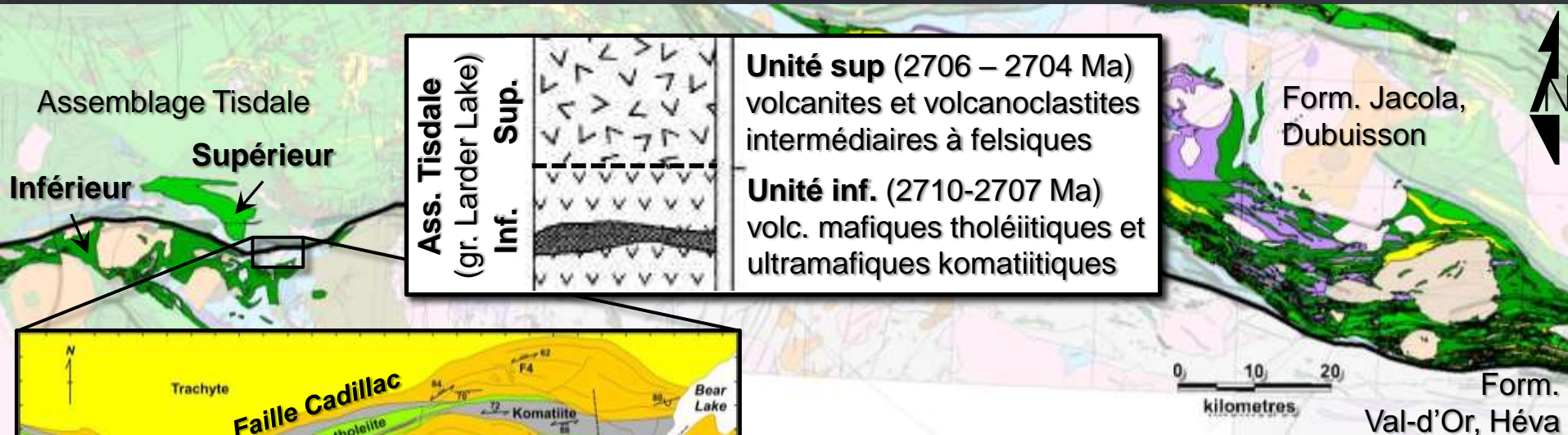
Ontario : 2710 à 2703 Ma (assemblage Tisdale, du Gr. de Larder Lake)



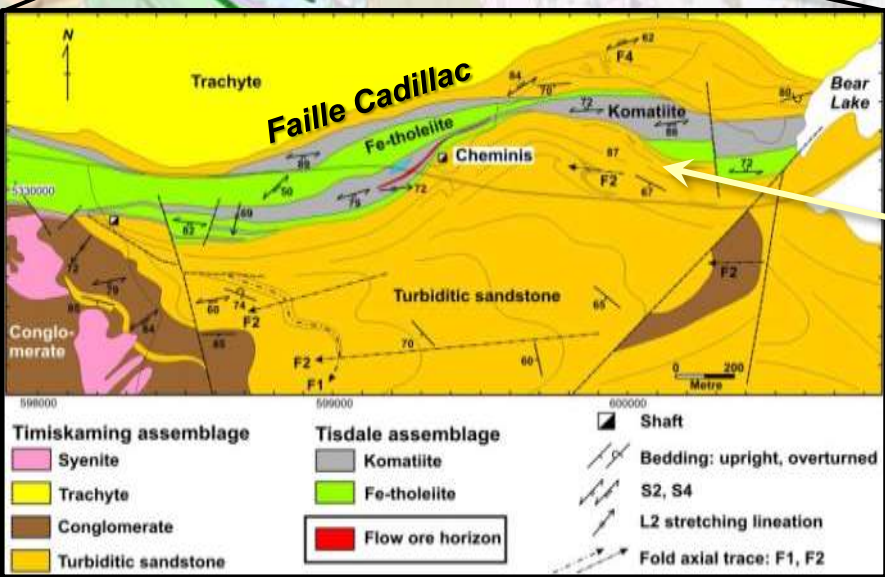
**2714 – 2703 Ma** : Ensembles volcaniques tholéitiques mafiques à intermédiaires (+ felsiques dans camp de Val-d'Or), avec intercalations de coulées ultramafiques (Tisdale inf., Jacola, Dubuisson)

Québec : 2714 à 2701 Ma (Formations Val-d'Or, Jacola, Héva, Kewagama, Dubuisson)

Ontario : 2710 à 2703 Ma (assemblage Tisdale, du Gr. de Larder Lake)

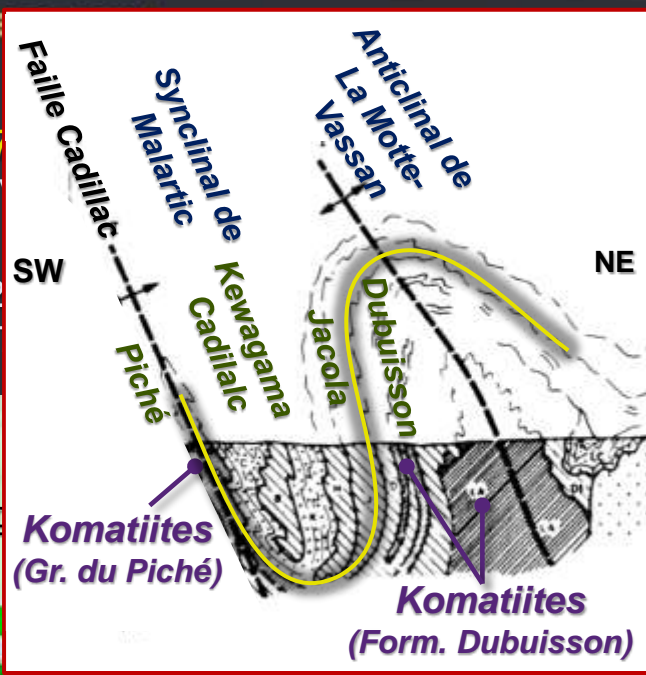


Ass. Tisdale (gr. Larder Lake)	Sup.		<b>Unité sup</b> (2706 – 2704 Ma) volcanites et volcanoclastites intermédiaires à felsiques
	Inf.		<b>Unité inf.</b> (2710-2707 Ma) volc. mafiques tholéitiques et ultramafiques komatiitiques

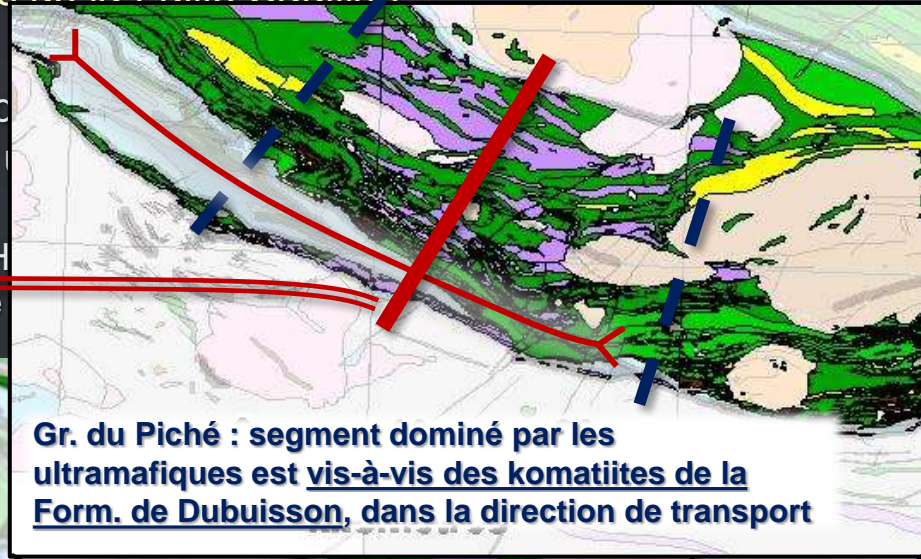


<b>Timiskaming assemblage</b>	<b>Tisdale assemblage</b>	Shaft
Syenite	Komatiite	Bedding: upright, overturned
Trachyte	Fe-tholeiite	S2, S4
Conglomerate	Flow ore horizon	L2 stretching lineation
Turbiditic sandstone		Fold axial trace: F1, F2

**Le cœur de la FC est encaissé dans une intercalation ultramafique du Tisdale inf.**  
 → En Ontario, la FC est en grande partie confondue avec une bande de Tisdale inf. composée de basaltes et komatiites intercalés



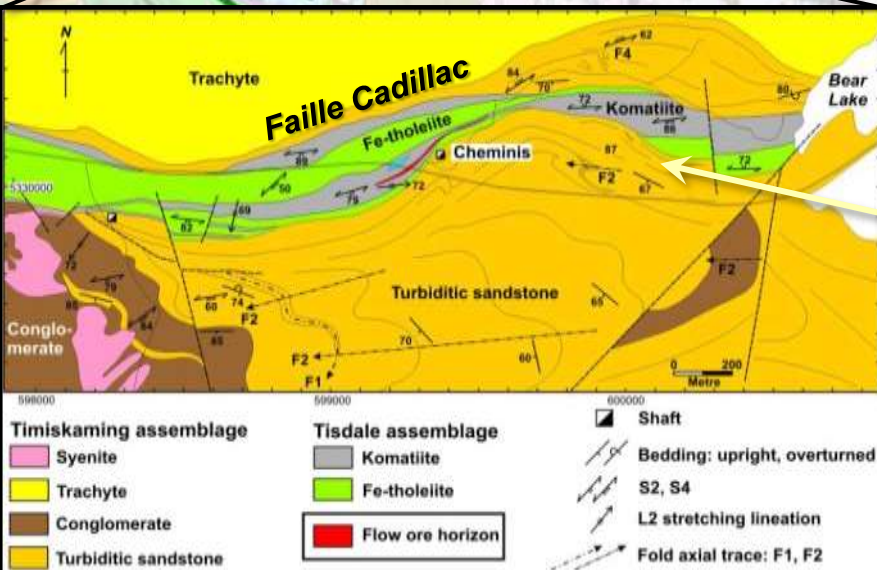
Imreh et Sauvé (1991)



Gr. du Piché : segment dominé par les ultramafiques est vis-à-vis des komatiites de la Form. de Dubuisson, dans la direction de transport

Gr. du Piché : volcanites mafiques et ultramafiques

Form. Val d'Or, Héva



Le cœur de la FC est encaissé dans une intercalation ultramafique du Tisdale inf.

→ En Ontario, la FC est en grande partie confondue avec une bande de Tisdale inf. composée de basaltes et komatiites intercalés

**2714 – 2703 Ma** : Ensembles volcaniques tholéitiques mafiques à intermédiaires (+ felsiques dans camp de Val-d'Or), avec intercalations de coulées ultramafiques (Tisdale inf., Jacola, Dubuisson)

**2703 – 2698 Ma** : Volcanites mafiques à felsiques du Gr. de Blake River (cycle 3 volcanique),

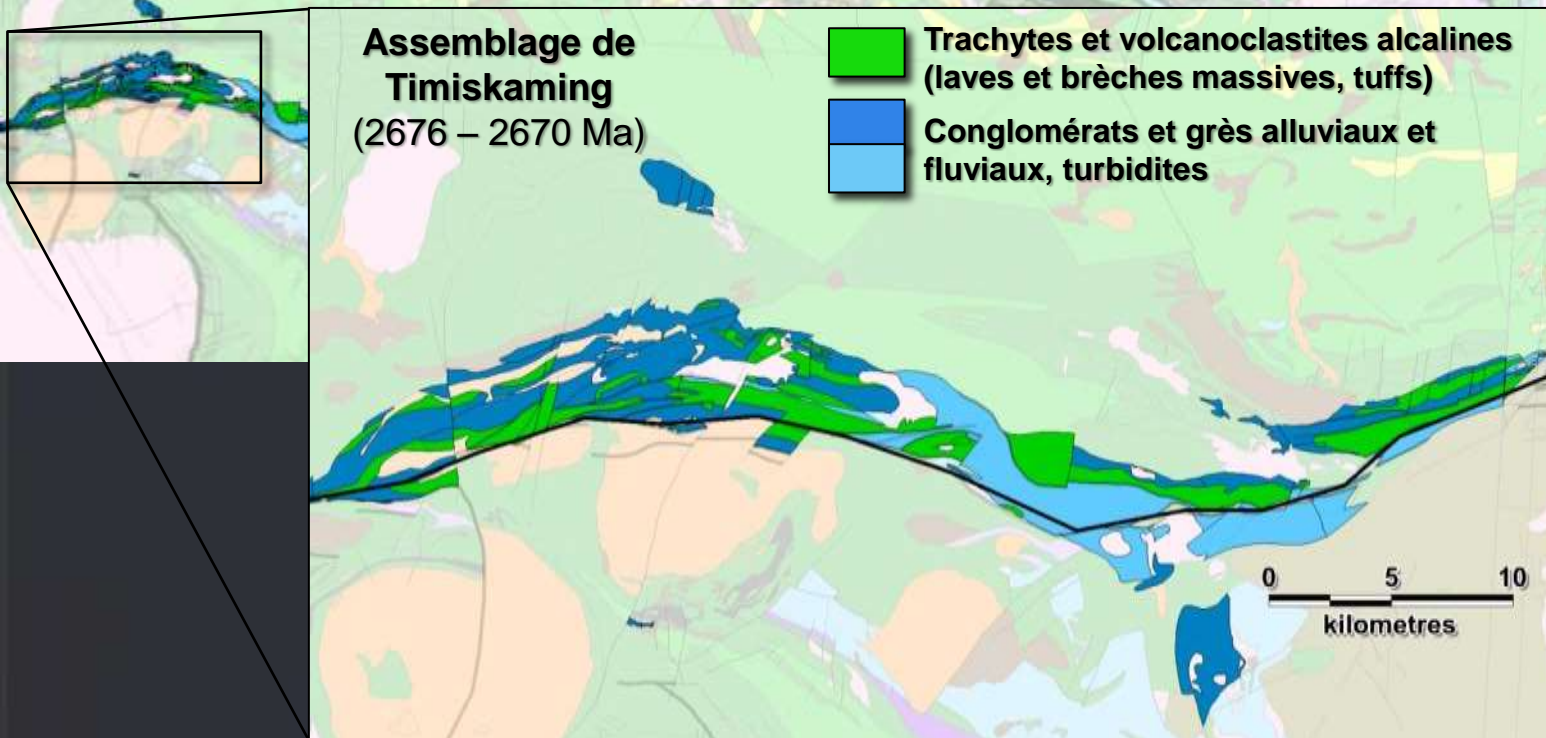
**2700 – 2685 Ma** : Sédiments clastiques Form. Kewagama et Cadillac (cycle 3 sédimentaire)

**2685 – 2675 Ma (Québec) ; 2676 – 2670 Ma (Ontario)** : Sédiments clastiques Gr. de Timiskaming

## Gr. de Timiskaming

Québec : conglomérats, grauwackes

Ontario : conglomérats, grauwackes, volcanites et volcanoclastites alcalines



**2714 – 2703 Ma** : Ensembles volcaniques tholéitiques mafiques à intermédiaires (+ felsiques dans camp de Val-d'Or), avec intercalations de coulées ultramafiques (Tisdale inf., Jacola, Dubuisson)

**2703 – 2698 Ma** : Volcanites mafiques à felsiques du Gr. de Blake River (cycle 3 volcanique),

**2700 – 2685 Ma** : Sédiments clastiques Form. Kewagama et Cadillac (cycle 3 sédimentaire)

**2685 – 2675 Ma (Québec) ; 2676 – 2670 Ma (Ontario)** : Sédiments clastiques Gr. de Timiskaming

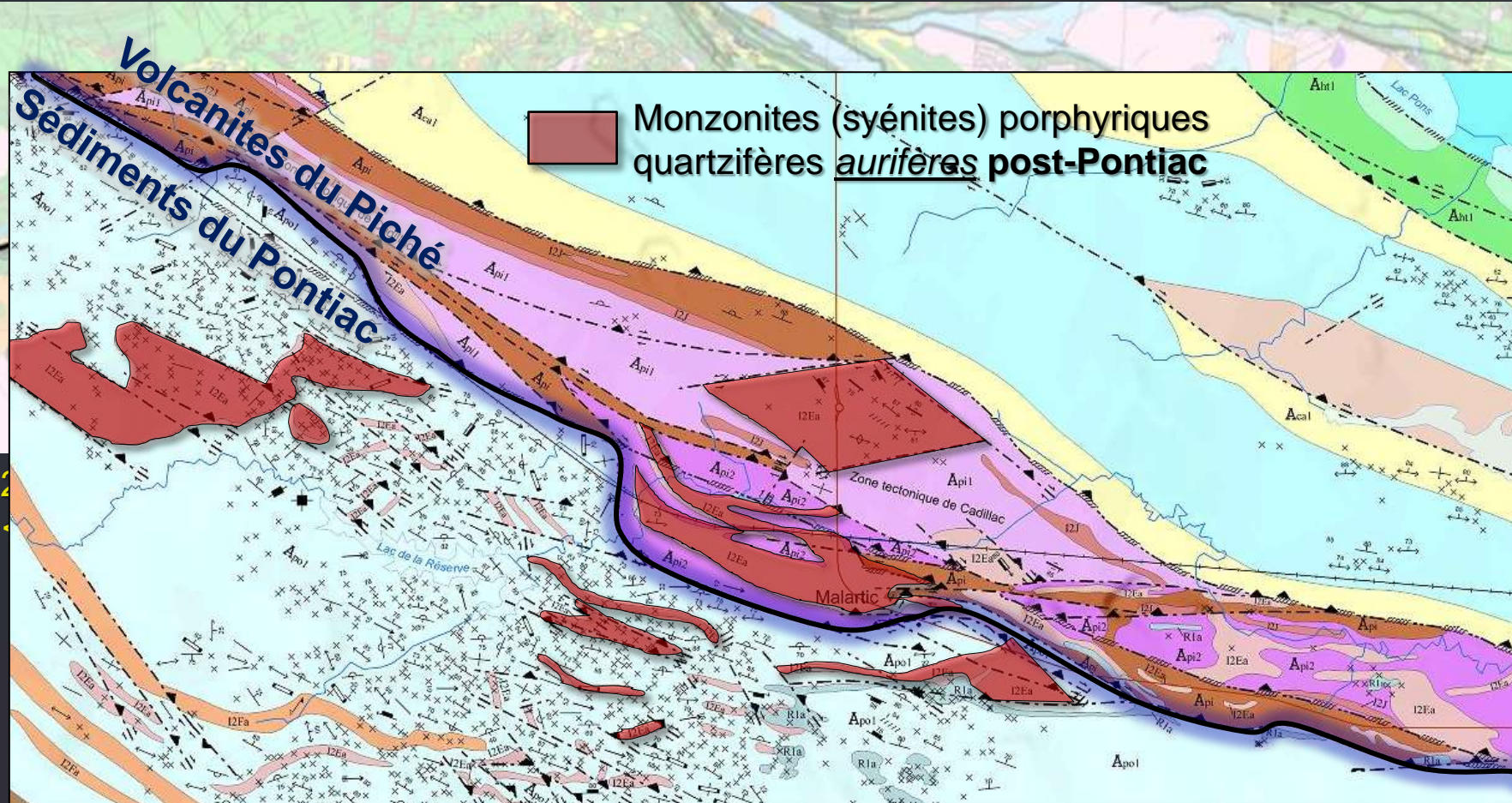


**2685 - 2683 Ma** : Sédiments clastiques Gr. de Pontiac

**< 2683 Ma** : Intrusions alcalines aurifères tardi-tectoniques post-Pontiac



- 2714 – 2703 Ma : Ensembles volcaniques tholéitiques mafiques à intermédiaires (+ felsiques dans camp de Val-d'Or), avec intercalations de coulées ultramafiques (Tisdale inf., Jacola, Dubuisson)
- 2703 – 2698 Ma : Volcanites mafiques à felsiques du Gr. de Blake River (cycle 3 volcanique),
- 2700 – 2685 Ma : Sédiments clastiques Form. Kewagama et Cadillac (cycle 3 sédimentaire)
- 2685 – 2675 Ma (Québec) ; 2676 – 2670 Ma (Ontario) : Sédiments clastiques Gr. de Timiskaming



- 2714 – 2703 Ma : Ensembles volcaniques tholéiitiques mafiques à intermédiaires (+ felsiques dans camp de Val-d'Or), avec intercalations de coulées ultramafiques (Tisdale inf., Jacola, Dubuisson)
- 2703 – 2698 Ma : Volcanites mafiques à felsiques du Gr. de Blake River (cycle 3 volcanique),
- 2700 – 2685 Ma : Sédiments clastiques Form. Kewagama et Cadillac (cycle 3 sédimentaire)
- 2685 – 2675 Ma (Québec) ; 2676 – 2670 Ma (Ontario) : Sédiments clastiques Gr. de Timiskaming

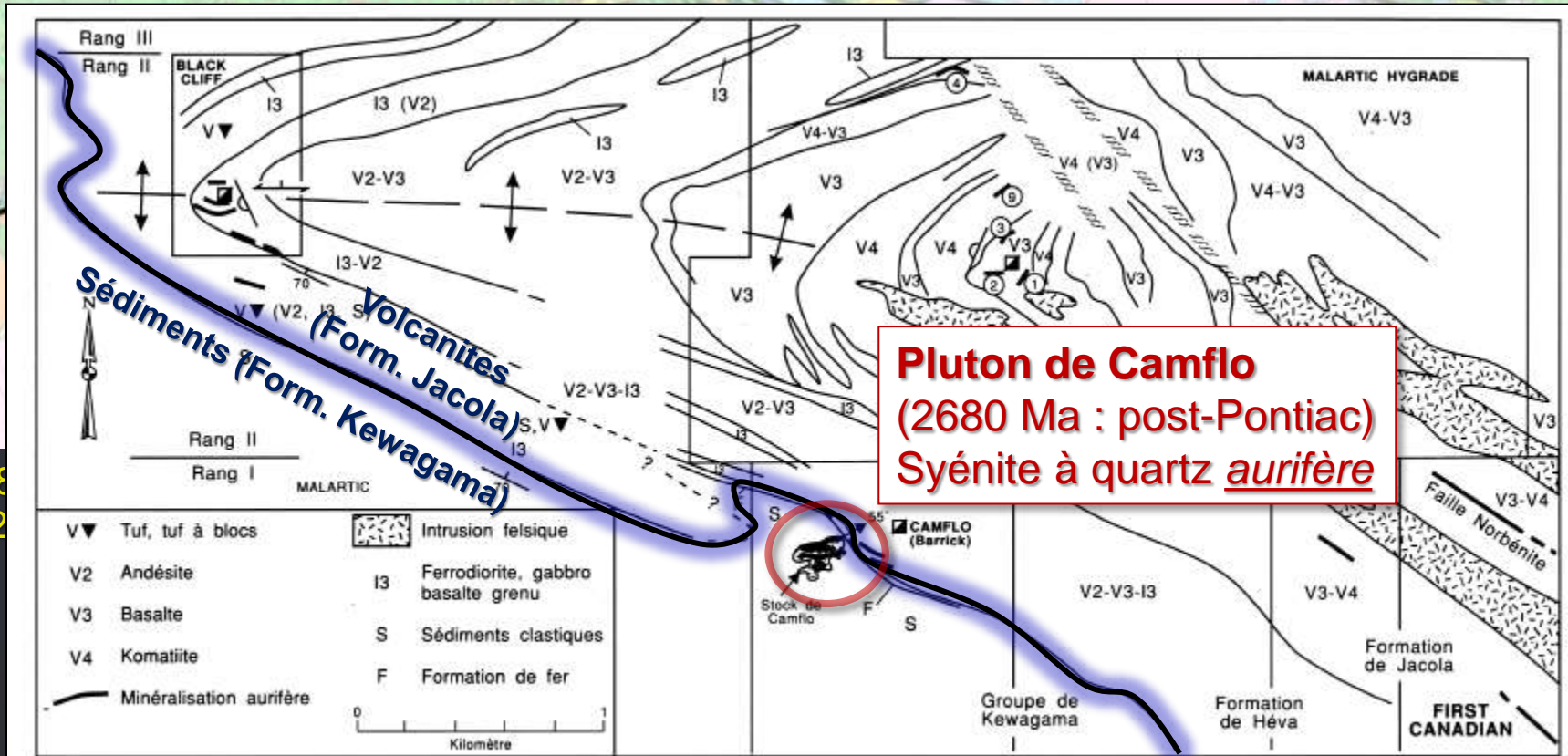
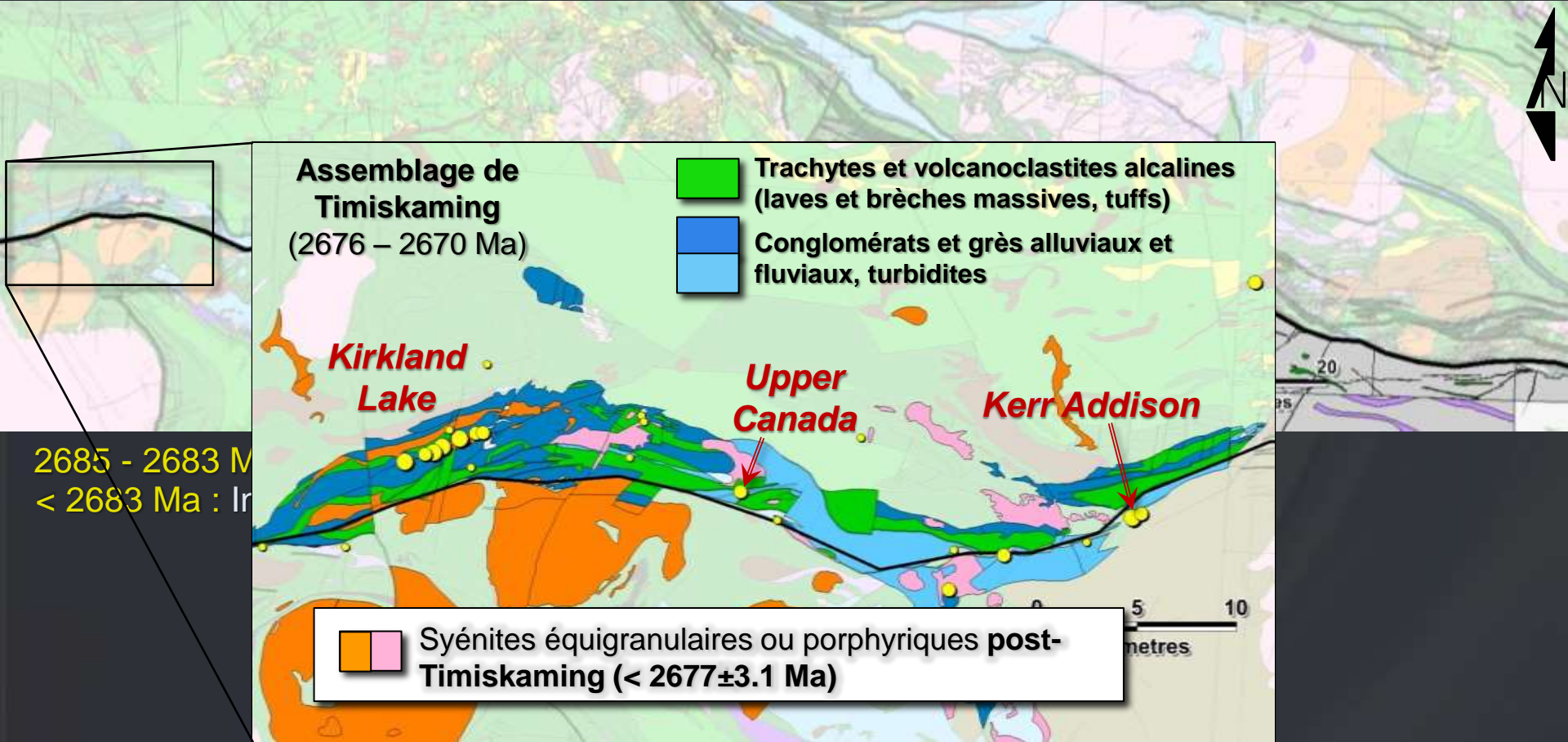
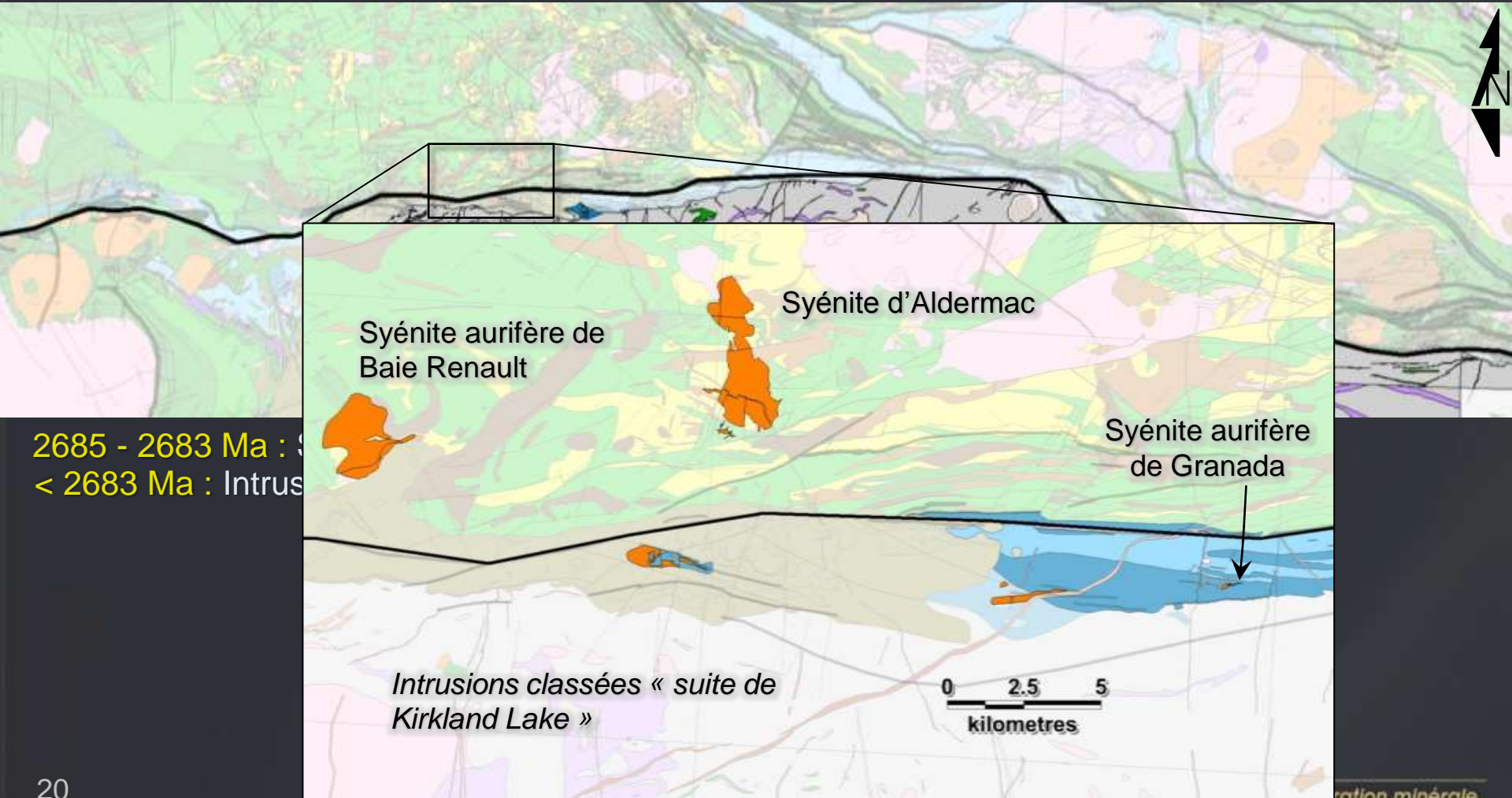


FIGURE 23 – Géologie et minéralisation aurifère dans la partie SE du canton de Malartic. Les nombres encadrés correspondent aux diverses zones minéralisées de Malartic Hygrade (d'après un plan de la mine).

- 2714 – 2703 Ma : Ensembles volcaniques tholéitiques mafiques à intermédiaires (+ felsiques dans camp de Val-d'Or), avec intercalations de coulées ultramafiques (Tisdale inf., Jacola, Dubuisson)
- 2703 – 2698 Ma : Volcanites mafiques à felsiques du Gr. de Blake River (cycle 3 volcanique),
- 2700 – 2685 Ma : Sédiments clastiques Form. Kewagama et Cadillac (cycle 3 sédimentaire)
- 2685 – 2675 Ma (Québec) ; 2676 – 2670 Ma (Ontario) : Sédiments clastiques Gr. de Timiskaming

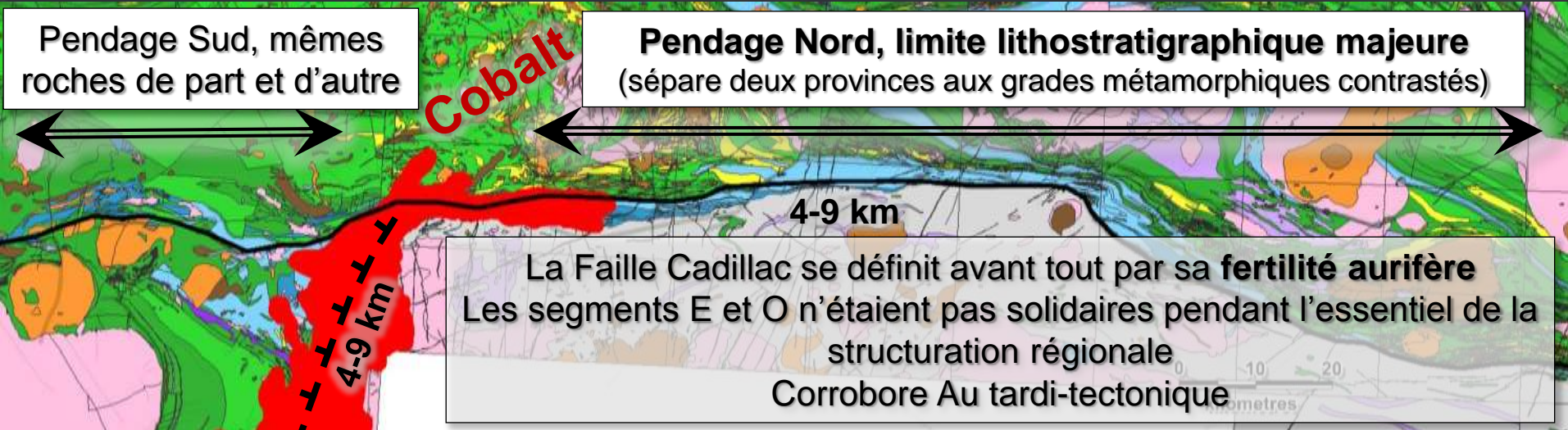


- 2714 – 2703 Ma** : Ensembles volcaniques tholéitiques mafiques à intermédiaires (+ felsiques dans camp de Val-d'Or), avec intercalations de coulées ultramafiques (Tisdale inf., Jacola, Dubuisson)
- 2703 – 2698 Ma** : Volcanites mafiques à felsiques du Gr. de Blake River (cycle 3 volcanique),
- 2700 – 2685 Ma** : Sédiments clastiques Form. Kewagama et Cadillac (cycle 3 sédimentaire)
- 2685 – 2675 Ma (Québec) ; 2676 – 2670 Ma (Ontario)** : Sédiments clastiques Gr. de Timiskaming



**2685 - 2683 Ma** : Sédiments clastiques  
**< 2683 Ma** : Intrusions

- 2714 – 2703 Ma : Ensembles volcaniques tholéitiques mafiques à intermédiaires (+ felsiques dans camp de Val-d'Or), avec intercalations de coulées ultramafiques (Tisdale inf., Jacola, Dubuisson)
- 2703 – 2698 Ma : Volcanites mafiques à felsiques du Gr. de Blake River (cycle 3 volcanique),
- 2700 – 2685 Ma : Sédiments clastiques Form. Kewagama et Cadillac (cycle 3 sédimentaire)
- 2685 – 2675 Ma (Québec) ; 2676 – 2670 Ma (Ontario) : Sédiments clastiques Gr. de Timiskaming



- 2685 - 2683 Ma : Sédiments clastiques Gr. de Pontiac
- < 2683 Ma : Intrusions alcalines aurifères tardi-tectoniques post-Pontiac
- Protérozoïque : Sédiments du Gr. de Cobalt

## Déformations finies

*E du Cobalt* : rejet normal 4 à 9 km (écart de niveau crustal entre le faciès SV inf. à sup. de l'Abitibi et le faciès amphibolites inf. du Pontiac) ; rejet horizontal fini inconnu

*O du Cobalt* : pas de rejet visible (mêmes niveaux crustaux de part et d'autre de la faille)

## PLAN

- Présentation du projet
- Mise en contexte de la Faille Cadillac
- Cartes thématiques et champs gîtologiques
- Discussions
- Conclusion

## *Champ Failles Norbénite-Marbénite- « Zone K »*

- Albite en remplissage de veines
- Peu de sulfures (<5%)
- Gain Na, lessivage K
- Intrusions fels – interm. calco-alcalines (déformées, injectées dans failles régionales ESE-ONO à E-O)

## *Champ Bourlamaque*

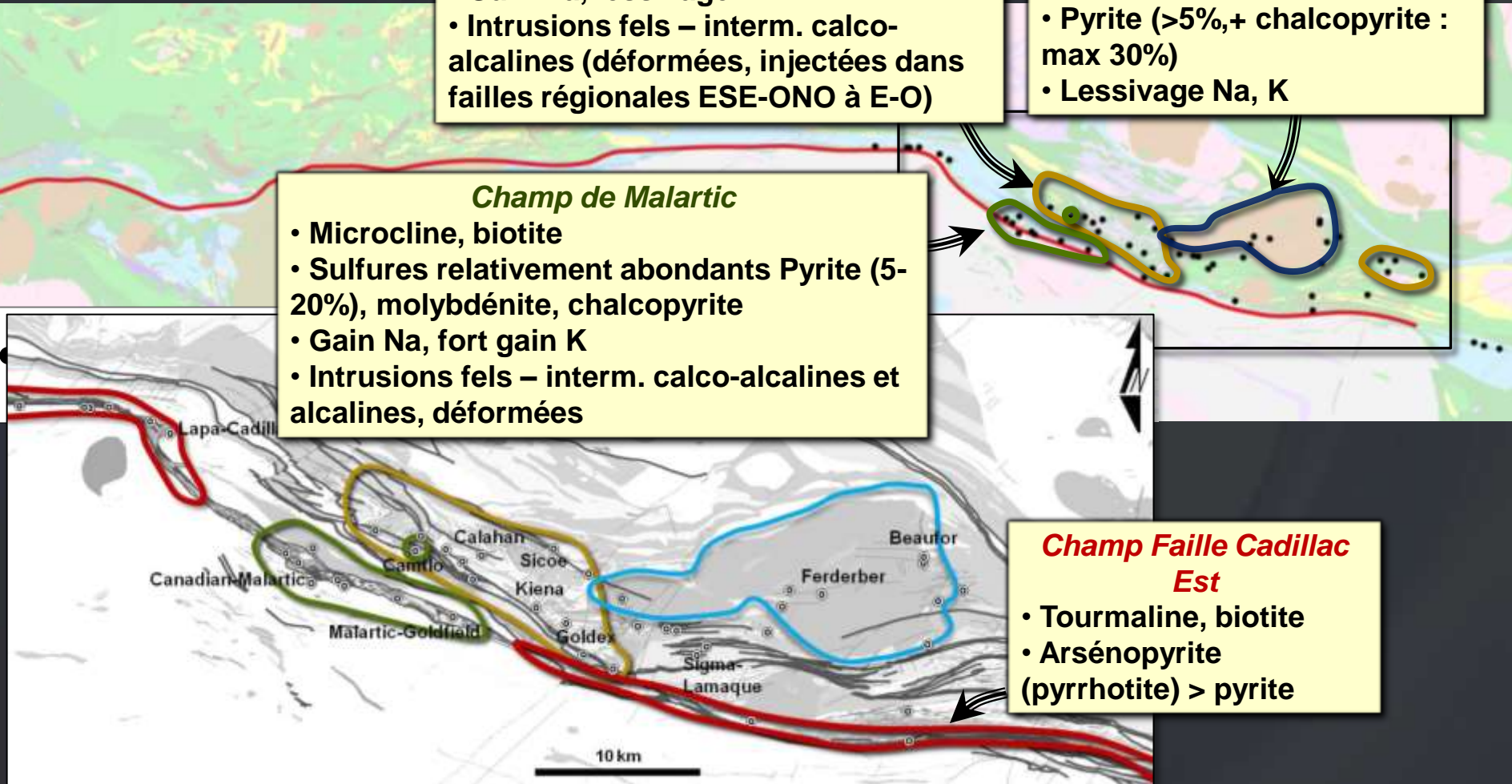
- Tourmaline, scheelite
- Pyrite (>5%,+ chalcoppyrite : max 30%)
- Lessivage Na, K







## *Champ de Malartic*

- Microcline, biotite
- Sulfures relativement abondants Pyrite (5-20%), molybdénite, chalcoppyrite
- Gain Na, fort gain K
- Intrusions fels – interm. calco-alcalines et alcalines, déformées

## *Champ Faille Cadillac Est*

- Tourmaline, biotite
- Arsénopyrite (pyrrhotite) > pyrite



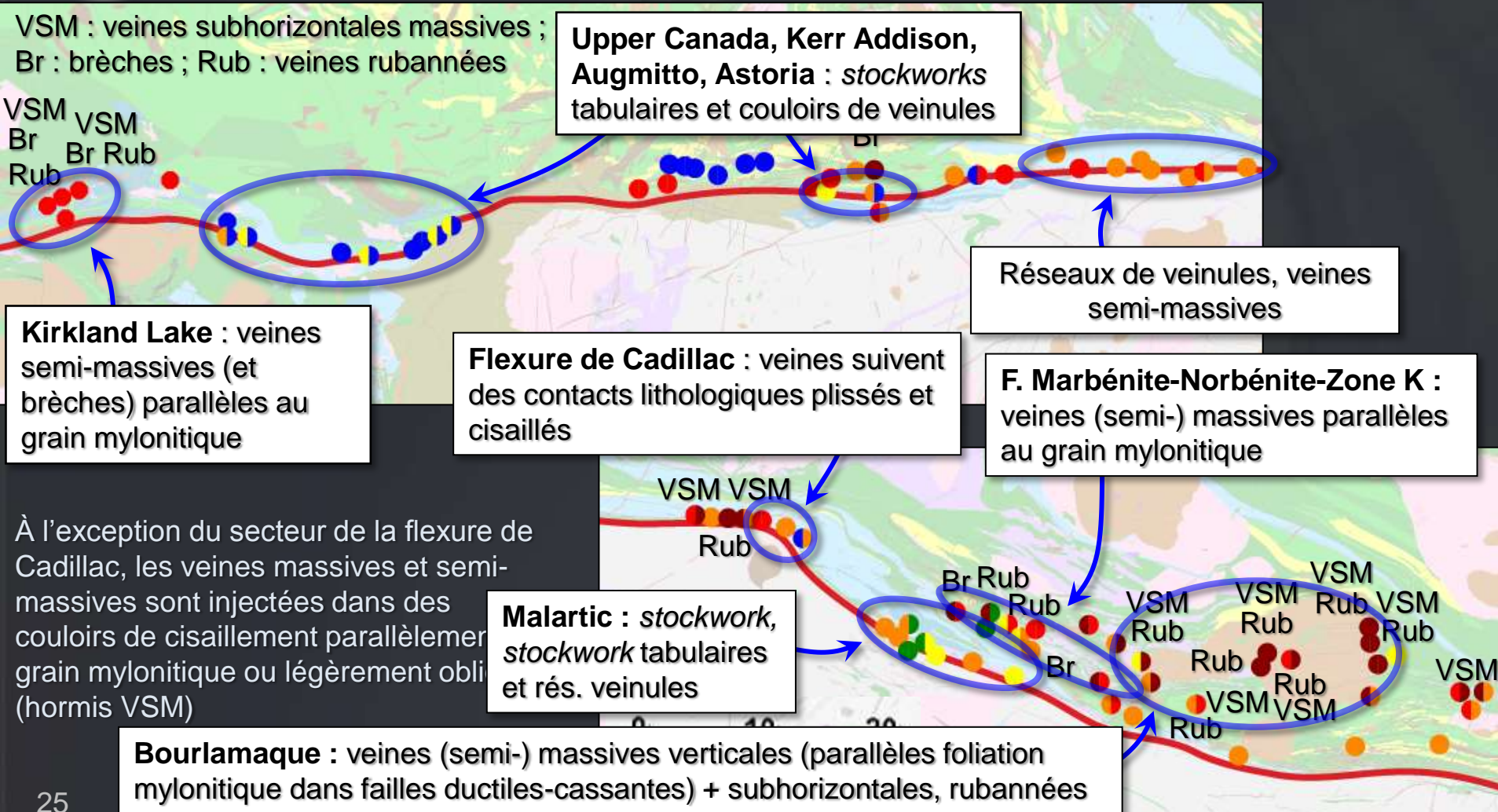
- Minéralogie
  - Sulfures
    - Abondance 
    - Distributions
      - Arsénopyrite 
      - Chalcopyrite
      - Molybdénite 
      - Pyrrhotite 
  - Minéraux non-sulfurés
    - Distributions
      - Biotite 
      - Feldspaths potassiques
      - Fuchsite
      - Tourmaline
- Roches encaissantes
- Structures encaissantes
- Disposition de Au 

**Cartes discriminantes présentées ici**  
 Autres cartes thématiques dans le rapport et version longue du pwt



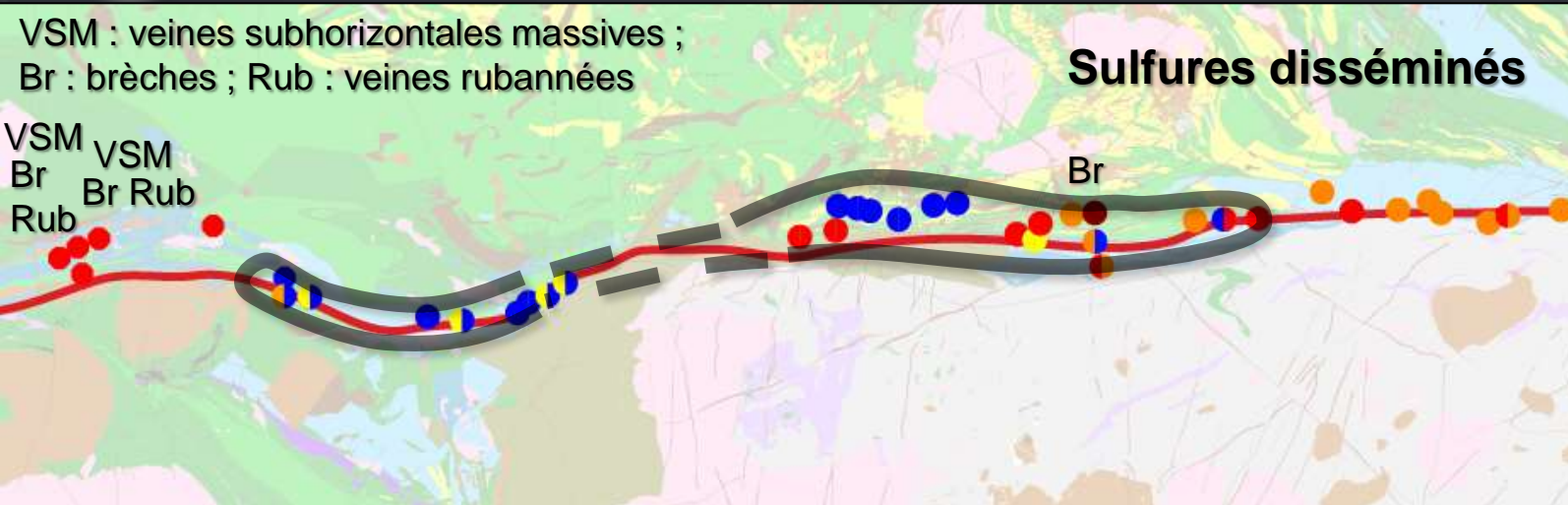
# Disposition de Au

- 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)

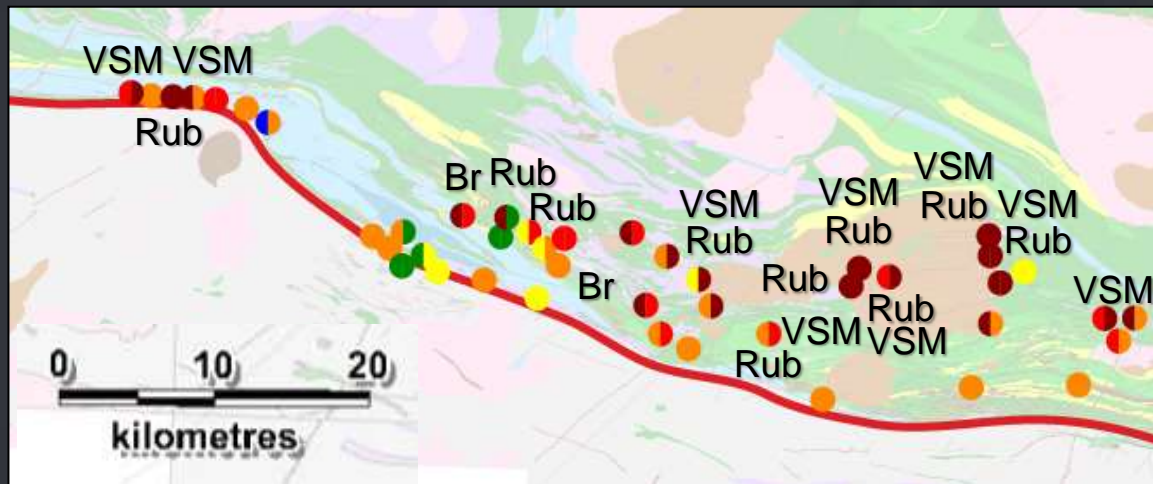


# Disposition de Au

- 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)



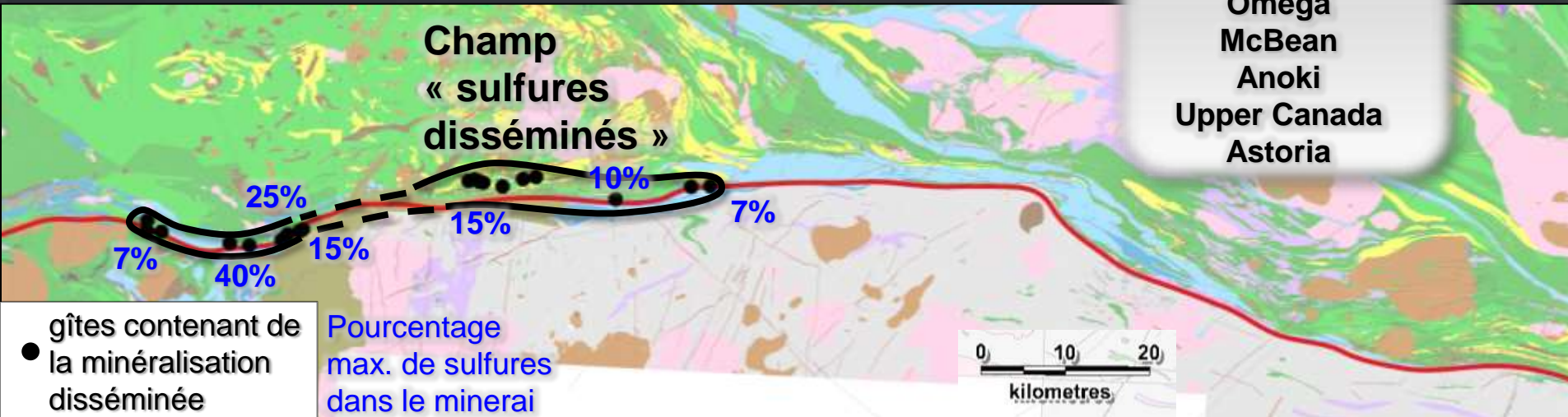
À l'exception du secteur de la flexure de Cadillac, les veines massives et semi-massives sont injectées dans des couloirs de cisaillement parallèlement au grain mylonitique (ou légèrement oblique)



**Champ 1**

- **Pyrite disséminée** (+ moindrement aux épontes de veinules)
- Pyrite relativement **abondante** (souvent 10-15%)
- Encaissant **volcanites mafiques** du Tisdale (**ferrifères**), du Piché ou du Blake River, essaim de dykes d'albitite (ferrifères)

Francoeur  
 Wasamac  
 Arntfield  
 McWatters  
 Rouyn-Merger  
 Kerr Addison  
 Cheminis  
 Omega  
 McBean  
 Anoki  
 Upper Canada  
 Astoria


**Caractéristiques variables :**

- Importance relative du réseau de veinules
- Remplissage des veinules (qtz, qtz-carb, qtz-carb-trm)
- Nature et intensité des altérations (généralement, forte silicification)
- Présence d'arsénoxyde

## Champ 1

- **Pyrite disséminée** (+ moindrement aux épontes de veinules)
- Pyrite relativement **abondante** (souvent 10-15%)
- Encaissant **volcanites mafiques** du Tisdale (**ferrifères**), du Piché ou du Blake River, essaim de dykes d'albitite (ferrifères)

Francoeur  
 Wasamac  
 Arntfield  
 McWatters  
 Rouyn-Merger  
 Kerr Addison  
 Cheminis  
 Omega  
 McBean  
 Anoki  
 Upper Canada  
 Astoria

Champ  
 « sulfures  
 disséminés »

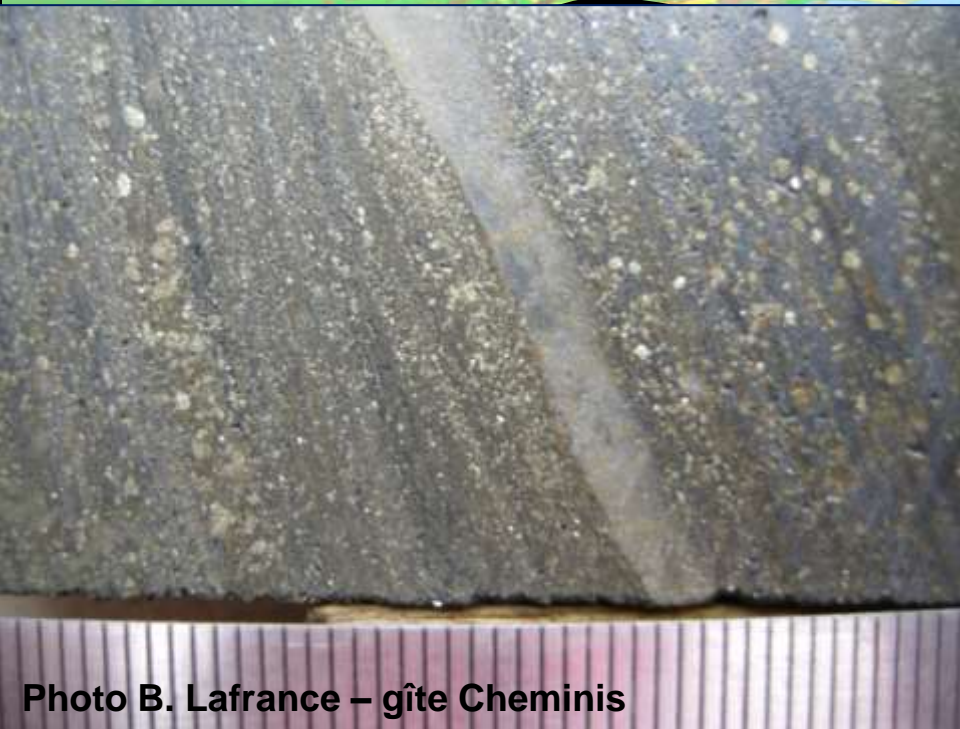


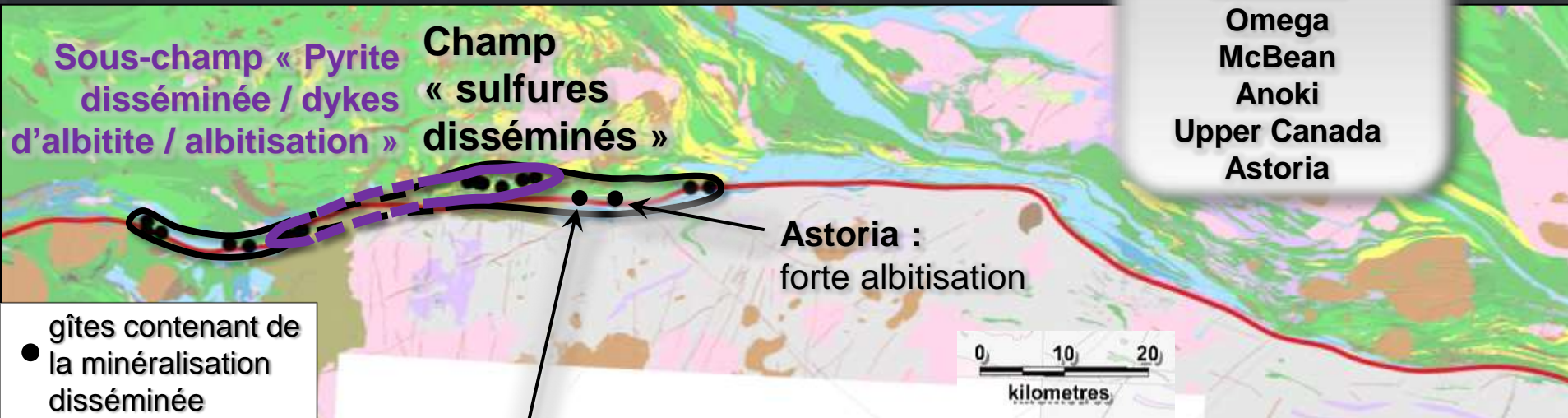
Photo B. Lafrance – gîte Cheminis

Photo Ispolatov et al, 2005 – gîte Anoki *Main Zone*

**Champ 2 (sous-champ 1)**

- Pyrite ou arsénopyrite disséminée relativement abondante (jusqu'à 15%)
- Encaissant **essaim de dykes d'albitite** (hématisation précoce)
- **Forte albitisation proximale**

**Francoeur**  
**Wasamac**  
 Arntfield  
 McWatters  
 Rouyn-Merger  
**Kerr Addison**  
 Cheminis  
 Omega  
 McBean  
 Anoki  
 Upper Canada  
 Astoria



**Augmitto :**

- Arsénopyrite (5-10%) associée à des **dykes d'albitite hématisés**
- Albitisation
- Minéralisation non-disséminée (*stockwork* tabulaire)

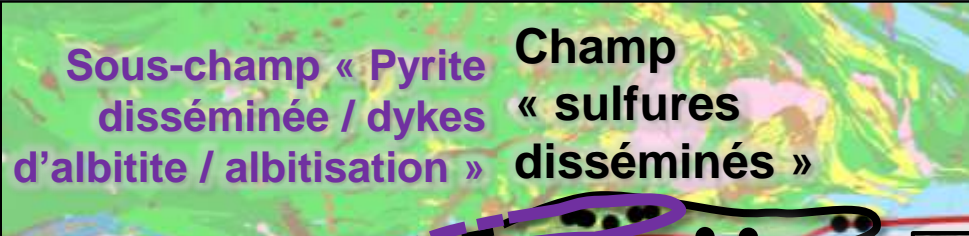
**Champ 2 (sous-champ 1)**

- Pyrite ou arsénopyrite disséminée relativement (jusqu'à 15%)
- Encaissant **essaim de dykes d'albite** (héma)
- **Forte albitisation proximale**



Dyke albite hématisé

Photo R. Daigneault - gîte Francoeur



Champ « sulfures disséminés »

Sous-champ « Pyrite disséminée / dykes d'albite / albitisation »

Minerai à Qtz-Alb-Py

Dyke albite

Faille de Francoeur-Wasa (métavolc. mafiques)

Minerai à Qtz-Alb-Py



Albitisation

Faille de Francoeur-Wasa (métavolcanites mafiques)

Photo R. Daigneault - gîte Francoeur



Albitisation

Dyke albite

Photo R. Daigneault - gîte Francoeur

**Champ 3**

- Forte altération carbonatée + fuchsite
- **Réseau tabulaire de veinules ou stockwork tabulaire**
- **Sulfures peu abondants à absents**
- Encaissant **métavolcanites ultramafiques**

Bazooka  
 Augmitto  
 Astoria  
 Lac Fortune  
 Lac Bouzan  
 Kerr Addison  
 Barber-Larder  
 Anoki  
 McBean  
 Cheminis



**Caractéristiques variables :**

- Abondance et minéralogie des sulfures : pyrite, arsénopyrite, ± chalcopryrite
- Silicification et présence de tourmaline

gîte Augmitto

gîte Augmitto

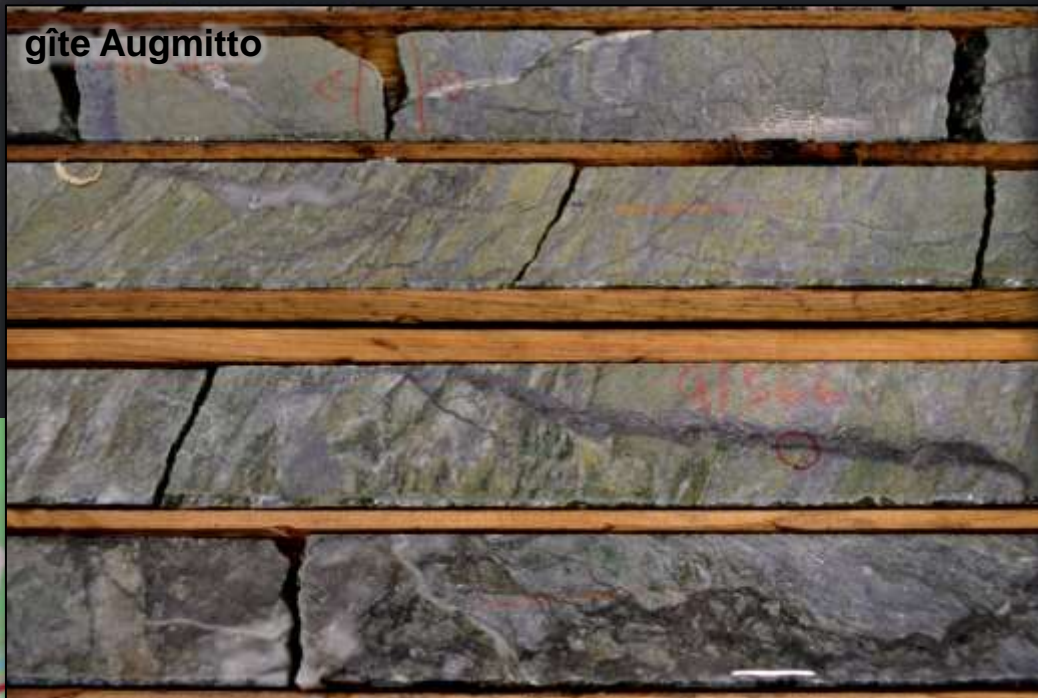


Photo B. Lafrance – gîte Kerr Addison



Kerr Addison



Photo B. Lafrance – Gîte Cheminis



Photo B. Lafrance – gîte Cheminis

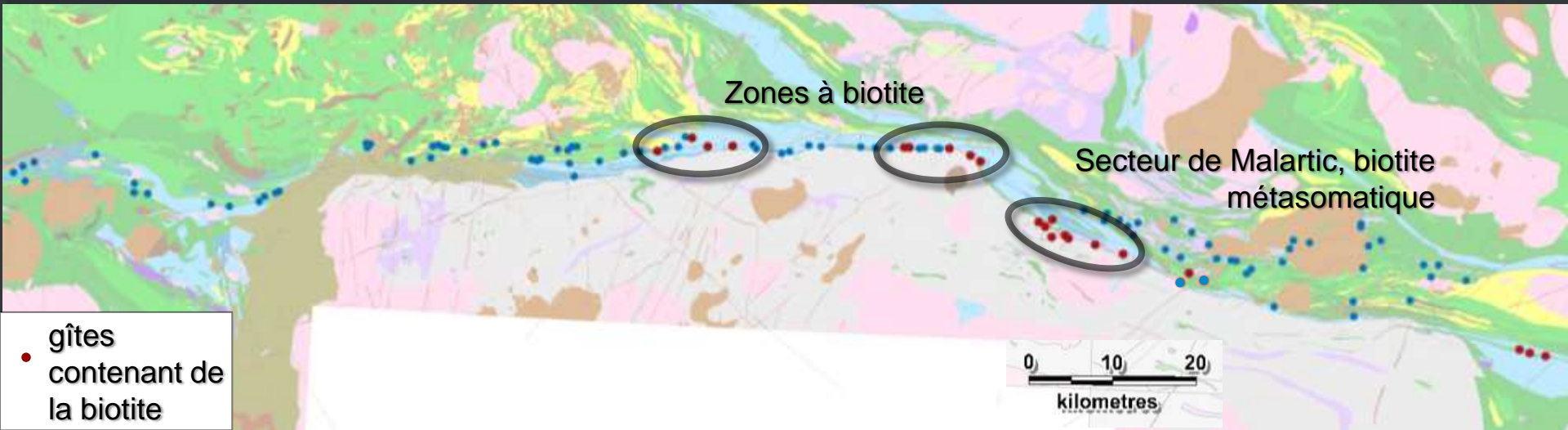




## Distribution de la biotite

En remplissage de veine ou aux épontes métasomatisées

Indique soit un enrichissement en K, soit un rehaussement des conditions thermiques

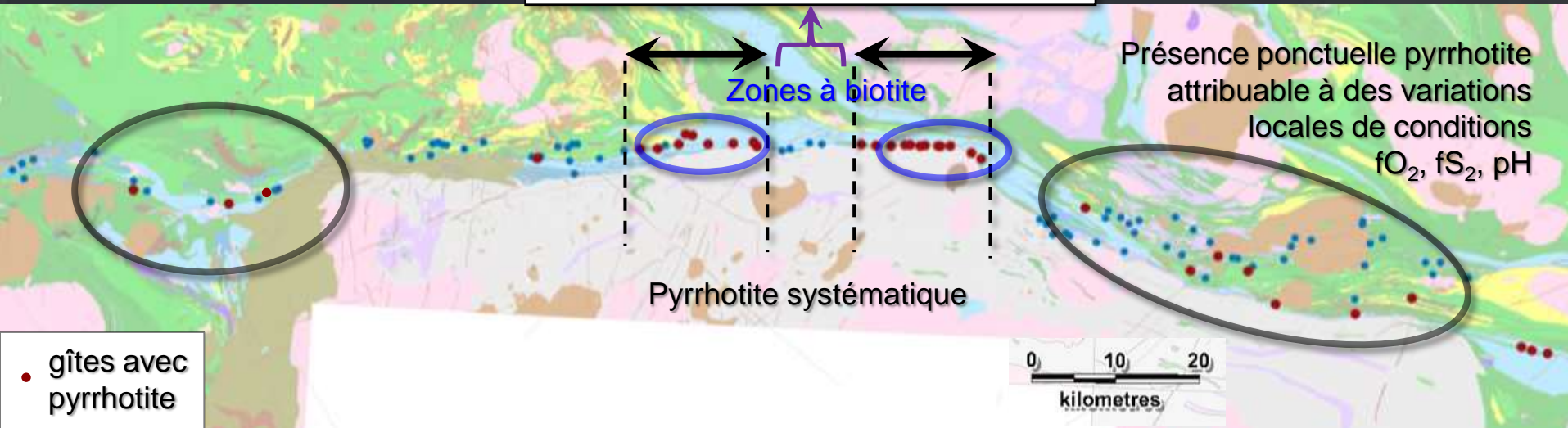


- Biotite dans les secteurs de la Faille Ruisseau Davidson et de la flexure de Cadillac
- Biotite dans le secteurs de Malartic (corrélée avec feldspath potassique)

## Distribution de la pyrrhotite

Pyrrhotite stable en conditions de faible  $fO_2$ , faible  $fS_2$ , faible pH et/ou forte T

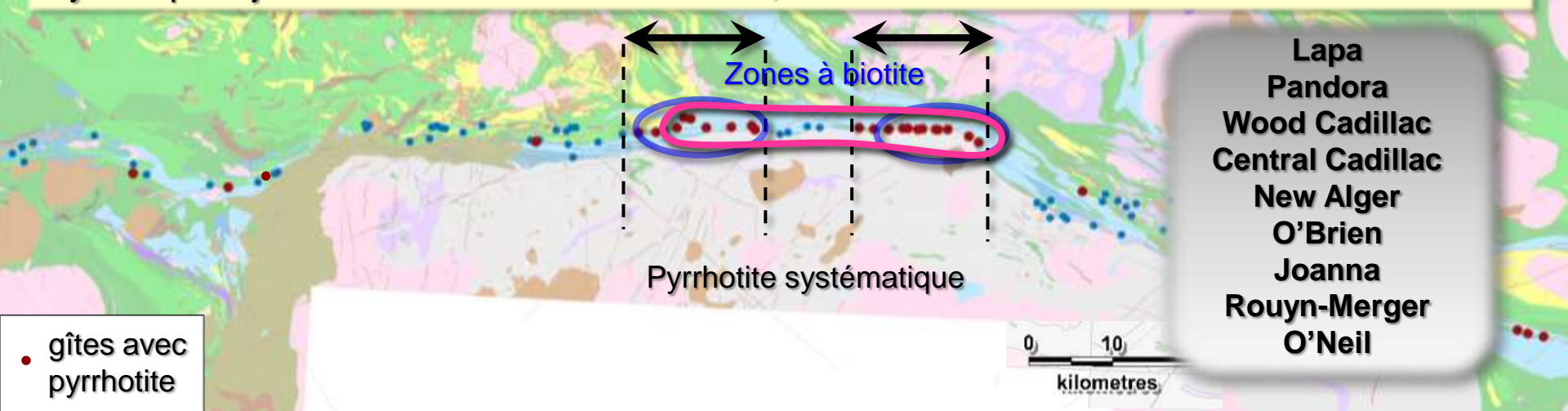
*Très petits gîtes, mauvaise qualité d'information (1/5, 2/5)*



- Segment compris entre la Faille Ruisseau Davidson et la flexure de Cadillac : pyrrhotite systématique dans gîtes importants (bien documentés)
  - **Conditions thermiques plus élevées**, au dessus de l'isograde pyrite-pyrrhotite
  - Conclusion corroborée par la présence de biotite

**Champ 4**

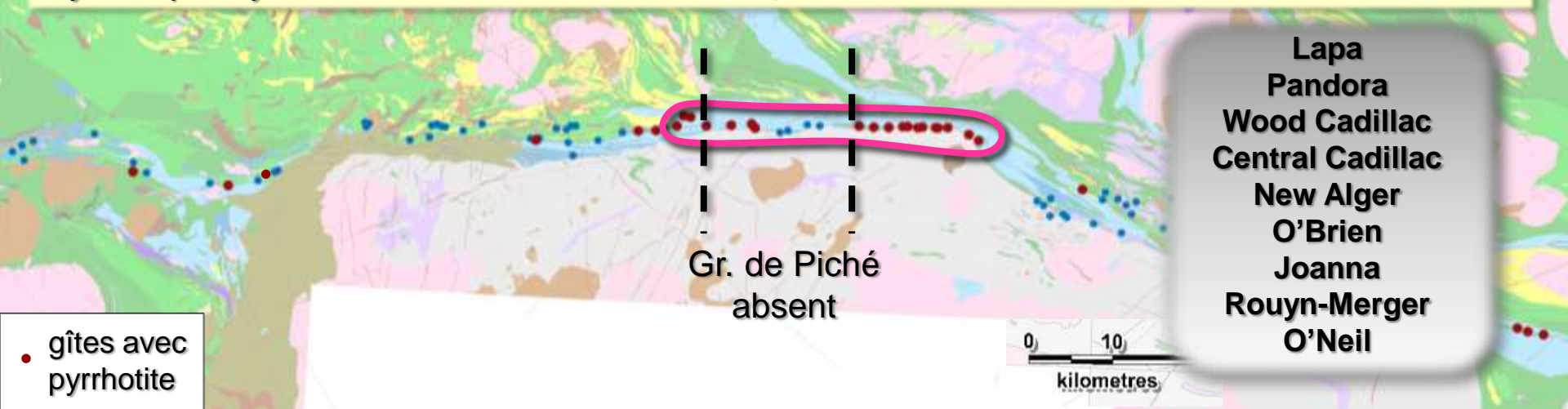
- Assemblage pyrite-arsénopyrite, **pyrrhotite**
- Sulfures relativement abondants (globalement 10-15%)
- **Biotite** (aux extrémités du champ)
- Veines semi-massives ou réseaux veinules
- Encaissées 1. aux contacts d'intrusions tabulaires multi-métrique parallèles à la foliation mylonitique injectés dans les schistes de la FC ; 2. aux contacts cisailés des formations de fer



- Lapa
- Pandora
- Wood Cadillac
- Central Cadillac
- New Alger
- O'Brien
- Joanna
- Rouyn-Merger
- O'Neil

**Champ 4**

- Assemblage pyrite-arsénopyrite, **pyrrhotite**
- Sulfures relativement abondants (globalement 10-15%)
- **Biotite** (aux extrémités du champ)
- Veines semi-massives ou réseaux veinules
- Encaissées 1. aux contacts d'intrusions tabulaires multi-métrique parallèles à la foliation mylonitique injectés dans les schistes de la FC ; 2. aux contacts cisailés des formations de fer



Notes :

- Au centre, la FC est encaissée directement dans les sédiments (Gr. du Piché absent)  
→ Disparition des intrusions. Joanna est le seul gîte du secteur contenant des intrusions encaissées dans les sédiments
- Nature des intrusions : porphyre feldspathique, porphyre quartzo-feldspathique, albitite, diorite à qtz ; affinité calco-alcaline ?

Kirkland Lake  
 (Macassa)  
 (Lake Shore)  
 (Wright Hargreaves)  
 (Teck Hughes)  
 Bidgood



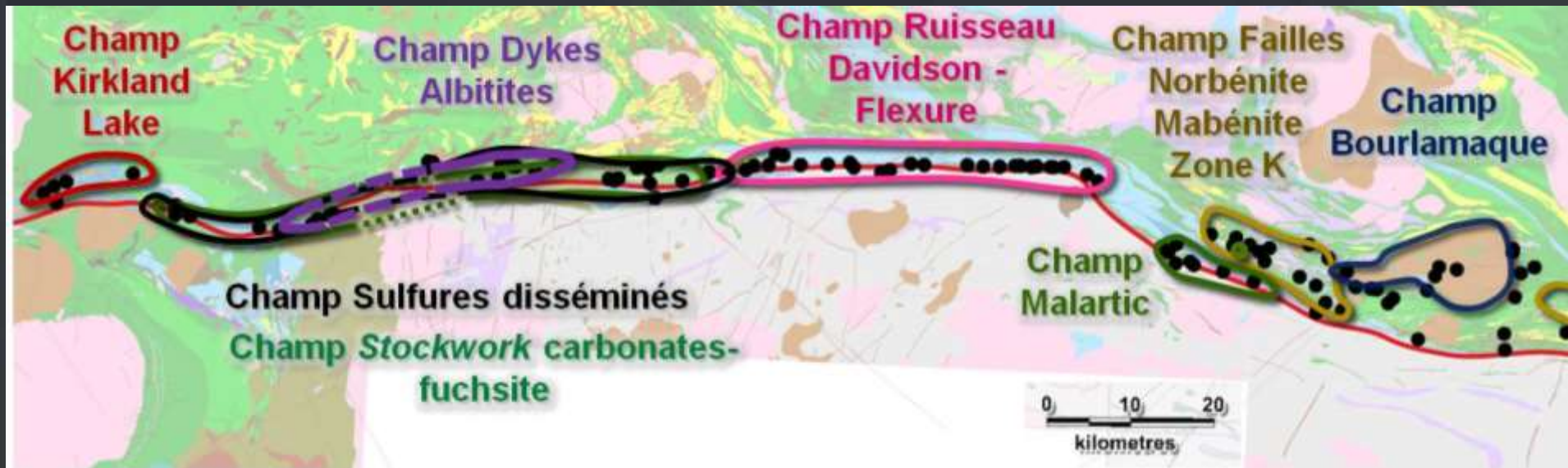
### Champ 5

- Veines semi-massive rubanées parallèles à la foliation mylonitique de failles ductiles-cassantes NE + veines massives peu pentées en dehors des zones mylonitiques
- Peu de sulfures (2-3%)
- **Pyrite, molybdénite**, chalcopyrite ± sphalérite
- Partiellement encaissé dans des **syénites porphyriques tardi-tectoniques** (post-Timiskaming), présence de petits dykes syn-Au (*Intramineral Dykes*)
- Minerai à haute teneur (12-17 g/tAu)

## PLAN

- Présentation du projet
- Mise en contexte de la Faille Cadillac
- Cartes thématiques et champs gîtologiques
- Discussions
- Conclusion

# Récapitulatif *Tous les champs*



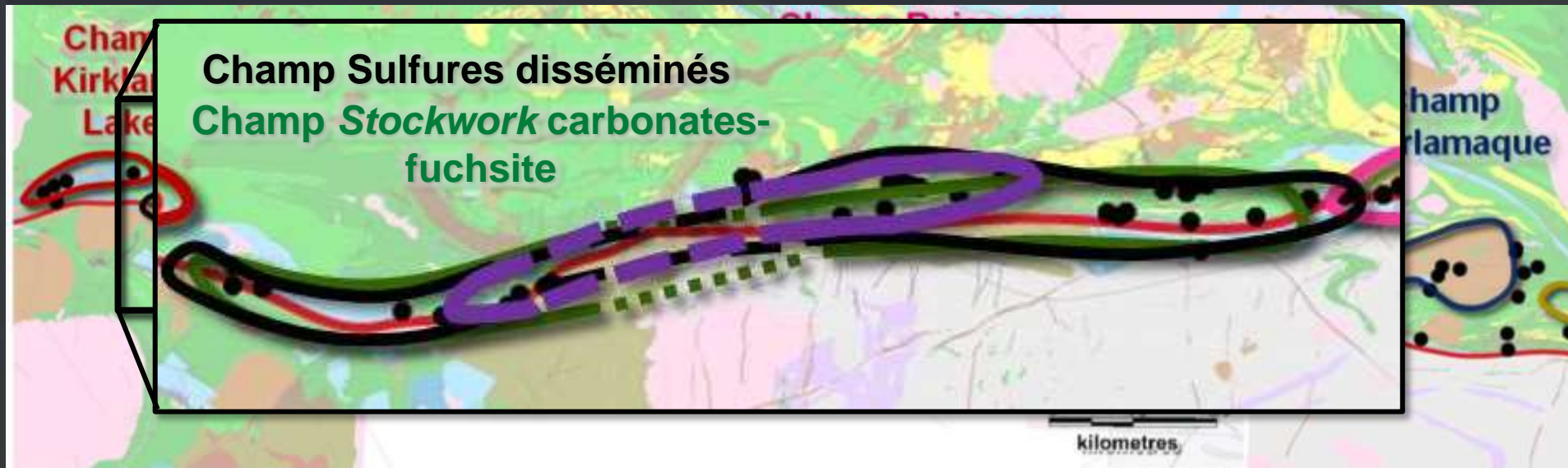
Champs superposés

Champs spatialement bien répartis  
→ Peu de chevauchement

## Superposition des champs

1. **Champ sulfures disséminés** : Francoeur, Wasamac, Arntfield, McWatters, Rouyn-Merger, **Kerr Addison**, Cheminis, Omega, **McBean, Anoki**, Upper Canada, **Astoria**

2. **Champ Stockwork carbonates-fuchsite** : Bazooka, Augmitto, **Astoria**, Lac Fortune, Lac Bouzan, **Kerr Addison**, Barber-Larder, **Anoki, McBean**, Cheminis



Même champ hydrothermal avec différentes expressions en fct type de piège aurifère local ?

1. Forte pyrite, peu ou pas changement volume → remplacement, piège chimique (co-précipitation Au-pyrite)
2. Faibles sulfures, fort changement volume → piège physique ( $\Delta P_f$ , séparation des phases  $\text{CO}_2$ - $\text{H}_2\text{O}$ )



- Les trois champs superposés sont présents à Kerr Addison. Il sont décrits comme :
  - Champ « Sulfures disséminés » (230 t Au) : *Flow Ore*
  - Champ « *Stockwork* carbonates-fuchsite » (117.5 tAu) : *Carbonate Ore*
  - Champ « Dykes d'albitite » (7.4 tAu) : *Albitite Dyke Ore*
- Ces trois archétypes servent de guides d'exploration en Ontario depuis 20 ans. Document de référence :

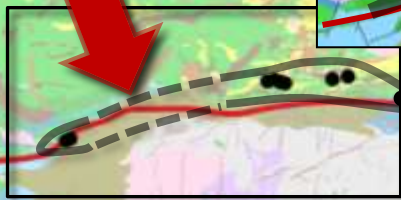
Smith, J.R, Spooner, E.T.C., Broughton, D.W. et Ploeger, F.R, 1993, **Archean Au-g-(W) Quartz Vein/Disseminated mineralisation within the Larder Lake - Cadillac Break, Kerr Addison - Chesterville System, North East Ontario, Canada, OGS, OFR 5831, 310 p.**
- À Kerr Addison (Smith et al, 1993) :
  - Les trois styles sont **contemporains** (2675 - 2670 Ma, âge dykes albitite analogues à Hollinger-McIntyre)
  - Les styles « *Stockwork* carbonates-fuchsite » et « Dykes d'albitite » sont partiellement **co-spatiaux** → encaissant ultramafique
  - Le style « Sulfures disséminés » montre un fort **contrôle stratigraphique** : minerais très discret (pas de halo aurifère) et confiné dans les volcanites mafiques ferrifères

→ Contrôle lithologique



### Champ

- Au dans pyrite ou arséno. disséminée relativement abondante (jusqu'à 15%)
- Essaim de dykes d'albitite (hématisation précoce)
- Forte albitisation proximale



gîtes partiellement  
● encaissés dans un essaim de dykes d'albitite



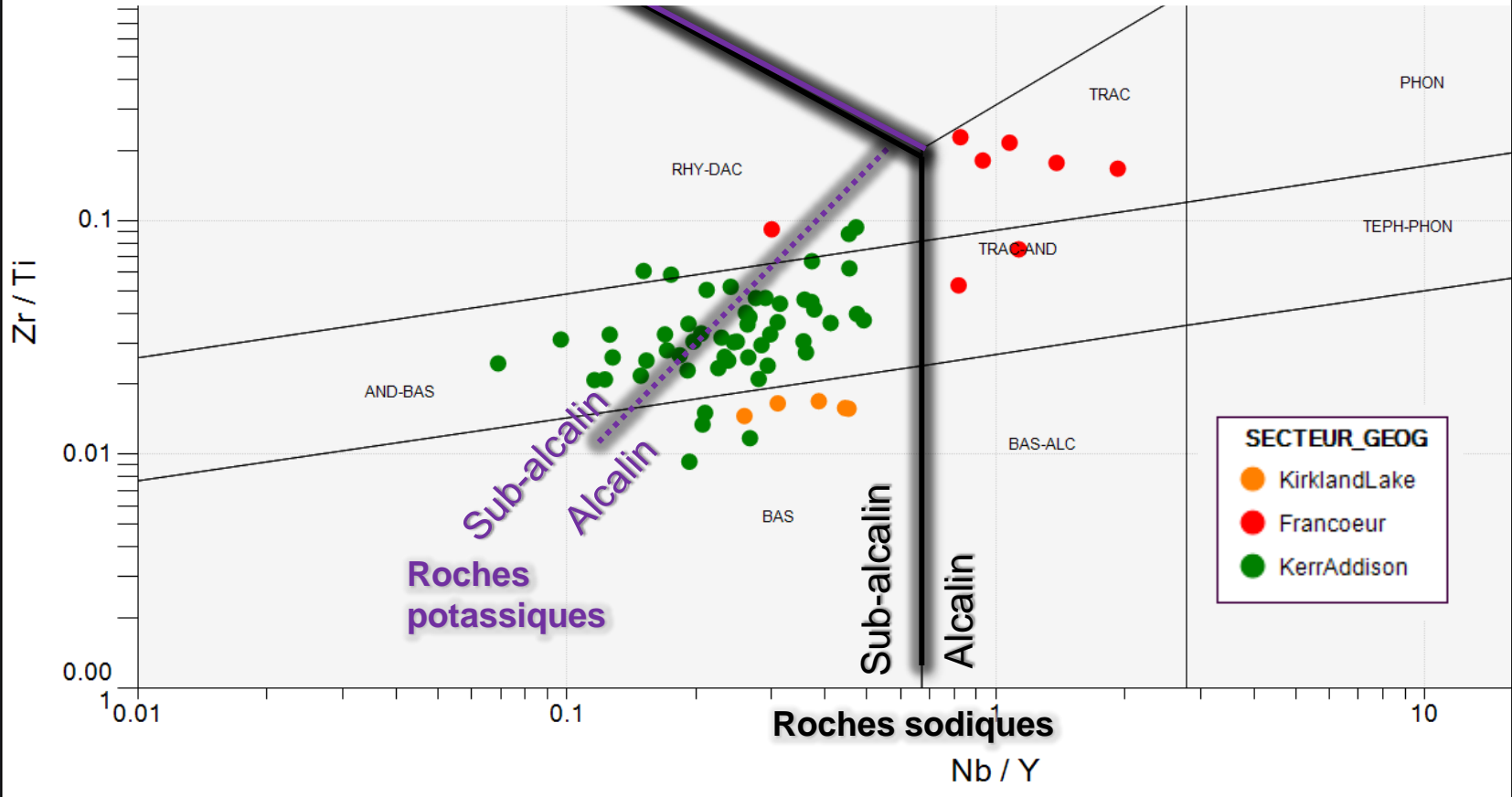
- Encaissés dans failles ductiles inverses globalement ENE → Existence d'une structure aurifère continue ENE sous le Cobalt ?
- Lien génétique entre les dykes d'albitite et les fluides hydrothermaux à Kerr Addison (Smith et al, 1993) → même source magmatique enfouie (profondeur ≈ 4 km, volume 6 – 30 km<sup>3</sup>)
- Tonnage Francoeur-Wasamac (87.24 tAu) >> Kerr Addison (*Albitite Dyke Ore* 7.4 t Au) → Plus proche de la source hydrothermale (sous le Cobalt) ?



Données géochimiques

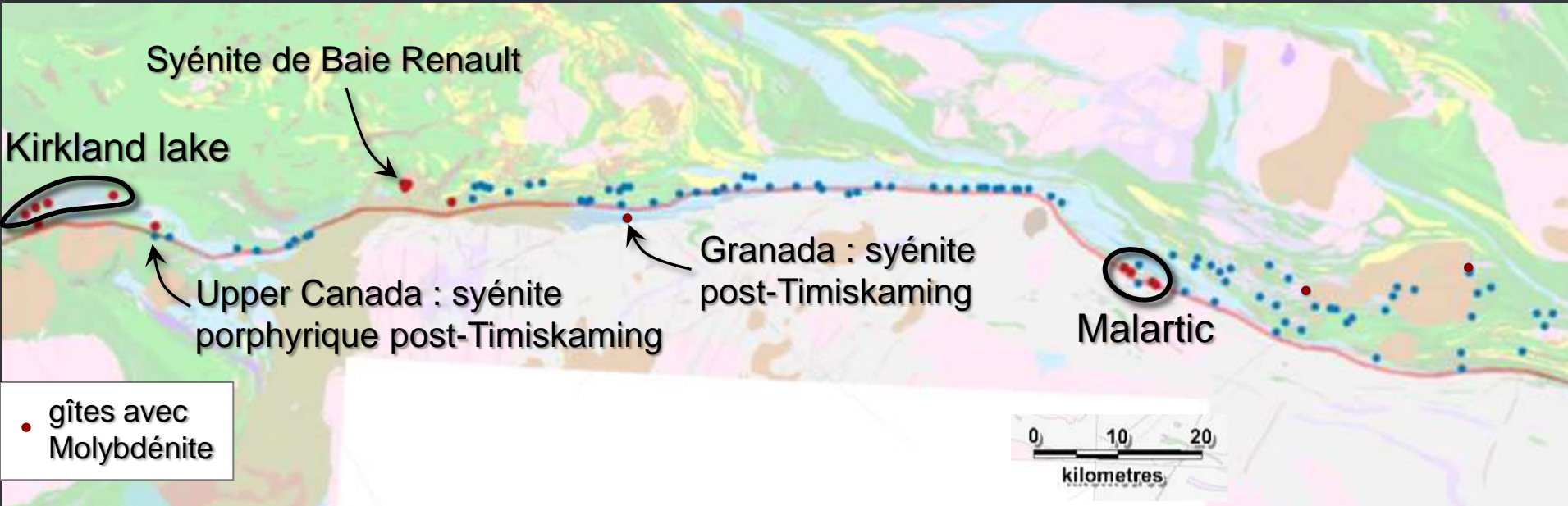
Comparaison des signatures en éléments immobiles des dykes des gîtes de Francoeur et Kerr Addison (dykes d'albite) et de Kirkland Lake (*intramineral dykes*) → *Dykes syn-Au*

- Dykes d'albite de Francoeur sont très alcalins et différenciés
- Dykes d'albite de Kerr Addison plus mafiques et moins clairement alcalins
- *Intramineral dykes* de Kirkland Lake : mafiques, superposés avec termes mafiques de l'essaim de Kerr Addison, alcalins potassiques (?)



## Distribution de la molybdénite

Molybdénite ( $\text{MoS}_2$ ) indique la présence de molybdène dans le système **Mo se concentre typiquement dans les fluides hydrothermaux magmatiques** (très incompatible durant le fractionnement), et dans les sédiments



- Les gîtes dans les secteurs Malartic, Granada, Baie-Renault, Upper Canada et Kirkland Lake contiennent de la molybdénite (et de la chalcopryrite) → signature polymétallique associable à la présence d'intrusions alcalines tardi-tectoniques
- ➔ Molybdénite est un traceur efficace des intrusions aurifères tardi-tectoniques le long de la FC

## Distribution de l'arsénopyrite

Arsénopyrite ( $\text{AsFeS}$ ) indique essentiellement la présence d'arsenic dans le système As en forte concentration dans les sédiments argileux, tendance à l'enrichissement hydrothermal



- Arsénopyrite très bien corrélée avec sédiments sauf à Malartic et Kirkland Lake
  - Malartic et Kirkland Lake : signature molybdénite-chalcopyrite efface empreinte hydrothermale antérieure à arsénopyrite, ou prévient son apparition
- ➔ Absence d'arsénopyrite malgré abondance de sédiments constitue un indicateur d'intrusions aurifères tardi-tectoniques le long de la FC

## Distribution des feldspaths potassiques métasomatiques (microcline)

En remplissage de veine ou aux épontes métasomatisées

Indique un enrichissement en K



- Malartic : feldspaths potassiques (microcline) abondants (corrélés avec la biotite)  
→ Fort gain potassique métasomatique
- Kirkland Lake :
  - Feldspaths potassiques moins abondants qu'à Malartic
  - Altération potassique plus faible, davantage matérialisée par la séricite (Ispolatov et al, 2005)



	Kirkland Lake > 700 tAu	Malartic 744.34 tAu
Encaissant	Sédiments clastiques du Timiskaming ; <b>syénites (porph.) post-Timiskaming</b>	Sédiments clastiques du Pontiac ; <b>syénites (diorites) à qtz porphyriques post-Pontiac</b>
Disposition des intrusions	<b>Syn-cinématiques</b> , de forme longitudinale le long de la Faille Kirkland Lake (FKL)	<b>Syn-cinématiques</b> , de forme longitudinale dans la FC (massives dans les sédiments)
Disposition Au	<b>Veines de qtz rubanées semi-massives parallèles à la foliation mylonitique</b> dans la FKL + veines massives peu pentées	<b>Stockwork qtz-carb le long des contacts intrusifs</b>
Teneurs	Minerai à <b>haute teneur (12-17 g/tAu)</b>	Minerai à <b>basse teneur (&lt;5 g/tAu)</b>
Sulfures	<b>2-3%</b> , pyrite, <b>chalcopryrite, molybdénite</b> , ± sphalérite ; <b>arsénopyrite rare ou absente</b>	Pyrite (<5%), faible <b>moly-chalco.</b> , tr. galène et sphalérite, <b>pas d'arsénopyrite</b> (pyrite 15-20% dans encaissant ferro-diorite)
Minéralogie des altérations	<b>Silicification</b> , altération <b>potassique modérée</b> (séricite, faible feldspath K), <b>pas de biotite</b>	<b>Très potassique</b> (feldspath K, biotite), <b>forte silicification</b>
Bilan de masses	<b>Fort gain K</b> (partiellement artefact lié au caractère potassique des intrusions)	<b>Fort gain K</b>
Remarques	Syénite est <b>post-Au</b> , dykes alcalins syn-Au <b>Non-classé syenite-associated par Robert (2001)</b>	<b>Classé syenite-associated par Robert (2001)</b>

➔ Difficilement classable dans la même catégorie

Veine massive  
modérément  
pentée

Kirkland Lake



Ispolatov et al 2005

Sphalérite, arsenopyrite rare ou absente

semblances et dissemblances

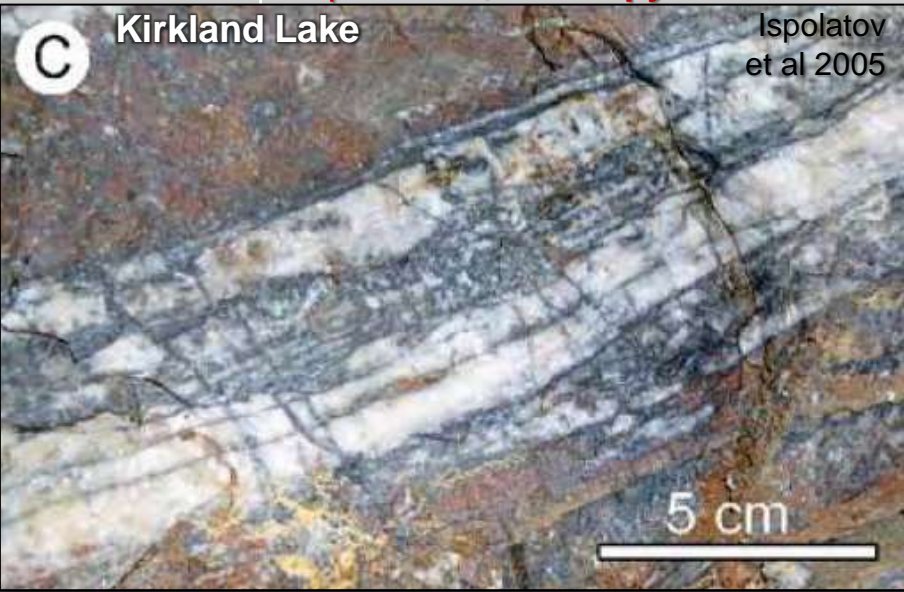
Canadian  
Malartic



Photo S. Faure

20% dans encroissant terre diorite

C Kirkland Lake



Ispolatov et al 2005

modérée  
biotite

lié au  
(ns)  
syn-Au  
Robert

même

Canadian  
Malartic



Photo S. Faure



## PLAN

- Présentation du projet
- Mise en contexte de la Faille Cadillac
- Cartes thématiques et champs gîtologiques
- Discussions
- Conclusion

- 8 champs gîtologiques ont été déterminés le long de FC
- Camps Rouyn Sud et Kerr Addison – Upper Canada :
  - Trois champs superposés : « Sulfures disséminés », « *Stockwork* Carbonates-fuchsite », « Dykes albitite »
  - Distribués sporadiquement sur >60 km le long de la faille → styles attendus sous le Cobalt
  - Différentes expressions d'un même évènement hydrothermal, ou évènements distincts ?
- Camp de Kirkland-Lake
  - Un champ à veines rubanées semi-massive

Kirkland Lake : Au syn-**compression NW-SE** (Ispolatov et al, 2005)

Upper Canada : Au syn-**compression NW-SE** (Ispolatov et al, 2005)

Francoeur-Wasamac : Au syn-jeu inverse sur failles N65 → **compression NW-SE à NNW-SSE**

Kerr Addison : Au syn-**compression NW-SE 2675-2670 Ma** (Smith et al, 1993)

McWatters : Au (partiellement) syn-**compression NW-SE** (Jébrak et al, 1993)

**Au est post-Timiskaming, mais Timiskaming diachrone...** : datations sédiments à **2677.7±3.1**, datations syénites/trachytes à **2678.7±0.7** (Upper Beaver ; Kontak et al, 2011), **2672±2** (Granada ; Davis, 2002), **2669.6±1.4** (Ayer et al, 2005)

- Camps Val-d'Or – Malartic :
  - Trois champs non-superposés : 1. Bourlamaque, 2. Failles Norbénite-Marbénite-ZoneK, 3. Malartic
  - Signatures géochimiques très distinctes → **vraisemblablement différents évènements hydrothermaux**
- Cohérent avec le **timing beaucoup plus complexe** rapporté par les auteurs :
  - Existence d'un évènement minéralisateur précoce : Norlartic ( $<2692\pm 2$  Ma)
  - Existence d'un évènement minéralisateur tardif : Sigma-Lamaque (cheminée principale  $2685\pm 3$  Ma), Kiena ( $<2686\pm 2$  Ma), Malartic ( $<2682$  Ma), Camflo (2680 Ma)

### → Minéralisations des camps de Val-d'Or et Malartic sont

1. **Produites sur une plus longue période que dans la portion Ouest (à l'Ouest de la Faille Ruisseau Davidson)**
2. **Plus précoces**

- Veines semi-massives rub. // Smyl ENE + peu pentées (*flat?*)
- Sulfures <3% (PY-MO-CPY)
- Silice, séricite ± FeldsK
- Syénite tardi-tectonique // Smyl ENE
- Haute teneur (12-17 g/tAu)

- PY disséminée 15%
- Forte albitisation proximale
- Essaim de dykes d'albitite injecté dans des schistes métavolcaniques mafiques

- Rés. veinules, veines semi-massives rub. //Smyl
- Sulfures 10-15% (PY-ARS-PO)
- Biotite
- Schistes métasédimentaire et métavolcaniques, intrusions //Smyl E-W (QFP, FP, calco-alcalin ?)

- Veines rub. semi-massives + rés. veinules ; // Smyl ESE à E-W (br.)
- Sulfures <5% (PY)
- Gain Na, lessivage K
- Intrusions fels – interm. calco-alcalines déformées // Smyl ESE

**Champ Kirkland Lake**

**Champ Dykes Albitites**

**Champ Ruisseau Davidson - Flexure**

**Champ Failles Norbénite Mabénite Zone K**

**Champ Bourlamaque**

**Champ Sulfures disséminés**  
**Champ Stockwork carbonates-fuchsité**

**Champ Malartic**

- *Stockwork*, rés. de veinules
- Globalement peu de sulfures (PY-ARS), abondance variable
- Carbonates+++ , fuchsité
- Métavolc. ultramafiques foliées

- PY disséminée 7-40%, ± aux épontes rés. veinules (intensité variable)
- Silicification
- Schistes métavolcaniques mafiques ferrifères

- *Stockwork*
- Sulfures < 5% (local. 20%) (PY-MO-CPY)
- Microcline, biotite
- Gain Na, fort gain K
- Intrusions fels – interm. calco-alcalines et alcalines déformées
- Basse teneur (<5g/tAu)

- Veines rub. (semi) massives // Smyl E-W + peu pentées (*flat*)
- Sulfures <30% (PY-CPY) Tourmaline, scheelite
- Au dans la pyrite

// Smyl : parallèle à la foliation mylonitique

Merci de votre attention