

# Métallogénie du pluton de East-Sullivan, district de Val d'Or, Abitibi

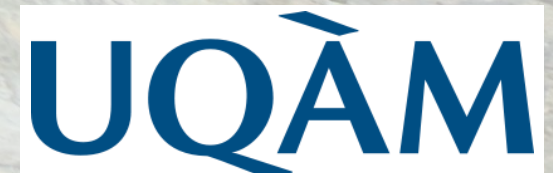
Présenté par Florent BIGOT (UQAM),

Philippe Berthelot (Alexandria Minerals), Michel Jébrak (UQAM)

29 MAI 2018

16e FORUM TECHNOLOGIQUE CONSOREM-DIVEX

Val d'Or (Québec, Canada)





# Introduction

Le pluton de East-Sullivan

- Intrusif **porphyrique** à proximité de la faille Cadillac.
- Composition **alcaline** à **calco-alcaline** (Tanner, 1996), d'âge présumé **archéen**
- Associé à de nombreux indices en **Au, Cu, et Zn** dans sa bordure et dans les formations environnantes
- Sur la bordure sud du pluton, des indices à **Cu-Mo** (Ducros Zone1 & 2), **Cu, Au, Ag** (Orenada zone 5), Hogg...

Nombreuses questions :

1. Caractéristiques?
2. TTG/Granite/Transition
3. Alcalin/Calco-alcalin?
4. Minéralisation skarn? Porphyre?
5. Au?

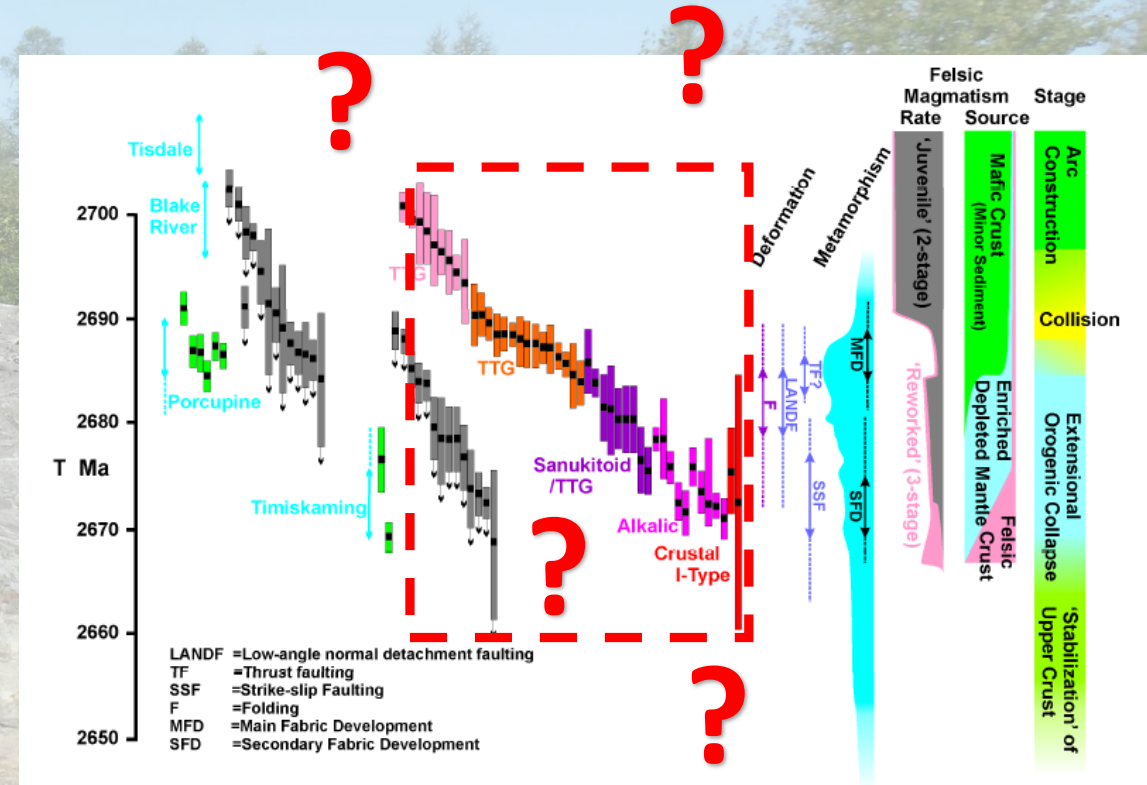


Figure 1 : Synthèse géologique de l'Abitibi de l'Ouest



# Géologie régionale

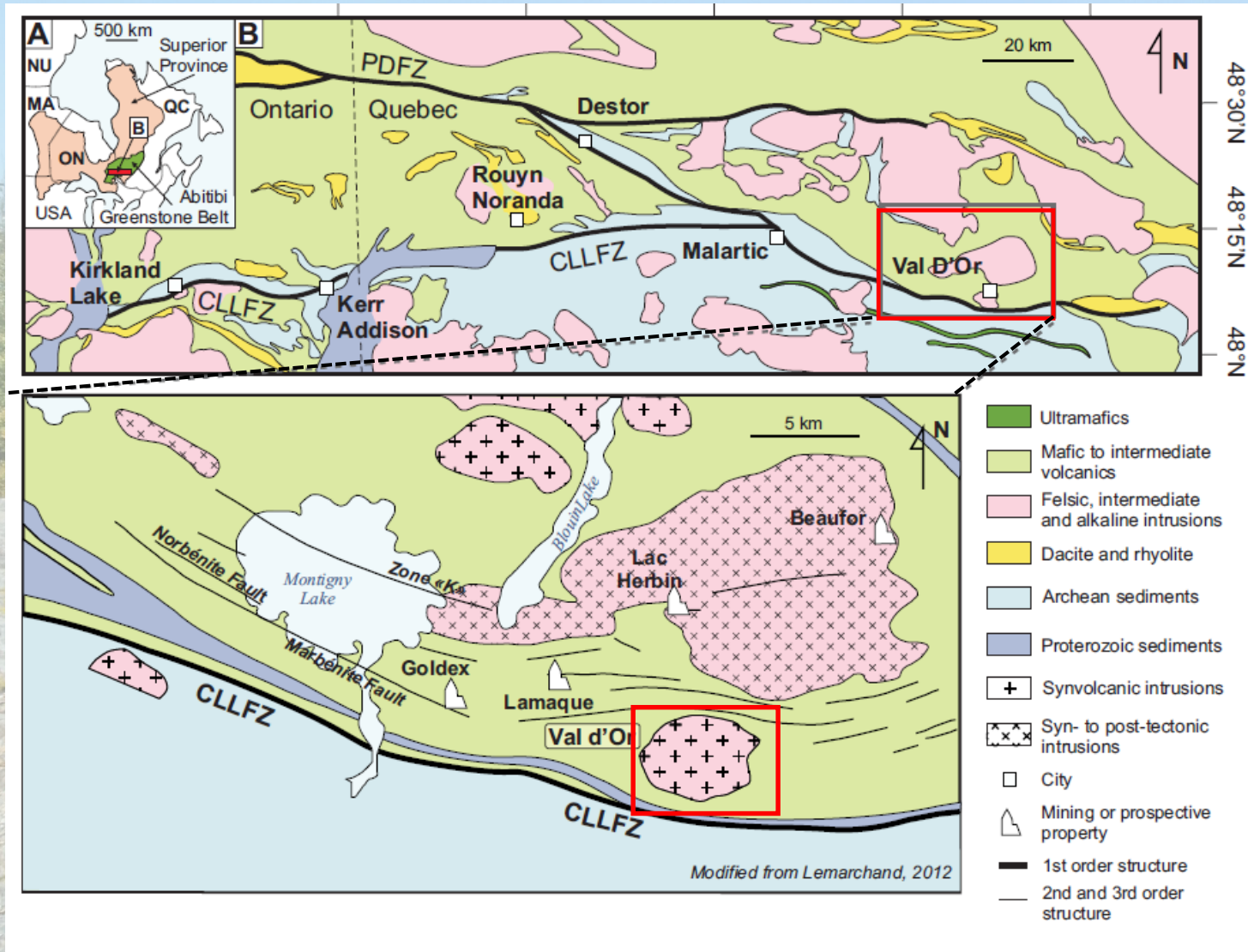


Figure 2 : Carte géologique régionale de la zone d'étude, modifié de Daver, Lucille (2017)



# Géologie locale

## Pluton de East Sullivan

- Intrusif circulaire d'environ 5km de diamètre
- Situé à 8km au Sud-Est de Val d'Or dans le canton de Bourlamaque, au Nord de la faille Cadillac.

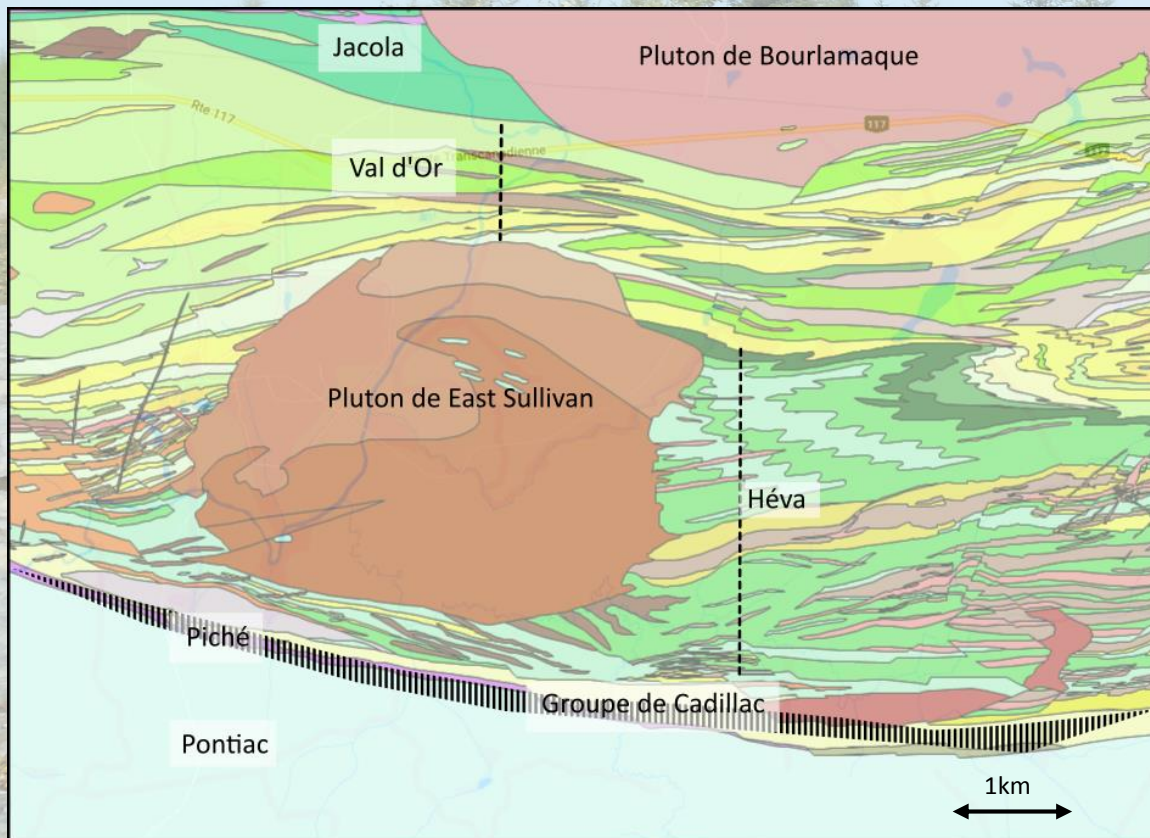


Figure 3 : Carte géologique au voisinage du pluton de East Sullivan (modifié d'après SIGEOM)

29/05/2018

Florent BIGOT -16<sup>ème</sup> Forum CONSOREM-DIVEX

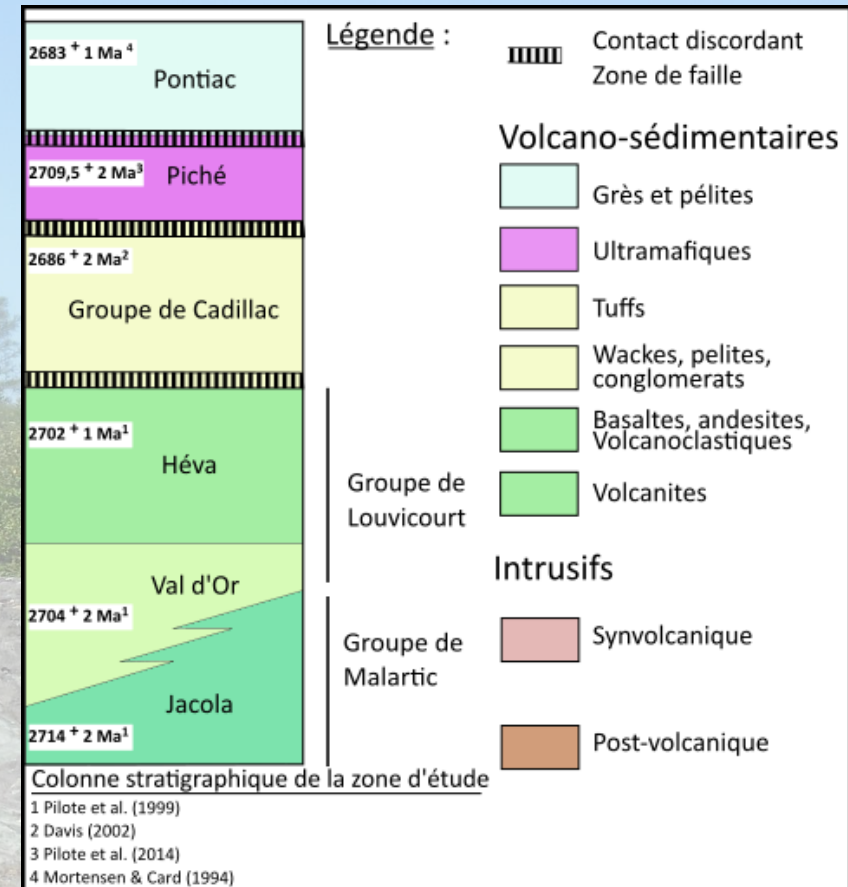


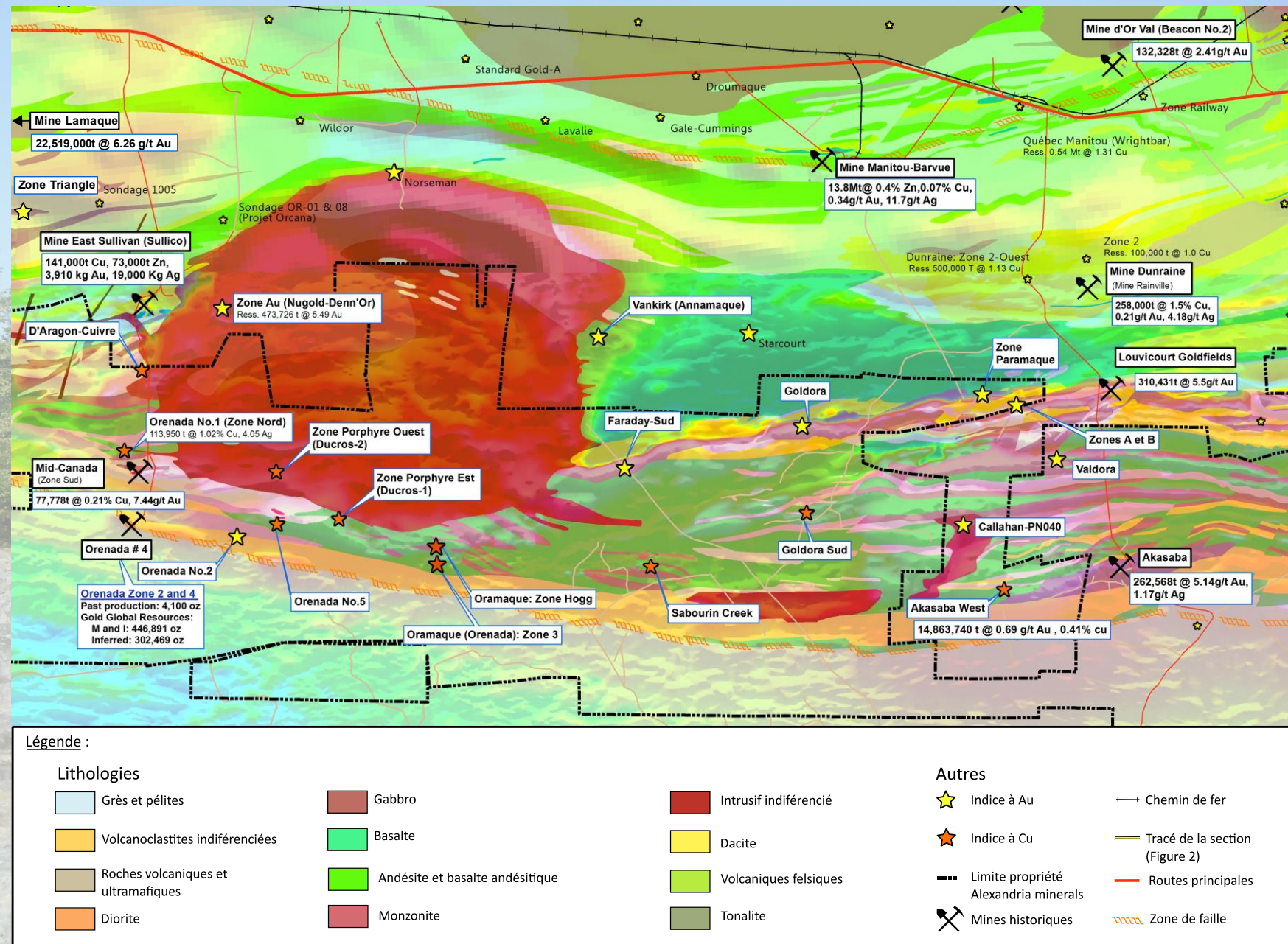
Figure 4 : Colonne stratigraphique et légende de la zone d'étude

- Faciès des schistes verts



# Mines et indices

- Indices en **Au**, **Cu**, et **Zn** dans sa bordure et dans les formations environnantes
- Zones minières actives ou passées : East Sullivan, Orenada, Akasaba, Manitou-Barvue, Sigma-Lamaque...
- Sur la bordure sud du pluton, indices à **Cu-Mo** (Ducros Zone1 & 2), **Cu, Au, Ag** (Orenada zone 5), Hogg, skarn d'Akasaba





# Lithologies du pluton de East-Sullivan

Faciès précoce 

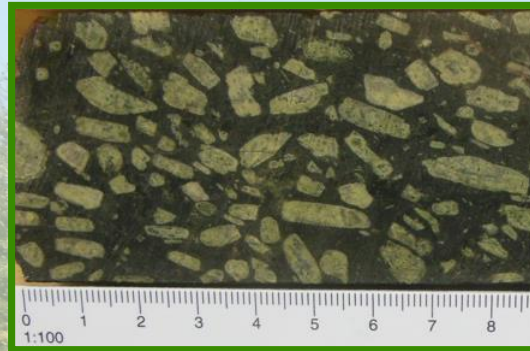


Figure 6 : Forage AMCD 28, 128m

Faciès intermédiaires 

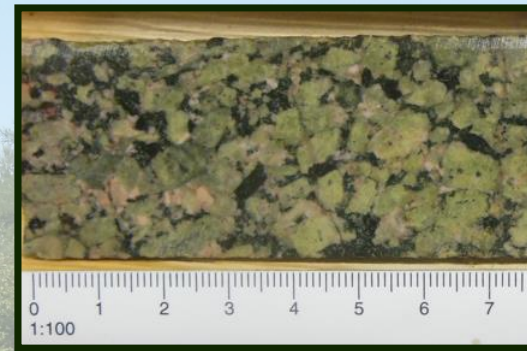


Figure 7 : Forage 17407 03, 66,5m



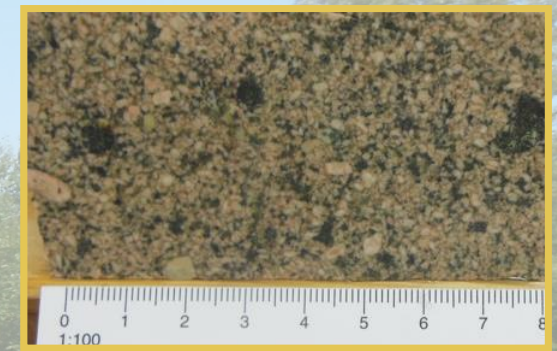


Figure 8 : Forage DAX-15 008, 161,3m

|                                | Faciès trachytique  | Faciès grossier  | Faciès glomeroporphyrique  |
|--------------------------------|---|--|--|
| Phénocristaux                  | Plagioclases, albites, orthoclases  | Plagioclases, oligoclase, andésine, microcline             | Plagioclases zonés, andésine-oligoclase  |
| Matrice, assemblage secondaire | A grains fin, agrégat de feldspaths potassiques, biotite, épidote, titanite, apatite, magnétite, chlorite, pyrite en traces | Moyenne, à équigranulaire, Épidote, chlorite, amphibole... | Matrice de feldspaths et agrégat d'épidote, biotite, chlorite, titanite, apatite |
| Proportion/localisation        | Majoritaire ~70%  | Bordure Nord   | Bordure Sud  |
| Texture                        | Trachytique, porphyrique  | Grossière  | Glomeroporphyrique   |
| Minéralisation                 | Aucun indice, recoupé par cisaillement aurifère   | Non, teneurs anormales en Mo                               | Indices à Cu et Mo en fracture, remobilisation dans veinules de Qz               |



# Lithologies du pluton de East-Sullivan

**Faciès tardif** 



Figure 9 : Forage AMCD 28, 72,5m

**Faciès secondaire** 



Figure 10 : Forage D69-5, 152m

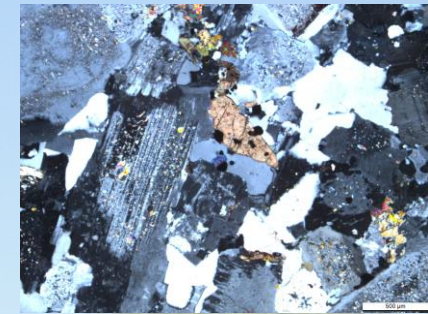


Figure 11 : Faciès vacuolaire (LPA)

|                                | Faciès aplitique  | Faciès vacuolaire  |
|--------------------------------|---|--|
| Phénocristaux                  | Plagioclases, oligoclase, andésine, microcline  | Plagioclase, orthoclase, biotite interstitiel.   |
| Matrice, assemblage secondaire | Feldspaths potassiques, biotite, épidote, titanite, apatite interstitiels, présence de Quartz | Feldspath K, biotite, épidote, titanite, apatite, molybdenite, pyrite, chalcopryrite, chlorite |
| Proportion/localisation        | Exclusivement en dike tardif  | Au niveau du contact entre le pluton et la formation de Héva,                                  |
| Texture                        | A grains fins   | Granulaire, vacuolaire   |
| Minéralisation                 | Aucun indice  | Minéralisation à Cu-Mo (Ducros zone 1 et 2) disséminée ou en fracture                          |



# Chronologie des faciès et coupe schématique

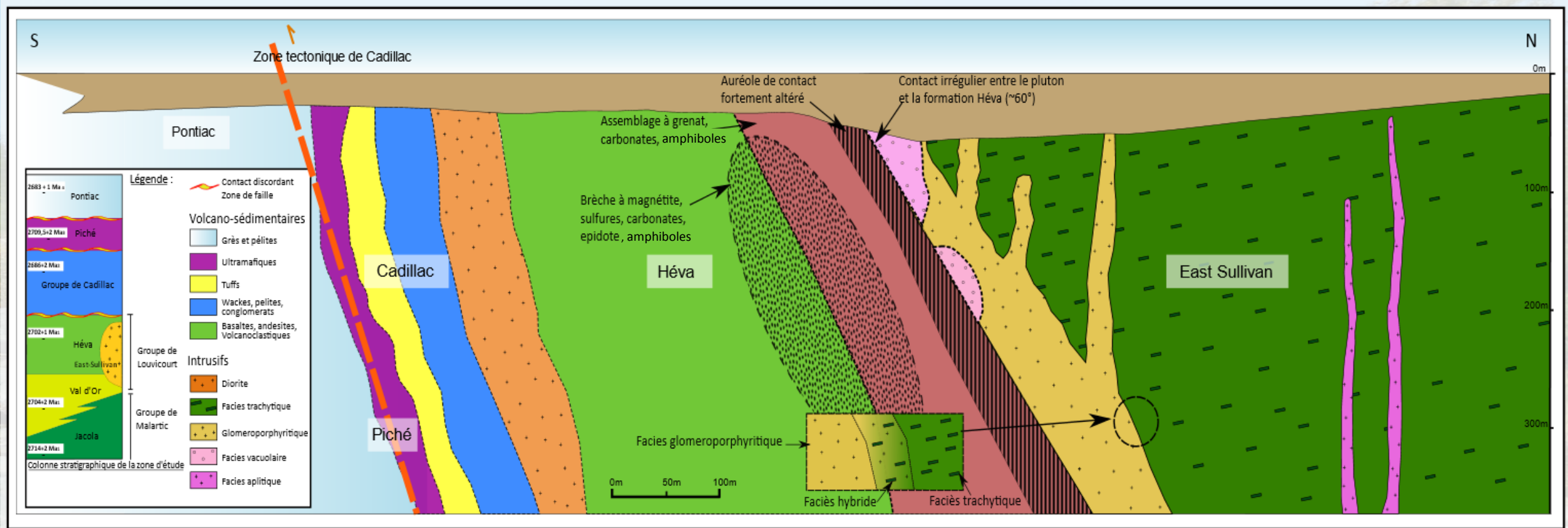


Figure 12 : Section N-S de la bordure Sud du pluton de East-Sullivan, géologie détaillée de la zone d'étude



# Minéralisations internes



Figure 13 : Faciès vacuolaire, D69-5, 152m



Figure 14 : Chalcopyrite dans fracture, DAX-14-002, 254m



Figure 15 : Veines de Qz-Mo, DAX-15-009, 272,9m

## Porphyrique à **Cu-Mo**

- Au niveau du contact pluton/formation de Héva,
- Associées aux faciès glomero. et vacuolaire
- Disséminées ou en fracture
- **Cpy, Cu natif, malachite...**
- Forte altération potassique (**biotite+ feldspath K**)



Figure 16: Cuivre natif dendritique sur plan de fracture, DAX-15-010

→ Age Re/Os sur Molybdenite **2695 +/- 12 Ma** (2018, inédit)



# Contact Skarnifié (zone proximale)

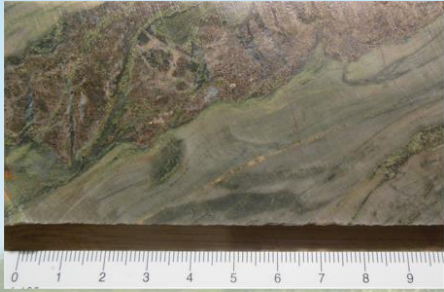


Figure 17 : Assemblage grenat, carbonates, amphibole, épidote, AAX-08-25, 377m

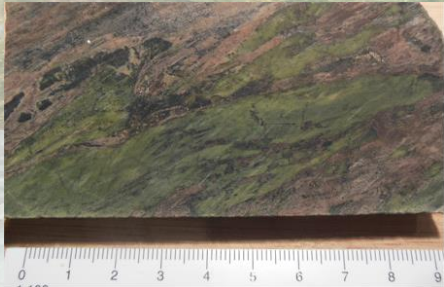


Figure 18 : AAX-08-25 415m

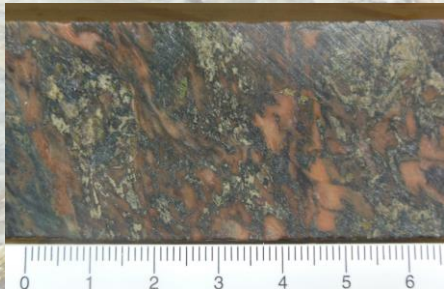


Figure 19 : Carbonates (rouge), amphiboles et sulfures 17407-03 53m

- Dans les premiers 100 mètres du contact entre l'intrusif et les volcanites du Héva

1. Assemblage massif à **Gar+Carb**
2. Phase à **actinote, épidote, chlorite**
3. Sulfures (**Py**)

- 2 générations de Gar+Carb

→ Zone complexe, témoin de la déformation mise en place du pluton?

Déformation tardive post-actinolite

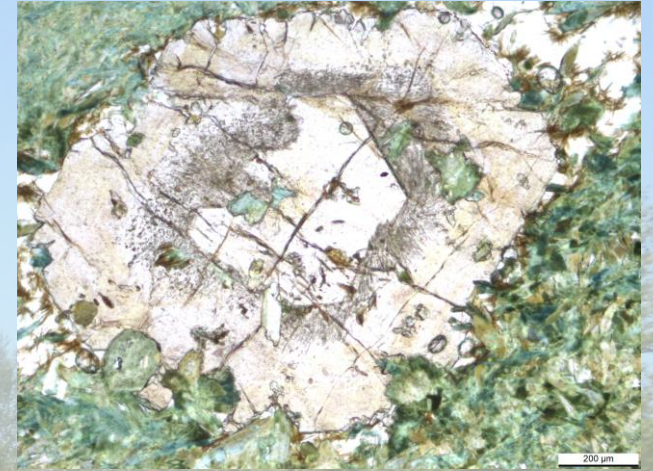


Figure 20 : Grenat, amphiboles et épidote LPNA

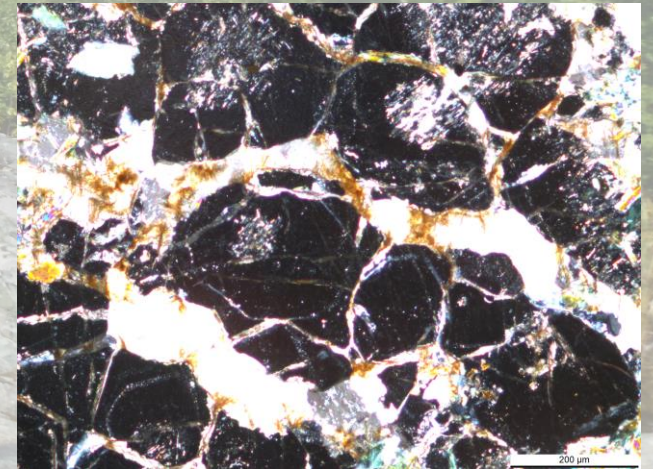


Figure 21 : Grenat, recoupé par veines tardives de carbonates, LPA



# Minéralisations externes (distales)

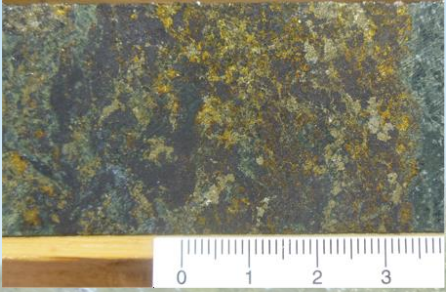


Figure 22: Brèches à magnétite, carbonates, épidote, sulfures 17407-04 391,5m



Figure 23 : Brèches à magnétite, carbonates, épidote, sulfures DAX-15-006, 174,5m

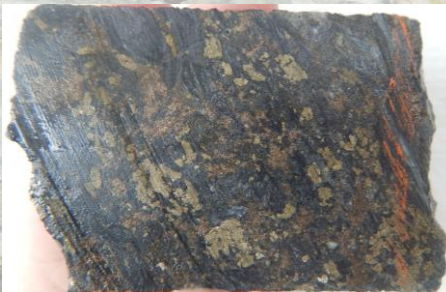


Figure 24 : Assemblage à Py, Po

## Cu, Au, Ag

- Brèches à magnétite
- Couloir bréchique subparallèle au contact intrusif/Héva
- **Py, Cpy, Po, Mt, Epidote, Amphibole**
- Nombreux indices sur la bordure Sud et jusqu'à 30km à l'Est



Figure 25 : Basaltes bréchifiés par la minéralisation



# Altérations

## Interne

- I. -Hématite
- II. -Epidote
- III. -Carbonate
- IV. -Potassique (Feldspath K+ Biotite)
- V. -Séricite
- VI. -Silicification

## Externe

- I. -Epidote
- II. -Carbonate
- III. -Grenat
- IV. -Amphibole (actinote) - Silicification

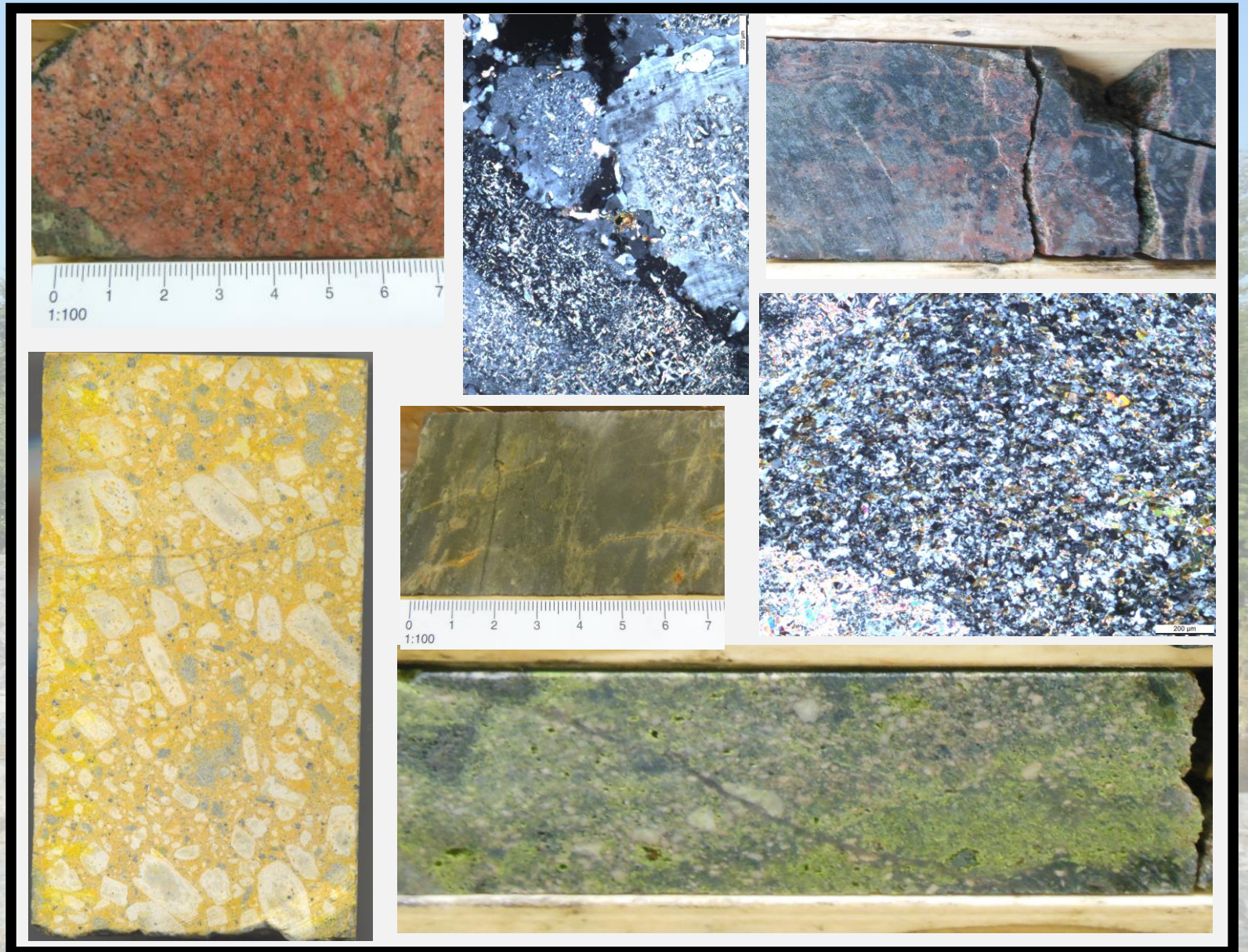


Figure 26 : Exemples d'altérations à l'intérieur et au pourtour du pluton de East-Sullivan



# Un pluton homogène

1. faciès primaires et secondaires : pas de différenciation
  2. faciès tardif + vacuolaire : appauvrissement homogène.
- Fortes similitudes avec la cheminée principale de Lamaque, située à 4km au N-O. → évolution ou origine commune?
  - Tendence similaire avec le stock composite d'Otto (Ontario)

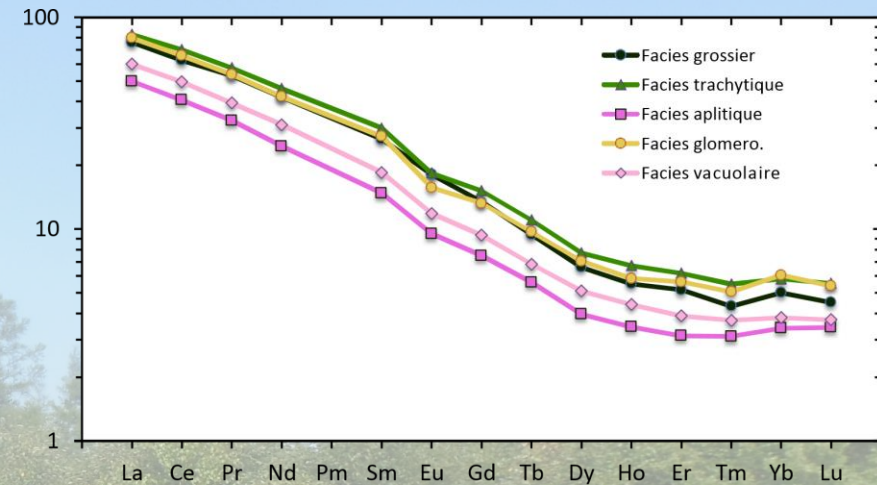


Figure 27: Diagramme d'abondance en terres rares des principaux faciès, normalisés au manteau primitif Mc Donough & Sun (1995).

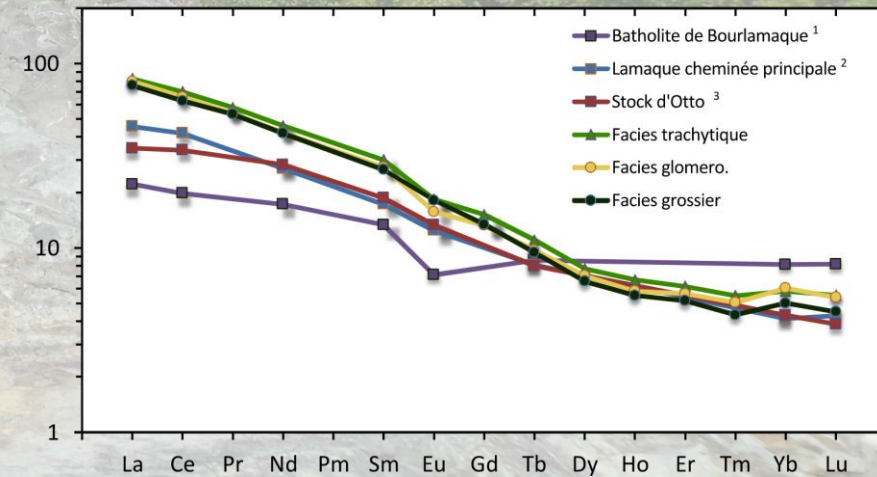


Figure 28 : Diagramme d'abondance en terres rares du pluton East Sullivan et d'intrusifs caractéristiques, normalisés au manteau primitif, Mc Donough & Sun (1995).



# Un pluton alcalin?

- Définition chimique : diagramme TAS (Middlemost) et AFM
- Problème des altérations (potassiques) du East-Sullivan

→ Alcalin « épigénétique »

- Utilisation diagramme multi-éléments
- Nb/Y ~0,34 : roches alcalines en Abitibi

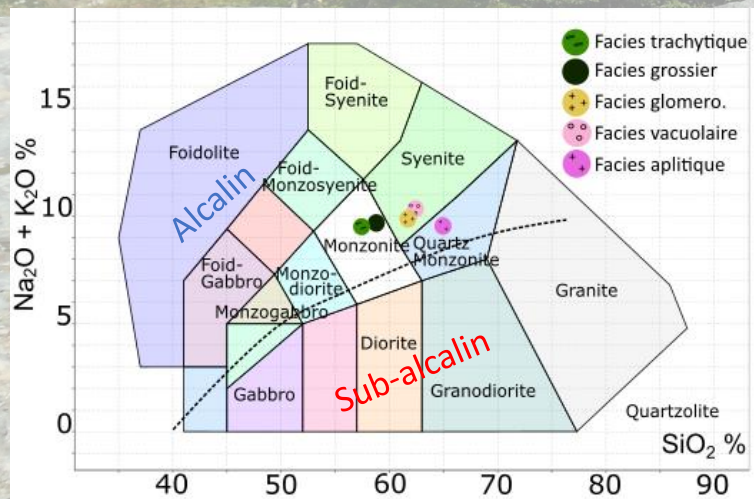


Figure 29 : Diagramme TAS du pluton de East Sullivan

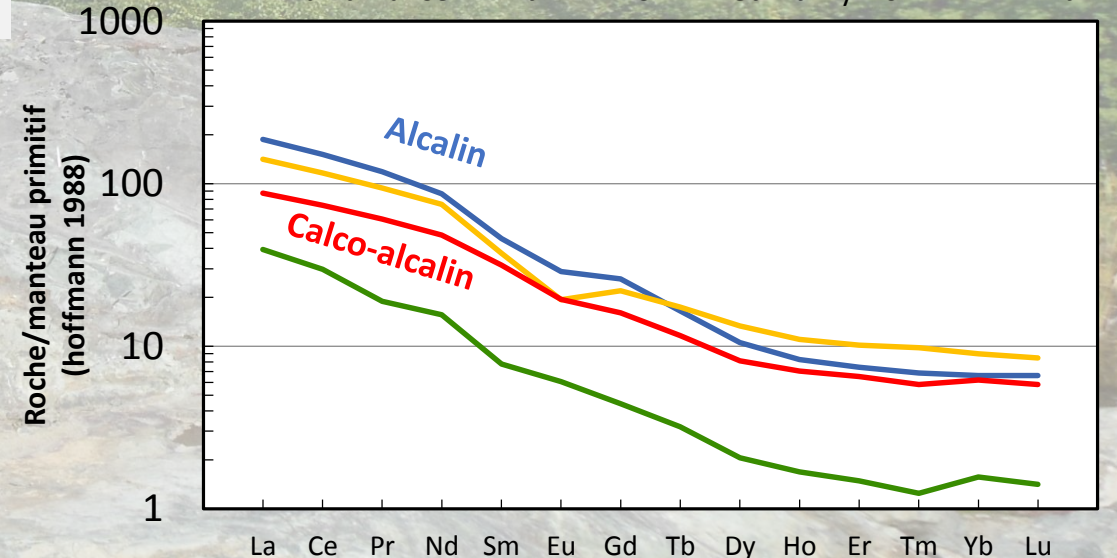
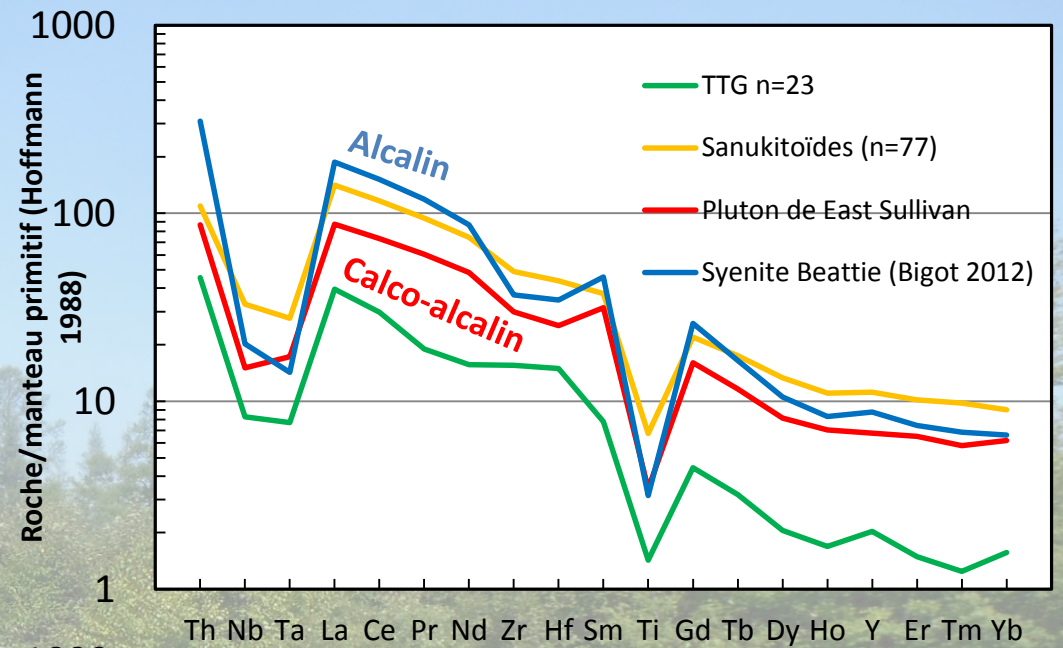


Figure 30 a et b : Diagramme d'abondance en terres rares, et spectre étendu, du pluton East Sullivan de la syenite de Beattie, normalisées au manteau primitif, Hoffmann 1988.

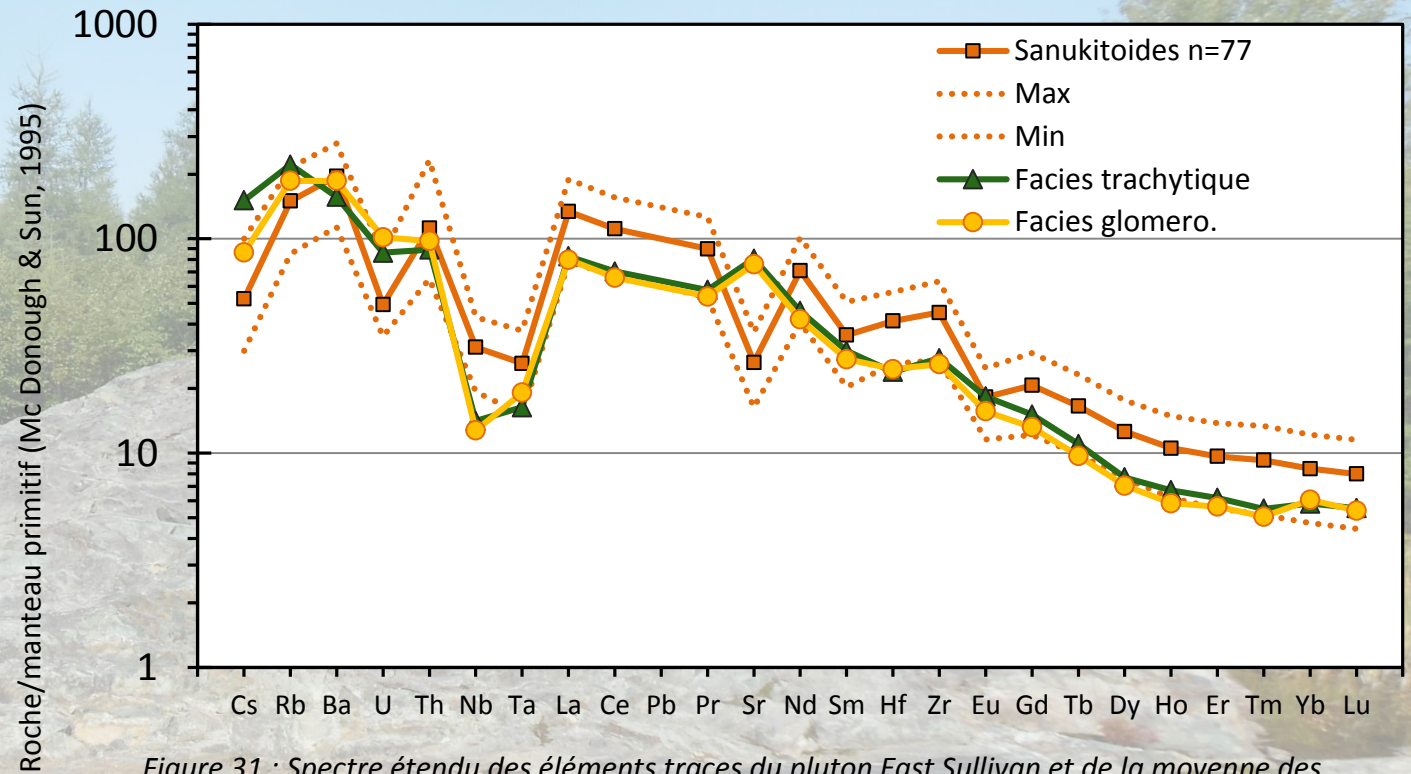


# Similarité avec les sanukitoïdes

➤ Grand nombre de caractéristiques géochimiques communes avec les sanukitoïdes :

- $0,7 < A/CNK < 1$ ,
- fortes teneurs en Ba (>1000 ppm), Sr (>1500 ppm);
- $TiO_2 > 0,3\%$ ,  $MgO > 1,3\%$ ,  $57\% < SiO_2 < 60\%$ ,  $K_2O/Na_2O > 0,5$ ,
- $\Sigma REE > 200\text{ppm}$ ,
- forte anomalie en Nb-Ta,

Magma de transition entre TTG et séries sub-alcalines actuelles.





# Peut-être pas si simple...

## ➤ Singularité du Facies porphyre Cu-Mo

- Signature magnétique propre
- Age de la minéralisation 2695 +/-12 Ma
- Diagramme des terres rares : signature entre TTG et sanukitoïdes

→ Une intrusion porphyrique intermédiaire?

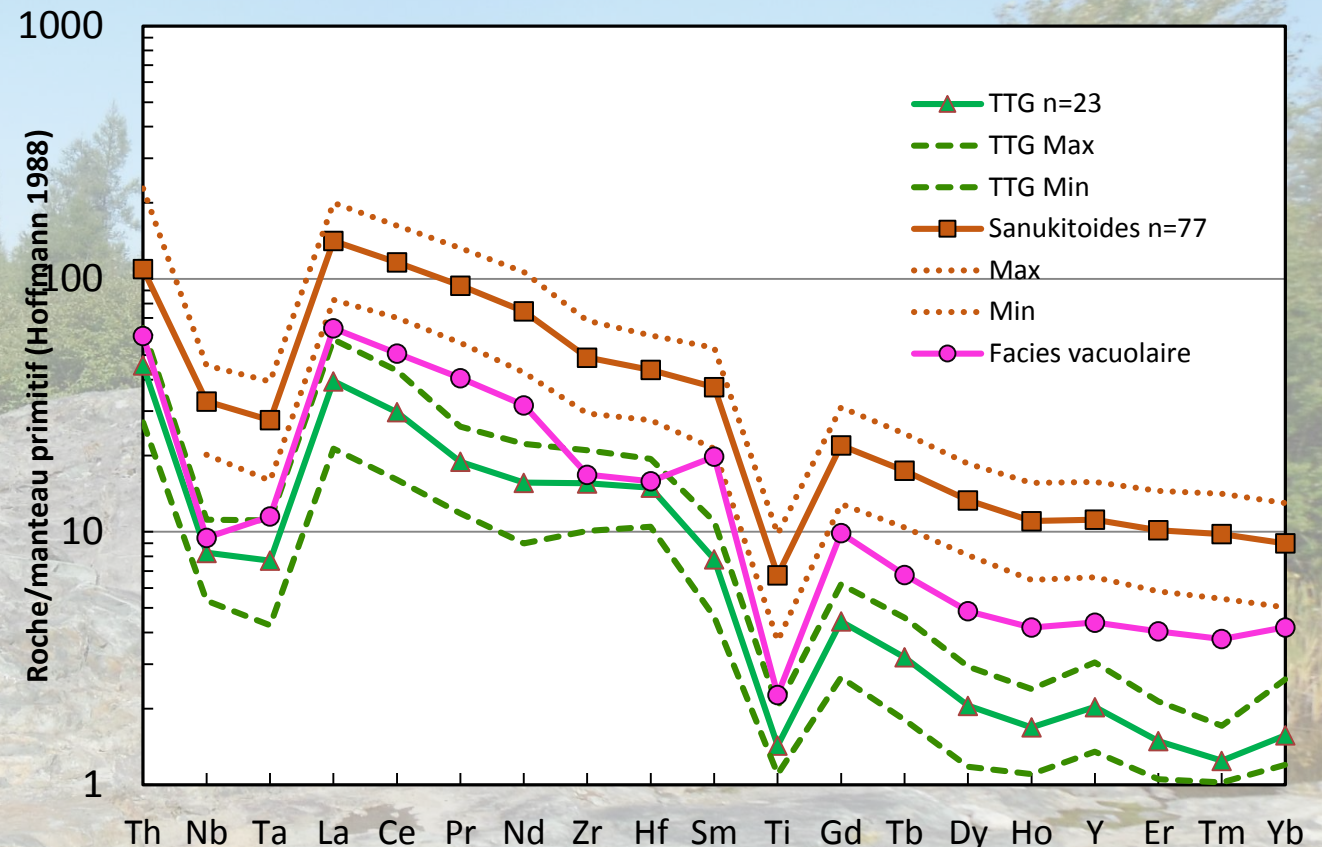
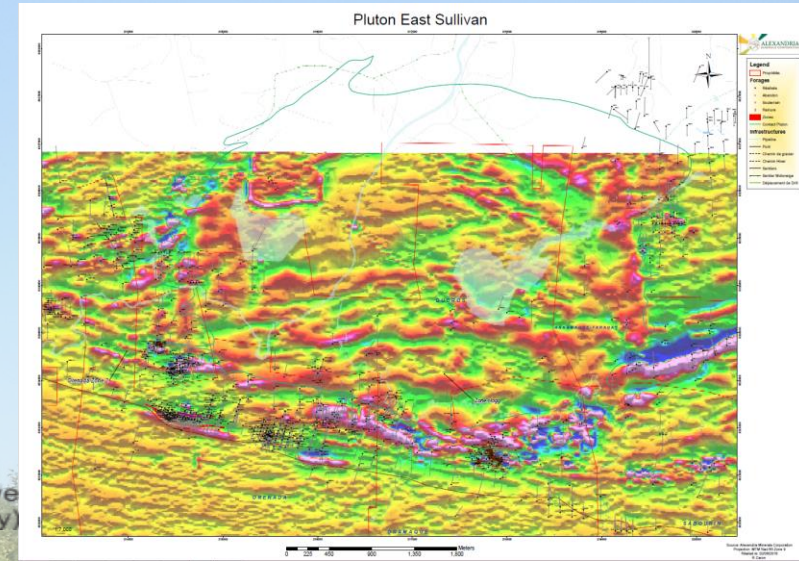
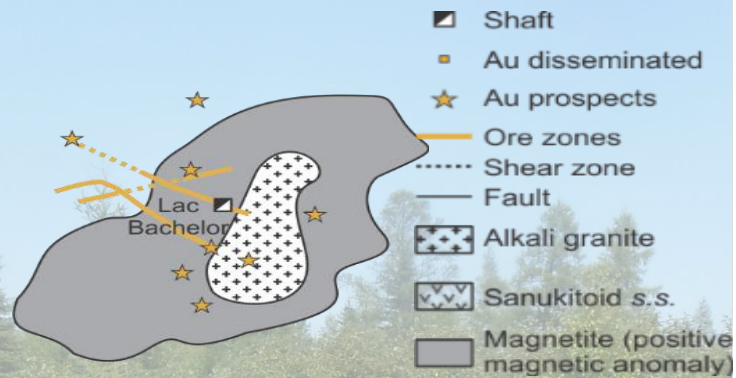


Figure 32 : Spectre étendu des éléments traces du faciès vacuolaire et de la moyenne des TTG et sanukitoïdes de la ceinture de Limpopo (Afrique du Sud) normalisés au manteau primitif, Hoffmann (1988).



# Et l'or dans tout ça?



| Porphyres « tardi-orogéniques » | Sanukitoïdes s.s  | Granite alcalin   | Intrusifs « composites »                                    |
|---------------------------------|---|---|---|
| Au                              | Dans l'intrusion  | Dans l'encaissant   | Dans l'intrusion et l'encaissant                            |
| Habitus Au                      | Dissémination, remobilisation dans des failles tardives | Dissémination dans zones de remplacement, perméabilités préexistantes | Associé à des zones de cisaillement Avec Cu et Ag           |
| Association                     | Mt-Hem, K-feldspath, Ser, Fe-Carbonate, Py              | Mt-Hem, K-feldspath, Py, (Fluorine)                                   | Mt-Hem, K-feldspath, Py???                                  |
| Géophysique                     | Intrusion magnétique-anomalie « Positive »              | Intrusion non magnétique, halo magnétique-anomalie « annulaire »      | Intrusion magnétique, halo magnétique et anomalie composite |
| Exemples                        | Beattie, Young-Davidson                                 | Lac Bachelor, Golden Arrow  | Pluton de East-Sullivan                                     |



# Conclusions

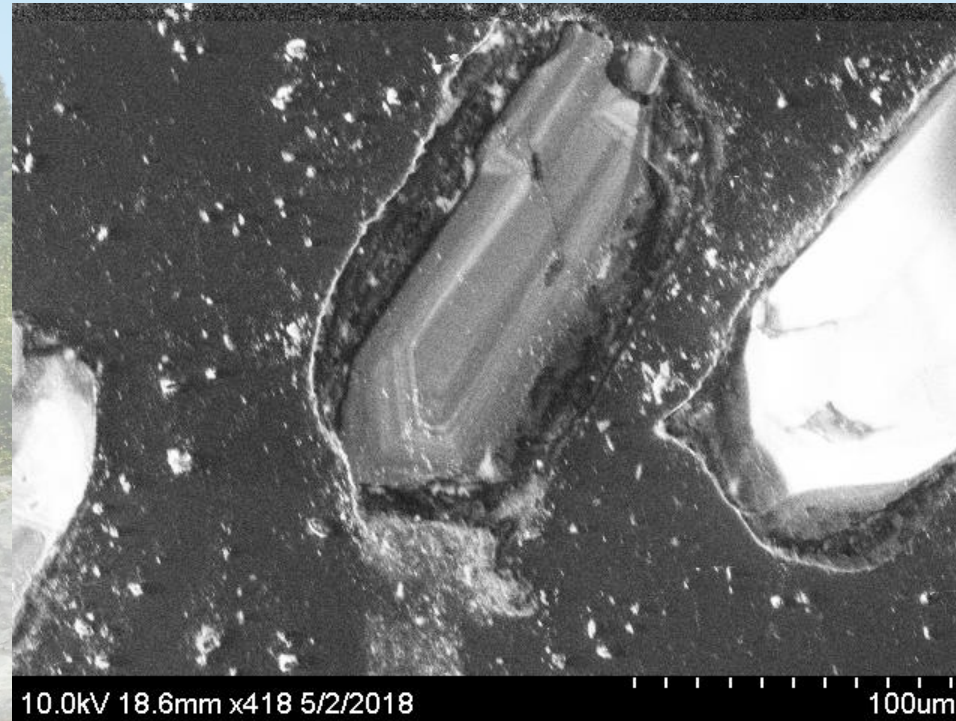
- (1) Le pluton d'East Sullivan : pluton **composite calco-alkalin, polyphasé**, avec une histoire **complexe**
- (2) Les faciès majeurs ont **des compositions, textures et évolutions très semblables**, excepté le faciès à Cu-Mo;
- (3) Les minéralisations se présentent sous différents faciès, à la fois à **l'extérieur, en bordure et au sein** du pluton d'East Sullivan;
- (4) Le pluton d'East Sullivan appartient à la famille des **sanukitoïdes**, une famille de la transition Archéen-Protérozoïque qui présente un **fort potentiel en or**, comme le pluton de Beattie (Bigot et Jébrak, 2015), Lac Bachelor (Fayol et Jébrak, 2017), Francoeur-Wasamac (Mériaux et Jébrak, 2017), auxquels s'ajoute un **potentiel en cuivre** pour le East Sullivan;
- (5) Les **skarns** constituent des minéralisations exceptionnelles dans les ceintures archéennes...



Figure 34 : affleurement du pluton de East-Sullivan



# La suite



*Figure 34 : Zircon photographié au MEB, du facies trachytique*





MERCI



# BIBLIOGRAPHIE

- Bigot, L., Jebrak, M. (2015). Gold Mineralization at the syenite-hosted Beattie Gold deposit, Duparquet, Neoproterozoic Abitibi belt, Canada. *Economic Geology* 110, 315-335
- Burrows, D.R. & Spooner, E.T.C., (1989). Relationships between Archean gold quartz vein-shear zone mineralization and igneous intrusions in the Val d'Or and Timmins areas, Abitibi subprovince, Canada. *Economic Geology* 6, 424-444
- Fayol, N., Jebrak M., (2017). Archean sanukitoid gold porphyry deposits: A new understanding and genetic model from the Lac Bachelor gold deposit, Abitibi, Canada. *Economic Geology* 112 (8), 1913-1936
- McDonough, W. F. & Sun, S.-s. (1995). The composition of the Earth. *Chemical Geology* 120, 223–253.
- Mériaud, N., Jebrak, M., (2017). From intrusion-related to orogenic mineralization: The Wasamac deposit, Abitibi Greenstone Belt, Canada. *Ore geology reviews* 84, 289-308
- Laurent, O., et al., (2014). The diversity and evolution of late-Archean granitoids : Evidence for the onset of « modern-style » plate tectonics between 3.0 and 2.5 Ga. *Lithos* 205, 208-235
- Middlemost, E.A.K., (1994). Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth Sciences Reviews* 37, 215–224
- Mortensen, J.K. & Card, K.D., (1994). U-Pb age constraints for the magmatic and tectonic evolution of the Pontiac Subprovince, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences* 30, 1970-1980
- Pilote, P., et al., (2014). Architecture des groupes de Malartic, de Piché et de Cadillac et de la Faille de Cadillac, Abitibi. Révisions géologique, nouvelles datations et interprétations. MERN, Québec, DV 2015-03, p.37
- Pilote, P., et al., (1999). Géologie des formations Val d'Or, Héva et Jacola -nouvelle interprétations du groupe de Malartic. MERN, Québec, DV 99-03, p.19
- Taner, M. F., (1996). The East Sullivan Stock and its Gold-Copper Potential, Val d'Or, Quebec, Canada. *Exploration Mining Geology* 5, 15.
- Strecheisen, A., (1974). Classification and nomenclature of plutonic rocks recommendations of the IUGS subcommission on the systematics of Igneous Rocks. *Geologische Rundschau* 63 (2), 773–786
- Sutcliffe, R.H., et al., (1990). Mantle derivation of Archean amphibole-bearing granitoid and associated mafic rocks : Evidence from the southern Superior province, Canada. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 105, 255