

Tomographie sismique des cratons et des ceintures de roches vertes: exploration régionale pour le diamant et l'or

Stéphane Faure (Consorem UQAM)

Stéphanie Godey (European Mediterranean Seismological Centre)

Francine Fallara (URSTM – UQAT)

Utilisation des outils et méthodes du Consorem

Québec Exploration, Château Frontenac, 22 Novembre 2010

ALEXIS

Cameco

MDN inc.

SOQUEM

VIRGINIA

AURIZON

AGNICO-EAGLE

xstrata
copper

CARTIER
RESSOURCES

stornoway
DIAMOND CORPORATION

Ressources
d'ARIANNE

xstrata
zinc

ONHYM

GERM

CRÉ CONFÉRENCE RÉGIONALE DES ÉLUS
SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN

Ministère
du Développement
économique,
de l'Innovation
et de l'Exportation
Québec

Ressources naturelles
et Faune
Québec

Canada Développement
économique Canada

UQAM
Université du Québec à Montréal

URSTM/UQAT UQAC

Plan

Introduction: tomographie sismique et modèle utilisé

Partie I

Relation spatiale 3D entre les champs de kimberlites de l'Amérique du Nord et l'architecture du manteau archéen

Partie II

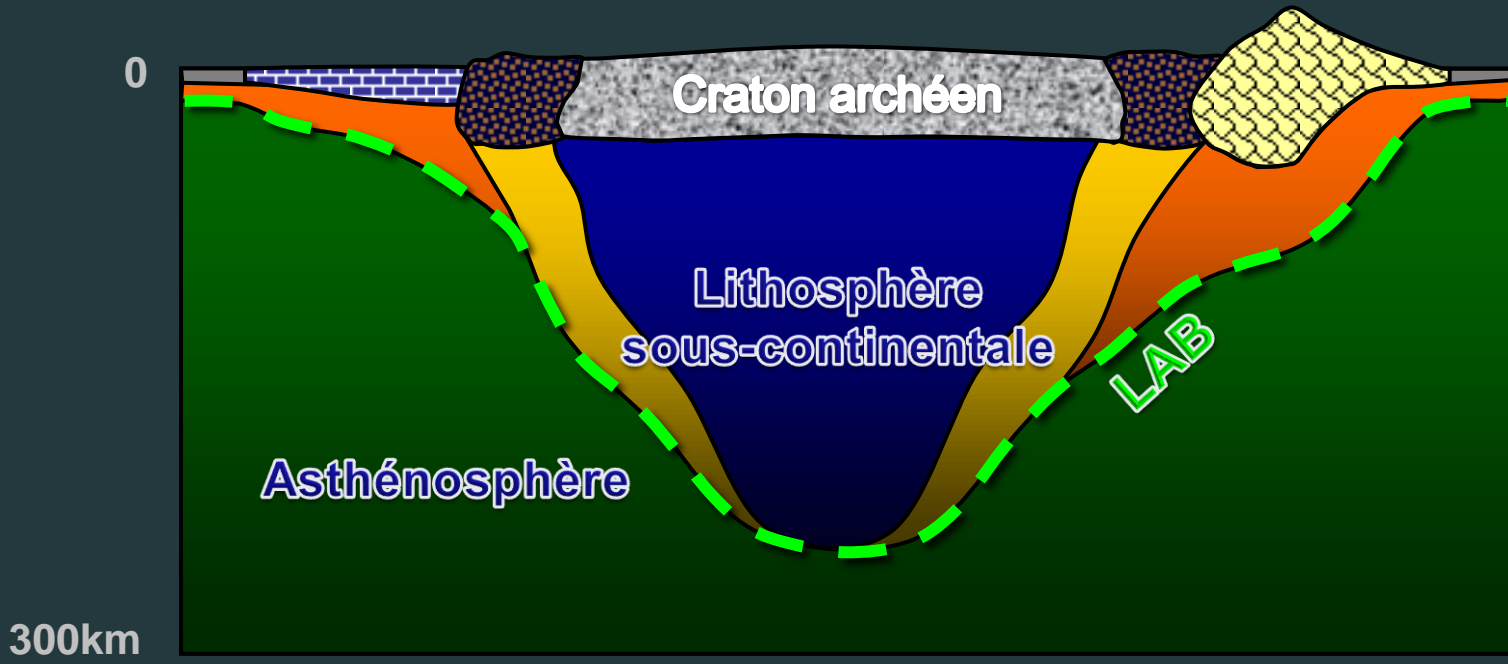
Les ceintures de roches vertes et la signature sismique du manteau sous la Province de Supérieur

Conclusion

Modèle de vitesse sismique Tomographique 3D

Principes

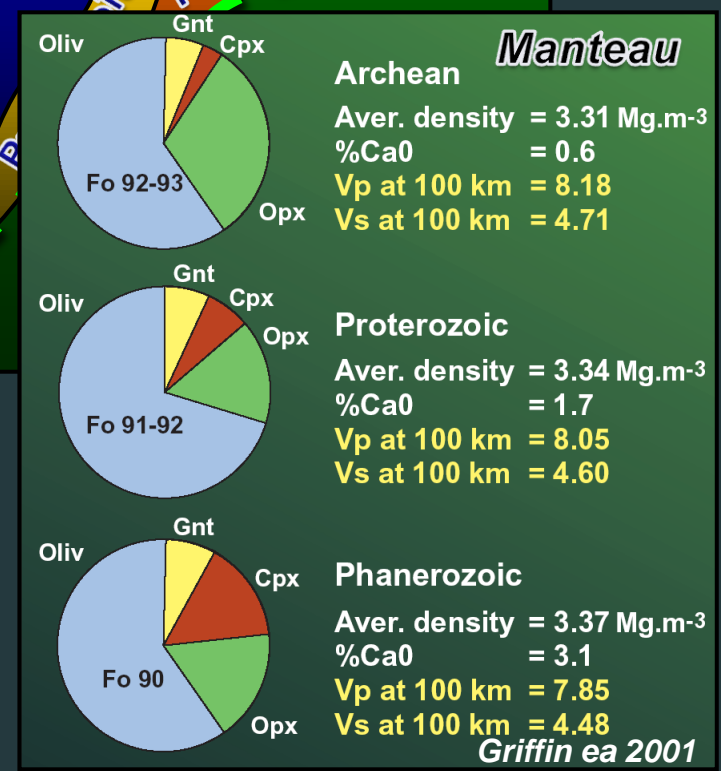
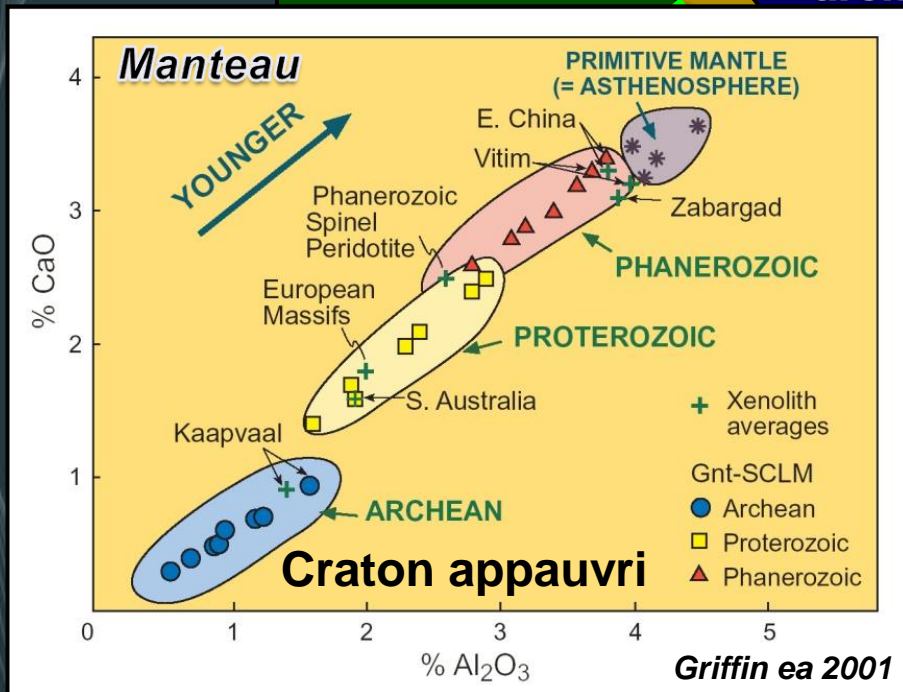
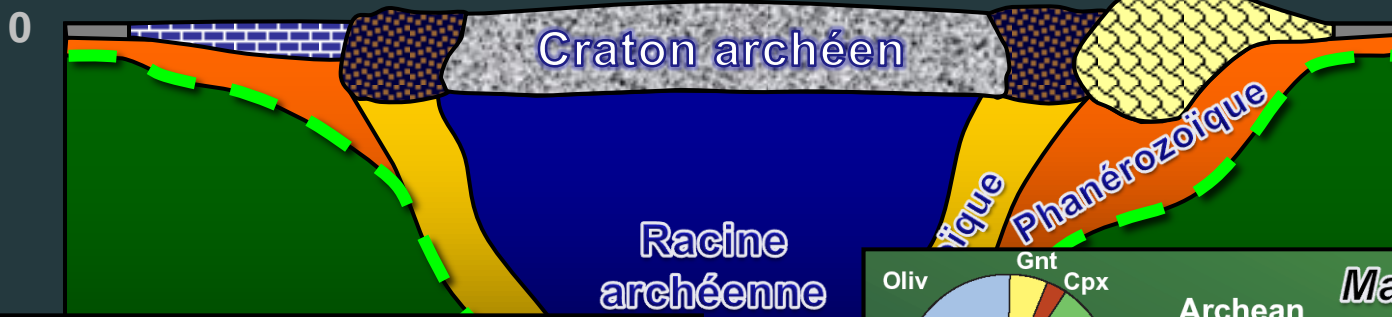
Craton et manteau lithosphérique



LAB: Lithosphere-Asthenosphere Boundary

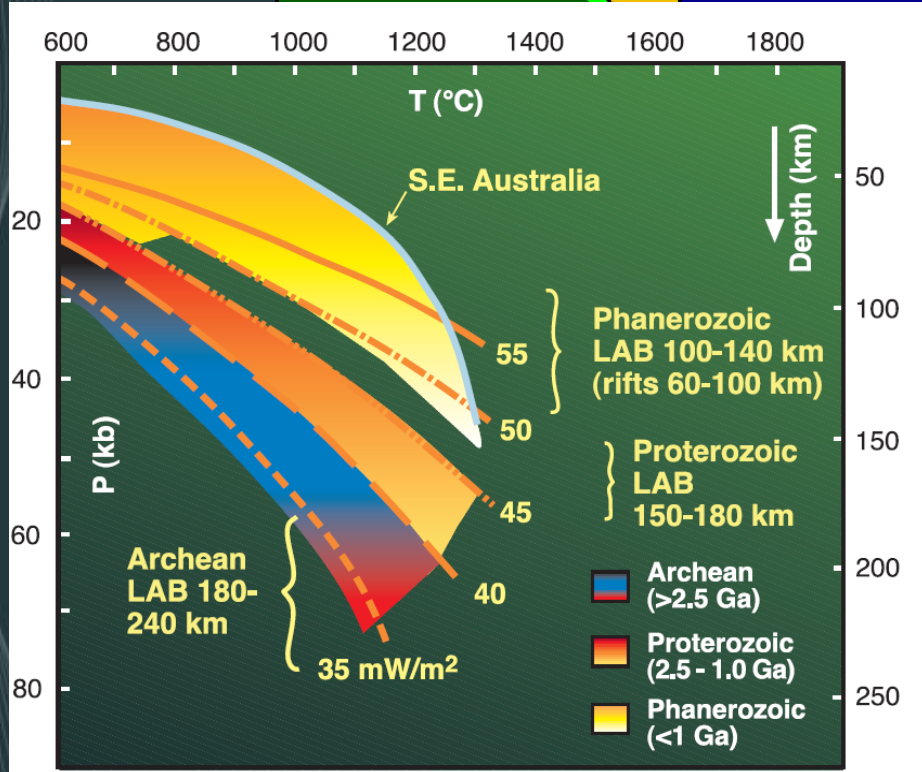
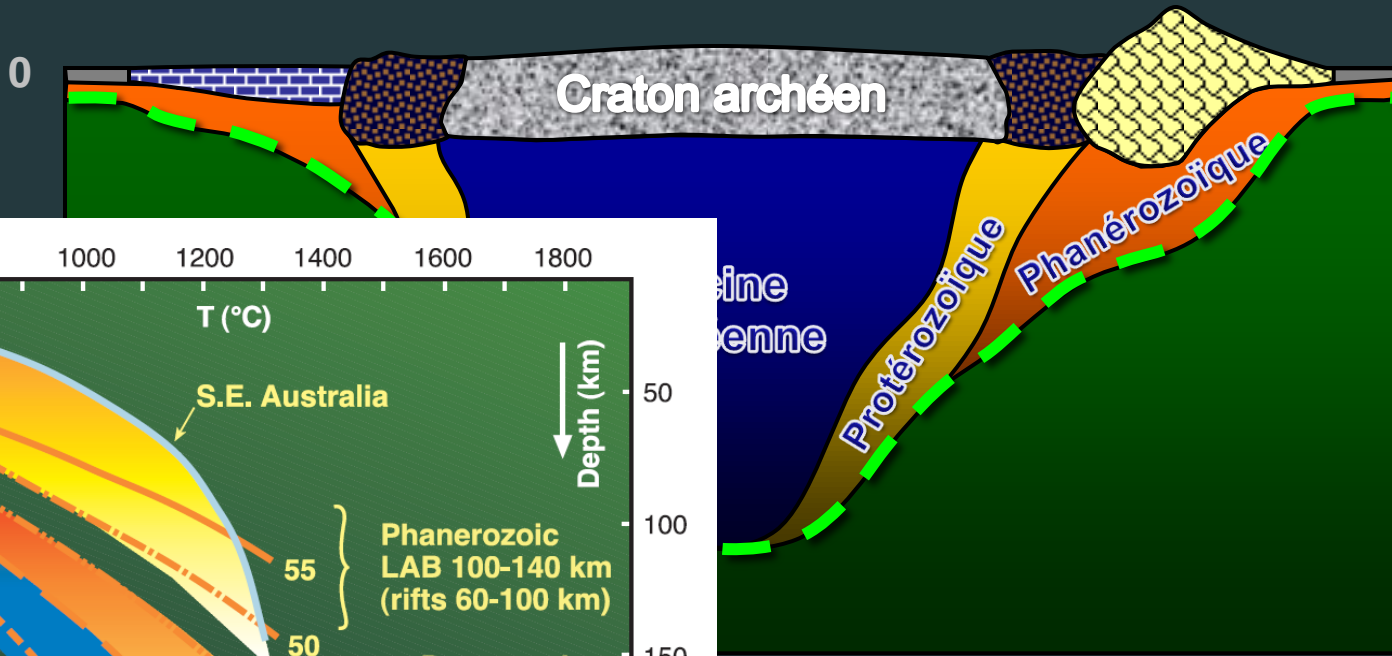
Craton et manteau lithosphérique

Les cratons archéens sont appauvris géochimiquement



Les cratons archéens ont une plus grande flottabilité (longévité)

Craton et manteau lithosphérique

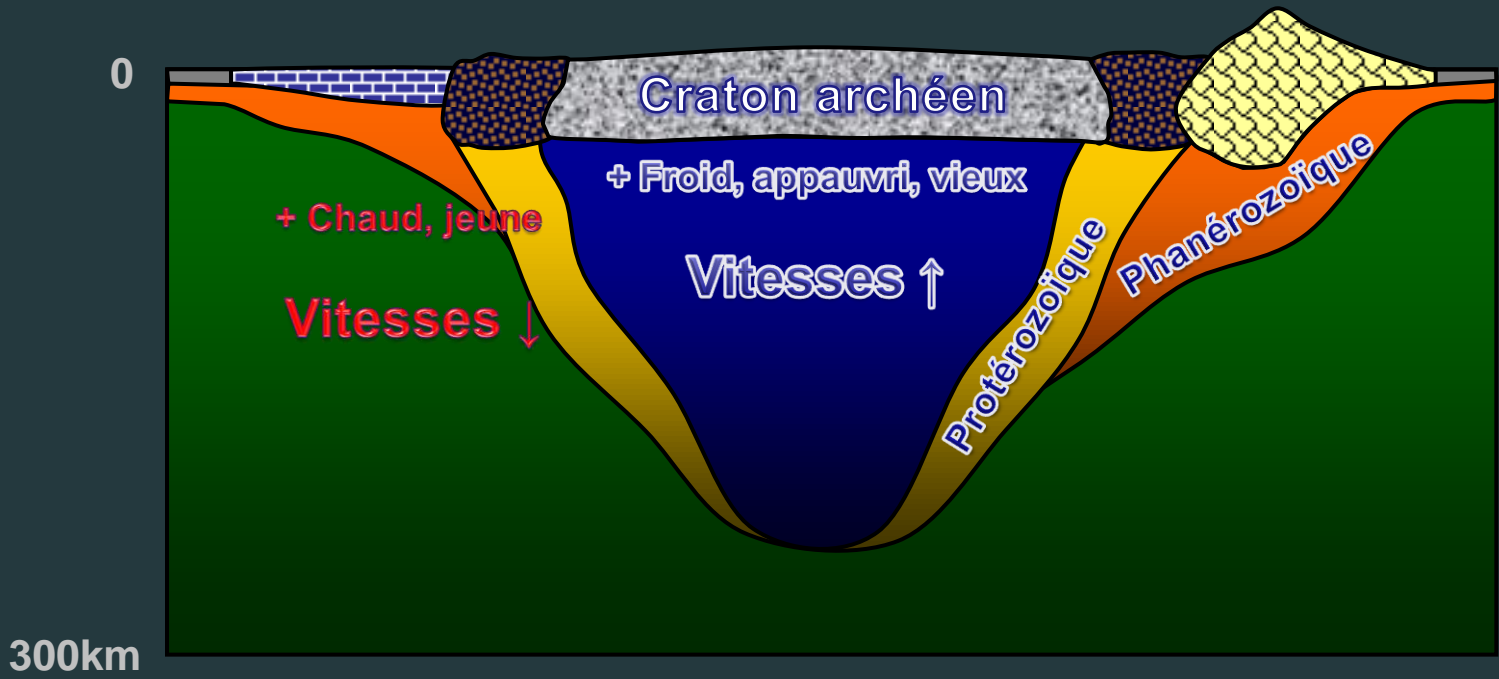


Les cratons archéens sont plus « froids »

Figure 2. Range of *P-T* conditions and depths to lithosphere-asthenosphere boundary (LAB), commonly derived using xenolith and xenocryst suites entrained in volcanic rocks that penetrate crust of different tectonothermal age. **O'Reilley ea 2001**

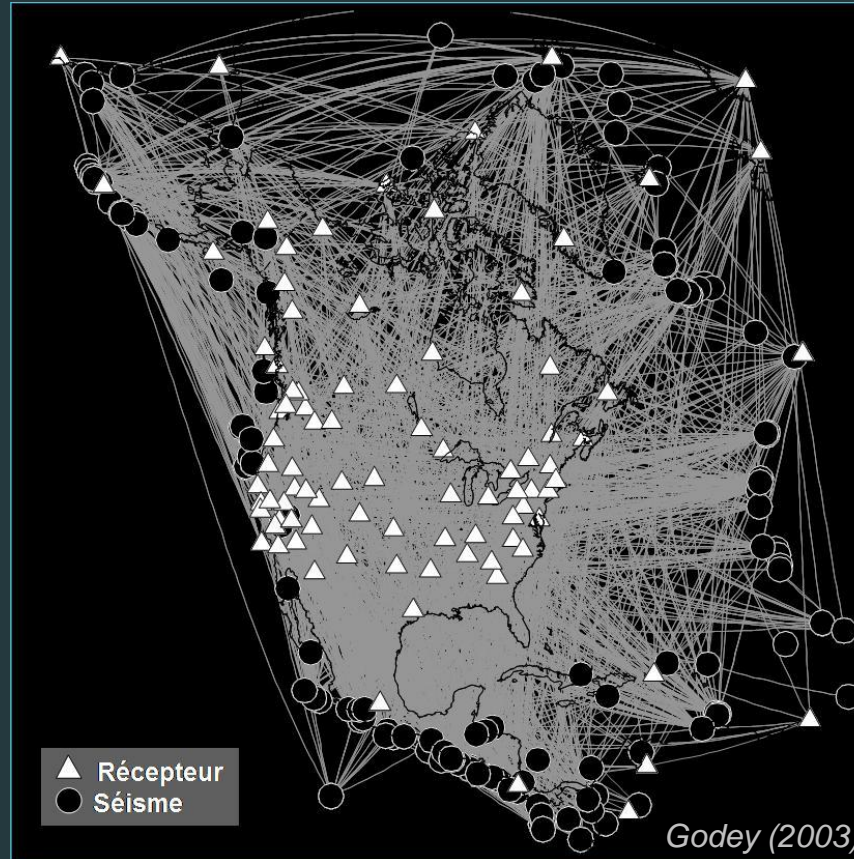
Craton et manteau lithosphérique

Comportement des ondes sismiques dans des milieux de composition et de température différentes



Tomographie sismique - Principes

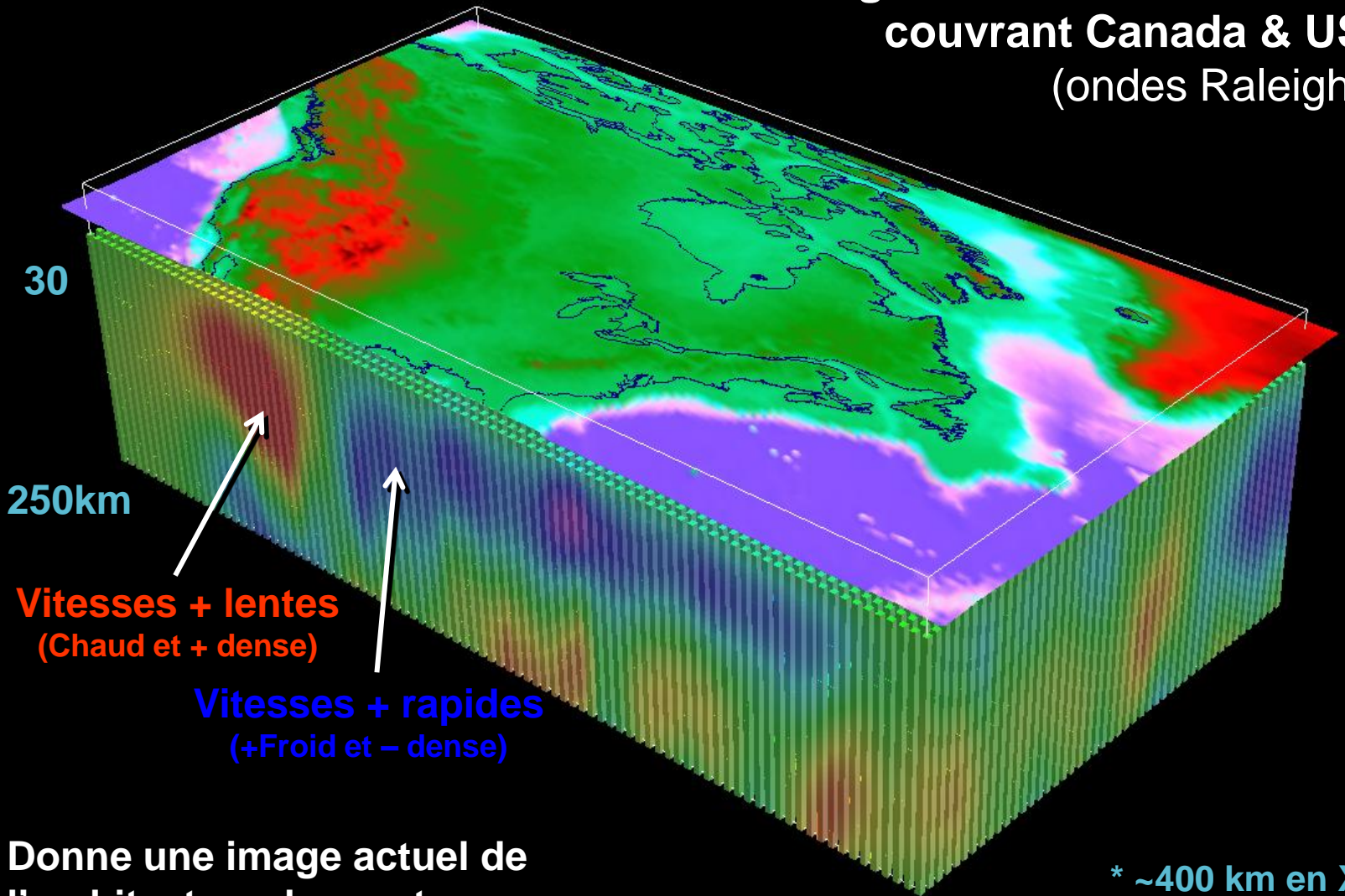
Couverture
des rais



207 séismes entre 4,7 et 7 de magnitude (1995 à 1999)
142 stations globales (GSN) et régionales (Godey 2002)

Modèle tomographie - Amérique du Nord

Premier modèle régional haute résolution*
couvrant Canada & US
(ondes Raleigh)



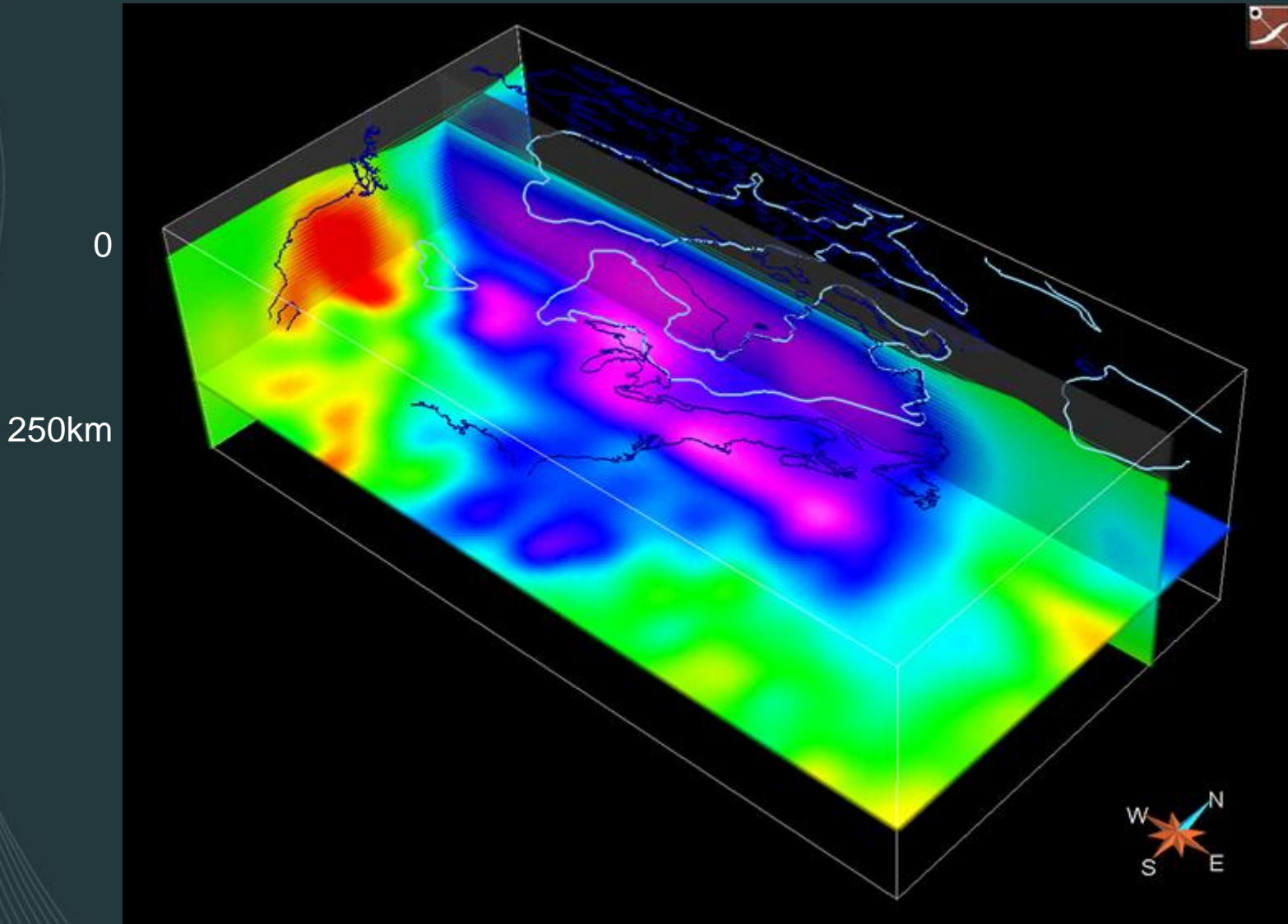
Vitesses + lentes
(Chaud et + dense)

Vitesses + rapides
(+Froid et - dense)

Donne une image actuel de
l'architecture du manteau

* ~400 km en XY
~50 km en Z

Modèle tomographie - Amérique du Nord



Données de Godey, 2003

PARTIE I

Champs de kimberlites et l'architecture du manteau archéen

Racine cratonique et kimberlites

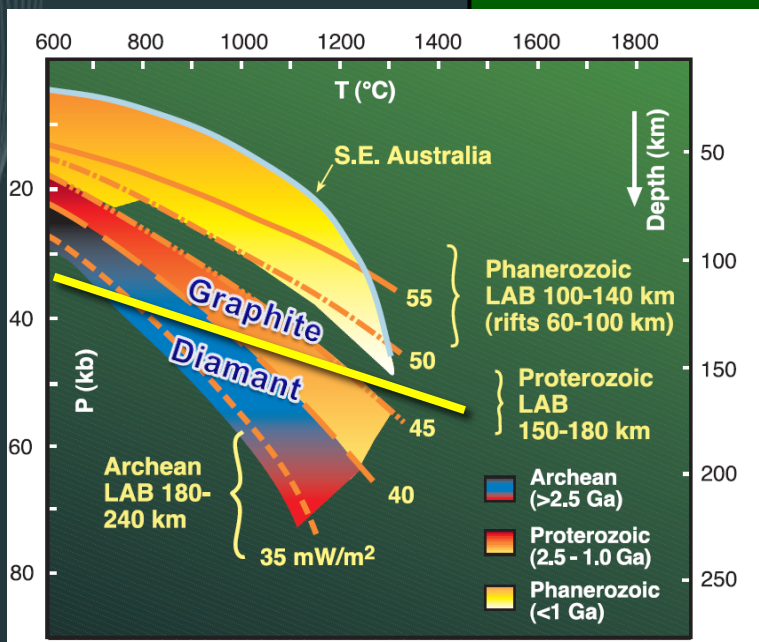
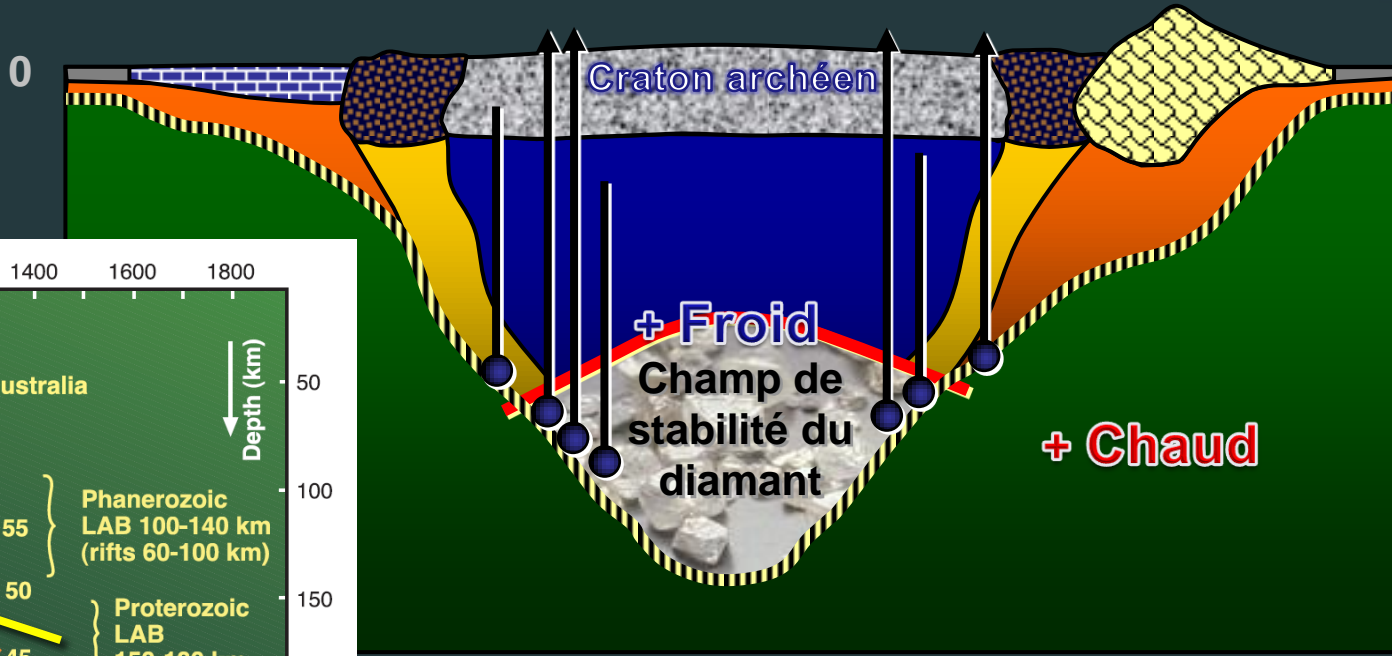


Figure 2. Range of *P-T* conditions and depths to lithosphere-asthenosphere boundary (LAB), commonly derived using xenolith and xenocryst suites entrained in volcanic rocks that penetrate crust of different tectonothermal age. **O'Reilly ea 2001**

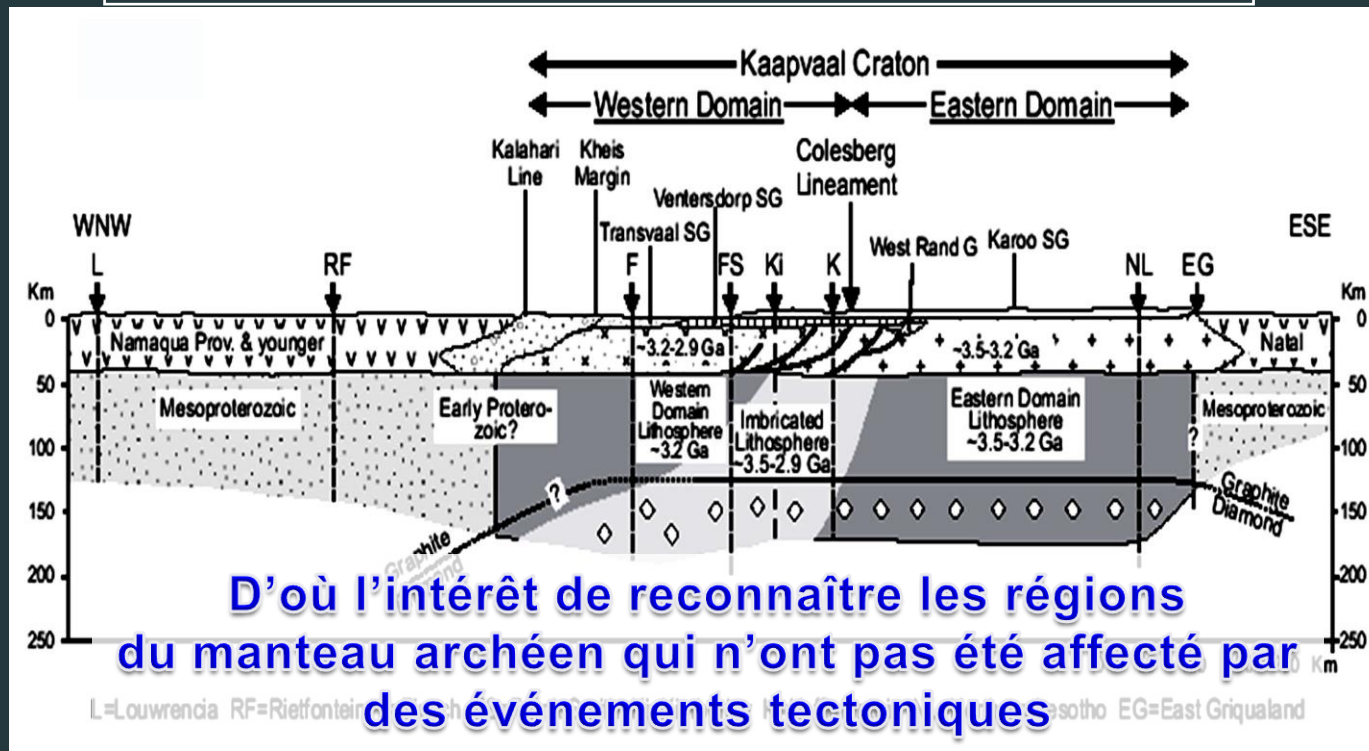
Âges des diamants

Signature des G10

Age Diamant (Ga)	Cratons			
	Kaapvaal	Sibérie	Esclaves	Australie
3,57 [Hz]			X	
3,2 [Hz]	X	X		
2,9-2,7 [EC]	X	X		
1,9-2,0 [LZ]	X	X		
1-2 [EC]	X			X

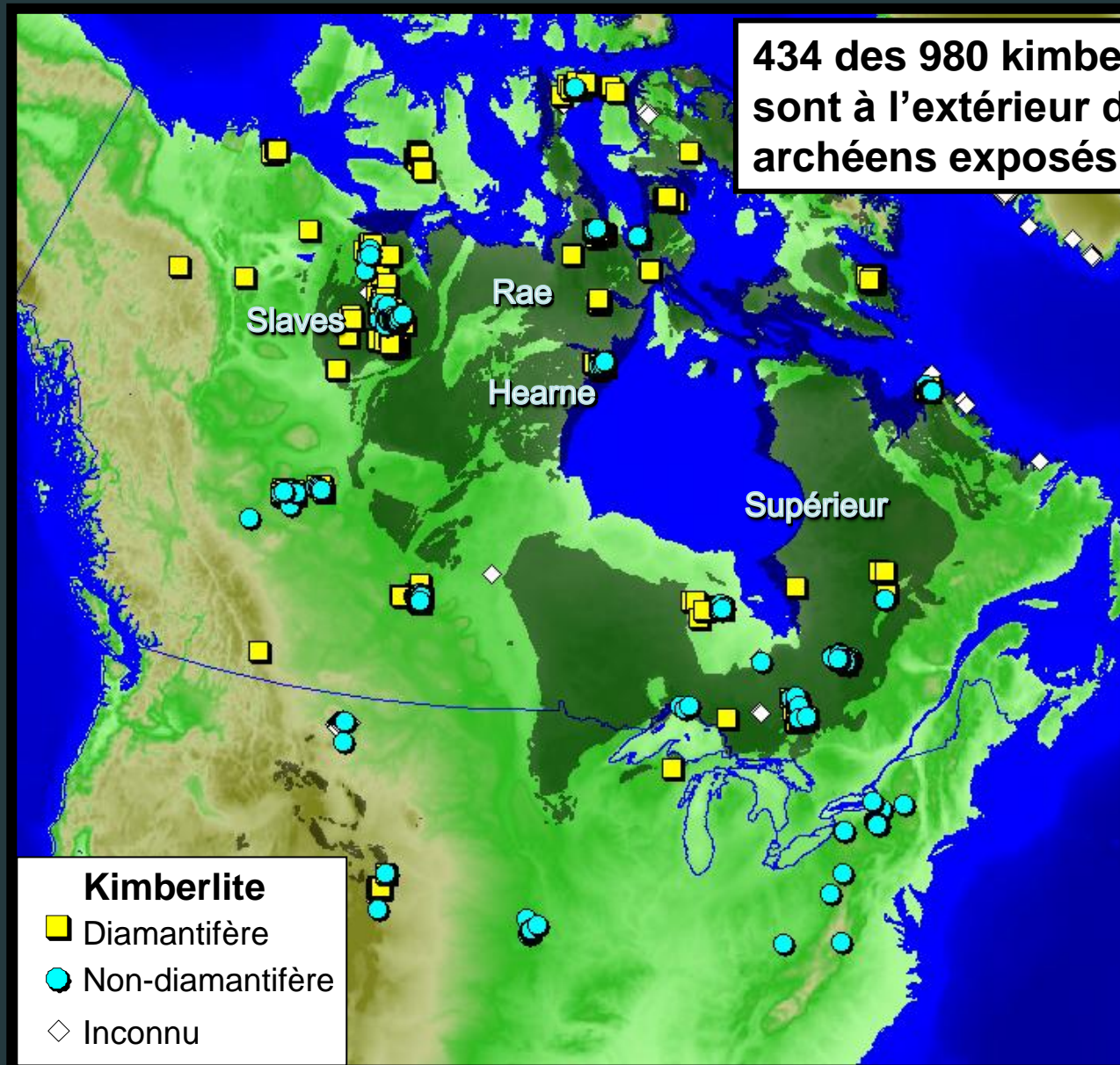
HZ: Harzburgite, EC: Eclogite, LZ: Lherzolite (compilation de Gurney et al. 2005)

Archéens



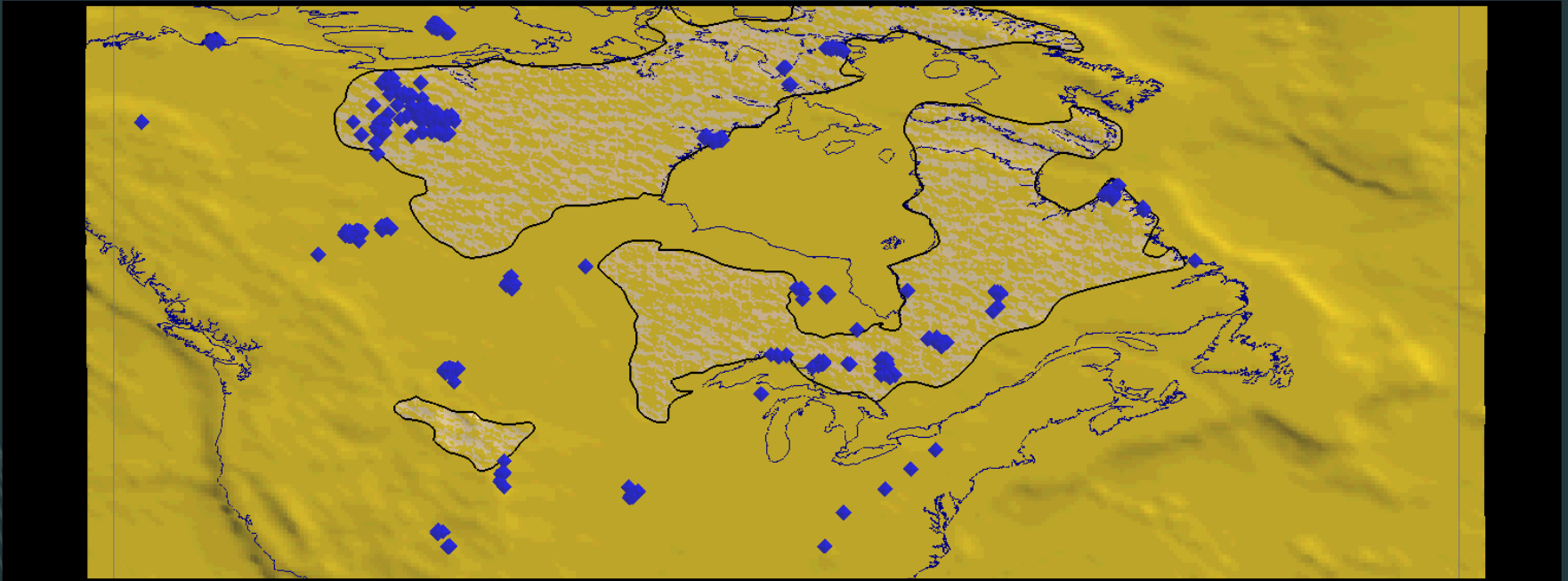
Gurney et al. 2005

Problématique



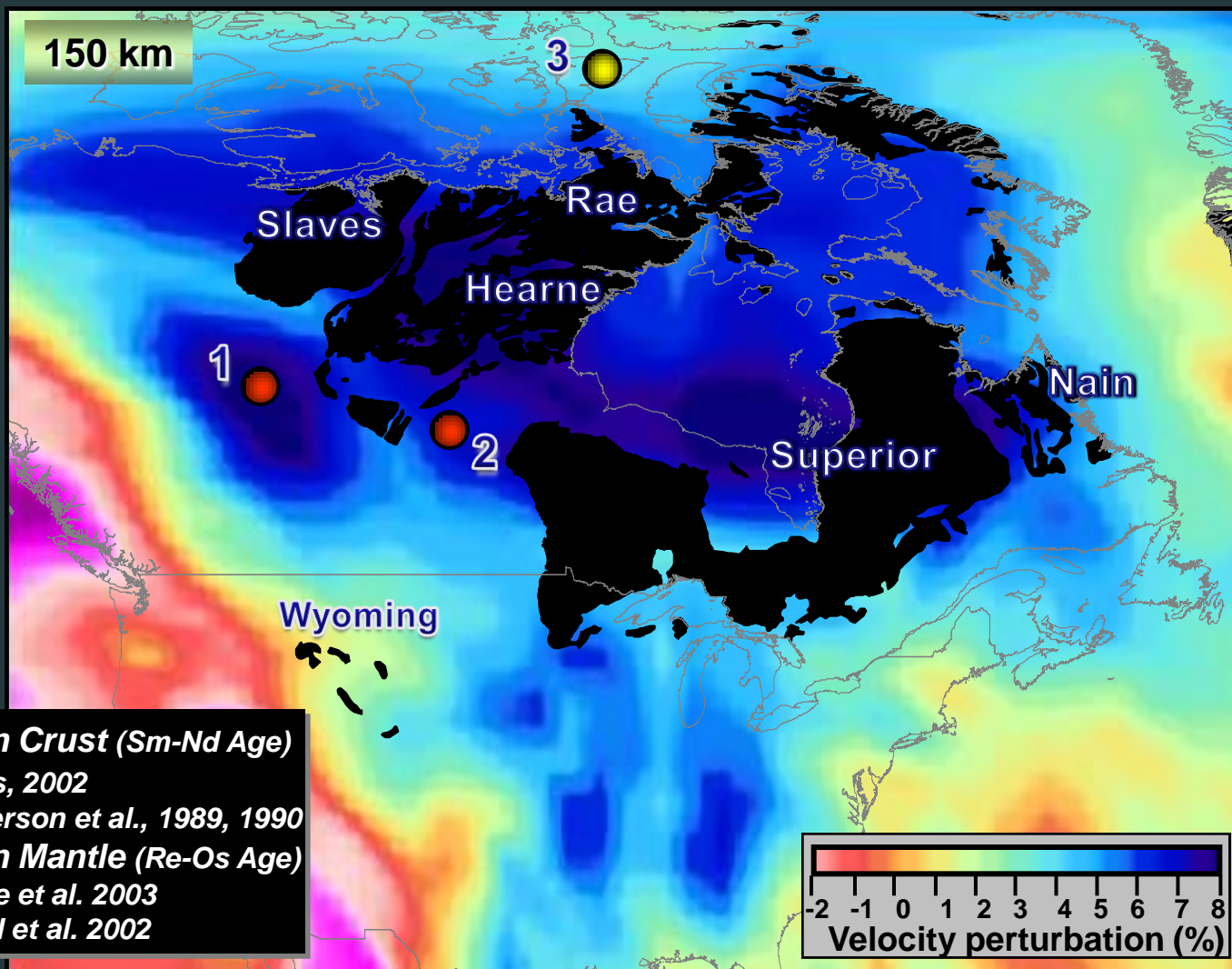
But du projet

- Établir la corrélation entre la croûte archéenne et le manteau appauvri
- Relation spatiale entre les kimberlites et l'architecture du manteau
- Proposer de nouveaux secteurs pour l'exploration en Am-Nord



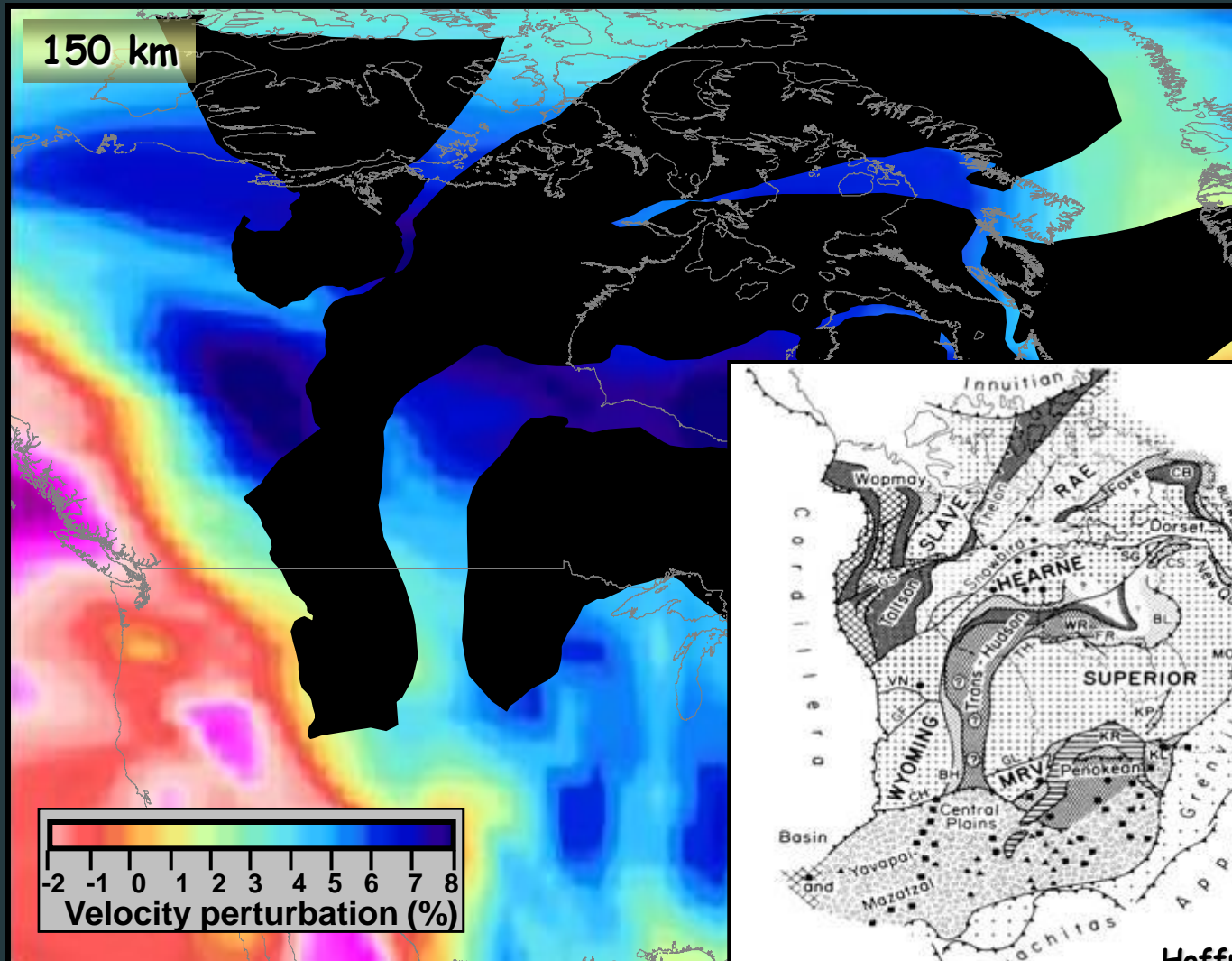
Tomographie et la croûte archéenne

Variation de vélocité séismique et les cratons exposés en surface

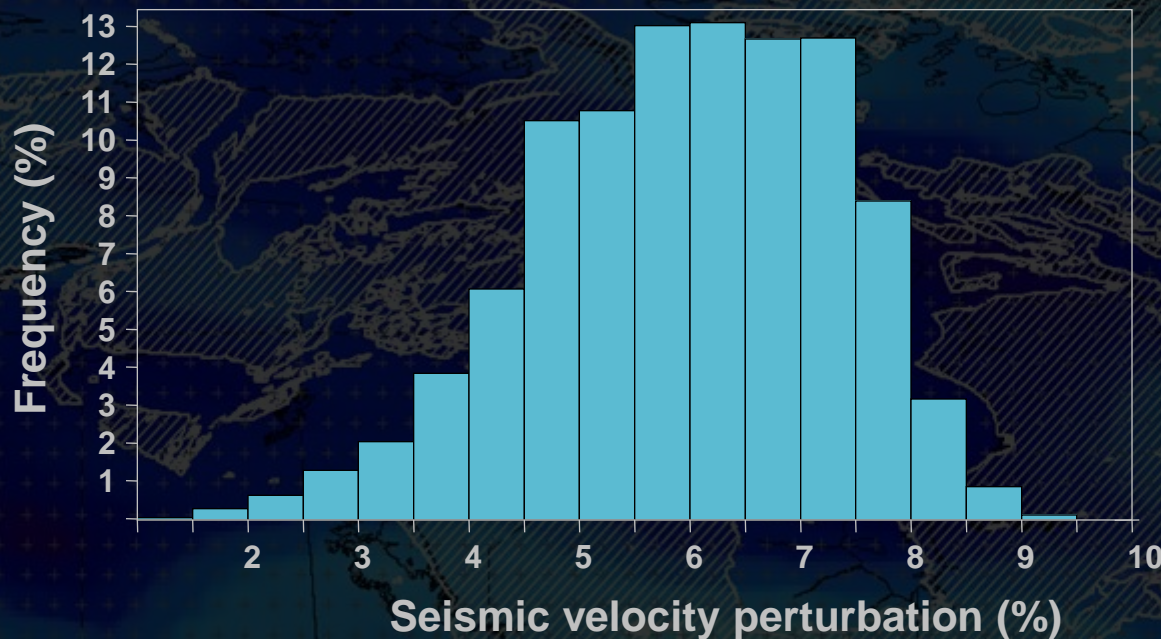


Tomographie et croûte archéenne

Extension de la croûte archéenne sous les roches de couvertures



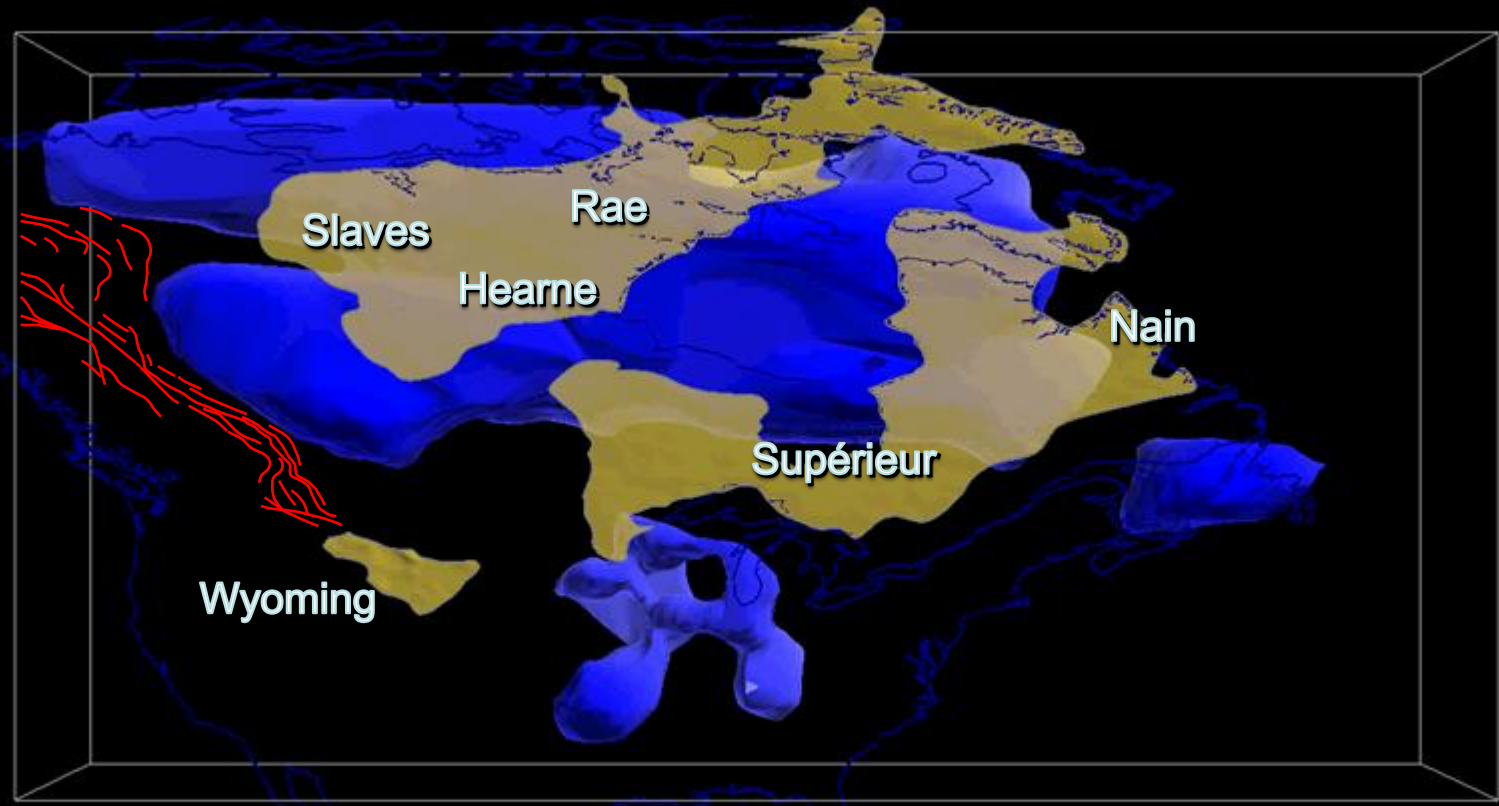
Vélocité moyenne sous les cratons archéens



Vitesses moyennes sous les cratons archéens exposés
entre 75 et 200 km = +5,96% ($\pm 1,35$ sd)

Volume des variations de vitesse $\geq +6\%$

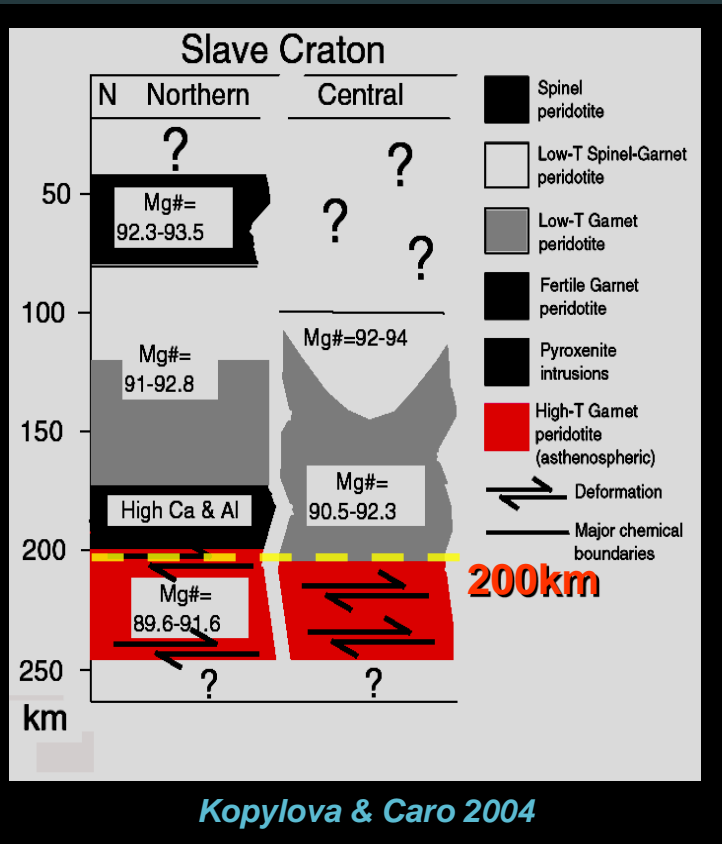
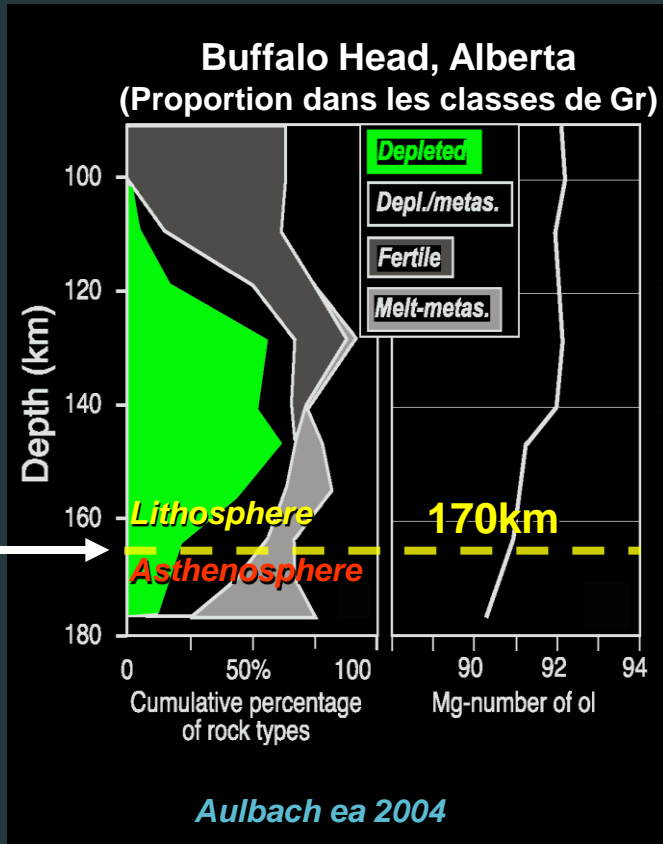
Interprété comme les vestiges de racines archéennes
et la base du LAB



Relation spatiale 3D
entre les
champs de Kimberlites et
l'architecture du manteau archéen

Profondeur de stagnation des magmas kimberlitiques

Thermobarométrie et compositions de grenats dans xénolithes mantelliques à l'époque de la mise en place des kimberlites



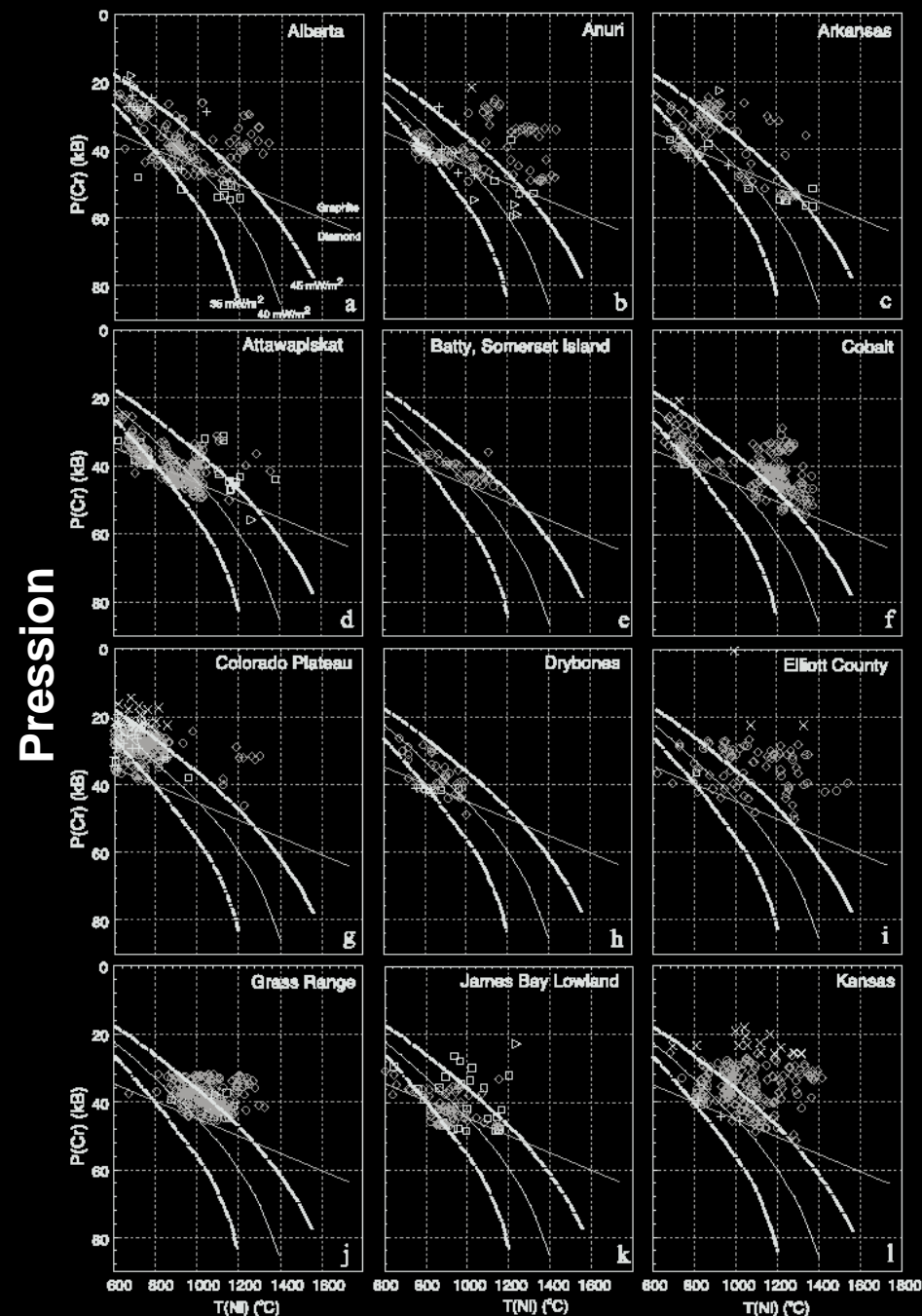
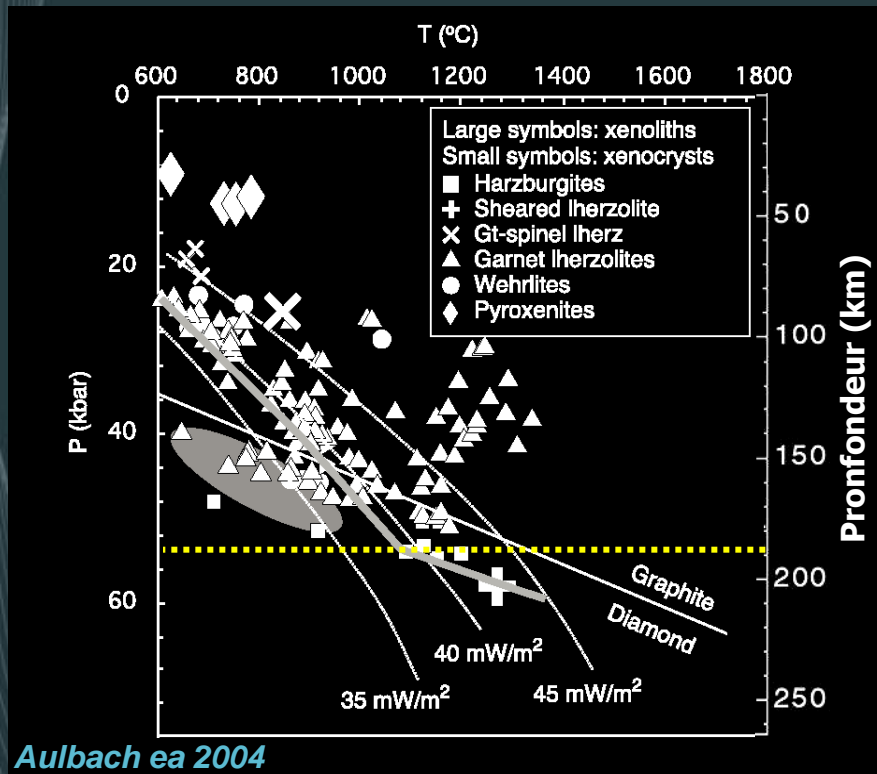
Origine des magmas kimberlitiques

Indication de la profondeur Lithosphere-Asthenosphere Boundary (LAB) et du lieu de formation des magmas kimberlitiques*

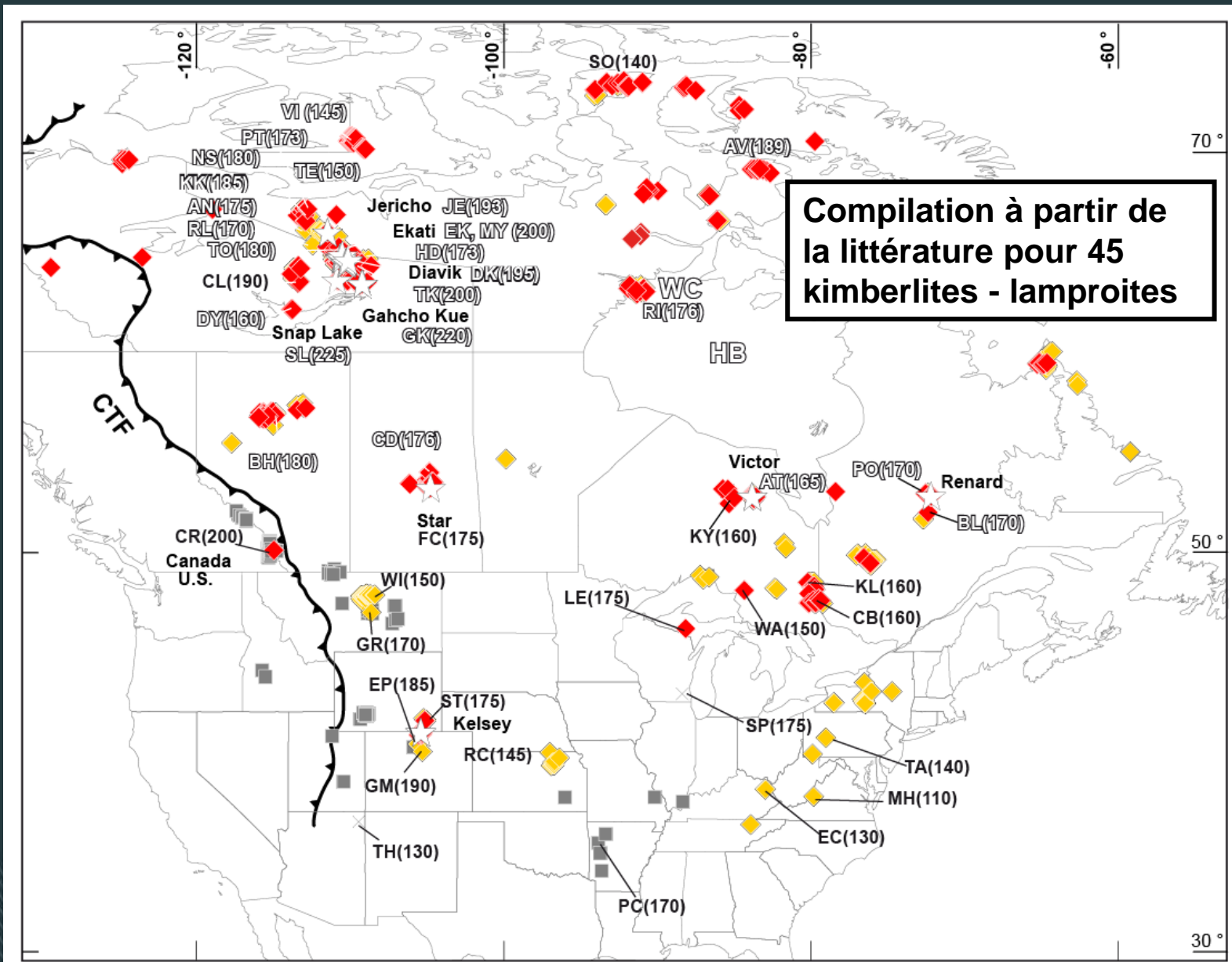
*Grégoire et al. 2006

Profondeur de stagnation des magmas kimberlitiques

Donne la profondeur approximative de la base de la lithosphère à 20-30 km

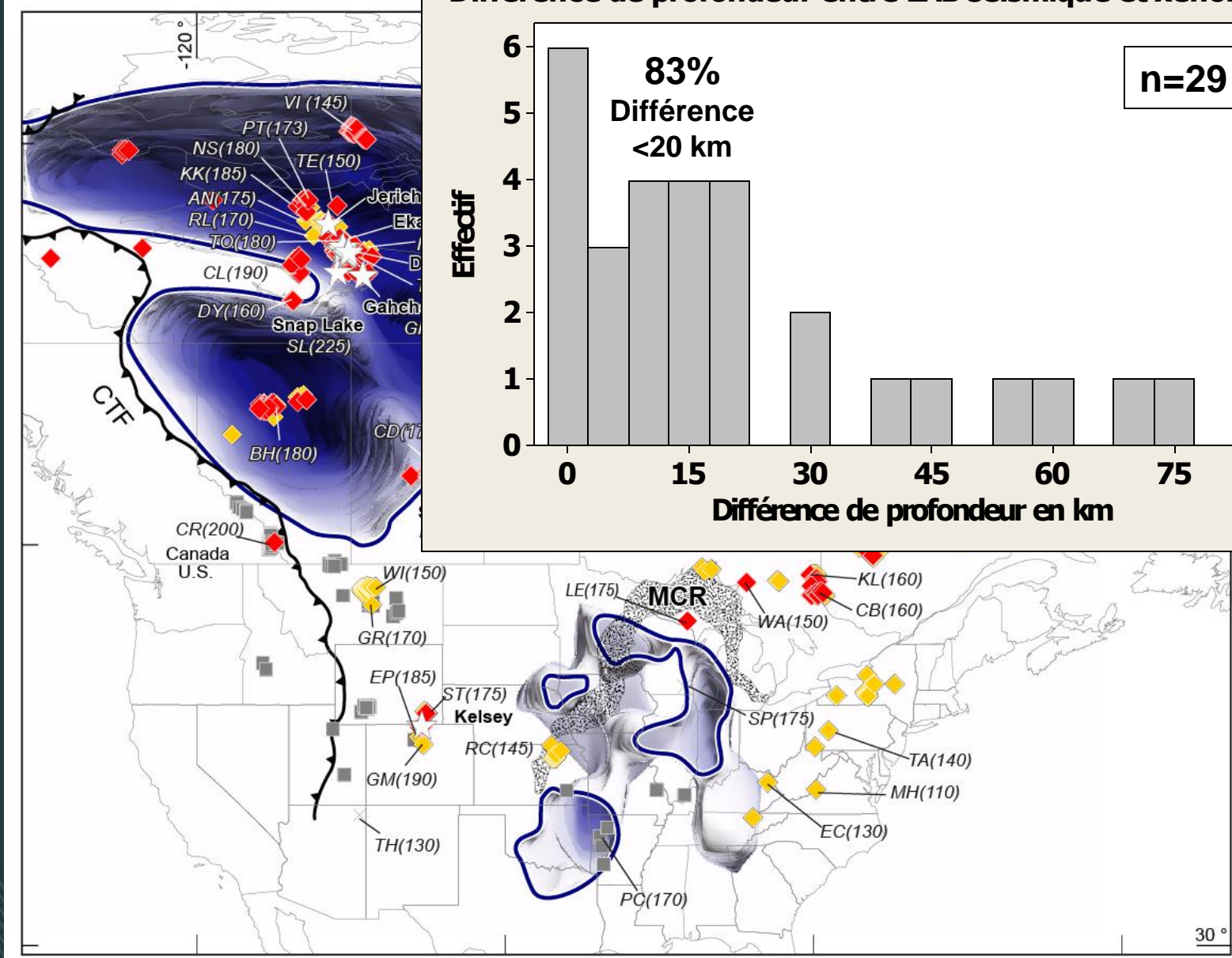
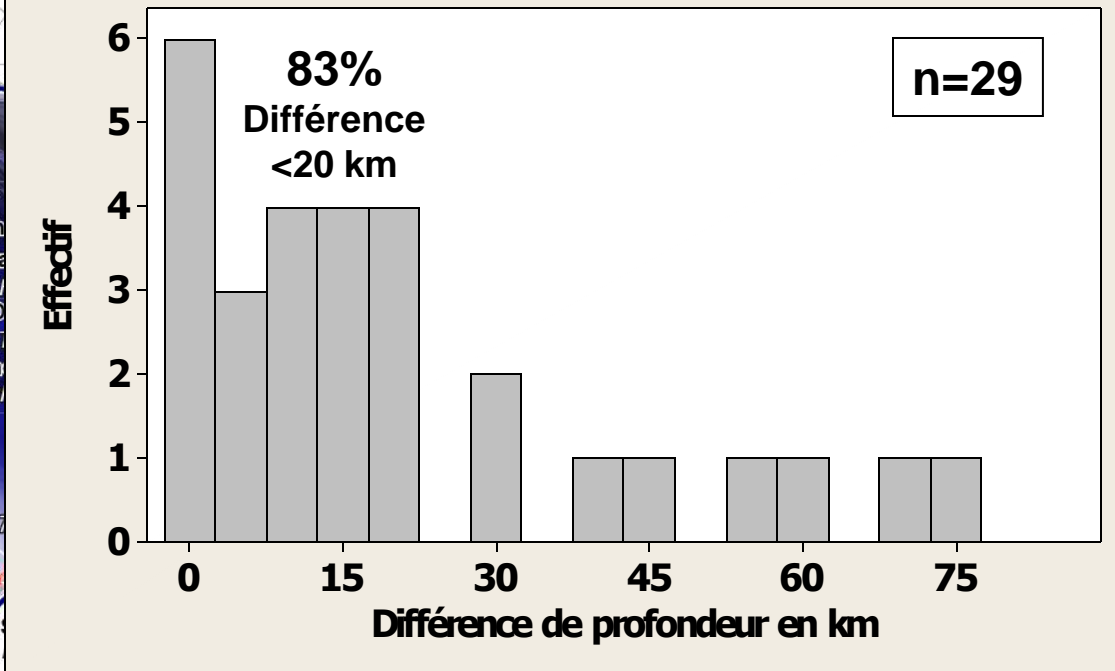


Kimberlites et profondeurs du LAB pétrologique

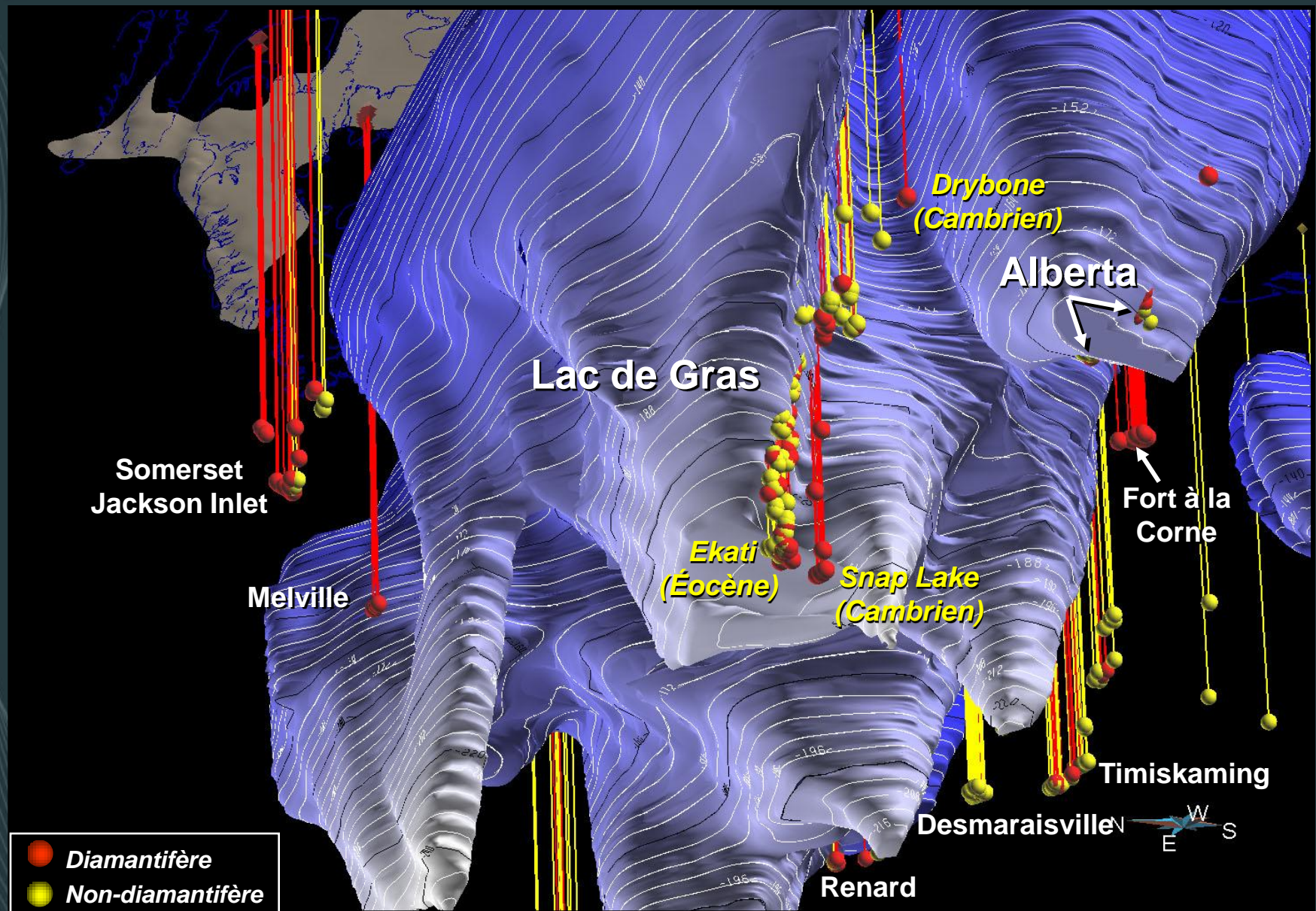


Kimberlites and Xenoliths

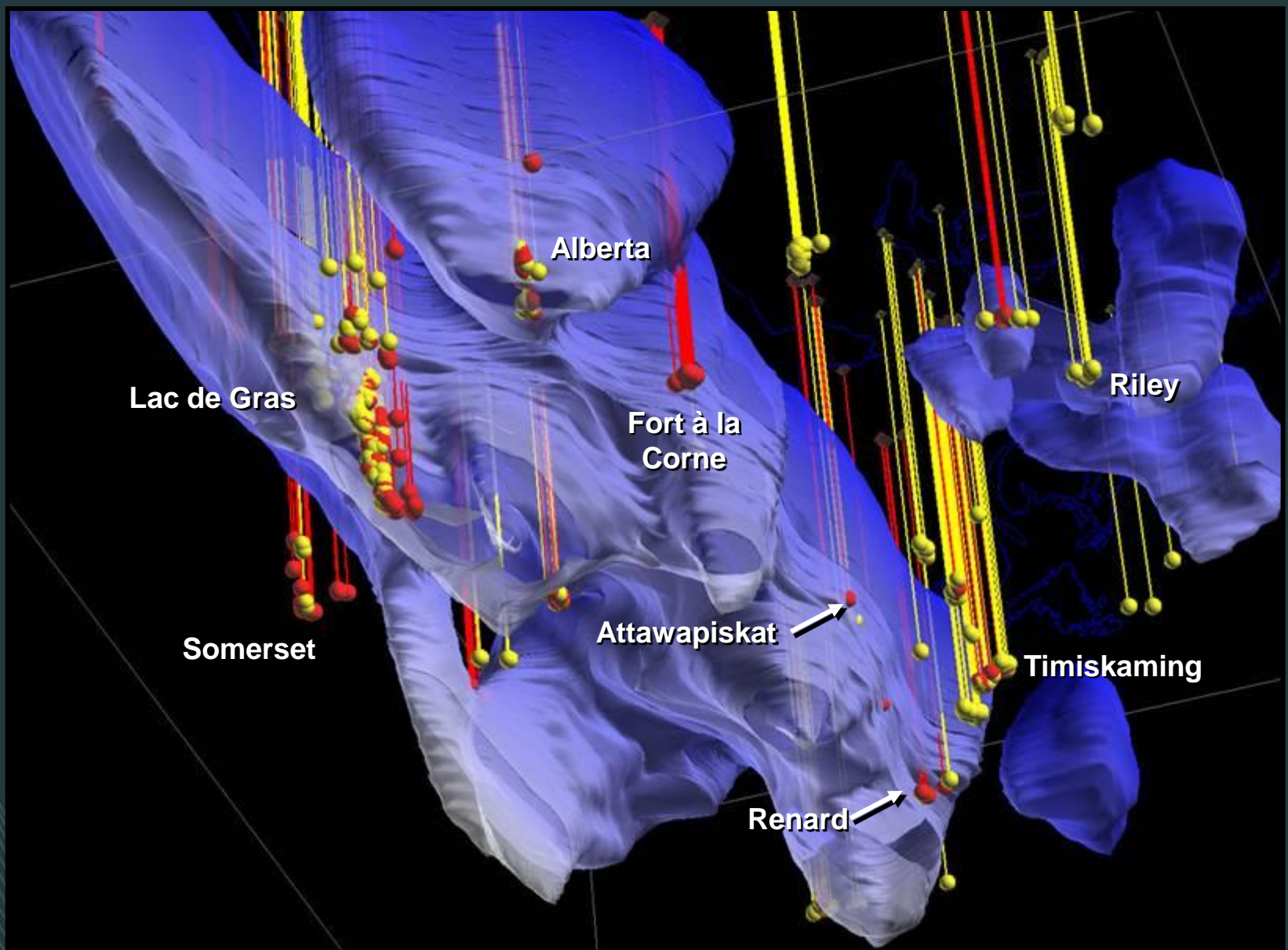
Différence de profondeur entre LAB séismique et xénolithes



Racines des cratons Ak et les kimberlites



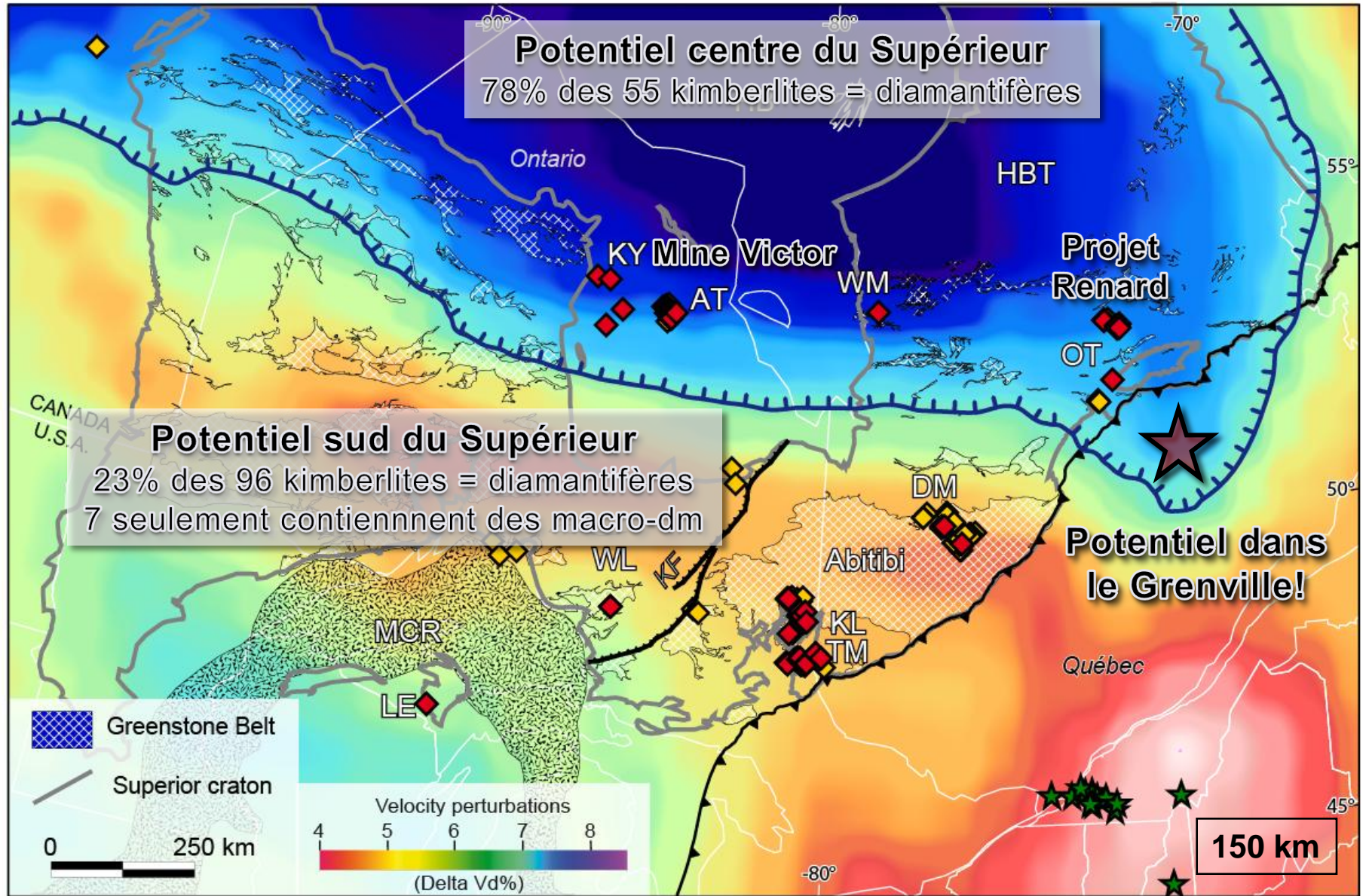
Racines des cratons Ak et les kimberlites



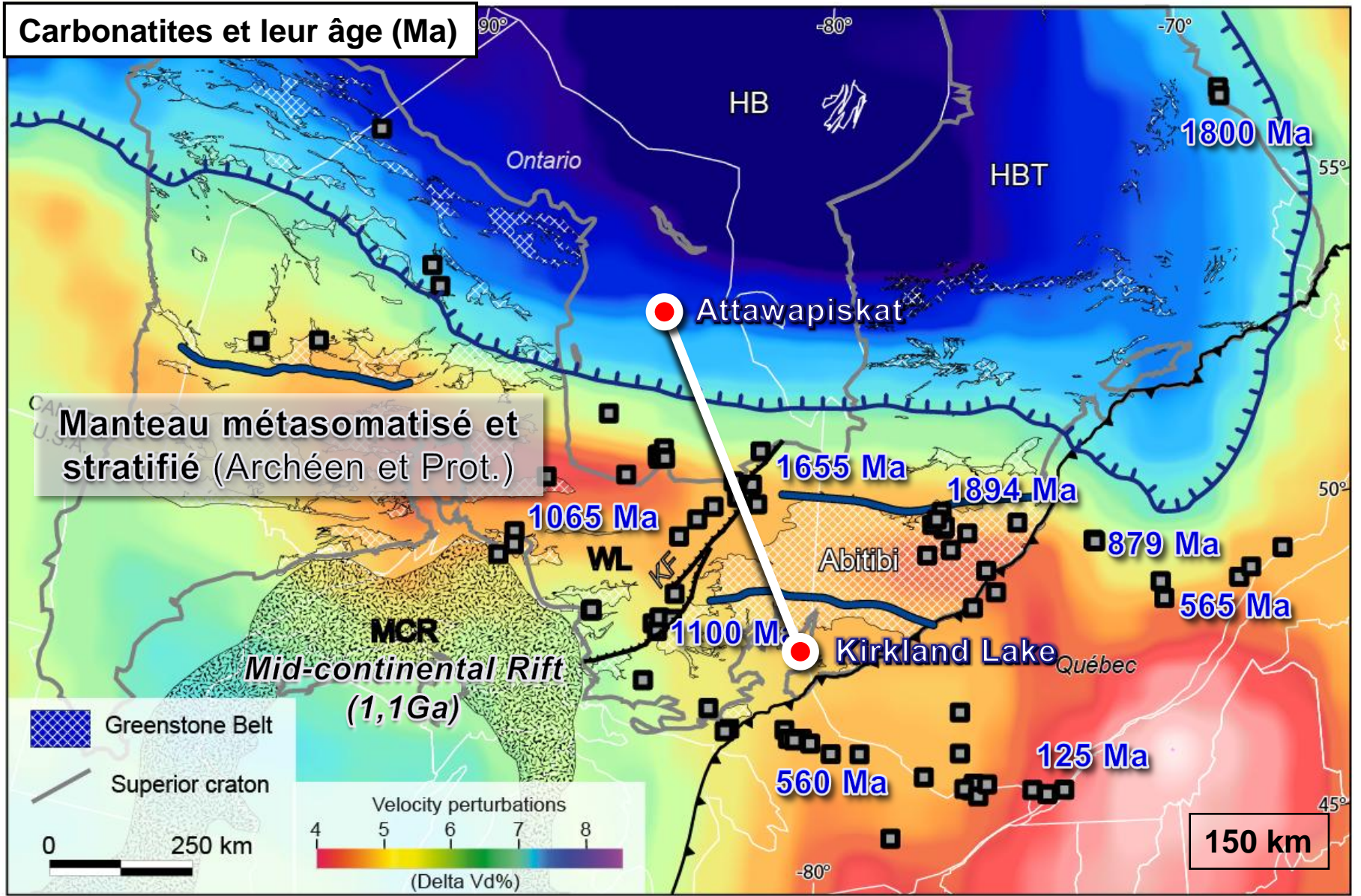
Craton du Supérieur et les kimberlites



Signature sismique - Province Supérieure



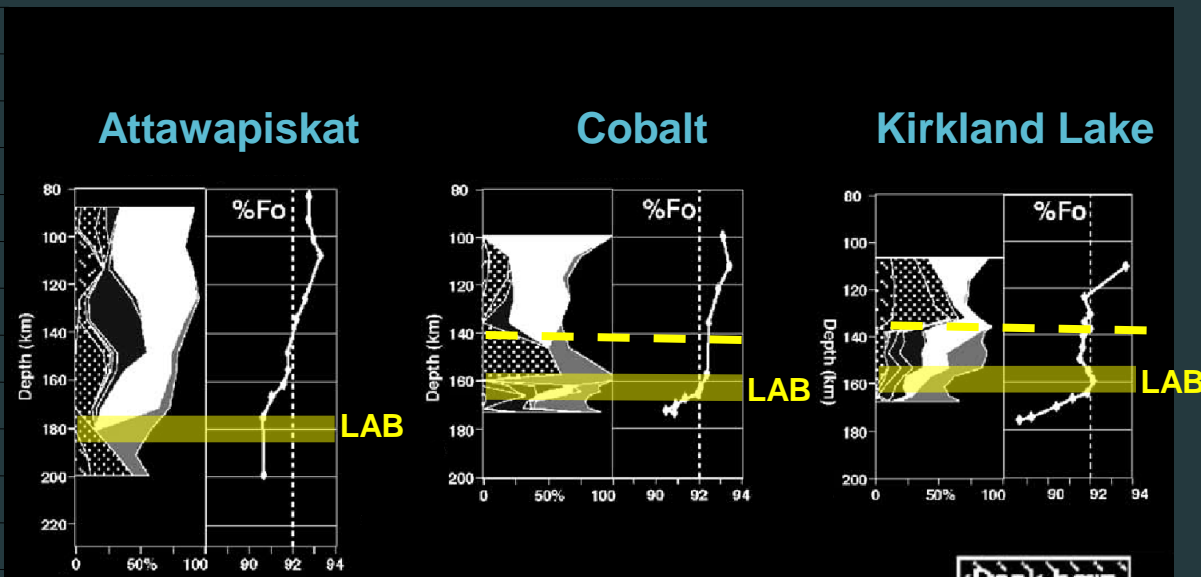
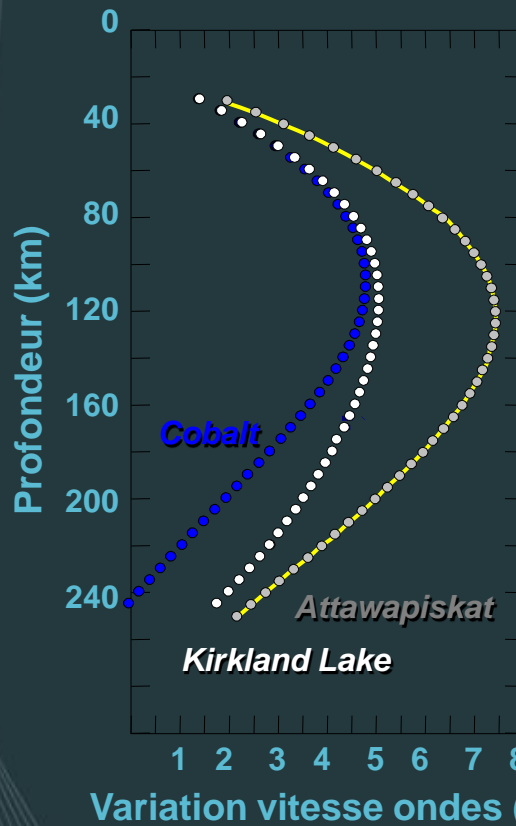
Métasomatisme dans le Sud du Supérieur



Métasomatisme dans le Sud du Supérieur

Lithosphère affectée par différents événements thermiques

Vitesses sismiques

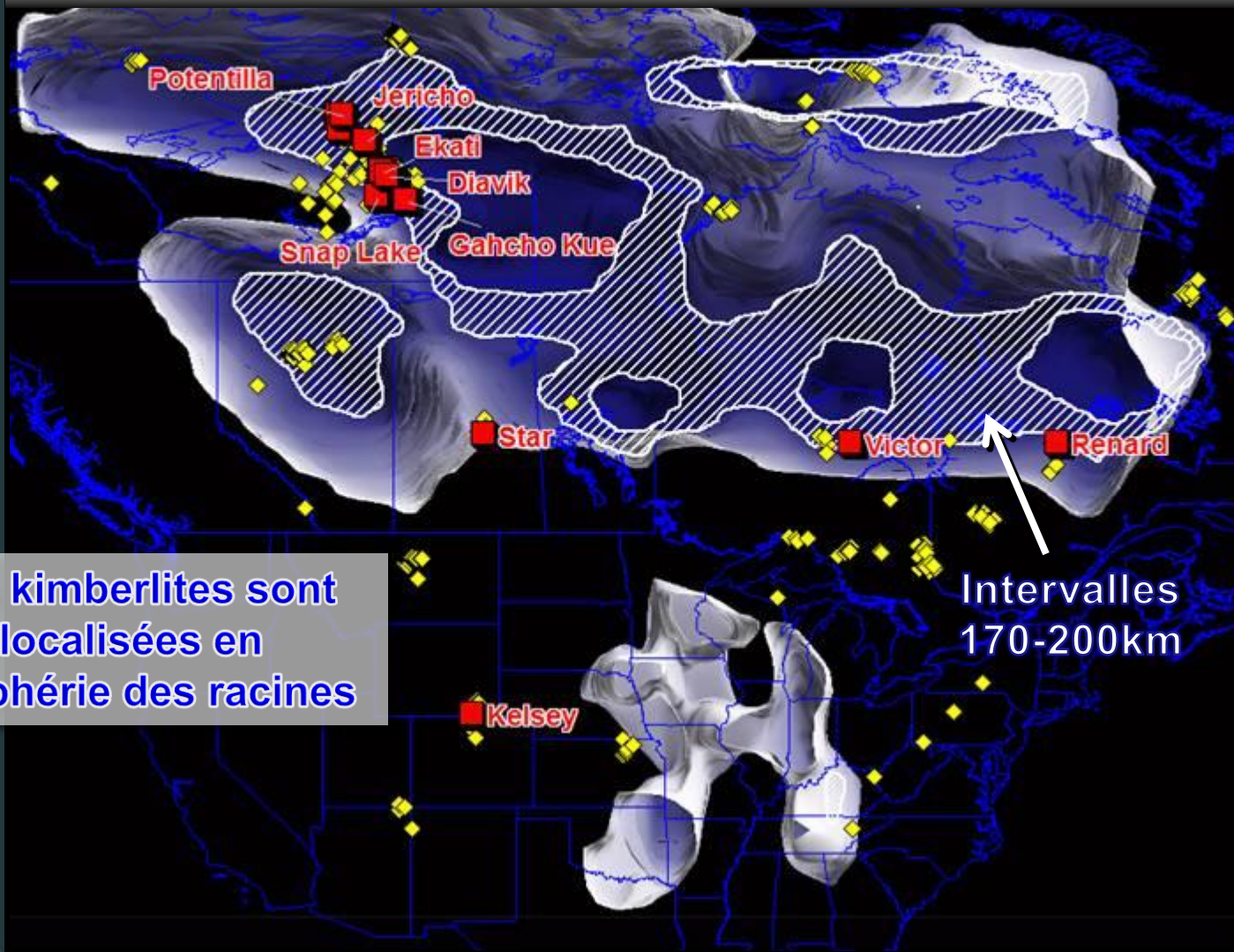


Griffin ea LITHOS 2004

- Depl. harz.
- Depl. therz.
- Depl./metas.
- Fertile
- Melt-metas.

Zones favorables pour l'exploration

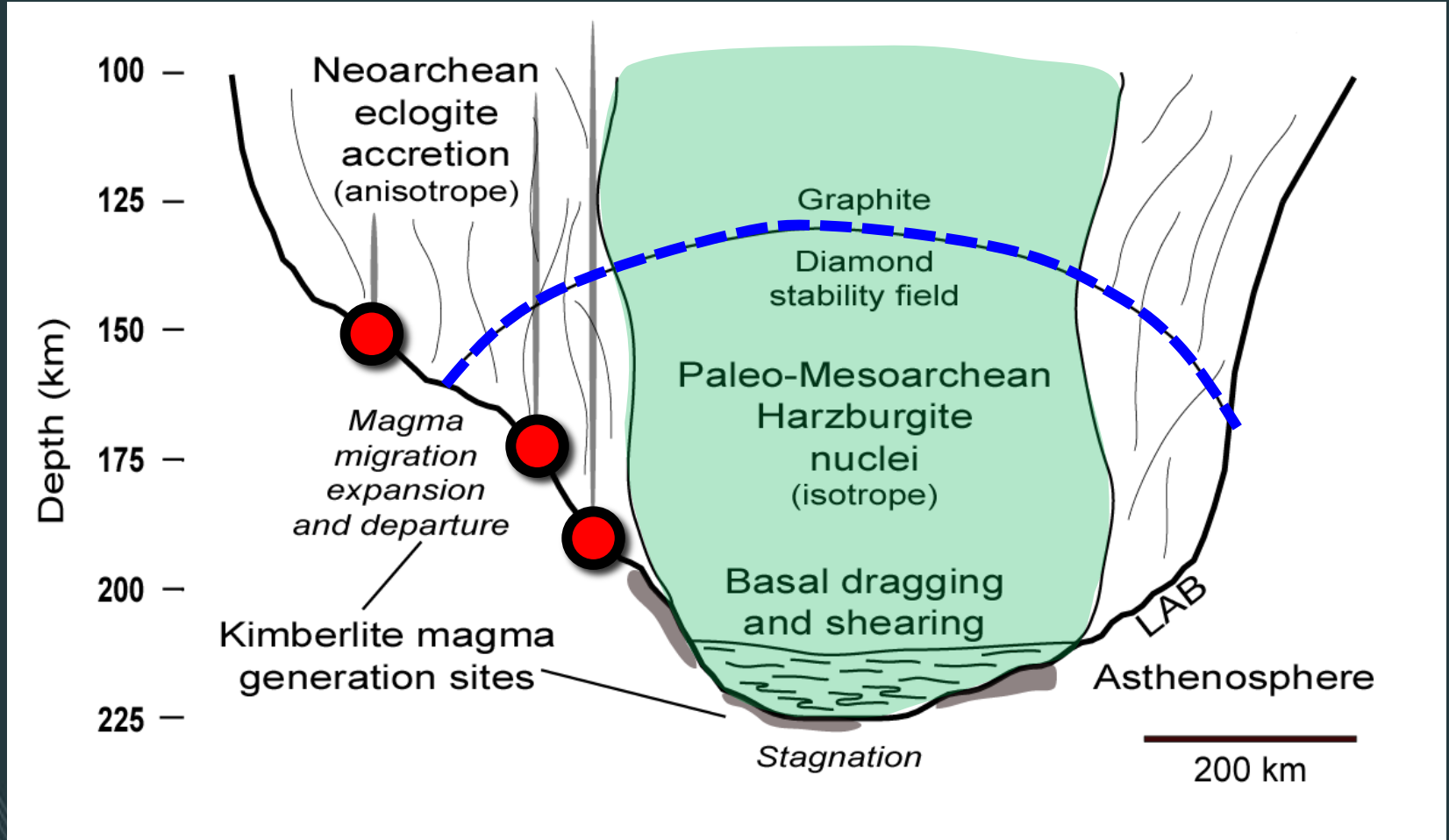
Mines, futures mines, et faisabilités



Les kimberlites sont localisées en périphérie des racines

Intervalles 170-200km

Modèle



Faure et al. in press

PARTIE II

Ceintures de roches vertes et
signature sismique du manteau
sous le Supérieur

Ceintures de Roches Vertes (CRV) du Supérieur*

CRV au Sud et au Centre du Supérieur

- Orientation **CRV archéennes**
- Dimension, étirement, minéralisations connues diminuent vers le Nord
- Métamorphisme augmente vers le Nord: prehnite-pumpellyite à amphibolite inf.
- Abitibi : + grande ceinture et + riche en Au du Monde (~100 000 km² ; 6400 t Au)



Ceintures de Roches Vertes (CRV) du Supérieur

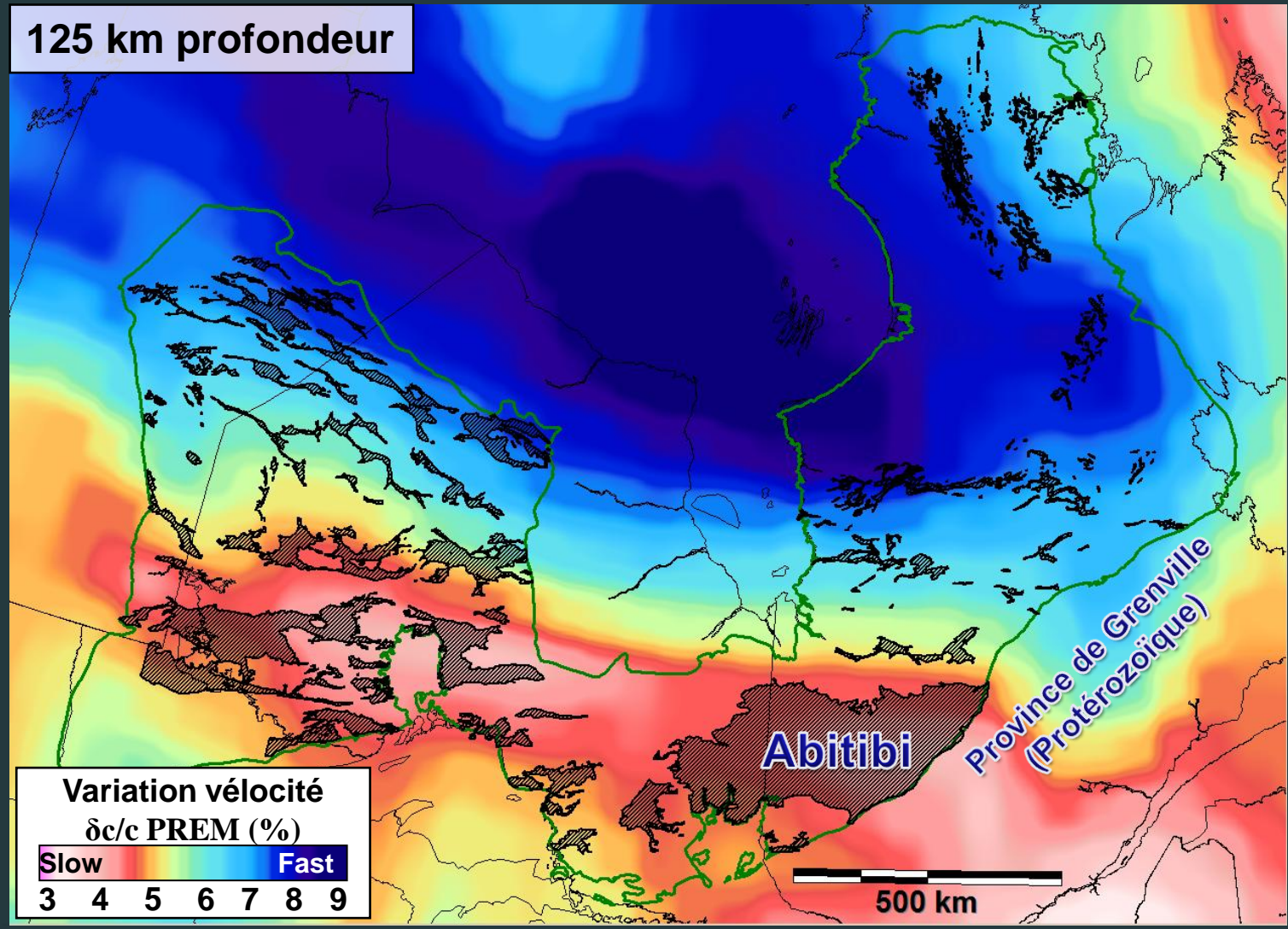
CRV au Nord du Supérieur

- Orientation N-S à NO
- + Petites (10 à 100km longueur), très étirées, démembrées, régulièrement espacées, formes complexes
- Métamorphisme: Amphibolite à Granulite
- Pas de mines Au ou de métaux de base (encore!)

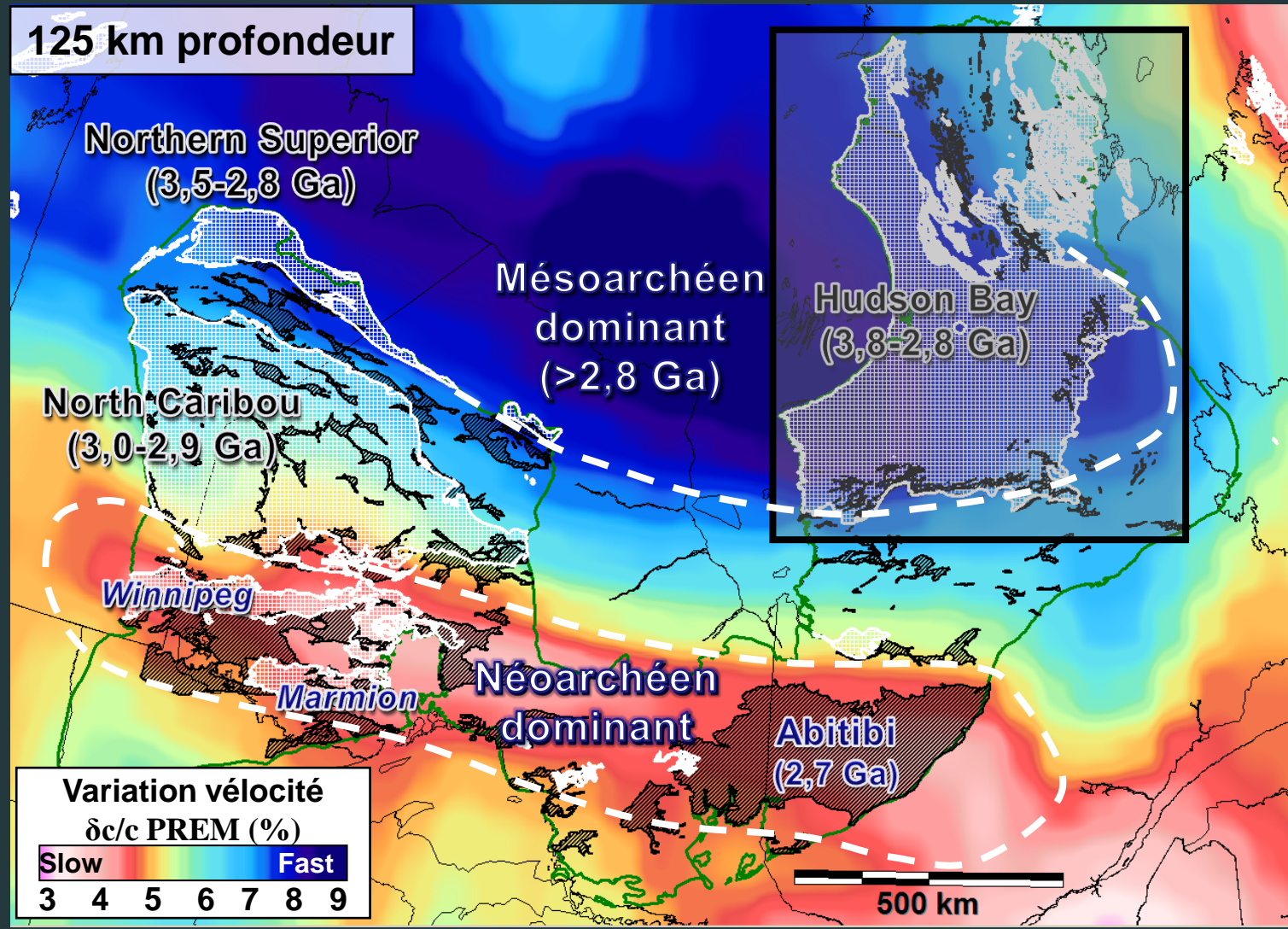


CRV du Supérieur et les vitesses sismiques

125 km profondeur

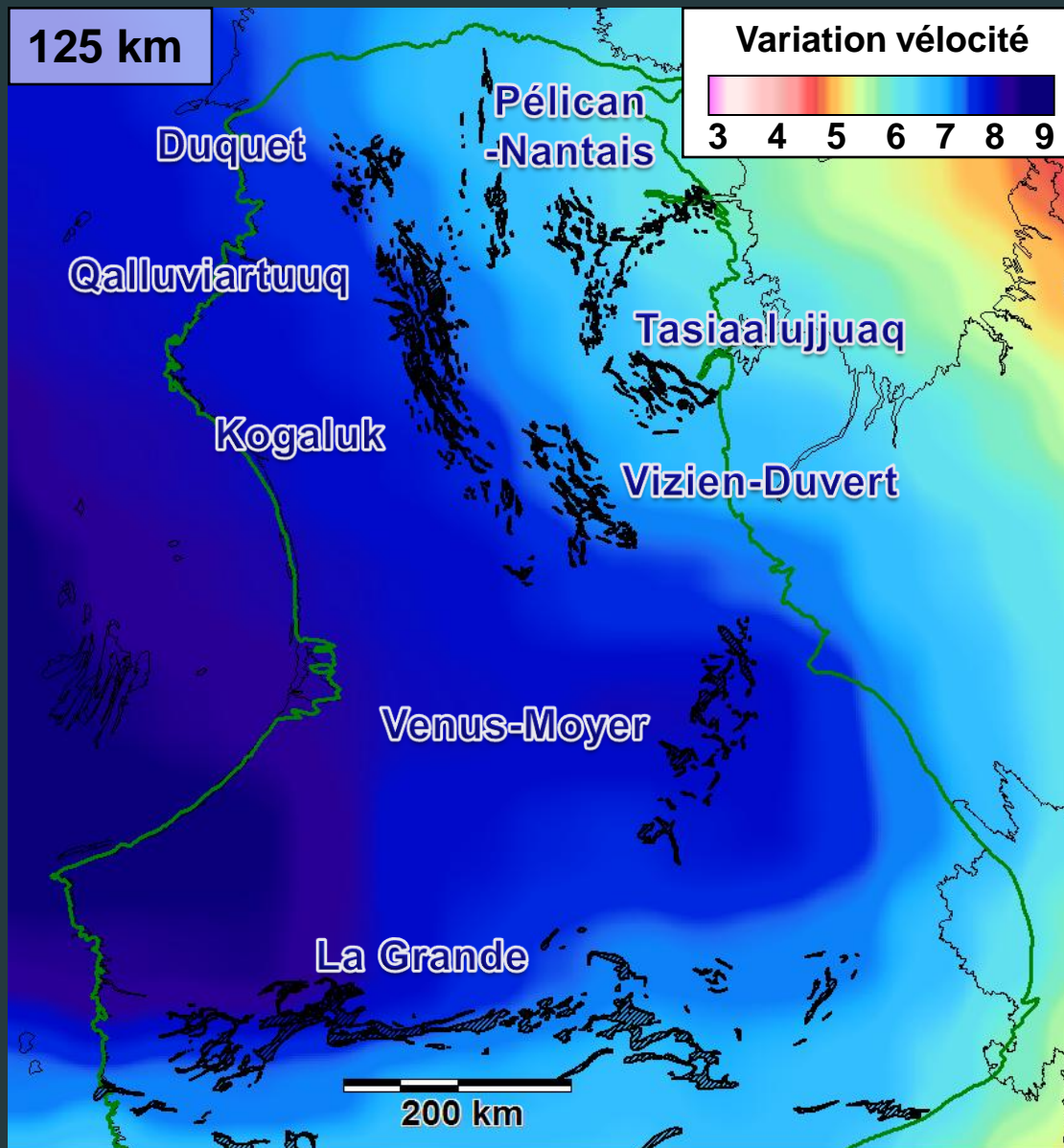


Age de Terranes



Données de GSC, OGS, MRNQ, J. Perceval compilation, Boily ea 2009

CRV du centre et du Nord du Supérieur

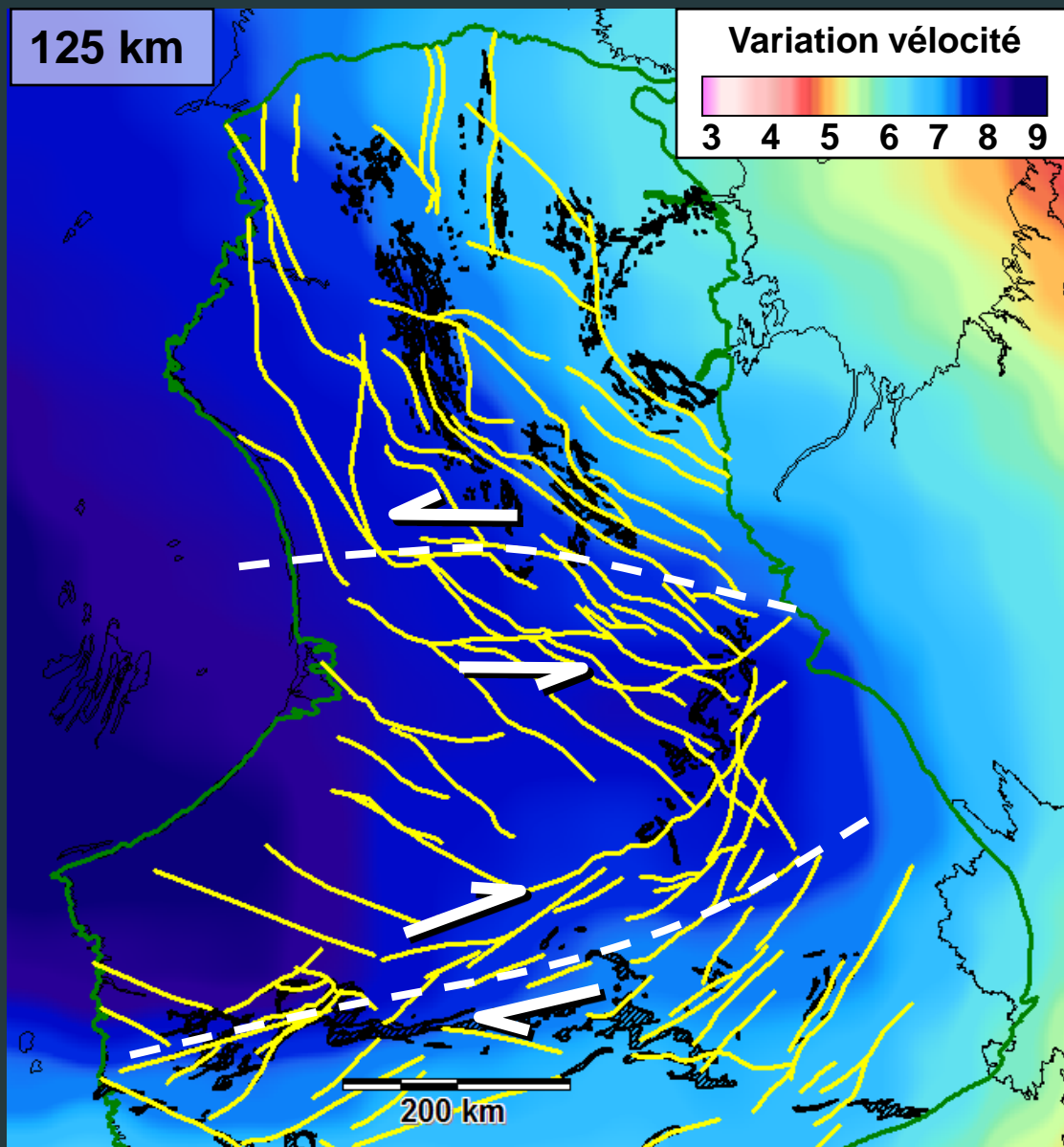


CRV du centre et du Nord du Supérieur

NO dominante
(1 foliation)

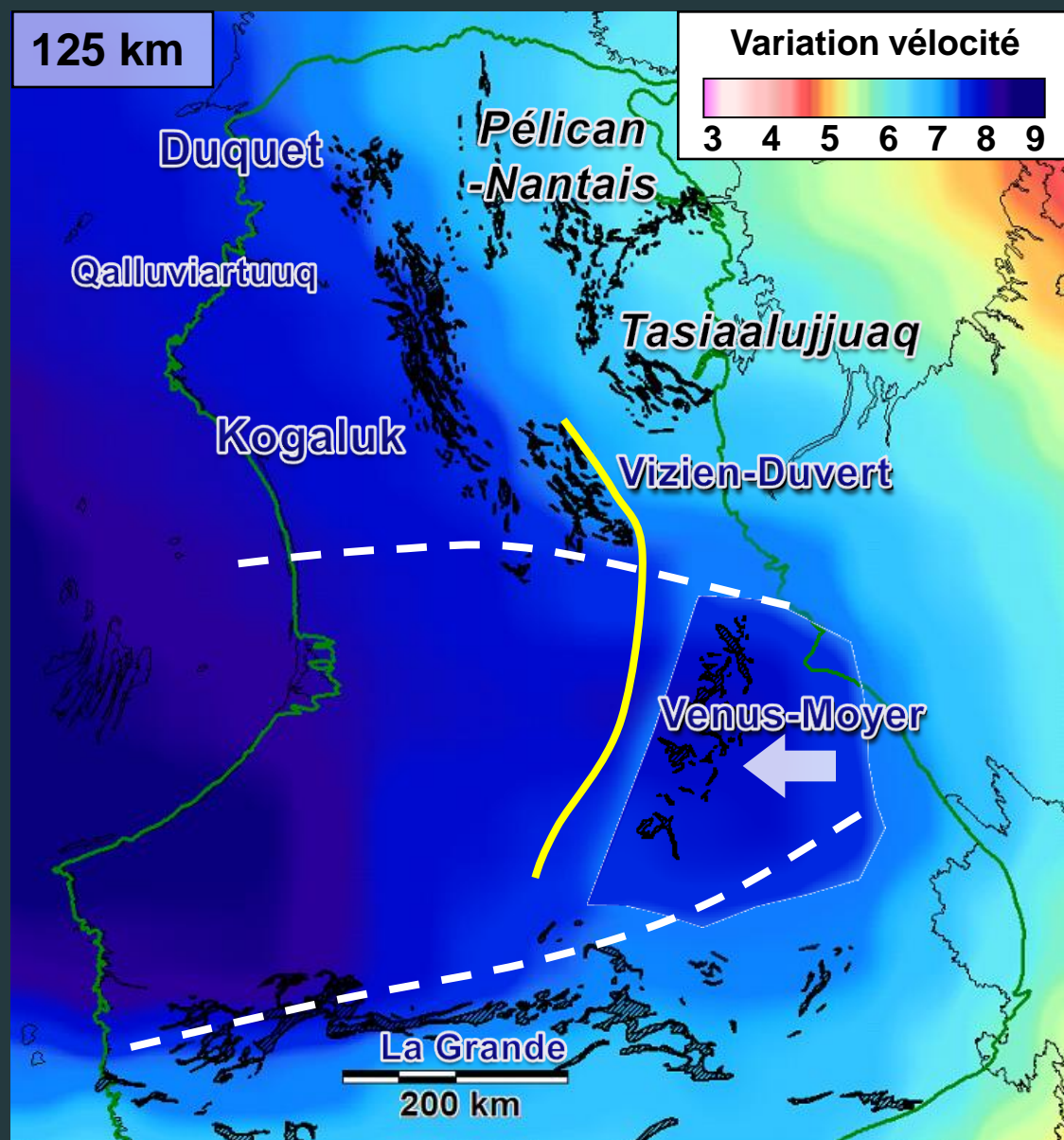
E-O superposant
la NO (2 foliations)

ENE dominante



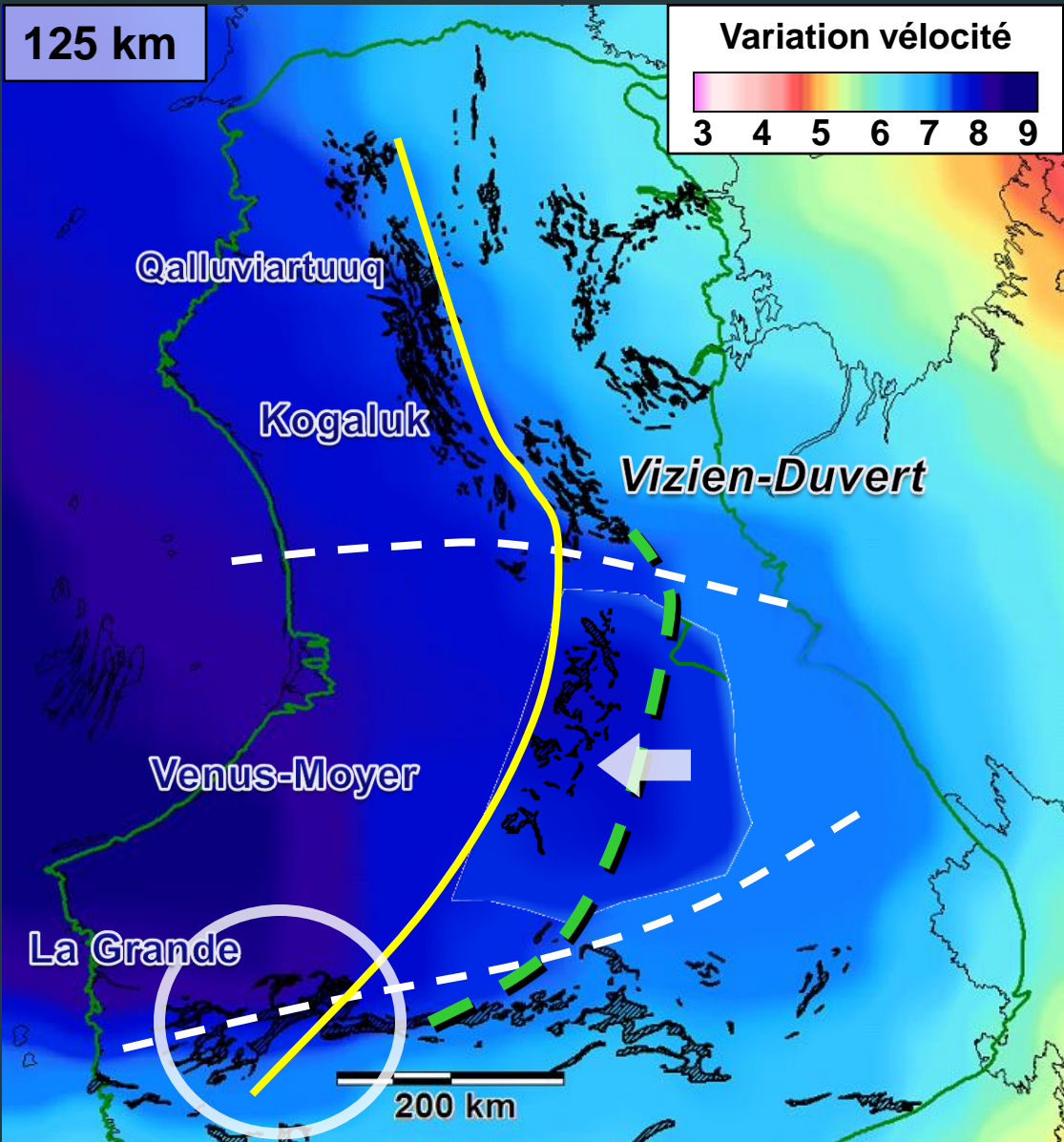
Retro-déformation dans le manteau

Reconstruction
tectonique

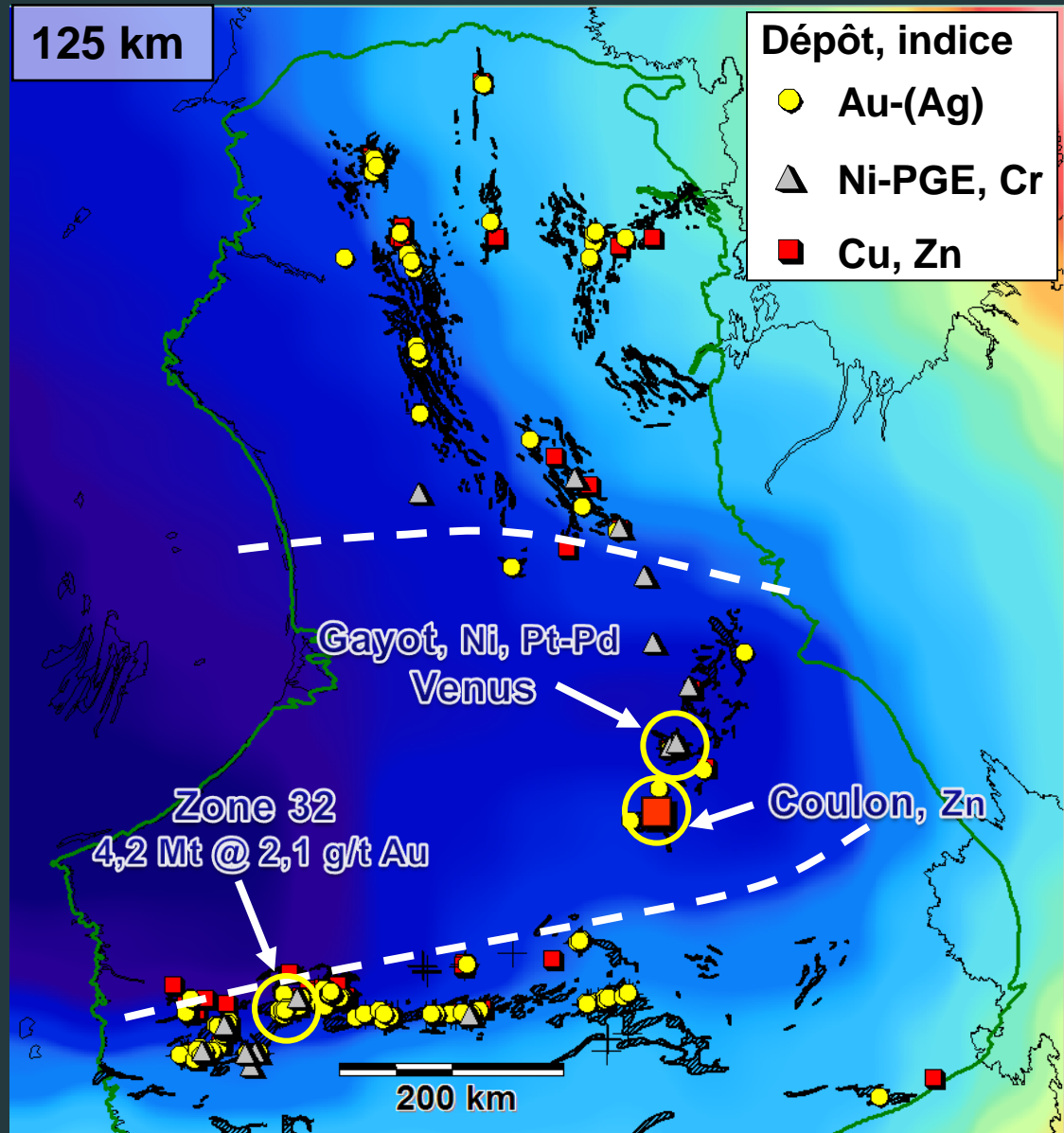


Retro-déformation dans le manteau

Implique un couplage croûte-manteau et déplacement de + 200 km

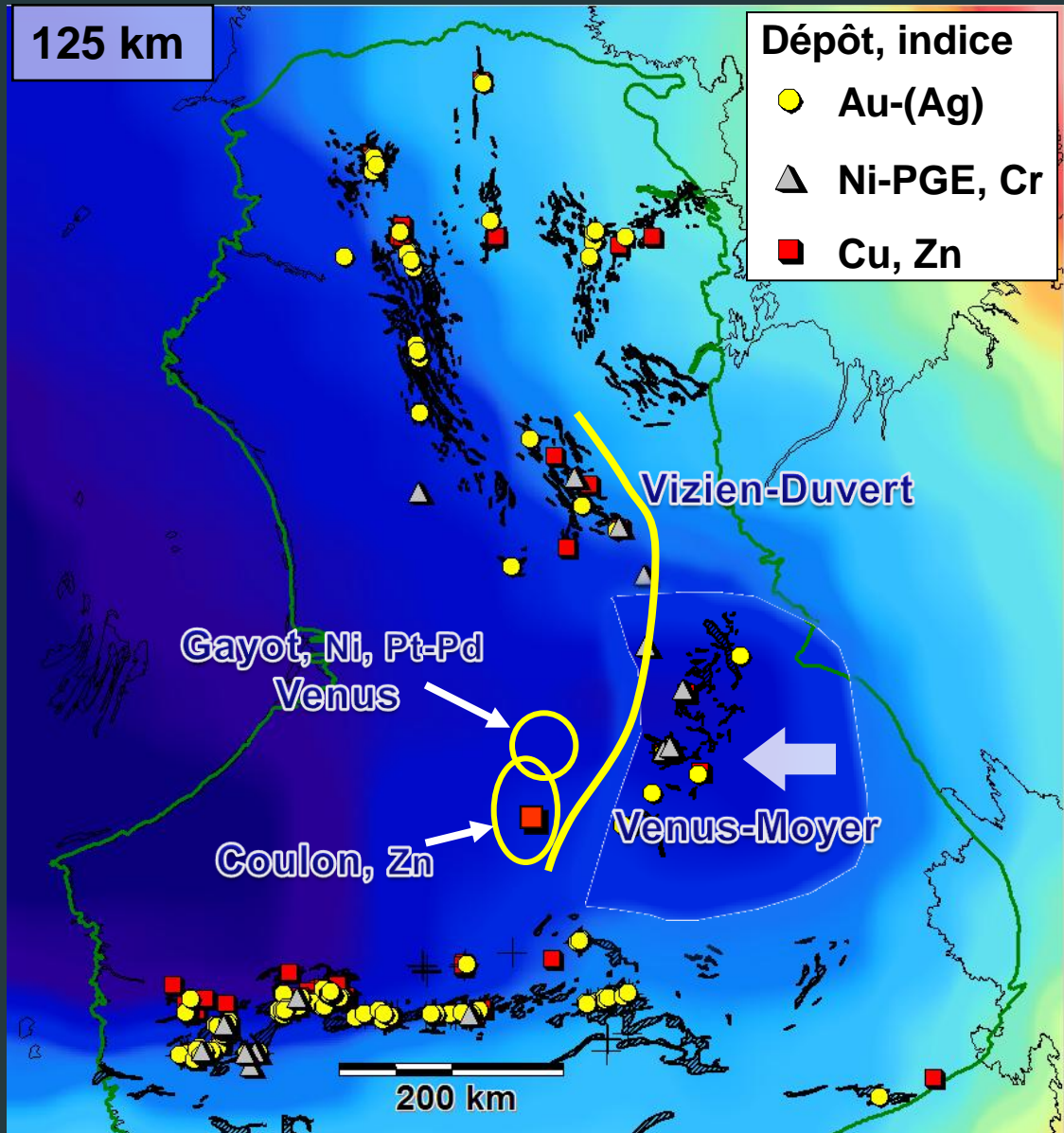


CRV dans le Grand



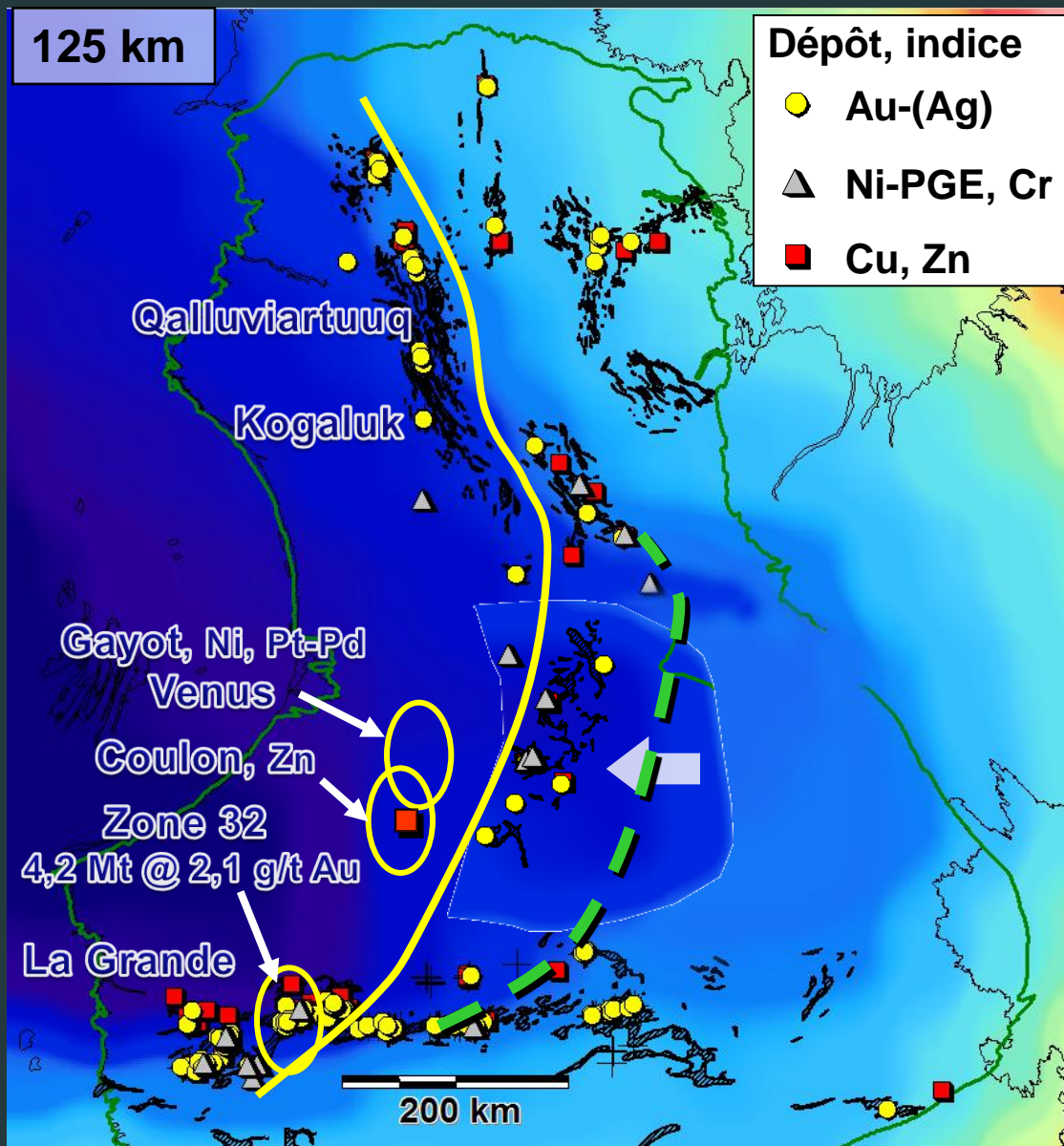
CRV dans le Grand

Implication
 du modèle
 pour la fertilité
 des CRV

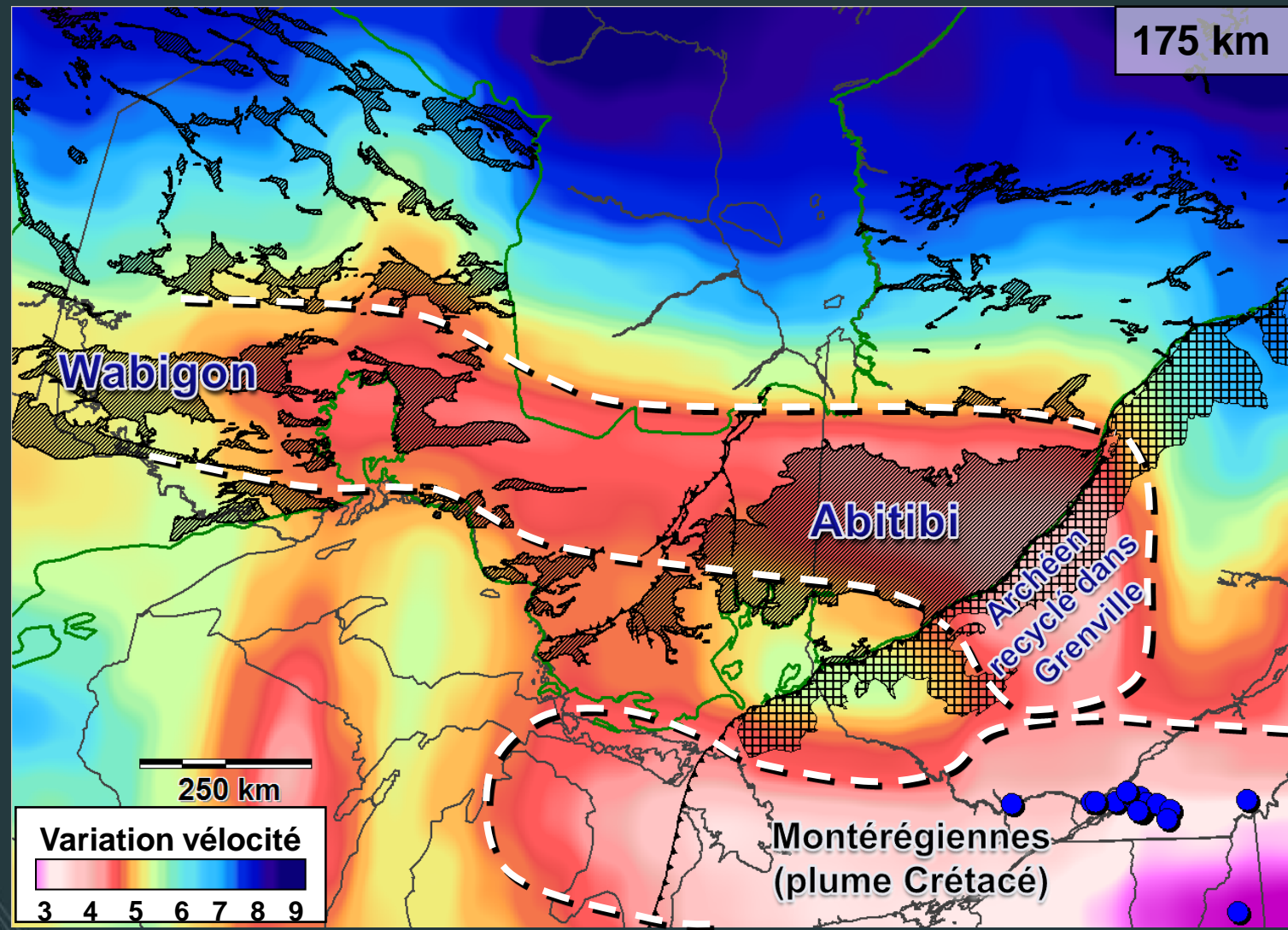


CRV dans le Grand

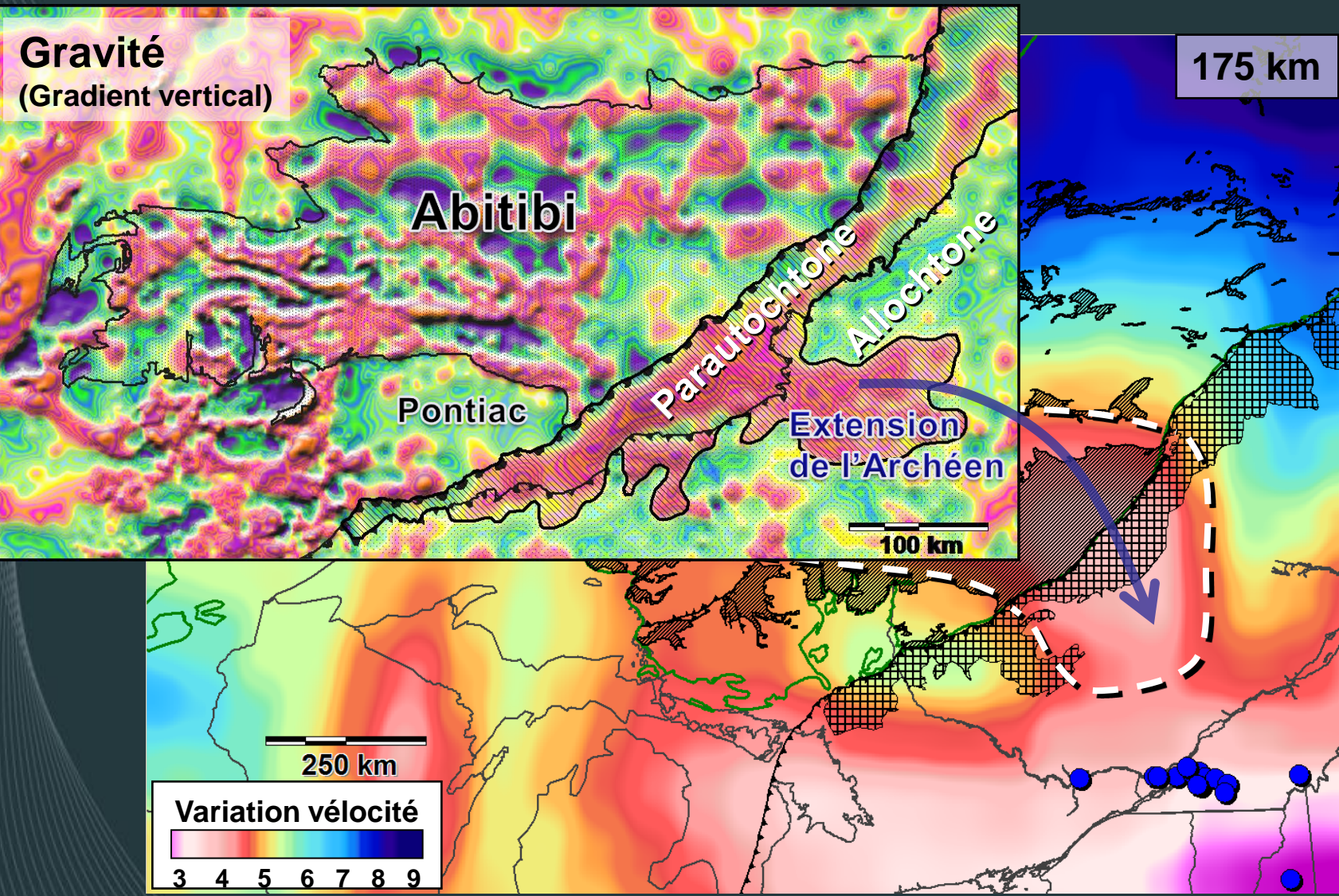
Implication
 du modèle
 pour la fertilité
 des CRV



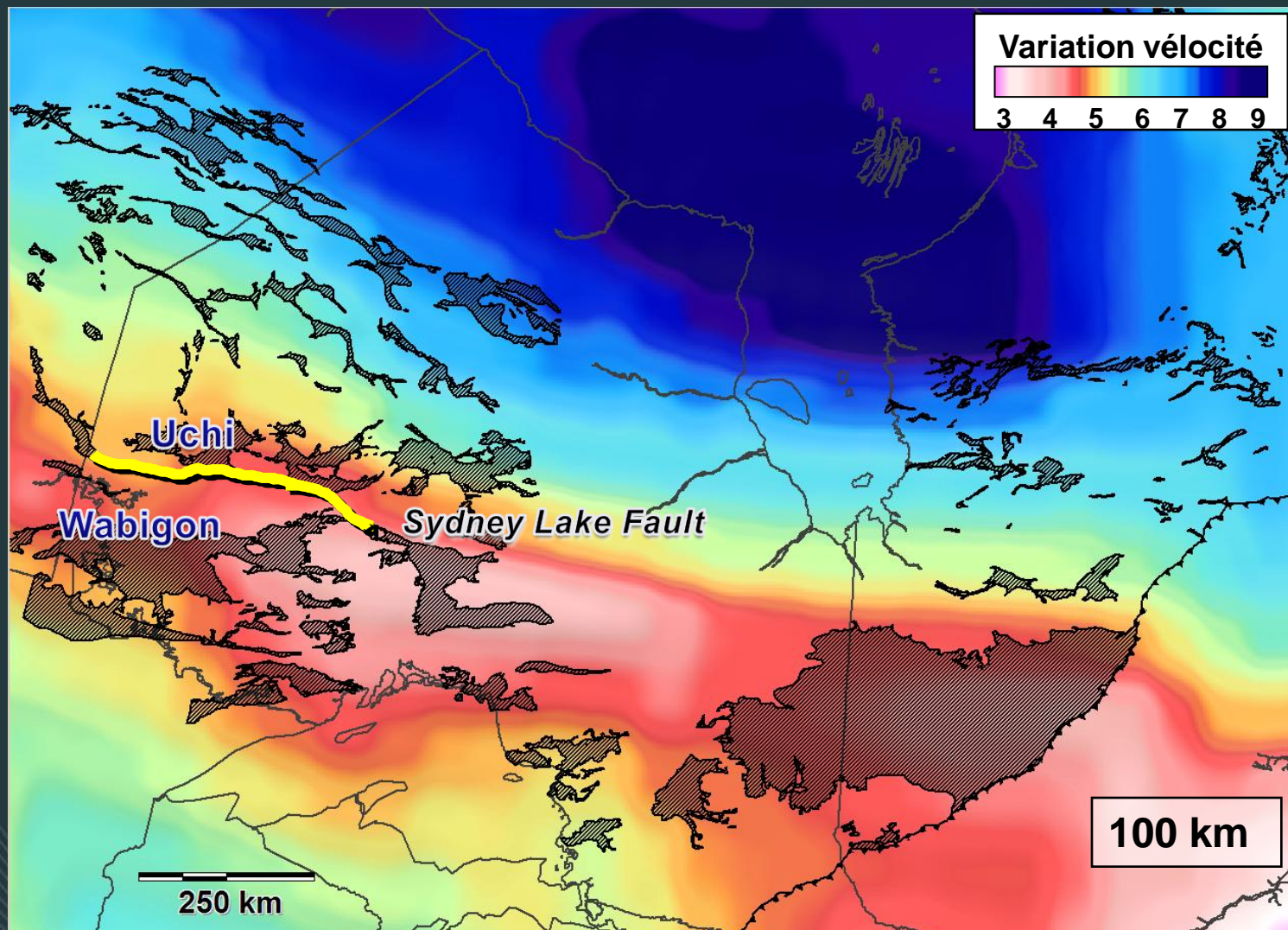
CRV dans le Sud du Supérieur (Abitibi-Wabigon)



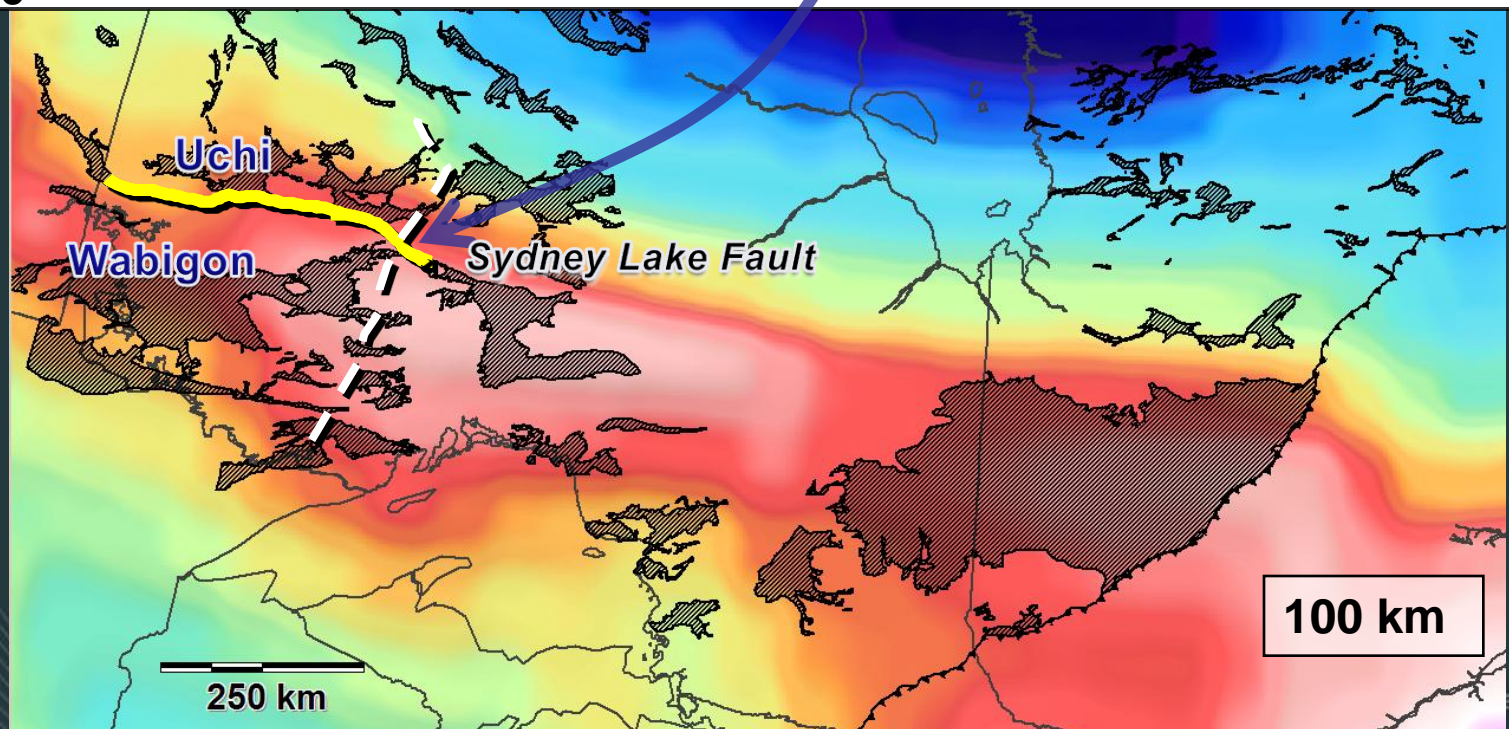
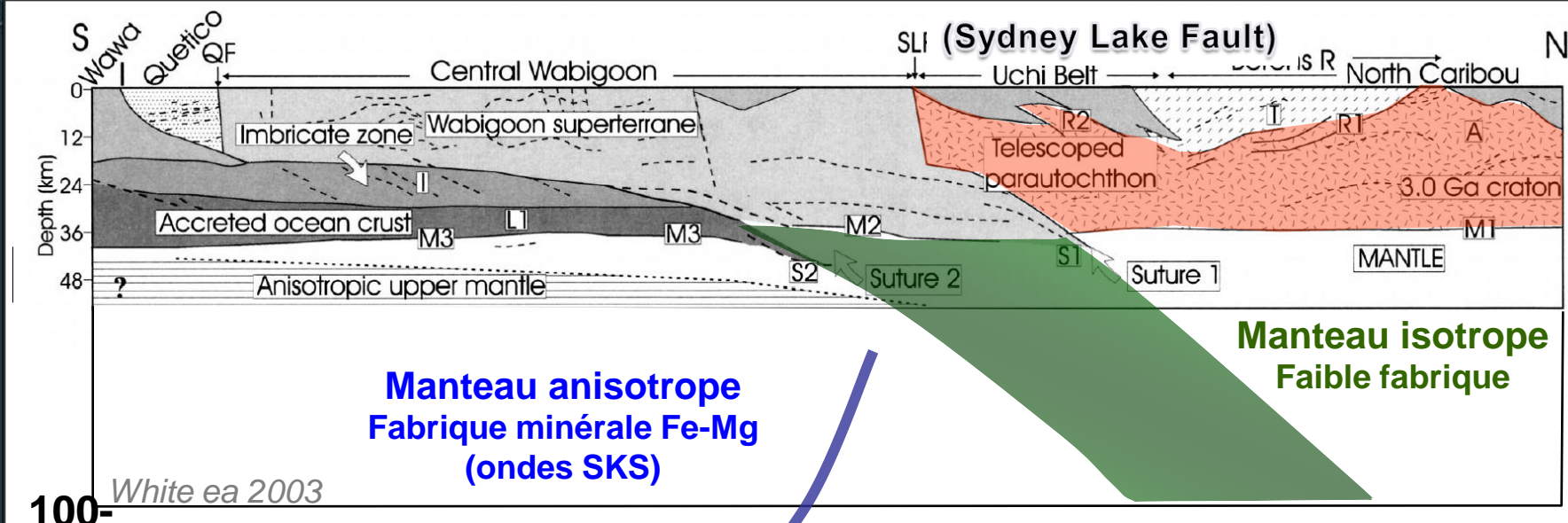
CRV dans le Sud du Supérieur (Abitibi-Wabigon)



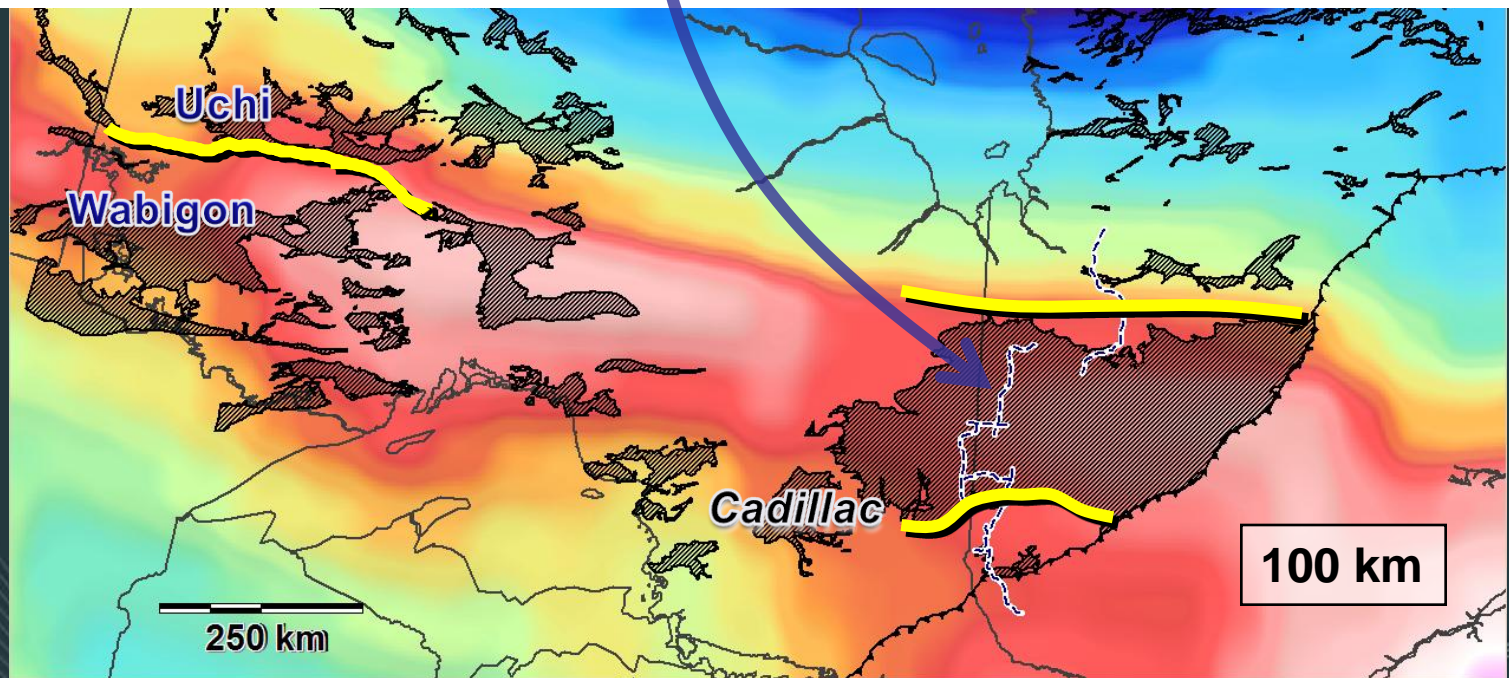
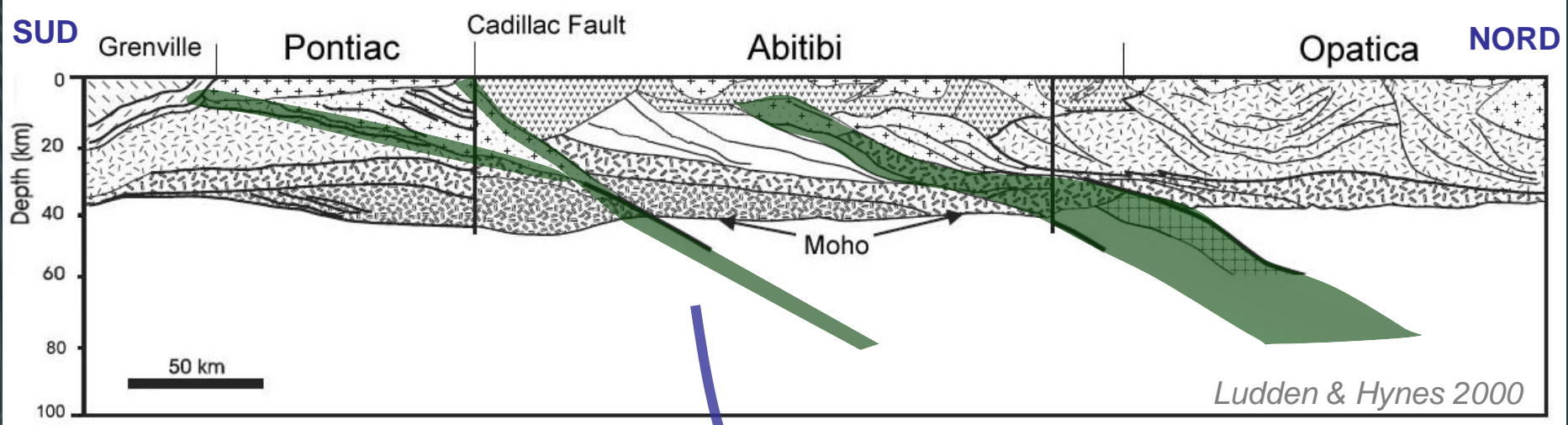
Évidences d'une double subductions



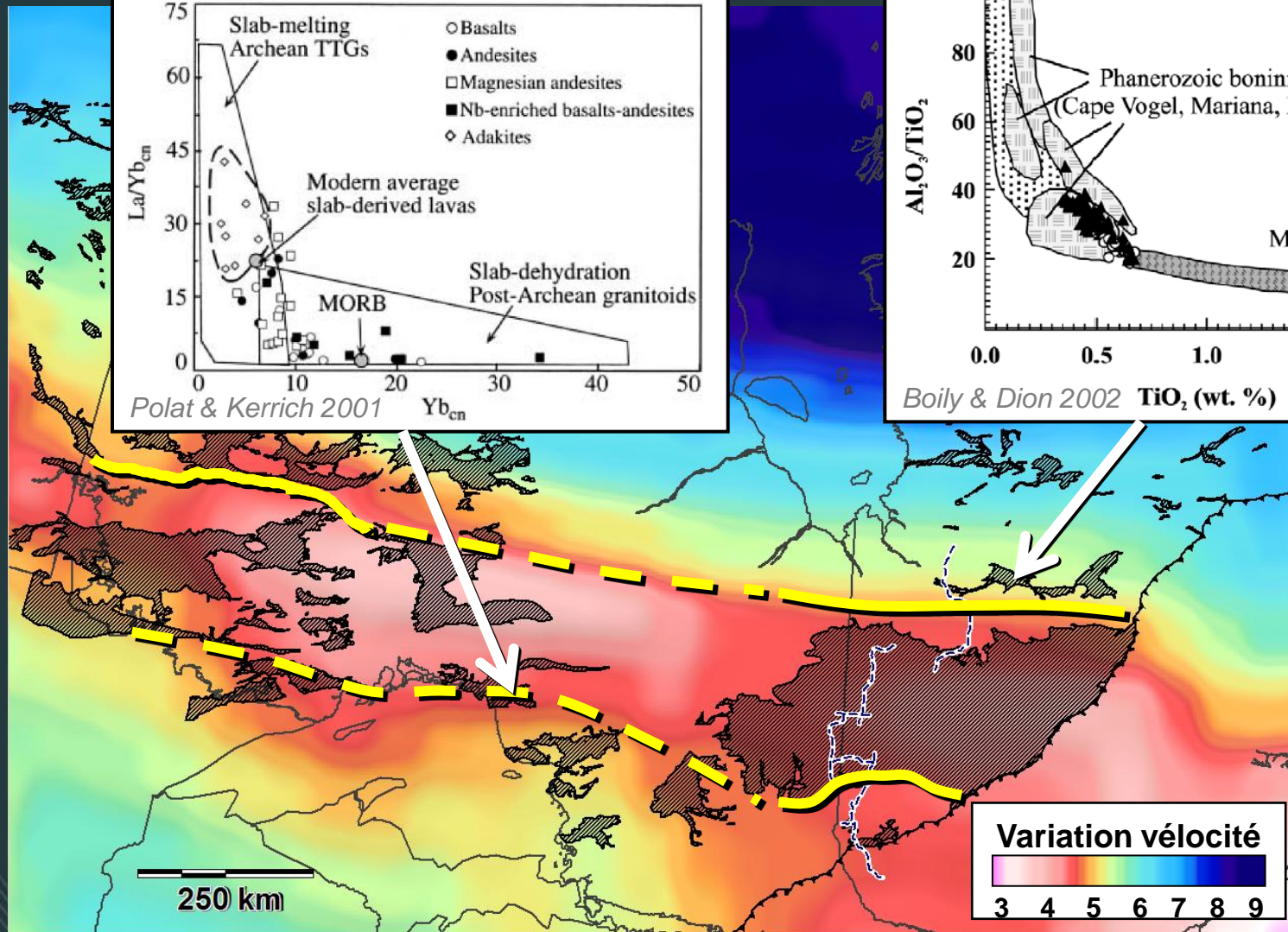
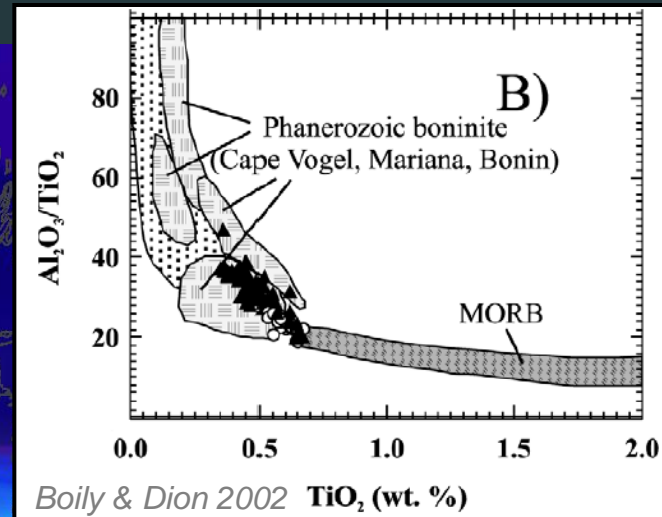
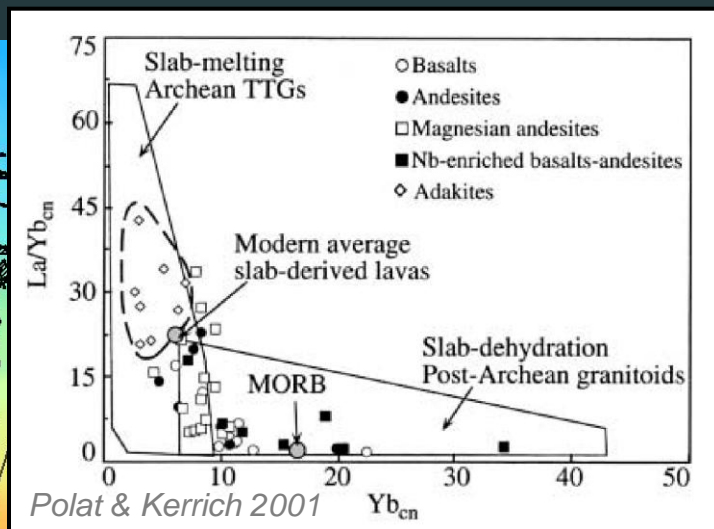
Western Superior Lithoprobe transect



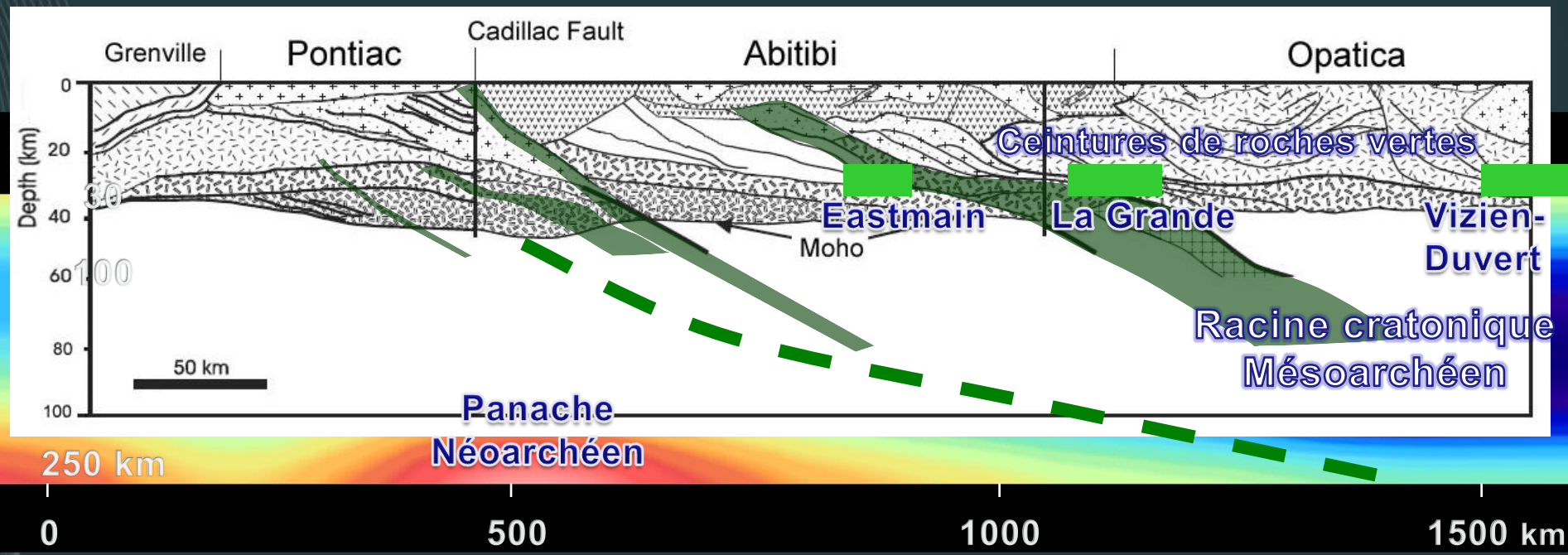
Transect LITHOPROBE N-S Abitibi



Évidences géochimiques

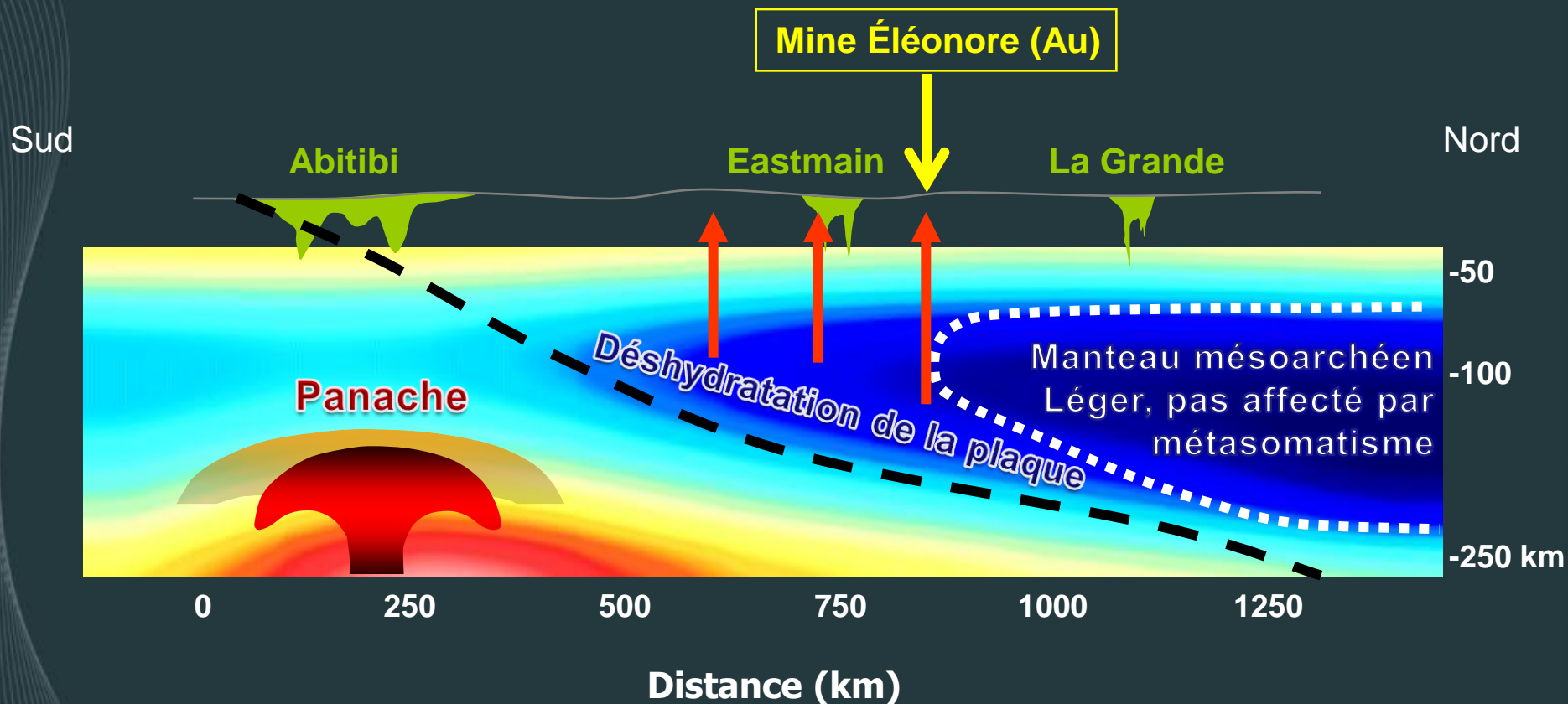


Subduction fossilisée dans le manteau (section dans le modèle tomographique)

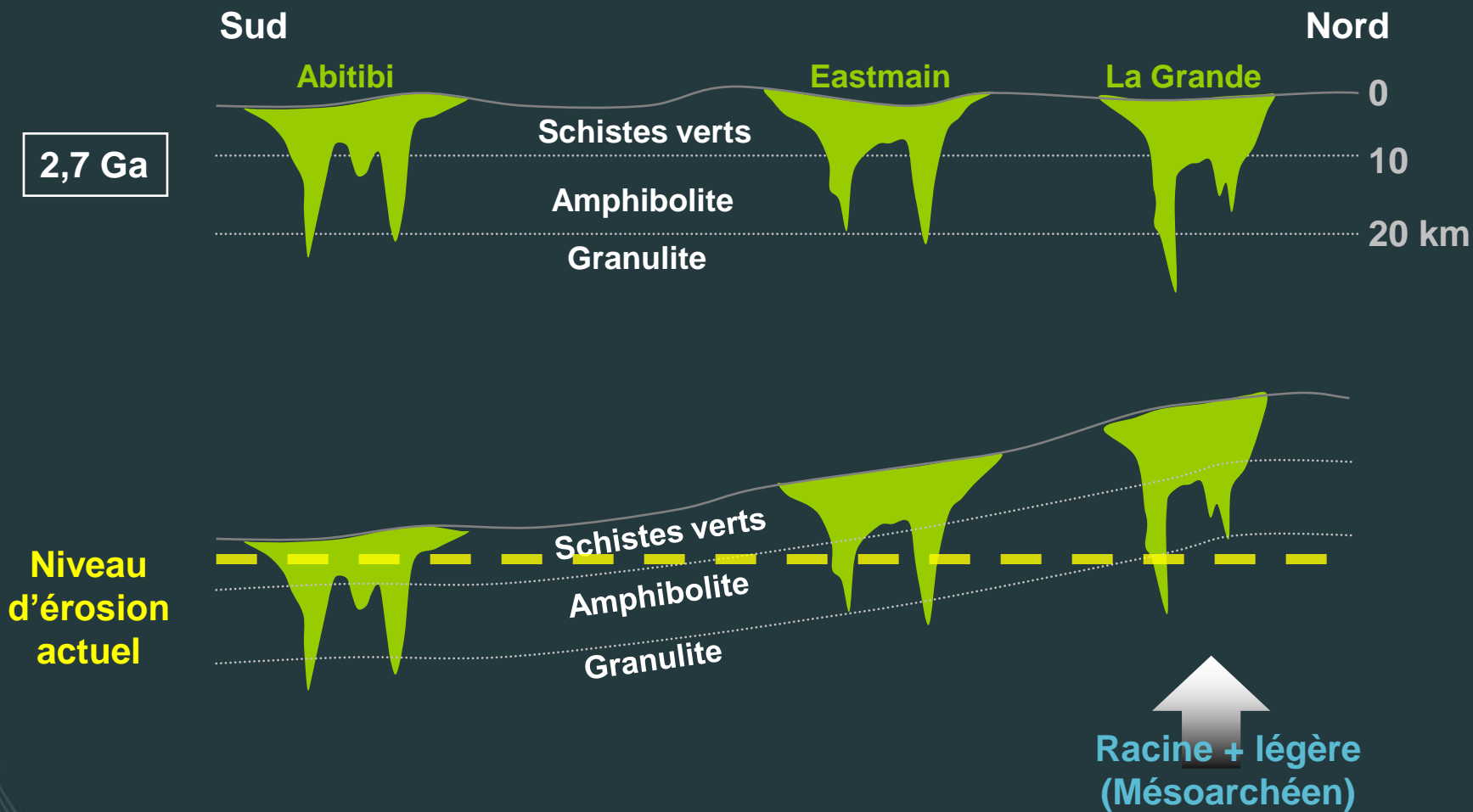


Différence entre le Sud et le Nord

Pourquoi l'Abitibi est si unique?



Différence entre le Sud et le Nord



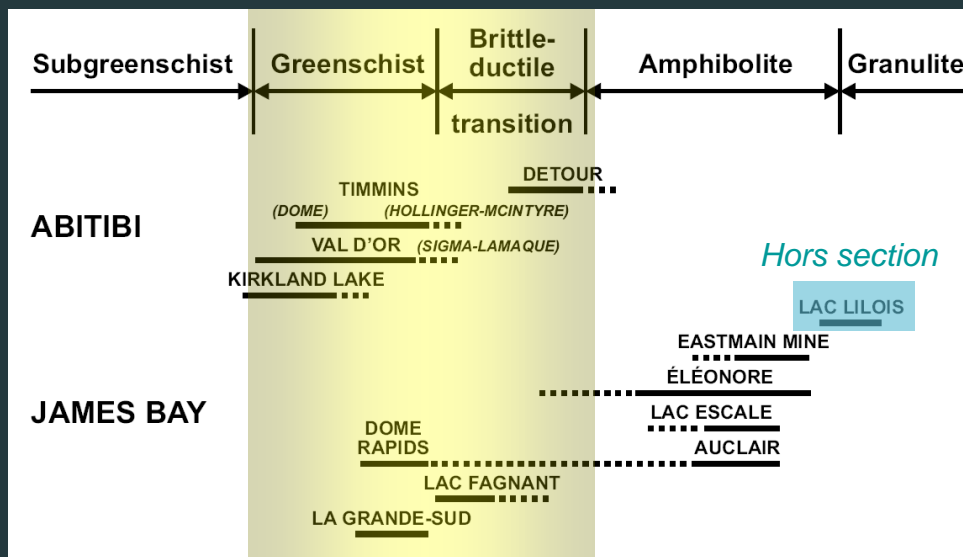
Différence entre le Sud et le Nord

Quand est-ce arrivé ?

Au
 2,68 – 2,65
 Ga

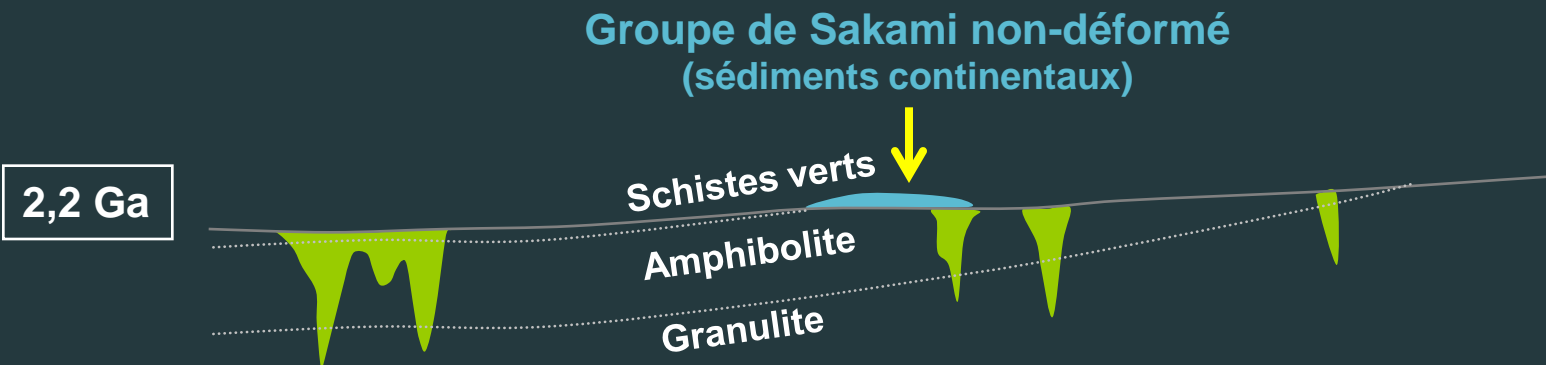


Au = Tardif, contemporain et rétrograde (schistes verts) dans le Supérieur

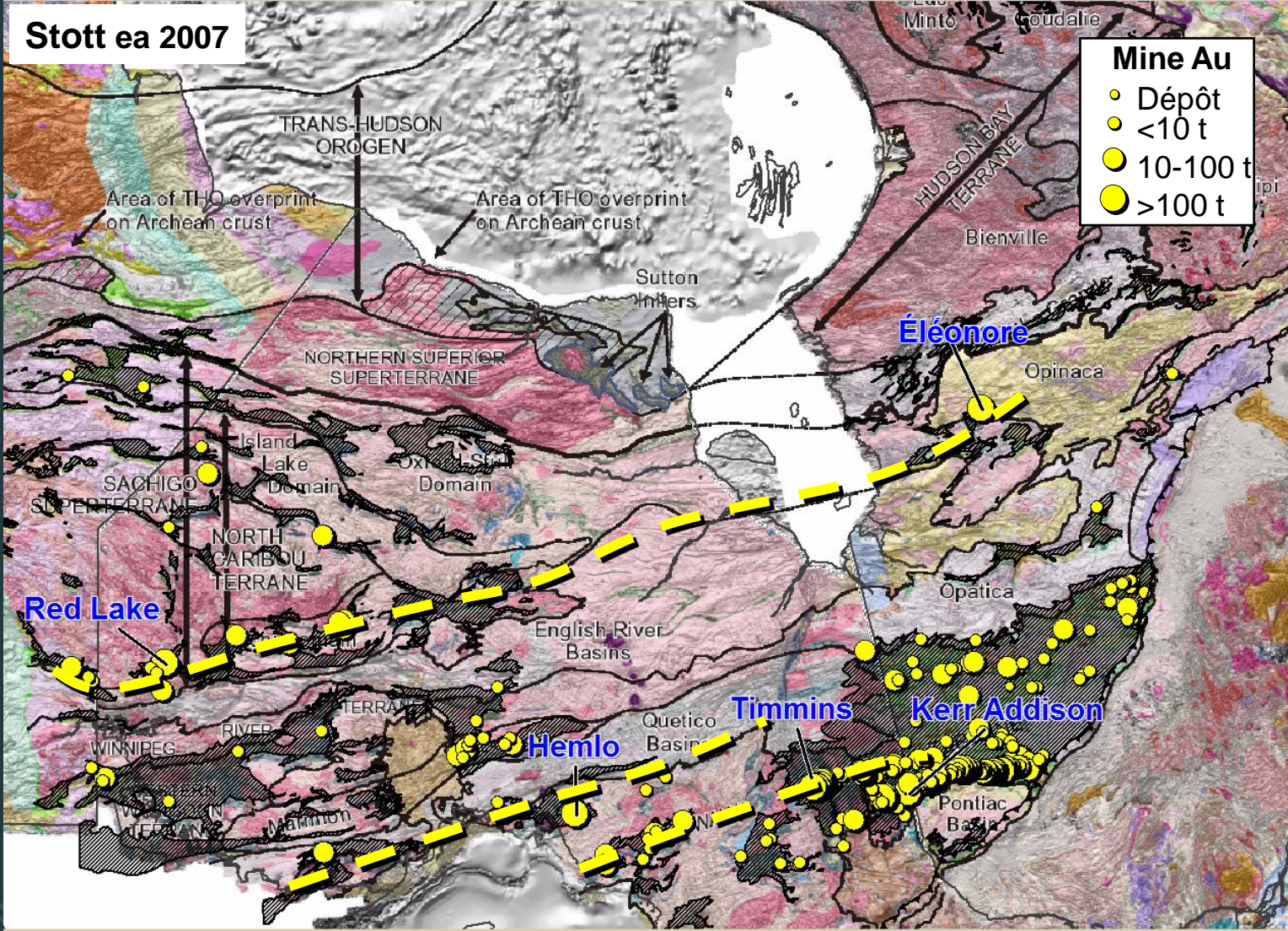


Gauthier, Trépanier, Gardoll al. 2007 SEG

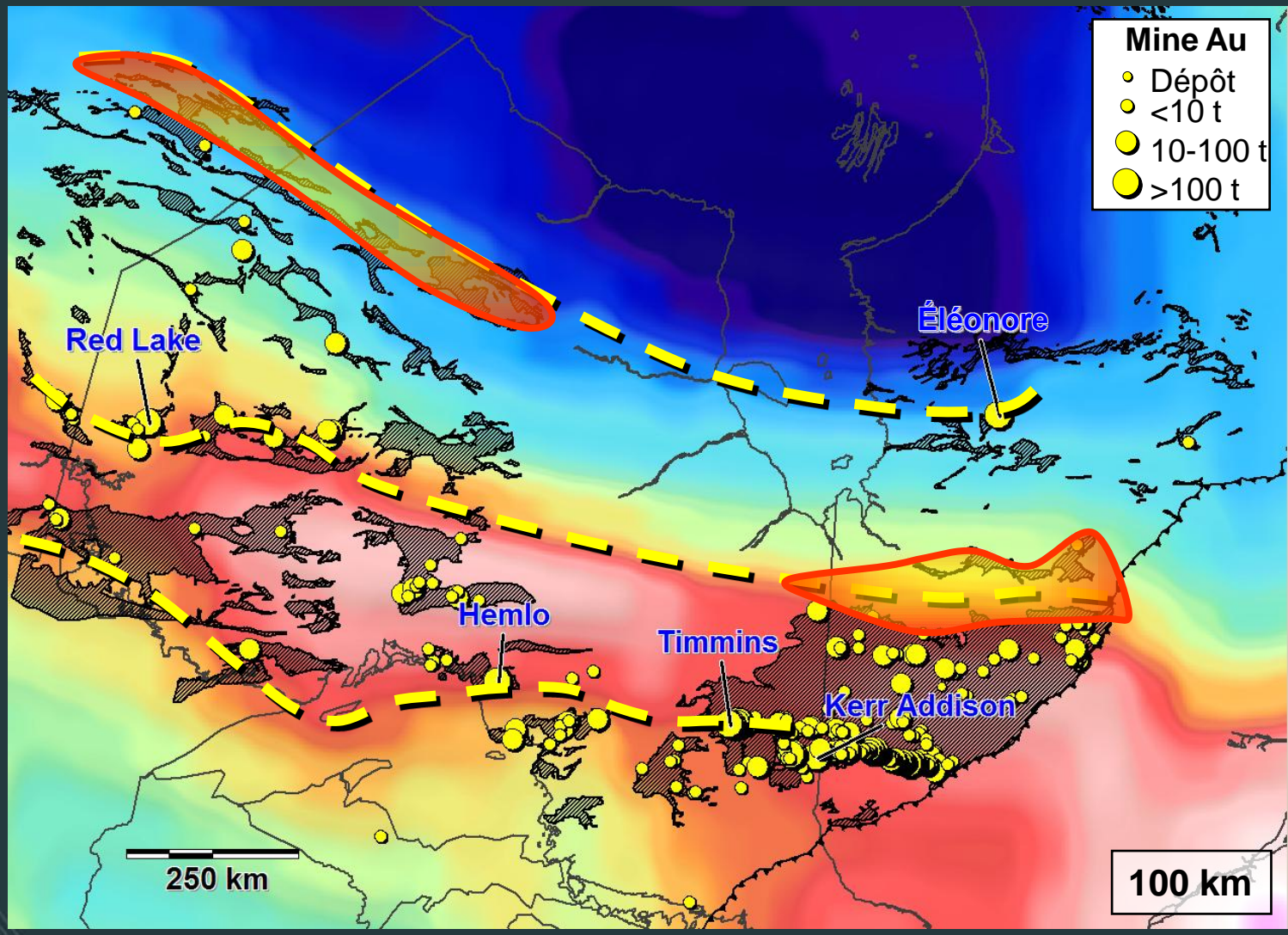
Différence entre le Sud et le Nord



Fertilité des grandes structures crustales Sud du Supérieur



Fertilité des grandes structures crustales Sud du Supérieur



Conclusion

Kimberlites et cratons

Morphologie des racines cratoniques fertiles pour le diamant est défini pour la 1^{ière} fois

Les kimberlites sont disposées en périphérie des racines dans l'intervalle 170-200 km

Ceintures de roches vertes

Les ceintures de roches vertes (CRV) épousent la structure du manteau

L'Abitibi a laissé des cicatrices permanentes dans le manteau (subduction, plume): pas le cas dans le Moyen et Grand-Nord: dimension des CRV + petites?

Mode de formation différent? Moins fertiles pour les minéralisations?

Diminution de la superficie des CRV et l'augmentation du métamorphisme vers le nord sont vraisemblablement causés par la présence d'un manteau appauvri (sous-compensation isostatique) au centre de la Province de Lac Supérieur

Documentation supplémentaire

Rapports sur www.consorem.ca

Article dans Economic Geology, hiver 2011