

Les sols rouges vermiculés du sud de la Chine, indicateurs d'une mousson exceptionnellement forte en Asie de l'est au Pléistocène moyen

YIN Qiuzhen¹, Zhengtang Guo²

(1) Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium

(2) IGGCAS, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

Contenu

- Les sols rouges vermiculés (VRS) et l'estimation de ses chronologies
- La formation des VRS et son implication environnementale
- Comprendre le changement climatique enregistré par les VRS en utilisant la modélisation du climat
- Les résultats de la modélisation du sol

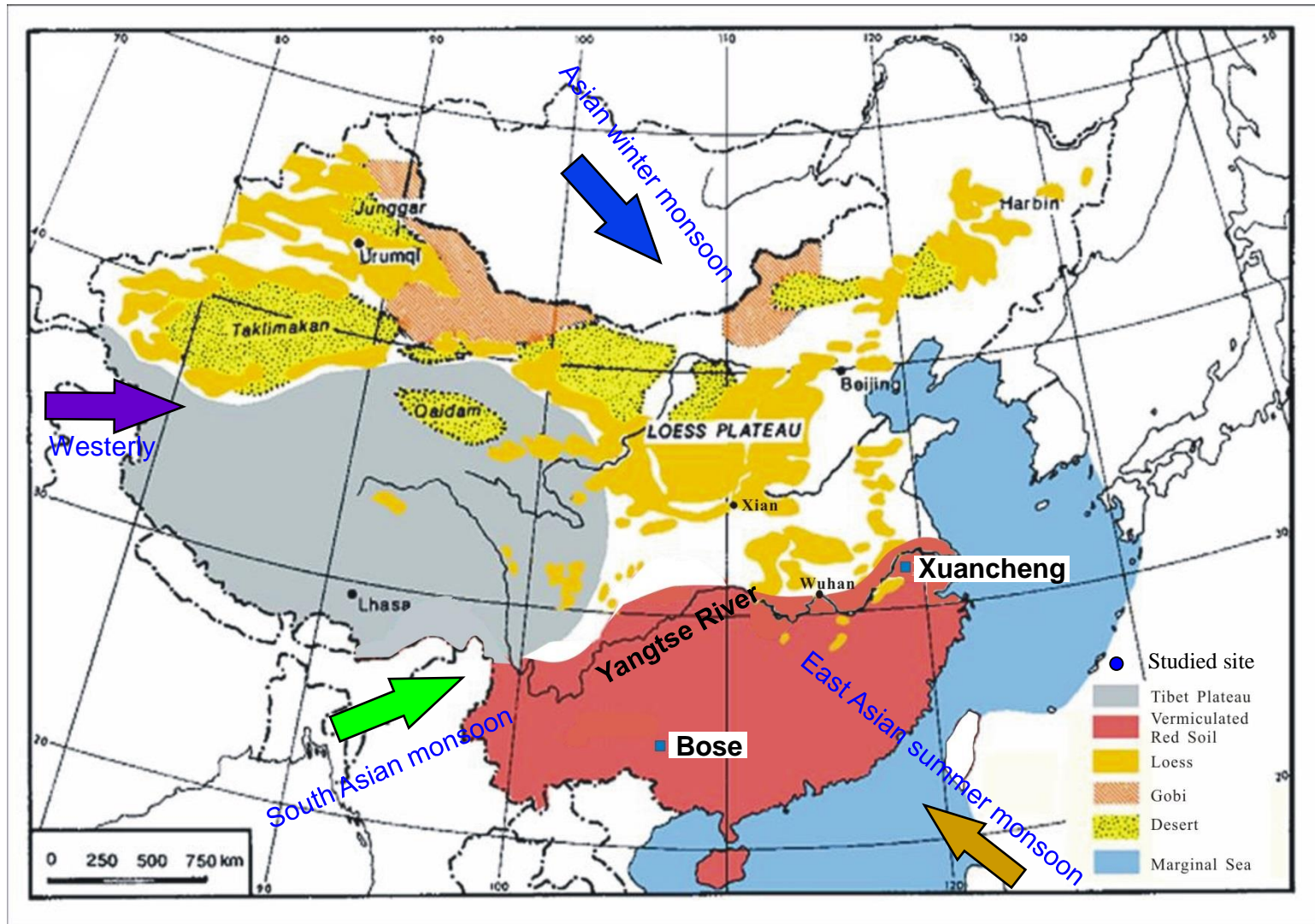
Caractéristiques des VRS sur le terrain



veine blanche

veine rouge

Répartition géographique des VRS (en rouge)

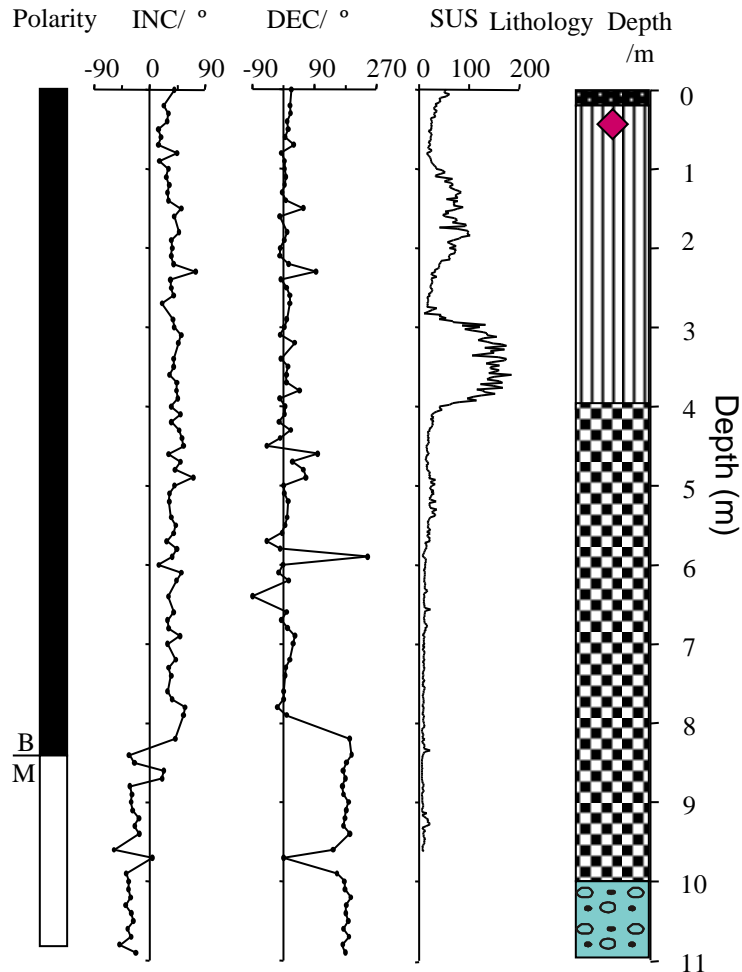


La large répartition des VRS indique que sa formation n'est pas d'origine locale, mais doit avoir résulté de phénomènes climatiques à grande échelle.

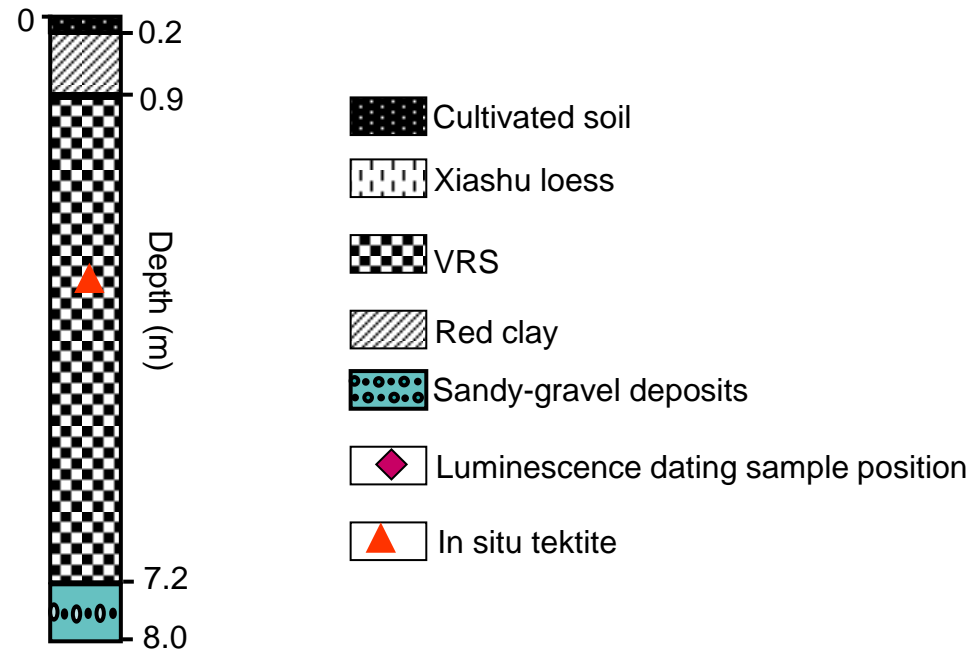
Estimation de la chronologie des VRS

Les VRS sont les sols les plus développés dans le sud de la Chine depuis 800.000 ans.

Lithostratigraphy and magnetostratigraphy of Xuancheng section (Qiao et al., 2003)



Lithostratigraphy of Bose section (Hou et al., 2000)



La corrélation stratigraphique suggère que les VRS ont été formé au Pléistocène moyen. Ils correspondent en effet aux sols S4 et S5 du Plateau des Loess en Chine du Nord qui ont été formés au cours des interglaciaires MIS-11, -13 et -15, il y a 400,000 à 500,000 ans.

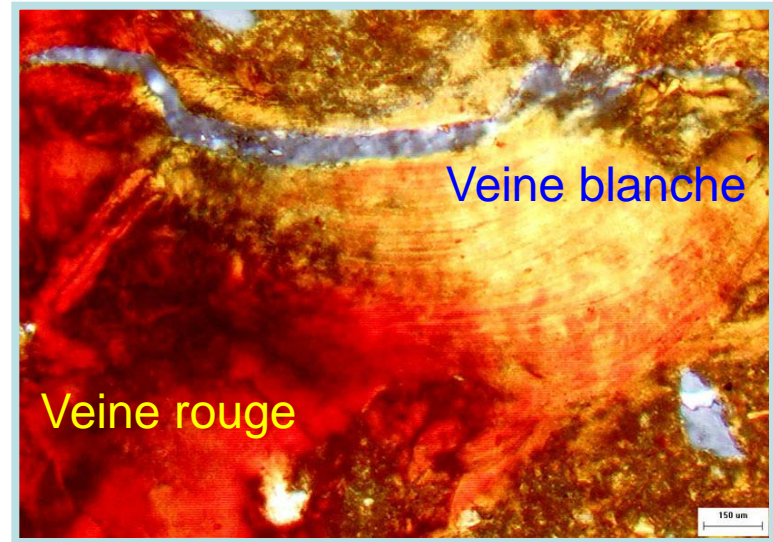
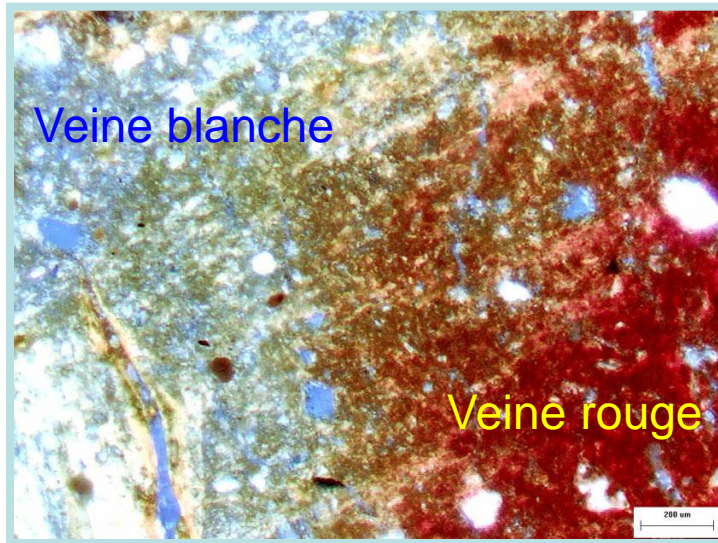
Sequences quaternaires loess-sols en Chine du Nord



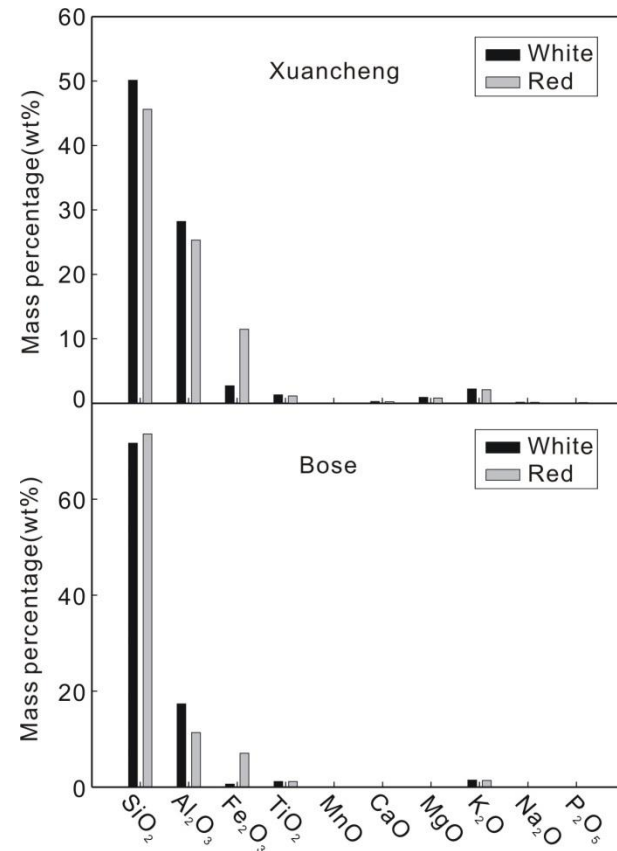
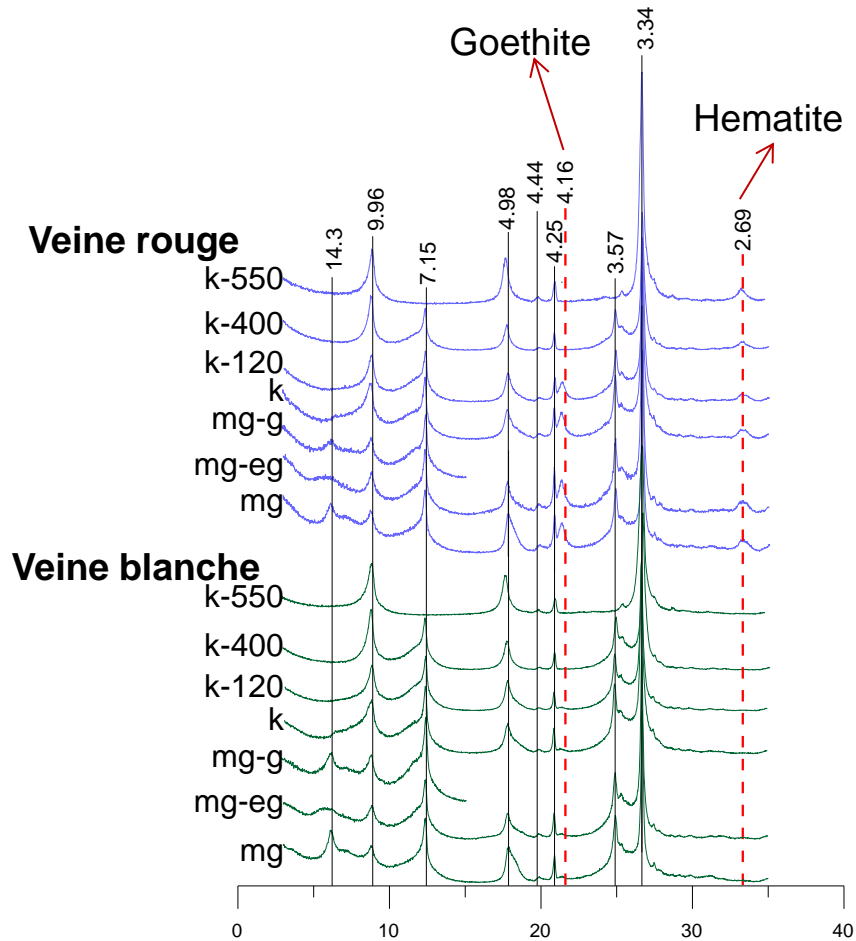
La formation des VRS et son implication environnementale

basé sur les analyses micromorphologique , minéralogique et chimique

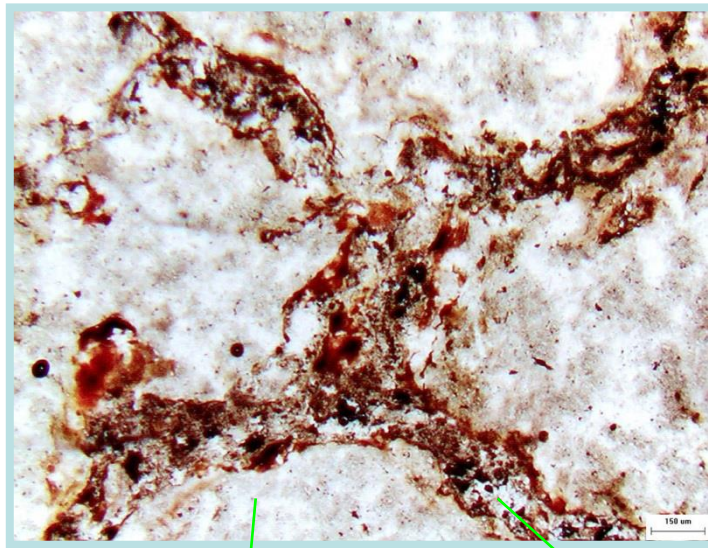
La transition graduelle entre les veines rouges et blanches indique qu'ils proviennent du même sol homogène.



Les analyses chimiques et minéralogiques montrent que les veines rouges contiennent plus d'oxydes de fer que les veines blanches, ce qui indique que la formation des veines blanches est due à la lixiviation et à la disparition du fer dans les sols rouges.

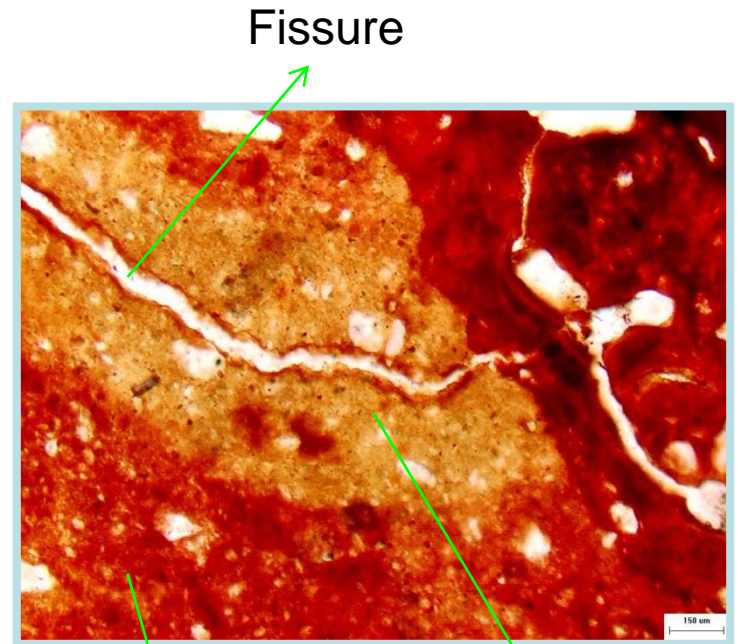


Des fissures sont très développées dans les veines blanches, mais très peu dans les veines rouges. Les veines blanches sont symétriquement distribuées autour de ces fissures, ce qui indique que ces fissures se sont formées avant les veines blanches, offrant des conditions favorables pour la lixiviation du fer. La formation des veines blanches requiert des précipitations abondantes, suggérant des moussons d'été exceptionnellement fortes en Asie de l'est.



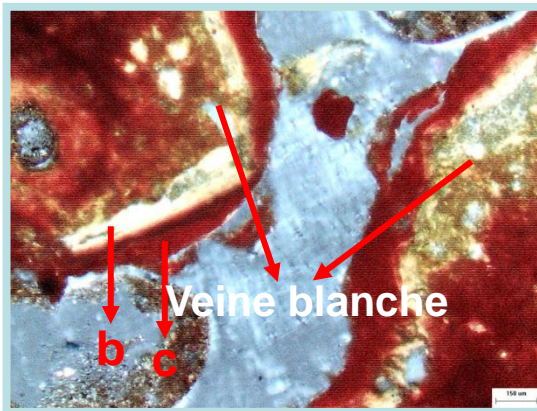
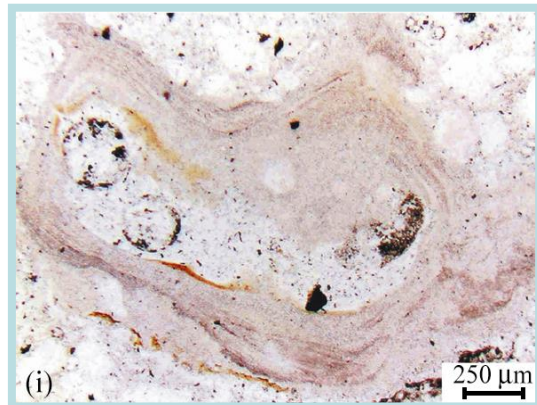
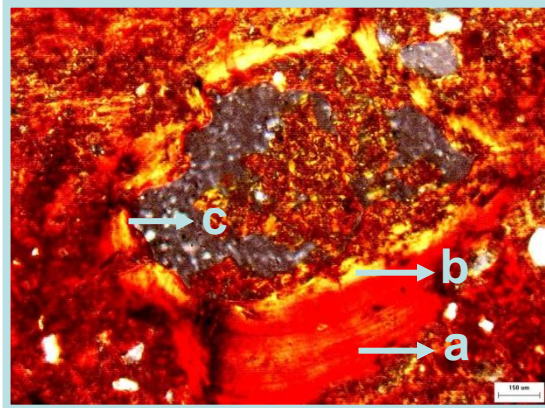
Veine blanche

Fissure



Veine rouge

Veine blanche



Enduits argileux dans les VRS

- a. Climats suffisamment humides pour soutenir un couvert végétal permanent et dense
- b. Climat typique des zones tempérées
- c. Climat chaud-humide dans les zones tropicales et subtropicales

L'existence d'enduits argileux différents indique que les VRS sont des paléosols complexes: formation en plusieurs étapes sous l'influence de différents climats.

Formation en plusieurs étapes des VRS

(Yin & Guo, 2006)

Stade 1 Formation du sol rouge avec enduits argileux A

Quartz majoritaire;
Manque de minéraux moins
résistants;
Prépondérance de la kaolinite;
Enduits argileux A

climats chauds et humides et végétation
à feuilles persistantes et latifoliée dans
les vastes régions au sud de la Yangtze
River

Stade 2 Formation des veines blanches

Épuisement marqué du fer;
Absence des pédo-caractéristiques
du Fe/Mn

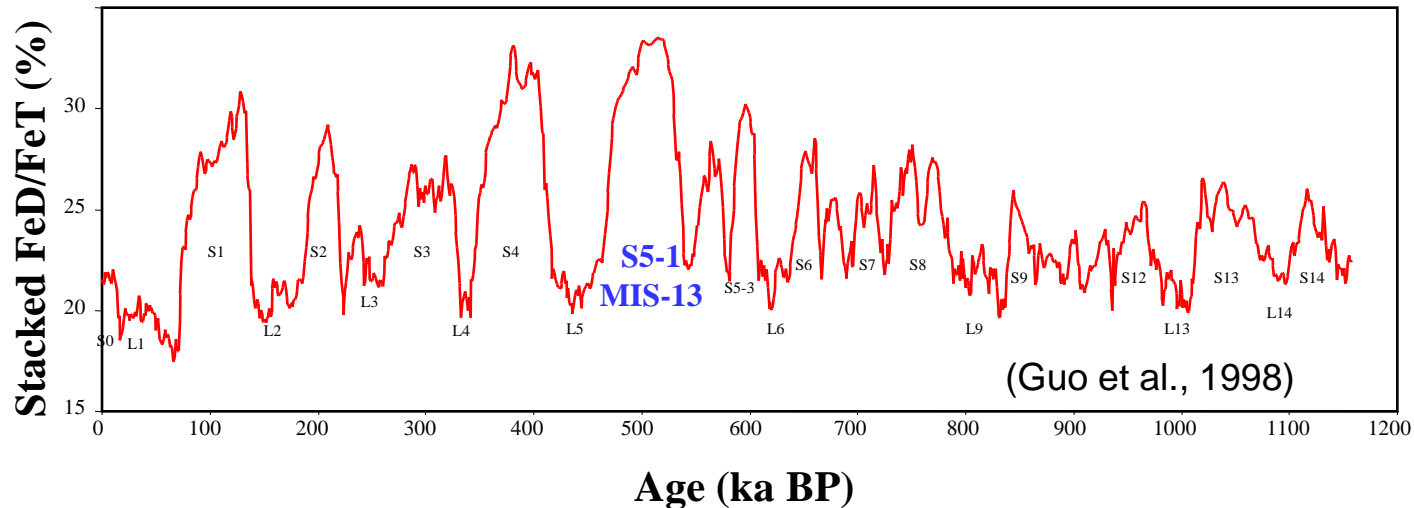
Précipitations abondantes, pas de
saison sèche marquée; bon
drainage; une mousson d'été
exceptionnelle en Asie de l'est

Stade 3 Fluctuations climatiques plus froid-plus chaud

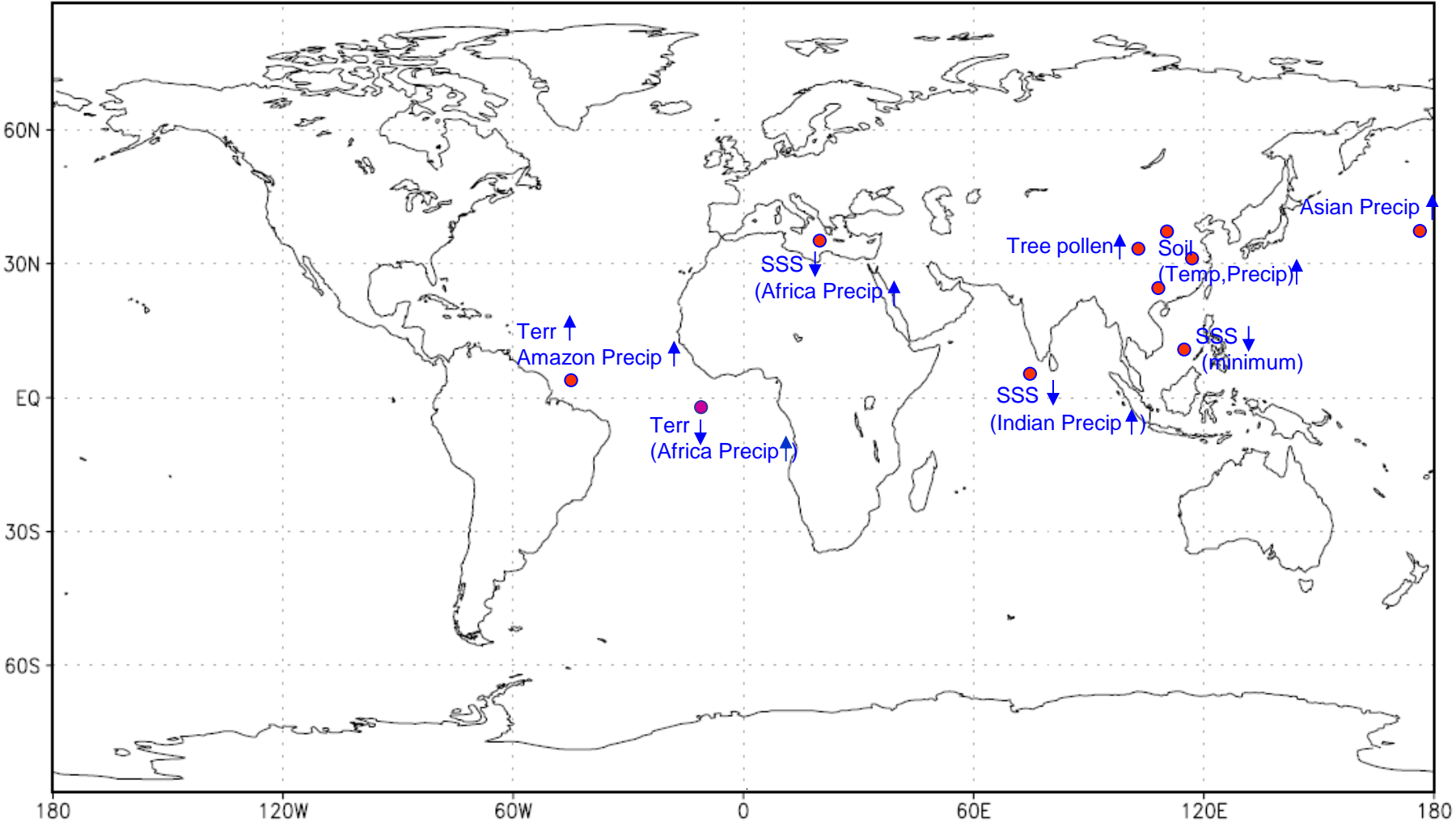
indiquées par l'alternance des enduits argileux jaunes et rouges.

Une mousson d'été asiatique exceptionnellement forte a été enregistrée dans les loess du nord de la Chine. Elle se traduit par un sol bien développé dénommé S5-1, sol qui a été formé pendant l'interglaciaire MIS-13, il y a environ 500,000 ans.

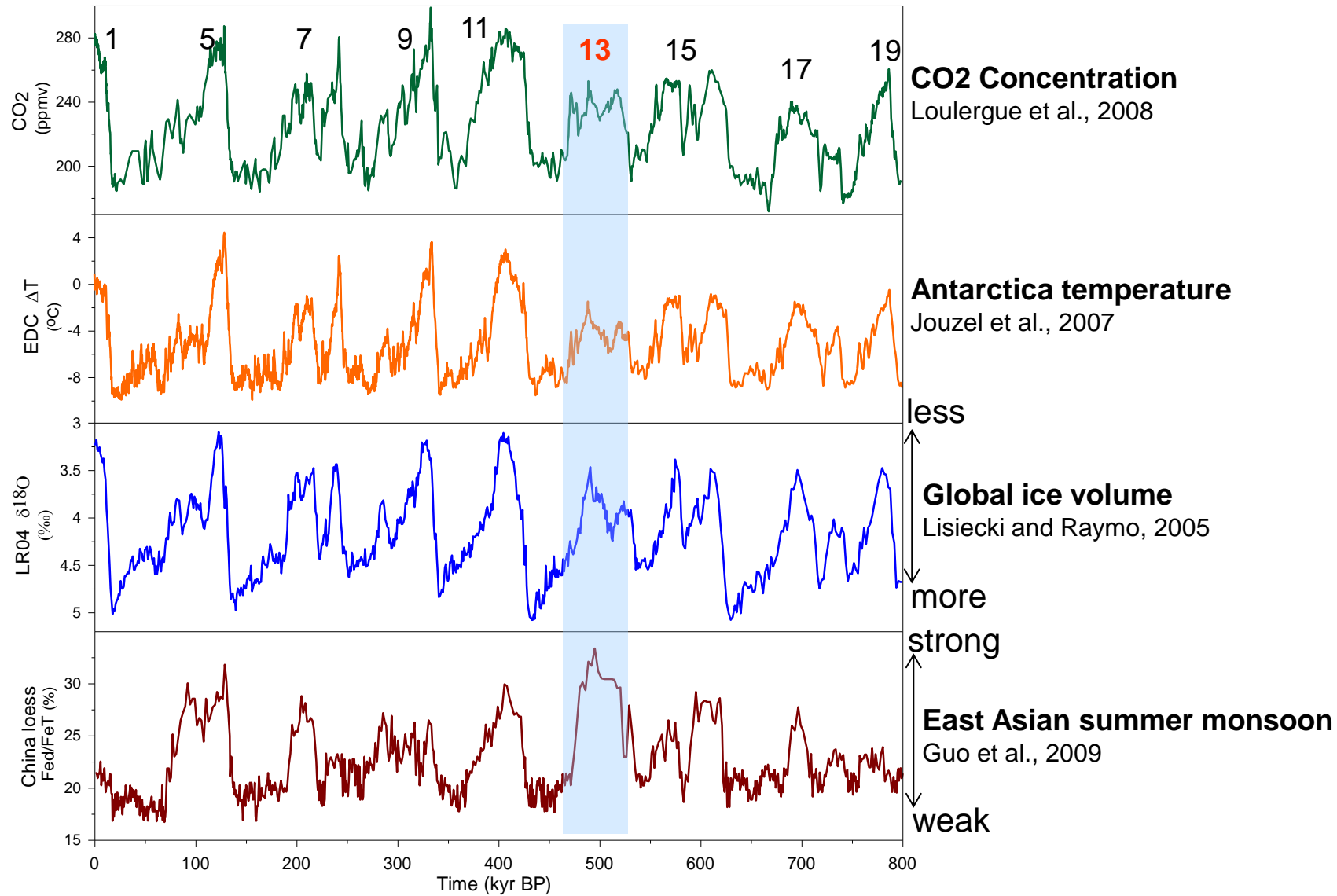
Par conséquent, les veines blanches dans le sud de la Chine, marqueurs de précipitations abondantes, ont très probablement été formées au cours du MIS-13.



Précipitations exceptionnelles pendant MIS-13 à d'autres endroits



Un paradoxe apparent: Une forte mousson d'été en Asie de l'Est pendant un stade isotopique marin frais, le MIS-13.



Comprendre le paradoxe apparent d'une mousson intense en été dans un climat frais:

À partir de la modélisation du climate et de la mousson est asiatique pendant l'interglaciaire MIS-13 (env. 500 ka)

YIN Q.Z., BERGER A., DRIESSCHAERT E., GOOSSE H., LOUTRE M.F., and CRUCIFIX M., 2008. The Eurasian ice sheet reinforces the East Asian summer monsoon during the interglacial 500 000 years ago. *Climate of the Past*, 4, 79-90.

YIN Q.Z., BERGER A., and M. CRUCIFIX, 2009. Individual and combined effects of ice sheets and precession on MIS-13 climate. *Climate of the Past*, 5, pp. 229-243.

GUO Z.T., BERGER A., YIN Q.Z. and L. QIN, 2009. Strong asymmetry of hemispheric climates during MIS-13 inferred from correlating China loess and Antarctica ice records. *Climate of the Past*, 5, pp. 21-31. www.clim-past.net/5/21/2009/

YIN Q.Z., SINGH U., BERGER A., GUO Z., M. CRUCIFIX, 2014. Relative impact of insolation and the Indo-Pacific warm pool surface temperature on the East Asian Summer Monsoon during MIS-13 interglacial. *Climate of the Past*, 10, 1645-1657.

Causes possibles d'une exceptionnelle mousson d'été en Asie de l'est (EASM)

1. Réponse à l'insolation et aux gaz à effet de serre
2. Impact des calottes eurasienne and nord américaine
3. La disparition possible de la calotte groenlandaise et d'une grande partie de la calotte antarctique
4. Impact de la température du "bassin chaud Indo-Pacifique"
5. Un rôle possible de la durée du MIS-13

Principaux résultats de la modélisation

- Insolation est le facteur le plus important contrôlant EASM. L'insolation pendant le MIS-13 n'est **PAS** anormale en comparaison avec les autres interglaciaires, ce qui porte à croire que EASM n'est vraisemblablement pas due à l'insolation uniquement.
- Un petite calotte Eurasiennne additionnelle ou la disparition de la calotte Groenlandaise pourrait aussi renforcer EASM, mais cela n'en fait **PAS** une mousson exceptionnelle.
- Un accroissement de température du 'bassin d'eau chaude du Pacifique tropical' pourrait intensifier les précipitations d'été sur le sud de la Chine, mais ne peut **PAS** expliquer l'augmentation de celles du nord de la Chine.
- *La durée du MIS-13 pourrait jouer un rôle, mais cela doit être confirmé par un modèle où climat et sols interagissent mutuellement (modèle couplé climat-sol).*

Facteurs de la formation d'un sol

Jenny's model (1961):

$$\text{Soil} = f(\text{cl, o, r, p})t^0$$

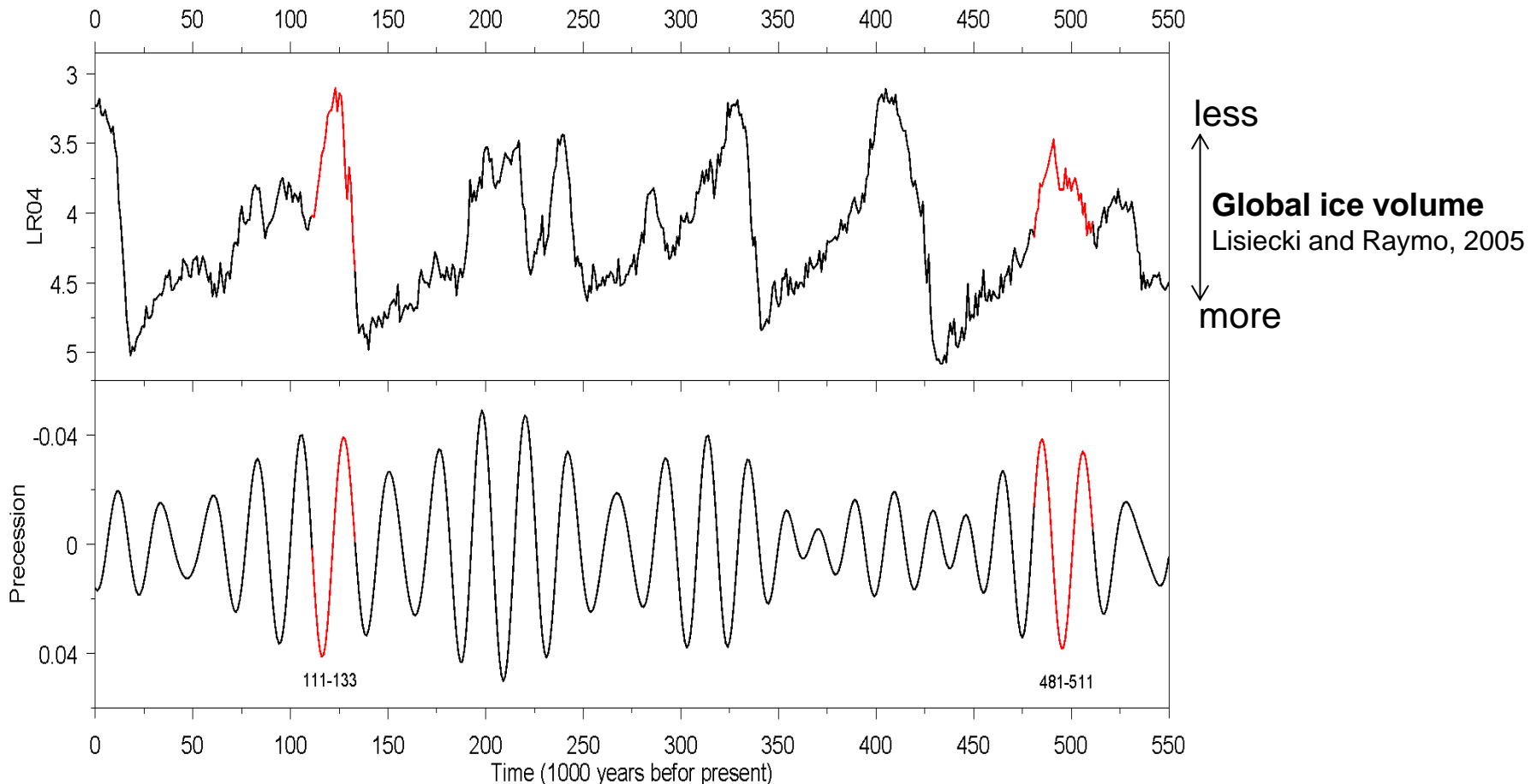
Climat, **O**rganismes, **R**elief, **P**arent material, **T**emps

Comparaison entre 2 interglaciaires: MIS-13 et MIS-5

MIS-5: maxima **plus** chauds et mousson **plus** intense, mais interglaciaire plus **court**

MIS-13: maxima **moins** chauds et mousson **moins** intense, mais interglaciaire plus **long**

Un sol plus développé au MIS-13 peut-il résulter d'un climat modéré s'étendant sur une longue période ?



Simulation des sols pendant MIS-13 et MIS-5 sur le Plateau chinois des loess avec le modèle SoilGen

Mémoire (2015) de Nicholas Bernardini, Ghent University

Promoteurs: Peter Finke, Qiuzhen Yin

Modèle Climat

Observations de terrain

Climat

Temperature
Precipitation
Evaporation

Organismes

Vegetation
Faunes
Influence humaine

Temps

**Parent
material**

Relief

SoilGen model

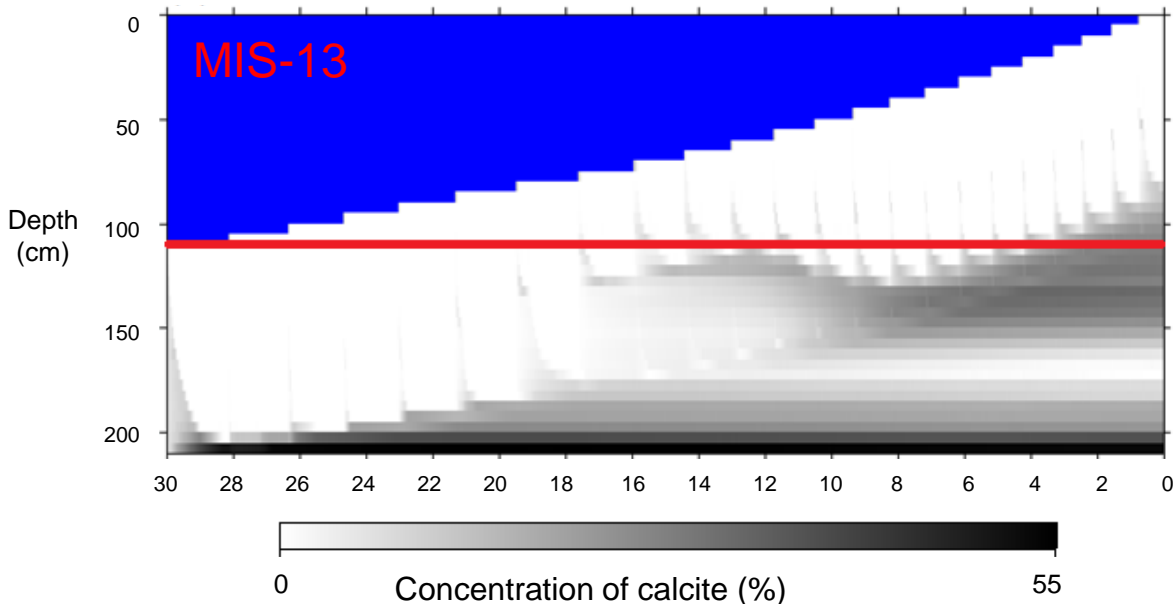
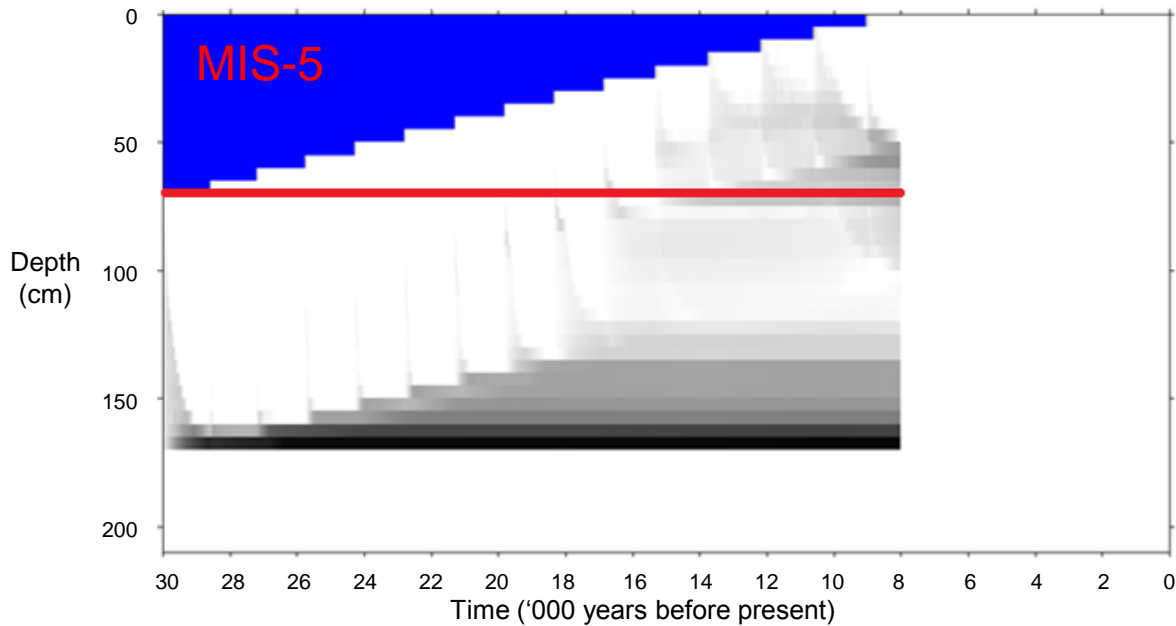
(Finke&Hutson 2008)

Transport des solutés
Transport de chaleur
Cycle du Carbone
Transport des particules d'argile
Altération des minéraux
et al

Résultats

Valeurs des
parameters
des sols

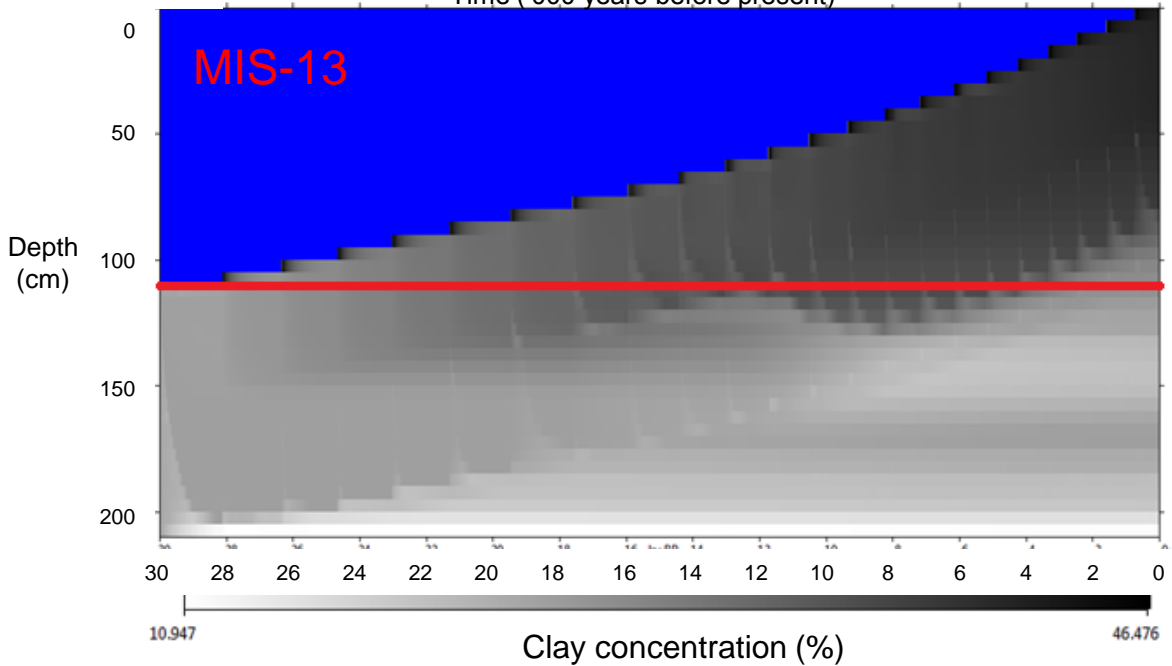
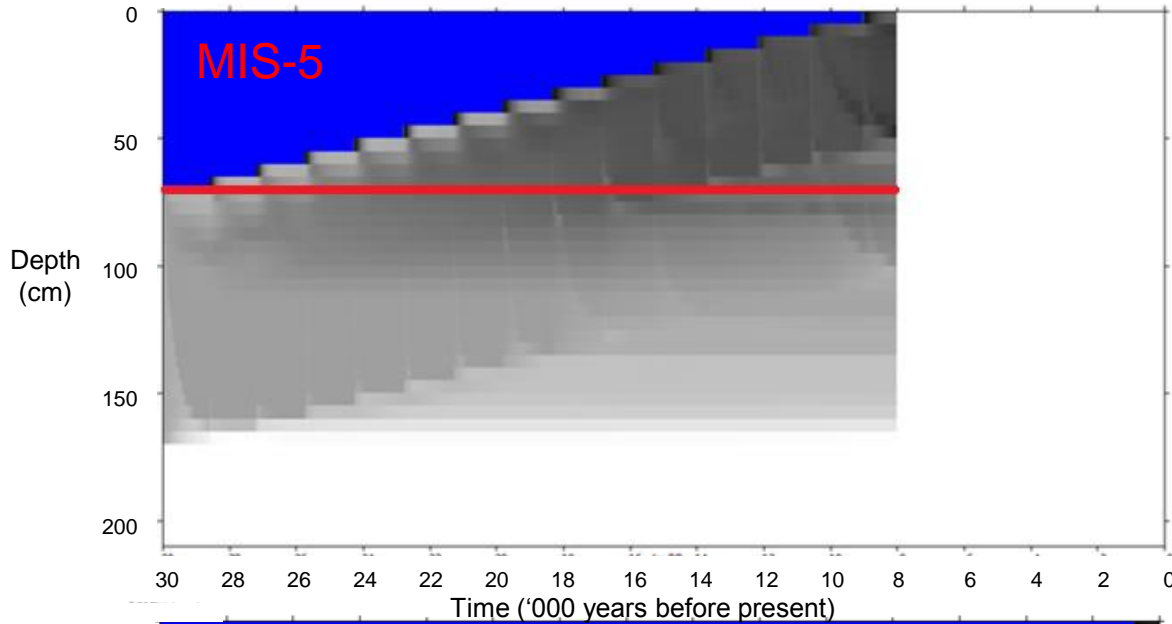
Distribution des **calcites** (%) selon la profondeur et le temps pour MIS-5 et MIS-13



Comparé à MIS-5, MIS-13 a un horizon calcique plus profond et plus développé, indiquant une migration du calcite plus importante au MIS-13.

Cette plus grande migration du calcite au MIS-13 n'est pas seulement due à une formation plus longue, mais aussi aux conditions climatiques (plus grand nombre de mois au cours de l'année avec un bilan positif précipitation-évaporation).

Distribution des **argiles** (%) selon la profondeur et le temps pour MIS-5 and MIS-13



L'accumulation des argiles est plus forte au MIS-13 qu'au MIS-5, suggérant que MIS-13 est un sol plus développé.

Cette plus forte accumulation des argiles au MIS-13 est principalement due aux conditions climatiques, moins influencées par sa plus longue durée.

conclusion

- Les VRS du sud de la Chine ont été soumis à un développement de sols en plusieurs étapes et à différents climats. La formation des veines blanches requiert des précipitations abondantes, suggérant une mousson d'été en Asie de l'est (EASM) exceptionnellement forte pendant l'interglaciaire MIS-13 il y a environ 500ka.
- Des simulations à partir de modèles climatiques ne peuvent reproduire une EASM exceptionnelle pendant MIS-13 si le seul pic d'intensité de la mousson est considéré, mais suggèrent que la longue durée de MIS-13 aurait pu jouer un rôle déterminant.
- La modélisation du sol montre que le sol de MIS-13 est plus développé qu'au MIS-5 dans le Plateau des Loess en accord avec les observations sur le terrain. Ce sol plus développé au MIS-13 résulte à la fois de sa longue durée et de son nombre annuel de mois à bilan hydrique positif. Une mousson modérée, mais longue, a plus d'influence sur la formation des sols qu'une mousson intense, mais de courte durée.
- En conséquence, l' "exceptionnelle" EASM au MIS-13 ne signifie pas nécessairement une intensité maximale, mais reflète plus une précipitation intégrée importante sur une période de temps, mettant ainsi en jeu la durée de la saison des pluies et de l'interglaciaire lui-même.