



HAL
open science

Signatures isotopiques et magnétochimiques des Particules Atmosphériques du BMP : premiers résultats

Pierre-Etienne Mathe, Myriam Janin

► To cite this version:

Pierre-Etienne Mathe, Myriam Janin. Signatures isotopiques et magnétochimiques des Particules Atmosphériques du BMP : premiers résultats. Séminaires de l'OHM Bassin Minier de Provence. Restitution des études 2014, OHM BMP, Oct 2015, Trets, France. hal-03902712

HAL Id: hal-03902712

<https://hal.science/hal-03902712>

Submitted on 16 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Signatures isotopiques et magnétisme des poussières atmosphériques du BMP

*Séminaire annuel OHMBMP
Trets, le 5 Octobre 2015*

mathe@cerege.fr

Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences Environnement – AMU

Myriam.Janin@unimes.fr

CHROME– UNIMES

Objectifs:

Discrimination multi-proxys de l'origine des poussières naturelles ou anthropiques en contexte de territoires géographiquement et industriellement morcelés.

Test méthodologique:

Magnétisme des roches appliqué aux aérosols industriels régionaux (traçage des sources, retombées) –Georgeaud (1997), Lecoanet (2001)-. Spécificités du Bassin minier de Provence.

Méthodes spécifiques du fer et métaux ferreux, ou affinités; tailles de grains

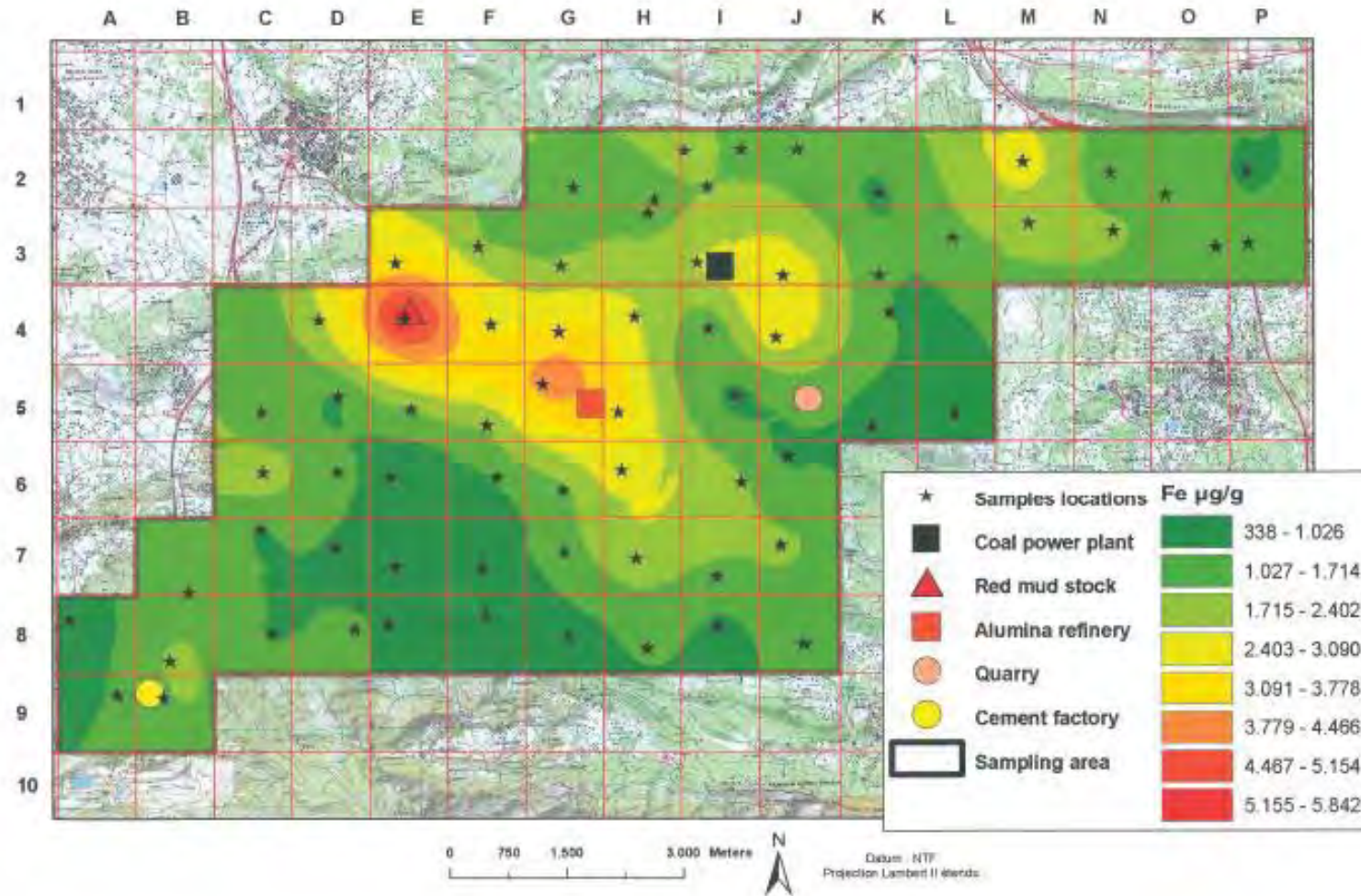
Outils isotopiques (Strontium, développement analytiques sur les métaux au GIS (Myriam Janin).

Méthodes par digestions chimiques

Validation de la complémentarité des méthodes et diagnostics

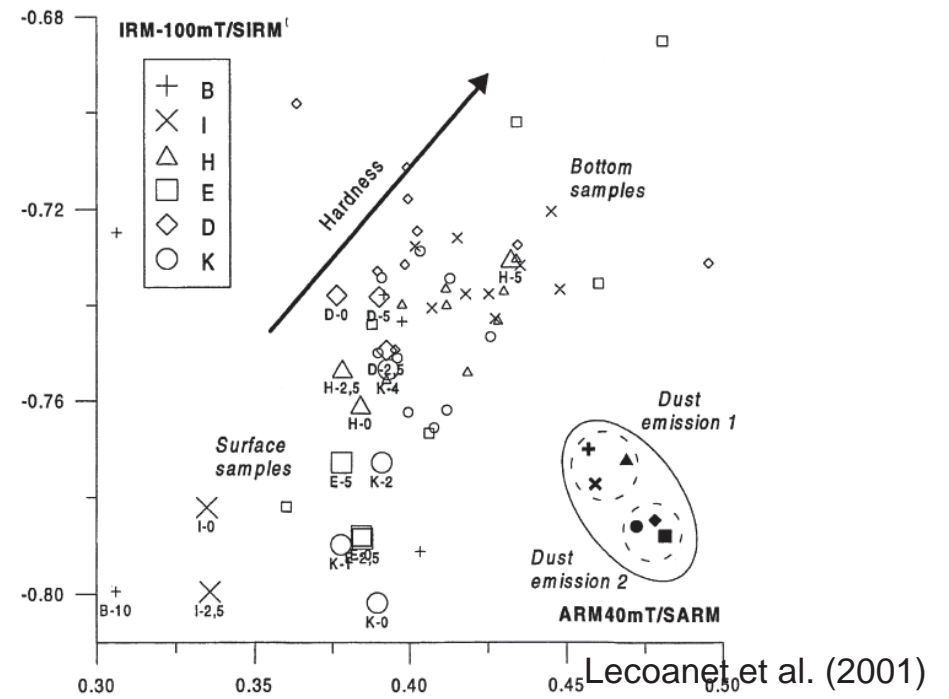
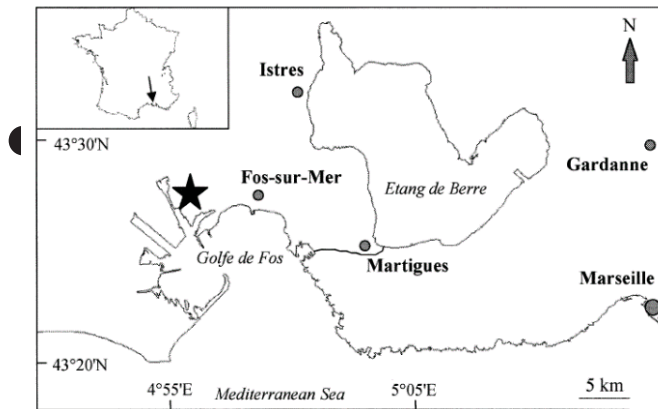
Aide à la décision (carte d'identité et de répartition des particules fines PM 2.5- 10 voire infra)

Historique



Echantillonnage par collecte de feuilles d'arbres et sources

Analyses des éléments chimiques pertinents sur extraits, mesures magnétiques directe sur feuilles ou sur poudres.



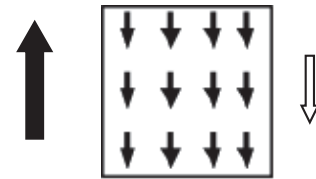
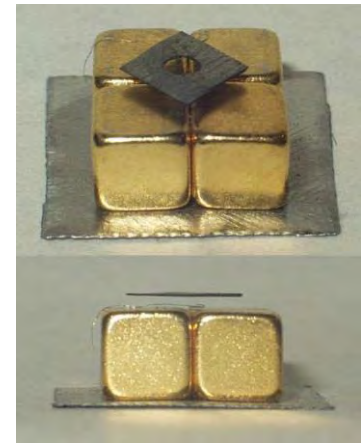
Magnétisme des roches appliqué au traçage des sources en PACA : exemple Berre Fos

Méthodologie magnétisme des roches:

Susceptibilité K et ordre magnétique :

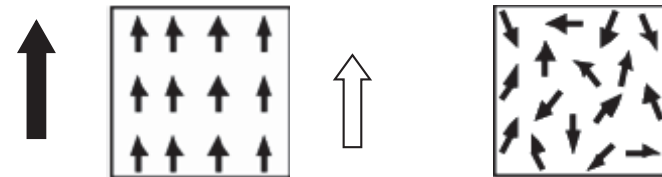
Ordre diamagnétique $K_d < 0$ Répulsion faible

Matériaux non ferreux (métal ou ions)
Minéraux: Calcite ($-12,3 \cdot 10^{-6}$ SI), Quartz ($-14,5 \cdot 10^{-6}$ SI)





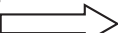
Ordre paramagnétique $K_p > 0$
ions du fer dilué sans interactions

Minéraux: argiles $Fe^{II,III}$, etc ($+10 \cdot 10^{-6}$ SI)



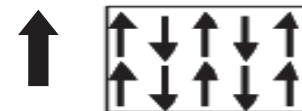
Ordre ferromagnétisme s.l. $K_f \gg 0$
interactions +ou-
aimants permanents

FERRO Fer $K=3,9$ SI
FERRI Magnétite (Fe_3O_4) $K = 3$ SI
AF+ff Hématite (αFe_2O_3) $K=0,5-40000 \cdot 10^{-6}$ SI

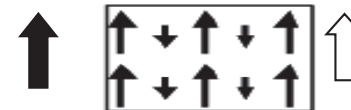
Champ appliqué 
 Moment magnétique
 élémentaire (ion du fer) 
 Aimantation induite
 résultante 



c- Ferromagnétique s.s.



d- Antiferromagnétique



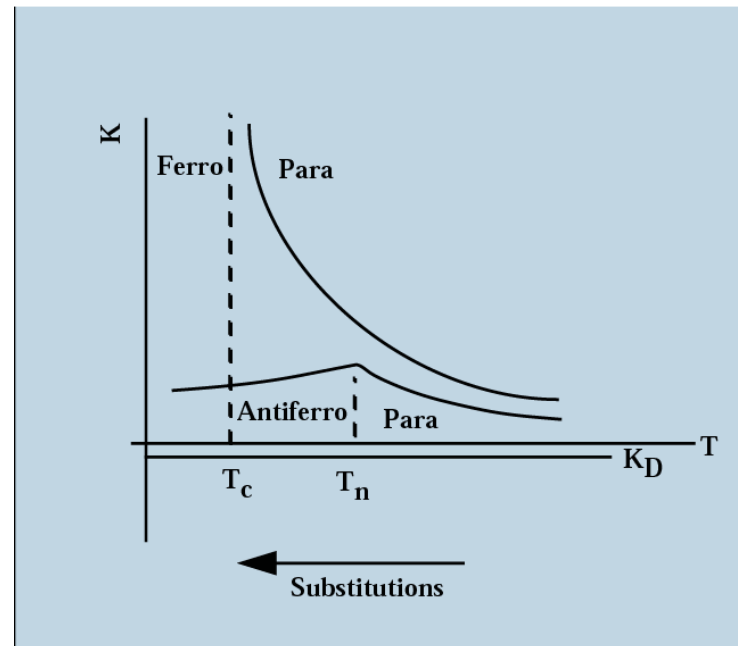
e- Ferrimagnétique



f- Ferromagnétique faible.

Susceptibilité magnétique et températures d'ordre:

Au dessus d'une température d'ordre dite de Curie ou de Néel, les effets de l'agitation thermique contrecarrent l'ordre ferromagnétique s.l.

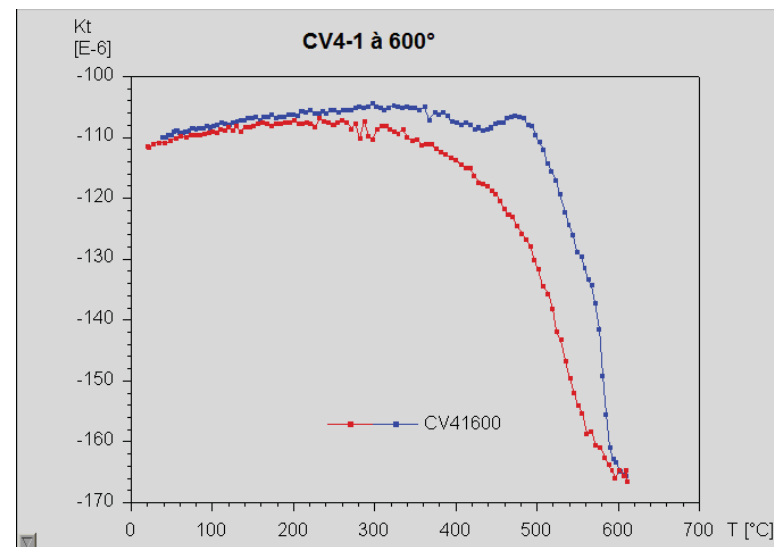
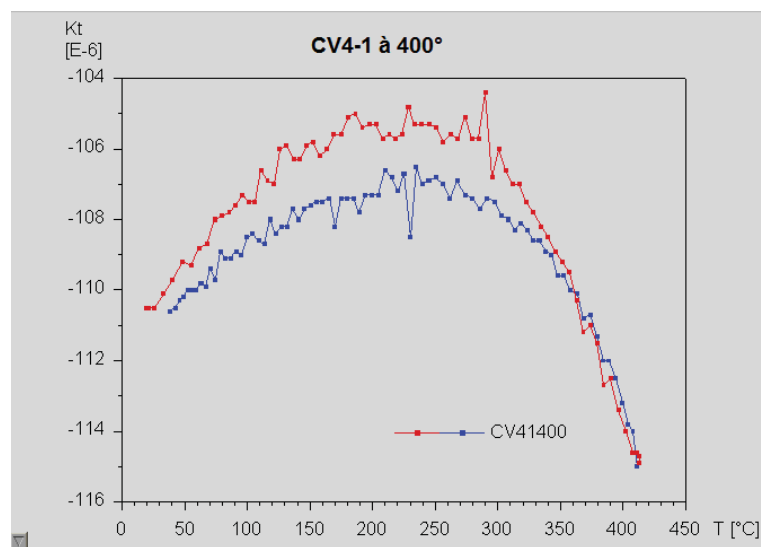


Les moments magnétiques n'étant plus alignés, on assiste à une transition de phase ferro-paramagnétique caractéristique du matériaux.

L'adjonction d'ions non magnétiques dans la structure minérale joue l'effet d'un diluant, les température d'ordre diminuent en proportion.

Caractérisation des sources: courbes thermomagnétiques

Cendres volantes centrales charbons



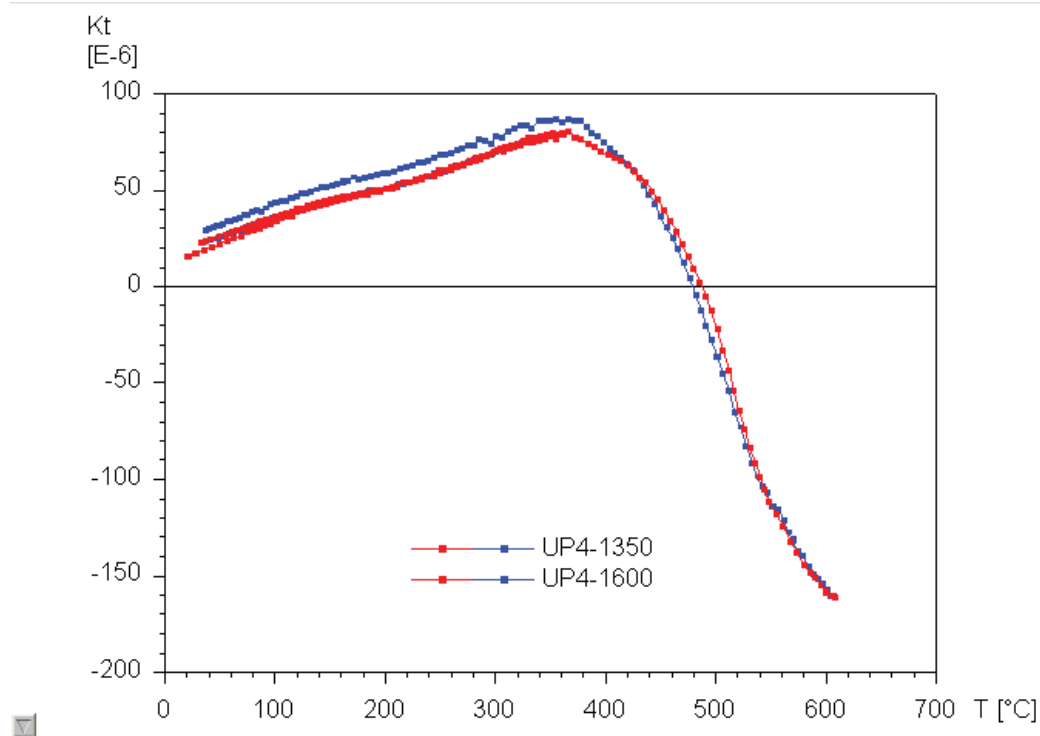
Ttraitement thermique < T Irréversibilité

Faibles K

Transformation Pyrite FeS / Magnétite $\text{Fe}^{\text{II,III}}\text{3O}_4$ (Faible paramagnétisme / Ferro) au chauffage

Caractérisation des sources: courbes thermomagnétiques $K=f(T)$

Cendres de foyer 2^e sem 2008 centrale charbons



Température de Curie T_c : Magnétite ($\text{Fe}^{\text{II,III}}\text{3O}_4$)

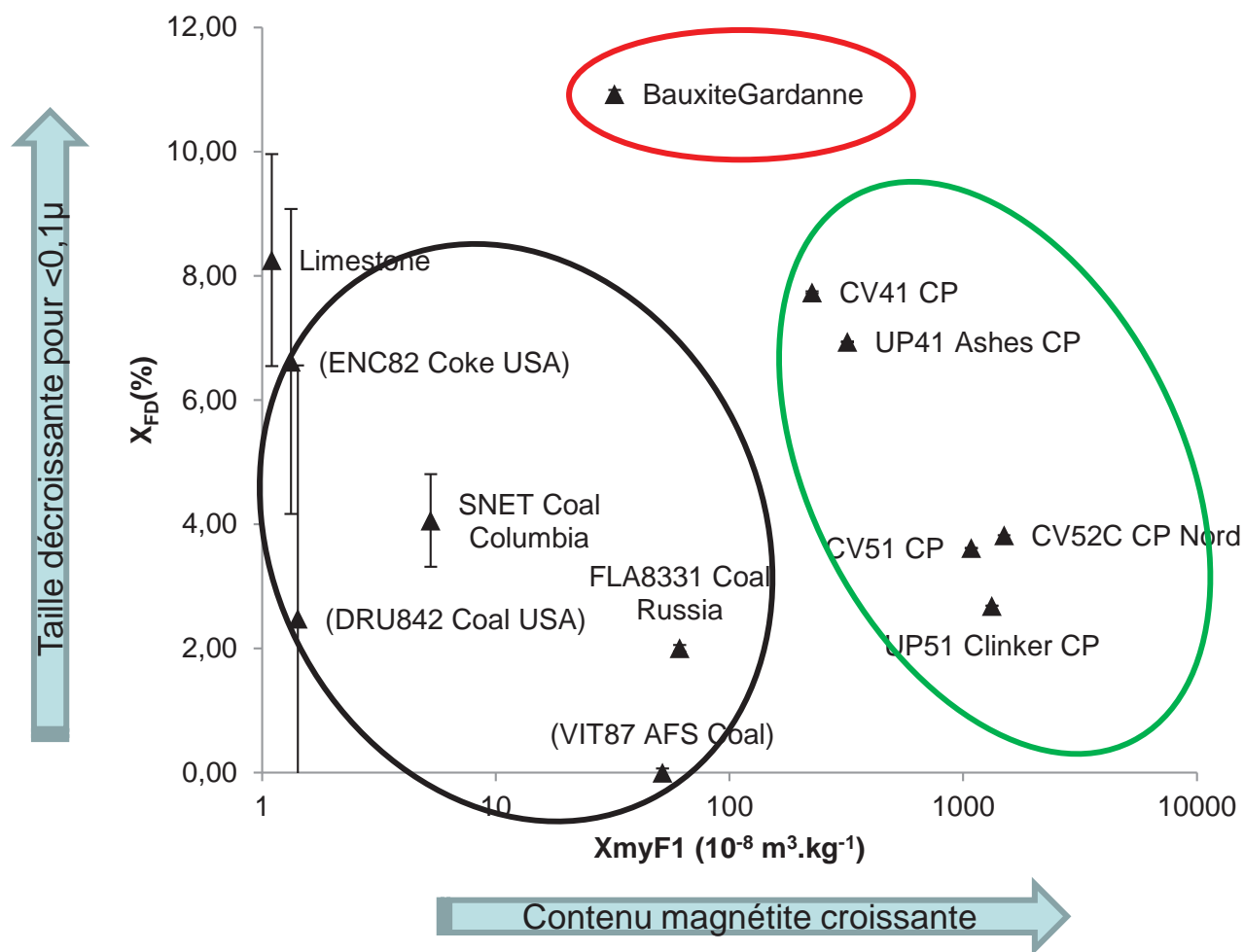
Irréversibilité : T traitement thermique $> T_c$

Identification des porteurs en traces (ppm);

Identification des process thermiques

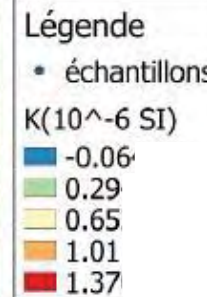
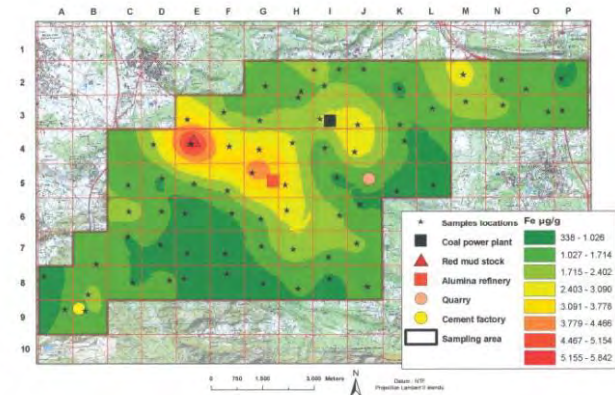
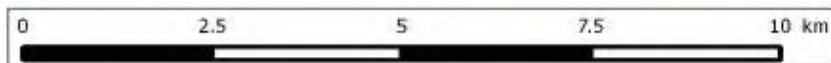
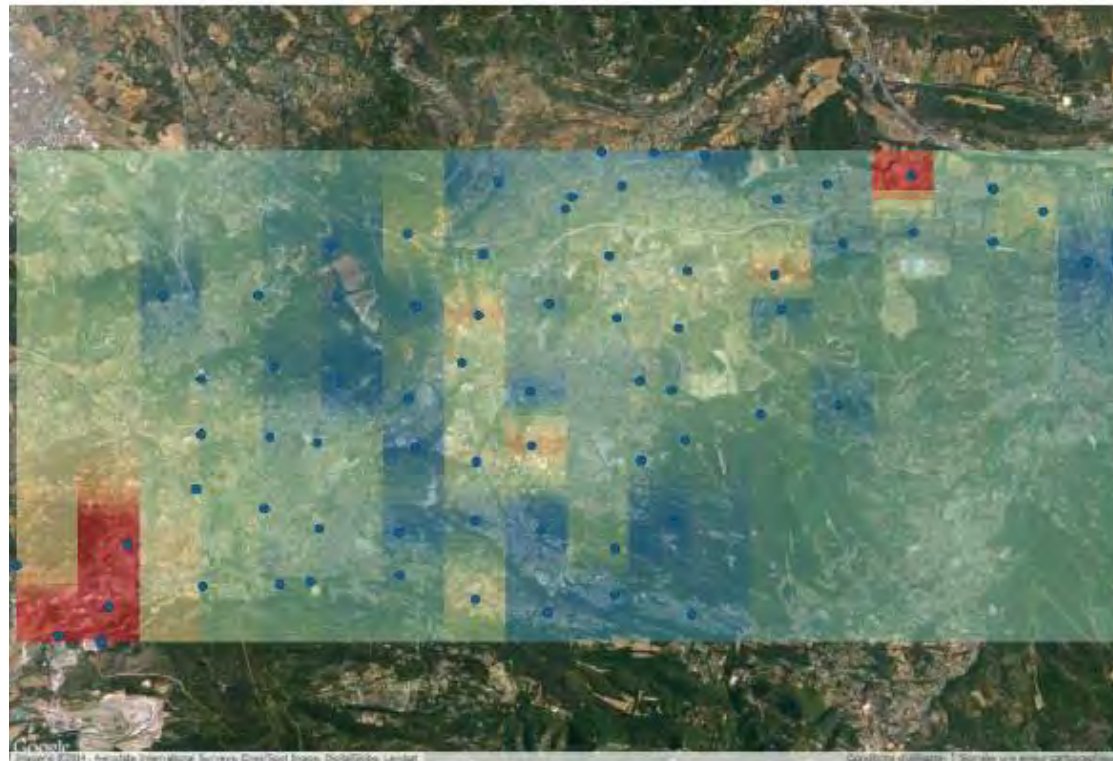
Discrimination porteurs naturels/anthropiques au sein des échantillons de poussières

Susceptibilité magnétique et dépendance en fréquence



Discrimination en tailles et spéciation magnétique des sources

Cartographie de susceptibilité magnétique K sur feuilles d'arbres



Spéciation magnétique du fer:

Cimenterie: Traces ferromagnétiques : magnétite, métal?

Boues rouges: hématite grains fins ($<0,1\mu$) antiferromagnétiques

Alumine: Al + hématite grains fins ($<0,1\mu$) antiferromagnétiques

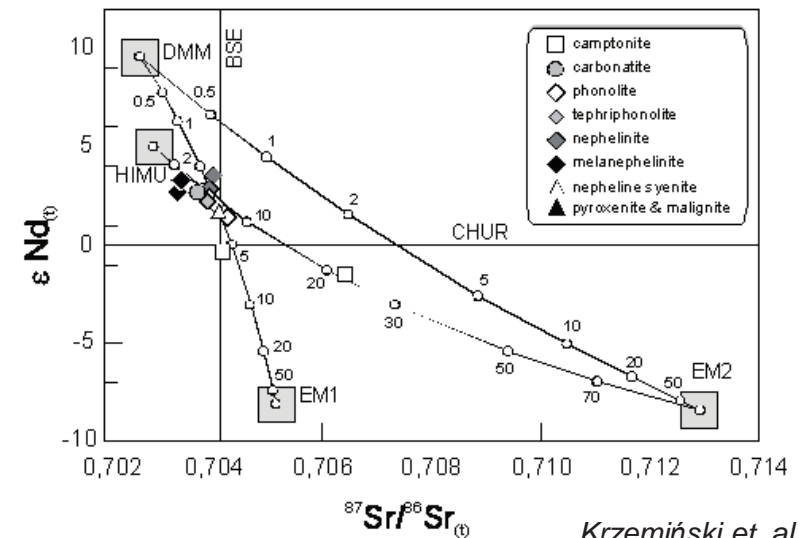
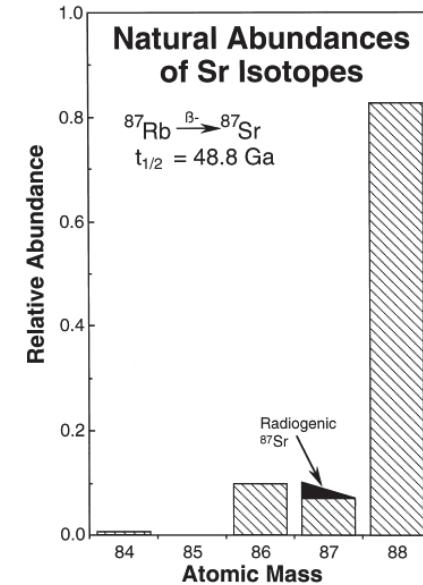
Points singuliers: rééchantillonnage ou suivi temporel.

C'est quoi un isotope ?

- Exemple du strontium:
- Le $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ d'un matériau naturel dépend:
 - Sa [Rb]
 - Son âge
 - Son histoire géologique
- Le $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ d'un matériau anthropique dépend de:
 - Son origine
 - Sa composition
 - Ses procédés de fabrication
 - ...

→ Notion de **signature isotopique des matériaux**

→ **Identification des sources** d'un mélange



Krzemiński et al., 2010

L'intérêt de l'isotopie ? - Exemple

- Guéguen *et al.* [2012]: **Chemical and isotopic properties and origin of coarse airborne particles collected by passive samplers in industrial, urban and rural environments** → caractérisation géographique ponctuelle via la signature isotopique des sources de pollutions potentielles

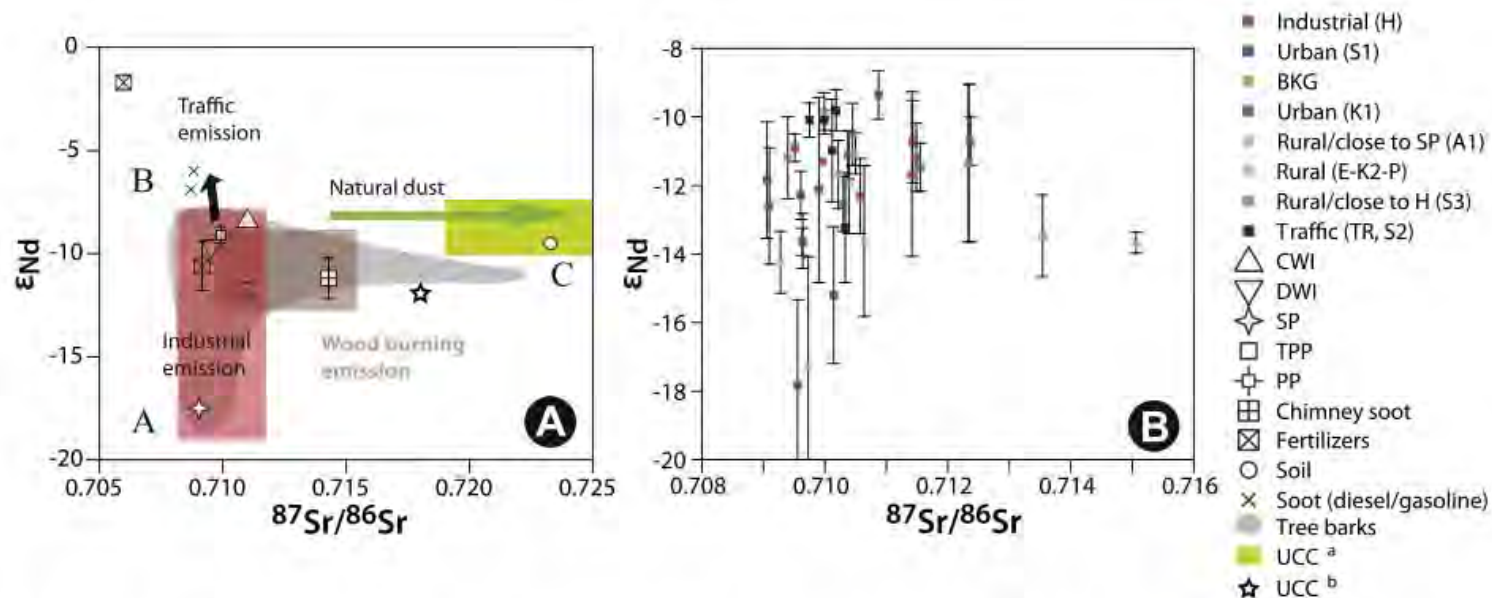
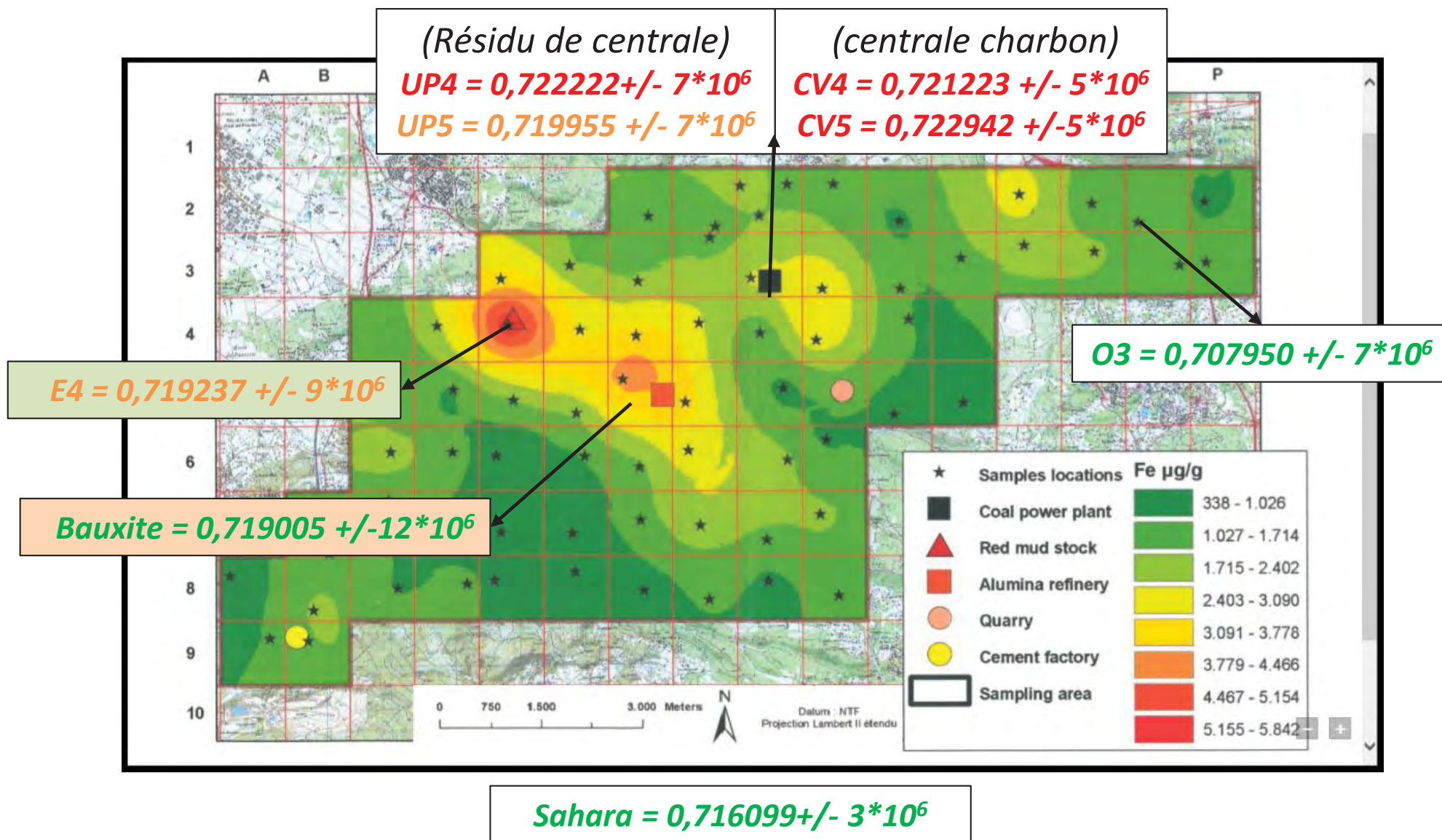


Fig. 5. ϵ_{Nd} vs. $^{87}Sr/^{86}Sr$ isotope diagrams showing (A) the main sources of pollution: industries (end-member A, reddish field); traffic (end-member B); wood burning (beige field); and natural emissions (end-member C, green field). The gray plume represents the field obtained from tree-bark biomonitoring (Lahd Geagea *et al.*, 2007, 2008a); and (B) the variation of Sr and Nd isotopic compositions in the dust samples (this study). UCC^a from Lahd Geagea *et al.* (2008b); UCC^b from Steinmann and Stille (1999), and Tricca *et al.* (1999). Fertilizers (I) and (II) have not only significantly different chemical but also Sr and Nd isotopic compositions. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

Signatures isotopiques des sources



Conclusions:

- **Magnétisme des roches**
 - Diagnostic des minéraux traces direct (non destructif et rapide)
 - Dans les contextes de faibles teneurs et faibles susceptibilités $K=0$, indétermination sur les sources en mélanges quand à la magnétochimie des grains (mélange antiferro -hématite grains fins-+ diamagnétiques Al ou Ca)
 - Diagnostic de tailles nanométriques
- **Isotopie: discriminant de sources naturelles, la bauxite, les résidus industriels.**
- **Dans le cas de signatures proches, magnétique ou isotopiques, le couplage des méthodes lève certaines indéterminations.**
- **Perspectives:**
 - jeu de données et suivi temporel;
 - pollution de sols : effets de dilution