

## **2.2 Caractérisation des minéraux magnétiques**

### **2.2.1 Mise en évidence de variations minéralogiques par les minéraux magnétiques traces**

Cette partie est présentée sous la forme d'un article soumis en novembre 2003 au périodique *European Journal of Soil Science* (Mathé et Lévêque, soumis-c).

#### **Résumé**

Les marais de l'ouest de la France constituent un remarquable laboratoire de terrain pour établir un lien entre les propriétés magnétiques d'un sol argileux récent et la pédologie. La parcelle étudiée a été labourée jusqu'en 1998 puis exploitée par la suite en prairie artificielle. L'aération du sol et la circulation de l'eau y sont accrues par un système de drainage. Des méthodes thermomagnétiques ont été utilisées pour identifier et quantifier sommairement la minéralogie magnétique. Les minéraux les plus abondants sont l'hématite (4/5) et la goethite. Cependant, les minéraux traces ferrimagnétiques tels que la maghémite, la magnétite et, dans une moindre mesure, les sulfures de fer, contrôlent les propriétés magnétiques. Ces dernières nous permettent de définir une structure verticale du sol en accord avec les horizons pédologiques. De plus, plusieurs sous-structures sont identifiées. La couche supérieure est caractérisée par un fort enrichissement en minéraux magnétiques. D'une part, l'épaisseur de ce niveau est accrue au-dessus des drains. D'autre part, les teneurs relatives en minéraux ferrimagnétiques augmentent latéralement à proximité des drains. Ces enrichissements correspondent à la couche la mieux aérée et la plus développée. Ces caractéristiques du sol, facilitant la circulation de l'eau et la colonisation par les racines, favorisent sa fertilité. Ainsi, les minéraux ferromagnétiques *s.l.*, plus particulièrement la maghémite et la magnétite, peuvent être considéré comme des traceurs minéralogiques, reflétant en partie la fertilité du sol dans un tel environnement.

#### **Summary**

The marshlands of western France provide the opportunity to relate the magnetic properties of a recent sedimentary clay soil to pedogenesis, including the impact of agriculture and drainage, on magnetic mineralogy. We studied a plot of drained land that had been ploughed up to 1998 and under grass since. A new thermomagnetic method was used to identify and to quantify roughly the

magnetic minerals, which represent less than  $1 \text{ g kg}^{-1}$ . The most abundant Fe oxides are haematite (45%) and goethite (45%). However, trace amounts of the ferrimagnetic minerals, maghemite (4%), magnetite (3%) and, to a lesser extent, iron sulphides (1%) provide most of the magnetic signal. This signal allowed us to identify magnetic horizons that relate to the soil horizons. The topsoil is characterized by a strong magnetic enhancement (4-fold), and the thickness of this layer increases close to the drains. Relative contents of ferrimagnetic phase also increase laterally with decreasing distance to the drains. Magnetic enhancement coincides with the most aerated and developed layer, in which water circulation, root colonization, and hence soil fertility, are greater. Ferromagnetic minerals *sensu lato*, especially maghemite and magnetite, can be considered as mineralogical tracers partly and indirectly reflecting soil fertility of these clay-rich marshland soils.

## 2.2.2 Minéralogie magnétique des sols de marais :

### données complémentaires

La partie précédente présente les variations de la minéralogie magnétique de deux profils de sol, l'un au niveau d'un drain, l'autre en interdrain. A l'aide d'un protocole expérimental basé sur les températures de déblocage et les coercivités, cinq phases ferromagnétiques *s.l.* ont été distinguées. Leur aimantation ainsi que leur teneur ont été quantifiées. Le même protocole a été appliqué sur un autre profil (P3) se situant en interdrain, à environ 1.2 m du drain et 1 m de P1. Les résultats sont présentés dans la figure 8.

Les cinq mêmes phases minérales sont présentes :

- deux phases ferrimagnétiques de coercivité inférieure à 0.2 T : la magnétite et la maghémite (et des sulfures tels la greigite) formant la fraction dite 'soft'.
- trois phases de coercivité supérieure à 0.2 T : des sulfures tels la pyrrhotite (ferrimagnétiques), la goethite et l'hématite (antiferromagnétiques) formant la fraction dite 'hard'.

Les aimantations et les teneurs de P3 ainsi que les amplitudes de leurs variations sont comparables à celles de P1 (Fig. 3 et 4, Mathé et Lévêque, soumis-c). Seules quelques différences notables entre ces deux profils sont donc abordées.

La diminution majeure d'aimantation totale pour une profondeur croissante s'effectue entre 0.37 et 0.7 m pour P3 (Fig. 8a), alors qu'elle est localisée entre 0.45 et 0.55 m pour P1. La variation est donc plus diffuse pour P3. Elle correspond à la plus forte baisse de teneurs en minéraux ferrimagnétiques (Fig. 8b). On peut cependant noter que la diminution de la concentration en hématite se situe au-dessus de cette zone (entre 0.22 et 0.37 m). L'abaissement de la base inférieure du front (environ 0.7 m) peut

s'expliquer par la réduction de la distance entre le drain et le profil observé. La faible résolution de cette étude thermomagnétique nous interdit toutefois d'en tirer des conclusions trop hâtives. La profondeur de l'interface entre H2 et H3 sera discutée plus en détail dans le chapitre 3. L'intérêt essentiel de la figure 8 est de montrer que, malgré de fortes incertitudes liées à la méthode de quantification, les aimantations et les teneurs déterminées pour deux profils proches restent cohérentes.

PROFIL EN INTERDRAIN (P3)

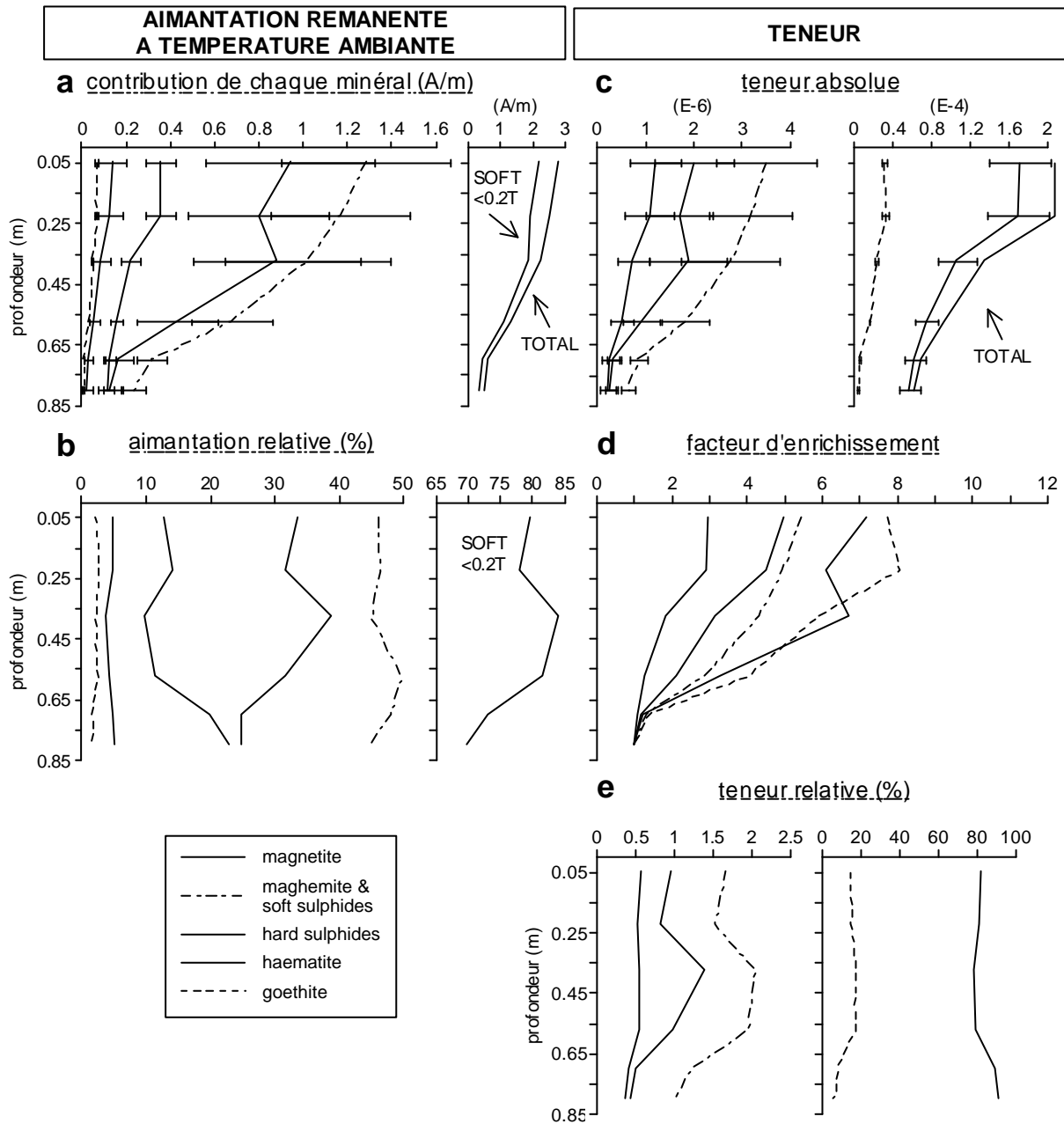


Fig. 8. Variations avec la profondeur de la minéralogie magnétique du profil P3 déterminée à partir de la désaimantation par paliers d'une IRM composite (Mathé et Lévêque, soumis-c). (a) Aimantation rémanente portée par chaque phase à température ambiante. SOFT indique l'aimantation des phases saturées dans un champ de 0.2 T, soit la maghémite, l'hématite et certains sulfures. (b) Rapports de l'aimantation de chaque phase sur l'aimantation totale (en %). (c) Teneurs absolues. (d) Facteur d'enrichissement. (e) Rapports de la teneur en chaque phase sur la teneur totale en minéraux ferromagnétiques s.l. (en %).