



HAL
open science

Traces de roulage ou de labour ? Le diagnostic micromorphologique

Anne Gebhardt, Roger Langohr

► **To cite this version:**

Anne Gebhardt, Roger Langohr. Traces de roulage ou de labour ? Le diagnostic micromorphologique. Archeosciences, revue d'Archéométrie, 2015, 39, pp.31-38. hal-02005122

HAL Id: hal-02005122

<https://hal.science/hal-02005122>

Submitted on 3 Feb 2019

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.

Provided for non-commercial research and education use.
Not for reproduction, distribution or commercial use.



This article appeared in “Archeosciences” journal published by Presses universitaires de Rennes.

The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.

Other uses, including reproduction, distribution, selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

Authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository.

Traces de roulage ou de labour? Le diagnostic micromorphologique

Rolling or Ploughing Traces? The Soil Micromorphological Diagnostic

Anne GEBHARDT^a et Roger LANGOHR^b

Résumé : L'observation de nombreuses traces de labour et traces de roulage sur le terrain par les auteurs lors du suivi pédo-sédimentaire de différentes interventions archéologiques en France septentrionale et en Belgique, a permis d'isoler trois caractéristiques majeures permettant de les différencier : 1) la microstructure qui reflète d'un côté l'aération du sol par l'outil aratoire et de l'autre le tassement par des engins lourds, 2) les indices d'humidité plus abondants dans les zones de tassement, induits par le passage des véhicules, 3) les artefacts anthropiques, apportés par la fumure dans des parcelles cultivées. Observées en lame mince dans le remplissage des traces linéaires, ces caractéristiques vont dès lors permettre un diagnostic plus efficace de l'origine de ces traces.

Abstract: *Field observations on the many effects of wheeled traffic and ploughing noted during geoarchaeological site investigations in Belgium and France permitted the authors to identify three main characteristics differentiating these phenomena. 1: ploughing produces a better aerated soil microstructure while compression characterized the effects of heavy wheeled traffic; 2: redoximorphic mottling is more common in the compressed soils of wheel tracks; 3: anthropogenic artefacts transported along with farmyard manure occur more often in ploughed soils than in the trackways themselves. These broad differences should be evident in soil thin section studies, further aiding the differentiation of trackway deposits from ploughed soils.*

Mots clés : micromorphologie des sols, archéologie, traces de labour, traces de roulage.

Keywords: *ploughing traces, rolling traces, archaeology, soil micromorphology.*

1. INTRODUCTION ET CIRCONSTANCES DE L'ÉTUDE

L'expérience acquise sur le terrain lors du suivi pédo-sédimentaire de différentes interventions archéologiques (France septentrionale et Belgique), a permis aux auteurs d'établir un corpus de traces, issu du roulage de véhicules et de l'utilisation d'outils aratoires en contexte limoneux à sableux. Le décapage archéologique en plan fait parfois apparaître des traces linéaires plus ou moins continues, parallèles, peu profondes et répétitives sur plusieurs largeurs, attribuables à du roulage ou du labour. D'après notre expérience, une

simple observation de terrain ne suffit pas toujours à différencier ces traces, car l'implantation et la taille des fenêtres d'investigation archéologiques peuvent empêcher d'en avoir une vision spatiale claire.

Après un rapide historique des connaissances sur le labour, les outils aratoires et les traces de roulage, cet article propose quelques critères simples établis à la fois sur le terrain et au microscope, permettant l'attribution de ces structures linéaires soit à du roulage d'engins soit à du labour.

^a UMR 7362 – LIVE/Université de Strasbourg – 1, rue de l'Argonne, 67000 Strasbourg; INRAP. (anne.gebhardt-even@inrap.fr)

^b ASDIS – 20A-rue des Tourterelles, 1150 Bruxelles, Belgique, Laboratoire des Sols, Univ. Gand, Belgique. (roger.langohr@skynet.be)

2. LABOUR ET ROULAGE, RAPPEL HISTORIQUE DES CONNAISSANCES

Les plus anciennes représentations de l'araire sont figurées par des gravures rupestres de la fin du Néolithique du Val Fontanalba (Alpes-Maritimes). Les premiers sillons de labours sont observés dans les sols sableux du Danemark et attribués au Néolithique final (Viggo, 1970 ; Lerche et Steenberg, 1980). Les plus anciens araires ont été trouvés dans les tourbes scandinaves et dateraient de la fin de l'Âge du Bronze ou du début de l'Âge du Fer (Lerche et Steenberg, 1980).

S'il semble que la charrue ne se développe pas avant le Haut Moyen Âge en France septentrionale, des araires perfectionnés et massifs, capables d'œuvrer sur des terres lourdes et argileuses ont pu exister dès la période antique (Ferdrière *et al.*, 2006). Mais l'araire simple reste destiné aux sols légers, sableux et secs à légèrement humides, ou aux champs déjà bien travaillés, laissant les terrains difficiles à la charrue. Incapable de travailler autre chose que des sols préalablement débarrassés de leurs racines ligneuses (arbres, buissons) mais bien adapté aux prairies dans le cas d'alternance prairie/culture, l'araire semble avoir été, dès la période médiévale, souvent employé pour le labour de jachères déjà bien ameublées (Paillet, 2005). Principalement destiné à la préparation du champ pour la culture des légumineuses et de certaines céréales, l'araire servait également à couvrir les semis ou déterrer les pommes de terre et autres tubercules (Sigaut, 1977).

Les travaux de recherche ethnologiques portant sur la typologie des instruments aratoires, définissent l'araire comme un instrument symétrique à traction animale, qui trace une raie et qui, contrairement à la charrue, émiette le sol au lieu de le retourner (Haudricourt et Brunhes-Delamarre, 1986.) Enfin, aux anciennes études expérimentales de l'impact sur le sol d'araires reconstitués (Lerche et Steenberg, 1980 ; Reynolds, 1982 ; Meurers-Balke, 1985), s'ajoute l'analyse micromorphologique comparative récente des traces laissées par divers instruments aratoires anciens reconstitués (houe, araire) et modernes (bêche, charrue) (Gebhardt, 1990, 1991, 1999 ; Lewis, 2012). Ces derniers travaux ont permis d'inventorier un certain nombre de formes macroscopiques et de traits micromorphologiques spécifiques à l'action de chaque outil dans le sol (tableau 1). Ce référentiel (Becze Deak *et al.*, soumis) a déjà été mis à l'épreuve pour déterminer avec succès des traces aratoires anciennes comme celles découvertes en contexte archéologique à Gottesheim (Bas-Rhin, Gebhardt 2011), Moyenvic (Moselle ; Gebhardt, 2010b) ou Entzheim (Bas-Rhin ; Gebhardt, 2007b ; figure 2a)

A contrario, et bien que la littérature concernant les voies et le réseau viaire abonde (Coulon, 2007 ; Jung, 2009 ; Kasprzyk et Novel, 2011), l'effet du passage des roues de charrettes sur le sol a été peu étudié. Les rares mentions de roulage sont toujours associées à l'étude de voies construites et déjà bien marquées dans le paysage (Durand, 1976 ; Brechon, 2006). Les traces étudiées sont celles creusées dans la roche ou les pavements, les ornières en terrain meuble n'étant généralement que rapidement mentionnées.

Outil	Dimensions et forme en plan	Caractéristiques de l'entaille	Espacement des traces	Organisation du remplissage de l'entaille
Araire	Linéaires, ondulantes avec parfois figures de reprises de sillons. Plus profondes et plus larges avec un soc métallique. 10 cm de large, 6-13 cm de profondeur.	Forme en U ou V selon le type d'araire. Symétrique. Base de l'entaille parfois irrégulière en forme de langue.	15-20 cm à 25-30 cm	Mélange de fragments de sol remaniés issus de tous les horizons rencontrés lors du creusement. Zones de tassement se forment à la limite de l'entaille (semelle de labour). Agrégats arrondis microscopiques de taille variable.
Charrue	Linéaires, ondulantes avec parfois figures de reprises de sillons. 5-30 cm de large, 2-60 cm de profondeur.	Forme U ou V, Asymétrique, large. Base et côtés irréguliers, mottes en virgule, moulées par le versoir de la charrue.	12-50 cm	Inversion d'horizons (substrat vers le haut, organique vers le bas). Gros agrégats anguleux, taillés droits, compactés sur certains côtés, visibles à l'œil nu.
Bêche	Discontinue, 10 à 27 cm de largeur en plan, 5-20 cm de profondeur,	Forme en D, triangulaire, oblongue ou rectangulaire. Un bord à pente raide et un bord à pente plus douce, base plane, arrondie ou pointue.	Variable	Inversion d'horizons (substrat vers le haut, organique vers le bas).
Houe	Discontinue, 7 cm large en plan, 5-6 cm de profondeur.	Forme en U, discontinue. Entaille irrégulière.	Variable	Mélange intime des divers horizons. Fragmentation fine des agrégats.

Tableau 1 : Caractéristiques macroscopiques et micromorphologiques des traces de labour générées par quelques outils aratoires expérimentaux anciens (araire, houe) et traditionnels (bêche, charrue) d'après Lewis (2012) et Gebhardt (1990, 1995a, 1999).

Table 1: Macro- and micromorphologic characteristics of cultivation effects according to ancient (hoe, ard) and traditional (spade, plough) tillage tool, from Lewis (2012) and Gebhardt (1990, 1995a, 1999).

Quelques travaux de micromorphologie des sols relatent cependant du remplissage sédimentaire de chemins creux abandonnés (Gebhardt, 1990; Macphail, 2003; Macphail, 2011; Macphail et Crowther, 2008) ou du rôle, dans les processus d'érosion, de ces chemins comme collecteurs des eaux de surface (Gebhardt, 2007a). Pourtant, dans le cadre des grands décapages archéologiques, le chercheur est souvent confronté à des traces longilignes, parallèles, découvertes hors du cadre viaire au sens strict. Des empreintes de roue sont observées étalées sur des surfaces larges associées à des zones dédiées à l'artisanat (carrières, débardages), voire à des champs. Peu évidentes à interpréter lorsque les fouilles sont restreintes à de petites surfaces qui ne permettent pas d'avoir une vision large de leur étalement, l'étude de ces structures de roulage est essentielle. Seule une bonne compréhension de leur mode de formation et de fonctionnement permet de ne pas les confondre avec des sillons de labour.

3. LABOUR OU ROULAGE, VERS UN DIAGNOSTIC

Pour bien se conserver dans le sol, les traces de roulage et de labour doivent être rapidement enfouies sous une bonne épaisseur de sédiments comme du sable ou des limons, et les passages ou labours successifs ne doivent pas avoir perduré, sans quoi l'horizon supérieur du sol aura été complètement homogénéisé. Dans la majorité des cas, les traces les plus visibles aujourd'hui sont celles qui à l'époque ont pénétré le plus en profondeur dans les sols (enfouissement plus énergétique, sol plus meuble).

Les traces de labour sur le sol

En plan, sur le terrain, les outils aratoires tractés forment des lignes plus ou moins sinueuses et plus ou moins équidistantes (figure 1c), parfois discontinues avec des formes de reprise du sillon par le soc qui dévie (figure 1a, 1b) comme à Paule (Bretagne; Aramond et Menez, 1992) ou Gottesheim (Alsace; Schwartz *et al.*, 2009). Si la charrue trace un sillon large asymétrique en U très élargi à fond plat reflétant la forme du soc et le bas du versoir, la raie symétrique et plus pointue de l'araire, présente une forme verticale de V ou de U plus étroite (figure 1a, 1b). L'araire provoque l'émiettement des horizons superficiels et la formation de micro-agrégats arrondis (Gebhardt, 1995a, 1999) visibles au microscope (figure 2a) : leur taille varie en fonction du type de sol. La charrue, quant à elle, retourne de grosses mottes (Becze-Deák *et al.*, soumis) générant des agrégats plus gros et partiellement anguleux, dont certaines parois lissées (figure 2c, flèche) sont observables à l'échelle du terrain

(Gebhardt, 1999). À Gottesheim (Schwartz *et al.*, 2009), des nodules de carbonate de calcium micritique ont cristallisé à la limite entre le sillon et le sédiment limono-loessique calcaires encaissant (figure 1b). La présence de ces carbonates témoigne d'une alternance de phases d'humidité et de sécheresse, favorisant la migration de l'eau vers les zones plus poreuses du sillon, là où le calcaire précipite.

En profondeur, un araire ou une charrue légère peuvent générer une semelle de labour. Ce niveau de léger tassement est signalé dès le XVIII^e siècle par Duhamel du Monceau (1762) qui parle d'un niveau de compaction favorisant le glissement du soc, niveau que la faune du sol peut encore aisément perforer. Dans les profils loessiques

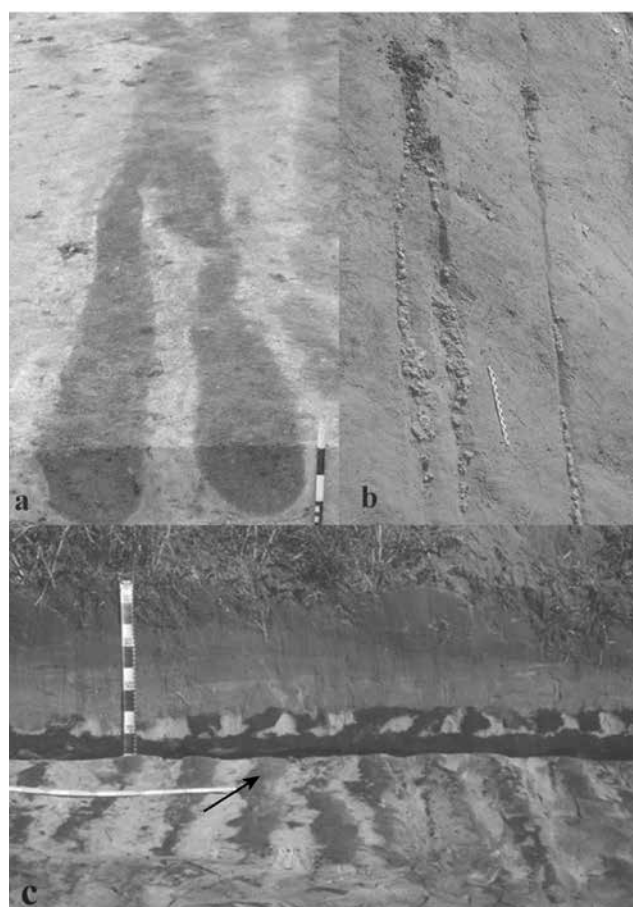


Figure 1 : Quelques exemples de traces aratoires ; a. Forme en U avec reprise des sillons à Paule (Morbihan), b. Concrétions calcaires liées à un labour en climat alternativement humide et sec à Gottesheim (Bas-Rhin), c. Aspect ondulé des sillons enfouies sous des sables soufflés de la côte est du Jutland (Danemark).

Figure 1: Some example of ploughing traces; a. U-form of a furrow driven out of his course, at Paule (Morbihan), b. Calcareous concretions formed by ploughing under alternatively humid and dry climatic conditions at Gottesheim (Bas-Rhin), c. Wavy aspect of furrows buried under blown sand on the eastern coast of Jutland (Denmark).

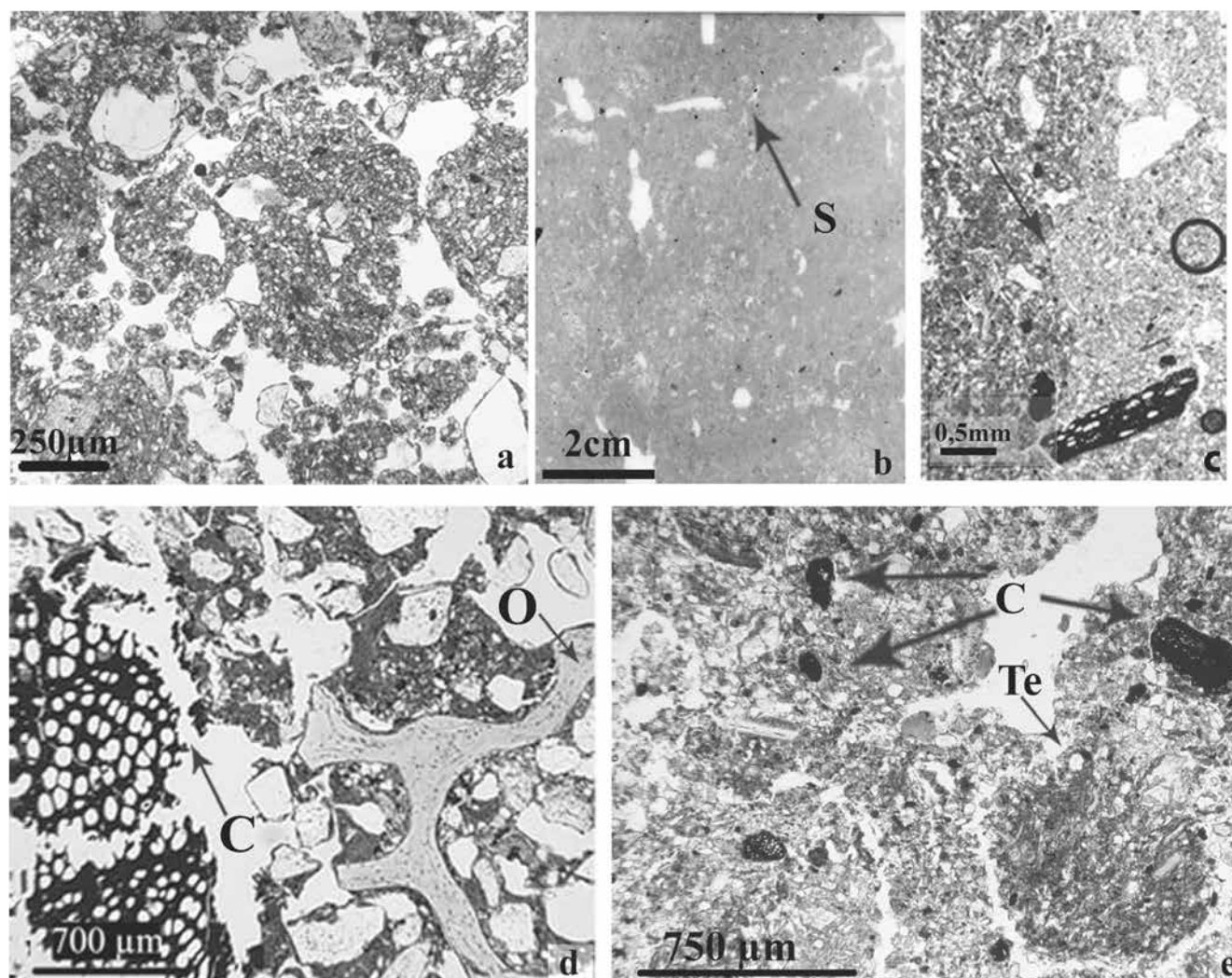


Figure 2 : Traits micromorphologiques du remplissage de sillons; a. Petits agrégats arrondis liés au travail à l'araire à Entzheim Liddl (Bas-Rhin), b. Porosité horizontale (S) au niveau d'une semelle de labour à Merxheim (Haut-Rhin), c. Gros agrégat anguleux aux parois lissées (flèche) par le couteau d'un motoculteur à Hambacher Forst (Allemagne), d. Abondants charbons (C) et os (O) apportés lors de la fumure du champ à Yutz (Moselle), e. Tessons (Te) et charbons (C) de bois roulés dans une parcelle amendée à Bliesbruck (Moselle).
Figure 2: Some specific micromorphological features in the furrow infill; a. Small rounded aggregates due to ard ploughing at Entzheim Liddl (Bas-Rhin), b. Horizontal porosity (S) in a plough crust at Merxheim (Haut-Rhin), c. Coarse angular aggregate, with edges compressed (arrow) by the motocultor at Hambacher Forst (Allemagne), d. Numerous charcoal (C) and bones (O) brought in the field from the farmyard manure at Yutz (Moselle), e. Rounded ceramic (Te) and charcoal (C) in a manured yard at Bliesbruck (Moselle).

où il a été observé, il est en général marqué au microscope par une orientation horizontale des grains et de la porosité (figure 2b/S), marquant la limite entre l'horizon labouré et les horizons inférieurs non perturbés par l'outil (Gebhardt, 1995a, 1999). Ce compactage léger n'a encore jamais été signalé en contexte archéologique, car sans doute largement remanié par la bioturbation au cours du temps. Ce n'est qu'avec l'intensification de l'agriculture et l'arrivée de la mécanisation lourde, que le travail du sol va amplifier

les problèmes de tassement. Enfin, charbons (figure 2d/C, figure 2e/C), fragments de céramique (figure 2e/Te) et os roulés sont abondants (figure 2d/O) dans les champs régulièrement amendés par du fumier de ferme comme à Yutz (Gebhardt, 1997) ou Bliesbruck (Gebhardt, 2010a). Quand ces témoignages de labours sont bien conservés, des résidus végétaux humifiés ainsi que des déjections animales pourraient également y être identifiés.

Les traces de roulage

Les traces de roulage sont formées par l’empreinte des roues dans le sol. En plan, elles sont donc caractérisées par une orientation linéaire (figure 3a, 3b) avec parfois des recouvrements, surtout dans les zones de passage larges. Contrairement à celles des outils aratoires, ces empreintes sont associées au transport de charges qui peuvent être très lourdes. En contexte boueux, les véhicules génèrent des ornières parfois profondes, caractérisées par un fort tassement et la perturbation des horizons de surface selon des figures d’involution, plus ou moins bien marquées en profondeur par l’enfoncement des roues dans le sol (figure 3d). Ces traces linéaires peuvent être associées à la découverte de fers à bestiaux ou d’empreintes d’animaux tractant qui confortent l’interprétation (figure 3c). Si une phase de gel intervient ensuite, la bordure compactée de l’ornière peut aussi présenter une structure lamellaire. Cette zone compac-

tée est aussi souvent le siège de processus locaux d’oxydo-réduction, reconnaissables à la présence de plages déferriées et de traits d’oxydation principalement situés le long des fissures (figure 3d).

En lame mince, le tassement lié au roulage apparaît sous la forme de croûtes compactes, caractérisées par l’orientation très localisée d’argiles poussiéreuses et d’intercalations (figure 4b/I). Ces croûtes compactes peuvent retenir l’eau sous forme de flaques et favoriser un léger tri granulométrique suivant l’intensité du tassement (figure 4a, figure 4c/T). À Vissèche (Leroux *et al.*, 2002), ces croûtes d’accumulation d’argile sont parcourues par des fentes de dessiccation (figure 4a/D; Gebhardt, 1995b), traduisant l’assèchement d’un sédiment boueux et humide. Cette humidité temporaire, voire de saturation en eau, est également marquée par l’abondance de petites concrétions d’oxyde de fer et/ou de manganèse le long des involutions (figure 4d/Fe). On notera enfin la quasi-absence, dans les traces de

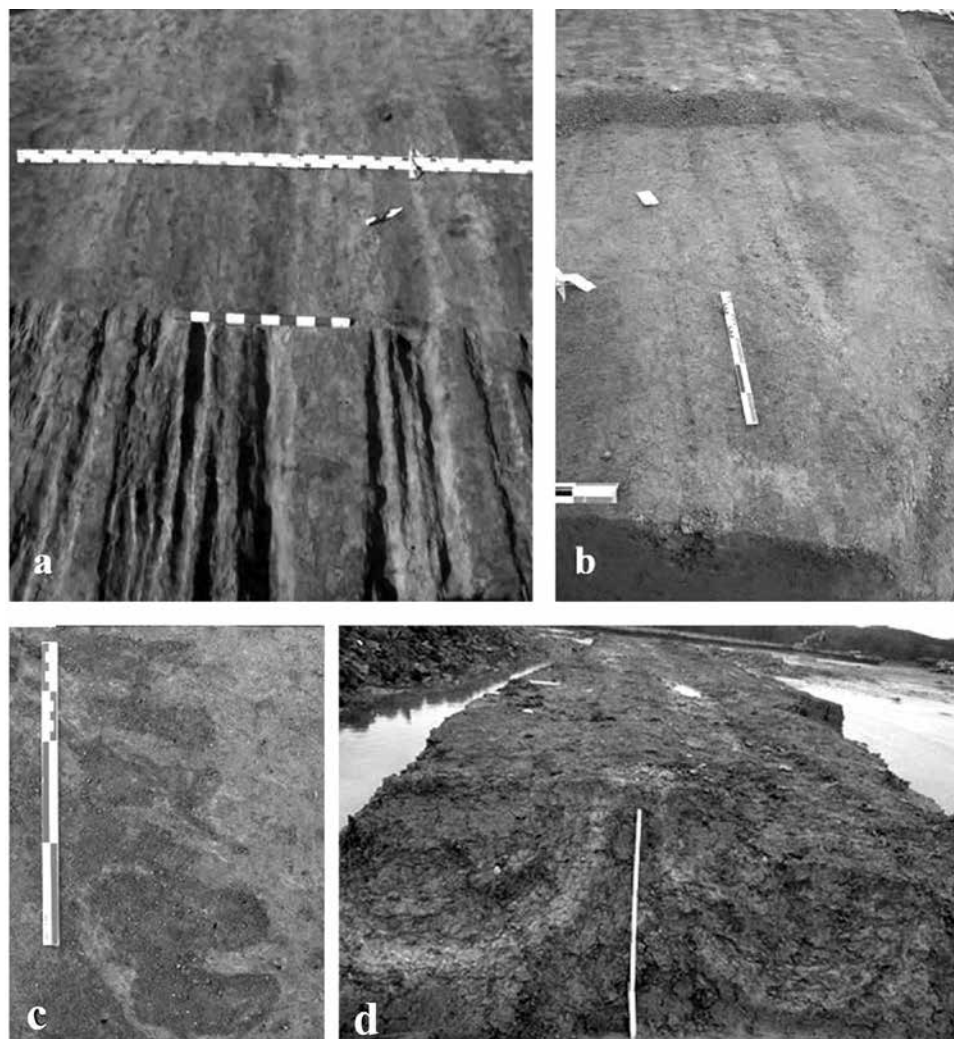


Figure 3 : Différents aspects du terrain dans des zones de passage ; a. Traces rectilignes, plus ou moins parallèles, se croisant parfois (Maldegem, Belgique), b. Traces rectilignes, plus ou moins parallèles (Mittelhausen, Bas-Rhin), c. Traces de bovidés associées à des traces de roulage (Vissèche, Morbihan), d. Traces d’engins d’exploitation dans une carrière moderne (Nancy, Meurthe-et-Moselle).

Figure 3: Some different field features found in trackways: a. Strait, more or less parallel traces, which sometimes cross over (Maldegem, Belgium), b. Strait, more or less parallel traces (Mittelhausen, France), c. The marks of cattle employed for traction (Vissèche, France), d. Wheel tracks of a quarry engine (near Nancy, France).

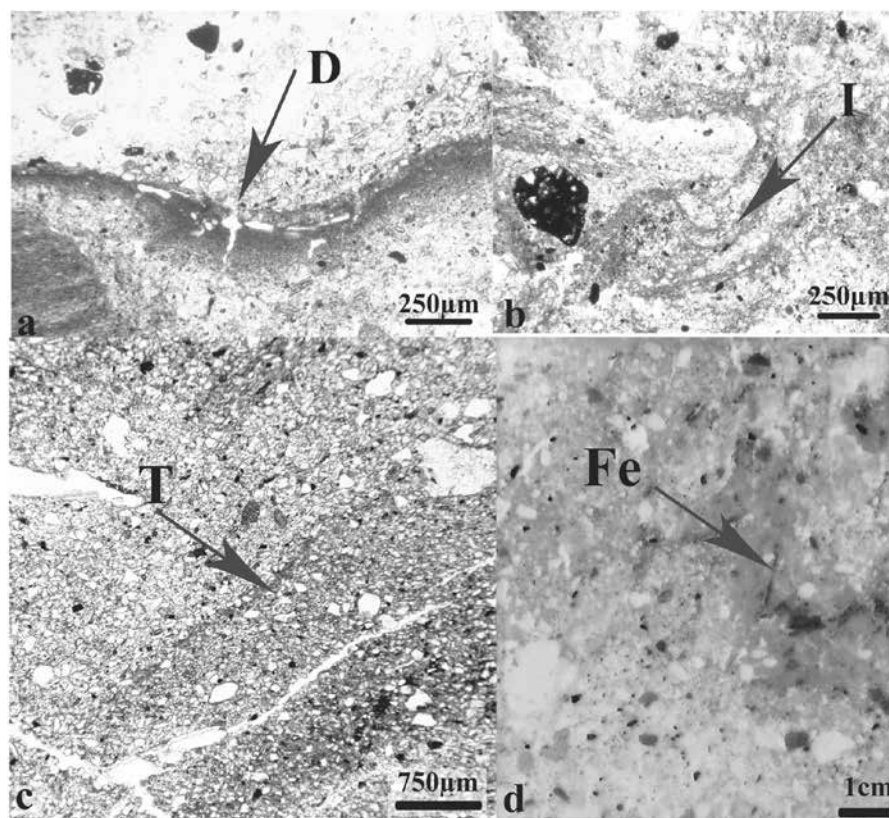


Figure 4 : Traits micromorphologiques caractéristiques du remplissage de traces de roulage; a. Aspect tassé des argiles poussiéreuses, avec léger grano-classement et fente de dessiccation (D) à Vissèche (Morbihan), b. Involution (I) liée à l'aspect boueux du sédiment à Vissèche (Morbihan), c. Aspect tassé (T) et tri granulométrique à Mittelhausen (Bas-Rhin), d. Aspect tassé du sédiment (faible porosité) avec concrétions et imprégnations ferrugineuses (Fe) à Vissèche (Morbihan).
Figure 4: Some specific micromorphological features in trackways; a. Compacted dusty clay, with slightly sorted graded bedding, and small shrinkage crack (D) (Vissèche, France), b. Involution (I) due to compression in the muddy sediment (Vissèche, France), c. Compaction features (T) and particle sorting (Mittelhausen, France), d. Compaction features (no porosity), with iron (Fe) concretions and impregnations (Vissèche, France).

roulage, d'artéfacts anthropiques (tessons, charbons...) dont l'abondance est plutôt caractéristique de l'amendement.

4. CONCLUSION

Lorsqu'elles sont observées au cours d'un décapage archéologique dans des petites fenêtres d'investigations et ne peuvent pas être mises en relation avec des activités agraires ou artisanales bien établies, la simple observation de terrain des formes linéaires ne permet pas toujours de trancher quant à leur origine. Ce travail comparatif entre des traces de labour et de roulage met donc en avant trois caractéristiques majeures (tableau 2), parfois difficiles à percevoir sur le terrain, mais que l'analyse micromorphologique peut aider à démêler :

- La microstructure qui reflète d'un côté l'aération du sol par l'outil aratoire et de l'autre le tassement par des véhicules lourds.

- Les indices d'humidité plus abondants dans les zones de tassement liées au roulage indiquent le passage de charrettes.

- Les artéfacts anthropiques, plus abondants dans les parcelles cultivées car apportés avec la fumure déposée dans les champs.

En caractérisant plus précisément les traces de roulage et de labour, l'analyse micromorphologique permet dorénavant de différencier avec plus d'efficacité les zones de passage des secteurs cultivés. Cette différenciation peut paraître essentielle dans le cadre de travaux de recherche sur la fonction des différents espaces anthropisés. En effet, si le réseau viaire peut être en bonne adéquation avec le parcellaire, les zones de passage, localisées et peu organisées, doivent plutôt être associées à l'exploitation parfois abusive de l'environnement (champs, forêt, carrières, mines...), à des secteurs en mutation (urbanisation), voire à des champs de bataille, générant dégradations, pollutions, voire la désertification des espaces.

Au final, une bonne différenciation de ces traces linéaires observées dans le sol contribue à une meilleure connaissance de l'organisation territoriale et la dynamique de transformation des sociétés.

Origine des traces	Dimension et forme en plan	Caractéristique de l'entaille	Espacement des traces	Organisation du remplissage de l'entaille
Labour	Selon le type d'outil : Raies 5 à 30 cm de large et 2 à 60 cm de profondeur. Forme en U ou V, symétrique ou non, linéaire et ondulante avec parfois figures de reprises de sillons.	Entaille parfois irrégulière et asymétrique.	Espacement variable. 12-50 cm	Remplissage plus ou moins fragmenté, agrégats microscopiques de forme et taille variables selon l'outil. Mélange de fragments d'horizons supérieurs. Artéfacts anthropiques (os, charbon, tessons) et éléments organiques liés à l'amendement.
Roulage	Profondeur variable selon le poids de l'engin et du type de sol. Forme en U.	Entaille régulière arrondie, symétrique.	Espacement fixe par paires, 50-60 cm selon la largeur des roues. Peuvent se recouper.	Remplissage très compacté (orientation localisée des argiles poussiéreuses, tassements), humidité temporaire (oxydation, concrétions de fer et manganèse, dessiccation), milieu boueux (involutions +/- marquées), tri granulométrique, intercalations.

Tableau 2 : Caractéristiques comparatives des traces de labour et de roulage en contexte archéologique.

Table 2: Comparison of the different characteristics noted in ploughed fields and in tracks used by wheel traffic, in archaeological context.

Remerciements

Un grand merci à Richard Macphail pour son aide précieuse à la traduction, dans la langue de Shakespeare, du résumé et des légendes de figures. Les auteurs remercient également les deux relecteurs anonymes dont l'analyse minutieuse a permis d'améliorer le manuscrit initial.

Bibliographie

- ARAMOND J.-C., MENEZ Y., 1992. *Le camp de St Symphorien à Paule dans les Côtes d'Armor*. Rennes, Conseil Général des Côtes-d'Armor/Ministère de l'Éducation Nationale/Direction Régionale des Affaires Culturelles de Bretagne/Service Régional de l'Archéologie de Bretagne, coll. « Archéologie et travaux routiers départementaux ».
- BECZE-DEÁK J., GEBHARDT A., LEWIS H., LEE H., USAI M.R., soumis. Micromorphology of soils disturbed by vegetation clearance and tillage. In C. Nicosia, G. Stoops (dir). *Encyclopedia of archaeological soil and sediment micromorphology*. Elsevier, Amsterdam.
- BRECHON F., 2006. *Réseau routier et organisation de l'espace en Vivarais et sur ses marges au Moyen Âge*. Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2, France.
- COULON G., 2007. *Les voies romaines en Gaule*. Promenades archéologiques, Errance, Paris.
- DUHAMEL DU MONCEAU H.-L., 1762. *Éléments d'agriculture*. H.-L. Guérin et L.-F. Delatour (éd.), Paris.
- DURAND M., 1976. La chaussée Brunehaut à Raray-en-Bray (Oise). *Revue Archéologique de l'Oise*, 8 : 35-38.
- FERDIÈRE A., MALRAIN F., MATTERNE V., MENIEL P., NISSEN-JAUBERT A., 2006. *Histoire de l'agriculture en Gaule*. Errance, Paris.
- GEBHARDT A., 1990. Evolution des paysages agricoles dans le nord-ouest de la France : Apport de la micromorphologie des sols. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, France.
- GEBHARDT A., 1991. Analyse micromorphologique des modifications apportées à la structure du sol par différents outils. *Archéologie aujourd'hui, archéologie expérimentale, 2-La terre*. Actes du colloque international « expérimentation en archéologie : bilan et perspectives », Archéodrome de Beaune, 6-9 avril 1988, Errance, Paris, 223-228.
- GEBHARDT A., 1995a. Soil micromorphological data from experimental and traditional agriculture. In A.-J. Barham, R.-I. Macphail (dir.). *Archaeological sediments and soils: analysis, interpretation and management*. Archetype Press, Londres, 5-40.
- GEBHARDT A., 1995b. Rapport d'analyse micromorphologique. In G. Leroux (dir.). *Le franchissement Antique de la Seiche par la voie gallo-romaine Rennes/Angers; Visseiche, la Basse-Chaussée (Ille-et-Vilaine)*. *Document Final de Synthèse de Sauvetage Urgent*, Association pour les Fouilles Archéologiques Nationales, Grand-Ouest, Service régional de l'archéologie de Bretagne, Rennes.
- GEBHARDT A., 1997. Rapport d'analyse micromorphologique. In J.-M. Blaising (dir). Yutz (57) Carrefour giratoire RD1bis/A31. *Document Final de Synthèse de fouille d'archéologie préventive*, Metz, Association pour les Fouilles Archéologiques Nationales, Service Régional Archéologique de Lorraine, Metz.
- GEBHARDT A., 1999. Micromorphological analysis of soil structural modification caused by different cultivation implements. In P. Anderson (dir.). *Prehistory of agriculture, new experimental and ethnographic approaches*. Monographie du CRA, 40,

- Institute of archaeology, University of California, Los Angeles, 260-266.
- GEBHARDT A., 2007a. Impact anthropique ancien sur les sols forestiers. Quelques études de cas en contexte archéologique et expérimental. In J.-L. Dupouey, E. Dambrine, C. Dardignac, M. Georges-Leroy (dir.). *La mémoire des forêts*. Actes du colloque Sylva : Forêt, archéologie et environnement, 14-16 décembre 2004, Institut National Recherche Agronomique, Nancy.
- GEBHARDT A., 2007b. Entzheim-Geispolsheim (Alsace, Bas-Rhin), 67124, Aéroport (Lidl-CUS), Rapport d'analyse micromorphologique pour le Pôle Archéologique Inter-Rhénan.
- GEBHARDT A., 2010a. Rapport d'analyse micromorphologique. In J. Millereux-Le Béchenec (dir.). *Bliesbruck, Hinterer Sand, Im Sand, RD82. Rapport Final d'Opération de Fouille Préventive (04/04-18/08/2004)*. Bliesbruck-Metz-Saint-Denis, Conseil Général de Moselle, Service Régional Archéologique de Lorraine, Metz.
- GEBHARDT A., 2010b. Rapport d'analyses micromorphologiques. In J.-D. Laffitte (dir.). *Moyenvic (Moselle) « Les Crôleurs » Contournement est RD 955 (1999) Rétablissement RD 914 (2001)*. Rapport d'opération d'archéologie préventive INRAP, Metz.
- GEBHARDT A., 2011, Gottesheim (Alsace, Bas-Rhin), Rapport d'analyse micromorphologique, Institut National de Recherche en Archéologie Préventive, Service Régional Archéologique d'Alsace, Strasbourg.
- HAUDRICOURT A.G., BRUNHES-DELAMARRE M.J., 1986. *L'homme et la charrue à travers le Monde*. La manufacture, Paris.
- JUNG C., 2009. Le réseau viaire antique du Tricastin et de la Valdaine : relecture des travaux anciens et données nouvelles. *Revue Archéologique du Nord*, 42 : 85-113.
- KASPRZYK M., NOUVEL P., 2011. Les mutations du réseau routier de la période laténienne au début de la période impériale : apport des données archéologiques récentes. In M. Reddé, P. Barral, F. Favory, J.-P. Guillaumet, M. Joly, J.-Y. Marc, P. Nouvel, C. Nuninger, C. Petit (dir.). *Aspects de la Romanisation dans l'Est de la Gaule*, 1 : 21-42, <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00639254>, consulté le 3 novembre 2014.
- LERCHE G., STEENBERG A., 1980. *Agricultural tools and field shapes*, National Museum of Denmark, Copenhagen.
- LEROUX G., GAUMÉ E., GEBHARDT A., LABAUNE S., LAVIER F., PERRAULT C., 2002. Le franchissement de la Seiche par la voie antique Rennes (Condate)-Angers (Juliomagus). Fouille, datation et typologie du Pont-Long de la Basse Chaussée à Visseiche (Ille-et-Vilaine). *Revue Archéologique de l'Ouest*, 19 : 129-170.
- LEWIS H., 2012. Investigating Ancient Tillage: An Experimental and Soil Micromorphological Study. British Archaeological Reports, International Series, 2388, Oxford.
- MACPHAIL R.I., 2003. Scanian Road profiles (A1316 and A1317): Soil Micromorphology (with reference to chemistry). Report from the Laboratory for Environmental Archaeology, University of Umea, Umea.
- MACPHAIL R. I., 2011. Bayston Hill, near Shrewsbury, Shropshire: soil micromorphology. In T. Malim, L. Hayes (dir.). An engineered Iron Age road, associated Roman use (Margary Route 64), and Bronze Age activity recorded at Sharpstone Hill, 2009. *Transactions of the Shropshire and Historical Society*, 85 : 7-80.
- MACPHAIL R.I., CROWTHER J., 2008. Soil micromorphology, chemistry and magnetic susceptibility. In M. Philipps, H. Duncan, C. Mallovs (dir.). *Four Millennia of Human Activity Along the A505 Baldock Bypass, Hertfordshire*. Albion Archaeology, Bedford, 84-85.
- MEURERS-BALKE J., 1985. Experimente zum Anbau und zur Verarbeitung prähistorischer Getreidearten, *Archeologische Informationen*, 8, (1) : 8-17.
- PAILLET A., 2005. *Archéologie de l'agriculture moderne*, Errance, Paris.
- REYNOLDS P. J., 1982. The ploughzone. Festschrift zum 100 Jahrgen Bestehen der Abteilung für Vorgeschichte, Nürnberg. *Naturhistorischen Gesellschaft*, 5: 315-341.
- SCHWARTZ D., GEBHARDT A., ERTLEN D., TRAUTMANN M., ZUMBRUNN O., BOES E., 2009. Découverte de traces de paléolabours (protohistoriques) sous un luvisol à Gottesheim (67). Etude pédologique, conséquences sur la formation des luvisols. *Actes des 10es journées de l'Association Française pour l'Etudes des Sols*, Strasbourg, mai 2009, 37-38.
- SIGAUT F, 1977. Quelques notions de base en matière de travail du sol dans les anciennes agricultures européennes, *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 24, (2-3): 139-171.
- VIGGO N., 1970. Iron Age plough-marks in store vildmose, North Jutland. *Tools and tillages*, 3 : 151-165.