



HAL
open science

Les géosciences au service de l'archéologie agraire. Une étude de cas sur les rideaux de culture de Goldbach (68)

Dominique Schwartz, Vincent Robin, Pierre Adam, Philippe Schaeffer, Anne Gebhart, Pierre Alexis Herrault, Benjamin Keller, Danièle Dapiaggi, Claire Stevenel, Maxime Thiss, et al.

► To cite this version:

Dominique Schwartz, Vincent Robin, Pierre Adam, Philippe Schaeffer, Anne Gebhart, et al.. Les géosciences au service de l'archéologie agraire. Une étude de cas sur les rideaux de culture de Goldbach (68). *Archimède: archéologie et histoire ancienne*, 2020, 7, pp.205-216. 10.47245/archimede.0007.act.08 . halshs-02893674

HAL Id: halshs-02893674

<https://shs.hal.science/halshs-02893674v1>

Submitted on 8 Jul 2020

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.

1 DOSSIER THÉMATIQUE : GESTES RITUELS. DE LA TRACE À L'INTERPRÉTATION

ACTUALITÉ DE LA RECHERCHE

GÉOSCIENCES ET ARCHÉOLOGIE : INTERACTIONS, COMPLÉMENTARITÉS ET PERSPECTIVES

- 114 Bruno GAVAZZI**
Heureuses rencontres. Vers le développement d'approches intégrées en géosciences et archéologie
- 119 Jean-Paul BRAVARD**
Dialogue interdisciplinaire : de l'unité stratigraphique aux interactions culture-environnement
- 129 Ferréol SALOMON**
Les origines d'Ostie : quelles interactions avec la dynamique d'embouchure ? (Delta du Tibre, Italie)
- 141 Quentin BORDERIE, Rowena Y. BANERJEA, Stéphane BONNET, Yannick DEVOS, Cristiano NICOSIA, Christophe PETIT, Ferréol SALOMON, Nathalie SCHNEIDER, Barbora WOUTERS, & Patrice WUSCHER**
Géoarchéologies des contextes urbains : mieux comprendre les modalités de l'artificialisation des géosystèmes
- 158 Patrice WUSCHER, Christophe JORDA, Quentin BORDERIE, Nathalie SCHNEIDER & Laurent BRUXELLES**
De la formation géologique à la tranchée : trouver et comprendre les sites archéologiques menacés par les travaux d'aménagement du territoire
- 176 Morgan MILLET & Michel GUÉLAT**
Les vestiges antiques de Rennaz-Noville (Vaud, Suisse) et leur contexte sédimentaire : nouvelles évidences de l'écroulement du *Tauredunum*
- 188 Théophile PIAU, François BÉTARD, Fabienne DUGAST, Gilles ARNAUD-FASSETTA & Vincent VIEL**
Dynamique géomorphologique holocène et occupation humaine dans le bassin-versant de l'Eure (Bassin de Paris, France) : potentiels d'une approche géoarchéologique multiscale et diachronique
- **205 Dominique SCHWARTZ, Vincent ROBIN, Pierre ADAM, Philippe SCHAEFFER, Anne GEBHARDT, Pierre-Alexis HERRAULT, Benjamin KELLER, Daniele DAPIAGGI, Claire STEVENEL, Maxime THISS, Martine TRAUTMANN & Damien ERTLEN**
Les géosciences au service de l'archéologie agraire. Une étude de cas sur les rideaux de culture de Goldbach (68)
- 217 Étienne MANTEL, Stéphane DUBOIS, Jonas PARÉTIAS, Victor VISQUESNEL-SCHLOSSER, Corentin VOISIN, Bruno GAVAZZI & Matthieu RICHARD**
Étudier l'occupation d'une ville : les enjeux du PCR « Topographie générale et insertion territoriale de l'agglomération antique de *Briga* »
- 231 Charlène MOREL**
Un modèle pour comprendre l'influence de l'état de la recherche, des processus post-déposition et de l'attractivité sur la découverte des sites archéologiques dans le Kochersberg (Bas-Rhin, Alsace, Grand-Est, France)
- 241 Lizzie SCHOLTUS**
Spatialisation des découvertes, modélisation du passé. L'informatique au service de l'archéologie
- 254 Guillaume HULIN & François-Xavier SIMON**
Inrap et géophysique : vers une approche raisonnée
- 260 Hugo REILLER, Matthieu FUCHS, & Bruno GAVAZZI**
Approche multi-méthodes expérimentale pour l'étude d'un site d'occupation romaine et médiévale à Horbourg-Wihr
- 272 François-Xavier SIMON, Julien GUILLEMOTEAU, Guillaume HULIN, Joachim RIMPOT, Julien THIESSON & Alain TABBAGH**
De nouvelles perspectives pour les applications des méthodes électromagnétiques basse fréquence en archéologie
- 283 Rémy WASSONG & Bruno GAVAZZI**
Apport des prospections magnétiques haute résolution à la compréhension d'un habitat protohistorique : l'exemple du site de hauteur fortifié du Maimont
- 294 VARIA**

LES GÉOSCIENCES AU SERVICE DE L'ARCHÉOLOGIE AGRAIRE. UNE ÉTUDE DE CAS SUR LES RIDEAUX DE CULTURE DE GOLDBACH (68)

Dominique SCHWARTZ ^{1,*}, Vincent ROBIN ², Pierre ADAM ³, Philippe SCHAEFFER ³,
Anne GEBHARDT ^{1,4}, Pierre-Alexis HERRAULT ¹, Benjamin KELLER ¹, Daniele DAPIAGGI ^{1,5},
Claire STEVENEL ^{1,5}, Maxime THISS ^{1,5}, Martine TRAUTMANN ⁶, Damien ERTLEN ¹

¹ *Laboratoire Image, Ville, Environnement ; UMR 7362 UNISTRA/CNRS*

² *Laboratoire interdisciplinaire des environnements continentaux (LIEC), Université de Lorraine*

³ *Laboratoire de Biogéochimie Moléculaire, UMR 7177 UNISTRA/CNRS*

⁴ *INRAP Grand Est*

⁵ *Étudiants du master Géographie Environnementale, UNISTRA*

⁶ *UMS 830, EOST, CNRS*

**dominique.schwartz@live-cnrs.unistra.fr*

RÉSUMÉ

Les rideaux de culture sont des talus qui se forment involontairement à l'amont d'une haie, par accumulation de colluvions érodées dans les champs. Ils peuvent constituer des parcellaires de très grande extension spatiale, caractérisés par des parcelles étroites, allongées perpendiculairement à la pente. L'histoire de ces parcellaires et leur datation sont encore très mal connues. Les résultats présentés ici concernent un parcellaire de plusieurs centaines d'hectares localisé à Goldbach-Altenbach, dans les Vosges haut-rhinoises. Les résultats obtenus sur deux coupes transversales à des rideaux de culture montrent que le parcellaire

a été mis en place vers 900 AD, puis que la zone a été brièvement abandonnée pendant la Guerre de Trente Ans. La datation vers 900 AD suggère que ce parcellaire a été mis en place sous l'autorité de l'abbaye de Murbach. L'ensemble de la zone a en effet été donné à cette abbaye vers 800 AD.

Lynchets correspond to talus slopes that are formed unintentionally at the top of hedgerows by the accumulation of colluvial deposits originating from eroded fields. They may represent highly extended parcellar surfaces, characterized by narrow plots, extending perpendicularly to the slope. The history of these plots and their dating are still largely unknown. Our results deal with a land patch of several hundreds of hectares located at Goldbach-Altenbach, in the Vosges (Haut-Rhin). It could be determined on two cross-sections cutting the lynchets transversally that the parcellar plot was formed ca. 900 AD, after which the place was briefly abandoned during the Thirty Years War. The dating at ca. 900 AD suggests that this parcellar area was installed under the authority of the Murbach Abbey. The whole sector was indeed donated to the Abbey ca. 800 AD.

MOTS-CLÉS

Archéologie agraire, pédoarchéologie, rideau de culture, massif Vosgien, pédoanthracologie, datation 14C.

KEYWORDS

Land archaeology, pedoarchaeology, lynchets, Vosges Massif, pedoanthracology, 14C dating.

Article accepté après évaluation par deux experts selon le principe du double anonymat

INTRODUCTION : LES RIDEAUX DE CULTURE, UNE FORME DE PAYSAGE CARACTÉRISTIQUE

Le terme de « rideau de culture » désigne des talus grossièrement perpendiculaires à la pente, souvent régulièrement espacés sur les versants de nombreuses régions de l'Europe médiane, telles que le nord de la France, la Normandie, la Belgique, l'Allemagne, la Tchéquie et bien d'autres. Dans les vallées vosgiennes (**fig. 1**), ils forment de vastes zones délimitant des parcelles qualifiées de *parcelles à haies en bandes isohypses* [1]. Actuellement, ils y sont indifféremment présents sous des prairies ou des forêts. On observe une continuité parfaite entre forêt et pré : ce sont donc des formes héritées sans liens avec l'occupation du sol actuelle.

Leur origine est discutée. Certains auteurs estiment qu'ils sont d'origine géologique, soulignant des failles ou des phénomènes de dissolution [2]. Pour d'autres, ils sont des terrasses agricoles [3]. Pour la plupart, ils sont la conséquence de l'érosion par le ruissellement [4], par le travail du sol [5], ou par les deux [6]. Ils se forment par accumulation de la terre érodée, les colluvions, à l'amont d'une haie. Dans la suite du texte, on désignera cette forme par le mot de « rideau ».

Il est parfois difficile de distinguer les rideaux des terrasses agricoles, lorsque celles-ci ne s'accompagnent pas de murets de pierres sèches. Ces deux formes agraires diffèrent toutefois considérablement par leur origine et leur structure interne (**fig. 2**). Les terrasses sont des constructions volontaires, réalisées pour réduire la pente afin de faciliter la culture et/ou diminuer l'érosion. Les rideaux sont la conséquence involontaire de l'accumulation de terre érodée. Ces différences de genèse se traduisent dans leur organisation stratigraphique. Dans les terrasses, les conséquences de l'excavation se matérialisent par une interruption sub-verticale des horizons pédologiques, de l'altérite, voire de la roche. Les déblais sont

[1] SCHWARTZ *ET AL.* 2019.

[2] LASNE 1890 ; GOSSELET 1906 ; EVRARD 1951 ; BRACK & DELAY 1997.

[3] FÉNELON 1956 ; 1963 ; VAN WESTREEMEN 2008 ; RAISTRICK & CHAPMAN 1929 ; WOOD 1961 ; YVARD 1977.

[4] BOLLINE 1971.

[5] AUFRÈRE 1929 ; DESBORDES & VALADAS 1979 ; NYSSSEN *ET AL.* 2010, PATRO *ET AL.* 2008, GOVERS *ET AL.* 1994 ; POESEN *ET AL.* 1994 ; DE ALBA *ET AL.* 2004 ; VAN OOST *ET AL.* 2005.

[6] NYSSSEN *ET AL.* 2000.

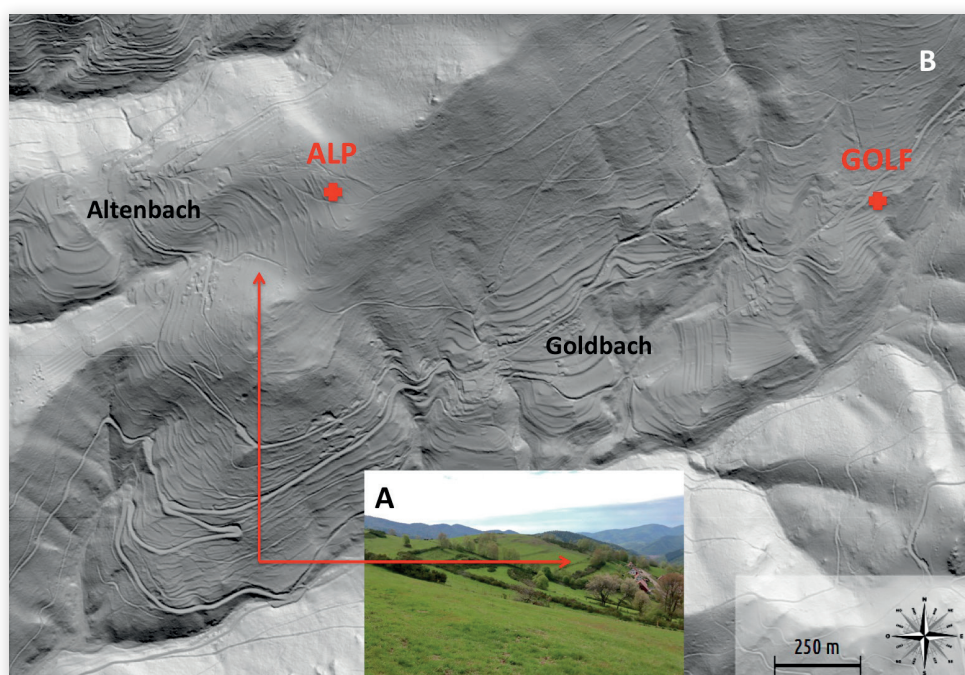


Figure 1

Les rideaux de culture de Goldbach-Altenbach.

A : exemple, vue au sol (photo D. Schwartz) ;

B : image LIDAR avec localisation des sites ALP et GOLF.

Source LIDAR : CD68, www.infogeo68.fr.

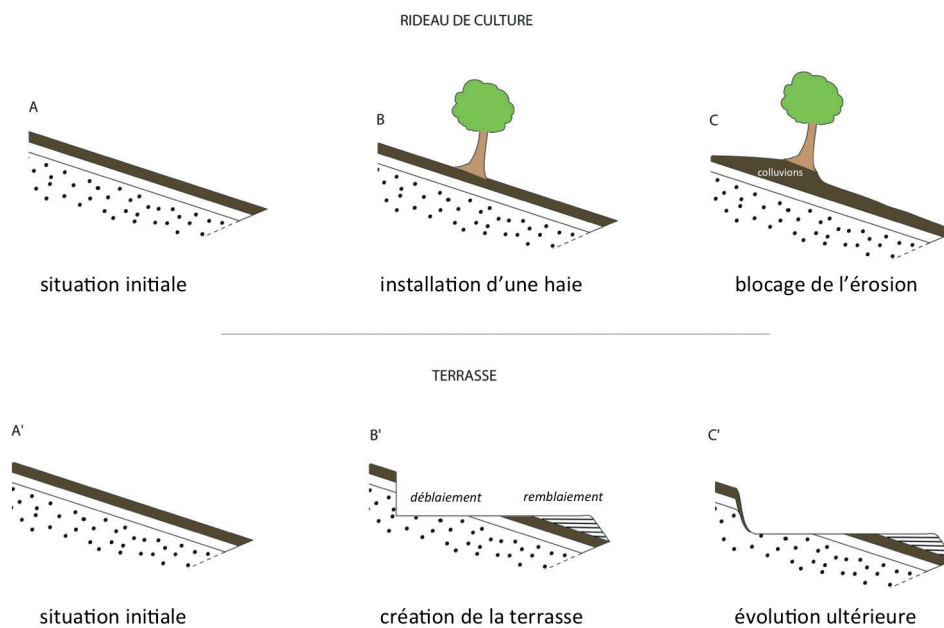


Figure 2
Modes de formation
des rideaux de culture
et terrasses (repris de
Schwartz *et al.*, 2019).

mélangés et, parfois, le paléosol est conservé sous la terre accumulée en remblai dans la partie basse. Dans les rideaux, les horizons inférieurs du sol ne sont pas perturbés. Le talus est constitué d'un horizon A hypertrophié formé par les colluvions mobilisées dans les champs de l'amont. C'est donc sur une coupe qu'il sera possible de conclure de façon formelle sur l'appartenance d'un talus à un système agraire de terrasses ou de rideaux de culture. Notons que certains auteurs ont décrit des formes intermédiaires entre terrasses et accumulation involontaire, par affouillement de la base du rideau [7].

L'essentiel des travaux modernes sur les rideaux porte sur l'érosion [8] ou le stockage du carbone [9]. Si leur ancienneté est souvent reconnue [10], les aspects historiques et chronologiques sont peu abordés, et de façon imprécise. La coïncidence entre sites archéologiques et présence de rideaux a conduit certains auteurs à les considérer comme celtiques en Grande-Bretagne [11] ou au Danemark [12]. En appliquant des taux d'érosion calculés dans d'autres régions, Nyssen *et al.* [13] estiment que certains rideaux belges datent

de l'Antiquité et que d'autres sont médiévaux. Ces derniers notent la présence de charbons de bois, qu'ils interprètent comme résultant de l'émondage moderne, fréquent, des haies. Ils n'ont pas cherché à les utiliser comme marqueurs chronologiques ou paléoenvironnementaux. Schwartz *et al.* [14] observent des rideaux très nettement figurés sur de nombreuses enluminures et une sculpture en bas-relief du XV^e s. : ils sont donc nécessairement plus anciens.

Très peu de rideaux ont été datés. Deux âges sur charbon de bois de 1168 +/-83 cal AD [15] et 650 +/-95 AD [16] ont été donnés pour le début de leur formation en Limousin. A Habsheim, près de Mulhouse, Froehlicher *et al.* [17] ont daté par OSL d'environ 2700 et 1000 BP deux rideaux sur loess. Ces dates semblent être les seules données disponibles en France. Il est donc difficile d'utiliser les rideaux pour mieux comprendre les modes d'utilisation ancienne et le contexte socio-historique et économique passé des territoires. Dans le massif Vosgien, les rideaux n'ont fait l'objet d'aucune recherche, jusqu'aux travaux présentés ici.

[7] MEYNIER 1959 ; NYSSSEN *ET AL.* 2010.

[8] DESBORDES & VALLADAS 1979 ; NYSSSEN *ET AL.* 2000 ; 2010, 2014 ; PATRO *ET AL.* 2008 ; STOLZ 2011 ; ZADOROVA *ET AL.* 2018 ; DABNEY 2006 ; CHARTIN *ET AL.* 2011 ; DERCON *ET AL.* 2007 ; GOVERS *ET AL.* 1994 ; POESEN *ET AL.* 1994 ; DE ALBA *ET AL.* 2004 ; VAN OOST *ET AL.* 2005 ; FROEHLICHER 2016 ; FROEHLICHER *ET AL.* 2016.

[9] WALTER *ET AL.* 2003 ; ZADOROVA *ET AL.* 2018 ; FOLLAIN *ET AL.* 2007 ; FROEHLICHER 2016.

[10] AUFRÈRE 1929 ; FÉNELON 1956 ; PATRO *ET AL.* 2008 ; MOLDENHAUER *ET AL.* 2010 ; STOLZ 2011 ; NYSSSEN *ET AL.* 2014 ; ZADOROVA *ET AL.* 2018.

[11] FAVIS-MORTLOCK *ET AL.* 1997.

[12] NIELSEN *ET AL.* 2017.

[13] NYSSSEN *ET AL.* 2014.

[14] SCHWARTZ *ET AL.* 2018.

[15] DESBORDES & VALLADAS 1979.

[16] BERNARD-ALLÉE & VALLADAS 1992.

[17] FROEHLICHER *ET AL.* 2016.

LE SITE D'ÉTUDE

La zone d'étude est située à Goldbach-Altenbach, dans la vallée de la Thur, au S.E. des Vosges. D'après les historiens, les villages de Goldbach et Altenbach résultent de l'installation, par l'abbaye de Murbach, d'un prieuré en 1135 (Stoffel, 1868). Comme dans de nombreuses vallées vosgiennes, les rideaux sont très abondants. Ils occupent plusieurs centaines d'hectares sur des versants entiers (**fig. 1**). Ils forment des banquettes d'environ 1 m de haut pour une largeur de 10 à 20 m selon la valeur de la pente. Nous avons ouvert deux tranchées sur des terrains mis à notre disposition par la municipalité de Goldbach-Altenbach. Chaque tranchée fait 10 m de long et coupe perpendiculairement un rideau. La première tranchée (ALP : 47°52'41,70"N ; 7°05'53,04"E ; 847 m) est située sur un pâturage d'Altenbach. La deuxième (GOLF : 47°52'42,16" N ; 7°07'12,95"E ; 755 m) est située au N.E. de Goldbach, sous forêt (**fig. 1**). Dans les deux cas, la tranchée a été creusée jusque dans l'arène granitique.

Les sols sont des sols bruns acides et bruns ocreux, classés comme alocrisols dans le Référentiel Pédologique (INRA, 2008). Ils sont développés sur des arènes ou des formations de pente périglaciaires granitiques. Leur granulométrie est dominée par les sables grossiers. L'horizon A est riche en matière organique, conséquence du climat frais d'altitude, du pH très acide et, par suite, de la faible activité biologique.

L'histoire de la zone est relativement mal connue. La première citation connue de Goldbach, Altenbach et de Geishouse, village voisin, date de 1135. Ils résulteraient de l'installation à cette date d'un petit prieuré à Goldbach [**18**]. Depuis cette date, le secteur est occupé de façon continue, sauf sans doute vers 1632, pendant la guerre de Trente Ans. Jusque dans les années 1960, la surface agricole se partage entre champs et prairies. À partir de cette date, les zones cultivées ont régressé pour disparaître complètement au profit de prés de fauche, de pâturages et de zones où les landes et forêts ont reconquis l'espace.

UNE APPROCHE GÉOARCHÉOLOGIQUE MULTIDISCIPLINAIRE

Notre travail est fondé sur l'analyse des archives naturelles préservées dans les sols, complétée par l'étude de cartes et photographies anciennes.

Les approches utilisées sont celles, multidisciplinaires, de la géoarchéologie et de l'archéopédologie.

Les analyses ont été concentrées sur la partie la plus épaisse des rideaux, à savoir la rupture de pente du talus où les colluvions atteignent un mètre d'épaisseur. En effet, les sols sont des milieux constamment brassés tant par la faune du sol (lombrics, taupes, rongeurs...) que par les travaux agricoles (labours). Lorsqu'ils sont peu épais, ce qui est le cas à l'amont et à l'aval des rideaux, ces actions perturbent considérablement la lecture des enregistrements du passé, mêlés à la manière des palimpsestes. Là où le sol est le plus épais, soit la rupture de pente du rideau, ces perturbations sont minimales.

L'organisation des sols a été décrite sur les deux tranchées. Le pH, la granulométrie et la teneur en matière organique du sol (MOS) ont été mesurés en laboratoire (LAS, UMS 830). Des lames minces ont été analysées afin d'étudier l'organisation des rideaux à l'échelle microscopique. L'organisation du sol à cette échelle permet en effet de mettre en évidence de nombreux témoignages de l'évolution environnementale non perceptibles à l'œil ou par des analyses de laboratoire [**19**]. La matière organique des colluvions a fait l'objet d'une analyse en spectroscopie proche infrarouge qualitative, selon le protocole décrit par Ertlen *et al.* [**20**] pour en identifier la source végétale en termes d'écosystème. À cet effet, le signal IR transmis est comparé à celui de profils de référence, sous végétation témoin connue de type prairie/pâturage ou forêts dûment identifiés. Les charbons de bois présents ont été échantillonnés et identifiés. Six ont été datés au ¹⁴C AMS au laboratoire de Poznan (Pologne). La fraction lipidique du sol, soit environ 5 % de la MOS a été extraite et analysée par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse pour identification de molécules ou groupes de molécules ayant une signification paléoécologique. Ces méthodes sont détaillées dans un article en cours de rédaction [**21**].

Enfin, l'occupation du sol a été identifiée sur des documents couvrant une période de 260 ans : Plan de finage de l'Intendance d'Alsace (1760-1762), carte d'état-major à 1/50000 (1840), carte allemande à 1/25000 (1884), photos aériennes (1956, 1997, 2012). Ces documents sont disponibles sur le site du Conseil Départemental du Haut-Rhin (www.infogeo68.fr).

[18] STOFFEL 1875.

[19] Voir par exemple : DEÁK ET AL. 2017.

[20] ERTLEN ET AL. 2010.

[21] SCHWARTZ ET AL. en préparation pour *The Holocene*.

DES RÉSULTATS COMPLÉMENTAIRES ET PROBANTS

La précision des données collectées est variable, mais, réunis, les résultats permettent de reconstituer l'histoire agraire du secteur et de dater avec une bonne précision les parcelles à rideaux de culture de Goldbach-Altenbach.

CARACTÉRISATION DES SOLS

Les tranchées montrent des sols développés sur une formation de pente périglaciaire très riche en éléments grossiers. Les horizons de sols profonds, altérite et horizon cambique S sont en continuité parfaite, preuve que les talus sont bien des rideaux créés par l'accumulation de colluvions à l'amont d'un obstacle, une haie selon toute vraisemblance (fig. 3). Le seul facteur de variation est l'épaisseur de l'horizon organominéral de surface d'origine colluviale, qui atteint un maximum de 80 à 90 cm à la rupture de pente.

MICROMORPHOLOGIE

À la base du sol, des revêtements argileux, limpides et parfois lités sont attribués à des illuviations typiques de la formation d'un horizon BT de luvisol holocène mis en place sous couvert forestier. La présence dans toute la séquence, de revêtements secondaires, de type « silteux poussiéreux », relate une mise à nu

de la surface du sol (labour, dessouchage ou chantier agricole [22]). L'observation micromorphologique met également en évidence des niveaux plus riches en phytolithes (dépôt intercellulaire résiduel d'opale biologique). Plus abondants dans les herbacées/graminées, les phytolithes suggèrent un milieu plutôt ouvert, de type prairial. Leur aspect émoussé et leur configuration isolée attestent d'un travail mécanique du sol [23].

SPECTROSCOPIE PROCHE INFRA-ROUGE QUALITATIVE (FIG. 4)

Dans les horizons de surface, le signal spectral est caractéristique de la végétation actuelle, forêt sur GOLF, prairie sur ALP ; en profondeur, où les matières organiques de sols ont en moyenne l'âge le plus élevé, le signal tend vers le pôle forestier sur les deux sites. Dans la tranche intermédiaire, le signal est très comparable sur les deux sites. Il est situé entre les pôles forestier et prairial, suite à un mélange de matières organiques hétérochrones. Ce type de diagramme est typique de milieux ayant connu un changement de végétation : à une végétation ancienne et forestière a succédé une végétation plus récente, ouverte et graminéenne (prairie ou culture de céréale).

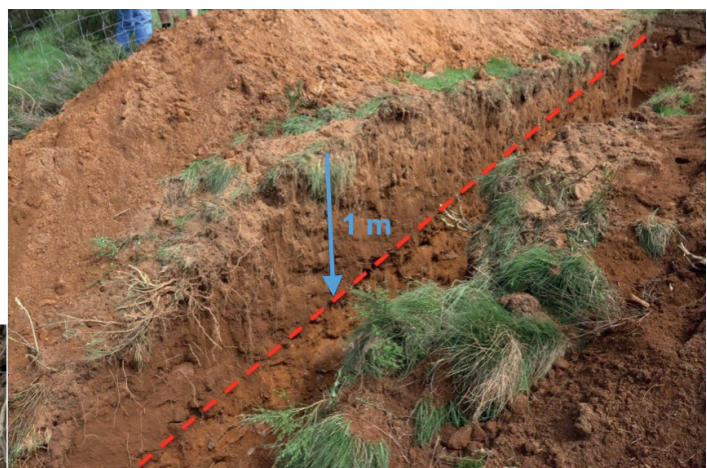
[22] DEÁK ET AL. 2017.

[23] VRYDAGHS ET AL. 2017.

Figure 3

Vue des tranchées ALP et GOLF. La limite des colluvions est soulignée par un tireté rouge.
Photo : Y. Manniez.

ALP



--- Limite des colluvions

GOLF



Creusement des tranchées



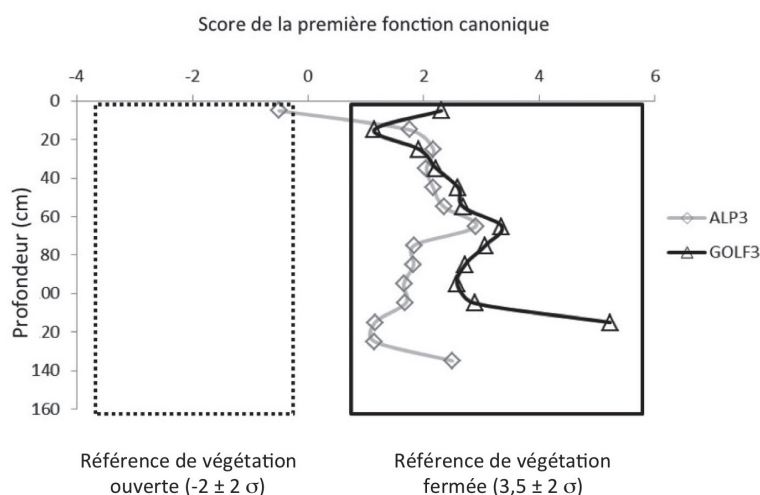


Figure 4
Spectroscopie proche infrarouge : score de la première fonction canonique des profils ALP3 et GOLF3.

BIOMARQUEURS MOLÉCULAIRES

L'extraction des biomarqueurs lipidiques n'a pas donné de résultats probants. Toutefois, des molécules spécifiques de graminées ont été identifiées, suggérant une influence prairiale ou de cultures de céréales.

PÉDOANTHROLOGIE

Les charbons de bois sont abondants mais dispersés, ce qui est classique en milieu bioturbé [24]. Huit taxons ont été identifiés. Les deux espèces dominantes des forêts matures, hêtre (*Fagus silvatica*) et sapin (*Abies alba*), sont abondantes. Elles sont associées à des espèces pionnières ou héliophiles : un érable (*Acer* sp.), sans doute le sycomore, le genévrier *Juniperus communis*, le noisetier *Corylus avellana*, un bouleau (*Betula* sp.), un saule (*Salix* sp.),... Cet assemblage suggère que les charbons correspondent à deux phases différentes de défrichement.

DATATIONS ¹⁴C

Les six datations ¹⁴C sur charbons correspondent à 2 époques différentes (fig. 5).

- Trois dates sur sapin et hêtre s'échelonnent (en prenant les écarts-types) entre 760 et 1150 AD. Deux dates se superposent pratiquement, la troisième est

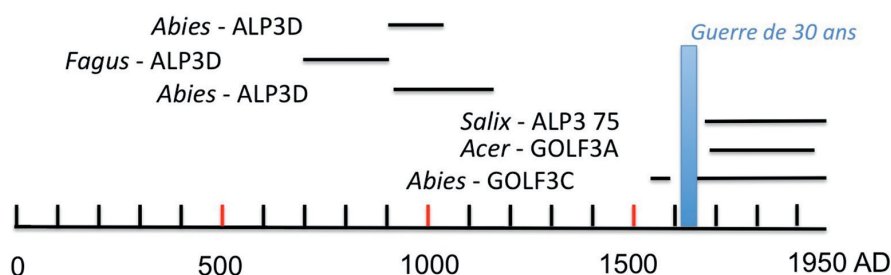
légèrement plus ancienne. Même si on ne peut écarter l'hypothèse de deux feux rapprochés, il est probable qu'elles correspondent à un seul événement, situé vers 900 AD compte-tenu que les trois âges ¹⁴C ont une plage chronologique commune à cette date.

- La seconde phase de défrichement est principalement caractérisée par des charbons d'essences héliophiles. Sur la période considérée, le ¹⁴C est peu efficient : l'épisode de feu est compris entre 1630 AD et 1950 AD, sans précision.

ANALYSE SPATIALE

Globalement, sur le secteur, l'analyse des cartes et photographies montre qu'aucun défrichement n'a eu lieu entre 1760 et nos jours. À l'inverse, une reconquête forestière est perceptible depuis le XIX^e s. dans de nombreux endroits. La large extension des terres labourées sur Goldbach est signalée sur les plans de finage de 1760. Elle est également enregistrée dans une photographie d'Adolphe Braun, datée d'entre 1853 et 1877. D'après les photos aériennes, les champs ont

[24] CARCAILLET & TALON 1996 ; SCHWARTZ ET AL. 2005



Âges calibrés ; représentation de l'intervalle d'âge à 95 % de probabilités
Abies = sapin ; Fagus = hêtre ; Salix = saule ; Acer = érable

Figure 5
Datations ¹⁴C : intervalles de variation des âges à la probabilité de 95 %.

représenté une partie notable de la surface agricole utile de Goldbach et Altenbach jusque vers 1960-1970, pour ne disparaître totalement que vers 2007. Les secteurs qui nous intéressent plus précisément, ALP et GOLF, sont indiqués en terres cultivables sur les plans terriers de 1760 et sur la carte d'État-Major de 1840. Sur GOLF, la forêt apparaît entre 1840 et 1880. Sur ALP, les terres labourables sont converties en prés entre 1880 et 1956.

RECONSTRUCTION DE LA DYNAMIQUE PAYSAGÈRE DE GOLDBACH-ALTENBACH

L'ensemble de ces éléments permet de reconstruire l'évolution de l'occupation des sols et des paysages de Goldbach-Altenbach depuis le Haut Moyen Âge.

Le premier élément est donné par les caractéristiques spectrales de la base des colluvions, qui marquent le début de l'érosion agraire. Elles présentent indubitablement une signature forestière en spectroscopie proche-infrarouge et en micromorphologie. Le point de départ est un paysage forestier, défriché pour être cultivé. L'âge du défrichement est donné par la première série de dates ¹⁴C : aux alentours de 900 AD. Un point demeure en suspens : s'agissait-il d'un événement unique ou d'une succession de phases espacées de quelques dizaines d'années ? Les intervalles de confiance ¹⁴C ne permettent pas de trancher. Cependant, la cohérence d'ensemble du parcellaire et l'existence d'une zone d'intersection des intervalles de confiance, plaident pour un événement unique, sans doute étalé sur quelques années. Quoiqu'il en soit, c'est clairement au tournant de l'an 900 qu'a eu lieu ce défrichement. À cette époque, la Haute-Vallée de la Thur appartenait à l'abbaye de Murbach, la plus puissante abbaye d'Alsace, à qui elle avait été léguée vers l'an 800 [25]. Le défrichement se serait ainsi effectué sous son autorité. L'organisation parfaitement cohérente des rideaux plaide pour un défrichement en un temps court et la création de parcelles en bandes isohypses, sans doute délimitées par des haies. L'extension du parcellaire, plus d'un millier d'hectares sur le territoire de Goldbach, Altenbach et Geishouse, suggère une force de travail d'au moins une centaine de personnes si l'on retient une taille de 10 ha environ pour l'unité d'exploitation de base – chiffre nécessairement vague, mais réaliste [26]. Cela correspondrait au bas mot à la présence de 450 personnes sur le secteur, si on retient la valeur (basse) de 4,5 comme taille de l'unité de base familiale moyenne. La création de ces villages pourrait ainsi être bien plus ancienne que 1135, date de l'établissement à Goldbach d'un prieuré [27]. Celui-ci serait ainsi une conséquence de

la présence de communautés paysannes, et non pas à leur origine, ce qui change le regard que l'on peut porter sur la fondation de ces villages.

Par ailleurs, le spectre proche-infrarouge, les phytolithes et les biomarqueurs moléculaires révèlent, de façon indépendante, la présence de végétations dominées par les graminées. Il n'est pas possible d'être plus précis en l'absence de marqueurs spécifiques, comme par exemple la milliécine, caractéristique du millet *Panicum miliaceum* et repérée dans des sols de la plaine alsacienne [28]. On ne peut donc déterminer s'il s'agit d'une végétation prairiale ou de céréaliculture. Plusieurs arguments plaident toutefois pour la seconde hypothèse. Des rideaux d'une telle importance et régularité ne se forment pas sous prairie, couvert peu propice à l'érosion dans les conditions bioclimatiques vosgiennes : la végétation est dense et le ruissellement très faible. De plus, la forme des parcelles, très allongées et étroites, analogues par leurs dimensions à celles des openfields en lames de parquet qui caractérisent l'Europe centrale [29] n'est pas propice à l'élevage en général et à la conduite des troupeaux en particulier. Il est probable que ces signatures soient donc celles de cultures céréalières, sans doute du seigle, de l'avoine ou de l'orge au vu de l'altitude.

L'occupation du sol par des cultures s'est poursuivie jusque dans les années 1960. Les photos aériennes montrent une forte proportion de champs en 1956, alors qu'en 2007, les cultures sont complètement remplacées par des accrus forestiers, des prés de fauche et des pâturages. La domination des champs s'est toutefois brièvement interrompue post 1650 AD. En effet, l'analyse pédoanthracologique et les datations ¹⁴C mettent en évidence un épisode d'incendie postérieurement à cette date. Les âges ¹⁴C sont peu précis sur cette période, donnant simplement l'intervalle 1650-Actuel. On peut toutefois l'être davantage. En effet, les cartes et photos montrent qu'aucun défrichement n'a eu lieu dans le secteur entre 1760 et nos jours : il s'inscrit nécessairement entre 1650 et 1760. Les charbons de cet épisode sont des charbons d'essences héliophiles ou pionnières (noisetier, genévrier, érable,...). Il est hautement probable qu'ils marquent un bref retour forestier consécutif à l'abandon de la

[25] GUTH 1994.

[26] Voir par exemple la discussion sur les manses et tenures, in FOURQUIN 1975.

[27] STOFFEL 1875.

[28] COUREL ET AL. 2017

[29] LEBEAU 1969

zone par ses habitants pendant la Guerre de Trente Ans. Cette guerre a été particulièrement meurtrière en Alsace entre 1632 et 1634, avec une chute de la population de plus de 70 % en moyenne. Dans la Vallée de la Thur, il ne restait plus que 750 habitants vers 1634-1650 [30]. Thann, ville qui commande l'entrée de la vallée est passée de 3000 habitants en 1618 à 300 en 1634 [31]. Saint-Amarin ne comptait plus que 13 bourgeois et 44 enfants en 1650 [32]. Cette impressionnante déprise démographique correspond à un développement forestier sur les espaces agricoles abandonnés, interrompu par le retour de la population entre 1650 et 1750. Le faciès de forêt pionnière, révélé par les charbons est cohérent avec l'hypothèse d'un enrichissement spontané post 1634, puis d'un défrichement par de nouvelles populations, originaires de Suisse ou d'Europe Centrale, et attirées par des incitations financières proposées par diverses autorités pour repeupler la région vers 1700 ± 50.

UNE MISE EN VALEUR DES TERRES PAR LES ABBAYES MÉDIÉVALES ?

L'âge des rideaux interroge sur le fait que ces parcelles soient ou non édifiées par des communautés religieuses. Deux points doivent être discutés en préalable.

Le premier concerne l'homogénéité des âges ¹⁴C, clairement répartis sur 2 périodes très courtes. Ceci pourrait être dû au faible nombre d'échantillons datés. Mais nous avons maximisé la dispersion des âges en datant 5 espèces différentes. Par comparaison, un échantillon

équivalent (7 charbons) du Rossberg, à 7 km de distance, a donné des âges entre 7000 et 1300 BP [33]. La grande dispersion des âges des charbons des chaumes vosgiennes a été confirmée sur un grand nombre de sites, soit 40 dates [34]. L'homogénéité relevée ici n'en est que plus remarquable. Faut-il en conclure que notre site n'a jamais été défriché par le feu avant 900 AD ? Il est difficile de conclure sur une seule étude. Mais la question de l'utilisation de ces espaces, coincés entre des Hautes-Chaumes très défrichées dès l'âge du Bronze [35] et des fonds de vallées occupés, au moins temporairement, depuis la Préhistoire, reste posée.

Le deuxième point est paysager : à quoi ressemblaient les parcelles à l'époque où les rideaux étaient fonctionnels ? Peu d'équivalents actuels permettent d'en juger. Nous avons proposé une reconstitution des parcelles, fondée sur le fait que chaque rideau correspondait à l'emplacement d'une haie [36]. Les équivalents les plus proches sont des parcelles bien conservés, parfois encore fonctionnels, que l'on peut observer en Tchéquie (fig. 6). Beaucoup sont encore cultivés en céréales. Ces ensembles donnent sans doute une bonne image de l'aspect des vallées

- [30] ROSENBLATT 1994
- [31] DROUOT 1961.
- [32] FRITZ 1985.
- [33] SCHWARTZ ET AL. 2005.
- [34] GOEPP 2006.
- [35] GOEPP 2006.
- [36] SCHWARTZ ET AL. 2019.



Figure 6
Exemple de parcelle à haies en bandes isohypses en Tchéquie (Ostrov, près de Ledec nad Sázavou).

vosgiennes à l'époque de l'apogée des parcellaires à rideaux. Ceci peut surprendre, car de tels paysages sont actuellement quasi inconnus dans les Vosges. À l'aune de l'extension spatiale des rideaux de culture dans les vallées vosgiennes, ils devaient être courants au Moyen Âge médian.

Ceci posé, le point central dans notre discussion est celui la fourchette chronologique de l'établissement de ce type de parcellaire. Il serait prétentieux de dater du Haut Moyen Âge l'ensemble des parcellaires à rideaux sur la base de cette seule étude. Néanmoins, force est de constater que l'âge de 900 AD, retenu ici, est du même ordre de grandeur que ceux obtenus pour un rideau de Habsheim, soit environ 900-1000 AD [37]. Il se place également pratiquement au milieu des deux dates données pour le Limousin, à savoir 1168 ± 83 cal AD [38] et 650 ± 95 AD [39]. Ainsi, la période entre les VII^e et XII^e s. semble être celle qui a vu l'émergence de ce type de parcellaire. À cette époque, le pouvoir le plus affirmé aux échelles locales et régionales est celui des grandes abbayes, et non celui des seigneurs féodaux. Ainsi, l'ensemble de la Haute-Vallée de la Thur appartenait à l'abbaye de Murbach, l'une des plus puissantes du Saint Empire Romain Germanique, dès la fin du VIII^e s.

Il est donc légitime d'envisager que ces abbayes ont été à l'origine de la mise en valeur des territoires occupés par les parcellaires matérialisés par des rideaux de culture. Nous avons cherché, dans un premier temps, à vérifier s'il y avait une relation entre l'occurrence de

zones densément occupées par des rideaux et la localisation des abbayes altimédiévales. Une carte a ainsi été réalisée dans le cadre d'un mémoire de master [40] sur l'ensemble du Haut-Rhin. Elle montre que les zones denses de rideaux de culture sont situées dans la partie amont des vallées, au cœur de territoires où sont implantées de grandes abbayes : Masevaux, Saint-Amarin (émanation de Murbach), Murbach, Munster, Lièpvre et Pairis (fig. 7a). À l'inverse, les châteaux, quasiment tous datés du XII^e au XV^e s., sont répartis aux entrées des vallées et sur les collines sous-vosgiennes (fig. 7b). À l'exception de Pairis, ces abbayes ont toutes été fondées aux VII^e et VIII^e s. Pour sa part, l'histoire de Pairis et des territoires environnants est peu connue avant le XIII^e s. La majorité de ces territoires appartenait à des abbayes vosgiennes, comme Saint-Dié, également fondées aux VII^e-VIII^e s., mais il n'est pas impossible que sur le site même de Pairis, une abbaye plus ancienne ait existé [41]. On notera également que Murbach constitue une exception : peu de rideaux sont détectés aux alentours immédiats de l'abbaye. Mais celle-ci ayant reçu en donation la Haute-Vallée

[37] FROELICHER 2006.

[38] DESBORDES & VALLADAS 1979.

[39] BERNARD-ALLÉE & VALLADAS 1992.

[40] DAPIAGGI 2017.

[41] Georges Bischoff, communication orale.

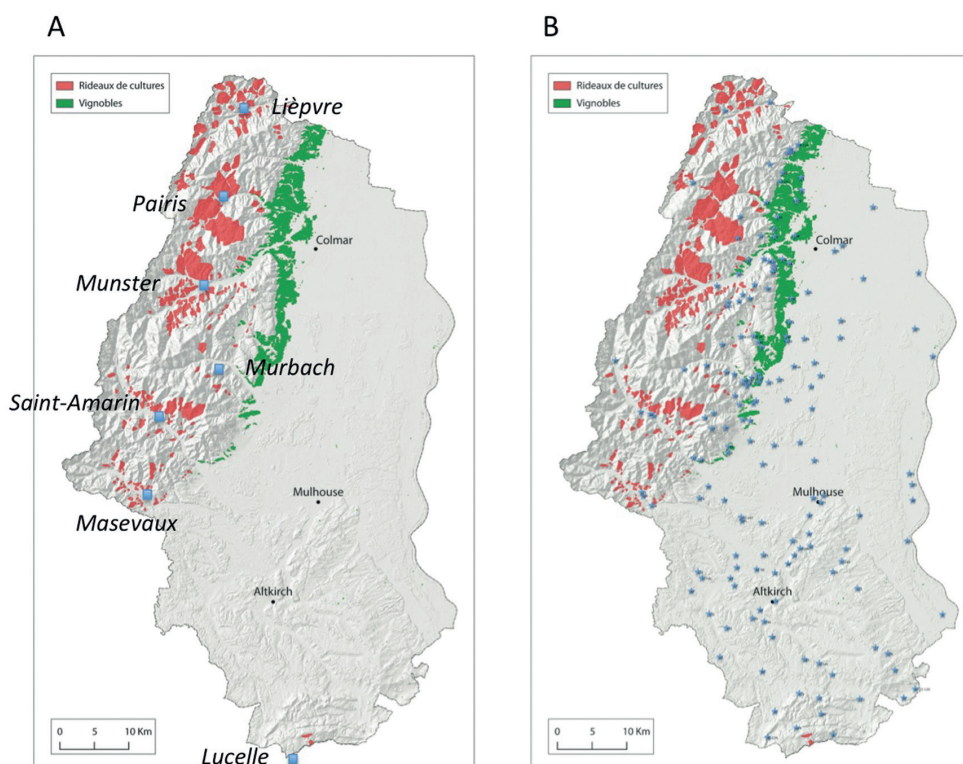


Figure 7

Extension des rideaux de culture dans les Vosges haut-rhinoises (en rouge), en comparaison de l'implantation de quelques grandes abbayes (A) et des châteaux antérieurs au XVI^e s. (B). En vert, le vignoble, dans lequel il est impossible de cartographier d'éventuels rideaux en raison de la présence des terrasses viticoles. Repris de D. Dapiaggi (2017), complété par D. Schwartz pour la cartographie des châteaux.

de la Thur, il est possible qu'elle l'ait privilégiée pour la production agricole, réservant la vallée de Guebwiller à d'autres usages. Quoi qu'il en soit, l'apparente coïncidence entre localisation des abbayes et répartition des parcelles à rideaux ouvre des perspectives intéressantes sur le plan historique.

CONCLUSION

À l'heure actuelle, il est encore difficile de proposer un schéma général de l'origine et de l'évolution des parcelles à rideaux de culture : ce type de paysage agricole commence à peine à sortir de l'oubli. Toutefois, les résultats obtenus à Goldbach-Altenbach sont prometteurs. Ils ont permis, dans un premier temps de

caractériser un parcellaire de grande ampleur, plusieurs centaines d'hectares, indubitablement mis en place par l'abbaye de Murbach vers 900 AD. La coïncidence entre la localisation des grandes abbayes médiévales et celle des parcelles à rideaux est également une piste prometteuse. Cette convergence n'a été mise en évidence pour l'heure que dans le Haut-Rhin. Nous tenterons à l'avenir d'étendre nos résultats à l'ensemble du massif Vosgien, en nous appuyant également sur les rares sources écrites susceptibles d'apporter une pierre à l'édifice. Des collaborations seront également établies avec des chercheurs tchèques, ce pays présentant de grandes similitudes paysagères avec les Vosges avec l'avantage que les paysages à rideaux y sont mieux préservés et pour certains d'entre eux encore fonctionnels. ■

REMERCIEMENTS

Les résultats présentés ont été obtenus dans le cadre du programme Install'haies, financé par le département INEE du CNRS (PEPS Paysages, 2016-2017). Nos remerciements s'adressent à la municipalité de Goldbach-Altenbach qui a mis à notre disposition des terrains communaux : Madame Bembeneck, maire de la commune, Monsieur Franck, premier adjoint et Madame Reilly, secrétaire de mairie.

BIBLIOGRAPHIE

- AUFRÈRE, L., 1929**, « Les rideaux, étude topographique », *Annales de Géographie* 38°, 15/11/29, p. 529-560.
- BAIZE, D., & GIRARD, M.-C., 2009**, *Référentiel pédologique 2008*, Versailles, 405 p.
- BERNARD-ALLÉE, P. & VALADAS, B., 1992**, « L'état des recherches sur l'archéologie agricole en Limousin », *Norois* 156, p. 509-518.
- BOLLINE, A., 1971**, « Les rideaux en Hesbaye gemboutoise. Étude morphologique et sédimentologique », *Bulletin de la Société de Géographie de Liège* 7, p. 61-67.
- BRACK, P. & DELAY, F., 1997**, « Transmissivity and morphological features in a chalk aquifer: a geostatistical approach of their relationship », *Journal of Hydrology* 191, p. 139-160.
- CARCAILLET, C. & TALON, B., 1996**, « Aspects taphonomiques de la stratigraphie et de la datation de charbons de bois dans les sols : exemple de quelques sols des Alpes », *Géographie physique et Quaternaire* 50/2, p. 233-244.
- CHARTIN, C., BOURENNANE, H., SALVADOR-BLANES, S., HINSCHBERGER, F. & MACAIRE, J.-J., 2011**, « Classification and mapping of anthropogenic landforms on cultivated hillslopes using DEMs and soil thickness data – example from the SW Parisian Basin, France », *Geomorphology* 135, p. 8-20.

- COUREL, B., SCHAEFFER, P., ADAM, P., MOTSCH, E., EBERT, Q., MOSER, E., FELIU, C., BERNASCONI, S.M., HAJDAS, I., ERTLEN, D. & SCHWARTZ, D., 2017**, « Molecular, isotopic and radiocarbon evidence from broomcorn millet cropping in Northeast France since the Bronze Age », *Organic Geochemistry* 110, p. 13-24.
- DABNEY, S., 2006**, « Terrace relationships », dans R. Lal (éd.), *Encyclopedia of soil science*, Boca Raton, p. 1752-1755.
- DAPPIAGGI, D., 2017**, *Les ordres religieux à l'origine de la planification agraire ? Étude des relations spatiales entre l'implantation des monastères et la répartition des rideaux de culture dans le Haut-Rhin*. Mémoire Master 1, Faculté de Géographie et d'Aménagement, Strasbourg.
- DEAK, J., GEBHARDT, A., LEWIS, H., LEE, H. & USAI, M.-R., 2017**, « Micromorphology of soils disturbed by vegetation clearance and tillage », dans C. Nicosia & G. Stoops (éd.) *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*, p. 233-264.
- DE ALBA, S., LINDSTROM, M., SCHUMACHER, T.E. & MALO, D.D., 2004**, « Soil landscape evolution due to soil redistribution by tillage: a next conceptual model of soil catena evolution in agricultural landscapes », *Catena* 58, p. 77-100.
- DERCON, G., GOVERS, G., POESEN, J., SANCHEZ, H., ROMBAUT, K., VANDENBROECK, E., LOAIZA, G. & DECKERS, J., 2007**, « Animal-powered tillage erosion assessment in the southern Andes region of Ecuador », *Geomorphology* 87, p. 4-15.
- DESBORDES, J.-M. & VALADAS, B., 1979**, « L'érosion agricole en milieu cristallin : processus, conséquences et dimension historique du phénomène à partir d'exemples pris dans le massif d'Ambazac – Limousin (France) », dans H. Vogt & T. Vogt (éd.) *Actes du colloque Érosion agricole des sols en milieu tempéré non méditerranéen*, Strasbourg, 1978, p. 19-25.
- DROUOT, M., 1961**, *Thann à l'époque mazarine. Histoire politique et administrative*, Strasbourg (Institut des Hautes Études Alsaciennes, 19).
- ERTLEN, D., SCHWARTZ, D., TRAUTMANN, M., WEBSTER, R. & BRUNET, D., 2010**, « Discriminating between organic matter in soil from grass and forest by near-infrared spectroscopy », *European Journal of Soil Science* 61, p. 207-216.
- EVARD, E., 1951**, « Recherche sur l'évolution karstique du pays de Herve », *Bulletin de la Société Géologique de Belgique* 74, p. 71-104.
- FAO, ISRIC, ISSS, 2006, *World reference base for soil resources 2006*. A framework for international classification, correlation and communication, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma.
- FAVIS-MORTLOCK, D., BOARDMANN, J. & BELL, M., 1997**, « Modelling long-term anthropogenic erosion of a loess cover: South Downs, UK », *Holocene* 7, p. 79-89.
- FÉNELON, P., 1956**, « Les rideaux de la Picardie et de la péninsule Ibérique », *Bulletin de l'Association des Géographes Français* 255-256, p. 2-9.
- FÉNELON, P., 1963**, « Controverse sur les rideaux », *Bulletin de l'Association des Géographes Français* 316-317, p. 24-28.
- FOLLAIN, S., WALTER, C., LEGOUT, A., LEMERCIER, B. & DUTIN, G., 2007**, « Induced effect of hedgerow networks on soil organic carbon storage within an agricultural landscape », *Geoderma* 142, p. 80-95.
- FOURQUIN, G., 1975**, « Le premier Moyen Âge », dans G. Duby (éd.), *Histoire de la France rurale*, t. 1, p. 287-371.
- FRITZ, C., 1985**, « Saint-Amarin. 3. Histoire », dans *Encyclopédie de l'Alsace*, t. 11, p. 6570.
- FROELICHER, L., 2016**, *Les haies, une alternative à l'openfield dans les zones loessiques d'Alsace ? Perspectives historiques, systèmes agraires du futur, érosion, effets sur le colluvionnement et le stockage du carbone*, Thèse Université de Strasbourg.
- FROELICHER, L., SCHWARTZ, D., ERTLEN, D. & TRAUTMANN, M., 2016**, « Hedges, colluvium, and lynchets along a reference toposequence (Habsheim, Alsace, France): the history of erosion in a loess area », *Quaternaire* 27/2, p. 171-183.
- GOEPP, S., 2007**, *Origine, histoire et dynamique des Hautes-Chaumes du massif vosgien. Déterminismes environnementaux et actions de l'homme*. Thèse Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- GOSSELET, M.-J., 1906**, « Observations sur les creuses de l'Artois et de la Picardie et réflexions sur l'importance de la dissolution souterraine de la craie », *Annales de la Société Géologique du Nord* 35, p. 237.
- GOVERS, G., VANDAELE, K., DESMET, P., POESEN, J. & BUNTE, K., 1994**, « The role of tillage in soil redistribution on hillslopes », *European Journal of Soil Science* 45, p. 469-478.
- GUTH, C., 1994**, « Des Francs aux Carolingiens », dans *Le Val Saint-Amarin*, OT/SI Haute-Thur Markstein, p. 32-34.
- LASNE, M.H., 1890**, « Sur les terrains phosphatés des environs de Doullens. Etage Sénonien et terrains superposés », *Bulletin de la Société Géologique de France* 18, p. 441-490.
- LEBEAU, R., 1969**, *Les grands types de structures agraires dans le monde*, Paris.
- MEYNIER, A., 1959**, *Les paysages agraires*, Paris.
- MOLDENHAUER, K.M., HEINRICH, J. & VATER, A., 2010**, « Causes and history of multiple soil erosion processes in the northern Odenwald uplands », *Erde* 14, p. 171-186.
- NIELSEN, N.H. & DALSGAARD, K., 2017**, « Dynamics of celtic fields – a geoarcheological investigation of Oster Lem Hede, western Jutland, Denmark », *Geoarcheology* 32, p. 414-434.
- NISHIMOTO, K., ITO, M. & NATORI, S., 1968**, « The structures of arundoin, cylindrin and fernenol », *Tetrahedron* 24, p. 735-752.
- NYSSSEN, J., POESEN, J., MITIKU, H., MOYERSONS, J., & DECKERS, J., 2000**, « Tillage erosion on slopes with soil conservation structures in the Ethiopian highlands », *Soil and Tillage Research* 57/3, p. 115-127.
- NYSSSEN, J., POESEN, J., MOYERSONS, J., DECKERS, J. & MITIKU, H., 2010**, « Genèse de rideaux suite à la culture attelée : observations en Éthiopie pour mieux comprendre les paysages ruraux européens », *Bulletin de la Société Géographique de Liège* 54, p. 117-122.
- NYSSSEN, J., DEBEVER, M., POESEN, J. & DECKERS, J., 2014**, « Lynchets in eastern Belgium – a geomorphic feature resulting from non-mechanised crop farming », *Catena* 121, p. 164-175.
- PATRO, M., WEGOREK, T. & ZUBALA, T., 2008**, « Ploughed on terraces in loess landscape of strongly developed high plains », *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Land Reclamation* 39, p. 95-101.
- POESEN, J., TOM, D. & BUNTE, K., 1994**, « Effects of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales: a review », *Catena* 23/1-2, p. 141-166.

- POESEN, J., VAN WESEMAEL, B., GOVERS, G., MARTINEZ-FERNANDEZ, J., DESMET, P., VANDAELE, K., QUINE, T. & DEGRAER, G., 1997**, « Patterns of rock fragment cover generated by tillage erosion », *Geomorphology* 18/3-4, p. 183-197.
- RAISTRICK, A. & CHAPMAN, S.E., 1929**, « The lynchet groups of upper Wharfedale », *Antiquity* 3, p. 165-181.
- ROSENBLATT, F., 1994**, « Les aléas de la guerre de Trente Ans », *Le Val Saint-Amarin*. OT/SI Haute-Thur Markstein, p. 47-49.
- SCHWARTZ, D., THINON, M., GOEPP, S., SCHMITT, C., CASNER, J., ROSIQUE, T., WUSCHER, P., ALEXANDRE, A., DAMBRINE, E., MARTIN, C. & GUILLET, B., 2005**, « Premières datations directes de défrichements protohistoriques sur les chaumes secondaires des Vosges (Rossberg, Haut-Rhin). Approche pédoanthracologique », *Comptes Rendus Géosciences* 337, p. 1250-1256.
- SCHWARTZ, D., FROEHLICHER, L. & VORBURGER, F., 2019**, « Rideaux de culture et paysages de haies dans les vallées alsaciennes à la fin des époques médiévales : de la reconstitution des espaces au questionnement chronologique par l'icônographie », dans P. Valette et J.-M. Carozza (éd.), *Géohistoire de l'environnement*, Paris, p. 57-73.
- SCHWARTZ, D., ROBIN, V., ADAM, P., SCHAEFFER, P., GEBHARDT, A., DAPIAGGI, D., STEVENEL, C., THISS, M., TRAUTMANN, M. & ERTLEN, D., en préparation**, « Dating the lynchet landscapes: from the case study (Goldbach, Haut-Rhin, France) to a general methodological frame », *The Holocene*.
- STOFFEL, G., 1868**, *Dictionnaire topographique du département du Haut-Rhin, comprenant les noms des lieux anciens et modernes*, rédigé sous les auspices de la Société Industrielle de Mulhouse, Paris.
- STOLZ, C., 2011**, « Spatiotemporal budgeting of soil erosion in the abandoned fields area of the "Rahnstätter Hof" near Michelbach (Taunus Mts, Western Germany) », *Erdkunde* 65, p. 355-370.
- VAN OOST, K., VAN MUYSEN, W., GOVERS, G., DECKERS, J. & QUINE, T.A., 2005**, « From water to tillage erosion dominated landform evolution », *Geomorphology* 72, p. 193-203.
- VAN WESTREENEN, F., 2008**, « Graften et graven in het Heuvelland », *Natuurhistorisch Maandblad* 97/9, p. 183-189.
- VRYDAGHS, L., DEVOS, Y. & PETO, A., 2017**, « Opal Phytoliths », dans C. Nicosia et G. Stoops (éd.) *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*, p. 155-163.
- WALTER, C., MÉROT, P., LAYER, B. & DUTIN, G., 2003**, « The effect of hedgerows on soil organic storage in hillslopes », *Soil Use and Management* 19, p. 201-207.
- WOOD, P.D., 1961**, « Strip lynchets reconsidered », *The Geographical Journal* 127/4, p. 449-459.
- YVARD, J.C., 1977**, « La genèse des "rideaux" », *Picardie Information* 26, p. 55-57.
- ZADOROVA, T., PENIZEK, V., ŽIZALA, D., MATEJOVSKÝ, J. & VANEK, A., 2018**, « Influence of former lynchets on soil cover structure and soil organic storage in agricultural land, Central Czechia », *Soil Use and Management* 34, p. 60-71.