

**Zeitschrift:** Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 27 (2017)

**Artikel:** Influence des formations superficielles sur l'évolution des sols du Jura suisse : origine, composition et transformation du matériel minéral parental  
**Autor:** Martignier, Lorraine  
**Kapitel:** 1: Introduction  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-632528>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# CHAPITRE 1. INTRODUCTION

## Le système sol

Situé à l'interface entre la lithosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère, le sol est la propriété émergente de l'interaction entre ces quatre compartiments. Sous l'action du vivant, les matières minérales et organiques sont transformées et intégrées intimement pour former le complexe argilo-humique, réserve d'eau et de nutriments utilisable par les plantes, les champignons et les micro-organismes. Le sol est un système complexe dont l'organisation interne est observable de l'échelle du solum entier à celle des liaisons intermoléculaires. Il se situe au cœur de la *critical zone* et joue un rôle primordial dans les cycles des éléments, en contrôlant leur recyclage, leur stockage ou leur mise à disposition pour les organismes vivants, à l'image d'une mince membrane semi-perméable recouvrant les continents (BRANTLEY *et al.*, 2011 ; WILDING & LIN, 2006).

La *critical zone* s'étend quant à elle de la canopée des arbres à la limite inférieure de la zone vadose, en incluant les océans. « *The critical zone is a complex mixture of air, water, biota, organic matter, and Earth materials. Throughout this zone, chemical reactions proceed both abiotically and through catalysis by organisms, providing nutrients and energy for the sustenance of terrestrial ecosystems* » (BRANTLEY *et al.*, 2007). Dans les profondeurs de la *critical zone* continentale, la roche saine est altérée sous l'action des eaux de percolation provenant de la surface. Cette couche de matériau rocheux altéré mais non encore pédogénisé est la régolithe. Au fur et à mesure que le front d'altération s'enfonce et que les minéraux sont transformés, un gradient chimique se forme entre la roche saine et le sol, favorisant ainsi les transferts de matières et stimulant la vie (BRANTLEY *et al.*, 2007).

L'équilibre dynamique au sein du sol et entre le sol et les grands constituants de la *critical zone* est en constante évolution. Durant les périodes de biostasie, caractérisées par des conditions climatiques stables et une couverture végétale dense et continue (p. ex. de type forêt), l'altération chimique des minéraux est très intense, de même que le recyclage des éléments par les organismes vivants. Les produits exportés par le système sol sont principalement des ions et des particules fines en suspension. En revanche, lors de périodes de rhexistasie, des modifications climatiques (aridification, refroidissement, etc.) induisent des conditions défavorables au maintien d'une végétation continue. Ces périodes sont marquées par une intense érosion physique des sols, puis de la régolithe (ERHART, 1967). Elles permettent un remaniement considérable des sédiments à la surface des continents, favorisant ainsi la création de nouveaux substrats pour la pédogenèse. Actuellement et depuis la fin de la dernière glaciation, la zone tempérée de l'Europe se trouve à nouveau dans une période de biostasie. Cependant, les activités humaines déstabilisent par endroits le paysage (déboisements, agriculture intensive, constructions, etc.), induisant l'érosion des sols et un retour précoce de la rhexistasie (VAN VLIET-LANOË, 2005).

À l'intérieur de la *critical zone*, tous les compartiments sont liés : la régolithe, le sol, ses organismes vivants, la végétation, ainsi que les fluides (air, eau) circulant entre eux. Étudier le sol est en conséquence une démarche complexe, à l'image de l'objet d'étude lui-même, mais néanmoins nécessaire. En effet, le sol est le fondement de tous les écosystèmes terrestres, desquels dépendent la plupart des ressources alimentaires et activités humaines. De plus, la diversité des sols rencontrée à travers le monde est une source considérable de biodiversité et participe pleinement au fonctionnement des écosystèmes. Cependant, et malgré le rôle central du sol dans les activités humaines (mais pas toujours dans les préoccupations des sociétés), son fonctionnement est encore mal connu (SUGDEN *et al.*, 2004). L'étude des processus pédologiques et des différents compartiments du sol apparaît comme fondamentale dans le but de comprendre

les systèmes sols actuels et passés, et qui permettra peut-être de discerner l'évolution future des sols sous la problématique des changements climatiques et de l'exploitation intensive (LORZ *et al.*, 2011).

### **Pédogenèse et formations superficielles**

La pédogenèse est influencée par cinq facteurs principaux (JENNY, 1941) : le matériel minéral parental, la topographie, le climat, le temps, ainsi que les organismes vivants et leurs produits. La présente étude se focalise sur le lien entre le matériel parental et le sol.

Tout d'abord, la notion même de matériel parental est questionnée, en confrontation avec le concept de « roche-mère ». Quel rôle joue le substrat géologique dans le développement du sol, par rapport à la couverture sédimentaire de surface composée des formations superficielles ? Existe-t-il des relations antagonistes entre ces différents matériaux minéraux ? Plusieurs cas de figure peuvent se présenter (figure 1.1), montrant un gradient de mélange des matériaux entre deux pôles : i) le substrat géologique (et son altérite) non contaminé comme seul matériel parental et ii) les formations superficielles isolant totalement le sol de la roche sous-jacente.

Dans ce dernier cas, le sol se retrouve entièrement déconnecté de la roche-substrat et par conséquent la caractérisation de son matériel parental passe obligatoirement par l'identification des formations superficielles. Dans un deuxième temps, l'influence du matériel parental sur l'évolution de la pédogenèse est investiguée. Comment le substrat géologique et les formations superficielles agissent conjointement sur le développement du sol ? Quels processus peuvent se mettre en place en fonction de l'épaisseur, ainsi que de la composition minéralogique et chimique du matériel parental ? Dans certains cas, la pédogenèse influencée par les formations superficielles peut se trouver orientée dans des voies d'évolution totalement différentes de celles attendues au regard de la roche sous-jacente. Il faut donc avoir une idée claire de la nature et de l'origine des formations superficielles, ainsi que de leur distribution dans le paysage. L'étude d'une carte géologique ne suffit pas à la tâche, car elle ne reflète que de façon très incomplète, ou souvent sommaire, la diversité de ces formations. En zone tempérée par exemple, la couverture actuelle des formations superficielles est en grande partie héritée de la dernière période glaciaire. En effet, beaucoup de sols furent érodés par les processus glaciaires et périglaciaires, qui redistribuèrent les matériaux et constituèrent ainsi de nouveaux dépôts minéraux. Lors des phases terminales de la dernière glaciation, il y a environ 18'000 ans, le paysage se stabilisa lentement avec la recolonisation par la végétation et le développement des sols put reprendre sur ces nouveaux matériaux. Dans ce contexte, l'étude des dépôts sédimentaires actuels (principalement hérités de la dernière période glaciaire) permet de caractériser l'état initial à partir duquel s'est mise en œuvre la pédogenèse holocène.

### **Cadre de l'étude : le Jura**

Les montagnes du Jura sont très majoritairement composées de roches sédimentaires carbonatées du Mésozoïque. Bien que présentant des faciès différents (calcaires durs, marnes, marno-calcaires), les roches contiennent toutes d'importantes quantités de calcite piégeant une fraction résiduelle argileuse en proportions variables. Au vu de cette relative homogénéité lithologique, les apports allochtones se démarquent de par leur composition silicatée. Sur le flanc sud-est du Jura, la rencontre entre le glacier du Rhône et la calotte jurassienne lors de la dernière glaciation a créé un continuum de moraines composées de matériaux silicatés et carbonatés en différentes proportions. En revanche, les sommets de la première crête du Jura ne furent pas recouverts par les glaces et les seuls apports possibles furent des dépôts éoliens, les loëss, originaires des moraines alpines du Plateau suisse (POCHON, 1978).

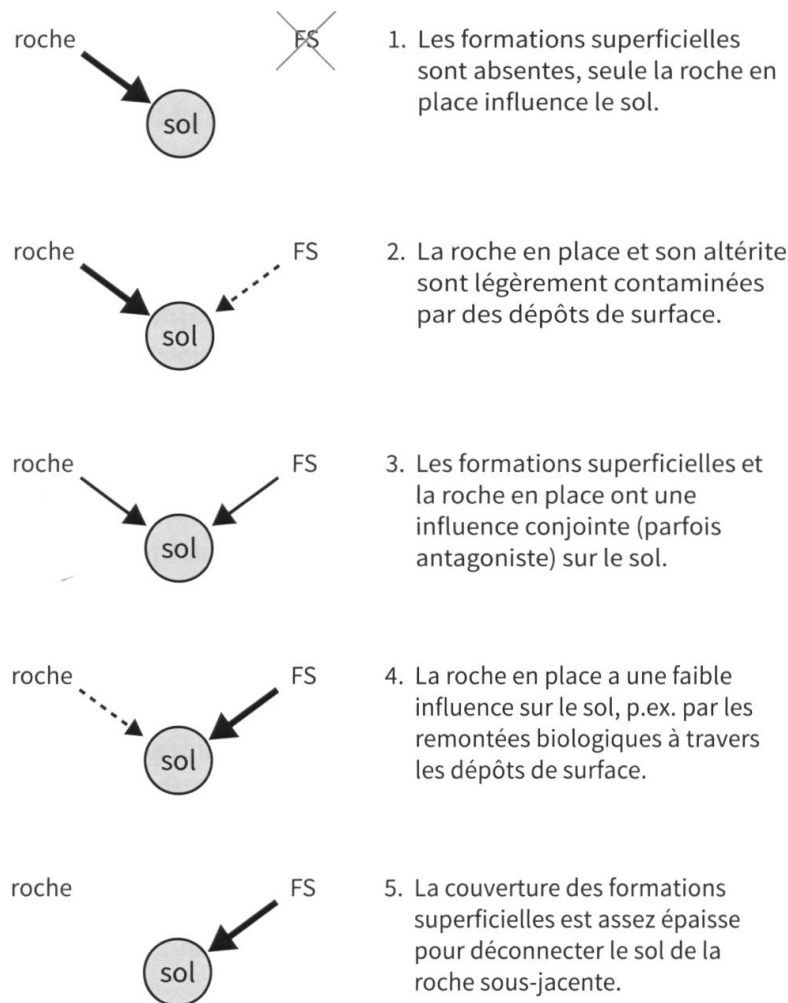


Figure 1.1: Influence différentielle du substrat géologique (roche) et des formations superficielles (FS) sur le développement du sol selon cinq cas de figure.

Ces différents matériaux allochtones vont servir de traceurs pour étudier les mélanges et remaniements incluant des matériaux locaux. De plus, les dépôts allochtones auront sur le développement du sol une influence acidifiante antagoniste à celle de la roche calcaire en place, ce qui favorise l'étude de leur impact sur la pédogenèse.

Dans le présent travail, l'étude de toposéquences de sols situées sur deux versants opposés permet de lier la problématique du matériel minéral parental avec la topographie. En ce qui concerne les autres facteurs influençant le développement du sol, le climat est considéré comme similaire à l'échelle des deux versants étudiés, de part et d'autre de la première crête du Jura. Le temps d'évolution est quant à lui identique pour tous les sols étudiés, c'est-à-dire au maximum 18'000 ans, depuis le retrait des glaces après le dernier maximum glaciaire (*last glacial maximum*, LGM; MAGNY *et al.*, 2003). Finalement, les organismes vivants et leurs produits ne seront pas traités dans cette étude, mais leur influence est indirectement prise en compte dans l'étude des processus pédologiques à l'œuvre dans le sol.

### Structuration de la thèse

La première partie de ce travail présente la problématique générale de la recherche, liée au contexte géologique, morphogénique et pédologique du Jura. Les formations superficielles sont définies et les principaux dépôts rencontrés dans la région sont détaillés. Puis, les deux sites

étudiés sont décrits en détail, ainsi que les profils de sol creusés (chapitres 1 et 2). Finalement, les méthodes utilisées lors de cette étude sont expliquées (chapitre 3).

La seconde partie traite des résultats obtenus par les analyses chimiques et physiques, les observations réalisées au microscope optique et électronique (à balayage et à transmission), ainsi que par la description et l'étude de la distribution des matériaux substrats et de la couverture des formations superficielles le long des deux toposéquences étudiées (chapitre 4).

La troisième partie comprend les interprétations et discussions, organisées en fonction de trois thèmes : tout d'abord l'évolution du matériau autochtone (chapitre 5), puis celle du matériau allochtone et de ses mélanges (chapitre 6), et finalement l'influence de ces divers matériaux sur les processus d'altération et de transformation de la fraction minérale des sols en se focalisant sur trois phases majeures : les carbonates, les phyllosilicates et les oxy-hydroxydes de fer (chapitre 7).

La quatrième partie propose une chronologie de la mise en place des formations superficielles le long des deux toposéquences en tant que matériau parental pour la pédogenèse holocène, en lien avec l'histoire du paysage depuis le Würm (chapitre 8). Les impacts de la composition de ces dépôts complexes sur les dynamiques de pédogenèse sont discutés, de même que la contribution de la roche calcaire sous-jacente. Le concept de l'autochtonie des matériaux est questionné, au regard du rôle joué par la roche-substrat. Pour finir, la conclusion revient sur et résume les apports de l'étude concernant la problématique de l'origine du matériel parental en tant que facteur d'influence prépondérant sur le développement des sols et fait également le point sur les perspectives de recherche (chapitre 9).