

TRAJECTOIRES D'ÉVOLUTION DES SOLS ET DES AGROÉCOSYSTÈMES DE L'HOLOCÈNE À L'ANTHROPOCÈNE

Thèse de **Manon BAJARD**

Analysée par **Christian WALTER**¹

Directeur de thèse : **J. POULENARD**, Professeur - Université Savoie Mont-Blanc - Laboratoire EDYTEM

Co-encadrement : **P. SABATIER**, MCF - Université Savoie Mont-Blanc - Laboratoire EDYTEM et **F. ARNAUD**, DR CNRS, Université Savoie Mont-Blanc - Laboratoire EDYTEM.

La thèse de Marion Bajard, soutenue le 10 novembre 2017, porte sur les évolutions de la pédogenèse des sols montagnards au cours de l'Holocène et cherche à identifier la contribution de l'activité humaine à ces évolutions. De façon dérivée, elle questionne le démarrage de l'Anthropocène abordé ici comme le moment où l'influence de l'homme sur l'évolution des sols apparaît supérieure à celle des autres facteurs de la pédogenèse. La thèse cherche à identifier, au cours du temps, des changements importants d'intensité des processus de pédogenèse (altération, horizonation, érosion et transport latéral) à partir de l'étude des sédiments de lacs de montagne, qui révèlent l'évolution des sols de leurs bassins versants associés. Elle a été soutenue à l'université Grenoble Alpes, après avoir été préparée au sein du laboratoire « *Environnements, DYnamiques et TErritoires de la Montagne* (EDYTEM) du Bourget du Lac sous la direction de J. Poulénard et le co-encadrement de P. Sabatier et F. Arnaud.

Le travail repose sur l'étude de quatre bassins versants de quelques centaines d'hectares, choisis dans les Alpes du Nord occidentales à des altitudes de 875 à 2100 m et présentant chacun à leur exutoire un lac de 4 à 20 ha de superficie et d'origine glaciaire. Au sein de chaque lac, une colonne de sédiments est prélevée (de 1 à 18 m de longueur) et permet de couvrir une durée de sédimentation supérieure à 10 000 ans pour deux des lacs et de 2 000 à 4 500 ans pour les deux autres.

Le premier élément remarquable de cette thèse réside dans l'emploi de nombreuses techniques récentes de caractérisation des sédiments, pour être en mesure de les interpréter comme archives environnementales des évolutions des sols et des paysages des bassins versants. Il s'agit d'abord de techniques de datation fondées sur des méthodes isotopiques (²¹⁰Pb, ¹³⁷Cs, ¹⁴C) ou

¹ Membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France, Professeur à Agrocampus Ouest.

magnétiques, qui permettent de dater les différentes strates identifiées dans la carotte et ainsi restituer sa dynamique sédimentaire. Il s'agit ensuite de techniques de comptage pollinique, d'identification de microfossiles et d'extraction d'ADN extracellulaire, afin de reconstituer la dynamique de la végétation et d'identifier la présence d'activités pastorales liées à la présence de troupeaux. Enfin, l'identification de signatures géochimiques des sédiments (fluorescence X, extractions sélectives, Pyrolyse Rock-Eval), comparées à celles de sols prélevés sur le bassin versant, permet de quantifier les processus pédogénétiques dominants et l'importance de l'érosion et des apports de matière organique. C'est l'assemblage de l'ensemble de ces indicateurs, qualifié d'approche multi-proxies, qui permet de procéder aux reconstitutions paléo-environnementales.

A partir de ces données, M. Bajard met en évidence le développement progressif des sols sur la première moitié de l'Holocène, puis à partir de 2500 ans av. J.-C., l'intensification de l'érosion en lien avec le développement des activités agro-pastorales. Deux grandes périodes, l'Antiquité et le Moyen-Âge, correspondent à des intensités maximales d'érosion reliées à des défrichements et des extensions des espaces pastoraux. Les variations de pédogenèse et d'érosion au cours de la seconde partie de l'Holocène apparaissent principalement liées aux activités pastorales et ce facteur anthropique supprime les effets d'autres perturbations notamment climatiques. L'activité humaine est le facteur dominant de l'évolution des sols depuis le haut-Moyen-Âge et M. Bajard propose de situer à cette époque le démarrage de l'Anthropocène. Néanmoins, cette date peut varier selon les situations étudiées et il est donc difficile d'identifier une date universelle de démarrage de l'Anthropocène.

Un autre élément remarquable de ce travail réside dans sa mobilisation de schémas conceptuels de l'évolution des sols. Dans la lignée de travaux antérieurs, M. Bajard identifie des phases d'évolution des sols les unes *progressives*, marquées par l'approfondissement des sols, leur horizonation et l'assimilation d'apports de surface, les autres *régressives*, caractérisées par l'importance de l'érosion, un amincissement des sols et une simplification de leurs horizons. En croisant ces phases de pédogenèse avec les flux de carbone entrants dans le système, elle arrive à représenter de façon schématique et très expressive les trajectoires d'évolution des sols au cours du temps et à comparer les différents systèmes étudiés. Ces représentations lui permettent d'analyser la résilience des systèmes pédologiques à des perturbations d'origines naturelle ou anthropique.

Quoique remarquable, ce travail suscite des interrogations sur la validité des hypothèses de départ et leurs effets sur les estimations d'intensité de processus et leurs interprétations. Ces hypothèses sont en effet nombreuses et concernent notamment la représentativité des signatures sédimentaires de ce qui se passe dans le bassin versant, l'évolution des sédiments après leur dépôt, les seuils de détection des éléments et des activités. M. Bajard expose bien ces hypothèses initiales et insiste sur les limites éventuelles de l'étude, mais il n'en reste pas moins que les incertitudes induites sont peu quantifiées. L'autre interrogation concerne les possibilités de transposition des résultats obtenus à d'autres contextes montagnards et également aux situations de plaine. Les tentatives de généralisation à des situations, au-delà des massifs alpins et notamment à des situations de plaine anthropisées, apparaissent difficiles.

L'avis des deux rapporteurs de la thèse est très positif : ils soulignent tous deux la très bonne maîtrise des nombreuses techniques mises en œuvre dans la thèse et la compréhension intime

des principes sous-jacents à ces techniques. Ils mettent aussi en avant le niveau assez exceptionnel de publications scientifiques déjà issues de ce travail (3 articles en premier auteur publiés, 2 en premier auteur soumis, 3 autres articles publiés en tant que co-auteur). Les deux rapporteurs considèrent ainsi qu'il s'agit d'un travail qui fera date sur la compréhension des processus pédogénétiques en zone de montagne.

Au final, la thèse de Manon Bajard apparaît comme une thèse très innovante, très bien rédigée, qui fait fortement progresser l'utilisation d'archives lacustres pour identifier des trajectoires d'évolution des sols sur des temps longs et pour établir l'effet de l'activité anthropique sur ces évolutions. Il s'agit d'un travail déjà très bien valorisé dans des publications scientifiques de très bon niveau et qui apporte incontestablement un progrès significatif dans la compréhension de la pédogenèse des sols au cours de l'Holocène et de l'Anthropocène.