

Institut de biologie

Rue Emile-Argand 11
CH-2000 Neuchâtel

Rapport de thèse **Steppes ou forêts ? Les conditions environnementales de la formation et de l'évolution des chernozems en Europe Centrale**
Barbora Vyslouzilova

EVALUATION GLOBALE

La pédogenèse des chernozems, malgré la large répartition de ces sols à l'échelle mondiale et leur importance agronomique et historique, est encore sujette à controverses. Si leur définition dans les différentes classifications semble simple (présence d'un horizon de surface noir, matériel minéral parental issu de loess, végétation steppique et climat continental), la réalité s'avère plus complexe. De manière peut-être surprenante, la littérature scientifique concernant ce type de sol n'est pas très étendue et leurs conditions de formation dans le temps et leur dépendance vis-à-vis d'un type de végétation n'a guère fait l'objet d'études poussées récentes, à quelques exceptions près. L'objectif du mémoire de doctorat de Barbora Vyslouzilova s'inscrit donc dans un domaine qui peut être considéré comme novateur. L'auteure a fourni un travail remarquable dans :

- la recherche de sites adéquats ;
- l'utilisation d'une méthode nouvelle (SPIR) ;
- l'établissement de bibliothèques spectrales spécifiques aux chernozems ;
- la confrontation des résultats provenant de différentes approches (par ex. SPIR, micromorphologie, paléoanthracologie).

Ceci lui a permis d'amener de nouveaux éléments dans la discussion sur l'évolution des chernozems, en montrant que :

- la notion de zonalité des chernozems devait être nuancée (du moins en Europe centrale, site d'étude de ce doctorat) en raison des temporalités différentes du climat et de la pédogenèse;
- l'évolution des chernozems vers les luvisols n'était pas la seule séquence évolutive possible, l'inverse étant aussi démontré dans ce travail ;
- la végétation steppique favorable à la formation des chernozems n'est pas une condition exclusive ;

- le rôle de l'homme (transformation des écosystèmes naturels en agro-écosystèmes) a été déterminant dans la formation et/ou la conservation de certains chernozems.

EVALUATIONS SECTORIELLES

PARTIE I

Partant du concept que le chernozem est le type de sol « modèle » lié à la naissance de la science du sol (Dokouchaev), l'auteure du manuscrit a pour objectif de définir le terme de chernozem au cours du temps, de préciser les facteurs de pédogenèse et de confronter la place de ce type de sol dans les différentes écoles de pensée pédologique. L'objectif du chapitre est atteint pour la description historique (§1.1) mais l'absence d'une structuration logique de ce sous-chapitre en rend la lecture peu aisée. Quelques éléments sont partiellement décrits (ex. p 37 : l'auteure cite la WRB qui définit le chernozem comme un sol caractérisé par un horizon *mollic*. La WRB définit également le chernozem par la présence d'un horizon *chernic*.)

L'auteure met l'accent sur les processus de transformation de la matière organique (§1.2), mais ne développe pas la formation du complexe d'altération (cité au début du sous-chapitre). De manière générale, la discussion concernant la matière organique n'est pas convaincante. La description de l'évolution de la matière organique est succincte et basée sur des références bibliographiques plutôt anciennes (ex. Kuntze et al. 1983). Même en sachant que l'étude des différents composants de la matière organique est rendue difficile par l'absence des méthodes non destructives et une connaissance limitée de la nature chimique des différents éléments (acides humatomélaniques, fulviques, humiques et humine), cette partie du manuscrit reste lacunaire. En raison du caractère humique déterminant des chernozems, l'auteure aurait pu (i) soit développer ce point (par ex. présence des humines d'insolubilisation dans la composition de la matière organique stable des chernozems), (ii) soit mentionner explicitement les raisons pour lesquelles elle renonce à aborder la question en détail. L'auteure précise néanmoins que les chernozems sont caractérisés par une grande stabilité de la matière organique jusqu'en profondeur et possèdent un fort gradient de temps moyen de résidence (environ 486 ans par 10 cm).

Les sous-chapitres 1.3 et 14, qui présentent les sous-types de chernozems et leur place dans les différentes classifications, n'ont pas une structure explicite et les choix des différents sous-types qu'a faits l'auteure ne sont pas clairs. Elle aurait également pu expliciter le choix d'une nomenclature (il semble que le Référentiel pédologique français est utilisé pour les horizons, mais pas pour les types de sol).

Le contexte environnemental et la répartition des chernozems dans la zone d'étude sont présentés de manière complète. Une partie des éléments aurait pu être présentée sous forme de tableaux (par ex. : chronologie, facteurs climatiques) ce qui aurait permis une lisibilité accrue et une comparaison simplifiée des différents facteurs.

PARTIE II

Dans cette partie, l'auteure présente les sites d'étude, les profils et les méthodes analytiques. La démarche générale et l'accès aux documents de base (cartes) est clairement posée ; les cartes de répartition de sites étudiés sont bien exécutées. La description des profils est hétérogène (photos, schémas ou descriptions) : (i) les descriptions des sites auraient pu être présentées sous forme de tableau ; (ii) une partie des schémas n'est pas compréhensible (manque de légendes, signatures inconsistantes). Je recommanderais une description homogène et complète pour chaque profil étudié, en annexe.

PARTIE III

Dans la 3^e partie du manuscrit, l'auteure présente les résultats des analyses menées dans le cadre son travail de doctorat. La pertinence des résultats présentés dans le chapitre 6 soulève quelques doutes. L'auteure souhaite vérifier le lien entre les caractéristiques physico-chimiques des horizons de surface des sols de référence et le type de végétation. La répartition du carbone organique dans le premier horizon (0-4 cm) et en profondeur entre les sites forestiers et sous prairie suit une tendance évidente dans la première couche 0-4 cm, due à la quantité de litière fournie par les végétations prairiale et forestière respectivement. La figure 6.1 le montre, sans qu'elle puisse être considérée comme un résultat statistiquement probant.

Le lien entre le pH ou la teneur en carbonates et la couverture végétale ne peut pas être interprété comme une indépendance directe. D'une part la figure 6.2 pourrait être visuellement interprétée comme une indication du lien entre pH et type de végétation, mais ce lien s'avère être dû au type de sol (luvisol avec végétation forestière). [en contradiction avec § 7.1.3 « on notera que la valeur du pH dépend de la couverture végétale »]

D'autre part, une évaluation visuelle (et non statistique) de la figure 6.4 ne permet pas de postuler directement l'indépendance entre teneur en carbonates et couverture végétale. Une analyse statistique multifactorielle aurait sans doute permis de dégager des corrélations entre les différentes caractéristiques des sols et le type de couverture végétale.

Dans le domaine complexe (multifactoriel) de la pédogenèse, où les liens entre les différentes composantes du système « sol » sont du type feedback, une relation linéaire simple entre deux éléments est rarement réalisée. Cela est d'autant plus hasardeux dans le cas des végétations forestières des chernozems étudiés ici, qui semblent contenir des associations végétales très différentes (par ex. CAR hêtraie et DID chênaie). La formulation au début du § 6.1.4 « comme nous l'avons vu...le taux de C_{org} , le pH_{eau} et la teneur en $CaCO_3$, pris indépendamment les uns de autres, sont en grande partie indépendants du type de couverture végétale » n'est pas justifiée.

Sans que je puisse en juger précisément (par manque de compétences dans ce domaine), cela ne semble pas remettre en cause les librairies spectrales : (1) bipartite spécifique aux chernozems, (2) tripartite (prairie, forêt, culture), (3) des forêts, puisque plus de 95% des échantillons de référence ont été classés correctement.

Le chapitre 7, dans ses derniers sous-chapitres, forme la partie originale et novatrice de ce travail où l'auteure répond en grande partie à la question de recherche initiale : « steppe ou forêt » ! Néanmoins, la discussion des résultats du premier sous-chapitre (§7.1) n'est pas convaincante. On peut relever des contradictions au sein du sous-chapitre et avec le chapitre précédent.

Exemple (tableaux 7.1 et 7.2) :

- *tableaux très difficiles à lire (légende uniquement sur la 1^e page ; pas de différenciation entre les différents sols ; chiffres se répétant ex. pH BUL 12.50 à 32.50 égal à DUB 12.50 à 32.50 = erreur ? ; BAB 2.50 : pH 5.06 mais CaCO₃ 1.24% = ?)*

- *pour de nombreux échantillons, le C_{org} est plus élevé que le carbone total*

Une présentation en blocs séparés, par sol, avec schéma, aurait rendu possible une lisibilité des résultats et un lien plus simple avec le texte. Il est possible que cette présentation ait rendu difficile pour l'auteure l'interprétation des résultats.

Exemple :

- *p. 200 : « dans les paléosols, les teneurs en carbone organique sont dans l'ensemble faibles...elles varient entre 1% au maximum... » en contradiction avec BRK 285 à 315, C_{org} entre 2.06 et 2.77%*

- *p. 202 : « les sols forestiers ...sont nettement plus acide » : comparer BUL avec CT, HUU ou HUUD.*

Les résultats de l'analyse pédoanthracologique (chapitre 8), outre qu'ils démontrent la polyvalence méthodologique de l'auteure du travail, viennent confirmer et préciser les résultats obtenus par la SPIR.

L'étude de la catena chernozem-luvisol de Hrusov (chapitre 9) forme également une partie importante du manuscrit. L'utilisation de diverses méthodes, en particulier la micromorphologie, apporte des preuves convaincantes dans la discussion sur l'évolution de chernozems. On peut regretter que les lames minces ne soient pas mieux légendées (flèches indiquant les éléments pertinents comme les argilanes par exemple). Une présentation schématique des profils, avec la localisation des lames minces, aurait permis une lecture plus aisée de ce chapitre important. Dans la conclusion, le facteur « relief », pourtant évoqué dans le schéma 9.1 n'est pas discuté. En raison de l'importance des résultats obtenus, l'auteure aurait pu présenter ses conclusions de manière plus évidente et plus aboutie en proposant des schémas évolutifs.

DISCUSSION ET CONCLUSION

La discussion finale manque de cohérence entre les différents points abordés, ce qui est dommage au vu du potentiel de ce travail. La conclusion, quant à elle, correspond plus un résumé, et ne répond pas explicitement à la question de recherche initiale. Au contraire, elle introduit un doute majeur (p. 263 « L'analyse SPIR montre que la couverture végétale sur les chernozems pouvait être la steppe ou prairie ouverte, la forêt ou une végétation intermédiaire de type forêt-steppe. Ces résultats [...] renforcent l'idée que les chernozems ne sont que spécifique des milieux steppiques, végétation ouverte à Graminées. [...] Par ailleurs il semble que tous les chernozems qui fonctionnent actuellement sous forêt sont caractérisés par un passé de milieu ouvert. »). Cette partie devrait être revue, car dans son état actuel, elle affaiblit les résultats d'un travail par ailleurs bien mené.

BIBLIOGRAPHIE

Pour le thème spécifique des chernozems, la bibliographie semble assez complète (pour autant que je puisse en juger, n'étant pas spécialiste du domaine). En ce qui concerne les aspects de pédogenèse générale, des facteurs de pédogenèse ou de la matière organique, la bibliographie aurait pu être plus récente et plus développée.

REMARQUES GENERALES

REDACTION

La qualité de la rédaction en français du manuscrit est à relever. A l'exception de la discussion/conclusion (syntaxe prêtant parfois à confusion), le manuscrit est bien écrit, dans un style fluide et facilement compréhensible. Pour cela, l'auteur du manuscrit mérite des félicitations particulières.

TABLEAUX ET FIGURES

Les tableaux de résultats présentés dans le texte sont généralement difficiles à consulter en regard du texte.

La qualité des figures est inégale : (i) une partie est de très bonne qualité (par ex. cartes de répartition des sites ou figure 7.19) ; (ii) les figures représentant les scores de la fonction canonique sont partiellement peu lisibles (par ex. figure 7.10) ; (iii) les représentations de profils, malgré leur qualité esthétique, sont incomplètes. On peut regretter que l'auteur n'ait pas soutenu son texte par des représentations graphiques explicites (évolution des sols) qui lui auraient également permis de préciser son discours, voire d'amener de nouveaux éléments (valeur heuristique des représentations schématiques).

EVALUATION FINALE

Le travail réalisé par Barbora Vyslouzilova démontre son aptitude à mener une recherche pluridisciplinaire et à intégrer des résultats provenant d'analyses sectorielles (développements méthodologiques spécifiques) dans l'optique plus large de l'évolution d'un type de sol. En abordant le chernozem, considéré comme sol modèle simple, elle a au contraire abordé un thème complexe et elle a amené des résultats nouveaux et probants, qui modifient la perception de ce type de sol. Plusieurs parties de ce manuscrit méritent encore une valorisation par des articles dans des revues scientifiques de très bon niveau.

Barbora Vyslouzilova peut, sans restrictions, soutenir son doctorat le 26 septembre 2014.

Dr. Elena Havlicek, chargée d'enseignement de l'Université de Neuchâtel