



Doctoral Thesis

Etude de quelques aspects pédologiques liés aux dépôts acides dans une pessière humide de suisse centrale

Author(s):

Diserens, Etienne

Publication Date:

1992

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000666981> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

ETUDE DE QUELQUES ASPECTS PEDOLOGIQUES
LIES AUX DEPOSITIONS ACIDES
DANS UNE PESSIERE HUMIDE DE SUISSE CENTRALE

THESE

présentée à

l'ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE ZURICH
pour l'obtention du titre de docteur ès sciences naturelles

par

ETIENNE DISERENS

Ing. agr. dipl. EPFZ

né le 22 octobre 1958

de Savigny (VD)

acceptée sur proposition des

Prof. Dr. H. Sticher, rapporteur

Prof. Dr. H. Flüeler, corapporteur

Résumé

Par sa mobilité accrue en milieu acide, par son action toxique sur les organes racinaires, pour son action immobilisante sur le phosphore ou antagoniste sur le calcium, l'aluminium occupe une place centrale parmi les agents perturbateurs du sol d'un écosystème forestier menacé de dépérissement.

Ce travail porte sur les caractéristiques générales du sol de la station d'Alpthal (10km au sud d'Einsiedeln), sur la mobilité du calcium, de l'aluminium et du phosphore dans le sol et sur l'importance des intrants atmosphériques dans les processus d'acidification du sol.

L'abondance des pluies annuelles (>2000mm), une température moyenne peu élevée (5.7°C), un sous-sol compact de flysch, sédiments tertiaires calcaires d'argile schisteux, marneux et de sable, une végétation ligneuse à près de 90% d'épicéas, un relief ondulé sont autant de facteurs concourant à la formation d'un gley en pente peu altéré (absence de gibbsite, goéteite, hématite), contrasté, acide dans sa frange supérieure organo-minérale et calcaire dans sa frange inférieure minérale. Deux types d'humus le caractérisent, un type brut pour les parties saillantes et un type anmoor pour les parties creuses du terrain.

Dans la matrice, le calcium échangeable, peu échangeable ou immobilisé est corrélé positivement avec le pH et les teneurs en carbone organique, inversement, l'aluminium est corrélé négativement avec le pH et le carbone organique, se trouve-t-il sous forme échangeable ou peu échangeable. Pour des pH inférieurs à 5.8, l'échangeabilité de l'aluminium se trouve freinée par la matière organique, celle-ci exerçant un rôle stabilisateur. A l'opposé, le phosphore disponible ou immobile, afflue exclusivement en présence de matière organique (corrélation positive). Pour des pH inférieurs à 4.2, une corrélation négative oppose le phosphore disponible à l'aluminium difficilement échangeable suggérant une adsorption du phosphore disponible à de l'aluminium amorphe ou hydroxylé.

En solution, une corrélation positive lie à nouveau le calcium au pH. A l'état d'équilibre, dans l'eau de rétention, une corrélation négative apparaît entre l'aluminium et le pH. Les teneurs sont influencées par le potentiel hydrique du sol et par l'alternance des saisons. La presque totalité du calcium (99%) en solution se trouve sous forme labile, échangeable. 90% de l'aluminium se trouve sous forme stable alors que 10% environ se présente sous forme labile pouvant renfermer en partie des liaisons complexes avec des acides fulviques solubles.

Les précipitations, les pluviollessivats, l'eau gravitaire d'écoulement, l'eau capillaire ou de rétention avec l'eau du ruisseau font partie intégrante d'un système ouvert dont l'interdépendance est montrée pour les pluviollessivats et l'eau d'écoulement. L'acidification estimée du sol imputée aux arrivées atmosphériques sous forme de protons (dissociation des acides nitrique et sulfurique) et d'ammonium n'excède pas le 4% de l'acidification d'origine naturelle issue à plus de 90% de la dissolution du CO_2 , manifestée par une présence massive de bicarbonate ($23.6 \text{ kmol} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$).

Ni l'aluminium, ni l'impact des intrants atmosphériques dans les processus d'acidification du sol ne peuvent expliquer, à eux-seuls, les signes de dépérissement observés sur le périmètre de la station.

Zusammenfassung

Wegen seiner erhöhten Mobilität unter sauren Bedingungen, seiner Toxizität für die Wurzeln, seines negativen Einflusses auf Phosphatmobilität und Calciumverfügbarkeit kommt dem Aluminium im Zusammenhang mit der Verschlechterung des Waldzustandes eine zentrale Bedeutung zu.

In der vorliegenden Arbeit wurde im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 14+ auf der Dauerbeobachtungsfläche Alptal (10 km S Einsiedeln) neben der Ermittlung und Kartierung der allgemeinen Bodeneigenschaften die Mobilität von Calcium, Aluminium und Phosphor untersucht sowie die Bedeutung der atmosphärischen Immissionen für die Bodenversauerung diskutiert.

Hohe jährliche Niederschläge (> 2000 mm), eine moderate mittlere Jahrestemperatur (5.7°C), ein kompakter Unterboden aus tertiären Flyschsedimenten (Tonschiefer, Tonmergel, Sandsteine), ein welliges Relief am Hang sowie ein Bestand mit über 90% Fichten führten zur Ausbildung eines noch wenig verwitterten, lediglich oberflächlich entkarbonateten Hanggleyes mit zwei unterschiedlichen Humusformen: Rohhumus auf Buckeln, Anmoor in meist hangparallelen Senken.

In der Bodenmatrix ist sowohl das leicht- und schweraustauschbare als auch das immobile Calcium positiv, das Aluminium dagegen negativ mit dem pH und dem Gehalt an organischer Substanz korreliert. Bei tieferen pH-Werten (<5.8) nimmt die Mobilität des Aluminiums mit zunehmendem Gehalt an organischer Substanz ab. Sowohl das leicht- als auch das schwerdesorbierbare Phosphat sind in hohem Masse mit dem Gehalt an organischer Substanz korreliert. Unterhalb pH 4.2 ist das leicht verfügbare Phosphat negativ mit dem Aluminium korreliert. Dies bestätigt die Annahme, dass das verfügbare Phosphat an amorphe Aluminiumhydroxide gebunden ist.

Die Gesamtkonzentration der Bodenlösung wird sowohl durch

den Verlauf der Jahreszeiten als auch durch das Wasserpotential beeinflusst. Wie in der Matrix besteht in der Bodenlösung eine positive Korrelation zwischen Calcium und dem pH-Wert. Sofern die Bodenlösung mit der Matrix ins Gleichgewicht kommt, baut sich eine negative Korrelation zwischen dem gelösten Aluminium und dem pH-Wert auf. Während Calcium zu über 99% in freier Form vorliegt, ist Aluminium zu rund 90% in stabiler Form gebunden. Der labile Al-Anteil (rund 10%) scheint teilweise in Form löslicher Fulvosäurenkomplexe vorzuliegen.

Freilandniederschlag, Bestandesniederschlag, Hangwasser, Haftwasser und Bachwasser sind Komponenten eines offenen Systems, für welches in der vorliegenden Arbeit die Abhängigkeit des Hangwasserchemismus vom Bestandesniederschlag aufgezeigt wurde.

Eine Abschätzung der Bodenversauerung durch die anthropogene atmosphärische Deposition (Ammonium, Schwefel- und Salpetersäure) zeigte, dass diese 4% der durch die Dissoziation von Kohlensäure ($23.6 \text{ kmol} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{Jahr}^{-1}$) generierten Versauerung nicht übersteigt.

Weder die Aluminiumdynamik noch die atmosphärischen Säureinträge können im vorliegenden Fall die Symptome der Waldzustandsverschlechterung erklären.

Summary

Because of its high mobility under acid conditions, its toxicity for the roots, its negative influence on phosphorus mobility and calcium availability, aluminium plays a central role in an ecosystem where forest decline occurs.

The common properties of the soil of the station Alpthal (10 km to the south of Einsiedeln), the mobility of calcium, aluminium and phosphorus in the soil and the importance of the atmospheric inputs on the soil acidification are examined here.

The high level of the yearly rainfall (>2000mm), an average temperature (5.7°C), a compact subsoil of flysch: calciferous sediments of the tertiary which are composed of schisted, marled clays and sand, a vegetation (90% red spruce), and an undulating relief conducted to the formation of a slightly weathered hanging gley (absence of gibbsite, goethite, hematite) which is contrasted: an acid oversoil which abounds in exchangeable calcium and phosphorus and a calciferous subsoil. Two types of humus: raw humus and humus of the anmoor type.

In the soil matrix, all the forms of calcium are positively correlated with the pH and the organic carbon. Inversely, the exchangeable and the non exchangeable aluminium are negatively correlated with the pH and the organic carbon. Inversely, the exchangeable and the non exchangeable aluminium are negatively correlated with the pH and the organic matter. For lower pHs (<5.8), the exchangeability of aluminium declines with an increase in organic matter which plays a stabilizing function. In contrast, the available or non available phosphorus appears exclusively in presence of organic matter. When the pH is lower than 4.2, the negative correlation between the available phosphorus and not easily exchangeable aluminium indicates that the phosphorus is adsorbed on amorph- or hydroxyaluminium.

In the soil solution, a positive correlation appears between the pH and the calcium. At equilibrium in the

retained water, aluminium is negatively correlated with the pH. The concentration of these ions is influenced by the water potential and the seasonal cycling. Nearly all the calcium (99%) in the solution is labile. Only 10% of the aluminium is labile, part of which may also include aluminium bonded to fulvic acids.

The rainfall in open fields, the throughfall, the drainage water, the retained water as well as the streamwater from the brook are components of an open system from which the interdependence between throughfall and drainage water is shown. An estimation of the soil acidification caused by atmospheric deposition reveals that it doesn't exceed 4% of the natural deposition which is mainly due to the dissolution of CO_2 ($23.6 \text{ kmol} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$).

Neither the aluminium nor the atmospheric acid input can explain the symptoms of forest decline in the perimeter studied.