



HAL
open science

Dynamique des cations dans deux écosystèmes forestiers du Plateau lorrain installés sur des sols sensibles à la dégradation physique : approches classique et isotopique

Léa Bedel

► To cite this version:

Léa Bedel. Dynamique des cations dans deux écosystèmes forestiers du Plateau lorrain installés sur des sols sensibles à la dégradation physique : approches classique et isotopique. 2021. <hal-03447543>

HAL Id: hal-03447543

<https://hal.science/hal-03447543v1>

Preprint submitted on 24 Nov 2021

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.



HAL Authorization

DYNAMIQUE DES CATIONS DANS DEUX ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS DU PLATEAU LORRAIN INSTALLÉS SUR DES SOLS SENSIBLES À LA DÉGRADATION PHYSIQUE : APPROCHES CLASSIQUE ET ISOTOPIQUE

LÉA BEDEL

CONTEXTE

Les écosystèmes forestiers sont généralement adaptés à un milieu peu favorable : sols acides, souvent hydromorphes qui nécessitent une utilisation efficace des ressources disponibles pour produire leur biomasse. Ils doivent faire face à des sollicitations de plus en plus fortes, notamment *via* l'intensification de la filière bois énergie, dans un contexte climatique changeant. Celle-ci pourrait entraîner une dégradation à la fois de la fertilité chimique et de la qualité physique des sols à texture fine (limoneuse en particulier), à cause de la mécanisation des opérations sylvicoles (tassement conduisant à l'anoxie et à l'hydromorphie). Ces dégradations, menaçant les futurs peuplements, pourraient être limitées par des cycles biologiques efficaces, en particulier *via* le retour rapide d'éléments nutritifs prélevés en profondeur et restitués à la surface des sols, qui soutiennent la nutrition, diminuent l'acidification, limitent les dégradations de sols sensibles en maintenant une activité biologique intense en surface, stabilisant la structure et augmentant leur vitesse de restauration.

OBJECTIFS

Mon sujet de thèse porte sur l'amélioration de la compréhension de la dynamique d'éléments minéraux majeurs (Ca et Mg) dans deux peuplements forestiers d'une centaine d'années pour comprendre leur fonctionnement, estimer les stocks et leur distribution verticale, ainsi que les flux entrants (dépôts atmosphériques et altération), comparer leurs cycles biogéochimiques et évaluer l'effet de tassement sur les sols.

La première étape vise à mesurer les quantités de Ca et Mg totales et disponibles afin d'évaluer la fertilité chimique de ces sols : pourquoi, malgré des réserves importantes, le sol est acide et pauvre en Ca et Mg disponibles en surface ?

La deuxième étape vise à identifier les sources et tracer la dynamique des nutriments de l'écosystème, *via* la mesure des isotopes naturels et stables : le strontium (Sr), élément trace considéré comme un analogue du Ca et présent dans tous les compartiments de l'écosystème a été utilisé initialement, Ca et Mg le seront dans un second temps : quelles sont les sources réelles d'éléments disponibles dans le sol pour la végétation ?

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Sites d'étude

Deux sites expérimentaux dédiés au suivi à long terme des effets du tassement des sols ont été installés sur des sols à texture fine, particulièrement sensibles à la dégradation physique du Plateau lorrain, à Azerailles (Meurthe-et-Moselle) et à Clermont-en-Argonne (Meuse). Les sols sont relativement analogues au plan physique (sols à deux couches, limoneux sur 50 cm d'épaisseur puis très argileux) mais présentent des différences géochimiques (quantité et nature des argiles, pH et chimie).

Ces sites font l'objet d'un suivi continu depuis 2007 et 2008, pour les méso- et pédo-climats, le sol (solides, solutions et gaz) et la végétation (spontanée et plantations de Chênes sessiles) (Ranger *et al.*, 2012).

Approche isotopique

Dans un écosystème, le Sr provient de deux sources : les dépôts atmosphériques de particules transportées à plus ou moins longue distance par les vents, et l'altération des minéraux primaires du sol. Ces sources ayant des signatures isotopiques (rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) distinctes et les processus physicochimiques et biologiques ne fractionnant pas les isotopes du Sr (la masse atomique du Sr est élevée et la différence de masse entre isotopes est relativement faible), le strontium est donc un bon traceur de source. Le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ d'un sol provient du mélange des signatures $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de deux sources externes : l'altération des minéraux, et les apports par les précipitations qui permettent en général la création d'un gradient isotopique dans le profil. Le rapport isotopique dans l'arbre donne ainsi accès à la proportion des différentes origines prélevées et à la profondeur moyenne à laquelle l'arbre prélève cet élément dans le sol.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Fertilité chimique du sol

Selon Bonneau (1995), la fertilité chimique actuelle d'un sol peut être déterminée à partir des stocks de Ca et Mg échangeables sur le profil de sol (tableau I, p. 581). Dans notre étude, le calcul des stocks sur 1 m d'épaisseur place ces sols comme possédant une très bonne fertilité chimique. Cependant, leur hétérogénéité verticale montre que leur pH et leurs concentrations en cations échangeables sont faibles en surface et importants en profondeur.

L'approche choisie pour comprendre pourquoi, malgré des réserves importantes dans les horizons profonds, le sol de surface est acide et pauvre en Ca et Mg disponibles, est d'utiliser des isotopes naturels et stables pour connaître leur origine (Sr comme traceur de source) et leur dynamique (Ca et Mg pour identifier la dynamique à partir des fractionnements lors de diverses réactions – résultats non présentés ici).

Isotopes du Sr comme traceurs de source des cations

Le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de la pluie reste globalement constant, influencé par le rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de l'océan et proche de 0,71.

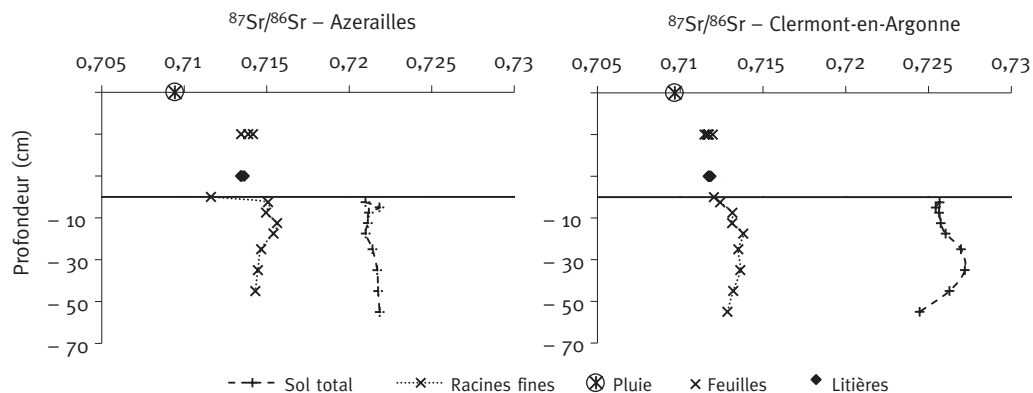
Les sols à Azerailles ont une signature proche de 0,720 qui varie peu avec la profondeur, alors qu'à Clermont-en-Argonne elle est proche de 0,725 et augmente vers 30 cm de profondeur. L'altération étant une source difficile à appréhender, nous étudions le sol total qui représente le potentiel de flux d'éléments issu de l'altération des minéraux du sol.

Les signatures isotopiques des feuilles et des litières sont très proches pour les deux sites (figure 1, ci-dessous).

TABEAU I Fertilité chimique et stocks de Ca et Mg échangeables
(Source : Bonneau, 1995)

	Fertilité chimique en fonction des stocks de Ca et Mg échangeables (kg/ha)				Informations
	Très faible	Faible	Moyenne	Bonne à très bonne	
Ca	< 450	450-650	650-1 800	> 1 800	Sur profil homogène entier
Mg	< 140	140-200	200-350	> 350	
Azerailles					
Ca		300-1 300		4 500-10 200	0-45 cm (limons) 45-110 cm (argiles)
Mg	79-950				0-45 cm (limons) 45-110 cm (argiles)
Clermont-en-Argonne					
Ca	200-400			4 800-10 100	0-45 cm (limons) 45-110 cm (argiles)
Mg	70-150				0-45 cm (limons) 45-110 cm (argiles)

FIGURE 1 RAPPORTS $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ DE LA VÉGÉTATION (RACINES FINES, FEUILLES ET LITIÈRES), DES PRÉCIPITATIONS ET DU SOL TOTAL À AZERAILLES (à gauche) ET À CLERMONT-EN-ARGONNE (à droite)



Les racines fines étudiées (< 1 mm), dont le rapport isotopique est supposé refléter celui du Sr échangeable du sol (Poszwa, 2000), ont des signatures proches de celle de la pluie à Clermont-en-Argonne et d'un mélange homogène pluie/altération à Azerailles.

Les résultats suggèrent que les sols et donc les arbres ne sont pas alimentés en cations par la ou les même(s) source(s) : à Azerailles, ils le seraient par un mélange provenant des apports atmosphériques et des minéraux du sol, alors qu'à Clermont-en-Argonne, la source atmosphérique serait très majoritaire.

CONCLUSIONS

En dépit de stocks de Ca et Mg importants sur le profil de sol complet, une faible part est disponible pour la végétation dans les horizons de surface où se trouve la majorité des racines. La comparaison des rapports isotopiques $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ dans les pluies, les sols et les arbres permet de faire une première estimation de la contribution des sources de Sr, et donc par analogie de Ca, à l'alimentation des arbres. Ces sources sont différentes sur les deux sites et mettent en avant un cycle biologique qui ne concerne que les horizons de surface du sol et ne fait pas intervenir d'éléments issus de l'altération des minéraux à Clermont-en-Argonne contrairement à Azerailles. Cependant, les résultats ne permettent pas de déterminer définitivement la profondeur de prélèvement de nutriments par les arbres sur chaque site, le profil $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ des racines ne conduisant pas à un gradient altération/pluie suffisamment discriminant.

Compte tenu des limites de l'approche par analogie, le diagnostic sera affiné par une approche similaire utilisant directement le calcium et le magnésium, dont les techniques d'identification des isotopes sont cependant nettement plus complexes.

Léa BEDEL

INRA Centre de Nancy-Lorraine
UR 1138 Biogéochimie des écosystèmes forestiers
F-54280 CHAMPENOUX
(bedel.lea@gmail.com)

Encadrants :

Anne POSZWA — LIEC UMR 7360 — CNRS-Université de Lorraine, Faculté des Sciences — Boulevard des Aiguillettes — BP 70239 — F-54500 VANDŒUVRE-LÈS-NANCY (anne.poszwa@univ-lorraine.fr).

Jacques RANGER — INRA Centre de Nancy-Lorraine — UR 1138 Biogéochimie des écosystèmes forestiers — F-54280 CHAMPENOUX (ranger@nancy.inra.fr).

BIBLIOGRAPHIE

BONNEAU (M). — Fertilisation des forêts dans les pays tempérés. — Nancy : ENGREF, 1995. — 376 p.

POSZWA (A). — Utilisation des isotopes du strontium pour évaluer la dynamique des éléments minéraux dans des écosystèmes forestiers sous climat boréal, tempéré et tropical. — Nancy : Université Henri Poincaré, 2000. — 240 p.

DYNAMIQUE DES CATIONS DANS DEUX ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS DU PLATEAU LORRAIN INSTALLÉS SUR DES SOLS SENSIBLES À LA DÉGRADATION PHYSIQUE : APPROCHES CLASSIQUE ET ISOTOPIQUE (Résumé)

Les écosystèmes forestiers sont généralement adaptés à un milieu peu favorable qui nécessite une utilisation efficiente des ressources disponibles en éléments nutritifs. Quelle est l'origine de ces ressources ? Quelle est la part venant des dépôts atmosphériques et celle venant de l'altération des minéraux du sol ? Les isotopes du Sr (traceur de source) indiquent qu'elles proviennent, pour le site d'Azerailles d'un mélange de ces deux sources et pour celui de Clermont-en-Argonne, majoritairement des dépôts atmosphériques.

THE DYNAMICS OF CATIONS IN TWO FOREST ECOSYSTEMS LOCATED ON THE LORRAINE PLATEAU ON SOILS SUSCEPTIBLE TO PHYSICAL DEGRADATION – CONVENTIONAL AND ISOTOPIC APPROACHES (Abstract)

Forest ecosystems are generally adapted to adverse environments requiring efficient use of available nutrient resources. Where do these resources come from? What are the respective shares coming from atmospheric deposition and from soil mineral weathering? The use of Sr isotopes as source-tracers indicates that the nutrients originate from a mixture of both these two sources in the Azerailles site (richer soil) but mostly from atmospheric deposition in the Clermont-en-Argonne site (poorer soil).
