

Impact des anciennes formes d'utilisation sur les sols forestiers dans les Vosges et en Forêt Noire

Katrin BÜRGER

Institut für Physische Geographie - Werderring 4 - D-79085 Freiburg
katrin.buerger@geographie.uni-freiburg.de

Résumé

L'ancienne utilisation des écosystèmes forestiers a modifié les propriétés des sols et peut se manifester encore plus de cent ans après cette utilisation. Dans le passé les forêts ont été déboisées pour être converties en surfaces agricoles (pâturages, prés, champs). Le projet de recherche démontre que l'état des sols forestiers se distingue encore aujourd'hui à cause de cette ancienne utilisation ; comme le prouvent les résultats du rapport C/N, de la saturation des bases et de $\delta^{15}\text{N}$. Il montre clairement que l'ancien usage a encore des conséquences sur le cycle des sols forestiers. L'historique de l'utilisation de terre mérite plus d'attention dans le cadre de recherches écologiques et pour la compréhension des processus biochimiques et la dynamique des forêts. L'histoire de l'occupation des sols doit être traitée comme un aspect fondamental des études écologiques et une composante critique pour un développement forestier durable.

Abstract

Past land use in forest ecosystems can change the properties of soils and be reflected more than a hundred years after usage. In the past, forests are cleared to produce arable land (pasture, meadow, cropland). The study already shows that the present condition of forest soils differs according to previous land use; be confirmed by the results of C/N, exchangeable bases and $\delta^{15}\text{N}$. The widespread and long-lasting impact of human activity on natural ecosystems indicates that land use history must be treated as an integral aspect of ecological study and a critical component of conservation planning for a better understanding of biogeochemical processes and the dynamics of forest landscapes.

1. - Contexte et objectif de l'étude

Les forêts actuelles sont le produit des nombreuses actions anthropiques du passé. A la fin du Moyen Age, les forêts des moyennes montagnes européennes étaient fortement défrichées et utilisées en partie comme champs, pâturages ou prés. De la fin du XVIII^e au début du XIX^e siècle la dégradation des forêts a pris des proportions de plus en plus grandes. L'histoire de l'utilisation des sols des Vosges et de la Forêt Noire se ressemble fortement. Leurs forêts et leurs sols forestiers étaient soumis à de forts changements suite aux défrichements et à la transformation des sites en terrains agricoles. Au cours du XIX^e siècle la pression sur les forêts s'est atténuée et le reboisement a été amorcé surtout sous forme de plantations d'épicéas. L'impact de l'ancienne utilisation sur l'état actuel des écosystèmes forestiers se manifeste entre autre par des changements des conditions édaphiques. Une comparaison des sites boisés comportant des forêts secondaires (utilisées pour d'autres vocations par le passé)

avec des sites forestiers d'origine, met en évidence ce changement. Les effets de l'utilisation agricole sur l'écologie des forêts actuelles n'ont été que rarement étudiés. Depuis le siècle dernier les écologues de plusieurs pays européens découvrent l'importance des activités anthropiques du passé sur l'écologie forestière et les sols forestiers. L'impact persistant et très répandu ainsi que l'effet des anciens modes d'utilisation du sol sur les écosystèmes forestiers montrent que l'histoire de l'occupation des sols doit être traitée comme un aspect fondamental des études écologiques et une composante critique pour un développement forestier durable. La persistance des différences entre les sites résultant d'utilisations diverses, ayant perduré encore plusieurs siècles après l'abandon de l'agriculture et le reboisement, doivent retenir l'attention des sylviculteurs. Le projet de recherche mis en place dans le cadre du Graduiertenkolleg «Gegenwartsbezogene Landschaftsgenese » (DFG) associe des informations écologiques et historiques pour développer de nouveaux

moyens pour l'interprétation de l'état des sites forestiers et pour la sylviculture. L'objectif de l'étude est d'appréhender l'impact du passé agricole qui est à l'origine des modifications profondes sur la fertilité des nouveaux sols redevenus forestiers. Cette approche se base sur des recherches comparatives sur plusieurs parcelles dans les Vosges et en Forêt Noire.

2. - Choix des sites et méthodes

Pour cette étude, des prélèvements ont été effectués sur 31 parcelles réparties sur cinq sites ayant fait l'objet d'utilisations agricoles différentes et reboisés à ce jour. Les sites de « la forêt de protection Flüh », de « la forêt de protection Im Zweribach », de Blasiwald et de Menzenschwand se situent dans le sud de la Forêt Noire (fig.1). La forêt du Miellin au sud des Vosges fait déjà l'objet de recherches dans le cadre du projet « Héritage bioculturel forestier », un programme européen Life-Environnement sous la direction de l'ONF - Division Lure. Des analyses comparatives de l'écosystème, particulièrement des relevés floristiques et édaphiques, sont effectuées en étroite coopération avec ce projet « Life ».

La géologie de tous les sites est d'origine cristalline, ce qui garanti une certaine homogénéité des conditions géologiques et édaphiques. Ces sites comportent surtout des sols bruns avec l'humus mull-moder (Ah-Bv-C) sous des peuplements de hêtres, sapins et épicéas.

Pour chaque site on a procédé à une recherche historique en analysant des cartes et des cadastres anciens ainsi que d'autres documents. Cette recherche permet de mettre en évidence les données concernant les anciennes pratiques agricoles datant d'une période de 100 à 160 ans. Quatre catégories d'anciennes pratiques ont ainsi été retenues : les forêts anciennes (servant de référence), les pâturages, les prés, les champs. Pour chaque site, plusieurs parcelles ont été sélectionnées en fonction de leur utilisation agricole différente.

D'autres indices témoignant d'utilisations anciennes telles des terrasses, des murets ou des horizons d'incendie contribuent également à documenter d'anciens usages du sol (fig.2).

Sur chacune des parcelles, au moins deux fosses pédologiques ont été creusées. À l'aide de ces profils pédologiques on a décrit les paramètres physiques de sol (par exemple la texture, la couleur). Par ailleurs on a prélevé des échantillons au sein de chaque horizon. En plus, des descriptions des conditions édaphiques ont été effectuées à l'aide d'une tarière pour assurer une bonne représentativité des résultats. Enfin, sur chacune des parcelles on a collecté plusieurs échantillons de l'horizon superficiel du sol.

Les matériaux édaphiques ont été séchés et tamisés à <2mm. Ils ont été analysés par des méthodes pédologiques standard pour comprendre l'impact des anciennes utilisations agricoles sur les paramètres du sol. Ces

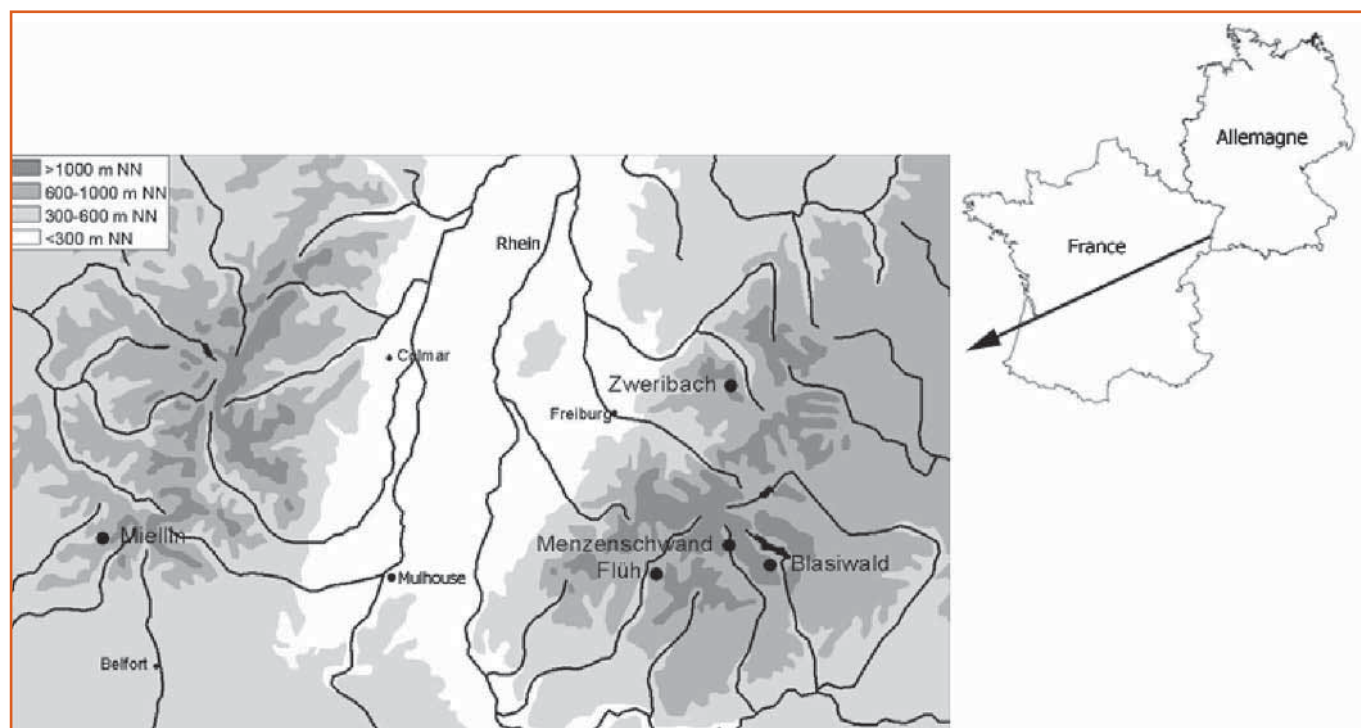


Figure 1 : Les sites de recherche

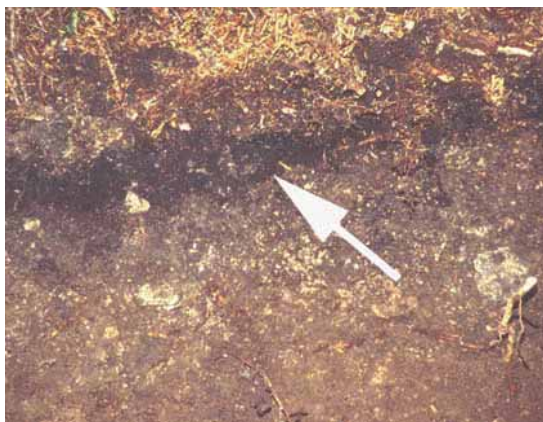


Figure 2 : Un horizon d'incendie sous pâturage ancien (Zweribach) et des anciennes terrasses de champ (Miellin)

méthodes comportaient les analyses physiques et chimiques suivantes : le pH, la saturation en bases, le teneur en azote, la teneur en carbone, le rapport carbone sur azote (C/N), le teneur en $\delta^{15}\text{N}$.

3. - Résultats et discussion

Les résultats des analyses de sol démontrent que les anciennes utilisations agricoles ont modifié l'état actuel des sols forestiers. Les différences des sols en fonction des anciennes pratiques se manifestent surtout au niveau des horizons superficiels. Les analyses ont mis en évidence l'augmentation en éléments nutritifs selon l'ordre suivant : forêts anciennes - pâturages anciens - anciens prés - anciens champs.

Morphologiquement, les sols forestiers ont subi des modifications résultant de l'utilisation ancienne. Les différences nettes entre les profils permettent généralement de déterminer s'il s'agit d'un ancien sol cultural ou d'un sol de forêt ancienne. Pour les anciennes terres agricoles le premier horizon (appelé Ap) est plus épais et sa limite le séparant de l'horizon B est nette (fig.3). Le labour a homogénéisé le sol jusqu'à 15-30 cm de profondeur. La matière organique transférée en profondeur s'est mélangée avec le sol minéral. Dans les forêts anciennes, le premier horizon (appelé Ah) est moins épais (3-12 cm), sa limite est ondulée et diffuse.

Les analyses chimiques démontrent des différences nettes des propriétés et de la fertilité des sols forestiers. Ces différences peuvent être expliquées par un transfert des substances nutritives entre les systèmes agricoles. Le transfert a été effectué par le prélèvement de la biomasse (la litière, les déjections animales) opéré surtout entre les pâturages ou bien les forêts et les champs. Les prés et les champs ont été enrichis avec du fumier ou par l'irrigation des prés.

Le rapport carbone sur azote (C/N) est un indicateur pour l'activité biologique au sol et de la vitesse de la décompo-

sition potentielle du stock de matière organique. Une augmentation de la teneur en azote accentue l'intensité de la décomposition. Un rapport C/N entre 10 et 20 indique une activité biologique favorable. La figure 4 montre que le rapport C/N dans le premier horizon diminue à cause de l'intensité de l'utilisation du sol. Les sites enrichis avec des substances nutritives, tels sur les anciens prés et les anciens champs, se distinguent par des rapports C/N plus favorables que les forêts anciennes et les pâturages anciens. Les parcelles anciennement utilisées comme forêt ou comme pâturage affichent des rapports C/N entre 15 et 20. En revanche, les utilisations agricoles comme prés ou champs se traduisent par des rapports C/N entre 11 et 15, soit inférieures aux valeurs des forêts anciennes et des pâturages anciens ce qui résulte de leur teneur en carbone organique plus faible.

Les forêts produisent plus de la litière décomposable et la surface du sol n'est pas sous labour. La teneur en carbone plus élevée sous les pâturages provient de la décomposition du latic des racines. En plus, la collecte du fumier des pâturages s'est traduite par des pertes en azote. C'est pourquoi le rapport C/N ne diffère guère de la teneur relevée sous les forêts anciennes. Le rapport C/N sous les champs et les prés est plus étroit à cause de la teneur en carbone plus faible comparativement à la teneur en azote plus élevée (résultant d'engrais) qui améliore la décomposition de la matière organique. Le meilleur ensoleillement et l'aération des sols sous les champs accélèrent aussi la décomposition. Koerner (1999) a aussi observé que les rapports C/N varient en fonction des anciennes utilisations du sol.

La saturation en bases représente la part au pourcentage de la somme des cations basiques échangeables calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), sodium (Na^+) et potassium (K^+) par rapport à la capacité d'échange cationique. La saturation en bases des parcelles sous d'anciens prés ou d'anciens champs a une teneur plus élevée que les parcelles des forêts anciennes ou pâtu-



Figure 3 : Sol brun avec horizon agricole (Ap) sous ancien champ et sol brun sous forêt ancienne (Blasiwald)

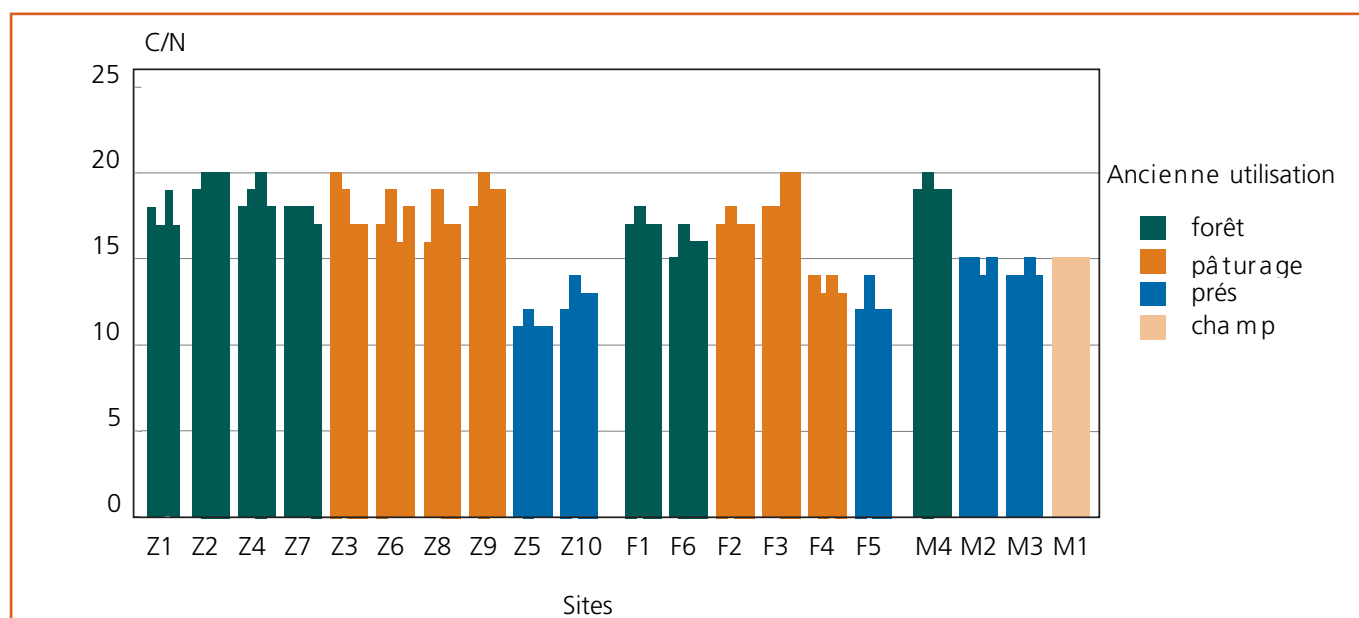


Figure 4 : Rapport C/N pour trois échantillons isolés et un échantillon mélangé du premier horizon (F=Flüh, M=Miellin, Z=Zweribach)

rages anciens (fig.5). Le prélèvement de la biomasse dans les forêts et pâturages contribue à l'appauvrissement, tandis que les prés et les champs sont enrichis par l'approvisionnement d'engrais. Les forêts actuelles utilisées autrefois comme pâturages ont une saturation en bases plus basse à cause du déversement de la biomasse. Les champs et les prés ont absorbé surtout du K^+ introduit sous forme de fumier et du Ca^{2+} et du Mg^{2+} émanant des engrais minéraux (fig.6). En France et en Belgique l'effet perdurant de l'utilisation historique des forêts a aussi été observé (Goovearts *et al.*,

1990; Koerner *et al.*, 1999). Aujourd'hui, plusieurs siècles après la mise en culture on peut trouver une saturation en bases plus élevée et des rapports C/N plus faibles à la surface des sols forestiers.

Le rapport entre les isotopes d'azote ^{15}N et ^{14}N (exprimé comme $\delta^{15}N$) est utilisé pour retracer les anciennes pratiques agricoles en forêt. Une augmentation de la teneur en $\delta^{15}N$ peut être observée sous les parcelles anciennement cultivées par rapport aux anciennes forêts. Le $\delta^{15}N$ des sols forestiers décroît selon l'ordre suivant : forêts anciennes < pâturages anciens < anciens champs

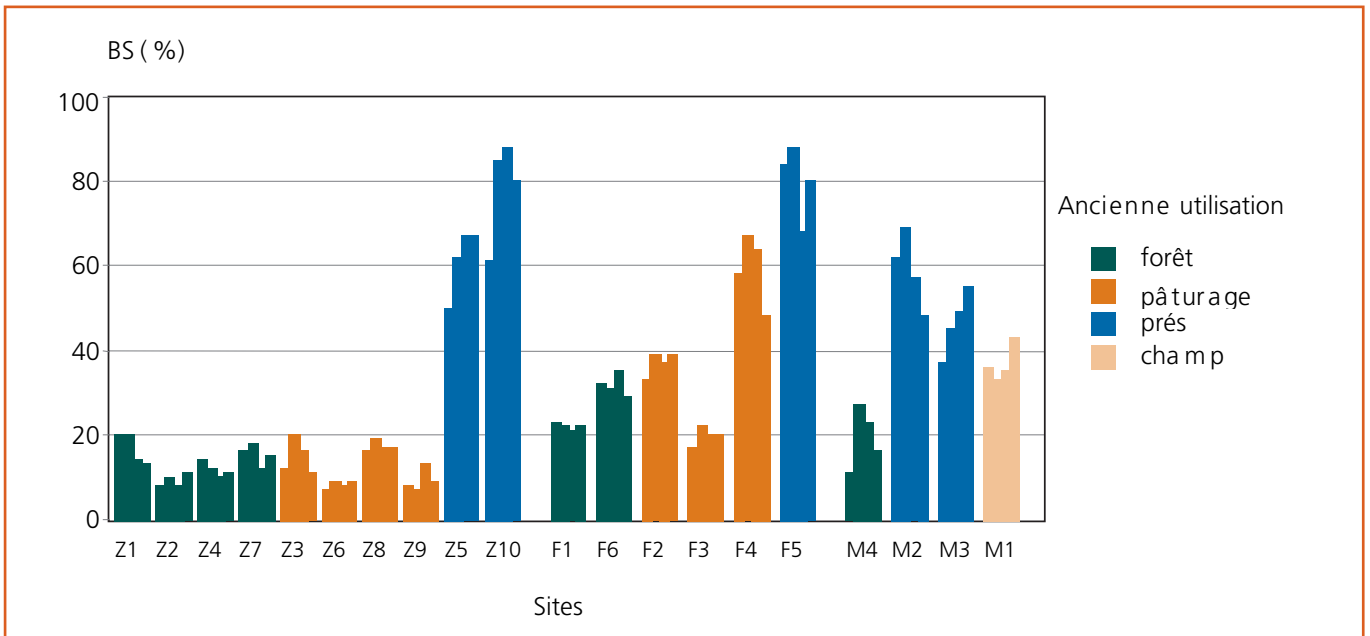


Figure 5 : La saturation en bases pour trois échantillons isolés et un échantillon mélangé du premier horizon (F=Flüh, M=Miellin, Z=Zweribach)

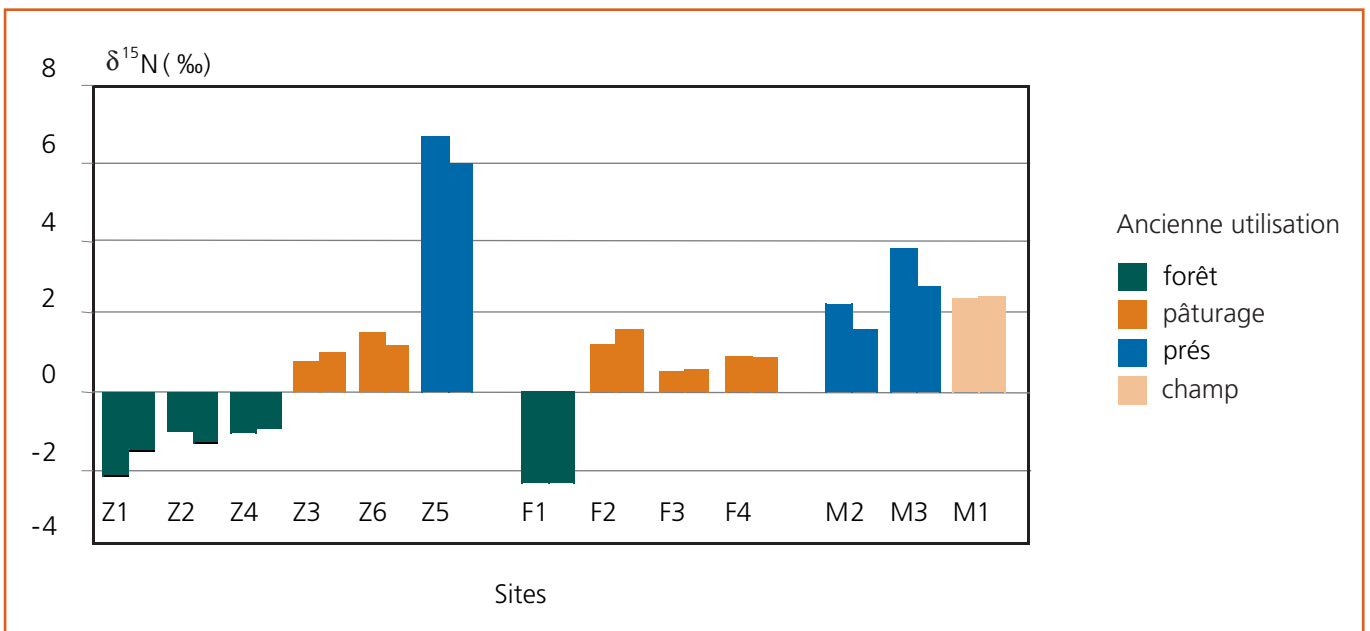


Figure 6 : Le δ¹⁵N pour trois échantillons isolés et un échantillon mélangé du premier horizon (F=Flüh, M=Miellin, Z=Zweribach)

< anciens prés (fig. 6).

Pour les sols qui seront encore cultivés actuellement le δ¹⁵N est un bon marqueur pour retracer l'utilisation historique des forêts. Les teneurs en δ¹⁵N des sols minéraux reflètent les anciens modes d'utilisation des sols. Ils sont plus élevés sous des sols forestiers cultivés autrefois par rapport aux sols des forêts anciennes. L'augmentation des isotopes d'azote est corrélée avec l'intensité de l'ancienne utilisation agricoles (champs, prés). Les teneurs en δ¹⁵N plus faibles sous les forêts anciennes sont corrélées avec

les pertes modestes de l'azote dans les écosystèmes forestiers. A l'opposé, sous les forêts ayant été cultivées par le passé, l'absorption de l'azote par la nitrification, la dénitrification ou la volatilisation d'ammonium sont responsables de l'enrichissement en δ¹⁵N dans le substrat et par conséquent pour les teneurs en δ¹⁵N plus élevées (Johannisson et Hoegberg, 1994).

Les teneurs en δ¹⁵N plus élevées résultent aussi de l'ancien input du fumier enrichi en ¹⁵N ainsi que des processus de

la nitrification, lesquels conduisent à l'exportation de l'azote appauvri en ^{15}N sur les terrains amendés autrefois. La perte d'azote est corrélée avec l'enrichissement en ^{15}N (Hoegberg et Johannisson, 1993). L'addition d'urée comme c'est le cas dans les pâturages s'accompagne de la volatilisation d'ammonium et de la nitrification. Huettl et Schaaf (1995) constatent qu'après le défrichement on assiste à une perte d'azote très élevée par lessivage du nitrate qui induit une augmentation des teneurs en $\delta^{15}\text{N}$. $\delta^{15}\text{N}$ n'est pas un paramètre de la fertilité du sol mais pourrait servir comme traceur d'un apport d'azote et de l'intensité des processus chimiques et microbiologiques. La constance des teneurs d'azote restant élevées encore plusieurs siècles après le reboisement, observée en forêts cultivées autrefois par rapport aux forêts anciennes, démontre l'impact persistant de l'utilisation agricole historique sur le cycle d'azote des sols forestiers. Les différences des sites peuvent être interprétées en relation avec le transfert des substances nutritives des forêts et des pâturages sur les prés et les champs.

4. - Conclusion

L'étude montre que l'état actuel des écosystèmes forestiers - les sols en particulier - diffère en fonction des anciennes pratiques agricoles. Les analyses des sols mettent en évidence un gradient de fertilité selon l'ordre suivant : forêts anciennes < pâturages anciens < anciens champs < anciens prés. Ces différences peuvent être expliquées par un transfert de fertilité, qui a été effectué par le prélèvement de la biomasse (les récoltes) et les déjections animales et ayant lieu entre les forêts ou les pâturages et les champs ou les prés. Les résultats présentés ci-dessus mettent en évidence l'impact des anciennes formes d'utilisation sur les sols des écosystèmes forestiers. Les différences entre les sites et les impacts sur le cycle des sols forestiers sont clairement visibles plusieurs décennies après l'abandon de l'agriculture et le reboisement. Les recherches écologiques des forêts doivent toujours prendre en compte l'histoire de l'ancienne utilisation du sol. Les traitements sylvicoles pourraient également profiter de la connaissance de l'histoire ancienne des parcelles.

Bibliographie

GOOVAERTS P., FRANKART R., GÉRARD G., 1990, Effet de la succession de différentes affectations sur les propriétés chimiques de pédons en Fagne de Chimay (Belgique), *Pédologie*, 40, p.179-194.

HOEGBERG P., JOHANNISSON C., 1993, ^{15}N abundance of forests is correlated with losses of nitrogen, *Plant and*

soil, 157, p.147-150.

HUETTL R.F., SCHAAF W., 1995, Nutrient supply of forest soils in relation to management and site history, *Plant and soil*, 168-169, p.31-41.

JOHANNISSON C., HOEGBERG P., 1994, ^{15}N abundance of soils and plants along an experimentally induced forest nitrogen supply gradient, *Oecologia*, 97, p.322-325.

KOERNER W., BENOÎT M., DUPOUEY E., DAMBRINE E., 1999, $\delta^{15}\text{N}$ of forest soil and understorey vegetation reflect the former agricultural land use, *Oecologia*, 12, p.1421-425.

KOERNER W., BENOÎT M., DAMBRINE E., DUPOUEY J.-L., 1999, Influence des anciennes pratiques agricoles sur la végétation et les sols des forêts reboisées dans le massif vosgien, *Revue forestière française*, 1999, p. 231-238.

RIGA A., VAN PRAAG H.J., BRIGODE N., 1971, Rapport isotopique naturel de l'azote dans quelques sols forestiers et agricoles de Belgique soumis à divers traitements culturaux, *Geoderma*, 6, p.213-222.