

# PRÉVENIR L'ACIDIFICATION DES SOLS FORESTIERS : LES RISQUES LIÉS À L'EXPLOITATION DE BOIS-ÉNERGIE

MANUEL NICOLAS

Les amendements calcaires sont un moyen de lutte préventive ou de “remédiation” à l’acidification des sols. Cependant les gestionnaires forestiers peuvent également réduire la contrainte d’acidification qui pèse sur les sols en modulant l’intensité des exploitations. L’exploitation forestière induit en effet l’exportation en dehors de l’écosystème d’une quantité de cations alcalins variable suivant la nature et le volume des produits récoltés. L’exploitation à des fins énergétiques des cimes et petites branches habituellement laissées sur coupe (rémanents) peut notamment multiplier par 2 ou 3 l’exportation d’éléments nutritifs pour un faible gain en biomasse récoltée. La prévention de l’acidification des sols par les forestiers passe donc en premier lieu par l’adaptation des prélèvements aux ressources édaphiques.

## ACIDIFICATION ET APPAUVRISSEMENT DES SOLS FORESTIERS

La capacité d’échange cationique du sol (son réservoir en éléments échangeables) contient pour partie des cations nutritifs alcalins ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) et pour une autre des cations acides ( $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ). L’acidification se traduit par une augmentation de la teneur en cations acides au détriment des cations nutritifs (appauvrissement). Il ne s’agit donc pas simplement d’une diminution du pH du sol mais également d’une diminution de son taux de saturation en cations alcalins et de sa capacité à neutraliser l’acidité. Ce phénomène peut résulter soit d’un apport au sol d’acidité, soit d’une perte d’alcalinité, soit d’une conjugaison des deux.

En contexte forestier, l’acidification des sols est principalement causée par des retombées atmosphériques acides — et la lixiviation qui s’ensuit (voir ci-dessous) — et par l’exportation d’éléments nutritifs due à l’exploitation.

## ACIDIFICATION PAR LES DÉPÔTS ATMOSPHÉRIQUES DE SOUFRE ET D’AZOTE

La pollution de l’atmosphère par des composés azotés et soufrés a été à l’origine de l’épisode des pluies acides qui a marqué l’Europe au début des années 1980 (Landmann et Bonneau, 1995). Bien que les dépérissements forestiers connus à cette époque n’aient vraisemblablement pas résulté que de cet épisode, il est certain que les retombées atmosphériques de soufre et d’azote se sont accompagnées d’un apport important de protons ( $\text{H}^+$ ). En outre, le drainage d’ions sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) qui s’en est suivi a accéléré la perte de cations nutritifs du sol par lixiviation. Ces pertes se poursuivent d’ailleurs dans certains sols où le soufre accumulé n’est drainé que progressivement (Nicolas *et al.*, 2008).

Depuis, les dépôts atmosphériques de soufre et d'azote ont fortement chuté du fait des politiques volontaristes de diminution des émissions industrielles durant les années 1980 (Ulrich *et al.*, 2007). Leur niveau demeure cependant assez élevé, notamment pour l'azote, faisant peser encore aujourd'hui une contrainte d'acidification notable vis-à-vis des sols forestiers. Cela dit, les gestionnaires forestiers ne peuvent guère limiter les dépôts acides, sinon en favorisant les essences caducifoliées qui captent moins de dépôts secs et occultes que les essences à feuillage persistant (Cecchini *et al.*, 2007).

## **ACIDIFICATION PAR L'EXPLOITATION FORESTIÈRE**

L'exploitation forestière induit également une contrainte d'acidification par exportation d'éléments nutritifs. En effet, les cations alcalins prélevés par les racines, et qui servent au fonctionnement et à la constitution des tissus végétaux, retournent ensuite au sol principalement par la chute puis la minéralisation des litières. Le recyclage des matières organiques mortes permet à l'écosystème forestier de vivre sur une réserve limitée d'éléments nutritifs malgré les besoins importants des arbres. En perturbant ce cycle, le prélèvement de biomasse entraîne une perte d'alcalinité du sol, plus ou moins importante suivant la quantité et la nature des produits récoltés (Nicolas *et al.*, 2007).

Actuellement, le développement rapide de la demande de bois-énergie pousse à intensifier l'exploitation forestière et à s'intéresser aux stocks de biomasse jusqu'ici non récoltés tels que les cimes et petites branches habituellement laissées sur coupe (rémanents). Cependant ces menus bois, et plus encore les feuillages, concentrent une grande quantité d'éléments nutritifs dans une biomasse très réduite. Considérant par exemple la biomasse et la minéralomasse d'un peuplement de Douglas de 20 ans, Ranger *et al.* (1995) constatent que le prélèvement des branches (sans les feuilles) en plus des troncs en première éclaircie peut certes permettre de récolter 25 % de biomasse supplémentaire mais en induisant une exportation de calcium accrue de près de 200 %. En outre les feuilles et petites branches se décomposent bien plus vite au sol que les troncs, leur exportation implique aussi un ralentissement du recyclage des éléments nutritifs au sein de l'écosystème. Il est donc important que le forestier raisonne l'opportunité et la fréquence de l'exploitation des branches en fonction de la sensibilité des sols à l'acidification.

## **DIAGNOSTIC DE SENSIBILITÉ DES SOLS À L'ACIDIFICATION ET RECOMMANDATIONS DE GESTION**

La sensibilité des sols à l'acidification est très variable. Elle dépend essentiellement de l'apport d'éléments alcalins et du pouvoir tampon liés au potentiel d'altération des minéraux du sol (Party, 1999).

Ainsi les sols développés sur des matériaux riches et altérables (calcaires, marnes, basaltes, gneiss et granites alcalins...) peuvent supporter d'importants dépôts atmosphériques acides ou bien une exploitation intensive de bois.

En revanche, les sols formés sur des matériaux pauvres ou peu altérables (sables, grès, altérites anciennes...) sont très sensibles aux contraintes d'appauvrissement et d'acidification. Dans ce cas, la fertilité chimique du sol dépend presque exclusivement du recyclage des matières organiques et peut être fortement menacée par des prélèvements de biomasse trop intensifs ou trop fréquents.

Le guide *La récolte raisonnée des rémanents en forêts* (Cacot et al., 2006), édité par l'ADEME, fournit une clé de diagnostic simple de la sensibilité des sols à l'acidification, utilisable sur le terrain par tout gestionnaire ou propriétaire forestier. Des recommandations sont données, suivant le niveau de sensibilité diagnostiqué, en termes de fréquence possible d'exploitation de rémanents voire de fertilisation compensatoire. Dans tous les cas, il est conseillé d'éviter l'exportation des feuillages en dehors des parterres de coupe.

Par ailleurs, le forestier doit prendre en compte le fait que l'exploitation des cimes et petites branches peut avoir d'autres conséquences sur la biodiversité, par la réduction de l'apport de matières organiques fraîches et la modification du microclimat à la surface du sol. Cette exploitation entraîne également un risque accru de tassement et d'érosion des sols, en impliquant des passages d'engins plus fréquents ou plus lourds et du fait que les rémanents exploités pour leur biomasse ne peuvent être utilisés pour protéger les cloisonnements des dégradations physiques.

Manuel NICOLAS  
 Département Recherche  
 OFFICE NATIONAL DES FORÊTS  
 Boulevard de Constance  
 F-77300 FONTAINEBLEAU  
 (manuel.nicolas@onf.fr)

## BIBLIOGRAPHIE

- CACOT (E.) (Coord.), EISNER (N.), CHARNET (F.), LEON (P.), RANTIER (C.), RANGER (J.). — Pour la récolte raisonnée des rémanents en forêt. — ADEME Éditions, 2006. — 36 p.
- CECCHINI (S.), ULRICH (E.), BARRAY (N.). — Comparaison des dépôts atmosphériques en soufre sous pinède et hêtraie en forêt domaniale de Brotonne. Un projet Renécofor. — *Rendez-vous techniques de l'ONF*, n° 15, 2007, pp. 9-12.
- LANDMANN (G.), BONNEAU (M.), Editors. — Forest decline and atmospheric deposition effects in the French mountains. — Berlin, Heidelberg, New-York : Springer, 1995. — 461 p.
- NICOLAS (M.) (Coord.), CHARNET (F.), RANGER (J.), RANTIER (C.), BRÊTHES (A.), MENGIN-LECREULX (P.), SARDIN (T.). — Bois-énergie : maîtriser les impacts. — *Rendez-vous techniques de l'ONF*, n° 15, 2007, pp. 36-45.
- NICOLAS (M.), DAMBRINE (E.), ULRICH (E.). — Évolution de l'acidité et dynamique des éléments nutritifs en forêt, premiers bilans. — *Rendez-vous techniques de l'ONF*, hors-série n°4 "15 ans de suivi des écosystèmes forestiers – résultats, acquis et perspectives de RENECOFOR", 2008, pp. 71-76.
- PARTY (J.-P.). — Acidification des sols et des eaux de surface des écosystèmes forestiers français : facteurs, mécanismes, et tendances. Taux d'altération sur petits bassins-versants silicatés. Applications au calcul des charges critiques. — Strasbourg : Université Louis Pasteur Strasbourg I, 1999. — 235 p. (Thèse Docteur de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, mention Géochimie de l'Environnement).
- RANGER (J.), MARQUES (R.), COLIN-BELGRAND (M.), FLAMMANG (N.), GELHAYE (D.). — The dynamics of biomass and nutrient accumulation in a Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) stand studied using a chronosequence approach. — *Forest Ecology and Management*, n° 72, 1995, pp. 167-183.
- ULRICH (E.), LANIER (M.), CROISÉ (L.). — Évolution de l'acidité, des concentrations de soufre et de l'azote dans les précipitations analysées sur le réseau Renécofor (période 1993 à 2005). — *Rendez-vous techniques de l'ONF*, n° 15, 2007, pp. 3-8.

---

**PRÉVENIR L'ACIDIFICATION DES SOLS FORESTIERS : LES RISQUES LIÉS À L'EXPLOITATION DE BOIS-ÉNERGIE (Résumé)**

La prévention de l'acidification des sols forestiers suppose en premier lieu le raisonnement des récoltes de bois au regard des réserves nutritives des sols. La demande croissante de bois-énergie incite notamment à l'exploitation des menus bois jusqu'ici laissés au sol (rémanents). Cependant cette pratique accroît fortement l'exportation d'éléments nutritifs liée à une coupe. Elle ne peut donc être durable que sur des sols bien approvisionnés en nutriments et moyennant certaines précautions.

**PREVENTING ACIDIFICATION OF FOREST SOILS – RISKS ASSOCIATED WITH HARVESTING WOOD FOR ENERGY (Abstract)**

A prerequisite to preventing forest soil acidification is to adopt an integrated approach to wood harvesting taking into account the nutrient stocks in the soils. The increasing demand for wood as biomass leads to utilization of leftover wood that would have otherwise been left on the ground. As a result, there is a strong increase in the export of nutrients arising from felling. This practise should therefore be discontinued in the longer term except on well-endowed soils and providing some precautions are taken.

---