

# FORÊT • NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION  
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

## Tiré à part de la revue **Forêt.Nature**

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes  
et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction

[foretnature.be](http://foretnature.be)

**Rédaction** : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. [info@foretnature.be](mailto:info@foretnature.be). T +32 (0)84 22 35 70

Abonnement à la revue Forêt.Nature :  
**[librairie.foretnature.be](http://librairie.foretnature.be)**

---

Abonnez-vous gratuitement à Forêt.Mail et Forest.News :  
**[foretnature.be](http://foretnature.be)**

Retrouvez les anciens articles de la revue  
et d'autres ressources : **[foretnature.be](http://foretnature.be)**



# IMPACTS D'UN AMENDEMENT CALCARO-MAGNÉSIEN sur la végétation de deux écosystèmes forestiers ardennais

JEAN-FRANÇOIS DULIÈRE

Direction de la Nature  
Division de la Nature et des Forêts

*L'apport d'éléments nutritifs en forêt tempérée n'est pas une pratique récente. Bien que les peuplements forestiers soient par nature bien différents des cultures agricoles annuelles, le sylviculteur a parfois été tenté d'appliquer à la forêt des techniques inspirées de l'agriculture.*

**L**e but des premiers essais de fertilisation à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle était d'optimiser la réussite des plantations ou d'augmenter la productivité des peuplements adultes. Vers la moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, le chaulage avait pour principal objectif d'améliorer l'humus de forêts altérées par les pratiques sylvicoles et donc d'accroître la productivité ligneuse. Cet objectif n'étant pas nécessairement atteint, et le risque de

pollution des eaux par les nitrates (dont la production accrue et le lessivage furent constatés) ayant été établi, la technique fut ensuite moins fréquemment utilisée.

Depuis une vingtaine d'années, de nombreuses études consacrées au dépérissement forestier ont mis en évidence le rôle majeur de l'impact acidifiant des pollutions atmosphériques sur les sols, et de la déficience en





© J.-F. Duilère

magnésium qui en résulte. L'apport de dolomie permet de rectifier le pH anormalement bas de certaines stations tout en apportant le calcium et le magnésium déficitaires.

L'impact de cette pratique sur les différents compartiments de l'écosystème forestier doit cependant être clairement identifié et quantifié, les nombreuses interactions entre les constituants biotiques et abiotiques de celui-

ci impliquant qu'une perturbation d'un élément aura inévitablement une répercussion sur les autres. Il sera donc fondamental avant toute prise de décision en matière d'apport d'amendements de disposer d'une large information quant aux conséquences de cette intervention sur l'ensemble de la biocénose. Celles-ci devront être prises en compte au même titre que l'impact positif attendu sur la santé des essences à vocation économique.

Un nombre important d'études ont envisagé l'impact de l'amendement calcaire ou calcaro-magnésien sur les constituants biotiques et abiotiques des écosystèmes forestiers. En faire la synthèse est un travail délicat, tant les différences sont importantes dans les dispositifs expérimentaux (travail en conditions contrôlées, *in situ* au niveau de parcelles, de peuplements entiers), dans la nature et les doses du produit apporté (dolomie, cyanamide calcique, calcaire broyé, associé ou non à une fertilisation NPK) le mode d'application (par hélicoptère, par soufflerie ou manuelle) ou la nature des peuplements étudiés (essence, âge et conditions stationnelles). On se référera aux synthèses réalisées par HUETTL & ZOETTL<sup>1</sup> pour l'Allemagne, NYS<sup>2</sup> pour la France, NOHRSTEDT<sup>3</sup> pour l'Europe centrale, SCHUMACKER *et al.*<sup>4</sup> ainsi qu'au dossier technique de WEISSEN & DELECOUR<sup>5</sup>.

L'étude présentée ici porte sur la réaction des différents acteurs végétaux et fongiques à un apport de dolomie, dans une chênaie et une pessière ardennaises. Elle trouve son originalité dans la conjonction des aspects suivants :

- ◆ la comparaison d'un peuplement feuillu et d'un peuplement résineux placés dans les mêmes conditions biogéographiques ;
- ◆ la taille des unités d'échantillonnage : étude d'arbres individuels et de petites parcelles au sein de peuplements a priori homogènes ;
- ◆ le fait de disposer de données pré-amendement dans les parcelles traitées pour bon nombre des paramètres étudiés. La combinaison de ces données, et la présence de véritables témoins, permet de limiter au minimum les aspects aléatoires et dus aux variabilités microstationnelles ;
- ◆ le mode d'application manuel de l'amendement qui permet une répartition parfaitement homogène du produit sur la surface traitée ;
- ◆ la prise en compte simultanée des différents acteurs végétaux des écosystèmes étudiés, qualitativement et quantitativement.

### CADRE DE L'ÉTUDE

Le site expérimental se situe sur le territoire de la localité de Membach, dans la forêt domaniale de l'Hertogenwald, aux portes de la Haute-Ardenne.

Figure 1 – Évolution du pourcentage de défoliation des 6 chênes amendés et des 6 chênes témoins, entre 1995 et 2000

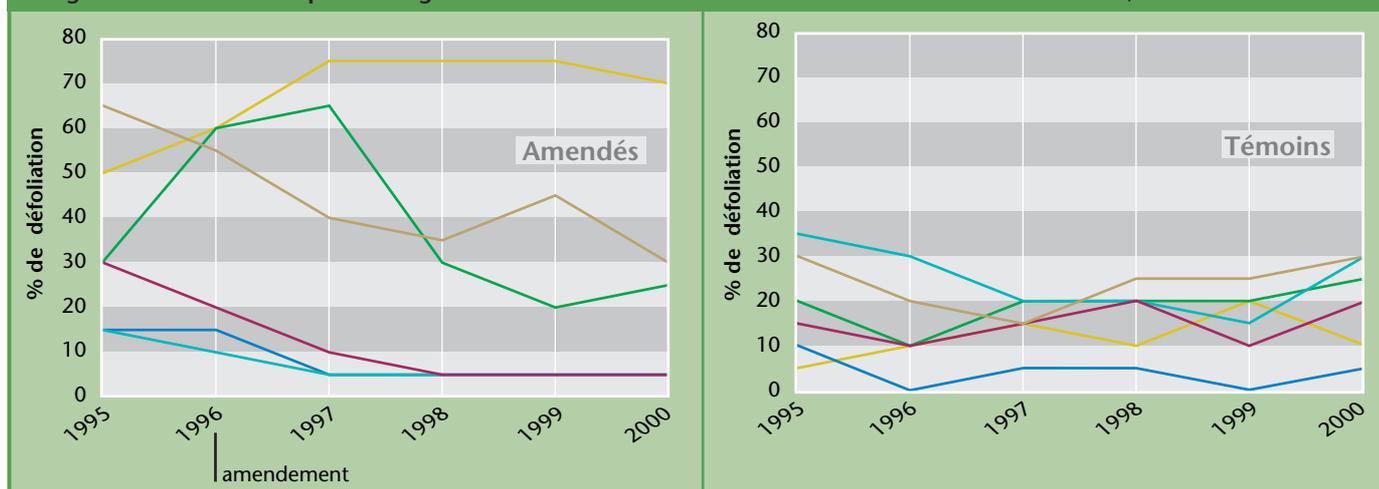


Figure 2a – Évolution de la quantité d'aiguilles (cote sur 20) des 6 épicéas amendés et des 6 épicéas témoins, entre 1996 et 2001

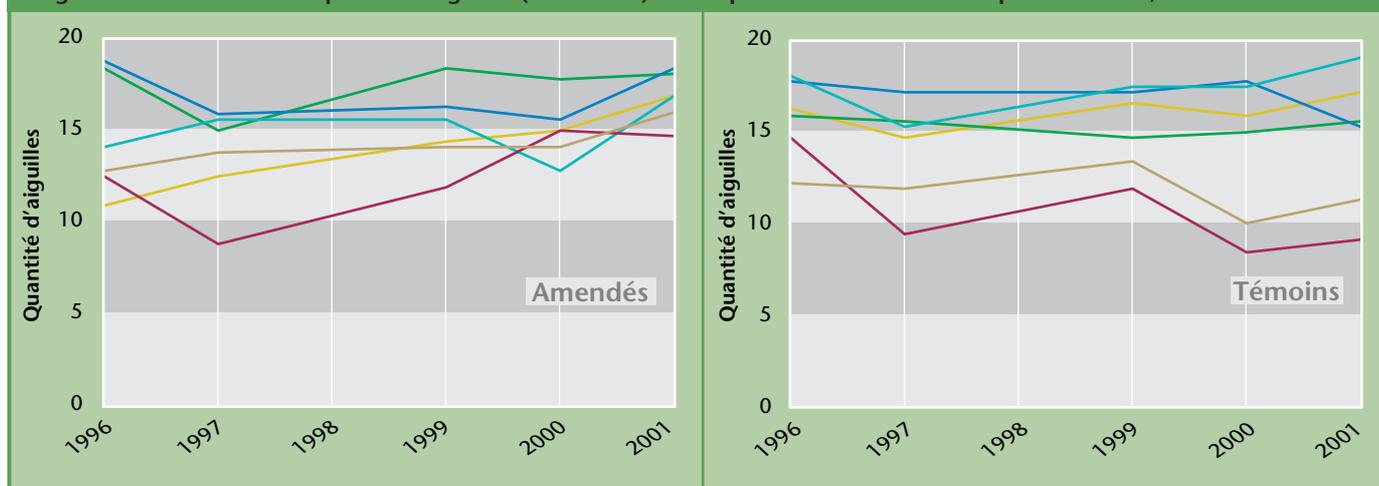


Figure 2b – Évolution de la coloration des aiguilles (cote sur 20) des 6 épicéas amendés et des 6 épicéas témoins, entre 1996 et 2001

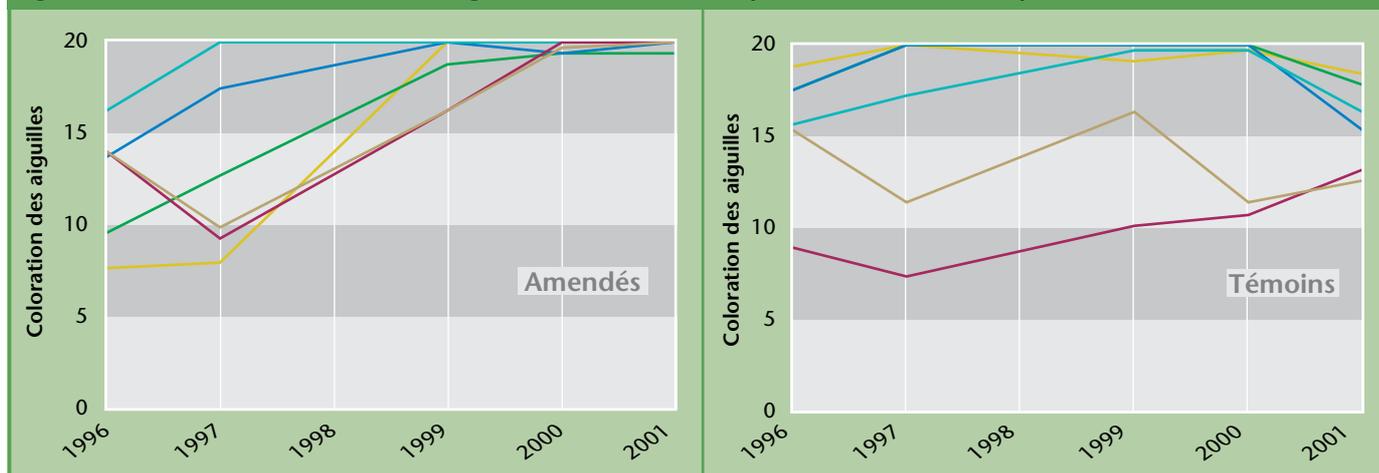


TABLEAU 1 – ANALYSES FOLIAIRES DES FEUILLES DE CHÊNES ET DES AIGUILLES D'ÉPICÉAS PRÉLEVÉES EN 1999

Éléments majeurs (en % de la matière sèche).

Les valeurs en gras signifient qu'il existe une différence significative entre arbres amendés et témoins.

	N	P	K	Ca	Mg	N/Mg
Chênes amendés	1,92 ± 0,20	0,09 ± 0,01	0,62 ± 0,13	<b>0,57 ± 0,06</b>	0,15 ± 0,03	<b>12,8</b>
Chênes témoins	1,96 ± 0,30	0,09 ± 0,02	0,68 ± 0,09	<b>0,37 ± 0,05</b>	0,11 ± 0,03	<b>17,8</b>
Épicéas amendés Aiguilles 1 an	1,58 ± 0,17	0,13 ± 0,02	0,50 ± 0,08	<b>0,30 ± 0,04</b>	<b>0,11 ± 0,02</b>	<b>14,4</b>
Épicéas témoins Aiguilles 1 an	1,55 ± 0,13	0,13 ± 0,02	0,53 ± 0,06	<b>0,14 ± 0,03</b>	<b>0,05 ± 0,01</b>	<b>31</b>
Épicéas amendés Aiguilles 2 ans	1,43 ± 0,22	0,10 ± 0,01	0,42 ± 0,08	<b>0,38 ± 0,06</b>	<b>0,08 ± 0,02</b>	<b>17,9</b>
Épicéas témoins Aiguilles 2 ans	1,45 ± 0,09	0,10 ± 0,01	0,41 ± 0,05	<b>0,17 ± 0,03</b>	<b>0,04 ± 0,01</b>	<b>36</b>
Épicéas amendés Aiguilles 3 ans	1,15 ± 0,20	0,09 ± 0,01	0,39 ± 0,08	<b>0,44 ± 0,14</b>	<b>0,07 ± 0,03</b>	<b>16,4</b>
Épicéas témoins Aiguilles 3 ans	1,32 ± 0,14	0,09 ± 0,01	0,37 ± 0,05	<b>0,22 ± 0,06</b>	<b>0,03 ± 0,01</b>	<b>44</b>



© J.-F. Duizère

Les deux peuplements, chênaie et pessière, sont voisins et situés à une altitude de 440 mètres, sur des sols limono-caillouteux de type bruns acides à moder, développés sur les quartzites du socle Revinien. La nappe phréatique est présente une partie de l'année à faible profondeur, entraînant la formation d'argile blanche.

La chênaie couvre environ 2 hectares. Elle est issue de la conversion d'un taillis sous futaie. La strate arborée est dominée par le chêne sessile (environ 150 tiges/hectare), accompagné de bouleaux, et de quelques individus épars de hêtre et de chêne pédonculé. La strate herbacée est composée principalement de molinie (*Molinia caerulea*) et de fougère aigle (*Pteridium aquilinum*). La strate muscinale est peu dense au niveau du sol, elle est essentiellement localisée sur les souches et les blocs de roche apparents.

La pessière est une plantation datant de 1930, établie sur une lande tour-

*En chênaie, l'abondance de la Fougère aigle et de la Molinie a limité les possibilités d'installation de nouvelles espèces suite à l'amendement.*

beuse. Elle s'étend sur environ 6 hectares (environ 350 tiges/hectare). Elle est à ranger dans une classe de productivité III-IV. La strate herbacée y est très diffuse. La strate muscinale est bien développée par endroits.

Les unités expérimentales sont des placettes carrées de 15 mètres de côté chacune centrées sur un arbre choisi de façon aléatoire. Dans chaque peuplement, douze placettes ont été établies, six d'entre-elles recevront l'amendement, les six autres seront considérées comme témoin.

La dolomie a été apportée à la dose de 5 tonnes/hectare sous forme de suspension aqueuse. Cette valeur correspond à environ 1,5 tonnes/hectare d'équivalent CaO et 0,8 tonnes/hectares d'équivalent MgO. L'application a été réalisée en avril 1996 au moyen d'un pulvérisateur portable et d'une pompe électrique assurant une répartition homogène du produit.

## LA STRATE ARBORÉE

Les observations, mesures et analyses qui suivent ont été réalisées sur l'arbre central dans chaque parcelle.

*Jaunissement des aiguilles de l'épicéa dû à une carence magnésienne chez un individu dépérissant. Quatre ans après le traitement, on a abouti à une disparition de ces symptômes chez les arbres amendés.*



© J.-F. Duizère

L'état de vitalité a été évalué avant amendement, puis suivi annuellement tout au long de l'expérience, soit durant 6 années au total.

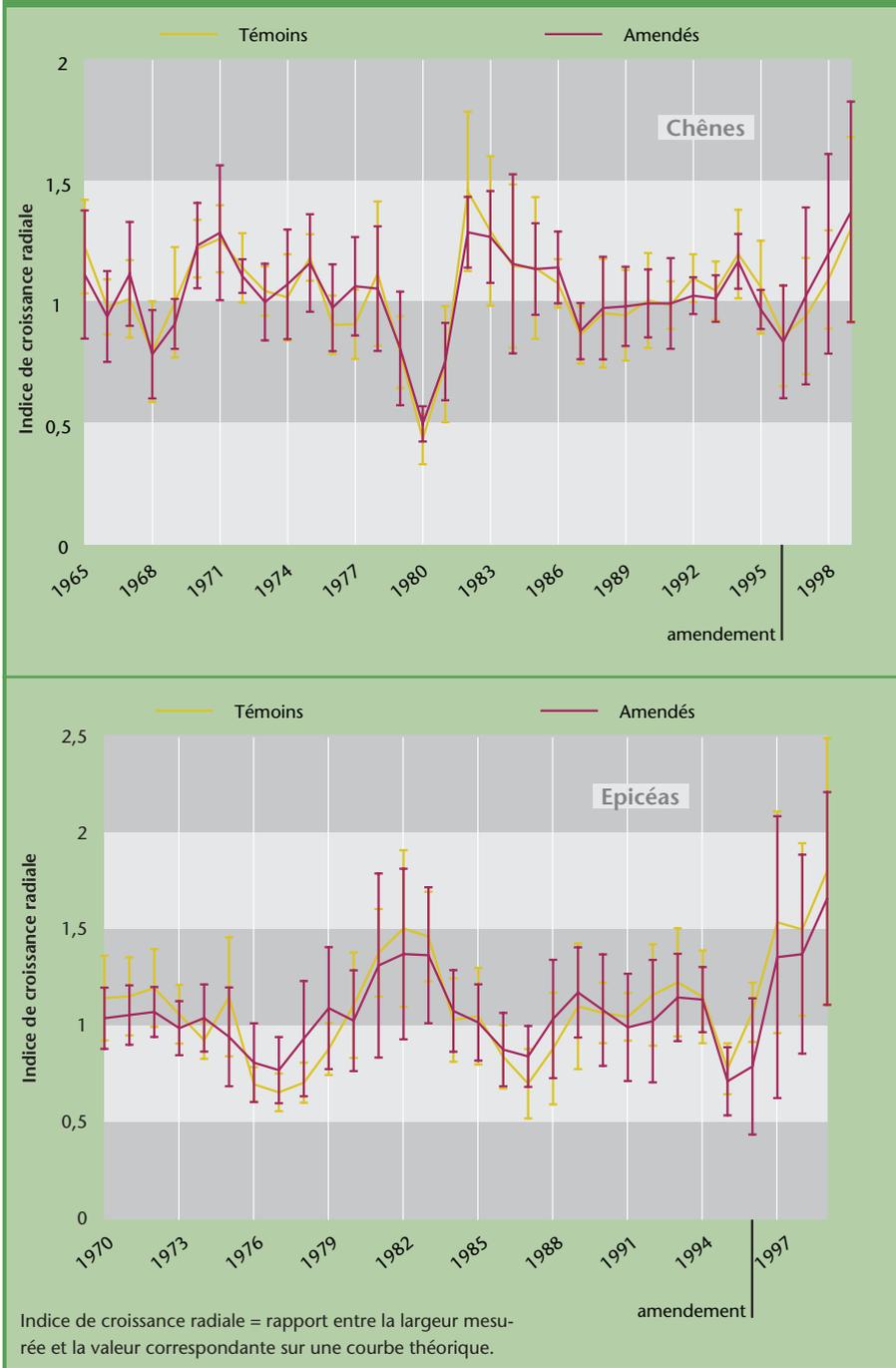
L'évolution du pourcentage de défoliation de la cime des chênes amendés et témoins est présentée en figure 1. On y constate une légère amélioration ou une stabilisation de l'état sanitaire des arbres amendés après 1996.

Deux cotes (sur 20) refléteront l'état sanitaire des épicéas. Une première est relative à la « quantité d'aiguilles » (figure 2a), l'autre concerne la « coloration des aiguilles » (figure 2b). Ces cotes globales sont calculées sur base d'observations des pertes et des jaunissements d'aiguilles dans divers secteurs de la cime des arbres, comme proposé lors d'études réalisées à l'Université Catholique de Louvain. On constatera ici une très nette amélioration de la cote relative à la coloration des aiguilles chez les arbres amendés, pour aboutir à une disparition des symptômes de jaunissements 4 ans après le traitement.

Des analyses foliaires ont été réalisées sur des échantillons prélevés en 1999, à l'époque de l'année considérée comme optimale en fonction de l'essence, à savoir début septembre pour les chênes et mi-novembre pour les épicéas. Pour ces derniers, les aiguilles des trois dernières années ont été analysées séparément.

Les résultats relatifs aux éléments majeurs sont présentés au tableau 1. On y constate, pour les deux espèces, des teneurs en calcium et en magnésium plus élevées chez les sujets amendés, ce qui traduit la réponse positive des arbres, en terme d'absorption racinaire, à l'apport de ces éléments au niveau du sol. Alors que les teneurs foliaires des arbres témoins se situent au niveau des seuils de carences en magnésium (soit 0,075-0,1 % chez le chêne, et 0,03-0,05 % chez l'épicéa), elles sont à considérer comme satisfaisante chez les sujets amendés. Les rapports N/Mg sont de ce fait améliorés. En effet le seuil à ne pas dépasser en vue d'une nutrition magnésienne satisfaisante est de 17,5 pour les chênes et 30 pour les épicéas. Cette amélioration de la nutrition calcario-magnésienne des arbres explique la disparition observée des symptômes de jaunissement d'aiguilles, témoins d'une carence magnésienne associée à un rapport N/Mg élevé.

Figure 3 – Évolution de l'indice de croissance radiale chez les chênes, entre 1965 et 1999, et chez les épicéas, entre 1970 et 1999 (valeurs moyennes des 6 arbres amendés et des 6 arbres témoins)



L'amendement n'a eu aucun effet perceptible sur la croissance radiale des arbres, comme en témoignent les courbes de la figure 3.

### LA STRATE HERBACÉE

Les graphiques de la figure 4 illustrent l'évolution du nombre d'espèces recensées dans chaque parcelles des deux peuplements. On constate une augmentation de ce nombre dans les parcelles amendées dès 1996-1997, soit quelques mois après le traitement. Le phénomène est particulièrement marqué en pessière, où la compétition exercée par la molinie et la fougère aigle est insignifiante. En chênaie par contre, leur abondance limite les possibilités d'installation de nouvelles espèces. Les espèces apparues suite au traitement sont des neutrophiles et nitrophiles, qui témoignent à la fois d'une augmentation du pH des horizons superficiels du profil pédologique et d'une disponibilité accrue en azote minéral. Aucune régression des espèces initiales n'a été constatée. Le tableau 2 résume l'ensemble de ces observations.

### LA STRATE MUSCINALE

Les relevés ont été effectués en automne 1997 dans chaque parcelle, dans 25 plateaux permanents de 50 centimètres de côté installés sur le sol, ainsi que sur trois souches et deux troncs de l'essence caractéristique du peuplement.

*L'Epilobe en épi (Epilobium angustifolium) est apparu en grand nombre dans la strate herbacée des parcelles amendées en pessière. La fleur est présentée ici pour mémoire car elle n'est pas apparue dans les parcelles, trop peu éclairées.*



Figure 4 – Évolution du nombre d'espèces de la strate herbacée dans 6 parcelles amendées en 1996 et 6 parcelles témoins en pessière et en chênaie, de 1995 à 1999

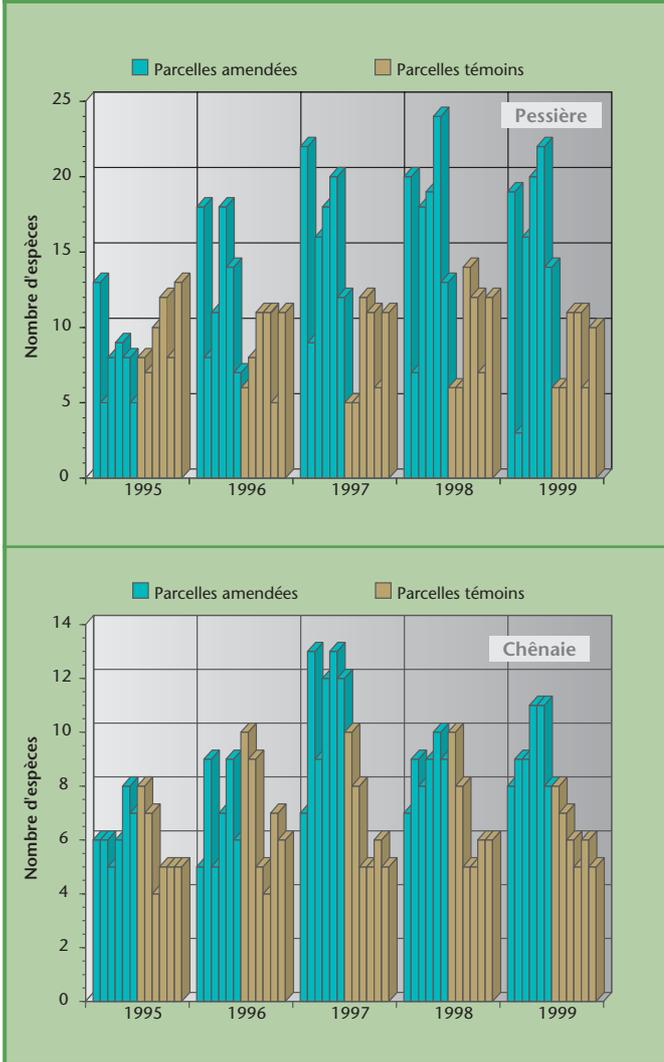


TABLEAU 2 – RÉPONSE À L'AMENDEMENT DES PRINCIPALES ESPÈCES DE LA STRATE HERBACÉE EN CHÊNAIE ET EN PESSIÈRE

I : indifférente      R : espèce trop peu fréquente et  
 + : apparue en petit nombre      abondante que pour être  
 ++ : apparue en grand nombre      interprétée

	Chênaie	Pessière
<b>Espèces présentes avant amendement</b>		
<i>Molinia caerulea</i>	I	I
<i>Pteridium aquilinum</i>	I	I
<i>Deschampsia flexuosa</i>	I	I
<i>Vaccinium myrtillus</i>	I	I
<i>Carex pilulifera</i>	I	I
<i>Dryopteris carthusiana</i>		I
<i>Agrostis canina</i>	R	R
<i>Calluna vulgaris</i>	R	R
<i>Galium saxatile</i>	R	R
<i>Juncus effusus</i>	R	R
<i>Luzula luzuloides</i>	R	R
<i>Trisetis europaea</i>	R	R
<i>Holcus mollis</i>	R	R
<i>Carex binervis</i>		R
<i>Carex echinata</i>		R
<i>Luzula pilosa</i>		R
<i>Luzula multiflora</i> subsp. <i>multiflora</i>		R
<b>Espèces apparues après amendement</b>		
<i>Salix caprea</i>	++	++
<i>Epilobium angustifolium</i>	+	++
<i>Taraxacum</i> sp.	+	++
<i>Epilobium montanum</i>	+	++
<i>Senecio sylvaticus</i>	+	++
<i>Mycelis muralis</i>		++
<i>Urtica dioica</i>		+
<i>Agrostis capillaris</i>		+
<i>Digitalis purpurea</i>		+
<i>Sonchus oleraceus</i>		+
<i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>vulgare</i>		+
<i>Stellaria media</i> subsp. <i>media</i>		+

TABLEAU 3 – RÉPONSE À L'AMENDEMENT DES PRINCIPALES ESPÈCES DE LA STRATE MUSCINALE EN CHÊNAIE ET EN PESSIÈRE

I : indifférente      + : en légère progression      ++ : en forte progression      - : en légère régression      -- : en forte régression

	Chênaie	Pessière		Chênaie	Pessière
<i>Brachythecium rutabulum</i>	++	++	<i>Lophocolea bidentata</i>		I
<i>Eurhynchium praelongum</i>		++	<i>Campylopus flexuosus</i>	--	--
<i>Hypnum cupressiforme</i>	+	++	<i>Dicranella heteromalla</i>	--	--
<i>Mnium hornum</i>	+	+	<i>Campylopus pyriformis</i>	-	--
<i>Ceratodon purpureus</i>	+	+	<i>Dicranum montanum</i>	-	--
<i>Funaria hygrometrica</i>	+		<i>Plagiothecium curvifolium</i>	-	--
<i>Pohlia nutans</i>	+		<i>Lepidozia reptans</i>		--
<i>Polytrichum formosum</i>	I	I	<i>Dicranodontium denudatum</i>		-
<i>Leucobryum glaucum</i>	I		<i>Orthodontium lineare</i>		-
<i>Lophocolea heterophylla</i>	I	I/+	<i>Tetraphis pellucida</i>	-	-

La réaction des principales espèces de mousses et hépatiques est résumée au tableau 3.

Les espèces dont la fréquence a diminué suite à l'amendement sont essentiellement des dicranacées acidophiles, qui sont à l'origine les plus abondantes au niveau du sol. D'autre part on note l'extension nette d'espèces considérées

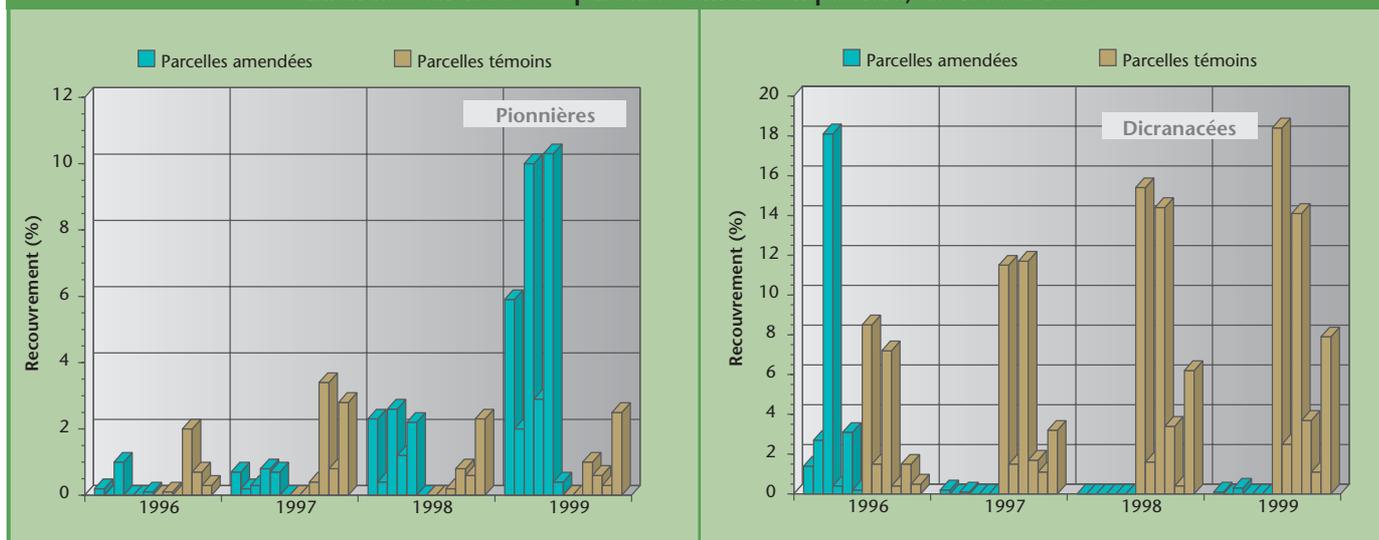
comme des neutrophiles compétitives ou des colonisatrices à large amplitude écologique, ainsi que l'apparition de quelques rudérales.

Si on s'intéresse à la dynamique de la strate muscinale dans son ensemble, la perte de recouvrement due à la disparition spectaculaire des espèces acido-

philes dominantes est peu à peu com-

pensée par le développement des pionnières (figure 5). On assiste donc à une modification profonde de la composition spécifique de la strate bryophytique dont on peut présumer que le recouvrement global sera à terme augmenté au vu du rapide développement des espèces colonisatrices favorisées par le traitement.

Figure 5 – Évolution du recouvrement des espèces pionnières et des dicranacées acidophiles dans 6 parcelles amendées en 1996 et 6 parcelles témoins en pessière, de 1996 à 1999



### LA STRATE FONGIQUE

Au sein des 2 peuplements, des relevés ont été réalisés dans 3 parcelles amendées et 3 parcelles témoins. Les espèces mycorhiziennes et saprophytes de litière, à savoir l'essentiel de la mycoflore susceptible d'être influencée par l'amendement, ont été dénombrées. Les 12 placettes furent inventoriées de façon hebdomadaire pendant la saison mycologique automnale, de 1995 à 1999.

Le nombre d'espèces (figure 6) et le nombre de sporophores observés sont fortement dépendants des conditions climatiques locales. Les variations inter-annuelles parfois très importantes, tant dans les parcelles amendées que témoins, traduisent avant tout

cette dépendance. L'interprétation globale des données récoltées est rendue plus difficile encore par le fait de l'apparition sporadique de certaines espèces ou le nombre très faible de sporophores observés d'autres espèces.

Les 5 années d'observations ont cependant permis de mettre clairement en évidence le comportement de quelques espèces présentes en nombre suffisant de sporophores et suffisamment bien distribuées dans les différentes parcelles (tableau 3). Quelques espèces sont apparues suite au traitement : divers *Clitocybe* spp., *Hebeloma crustuliniforme*, *Myxomphalia maura*. Une espèce déjà présente avant amendement, *Laccaria amethystina*, a été clairement favorisée par celui-ci.

Soulignons qu' *H. crustuliniforme* est considéré comme une espèce forestière

de « stades jeunes », comme la plupart des hétéromes, et que *M. maura* est typique des places à feu vieilles d'au moins une année, associé souvent à *Funaria hygrometrica* dont nous avons également observé l'apparition dans la strate muscinale. L'apparition d'espèces des aires de faulde dans les parcelles amendées confirme l'accélération des processus de minéralisation de la matière organique induite par le traitement à la dolomie.

Aucune espèce n'a montré de régression marquée suite au traitement, mais il convient de rester prudent dans l'interprétation de ces résultats pour les raisons déjà citées.

### DISCUSSION

L'étude, qui a porté sur les 4 années suivant le traitement à la dolomie, a révélé un impact de celui-ci sur toutes les strates végétales et sur la strate fongique des deux écosystèmes envisagés. Les strates herbacées et muscinales ont subi des modifications perceptibles dès l'année qui a suivi l'application, traduisant une action immédiate du produit.

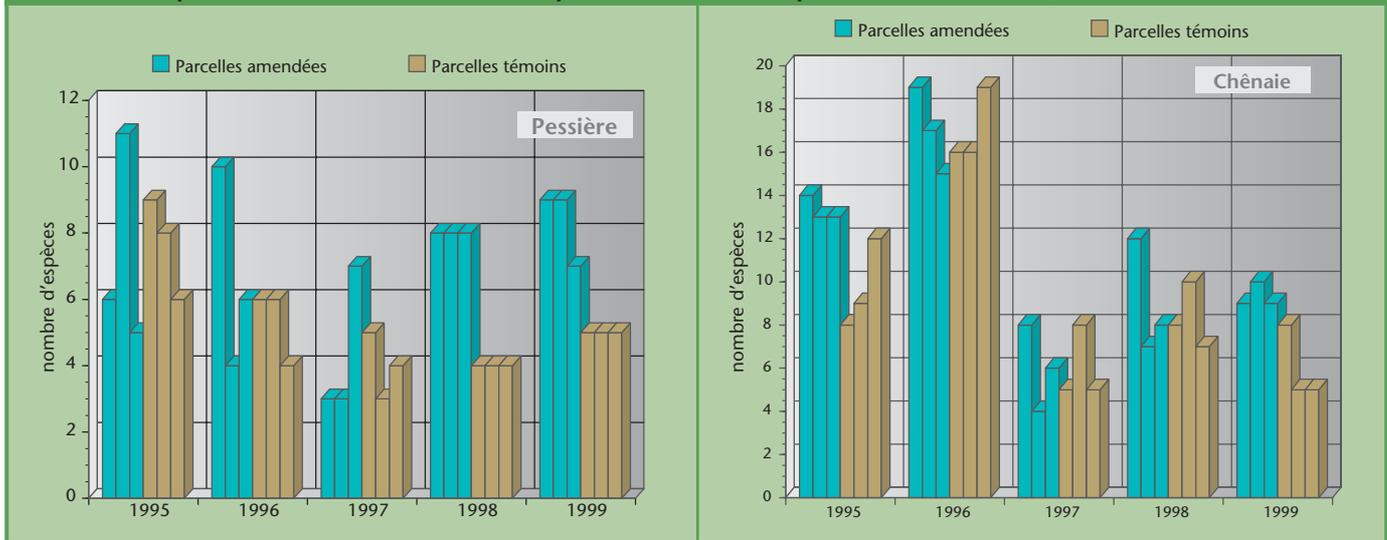
L'impact du traitement sur l'état sanitaire des arbres s'est marqué essentiellement chez les épicéas, par une dispa-



© J.-F. Dufrère

Les premières plantules de Saule marsault (*Salix caprea*) ont été observées dans les parcelles d'épicéas dès l'été suivant l'amendement.

Figure 6 – Évolution du nombre d'espèces de champignons supérieurs mycorhiziens et saprophytes de la litière dans 3 parcelles amendées en 1996 et 3 parcelles témoins en pessière et en chênaie, de 1995 à 1999



rition presque totale du jaunissement des aiguilles 4 ans après l'application. Les analyses foliaires ont montré que les teneurs en calcium et magnésium des deux espèces ont été portées à des valeurs traduisant une nutrition correcte pour ces deux éléments. L'amélioration de la nutrition en magnésium de l'épicéa est à mettre en relation directe avec la disparition des symptômes de carence mis en évidence par le suivi de leur état sanitaire. Enfin, l'analyse de la largeur des cernes d'accroissement conclu à l'absence d'impact du traitement sur la croissance radiale des deux essences durant les quatre années qui ont suivi celui-ci. L'action de la dolomie sur le chêne sessile et l'épicéa commun, aux doses appliquées et dans les conditions de notre expérience, résulte donc en une restauration d'une nutrition en calcium et magnésium favorable pour les deux espèces, traduite rapidement chez la deuxième par une diminution de certains symptômes du dépérissement. Aucun gain de productivité n'est à attendre pour des sujets de l'âge de ceux ici envisagés.

Les conclusions qu'il nous est permis de tirer quant aux modifications des strates herbacée et muscinale sont tributaires de la végétation naturellement présente dans les deux peuplements. Ainsi dans la chênaie, l'abondance de *M. caerulea* et *P. aquilinum*

TABLEAU 4 – RÉPONSE À L'AMENDEMENT DES PRINCIPALES ESPÈCES DE CHAMPIGNONS SUPÉRIEURS EN CHÊNAIE ET EN PESSIÈRE

Seules les espèces suffisamment fréquentes et abondantes que pour être interprétées sont présentées.

! : indifférente  
 + : apparue en petit nombre ou en légère progression  
 ++ : apparue en grand nombre ou en forte progression  
 - : en légère régression  
 -- : en forte régression

	Chêne	Pessière
Espèces mycorhiziennes		
<i>Amanita citrina</i>		
<i>Amanita rubescens</i>		
<i>Boletus erythropus</i>		
<i>Cortinarius anomalus</i>	-	
<i>Hebeloma crustuliniforme</i>	++	+
<i>Laccaria amethystina</i>	++	+
<i>Laccaria laccata</i>		
<i>Lactarius quietus</i>		
<i>Russula ochroleuca</i>	-	
Espèces saprophytes		
<i>Clavulina cristata</i>		+
<i>Clitocybe div. spp.</i>	+	+
<i>Hygrophoropsis aurantiacus</i>		
<i>Mycena galopus</i>		
<i>Myxomphalia maura</i>		++

limite l'apparition éventuelle d'espèces, mais nous informe de façon fiable quant à l'impact du traitement sur la flore initiale. Dans la pessière par contre, la faible densité du tapis végétal herbacé et son manque d'homogénéité au départ réduisent les possibilités d'informations quant à sa réaction au traitement, dans la mesure où elle n'est pas spectaculaire, mais permet l'installation des espèces favorisées par celui-ci. Les mesures portant sur la strate muscinale au sol ont également été plus nombreuses sous le couvert résineux et donc plus riches d'enseignements.

On peut conclure à l'absence d'impact de l'amendement durant la période d'observation sur les espèces de la flore vasculaire existant avant amendement. La strate herbacée s'est par contre enrichie d'une dizaine d'espèces endéans les trois années qui ont suivi le traitement. Les premières plantules de *Salix caprea* et d'*Epilobium angustifolium* ont été observées dès l'été qui lui a succédé dans les parcelles de la pessière. Toutes les espèces apparues sont considérées comme nitrophiles et acidoclines à neutrophiles. Elles traduisent donc très clairement les modifications physico-chimiques des horizons supérieurs du profil à savoir, outre l'augmentation prévisible de la concentration en ions calcium et magnésium, une augmentation du pH de

l'ordre d'une unité, et une augmentation sensible et durable de la nitrification (données non présentées).

La réaction de la strate muscinale a été rapide et spectaculaire. En effet, contrairement à ce qui vient d'être dit concernant les végétaux vasculaires, un grand nombre de bryophytes acidophiles, qui constituaient l'essentiel de la strate végétale au sol dans la pessière, ont régressé, voire disparu suite au traitement. Leur remplacement par des espèces compétitives, neutrophiles ou à large amplitude écologique, s'est de suite amorcé. On assiste donc ici à



une modification radicale de la composition bryophytique, dont on peut penser qu'elle perdurera au vu de la rapidité de l'extension et de la robustesse des espèces favorisées. L'apparition, encore discrète à l'époque des observations, soit un peu plus d'un an après le traitement, de quelques espèces rudérales, confirme la « banalisation » de la flore déjà constatée dans la strate herbacée.

Les modifications du cortège fongique n'ont été perçues que le troisième automne qui a suivi l'application de la dolomie. Il est fondamental lors de l'étude de ces organismes, de s'affranchir des inévitables variations inter-annuelles dans l'apparition des sporophores. La répétition des relevés au sein d'une même année et le suivi pluriannuel sont essentiels à une bonne appréhension de l'impact du facteur que l'on souhaite étudier. L'impact négatif du traitement sur les populations de champignons ectomycorhiziens, généralement rapporté, n'a pas été mis en évidence ni sous feuillus, ni sous résineux dans notre étude. Au contraire deux espèces, *Laccaria amethystina* et *Hebeloma crustuliniforme*, ont clairement bénéficié de l'amendement. C'est également le cas pour

diverses espèces saprophytes de la litière, ce qui rejoint les données de la littérature. On insistera notamment sur l'« explosion » dans la pessière d'une petite espèce typique des places à feu, qui traduit à nouveau l'augmentation de la mise à disposition d'éléments minéraux pour la biocénose.

## CONCLUSION

Que se soit sous le couvert des feuillus ou des résineux, les résultats obtenus au niveau des différents compartiments « végétaux » (au sens le plus large, incluant les champignons), convergent pour traduire ce que l'on peut considérer comme une « dynamisation » des processus liés à la décomposition de la matière organique, suite à l'apport de l'amendement calcaro-magnésien. Si, dans les strates herbacées et fongiques, les changements ont consisté en une augmentation de la diversité spécifique par des espèces caractéristiques des stades jeunes de la dynamique de la végétation forestière, sans perte au niveau du cortège initial, on peut émettre quelques craintes quant au devenir de la strate muscinale, dont la « banalisation » se fait au dépend des espèces acidophiles ini-

*Campylopus flexuosus*, une mousse particulièrement sensible à l'amendement. On distingue clairement la limite entre la zone amendée (à gauche) et non amendée (à droite).

tiales. Il se confirme ici que les bryophytes constituent des bio-indicateurs efficaces, particulièrement sensibles, et répondant rapidement aux modifications de leur environnement, qui sont trop souvent négligés lors des études d'impact sur l'environnement de façon générale.

On évitera cependant d'appliquer tels quels les résultats obtenus ici en dehors du contexte phytogéographique ardennais, aux caractéristiques climatiques, pédologiques et biologiques propres. Il serait entre autres audacieux de conclure définitivement à l'absence d'impact de l'amendement sur la strate herbacée originelle, au vu du manque de diversité de celle-ci et de la relative « plasticité » des espèces qui la constituent, dans les conditions de notre expérience.

On insistera également sur les limites temporelles de l'étude. Une série d'ob-



© J.-F. Dulière

servations prenant en compte un recul plus important (plusieurs dizaines d'années) par rapport à l'amendement permettrait de discuter et de conclure quant à la durabilité des effets ici mis en évidence sur le court terme.

Les conclusions de cette étude sont enfin à replacer dans le contexte général du traitement de restauration de peuplements forestiers déperissants, en gardant à l'esprit que cette pratique est à envisager de façon ponctuelle et transitoire. La décision d'amender en forêt doit prendre en compte les impacts de cette perturbation sur tous les composants de l'écosystème, qui sont à des degrés divers affectés dans leur diversité et leur fonctionnement. Seule l'étude pluridisciplinaire et pluriannuelle permet de rendre compte de façon correcte de l'impact du traitement appliqué. La décision finale consistera en un compromis entre les bénéfices économiques attendus et les pertes biologiques éventuellement consenties. ■

### Remerciements

Les analyses foliaires ont été réalisées avec l'aide du Laboratoire d'Écologie microbienne et de Radioécologie de l'Université de Liège (Professeur Remacle), et du Laboratoire de Génétique

et d'Écologie végétale de l'Université Libre de Bruxelles (Professeur Meerts et Herbauts). Les mesures de largeurs de cernes ont été réalisées au Centre de Recherches de la Nature, des Forêts et du Bois du Ministère de la Région wallonne.

Merci à A. Piret pour son aide dans l'installation du dispositif expérimental, et l'entretien de celui-ci, ainsi que lors de divers travaux de terrain. Messieurs J.-J. Cuvelier et H. Stieperaere nous ont fait bénéficier de leur expertise respectivement en mycologie et bryologie.

Ce travail a bénéficié du financement du Fond National de la Recherche Scientifique (Fond de la Recherche Fondamentale Collective). La Division de la Nature et des Forêts du Ministère de la Région wallonne a pris en charge la clôture des parcelles expérimentales et a mis à notre disposition le personnel ouvrier domanial pour sa réalisation.

### Pour en savoir plus sur l'étude

DULIÈRE J.-F., CARNOL M., DALEM S., REMACLE J. & MALAISE F. [1999]. Impact of dolomite lime on the ground vegetation and on potential net N transformations in Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) and sessile oak (*Quercus petraea* (MATT.) LIEB.) stands in the Belgian Ardenne. *Ann. For. Sci.* 56 : 361-370.

DULIÈRE J.-F., DE BRUYN R. & MALAISE F. [2000]. Changes in the moss layer after liming in a Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) stand of eastern Belgium. *Forest Ecology and Management* 136 : 97-105.

KOSTIKOV I., CARNOL M., DULIÈRE J.-F. & HOFFMANN L. [2001]. Effects of liming on forest soil algal communities. *Archiv für Hydrobiologie* 138 (Algalological Studies 102) : 161-178.

*Laccaria amethystina*, un champignon mycorhizien favorisé par le traitement de la chênaie.

DULIÈRE J.-F. [2001]. Réponse d'une chênaie et d'une pessière ardennaises (Hestreu) à un amendement calcaro-magnésien : impact sur la phytocénose et la mycocénose. Thèse de Doctorat. Gembloux Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques.

### Bibliographie

<sup>1</sup> HUETTL R.F. & ZOETTL H.W. [1993]. Liming as a mitigation tool in Germany's declining forests-reviewing results for former and recent trials. *For. Ecol. Manage.* 61 : 325-338.

<sup>2</sup> NYS C. [1993]. Forêt et amendements calcaires. INRA, Champenoux.

<sup>3</sup> NOHRSTEDT H.O. [1995]. Experiences from Central Europe as Regards the Effects of Ameliorative Fertilization on Forest Growth and Health-a Literature Review (en suédois, résumé en anglais). *Skogforsk Redogörelse* nr 3.

<sup>4</sup> SCHUMAKER R., FRAITURE A., LONEUX M. & MARCHAL A. [1989]. Conséquences des fumures sur l'écosystème forestier et la qualité des eaux. *Environnement* N° spécial. 28 pp.

<sup>5</sup> WEISSEN F. & DELECOUR F. [1994]. Apports d'amendements en pessières menacées de déperissement : qualité de l'épandage, effets sur le sol et les peuplements. Ministère de la Région Wallonne, Division de la Nature et des Forêts.