

# Modifications de la flore et de l'humus induites par un apport de calcium dans différents écosystèmes forestiers du Nord-Est de la France.

In " Forêt et Amendements calcaïres " édition INRA-CRF  
156 pages

J.-F. Picard, M. Becker, F. Lebourgeois

Unité d'Ecophysiologie forestière, INRA, 54280 Champenoux, France

## Résumé

On a étudié la végétation spontanée de huit sites expérimentaux qui avaient fait l'objet d'une fertilisation (avec ou sans calcium) entre cinq et vingt ans plus tôt : forêt des Hospices de Nancy (sapinière adulte, traitements N, P, Ca, NP, PCa, NPCa) ; forêts domaniales de Mortagne et de Vologne, et forêts communales de Russ et de Grendelbruch (sapinières adultes, traitements KMg, Ca, CaMg, NPKCaMg) ; forêt domaniale de Château-Regnault (jeune pessière, traitements N, P, Ca, PCa) ; forêt domaniale de Darney (hêtraie adulte, traitements Ca, NPKCa).

Aux Hospices de Nancy, vingt ans après la fertilisation, on constate que l'apport de calcium, et lui seul, a entraîné des modifications profondes de la végétation (dominance de la grande Fétuque, *Festuca altissima*, apparition de nombreuses espèces nitrophiles). Parallèlement, le type d'humus a évolué d'un mor ou moder

vers un mull acide.

Dans les forêts de Mortagne, de Vologne, de Russ et de Grendelbruch, six ans après l'application des traitements, l'impact de la fertilisation sur la végétation est encore peu marqué sur le plan quantitatif, mais on observe également un enrichissement en espèces neutro-nitrophiles pour les traitements où intervient Ca. Parallèlement, le type d'humus a évolué d'un moder vers un mull acide.

En forêt de Château-Regnault, huit ans après l'application des traitements, on observe une forte augmentation de la diversité floristique, avec apparition d'espèces neutro-nitrophiles : ceci est très sensible dans les traitements avec Ca, mais est aussi visible dans le traitement P (scories, qui contiennent un faible pourcentage de Ca). On observe également un passage du type d'humus d'un moder vers un mull acide.

*En forêt de Darney, seul le traitement Ca a eu un effet, qui se manifeste sur la Canche flexueuse (Deschampsia flexuosa) : cinq ans après l'application du traitement, sa fréquence d'apparition a été réduite de moitié ; on n'a pas observé d'apparition d'espèces nitrophiles. L'humus a évolué d'un moder vers un mull acide.*

*Des résultats obtenus sur l'ensemble de ces sites expérimentaux, il ressort qu'en milieu acide, c'est toujours le calcium, qu'il soit seul ou associé à d'autres éléments minéraux,*

*qui a un effet sur la composition floristique du tapis herbacé, entraînant le plus souvent un enrichissement en espèces neutro-nitrophiles : cet effet n'est pas dû à l'action directe de N (on ne note en général pas de modifications dans le traitement correspondant), mais à l'action indirecte du Ca, qui induit une modification du type d'humus et de son activité biologique. Ceci a pour conséquence une libération plus régulière d'azote sous forme minérale et une meilleure disponibilité des autres éléments majeurs.*

## Introduction

La végétation spontanée est un bon indicateur des changements qui se produisent dans les écosystèmes en général, et dans les écosystèmes forestiers en particulier.

En forêt, ces modifications peuvent être liées à une dynamique interne normale de l'écosystème, quand par exemple elles jalonnent les différentes phases par lesquelles passe le peuplement de sa naissance à sa récolte (Rameau, 1987). Elles peuvent aussi suivre une évolution plus lente des conditions climatiques (Neilson, 1987) ou être une conséquence indirecte de l'expansion industrielle ou encore de certaines pratiques agricoles (Thimonier *et al.*, 1992). Elles peuvent enfin être la conséquence directe de certaines pratiques sylvicoles, telles les coupes de régénération (Le Tacon *et al.*, 1976) ou les éclaircies (Slak, 1980). La fertilisation, sauf exception (massif des Landes), n'est pas encore une pratique courante en foresterie : elle entraîne aussi des changements dans les écosys-

tèmes forestiers, tant au niveau des humus (Toutain *et al.*, 1987), qu'à celui de la végétation spontanée.

Cet article a pour objet de rendre compte de l'évolution de la végétation dans divers dispositifs de fertilisation mis en place il y a 5 à 20 ans dans des forêts acidophiles du quart Nord-Est de la France. Ces expérimentations avaient des objectifs variés (fertilisation de peuplement adulte, problèmes de dépérissement), mais, sauf dans un cas, sans préoccupation quant à la dynamique possible de la végétation spontanée du sous-bois. Ce sont les changements souvent importants constatés plusieurs années après la mise en place des dispositifs qui sont analysés ici.

Nous rapporterons successivement les résultats de quatre expérimentations :

- "La Croix-Scaille", mise en place en 1981 pour étudier l'influence d'une fertilisation sur la croissance d'un peuplement sub-adulte d'Epicéa ;

- "Les Hospices de Nancy", mise en place en 1969 pour étudier l'influence d'une fertilisation sur la croissance d'un peuplement adulte de Sapin ;

- "Mortagne, Vologne, Russ et Grendelbruch", mises en place en 1985 dans le cadre du programme

"DEFORPA" pour étudier l'influence d'une fertilisation sur l'état sanitaire des sapinières adultes déperissantes ;

- "Darney", mise en place en 1981 pour étudier l'influence d'un amendement calcique sur un tapis monospécifique de Canche flexueuse développé sous une hêtraie adulte.

## Dispositif de La Croix-Scaille

### 1) Description du site expérimental

Ce dispositif a été décrit en détail par Nys(1989) et Fehlen (1992). Il est installé dans le massif de l'Ardenne, en forêt domaniale de Château-Regnault dans un peuplement artificiel sub-adulte d'Epicéa commun (*Picea abies* (L.) Karst.) planté en 1937. Le sol est de type brun ocreux à moder, développé sur un matériau issu de l'altération de schistes primaires, mélangé d'une faible quantité de limons (Nys, 1987).

Outre le témoin, le dispositif comporte quatre traitements :

- N : 100 kg.ha<sup>-1</sup> de N sous forme d'ammonitrate ;

- P : 1250 kg.ha<sup>-1</sup> de scories Thomas, soit, par hectare, 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 500 kg de CaO ;

- Ca : 2500 kg.ha<sup>-1</sup> de calcaire broyé à plus de 99% de CaCO<sub>3</sub> ;

- PCa : 1250 kg.ha<sup>-1</sup> de scories Thomas et 1600 kg.ha<sup>-1</sup> de calcaire broyé, soit 150 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 2500 kg.ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>.

L'engrais phosphaté et le calcaire ont été épandus en plein à l'automne 1980. L'engrais azoté a été épandu en plein au printemps 1981 et renouvelé en 1983. Les 5 traitements ont été répétés 4 fois, en 4 blocs répartis en fonction de la topographie.

### 2) Inventaire floristique

Les relevés de végétation ont été effectués en juillet 1988. Un relevé classique, suivant la méthode de Braun-Blanquet, a été

réalisé sur chaque placette ainsi que dans le peuplement feuillu voisin, considéré comme très proche du peuplement d'origine.

### 3) Résultats

Le tableau 1 donne, traitement par traitement, la composition floristique de

chaque placeau (dans ce tableau, la colonne "Feu" désigne le relevé effectué dans le peuplement feuillu).

Tableau 1 : Composition floristique et recouvrement des espèces dans les placeaux du dispositif "La Croix-Scaille" ordonnés selon le traitement (d'après Fehlen N., 1992).

Bloc	Feu	T				N				P				Ca				P Ca			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Calluna vulgaris</i>		+	+			1	+	+	+	+											
<i>Betula pubescens (a)</i>		+	+	+		+	+	+	+	+											
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1
<i>Sorbus aucuparia (a)</i>		1	+	+	1	1	1	1	1	+	1	+	1	+	1	+		+	+	+	+
<i>Betula pubescens (g)</i>	+	1	+	+	1	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1		+	+	+
<i>Pteridium aquilinum</i>	1	+	+	1	1		+	2	+	+		1	1	+	+		+		+	1	+
<i>Rubus sp.</i>	+	+	+	+	+	+	1	1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Luzula luzuloides</i>	1	+	+	+	+	1	1	+	+	1	1	+	1	1	1	1	+	+	+	1	+
<i>Deschampsia flexuosa</i>	3	1	2	2	2	2	2	3	1	1	1	3	2	2	2	1	2	2	1	3	1
<i>Galium saxatile</i>	+	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	+	1	1	1	+	2	1	2	1
<i>Picea abies (g)</i>	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	1
<i>Dryopteris dilatata</i>	+	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	3	3	2
<i>Carex pilulifera</i>	2	1	1	+	1	1	2	+	1	1	1	+	+	1	+	1	1	1	1	1	1
<i>Polytrichum formosum</i>	1	2	1	1	1	2	2		1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	+	1	+
<i>Sorbus aucuparia (g)</i>	+	+	+	+	1	1		+		+	+		+	2	+	+	1	+	2	1	+
<i>Rubus idaeus</i>	1		+		1	+	+	+	+	+	1	+	1	1	1	1	1	1	2	2	2
<i>Epilobium angustifolium</i>	+			1	+	+		+	+	1	2	1	1	1	1	2	1	+	2	2	2
<i>Quercus sp. (g)</i>	+			+		+	+			+	+			+		+		+	+	+	+
<i>Atrichum undulatum</i>	+			+				+		+				+	+			1	+		+
<i>Agrostis sp.</i>	+					+	1	+		+	+	+	+	1	+	1		+	+	+	+
<i>Athyrium filix-femina</i>				+				+		1	2	1	1	2	2	2	3	2	2	2	1
<i>Potentilla erecta</i>						+				+	+			+	+		1	1	+		+
<i>Dryopteris filix-mas</i>										+	1			1	1	+	1	+	+	1	+
<i>Epilobium montanum</i>										+	+	+		1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Taraxacum officinale</i>										+	+	+		+	+	+		+	+	+	
<i>Salix caprea (g)</i>										+	+	+		+	1	+	+	1	1	+	+
<i>Fagus sylvatica (g)</i>	1				+					+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sambucus racemosa (a)</i>										+	+	+						+	+	+	+
<i>Galeopsis tetrahit</i>										+	+	+						+		+	
<i>Scrophularia nodosa</i>														+	+	1		+		+	
<i>Digitalis purpurea</i>										+				+	+	+		+	+	1	
<i>Ranunculus nemorosus</i>														+		+	+			+	
<i>Senecio fischeri</i>										+				+	1	+		1	2	+	1
<i>Fragaria vesca</i>														+	+					+	
<i>Mycelis muralis</i>													+	+	+	+					+
<i>Rumex sp.</i>									+								+			+	+
<i>Moehringia trinervia</i>																	+			+	+
<i>Urtica dioica</i>																	+			+	+
<i>Corylus avellana</i>							+			+		+		+		+					
<i>Hypericum pulchrum</i>										+				+							

Recouvrement (en %)	Feu	T				N				P				Ca				P Ca			
Arbre	45	80	75	55	60	65	65	65	65	85	80	65	75	80	80	80	60	80	85	75	65
Herbe	35	40	25	20	30	55	20	55	20	25	35	45	50	45	25	27	60	25	55	55	65
Mousse	5	7	5	7	3	7	7	7	3	2	3	3	1	3	5	2	5	5	1	7	1
Arbuste	5	1	2	2	3	1	2	2	2	1	1	1	2	0	1	2	1	1	3	1	2
Nombre d'espèces herbacées	19	12	13	13	15	14	14	17	15	20	24	22	24	22	29	27	30	22	27	27	28

La comparaison du traitement témoin avec le peuplement feuillu montre que la végétation sous la plantation est globalement comparable à celle de ce peuplement feuillu, c'est-à-dire à caractère nettement acidophile. Sous les épicéas, on constate cependant une abondance nettement plus marquée de *Vaccinium myrtillus*, *Galium saxatile*, *Polytrichum formosum*, des semis d'épicéa et de *Dryopteris dilatata*. Certaines espèces sont moins abondantes : *Deschampsia flexuosa*, *Carex pilulifera*.

Les placettes qui ont été fertilisées avec l'ammonitrate ont vu leur composition floristique peu modifiée par rapport à celle du témoin. Très peu d'espèces nouvelles apparaissent, et elles sont rares (+). Tout au plus peut-on remarquer que la Myrtille se maintient à un niveau comparable à celui du témoin, et que Callune et Bouleau pubescent, acidophiles strictes, sont présents partout.

Le traitement P (qui comporte aussi une part de Ca) entraîne l'apparition de tout un cortège d'espèces :

- des acidoclines, comme *Potentilla erecta*, *Epilobium montanum*, *Galeopsis tetrahit* ;

- des neutroclines à large amplitude, comme *Dryopteris filix-mas*, *Salix caprea* ;

- des neutro-nitroclines, comme *Taraxacum officinale* et *Sambucus racemosa*.

Enfin, les traitements Ca et PCa permettent l'apparition d'autres espèces :

- des acidoclines : *Scrophularia nodosa*, *Digitalis purpurea* ;

- des neutroclines à large amplitude : *Senecio fuchsii*, *Fragaria vesca* ;

- des neutro-nitroclines : *Ranunculus nemorosus*, *Mycelis muralis*.

On constate aussi dans Ca et PCa une plus grande abondance des espèces caractéristiques du mull, telles que *Rubus idaeus*, *Athyrium filix-femina*, *Epilobium angustifolium*, tandis que les espèces du moder deviennent plus rares (*Vaccinium myrtillus*) ou disparaissent (*Betula pubescens*).

Le type d'humus a évolué, dans les traitements Ca et PCa, d'un moder vers un mull acide. Dans les autres traitements, y compris dans P, il n'a pas évolué de façon significative.

## Dispositif des Hospices de Nancy

### ) Description du site expérimental

On trouvera dans Becker et al. (1992) une description complète du site expérimental. Celui-ci a été installé dans la forêt des Hospices de NANCY (Vosges), près du col du Bonhomme. Les sols, très pauvres, varient du

cryptopodzolique à moder au podzol à mor. Ils sont développés sur granite du Brézouard, l'un des plus pauvres du massif vosgien. Le peuplement est une sapinière de 110 ans d'âge moyen en 1969 (date d'installation du dispositif). La végétation initiale était acido-

phile, largement dominée par *Vaccinium myrtillus* et *Deschampsia flexuosa*, accessoirement par *Luzula sylvatica* et *Luzula luzuloides*.

Le dispositif comprend 40 placettes circulaires installées selon un maillage carré de 40x40 m. Il comporte, outre le témoin, 7 traitements avec 5 répétitions :

- 1 T : Témoin ;
- 2 N : 200 kg.ha<sup>-1</sup> de N sous forme d'ammonitrate ;
- 3 P : 150 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme de superphosphate triple ;
- 4 Ca : 1500 kg.ha<sup>-1</sup> de CaO

sous forme de chaux éteinte ;

- 5 NP : Doses et formes des traitements 2 et 3 ;
- 6 NCa : Doses et formes des traitements 2 et 4 ;
- 7 PCa : Doses et formes des traitements 3 et 4 ;
- 8 NPCa : Doses et formes des traitements 2, 3 et 4.

Phosphore et calcium ont été apportés à l'automne 1969, l'azote au printemps 1970. Les engrais ont été épandus dans un rayon de 14 m autour du centre de chaque placette.

## 2 ) Inventaires floristiques et édaphiques

**E**n 1969, les observations de sol ont été faites dans un rayon de 9 m autour du centre de chaque placette (description sommaire de profils, identification du type d'humus).

A l'automne 1989, les mêmes observations ont été effectuées aux mêmes emplacements, complétées par des relevés floristiques exhaustifs. De plus, un deuxième relevé de végé-

tation a été effectué dans la zone tampon (non fertilisée) située entre chaque placette, toujours dans la même direction et à la même distance du centre de la placette. Ces relevés, appelés "adjacents", ont permis de disposer d'un échantillon complémentaire de relevés "témoins".

Les données floristiques ont été traitées au moyen de l'analyse factorielle de correspondances.

## 3 ) Résultats

**L'**axe 1 de l'AFC a été interprété comme l'expression d'un gradient de nutrition minérale auquel répondent les espèces. Les analyses de variance qui suivent ont porté sur les coordonnées des relevés sur cet axe.

Une première analyse de variance des coordonnées des relevés adjacents seuls a permis d'établir l'absence de "pollution" de ces relevés adja-

cents par les traitements dont ils sont voisins (Tableau 2a).

Une seconde analyse portant sur les relevés des placettes traitées a montré que seul le calcium, associé ou non à d'autres éléments, modifie la composition floristique de la végétation de façon significative (Tableau 2b). Ces modifications sont très importantes. On observe en effet :

**Tableau 2 : Dispositif "Hospices de Nancy". Analyse de variance sur les coordonnées des placettes sur l'axe 1 de l'analyse de variance des relevés floristiques. a : Placettes non fertilisées seules ; les parenthèses se rapportent aux relevés "adjacents" à ces placettes. b : Ensemble des placettes ; l'analyse porte sur les différences entre les coordonnées des relevés principaux et celles des relevés "adjacents" correspondants. Les moyennes affectées d'une lettre commune ne diffèrent pas significativement à  $p=0,05$ .**

a			b		
Traitement	Moyenne	Ecart-type	Traitement	Moyenne	Ecart-type
T	72,6 a	15,1	T	3,2 ab	10,3
(T)	75,8 a	19,5			
(N)	70,9 a	8,8	N	2,1 ab	3,7
(P)	80,1 a	14,8	P	7,5 ab	7,6
(Ca)	63,9 a	21,5	Ca	23,6 cd	12,3
(NP)	65,9 a	22,9	NP	6,7 a	13,2
(NCa)	57,8 a	31,2	NCa	14,8 bc	17,1
(PCa)	66,5 a	15,1	PCa	35,6 d	12,6
(NPCa)	66,6 a	6,7	NPCa	35,7 d	8,3
Degrés de liberté :					
des traitements		8			7
de l'erreur		32			28
F traitement		0,96 ns			9,53 **

- une invasion d'espèces neutrophiles ou neutro-nitrophiles, comme *Sambucus racemosa*, *Urtica dioica*, *Silene dioica*, *Stellaria nemorum*, *Galium rotundifolium*, *Cardamine amara*. Ces espèces indiquent également une meilleure économie de l'eau.

- une extension considérable de *Festuca altissima*, dont le recouvrement peut dépasser 75% de la surface du relevé. L'extension de la Fétuque s'accompagne de l'apparition de *Senecio fuchsii*, *Athyrium filix-femina* et *Digitalis purpurea*. D'autres espèces, acidoclines, voient leur fréquence et/ou leur abondance augmenter : *Prenanthes purpurea*, *Solidago virgaurea*, *Oxalis acetosella*

et *Rubus idaeus*.

Parallèlement, mais de façon moins spectaculaire, on observe une régression (en fréquence et/ou recouvrement) de *Deschampsia flexuosa*, *Polytrichum formosum*, *Sorbus mougeoti*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum cupressiforme*, et surtout de *Vaccinium myrtillus*.

La comparaison des types d'humus observés en 1969 et 1989 est également intéressante : alors que l'on n'observe aucune évolution significative dans les témoins et les traitements sans calcium, tous les placeaux enrichis en Ca ont vu leur humus évoluer vers un mull-moder, voire un mull acide.

# Dispositifs DEFORPA

## 1 ) Description des dispositifs expérimentaux

Les sites expérimentaux des forêts domaniales de Mortagne et de Vologne (Vosges lorraines), et des forêts communales de Grendelbruch et de Russ (Vosges alsaciennes), installés dans le cadre du programme DEFORPA, étaient destinés à vérifier l'effet bénéfique d'une fertilisation sur l'état sanitaire de sapinières adultes d'aspect dépérissant (jaunissement et perte d'aiguilles) (Bonneau, 1988 ; Bonneau et Landmann, 1989 ; Lebourgeois, 1991).

Tous les dispositifs ont été installés selon le même schéma :

- deux blocs de cinq traitements (10 placeaux par implantation) ;

- épandage des engrais, mesures et/ou observations sur un carré central de 30 m de côté (bandes d'isolement de 10 m de large) ;

- placeaux de 50x50 m ;

Outre les témoins, les traitements suivants ont été appliqués en mai 1985 sur tous les dispositifs :

- Ca : 2500 kg.ha<sup>-1</sup> de calcaire broyé (Recalcit) et 400 kg de chaux vive. Ceci correspond à un apport de 1520 kg.ha<sup>-1</sup> de CaO ;

- CaMg : 2500 kg.ha<sup>-1</sup> de "Recalcit magnésien" à 12% de MgO, et 400 kg de chaux magnésienne vive, ce qui correspond à 1590 kg de CaO et 450 kg de MgO ;

- KMg : 500 kg.ha<sup>-1</sup> de Kalimagnésia (ou Patentkali : sulfate double de calcium et magnésium), qui dose 30% de K<sub>2</sub>O et 10% de MgO ;

- NPKCaMg : à un apport identique au traitement CaMg, on a ajouté 200 kg.ha<sup>-1</sup> d'azote (sous forme d'ammonitrate), 200 kg d'acide phosphorique (superphosphate triple) et 150 kg de K<sub>2</sub>O (sous forme de sulfate de potassium).

## 2 ) Inventaire floristique

Le carré d'observation de 30 m de côté a fait l'objet d'un relevé floristique complet. Ces relevés ont été effectués en septembre-octobre 1990 pour Mortagne

et Vologne, en juin 91 pour Grendelbruch et Russ. Les données floristiques ont été traitées par analyse factorielle des correspondances.

## 3 ) Résultats

L'analyse factorielle a permis de caractériser les quatre dispositifs expérimentaux quant à leur richesse minérale initiale

et à leur réserve utile en eau : Vologne, très pauvre et le plus sec ; Mortagne, très pauvre et moyennement humide ; Russ, moyennement



humide et le plus riche ; Grendelbruch, assez riche et le mieux alimenté en eau.

Quantitativement, l'impact de la fertilisation est encore peu marqué sur la végétation. Qualitativement, on observe dans les quatre sites un enrichissement net en espèces neutro-nitrophiles dans les traitements où intervient le calcium. Le traitement KMg n'entraîne pratiquement aucun changement perceptible à la date des relevés.

Sur le site de Mortagne, apparaissent en particulier *Epilobium montanum*, *Sorbus aria*, *Oxalis acetosella*, *Veronica officinalis*, *Salix caprea*, *Luzula pilosa*.

Sur le site de la Vologne, apparaissent *Epilobium montanum*, *Sorbus aria*, *Frangula alnus*, *Luzula pilosa*, *Urtica dioica*.

Sur le site de Grendelbruch, apparaissent *Festuca altissima*, *Acer pseudoplatanus*, *Rubus idaeus*,

*Mycelis muralis*, *Epilobium angustifolium*, *Epilobium montanum* dans tous les traitements où figure Ca. Apparaissent dans au moins deux traitements avec Ca : *Senecio fuchsii*, *Urtica dioica*, *Mycelis muralis*, *Salix caprea*, *Taraxacum officinale*.

Sur le site de Russ, et selon les traitements, apparaissent dans au moins deux traitements : *Stachysylvatica*, *Cardamine pratensis*, *Paris quadrifolia*, *Silene dioica*, *Urtica dioica*, *Veronica montana*.

La plupart de ces espèces ont un caractère neutro-nitrophile plus ou moins affirmé.

L'axe 1 de l'analyse factorielle a permis de définir, pour chaque plateau, un indice floristique de fertilité du sol, qui correspond à la coordonnée du relevé sur cet axe. La figure 1 montre la relation étroite entre la flore et le milieu, ainsi que l'incidence des traitements sur l'évolution de la végétation spontanée (enrichissement des plateaux fertilisés avec Ca).

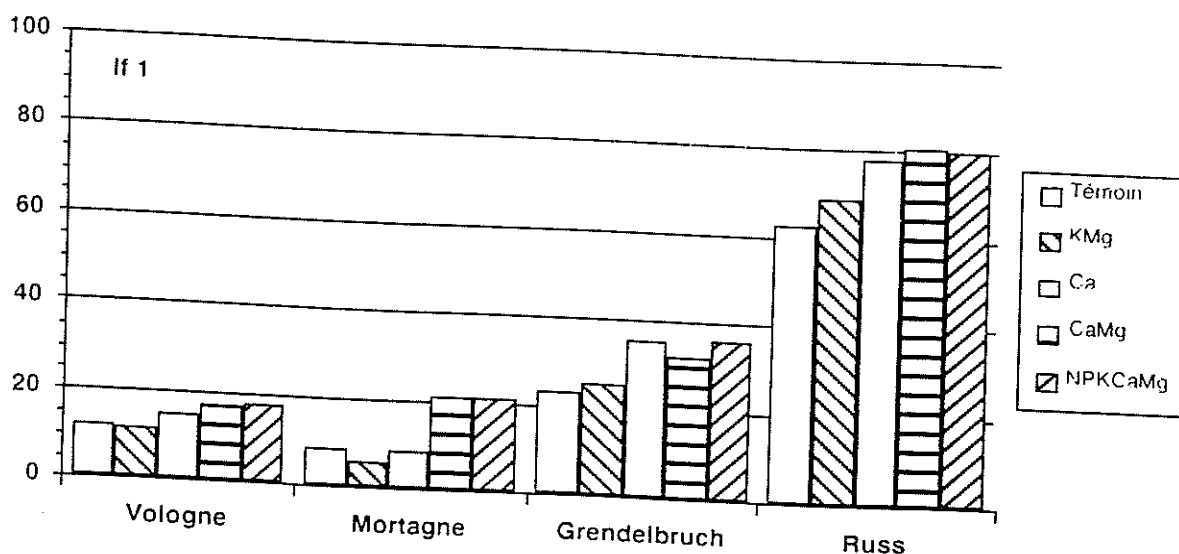


Figure 1 : Dispositifs DEFORPA - Indice de fertilité (If1) selon le site et le traitement.

Parallèlement, on observe, sur les placettes fertilisées avec Ca, un changement du type d'humus qui évolue d'un moder à un mull ou à un mull-

moder selon les sites (tableau 3). On peut remarquer que le traitement KMg n'a en général pas d'effet.

**Tableau 3 : Dispositifs DEFORPA - Type d'humus en 1990 selon le site et le traitement.**

Site	Traitement	Type d'humus en 1990
Vologne	Témoin	Moder
	Ca	Mull
	CaMg	Mull
	KMg	Moder
	NPKCaMg	Mull-moder
Mortagne	Témoin	Moder
	Ca	Mull-moder
	CaMg	Mull-moder
	KMg	Mull-moder
	NPKCaMg	Mull
Grendelbruch	Témoin	Moder
	Ca	Mull-moder
	CaMg	Mull-moder
	KMg	Moder
	NPKCaMg	Mull-moder
Russ	Témoin	Mull-moder
	Ca	Mull
	CaMg	Mull-moder
	KMg	Mull-moder
	NPKCaMg	Mull

## Dispositif de Darney

### 1) Description du site expérimental

Ce dispositif est décrit complètement dans Frochot *et al.* (1986). Il a été installé en forêt domaniale de DARNEY (88), dans une hêtraie adulte à *Deschampsia flexuosa* (tapis continu et quasi monospécifique). Outre la Canche, on a rencontré en très faible quantité *Vaccinium myrtillus*, *Carex pilulifera*, *Luzula luzuloides*, *Polytrichum formosum* et des semis de Hêtre.

Deux traitements ont été appli-

qués :

- Ca : 1500 kg.ha<sup>-1</sup> de CaO sous forme de calcaire broyé ;

- NPKCa : 150 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme de scories ; 1500 kg.ha<sup>-1</sup> de CaO sous forme de scories et de calcaire broyé ; 150 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O sous forme de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ; 200 kg.ha<sup>-1</sup> de N sous forme d'ammonitrate.

Les engrais ont été épandus entre le 22 et le 24 avril 1981.

## Inventaire floristique

Le dispositif comportait trois placeaux de 50x50 m : Témoin, Ca, NPKCa. Pour observer l'évolution du tapis de *Deschampsia flexuosa*, on a installé 5 bandes de 8 m de long et 40 cm de large (surface de 3,2 m<sup>2</sup>) dans un carré central de 30 m de côté (bandes d'isolement de 10 m). Les observations ont été faites au moyen d'un cadre métallique de 80x40 cm sur lequel une cordelette tendue tous les 10 cm délimitait 32 carrés de 10x10 cm. Les bandes ont été inventoriées

sur toute leur longueur au moyen de ce cadre. Ont été observés :

- le recouvrement de la Canche ;
- sa fréquence d'apparition (nombre de carrés où il y a au moins une talle enracinée).

On a noté également l'apparition éventuelle d'espèces nouvelles. Les observations ont été faites trois fois par an de 1981 à 1986 : au printemps (avril), en été (août) et à l'automne (octobre).

## Résultats

Globalement, fréquence et recouvrement donnent des résultats analogues. La mesure de la fréquence s'est révélée cependant plus stable dans le temps (elle est moins sujette que le recouvrement aux fluctuations saisonnières), et elle a permis de prévoir précocement l'évolution de la strate herbacée.

La figure 2 rend compte de l'évolution du tapis de Canche avec le

temps. On remarque la réponse très différente aux traitements Ca et NPKCa : alors que la fréquence de la Canche a décru régulièrement entre 1981 et 1983 dans le traitement Ca (pour rester ensuite à peu près stable jusqu'en 1986), elle n'a pratiquement pas varié dans NPKCa.

Contrairement aux autres dispositifs, pratiquement aucune apparition d'espèce nouvelle n'a été observée à Darney.

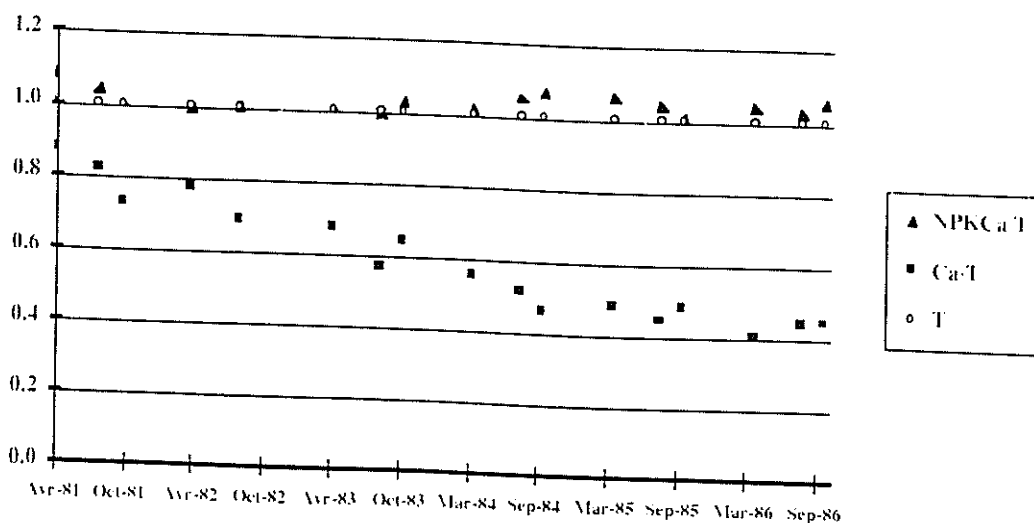


Figure 2 : Evolution de la fréquence de la Canche en fonction du temps et du traitement.

## Conclusion

Toutes les expériences rapportées ici montrent que l'apport de Ca dans un peuplement forestier en milieu acide se traduit par des modifications importantes et relativement rapides de la végétation herbacée. Ces modifications se traduisent le plus souvent par l'apparition de nombreuses espèces à caractère neutro-nitrophile, qui traduisent une amélioration du niveau de nutrition minérale de la végétation. Cet effet n'est pas dû à l'action directe de l'azote, dont l'application seule n'entraîne aucune modification à moyen ou long terme de la végétation spontanée, mais plutôt à une action indirecte du calcium sur le fonctionnement des humus.

Sur tous les sites expérimentaux, et quel que soit l'humus de départ, on

observe un passage de types très acides (mor ou moder) vers des types plus mésotrophes (mull ou mull acide). Ces changements reflètent une amélioration de l'activité biologique, une minéralisation plus active de la matière organique, et une libération accrue et régulière d'azote assimilable bien traduite par la végétation herbacée.

Seul le dispositif de Darney se singularise quelque peu, d'une part par l'absence d'apparition d'espèces nouvelles, d'autre part en ce que l'adjonction d'autres éléments au calcium (N, P et K) annule totalement l'effet de l'apport de Ca seul sur le tapis de Canche flexueuse. Aucune explication vraiment satisfaisante n'a pu être fournie à ces observations.

## Références

- Becker M., Bonneau M., Le Tacon F., 1992. Long-term vegetation changes in an *Abies alba* forest : natural development compared with response to fertilization. *Journal of Vegetation Science*, 3, 467-474.
- Bonneau M., 1988. Essais de fertilisation dans les Vosges. Journées de travail DEFORPA, Vol 1, Palais des congrès de Nancy, 6.63-6.79.
- Bonneau M., Landmann G., 1989. Premiers effets de la fertilisation minérale sur la restauration de l'état de santé du Sapin et de l'Epicéa dans les Vosges. Journées de travail DEFORPA, Vol 4, INRA-CNRF Nancy, 1-19.
- Fehlen N., 1992. Etude dendroécologique d'une plantation d'Epicéa commun (*Picea abies* (L.) Karst.) adulte fertilisée dans les Ardennes. D.E.A. de Biologie Forestière, Université, de Nancy I, 23 p. + annexes.
- Frochot H., Picard J-F., Dreyfus Ph., 1986. La végétation herbacée obstacle aux plantations. *Rev. For. Fr.* 38, 271-279.
- Lebourgeois F., 1991. Modifications observées à la suite d'une fertilisation dans diverses sapinières dépérissantes des Vosges. Etude phytoécologique et dendrochronologique. DEA en Ecologie générale et Production végétale, Univ. Paris XI (Orsay), 52 p. + annexes.
- Le Tacon F., Oswald H., Perrin R., Picard J-F., Vincent J-P., 1976. Les causes de l'échec de la régénération naturelle du Hêtre à la suite de la faînée de 1974. *Rev. For. Fr.* 28, 427-446.
- Neilson R. P., 1987. Biotic regionalization and climatic controls in western North America. *Vegetatio*, 70, 135-147.

- Nys C.**, 1987. Fonctionnement du sol d'un écosystème forestier : études des modifications dues à la substitution d'une plantation d'Epicéa commun (*Picea abies* Karst.) à une forêt feuillue mélangée des Ardennes. Thèse de l'Université de Nancy I, 208 p.
- Nys C.**, 1989. Fertilisation, dépérissement et production de l'Epicéa commun (*Picea abies*) dans les Ardennes. Rev. For. Fr. 41, 336-347.
- Rameau J-C.**, 1987. Contribution phyto-écologique et dynamique à l'étude des écosystèmes forestiers. Thèse d'Etat, Université de Franche-Comté, Besançon, 344 p.
- Slak M-F.**, 1980. Dynamique de la flore forestière en hêtraie soumise à diverses intensités d'éclaircie. Mémoire ENITA Dijon, 150 p.
- Thimonier A., Dupouey J-L., Timbal J.**, 1992. Floristic changes in the herb-layer vegetation of a deciduous forest in the Lorraine Plain under the influence of atmospheric deposition. Forest Ecology and Management, 55, 149-167.
- Toutain F., Diagne A., Le Tacon F.**, 1987. Effets d'apports d'éléments minéraux sur le fonctionnement d'un écosystème forestier de l'Est de la France. Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol, 24, 283-300.