

ÉTUDE DES MODIFICATIONS À LONG TERME DE LA VÉGÉTATION FORESTIÈRE À PARTIR DES DONNÉES DE L'IFN

CATHERINE CLUZEAU - JEAN-LUC DUPOUEY - JACQUES DRAPIER - RAYMONDE VIRION

La végétation herbacée est un bon indicateur des conditions environnementales (fertilité des sols, alimentation hydrique et microclimat). L'étude de sa dynamique à long terme permet donc de suivre l'évolution de plusieurs paramètres clés de l'écosystème forestier : niveau de nutrition en azote, acidité du sol, bilan hydrique. De plus, dans une optique de gestion durable, il est nécessaire de suivre l'évolution de la composition et de la richesse des communautés végétales elles-mêmes, en tant que composantes de la diversité des écosystèmes forestiers.

Les premiers résultats obtenus à l'INRA au cours des années 1990 ont montré que la végétation s'était fortement modifiée dans le Nord-Est de la France, indiquant un fort enrichissement en azote et une acidification des sols au cours des vingt dernières années (Thimonier *et al.*, 1992 ; Thimonier *et al.*, 1994 ; Dupouey *et al.*, 1999). Cependant, ces résultats ont été obtenus sur un nombre limité de points, échantillonnés de façon subjective. En particulier, cet échantillonnage ne permettait pas d'isoler les effets des changements de l'âge ou de la structure des peuplements de ceux des variations environnementales à long terme.

L'IFN réalise des relevés phytoécologiques de façon systématique sur l'ensemble de ses placettes depuis 1992 (1985 dans le Nord-Est). En 2005, l'ensemble du territoire aura été couvert par un premier cycle de cet inventaire de la végétation et, en 2016, deux cycles complets seront disponibles. L'IFN travaille à l'échelle du département avec une périodicité de 10-12 ans entre inventaires. La comparaison des relevés entre inventaires successifs pourrait permettre de suivre les changements environnementaux sur l'ensemble du territoire. D'autre part, les données de végétation de l'IFN présentent l'avantage de pouvoir être couplées avec des données précises de description des peuplements forestiers (âges, volumes, surfaces terrières). On pourra donc ainsi en partie étudier l'impact des changements liés aux actions humaines directes (choix des essences, structures forestières ou types de sylviculture) et les séparer de l'impact des changements environnementaux.

L'objectif de ce travail, réalisé dans le cadre du programme "Forêts et modifications de l'environnement" du GIP Ecofor, est de mettre en place une méthodologie adéquate de suivi de la dynamique de la végétation à partir des relevés de l'IFN.

Le département des Ardennes et plus particulièrement la région forestière de l'Ardenne primaire sera le premier testé puisqu'on dispose d'ores et déjà de deux cycles d'inventaire avec des relevés phytoécologiques pour ce département : 1987 (2^e cycle IFN) et 1998 (3^e cycle IFN).

Lors de ce premier test, on essaiera, sur la base des données déjà disponibles dans les Ardennes, de confirmer les observations antérieures d'une eutrophisation et d'une acidification de la végé-

tation herbacée du Nord-Est de la France et de l'Europe de l'Ouest en général (Falkengren-Grerup et Tyler, 1991 ; Diekmann et Dupré, 1997).

MÉTHODES

Qualité des données

La première étape de cette étude consiste à identifier les problèmes spécifiques à la méthode d'inventaire de l'IFN et à sélectionner les espèces et les relevés pouvant être comparés.

Les placettes IFN ne sont pas permanentes d'un cycle à l'autre. Cependant, l'échantillonnage est basé sur une stratification garantissant une bonne représentativité des différents écosystèmes forestiers (hormis les forêts peu ou pas exploitées) à chaque date.

Les relevés sont effectués en toute saison et chaque passage de l'IFN dans un département ne commence pas toujours à la même date. Il faut tenir compte de cet effet date dans la comparaison inter-cycles. Pour plus de détails sur les méthodes de relevé phytoécologique de l'IFN, voir Drapier et Cluzeau (2001).

Analyse des données

Les espèces retenues à l'issue de la première étape sont comparées aux deux cycles d'inventaire pour les paramètres suivants :

- fréquence de présence de l'espèce (nombre de relevés où l'espèce a été observée divisé par le nombre de relevés total) ;
- histogramme d'abondance-dominance de l'espèce (non présenté ici) ;
- carte de répartition des espèces.

D'autre part, on calcule et compare aux deux cycles les valeurs des coefficients indicateurs d'El-lenberg *et al.* (1991) et de Gégout (2001). Ces auteurs ont attribué à chaque espèce végétale une valeur indicatrice reflétant son niveau d'affinité vis-à-vis des principaux facteurs du milieu (température, humidité, acidité du sol...). Ces valeurs indicatrices, moyennées pour l'ensemble des espèces présentes dans un relevé, permettent de définir les caractéristiques écologiques d'un site à partir de sa végétation (Dupouey *et al.*, 1999).

Caractéristiques de l'échantillon

La région forestière de l'Ardenne primaire est située au nord du département des Ardennes. Sa surface forestière est de 66 342 ha (146 135 ha pour l'ensemble du département) pour un taux de boisement de 68 %. En 1987, 324 placettes IFN (sur 521 au total pour cette région forestière) ont fait l'objet d'un relevé phytoécologique entre les mois de juillet et septembre (IFN, 1991 ; Drapier, 1989). Au deuxième passage, toutes les placettes, soit 499, ont fait l'objet d'un relevé phytoécologique sur une période allant d'avril 1998 à mars 1999.

RÉSULTATS

Les comparaisons de fréquence entre cycles ont été réalisées uniquement sur les relevés effectués entre les mois de mars et août. Le choix d'une période commune, coïncidant avec la saison

de végétation, permet de limiter les variations de fréquence dues à la saison. D'autre part, cette période a été choisie de façon à avoir le plus de relevés possible pour les deux cycles.

En 1987, la majorité des relevés (99 % soit 319 relevés) a été effectuée entre mars et août. Au cycle suivant (1998-99), 55 % des relevés (soit 273) seulement ont été effectués durant les mois de mars à août.

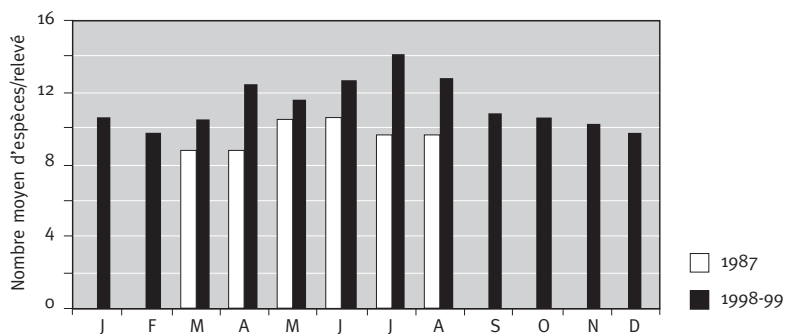
Nombre d'espèces

Le nombre d'espèces observées a globalement augmenté entre les deux cycles ainsi que le nombre moyen d'espèces par relevé (tableau I et figure 1). 108 espèces sont communes aux deux cycles, 55 "apparaissent" au cycle 3 et 18 espèces présentes au cycle 2 n'ont plus été observées au cycle 3.

TABEAU I Nombre d'espèces observées dans la région forestière de l'Ardenne primaire durant les inventaires de 1987 et 1998-1999

	Toutes saisons			Mars à août		
	Nombre d'espèces par relevé	Nombre de relevés	Nombre d'espèces total	Nombre d'espèces par relevé	Nombre de relevés	Nombre d'espèces total
Cycle 2 (1987)	9,8	324	137	9,8	319	126
Cycle 3 (1998)	11,4	499	174	12,3	273	163

FIGURE 1 NOMBRE MOYEN D'ESPÈCES PAR RELEVÉ ET PAR MOIS POUR CHAQUE CYCLE D'INVENTAIRE



Fréquence des espèces

Les changements de fréquence des espèces entre les deux cycles sont compris entre - 5 % et + 19 % pour la période de mars à août. Les trois quarts de ces changements correspondent à une augmentation de la fréquence de présence en 1998.

Pour analyser les causes de ces changements, on élimine les espèces dont l'identification est réputée délicate et celles qui sont très peu représentées (présentes dans moins de 5 relevés).

Quelques espèces parmi celles présentant les variations positives et négatives les plus importantes sont présentées dans le tableau II ci-dessous.

D'une manière générale, on note une augmentation des espèces colonisant les coupes forestières comme *Digitalis purpurea*, *Teucrium scorodonia*, *Holcus mollis*, *Rubus fruticosus*, *Urtica dioica*, et des espèces subatlantiques comme *Ilex aquifolium* (figure 2, p. 417), et une diminution des espèces de forêts anciennes comme *Convallaria maialis*, *Polygonatum multiflorum*, *Viola reichenbachiana*.

TABLEAU II **Évolution des fréquences de quelques espèces entre 1987 et 1998 pour la région forestière de l'Ardenne primaire**

Espèce	Fréquence 1987 (%)	Fréquence 1998 (%)	Changement de fréquence (%)
<i>Frangula alnus</i>	16,6	12,5	-4,1
<i>Convallaria maialis</i>	4,4	0,7	-3,7
<i>Vaccinium myrtillus</i>	51,7	49,6	-2,1
<i>Polygonatum multiflorum</i>	3,8	2,2	-1,6
<i>Viola reichenbachiana</i>	2,2	0,7	-1,5
<i>Sorbus aucuparia</i>	52,0	50,7	-1,3
<i>Corylus avellana</i>	26,6	25,4	-1,3
<i>Stellaria holostea</i>	3,4	2,6	-0,9
<i>Molinia caerulea</i>	13,5	20,6	+7,1
<i>Juncus sp.</i>	5,3	12,5	+7,2
<i>Holcus mollis</i>	18,2	26,1	+7,9
<i>Deschampsia cespitosa</i>	8,2	16,2	+8,0
<i>Deschampsia flexuosa</i>	59,9	68,4	+8,5
<i>Fagus sylvatica</i>	27,3	36,8	+9,5
<i>Rubus fruticosus</i>	60,5	71,0	+10,5
<i>Ilex aquifolium</i>	8,5	20,6	+12,1
<i>Cytisus scoparius</i>	7,2	19,5	+12,3
<i>Teucrium scorodonia</i>	5,0	21,3	+16,3
<i>Digitalis purpurea</i>	1,6	20,6	+19,0

Indicateurs de milieu

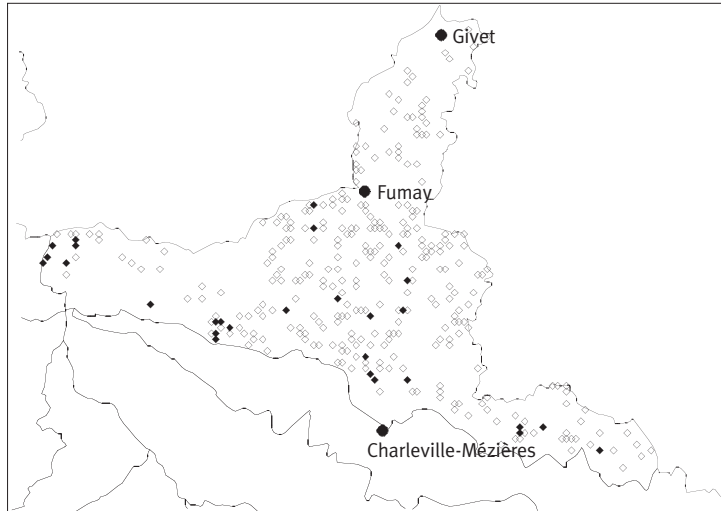
Les valeurs moyennes des indicateurs d'Ellenberg *et al.* (1991) et de Gégout (2001) ont été estimées pour chacun des deux cycles, puis comparées. On constate que le coefficient K d'Ellenberg, correspondant au degré de continentalité du climat, diminue nettement, ce qui indique des conditions plus atlantiques au dernier cycle. Les coefficients de température et d'humidité diminuent légèrement. D'après les indicateurs trophiques, la disponibilité en azote a tendance à augmenter et la charge des sols en cations basiques ainsi que la capacité d'échange cationique (CEC) à diminuer.

DISCUSSION

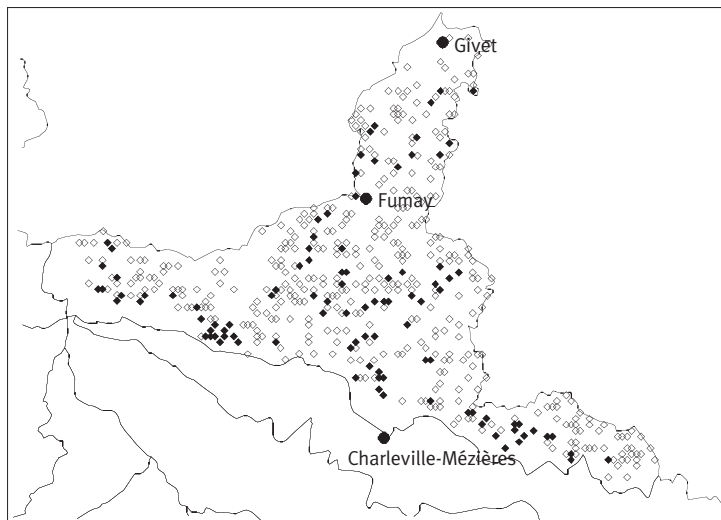
L'augmentation du nombre d'espèces et du nombre moyen d'espèces par relevé entre les deux cycles est en partie due à l'amélioration de la compétence des équipes. Par contre, l'augmenta-

FIGURE 2
PRÉSENCE DU HOUX
(losanges noirs pleins)
DANS LES RELEVÉS
PHYTOÉCOLOGIQUES
DE L'IFN

Ardenne primaire 1987
 Fréquence globale
 du Houx : 8,5 %



Ardenne primaire 1998
 Fréquence globale
 du Houx : 20,6 %



tion de la fréquence des espèces hélio-nitrophiles et l'évolution des valeurs indicatrices concernant le climat et les sols ne peuvent s'expliquer que par des modifications de

la structure des forêts (action directe de l'homme) ou des conditions environnementales (climat...).

L'étude des caractéristiques des peuplements montre que la proportion de coupes d'éclaircie réalisées dans les 5 ans précédant l'inventaire est plus importante dans l'échantillon de 1998 que dans celui de 1987 (tableau III, p. 418). Cette observation est valable pour l'ensemble du département des Ardennes (IFN, à paraître).

D'autre part, la proportion de peuplements caractérisés par un faible couvert (couvert des arbres recensables inférieur à 10 %, ou couvert des arbres recensables supérieur à 10 % mais couvert total inférieur à 75 %) a augmenté et celle des peuplements fermés (couvert des arbres recensables supérieur à 10 % et couvert total supérieur à 75 %) a diminué indiquant une ouverture des peuplements (tableau III, p. 418).

TABLEAU III **Caractéristiques des peuplements échantillonnés à chaque cycle, en pourcentage du nombre de placettes (voir le texte ci-dessus).**
 “a.r.” signifie arbres recensables et “tot” total

	Coupes de moins de 5 ans	Couvert a.r. < 10 % tout couvert tot	Couvert a.r. ≥ 10 %	
			couvert tot < 75 %	couvert tot ≥ 75 %
1987	20 %	9 %	4 %	87 %
1998-1999	33 %	12 %	13 %	75 %

CONCLUSIONS

Cette première comparaison des relevés IFN réalisés en 1987 et en 1998 apporte divers enseignements :

- malgré l’existence probable de biais liés aux dates et observateurs, en particulier sur l’estimation de la richesse spécifique, on observe en 11 ans des changements non aléatoires de la végétation ;
- on confirme dans l’Ardenne primaire la progression des espèces nitrophiles et acidiphiles observée antérieurement ;
- mais surtout, on constate une forte progression des espèces de milieux ouverts, au détriment des espèces de forêts anciennes. L’ouverture des peuplements est probablement à l’origine de ce changement de la diversité régionale ;
- enfin, l’augmentation du caractère atlantique de la végétation suggère une possible dérive climatique qui reste à confirmer.

Cette étude sera poursuivie par l’analyse des données du Haut-Rhin qui présente un plus grand nombre de relevés et une plus grande diversité des conditions écologiques.

Catherine CLUZEAU - Jacques DRAPIER - Raymonde VIRION
 INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL
 Échelon de Nancy
 14, rue Girardet
 CS 4216
 F-54042 NANCY CEDEX
 (ccluzeau@ifn.fr)
 (jdrapier@ifn.fr)
 (rvirion@ifn.fr)

Jean-Luc DUPOUEY
 Équipe Phytoécologie forestière
 INRA
 F-54280 CHAMPENOUX
 (dupouey@nancy.inra.fr)

BIBLIOGRAPHIE

- DIEKMANN (M.), DUPRÉ (C.). — Acidification and eutrophication of deciduous forests in northwestern Germany demonstrated by indicator species analysis. — *J. Veg. Sci.*, 8, 1997, pp. 855-864.
- DRAPIER (J.). — Catalogue des stations forestières de l’Ardenne primaire. — Nancy : IFN, 1989. — 156 p.
- DUPOUEY (J.-L.), THIMONIER (A.), BOST (F.), BECKER (M.), PICARD (J.-F.), TIMBAL (J.). — Changements de la végétation dans les forêts du Nord-Est de la France entre 1970 et 1990. — *Revue forestière française*, vol. LI, n° 2, 1999, pp. 219-230.

- DRAPIER (J.), CLUZEAU (C.). — La Base de données écologiques de l'IFN. *In* : Actes du séminaire IFN 2000 "Collecte et utilisation des données forestières". — *Revue forestière française*, vol. LIII, n° 3-4, 2001, pp. 365-371.
- ELLENBERG (H.), WEBER (H.E.), DÜLL (R.), WIRTH (V.), WERNER (W.), PAULIBEN (D.). — Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. — *Scripta geobotanica*, 18, 1991, 248 p.
- FALKENGREN-GRERUP (U.), TYLER (G.). — Dynamic floristic changes of Swedish beech forest in relation to soil acidity and stand management. — *Vegetatio*, 95, 1991, pp. 149-158.
- GÉGOUT (J.-C.). — Création d'une base de données phytoécologiques pour déterminer l'autécologie des espèces de la flore forestière de France. *In* : Actes du séminaire IFN 2000 "Collecte et utilisation des données forestières". — *Revue forestière française*, vol. LIII, n° 3-4, 2001, pp. 397-403.
- IFN. — Département des Ardennes, 2^e inventaire forestier du département. — Nancy : IFN, 1991. — 141 p.
- IFN. — Département des Ardennes, 3^e inventaire forestier du département. — Nancy : IFN (à paraître).
- THIMONIER (A.), DUPOUEY (J.-L.), TIMBAL (J.). — 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, 1992, pp. 149-167.
- THIMONIER (A.), DUPOUEY (J.-L.), BOST (F.), BECKER (M.). — Simultaneous eutrophication and acidification of a forest ecosystem in north-east France. — *The New Phytologist*, vol. 126, n° 3, 1994, pp. 533-539.