Zeitschrift: Mycologia Helvetica

Herausgeber: Swiss Mycological Society

Band: 9 (1997)

Heft: 2

Artikel: Diminution des champignons mycorhiziques dans une forêt suisse : une étude rétrospective de 1925 à 1994 = Decrease of mycorrhizal macrofungi in a Swiss forest : a retrospective study from 1925 to 1994

Autor: Boujon, C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1036361

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mycologia Helvetica **9(2): 117–132, 1997**

Diminution des champignons mycorhiziques dans une forêt suisse: une étude rétrospective de 1925 à 1994.

Decrease of mycorrhizal macrofungi in a Swiss forest: a retrospective study from 1925 to 1994.

C. Boujon

Av. des Amazones 10, CH-1224 Chêne-Bougeries/Genève

Summary – Changes in the composition of the macromycete flora in a Swiss forest were studied by comparing excursion reports from 1925 to 1994. The forest is situated near Ballens, a small village in the west part of Switzerland. The studied region makes a surface of 3.3 km^2. The evolution of the mycoflora was investigated by comparing five excursion reports in each of three periods of twelve years length (period 1: 1925–1937, period 2: 1964–1976, period 3: 1977–1989). For each excursion report the number of macromycetes was determined and numbers and proportions of species of various functional and taxonomical groups were calculated, including numbers and proportions of edible species. Moreover, the frequency was calculated in each period for 204 species or groups of species. Finally, the species richness of the investigated area was evaluated with the help of a species summationsgraphic.

Compared to the first period, the mycorrhizal species have significantly decreased in the second and third periods, whereas not a single species shows a significant increase. Terrestrial saprophytes are stable. Lignicolous fungi have significantly increased in the third period. These changes are not related to the species being edible or not. The following taxonomic groups are in regression: *Aphyllophorales, Lactarius, Cortinariaceae, Tricholoma* and mycorrhizal species of the order Boletales. Factor(s) for these changes are not known in our case, but it is possible that nitrogen deposition plays a major role, because *Tricholoma, Cortinarius* and species belonging to the genus *Sarcodon* and *Cantharellus*, that are decreasing, grow on soil poor in nitrogen. However, the role of air pollutants or of forest soil acidification cannot be excluded. Possible causes for increase of wood-inhabiting macrofungi are: decrease of forest vitality, ageing of trees and less accurate forest management, leaving dead wood on soil.

Résumé – L'évolution de la composition des macromycètes en forêt suisse fut étudiée en comparant des listes établies lors d'excursions mycologiques de 1925 à 1994. La forêt étudiée est située près du village de Ballens à l'ouest de

la Suisse et couvre une surface de 3.3 km^2. L'évolution de la mycoflore fut étudiée en comparant trois périodes d'une durée de 12 ans (période 1: 1925–1937, période 2: 1964–1976, période 3: 1977–1989). Cinq listes d'excursions établies dans chacune des trois périodes servirent à la comparaison. Pour chaque liste, le nombre d'espèces de macromycètes fut déterminé; les nombres et les pourcentages d'espèces appartenant à différents groupes fonctionnels et taxonomiques furent calculés, y compris ceux des espèces comestibles. De plus, la fréquence de 204 espèces ou groupes d'espèces fut calculée pour chaque période. Finalement, une courbe de sommation des espèces répertoriées fut établie, afin d'évaluer la richesse mycologique en macromycètes de la région étudiée.

Par comparaison à la première période, les espèces mycorhiziques sont en diminution significative dans la deuxième et la troisième période, alors qu'aucune d'entre elles n'est en augmentation significative. Les saprophytes terrestres sont stables. Les espèces lignicoles sont augmentées dans la troisième période. Ces variations sont indépendantes de la comestibilité des espèces. Les groupes taxonomiques suivants sont en régression: *Aphyllophorales, Lactarius, Cortinariaceae, Tricholoma* et espèces mycorhiziques de l'ordre des *Boletales.* Les causes de ces modifications ne sont pas connues dans notre cas. Il est possible que des dépôts d'azote dans le sol jouent un rôle majeur, puisque les champignons des genres *Tricholoma* et *Cortinarius,* ainsi que des espèces appartenant aux genres *Sarcodon* et *Cantharellus,* qui sont en diminution significative, fructifient sur des sols pauvres en composés azotés. Cependant, un rôle de la pollution atmosphérique ou d'une acidification du sol des forêts ne peut pas être exclu. Les causes possibles de l'augmentation des champignons poussant sur le bois sont: une diminution de la vitalité des forêts, un vieillissement de celles-ci et une gestion forestière laissant une plus grande quantité de bois mort en forêt.

Introduction

Ces dernières années, une diminution des sporophores de macromycètes fut constatée en Allemagne (Derbsch et Schmitt, 1984; Winterhoff, 1992; Schmid, 1996), aux Pays-Bas (Arnolds, 1988; 1989) et en Suisse (Egli et al., 1995). Les espèces mycorhiziques, ainsi que les saprophytes poussant dans les prairies, sont en régression (Derbsch et Schmitt, 1984; Arnolds, 1988; 1989; Egli et al., 1995; Schmid, 1996), alors que les macromycètes saprophytes ou parasites lignicoles sont en augmentation (Arnolds, 1988; 1989; Egli et al., 1995).

En Suisse, des études furent entreprises depuis 1975 dans la réserve mycologique de la Chanéaz (Fribourg), mais des données remontant à un passé plus lointain font largement défaut (Egli et al., 1995).

Ce travail a pour but d'étudier l'évolution de la mycoflore d'une forêt suisse entre 1925 et 1994, pour fournir des éléments de réflexion concernant la protection des champignons.

Matériel et méthodes

La forêt étudiée se situe dans le canton de Vaud, au sud du village de Ballens, à environ 700 m d'altitude, se compose de sept régions (Les Tailles, Le Paudex, Cravonet, Les Coteires, Le Bioley, Bois d'Etoy, Marmontan) et couvre une surface de 3,3 km² (coordonnées: 154.00 à 155.650 X 518.00 à 520.00 de la carte nationale de la Suisse au 1:25000, No. 1242, 1992) (figure 1). Il s'agit d'une forêt mixte de feuillus et de conifères, sur sol molassique, contenant une zone marécageuse. L'évolution de la mycoflore fut étudiée par comparaison d'anciennes et de nouvelles listes, établies lors d'excursions annuelles de la Société mycologique de Genève, entre fin août et fin septembre de 1925 à 1994. Cette

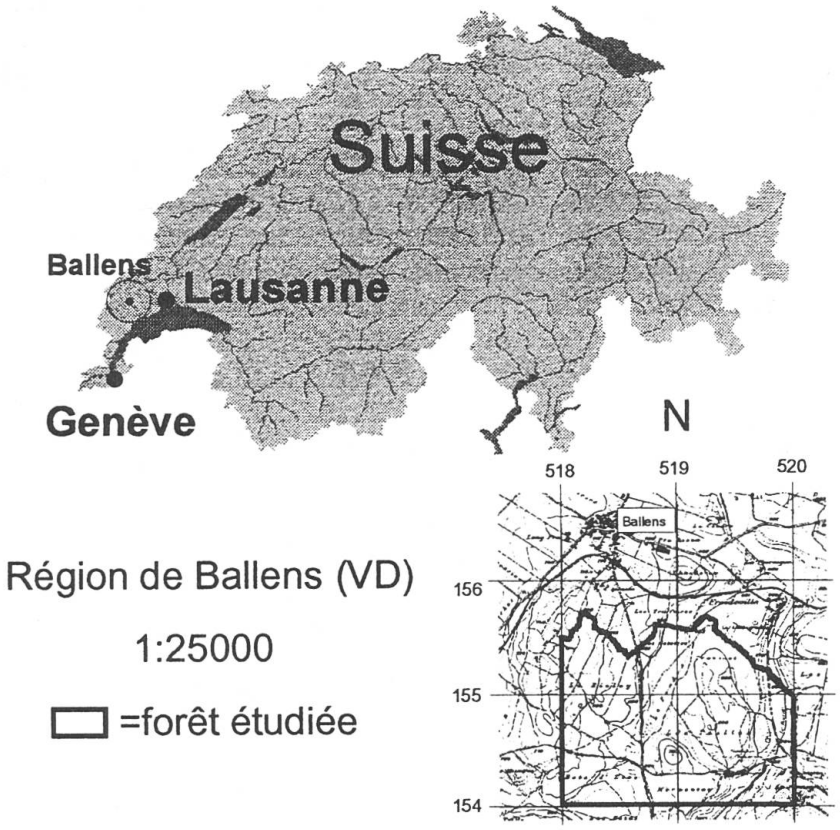

Fig. 1: Carte de la Suisse avec la situation géographique de Ballens et de la forêt étudiée (1 carré = 1 km carré)

méthode permet d'évaluer l'abondance d'une espèce dans une période donnée et fut déjà décrite en détail par Arnolds (1988). Vingt-quatre listes étaient à disposition (tableau 1). Le nombre de participants par sortie était en moyenne de 15 [moyenne (x) et erreur standard (SEM): x±SEM =15+2]. Lors d'un essai préliminaire de classement des listes par périodes de 10 ans à partir de 1925, il fut constaté que le nombre de macromycètes mycorhiziques avait tendance à diminuer entre la période de 1936–1946 et celle de 1958–1968, ainsi qu'entre la période de 1969–1979 et celle de 1980–1990. Cependant, le nombre de listes par période était trop faible et trop variable pour permettre d'obtenir des résultats statistiquement significatifs. En outre, une diminution de plusieurs espèces de macromycètes mycorhiziques a commencé avant 1960 ou entre 1960 et 1970, puis s'est continuée dans les années 1980–1990 (Arnolds, 1988; 1991; Arnolds et Jansen, 1992). Par conséquent, trois périodes d'une durée de douze ans furent sélectionnées puis comparées. La première période (P1) allant de 1925 à 1937, la deuxième (P2) de 1964 à 1976 et la troisième (P3) de 1977 à 1989. Pour chaque période, cinq listes furent prises en considération afin d'avoir le même nombre de listes par période. Les listes ayant moins de 50 espèces furent éliminées pour obtenir des résultats comparables à ceux d'Arnolds et Jansen (1992).

Pour chaque liste, le nombre d'espèces de macromycètes fut déterminé; les nombres et les pourcentages d'espèces appartenant à différents groupes fonctionnels et taxonomiques furent calculés, y compris ceux des espèces comestibles. Les résultats de ces calculs sont donnés dans le tableau 2.

La moyenne et son erreur standard furent calculées pour chaque groupe de valeurs et pour chaque période. Les espèces furent ensuite considérées séparément. Pour un laps de temps donné, le pourcentage de listes contenant une espèce particulière est nommé *fréquence* (F1 pour la période de 1925 à 1937; F2

Tableau 1: Nombre de macromycètes récoltés par excursion annuelle.

Années	Nombres	Années	Nombres	Années	Nombres
1925	118	1964	67	1985	43
1931	87	1965	69	1986	74
1932	44	1966	76	1987	101
1933	115	1970	99	1988	107
1936	92	1974	59	1989	60
1937	87	1975	94	1990	100
1962	47	1980	82	1992	57
1963	70	1984	42	1994	31

Tableau 2: Moyennes et erreurs standard (x+SEM) des nombres d'espèces ou de groupes d'espèces récoltés par excursion et des pourcentages (%) qu'ils représentent dans la première (P1: 1925–1937), dans la deuxième (P2: 1964–1976), respectivement dans la troisième période (P3: 1977–1989).

	E	M	NM	S	B
P1	99.8±6.9	56.4±3.1 (57.5±4.7%)	37.8±6.6 (37.0±4.4%)	20.4±4.8 (19.6±3.5%)	17.4±2.4 (17.4±2.0%)
P2	81.0±6.5	42.2±2.1** (52.8±2.6%)	35.2±4.1 (43.1±1.9%)	18.8±2.8 (23.2±2.9%)	16.4±3.0 (19.9±2.4%)
P3	84.8±8.6	28.0±7.3^{++} (30.7±6.2%)$^{+\ \$\$}$	51.8±2.1$^{\$}$ (63.2±5.8%)$^{++\ \$\$}$	23.6±1.9 (28.5±2.2%)$^{+}$	28.2±1.9$^{+\ \$}$ (34.7±4.7%)$^{++\ \$}$
	C	NC	MC	MNC	NMC
P1	50.8±2.2 (51.4±2.2%)	49.0±5.3 (48.6±2.2%)	32.2±2.0 (32.9±3.2%)	24.2±1.8 (24.6±2.2%)	16.0±2.3 (15.8±1.5%)
P2	35.0±2.4** (43.7±2.5%)	46.0±5.0 (56.3±2.5%)	20.6±1.6** (25.6±1.3%)	21.6±1.1 (27.2±1.9%)	14.6±0.9 (18.4±1.6%)
P3	32.2±3.8^{++} (37.8±1.5%)$^{++}$	52.6±5.2 (62.2±1.5%)$^{++}$	14.0±3.4^{++} (15.6±2.7%)$^{++\ \$}$	14.0±4.0 (15.1±3.7%)$^{+\ \$}$	17.2±1.2 (21.0±2.2%)
	NMNC	CS	CB	NCS	NCB
P1	21.8±4.4 (21.2±3.0%)	11.8±2.1 (11.6±1.4%)	4.2±0.4 (4.3±0.4%)	8.6±3.0 (8.0±2.3%)	13.2±2.3 (13.1±1.9%)
P2	20.6±3.7 (24.7±2.6%)	8.8±1.5 (11.1±2.1%)	4.4±0.9 (5.5±1.1%)	10.0±1.9 (12.1±1.7%)	11.8±2.6 (14.1±2.4%)
P3	34.6±1.7$^{+\ \$}$ (42.2±4.2%)$^{++\ \$\$}$	10.2±1.0 (12.5±1.5%)	7.0±0.5$^{++\ \$}$ (8.5±1.0%)$^{++}$	13.4±1.1 (16.0±0.8%)$^{+}$	21.2±1.7$^{+\ \$}$ (26.2±4.0%)$^{++\ \$}$

	AG	BOL	APH	GAST	HETERO
P1	68.6±6.3 (68.4±2.4%)	13.6±2.7 (13.8±3.0%)	12.4±1.2 (12.7±1.5%)	2.0±0.7 (2.0±0.7%)	1.2±0.4 (1.2±0.4%)
P2	60.6±3.9 (75.5±3.5%)	6.2±0.9 (7.7±0.9%)	7.2±1.9* (8.4±1.8%)	2.6±0.7 (3.1±0.8%)	1.2±0.4 (1.4±0.4%)
P3	63.4±8.0 (74.2±3.2%)	3.8±1.1^{+} (4.6±1.1%)$^{+}$	6.8±1.8 (8.4±2.6%)	3.8±1.0 (4.2±1.1%)	3.0±0.5$^{+\ \$}$ (3.6±0.6%)$^{+\ \$}$

Comparaison entre la période 2 et la période 1: * = p<0,05; ** = p<0,01

Comparaison entre la période 3 et la période 1: + = p<0,05; ++ = p<0,01

Comparaison entre la période 3 et la période 2: $ = p<0,05; $$ = p<0,01

	ASCO	Hydnoïdes[1]	Hygrophoraceae[1]	Amanitaceae[1]	Lactarius[1]
P1	2.0±0.5 (1.9±0.4%)	1.8±0.5 (1.9±0.6%)	2.2±0.8 (2.2±0.8%)	6.4±1.0 (6.5±1.2%)	6.8±0.7 (6.9±0.8%)
P2	3.2±0.9 (4.0±1.1%)	1.0±0.4 (1.1±0.5%)	2.4±0.5 (3.0±0.7%)	5.2±1.3 (6.7±2.1%)	3.6±0.7* (4.4±0.7%)*
P3	4.0±0.5+ (5.0±1.0%)+	0.4±0.4 (0.4±0.4%)	1.0±0.4 (1.1±0.5%)$	3.4±1.5 (3.5±1.4%)	3.4±0.9+ (3.7±1.0%)+
	Cortinariaceae[1]	Russula[1]	Tricholoma[1]	Cantharellaceae[1]	Boletales[1]
P1	6.0±0.7 (6.2±1.0%)	9.4±1.4 (9.7±1.7%)	3.6±1.4 (3.7±1.5%)	1.6±0.2 (1.7±0.3%)	12.0±2.5 (12.2±2.8%)
P2	6.4±1.8 (8.1±2.7%)	4.6±1.0* (5.7±1.3%)	6.2±0.5 (7.7±0.4%)*	1.8±0.4 (2.1±0.3%)	4.8±0.7* (6.0±0.8%)
P3	1.8±0.7+ $ (1.9±0.6%)++ $$	7.2±1.9 (7.9±1.6%)	1.4±0.5$$ (1.6±0.5%)$$	0.8±0.6 (0.8±0.6%)	3.4±0.7+ (4.1±0.8%)+

[1] = seules les espèces mycorhiziques furent considérées.

E = nombre total d'espèces ou de groupes d'espèces
M = espèces mycorhiziques
NM = non-mycorhiziques (saprophytes ou parasites)
S = non-mycorhiziques poussant sur le sol, sur tapis d'aiguilles ou de feuilles
B = poussant sur le bois
C = comestibles
NC = non-comestibles ou vénéneuses
MC = mycorhiziques et comestibles
MNC = mycorhiziques, non-comestibles ou vénéneuses
NMC = non-mycorhiziques et comestibles
NMNC = non-mycorhiziques, non-comestibles ou vénéneuses
CS = non-mycorhiziques et comestibles, poussant sur le sol
CB = comestibles poussant sur le bois
NCS = non-mycorhiziques, non-comestibles ou vénéneuses, poussant sur le sol
NCB = non-comestibles ou vénéneuses poussant sur le bois
AG = *Agaricales*
BOL = *Boletales*
APH = *Aphyllophorales*
GAST = *Gasteromycetes*
HETERO = *Heterobasidiomycetes*
ASCO = *Ascomycetes*
Hydnoïdes = macromycètes hydnoïdes (*Sarcodon, Hydnum*)
Hygrophoraceae = *Hygrophorus, Hygrocybe*
Amanitaceae = *Amanita, Amanitopsis*
Cortinariaceae = *Cortinarius, Dermocybe*
Cantharellaceae = *Cantharellus, Craterellus, Pseudocraterellus*
Boletales = *Boletus, Xerocomus, Suillus, Tylopilus, Gomphidius, Chroogomphus, Paxillus involutus, Phylloporus, Chalciporus, Leccinum, Strobilomyces*

pour celle de 1964 à 1976; F3 pour celle de 1977 à 1989) et représente l'abondance de cette espèce durant cette période (Arnolds, 1988; Arnolds et Jansen, 1992). Une comparaison fut effectuée pour 204 espèces ou groupes d'espèces, dont la *fréquence* était d'au moins 20% dans l'une ou l'autre des trois périodes.

Afin d'évaluer la richesse en macromycètes de la région étudiée, une courbe de sommation des espèces répertoriées fut établie, en fonction du nombre d'excursions (figure 2).

Finalement, une relation éventuelle fut cherchée entre le nombre d'espèces récoltées par excursion et les précipitations antérieures à leur fructification.

Les valeurs mensuelles des précipitations (de 1925 à 1994) relevées à la station la plus proche de l'Institut suisse de météorologie (Longirod, distante de 10,5 km à vol d'oiseau, altitude: 890 m), furent utilisées à cet effet.

Les données furent évaluées statistiquement à l'aide du test de Wilcoxon (Wilcoxon Rank-Sum Test) (Dodge, 1993). Un test exact de Fisher (Fisher's Exact test) (Dodge, 1993) fut utilisé pour évaluer la relation entre le nombre d'espèces récoltées et les précipitations.

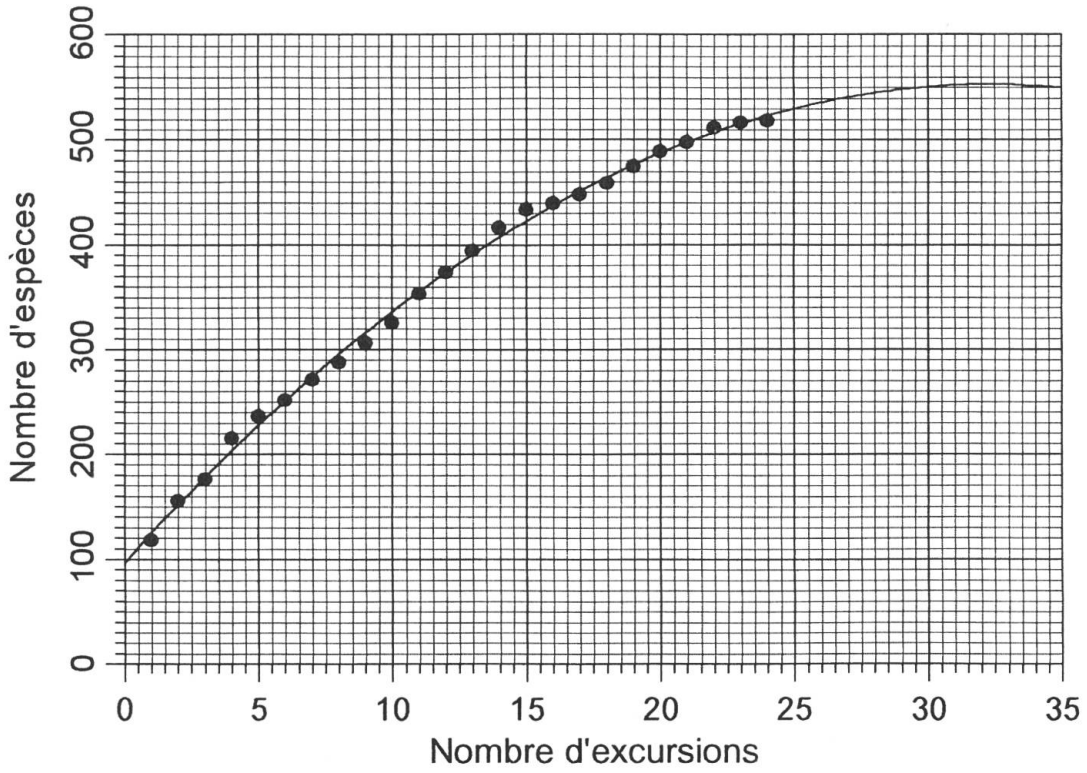

Fig. 2: Nombre d'espèces répertoriées de 1925 à 1994

Résultats

La courbe de sommation des espèces répertoriées en fonction du nombre d'excursions est illustrée à la figure 2. La meilleure courbe mathématique permettant de passer au mieux par l'ensemble des données s'est avérée suivre une fonction polynomiale. Il est possible de déduire de cette courbe que le nombre maximum de macromycètes pouvant être répertoriés dans la région étudiée devrait s'approcher de 550 espèces. Ce nombre serait atteint entre la 32ème et la 33ème excursion. La moitié des espèces auraient été répertoriées après 7 excursions et les trois-quarts entre la 14ème et la 15ème excursion. Après 24 excursions effectuées dans ces bois, 518 espèces ont été répertoriées dans l'ensemble des listes, ce qui correspond à environ 94% des espèces.

Le nombre de macromycètes récoltés par excursion varie de 31 à 118 (tableau 1). En tenant compte de l'ensemble des listes, le nombre moyen de macromycètes récoltés semble plus faible dans la deuxième (x+SEM = 77,3±6,5) et dans la troisième période (x±SEM = 72,7±9,8) que dans la première (x+SEM

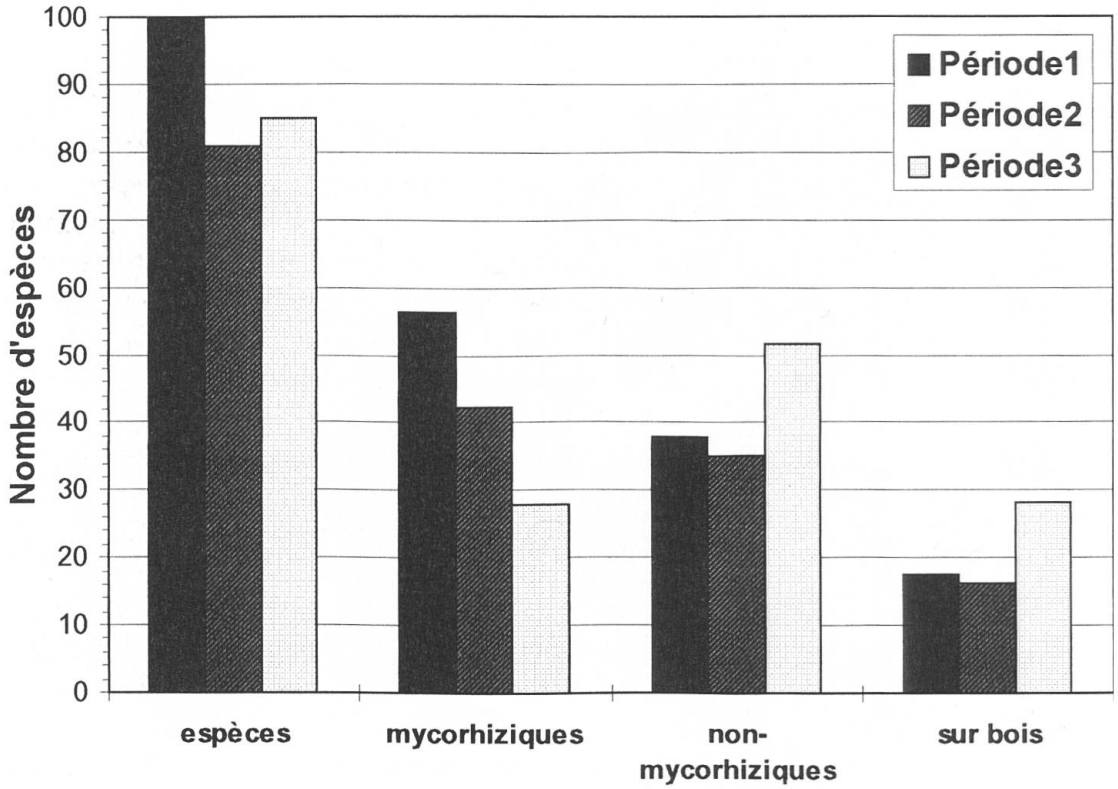

Fig. 3: Modifications du nombre d'espèces de macromycètes dans les bois de Ballens (VD)

= 90,5±10,9), mais ces différences ne sont pas significatives. Des résultats similaires sont obtenus, si l'on ne considère que les 15 listes sélectionnées (tableau 2 et figure 3). Pour les excursions effectuées à fin septembre, le nombre d'espèces récoltées s'avère significativement au-dessus de la moyenne de la période considérée, lorsque le total des précipitations du mois de septembre dépasse 55 mm d'eau ($p<0,01$), respectivement des mois d'août et de septembre dépasse 150 mm d'eau ($p<0,01$).

Sur les 518 espèces répertoriées, 36,5% sont considérées comme comestibles et 63,5% comme non-comestibles ou vénéneuses (Cetto, 1993).

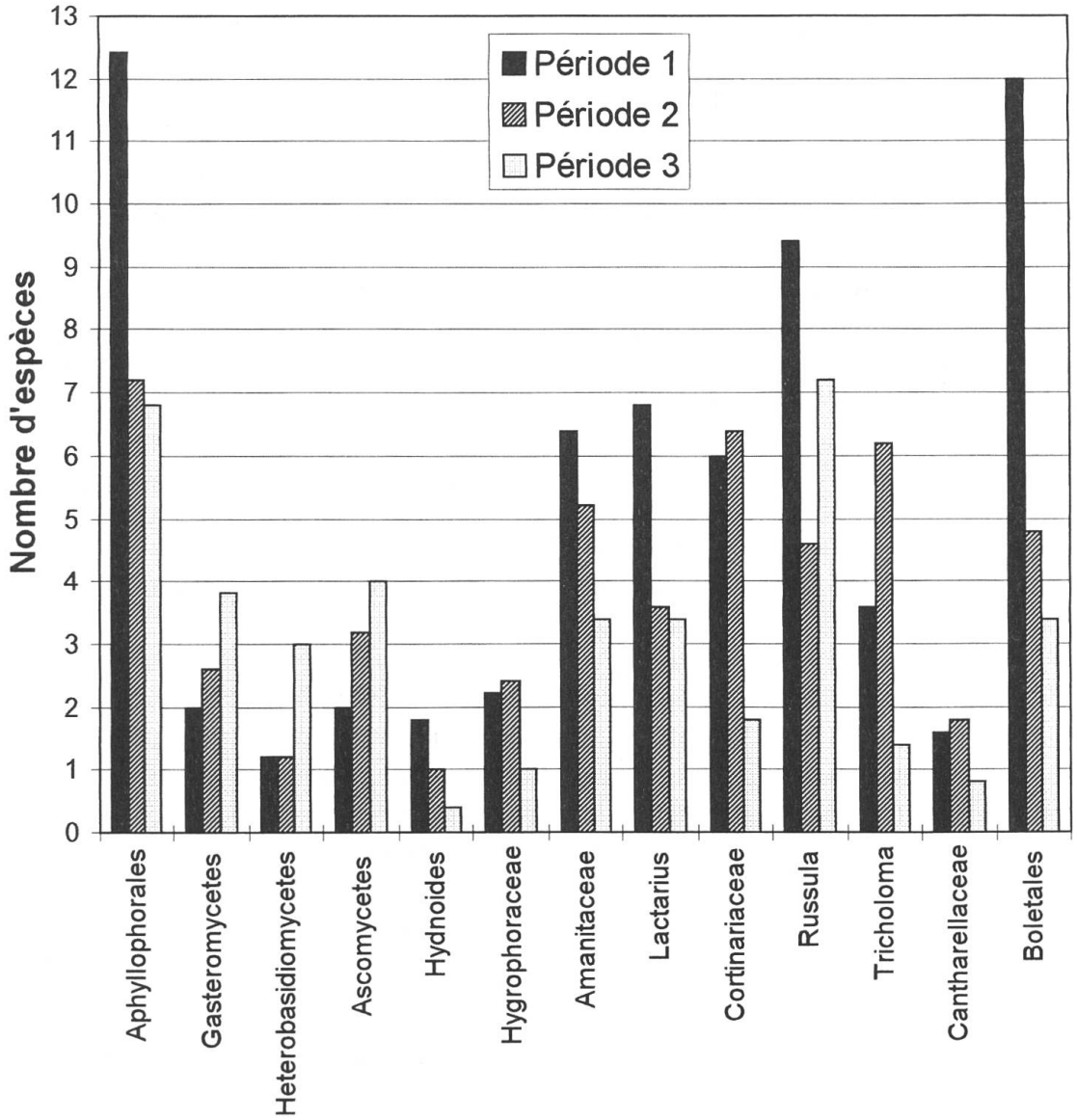

Fig. 4: Modifications du nombre d'espèces de macromycètes par groupes taxonomiques

Par rapport à la première période (P1), nous observons dans la seconde (P2) et dans la troisième (P3), une diminution significative du nombre d'espèces mycorhiziques (tableau 2 et figure 3). Par comparaison à P2, les espèces non-mycorhiziques sont augmentées dans P3 (tableau 2 et figure 3). Les espèces poussant sur le bois (comestibles ou non) sont augmentées dans P3 (tableau 2 et figure 3). Par comparaison à P1, nous observons dans P2 et P3 une diminution des espèces comestibles et des espèces mycorhiziques et comestibles, alors que les non-mycorhiziques et comestibles restent stables (tableau 2). Dans P3, les espèces non-mycorhiziques non-comestibles ou vénéneuses sont augmentées (tableau 2). Par comparaison à P1, les *Lactarius* et les *Boletales* mycorhiziques sont diminués dans P2 et dans P3; dans P2, les nombres *d'Aphyllophorales* et de *Russula* sont diminués par rapport à P1, alors que dans P3, le nombre des *Ascomycetes* est augmenté (tableau 2 et figure 4).

Par comparaison de la troisième période avec la deuxième, nous observons une augmentation des *Heterobasidiomycetes*, mais une diminution des *Cortinariaceae*, des *Tricholoma* et du pourcentage des *Hygrophoraceae* (tableau 2 et figure 4).

Le nombre et le pourcentage d'espèces, dont le mode de vie est inconnu, sont semblables dans la première (x±SEM = 5,6±1,4; 5,4±1,2%), dans la deuxième (x±SEM = 3,6±1,0; 4,2±0,8%) et dans la troisième période (5,02±0,7; 6,1±0,9%); ils n'influencent pas sensiblement les résultats des autres statistiques.

Sur les 204 espèces ou groupes d'espèces pour lesquels les fréquences F1, F2 et F3 furent déterminées, F2 est plus grand que F1 pour 19 espèces (9,3%), dont 47,4% sont non-mycorhiziques, F3 est plus grand que F1 pour 39 espèces (19,1%), dont 71,8% sont non-mycorhiziques et F3 est plus grand que F2 pour 44 espèces (21,6%), dont 86,3% sont non-mycorhiziques.

En outre, F2 est plus petit que F1 pour 55 espèces (27%), dont 65,5% sont mycorhiziques, F3 est plus petit que F1 pour 64 espèces (31,4%), dont 76,5% sont mycorhiziques et F3 est plus petit que F2 pour 36 espèces (17,6%), dont 69,4% sont mycorhiziques. Neuf espèces (4,4%) montrent une augmentation significative dans la deuxième ou la troisième période, 2 espèces (1%) augmentent entre P1 et P2, puis diminuent entre P2 et P3 et 14 espèces (6,9%) montrent une diminution significative dans la deuxième ou la troisième période. Ces espèces sont indiquées dans le tableau 3.

Tableau 3: Liste des espèces ou groupes d'espèces montrant une augmentation ou une diminution significative de leur fréquence entre les périodes allant de 1925 à 1937 (F1), de 1964 à 1976 (F2) et de 1977 à 1989 (F3).

	F1	F2	F3
Espèce en augmentation de P1 à P2			
Pholiota lenta (Pers.:Fr.)Sing.	0	80*	40
Espèces en augmentation de P2 à P3			
Lyophyllum connatum (Schum.:Fr.)Sing.	0	0	80+ $
Megacollybia platyphylla (Pers.:Fr.) Kotl.&Pouz.	60	0	100 $
Mycena epipterygia (Scop.:Fr.)Gray	40	20	100 $
Pluteus cervinus (Schaeff.)Kumm.	80	20	100 $
Espèces en augmentation progressive de P1 à P3			
Bisporella citrina (Batsch ex Fr.) Korf&Carpenter	0	20	80+
Gymnopilus penetrans (Fr.:Fr.)Murrill y compris G. sapineus (Fr.:Fr.)Maire et G. hybridus (Fr.:Fr.)Maire	0	60	80+
Collybia confluens (Pers.:Fr.)Kumm.	0	40	100+
Hypholoma capnoides (Fr.:Fr.)Kumm.	20	60	100+
Espèces en augmentation de P1 à P2, puis en diminution de P2 à P3			
Lepista gilva (Pers.:Fr.)Roze	0	80*	0 $
Pholiota highlandensis (Peck)Hes.& Sm.	0	80*	0 $
Espèces en diminution de P1 à P2			
Leccinum scabrum (Bull.:Fr.)S.F.Gray	80	0*	0+
Cortinarius hinnuleus[1] Fr.	80	0*	0+
Paxillus involutus (Batsch:Fr.)Fr.	100	20*	60
Clitocybe gibba (Pers.:Fr.)Kumm. Y compris C. costata Kühn. & Romagn.	100	20*	80
Espèces en diminution de P2 à P3			
Gomphidius glutinosus[1] (Schaeff.:Fr.)Fr.	80	80	0+ $
Lepiota cristata (Bolt.:Fr.)Kumm.	60	80	0 $

Espèces en diminution progressive de P1 à P3

	F1	F2	F3
Lactarius torminosus (Sch.:Fr.)S.F.Gray	100	40	0++
Xerocomus subtomentosus[1] (L.)Quél.	100	40	0++
Boletus edulis Bull.:Fr.	100	40	0++
Sarcodon imbricatus[1] (L.:Fr.)Karst.	80	40	0+
Ramaria flava[1] (Schaeff.:Fr.)Quél.	80	40	0+
Piptoporus betulinus (Bull.:Fr.)Karst.	80	40	0+
Cortinarius varius[1] (Sch.:Fr.)Fr.	100	60	20+
Cantharellus cibarius[1] Fr.	100	60	20+

P1 = période 1 (1925–1937); P2 = période 2 (1964–1976); P3 = période 3 (1977–1989).
Comparaison entre P2 et P1: * = $p<0,05$
Comparaison entre P3 et P1: + = $p<0,05$; ++ = $p<0,01$
Comparaison entre P3 et P2: $ = $p<0,05$
[1] = espèces mentionnées dans les listes rouges d'Allemagne et/ou des Pays-Bas (Derbsch & Schmitt, 1984; Rote-Liste-Arten, 1992; Arnolds, 1989).

Discussion

Les nombres de macromycètes récoltés par excursion dans les trois périodes ne sont pas significativement différents. Ils varient fortement d'une année à l'autre, probablement en raison de nombreux facteurs climatiques. Les précipitations jouent certainement un rôle important, puisque le nombre d'espèces récoltées à fin septembre est au-dessus de la moyenne, lorsque celles-ci dépassent 55 mm d'eau en septembre, respectivement 150 mm d'eau au total durant les mois d'août et de septembre. Il semble donc y avoir une limite inférieure quant aux précipitations antérieures nécessaires à une fructification d'un grand nombre d'espèces, même si l'on peut s'attendre à de grandes variations inter-espèces. Une relation fut récemment démontrée entre les précipitations antérieures (sur 15 jours) et la fructification de *Rozites caperata* (Ayer, 1990).

Les espèces mycorhiziques sont en régression dans la deuxième (1964–1976) et la troisième période (1977–1989), par comparaison à la première (1925–1937). Par contre, les espèces non-mycorhiziques sont plus fréquentes dans la troisième période, à cause d'une augmentation des lignicoles. Les *Heterobasidiomycetes* et les *Ascomycetes* sont augmentés significativement dans la troisième période.

Sur les 14 espèces ou groupes d'espèces dont la *fréquence* est significativement diminuée, 11 sont mycorhiziques et seulement 3 ne le sont pas, 9 sont

comestibles et 5 ne le sont pas, 7 (50,0%) sont incluses dans les listes rouges d'Allemagne et/ou des Pays-Bas (Derbsch et Schmitt, 1984; Rote-Liste-Arten, 1992; Arnolds, 1989), 2 (14,3%) n'ont plus été retrouvées dans la deuxième et dans la troisième période et 8 (57,1%) n'ont plus été répertoriées dans la troisième période (tableau 3). Aucune espèce mycorhizique ne s'est avérée être en augmentation significative. Sur les 9 espèces ou groupes d'espèces montrant une augmentation significative , aucun n'est mycorhizique, 2 sont comestibles et 7 ne le sont pas (tableau 3), aucun n'est inclus dans la liste rouge allemande ou dans celle des Pays-Bas, 4 sont déjà mentionnés dans les récoltes de la première période, 4 ne le sont que dans la deuxième période et une espèce n'est répertoriée que dans la troisième période. Par conséquent, il se peut que l'augmentation de 5 de ces espèces ou groupes d'espèces ne soit pas réelle, mais qu'elle soit due au fait que ces champignons n'aient pas été reconnus dans les périodes antérieures à 1977–1989. Pris globalement, ces résultats démontrent une diminution du nombre d'espèces mycorhiziques, qui a déjà commencé dans les années soixante, une stabilité des saprophytes terrestres et une augmentation des lignicoles dès la fin des années septante. Ces résultats concordent avec ceux obtenus dans différents pays européens (Arnolds, 1989; 1991; Arnolds et Jansen, 1992). Il est improbable que la diminution du nombre d'espèces mycorhiziques soit due à une pression de récolte importante car: 1) aussi bien des espèces comestibles que des non-comestibles ou vénéneuses sont en diminution (tableau 3), 2) certaines espèces non-mycorhiziques comestibles sont en augmentation (tableau 3), 3) les nombres d'espèces non-mycorhiziques comestibles sont restés stables (tableau 2), 4) des résultats semblables furent trouvés en Suisse dans la réserve mycologique de la Chanéaz où toute récolte est interdite (Egli et al.,1995), 5) les mêmes tendances sont observées à l'étranger (Derbsch et Schmitt, 1984; Arnolds, 1988; 1989; 1995; Schmid, 1996). Cette diminution n'est pas non plus explicable par un vieillissement naturel de la forêt, puisque les espèces mycorhiziques pionnières ne sont pas les seules en régression (Arnolds, 1988). Les champignons mycorhiziques vivent en symbiose avec les arbres forestiers; ils jouent un rôle important pour leur approvisionnement en substances nutritives et pour la protection de leurs racines (Duperrex et al., 1958; Hennig, 1971; Egli et al., 1995). De leur côté, les arbres apportent des hydrates de carbone aux champignons (Hennig, 1971). Différents auteurs ont trouvé une corrélation positive entre la vitalité des arbres et la présence d'ectomycorhizes saines dans le sol (Liss et al., 1984; Meyer 1988; Jansen et De Vries, 1988). De plus, plusieurs études ont montré une corrélation entre une diminution de la production de sporocarpes et une diminution de la fréquence des racines mycorhizées (Jansen et De Nie, 1988; Termorshuizen et Schaffers, 1989). Par conséquent, la diminution des sporocarpes des espèces mycorhiziques est probablement liée à une diminution de la fréquence des

racines mycorhizées, ce qui pourrait nuire à la vitalité des arbres. Un déséquilibre de la symbiose entre les arbres et les champignons pourrait être la conséquence d'altération(s) au niveau des mycelia ou des arbres.

Notre étude révèle que seulement 14 espèces ou groupes d'espèces sont en diminution significative (tableau 3), mais il faut s'attendre à en avoir un nombre beaucoup plus élevé, surtout pour celles qui sont rares. En effet, seules 204 espèces sur 518 (39,4%), dont la *fréquence* était plus grande ou égale à 20% dans l'une des trois périodes, purent être considérées pour une évaluation statistique. La forte diminution de *B. edulis* pourrait peut-être en partie s'expliquer par le fait que ce champignon est systématiquement récolté, diminuant ainsi les chances qu'il soit répertorié lors d'une excursion mycologique. Cependant, il n'y a pas de preuve, pour la région étudiée, que ce bolet soit plus fréquemment récolté aujourd'hui que par le passé.

Concernant les groupes taxonomiques, nous observons déjà une diminution des *Aphyllophorales*, des *Lactarius* et des *Boletales mycorhiziques* dans les années soixante, alors que les *Cortinariaceae* et les *Tricholoma* régressent dès la fin des années septante. Les *Russula* ont montré une diminution transitoire dans la période 1964–1976. De plus, la tendance à diminuer des *hydnoïdes*, des *Hygrophoraceae*, des *Amanitaceae* et des *Cantharellaceae* (figure 4) laisse supposer un phénomène d'ampleur beaucoup plus grand et concorde avec les résultats obtenus en Allemagne, aux Pays-Bas (Derbsch et Schmitt, 1984; Arnolds, 1988; Arnolds et Jansen, 1992) et de manière plus générale en Europe (Arnolds et Jansen, 1992). Les causes de ces diminutions sont probablement dépendantes de plusieurs facteurs tels que: dépôts d'azote (NHx, NOx) dans le sol (trafic routier, agriculture) (Derbsch et Schmitt, 1984; Arnolds, 1989; Arnolds, 1991; Arnolds et Jansen, 1992; Winterhoff, 1992), pollution atmosphérique et pluies acides (Derbsch et Schmitt, 1984; Arnolds, 1989; Krieglsteiner et Krieglsteiner, 1989; Winterhoff, 1992), drainages, emploi d'engrais (agriculture) en bordure de forêt (Derbsch et Schmitt, 1984; Arnolds, 1988; 1989), gestion forestière (Derbsch et Schmitt, 1984; Keller, 1991; Winterhoff, 1992), urbanisation, construction de routes et destruction des biotopes (Arnolds, 1989; Krieglsteiner et Krieglsteiner, 1989; Keller, 1991; Winterhof, 1992). Dans la région étudiée, il n'y a malheureusement pas de donnée à disposition sur les concentrations d'azote et sur l'acidité du sol. Il serait cependant possible qu'une augmentation de dépôts azotés soit un facteur important, puisque les champignons des genres *Tricholoma* et *Cortinarius*, ainsi que des espèces appartenant aux genres *Sarcodon* et *Cantharellus*, qui sont en diminution significative, fructifient sur des sols pauvres en composés azotés (Arnolds, 1989). Concernant l'urbanisation, certes quelques chemins forestiers supplémentaires ont été construits depuis 1925, mais ce facteur ne devrait pas jouer un rôle prépondérant. Il ne semble pas non plus que la récolte des champignons soit un facteur

important de cette diminution (Derbsch et Schmitt, 1984; Arnolds, 1988; Egli et al., 1990; Winterhoff, 1992; Arnolds, 1995). Quant à l'augmentation des espèces non-mycorhiziques et surtout des saprophytes ou parasites du bois, elle pourrait s'expliquer par une diminution de la vitalité de la forêt (Arnolds et Jansen, 1992), par son vieillissement (Arnolds, 1988; Arnolds et Jansen, 1992) et par la tendance actuelle à laisser sur place une plus grande quantité de bois lors de coupes forestières (Arnolds et Jansen, 1992).

En ce qui concerne la protection des champignons, il serait urgent d'étudier l'influence des facteurs énumérés ci-dessus, non seulement sur l'ensemble des champignons, mais aussi sur le comportement individuel des espèces menacées, de classer ces facteurs selon leur degré d'importance et d'établir une cartographie des espèces en danger ou en régression. Comme de tels travaux peuvent prendre beaucoup de temps, il serait en attendant, nécessaire de prendre ou de renforcer les mesures visant à lutter contre l'ensemble de ces facteurs.

Remerciements

Je remercie Monsieur le Dr. J.R Chapuis pour l'aide apportée à l'élaboration de cette étude et à la correction du manuscrit. Mes remerciements vont également à tous les membres de la Société mycologique de Genève qui ont participé à l'établissement des listes de macromycètes récoltés lors des excursions.

Bibliographie

Arnolds, E. 1988. The changing macromycete flora in the Netherlands. Trans. Br. mycol. Soc. 90: 391–406.

Arnolds, E. 1989. A preliminary red data list of macrofungi in the Netherlands. Persoonia 14: 77–125.

Arnolds, E. 1991. Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. Agric. Ecosystems Environ. 35: 209–244.

Arnolds, E. & Jansen, E. 1992. New evidence for changes in the macromycete flora of the Netherlands. Nova Hedwigia 55: 325–351.

Arnolds, E. 1995. Conservation and management of natural populations of edible fungi. Can. J. Bot. 73(Suppl.1): 987–998.

Ayer, F. 1990. Influences exogènes sur la production de carpophores de *Rozites caperata*. Mycologia Helvetica 3: 429–439.

Cetto, B. 1987 à 1994. I funghi dal vero. Vol. 1 à 7. Edition Arti Grafiche Saturnia, Trento.

Derbsch, H. & Schmitt, J.A. 1984. Atlas der Pilze des Saarlandes Teil 1: Verbreitung und Gefährdung, Sonderband 2. Eigenverlag der Delattinia, Saarbrücken.

Dodge, Y. 1993. Statistique, dictionnaire encyclopédique. Edition Dunod, Paris, pp. 349–350 et pp. 365–367.

Duperrex, A., Poluzzi, C. & Dougoud, R. 1958. Nos champignons. Edition Avanti Club, Neuchâtel, pp.7–15.

Egli, S., Ayer, F. & Chatelain, F. 1990. Der Einfluss des Pilzsammelns auf die Pilzflora. Mycologia Helvetica 3: 417–428.

Egli, S., Ayer, F., Lussi, S., Senn-Irlet, B. & Baumann, P. 1995. La protection des champignons en Suisse. Notice pour le praticien 25: 1–8.

Hennig, B. 1971. Handbuch für Pilzfreunde, zweiter Band: Nichtblätterpilze. Gustav Fischer Verlag, Jena, pp. 26–36.

Jansen, A.E. & De Nie, H.W. 1988. Relation between mycorrhizas and fruitbodies of mycorrhizal fungi in Douglas fir plantations in The Netherlands. Acta Bot. Neerl. 37: 243–249.

Jansen, A.E. & De Vries, F.W. 1988. Qualitative and quantitative research on the relation between ectomycorrhiza of *Pseudotsuga menziezii*, vitality of host and acid rain. Report 1985–1987. Landbouwuniversiteit, Wageningen, 73 pp.

Keller, J. 1991. La protection des champignons. Bulletin Suisse de Mycologie 12: 229–234.

Krieglsteiner G.J. & Krieglsteiner L.G. 1989. Beiträge zur Kenntnis der Pilze Mitteleuropas, Band IV: die Pilze Ost- und Nord-Württembergs. Verlag E. Dietenberger, Schwäbisch, Gmünd.

Liss, B., Blaschke, H. & Schütt, P. 1984. Vergleichende Feinwurzeluntersuchungen an gesunden und erkrankten Altfichten auf zwei Standorten in Bayern – ein Beitrag zur Waldsterbenforschung. Eur. J. For. Pathol. 14: 90–102.

Meyer, F.H. 1988. Ectomycorrhiza and decline of trees. In: Jansen, A.E., Dighton, J. & Bresser A.H.M. (éditeurs), Ectomycorrhiza and Acid Rain. Proc. Workshop on Ectomycorrhiza 1987, Berg en Dal, The Netherlands. Bilthoven, pp. 9–31.

Rote-Liste-Arten. 1992. In: Deutsche Gesellschaft für Mykologie und Naturschutzbund Deutschland (éditeurs), Rote Liste der gefährdeten Grosspilze in Deutschland. IHW-Verlag, Eching, pp. 20–132.

Schmid, H. 1996. Pilzartenrückgang – Fiktion oder Realität?. Beiträge zur Kenntnis der Pilze Mitteleuropas X:107–112.

Termorshuizen, A.J. & Schaffers, A.P. 1989. The relation in the field between fruitbodies of mycorrhizal fungi and their mycorrhizas. Agriculture, Ecosystems and Environment 28: 509–512.

Winterhoff, W. 1992. Die Ursachen des Pilzarten-Rückganges. In: Deutsche Gesellschaft für Mykologie und Naturschutzbund Deutschland (éditeurs), Rote Liste der gefährdeten Grosspilze in Deutschland. IHW-Verlag, Eching, pp. 7–14.