Zeitschrift: Botanica Helvetica
Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band: 99 (1989)
Heft: 1

Artikel: Changement floristique depuis 1950 dans les forêts des Alpes suisses
Autor: Kissling, Pascal
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-69127

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: 10.12.2025

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

Botanica Helvetica 99/1, 1989

0253-1453/89/010027-17 $ 1.50 + 0.20/0
© 1989 Birkhäuser Verlag, Basel

Changement floristique depuis 1950 dans les forêts des Alpes suisses *

Pascal Kissling

Institut fédéral de recherches forestières, CH-8903 Birmensdorf

Manuscrit accepté le 4 février 1989

Abstract

Kissling, P. 1989. Floristic changes since 1950 in forests of the Swiss Alps. Bot. Helv. 99: 27–43.

Nine associations of Swiss forest vegetation with subgroups on a total of 257 samples stands were compared with earlier states. This took place within a framework of studies concerning the influence of air pollution on species compositions. Sample techniques used include the merocoenotic analysis, published earlier in this journal, as well as plant indicator values and correspondence analysis. Although weak and sometimes significant diminuations of most of the reaction and nitrogen figures were detected, the results allow neither acceptance nor rejection of the hypothesis of air pollution as cause of floristic changes. – Permanent plot research is absolutely essential in the future in order to find out the real causes of floristic changes.

Key words: floristic change, air pollution, plant indicator values, merocoenotic sample, correspondence analysis.

1. Introduction

Dans la problématique générale du dépérissement des forêts, la phytosociologie se voit poser la question suivante: est-ce que la pollution atmosphérique de ces dernières décennies a provoqué un changement de la composition floristique des sous-bois? Un travail antérieur (Kissling, Kuhn et Wildi 1988) circonscrit le problème à partir de la littérature, dégage les difficultés méthodologiques et propose une méthode: la lecture de cet article est indispensable pour juger des résultats présentés ici.

En 1986–1987, nous avons répété environ 340 relevés floristiques dans des stations que Kuoch (1954) a visitées en 1948–1951 dans les Préalpes et les Alpes internes suisses (fig. 1). Nous interprétons ici 257 de ces relevés, répartis en 9 échantillons correspondant à des syntaxons (tab. 1). Les relevés résiduels appartiennent à des syntaxons trop micro-hétérogènes et intimement mêlés à leurs microcénoses de régénération pour pouvoir éclairer notre problème (Asplenio-Piceetum et Equiseto-Abietetum) ou formant des lots statistiquement insuffisants.

---

* Travail financé partiellement par le programme SANASILVA et dédié à Rolf Kuoch: c'est grâce à la minutie des relevés de cet auteur qu'une telle étude a été possible.

Tab. 1. Echantillons et sous-échantillons soumis aux analyses.

Numero Ell. & Kl. (1972)	Syntaxon de l'échantillon	Tableau Kuoch (1954)	Sous-echantillon	Nombre stations	Symbole Fig.1
46	Bazzanio-Abietetum E. & K.	7	a. var. à Bazzania b. autres var., Emmental c. var. à Lysimachia, Wägital	11 9 4 24	▲
56 57	Sphagno-Piceetum sensu E. & K.	13 11	a. typicum E. & K. b. calamagrostietosum E. & K.	16 15 31	+ ×
71	Sphagno-Pinetum	14	a. juniperetosum Kuoch b. eriophoretosum Kuoch c. betuletosum Kuoch	14 7 2 23	△ ▽ ▷
19	Abieti-Fagetum luzuletosum	2b	a. conglomérats Marbach (BE/LU) b. moraines Préalpes c. Bonaduz (GR)	7 10 1 18	○
	Abieti-Fagetum festucetosum	2a	a. var. à Fagus b. var. à Abies	30 5 35	◇ ◇
51 pp.	Abietetum festucetosum Kuoch (Galio-Abietetum E. & K. pp)	10b	c. elymetosum d. festucetosum (typiques) e. festucetosum (marginaux)	2 13 5 20	□
50	Adenostylo-Abietetum prenanthetosum Kuoch	9	a. Bas-Valais et Préalpes b. Valais central et Grisons	17 5 22	■
52	Carici-Abietetum E. & K. (=Abietetum melampyretosum Kuoch)	10a	a. var. à Carex, GR, futaies b. var. à Carex, GR, coupes c. var. à Carex, VS, futaies d. var. à Carex, VS, coupes e. var. à Saxifraga, VS, futaies f. var. à Saxifraga, VS, coupes	10 11 13 7 13 3 57	0 ⬭
7 14	«Fagetum silvaticae» Kuoch (Hêtraies basophiles)	1	a. «typicum» Kuoch b. adenotyletosum Kuoch c. «polygaletosum» Kuoch	16 8 3 27	☆ ☆ ★

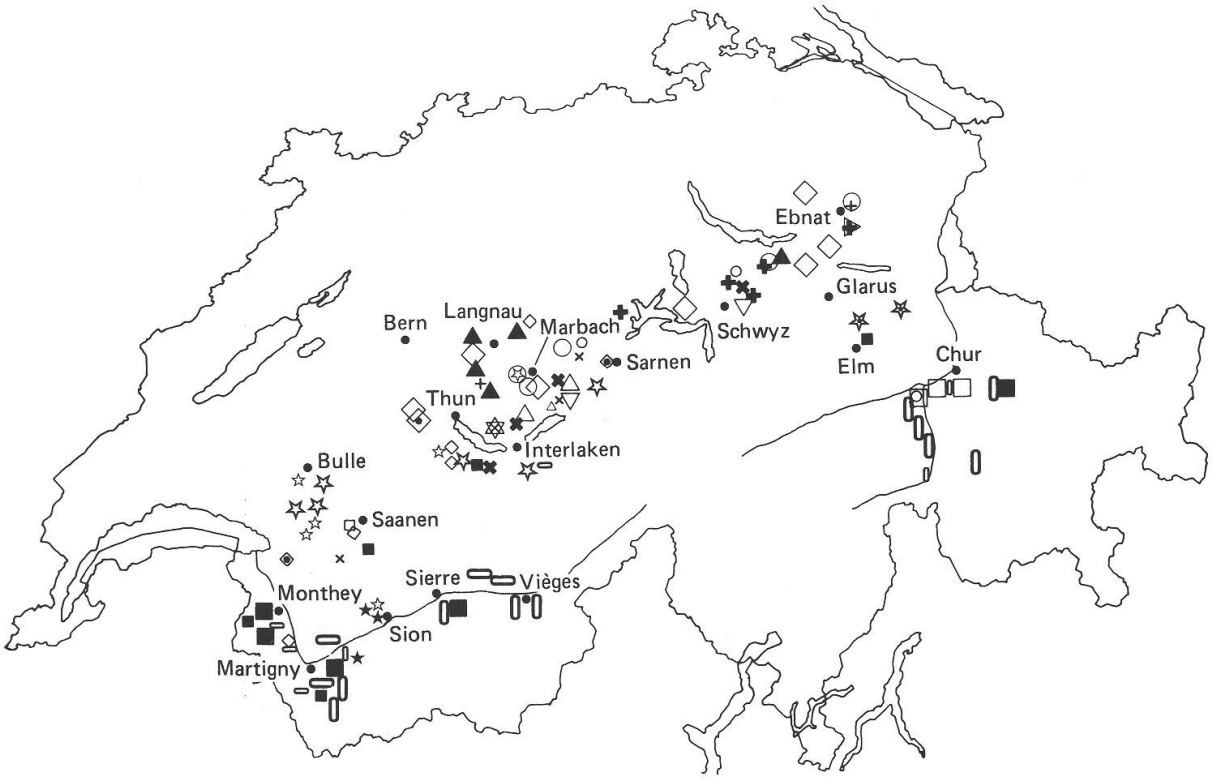

Fig. 1. Répartition géographique des stations étudiées. Symboles synsystématiques selon tableau 1. Petit symbole: station isolée, grand: 2 ou plusieurs.

2. Matériel et méthode

La méthode est celle de Kissling, Kuhn et Wildi (1988) avec les nuances suivantes:

- Le tableau 2 montre quels éléments sont considérés comme assimilables à la futaie typique du syntaxon et ne sont donc pas expurgés; et lesquels sont expurgés, sous réserve de la protection conservative (Kissling, Kuhn et Wildi 1988: 4.5.3 et tab. 3). On peut être étonné de voir conservées la «futaie éclaircie», dont la strate arborescente ne couvre que 50 à 70%, et de voir expurgée la flore du squelette affleurant (code p), si fréquente et naturelle dans maintes hêtraies-sapinières: dans les deux cas nous nous sommes conformés à la pratique de Kuoch pour optimaliser la comparaison avec ses relevés.
- La cohérence floristico-écologique des échantillons est appréciée sur la base d'analyses factorielles des correspondances (AFC) appliquées au cortège floristique (fig. 3) ou aux 8 premières valeurs indicatrices moyennes de Landolt des relevés (fig. 4). Dans l'ensemble ces analyses corroborent la synsystématique de Kuoch (1954). C'est surtout en fonction d'elles que nous composons les sous-échantillons (tab. 1).
- Pour quelques échantillons (tab. 3), nous utilisons les valeurs indicatrices R et N de Ellenberg (1979) en plus des indices homologues de Landolt (1977).
- Des groupes d'espèces sont formés en fonction des préférences en chimie édaphique et en lumière: pour les trois syntaxons de podzols (tab. 4), selon Kissling, Kuhn et Wildi (1988: fig. 5 et tab. 5); pour les hêtraies et sapinières de sols brunifiés, selon la figure 2.

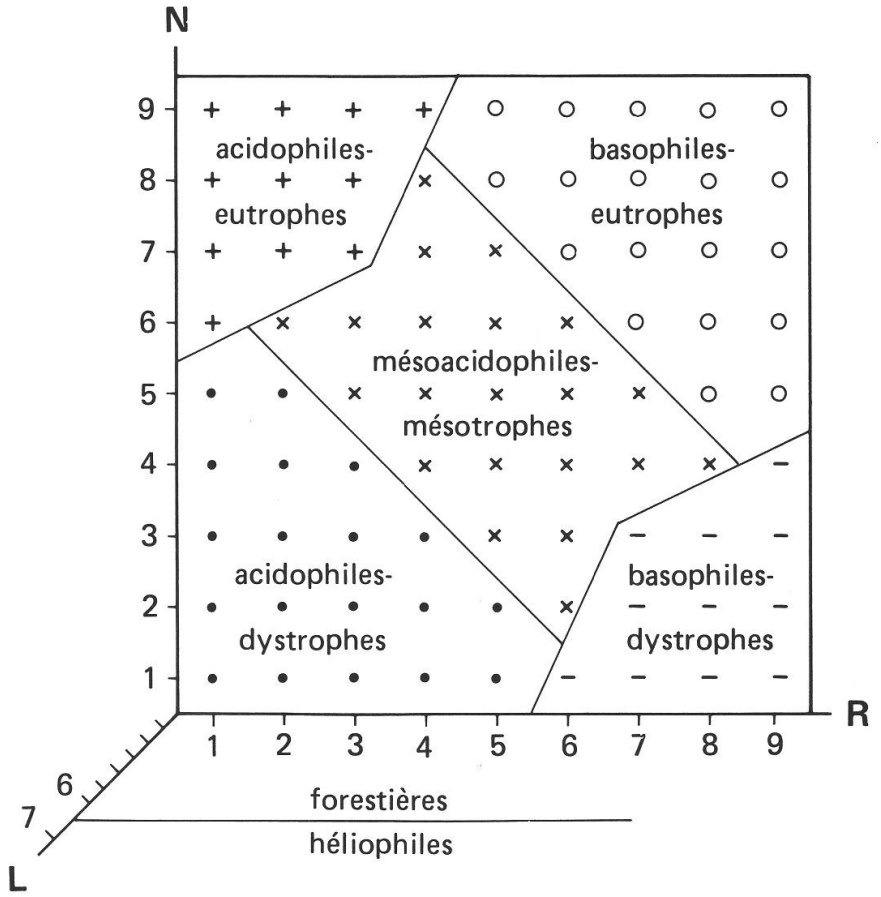

Fig. 2. Définition de groupes écologiques. D'après Ellenberg (1979), en remplaçant X et ? par 5. N.B. Les acidophiles-eutrophes sont très rares (*Epilobium angustifolium*) et sont donc jointes aux mésoacidophiles-mésotrophes.

3. Résultats et interprétation

Les tableaux synoptiques 3 à 5 correspondent aux trois niveaux de synthèse (Kissling, Kuhn et Wildi 1988, 4.6.3). Ils seront interprétés par syntaxon, puis de manière plus synthétique.

3.1 Bazzanio-Abietetum

La légère dérive acidophile de cet échantillon (Kissling, Kuhn et Wildi 1988, 5.1) est confirmée par la diminution de l'indice R de Ellenberg (tab. 3).

3.2 Sphagno-Piceetum

Les AFC des pessières (fig. 3) attestent la relative cohérence de cette entité et sa dichotomie suivant un axe d'eutrophie et d'hygrophilie, proposée en termes synsystématique différents par Kuoch (1954) et Ellenberg et Klötzli (1972). Entre les deux sous-échantillons (tab. 1), la dynamique des valeurs indicatrices n'a pas montré de différences statistiquement significatives.

Tab. 2. Composition du complexe forestier et codification du relevé mérocénotique. Chaque valeur est le pourcent des relevés (a = anciens, n = nouveaux) dans lesquels l'élément a été relevé.

Expurgation codes	Non expurgés								Expurgés, sauf majuscules																			
	r + 12345						u		abcdefg/AB..				s/S		t/T		q/Q		w/W		x/X		y/Y		v/V		p/P		z/Z	
Eléments													Microcénose régénération				Enclave anthropozoogène										Enclave naturelle			
	Futaie fermée, terre fine		Futaie éclaircie, terre fine		Perchis, terre fine		Cuvette humide		Phytocénoses régénération herbacées et arbustives		Station entièrement en régénération		Souche		Tas branches		Érosion coupe		Écorchure, motte souche, terrier		Place à feu		Sillon, sentier, piste, remblai		Canal drainage		Blocs, bancs		Autre enclave	
Syntaxons / Relevés	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
Bazzanio-Abietetum	·	·	100	83	·	17	·	8	21	71	·	8	·	12	·	2	·	·	·	12	·	12	25	67	·	12	·	·	21	21
Sphagno-Piceetum	·	·	97	87	·	·	3	13	10	58	3	13	10	6	·	13	·	6	·	3	·	13	10	19	·	10	·	·	45	39
Sphagno-Pinetum	·	·	100	100	·	·	26	22	·	9	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	9	·	9	·	·	43	17
Abieti-Fagetum luzuletosum	89	72	11	28	·	6	·	·	·	56	·	·	11	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	22	22	17
Abieti-Fagetum festucetosum	69	23	31	57	3	23	·	·	26	94	·	9	20	17	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	29	54	49	17
Abietetum festucetosum	30	5	70	85	·	·	·	·	10	40	·	10	·	·	·	·	·	·	·	·	·	3	3	11	·	·	20	10	20	·
Adenostylo-Abietetum	32	27	59	50	·	27	·	·	9	91	9	14	·	5	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	5	41	23	5
Carici-Abietetum	40	25	51	40	9	9	·	·	19	100	4	32	4	4	·	·	·	·	·	·	·	·	2	4	·	·	25	46	11	12
«Fragetum silvaticae»	44	59	48	41	11	15	·	·	33	89	·	·	15	15	·	·	·	·	·	·	·	·	4	7	·	·	18	70	7	22

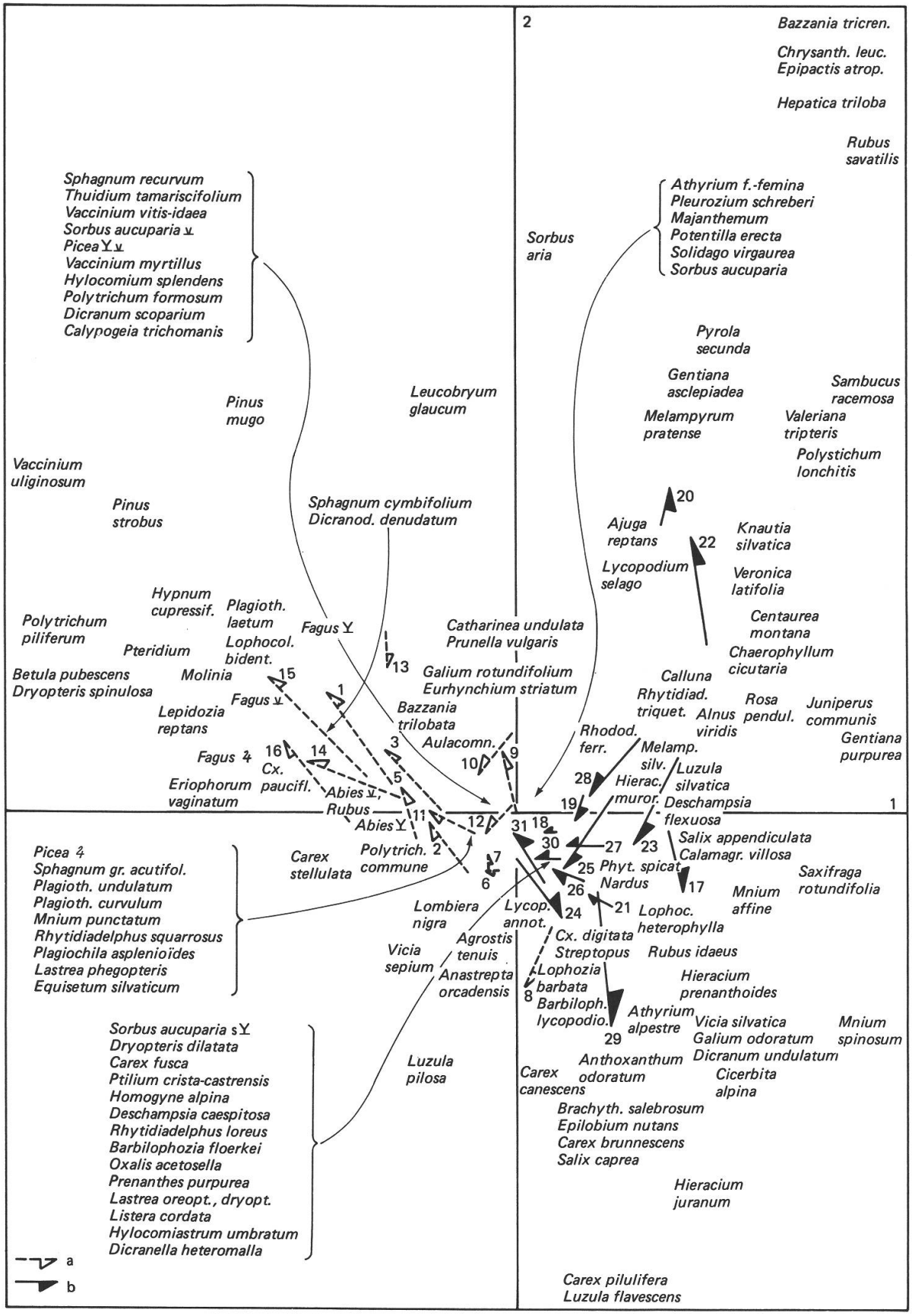

Fig. 3. Sphagno-Piceetum s.l.: analyse factorielle des correspondances des relevés floristiques. 1–31: vecteurs dynamiques des 31 stations, allant de l'ancien relevé au nouveau. Inertie cumulée des axes 1 et 2: 15%.

Tab. 3. Dynamique des valeurs indicatrices moyennes des relevés. Valeurs calculeés après expurgation conservative: n−a = nouveau relevé − ancien; valeur moyenne pour chaque lot. Taux de signification (sig): · plus de 10% (pas de changement significatif), x 10%, * 5%, ** 2%, *** 1%.

Syntaxon échantillon	Sous-échantillon	Nombre stations	Changement des valeurs indicatrices selon Landolt (1977)												Selon Ellenberg (1979)			
			R		N		H		F		D		L		R		N	
			n−a	sig	n−a	sig	n−a	sig	n−a	sig	n−a	sig	n−a	sig	n−a	sig	n−a	sig
Bazzanio-Abietetum	a	11	−0.10	**	−0.02	·									−0.22	x	+0.18	·
	b	9	−0.08	·	−0.07	x									−0.35	**	−0.03	·
	a+b	20	−0.09	***	−0.05	x									−0.28	***	+0.09	·
	total	24	−0.06	*	−0.02	·	+0.02	·	+0.06	***	+0.03	·	−0.07	***	−0.21	**	+0.07	·
Sphagno-Piceetum	a	16	−0.07	*	−0.05	*	+0.06	***	+0.03	·	−0.01	·	−0.01	·	−0.13	·	−0.03	·
	b	15	−0.09	***	−0.03	·	+0.04	*	+0.02	·	−0.02	·	−0.04	·	−0.22	·	+0.07	·
	total	31	−0.08	***	−0.04	***	+0.05	***	+0.02	·	−0.01	·	−0.02	·	−0.17	**	+0.02	·
Sphagno-Pinetum	a	14	−0.03	·	−0.04	·	+0.06	*	+0.03	·	+0.04	·	−0.08	*	+0.000	·	+0.01	·
	b	7	−0.03	·	−0.02	·	−0.04	·	−0.02	·	+0.01	·	−0.05	·	−0.04	·	+0.09	·
	total	23	−0.02	·	−0.03	*	+0.02	·	+0.01	·	+0.02	·	−0.09	*	−0.01	·	+0.04	·
Abieti-Fagetum luzuletosum	a+c	8	−0.08	x	−0.07	·	+0.06	·	−0.02	·	−0.04	·	−0.04	·	−0.26	**	−0.29	x
	b	10	+0.02	·	+0.03	·	−0.04	x	−0.01	·	−0.06	*	+0.05	*	−0.07	·	−0.05	·
	total	18	−0.02	·	−0.01	·	+0.01	·	−0.01	·	−0.05	**	+0.01	·	−0.16	x	−0.16	x
Ab.-Faget. festucetosum	total	35	−0.02	·	+0.004	·	+0.03	***	+0.03	***	+0.01	·	−0.06	***				
Abietetum festucetosum	d	13	−0.06	·	−0.10	***	+0.03	·	−0.02	·	+0.001	·	+0.04	·				
	total	20	−0.04	x	−0.07	**	+0.02	·	−0.004	·	−0.01	·	+0.002	·				
Adenostylo-Abietetum	a	17	−0.01	·	−0.002	·	+0.04	*	+0.01	·	+0.01	·	−0.03	·				
	total	22	+0.002	·	−0.05	·	+0.04	*	+0.002	·	+0.005	·	−0.03	x				
Carici-Abietetum	a	10	+0.03	·	−0.03	·	+0.03	·	+0.02	·	+0.06	**	−0.04	·				
	a+b	21	+0.03	·	−0.04	***	+0.01	·	+0.02	*	+0.05	***	−0.02	·				
	c	13	−0.08	*	−0.06	x	−0.05	·	−0.005	·	−0.10	*	+0.04	·				
	c+d	20	−0.09	***	−0.04	*	−0.07	***	+0.001	·	−0.10	***	+0.07	*				
	e	13	−0.02	·	−0.02	·	+0.04	·	+0.04	x	+0.04	x	−0.03	·				
	e+f	16	−0.02	·	−0.01	·	+0.02	·	+0.02	·	+0.03	x	−0.01	·				
	c+e	26	−0.05	*	−0.04	**	−0.004	·	+0.02	·	−0.03	·	+0.03	·				
	a+c+e	36	−0.03	·	−0.04	***	+0.01	·	+0.02	x	−0.01	·	−0.01	·				
«Fagetum silvaticae»	a	16	+0.001	·	−0.02	·	+0.01	·	+0.02	·	+0.02	·	−0.05	**				
	b	8	−0.004	·	+0.03	·	+0.05	***	+0.02	·	−0.03	·	−0.12	**				
	total	27	−0.000	·	+0.003	·	+0.01	·	+0.01	·	+0.001	·	−0.06	***				

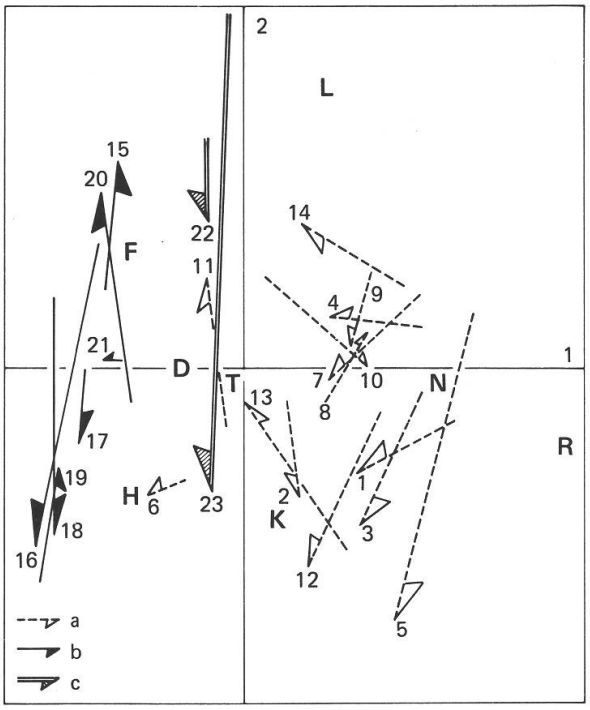

Fig. 4. Sphagno-Pinetum: analyse factorielle des correspondances des valeurs indicatrices moyennes des relevés. Inertie cumulée des axes 1 et 2: 86%.

Les indices R de Landolt et Ellenberg ont diminué faiblement mais significativement, au moins dans l'échantillon global (tab. 3). Deux changements plus faibles accompagnent celui-ci: N de Landolt a diminué et H augmenté. Or ces trois indices sont corrélés dans le cortège floristique expurgé. Il est donc impossible de dire lequel a réagi à un changement du sol et entraîné les deux autres. On peut supposer que c'est R, parce qu'il montre la dérive maximale, et parce que l'absence de dérive du N de Ellenberg met en cause le changement du N de Landolt; mais c'est une conjecture. Ces trois symptômes sont redondants entre eux et avec l'augmentation du pourcent de dystrophes s.l. et la diminution du pourcent d'eutrophes s.l. (tab. 4).

Comme le montre le tableau 4, cette dérive provient principalement d'une diminution du nombre d'espèces eutrophes s.l. Donc l'hypothèse d'un artefact par insuffisance de l'expurgation des anciens relevés (Kissling, Kuhn et Wildi 1988, 4.5.3) ne peut pas être complètement exclue. Aucun comportement d'espèce ne corrobore ces symptômes.

En conclusion la flore des pessières de podzols des Préalpes présente une faible dérive acidophile-dystrophe-humicole. Ce symptôme ressemble à celui du Bazzanio-Abietetum et reste susceptible des mêmes discussions (Kissling, Kuhn et Wildi 1988, 5.3 et 7.1).

3.3 Sphagno-Pinetum

L'AFC floristique sépare à l'évidence les trois sous-associations proposées par Kuoch (1954, 230) et l'AFC des valeurs indicatrices (fig. 4) confirme que juniperetosum est la moins dystrophe-humicole et hygrophile. Les indices H et N (Ellenberg) se sont comportés différemment dans les deux principaux sous-échantillons (a et b).

Les indices R n'ont pas changé significativement. Le N de Landolt montre une légère diminution contredite par une augmentation non significative du N de Ellenberg: dans

Tab. 4. Dynamique des groupes écologiques. Après expurgation conservative. n−a = nombre dans le nouveau relevé − nombre dans l'ancien, moyenne de ces différences. %−% = pourcent du total dans le nouveau relevé − pourcent dans l'ancien. Taux de signification comme tableau 3.

Syntaxon échantillon – podzols –	Sous-échan-tillon	Nombre stations	Dystrophes s.l.				Mésotrophes s.l.				Eutrophes s.l.				(selon K., K. & W. 1988: fig. 5)	Total	
			n−a	sig	%−%	sig	n−a	sig	%−%	sig	n−a	sig	%−%	sig		n−a	sig
Bazzanio-Abietetum	total	24	+0.3	·	+3.3	*	−1.5	*	−4.0	*	−0.2	·	−0.8	·		−1.3	·
Sphagno-Piceetum	a	16	+0.9	·	+2.9	*	−0.7	·	−1.3	·	−0.7	·	−1.7	·		−0.5	·
	b	15	+0.9	·	+5.1	*	−0.9	·	−1.7	·	−0.6	·	−1.5	·		−1.3	·
	total	31	+0.9	·	+0.4	***	−0.8	·	−1.5	·	−0.6	***	−1.6	***		−0.9	·
Sphagno-Pinetum	a	14	+5.1	***	+2.6	·	+0.2	·	−2.6	·						+5.7	***
	b	7	+4.7	*	+3.4	·	+0.1	·	−0.7	·						+4.6	***
	total	23	+5.0	***	+3.0	*	+0.1	·	−2.4	·						+5.4	***
– sols brunifiés –			Acidophiles-dystrophes (fig. 2)				Mésoacidophiles-mésotrophes				Basophiles-eutrophes				Basophiles-dystrophes		
			n−a	sig	%−%	sig	n−a	sig	%−%	sig	n−a	sig	%−%	sig	n−a sig %−% sig		
Abieti-Fagetum luzuletosum	a+c	8	+1.9	x	+2.5	·	+2.1	·	−2.5	·	−0.8	·	−4.8	***	−0.4 · −0.8 ·	+4.4	·
	b	10	+0.1	·	−2.1	·	+2.4	x	+0.6	·	+0.2	·	+0.1	·	−0.1 · −0.6 ·	+3.3	*
	total	18	+0.9	·	−0.1	·	+2.3	*	−0.8	·	−0.2	·	−2.1	x	−0.2 · −0.7 ·	+3.8	**
Ab.-Faget. festucetosum	total	35	−0.5	x	+0.3	·	−3.9	***	+0.3	·	−1.3	***	−0.3	·	−0.4 * −0.4 ·	−6.0	***
Abietetum festucetosum	d	13	+1.8	*	+3.2	***	−2.7	·	−2.2	·	−1.4	·	−2.8	*	+0.6 · +0.8 ·	+0.2	·
	total	20	+1.2	x	+2.2	**	−2.0	·	−0.7	·	−1.5	x	−2.6	*	+0.4 · +0.4 ·	−0.6	·
Adenostylo-Abietetum	a	17	+0.6	x	+2.2	**	−0.9	·	−1.6	·	0	·	+0.1	·	−0.2 · −0.6 ·	0	·
	total	22	+0.5	·	+1.8	*	−1.1	·	−1.6	·	0	·	+0.2	·	−0.2 · −0.5 ·	−0.5	·
Carici-Abietetum	a	10	+1.7	**	+1.9	·	+2.7	·	−1.9	·	+0.4	·	−0.7	·	+1.5 x +1.3 ·	+6.0	x
	a+b	21	+0.2	·	+1.5	·	−1.3	·	−1.9	*	−0.2	·	−0.6	·	+0.6 · +1.5 x	−1.0	·
	c	13	+2.1	***	+6.8	***	−0.2	·	−2.9	x	+0.1	·	0	·	−0.1 · −2.3 ·	+1.4	·
	c+d	20	+0.9	·	+6.3	***	−1.7	x	−1.1	·	−0.3	·	−0.2	·	−0.9 x −4.3 *	−2.4	·
	e	13	−0.9	·	−0.3	·	−0.1	·	+1.5	·	−0.4	·	−1.2	·	−0.2 · 0 ·	−1.7	·
	e+f	16	−1.3	*	−0.8	·	−0.7	·	+2.9	·	−0.6	x	−1.1	·	−0.3 · −0.6 ·	−3.2	*
	c+e	26	+0.6	·	+3.3	*	−0.2	·	−0.7	·	−0.2	·	−0.6	·	−0.1 · −1.2 ·	−0.2	·
	a+c+e	36	+0.9	**	+2.9	***	+0.6	·	−1.0	x	0	·	−0.6	·	+0.3 · −0.5 ·	+1.6	·
«Fagetum silvaticae»	a	16	+0.2	·	+0.7	·	−2.6	***	−0.8	·	−1.1	·	−0.8	·	+0.3 · +0.6 ·	−3.2	x
	b	8	−0.1	·	−0.3	·	+0.1	·	+1.5	·	−2.0	·	−1.4	·	−0.1 · 0 ·	−0.9	·
	total	27	+0.04	·	+0.2	·	−1.3	·	−0.4	·	−1.1	**	−0.9	·	+0.3 · +0.9 ·	−1.6	·

Tab. 5. Tendances dynamiques des espèces. A: tendances à apparaître entre 1950 et 1986, taux de signification 5%. a: idem avec 10%. D/d: idem pour tendance à disparaître. ( ): artefact dû à la confusion avec une espèce voisine.

		Bazzanio-Abietetum	Sphagno-Piceetum	Sphagno-Pinetum	Ab.-Fag. luzuletosum	Ab.-Fag. festucetosum	Abietet. festucetosum	Adenostylo-Abietetum	Carici-Abietetum	«Fagetum silvaticae»
Acidophiles-Dystrophes	Blechnum spicant	·	·	·	·	A	a	A	·	·
	Dryopteris spinulosa	(D)	·	·	·	·	·	·	·	·
	Deschampsia flexuosa	·	·	·	a	·	·	·	·	·
	Carex fusca	·	D	·	·	·	·	·	·	·
	Luzula silvatica	·	·	·	·	d	·	·	·	·
	Listera cordata	·	·	A	·	·	·	·	·	·
	Melampyrum pratense ssp.	·	·	A	·	·	·	·	·	·
	Pyrola secunda	·	·	·	·	·	·	·	d	·
	Mnium spinosum	·	·	·	·	a	·	a	·	·
	Polytrichum formosum	·	·	A	·	a	a	a	·	·
	Dicranum undulatum	·	·	A	·	·	·	·	·	·
	Leucobryum glaucum	·	·	a	·	·	·	·	·	·
	Rhytidiadelphus loreus	·	·	A	·	D	·	·	·	·
	Ptilium crista-castrensis	d	·	·	·	·	·	·	·	·
	Plagiothecium undulatum	A	·	·	·	·	·	·	·	·
	Sphagnum cymbifolium	·	a	·	·	·	·	·	·	·
	Bazzania trilobata	·	·	a	·	·	·	·	·	·
	Ptilidium ciliare	·	·	a	·	·	·	·	·	·
	Lophocolea bidentata	A	·	·	·	·	·	·	·	·
Mésoacidophiles-Mésotrophes	Sorbus aucuparia	·	·	a	·	·	·	·	A	·
	Lonicera nigra	·	·	·	·	D	·	·	·	·
	Lonicera xylosteum	·	·	·	·	D	·	·	D	·
	Ilex aquifolium	·	·	·	·	d	·	·	·	·
	Hedera helix	·	·	·	·	D	·	·	·	·
	Lycopodium selago	·	·	·	a	·	a	·	·	·
	Athyrium alpestre	·	(A)	·	·	·	·	·	·	·
	Dryopteris filix-mas	·	·	·	·	·	·	·	D	·
	Carex silvatica	·	·	·	A	a	·	·	·	·
	Carex digitata	·	·	·	·	D	·	·	·	·
	Neottia nidus-avis	·	·	·	·	D	·	·	·	·
	Platanthera bifolia	·	·	·	·	·	·	·	·	D
	Knautia silvatica	·	·	·	·	·	·	·	·	D
	Geranium robertianum	·	·	·	·	D	·	·	·	·
	Anemone nemorosa	·	·	·	·	D	·	·	·	·
	Viola silvestris/riviniana	·	·	·	·	·	d	·	·	·
	Mycelis muralis	·	·	·	·	D	·	·	·	·
	Prenanthes purpurea	d	·	·	·	·	·	·	·	·
	Solidago virgaurea	·	·	·	·	D	·	·	D	·
	Hieracium murorum	D	·	·	·	·	·	·	·	·
	Mnium punctatum	·	·	·	·	·	a	·	·	·

Tab. 5. (suite)

		Bazzanio-Abietetum	Sphagno-Piceetum	Sphagno-Pinetum	Ab.-Fag. luzuletosum	Ab.-Fag. festucetosum	Abietet. festucetosum	Adenostylo-Abietetum	Carici-Abietetum	«Fagetum silvaticae»
	Mnium affine	a	·	·	·	·	a	·	·	·
	Eurhynchium striatum	D	·	·	·	·	·	·	·	·
	Rhytidiadelphus triquetrus	D	·	·	·	D	·	·	·	·
	Plagiochila asplenioides	·	·	·	·	D	·	·	·	·
Basophiles-Eutrophes	Sambucus racemosa	·	·	·	·	d	·	·	·	·
	Lonicera alpigena	·	·	·	·	·	·	·	·	A
	Polystichum lobatum	·	·	·	·	D	d	·	·	·
	Bromus ramosus	·	·	·	·	·	·	·	·	(D)
	Carex flacca	·	·	·	·	D	·	·	·	·
	Paris quadrifolia	·	·	·	·	D	·	·	·	·
Basophiles-Dystrophes	Valeriana tripteris	·	·	·	·	·	·	d	D	·
	Tortella tortuosa	·	·	·	·	·	·	·	·	a
	Ctenidium molluscum	·	·	·	·	·	·	·	·	a
Autres	Catharinea undulata	·	·	·	·	A	a	A	·	·
	Dicranella heteromalla	·	A	·	A	·	·	·	·	·
	Dicranodontium denudatum	·	·	·	A	·	·	·	·	·
	Hypnum cupressiforme	·	·	·	·	D	·	·	·	·
	Plagiothecium laetum	A	·	·	·	A	·	·	·	·
	Pellia epiphylla/neesiana	·	·	·	a	A	·	·	·	·

un tel cas la prudence impose de conclure qu'on ne peut pas affirmer de changement du niveau trophique apprécié par les indices N.

Par contre l'effectif du cortège floristique a massivement augmenté, par une prolifération des groupes dystrophes s.l. (tab. 4), dont plusieurs espèces montrent même une tendance à apparaître (tab. 5). Est-ce un artefact dû à un échantillonnage plus complet lors du nouveau relevé? Pour les bryophytes on pourrait le supposer, car dans cette spécialité l'échantillonnage reste peu reproductible pour le phytosociologue phanérogamiste. Pour *Listera cordata,* on pourrait invoquer le fait qu'il ne développe pas chaque année une pousse: mais est-ce que cela explique que nous l'ayons trouvé 15 fois de plus que Kuoch sur un lot de 23 stations? Enfin la prolifération des *Melampyrum* n'est certainement pas un artefact. Par conséquent tout ou partie de l'apparition des dystrophes est un phénomène réel, qui peut provenir de deux causes:

1. un effet des immissions;
2. une dynamique spontanée vers le coeur des Vaccinio-Piceetea, plus riche en espèces que les pineraies de tourbières.

La première hypothèse ne peut pas être exclue par nos données. Mais la seconde est corroborée par une dérive sciaphile montrée par l'orientation des vecteurs dynamiques dans l'AFC écologique (fig. 4) et par la diminution de L (tab. 3). Cet argument est d'autant plus fort que la prolifération des acidophiles-dystrophes et la diminution de L ne sont pas redondantes, car L varie indépendemment de R, N et H dans le cortège floristique expurgé.

En conclusion les pineraies tourbeuses des Préalpes présentent un enrichissement de la flore dystrophe et une légère dérive sciaphile. Ces symptômes indépendants peuvent indiquer une dynamique spontanée vers une forêt climacique plus riche en espèces. Une influence des immissions ne peut pas être exclue, mais cette explication n'est pas nécessaire.

3.4 Abieti-Fagetum luzuletosum

Les stations des environs de Marbach (a) surprennent lors du relevé par l'invasion régulière d'espèces calcicoles. Il s'agit de crêtes instables de conglomérats prompts à colluvionner et à réalimenter le sol en calcaire. Même en limitant le relevé aux surfaces les plus acidophiles nous n'avons jamais trouvé de stations aussi bien typées que celles des crêtes morainiques (b). L'AFC écologique confirme que ce sous-échantillon occupe l'aile la moins acidophile. La seule station intra-alpine (c) s'individualise floristiquement et se rapproche du sous-échantillon a par les valeurs indicatrices.

Une dérive acidophile-dystrophe est à noter dans le sous-échantillon a + c (tab. 3): la diminution de R et N est peu significative selon les indices de Landolt, plus accusée selon ceux de Ellenberg. C'est probablement une paire de dérives redondantes, car R et N sont corrélés dans le cortège floristique expurgé. Cette dérive provient de deux symptomes convergents (tabl. 4): les acidophiles-dystrophes ont progressé et les basophiles-eutrophes régressé, en nombre et en pourcent. Cette dérive n'est pas significative dans le sous-échantillon typique des moraines (b). Dès lors il n'est pas étonnant que rien ne soit net au niveau de l'échantillon global.

La dérive des stations de Marbach appelle trois hypothèses:

1. un effet de la pollution de l'air: mais pourquoi serait-il aussi sensible dans cette vallée et aussi peu dans des stations analogues de régions voisines (8 à 12: Schüpfheim et Entlebuch)? L'hypothèse est invraisemblable mais ne peut pas être écartée. L'argument «à sol différent, réaction différente aux pluies acides» peut être invoqué pour la soutenir, puisque ce sous-échantillon est naturellement une aile particulière du syntaxon. Mais cet argument appuie aussi la deuxième hypothèse.
2. une dynamique naturelle: dans une mosaïque de conglomérats plus ou moins colluvionnés et en pentes instables, on peut imaginer des phases de brunification et de lessivage interrompues par le colluvionnement ou l'érosion.
3. un artefact: vu la difficulté de retrouver les stations de Kuoch dans cette zone et d'y cerner des phytocénoses acidophiles, nous avons peut-être été trop exigeant de «pureté phytosociologique» dans ce cas, et restreint excessivement les placettes au coeur acidophile des stations.

La vraisemblance est du côté des deux dernières hypothèses.

Pour conclure l'Abieti-Fagetum luzuletosum des Préalpes ne présente aucun symptôme décisif en ce qui concerne notre problème. La dérive acidophile-dystrophe du sous-échantillon a offre trop de matière à discussion pour être invoquée comme symptôme de la pollution atmosphérique.

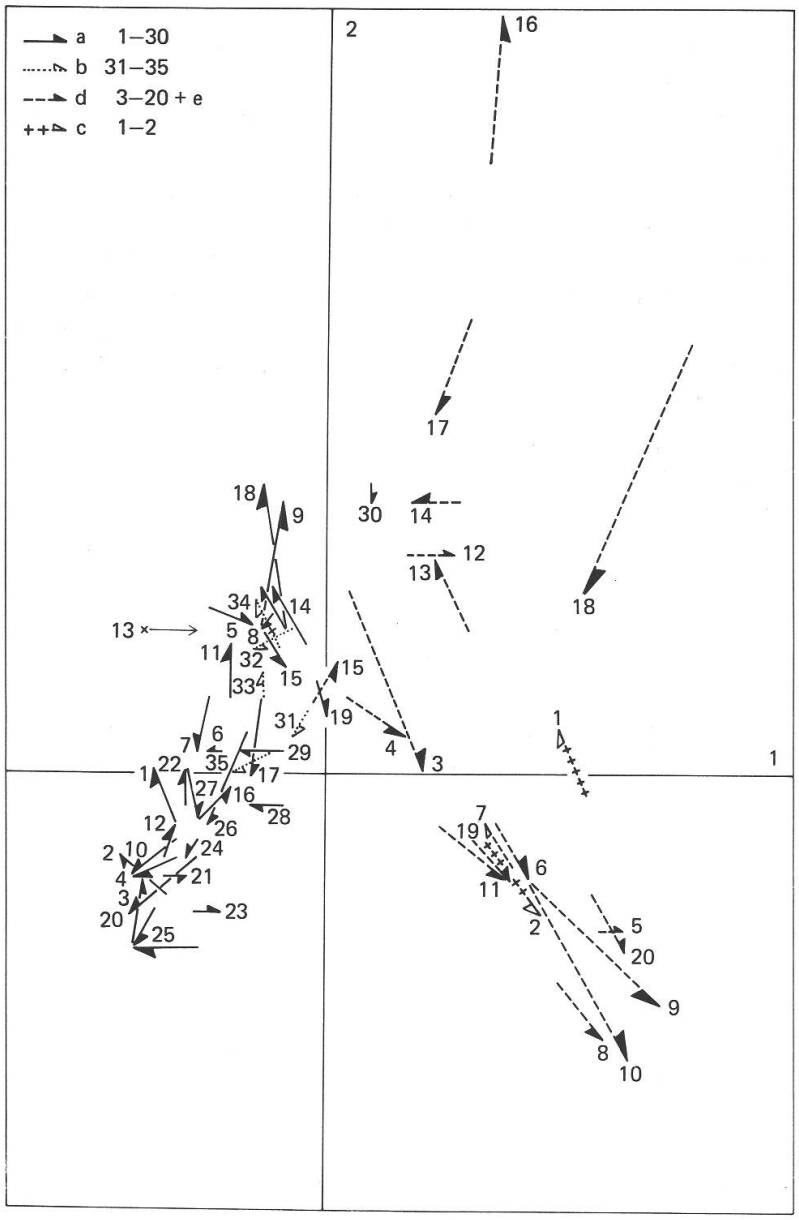

Fig. 5. Groupements à *Festuca altissima:* analyse factorielle des correspondances des relevés floristiques. a et b: Abieti-Fagetum festucetosum; c à e: Abietetum festucetosum. Inertie cumulée des axes 1 et 2: 11,5%.

3.5 Groupements à Festuca altissima

Les relevés riches en *Festuca altissima* de Kuoch (1954, tab. 2a et 10b) se sont trouvés ventilés dans divers syntaxons, en particulier le Galio-Abietetum, par Ellenberg et Klötzli (1972). Une AFC floristique préliminaire (fig. 5) confirme la dichotomie de Kuoch sur l'axe 1 déjà. L'AFC des valeurs indicatrices lui donne une faible mais nette caution écologique: malgré une grande zone de recoupement l'Abietetum est projeté plus haut sur les axes 1 et 2 que l'Abieti-Fagetum. Nous adoptons donc les deux syntaxons de Kuoch comme échantillons séparés (tab. 1).

3.5.1 Abieti-Fagetum festucetosum

Les variantes de Kuoch (tab. 1) ne sont séparées sur aucun des 6 premiers axes des AFC floristique et écologique restreintes à cet échantillon. Nous englobons donc les 35 stations dans les tests statistiques.

R et N ne montrent aucun changement significatif. Cette stabilité est d'autant plus frappante que le cortège floristique a nettement changé (tab. 4, total). Un appauvrissement massif a touché les 4 groupes écologiques: chaque groupe a diminué d'effectif (tab. 4, n–a), mais sans changer de proportions dans le cortège global (%–%). Et dans tous ces groupes des espèces montrent une tendance à disparaître (tab. 5). H et F ont augmenté et L diminué: ces symptomes sont sans doute redondants puisque les trois indices sont corrélés dans le cortège floristique expurgé, et probablement entraînés par la dérive de L puisque celle-ci est la plus forte.

L'appauvrissement floristique général sans changement des préférences R et N et la diminution de l'indice d'héliophilie suggèrent ensemble un assombrissement du couvert arborescent. Celui-ci ne ressort pas des pourcents de couverture. Nous n'avons pas d'explication sûre, mais cette dynamique peut sans doute être spontanée, liée peut-être aux stades finaux du cycle de régénération, que nos données ne permettent pas d'analyser. Nous retrouvons un phénomène analogue dans le Sphagno-Pinetum et les hêtraies.

L'Abieti-Fagetum festucetosum ne présente donc pas de symptôme floristique appelant une explication par la pollution atmosphérique.

3.5.2 Abietetum festucetosum

L'AFC floristique ne sépare pas la sous-association elymetosum avant le 5e axe. Elle marginalise par contre les stations 16 à 20 (e).

L'échantillon montre une dérive dystrophe-acidophile: N a diminué (tab. 3); R également, mais peu significativement et sans doute entraîné par N, auquel il est corrélé dans le cortège floristique. Ces symptomes sont redondants avec les changements de pourcent des acidophiles-dystrophes et des basophiles-eutrophes. Cette dérive est due à une diminution du nombre de basophiles-eutrophes conjointe à une augmentation du nombre d'acidophiles-dystrophes, peu significatives (tab. 4). Cette dérive n'est pas un artefact dû à l'insuffisance de l'expurgation des anciens relevés, car un tel défaut n'expliquerait pas l'augmentation du nombre d'acidophiles-dystrophes. Elle ne semble pas due à un assombrissement du couvert, car l'indice L n'a pas diminué.

La dérive dystrophe-acidophile de ce syntaxon est donc probablement d'origine édaphique, soit spontanée soit par influence des pluies polluées.

3.6 Adenostylo-Abietetum prenanthetosum

Les AFC floristique et écologique séparent une aile plus xérobasophile (b) qui comprend surtout les stations intra-alpines.

Cet échantillon ne présente guère de symptome intéressant notre problème, à aucun des trois niveaux de synthèse. Seules les acidophiles-dystrophes ont augmenté, peu en nombre et surtout en pourcent (tab. 4), mais sans modifier les valeurs moyennes de R et N (tab. 3). Les faibles dérives de H et L sont sans doute redondantes car ces deux indices sont fortement corrélés dans le cortège floristique.

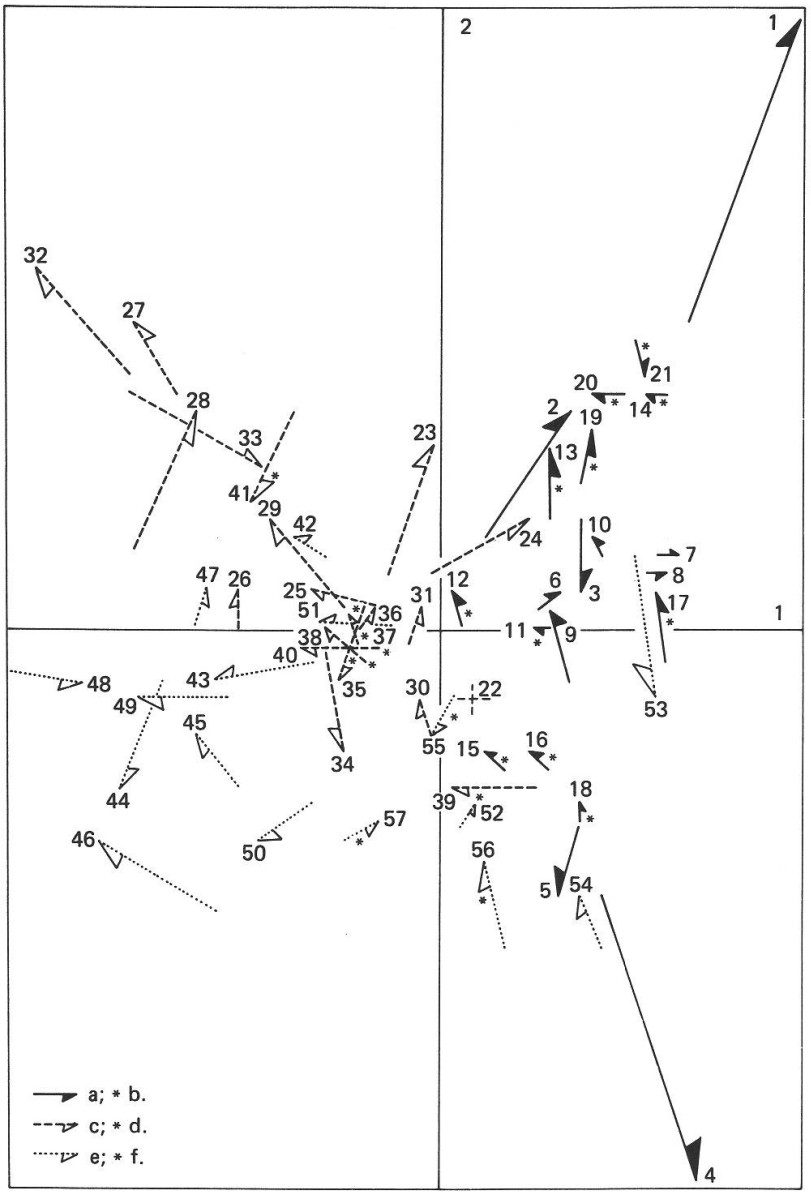

Fig. 6. Carici-Abietetum: analyse factorielle des correspondances des relevés floristiques. Inertie cumulée des axes 1 et 2: 10,4%.

3.7 Carici-Abietetum

L'AFC floristique (fig. 6) différencie imparfaitement trois entités: la variante à *Carex* des Grisons, celle du Valais, et la variante à *Saxifraga*. Bien que ces unités soient superposées dans l'AFC écologique, l'abondance du matériel justifie de les distinguer. Nous avons même isolé dans chacune les stations dont l'ancien ou le nouveau relevé couvrait une placette en pleine régénération (moins de 50% de couverture arborescente); ce sont les sous-échantillons, b, d et f. Dans aucun autre syntaxon ce cas ne s'est avéré aussi fréquent (tab. 2).

Seule la variante à *Carex* du Valais (c et d) montre une dérive notable, de caractère acidophile-dystrophe. La diminution de R et N est redondante avec l'augmentation du pourcent d'acidophiles-dystrophes et les discrètes diminutions des pourcents des autres

groupes. La dérive de R est d'autant plus frappante qu'elle va à l'encontre de la diminution de H, avec lequel R est corrélé négativement, et d'une augmentation de L, avec lequel R est corrélé positivement dans le cortège floristique. D'autre part l'augmentation du nombre d'acidophiles-dystrophes permet d'écarter l'hypothèse de l'artefact par expurgation incomplète.

Cette dérive est pratiquement nulle dans les stations très analogues des Grisons (a et b): l'augmentation du nombre d'acidophiles-dystrophes dans le sous-échantillon a fait partie d'une augmentation générale des effectifs des groupes et ne modifie pas leurs pourcents. Tout ceci suggère une dérive régionale qui pourrait être rapprochée du surcroît d'immissions industrielles du Valais: mais alors comment expliquer que la variante à *Saxifraga,* valaisanne elle aussi (fig. 1) et occupant des sols analogues, n'ait pas du tout subi cette dérive? Quant aux dérives cumulées de c + e et a + c + e, elles ne sont que l'écho de la dérive de c et ne justifient pas un diagnostic global concernant le Carici-Abietetum.

En conclusion, le Carici-Abietetum apporte à la fois un argument et un contre-argument à la thèse d'une dérive trophique du cortège floristique liée aux pluies polluées.

3.8 «Fagetum»

Les AFC floristique et écologique légitiment à l'évidence les trois subdivisions de Kuoch, qui sont traitées comme sous-échantillons.

R et N sont restés stables dans tout l'échantillon (tab. 3). Cette stabilité est redondante avec celle des pourcents des groupes écologiques. Elle est d'autant plus remarquable que l'indice L a notablement diminué et qu'il est positivement corrélé à R dans le cortège floristique. La diminution de L est probablement expliquée par la tendance des peuplements arborescents de cet échantillon à se refermer: la couverture arborescente était souvent supérieure dans le nouveau relevé, comme on peut en juger aux pourcents de futaies fermées (tab. 2).

L'échantillon de hêtraies ne présente donc pas de symptôme floristique imputable à la pollution de l'air.

4. Synthèse des résultats

Trois échantillons sur neuf et un sous-échantillon ont subi une dérive acidophile. Dans les cas du Bazzanio-Abietetum et du Sphagno-Piceetum, cette dérive provient surtout d'une régression des mésotrophes et eutrophes, ce qui ne permet pas d'écarter définitivement l'hypothèse d'un artefact dû à une expurgation insuffisante des anciens relevés (Kissling, Kuhn et Wildi 1988, 4.5.3). Par contre les dérives de l'Abietetum festucetosum et du Carici-Abietetum, variante à *Carex* du Valais, sont sans doute réelles, comme nous l'avons vu.

Les autres syntaxons, occupant le même éventail de régions et de types de sols, ne présentent pas cette dérive. Le cas des sous-échantillons du Carici-Abietetum, syntaxon assez homogène dans son ensemble, est très démonstratif de ces symptômes contradictoires.

D'autre part, si l'indice N a changé, c'est dans le sens d'une diminution. La confrontation des indices de Landolt et Ellenberg fait douter que le niveau trophique ait autant diminué que ne l'indique le N de Landolt. Il est par contre certain qu'on ne peut pas déceler d'augmentation du niveau trophique dans les échantillons des Alpes, contrairement au cas des chênaies étudié par Kuhn et al. (1987).

En outre nous avons mis en évidence des dynamiques floristiques sans doute spontanées dans trois syntaxons: Sphagno-Pinetum, Abieti-Fagetum festucetosum et «Fagetum».

5. Conclusion

Le matériel des Préalpes et des Alpes internes suisses ne permet ni de confirmer ni de rejeter l'hypothèse d'un changement floristique provoqué en forêt par les pluies polluées depuis 1950. Les divers échantillons donnent des arguments contradictoires.

6. Perspectives

La méthode utilisée ici est à la limite du pouvoir de résolution de la phytosociologie actuelle mais ne suffit pas pour écarter tous les phénomènes parasites: difficulté de localiser les placettes, interférences du cycle de régénération, des dynamiques climaciques encore inconnues et du mode sylvicultural.
Pour l'avenir il faudra supprimer l'un des principaux facteurs d'imprécision en fixant des placettes permanentes, qui font cruellement défaut pour reconstituer le passé floristique de nos forêts.

Ce travail a aussi montré qu'il faut analyser séparément des échantillons floristiquement et écologiquement homogènes, car ils réagissent diversement.

Enfin ce travail a été l'occasion de prendre conscience d'un champ peu exploré par la phytosociologie forestière: la dynamique floristique accompagnant le cycle de régénération. La synsystématique des Epilobietea n'est qu'une grossière esquisse. Il manque un suivi plus continu et différencié selon les syntaxons forestiers.

Monsieur le Dr. N. Kuhn a initié ce travail. Monsieur le Dr. O. Wildi l'a grandement facilité en adaptant une série de ses programmes de syntaxonomie numérique aux besoins de ce projet. Qu'ils soient chaleureusement remerciés.

Bibliographie

Ellenberg H. 1979 (2e éd.). Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobot. 9: 122 S.
Ellenberg H. und Klötzli F. 1972. Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 48: 587–930.
Kissling P., Kuhn N. et Wildi O. 1988. Le relevé mérocénotique et son application à l'étude du changement floristique en forêt. Bot. Helv. 98: 39–75.
Kuhn N., Amiet R. und Hufschmid N. 1987. Veränderungen in der Waldvegetation der Schweiz infolge Nährstoffanreicherungen aus der Atmosphäre. Allg. Forst- u. Jagdzeit 158: 77–84.
Kuoch R. 1954. Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 30: 133–260.
Landolt E. 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftg. Rübel 64; 208 S.