

UTILISATION D'UN CRITERE STATISTIQUE DE L'ECOLOGIE
EN PHYTOSOCIOLOGIE
EXEMPLE DES FORETS ALLUVIALES EN ALSACE

par H. BRISSE, G. GRANDJOUAN,
M. HOFF et P. DE RUFFRAY

Laboratoire de Morphologie expérimentale
U.L.P., Institut de Botanique
28, rue Goethe
67083 Strasbourg Cédex

RÉSUMÉ

En phytosociologie, la méthode classique des tableaux, de même que les procédés numériques qui en sont issus, ont une précision limitée, parce qu'ils sont basés sur les fidélités des espèces à un ensemble de groupements végétaux, parfois peu homogènes. Les autres méthodes numériques usuelles, comme l'analyse des correspondances, ne sont pas tributaires de groupements préétablis, mais elles n'expriment directement que des différences floristiques, sans les pondérer par leurs significations écologiques.

Le calcul proposé ici vise à combiner les avantages respectifs des deux méthodes précédentes ; il se base sur la fréquence relative de chaque espèce en présence de chaque autre, cette fréquence exprimant la fidélité, c'est-à-dire la dépendance apparente de la première espèce à l'égard de la seconde. L'ensemble des fidélités mutuelles des espèces traduit le réseau de leurs similitudes de répartition, essentiellement dues à l'écologie. Les plantes ainsi étalonnées les unes par rapport aux autres, permettent ensuite de caractériser les relevés d'une façon quantitative et non plus qualitative, de même qu'en écologie, les plantes indicatrices, c'est-à-dire les plantes préalablement étalonnées par rapport au milieu, traduisent, elles aussi, les facteurs du milieu où elles se trouvent.

Ces fidélités définissent un espace imaginaire au sein duquel on classe les espèces en "éléments phytosociologiques de

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° :

18648 ex 1

Cote :

B

21 OCT. 1985

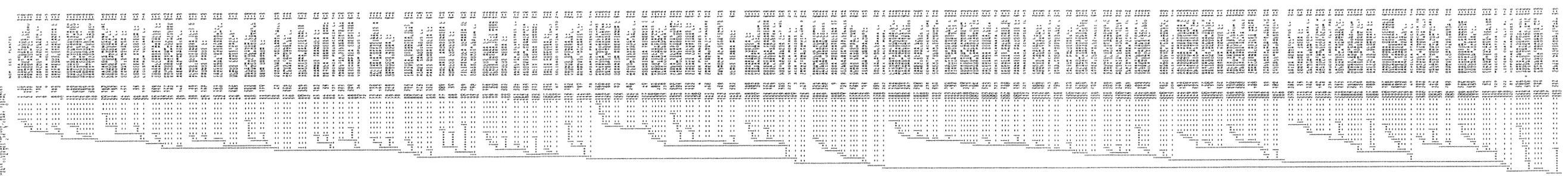
même qu'on classe les relevés en groupements. Un élément comme un groupement est ensuite caractérisé par les pouvoirs discriminants des espèces et des éléments, les espèces les plus discriminantes à l'égard d'un groupement étant les homologues des espèces caractéristiques, les unes comme les autres étant celles qui contribuent le plus à l'originalité d'un groupement. Cependant, les espèces discriminantes ont une forme plus quantitative et tiennent compte d'une plus grande partie de la flore que les espèces caractéristiques.

Un exemple d'application porte sur un espace défini par 1223 plantes recensées dans 1420 relevés, en Alsace, au sein duquel on classe 328 relevés contenant 331 plantes, extraits des données précédentes et situées dans les forêts alluviales et les formations apparentées. Le traitement numérique fournit les catalogues standardisés des éléments et des groupements, depuis les principaux jusqu'aux plus détaillés, conformément à la hiérarchie des phénomènes. Un groupement comme celui des hêtraies à charme de la plaine du Ried, par exemple, est principalement discriminé par *Fagus sylvatica*, *Viola silvestris*, *Milium effusum*, etc. ou encore, d'une façon résumée, par les deux principaux éléments forestiers (l'élément à *Fagus* pour 38%, et l'élément à *Cornus sanguinea* pour 26%) ainsi que, secondairement, par la présence d'un petit élément à *Fragaria vesca*, discriminant à 13% et l'absence d'un important élément herbacé à *Molinia*, discriminant à 11%.

ANWENDUNG EINES STATISTISCHEN KRITERIUMS DER OKOLOGIE IN DER PFLANZENSOZIOLOGIE AM BEISPIEL VON ELSÄSSISCHEN AUENWÄLDERN

ZUSAMMENFASSUNG :

Die klassische Methode der Pflanzensoziologie zur Erstellung floristischer Tabellen, wie auch die von ihnen abgeleiteten numerischen Methoden, haben nur begrenzte Genauigkeit, denn sie stützen sich auf die Treue der Arten, bezogen auf bestimmte Pflanzengesellschaften, die oft ziemlich heterogen sind. Andere gebräuchliche numerische Methoden, wie die Korrespondenzanalyse, sind unabhängig von der angenommenen Gruppeneinteilung, aber indirekt drücken sie nichts anderes aus als floris-



NIVEAU DE SYNTHÈSE NUMERO 1

DENDROGRAMME DES RELEVÉS	NO SUR LE DENDRO	NOM DES GROUPES ET DES AGREGATIONS	NUMERO DES GROUPES RETENUS	EFFECTIFS REL	DES PLA	DES OBS	OBS/REL
1	104	BOIS DE HILSENHE	1	100	100	100	1.00
2	172	BOIS DE HILSENHE	2	172	172	172	1.00
3	172	BOIS DE HILSENHE	3	172	172	172	1.00
4	326	BOIS DE HILSENHE	4	326	326	326	1.00

LISTE DES PLANTES DISCRIMINANTES A L'EGARD DES GROUPES DE RELEVÉS

NUM	NOM DES PLANTES	GPMENT 104	GPMENT 172	GPMENT 172	GPMENT 326
242	VIOLA SILVESTRI (LA)	1	1	1	1
243	CAREX SILVATICA HUDS	1	1	1	1
244	CAREX HELIC L.	1	1	1	1
245	CARPINUS BETULUS L.	1	1	1	1
246	FRAXINUS EXCELSIOR L.	1	1	1	1
247	LAMINUM GALEOBOLON (	1	1	1	1
248	ANEMONE NEMOROSA L.	1	1	1	1
249	MILTIUM EFFUSUM L.	1	1	1	1
250	FAGUS SILVATICA L.	1	1	1	1
251	ACER CAMPESTRE L.	1	1	1	1
252	FRAGRARIA VESCA L.	1	1	1	1
253	GEUM URBANUM L.	1	1	1	1
254	CRATAEGUS OXYACANTHA	1	1	1	1
255	TRIGLOCH ARIOLATA L.	1	1	1	1
256	CIRCAEA LUTETIANA L.	1	1	1	1
257	ACER PSEUDOPLATANUS	1	1	1	1
258	CORNUS SANGUINEA L.	1	1	1	1
259	CRATAEGUS MOGYNIA L.	1	1	1	1
260	QUERCUS PEDUNCULATA	1	1	1	1
261	FRAXINUS EXCELSIOR L.	1	1	1	1
262	CLEMATIS VITALBA L.	1	1	1	1
263	ULMUS CAMPESTRIS L.	1	1	1	1
264	CORYLUS AVELLANA L.	1	1	1	1
265	RUBUS COESIUS L.	1	1	1	1
266	PRUNUS AVIUM L.	1	1	1	1
267	CORNUS SANGUINEA L.	1	1	1	1
268	LONITICERA XYLIOSTEUM L.	1	1	1	1
269	ANEMONE NEMOROSA L.	1	1	1	1
270	STACHYS SILVATICUS L.	1	1	1	1
271	ALNUS INCANA (L.) MO	1	1	1	1
272	URTICA DIOICA L.	1	1	1	1
273	SALIX FRAGILIS L.	1	1	1	1
274	IMPATIENS ROYLEI WAL	1	1	1	1
275	POLYGONUM HYDROPIPER	1	1	1	1
276	URTICA DIOICA L.	1	1	1	1
277	POLYGONUM CUSPIDATUM	1	1	1	1
278	SALIX PURPUREA L.	1	1	1	1
279	CHRYSANthemum TANACE	1	1	1	1
280	SALIX VIMINALIS L.	1	1	1	1
281	POLYGONUM PERSCARIA	1	1	1	1
282	ALLIARIA OFFICINALIS	1	1	1	1
283	PHALARIS ARUNDINACEA	1	1	1	1
284	SCROFULARIA ALATA GI	1	1	1	1
285	GALIUM APARINE L.	1	1	1	1
286	AGROSTIS ALBA L.	1	1	1	1
287	ARTEMISIA VULGARIS L.	1	1	1	1
288	EPILOBIUM HIRSUTUM L.	1	1	1	1
289	STACHYS SILVATICUS L.	1	1	1	1
290	BERTERIA INCANA (L.)	1	1	1	1
291	MALACHIUM AQUATICUM	1	1	1	1
292	IMPATIENS ROYLEI WAL	1	1	1	1
293	MELILOTUS ALBUS MEDI	1	1	1	1
294	LAMINUM MACULATUM L.	1	1	1	1
295	ALNUS GLUTINOSA (L.)	1	1	1	1
296	ALLIARIA OFFICINALIS	1	1	1	1
297	CHRYSANthemum TANACE	1	1	1	1
298	RUMEX CRISPUS L.	1	1	1	1
299	GLIBBERIA ALTISSIMA (	1	1	1	1
300	POPULUS NIGRA L.	1	1	1	1
301	PHALARIS ARUNDINACEA	1	1	1	1
302	PHALARIS ARUNDINACEA	1	1	1	1
303	RUMEX SANGUINEUS L.	1	1	1	1
304	SALIX PURPUREA L.	1	1	1	1
305	GALIUM APARINE L.	1	1	1	1
306	YCOBUS EUROPAEUS L.	1	1	1	1
307	SAMBUCUS NIGRA L.	1	1	1	1
308	SANGUISORBA OFFICINA	1	1	1	1
309	MOLINIA CAERULEA (L.)	1	1	1	1
310	ARUNDO PHRAGMITES L.	1	1	1	1
311	LYTHRUM SALICARIA L.	1	1	1	1
312	CAREX PANICEA L.	1	1	1	1
313	SUCCISA PRAEMORSIA (G	1	1	1	1
314	LYSIACHIA VULGARIS S	1	1	1	1
315	CAREX FLAVA L.	1	1	1	1
316	CAREX FULVA SCHUHR.	1	1	1	1
317	POTENTILLA TORMENTIL	1	1	1	1
318	CENTAUREA JACEA L.	1	1	1	1
319	TRIFOLIUM BOREALE L.	1	1	1	1
320	CATHRUS PRATENSIS	1	1	1	1
321	MALAMAGROSIS EPIGETE L	1	1	1	1
322	SYMPHYTUM OFFICINALE	1	1	1	1
323	CIRSIUM TUBEROSUM L.	1	1	1	1
324	CAREX FLAVA L.	1	1	1	1
325	CIRSIUM PALUSTRE (L.)	1	1	1	1
326	ARUNDO PHRAGMITES L.	1	1	1	1
327	LYTHRUM SALICARIA L.	1	1	1	1
328	LOTUS CORNICULATUS L.	1	1	1	1
329	SENECIO PALUDOSUS L.	1	1	1	1
330	CAREX ELATA ALLI.	1	1	1	1
331	SANGUISORBA OFFICINA	1	1	1	1
332	EPIPACTIS PALUSTRIS	1	1	1	1
333	GYMNADENIA CONOPSEA	1	1	1	1
334	PARNASSIA PALUSTRIS	1	1	1	1
335	JUNCUS BOTRYTIFORUS L.	1	1	1	1
336	CAREX GLAUCO MURR.	1	1	1	1
337	IRIS PSEUDACORUS L.	1	1	1	1
338	CAREX GLAUCO MURR.	1	1	1	1
339	EUPATORIUM CANNABINU	1	1	1	1
340	ULMUS BOREALIS L.	1	1	1	1
341	ORNANTHE LACHENALII G.	1	1	1	1
342	THALICTRUM FLAVUM L.	1	1	1	1
343	STACHYS PALUSTRIS L.	1	1	1	1
344	AGROSTIS ALBA L.	1	1	1	1
345	CIRSIUM ARVENSE (L.)	1	1	1	1
346	SILVA FLAVESCENS BR	1	1	1	1
347	GALIUM BOREALE L.	1	1	1	1
348	COLTICUM AUTUMNALE	1	1	1	1
349	TRIFOLIUM BOREALE L.	1	1	1	1
350	JUNCUS ALPINUS VILL.	1	1	1	1
351	SERRATULA TINCTORIA	1	1	1	1
352	TRIFOLIUM BOREALE L.	1	1	1	1
353	CAREX PANICEA L.	1	1	1	1
354	CENTAUREA JACEA L.	1	1	1	1
355	ACER OFFICINALIS	1	1	1	1
356	BROMUS ERECTUS HUDS	1	1	1	1
357	EUPHORBIA CYPRARISSIA	1	1	1	1
358	HELIANTHEMUM NUMMULA	1	1	1	1
359	TRIFOLIUM BOREALE L.	1	1	1	1
360	THYMUS SERPYLLUM L.	1	1	1	1
361	MEDICAGO STANANICA	1	1	1	1
362	HYPERICUM PERFORATUM	1	1	1	1
363	TRIFOLIUM BOREALE L.	1	1	1	1
364	BRACHYPODIUM PINNATU	1	1	1	1
365	PLANTAGO LANCEOLATA	1	1	1	1
366	CENTAUREA MACULOSA L	1	1	1	1
367	FESTUCA OVINA L.	1	1	1	1
368	ORIGANUM VULGARE L.	1	1	1	1
369	SILENE INFLATA (SALI	1	1	1	1
370	BRIZA MEDIA L.	1	1	1	1
371	CORNILLIARIA L.	1	1	1	1
372	GALIUM VERUM L.	1	1	1	1
373	ACHILLEA MILLEFOLIUM	1	1	1	1
374	TRIFOLIUM BOREALE L.	1	1	1	1
375	GALIUM MOLLUGO L.	1	1	1	1
376	DACTYLIS GLOMERATA	1	1	1	1
377	POPOPHAPS BREVIFOLIA	1	1	1	1
378	BERBERIS VULGARIS L.	1	1	1	1
379	BRACHYPODIUM PINNATU	1	1	1	1
380	BRIZA MEDIA L.	1	1	1	1

H. BRISSE et al. Figure n° 4 : Plantes discriminantes des 4 principaux groupements végétaux

NIVEAU DE SYNTHÈSE NUMERO 2

DENDROGRAMME DES RELEVÉS	NO SUR LE DENDRO	NOM DES GROUPES ET DES AGREGATIONS	NUMERO DES GROUPES RETENUS	EFFECTIFS REL	DES PLA	DES OBS	OBS/REL
1	72	BOIS DE HILSENHE	1	72	72	72	1.00
2	104	BOIS DE HILSENHE	2	104	104	104	1.00
3	104	BOIS DE HILSENHE	3	104	104	104	1.00
4	168	BOIS DE HILSENHE	4	168	168	168	1.00
5	172	BOIS DE HILSENHE	5	172	172	172	1.00

LISTE DES PLANTES DISCRIMINANTES A L'EGARD DES GROUPES DE RELEVÉS

NUM	NOM DES PLANTES	GPMENT 72	GPMENT 104	GPMENT 153	GPMENT 167	GPMENT 172
118	FRAXINUS EXCELSIOR L.	1	1	1	1	1
119	CAREX SILVATICA HUDS	1	1	1	1	1
120	LAMINUM GALEOBOLON (	1	1	1	1	1
121	ANEMONE NEMOROSA L.	1	1	1	1	1
122	BRACHYPODIUM SILVATI	1	1	1	1	1
123	QUERCUS PEDUNCULATA	1	1	1	1	1
124	CORYLUS AVELLANA L.	1	1	1	1	1
125	GEUM URBANUM L.	1	1	1	1	1
126	GLECHOMA HEDERACEUM	1	1	1	1	1
127	ARUM MACULATUM L.	1	1	1	1	1
128	CRATAEGUS OXYACANTHA	1	1	1	1	1
129	CORNUS SANGUINEA L.	1	1	1	1	1
130	ACER PSEUDOPLATANUS	1	1	1	1	1
131	FAGUS SILVATICA L.	1	1	1	1	1
132	VIOLA SILVESTRI (LA)	1	1	1	1	1
133	MILTIUM EFFUSUM L.	1	1	1	1	1
134	CIRCAEA LUTETIANA L.	1	1	1	1	1
135	FRAXINUS EXCELSIOR L.	1	1	1	1	1
136	HEDERA HELIX L.	1	1	1	1	1
137	CARPINUS BETULUS L.	1	1	1	1	1
138	ACER PSEUDOPLATANUS	1	1	1	1	1
139	MOERHINGIA TRINERVIA	1	1	1	1	1
140	POA NEMORALIS L.	1	1	1	1	1
141	GERANIUM ROBERTIANUM	1	1	1	1	1
142	POLYTHIC PERIS L.	1	1	1	1	1
143	PRUNUS AVIUM L.	1	1	1	1	1
144	FRAXINUS EXCELSIOR L.	1	1	1	1	1
145	LIQUSTRUM VULGARE L.	1	1	1	1	1
146	VIBURNUM LANTANA L.	1	1	1	1	1
147	PRUNUS SPINOSA L.	1	1	1	1	1
148	ULMUS XYLIOSTEUM L.	1	1	1	1	1
149	POPULUS ALBA L.	1	1	1	1	1
150	CAREX GLAUCO MURR.	1	1	1	1	1
151	BETULA PUBESCENS EHR	1	1	1	1	1
152	RHAMNUS FRANGULA L.	1	1	1	1	1
153	ALNUS INCANA (L.) MO	1	1	1	1	1
154	MELICA NUTANS L.	1	1	1	1	1
155	JUNCUS PINNATUS L.	1	1	1	1	1
156	POPULUS NIGRA L.	1	1	1	1	1
157	MOLINIA CAERULEA (L.)	1	1	1	1	1
158	SANGUISORBA OFFICINA	1	1	1	1	1
159	ARUNDO PHRAGMITES L.	1	1	1	1	1
160	LYTHRUM SALICARIA L.	1	1	1	1	1
161	CAREX PANICEA L.	1	1	1	1	1
162	SUCCISA PRAEMORSIA (G	1	1	1	1	1
163	LYSIACHIA VULGARIS S	1	1	1	1	1
164	CAREX FLAVA L.	1	1	1	1	1
165	CAREX FULVA SCHUHR.	1	1	1	1	1
166	POTENTILLA TORMENTIL	1	1	1	1	1
167	CENTAUREA JACEA L.	1	1	1	1	1
168	TRIFOLIUM BOREALE L.	1	1	1	1	1
169	CATHRUS PRATENSIS	1	1	1	1	1
170	MALAMAGROSIS EPIGETE L	1	1	1	1	1
171	SYMPHYTUM OFFICINALE	1	1	1	1	1
172	CIRSIUM TUBEROSUM L.	1	1	1	1	1
173	CAREX FLAVA L.	1	1	1	1	1
174	CIRSIUM PALUSTRE (L.)	1	1	1	1	1
175	ARUNDO PHRAGMITES L.	1	1	1	1	1
176	LYTHRUM SALICARIA L.	1	1	1	1	1
177	LOTUS CORNICULATUS L.	1	1	1	1	1
178	SENECIO PALUDOSUS L.	1	1	1	1	1
179	CAREX ELATA ALLI.	1	1	1	1	1
180	SANGUISORBA OFFICINA	1	1	1	1	1
181	EPIPACTIS PALUSTRIS	1	1	1	1	1
182	GYMNADENIA CONOPSEA	1	1	1	1	1
183	PARNASSIA PALUSTRIS	1	1	1	1	1
184	JUNCUS BOTRYTIFORUS L.	1	1	1	1	1
185	CAREX GLAUCO MURR.	1	1	1	1	1
186	IRIS PSEUDACORUS L.	1	1	1	1	1
187	CAREX GLAUCO MURR.	1	1	1	1	1
188	EUPATORIUM CANNABINU	1				

tische Unterschiede, ohne diese nach ihren ökologischen Merkmalen abzuwägen.

Die hier angestellten Überlegungen zielen darauf ab, die Vorteile der beiden Methoden zu vereinigen ; denn sie gehen sowohl auf die floristischen Gegenheiten, als auch auf die Treue der Arten ein, und bringen so die vielseitigen ökologischen Beziehungen zwischen den Arten zum Ausdruck. Die Pflanzen, so in Übereinstimmung gebracht, können sowohl qualitativ als auch quantitativ erhoben werden, wiewohl in der Ökologie auch die Zeigerpflanzen die Umweltbedingungen widerspiegeln. Die Treue der Arten umreißt einen imaginären Raum, in dem man diese als "phytosoziologische Elemente" in Abhängigkeit der Ähnlichkeiten ihrer Erscheinungsformen klassifiziert, sowie man die Aufstellungen in Unterabteilungen einteilt. Ein Element, wie auch eine Unterabteilung, ist im Folgenden charakterisiert durch die Unterscheidungsmerkmale der Arten wie auch dieser Elemente ; die eindeutigsten Arten in Rücksicht auf eine Einteilung, sind

Homologe der charakteristischen Species, die das Meiste an Originalität beitragen. Die Arten, die der Unterscheidung dienen, haben für die Flora eine mehr quantitative Funktion.

Auf ein Beispiel im elsässischen Rheinwald und angrenzende Gebiete angewendet heisst dies, dass auf einem bestimmten Areal von 1420 Erhebungen mit 1223 Pflanzen, 328 Erhebungen mit 331 Pflanzen berücksichtigt wurden. Die numerische Methode diente der Aufstellung standardisierter Kataloge der Elemente und der Gruppen von den generellen bis zu den detaillierten Merkmalen, und sie bestätigt ein Hierarchie derselben. Eine Vergesellschaftung wie die des Eichen-Hainbuchenwaldes des Rieds z.B. ist grundsätzlich diskriminiert durch *Fagus silvatica*, *Viola silvestris*, *Milium effusum*, etc., oder mehr noch durch die beiden wichtigsten Elemente (*Fagus* 38% und *Cornus sanguinea* 26%) wie auch, sekundär, durch die Anwesenheit eines kleinen Elements wie *Fragaria vesca* (13%) und durch das Fehlen des krautigen Elements *Molinia* (11%).

UTILIZATION OF A STATISTICAL CRITERION FROM ECOLOGY IN PLANT SOCIOLOGY. EXAMPLE OF ALLUVIAL FORESTS IN ALSACE (FRANCE).

SUMMARY

In plant sociology, the classical method of floristical tables, as well as the corresponding numerical methods have a limited accuracy, because they are based on the fidelities of species to different types of plant communities, more or less homogeneous. The other usual numerical methods, as factor analysis, do not depend on previous groupings, but they express only floristical differences, without weighting them by their ecological differences. The proposed method tries to combine the qualities of the two previous ones ; it compares sets of floristical data according to the mutual fidelities of all the species, expressing their relations of ecological interdependence.

The species being graded, each one according to the others, they are used, afterwards, to characterize the stands, quantitatively (and not only qualitatively), as in ecology, where the indicative species are first graded according to the habitats and afterwards used to reveal the ecological factors in the stands where they are encountered.

The fidelities define a virtual space having as many dimensions as species, in which species are classified into phytosociological elements, and "relevés" into types of plant community. Afterwards, the groups of both kinds are characterized by the discriminant powers of plants and elements, the most discriminant species being homologous to the characteristic species", i.e. the ones which originate the greatest difference between the community and the whole of the stands, but the discriminant species having a more quantitative form and expressing a greater part of the flora.

An example is given by a virtual space, defined by 1223 plants, observed in 1420 relevés, in Alsace (France), in which we class 328 relevés, containing 331 plants, part of the previous data, situated in alluvial forests and related plant formations. The data processing generates standardized catalogues of elements and types of community, from the major ones to their smallest subdivisions. For instance, a particular

group of forests, in the "Ried" (alluvial terraces bordering on the Rhin) is principally discriminated by *Fagus sylvatica*, *Viola silvestris*, *Milium effusum*, etc., as well as, in a condensed way, by the two major forest elements (the one with *Fagus*, for 38% and the one with *Cornus sanguinea* for 26%) and secondarily by the presence of a small element with *Fragaria vesca*, discriminant for 13%, and also by the absence of a major herbaceous element, with *Molinia coerulea* for 11%.

INTRODUCTION : DIFFERENTES APPLICATIONS DU CRITERE
DE FIDELITE

Un travail de méthodologie numérique présenté ici à la suite de beaucoup de communications portant sur l'examen concret de forêts alluviales, risque d'être jugé hors du sujet principal de ce colloque de phytosociologie. Pourtant, des travaux de ce genre seraient susceptibles, à terme, de contribuer à résoudre des problèmes maintes fois évoqués au cours de ce colloque, concernant l'affectation des relevés à des groupements végétaux, l'identification des espèces caractéristiques, la hiérarchie des associations, problèmes qui atteignent un tel niveau de complication que beaucoup d'auteurs ont fait état, à leur propos, de doutes, d'hésitations et de la coexistence d'opinions contraires. Or, dès qu'on entreprend de comparer des centaines d'espèces réparties entre des centaines de relevés, le recours aux méthodes numériques semblerait s'imposer, dans l'espoir d'atteindre une précision et une objectivité supérieures à celles des méthodes visuelles. Cependant, parmi les communications présentées à ce colloque, y compris les synthèses de vastes groupements, très peu se réfèrent à des méthodes numériques, pourtant développées, dans ce domaine, depuis 25 ans. On peut se demander si cette abstention n'est pas due, en partie, à une certaine méfiance à l'égard de la signification des résultats numériques, ceux-ci n'étant pas toujours traduits d'une façon suffisamment explicite en termes de phytosociologie.

Le but de ce travail est justement de partir d'une notion fondamentale en phytosociologie, la fidélité d'une espèce à un groupement, et de l'adapter aux possibilités actuelles des ordinateurs, ce qui va nous amener d'ailleurs à des calculs quelque peu différents des calculs habituels en phytosociologie.

Dans ce domaine, certains calculs se bornent à calquer la démarche classique de l'élaboration du tableau phytosociologique, basé sur la fidélité des espèces aux groupements (HOLZNER et al., 1978 ; MAAREL et al., 1978 ; MEULEN et al., 1978). Puis, l'ordinateur permettant de procéder à des comparaisons simultanées plus nombreuses, il était logique de fragmenter le groupement en

ses composants élémentaires que sont les relevés, et de passer de la fidélité d'une espèce à l'égard d'un groupement à sa fidélité à l'égard des relevés, pris un par un. C'est d'ailleurs ce que fait, en définitive, une méthode numérique très répandue en France, l'analyse des correspondances, lorsqu'elle est appliquée à la phytosociologie, bien qu'elle ne se réfère pas explicitement à la notion de fidélité, traditionnelle dans cette discipline (BRIANE et al., 1974 ; LACOSTE, 1975 ; MULLER, 1978). En effet, cette méthode calcule la distance entre deux espèces sur la base de leurs différences de fidélités aux relevés, différences assorties de certaines pondérations ; elle calcule aussi la distance entre deux relevés sur la base d'un coefficient symétrique, utilisant un quotient qu'on pourrait appeler la fidélité du relevé à l'égard de l'espèce, bien que ce quotient n'ait pas la signification habituelle d'une fidélité.

Ces distances, entre espèces comme entre relevés, reflètent directement des différences floristiques. Par exemple, si on fait abstraction des pondérations utilisées par cette analyse, c'est-à-dire si on suppose que les relevés ont la même richesse floristique et que les espèces ont la même fréquence, alors la distance entre deux relevés ne dépend plus que du nombre d'espèces qui se trouvent dans un relevé et non dans l'autre ; cette distance devient donc tout à fait analogue au complément d'un coefficient de communauté classique.

Cependant, des différences floristiques, ainsi calculées, ne sont pas équivalentes à des différences écologiques, car, s'il est bien vrai que la flore est le reflet du milieu, les différences écologiques ne se mesurent pas seulement au nombre d'espèces qui changent d'un relevé à un autre, mais aussi à leur nature. Imaginons le cas schématique de trois relevés qui n'ont, deux à deux, aucune espèce en commun, deux d'entre eux étant voisins, situés dans le même climat et sur le même substrat, mais dans des formations différentes, et le troisième relevé étant éloigné, situé dans un autre climat et sur un autre substrat. La même différence floristique, qui est, ici, la différence maximale, est associée soit à une différence écologique faible, entre les deux relevés voisins, soit à une différence écologique forte. Il convient donc, dans l'interprétation d'une différence floristique, de tenir compte des plus ou moins grandes différences éco-

logiques entre les espèces. Remarquons d'ailleurs que c'est bien ce que faisaient les phytosociologues, lorsqu'ils se basaient sur les fidélités des espèces à l'égard des groupements, car ils considéraient non seulement les groupements détaillés, correspondant à des milieux restreints, tels que les associations végétales, mais aussi, et en même temps (pour autant que le permettaient les techniques de synthèse utilisées), les groupements hiérarchiquement supérieurs, correspondant à des milieux beaucoup plus vastes. Ils pouvaient tenir compte ainsi de l'appartenance de deux espèces aux mêmes groupements supérieurs et, par conséquent, de leur similitude écologique.

Bien sûr, les résultats obtenus par l'analyse des correspondances, en montrant les différences floristiques, montrent aussi les différences écologiques les plus manifestes. Mais ne peut-on espérer d'une méthode numérique plus de précision ou, plutôt, une meilleure adaptation à un but déterminé, qui est, ici, d'apprécier les différences écologiques au moyen des différences floristiques ? Et faut-il se résigner au fait qu'une méthode sophistiquée commence par abandonner un type de renseignement qui était utilisé par les méthodes artisanales, à savoir la similitude écologique entre deux espèces, reflétée par leurs fidélités aux mêmes groupements supérieurs ? Précisons que ce n'est pas du tout la méthode numérique, en tant que telle, qui est mise en cause, dans cette remarque, mais seulement son application fréquente à des tableaux phytosociologiques, sous leur forme classique. La même analyse serait d'ailleurs applicable à un tableau de données phytosociologiques, présenté sous une autre forme et elle utiliserait alors le critère que nous proposons. Mais, dans ce cas, ce serait la pondération des fidélités, rendue obligatoire par cette analyse, qui serait à mettre en cause, à notre avis, parce qu'elle accorde une importance privilégiée aux espèces rares et, par conséquent, une importance secondaire aux espèces communes, alors que les unes comme les autres mériteraient de contribuer à caractériser les communautés, à proportion de la place qu'elles y occupent, comme on le verra au § 1.1.

On se trouve ainsi en présence de deux grands types de méthodes, pour la synthèse des données phytosociologiques, d'une

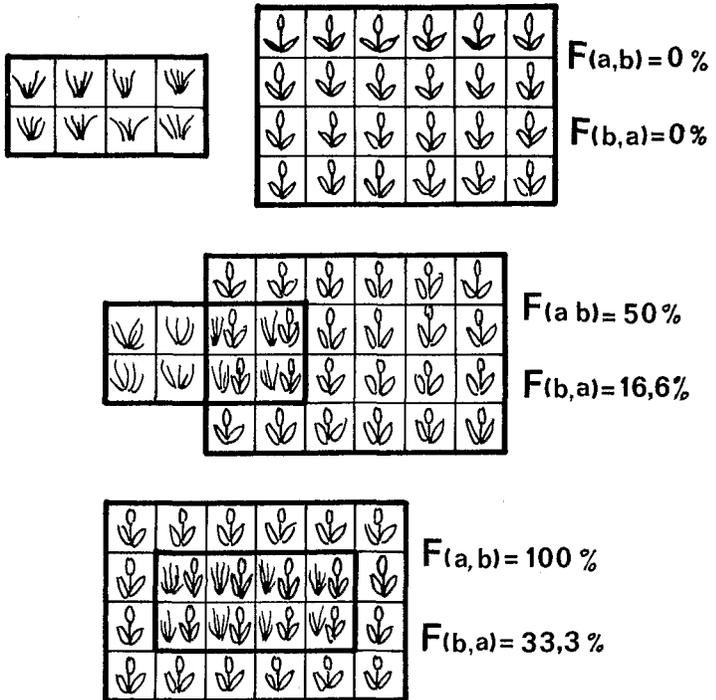


Figure 1 - Schéma de la fidélité d'une espèce à une autre espèce

Les relevés sont symbolisés par des carrés contigus.

L'espèce A est symbolisée par une touffe d'herbe, présente dans les 8 relevés du rectangle de gauche.

L'espèce B est symbolisée par une rosette fleurie dans les 30 relevés du rectangle de droite.

$F(A,B)$ est la fidélité de A à B.

$F(B,A)$ est la fidélité de B à A.

part des méthodes visuelles, ayant une base écologique, mais une précision et une objectivité limitées et, d'autre part, des méthodes numériques, précises et objectives, au moins dans leurs principes, puisqu'elles ne sont pas tributaires de groupements préétablis, mais ayant des bases écologiques moins rigoureuses que les précédentes. Or, il est possible de combiner les avantages de ces deux types de méthodes, en basant le calcul non plus sur les fidélités des espèces aux relevés, mais sur les fidélités des espèces les unes aux autres. La fidélité d'une espèce à une autre est, tout simplement, le nombre de relevés où elles se trouvent ensemble, divisé par le nombre total de relevés où se trouve la première, autrement dit, la fréquence relative de la première espèce en présence de la seconde (fig.1).

Cette fidélité, à l'égard d'une espèce comme à l'égard d'un groupement, a une signification écologique implicite : elle exprime la dépendance apparente de la première espèce à l'égard du milieu où pousse la seconde, ce milieu étant circonscrit par le fait que les individus d'une même espèce ont des patrimoines génétiques en grande partie communs et, par conséquent, des comportements écologiques plus ou moins similaires.

On tient compte ainsi de la dépendance apparente des espèces à l'égard d'une gamme de milieux très diversifiée, comprenant tous les milieux reflétés par la flore, certains étant très spécialisés, d'autres très vastes ; on peut ensuite en déduire les similitudes écologiques entre les espèces. Les espèces sont, en quelque sorte, étalonnées les unes à l'égard des autres, avant d'être utilisées pour caractériser les relevés, de même qu'en écologie, les espèces sont étalonnées à l'égard des caractères du milieu, puis utilisées comme indicatrices du milieu dans une station.

Le rôle unificateur que peut jouer ce critère de fidélité dans la méthodologie statistique des autres disciplines de la géographie botanique, est exposé dans un autre travail, complémentaire de celui-ci (BRISSE et GRANDJOUAN, à paraître). Le principe du calcul étant posé, nous allons montrer maintenant, sur un exemple schématique, les étapes successives du calcul proprement dit, puis nous montrerons les résultats de son application à des observations réelles.

1. METHODE DE CLASSIFICATION ET DE CARACTERISATION PHYTOSOCIOLOGIQUE DES ESPECES ET DES RELEVES.

1.1. CLASSIFICATION DANS L'ESPACE DES FIDÉLITÉS.

a) Classification des espèces

Le principe du calcul qui vient d'être exposé, se traduit par la définition d'un espace imaginaire, comportant autant de dimensions qu'il y a de plantes, et dont chaque dimension, c'est-à-dire chaque axe de coordonnées cartésiennes, mesure la fidélité à une plante déterminée. Une plante sert ainsi, d'une part de référence pour définir un axe de coordonnées et situer toutes les autres plantes le long de cet axe, et, d'autre part, elle est elle-même située, par rapport aux autres, en un point de cet espace. Les distances euclidiennes calculées entre les points représentatifs des plantes expriment leurs différences globales de fidélités, c'est-à-dire leurs différences de comportement phytosociologique et ces distances conduisent à une classification hiérarchisée des plantes en groupes, ou "éléments" phytosociologiques.

Pour cette classification, un point de calcul déjà évoqué précédemment, doit être précisé, c'est la pondération des coordonnées du groupe à partir de celles des plantes qui en font partie. Ce point, qui peut sembler purement technique, dépend pourtant de la conception même des groupements végétaux, et il conditionne sensiblement leur constitution. En effet, depuis les débuts de la phytosociologie, on a tendance à accorder un rôle privilégié aux espèces rares, parce qu'elles sont généralement plus spécialisées que les espèces communes et, par conséquent, susceptibles d'identifier un groupement par leur seule présence et, ainsi, de servir, par exemple, de "clef" pour un diagnostic ou une cartographie. Ainsi, deux groupements ne sont classiquement considérés comme bien distincts que lorsqu'ils présentent une différence "qualitative", matérialisée par la présence d'une espèce, dans l'un d'eux, et son absence dans l'autre, tandis que des différences quantitatives sont considérées comme moins importantes.

Par contre, la règle adoptée, dans le calcul proposé, est d'accorder la même importance à toutes les plantes présentes dans un relevé, dans le but d'expliquer autant la répartition des espèces communes, que celle des espèces rares. En effet, l'importance accordée à une espèce rare implique, *ipso facto*, une importance accordée aux facteurs écologiques qu'elle reflète, au détriment de ceux que reflète le reste de la flore. Mais si l'interprétation d'un groupement porte sur une plus grande partie de la flore, en revanche, elle se présentera sous une forme moins commode que la précédente, puisqu'il ne se trouvera guère de plante capable, par sa seule présence, de refléter les différences écologiques entre deux groupements, si celles-ci doivent traduire l'ensemble des différences floristiques ; une telle interprétation devra donc être quantitative.

Sur le plan du calcul, il y a donc pondération égale de toutes les observations stationnelles. Il en résulte que, lorsque plusieurs plantes sont rassemblées dans un groupe, toute présence de l'une d'elle est comptabilisée comme une présence du groupe. La fréquence de celui-ci est donc la somme des fréquences de plantes qui le composent. Il en découle aussi qu'il y a une pondération inégale des plantes, puisqu'elles ont des fréquences inégales. Bref, une plante a, dans l'espace des fidélités, non seulement une position, mais aussi un poids, égal à sa fréquence.

b) Classification des relevés

Cet espace étant une représentation de la diversité des milieux, telle qu'elle est reflétée par la flore, les relevés eux aussi peuvent y être situés, puisque ce sont des échantillons du milieu aussi bien que des échantillons de la flore. En effet, si un relevé est essentiellement décrit par les plantes qui s'y trouvent, celles-ci sont considérées, dans l'optique écologique que nous avons adoptée, non comme des attributs morphologiques capables de caractériser directement le relevé, mais comme des indices du milieu. Or, la présence d'une plante dans un relevé n'apporte généralement pas de certitude sur la présence d'un caractère écologique, mais elle indique seulement une probabilité plus ou moins grande de présence du caractère, probabilité qu'on peut estimer, dans le cadre limité d'un échantillonnage particulier,

par la fidélité de la plante au caractère. La coexistence de plusieurs plantes dans un relevé permet d'estimer une probabilité plus précise, puisque chaque plante fournit, par sa fidélité, une estimation distincte de cette probabilité. La moyenne des fidélités des plantes du relevé est donc une estimation de la probabilité de présence du caractère dans le relevé, ce caractère écologique étant, rappelons-le, le type de milieu correspondant implicitement à une plante. Dans l'espace des fidélités, un relevé est ainsi placé au centre de gravité des plantes qui s'y trouvent et il y a un poids égal au nombre de ces plantes. On peut alors, comme pour les plantes, calculer des distances entre ces points, et classer les relevés en "groupements" hiérarchisés.

Cette estimation des coordonnées d'un relevé demande une explication complémentaire, car on pourrait penser que la présence du milieu où pousse une plante (appelons la "Y") est directement montrée par l'intermédiaire des autres plantes. Tout d'abord, il est bien clair que l'absence de Y n'indique pas forcément l'absence du milieu correspondant. Chacun sait, par exemple, que l'absence de telle plante calcicole n'indique pas pour autant, l'absence de calcaire, surtout, bien entendu, si d'autres calcicoles sont présentes. C'est pourquoi la probabilité de présence d'un caractère est estimée, par l'ensemble des indications données par toutes les plantes qui coexistent dans un relevé, c'est-à-dire par la moyenne de leurs fidélités à ce caractère. On procède de la même façon si la plante Y est présente. Imaginons, par exemple, qu'une plante calcicole soit présente dans un relevé ne contenant, par ailleurs, que des plantes calcifuges. L'indication écologique donnée par la plante calcicole serait, en quelque sorte, contredite par les autres plantes, soit au cause de l'hétérogénéité génétique de la plante, ce qui est toujours peu ou prou le cas dans la réalité, soit à cause de l'interaction entre caractères différents, permettant à des espèces habituellement séparées de cohabiter dans une même station. Cette coexistence dans un relevé de plantes ayant des écologies divergentes, est un fait d'observation courant. Bref, le type de milieu écologique correspondant à une plante "Y" se définit par une probabilité, qui n'est maximale, et égale à 1, d'après un échantillonnage donné, que dans les relevés où toutes les plantes indiquent une probabilité maximale, c'est-à-dire où toutes ont une fidélité à "Y" égale à 1, et elle n'est

minimale, à l'inverse, que si toutes ont une fidélité nulle à "Y". Dans le cas général, la "probabilité" indiquée par les plantes d'un relevé est comprise entre ces deux bornes. C'est dire que le caractère écologique implicite associé à une plante Y, tel qu'il est reflété par l'ensemble des données floristiques disponibles, est assez précis, puisqu'il correspond à un optimum écologique pour cette plante Y, et non à la simple addition de tous les milieux où elle se trouve.

Remarquons enfin que cette référence au caractère écologique associé à une plante, est utilisée pour classer les groupements comme les relevés, et qu'elle est exprimée par la fidélité du groupement à l'égard de la plante. Or, ce paramètre est l'inverse du paramètre phytosociologique classique, puisque celui-ci est la fidélité d'une plante à un groupement. On vient de voir que ce paramètre inhabituel est motivé par sa précision et sa signification écologique.

c) Exemple numérique schématique

Illustrons maintenant ce calcul par un exemple numérique schématique comportant 5 relevés et 6 plantes (Tableaux I à III). Il pourrait s'agir, par exemple, pour les relevés 1 et 2, de substrat calcaire, comprenant les plantes calcicoles B et C, pour les relevés 3 et 4, de substrat siliceux, comprenant les plantes silicicoles D et E, la plante A, indifférente aux substrats, étant présente dans tous les relevés précédents et le relevé 5 pouvant être situé dans un climat tout différent et contenant une plante F (Tableau I)

TABLEAU I - DONNÉES : présence de 6 plantes (A à F) dans 5 relevés (1 à 5)

	1	2	3	4	5	Fréquence
A	X	X	X	X		4
B	X	X				2
C	X					1
D			X	X		2
E			X			1
F					X	1

Pour les plantes, on voit, par exemple, que la fidélité de A à C est égale à 0,25, puisque A n'est inféodé au milieu de C que 1 fois sur 4, alors que la fidélité de C à A est égale à 1, puisque la répartition de C est incluse dans celle de A (Tableau II).

TABLEAU II - FIDÉLITÉS DES PLANTES AUX PLANTES

M est la moyenne des fidélités à une plante, pondérée par les fréquences des plantes.

	A	B	C	D	E	F
A	1	0.50	0.25	0.50	0.25	0
B	1	1	0.50	0	0	0
C	1	1	1	0	0	0
D	1	0	0	1	0.50	0
E	1	0	0	1	1	0
F	0	0	0	0	0	1
M	0.91	0.45	0.27	0.45	0.27	0.09

Pour les relevés, on voit, par exemple, que le relevé 1, comprenant les espèces ABC, est caractérisé par des probabilités décroissantes de présence des milieux correspondants aux plantes A à F. Cette probabilité est maximale pour A, toutes les plantes du relevé étant fidèles à cette plante A ; elle est faible mais non nulle pour D, par exemple, puisqu'une des 3 plantes de ce relevé 1 y est fidèle à 50%, ce qui signifie que, d'après l'ensemble des observations disponibles et dans la mesure où les fidélités sont assimilables à des probabilités, la plante D aurait 17 chances sur 100 de pouvoir pousser dans le relevé 1 (Tableau III).

TABLEAU III - FIDÉLITÉS MOYENNES DANS LES RELEVÉS

M est la moyenne des fidélités à une plante, d'après les valeurs moyennes dans les relevés, pondérées par les fréquences dans les relevés.

	A	B	C	D	E	F
1	1	0.83	0.58	0.17	0.08	0
2	1	0.75	0.38	0.25	0.12	0
3	1	0.17	0.08	0.83	0.58	0
4	1	0.25	0.12	0.75	0.38	0
5	0	0	0	0	0	1
M	0.91	0.45	0.27	0.45	0.27	0.09

Les classifications des plantes et des relevés, issues de ces deux tableaux de coordonnées cartésiennes, sont, dans cet exemple schématisé, évidentes. Pour les plantes, il y a, successivement, agrégation des plantes B et C, D et E, puis ABCDE, puis,

enfin, s'ajoute F. Pour les relevés, il y a agrégation des relevés 1 et 2, 3 et 4, puis 1-2 avec 3-4, et, enfin, s'ajoute le dernier relevé 5.

Remarquons que l'ensemble des relevés a les mêmes fidélités moyennes que l'ensemble des plantes, autrement dit le même centre de gravité (Tableaux II et III, valeurs de M), du fait d'une pondération cohérente des coordonnées pour les plantes et pour les relevés, basée, dans les deux cas, sur une pondération égale des observations stationnelles. La concordance des centres de gravité se produit non seulement pour l'ensemble des observations, mais aussi chaque fois qu'un élément concorde totalement avec un groupement (c'est-à-dire lorsqu'il y est totalement fidèle, et qu'il en constitue toute la flore) ; ils ont alors les mêmes coordonnées, et leurs points représentatifs sont donc confondus. Par exemple, l'élément ABCDE a les mêmes coordonnées que le groupement 1234, de même que la plante F et le relevé 5.

1.2. CARACTÉRISATION PAR LES POUVOIRS DISCRIMINANTS

Les plantes étant classées en éléments et les relevés en groupements, il convient alors de caractériser ces groupes d'une façon condensée. En effet, dès qu'on atteint des centaines de relevés et des centaines de plantes, la liste exhaustive des plantes de chaque groupe devient trop longue pour être lisible et, surtout, elle confond les plantes ayant des "importances" différentes, ce qui se manifeste non seulement par des différences de fidélité, mais aussi de constance. Or, l'importance relative d'une plante dans un groupe, qu'il s'agisse d'un groupe de plantes comme d'un groupe de relevés, peut-être directement déduite de la classification elle-même et estimée par la différence des fidélités à l'égard de la plante considérée, entre l'ensemble des observations et le groupe, puisque c'est en fonction de ces fidélités que le groupe a été construit et ainsi différencié de l'ensemble des observations. Plus cette différence des fidélités est grande, plus la plante est discriminante, c'est-à-dire plus elle sépare le groupe de la moyenne générale. Il est commode d'exprimer cette différence en valeur relative, par rapport à l'originalité totale du groupe, mesurée par sa distance au point moyen dans l'espace de toutes les fidélités. En définitive, le pouvoir discriminant d'une plante à l'égard d'un groupe se calcule par le quotient de deux carrés, au numérateur le carré de la différence des fidélités, au dénominateur, le carré de la distance, ce quotient étant exprimé en pourcentage, et assorti du signe de la différence (fig.2). Ce quotient prend une valeur comprise entre -100% et +100%.

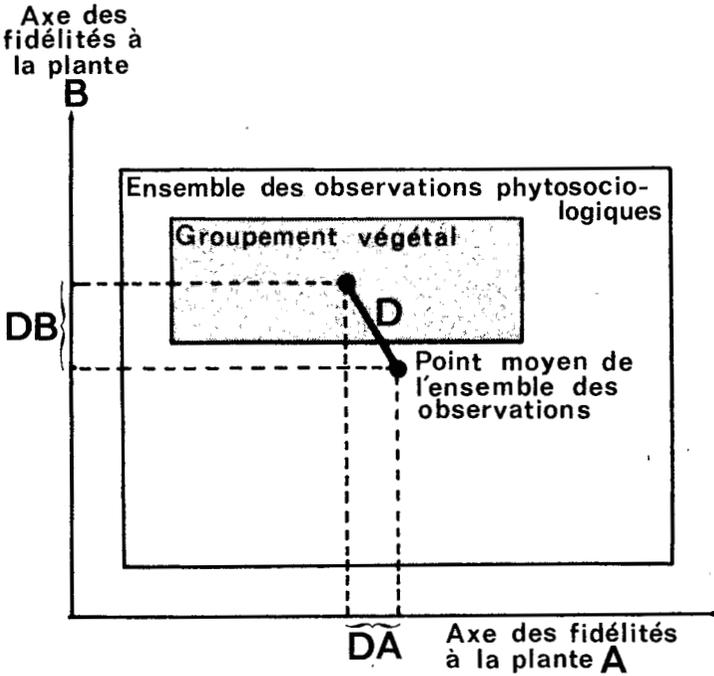


Figure 2 - Schéma du pouvoir discriminant d'une plante à l'égard d'un groupement végétal

Pouvoir discriminant de A = $-\overline{DA}^2/D^2$

Pouvoir discriminant de B = $+\overline{DB}^2/D^2$

\overline{DA} désigne la différence des fidélités, à l'égard de la plante A, entre le point moyen de tout l'échantillonnage et celui du groupement. DA mesure la contribution de A à l'originalité du groupement. DA mesure la contribution de A à l'originalité du groupement, en valeur absolue ; \overline{DA}^2/D^2 le mesure en valeur relative.

Dans l'exemple numérique ci-dessous (Tableau IV), on voit que le relevé 1 est plus éloigné du point moyen que le relevé 2, car il en diffère par la plante C, relativement rare ; on voit aussi que le relevé 5 est effectivement, et de loin, le plus excentrique.

TABLEAU IV - ÉCARTS DES FIDÉLITÉS MOYENNES DANS LES RELEVÉS PAR RAPPORT À LA MOYENNE GÉNÉRALE.

DIST. est le carré de la distance entre le relevé et le point moyen.

	A	B	C	D	E	F	DIST.
1	0.09	0.38	0.31	-0.28	-0.19	-0.09	0.37
2	0.09	0.30	0.11	-0.20	-0.15	-0.09	0.18
3	0.09	-0.28	-0.19	0.38	0.31	-0.09	0.37
4	0.09	-0.20	-0.15	0.30	0.11	-0.09	0.18
5	-0.91	-0.45	-0.27	-0.45	-0.27	+0.91	2.21

Si on ramène tous ces éloignements globaux à 100%, on voit que la plante A différencie peu les relevés 1 à 4, par rapport à la moyenne générale (de 2 à 4%), que c'est essentiellement la plante B qui différencie le relevé 2 et, symétriquement, la plante D pour le relevé 4, à 50% (Tableau V).

TABLEAU V - POUVOIRS DISCRIMINANTS DES PLANTES DANS LES RELEVÉS (en pourcentages).

	A	B	C	D	E	F	Total des valeurs absolues
1	2	39	26	-21	-10	-2	100
2	4	50	7	-23	-12	-4	100
3	2	-21	-10	39	26	-2	100
4	4	-23	-12	50	7	4	100
5	-38	-9	-3	-9	-3	38	100

Quant aux groupes de relevés, leur originalité globale diminue, comme on pouvait s'y attendre, le groupement 1-2-3-4 étant évidemment très proche de la moyenne (DIST = 0.02, dans le tableau VI).

TABLEAU VI - ÉCARTS DES FIDÉLITÉS MOYENNES DANS LES GROUPES DE RELEVÉS PAR RAPPORT À LA MOYENNE GÉNÉRALE.

	A	B	C	D	E	F	DIST.
1-2	0.09	0.35	0.23	-0.25	-0.17	-0.09	0.28
3-4	0.09	-0.25	-0.17	0.35	0.23	-0.09	0.28
1-2-3-4	0.09	0.05	0.03	0.05	0.03	-0.09	0.02

La plante B, plus constante que C dans le groupement 1-2, y est plus discriminante (43% pour B et 19% pour C). La plante A, plus fidèle au groupement 1-2-3-4 qu'à ses subdivisions, y est aussi beaucoup plus discriminante (35% au lieu de 3%), comme on le voit dans le tableau VII.

TABLEAU VII - POUVOIRS DISCRIMINANTS DES PLANTES DANS LES GROUPES DE RELEVÉS (en pourcentages)

	A	B	C	D	E	F	Total des valeurs absolues
1-2	3	43	19	-22	-10	-3	100
3-4	3	-22	-10	43	19	-3	100
1-2-3-4	35	11	4	11	4	-35	100

Ainsi, une plante sera généralement discriminante à l'égard d'un groupe où elle est à la fois fidèle et constante, et son pouvoir discriminant diminuera, le plus souvent, soit que la constance diminue, par exemple à l'égard d'un groupe plus important, comprenant le précédent, soit que sa fidélité diminue, par exemple à l'égard d'un groupe plus réduit, tel qu'une subdivi-

vision du précédent. Remarquons cependant que dans un cas extrême, une plante peut être discriminante à l'égard d'un groupe, même si elle y est peu constante, ou même complètement absente, à condition que les plantes du groupe lui soient, dans l'ensemble, relativement fidèles ; ce serait, par exemple, le cas de la fameuse "hêtraie sans hêtre", mais ici caractérisée sur une base numérique.

Les plantes discriminantes sont les homologues des espèces "caractéristiques" classiques ; dans un cas comme dans l'autre, il s'agit d'identifier les plantes qui contribuent le plus à l'originalité de groupement, en se basant chaque fois sur le critère utilisé pour définir ce groupement, soit les fidélités des plantes les une aux autres, dans le calcul proposé, soit les fidélités des plantes aux groupements, dans la méthode classique, encore que celle-ci tienne compte également de la constance pour situer le niveau hiérarchique auquel elle affecte une espèce caractéristique. En effet, une espèce fidèle à une association est également fidèle aux alliances et aux ordres qui comprennent cette association, mais cette espèce est caractéristique de l'association si elle y est à peu près cantonnée, c'est-à-dire plus constante que dans les groupements supérieurs.

Les pouvoirs discriminants permettent d'évaluer non seulement l'importance d'une plante, mais aussi celle d'un groupe de plantes, cette importance étant toujours définie comme la contribution de l'élément à l'originalité du groupement. Le calcul est particulièrement simple, puisque, en vertu du théorème de Pythagore, le pouvoir discriminant d'un élément est égal à la somme, en valeurs absolues, des pouvoirs discriminants des plantes qui en font partie (tableau VIII).

TABLEAU VIII - POUVOIRS DISCRIMINANTS DES GROUPES DE PLANTES
(OU "ÉLÉMENTS") À L'ÉGARD DE GROUPES DE RELEVÉS
(OU "GROUPEMENTS"),

	A	BC	DE	F	ABCDE
1-2	3	62	32	3	97
3-4	3	32	62	3	97
5	38	12	12	38	62
1-2-3-4	35	15	15	35	65

Remarquons que, dès qu'on considère plusieurs plantes simultanément, on ne peut plus affecter de signe à la différence globale entre le groupement et le point moyen, cette différence pouvant être positive pour une plante et négative pour une autre plante du même élément. Ainsi, un élément peut être discriminant soit par la présence de ses plantes dans un groupement, soit par leur absence, soit par la présence des unes et l'absence des autres. Ceci se comprend aisément si on considère un espace analogue, défini par des facteurs écologiques, dans lequel les espèces calcifuges seraient discriminantes à l'égard d'un groupement calcicole, mais discriminantes par leur absence. Il est donc utile de distinguer ces différents cas en indiquant, pour chaque élément, non seulement son pouvoir discriminant, mais aussi la part qu'il occupe dans la flore du groupement. Cette part est égale au nombre d'observations de l'élément dans le groupement, divisé par le nombre total d'observations faites dans le groupement. Ce paramètre est analogue à une constance moyenne, mais il tient compte non seulement du nombre de relevés, mais aussi de leur richesse floristique. Ainsi, si toutes les plantes d'un élément sont présentes dans tous les relevés, cet élément est évidemment constant à 100% dans le groupement, mais il y coexiste avec d'autres éléments et ne constitue donc qu'une fraction de la flore du groupement. C'est l'estimation de cette

fraction qui permet de savoir dans quelle mesure les éléments utilisés pour caractériser l'originalité d'un groupement, occupent ensemble une plus ou moins grande place dans ce groupement. En effet, il ne serait pas suffisant d'expliquer un groupement avec seulement un faible pourcentage de sa flore.

En définitive, un groupement est caractérisé par ses éléments les plus discriminants, chaque élément étant assorti de 2 paramètres complémentaires : la place qu'il occupe dans la flore du groupement, ainsi que sa fidélité au groupement, ce dernier paramètre ayant pour but de permettre une comparaison avec la phytosociologie classique, où il joue un rôle fondamental. Le tableau IX illustre la signification de ces paramètres dans un cas particulièrement simple. Ainsi, la plante A est assez fidèle au groupement 1-2 (à 50%) et elle occupe 40% de la flore de ce groupement, mais elle n'est cependant discriminante qu'à 3%. A l'égard du relevé 5, la plante A et la plante F sont, l'une et l'autre, discriminantes à 38%, mais la première par son absence et la seconde par sa présence, vu leurs fidélités respectivement égales à 0% et 100%.

TABEAU IX - CARACTÉRISATION DES GROUPEMENTS PAR TROIS PARAMETRES

(tous exprimés en pourcentages : DIS = pouvoir discriminant ; PFL = pourcentage de la flore ; FID = fidélité)

	A			BC			DE			F			SOMME	
	DIS	PFL	FID	DIS	PFL	FID	DIS	PFL	FID	DIS	PFL	FID	DIS	PFL
1-2	3	40	50	62	60	100	32	0	0	3	0	0	100	100
3-4	3	40	50	32	0	0	62	60	100	3	0	0	100	100
5	38	0	0	12	0	0	12	0	0	38	100	100	100	100
SOMME			100			100			100			100		

A l'issue de ces calculs, soulignons que la succession des opérations, dont l'exposé comporte inévitablement une certaine abstraction, n'est pourtant que le développement logique d'une seule idée, celle de traduire le réseau des relations écologiques entre les plantes par leurs fidélités mutuelles. Voyons en maintenant une application.

2. CLASSIFICATION ET CARACTERISATION DES GROUPEMENTS DANS LES FORETS ALLUVIALES D'ALSACE.

Les données ont été, pour une part, recueillies par l'un d'entre nous (HOFF, 1978) et, pour une autre part, plus importante, reprises dans la littérature, sur des tableaux phytosociologiques publiés ou auprès de phytosociologues pour les données non publiées. Elles comportent, au total, 1420 relevés, localisés en Alsace, contenant, tous ensemble, 1223 plantes. Précisons que ce nombre de 1223 plantes comptabilise non seulement les espèces ou taxons infraspécifiques, mais aussi leurs niveaux d'abondance. En effet, une espèce, lorsqu'elle est abondante, est généralement cantonnée dans une partie restreinte de son aire globale de répartition, là où elle trouve un optimum écologique relatif. Pour montrer ce phénomène, on distingue, au sein des espèces suffisamment fréquentes, deux ou même parfois trois unités statistiques, la première étant constituée, comme d'habitude, par l'espèce simplement présente, quelle que soit son abondance, la seconde étant limitée à cette espèce, lorsqu'elle a une abondance supérieure à un seuil, la troisième, le cas échéant, se référant à un seuil d'abondance encore supérieur. Le niveau supérieur d'abondance est susceptible d'avoir un comportement écologique et, par conséquent, phytosociologique, différent du niveau de simple présence. Ce procédé permet de tenir compte, avec simplicité, de l'abondance des espèces, catégorie d'observation trop souvent laissée de côté par les méthodes numériques, bien que son importance soit manifeste dans beaucoup de cas et qu'elle soit établie, notamment, dans le cas de la distribution climatique des plantes (BRISSE et GRANDJOUAN, 1980).

Toutes les observations disponibles ont servi à définir un espace phytosociologique de référence, dans lequel les plantes sont situées les unes par rapport aux autres, en fonction de leurs fidélités mutuelles. Mais une partie seulement de ces observations provient, des forêts alluviales, même si on y inclut des formations végétales qui en dérivent ou qui y conduisent, à partir de la recolonisation des alluvions.

Ces formations végétales sur alluvions ont fait l'objet de 328 relevés, comprenant 331 plantes, ces données étant extraites de l'ensemble des précédentes ; elles seront néanmoins classées dans l'espace défini par l'ensemble initial des 1223 plantes, qui s'étend dans des milieux plus diversifiés et qui assure ainsi un étalonnage plus précis que le sous-ensemble de 331 plantes, c'est-à-dire que chacune des 331 plantes est située par 1223 coordonnées.

2.1. DENDROGRAMME DES PLANTES (figure 3)

a) Présentation du dendrogramme

Le dendrogramme des plantes résume leurs similitudes phytosociologiques, sous la forme d'une classification hiérarchisée. Dans ce diagramme conventionnel, une ligne horizontale correspond à une plante ou à un groupe de plantes, deux lignes sont réunies par un trait vertical (composé de I, par l'imprimante), situé d'autant plus à gauche que les deux groupes correspondants sont plus éloignés, c'est-à-dire plus différents. Par exemple, les deux premières lignes correspondent à *Hedera helix* et *Carpinus betulus*, ces deux plantes étant séparées par une distance donnée par l'échelle imprimée juste au-dessus; distance comprise entre les chiffres 0 et 1, c'est à dire entre 0 et 10% de la distance maximale, ce qui signifie que c'est *Carpinus* qui a, dans l'échantillonnage, le comportement le plus similaire à celui de *Hedera*. Remarquons incidemment que c'est une similitude à laquelle on n'aurait guère songé *a priori*, bien qu'elle n'ait rien de choquant. Comme autre exemple de lecture, considérons les onze premières plantes (jusqu'à la ligne numérotée 10), constituant un élément auquel, par convention générale, on attribue le numéro de sa dernière agrégation, soit, ici, le n°10. A la ligne 19, ce groupe s'agrège avec un autre groupe, composé de 9 plantes (le n°18), à une distance égale à 20%, les deux groupes précédents constituant alors un nouvel élément, numéroté 19. A la liste complète des plantes constituant un élément, qui se lit sur le dendrogramme, s'ajoute l'indication des plantes qui sont les plus importantes pour cet élément, c'est-à-dire les plus discriminantes à son égard. Seules les trois premières

D E N D R O G R A M M E D E S P L A N T E S

ECHELLE LOGARITHMIQUE DES DISTANCES
EN DIXIEMES DE L'ECART TOTAL

10	4	3	2	1	0	NOMS DES PLANTES		
					I - - -	1 17	HEDERA HELIX L.	1-5
					II - - -	1 38	CARPINUS BETULUS L.	1-5
					I=I - - -	2 147	ANEMONE NEMOROSA L.	1-5
					I - - - -	3 315	POLYGONATUM MULTIFLORUM	1-4
					I=I - - - -	4 178	PRUNUS AVIUM L.	1-3
					I			
					I - - - - -	5 118	FRAXINUS EXCELSIOR L.	1-5
					I - - - - -	5 74	CORYLUS AVELLANA L.	1-5
					I	5		
					II - - - - -	7 9	HEDERA HELIX L.	3-5
					I			
					I - - - - -	9 155	CRATAEGUS OXYACANTHA L	1-5
					II - - - - -	9 154	CRATAEGUS OXYACANTHA L	2-5
					I=I - - - - -	9 2	ACER CAMPESTRE L.	1-4
					I=I	17		
					I			
					I - - - - -	11 99	QUERCUS PEDUNCULATA EH	1-5
					II - - - - -	11 45	EVONYMUS VULGARIS MILL	1-3
					I - - - - -	12 282	BRACHYPODIUM SILVATICUM	1-5
					I=I - - - - -	13 101	GLECHOMA HEDERACEUM L.	1-5
					I - - - - -	14 228	ULMUS CAMPESTRIS L.	1-5
					III - - - - -	15 195	RUBUS CUESTIUS L.	1-5
					II - - - - -	16 37	VIBURNUM OPULUS L.	1-4
					II - - - - -	17 281	BRACHYPODIUM SILVATICUM	3-5
					I - - - - -	18 259	CAREX SILVATICA HUDS.	3-5
					II	19		
					I			
					I - - - - -	20 153	CRATAEGUS MONOGYNA JAC	1-5
					I=I - - - - -	20 120	LIGUSTRUM VULGARE L.	1-5
					I - - - - -	21 72	CORNUS SANGUINEA L.	1-5
					I - - - - -	22 193	PRUNUS SPINOSA L.	1-5
					I=I - - - - -	23 35	VIBURNUM LANTANA L.	1-4
					I			
					I - - - - -	24 71	CORNUS SANGUINEA L.	3-5
					I - - - - -	24 151	CLEMATIS VITALBA L.	1-4
					I	25		
					I			
					I - - - - -	25 32	LONICERA XYLOSTEUM L.	2-5
					I=I - - - - -	25 33	LONICERA XYLOSTEUM L.	1-5
					I=I	27		
					I - - - - -	28 119	LIGUSTRUM VULGARE L.	3-5
					II	29		
					I			
					I - - - - -	30 225	TILIA CORDATA MILL.	1-5
					I=I - - - - -	30 313	CONVALLARIA MAIALIS L.	1-5
					I=I - - - - -	31 312	CONVALLARIA MAIALIS L.	3-5
					I=I	32		
					I - - - - -	33 177	PRUNUS AVIUM L.	2-3
					I - - - - -	34 314	POLYGONATUM MULTIFLORUM	2-4
					I - - - - -	35 82	EUPHORBIA AMYGDALOIDES	1-4
					I			
					II - - - - -	35 1	ACER-CAMPESTRE L.	3-4
					II - - - - -	35 145	ANEMONE NEMOROSA L.	3-5
					I	37		
					I			
					I - - - - -	38 18	ALNUS GLUTINOSA (L.) G	4-5
					I=I - - - - -	38 19	ALNUS GLUTINOSA (L.) G	1-5

seront ici utilisées pour caractériser un élément d'une façon condensée. Les plantes rassemblées dans un groupe sont celles qui ont les comportements les plus similaires, puisque, rappelons-le, elles sont fidèles aux mêmes plantes et, par conséquent, aux mêmes conditions écologiques, ce qui entraîne qu'elles ont des distances mutuelles relativement faibles dans l'espace des fidélités. Elles constituent de véritables "éléments phytosociologiques", résumant des types de comportement. C'est un type de résultat qui manque ordinairement, dans les travaux phytosociologiques, ceux-ci ne comportant pas de classification des espèces, à proprement parler, mais seulement une identification des espèces caractéristiques des différents groupements.

On peut se demander si l'attribution d'un comportement déterminé à une espèce considérée isolément n'est pas en contradiction avec le fait bien connu que l'indication apportée par une espèce sur le milieu dépend du groupement dans lequel on la considère. Ainsi telle espèce apparaît thermophile en Alsace, et mésophile dans le midi. Mais, c'est justement parce que cette espèce est alors considérée comme une référence fixe, ayant un comportement déterminé, qu'elle peut contraster dans un sens ou dans un autre, avec celui des autres plantes du groupement. D'ailleurs, c'est ce comportement qui est l'objet même des études en écologie, de même qu'en phytosociologie, si on envisage cette dernière discipline sous l'angle écologique. C'est donc lui qu'il faut connaître pour classer les relevés sur une base écologique.

Ajoutons que ce groupement écologique des espèces serait de nature à rapprocher les espèces vicariantes ayant des comportements écologiques similaires, et, par conséquent à clarifier l'interprétation des multiples variantes que ces espèces sont susceptibles de provoquer au sein de certains groupements.

b) Principales différences phytosociologiques

D'après ce dendrogramme, la différence majeure dans les comportements phytosociologiques échantillonnés est due au traitement (ce qui n'est pas étonnant, vu la faible diversité des climats et des substrats échantillonnés), cette différence étant matérialisée par la distance de l'agrégation 319 (égale à 71%

de la distance maximale), distance qui sépare, d'un côté, 181 plantes de forêt, constituant le groupe n°180 (dont les trois plantes les plus discriminantes sont *Fraxinus excelsior*, *Viola silvestris* et *Carex silvatica*) et, de l'autre côté, 139 plantes inféodées aux stades herbacés des recolonisations et aux prairies, constituant le groupe n°318 (dont *Lotus corniculatus*, *Centaurea jacea*, *Briza media*).

Le dendrogramme montre aussi les différences qui apparaissent au sein de chacun des deux grands groupes précédents et qui se matérialisent par leurs subdivisions. Ainsi, parmi les plantes forestières, la différence phytosociologique majeure sépare :

1° les plantes inféodées à la chênaie - frênaie (constituant le groupe n°117, composé de 118 plantes, dont les plus discriminantes sont *Cornus sanguinea*, *Quercus pedunculata*, et *Fraxinus excelsior*) ;

2° les plantes inféodées aux hêtraies de plaine (constituant le groupe n°159, de 43 plantes, dont *Fagus silvatica*, *Viola silvestris* et *Milium effusum*).

Le degré suivant de précision dans l'échelle des phénomènes montre, au sein des plantes de la chênaie - frênaie, par exemple, deux comportements phytosociologiques principaux, traduits par deux subdivisions du groupe précédent n°117 :

1° les plantes des frênaies à chêne et charme constituant les 55 plantes du groupe 54, dont les trois plus importantes sont à nouveau *Cornus sanguinea* et *Fraxinus excelsior*, mais aussi *Hedera helix*, deux sur trois étant les mêmes que pour le groupe hiérarchiquement supérieur, symbolisant un comportement plus général ; le fait que les plantes discriminantes soient, en partie, les mêmes, est dû à ce que la subdivision considérée comprend la majeure partie des observations du groupe supérieur (3750 sur environ 5600).

2° Les plantes des peupleraies et des saulaies ayant un comportement bien différent des précédentes, et constituant le groupe n°110, plus réduit (17 plantes totalisant environ 460 observations) dont les plus discriminantes sont *Populus nigra*, *P. alba*, *Alnus incana*, *Salix purpurea*, *S. alba*, *S. nigricans*, *S. incana*.

Les distinctions entre les types de comportement, de plus en plus détaillés, sont matérialisées par les subdivisions successives des éléments, et caractérisées par les plantes discriminantes correspondantes, l'ensemble de ces résultats constituant un catalogue standardisé dont chaque page est, en quelque sorte, la fiche d'identité d'un élément phytosociologique.

c) Rôle des abondances.

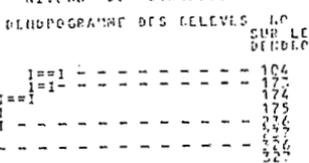
Un autre aspect des résultats mérite aussi une remarque, c'est le rôle que jouent les abondances des espèces. On peut noter, sur le dendrogramme, que les deux niveaux d'abondance d'une même espèce coexistent souvent dans le même élément, de même qu'ils coexistent, comme nous le verrons plus loin (figures 4 et 5), parmi les plantes discriminantes d'un même groupement, et qu'alors le niveau le plus abondant est toujours plus fidèle, mais moins constant et moins discriminant que le niveau de simple présence. Ce calcul n'a donc pas mis en évidence l'originalité phytosociologique des niveaux d'abondance, puisqu'il n'a pas montré d'espèce qui fût à la fois discriminante par sa présence à l'égard d'un groupement et par son abondance à l'égard d'un autre groupement. On peut se demander si ce résultat n'est pas attribuable, en partie, au mode habituel d'échantillonnage des relevés, basé davantage sur la présence que sur l'abondance des espèces, cette catégorie d'observation étant considérée d'emblée comme peu significative. En outre, l'observation porte sur des superficies réduites, où les diverses plantes d'une communauté n'ont pas toutes la latitude de manifester l'abondance qu'elles présentent pourtant dans le voisinage immédiat, dans un milieu apparemment identique. Dans ce cas, il y aurait une sorte de décalage entre l'échelle d'observation des plantes et celle de la distribution de leurs facteurs écologiques permanents. Un mode d'échantillonnage tenant davantage compte des abondances permettrait peut-être de mettre en évidence leur signification phytosociologique.

2.2. LES PRINCIPAUX GROUPES DE RELEVÉS

Le dendrogramme des relevés permet de définir numériquement des groupements végétaux. Nous allons montrer seulement la hiérarchie des groupements et non celle des relevés pris un par un, car si nous avons montré le dendrogramme des plantes, prises une par une, c'est parce que le nom d'une plante évoque, chez un botaniste, un ensemble d'observations et de connaissances familières, alors que le nom d'un relevé n'évoquerait rien et que sa simple localisation ne suffirait pas à l'identifier.

a) Caractérisation des principaux groupements

Les quatre principaux groupements, ayant des effectifs du même ordre de grandeur (de 62 à 105 relevés par groupement), montrent d'après leur flore, deux types de forêt, ainsi qu'un type de recolonisation et un type de formation herbacée. Ces quatre groupements sont caractérisés par les plantes qui sont les plus discriminantes à leur égard. La liste des plantes discriminantes est arrêtée lorsqu'elles totalisent, ensemble, au moins 50% de l'originalité du groupement, c'est à dire 50% de la distance entre le groupement et le point moyen de toutes les observations. Le pouvoir discriminant d'une plante est complété, à titre indicatif, par sa fidélité et sa constance à l'égard du groupement. Par exemple, la première plante de la figure 4, *Viola silvestris*, est discriminante à 47 pour mille (soit environ 5%) à l'égard du groupement 104, auquel elle est fidèle à 74%, et dans lequel elle est constante à 79%. Remarquons, un peu plus bas, qu'une autre plante, *Carpinus betulus*, peut être plus fidèle et plus constante, tout en étant moins discriminante à l'égard du même groupement, parce que les plantes du groupement sont, dans l'ensemble, moins fidèles à *Carpinus* qu'à *Viola*. Remarquons aussi que la même plante, *Viola silvestris*, est encore un peu discriminante à l'égard du groupement voisin n°173, mais que son pouvoir discriminant est négatif à l'égard des groupements plus éloignés, dont elle est absente, ce qui signifie, que ces groupements ont, à l'égard de *Viola* des fidélités inférieures à la moyenne.



NOM DES GROUPES	NUMERO DLS GROUPES RETENUS	EFFECTIFS REL	DES PLA	DES OBS
BOIS DE HILSENHE	2	105	198	4200
DAUFERSAID	2	70	205	2745
BOIS DE HILSENHE	3	175	243	6045
BOIS DE HILSENHE	3	176	243	6754
BOIS DE HILSENHE	3	62	15	354
BOIS DE HILSENHE	4	238	272	7744
DAUFERSAID	4	90	124	3042
BOIS DE HILSENHE	4	328	331	9524

LISTE DES PLANTES DISCRIMINANTES A L'EGARD DES GROUPES DE RELEVES

NUM	NOM DES PLANTES	GRUPE 104	GRUPE 173	GRUPE 274	GRUPE 328
		DIS FID CST	DIS FID CST	DIS FID CST	DIS FID CST
240	VIOLA SILVESTRIS (L.)	1-4	1-4	1-4	1-4
270	CARTEX SILVATICA HUDC.	1-5	1-5	1-5	1-5
10	HECERA HELIX L.	1-4	1-4	1-4	1-4
10	CAPPARIS BITULUS L.	1-4	1-4	1-4	1-4
10	FRAXINUS EXCELSIOR L.	1-4	1-4	1-4	1-4
10	LARIX GALEBORODICH L.	1-4	1-4	1-4	1-4
147	ALLIUM NEMOROSA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
202	PILULIFERUM L.	1-4	1-4	1-4	1-4
202	FAGUS SILVATICA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
16	ACER CAPRICEPS L.	1-4	1-4	1-4	1-4
171	FRAXINUS ALBA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
16	GEUM URBANUM L.	1-4	1-4	1-4	1-4
16	CRATAEGUS OXYACANTHA	1-4	1-4	1-4	1-4
12	PRUNUS AVIUM L.	1-4	1-4	1-4	1-4
12	CIRCAEA LUTETICA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
7	ACER PSEUDOPLATANUS	1-4	1-4	1-4	1-4
120	COPRIS SANGUIHEA L.	1-5	1-5	1-5	1-5
120	LIGUSTICUM VULGARIS L.	1-4	1-4	1-4	1-4
120	CRATAGUS MONOGYNA J.	1-5	1-5	1-5	1-5
120	CHEQUERUS PTEROCULATA	1-4	1-4	1-4	1-4
120	LINACRYDUM SALVATIS	1-4	1-4	1-4	1-4
120	CLEMATIS VITALBA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
202	ULMUS CAPRICEPS L.	1-5	1-5	1-5	1-5
74	CORYLUS AVELLANA L.	1-6	1-6	1-6	1-6
164	RHUS COCAJENSIS L.	1-4	1-4	1-4	1-4
164	FRAXINUS SPINOSA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
164	COPRIS SANGUIHEA L.	1-5	1-5	1-5	1-5
305	LEONICEA XYLOSTIFUM L.	1-4	1-4	1-4	1-4
315	VILIBRUM LARTARIA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
11	STACHYS SILVATICA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
21	ALNUS INCANA (L.) DC	1-6	1-6	1-6	1-6
243	URTICA DIOICA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
210	SALIX FRAGILIS L.	1-4	1-4	1-4	1-4
16	ISPATIENS SPALMIFOLIA	1-4	1-4	1-4	1-4
130	POLYPODIUM HYDROPIPER	1-4	1-4	1-4	1-4
243	URTICA DIOICA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
13	POLYGONUM CURTIFOLIUM	1-4	1-4	1-4	1-4

Figure 4 - PLANTES DISCRIMINANTES DES QUATRE PRINCIPAUX GROUPEMENTS VEGETAUX (au premier niveau de synthèse)

En haut : le dendrogramme des groupements est complété, sur la droite, par les effectifs des relevés (REL) des plantes (PLA) et des observations (OBS) pour les groupements retenus et leurs agrégations successives.

Sous le dendrogramme : un groupe de trois colonnes, indiquant respectivement le pouvoir discriminant (DIS), la fidélité (FID) et la constance (CST) correspond à un groupement. Une ligne correspond à une plante, les plantes étant rangées selon les valeurs décroissantes de leur pouvoir discriminant pour chaque groupement. Pour éviter les répétitions, une plante est affectée, sur ce tableau, à un seul groupement, celui pour lequel elle est le plus discriminante.

45	CIRCAEA LUTETICA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
260	CAREX FLAVA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
57	CIRCAEA LUTETICA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
277	ARUNDO PASTINACATA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
129	LOTUS CORNICULATUS L.	1-4	1-4	1-4	1-4
15	LYTHRUM SALICARIA L.	1-4	1-4	1-4	1-4
45	REFLECTO PALMEROSUS L.	1-4	1-4	1-4	1-4

L'ensemble du tableau de la figure 4 confirme la parenté des deux groupements forestiers n°104 et 173 (déjà montrée par le dendrogramme), puisque les plantes discriminantes à l'égard de l'un d'eux le sont aussi à l'égard de l'autre, quoiqu'à un degré moindre, et puisque ces plantes ont des pouvoirs discriminants négatifs à l'égard des deux groupements non-forestiers. Ceux-ci, par contre, ne se ressemblent pas, puisque les plantes qui sont discriminantes à l'égard de chacun d'eux ne le sont pour aucun des trois autres groupements ; d'une façon plus précise, elles ont des pouvoirs discriminants faibles ou nuls à l'égard de ces groupements, ce qui signifie qu'elles ne servent pas à les distinguer de l'ensemble des relevés, la fidélité de ces groupements à leur égard étant proches des valeurs moyennes correspondantes.

Ces quatre groupements peuvent être caractérisés d'après le tableau de la figure 4 de la façon suivante.

1° Le premier type de forêt (n°104) a, parmi ses plantes discriminantes, d'abord deux herbacées (*Viola silvestris* et *Carex silvatica*), puis *Hedera helix*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, etc. Il s'agit de relevés effectués dans les forêts du Ried.

2° Le deuxième type de forêt (n°173) a, parmi ses plantes discriminantes, trois arbrisseaux (*Cornus sanguinea*, *Ligustrum vulgare*, *Crataegus monogyna*), puis *Quercus pedunculata* et, plus loin, *Ulmus campestris* : il s'agit de relevés effectués dans les forêts du Rhin.

3° Le troisième groupement (n°236) comporte des stades de recolonisation, discriminés notamment par *Salix fragilis*, ainsi que *S. purpurea*, *S. viminalis* et beaucoup de plantes annuelles ou bisannuelles (*Impatiens roylei*, *Polygonum hydro-piper*, etc.).

4° Le quatrième groupement (n°326), herbacé, hygrophile, est discriminé par des plantes de marais de roselières, de prairies humides.

Les niveaux de synthèse plus détaillés montrent les différences qui séparent les subdivisions successives de ces groupements. Par exemple, au sein des forêts du Ried, constituant le 1er groupement du 1er niveau de synthèse, le dendrogramme distingue d'une part des frênaies à chêne (n°72, discriminé par *Fraxinus excelsior*, *Carex silvatica*, *Lamium galeobdolon*, et d'autre part, des hêtraies de plaine (n°103) discriminées par *Fagus silvatica*, *Viola silvestris*, *Milium effusum* (fig.5).

C'est l'intérêt d'une classification hiérarchique des relevés, comme celle-ci, de mettre en évidence non seulement les différences phytosociologiques majeures, mais aussi, dans le cadre des précédentes, les différences subordonnées pouvant aller jusqu'aux nuances entre deux relevés voisins, ces différences étant caractérisées d'une façon standardisée, dans un catalogue systématique, les deux figures 4 et 5 constituant deux pages-spécimen de ce catalogue.

b) Comparaison avec la hiérarchie phytosociologique classique.

A titre de point de repère, indiquons à quels groupements classiques les relevés de chacun des quatre groupements numériques du 1er niveau ont été affectés par leurs auteurs.

1° Les 105 relevés du groupement 104 ont été affectés à une association (le *Galio-Carpinetum* OBERD.) de l'alliance *Carpinion* OBERD., et à trois associations (surtout *Carici (Remotae)-Fraxinetum* W. KOCH et *Pruno-Fraxinetum* OBERD.) de l'alliance *Alno-Ulmion* BR.-BL. et TX.

2° Les 70 relevés du groupement n°173 ont été affectés essentiellement à une association (le *Fraxino-Ulmetum* TX.), de la même alliance *Alno-Ulmion*, association dont quelques relevés seulement se trouvaient déjà dans le groupement numérique précédent ; de même quelques autres relevés de ce groupement 173 appartiennent à une association (le *Salici-Populetum*) qui sera la plus représentée dans le groupement numérique suivant.

3° Les 62 relevés du groupement 236 ont été affectés essentiellement à deux associations (*Salici-populetum* TX. et

Salicetum triandrae MALC.) appartenant encore à la même alliance *Alno-Ulmion*.

4° Les 90 relevés du groupement 326 ont été affectés à trois alliances appartenant à des classes différentes : *Molinion coeruleae* W. KOCH, *Caricion davallianae* KLIKA et, en moins grand nombre, au *Mesobromion* BR. BL. et MOOR.

A ce niveau, peu détaillé, cette répartition apparaît assez cohérente, les trois premiers groupements numériques correspondant, à peu près, à des associations différentes de la même alliance, l'*Alno-Ulmion*, et le quatrième à des groupements prairiaux. Pour être plus détaillée, une comparaison entre les groupements phytosociologiques déjà établis et une classification numérique, devrait porter sur des groupements plus diversifiés que ceux de cet échantillonnage, qui sont cantonnés dans les mêmes types de formation d'une même région.

2.3. INTERPRÉTATION SIMULTANÉE DES CLASSIFICATIONS DES PLANTES ET DES RELEVÉS,

On peut remarquer qu'il y a des groupes de plantes qui ont les mêmes plantes discriminantes que les groupes de relevés. C'est le cas, par exemple, de l'élément 159 (§2.1.b) et du groupement 103 (fig.5), tout au moins pour les trois premières plantes discriminantes : *Fagus sylvatica*, *Viola silvestris*, *Milium effusum*. Ceci nous amène à examiner, dans l'ensemble des résultats, les concordances entre groupements et éléments, exprimant les différences phytosociologiques envisagées, à la fois, sous l'angle des relevés et sous celui des plantes, ce qui peut se faire, soit d'une façon analytique, en se bornant à juxtaposer la classification des plantes et celle des relevés, soit d'une façon plus synthétique, en se basant sur les pouvoirs discriminants des éléments à l'égard des groupements.

a) Tableau phytosociologique (figure 6)

Un tel tableau est obtenu mécanographiquement par le rangement des plantes comme des relevés dans l'ordre de leurs dendrogrammes respectifs rapprochant ainsi les plantes similaires entre elles, de même que les relevés. Ce tableau est présenté

ici comme un sous-produit des classifications, à titre de contrôle, et non comme un procédé d'établissement de ces classifications, comme ce serait le cas si on procédait par rapprochements visuels. Toutefois, si ce tableau fait apparaître le cantonnement de certains groupes d'espèces dans des groupes de relevés, ces cantonnements ne sont pas quantifiés, et, par conséquent, ne se prêtent pas à des comparaisons ni à des résumés suffisamment précis et objectifs. C'est pourquoi il est utile de condenser ces indications sous une forme numérique.

b) Tableau des pouvoirs discriminants (Tabl.X)

Ce tableau synthétique peut être considéré comme un résumé du tableau analytique précédent, les colonnes correspondant aux relevés d'un groupement étant condensées en une seule colonne, de même que les lignes représentant les plantes d'un élément. A la place des présences indiquées sur le tableau analytique, celui-ci indique le pouvoir discriminant de l'élément à l'égard du groupement, résumant l'importance des plantes de l'élément dans le groupement.

Toutefois, cette importance peut être due, comme on l'a vu au § 1.2., soit à la présence, soit à l'absence de l'élément, ce que montre le tableau XI, indiquant les pourcentages de la flore, complétant ainsi le tableau X des pouvoirs discriminants. Par exemple, l'élément 117 (à *Cornus sanguinea*) a presque le même pouvoir discriminant à l'égard du 1er et du dernier groupement (44 et 42%) mais il y occupe des parts très inégales de la flore, 64% dans le premier et 18% dans le second. Un deuxième exemple est celui de l'élément 159 à *Fagus silvatica*, qui, à l'égard du 1er groupement⁽¹⁰⁴⁾, est à la fois discriminant et fréquent, tandis qu'à l'égard du dernier groupement, constitué de formations herbacées⁽³²⁶⁾, il est encore discriminant^(19%), quoique totalement absent, autrement dit discriminant par son absence, ce qui signifie que la plupart des plantes de l'élément à *Fagus silvatica*, si on les considérait une par une, montreraient à l'égard de ce groupement herbacé des pouvoirs discriminants négatifs.

TABLEAU X

CARACTERISATION DES QUATRE PRINCIPAUX GROUPEMENTS

par les pouvoirs discriminants en % des quatre principaux éléments

Les groupements (groupes de relevés) comme les éléments (groupes de plantes) sont désignés par leur numéro et par les trois plantes les plus discriminantes à leur égard.

Désignation des quatre principaux groupements :

104. Forêts du Ried à Viola silvestris, Carex silvatica, Hedera helix.
173. Forêts des berges du Rhin à Cornus sanguinea, Ligustrum vulgare, Cratagrus monogyna.
236. Stades de recolonisation des bancs de cailloux à Urtica dioica, Salix fragilis, Impatiens Roylei.
326. Groupements herbacés hygrophiles à Sanguisorba officinalis, Molinia coerulea, Arundo phragmites.

		GROUPEMENTS				PLANTES DISCRIMINANTES DES ELEMENTS	
		104	173	236	326		Numéro des groupements
		105	70	62	90		Nombre de relevés
ELEMENTS							
N°	Nb. de plantes						
117	118	44	78	50	42	<u>Cornus sanguinea</u> , <u>Quercus pedunculata</u> , <u>Fraxinus excelsior</u>	
159	43	37	7	18	19	<u>Fagus silvatica</u> , <u>Viola silvestris</u> , <u>Milium effusum</u> .	
269	90	12	7	27	24	<u>Lythrum salicaria</u> , <u>Arundo phragmites</u> , <u>Mentha aquatica</u>	
316	48	6	6	4	14	<u>Lotus corniculatus</u> , <u>Centaurea jacea</u> , <u>Briza media</u>	

TABLEAU XI
 POURCENTAGES DE LA FLORE
 occupés par les quatre principaux éléments dans les quatre
 principaux groupements (Cf. Tableau X).

ELEMENTS	GROUPEMENTS			
	104	173	236	326
117	64	77	45	18
159	27	8	2	0
269	0	5	45	55
316	1	2	6	24
TOTAL	92	92	98	97

En définitive, ces deux tableaux permettent une caractérisation condensée des quatre groupements. Le cas le plus simple est celui de la concordance entre un élément (n°117) et un groupement (n°173), l'élément à *Cornus sanguinea* constituant plus des trois quarts et de l'originalité (78%) et de la flore (77%) du groupement des forêts du Rhin. Le cas le moins simple est celui du groupement herbacé hygrophile (326), parce qu'il est discriminé à la fois par les deux éléments forestiers (l'un n'occupant que 18% de sa flore, l'autre en étant totalement absent) et par les deux éléments non-forestiers. Chacun des deux autres groupements (104 et 236) est caractérisé par deux éléments, non seulement discriminants (à plus de 75%), mais aussi présents ensemble à plus de 90%.

c) Tableau des pouvoirs discriminants et de deux paramètres complémentaires (Tabl. XII)

A un degré de précision supplémentaire, les différences phytosociologiques qui existent au sein de chacun des groupes précédents, sont exprimées par un tableau, plus détaillé que le précédent, celui des 11 principaux éléments et des 8 principaux groupements, résultant de la subdivision des groupes hiérarchiquement supérieurs.

1° Forêts du Ried

Au sein des forêts du Ried, la principale différence phytosociologique sépare les frênaies à chêne du groupement 72, des hêtraies à charme du groupement 103 ; d'une part, les frênaies du groupement n°72 sont caractérisées par deux éléments discriminants, surtout par l'élément n°54 à *Cornus sanguinea*, ainsi que, à un moindre degré, par l'élément n°147 à *Fagus sylvatica* ; d'autre part, les hêtraies du groupement 103 sont caractérisées par les deux mêmes éléments, mais avec des importances relatives inverses, ainsi que par un troisième élément, moins discriminant que les précédents, l'élément 157 à *Fragaria vesca*.

2° Forêts du Rhin

Au sein des forêts du Rhin, la principale différence sépare la chênaie du groupement 153, à *Cornus sanguinea* et la frênaie du groupement 167 à *Prunus padus*. Comme les précédents, ces deux groupements se distinguent l'un de l'autre, non par

TABLEAU XII

CARACTERISATION DES HUIT PRINCIPAUX GROUPEMENTS EN FONCTION DES DOUZE PRINCIPAUX ELEMENTS par leurs pouvoirs discriminants (DS), les pourcentages de la flore qu'ils occupent (PF) et leurs fidélités (FD)

Les groupements et les éléments sont désignés par leur numéro (NUM) et leur effectif (EFF) ; ils sont désignés plus complètement sur le tableau XIII. Un tiret indique une valeur inférieure à 1 %.

		G R O U P E M E N T S												TOTAL de FD
NUM	EFF	72	103	153	167	217	231	319	325					
ELEMENTS		DS PF FD	DS PF FD	DS PF FD	DS PF FD	DS PF FD	DS PF FD	DS PF FD	DS PF FD	DS PF FD	DS PF FD	DS PF FD		
NUM	EFF													
54	55	48 55 43	26 48 16	63 49 30	54 39 3	23 18 2	43 0 0	35 4 2	27 8 -				97	
71	10	0 2 19	1 0 -	3 7 37	4 6 5	2 1 1	4 2 1	0 6 29	2 4 1				93	
78	7	0 - 30	0 - 11	0 1 13	3 3 5	13 14 33	2 6 5	2 0 0	1 0 0				97	
93	8	0 0 25	0 0 0	0 1 13	6 11 16	3 8 19	7 2 2	0 2 22	1 0 0				97	
110	17	0 - 5	2 0 0	6 10 50	3 8 6	4 9 11	1 7 3	0 - 15	0 - 1				91	
147	31	27 19 48	38 28 29	8 9 17	7 8 2	11 2 1	14 0 0	16 0 0	13 0 0				97	
157	11	2 1 22	13 13 73	0 0 0	0 0 0	3 0 0	2 1 1	2 - 1	1 0 0				97	
243	64	10 - 1	11 0 0	6 3 6	8 9 2	10 6 2	4 6 -	28 57 85	4 0 0				96	
255	13					2 4 19	17 41 69						88	
263	9					19 24 68	3 11 12						80	
298	30	5 - 4	6 3 9	4 - 3	10 0 0	6 4 5	2 5 2	14 17 70	7 13 3				96	
315	18	0 - 1	0 - 2	0 - 7	2 - 1	0 - 1	0 - 3	0 2 35	40 60 37				87	
TOTAL		82 77	97 92	90 80	97 84	96 90	99 81	97 88	96 85					

Tableau XIII DESIGNATION ABREGEE DES HUIT PRINCIPAUX GROUPEMENTS
ET DES DOUZE PRINCIPAUX ELEMENTS

A. GROUPEMENTS (groupes de relevés)

Un groupement est numéroté par son rang sur le dendrogramme des relevés : il est en outre désigné d'une façon standardisée par son effectif de relevés et les trois plantes les plus discriminantes à son égard. Une liste plus complète des plantes discriminantes à l'égard de quelques groupements peut être lue à titre d'exemple sur la figure 5.

NUM EFFECTIF DENOMINATION ET PLANTES DISCRIMINANTES

72	73	Forêts du Ried à <u>Fraxinus excelsior</u> , <u>Carex silvatica</u> <u>Lamium galeobdolon</u>
103	32	Forêts du Ried à <u>Fagus silvatica</u> , <u>Viola silvestris</u> , <u>Milium effusum</u>
153	50	Forêts du Rhin à <u>Cornus sanguinea</u> , <u>Brachypodium silva-</u> <u>ticum</u> , <u>Clematis vitalba</u>
167	15	Forêts du Rhin à <u>Fraxinus excelsior</u> , <u>Prunus padus</u> , <u>Quercus pedunculata</u>
217	43	Stade avancé de recolonisation à <u>Urtica dioica</u> , <u>Salix</u> <u>fragilis</u> , <u>Impatiens roylei</u>
231	15	Stade précoce de recolonisation à <u>Polygonum hydropiper</u> , <u>Chrysanthemum tanacetum</u> , <u>Berteroa incana</u>
319	83	Roselières et prairies humides à <u>Molinia coerulea</u> , <u>Sanguisorba officinalis</u> , <u>Arundo phragmites</u>
325	7	Prairies sèches à <u>Bromus erectus</u> , <u>Euphorbia cyparissias</u> , <u>Helianthemum nummularium</u>

B. ELEMENTS (groupes de plantes)

Comme un groupement, un élément est numéroté par son rang sur le dendrogramme des plantes, et désigné par son effectif de plantes et par les trois plantes les plus discriminantes à son égard. La composition floristique complète d'un élément peut être lue sur le dendrogramme des plantes (figure 3).

NUM EFF PLANTES DISCRIMINANTES

54	55	<u>Cornus sanguinea</u> , <u>Fraxinus excelsior</u> , <u>Hedera helix</u>
71	10	<u>Deschampsia coesvitosa</u> , <u>Rhamnus frangula</u> , <u>Carex acutiformis</u>
78	9	<u>Urtica dioica</u> , <u>Alliaria officinalis</u> , <u>Galium aparine</u>
93	8	<u>Filipendula ulmaria</u> , <u>Phalaris arundinacea</u> , <u>Humulus lupulus</u>
110	17	<u>Populus nigra</u> , <u>Ainus incana</u> , <u>Populus alba</u>
147	31	<u>Fagus silvatica</u> , <u>Viola silvestris</u> , <u>Milium effusum</u>
157	11	<u>Fragaria vesca</u> , <u>Poa nemoralis</u> , <u>Carpinus betulus</u>
243	64	<u>Molinia coerulea</u> , <u>Arundo phragmites</u> , <u>Lythrum salicaria</u>
255	13	<u>Berteroa incana</u> , <u>Polygonum hydropiper</u> , <u>Polygonum persicaria</u>
263	9	<u>Salix fragilis</u> , <u>Impatiens roylei</u> , <u>Urtica dioica</u> abondant
298	30	<u>Plantago lanceolata</u> , <u>Dactylis glomerata</u> , <u>Centaurea jacea</u>
315	18	<u>Euphorbia cyparissias</u> , <u>Bromus erectus</u> , <u>Helianthemum nummu-</u> <u>larium</u>

une différence tranchée, comme la présence ou l'absence d'un élément, mais par des variations réparties dans une grande partie de la flore, exprimées par les importances plus ou moins fortes de plusieurs éléments. Ainsi, la chênaie (groupement n°153) est surtout caractérisée, en comparaison avec la frênaie phytosociologiquement voisine, par une importance plus grande de l'un des principaux éléments forestiers (n°54) à *Cornus sanguinea*, ainsi que, à un faible degré, l'importance relative du petit élément 110 à *Populus nigra*. Réciproquement, la frênaie à *Prunus padus* (n°167) se caractérise par une importance légèrement supérieure de l'élément herbacé hygrophile (n°93) à *Filipendula ulmaria* et par l'absence totale de l'élément prairial (n°298) à *Plantago lanceolata*, absence qui contribue pour 10% à l'originalité de ce dernier groupement.

3° Stades de recolonisation

Ces stades se différencient en deux groupements, le stade avancé à *Urtica dioica* (217) et le stade récent à *Polygonum hydropiper* (231). Le stade avancé se distingue de l'autre par l'importance relative de trois éléments, le n°263, placé lui aussi sous le signe de *Salix fragilis*, qui est encore sa plante la plus discriminante, l'élément nitratophile (n°78) à *Urtica dioica* et l'élément à *Molinia coerulea* (n°243), riche en plantes vivaces. Le stade récent se distingue par l'absence totale des principaux éléments forestiers (n°54 et 147) et par l'importance relative de l'élément à *Berteroa incana* (n°255), riche en annuelles.

4° Groupements herbacés

Dans la dernière partie de ce tableau, à droite, les deux subdivisions du groupement herbacé hygrophile (n°319 et 325) ont en commun l'absence des éléments forestiers ^(54 à 157) et la présence d'un élément prairial largement répandu (n°298 à *Plantago lanceolata*, *Dactylis glomerata*, *Centaurea jacea*, *Lotus corniculata* etc.). Ces deux subdivisions ont des effectifs très inégaux (respectivement 83 et 7 relevés), mais néanmoins, elles sont nettement distinctes, la première étant franchement hygrophile, caractérisée par un élément herbacé hygrophile à *Molinia coerulea* (n°243), tandis que la seconde subdivision est relati-

vement sèche, et caractérisée par l'élément le plus xérophile et calcicole de l'échantillonnage. (n° 315) à *Euphorbia cyparissias*, *Bromus erectus*, *Helianthemum nummularium* etc.

5° Ensemble du tableau

Dans l'ensemble du tableau XII, deux des éléments (54 et 147) sont notablement discriminants pour tous les groupements, mais ils n'occupent une place importante que dans les forêts (groupements 72 à 167), l'élément 147 surtout dans les deux premiers. Les autres éléments ne sont discriminants que pour quelques groupements, souvent un seul. Un élément de ce tableau n'est même discriminant pour aucun groupement, à ce niveau de synthèse ; il le deviendrait, par contre, si on considérait des groupements plus détaillés. Au total, chaque groupement est caractérisé par une sorte de "spectre" d'éléments phytosociologiques, quantifiés essentiellement par leurs pouvoirs discriminants.

3. CONCLUSION

Sur le plan méthodologique, la démarche proposée part des mêmes principes que les autres classifications phytosociologiques, en ce sens qu'elle porte exclusivement sur des relevés floristiques et qu'elle les interprète dans une optique écologique, de façon à définir des groupements correspondant à des types de milieux. Le critère de fidélité, qui joue depuis toujours un rôle essentiel dans la définition des groupements est simplement adapté ici aux capacités des ordinateurs. La différence essentielle entre l'adaptation proposée et les autres méthodes numériques utilisées dans ce domaine, est que celle-ci établit une estimation des comportements des espèces, les unes par rapport aux autres, conduisant à une classification des espèces en "éléments phytosociologiques" conditionnant la classification des relevés, permettant ainsi de définir des groupements plus homogènes sur le plan écologique.

Néanmoins, ce changement, qui est initialement de nature technique, entraîne, *ipso facto*, des modifications sérieuses dans la nature des résultats escomptés, portant d'abord sur la part de la flore utilisée comme critère d'affec-

tation des relevés à des groupements, part qui augmente si, comme le propose ce calcul, on accorde *a priori* le même intérêt à toutes les observations stationnelles. Il en résulte une différenciation quantitative -et non plus seulement qualitative- des groupements majeurs, si bien que l'affectation précise d'un relevé à un groupement ne peut plus se faire par une simple identification d'espèces considérées par elles-mêmes, comme des "clefs", mais qu'elle implique déjà une opération numérique. Cette différenciation s'opère au moyen des espèces discriminantes à l'égard d'un groupement, homologues des espèces "caractéristiques" classiques, ainsi que d'une façon résumée, au moyen des éléments discriminants faisant intervenir une fraction de la flore, que l'on est libre de fixer à la moitié ou aux trois quarts, par exemple.

Les autres particularités des résultats ne relèvent pas d'options propres à la phytosociologie, mais seulement d'une exploitation systématique d'une classification, sous la forme de catalogues fournissant des résultats normalisés, comparables d'un groupement à un autre, et rangés par niveaux de synthèse successifs, conformément à la hiérarchie des phénomènes.

BIBLIOGRAPHIE

- BRIANE, J.P., J.J. LAZARE, G. ROUX et C. SASTRE, 1974.
L'analyse factorielle des correspondances, et l'arbre de longueur minimum ; exemples d'applications.
Adansonia, sér.2, 14(1) : 111-137, 23 fig. réf.
- BRISSE, H. et G. GRANDJOUAN, 1980. Plantes indicatrices du climat. Quelques exemples à différents niveaux d'abondance. Bull. Soc. Bot. Fr., Lettres Bot., (3) 263-273 et (4) 37-49.
- BRISSE, H. et G. GRANDJOUAN, à paraître. Détermination statistique des éléments et des territoires dans trois branches de la géographie botanique. C.R. Soc. Biogéographie, 29 p., 9 fig., réf.
- CARBIENER, R., 1974-1975. Die Linksrheinischen Natürräume und Waldungen der Schutzgebiete von Rhinau und Daubensand (Frankreich) : eine pflanzensoziologische und landschafts-ökologische Studie. Das Taubergiessengebiet, Band 7, 438-535, 3 tabl. 26 fig., réf.
- CARBIENER, R., 1976. Un exemple de prairie hygrophile primaire juvénile : l'*Oenanthe Lachenalii Molinietum* de la zonation d'atterrissement rhénane résultant des endiguements du 19e siècle en moyenne Alsace. Colloques phytosociologiques, V, Les prairies humides (Lille 1976), 13-42, 3 tabl., 2 fig., réf.
- HOFF, M., 1978. Succession et sylvigénèse dans deux séries de végétation en Alsace. Strasbourg, Université Louis Pasteur, Thèse de 3ème Cycle, 165 p., 70 fig., 6 tabl. réf.
- HOLZNER, W., WERGER, M.J.A. et G.A. ELLENBROEK, 1978. Automatic classification of phytosociological data on the basis of species groups. Vegetatio, vol.38,3 : 157-164, 8 fig., 2 tabl., réf.

- LACOSTE, A., 1975. La végétation de l'étage subalpin du bassin supérieur de la Tinée (Alpes Maritimes). Application de l'analyse multidimensionnelle aux données floristiques. Phytocoenologia, vol.3, 90-335, fig., tabl. réf.
- LAPRAZ, G., 1965. Etude de la végétation et des sols de la forêt communale de Rountzenheim. Bull. Soc. Bot. Fr. 291-312.
- MAAREL, E., van der, JANSSEN, J.G.M. et LOUPPEN, J.M.W., 1978. TABORD, a program for structuring phytosociological tables. Vegetatio, vol.38,3 : 143-156, 3 fig., 8 tabl., réf.
- MEULEN, F. van der, MORRIS, J.W. et WESTFALL R., 1978. A computer aid for the preparation of Braun-Blanquet tables. Vegetatio, vol. 38,3 : 129-134, 5 fig., réf.
- MULLER, S., 1978. Contribution à la synsystématique des hêtraies d'Europe occidentale et centrale (Thèse de 3ème cycle, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay). 95 p., 8 fig., 7 tabl., réf., multigraph.
- RASTETTER, V., 1966-1967. Les associations à Molinia coerulea sur sol calcaire, comparées à celles sur sol acide dans le Haut-Rhin. Bull. Soc. Hist. Nat., Pays Montbéliard, 3-15, tabl., réf.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement Mademoiselle M. SCHORTANNER, les professeurs R. CARBIENER et G. LAPRAZ, qui ont bien voulu nous communiquer leurs données.

Figure 1 - SCHEMA DE LA FIDELITE D'UNE ESPECE A UNE AUTRE ESPECE.

Les relevés sont symbolisés par des carrés contigus.

L'espèce "a" est symbolisée par une touffe d'herbe, présente dans les 8 carrés du rectangle de gauche.

L'espèce "b" est symbolisée par une rosette fleurie dans les 24 carrés du rectangle de droite.

$F(a,b)$ est la fidélité de a à b.

$F(b,a)$ est la fidélité de b à a.

Figure 2 - SCHEMA DU POUVOIR DISCRIMINANT D'UNE PLANTE A L'EGARD D'UN GROUPEMENT VEGETAL

POUVOIR DISCRIMINANT DE A = $-\overline{DA}^2/D^2$

POUVOIR DISCRIMINANT DE B = $+\overline{DB}^2/D^2$

\overline{DA} désigne la différence des fidélités, à l'égard de la plante A, entre le point moyen de tout l'échantillonnage et celui du groupement. \overline{DA} mesure la contribution de A à l'originalité du groupement, en valeur absolue ; \overline{DA}^2/D^2 le mesure en valeur relative.

Figure 3 - DENDROGRAMME DES PLANTES
(Explications dans le texte, §2.1)

Figure 4 - PLANTES DISCRIMINANTES DES QUATRE PRINCIPAUX
GROUPEMENTS VEGETAUX (au premier niveau de synthèse)

En haut : le dendrogramme des groupements est complété, sur la droite, par les effectifs des relevés (REL) des plantes (PLA) et des observations (OBS) pour les groupements retenus et leurs agrégations successives.

Sous le dendrogramme : un groupe de trois colonnes, indiquant respectivement le pouvoir discriminant (DIS), la fidélité (FID) et la constance (CST) correspond à un groupement. Une ligne correspond à une plante, les plantes étant rangées selon les valeurs décroissantes de leur pouvoir discriminant pour chaque groupement. Pour éviter les répétitions, une plante est affectée, sur ce tableau, à un seul groupement, celui pour lequel elle est le plus discriminante.

Figure 5 - PLANTES DISCRIMINANTES DES NEUF PRINCIPAUX
GROUPEMENTS VEGETAUX (au deuxième niveau de synthèse)

Même légende que la figure 4.

Figure 6 - FRAGMENT DU TABLEAU PHYTOSOCIOLOGIQUE ANALYTIQUE

Une ligne correspond à une plante, une colonne à un relevé, numéroté en bas par trois chiffres superposés. La présence d'une plante dans un relevé est notée par un point. Les principaux éléments et groupements sont séparés par des lignes d'astérisques.