
Réflexions sur l'apport de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude des communautés végétales et de leur environnement

Gilles Bonin, Thierry Tatoni

Abstract

Appeared 20 years ago, Correspondence Analysis is, at present, in current use in ecology. A lot of possibilities are always developed with the increasing of data-processing, the program improving, and the evolution of preoccupations. Its different uses having allowed new approaches in phytocology are submitted in this paper, trying to respect the chronology.

Résumé

Apparue il y a plus d'une vingtaine d'années, l'Analyse Factorielle des Correspondances est, de nos jours, couramment utilisée en écologie. Son principe offre de nombreuses possibilités qui se sont continuellement développées avec les progrès de l'informatique, l'affinage des logiciels, mais aussi, le besoin créant l'outil, l'évolution des pôles d'intérêt. Les auteurs proposent alors de faire le point, en essayant de respecter la chronologie, sur ses diverses utilisations qui ont permis de nouvelles approches de la phytoécologie.

Citer ce document / Cite this document :

Bonin Gilles, Taton Thierry. Réflexions sur l'apport de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude des communautés végétales et de leur environnement. In: Ecologia mediterranea, tome 16,1990. pp. 403-414;

doi : <https://doi.org/10.3406/ecmed.1990.1680>

https://www.persee.fr/doc/ecmed_0153-8756_1990_num_16_1_1680

Fichier pdf généré le 20/04/2020

Réflexions sur l'apport de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude des communautés végétales et de leur environnement

Gilles BONIN*, Thierry TATONI*

RESUME

Apparue il y a plus d'une vingtaine d'années, l'Analyse Factorielle des Correspondances est, de nos jours, couramment utilisée en écologie. Son principe offre de nombreuses possibilités qui se sont continuellement développées avec les progrès de l'informatique, l'affinage des logiciels, mais aussi, le besoin créant l'outil, l'évolution des pôles d'intérêt. Les auteurs proposent alors de faire le point, en essayant de respecter la chronologie, sur ses diverses utilisations qui ont permis de nouvelles approches de la phytoécologie.

MOTS-CLES : analyse factorielle des correspondances (AFC), phytosociologie, successions végétales, groupes écologiques

SUMMARY

Appeared 20 years ago, Correspondence Analysis is, at present, in current use in ecology. A lot of possibilities are always developed with the increasing of data-processing, the program improving, and the evolvement of preoccupations. Its different uses having allowed new approaches in phytocology are submitted in this paper, trying to respect the chronology.

KEY WORDS : correspondence analysis, phytosociology, succession, ecological groups

INTRODUCTION

Depuis près d'un quart de siècle, l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) est largement utilisée dans tous les compartiments de l'écologie, en particulier en phytoécologie. La voie avait été ouverte par les travaux de DAGNELIE (1960, 1962, 1965), puis cette méthode d'analyse multivariée, très appropriée pour la description des groupements végétaux, a-t-elle fait l'objet, au fil des années, d'une grande banalisation souvent restrictive. C'est pourquoi, son utilisation n'apporte pas, dans la plupart des cas, ce qu'elle aurait pu apporter.

Notre but est de montrer, à travers différents exemples concernant les communautés végétales, les potentialités d'une technique largement diffusée, disponible sur la plupart des calculateurs, et intégrée à de nombreux logiciels statistiques. Ce texte a donc pour objet de présenter une synthèse des différentes possibilités qu'offre cet outil, à la lumière des expériences acquises. Pour des considérations d'ordre plus technique, on pourra se référer, entre autres, à BENZECRI (1973, 1980), BENZECRI et BENZECRI (1980), BASTIN *et al.* (1980), LEGENDRE et LEGENDRE (1984), ORLOCI (1988), KENT et BALLARD (1988).

*Laboratoire de Biosystématique et Ecologie Méditerranéenne
Université de Provence, Centre St-Jérôme.
Av. Esc. Normandie-Niemen, 13397 MARSEILLE CEDEX 13

Pourquoi limiter notre propos à la phytoécologie et non à l'écologie en général ? La phytoé-

cologie s'appuie principalement sur un échantillonnage de type phytosociologique aboutissant à un tableau floristique simple donnant la liste des espèces (en lignes) et des relevés de l'échantillon (en colonnes), et sur la notion de groupement végétal positionné dans le temps et dans l'espace. Par ailleurs, dans le cas d'études écologiques, il est nécessaire, à un moment ou à un autre, de se rapporter aux groupements végétaux contenant ce taxon, donc de revenir au concept précédemment évoqué.

Dans des études écologiques plus larges, la prise en compte de populations animales entraîne une conception quelque peu différente de l'échantillonnage. C'est pourquoi nous avons choisi de nous limiter à l'étude des communautés végétales.

L'analyse d'un tableau floristique simple et ses possibilités

1. Description ou typologie des communautés végétales

Depuis 1967 (ROUX et ROUX) l'analyse factorielle a été très souvent utilisée pour discriminer de manière objective des entités de végétation. Le tableau phytosociologique brut constitue une matrice de départ tout à fait propice à l'AFC. Il est alors possible, à partir d'un tel ensemble, de mettre en évidence des sous-ensembles, plus ou moins bien distincts, d'espèces et de relevés se rapportant à des unités phytosociologiques (qui peuvent être de rangs différents) ou permettant de décrire de nouveaux groupements végétaux. Cette méthode peut être qualifiée d'objective dans la mesure où elle compare les relevés phytosociologiques deux à deux à partir de l'ensemble du cortège floristique, sans attribuer à l'un ou l'autre des taxons qui le composent une valeur particulière. Le nuage des points «relevés» dans cette analyse montre une structuration indépendante de la valeur phytosociologique des espèces, chacune d'entre-elles apportant son lot d'informations au cours du traitement.

Par ailleurs, l'un des aspects constructifs majeurs de ce type d'investigation a été développé sous la direction du Pr. GUINOCHET dans des synthèses phytosociologiques. En effet, la systématique phytosociologique établie par ajouts successifs a entraîné de nombreux auteurs à décrire des groupements végétaux sous des noms différents qui pourtant paraissent fort proches à l'examen des listes floristiques. Les travaux de synthèse objective développés à partir de l'AFC sur des ordinateurs puissants, ont permis de comparer plusieurs centaines de relevés concer-

nant le même type de groupement. Une telle confrontation aboutit à la discussion ou au recadrage d'unités phytosociologiques précédemment décrites. On peut citer parmi les travaux de ce type, ceux de MULLER (1978) sur les hêtraies d'Europe occidentale et centrale, ceux de VERRIER (1979) ou ceux de MARCHESE (1987). Bien que fort utile, ce type d'investigations présente parfois quelques dangers, on retrouve en effet dans les nuages de points relevés des sous-ensembles correspondant plus aux auteurs des relevés qu'à des entités végétales réelles (BRIANE *et al.*, 1977 ; BONIN, 1978).

La seconde difficulté tient à la valeur de la discrimination de groupements à partir des sous-ensembles de points du nuage. Dans certains cas, cette discrimination est indiscutable, dans d'autres elle l'est beaucoup moins car l'ensemble des points «relevés» constitue un *continuum* où les coupures entre ces sous-ensembles sont souvent délicates (PERICHAUD et BONIN, 1973). Ce concept de *continuum* avait déjà fait l'objet de considérations de la part de CURTIS (1959) et GUINOCHET (1968) quant aux aspects généraux de l'analyse de la végétation. Cet état de fait peut être évité en supprimant dans le tableau initial les espèces de très faibles fréquences (fréquences 1, 2 et 3). Celles-ci présentent souvent pour le phytosociologue un très grand intérêt, mais leur poids dans l'AFC tend à écarter les relevés qui les contiennent, des noyaux de points auxquels ils devraient naturellement se rattacher (BONIN, 1978 ; BRISSE et GRANDJOUAN, 1982). Par ailleurs, les espèces de très fortes fréquences jouent le rôle de «liant» et n'ont pas une très grande signification dans ce type de traitement (VEDRENNE, 1982). C'est pourquoi, les procédures techniques qui consistent à éliminer ces espèces lors de traitements successifs contribuent à mieux discriminer des noyaux de relevés floristiquement proches.

2. L'AFC et les étages de végétation

Le traitement de grands ensembles de relevés appartenant à différents étages de végétation peut apporter une répartition remarquable des points dans le nuage, tout à fait représentative de cet étagement. Ceci apparaît clairement sur l'un des principaux plans factoriels, en général le plan 1-2 (BONIN, 1978 ; GAMISANS *et al.*, 1981 ; BONIN *et al.*, 1983 a et b).

Une telle représentation trouve son intérêt dans la possibilité d'ordonner l'ensemble des relevés sur lesquels on travaille dans le canevas des étages de végétation préalablement défini à partir de relevés «étalons». Le nuage de points «relevés» reconstitue la répartition altitudinale de la végétation suivant un schéma qui peut

devenir un support cartographique et sur lequel on peut éventuellement superposer la répartition d'espèces intéressantes (AUDA, 1983, in CHESSEL et BOURNAUD, 1987).

3. L'AFC et les successions végétales

A partir de l'information apportée par les données floristiques sur des grands tableaux rassemblant des relevés des différents faciès de végétation, il est possible de mettre en évidence dans l'espace factoriel des successions de groupements végétaux en relation avec les grands gradients écologiques (cf. BONIN, 1978 ; BONIN *et al.* 1983 a). On peut retenir, pour illustrer cet aspect de l'AFC, comme premier exemple la représentation sur le plan factoriel 1-2, de la succession dynamique des groupements végétaux aboutissant à la suberaie (des pelouses de l'*Isoeto-Nasturtietum* jusqu'au *Quercus-Cytisetum*) (BONIN *et al.*, 1983 b). Cette analyse montre de manière très significative l'enchaînement des différents types de pelouses dans le temps et des groupements arbustifs qui les suivent. Le nuage des points «relevés» s'organise suivant un effet «Guttman» (BENZECRI et BENZECRI, 1980). Si l'on retrace séparément les relevés correspondant au derniers stades de cette succession on peut montrer la séparation dans les termes ultimes de cette dynamique de la trajectoire correspondant aux maquis hauts à *Erica scoparia* et *Genista pilosa* et de celle de la forêt à *Quercus suber* et *Cytisus triflorus* (figure 1). Ces faits viennent confirmer, par un support mathématique, des hypothèses formulées à partir d'observations de terrain. De plus, l'ordre des différents groupements au sein de la succession est établi d'une manière indiscutable à partir de l'échantillon de base.

L'espace factoriel permet de visualiser les processus dynamiques de reconstitution du tapis végétal. La trajectoire majeure du nuage correspond au gradient déterminé par l'axe 1, ce qui peut être expliqué par le fait que l'inertie du nuage est maximum pour ce gradient dynamique. D'après AUSTIN (1985) et BALENT *et al.* (1988) l'efficacité de l'AFC est généralement maximale pour l'analyse de gradients.

Les travaux sur l'évolution des terrasses de culture après abandon (TATONI, 1991 b) apportent une belle illustration de ce phénomène. La succession chronologique des différentes formations post-culturelles, apparaît en effet très nettement sur la carte factorielle des plans 1-2 (figure 2).

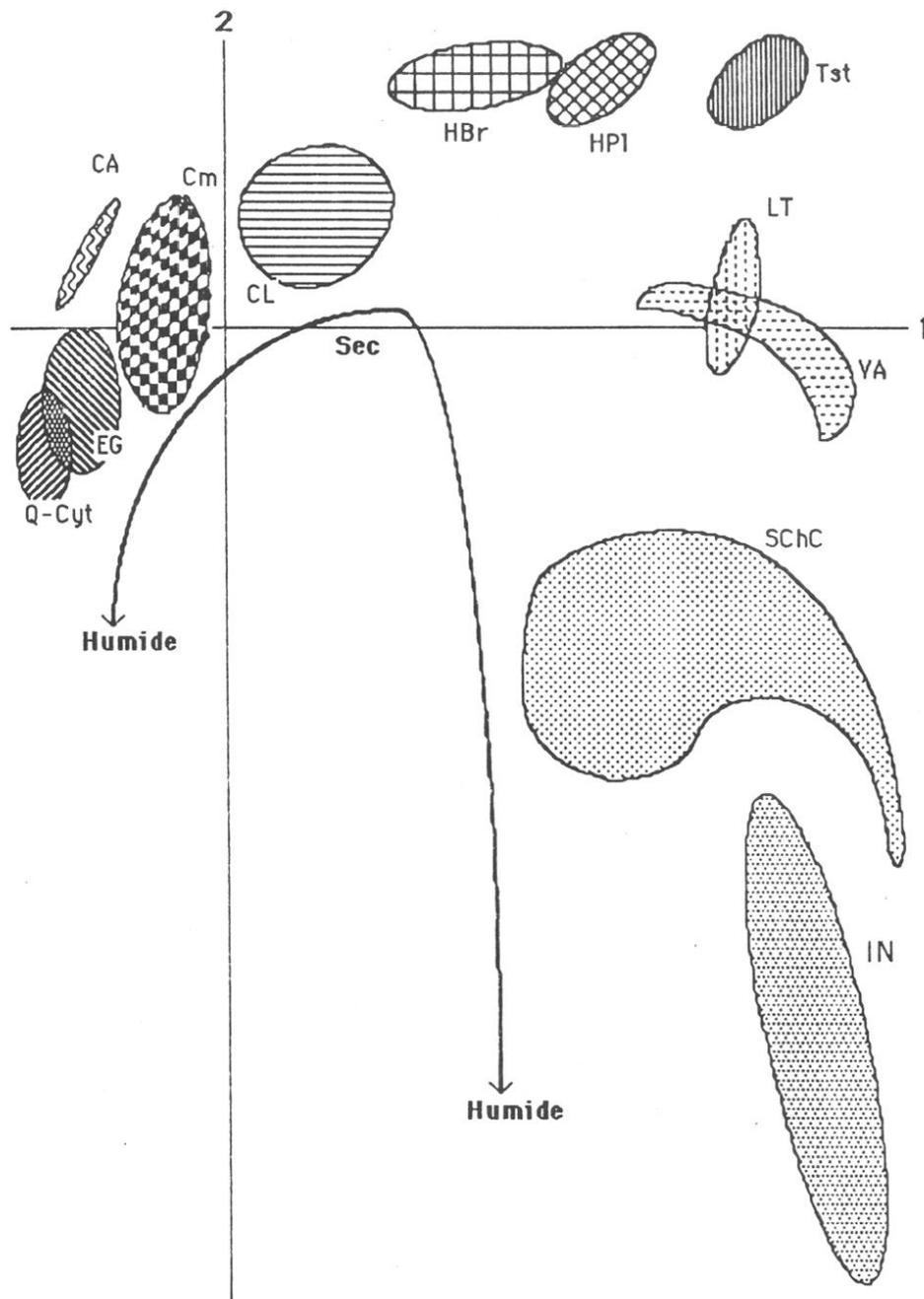
D'après LEPART et ESCARRE (1983), «les

critères utilisés pour reconstituer des séries dynamiques sont en général très intuitifs et ne se font souvent que sur l'analyse de la physionomie de la végétation ». C'est pourquoi, l'AFC apparaît comme un outil privilégié, car elle autorise l'intégration de l'échelle temporelle à partir d'informations spatiales issues d'un échantillonnage synchronique. Ainsi, dans les deux exemples précédents, les phénomènes chronologiques ont été reconstitués le long de l'axe 1.

Enfin, dans des situations particulièrement complexes, on peut avoir simultanément l'individualisation de groupements végétaux dans des successions dynamiques, elles-même situées les unes par rapport aux autres suivant l'étagement de la végétation (BONIN *et al.*, 1983 a pour la Sainte-Baume, 1983 b pour le Mont Ventoux). En fait, sur un exemple donné, un même plan factoriel peut présenter les trois principaux pôles d'intérêt des études sur les communautés végétales, à condition que l'échantillonnage floristique initial s'y prête, et soit suffisamment représentatif.

Comme l'a déjà démontré VEDRENNE (1982), la prise en compte de la seule présence des espèces végétales ou de leur abondance, ne constitue pas un élément déterminant pour la concrétisation des trois grandes préoccupations que nous venons d'évoquer. La liste des espèces végétales impliquées dans l'AFC apporte bien l'information majeure au plan écologique, la prise en compte de l'abondance ne fait que «polir» la représentation des résultats, en accentuant, ou atténuant parfois, certaines tendances. Dans l'exemple de la Sainte-Baume, l'axe 1 a une valeur propre de 0.62 et un taux d'inertie de 8.8, l'axe 2 une valeur propre de 0.39 et un taux d'inertie de 5.6. En tenant compte de l'abondance, pour l'axe 1, la valeur propre passe à 0.70, et le taux d'inertie à 9.4, pour l'axe 2, la valeur propre à 0.47 et le taux d'inertie à 6.4. L'amélioration constatée ne se traduit pas au niveau de la représentation graphique par des modifications importantes dans la répartition des points. Les groupements reconstitués sur la carte factorielle se positionnent de manière identique dans les deux cas (figure 3).

Les enseignements apportés par le traitement en AFC d'un tableau simple de données floristiques sont très riches mais ils ne peuvent cependant pas résoudre tous les problèmes liés à la phytoécologie. C'est pourquoi, pour établir des relations entre différents types de données, il est nécessaire de travailler à partir de tableaux multiples.



IN - Isoeto-Nasturtetum

SCHC - Groupements à Serapias (Serapion)

YA - Grpt. à *Vulpia ligustica* et *Aira cupaniana*

LT - Grpt. à *Lotus hispidus* et *Trifolium suffocatum*

Tst - Grpt. à *Trifolium scabrum* et *T. suffocatum*

HPI - Grpt. à *Helianthemum guttatum* et
Plantago bellardii

HBr - Grpt. à *Helianthemum guttatum* et
Brachypodium pinnatum

CL - Cistaie à *Cistus ladaniferus*

CA - Cistaie à *Cistus albidus*

Cm - Cistaie à *Cistus monspeliensis*

Q-Cyt - *Quercus-Cytisetum*

E-Gen - Grpt. à *Erica scoparia*, *Genista pilosa*
et *Calluna vulgaris*

Figures 1 et 2.- Deux exemples de successions dynamiques

- l'une sur les groupements naturels des Maures (figure 1),

- l'autre sur les groupements post-cultureux des terrasses de culture abandonnées (figure 2).

Dans les deux cas, le gradient dynamique suit logiquement l'axe 1 puisqu'il correspond à la plus grande variation floristique.

On notera l'intérêt de ce type de carte factorielle permettant de bien discriminer les étapes de la succession dynamique.

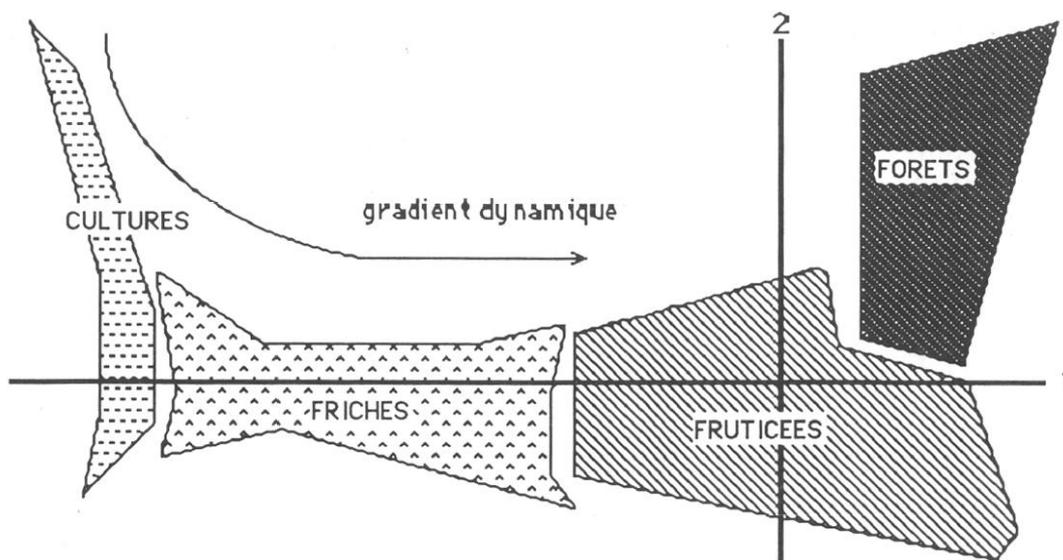


Figure 2.- Plan factoriel 1-2 de l'AFC réalisée à partir des relevés phytosociologiques sur les terrasses de culture : mise en évidence des principales étapes dynamiques post-culturelles

L'ANALYSE DE TABLEAUX MULTIPLES ET SES APPORTS

1. Historique et principe de la méthode

Les données mésologiques peuvent être traitées de la même manière que les données floristiques, ainsi que le firent LACOSTE et ROUX (1971, 1972), ce qui aboutit à l'obtention de cartes factorielles représentant les stations en fonction des variables écologiques ou l'inverse.

La confrontation avec les cartes obtenues à partir des relevés floristiques permet d'apprécier le rôle des données écologiques. De plus, on peut porter en éléments supplémentaires sur les cartes concernant les données floristiques, les éléments relatifs aux données écologiques.

Mais, on peut aussi aborder le problème d'une manière différente, comme le fit ROMANE en 1972, en reprenant les propositions de PHIPPS (1969) et en s'appuyant sur des exemples parus dans un document publié par l'I.S.V.P. (BENZECRI, 1975). Il s'agit alors de mettre en correspondance deux ensembles qui sont les espèces présentes dans les relevés et les états de variables écologiques (chaque état étant représenté par une classe, car chaque variable a été divisée en classes). Dans ce cas, la position des espèces sur les plans factoriels est fonction de leur corrélation avec les différents états de variables. La position des relevés est alors déterminée par des liaisons entre espèces et états de variables (BONIN et ROUX, 1978). Dans ce cas, la matrice de base

se présente sous la forme d'un tableau de contingence où les espèces apparaissent en lignes, et les états de variables en colonnes. Les relevés sont alors mis en points supplémentaires afin de pouvoir les faire apparaître sur les cartes factorielles.

2. Illustrations

Le principe de la méthode a été mis au point à partir des travaux réalisés sur les relations sol-végétation dans les pelouses de l'Apennin méridional (Italie). L'intérêt a été triple : il favorise une discrimination accrue de certains groupements végétaux (traduisant une caractérisation édaphique nettement plus importante qu'elle ne l'était au niveau floristique), il offre la possibilité de mettre en évidence l'évolution des variables édaphiques suivant les groupements floristiques préalablement différenciés, il permet d'établir des relations directes entre certains taxons et certains états de variables, ce qui revient à déterminer les profils écologiques de ces taxons. Cette démarche est à rapprocher de celle de l'information mutuelle (GODRON, 1968, 1984; DAGET *et al.*, 1972; DAGET et GODRON, 1982), mais se différencie par son aspect plus holistique, en conservant le caractère objectif propre à l'AFC. C'est pourquoi, pour interpréter d'une manière globale les résultats obtenus à partir de l'information mutuelle, AMANDIER et GASQUEZ (1979) ont fait appel à l'AFC lors de leur étude sur la phytoécologie du Vallon de la Rocheure (Vanoise). En ce qui les concerne, ils sont partis des résultats des calculs de l'information mutuelle espèces-facteurs pour comparer la réparti-

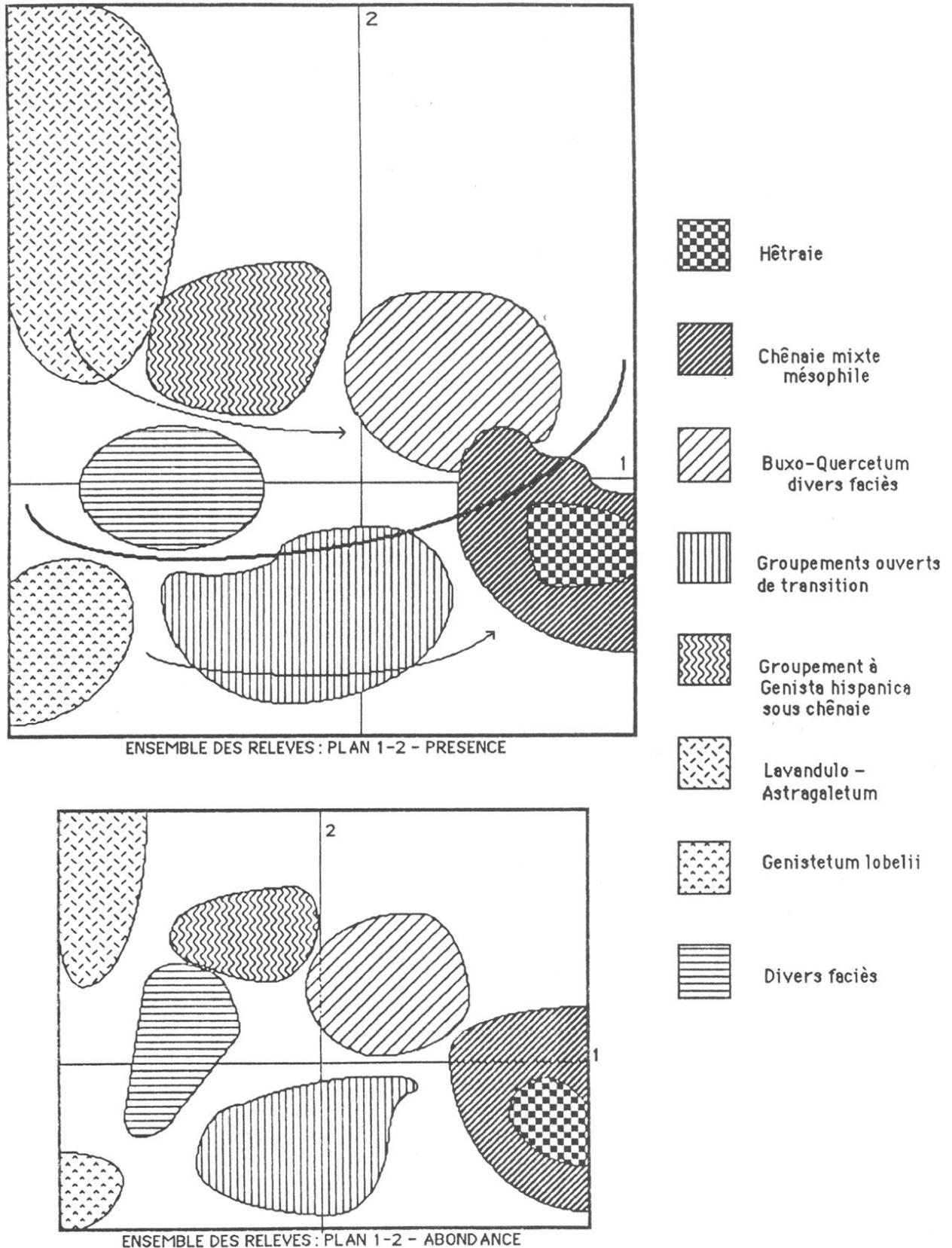


Figure 3.- L'exemple «Sainte Baume», traité en tenant compte de l'abondance d'une part, de la seule présence des espèces d'autre part, illustre l'effet majeur de la composition floristique des relevés et le rôle tout à fait réduit de la prise en compte du coefficient d'abondance.

On retrouve la même organisation du nuage des points «relevés», à quelques nuances près. Si l'on souhaite valoriser l'abondance de certains taxons, il est nécessaire d'effectuer des croisements de tableaux.

Par ailleurs, ces cartes montrent bien la dynamique (de gauche à droite) et l'étagement (de haut en bas) de la végétation.

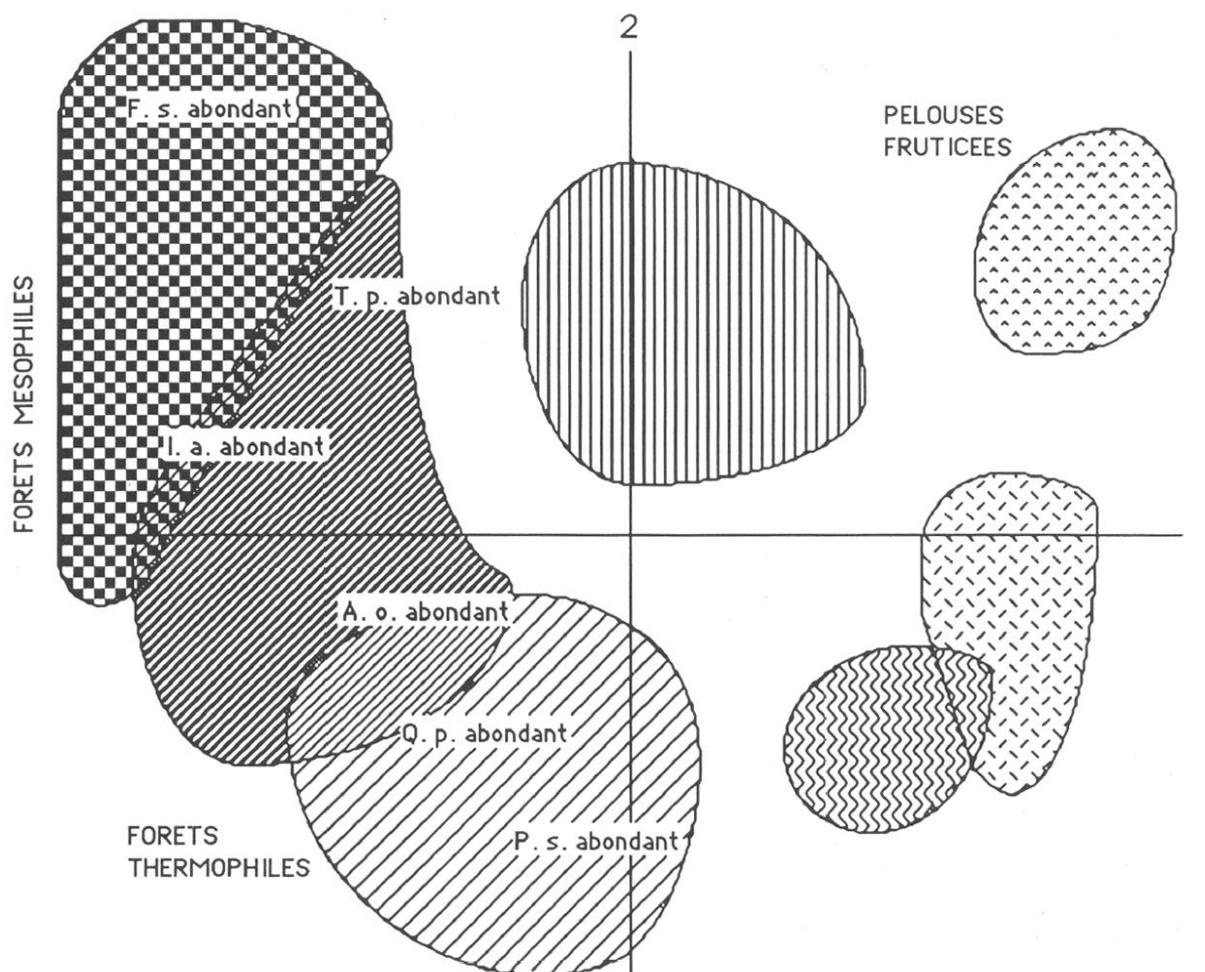


Figure 4.- Le croisement entre la composition floristique et les principales espèces arborescentes (considérées alors comme «variables») permet de mieux discriminer les faciès de végétation forestière, l'étalement du nuage au niveau du pôle «forestier» soulignant ainsi les nuances dans la zonation sylvatique (même légende que la figure 3). A.o., *Acer opalus* ; F.s., *Fagus silvatica* ; I.a., *Ilex aquifolium* ; P.s., *Pinus silvestris* ; Q.p., *Quercus pubescens* ; T.p., *Tilia platyphyllos*

tion des espèces en fonctions des divers états des facteurs.

Compte tenu de son apport non négligeable dans l'interprétation synthétique de l'information phytoécologique, la méthode des croisements de tableaux (espèces x variables) a été utilisée à plusieurs reprises, depuis ces quinze dernières années, notamment pour la constitution de groupes écologiques, par BONIN et THINON (1980), COQUILLARD (1982), VEDRENNE (1982), VIDAL (1982), BONIN *et al.* (1983c), LOISEL *et al.* (1985). Son application à la problématique de l'évolution post-culturale des terrasses de culture (TATONI, en préparation) a été particulièrement riche en enseignements, le tableau de variables comprenant des données pédologiques (physiques et chimiques) et des descripteurs mésologiques (pente, types de litière, état de la surface du sol, recouvrement des diffé-

rents strates de la végétation,...). Ainsi, ce type d'approche a permis la définition de profils écologiques, la redondance inévitable entre certains facteurs accentuant les principales tendances et inhibant les bruits.

D'un point de vue plus général, l'AFC est un outil statistique qui ne requiert pas de distribution particulière des données, ni de relations entre les variables (BUREL et BAUDRY, 1990), et offre de grandes possibilités dans l'élaboration de tableaux de contingences à partir desquels vont se faire les traitements numériques. Ainsi, de nombreux types de variables peuvent être envisagés, comme par exemple des données faunistiques (BIGOT *et al.*, 1983 ; IBORRA, 1990 ; MAGNIN et TATONI, en préparation), des composantes paysagères (BAUDRY et BUREL, 1982 ;

BAUDRY, 1989), l'utilisation des terres (PHIPPS *et al.*, 1986, BAUDRY, 1990) ou plus globalement l'histoire (activité humaine et principales perturbations) des parcelles étudiées (TATONI, 1991).

Par ailleurs, certaines espèces végétales peuvent être considérées comme facteurs du milieu dont l'influence vis à vis de l'ensemble du cortège floristique dépend de leur abondance. A partir de cette hypothèse - repris par LAVOREL (1991) en s'appuyant notamment sur la notion de coexistence par ségrégation spatiale énoncée par LEVIN (1976) à propos des systèmes biologiques - BONIN *et al.* (1983a) ont retenu sept espèces forestières sous leur trois formes biologiques pour les croiser avec l'ensemble des taxons du tableau initial. Cette manipulation apporte deux types d'informations sur la discrimination des groupements forestiers d'une part, et sur la dynamique de population des espèces-variables à travers les faciès de végétation d'autre part (figure 4).

L'AFC à partir d'un tableau de contingence ne peut être réalisée que si les variables ont été préalablement découpées en classes (états de variables). Cette condition méthodologique entraîne inévitablement une perte d'information, mais en contre partie, elle atténue le poids de certaines données ayant des valeurs disproportionnées. De plus, ce découpage facilite la lecture et donc l'interprétation des cartes factorielles.

L'utilisation des croisements de tableaux nécessite une réflexion sur les données proprement dites. Des faisceaux de variables très étroitement corrélées vont impulser un gradient majeur, en partie artificiel, autour duquel tout le nuage des points va s'organiser. C'est le cas, par exemple, de la matière organique, du carbone, des acides humiques et de l'azote qui constituent dans les lots de données pédologiques un faisceau de variables dépendantes imprimant un gradient majeur lors des croisements avec d'autres données (floristiques notamment), et masquant ainsi l'effet d'autres variables, pourtant importantes. Il convient donc de faire, au préalable, un examen critique des variables retenues. Ces précautions étant prises, cette méthode d'analyse des données constituent alors un remarquable outil pour l'étude des systèmes écologiques.

3. Tableaux multiples intégrant des variables quantitatives : analyses discriminantes et Analyse Canonique des Correspondances (ACC)

Les gradients obtenus à partir de l'AFC sur

les données du tableau floristique peuvent être confrontées en utilisant les méthodes de régressions simple ou multiple, ou l'analyse factorielle discriminante, avec les principales variables écologiques ou mésologiques. Cette démarche consiste à rechercher la ou les variables qui s'harmonisent le mieux avec les gradients, et permet ainsi de les comprendre ou même de les expliquer. Dans cet esprit plusieurs stratégies ont été mises au point, combinant AFC et Analyse Discriminante (BONIN et BOUROCHE, 1978) ou AFC et Régression (LOISEL *et al.*, 1985), jusqu'à l'élaboration de l'ACC, à partir des travaux de TER BRAAK (1986, 1987). Cette dernière méthode étant présentée de façon très détaillée par CHESSEL *et al.* (1987) et LEBRETON *et al.* (1988a), nous précisons simplement que l'ACC constitue l'aboutissement logique des préoccupations majeures des écologues étudiant les communautés (végétales ou animales), désirent appréhender et cerner les modalités de la dynamique des populations. Pour ce faire, en ce qui concerne la phytoécologie, l'ACC propose la confrontation du tableau floristique (pouvant contenir des coefficients d'abondance) avec un tableau de données quantitatives. Ainsi, LEBRETON *et al.* (*loc. cit.*) considèrent que l'ACC est une analyse discriminante entre espèces, ou encore, une AFC sous contrainte linéaire (L'AFC floristique étant projeté dans l'espace des variables). De plus l'étude des corrélations canoniques permet d'apprécier l'amplitude de l'information apportée par les variables retenues quant à l'explication de l'AFC initiale. Enfin, précisons que cette méthode est aussi utilisable à partir de données qualitatives, tout en conservant ses propriétés « explicatives » (LEBRETON *et al.*, 1988b).

En fait, si l'AFC réalisée à partir d'un tableau de contingence demeure un précieux outil pour la constitution de groupes écologiques, ou pour comparer de manière objective deux catégories de données, « l'ACC semble particulièrement adaptée à l'étude des relations espèces-milieu, en fournissant des ordinations simultanées des espèces et des relevés directement dérivés des variables de milieu » (LEBRETON *et al.*, 1988a).

CONCLUSION

L'Analyse Factorielle des Correspondances a fait l'objet, à ce jour, de nombreuses considérations quant à son utilisation en écologie. La validité de la méthode a souvent été testée par comparaison avec d'autres moyens d'investigation (ESTEVE, 1978). Les réflexions ont le plus souvent porté sur les aspects statistiques des méthodes. Par contre, les utilisateurs non statisticiens ont souvent vu dans l'AFC soit une mé-

thode «magique» permettant d'obtenir des résultats à partir d'un échantillonnage plus ou moins satisfaisant, soit un moyen de confirmation d'une interprétation «a priori» des données «terrain».

Nous avons voulu montrer que cette technique peut apporter beaucoup plus dans l'étude des communautés végétales, bien qu'elle ait ses limites et ses faiblesses. L'utilisation de données recueillies en vue du traitement numérique par l'AFC et avec un objectif précis, permettra d'utiliser au mieux les ressources de cette technique. L'aspect descriptif de l'organisation du tapis végétal peut être dépassé dès lors que l'on pratique des AFC multiples et croisées, en confrontant les données floristiques à d'autres types d'informations.

Dans ce contexte, l'analyse des gradients (altitudinal, dynamique, thermique, de dégradation, etc.) peut permettre de fouiller beaucoup plus les relations entre tous ces paramètres.

L'AFC, une méthode ancienne, démodée, ou moyen objectif d'observation et d'interprétation ? C'est encore aujourd'hui un moyen d'investigation efficace dans l'étude écologique des communautés végétales, à condition d'avoir un échantillonnage pertinent et de ne pas rechercher uniquement des confirmations, et, sa capacité d'intégrer et de gérer un grand nombre d'informations lui confère un rôle primordial dans l'élaboration de patrons (BALENT *et al.*, 1988 ; CALE *et al.*, 1989) voire de modèles.

BIBLIOGRAPHIE

- AMANDIER L. & GASQUEZ J., 1978. Contribution à l'étude phyto-écologique et floristique du Vallon de la Rocheure (Parc National de la Vanoise). *Boissiera*, 27, 153 p.
- AUDA Y., 1983. Rôle des méthodes graphiques en analyse des données: application au dépouillement des enquêtes écologiques. Thèse de 3ème cycle, Université Claude Bernard, Villeurbanne, 127 p.
- AUSTIN M.P., 1985. Continuum concept, ordination method and niche theory. *Annu. Rev. of Ecol. and Systematics*, 16, 39-61.
- BALENT G., GENARD M. & LESCOURRET F., 1988. Analyse des patrons de répartition des oiseaux nicheurs en Midi Pyrénées. *Acta Oecologica OEcol. Gene.*, 9, 247-263.
- BASTIN Ch., BENZECRI J.P., BOURGARIT Ch. & CAZES P., 1980. - Pratique de l'analyse des données, T.2: Abrégé théorique, études de cas modèle. Dunod Ed., 466 p.
- BAUDRY J., 1989. Colonization of grassland extensification by hedgerow species. Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Proc., 765-774.
- BAUDRY J., 1990. Problèmes d'échelles en écologie: Exemple du changement d'utilisation des terres. Séminaire ORSTOM «SEMINFOR 4, le transfert d'échelle», Brest.
- BAUDRY J. & BUREL F., 1982. La mesure de la diversité spatiale, relations avec la diversité, utilisation dans les évaluations d'impact. *Acta Oecologica OEcol. Applic.*, 3, 177-190.
- BENZECRI F., 1980. Introduction à l'analyse des correspondances d'après un exemple de données médicales. *Les cahiers de l'Analyse des Données*, V, 3, 283-310.
- BENZECRI J.P., 1973. L'analyse des données, T.II: L'analyse des correspondances. Dunod Ed., 619 p.
- BENZECRI J.P., 1975. Méthodes statistiques de la taxinomie. I.S.V.P. Paris, 60 p.
- BENZECRI J.P. & BENZECRI F., 1980. Pratique de l'analyse des données, T.1: Analyse des correspondances, exposé élémentaire. Dunod Ed., 425 p.
- BIGOT L., BONIN G. & ROUX M., 1983. Variations spatio-temporelles entre la communauté des coléoptères et psocoptères frondicoles et la végétation dans le massif de la Sainte Baume (Provence). *Ecol. Medit.*, IX, 173-192.
- BONIN G., 1978. Contribution à la connaissance de la végétation des montagnes de l'Apennin centro-méridional. Thèse d'Etat, Université d'Aix-Marseille III, 320 p. + annexes.
- BONIN G. & BOUROCHE J.M., 1978. Utilisation de l'analyse discriminante dans l'étude écologique des pelouses de l'Apennin méridional. in *Biométrie et Ecologie*, 37-43.
- BONIN G. & ROUX M., 1978. Utilisation de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude phytoécologique de quelques pelouses de l'Apennin lucano-calabrais. *Acta OE-*

- cologica OEcol. Plant., 13, 121-128.
- BONIN G. & THINON M., 1980. Relation entre variables du milieu édaphique et groupements végétaux préforestiers et forestiers au Mont Ventoux. Ecol. Medit., V, 315-326.
- BONIN G., GAMISANS J. & GRUBER M., 1983a. Etude des successions dynamiques de la végétation du Massif de la Ste Baume (Provence). Ecol. Medit. IX, 129-171.
- BONIN G., AUBERT G., BARBERO M., GAMISANS J., GRUBER M., LOISEL R., QUEZEL P., SANDOZ H., THINON M. & VEDRENNE G., 1983b. mise en évidence de la dynamique de quelques écosystèmes forestiers et préforestiers provençaux aux étages méditerranéens *s.l.* à l'aide des taxons indicateurs. Vegetatio, 54, 79-86.
- BONIN G., SANDOZ H., THINON M. & VEDRENNE G., 1983c. Relations entre la dynamique de la végétation (Chênaie-hêtraie) et les caractéristiques édaphiques dans le Massif de la Ste Baume (Provence). Ecol. Medit., IX, 193-210.
- BRIANE J.P., LAZARE J.J. & SALANON R., 1977. Le traitement des très grands ensembles de données en analyse factorielle des correspondances, proposition d'une méthodologie appliquée à la phytosociologie. Doc. int. Lab. Taxonomie végétale expérimentale et numérique, Paris XI, 38 p. + annexes.
- BRISSE H. & GRANDJOUAN G., 1982. Compte rendu de la discussion sur l'exploitation des banques de données en géographie botanique. Coll. sur les méthodes mathématiques appliquées à la géographie, Besançon.
- BUREL F. & BAUDRY J., 1990. structural dynamic of a hedgerow network landscape in Brittany france. Landscape Ecology, 4, 197-210.
- CALE W.C., HENEGBRY G.M. & YEAKLEY J.A., 1989. Inferring process from pattern in natural communities. BioScience, 39, 600-605.
- CHESSSEL D. & BOURNAUD M., 1987. Progrès récents en analyse de données écologiques. IV° Coll. AFIE : La gestion des systèmes écologique, Bordeaux, 65-76.
- CHESSSEL D., LEBRETON J.D. & YOCCOZ N., 1987. Propriétés de l'analyse canonique des correspondances. Revue de statistique Appliquée, 35, 55-72.
- CURTIS J.T., 1959. The vegetation of Wisconsin; an ordination of plant communities. Univ. of Wisconsin Press, Madison, 657 p.
- DAGET Ph., GODRON M. & GUILLERM J.L., 1972. Profils écologiques et information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques. Application à l'étude d'un transect de la Vallée de Liptov (Tchécoslovaquie). In: Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie. Junk, Den Haag, 121-149
- DAGET Ph. & GODRON M., 1982. Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés. Masson Ed., 163 p.
- DAGNELIE P., 1960. Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. Bull. Serv. Carte Phytogéogr., Sér. B, 93-195.
- DAGNELIE P., 1962. L'application de l'analyse multi-variable à l'étude des communautés végétales. Bull. Inst. Intern. Stat., 39, 265-275.
- DAGNELIE P., 1965. L'étude des communautés végétales par l'analyse statistique des liaisons entre les espèces et les variables écologiques: principes fondamentaux. Biometrics, 21, 345-361.
- ESTEVE J., 1978. Les méthodes d'ordination: éléments pour une discussion. In Biométrie et Ecologie, 223-250.
- GAMISANS J., GRUBER M. & BONIN G., 1981. Mise en évidence des principaux stades de la dynamique de la végétation dans les étages de la Vallée du Taravu (Corse). Ecol. Medit., VII, 45-77.
- GODRON M., 1968. Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale (recouvrement, information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques, échantillonnage). Acta OEcológica Oecol. Plant., 3, 185-212.
- GODRON M., 1984. Ecologie de la végétation terrestre. Masson Ed., 197 p.
- GUINOCHET M., 1968. L'écologie végétale: quelques remarques sur ses fondements et ses objectifs. Mises J. Sci., 1, 387-402.

- IBORRA O., 1991. Le paysage et le milieu: notions complémentaires; application à la distribution du lapin de garenne. Poster, 3^e Réunion annuelle du groupe Ecologie du Paysage, Versailles.
- KENT M. & BALLARD J., 1988. Trends and problems in the application of classification and ordination methods in plant ecology. *Vegetatio*, 78, 104-124.
- LACOSTE A. & ROUX M., 1971; 1972. L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie; application à des données de l'étage subalpin des Alpes-Maritimes. I.- L'analyse des données floristiques. II.- L'analyse des données écologiques et l'analyse globale. *Acta OEcologica OEcolog. Plant.*, 6, 353-369 ; 7, 125-146.
- LAVOREL S., 1991. Structure spatiale, perturbations, et dynamique de la coexistence des espèces végétales: De l'expérimentation à la modélisation ; l'exemple des friches méditerranéennes. Thèse, Montpellier II, 270 p.
- LEBRETON J.D., CHESSEL D., PRODON R. & YOCCOZ N., 1988a. L'analyse des relations espèces-milieu par l'analyse canonique des correspondances; I. Variables de milieu quantitatives. *Acta OEcologica OEcolog. Gener.*, 9, 53-67.
- LEBRETON J.D., CHESSEL D., RICHARDOT- COULET M. & YOCCOZ N., 1988b. L'analyse des relations espèces-milieu par l'analyse canonique des correspondances ; II. Variables de milieu qualitatives. *Acta OEcologica OEcolog. Gener.*, 9, 137-151.
- LEGENDRE L. & LEGENDRE P., 1984. *Ecologie numérique* (deuxième édition). Masson Ed., 335 p.
- LEPART J. & ESCARRE J., 1983. La succession végétale, mécanismes et modèles : analyse bibliographique. *Bull. Ecol.*, 14, 133-178.
- LEVIN S.A., 1976. Population dynamics in heterogeneous environments. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 7, 287-310.
- LOISEL R., AUBERT G., BARBERO M., BONIN G. & QUEZEL P., 1985. Incidence du débroussaillage ; relations sol-végétation au niveau des tranchées pare-feu en France méridionale. *Coll. Phytosocio., XIV, Phytosocio. et Forest.*, 483-506.
- MAGNIN F. & TATONI T., (en préparation). Etude comparée de la végétation et de la malacofaune le long des successions post-culturelles.
- MARCHESE M.J., 1987. Contribution à l'étude phytoécologique des pelouses à thérophytes du département du Var (France) : Relations sol-végétation. Thèse de 3^e cycle, Aix-Marseille III, 91 p.
- MULLER S., 1978. Contribution à la synsystématique des hêtraies d'Europe occidentale et centrale. Thèse de 3^e cycle, Paris-Sud centre d'Orsay, 93 p. + annexes
- ORLOCI L., 1988. Community organization: recent advances in numerical methods. *Can. J. Bot.*, 66, 2626-2633.
- PERICHAUD L. & BONIN G., 1973. L'analyse factorielle des correspondances appliquée aux groupements végétaux d'altitude du Gran Sasso d'Italia. *Not. Fitosoc.*, 7, 29-43.
- PHIPPS M., 1969. recherches sur la distribution géographique de l'utilisation du sol. Thèse d'Etat, Toulouse, 122 p.
- PHIPPS M., BAUDRY J. & BUREL F., 1986. Ordre topo-écologique dans un paysage rural: les niches paysagiques. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 302, III, 20, 691-694.
- ROMANE F., 1972. Application à la phytoécologie de quelques méthodes d'analyse multivariable. Thèse Doct. Ing., Montpellier, 124 p.
- ROUX G. & ROUX M., 1967. A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie. *Rev. Stat. Appl.*, 15, 59-72.
- TATONI T., 1991. Evolution des paysages de terrasses dans le sud-est français. *Communication*, 3^e réunion annuelle du groupe Ecologie du Paysage, Versailles.
- TATONI T., (en préparation). Dynamique des écosystèmes de terrasses de culture abandonnées ; évolution des paysages et impact humain. Thèse, Aix-Marseille I.
- TER BRAAK C.J.F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67, 1167-1179.

TER BRAAK C.J.F., 1987. The analysis of vegetation-environment relationship by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, 69, 69-77.

VEDRENNE G., 1982. L'analyse multivariable et la mise en évidence d'indicateurs biologiques; application à l'étage méditerranéen de Provence calcaire. Thèse de 3^e cycle, Aix-Marseille III, 120 p. + annexes.

VERRIER J.L., 1979. Contribution à la synsystématique et à la synécologie des pelouses sèches à thérophytes d'Europe. Thèse de 3^e cycle, Paris-Sud centre d'Orsay, 205 p.

VIDAL Ph., 1982. Les pelouses de la Drôme: caractéristiques floristiques, relations avec les facteurs géopédologiques et physiographiques, essai de zonage en vue de leur aménagement. Thèse de 3^e cycle, Aix-Marseille III, 78 p. + annexes.
