

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 84 (1974)

Heft: 3

Artikel: Application de l'analyse factorielle des correspondances à la phytosociologie de quelques groupements culminaux du secteur delphino-jurassien

Autor: Béguin, Claude / Ritter, Jean / Roux, Maurice

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-59257>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

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

Application de l'analyse factorielle des correspondances à la phytosociologie de quelques groupements culminaux du secteur delphino-jurassien

par *Claude Béguin, Jean Ritter et Maurice Roux*

Manuscrit reçu le 30 janvier 1974

Dédié au professeur *M. Welten*, Berne, à l'occasion
de son septantième anniversaire.

I) Introduction. Situation du problème

Dès 1969, à la suite des travaux initiaux de G. et M. ROUX (1967), nous avons pu montrer, par l'analyse des données floristiques, l'apport de l'analyse factorielle des correspondances à l'étude des associations végétales. Il s'est avéré, en particulier, que les associations étudiées s'ordonnent selon des gradients de facteurs écologiques qui n'ont pas, bien entendu, été introduits dans les données.

C'est à J.F. PICARD (1970) que revient le mérite d'avoir le premier procédé à l'étude *simultanée* de données floristiques et écologiques des forêts sur rhétien dans le département des Vosges. En 1972 enfin, A. LACOSTE réalisait un travail analogue (analyse des données floristiques et écologiques) sur les associations subalpines du bassin supérieur de la Tinée. Dans ce mémoire, l'auteur aboutit à des conclusions fort voisines des nôtres, confirmant ainsi le bien-fondé de nos conclusions antérieures.

En outre, un intérêt supplémentaire de l'analyse factorielle nous a paru résider dans la possibilité d'analyser les relations floristiques des groupements de territoires éloignés mais appartenant cependant à des secteurs (au sens de P. OZENDA, 1966) phytogéographiques proches.

Il va sans dire que parmi les obstacles qui s'opposent à la mise en oeuvre de telles comparaisons, le principal est la difficulté de réunir un ensemble de relevés régulièrement „prélevés“ le long du secteur envisagé.

Aussi y aura-t-il d'inévitables lacunes dans ce travail préliminaire. Celles-là nous ont néanmoins paru secondaires devant l'intérêt que pouvait présenter cette étude, même fondée sur des données partielles.

A) Situation géographique

Le domaine étudié se situe dans les Alpes occidentales, plus précisément dans les Préalpes externes constituées d'une rangée occidentale de massifs calcaires dits „préalpins“. Il comprend au nord le premier anticlinal du Jura occidental et se limite au sud par les massifs du Diois et des Baronnies (Fig. 1). Le massif du Vercors, avec son faciès urgonien caractéristique, se situe dans une zone intermédiaire dite de transition. Tous les relevés phytosociologiques ont été effectués dans une tranche altitudinale comprise entre 1000 à 1800 m.

Il y a opposition entre les Préalpes du Nord humides et les Préalpes du Sud sèches. Le creux estival des précipitations, caractéristique du régime méditerranéen,

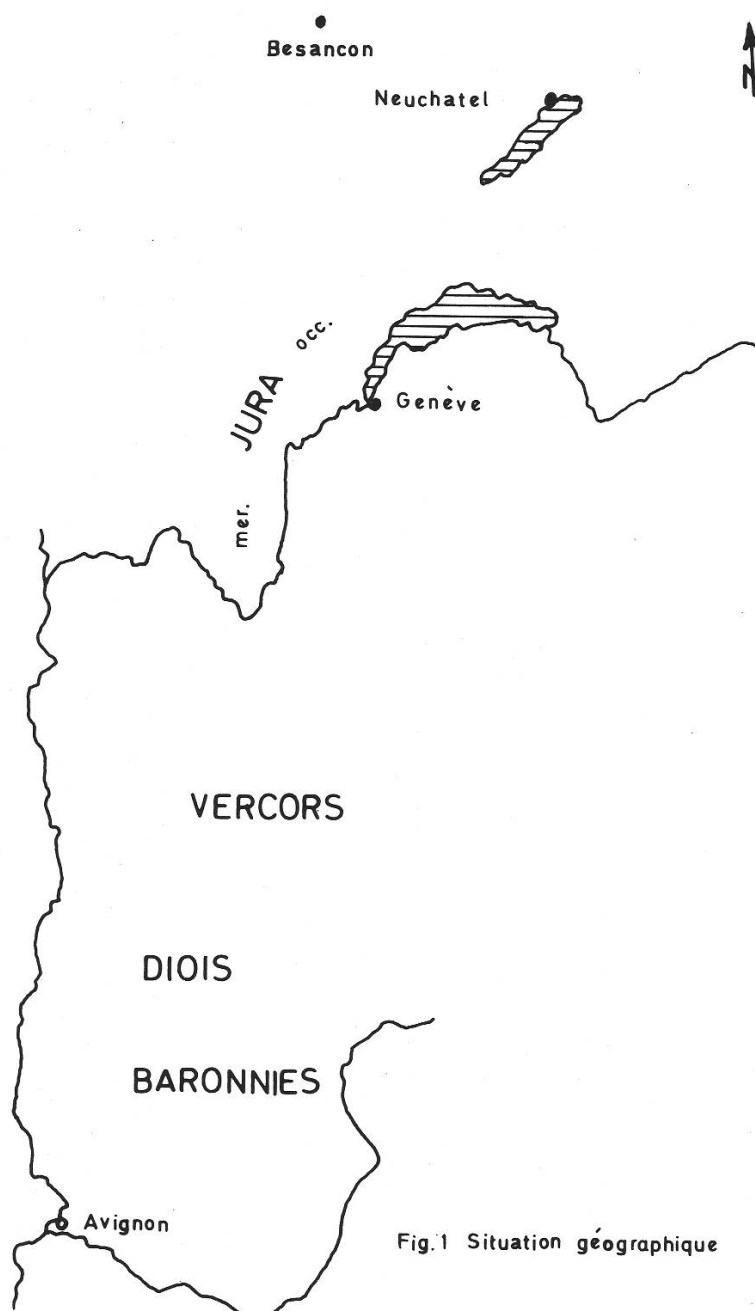


Fig.1 Situation géographique

s'estompe insensiblement lorsqu'on progresse vers le Nord, pour disparaître quasiment dans le Jura où le régime atlantique prédomine. (cf. P. OZENDA, (1966).

B) Méthodologie

1) La collecte des données floristiques

Les méthodes utilisées dans ce travail sont celles de l'école Zuricho-Montpellieraine de J. BRAUN-BLANQUET. Bien que la méthode de J. Braun-Blanquet ait souvent été critiquée, elle demeure néanmoins, à notre échelle d'observation et dans la perspective où nous nous plaçons, un instrument privilégié (1); on trouvera par ailleurs dans le récent ouvrage de M. Guinochet un exposé exhaustif des arguments qui nous autorisent à conclure de cette manière.

Quoi qu'il en soit, la méthode sigmatiste permet " de pousser très loin l'analyse des relations entre le milieu et la végétation, et de définir sans grande difficulté – au moyen par exemple des espèces différentielles – le caractère propre des plus petites unités de végétation (J.L. RICHARD, 1961). Il convient encore de préciser que dans le présent travail, les auteurs procèdent tout d'abord à l'analyse de la végétation basée uniquement sur des données floristiques considérant que l'espèce végétale (2) est le meilleur intégrateur de tous les facteurs de l'environnement; ils recherchent ensuite – et ensuite seulement – le déterminisme de cette végétation.

2) L'analyse factorielle des correspondances

Mise au point par B. CORDIER (1965), et améliorée depuis par les chercheurs de l'équipe du Professeur J.P. BENZECRI (M. ROUX, en particulier), l'analyse factorielle des correspondances est une méthode statistique rentrant dans le cadre plus général de l'analyse des données. Elle permet d'étudier simultanément un grand nombre de données (par exemple des relevés floristiques – voir tableau I – dans le cas du présent travail, au nombre de 199, totalisant 311 espèces) et d'obtenir rapidement une figure représentative de l'ensemble à classer. C'est ainsi que les relevés et espèces de notre analyse sont considérés comme des objets à classer en fonction (entre autres) des corrélations qui s'établissent entre ces objets. Selon que l'on attribue la propriété d'objet aux relevés ou aux espèces, ce sont respectivement les espèces ou les relevés qui deviennent les caractères des objets à classer.

- (1) Pour la technique des relevés de végétation, nous renvoyons le lecteur aux ouvrages spécialisés: BRAUN-BLANQUET (1964), ETTER (1943), GODRON (1967), MOOR (1952).
- (2) Les travaux récents de plusieurs cytotyonomistes dont BIDAULT, FAVARGER, GUINOCHET, KUPFER . . . soulignent l'importance et revalorisent en quelque sorte la notion d'espèces caractéristiques. Les espèces caractéristiques n'étant pas seulement des espèces linnéennes mais aussi des écotypes, des races, offrant le plus souvent une grande fidélité à tel ou tel groupement stationnel.

On peut assimiler un tel ensemble à un tableau à double entrée (semblable à un tableau phytosociologique brut) où une colonne est attribuée à chaque relevé et une ligne à chaque espèce. L'ensemble des relevés est considéré comme un nuage de points géométriques affectés d'une masse proportionnelle au nombre de cases pleines de la colonne correspondante, c'est-à-dire au nombre d'espèces présentes; l'essentiel du programme de calcul consiste alors à extraire les axes principaux, par ordre des pouvoirs explicatifs décroissants, au long desquels se répartissent les plus grandes masses.

Les informations (liste d'espèces) contenues dans chaque relevé sont alors transcrites (en clair ou à l'aide d'un code, selon les possibilités du programme et de l'ordinateur) sur des cartes perforées qui constituent le support des données traitées par l'ordinateur.

Au terme du calcul fait par l'ordinateur, on obtient des diagrammes (ou cartes) construits selon des coordonnées orthogonales, constitués de nuages de points plus ou moins dispersés. Selon les cas, ces points représentent les relevés ou les espèces.

On peut en effet obtenir 2 types de diagrammes correspondant les uns aux espèces, les autres aux relevés. Notons que ces 2 sortes de diagrammes sont directement superposables, ce qui permet d'apprécier immédiatement le degré de liaison des espèces aux groupements et de dégager ainsi les espèces caractéristiques avec le maximum d'objectivité.

La représentation des 2 ensembles (objets = relevés, et caractères = espèces) est telle que chaque objet se trouve entouré de ses caractères et que chaque caractère occupe une position en relation avec sa présence dans chaque objet. On a ainsi une image synthétique des relations et des données de l'ensemble étudié.

Tableau 1

Abréviations et liste des associations végétales étudiées (I)

P A	<i>Pulsatillo-Anemonetum</i>	<i>Caricion ferrugineae</i>	Relevés 17 à 32	Jura (photo 1)
F P	<i>Festucetum pumilae</i>		Relevés 98 à 121	Jura (photo 1)
V A	<i>Veronico-Agrostietum</i>	<i>Drabo-Seslerion</i>	Relevés 71 à 97	Jura (photo 1)
M A	<i>Minuartio-Arenarietum</i>		Relevés 61 à 70	Jura
S L	<i>Seslerio-Laserpitietum</i>		Relevés 33 à 60	Jura
S A	<i>Seslerio-Arctostaphyletum</i>	<i>Seslerion</i>	Relevés 144 à 158	Jura
P C	<i>Plantagini-Caricetum</i>		Relevés 1 à 16	Jura (photo 1)
S C	<i>Seslerio-Caricetum</i>	<i>Agrostio-Seslerion</i>	Relevés 122 à 143	Jura (photos 1, 2, 3)
A Gt	<i>Androsaco-Gentianetum typicum</i>	<i>Avenion montanae</i>	Relevés 186 à 199	Vercors
A Ga	<i>Androsaco-Gentianetum anthyllidetosum</i>	<i>Avenion montanae</i>	Relevés 159 à 172, 179	Vercors (photo 4) Baronnies
G V	<i>Genistetum Villarsi</i>	<i>Ononidion striatae</i>	Relevés 173 à 178 et 180 à 185	Baronnies

(I) Les sigles de la colonne de gauche ont été attribués aux espèces caractéristiques des associations étudiées, dans les diagrammes I et 7 en particulier.

Cependant, même avec cette méthode, le problème de l'emplacement des coupures entre les nuages de points correspondant aux groupes de relevés reste entier. C'est en définitive à l'utilisateur (le phytosociologue en l'occurrence) de décider du niveau de ces coupures en tenant aussi compte de paramètres non introduits dans l'ordinateur (topographiques, édaphiques, climatiques, . . .). Dans le cas du présent mémoire, pour simplifier la comparaison des différents diagrammes, on aura presque toujours (sauf pour les diagrammes A et B) remplacé les points correspondants aux relevés par un figuré représentatif de l'association (1) considérée. La limite externe de chaque figuré a été obtenue en joignant les points les plus externes de chaque nuage. A titre d'exemple les diagrammes A et B sont des diagrammes qualifiés de „brut“ car ils sont représentés tels qu'ils „sortent“ de l'ordinateur. Il n'est donc pas nécessaire de pouvoir lire tous les numéros des relevés sur les diagrammes A et B pour la compréhension de ce travail. En outre, sur les diagrammes 1 et 7 nous avons superposé les caractéristiques d'association (affectées d'un sigle propre à chaque association) au contour de nuage de points représentant les relevés de chaque association. Le degré de liaison des espèces aux groupements est ainsi beaucoup plus apparent.

On remarquera aussi que les diagrammes diffèrent par:

- a — les axes utilisés pour la projection des nuages de points;
- b — le nombre de relevés envisagés;

En ce qui concerne le premier point, on notera que ces nuages sont en réalité dans un espace. Leur projection sur un plan les déforme. Il est donc nécessaire (et possible) d'utiliser les coordonnées des points sur d'autres axes que les 2 premiers. La comparaison des différents diagrammes permet de se faire une idée plus exacte de la forme réelle des nuages (en combinant les axes 1–2 et les axes 1–3 par exemple). Notons aussi que ce sont les combinaisons des premiers axes (1 à 3) qui fournissent le plus d'information. On verra cependant que les figures c correspondant aux axes 3 et 4 ne sont pas dépourvues d'intérêt.

Pour illustrer le second point, nous dirons que plusieurs analyses ont été réalisées:

- 1 — Analyse globale sur les axes 1 et 2 avec tous les relevés.
- 2 — Analyse globale sur les axes 3 et 4 avec tous les relevés.
- 3 — Analyse partielle (en excluant le *Caricion ferrugineae*) sur les axes 1 et 2.
- 4 — Analyse partielle (en excluant le *Caricion ferrugineae*) sur les axes 3 et 4.
- 5 — Analyse partielle sur l'ensemble des relevés du Jura, sur les axes 1 et 2.

(1) A la différence d'autres travaux où l'analyse factorielle est utilisée pour définir les associations, dans ce travail les associations ayant été définies par ailleurs (Allier, 1970; Béguin, 1970; Ritter, 1969) le but de l'analyse est la mise en évidence des relations entre les groupements.

- 6 – Analyse partielle sur l'ensemble des relevés du Jura, sur les axes 3 et 4.
- 7 – Analyse partielle sur le *Seslerion* du Jura, sur les axes 1 et 2.
- 8 – Analyse partielle sur le *Seslerion* du Jura, sur les axes 3 et 4.
- 9 – Analyse partielle sur le Vercors et les Baronnies, sur les axes 1 et 3.

Tous les diagrammes obtenus concernent les relevés, sauf pour les diagrammes 1 et 7 où nous avons superposé les caractéristiques aux nuages des relevés.

Cette dernière opération a été réalisée à partir de diagrammes renfermant *toutes* les espèces présentes dans les relevés analysés. Nous n'avons conservé que les caractéristiques (voir la liste des espèces) sur les diagrammes en question afin d'améliorer la lisibilité de ceux-ci. On verra plus loin que l'interprétation des diagrammes est faite en tenant compte des paramètres édaphiques et climatiques. Il faut souligner dès maintenant que ces paramètres n'ont pas été introduits *dans les données de l'analyse*. Si on observe une certaine corrélation entre ceux-ci et la distribution des groupes de relevés dans les diagrammes, cela révèle bien sûr l'aptitude de la végétation à intégrer ces facteurs, mais ne limite pas pour autant les capacités d'intégration des espèces végétales à ces 2 paramètres. Et d'ailleurs, il n'y a rien d'étonnant à constater des corrélations entre la végétation d'une part, le sol et le climat d'autre part, quand on ne considère que ces 2 catégories de paramètres.

II) Les analyses

A) L'analyse globale (diagrammes A, 1 et 2).

Deux ensembles correspondant l'un au Jura, l'autre au groupe Vercors-Baronnies se dégagent nettement de l'examen des diagrammes A et 1. Il n'est pas sans intérêt de constater que ces 2 ensembles sont orientés suivant 2 directions sensiblement perpendiculaires.

Cette disposition est encore perceptible sur le diagramme 2, mais moins clairement, à cause de la position latérale du *Seslerio-Laserpitietum* par rapport aux autres groupements du Jura. On peut penser que cette disposition perpendiculaire révèle que les contraintes mésologiques (édaphiques et climatiques) ne s'exercent pas de la même manière sur les 2 ensembles. C'est ainsi que la pression climatique pourrait être plus déterminante dans le cas du groupe Vercors-Baronnies, alors que le déterminisme édaphique serait décisif pour les associations du Jura.

Il est clair que la distinction des 2 groupes tient aussi à l'éloignement des régions étudiées. Si nous avions pu disposer d'une „chaîne“ de relevés plus ou moins continue entre les Baronnies et le Jura, les hiatus ne seraient probablement pas aussi nets (1). La chorologie est donc en partie responsable de cette séparation. Toutefois, l'écologie des groupements se superpose en quelque sorte à la chorologie et contribue aussi à la différenciation des groupes de relevés.

(1) Nous nous proposons d'aborder ce problème dans un autre travail.

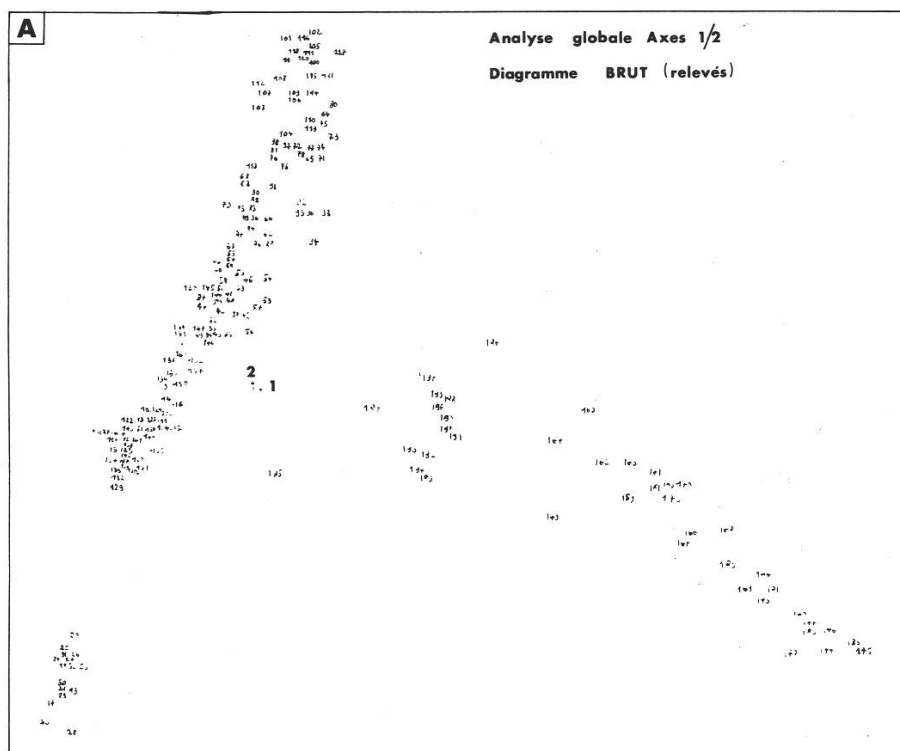


Diagramme A:

Le diagramme est représenté tel qu'il „sort“ de l'ordinateur. L'analyse porte sur la totalité (199) des relevés envisagés. Les points correspondent à l'emplacement des numéros des relevés. Ils sont projetés dans le plan des axes factoriels 1 et 2.

Ainsi les associations du groupe Vercors-Baronnies sont distribués selon une latitude de plus en plus méridionale selon l'axe 1, et suivant une altitude croissante selon l'axe 2. Cette interprétation est valable respectivement à l'intérieur du groupe de relevés du Jura d'une part, et du groupe de relevés de l'ensemble Vercors, Diois, Baronnies d'autre part. Notons que la latitude de plus en plus méridionale est corrélative d'associations de plus en plus ouvertes, croissant sur des sols de plus en plus squelettiques, et sous une sécheresse accentuée.

Toutefois, cette interprétation des axes doit être nuancée pour les relevés du Jura dont la plupart ont été réalisés dans la même zone (Recullet, Crêt de la Neige) et à des altitudes voisines (aux environs de 1500 m). En effet, l'amplitude de variation altitudinale des groupements analysés est de 347 m pour le Jura et de 526 m pour l'ensemble Vercors-Baronnies. Notons aussi que les nuages de points sont obliques par rapport aux axes. Ceci signifie que chaque axe représente une combinaison de plusieurs facteurs et non un facteur unique.

On remarque aussi que les groupements du Jura forment un ensemble plus compact, à l'exception du *Pulsatillo-Anemonetum* (P.A.), que ceux de l'autre groupe. Ceci paraît tenir au fait que les relevés du Jura couvrent un territoire plus restreint que les autres. En outre, le diagramme 2 (sur les axes 3 et 4) révèle une meilleure séparation des associations jurassiennes. Il y a donc une superposition en partie artificielle des nuages dans le diagramme 1.

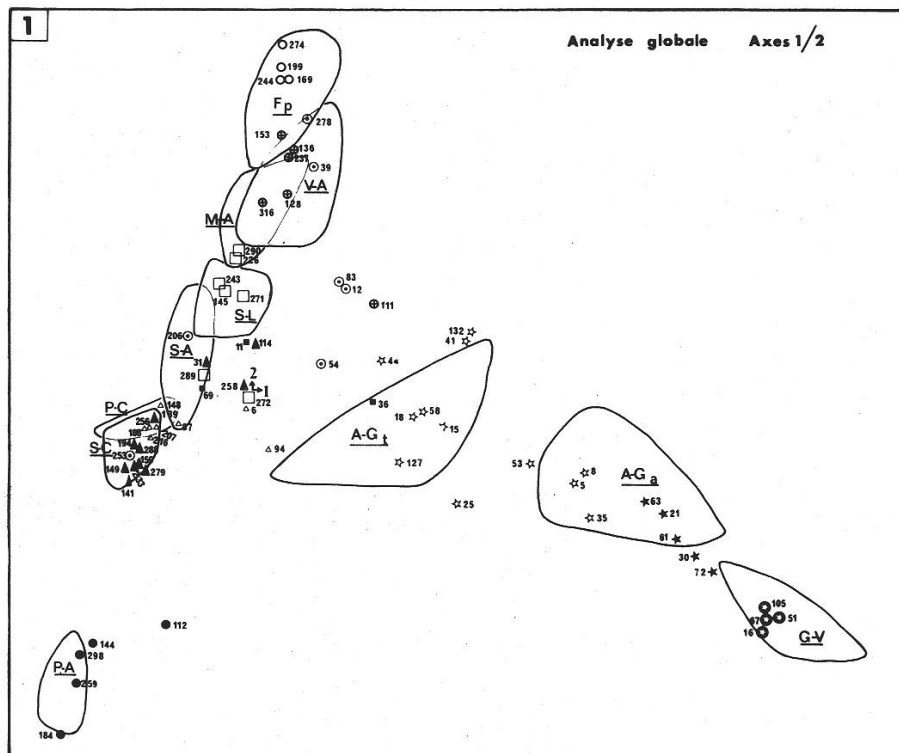


Diagramme 1 :

Après interprétation du diagramme A, et des suivants, on a figuré le contour des nuages de points correspondants aux relevés de chaque association, désignée par ses initiales (voir tableau I). Les chiffres en surimpression sont pour chaque groupement, ceux des espèces caractéristiques, affectées d'un sigle spécifique de chaque association. Ainsi apparaît clairement la liaison des espèces aux groupements.

Ce n'est pas non plus par hasard que les groupements du Vercors s'insèrent juste sur un axe aboutissant à la limite du *Seslerion* et du *Drabo-Seslerion* du Jura. C'est que l'*Androsaco-Gentianetum* (A.G.) – au moins dans cette analyse – (1), est l'association floristiquement la plus proche des groupements du Jura.

On peut également noter que les 2 ensembles correspondent aux conditions mésologiques de l'étage subalpin (frais et humide) d'une part pour le Jura, montagnard supérieur (plus sec et plus chaud) d'autre part pour l'ensemble Vercors-Baronnies. Dans un cas, on a plutôt affaire aux éléments de la série de l'Épicéa (avec des îlots „alpines“), dans l'autre il s'agit d'éléments de la série inférieure thermophile du chêne pubescent (avec des éléments de l'*Avenion montanae*, subalpin sec et chaud, comme l'*Androsaco-Gentianetum*). On peut rappeler à cet égard que l'*Avenion montanae* est en quelque sorte l'alliance vicariante dans les Alpes du Sud du *Seslerion coeruleae* des Alpes du Nord.

Quant aux groupements du Jura, leur distribution le long de l'axe 2 correspond bien aux différentes sous-alliances distinguées par C. BEGUIN. Ainsi, de haut

(1) Il existe dans le Vercors des groupements culminaux encore plus proches de ceux du Jura mais pour lesquels nous ne disposons pas de relevés au moment de l'analyse (*Seslerio-Caricetum*, *Festucetum pumilae*, *Seslerio-Arctostaphyletum* . . .).

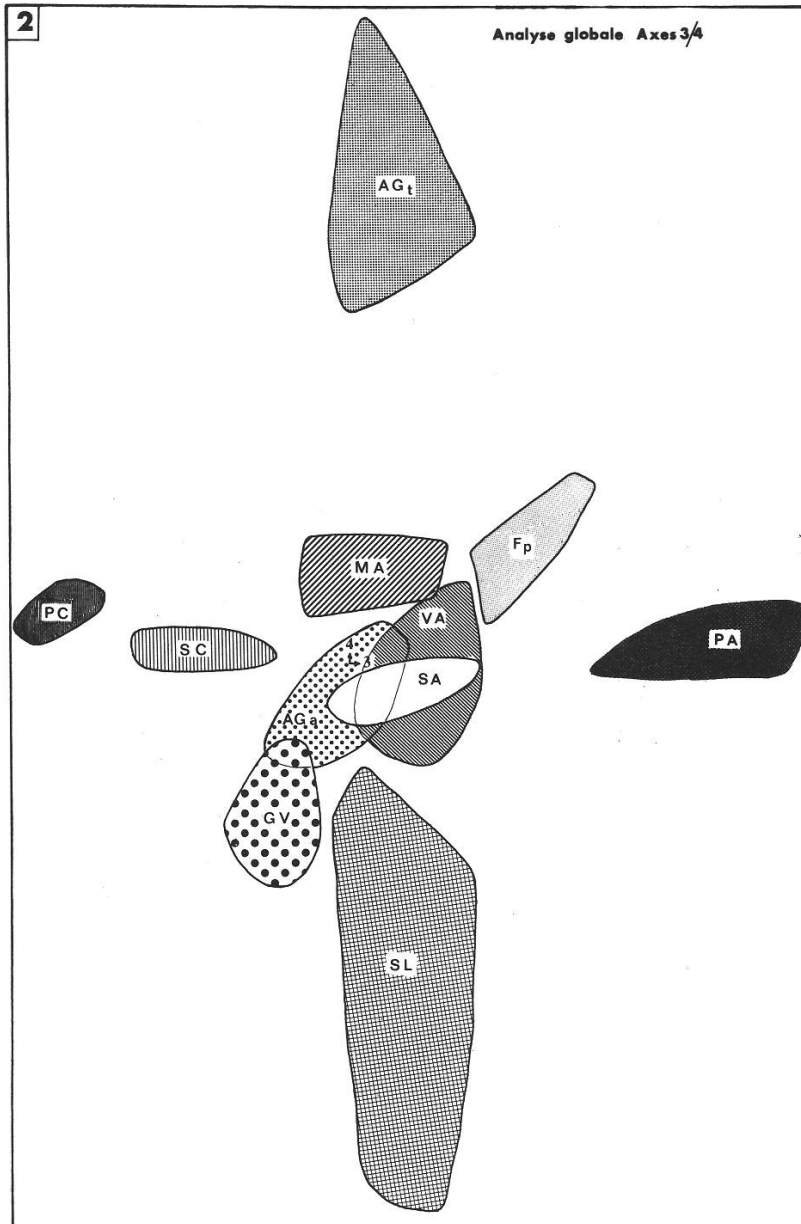


Diagramme 2:

Analyse de la totalité des relevés projetés dans le plan des axes factoriels 3 et 4. Chaque groupement est représenté par une surface correspondant au contour du nuage de points représentant les relevés qui le constituent. Pour faciliter la comparaison des différents diagrammes, on a adopté un figuré spécifique de chaque groupement.

en bas sur le diagramme 1 se succèdent le *Drabo-Seslerion*, le *Seslerion typicum*, (point d'articulation de l'*Avenion montanae* du Vercors), l'*Agrostio-Seslerion* et le *Caricion ferrugineae* uniquement représenté par le *Pulsatillo-Anemonetum*.

Le *Pulsatillo-Anemonetum* est en effet – comme le confirment les analyses suivantes – l'association la plus fraîche et la plus humide de toutes celles envisagées. C'est aussi la plus différente du reste des associations du Jura.

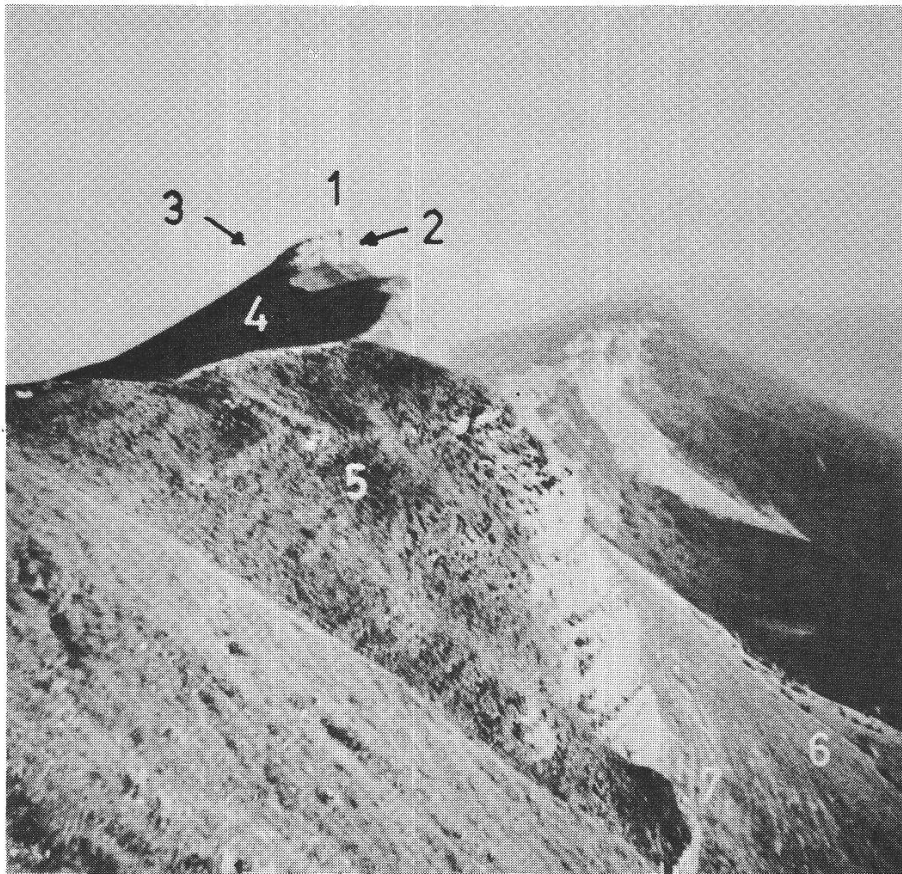


Photo 1:

Extrémité méridionale de la chaîne du Reculet.

1. *Festucetum pumilae*
2. *Potentillion caulescentis*
3. *Seslerio-Caricetum euphorbietosum*
4. *Plantagini-Caricetum*
5. *Pulsatillo-Anemonetum senecionetosum*
6. *Campanulo-Laserpitietum*
7. *Veronico-Agrostietum sideritetosum*

C'est ce qui explique son effet agglutinant (cf. RITTER 1969, paru 1972) sur les autres associations.

Notons que sur les axes 3 et 4 (diagramme 2) la plupart des relevés jurassiens sont bien séparés et que le *Seslerio-Laserpitietum* se trouve bien individualisé. Le degré d'allongement du nuage qui le représente est évidemment lié à l'amplitude de variation de cette association. On peut aussi noter qu'il s'oppose sur l'axe 4 à l'*Androsaco-Gentianetum* dont l'altitude moyenne est la plus élevée (1889 m) de tous les groupements analysés ici. Celle du *Seslerio-Laserpitietum* (S.L.) étant la plus basse, on peut considérer l'axe 4 comme un axe d'amplitude de variation altitudinale.

L'axe 3 du diagramme 2 peut d'autre part être interprété comme un axe d'exposition. On a en effet, de gauche à droite, des groupements en versant sud, puis en position sommitale, enfin en versant nord.

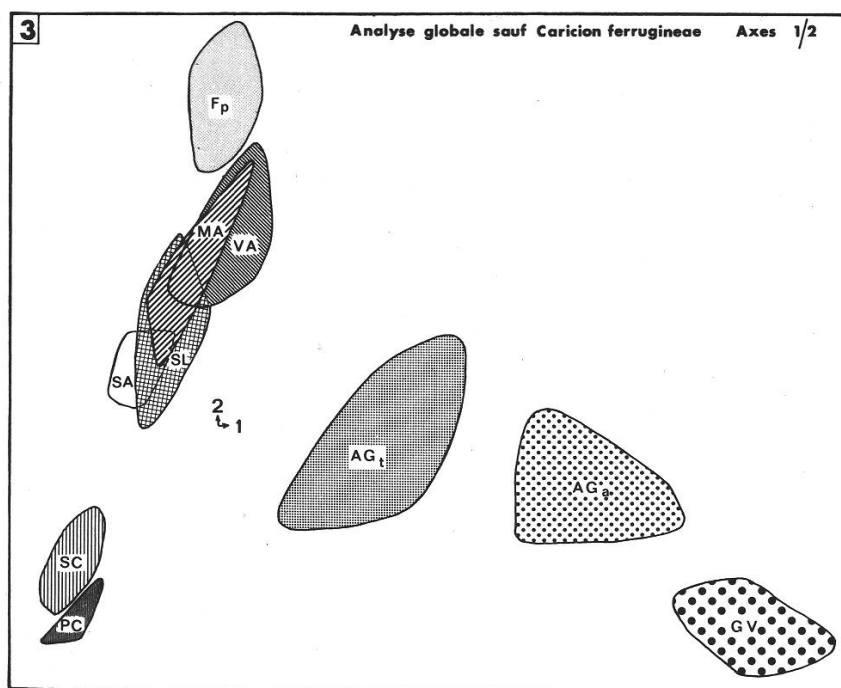


Diagramme 3:

Résultat de l'analyse après élimination des relevés du *Pulsatillo-Anemonetum* (*Caricion ferrugineae*).
On voit s'individualiser immédiatement les groupements de l'*Agrostio-Seslerion* (*Seslerio-Caricetum jurassicum* – SC – et *Plantagini-Caricetum* – PC).

Enfin, si on examine la position des espèces caractéristiques par rapport aux nuages correspondant aux relevés, on constate en général une bonne corrélation entre la situation des espèces et celle des groupes de relevés. (Pour les groupements du Jura, cette corrélation apparaît très clairement sur le diagramme no 7).

B) L'analyse globale moins le Caricion ferrugineae (diagrammes 3 et 4):

Dans cette analyse l'élimination du groupe de relevés jurassiens (P.A.) dont le degré d'individualisation est le plus élevé par rapport aux autres groupes du Jura entraîne l'individualisation de ceux (PC et SC) qui lui sont les plus proches. Ainsi apparaît un des intérêts majeurs de l'analyse factorielle des correspondances qui permet une ségrégation des groupes de relevés sur des bases objectives comme nous l'avions montré dès 1969.

Pour le diagramme 3, l'interprétation des axes demeure la même que pour le diagramme 1. Quant au diagramme 4, on peut considérer de gauche à droite l'axe 3 comme un axe d'altitude croissante.

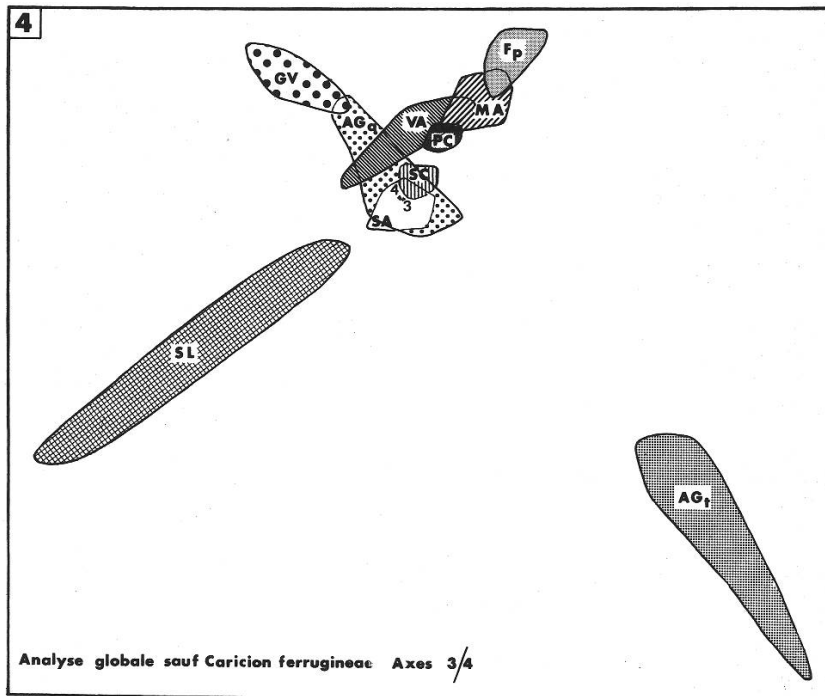


Diagramme 4:

Comme le diagramme 3, mais après projection dans le plan des axes factoriels 3 et 4, ce qui explique les différences d'emplacement et de forme des surfaces correspondant à chaque groupement. Remarquer que la délimitation définitive de ces surfaces ne peut être obtenue qu'après examen de l'ensemble des diagrammes bruts. L'utilisation de différentes combinaisons d'axes pour les projections permet de se faire une idée plus exacte de la forme réelle des nuages de points dans l'espace factoriel.

Comme dans les diagrammes précédents, les groupements du Jura et ceux de l'ensemble Vercors-Diois-Baronnies ont une disposition en croix qu'il est permis d'interpréter comme plus haut (cf. paragr. II, A).

On peut en outre s'interroger sur la raison pour laquelle les groupements de l'ensemble Vercors-Diois-Baronnies, qui sont tous des groupements de crêtes ne viennent pas recouper sur les diagrammes 1 et 3 les groupements correspondants du Jura. En d'autres termes, pourquoi la ligne directrice GV, AG_a, AG_t, ne traverse-t-elle pas le *Drabo-Seslerion* et plus spécialement le *Festucetum pumilae*?

En examinant les diagrammes 1, 2, 3 et 4, on se demande en effet si les groupements vicariants édaphiques ne subissent pas des déviations dues au climat général. Dans cette perspective, les groupements du Vercors présenteraient ainsi sur les crêtes rocheuses une végétation qui se rapprocherait plus du *Seslerion typicum* que ne le font les groupements identiques du Haut Jura. Cette interprétation est toutefois à nuancer en fonction de l'absence déjà évoquée pour le Vercors de relevés à rapporter au *Festucetum pumilae*, *Seslerio-Arctostaphyletum*, etc. . . .



Photo 2:

Seslerio-Caricetum jurassicum euphorbietosum. A l'arrière-plan le sommet du Reculet. (1720 m).



Photo 3:

Seslerio-Caricetum jurassicum prunelletosum dans la région du Mt. Tendre (1500 m).

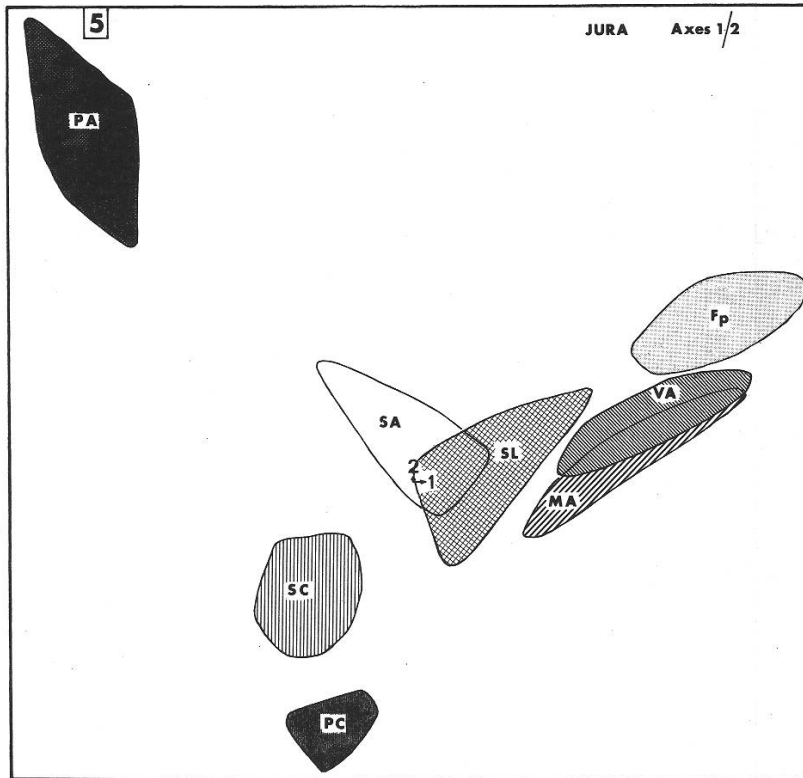


Diagramme 5:

Analyse portant sur l'ensemble des relevés du Jura.
 (ceux du Vercors méridional et des Baronnies ont été éliminés).
 On remarque l'individualisation du *Pulsatillo-Anemonetum*
 (*Caricion ferrugineae*).

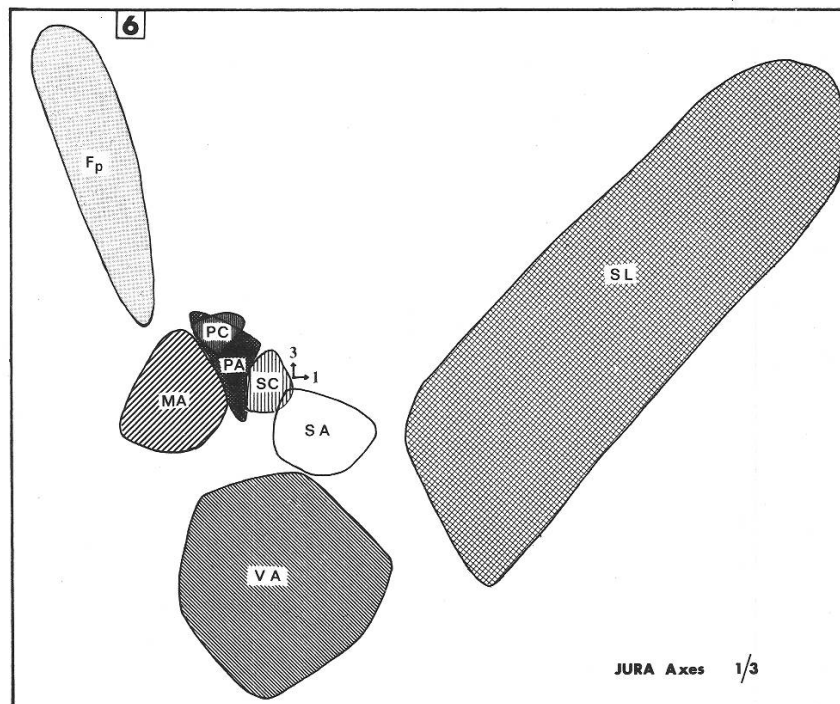


Diagramme 6:

Comme le diagramme 5, mais sur les axes 1 et 3. Comparer avec
 les figures 2 et 3 qui proposent une interprétation écologique de
 ce diagramme.

C) Les analyses partielles

1 – Les groupements du Jura

a) *Diagramme 5*: Le centre du *Seslerion* paraît ici strictement localisé à l'origine alors que le *Caricion ferrugineae*, d'une part, le *Drabo-Seslerion* et l'*Agrostio-Seslerion* d'autre part, sont écartelés dans 3 directions opposées. Il semble bien que l'axe 1 représente un groupe de facteurs écologiques se modifiant de la façon suivante:

Sols ± évolués résultant de l'altération de la roche sur place. Accumulation d'argiles résiduelles. Sols relativement épais, du type humique carbonate ± brunifié. Versants concaves. Longue durée d'enneigement. Sols ± décalcifiés, légèrement acides.	axe 1 →	Sols peu évolués, d'apport ou d'érosion. Proportion d'humus relativement plus élevée. Versants convexes, secs, ventés. Bonne insolation. Faible durée d'enneigement.
---	---------	---

Quant à l'axe 2, il paraît plus difficile à interpréter:

Végétation primaire, non pâturée,
± riche en espèces artico-alpines.

↑
axe 2

Végétation secondaire, faiblement
pâturée, présence d'un certain nombre
d'espèces mésophiles de l'étage
montagnard supérieur.

b) *Diagramme 6*: Ce qui frappe dans le diagramme 6 (axes 1/3), c'est avant tout l'agglutination de tous les groupements ayant les sols les plus différenciés (PC, PA, SC). Par contre, les groupements reposant sur des sols très jeunes ou très mobiles se cantonnent à la périphérie. (Fig. 2).

Parallèlement à cette différenciation centripète-centrifuge, correspondant au mode d'altération de la roche, une différenciation analogue s'observe du point de vue climat (chaud-sec chez Ma, Va, SL; frais-humide chez Pc, PA, SC).

D'autre part, il semble qu'à côté de cette apparente différenciation centripète-centrifuge, il existe en quelque sorte un effet rotatif. Semblent obéir à ce mouvement les facteurs suivants (voir schéma ci-dessus): (Fig. 3).

- I) Venté-abrité
- II) Rocheux-caillouteux
- III) Etages alpin-subalpin / subalpin-montagnard
- IV) Frais-humide / chaud-sec

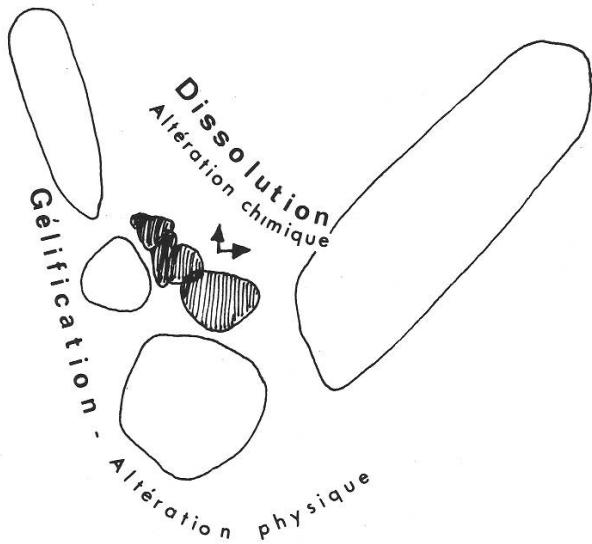


Fig. 2

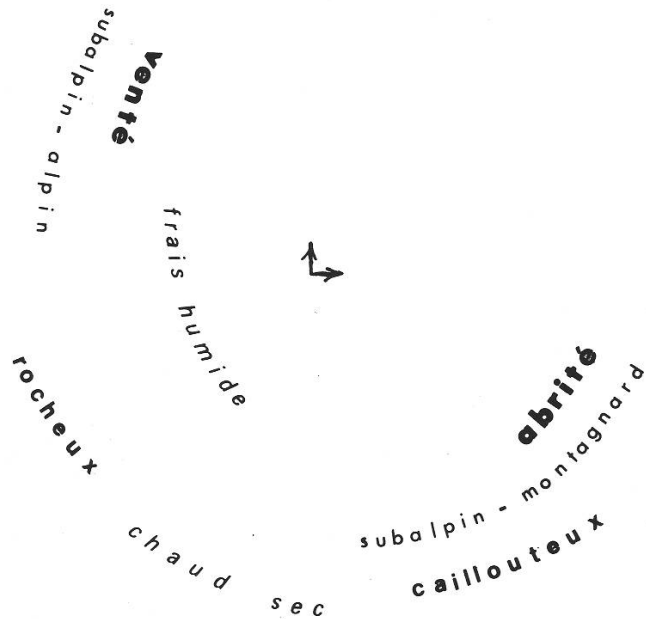


Fig. 3

2 – Le Seslerion du Jura

a) *Diagrammes B et 7*: Dans le diagramme brut (axes 1/2), la répartition des relevés du *Seslerion* fait nettement ressortir 3 branches qui correspondent à notre avis à autant de sous-alliances. La surimposition des espèces les plus importantes met en évidence les liens de parenté entre sous-alliances et associations.

Sur le diagramme 7, par exemple, les numéros 206 et 54 (*Gentiana verna* et *G. campestris*) font la liaison entre *Drabo-Seslerion* et *Agrostio-Seslerion*. Ces deux gentianes qui appartiennent à la combinaison caractéristique du M-A montrent une nette tendance vers le P-C.

Remarque. Si l'on compare les diagrammes 5 et 7, c'est-à-dire le diagramme comprenant le *Seslerion* + un élément du *Caricion ferrugineae* et le diagramme du *Seslerion* uniquement, on constate que: en supprimant l'élément le plus humide (*Caricion fer.*) c'est l'élément le plus humide du *Seslerion*, ici l'*Agrostio-Seslerion*, qui le remplace. Tout se passe comme si l'axe 1 correspondait véritablement à un gradient de xéricité avec une activité biologique décroissante. Nous assistons en quelque sorte à un étalement des groupements les plus humides à gauche et des plus secs à droite. Simultanément, le *Seslerio-Laserpitietum*

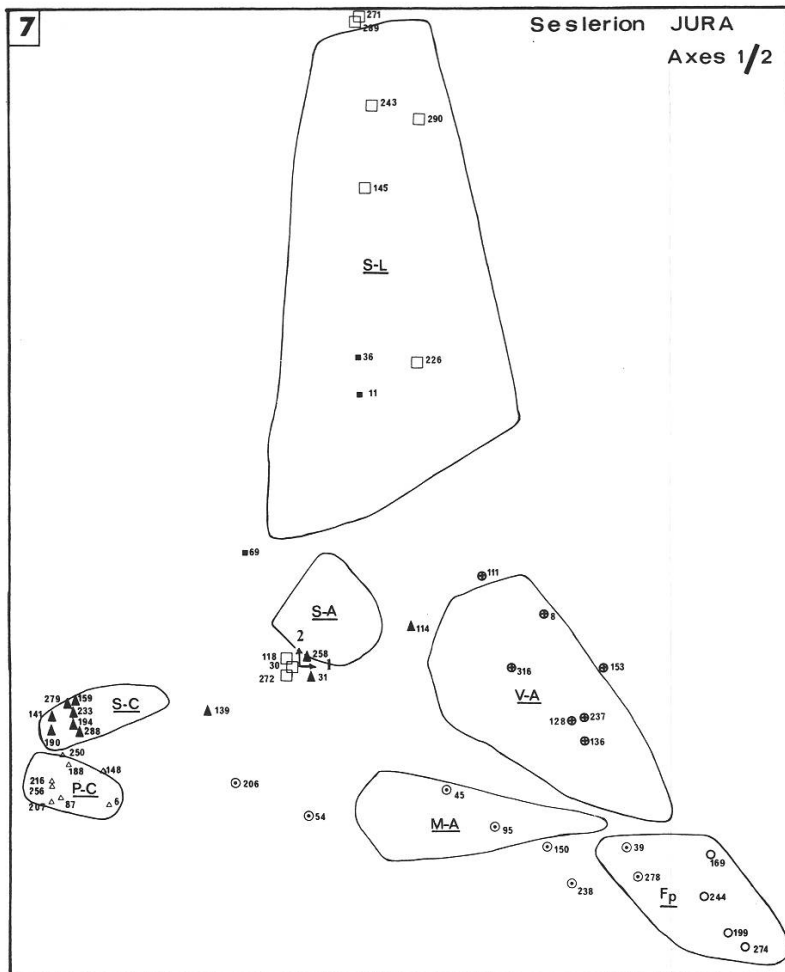


Diagramme 7:

Interprétation du diagramme B. On voit nettement que les 3 directions des nuages de points correspondent exactement aux 3 sous-alliances distinguées dans le *Seslerion*:

- verticalement: *Seslerion typicum*
- vers le bas à droite: *Drabo-Seslerion*
- vers le bas à gauche: *Agrostio-Seslerion*

s'individualise et se déplace selon l'axe 2. Ce dernier axe semble être lié à des facteurs tels que stabilité et porosité relative du sol. Il s'avère de plus que les espèces généralement liées à un substratum géologique de calcaire compact se situent dans la partie supérieure du tableau alors que les espèces liées au contraire à un substratum plutôt marneux ou marno-calcaire s'orientent plutôt vers le bas.

Enfin, si on analyse dans le détail la répartition des relevés constituant le *Seslerio-Laserpitietum*, on remarque qu'on peut en distinguer 3 groupes représentant respectivement de haut en bas les 3 sous-associations du *Seslerio-Laserpitietum*: *stipetosum*, *typicum* et *arctostaphyletosum*.

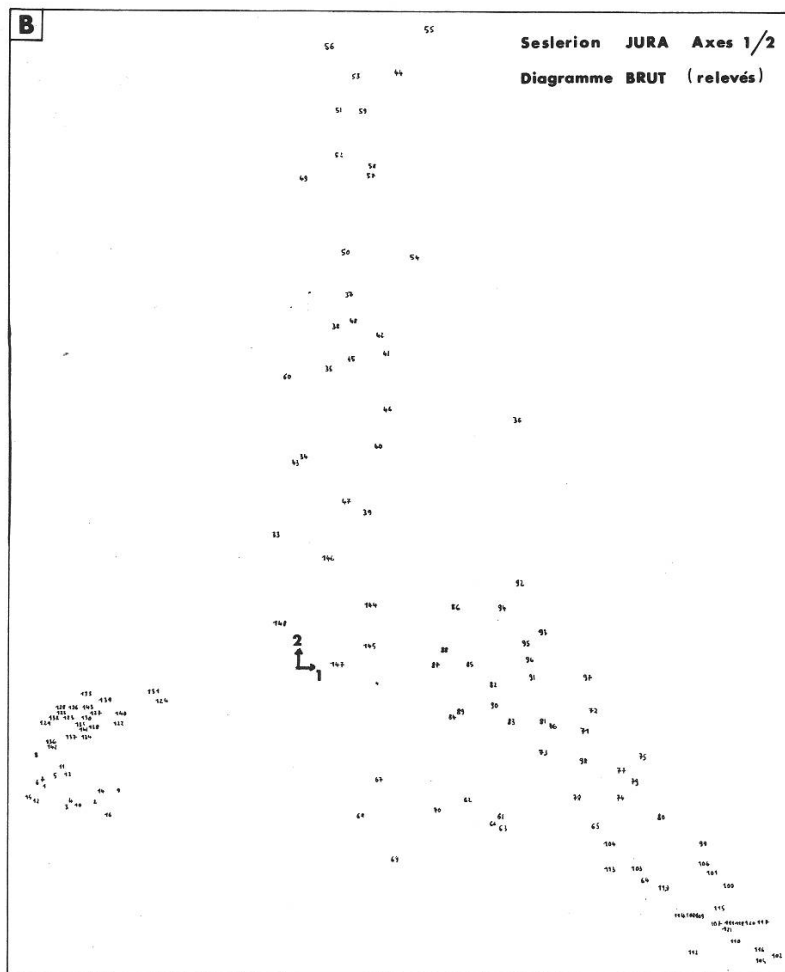


Diagramme B:

Comme le diagramme A, mais n'envisage que les relevés du *Seslerion* du Jura.

b) *Diagramme 8: Seslerion Jura axes 3/4.* Comme dans le diagramme 6, c'est sur l'axe 3 que s'échelonnent les groupements du *Drabo-Seslerion*. Tout se passe comme si la succession des groupements de gauche à droite correspondait à un gradient toujours plus frais et plus venté (effet culminant croissant, conditions d'existences plus extrêmes, action plus prononcée des agents d'altération sur la roche).

Quant aux groupements étroitement cantonnés sur l'axe 4, nous constatons que les associations reposant sur un substratum marno-calcaire se situent au-dessus de l'origine alors que les associations reposant sur un substratum de calcaire compact plus dur se situent au-dessous.

D'une manière générale, les groupements du diagramme 8 sont disposés en croix: la branche horizontale correspond à des lithosols alors que la branche verticale correspond à des sols plus évolués ou plus différenciés. Les groupements reposant sur des sols d'apport (surtout S.-L.) semblent être cantonnés sur la diagonale de la partie supérieure droite.

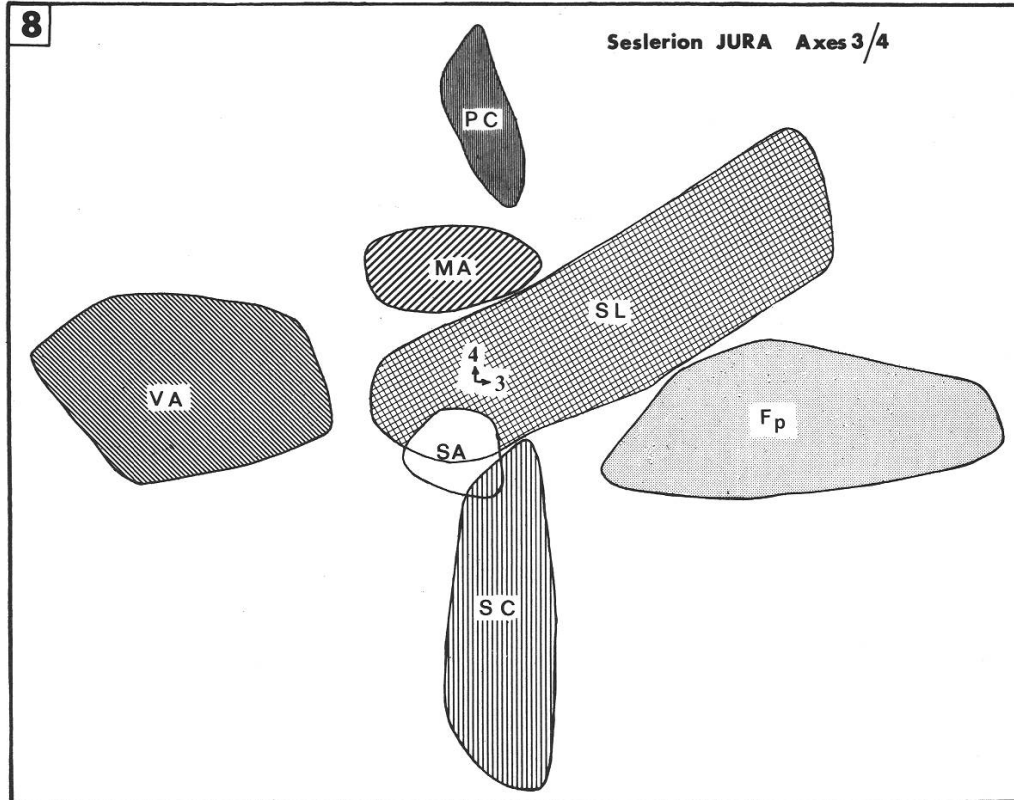


Diagramme 8:

Comme le diagramme 7, mais sur les axes 3 et 4.

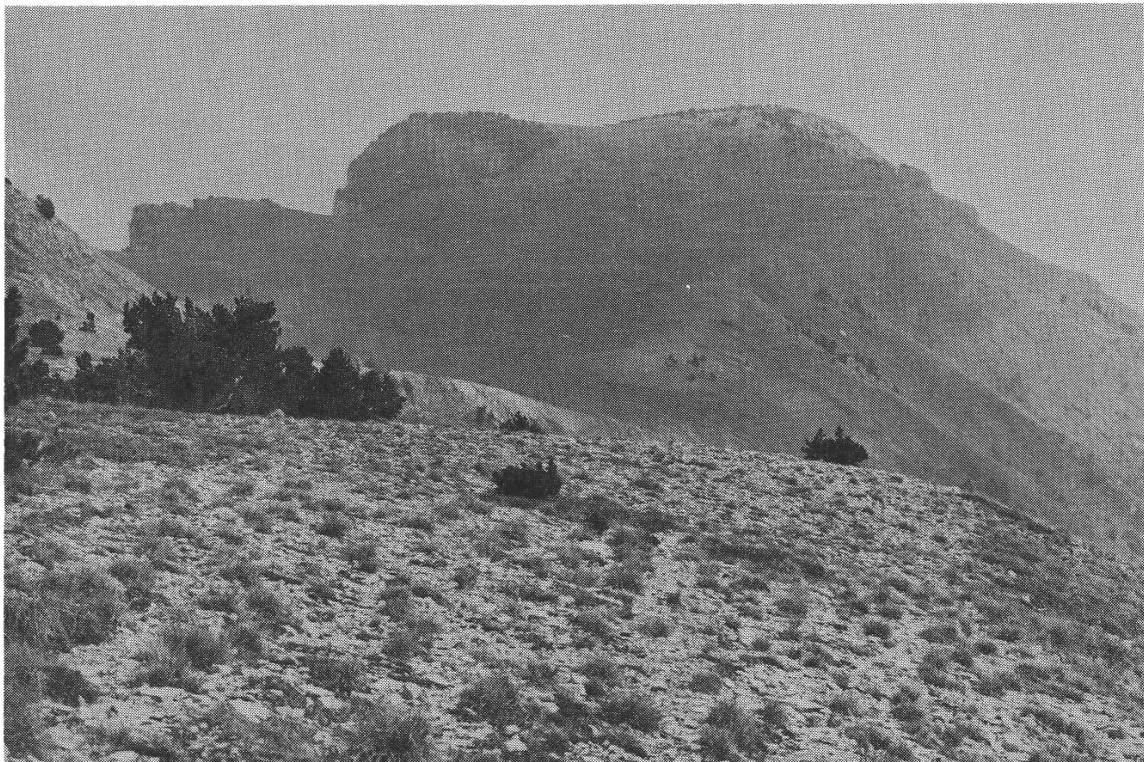


Photo 4:

Androsaco-Gentianetum anthyllidetosum (au premier plan). Vercors méridional.
Extrémité sud de la montagne de Glandasse (1911 m).

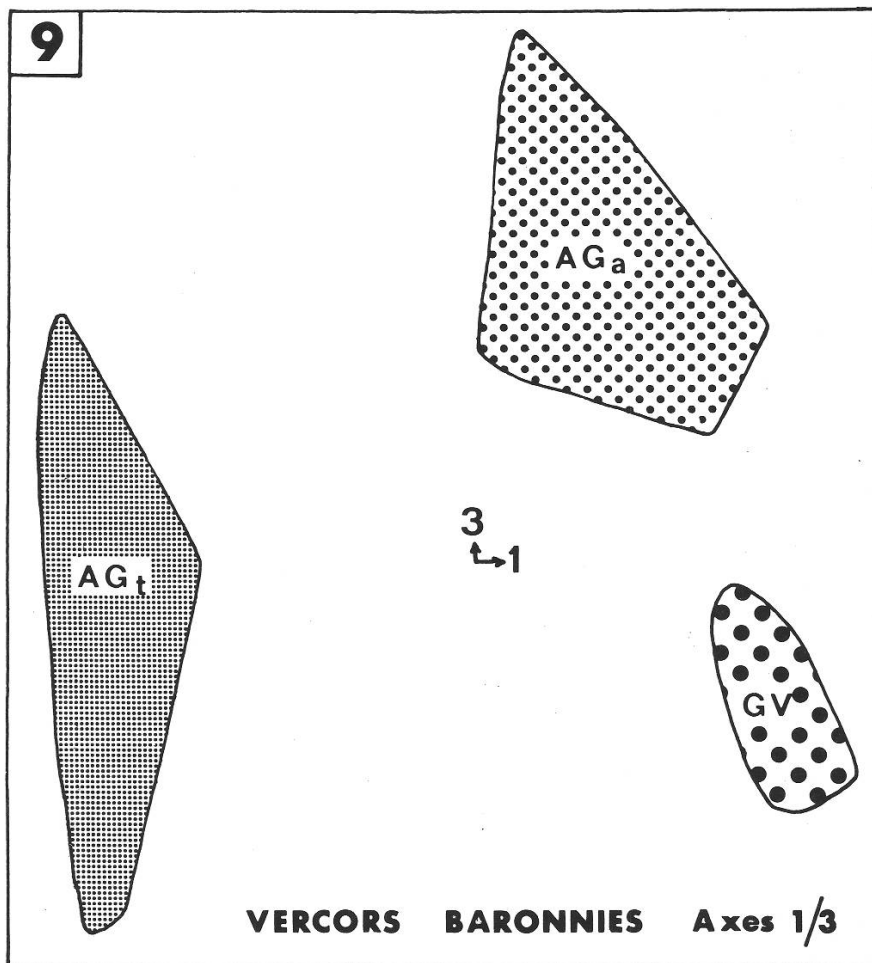


Diagramme 9:

Analyse portant uniquement sur les relevés du Vercors et des Baronnies. On constate que les groupements se distribuent de gauche à droite selon une altitude décroissante.

3 – L'ensemble Vercors-Baronnies. (Diagramme 9):

Dans cette analyse, la ségrégation des trois groupes de relevés selon l'axe 1 est semblable à celle observée pour les diagrammes 1 et 3 et cet axe peut être considéré, de gauche à droite, à la fois comme altitudinal décroissant et „méridional“ croissant; l'altitude et la latitude étant liées dans le cas présent.

Une question se pose à propos de la sous-association *anthyllidetosum* de l'*Androsaco-Gentianetum* (AG_a). Si on examine, en effet, la position de cette sous-association dans les diagrammes 2 et 4, on s'aperçoit qu'elle se rapproche beaucoup plus du *Genistetum villarsi* que de l'*Androsaco-Gentianetum*. Ne conviendrait-il donc pas de revenir sur notre position de 1970 et de considérer ce groupe de relevés comme une sous-association *androsacetosum* (à *Androsace villosa*) du *Genistetum villarsi*?

III) Conclusion

L'analyse factorielle des correspondances est désormais une méthode classique de traitement des données floristiques. Comme nous venons de le montrer, elle permet de se faire une idée plus exacte des relations qui existent entre des groupements végétaux assez différents.

Dans ce travail, se sont trouvés confirmés des résultats que nous avons obtenus précédemment (Ritter, 1969), en particulier: l'effet agglutinant des relevés très individualisés, la nécessité de procéder à des analyses partielles successives en éliminant d'une analyse à l'autre les groupes de relevés les plus individualisés, l'estimation du degré de fidélité des espèces aux groupements, la position réelle des relevés hybrides, les significations écologiques des axes, sans que ces mêmes paramètres aient été introduits dans les données, etc. . . .

Ainsi l'analyse factorielle permet non seulement de confirmer certaines données classiques (1), mais surtout elle ouvre la voie à une compréhension beaucoup plus synthétique des associations végétales, en objectivant de manière explicite les relations entre groupements végétaux, entre les espèces et ces mêmes groupements, enfin entre les espèces constituant ces groupements.

D'une manière plus générale, en ce qui concerne la relation des espèces aux groupements, l'analyse factorielle des correspondances permet de souligner la relativité, — mais aussi de préciser —, de la notion d'objet (ou d'individu, ici les individus d'association végétale représentés par les relevés) et de caractère (ici les espèces constitutives des groupements).

Il est clair en effet que si l'individu (= l'objet) est le support des caractères, les caractères sont l'expression de l'objet. Ainsi apparaît cette relation dialectique entre objet et caractère, qui est en fait une expression simultanée de la constance (aspect génotypique) et de la variation (aspect phénotypique) pour lesquelles l'analyse factorielle permet une représentation particulièrement adéquate.

En ce sens, se manifestent, au sein des groupements et entre ceux-ci, non pas des lois mais des corrélations répétables, ainsi que l'a bien montré, sur un plan plus général, J. ULLMO (2).

Dans ce travail, nous nous sommes limités à une interprétation plutôt écologique et phytosociologique, mais il faut bien se rendre compte que ce n'est qu'un aspect du problème et que l'interprétation, taxonomique, est tout aussi féconde. On voit en effet que l'analyse factorielle permet d'établir une certaine hiérarchie entre les caractères (ici les espèces). Les espèces près de l'origine (ou au centre des nuages de points correspondant aux groupes de relevés) sont les compagnes communes à plusieurs groupements. Ce sont souvent des espèces critiques (collectives) signalées ainsi par leur position à la perspicacité du taxonomiste.

(1) Si son intérêt se bornait à cet aspect, il conviendrait de penser — comme certains auteurs peu soucieux de méthodologie ne s'en sont pas privés — que les moyens mis en oeuvre sont disproportionnés avec le résultat obtenu. Il ne faut toutefois pas sous-estimer la portée méthodologique d'un tel résultat.

(2) J. ULLMO, *La Pensée Scientifique moderne*. Flammarion, Paris, 1969.

Les autres, plus périphériques, sont les espèces caractéristiques des groupements (cf. Diagrammes 1 et 7). En ce sens, les compagnes constituent une toile de fond qui estompe les différences entre les groupements et qu'il convient de mettre (provisoirement) entre parenthèses pour la définition des groupements.

On nous permettra enfin quelques remarques de portée plus générale. Depuis près d'un demi siècle que la phytosociologie s'est développée comme discipline autonome, les botanistes se sont efforcés de perfectionner les outils d'analyse de la végétation. Ainsi, du coefficient de communauté de Jaccard à l'analyse factorielle des correspondances se précise cette tendance qui vise à donner non seulement une sorte de caution mathématique aux résultats obtenus, mais aussi et surtout à approfondir la notion d'association végétale.

Il n'est pas aisé en particulier d'affranchir ce concept de toutes les propositions qui tendent à lui donner une représentation trop formelle. C'est à la fois la difficulté et la chance de l'association végétale que de ne pouvoir être réduite à aucune représentation „morphologique“. Ainsi évite-t-elle la tentation de fixer dans un type morphologique plus ou moins définitif les objets qu'elle décrit. Notons que cet obstacle n'a pas été un des moindres sur les chemins de la Taxonomie. En taxonomie, on peut toujours se „raccrocher“ (et aussi se fixer sur . . .) à une représentation morphologique. Le risque est toujours grand d'identifier la réalité étudiée avec la représentation qu'on en donne. Il n'est pas question bien entendu de prétendre pouvoir rendre compte d'une réalité sans en donner une représentation, mais nous voulons simplement dire qu'en phytosociologie on se place d'emblée à un niveau d'abstraction moins contingent qu'en taxonomie. D'où les services réciproques que peuvent se rendre les 2 disciplines.

Ainsi et quoi qu'on puisse en penser, le concept d'association végétale qui s'est révélé d'une grande fécondité, est loin d'être épuisé; en particulier l'échelle d'observation où s'exerce la phytosociologie sigmatiste, contrairement à une opinion répandue, n'est en rien un obstacle à des résultats de portée générale, mais permet au contraire de formuler ces résultats sans escamoter les nuances propres aux variations de la végétation.

C'est ainsi que l'étude de ces variations renvoie en quelque sorte d'une manière dialectique aux variations des taxons constitutifs des groupements végétaux. La nécessité de cette démarche méthodologique devrait être présente à l'esprit de tous ceux qui souhaitent aller au-delà des conceptions typologiques.

Numeros et liste des espèces représentées dans les diagrammes 1 et 7 (1)

- 5 . Androsace villosa L.
- 6 . Antennaria dioica (L.) Gaertner
- 8 . Anthyllis montana L.
- 11 . Arctostaphylos uva-ursi L.
- 12 . Arenaria ciliata L. = A. moehringioides 150
- 15 . Astragalus montanus L. = 244
- 16 . Astragalus vesicarius L.
- 18 . Avena montana Vill.
- 21 . Avena setacea Vill.
- 25 . Bupleurum petraeum L.
- 30 . Carex humilis
- 31 . Carex sempervivens Vill.
- 35 . Coronilla minima L.
- 36 . Cotoneaster integerrima Medikus
- 39 . Draba aizoides L.
- 41 . Elyna spicata Schrad
- 44 . =45+ Festuca glauca = f. ovina s.1. = *F. macrophylla* (St.Y.) Bid.
- 51 . Genista villarsi Clementi
- 53 . Gentiana angustifolia Vill.
- 54 . Gentiana verna L.
- 58 . Helianthemum italicum (L.) Pers. ssp. alpestre (Jacq.) Beger
- 61 . Helianthemum italicum (L.) Pers. ssp. eu-italicum Beger
- 63 . Hieracium humile Jacquin.
- 67 . Iberis saxatilis L.
- 69 . Juniperus communis L. ssp. nana Willd.
- 72 . Koeleria vallesiana (Sut.) Gaud.
- 83 . Minuartia verna L. = 238
- 87 . Orchis sambucina L.
- 94 . Plantago montana Lmck. = P. atrata 250
- 95 . Poa alpina L. = 253
- 105 . Scorzonera austriaca Willd.
- 111 . Sempervivum tectorum L.
- 112 . Senecio doronicum L.
- 114 . Sesleria coerulea (L.) Ard.
- 118 . Teucrium chamaedrys L.
- 127 . Veronica aphylla L.
- 128 . Veronica fruticulosa L.
- 132 . Valeriana salunca Allioni
- 136 . Agrostis alpina Scop. ssp. Schleicheri
- 139 . Alchimilla conjuncta Babingt.
- 141 . Allium montanum Schmidt = A. fallax = A. senescens
- 144 . Anemone narcissiflora L.
- 145 . Anthericum ramosum L.
- 148 . Arabis corymbiflora Vest.
- 149 . Arabis pauciflora = A. brassicaeformis Wallr.
- 150 . Arenaria moehringioides = A. ciliata 12
- 153 . Astragalus sempervirens Lmk.
- 159 . Bupleurum ranunculoïdes L.
- 169 . Carex rupestris Bellardi

(1) Le codage des espèces ayant été réalisé en 2 temps, l'ordre alphabétique a été repris (de A à Z) du no 136 à la fin.

En outre, certaines variantes de nomenclature ont entraîné l'attribution de deux numéros à un même taxon. Les équivalences ont été rétablies dans la liste ci-contre et lors du traitement mathématique.

184	<i>Crepis fontana</i> (L.) Dalla Torre
188	<i>Dianthus hyssopifolius</i> L. ssp. <i>monspessulanus</i> L.
190	<i>Digitalis grandiflora</i> = <i>D. ambigua</i> Murray
194	<i>Euphorbia verrucosa</i> (L.) Jacq.
199	<i>Festuca pumila</i> var. <i>pumila</i> Villars
206	<i>Gentiana campestris</i> L.
207	<i>Gentiana ciliata</i> L.
216	<i>Hieracium auricula</i> L.
226	<i>Laserpitium siler</i> L.
233	<i>Luzula campestris</i> L.
237	<i>Minuartia capillacea</i> = <i>M. liniflora</i> (Murray) Schinz et Th.
238	<i>Minuartia verna</i> (L.) Hiern.
243	<i>Orobanche laserpitii-Sileris</i> Reuter
244	<i>Oxytropis jacquini</i> = <i>Astragalus montanus</i> 15
250	<i>Plantago atrata</i> = <i>P. montana</i> Lmk.
253	<i>Poa brevifolia</i> Koch. = 95
256	<i>Potentilla aurea</i> L.
258	<i>Prunella vulgaris</i> L.
259	<i>Pulsatilla alpina</i> L.
271	<i>Saponaria ocymoïdes</i> L.
272	<i>Satureia acinos</i> L.
274	<i>Saxifraga oppositifolia</i> L. ssp. <i>eu oppositifolia</i> Engl.
278	<i>Sempervivum fauconetti</i> Reuter
279	<i>Serratula tinctoria</i> L. ssp. <i>macrocephala</i> Bertol.
288	<i>Stachys alpinus</i> L.
289	<i>Stypa calamagrostis</i>
290	<i>Thalictrum minus</i> L.
298	<i>Trollius europaeus</i> L.
316	<i>Sideritis hyssopifolia</i> ssp. <i>alpina</i> Villars L.

Résumé

Etude de groupements culminaux du Jura, du Vercors, du Diois et des Baronnies. Recherche, par la comparaison des groupements des régions étudiées, des principaux facteurs écologiques responsables de leur ressemblance et de leur individualité. Démonstration de l'intérêt de l'analyse factorielle des correspondances pour ce type de comparaison, et pour l'approfondissement de la notion d'association végétale.

Summary

Study of summital groups of the Jura, the Vercors, the Diois and the Baronnies. Research, by comparison of the groups in the regions studied, on principle ecological factors responsible for their resemblance and their individuality. Demonstration of the interest of factorial analysis for this kind of comparison, and for a deeper understanding of the notion of vegetal association.

Zusammenfassung

Die Autoren studieren die Urwiesen des Juras, des Vercors, des Diois und der Baronnies. Sie vergleichen die floristische Zusammensetzung entsprechender Pflanzengesellschaften dieser 4 Gebirge und versuchen, die entsprechenden Standortsfaktoren herauszufinden. Sie zeigen, dass die faktorielle Analyse nicht nur solche Vergleiche sehr erleichtert oder gar ermöglicht, sondern auch den Begriff „Pflanzengesellschaft“ näher bezeichnen hilft.

Bibliographie

- Allier C. et Ritter J. 1970 (paru 1971). *L'Androsaco-Gentianetum* du Vercors méridional et les groupements vicariants des Baronnies. Coll. Fl. et Vég. chaînes Alpine et Jurassienne. Ann. Litt. Univ. Besançon, Cahiers de Géographie, 1971, t. 21 p. 271–292.
- Béguin C. 1970 (paru 1972). Contribution à l'étude phytosociologique et écologique du Haut Jura. Matériaux pour le levé géobot. de la Suisse 54. H. Huber. Berne.
- Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensociologie 3^o éd. – Springer, Wien.
- Cordier B. 1965. Sur l'analyse factorielle des correspondances. Thèse – Rennes.
- Etter H. 1943. Pflanzensociologische und bodenkundliche Studien an Schweizerischen Laubwäldern. Ann. Inst. Féd. Rech. Forestière. 23, I.
- Godron M. 1966. Essai d'application de quelques éléments simples de la théorie de l'information à l'étude de la structure et de l'homogénéité de la végétation; Thèse Doct. Ing. Montpellier 67 p.
- Guinochet M. 1973. La Phytosociologie. Masson Paris.
- Lacoste A. 1972. La végétation de l'étage subalpin du bassin supérieur de la Tinée (Alpes maritimes). Thèse. Univ. Paris-Sud Centre d'Orsay.
- Moor M. 1952. Die *Fagion*-Gesellschaften im Schweizer Jura. Beitr. Geobot. Landesaufnahme der Schweiz, 31.
- Ozenda P. 1966. Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes du Sud.
- Picard J.F. 1970. Nouvelle contribution à la mise au point d'une méthode dynamique d'étude phyto-écologique du milieu forestier. INRA-CNRF-Thèse 3^o cycle – Nancy.
- Richard J.L. 1961. Les forêts acidophiles du Jura. Mat. pour le levé géobot. de la Suisse 38. H. Huber. Berne.
- Ritter J. 1969 (paru 1972). Les groupements végétaux des étages subalpin et alpin du Vercors méridional. Essai d'interprétation statistique. Vegetatio. Vol. 24-4-6, pp. 313–403.
- Roux G. et M. 1967. A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie. Rev. de stat. Appl. Vol. XV. no 2 pp. 59–72.

Claude Béguin
Institut de Botanique
2000 Neuchâtel 7 (Suisse)

Jean Ritter
Laboratoire de Taxonomie expérimentale et de Phytosociologie
25030 Besançon Cedex (France)

Maurice Roux
Laboratoire de Statistique, Université Paris V1
75005 Paris (France)