

STATISTIQUE ET ANALYSE DES DONNÉES

C. GARDOU

J. P. BRIANE

A. LEROY

**Exemple de l'utilisation de l'analyse des données en biologie forestière
appliquée : étude phytoécologique du Bouhsoussen (Maroc)**

Statistique et analyse des données, tome 2, n° 3 (1977), p. 63-74.

http://www.numdam.org/item?id=SAD_1977__2_3_63_0

© Association pour la statistique et ses utilisations, 1977, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Statistique et analyse des données » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/legal.php>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

**exemple de l'utilisation de l'analyse des
données en biologie forestière appliquée :
étude phytoecologique du bouhsoussen (MAROC)**

G A R D O U C.*, B R I A N E J.P. *, L E R O Y A.**

* Université de Paris Sud, Bât. 362, 91405 ORSAY (France)

** Maroc Développement, 2, rue de Tétouan, RABAT (Maroc).

RESUME.

L'utilisation de l'analyse factorielle des correspondances, appliquée à l'étude sylvo-pastorale d'une région du Moyen Atlas marocain, a permis, par une suite d'analyses globale sur l'ensemble de la végétation, puis d'analyses partielles sur les espèces annuelles et bisannuelles et sur les espèces vivaces, de mettre en évidence une série de combinaisons de groupements végétaux liés au pastoralisme.

I. INTRODUCTION

Cette étude a été réalisée au BOUHSOUSSEN, dans un cadre pluridisciplinaire, en vue de l'aménagement des terrains de parcours d'une région sylvo-pastorale du Moyen Atlas marocain. L'étude des groupements végétaux a pu être menée à bien grâce à l'assistance technique de Maroc-Développement et à l'Administration marocaine des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols que nous tenons à remercier ici.

Par la méthode phytosociologique, choisie pour l'inventaire de la végétation, nous avons effectué 135 relevés floristiques regroupant 235 espèces. La proportion d'espèces annuelles et bisannuelles y est très élevée : ainsi, à titre de comparaison, on en compte 57 % au Bouhsoussen alors que dans l'Hérault (France méridionale) cette proportion n'atteint généralement que 43%. Les différents relevés floristiques ont été répartis dans les diverses formations végétales repérées, au préalable, soit sur photographies aériennes récentes au 1/20.000 ème, soit de visu sur le terrain, de façon à effectuer un échantillonnage équivalent dans les différents biotopes. Enfin les relevés ont été exécutés au cours de trois périodes : avril-mai 1976 pour les numéros 01 à 58, novembre 1976 pour les numéros 59 à 84 et avril-mai 1977 pour les numéros 85 à 135.

Le traitement des relevés a été effectué par analyse factorielle des correspondances. Cependant l'importance numérique des espèces annuelles et bisannuelles par rapport aux vivaces, le fait que ces espèces disparaissent totalement des groupements en période estivale et ne sont donc plus utilisables par le pastoraliste, nous ont incités, en plus des analyses sur l'ensemble des espèces, à réaliser des analyses partielles sur chaque catégorie biologique d'espèces : annuelles-bisannuelles, puis vivaces.

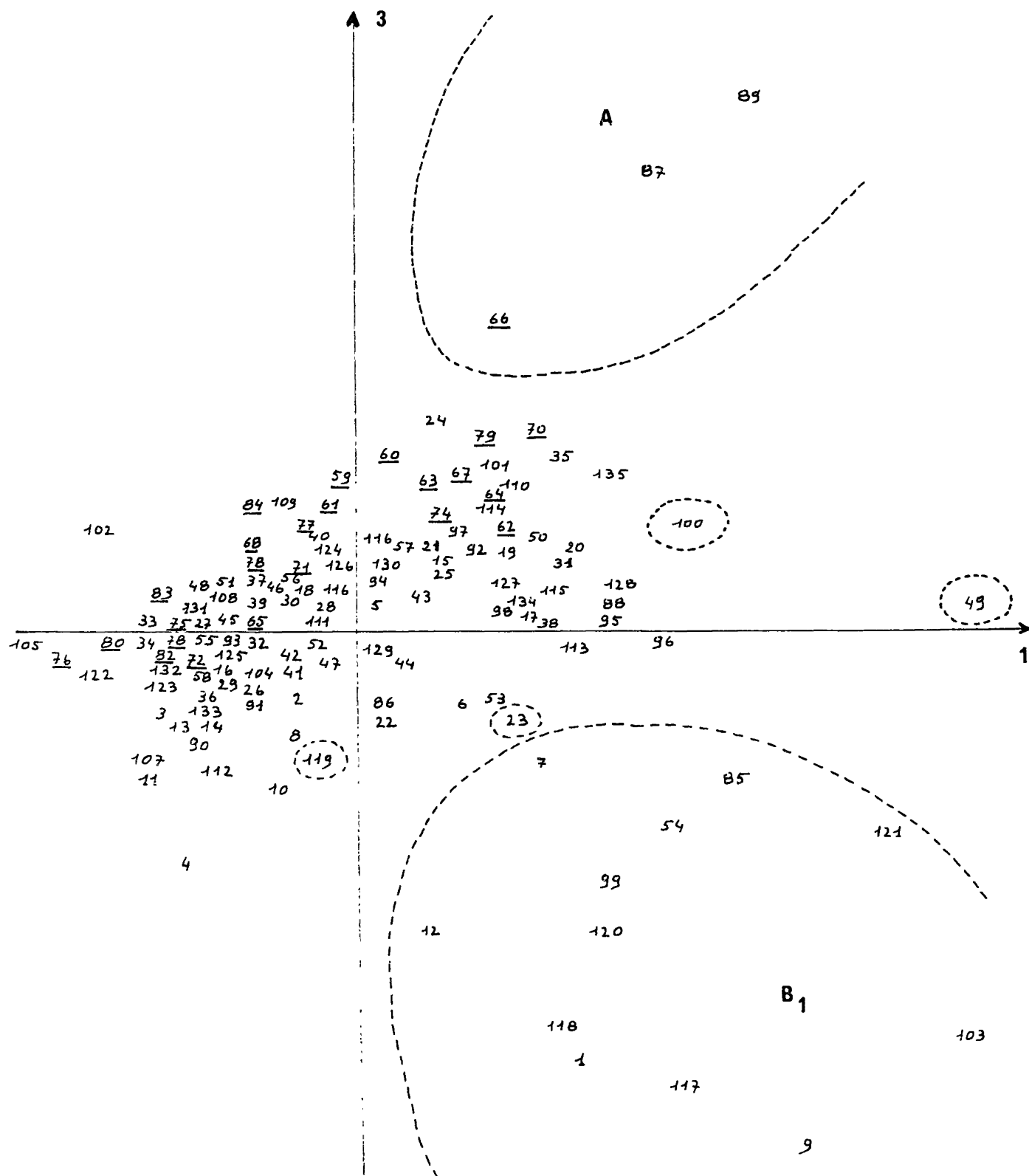


Fig. 1 - Analyse globale des 135 relevés : carte factorielle des relevés suivant les axes 1-3. Les numéros de relevés d'automne sont soulignés.

II. ANALYSE GLOBALE DES 135 RELEVÉS.

Sur la carte des relevés en fonction des 235 espèces suivant les axes 1-3 on constate que, dès la première analyse globale des 135 relevés, deux groupes s'isolent d'un nuage central (Fig. 1) :

- groupe A : relevés 66, 87 et 89.
- groupe B₁ : relevés 1, 7, 9, 12, 54, 85, 99, 103, 117, 118, 120 et 121.

L'examen des cartes des espèces en fonction des relevés (non reproduites ici) montrent que :

a) le groupe A : association à *Zizyphus lotus* (L.) Lmk. formant des touffes buissonnantes dans lesquelles s'adjoignent des espèces telles que *Ballota hirsuta* Benth., *Scrofularia sambucifolia* L., *Asparagus stipularis* Forsk. et *Mandragora autumnalis* Bertol.

b) le groupe B₁ correspond à des relevés qui comportent essentiellement des espèces annuelles et bisannuelles telles que *Capsella bursa-pastoris* (L.) Med., *Raphanus raphanistrum* L., *Chrysanthemum segetum* L. Ce groupe constitue des herbes et des jachères dans lesquelles la strate supérieure à 0,60 m. est soit absente (relevés 1, 9, 12, 54, 99, 117, 118, 120 et 121), soit possède un recouvrement extrêmement faible (relevés 7, 85 et 103).

III. ANALYSE PARTIELLE SUR L'ENSEMBLE DES ESPÈCES.

Une analyse partielle a été réalisée sur l'ensemble des relevés du nuage central repéré dès la première analyse représentée figure 1. Pour ce faire nous avons enlevé de cette analyse les relevés des groupes A et B₁ ainsi que les relevés intermédiaires 49, 100, 23 et 119.

Sur la carte des relevés suivant les axes 1-2 (Fig. 2) on remarque encore deux groupes de relevés marginaux :

- groupe C₁ : relevés 4, 11, 105, 107.
- groupe B₂ : relevés 88 et 96.

On peut remarquer aussi que le relevé 6 est placé en intermédiaire entre ces deux groupes et que le reste des relevés forme un nuage très étalé suivant l'axe 1.

L'examen de la carte des espèces en fonction des relevés (non représentée ici) montre que :

a) le groupe C₁ correspond à des relevés forestiers dans lesquels, soit la strate supérieure à 7 m., soit la strate comprise entre 2 et 7 m., possède un recouvrement élevé pour la région, c'est à dire supérieur à 51%. On y rencontre des espèces forestières telles que *Quercus ilex* L., *Quercus suber* L., *Daphne gnidium* L., *Smilax aspera* L., *Cephalanthera longifolia* (Huds.) Fritsch., *Geranium robertianum* L., ainsi que quelques espèces prairiales telles que *Anthoxanthum odoratum* L. ssp. *aristatum* (Boiss.) Trab., *Prunella vulgaris* L. Enfin une série d'espèces annuelles telles que *Cerastium glomeratum* Thuill., *Stellaria media* (L.) Vill., *Spergula arvensis* L., *Lamium amplexicaule* L., *Bromus sterilis* L., *Erodium moschatum* (L.) L'Her. montre que le sous-bois de ce groupement forestier est envahi par des espèces rudérales que l'on peut rattacher aux *Chenopodietea* Br.-Bl. (1952).

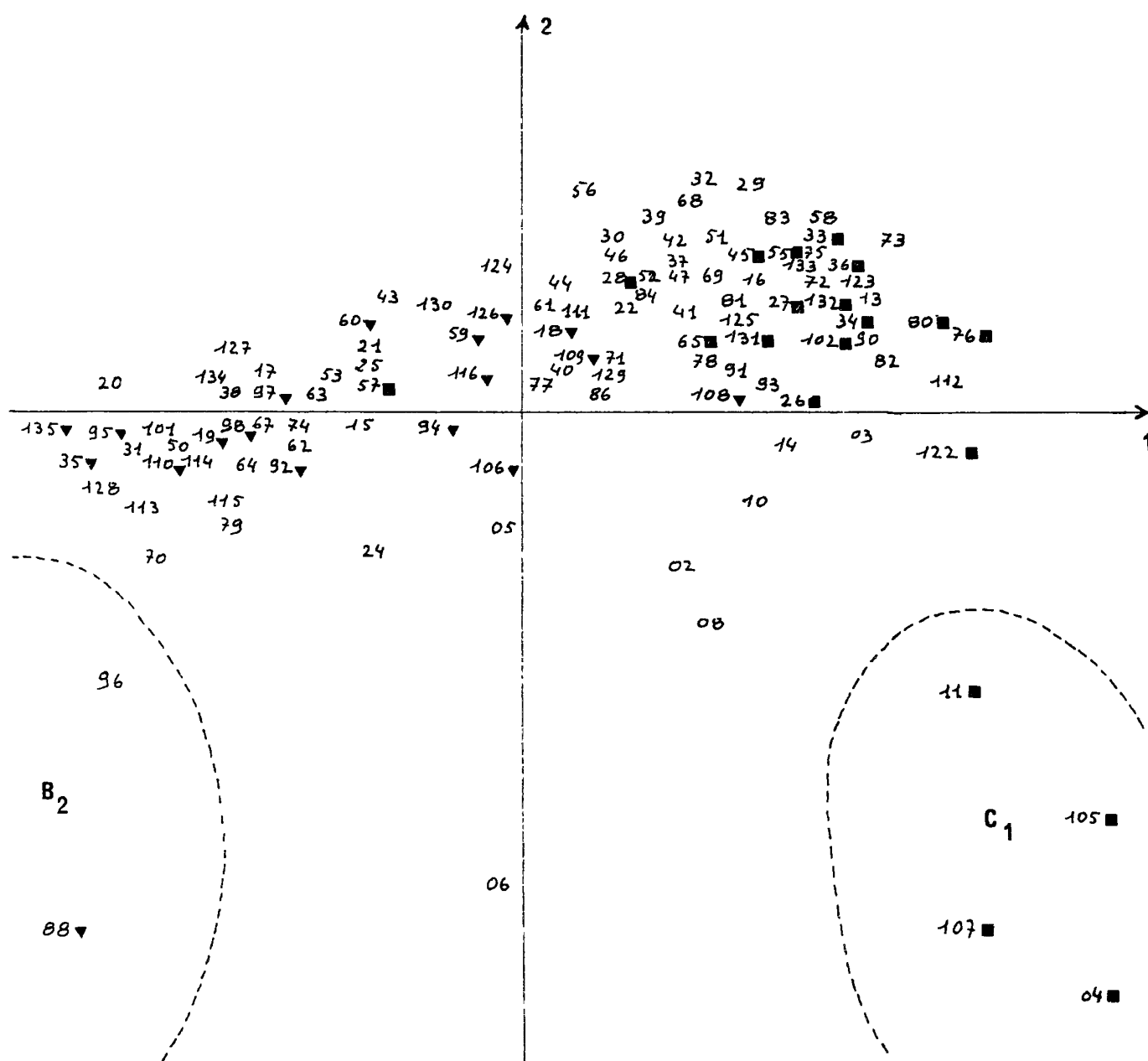


Fig. 2 - Analyse partielle sur l'ensemble des espèces après retrait des ermes-jachères et des relevés à *Zizyphus lotus* (L.) Lmk. : carte factorielle des relevés suivant les axes 1-2.

Les relevés qui comportent *Tetraclinis articulata* (Vahl.) Mast. sont repérés par un triangle situé à droite de leur nombre code, ceux qui comportent *Quercus suber* L. le sont par un carré.

b) le groupe B₂ est formé des deux relevés 88 et 96 qui, bien que réalisés dans des zones forestières, mais dont la strate arborescente est très clairsemée, comporte plusieurs espèces des ermes et jachères ce qui les place en position intermédiaire entre ces deux types de groupements.

c) le nuage central, étalé suivant l'axe 1, correspond à des relevés forestiers proprement dits. On y remarque que les relevés en position extrême sur l'axe 1 (Fig. 2) possèdent les espèces arborescentes *Tetraclinis articulata* (Vahl.) Mast. du côté négatif, *Quercus suber* L. du côté positif, sans que l'on puisse repérer de solution de continuité entre ces deux extrêmes.

IV. ANALYSE PARTIELLE SUR LES ESPECES ANNUELLES ET BISANNUELLES.

Cette analyse concerne l'ensemble des 135 relevés en tenant compte uniquement des espèces herbacées annuelles et bisannuelles.

1) Triage des relevés.

Sur la carte des relevés en fonction des espèces relatives aux axes factoriels 1-2 (Fig. 3) on constate que :

a) l'ensemble du nuage reste très groupé autour d'un noyau central D, à l'intérieur duquel il est difficile d'effectuer des coupures. On peut cependant y noter deux tendances D₁ et D₂ dont les extrêmes seraient représentés par les relevés 31-70 pour la tendance D₁ et 82-102 pour la tendance D₂.

b) deux nuages de moindre importance complètent cette carte des relevés :
 - l'ensemble B correspond aux relevés du groupe B₁ identifié dans l'analyse globale représentée figure 1, puis complété par le groupe B₂ identifié dans la première analyse partielle représentée figure 2. Cet ensemble de relevés représente les ermes, les jachères et les zones forestières dont la strate arborescente montre un recouvrement très faible (zones clairiérées).
 - l'ensemble C₁, déjà identifié lors de l'analyse partielle reproduite figure 2, représente, au contraire, les relevés du tapis herbacé effectués en zone forestière dense (le recouvrement de la strate arborescente y est supérieur à 51%).

Dans cette analyse comme dans l'analyse globale représentée figure 1, les relevés d'automne (n° 59 à 84 inclus) ne se différencient pas de façon notable du reste du nuage central D et sont répartis aussi bien vers la tendance D₁ que vers la tendance D₂. Il serait donc inexact de parler de deux associations différentes pour les deux époques de floraison. En effet, bien que séparées dans le temps par une longue période de sécheresse estivale, les groupements d'espèces annuelles d'automne et de printemps ne sont pas fondamentalement différents car il existe déjà les germinations des espèces vernalles dans les relevés d'automne, et, inversement quelques appareils végétatifs de plantes automnales dans les relevés printaniers.

2) Triage des espèces.

L'examen de la carte des espèces, non représentée ici, permet de constater que :

a) pour le groupe D, le centre du nuage est caractérisé par des espèces telles que *Briza maxima* L., *Ornithopus compressus* L., *Andryala integrifolia* L., *Tuberaria guttata* (L.) Fourr., *Logfia gallica* (L.) Coss. et Ger. (= *Filago gallica* L.), *Rumex bucephalophorus* L., *Tolpis barbata* (L.) Gaertn. Ces espèces permettent de rattacher le groupe D aux *Tuberarietea* (= *Helianthemetea*) *annua* Br.-Bl. et coll. (1952), groupement essentiellement composé d'espèces thérophytes silicicoles. Il s'y ajoute quelques espèces transgressives des *Thero Brachypodietea* Br.-Bl. (1947) telles que *Linum strictum* L., *Filago pyramidata* L. (= *F. germanica* Huds. ssp. *spathulata* Presl.), *Brachypodium distachyum* (L.) Roem. et Schult., indicatrices de groupements xériques très pâturés.

- la tendance D₁, association à *Cladanthus arabicus* (L.) Cass. et *Campanula dichotoma* L. est caractérisée par des espèces telles que *Ajuga reptans* (L.) Schreber, *Anthyllis tetraphylla* L., *Plantago gr. psyllium* L., *Stipa retorta* Cav., *Alyssum parviflorum* Bieb. ainsi que par une série d'espèces nord africaines, outre le *Cladanthus* et *Campanula dichotoma*, *Cleonia lusitanica* L., *Plantago ovata* Forskal, *Teucrium decipiens* Coss., *Eryngium ilicifolium* Lmk., *Cleome violacea* L.

- la tendance D₂, association à *Caucalis coerulescens* Boiss. et *Campanula lusitanica* L. est caractérisée par *Aira cupaniana* Guss., *Cynosurus echinatus* L., *Centaureum umbellatum* (Gilib.) Beck. ainsi que par quelques espèces nord africaines, outre *Caucalis* et *Campanula lusitanica*, *Coronilla repanda* (Poir.) Guss., *Fedia caput-bovis* Pomel.

b) dans le groupe B, association des jachères à *Chamaemelum mixtum* (L.) All. (= *Ormenis mixta* (L.) Dumort.) et *Linaria incarnata* (Vent.) Sprengel (= *Linaria bipartita* (Vent.) Willd.), on trouve des espèces telles que *Spergularia rubra* (L.) J. et C. Presl., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Med., *Lolium rigidum* Gaud., *Raphanus raphanistrum* L., *Calendula arvensis* L., *Spergula arvensis* L. et *Chrysanthemum segetum* L., ensemble de mauvaises herbes des cultures sarclées ou des jachères que l'on peut rapporter aux *Chenopodietea* Br.-Bl. (1952). Il s'y surajoute des espèces comme *Reseda alba* L., *Linaria incarnata* (Vent.) Sprengel et *Chamaemelum mixtum* (L.) All. plus spécialement méditerranéennes.

c) dans le groupe C₁, par contre, on trouve des espèces thérophytes comme *Linum usitatissimum* L., *Bromus sterilis* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Geranium robertianum* L. dont l'ensemble ne peut être considéré comme caractéristique d'un groupement phytosociologique déterminé, mais plutôt comme annexes au groupement forestier correspondant.

V. ANALYSE PARTIELLE SUR LES ESPECES VIVACES.

Afin de tenir compte des résultats obtenus lors des trois analyses précédentes (Fig. 1, 2, 3), nous avons enlevé de cette nouvelle analyse partielle les groupes de relevés déjà bien identifiés : les relevés à *Zizyphus lotus* (groupe A, numéros 49, 66, 87, 89 et 100), les relevés d'ermes et de jachères (groupe B, inclus B₁ et B₂).

Nous avons soumis les 113 relevés forestiers restant à une analyse factorielle, en tenant compte uniquement des espèces vivaces.

1) Triage des relevés.

L'examen de la position des 113 relevés suivant les trois premiers axes factoriels permet d'identifier trois grands groupes de relevés C, E et F. Un quatrième groupe G, ainsi que le montre la carte des relevés suivant les axes 1-3 (Fig. 4) se place en intermédiaire entre le groupe C et les groupes E et F.

Le groupe C comprend 57 relevés dont quatre ont déjà été identifiés dans les précédentes analyses (Fig. 2 et 3) comme faisant partie du groupe C₁. Les autres groupes comprennent 22 relevés pour E, 17 pour F et 17 pour G.

2) Triage des espèces.

L'examen de la carte des espèces, non représentée ici, permet de constater que l'ensemble des 113 relevés forestiers peut être rapporté aux *Quercetea ilicis* Br.-Bl. (1947). On y rencontre, en effet, des espèces telles que *Arbutus unedo* L., *Arisarum vulgare* Targ.-Tozz., *Asparagus acutifolius* L., *Juniperus oxycedrus* L., *Lonicera implexa* Aiton, *Olea europaea* L., *Phillyrea angustifolia* L., *Smilax aspera* L.

a) le groupe C, par des espèces telles que *Quercus ilex* L., *Quercus suber* L. et *Daphne gnidium* L. peut être rattaché aux *Quercetalia ilicis* Br.-Bl. (1936) em. Rivas-Martínez (1975) bien que l'on y rencontre aussi une série d'espèces typiques des *Cisto Lavanduletea* Br.-Bl. (1940) telles que *Cistus salvifolius* L., *Lavandula stoechas* L., *Cistus villosus* L. Suivant la proportion des espèces des *Cisto Lavanduletea* et des *Quercetalia* et le degré de coupe des espèces arborescentes, on peut avoir affaire à l'un ou l'autre de ces deux groupements, ou même à des mosaïques et des intermédiaires lorsque les limites entre ces deux groupements s'estompent.

On peut noter, cependant, à l'intérieur de ce groupe trois tendances :

- la tendance C₁ : association à *Quercus ilex* L., *Quercus suber* L., *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay et *Festuca coerulescens* Desf. Ce groupement a déjà été repéré dans les analyses précédentes (Fig. 2 et 3). On y note, outre les espèces déjà citées, *Crataegus oxyacantha* L. ssp. *maura* (L.) Maire, *Romulea bulbocodium* (L.) Seb. et Mauri, *Pulicaria odora* (L.) Reich. Il s'y ajoute quelques espèces forestières compagnes des *Fagetalia silvaticae* Pawl. (1928) telles que *Cephalanthera longifolia* (Huds.) Fritsch. et *Geranium robertianum* L. ainsi que quelques espèces prairiales telles que *Anthoxanthum odoratum* L. ssp. *aristatum* (Boiss.) Trab., *Prunella vulgaris* L., *Knautia arvensis* (L.) Coulter trouvant un abri frais dans le sous-bois ombré. Si l'on y ajoute les espèces annuelles, appartenant aux *Chenopodietea* Br.-Bl. (1952), déjà identifiées dans l'analyse partielle étudiée au paragraphe III.a., on constate que les "forêts" représentées par ce groupe de relevés, bien que possédant une strate arborescente importante, sont indiscutablement influencées par la proximité d'implantations humaines et le pastoralisme qui en découle.

- la tendance C₂ : association à *Lavandula stoechas* L. ssp. *pedunculata* (Miller) Samp. ex Roseira et *Halimium umbellatum* (L.) Spach. Ce groupement correspond aux stades de dégradation de la chênaie avec enrichissement en *Cistus salvifolius* L., *Cistus villosus* L., et *Lavandes*. Le chêne vert et

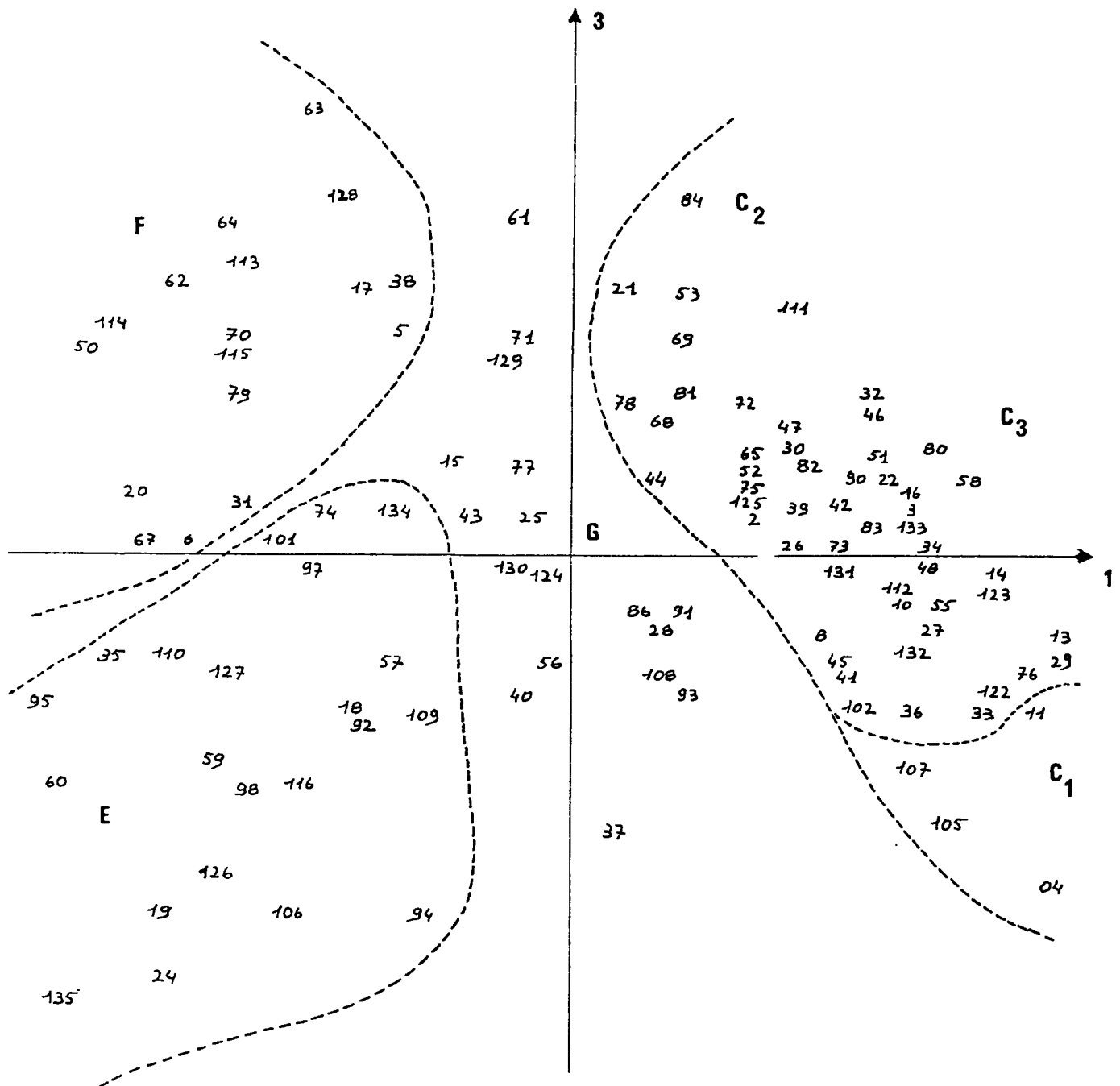


Fig. 4 - Analyse partielle sur les espèces vivaces : carte factorielle des relevés suivant les axes 1-3.

le chêne liège peuvent encore y être présents, soit à l'état d'individus isolés adultes, soit à l'état de taillis clairsemés.

- le centre du nuage C_3 : association à *Quercus ilex* L., *Eryngium tricuspdatum* L. et *Bunium mauritanicum* Batt. Il s'y ajoute toute une série d'espèces prairiales différentes de celles de la tendance C_1 : *Poa bulbosa* L., *Anthyllis vulneraria* L., *Sanguisorba minor* Scop., *Dactylis glomerata* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) Presl.

b) les groupes E, F et G, par des espèces telles que *Chamaerops humilis* L., *Ephedra fragilis* Desf., *Jasminum fruticans* L., *Osyris alba* L., *Pistacia lentiscus* L., *Prasium majus* L., *Rhamnus lycioides* L., peuvent être rapportés aux *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* Rivas-Martínez (1975).

- le groupe E : association à *Tetraclinis articulata* (Vahl.) Mast. et *Osyris alba* L. On y trouve aussi *Jasminum fruticans* L., *Rhamnus lycioides* L., *Bryonia cretica* L., et *Merendera filifolia* Camb.

- le groupe F : association à *Rhus pentaphylla* (Jack.) Desf. avec *Olea europaea* L. et *Lavandula multifida* L. Ce groupement est très éclairci, les vides y sont très importants et, en zone aride, il se réduit à la seule présence du *Rhus*, les autres espèces ayant disparu.

- le groupe G : association à *Pistacia lentiscus* L. et *Phillyrea angustifolia* L. Ce groupement fait la transition entre les groupes C et E-F. En effet, en plus des espèces typiques des *Pistacio-Rhamnetalia alaterni*, on y note la présence du *Quercus ilex*, mais aussi l'absence du *Tetraclinis articulata* et du *Rhus pentaphylla*.

VI. CONCLUSION.

Ainsi, par une série d'analyses factorielles des correspondances globales et partielles, nous avons mis en évidence plusieurs groupements végétaux :

- trois groupements d'espèces annuelles et bisannuelles (B , D_1 et D_2).
- cinq groupements forestiers (C_1 , C_3 , E, F et G).
- deux groupements buissonnants (A et C_2).

Cependant, en raison du morcellement de la végétation et du faible recouvrement de la strate arborescente, il existe des mosaïques des différents groupements identifiés. Il s'ensuit que la position des relevés n'est pas la même si l'on considère successivement les diverses analyses, globale puis partielles. Par exemple les relevés 133 et 108 appartiennent tous deux au groupement de pelouses thérophytes D_2 (Fig. 3), mais le relevé 133 appartient au groupe forestier C_3 à Chêne vert et le relevé 108 au groupe G à Olivier et Lentisques (Fig. 4).

Les mosaïques les plus fréquentes sont celles qui combinent l'un des groupements forestiers ou arbustifs C_2 , C_3 , E, F et G à l'un des groupements herbacés thérophytes D_1 , D_2 et leur intermédiaire D. Seuls les groupements A, B et C_1 restent individualisés quelque soit l'analyse effectuée et correspondent à des relevés qui ne sont donc pas en mosaïque : ils sont très peu nombreux.

Les plantes participant à la mosaïque formée par le groupement forestier et le groupement herbacé thérophyte sont parfois si intriquées qu'il s'avère difficile de dissocier les deux entités en deux relevés pris séparément en un même lieu, ainsi qu'il serait plus correct de le faire. Dans ce cas, le procédé d'analyses partielles sur les différents types biologiques des plantes participant aux relevés est extrêmement intéressant, surtout dans le cas de groupements surpâturés, caractérisés par une forte proportion d'espèces thérophytes.

Dans le cadre de l'étude réalisée au Bouhsoussen, les groupements identifiés par cette méthode, ainsi que leurs combinaisons, ont donné lieu à une étude écologique et à une évaluation de la production fourragère. L'ensemble de ces travaux a servi de base à l'établissement de deux cartes de la région : l'une phytoécologique, l'autre de la production pastorale.

BIBLIOGRAPHIE.

- BRAUN-BLANQUET J. - 1936 - La chênaie d'yeuse méditerranéenne (*Quercion ilicis*), *Mem. Soc. d'Etudes des Sc. Nat. de Nîmes*, 5, 3-147, SIGMA comm. n° 45.
- BRAUN-BLANQUET J. - 1940 - Classe des Cisto Lavanduletea (Landes siliceuses à Cistes et à Lavandes), *Prodr. Group. Veg.*, 7, Montpellier, 53 p.
- BRAUN-BLANQUET J. - 1947 - *Les groupements végétaux supérieurs de la France*, in : BRAUN-BLANQUET J., EMBERGER L., et MOLINIER R., *Instructions pour l'établissement de la carte des groupements végétaux*, C.N.R.S., Service de la Carte des Groupements Végétaux, Montpellier, 44 p.
- BRAUN-BLANQUET J., ROUSSINE N. et NEGRE R. - 1952 - *Les groupements végétaux de la France méditerranéenne*, C.N.R.S., Paris, 297 p.
- PAWLOVSKI B., SOKOLOWSKI M. et WALLISCH K. - 1928 - Die Pflanzenassoziationen des Tatra gebirges. VII. Die Pflanzenassoziationen und die Flora des Morskie Oko-Tales, *Bull. Acad. Pol. Sc. Lettr.*, Cl. Sc. Math.-Nat., Ser. B, 205-272.
- RIVAS-MARTINEZ S. - 1975 - Ensayo sintaxonomico sobre la Clase Quercetea *ilicis* Br.-Bl. 1947, *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, 31, 2, 205-259, Madrid.