

L'APPLICATION DES DONNÉES PHYTOSOCIOLOGIQUES À LA CARTOGRAPHIE DE LA VÉGÉTATION

Josep VIGO
Jordi CARRERAS
Empar CARRILLO
Albert FERRÉ
Xavier FONT
Josep M. NINOT
Ignasi SORIANO

"Grup de Geobotànica i Cartografia de la
Vegetació"
Departament de Biologia Vegetal
Facultat de Biologia
Universitat de Barcelona
Diagonal 645
08028 BARCELONA (Espagne)

RÉSUMÉ

Les travaux de cartographie de la végétation de la Catalogne entrepris par notre groupe nous ont amené, d'un côté, à réfléchir sur l'interprétation du paysage végétal, et de l'autre, à adopter les procédures les plus convenables pour la définition des unités cartographiques et leur représentation sur le document final. Dans ce travail nous présentons une synthèse de nos conceptions et de nos propositions concernant ce sujet.

Pour ce qui est de l'interprétation des systèmes de végétation, les figures 1 et 2 en donnent une explication résumée. Nous proposons les nouveaux termes *arrangement* et *combinaison*, et délimitons les significations de *complexe*, *géocomplexe* et *mosaïque*. La figure 3 relie ces systèmes de végétation aux unités cartographiques. Ces dernières sont réparties en trois catégories de représentation : *unités subsimples*, *complexides* et *mosaïques*.

Le relevé de la carte comporte, en essence : le rassemblement des données existantes concernant le territoire, l'interprétation des photographies aériennes et des orthophotocartes, le travail sur le terrain, l'adoption de la légende définitive et le dessin du document final. Toutes les données cartographiques sont ensuite digitalisées et gardées dans un SIG, ce qui permet de les manipuler aisément et d'en tirer un grand nombre d'applications.

Les résultats sont publiés sous forme de carte en couleur, avec la légende correspondante, trois petites cartes accessoires (carte-guide, relief, substrat), deux sections transversales de végétation et un mémoire explicatif.

La définition des unités est basée sur les données phytosociologiques. Mais nos cartes traduisent, en plus, la physionomie et l'écologie élémentaire des unités proposées, ainsi que les domaines potentiels.

ABSTRACT

Application of phytocoenological data to vegetation mapping

Our vegetation mapping work in Catalonia has led us, on the one hand, to consider the theoretical interpretation of landscape and, on the other hand, to establish the most suitable procedures to define cartographic units and to materialise them on the map. This paper synthesizes our approaches and proposals on this subject.

Concerning the interpretation of vegetation systems, figures 1 and 2 schematize the concepts put forward in the text. New terms - *arrangement* and *combination* - are proposed; and the meaning of others - *complex*, *geocomplex* and *mosaic* - is delimited. Figure 3 links these vegetation systems to the cartographic units, which are classified according to three representation levels: *subsimple units*, *complexids* and *mosaics*.

Drawing up the map mainly involves collecting earlier information about the area, interpreting aerial photographs, working in the field, establishing the legend and designing the end document. All the cartographic data are digitalised and kept in a GIS, which makes it easy to handle them for many different applications.

The end product is published as a colour map accompanied by a legend, three small accessory maps (guide map, relief, geological substrata), two vegetation transects and a long account.

The cartographic units are based on sigmatistic data, but our maps also offer information on their physiognomic and main ecological trends, and moreover include the potential domains.

INTRODUCTION

L'étude de la végétation de la Catalogne a commencé très tôt, grâce à l'intense activité du professeur O. de BOLÓS, disciple direct du père de la Phytosociologie, J. BRAUN-BLANQUET (cf. FONT *et al.* 1998). Vers la moitié du siècle, la connaissance du paysage végétal du territoire était déjà assez poussée pour aborder la cartographie en s'appuyant sur les interprétations de l'école de la SIGMA. Ce fut BOLÓS lui-même qui publia diverses cartes de la végétation potentielle du pays (cf. par exemple, BOLÓS 1954, 1958) et, un peu plus tard, furent publiés des documents représentant aussi la végétation actuelle de certaines contrées (cf. par exemple, BOLOS & VIGO dans BOLOS, 1962). Ce ne fut qu'en 1983 qu'apparut la première feuille de la série 1:50.000 de la végétation de la Catalogne (BOLOS & MASALLES, 1983), une tentative qui, malheureusement, n'a pas pu être continuée tout de suite.

Vers 1988, différents membres du Département de Biologie Végétale de l'Université de Barcelone, rassemblés depuis 1994 dans le groupe de Géobotanique et Cartographie de la Végétation, décidèrent de poser comme objectif, entre autres, la reprise de la dite série, en s'accordant à peu près aux principes appliqués auparavant. Le soutien du "Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca" du gouvernement de la Catalogne, de la Direction Générale de la Recherche du gouvernement central (DGICYT) et, plus récemment, l'aide plus résolue de l'"Institut d'Estudis Catalans" nous ont permis de poursuivre notre projet à un rythme régulier. Depuis cette date, on a relevé quinze feuilles concernant les Pyrénées, pas toutes complètes puisqu'elles n'intéressent que le territoire de la Catalogne autonome. Sept de ces feuilles (CARRERAS *et al.*, 1994 ; CARRERAS, MASALLES *et al.*, 1997 ; CARRERAS, CARRILLO *et al.*, 1997a ; CARRERAS, CARRILLO *et al.*, 1997b ; CARRERAS *et al.*, 1998 ; CARRILLO & NINOT, 1998) ont déjà été publiées, et les huit restantes sont soit sous presse soit en phase finale. Notre propos immédiat est de terminer, en peu d'années, le relevé des feuilles correspondantes aux Pyrénées (sept de plus) et de publier les cartes résultantes.

Les travaux de cartographie entrepris nous ont amenés à résoudre divers problèmes d'ordre pratique, en même temps qu'ils nous ont portés à réfléchir sur des

questions théoriques. Dans ce travail nous nous proposons d'exposer quelques-uns des schémas admis et des conventions adoptées. Nous nous bornerons d'abord aux aspects de la végétation actuelle, pour faire après quelques considérations sur les systèmes de végétations représentables, la méthode utilisée pour la carte de la végétation de la Catalogne à 1:50.000, la présentation des résultats et l'exploitation des données.

INTERPRÉTATION DES SYSTÈMES DE VÉGÉTATION

Nous partons des unités phytosociologiques (des associations ou sous-associations, rarement des faciès, ou parfois des unités syntaxonomiques de rang supérieur) reconnues sur le terrain. Leur expression cartographique est conditionnée par l'échelle de la carte ; dans notre cas, elle ne permet pas toujours d'y représenter directement les communautés, mais, surtout, des groupes de communautés.

Tenant compte des limitations imposées par l'échelle, il faut une théorie cohérente pour interpréter les unités à cartographier, et plus spécialement les groupes de communautés.

Les tableaux 1 et 2 montrent schématiquement les relations entre communautés et leur expression, acceptant la nomenclature scientifique déjà établie (tout en tâchant d'attribuer aux mots leur sens original) ou, s'il est nécessaire, en proposant de nouveaux termes.

Tableau 1 : Relations - et leur expression - entre des communautés liées entre elles du point de vue dynamique.
(*Relationships - and their expression - among dynamically linked communities*)

	Phénomène théorique (<i>theoretical phenomenon</i>)	expression concrète (<i>concrete expression</i>)
dans le temps	SUCCESSION (<i>Succession</i>)	SÉRIE (<i>Series</i>)
dans l'espace	ARRANGEMENT (<i>Arrangement</i>)	COMPLEXE (EU-COMPLEXE) (<i>Complex [eucomplex]</i>)

Les termes *succession*, *série* et *complexe* sont employés ici dans le sens qu'on leur donne, proprement, en écologie et géobotanique. Le terme *arrangement* est proposé (VIGO, 1998) pour désigner, de façon générale, la disposition des communautés dans l'espace ; et le terme *eucomplexe* (ou, tout simplement, *complexe*) pour nommer les groupes de communautés se partageant l'espace dans une aire écologiquement homogène, c'est à dire, correspondant à une même tesselle ; il est synonyme, donc, de complexe tessellaire.

Tableau 2 : Relations - et leur expression - entre des communautés végétales non liées entre elles du point de vue dynamique.
(*Relationships - and their expression - among plant communities not dynamically linked*)

Phénomène théorique (<i>theoretical phenomenon</i>)	expression concrète (<i>concrete expression</i>)
ARRANGEMENT (<i>Arrangement</i>)	COMPLEXE (GEOCOMPLEXE) (<i>Complex[geocomplex]</i>)
- ZONATION (<i>Zonation</i>)	- CATÈNE (<i>Catena</i>)
- COMBINAISON (<i>Combination</i>)	- MOSAÏQUE (<i>Mosaic</i>)

Le terme *zonation* ne pose pas des problèmes d'interprétation. Une *catène* est, en accord avec son étymologie (du latin "catena", chaîne) et sa signification originare, - ce que l'on oublie trop souvent -, l'expression concrète de la zonation. *Géocomplexe* est pris dans son sens strict, pour se référer à des groupes de communautés appartenant à différentes séries de succession, c'est-à-dire, comme synonyme de complexe pluritessellaire. *Combinaison* est appliquée à la disposition non enchaînée des communautés végétales, c'est-à-dire, dans un espace non affecté par un gradient écologique dominant. Le concept de *mosaïque* est restreint à l'expression concrète d'une combinaison telle qu'elle a été définie ci-dessus.

SYSTÈMES DE VÉGÉTATION REPRÉSENTABLES ET UNITÉS CARTOGRAPHIQUES

Le tableau 3, première colonne, annonce et commente les systèmes de végétation pouvant être représentés dans des cartes à échelle 1:25.000-1:50.000. Notez que les catènes - communautés enchaînées le long d'un gradient - ne sont pas susceptibles (sauf dans des cas exceptionnels) d'être représentées. Ou bien elles occupent des surfaces assez restreintes et restent intégrées, donc, dans quelques-unes des autres unités, ou bien il s'agit de catènes complexes à large déploiement - telles que les catènes altitudinales - et alors leur composants peuvent être représentés séparément.

Tableau 3 : Systèmes de végétation représentables dans une carte à échelle moyenne et unités cartographiques utilisées.
(*Vegetation systems liable to be drawn on a mid-scale map and cartographic units established*)

SYSTÈMES DE VÉGÉTATION À REPRÉSENTER	UNITÉS CARTOGRAPHIQUES
COMMUNAUTÉS (<i>Plant communities</i>) Dans notre cas, associations ou d'autres unités syntaxonomiques.	UNITÉS SUBSIMPLES ou unités presque simples (<i>N. s. units</i> or near simple units) Une unité largement dominante, mais pouvant comprendre aussi des taches d'autres groupements, trop petites pour être dessinées séparément. Elles sont identifiées, dans la légende, par la communauté dominante.
Groupes de communautés	
COMPLEXES s. str. ou eucomplexes (<i>Complexes</i> or eucomplexes) Communautés coïncidant sur une aire écologiquement uniforme (tesselle).	COMPLEXIDES (<i>Complexids</i>) Intégrées par différentes communautés d'un même complexe, mais comprenant presque toujours quelques petites surfaces, non représentables, occupées par des communautés d'autres complexes. Elles sont définies, à la fois, par les groupements intégrants et par la communauté la plus étendue.
MOSAÏQUES (<i>Mosaics</i>) Communautés installées sur un espace hétérogène par son écologie.	MOSAÏQUES (<i>Mosaics</i>) Constituées par un petit nombre de communautés appartenant à des différents complexes, et correspondant, donc, à un espace peu hétérogène. Leur identification est faite par l'ensemble des communautés, et souvent aussi par les caractéristiques écologiques les plus importantes de l'endroit. HIPERMOSAÏQUES (<i>Hypermosaics</i>) Constitués par des nombreuses communautés (et différents complexes), et correspondant, donc, à un espace très hétérogène. Leur identification est pareille à celle des mosaïques.

Pour ce qui est de la représentation des systèmes de végétation, et puisque les unités territoriales délimitées dans la carte sont peu souvent parfaitement uniformes, nous proposons les types d'unités cartographiques dénommées et définies dans le tableau 3, seconde colonne.

Les unités subsimples et les complexides correspondent respectivement aux concepts théoriques de communauté et complexe, mais on leur applique une

dénomination différente à cause de leur homogénéité imparfaite. Par contre, les mosaïques, hétérogènes par définition, conservent le nom du système de végétation correspondant. La distinction entre mosaïques et hypermosaïques est d'ordre purement pratique.

Il faut dire que, en plus des communautés végétales existantes, nos cartes traduisent la physionomie de la végétation, l'écologie élémentaire des unités cartographiées et les domaines potentiels.

MÉTHODOLOGIE UTILISÉE POUR LA CARTE DE VÉGÉTATION DE LA CATALOGNE À 1:50.000

Le relevé des cartes

Pour le relevé des cartes, nous partons de l'interprétation des photographies aériennes, à une échelle variable entre 1:22.000 et 1:30.000 (blanc et noir, et - autant que possible - infrarouge couleur), et des orthophotocartes en couleur (1:25.000). Cette tâche suppose, bien sûr, l'examen préalable des caractéristiques physiques et géologiques du territoire, et encore une notion suffisante des unités de végétation pouvant y exister, bien que ces connaissances pourront, et devront, être complétées pendant les études sur le terrain. On prend en considération tout type d'information sur la zone, y compris les cartes forestières, celles des usages du sol, ... et tous autres documents graphiques à la portée.

Le travail sur le terrain amène à la reconnaissance et l'interprétation du tapis végétal et à l'établissement d'une légende provisoire. Après réflexion et, le cas échéant, des approches successives, on arrive à une représentation satisfaisante de la végétation du territoire, résultant, souvent, d'un équilibre entre l'effort à dépenser et les limitations graphiques imposées par l'échelle. L'adoption de la légende définitive, rédigée au moyen d'une formule aussi brève et expressive que possible, complète cette seconde phase méthodologique.

Les données brutes sont transférées au document définitif, une orthophotocarte en couleur (1:25.000) à laquelle on a ajouté le fond topographique correspondant, plus ou moins simplifié, permettant l'ajustement des polygones à la topographie, et une sélection des indications toponymiques. La carte de végétation ainsi dessinée est ensuite digitalisée et gardée, sous forme de polygones, chacun caractérisé par trois paramètres (végétation actuelle, végétation potentielle et unité physionomique) dans un SIG (Système d'Information Géographique) au moyen du programme Arc-Info et à l'aide du hardware (Workstation SUN Sparcstation IPC) et du software existants à l'Université de Barcelone. Cette couche de végétation est, évidemment, superposable au fond topographique de l'orthophotocarte, comprenant treize couches différentes. À son tour, elle peut être décomposée en trois couches élémentaires (avec un seul paramètre chacune) ou bien, si l'on veut, en faire dériver de façon automatique d'autres cartes plus simples, en rassemblant ou en triant n'importe quelles unités ou groupes d'unités selon certaines conditions. Pour obtenir une nouvelle carte, il ne faut que rédiger une nouvelle légende à partir de celles initiales. C'est ce qu'on a fait, par exemple, pour l'étude de l'habitat de l'ours brun dans les Pyrénées catalanes (FERRE *et al.*, sous presse).

La présentation des résultats

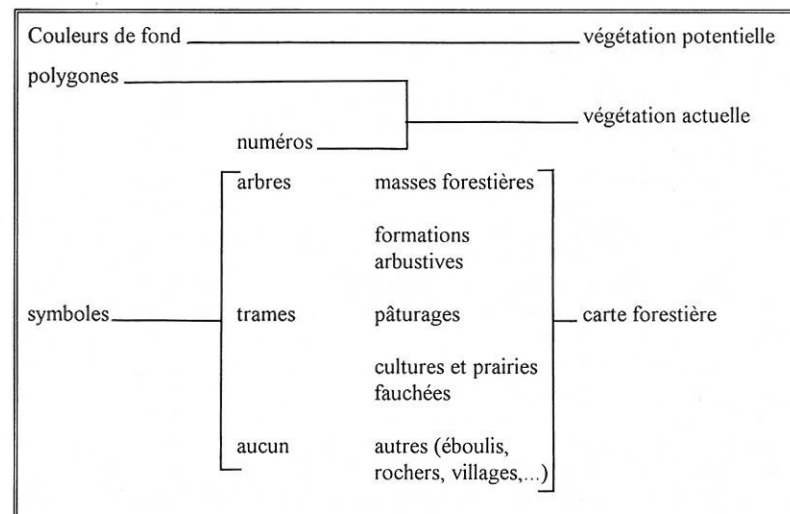
La carte, éditée à 1:50.000, comprend (cf : la table 4) :

- les unités de végétation potentielle, exprimées par les couleurs de fond ;

- les unités de végétation actuelle (u. subsimples, complexides, mosaïques), présentées comme des polygones bien délimités pourvus chacun d'un code numérique d'identification ;
- et la physionomie de la végétation (symboles pour les forêts et trames pour les unités non forestières).

Tableau 4 : Conventions graphiques utilisées et éléments figurant dans la carte de végétation.

(Graphic conventions used and items appearing on the vegetation maps)



La légende de la carte est hiérarchisée en s'appuyant sur la physionomie des unités cartographiques (forêts, pâturages, cultures, etc.) et - puisque l'aire concernée est une région montagneuse - leur distribution en altitude (étages de végétation). En faisant ainsi, on apporte de l'information attribuable à toutes les unités rassemblées sous un même titre.

Chaque unité concrète de végétation est définie essentiellement par les unités phytosociologiques qui l'intègrent ; mais, dans la légende, on énonce d'abord ses caractères physionomiques et/ou écologiques, compréhensibles même pour les lecteurs non familiarisés avec la nomenclature sigmatiste, et ensuite les noms des syntaxa.

Les unités subsimples sont assignées à la communauté, unique ou largement dominante, qui les constitue. Pour expliquer le complexide on fait appel à la communauté dominante, en y ajoutant souvent quelques autres des communautés les plus étendues. Pour les mosaïques, on utilise une formule indiquant la combinaison d'ambiances écologiques et d'unités qu'ils comprennent.

Dans le but d'éclairer nos commentaires sur la légende, voici quelques exemples tirés de la feuille 254(35-11), Gósol.

A. Végétation forestière

A.c. Forêts acidophiles montagnardes et submontagnardes

15. Complexide des forêts de pin sylvestre acidophiles et xérophiles : *Veronico-Pinetum sylvestris*

A.d. Forêts de conifères subalpines

21. Forêt de pin à crochets calcicole et mésophile : *Pulsatillo-Pinetum uncinatae*

C. Pâturages

C.c. Pâturages alpins

50. Complexide des pâturages acidophiles : *Nardion* (nardaies) + *Hieracio pumili-Festucetum supinae*

D. Végétation culturelle et anthropique

59. Mosaïque de cultures non arrosées (*Secalietalia*, *Chenopodietalia*) et prés (*Brometalia*, *Arrhenatherion*)

E. Végétation des zones rocheuses et des éboulis

69. Hypermosaïque des adrets subalpins, rocheux et calcaires : *Hieracio-Potentilletum alchemilloides* (communautés rupicoles) + *Teucrio-Brometum*, *Ononidion striatae* (pelouses sèches, fragmentaires) + *Juniperion nanae* (végétation arbustive), etc.

En plus de la carte principale et de sa légende, le document graphique contient aussi trois petites cartes accessoires se rapportant aux éléments basiques du fond (montagnes, rivières, villages, voies de communication, ...), au relief (hypsométrie) et au substrat géologique. On y ajoute encore deux sections transversales réelles illustrant la disposition des unités reconnues.

La carte est accompagnée d'un mémoire explicatif offrant des renseignements généraux (physiographie, climat, zones de végétation, ...) sur le territoire étudié, une description des unités cartographiques (avec la quantification du nombre de polygones et de la surface qu'ils occupent), un schéma syntaxonomique et la bibliographie.

EXPLOITATION DES DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

À la valeur, l'utilité et les applications reconnues de tout temps aux cartes de végétation (KÜCHLER & ZONNEWELD, 1988), surtout à celles rédigées en s'appuyant sur la composition floristique, il faut y ajouter les avantages dérivés de leur intégration dans un SIG et, donc, la possibilité d'être manipulées au moyen de l'informatique.

La structure, expliquée ci-dessus, sous laquelle sont gardées nos feuilles 1:50.000 permet qu'il soit simple, par exemple, de :

- réunir des diverses feuilles et leurs légendes ;
- générer des cartes inédites de territoires concrets ;

- calculer pour chaque unité de végétation (actuelle, potentielle ou phytosociologique) la valeur des surfaces projetées ;
- calculer la valeur des surfaces réelles en croisant la couche de végétation avec un modèle digital d'élévations (MDE) sous format vectoriel ;
- dériver, de la couche principale, des couvertures raster de n'importe quelles dimensions de pixel ;
- connaître la distribution en altitude et la fréquence des unités cartographiques en superposant la couche de végétation à un MDE sous format raster ;
- caractériser les unités de végétation par rapport aux paramètres topographiques (altitude, exposition, pente) ;
- estimer, pour chaque domaine potentiel, le degré d'altération du tapis végétal en évaluant l'écart entre végétation actuelle et végétation potentielle ;
- connaître, sous les aspects quantitatif et qualitatif, les contacts d'une unité avec les autres ;
- connaître la structure du paysage végétal et calculer les indices utilisés couramment dans l'étude écologique du paysage (fragmentation, association...);
- effectuer l'étude diachronique de la végétation.

BIBLIOGRAPHIE

- BOLÒS, O. de, 1954. - Essais sur la distribution géographique des climats dans la Catalogne (avec 1 carte). *Vegetatio*, V-VI : 45-49.
- BOLÒS, O. de, 1958. - Vegetació. In : SOLÈ SABARÍS et al., *Geografia de Catalunya*, I. Aedos. Barcelone.
- BOLÒS, O. de & MASALLES, R.M., 1983. - *Full nüm 33 (Banyoles) del mapa de la vegetació de Catalunya*, escala 1:50.000. Generalitat de Catalunya.
- BOLÒS, O. de & VIGO, J., 1962. - Mapa de la vegetación de las cercanías de Barcelona, escala 1:100.000. In : O. de BOLÒS, *El paisaje vegetal barcelonés*. Universidad de Barcelona.
- CARRERAS, J., CARRILLO, E., FONT, X., MASALLES, R.M., SORIANO, I., VILAR, L., VIGO, J., 1998. - *Mapa de vegetació de Catalunya 1:50.000, la Jonquera/Portbou*, 220(39-10)/221(40-10). Inst. Est. Cat., Inst. Cartogr. de Catalunya. Barcelone.
- CARRERAS, J., CARRILLO, E., FONT, X., NINOT, J.M., SORIANO, I., VIGO, J., 1997a. - *Mapa de vegetació de Catalunya 1:50.000, Gósol*, 254(35-11). Inst. Est. Cat., Inst. Cartogr. de Catalunya. Barcelone.
- CARRERAS, J., CARRILLO, E., FONT, X., NINOT, J.M., SORIANO, I., VIGO, J., 1997b. - *Mapa de vegetació de Catalunya 1:50.000, la Seu d'Urgell*, 215(34-10). Inst. Est. Cat., Inst. Cartogr. de Catalunya. Barcelone.
- CARRERAS, J., CARRILLO, E., MASALLES, R.M., NINOT, J.M., SORIANO, I., VIGO, J., 1994. - *Mapa de vegetació de Catalunya 1:50.000, la Pobla de Lillet*, 253(36-11). Inst. Cartogr. de Catalunya. Barcelone.

- CARRERAS, J., MASALLES, R.M., SORIANO, J., VIGO, J., 1997. - *Mapa de vegetació de Catalunya 1:50.000, Puigcerdà, 217(36-10)*. Inst. Cartogr. de Catalunya. Barcelone.
- CARRILLO, E., NINOT, J.M., 1998. - *Mapa de vegetació de Catalunya 1:50.000, Esterri d'Àneu, 181(33-9)*. Inst. Est. Cat., Inst. Cartogr. de Catalunya, Dir. Gen. Medi Natural. Barcelone.
- FERRÉ, A., CARRERAS, C., NINOT, J., CARRILLO, E., sous presse. - Cartografía de la vegetación. Un instrumento para el estudio del hábitat del oso pardo en los Pirineos occidentales catalanes. *Actes Vème Colloque Internat. Bot. Pyrénéo-cantabr.*
- FONT, X., SORIANO, I., VIGO, J., 1998. - El mostreig fitocenològic a Catalunya. *Acta Bot. Barcin.* 45 : 501-515.
- KÜCHLER, A.W. & ZONNEWELD, I.S., 1998. - *Vegetation mapping. Handbook of vegetation science*, 10. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/Londres.
- VIGO, J., 1998. - Some reflections on Geobotany and Vegetation Mapping. *Acta Bot. Barc.* 45 : 535-556.

DISCUSSION

THEURILLAT, J.-P. - De quelle manière les complexes de végétation sont-ils déterminés ? Dédectivement ?

VIGO, J. - Les études préalables de la végétation de la zone à cartographier nous fournissent une connaissance de base sur la dynamique des communautés végétales. Et les observations sur le terrain nous permettent de délimiter les aires écologiquement uniformes (les tesselles) et de remarquer les communautés intégrées dans chaque parcelle tessellaire considérée séparable. Les parcelles à une combinaison de communautés semblables et dominées par la même communauté sont attribuées au même complexe.