TYPOLOGIE DES COMMUNAUTÉS D'OISEAUX DES ALPAGES ET CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE

par François SPITZ (1)

1	Matériel étudié	
II	Méthodes de traitement des données	2
III	Résultats	1
IV	Discussion de l'interprétation des facteurs	1:
V	Application : typologie de huit alpages briançonnais	1:
VI	Commentaires et conclusion	1
Biblio	graphie	1!

RESUME.— Au cours des années 1973 à 1976, 256 stations d'écoute pour le recensement des peuplements de Passereaux ont été réalisées dans des alpages du Briançonnais (Hautes-Alpes, France). Les résultats numériques ont été traités par des techniques de classification et d'analyse factorielle. Les peuplements de Passereaux sont apparus comme organisés en deux superclasses, l'une correspondant aux zones les plus rocheuses, l'autre aux zones les moins rocheuses. Les deux superclasses possèdent le Pipit Anthus spinoletta comme élément constant. Elles sont subdivisées en classes élémentaires qui dérivent les unes des autres selon un gradient de richesse lié semble-t-il aux gradients de hauteur de l'herbe et d'acidité du sol. L'analyse factorielle révèle, qu'en fait, cinq facteurs principaux commandent cette organisation: l'importance des sols vrais, le gradient thermique, la radiation reçue au sol, la hauteur de l'herbe et l'acidité des horizons superficiels.

Mots-clés: Oiseaux - Passereaux - Alpages - Alpes françaises - Briançonnais - Hautes-Alpes (O5) - Typologie - Classification - Analyse factorielle - Cartographie - Ecologie.

SUMMARY.- TYPOLOGY AND ECOLOGICAL MAPPING OF BIRDS COMMUNITIES IN ALPINE RANGELANDS. During the years 1973-1976, 256 point counts for censusing Passerine communities have been performed in alpine rangelands of the Briançonnais (Hautes-Alpes, France). Numerical results have been processed through classification and factor analysis technics. Passerine communities appear as organized in two superclasses, the one corresponding to the more rocky areas, the other to the less rocky. Both superclasses have the Pipit Anthus spinoletta as a constant element. They are divided in elementary classes deriving from each other along a richness gradient related to herb height and soil pH gradients. Factor analysis reveals that actually five major factors are responsible in this organization: importance of true soils, thermal gradient, radiation received at the ground level, herb height and acidity of the superficial horizons.

Key-words: Birds - Passerine - Alpine rangelands - French-Alps - Briançonnais - Hautes-Alpes (05) - Typology - Classification - Factoriel Analysis - Mapping - Ecology.

⁽¹⁾ Laboratoire de la Faune Sauvage et de Cynégétique. INRA, BP 12, 31320 CASTANET, France.

La présente étude a été réalisée au cours des années 70 dans le cadre d'une action de la Délégation Générale à la Recharche Scientifique et Technique "Gestion des ressources naturelles renouvelables ". Son propos n'est pas ornithologique, aussi je n'expose pas un certain nombre de résultats qui pourront faire l'objet de publications dans les revues spécialisées (aspects méthodologiques, dynamique des populations, études spécifiques). Je me bornerai ici à la présentation des résultats concernant les profils de peuplement que nous pouvons aussi appeler typologie des communautés aviennes, et à la discrimination des facteurs qui régissent cette typologie.

1 - MATÉRIEL ÉTUDIÉ

Les données utilisées sont les résultats de 256 stations d'écoutes du type échantillonnage ponctuel simple (EPS) portant uniquement sur les Passériformes nicheurs. Une large discussion de ce mode d'échantillonnage et de son application dans des alpages figure dans une autre publication (SPITZ, 1982). Retenons que les 256 EPS fournissent 256 listes d'espèces affectées de leur fréquence (nombre de contacts obtenus, en vingt minutes, avec des couples cantonnés distincts). Les 256 stations ont été réparties sur huit alpages principaux et quelques zones annexes (fig.1) en s'efforçant de "couvrir" les surfaces concernées par un réseau où la maille est au maximum de 500 m. L'alpage des Combes, qui a servi de référence, a fait l'objet de plusieurs modes de recensement, quatre années de suite.

Les données environnementales ont été obtenues de plusieurs sources. Nous avons utilisé les photographies de l'IGN en noir et blanc, et les photographies en infra rouge/couleur obtenues lors d'une mission réalisée en 1972 pour le compte de l'action DGRST. Ces photos ont été interprétées en fonction de l'examen au sol. Elles ont permis, dans un premier temps, une cartographie exacte de l'élément "substrat rocheux". Pour la végétation, j'ai utilisé les cartes et notices de la publication de JOUGLET et JACQUIER (1976), complétée par nos propres observations. Pour la géologie, j'ai bénéficié d'une carte élaborée pour l'alpage des Combes par P. SALOMEZ (comm. pers.) et de la carte géologique à 1/80 000. Les données concernant l'enneigement, le déneigement et les températures ont été obtenues par notre équipe (B. DASSONVILLE, H. LE LOUARN) et celle du STEFCE d'Avignon.

II - MÉTHODES DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données ont fait l'objet de deux traitements distincts: une classification automatique et une analyse factorielle.

- La classification a été réalisée à l'aide du programme KMULT, sous programme PARTS (LEBART, MORINEAU et TABARD, 1977). Elle est du type "aggrégation autour de centres variables" ou "nuées dynamiques". L'utilisateur choisit plusieurs paramètres: le nombre d'itérations à effectuer, le nombre de fois où l'ensemble "tirage au sort-itérations" sera réalisé. Dans la présente étude j'ai demandé trois tirages au sort de trois individus avec trois itérations. Pour utiliser ce programme, les variables brutes (nombre de contacts avec chaque espèce d'oiseau) sont remplacées par des modalités qui sont en somme des classes de nombre de contacts. Le résultat de terrain se traduit donc par un 1 pour la modalité représentée et des 0 pour les modalités non représentées (le programme est évidemment adapté au traitement de questionnaires en oui/non). Les résultats de KMULT ont l'intérêt de fournir la représentation des diverses modalités pour chaque classe.
- L'analyse factorielle des correspondances a été conduite à l'aide du programme TABET (ROUX, 1975), avec les variables brutes (nombre de contacts par espèce), sans adjonction d'aucune autre variable. Il s'agit donc de ce que j'appellerai une analyse de premier type où l'on étudie les correspondances entre des unités d'écosystème (cercles centrés sur les stations d'écoute) caractérisées par la composition spécifique pondérée d'un certain groupe animal. Le but est de

⁽²⁾ Le rapport paru sous le titre "les Oiseaux et Mammifères dans les biocénoses de haute montagne du Briançonnais" peut être obtenu à l'adresse de l'auteur.

trouver une interprétation écologique aux facteurs (entités mathématiques) déterminés par l'analyse.

Globalement, classification et analyse factorielle poursuivent un même objectif qui est de définir et d'expliquer, à l'aide de "variables animales", les relations entre unités d'écosystèmes, au même titre qu'on le fait, plus couramment, à l'aide de descriptions phytosociologiques.

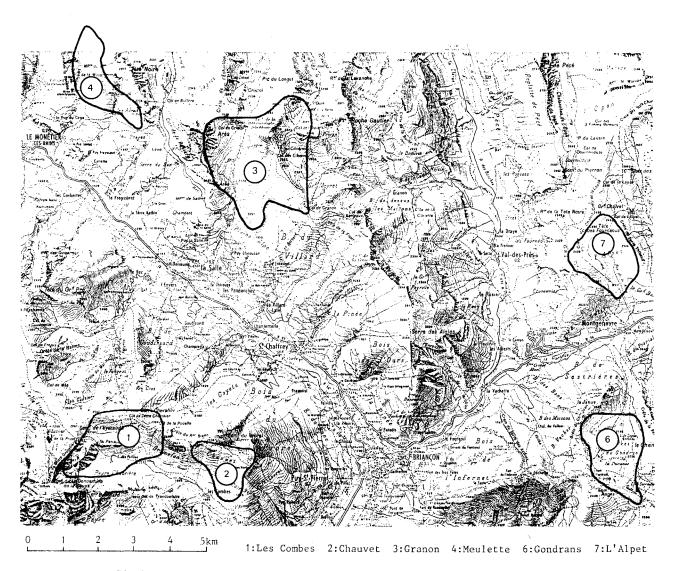


Fig.1.- Localisation des six alpages étudiés les plus proches de Briançon. Les secteurs n°5 (Lautaret-Galibier) au nord-ouest, et n°8 (Bonvoisin) au sud-ouest sont hors du cadre.

III - RÉSULTATS

A - CLASSIFICATION AUTOMATIQUE

La forme et la nature des résultats fournis par KMULT permettent de définir les classes (sous-ensembles de stations) de deux façons: par la composition de leur peuplement avien et par leur environnement. La composition spécifique est fournie directement. L'étude de l'environnement demande une opération cartographique: j'ai superposé aux cartes d'écofaciès végétaux (JOUGLET, loc. cit.) et à d'autres docu-

 $\begin{tabular}{ll} $TABLEAU I \\ Eléments de calcul pour le peuplement en Oiseaux. \end{tabular}$

				5	CLASSES	-		
			8	ဗ	4	s	9	7
	Echelle de fréquence	(80 EPS)	(65 EPS)	(30 EPS)	(25 EPS)	(17 EPS)	(10 EPS)	(8 EPS)
Les chiffres entre		A.spinoletta (9.6)				Ph.ochruros (8.8)	Ph.ochruros (8.8) A.spinoletta (10.0)	
parentheses mar- quent les fréquen- ces décimales spécifiques N1, N2, NP	N	A.arvensis (9.3)	Ph.ochruros (8.4)	A.spinoletta (10.0)	A.spinoletta (10.0)	A.spinoletta (8.2) M.saxatilis (10.0) C	Oe.oenanthe (10.0)	A spinoletta (7.5) E.hortulana (10.0)
	1 - :-			A.arvensis (8.0)			M.saxatilis (9.0)	S rubotre (6.2)
		Oe.oenanthe (6.2) A S.rubetra (2.2) C A.cannabina (1.7) M E.hortulana (1.1)	A.spinoletta (6.4) P.collaris (5.0) Oe.oenanthe (1.7) M.nivalis (1.2) A.cannabina (1.0)	Oe.oenanthe (3.0) A.cannabina (1.0) S.rubetra (1.0)	Oe.oenanthe (3.6) A.cannabina (2.4) Ph.ochruros (2.4) A.arvensis (2.0) P.collaris (1.2)	P.collaris (8.8) Oe.cenanthe (7.0) A.cannabina (4.1) P.modularis (2.3) A.arvensis (1.1)	A.arvensis (7.0) A.cannabina (3.0) Ph.ochruros (2.0) E.hortulana (1.0) P.modularis (1.0)	Oc.oenanthe (6.2) A.cannabina (3.7) P.modularis (2.5) Ph.ochruros (1.2) S.curruca (1.2)
Richesse (nombre d'espèces présentes dans au moins 10 % des relevés)	d'espèces moins	ဖ	w	ĸ	y	œ		10
Abondance : N = N1 + N2 +	ďN +	31	27	23	22	52	43	99
Diversité spécifique selon le modèle loge N ! D = 1,443 loge N1 ! N2 !	ique selon N : N1 : N2 :Np	09	52	34	37	128	96	160
Espèces accessoires (présentes dans moins de 10 % des relevés).	s (présentes 8 des	P.modularis P.collaris Ph.cohruros	P.modularis A.arvensis E.hortulana	M.nivalis E.hortulana Ph.ochruros P.collaris	P.modularis M.nivalis	M.nivalis E.hortulana		

ments les cercles de 200 m de rayon qui représentent approximativement l'aire intégrée par une station d'écoute; pour une simple appréciation visuelle on classe, de la plus grande à la plus petite, les surfaces que chaque écofaciès occupe dans un cercle, en affectant la note 5 à l'écofaciès classé premier, 4 au suivant, etc. (on n'apprécie pas visuellement plus de cinq rangs). Sur le total de tous les relevés correspondant à une classe, un écofaciès a donc une note totale qui est la somme de tous ses classements dans chaque relevé. Divisé par le nombre de cas, cette note totale fournit un indice de l'importance de l'écofaciès considéré pour la classe considérée. On peut aussi plus simplement indiquer le pourcentage de cas où l'écofaciès est présent dans les relevés de la classe considérée, ou le pourcentage de cas où il est présent au premder rang. Enfin, il est intéressant de regrouper les écofaciès par grandes catégories: pelouses rases, pelouses moyennes, pelouses hautes ou pelouses sur sol neutre ou faiblement acide, pelouses sur sol acide, pelouses sur sol très acide, et encore les landes, les éboulis à sol "neutre", les éboulis à sol "acide", enfin les roches sans végétation.

Par ailleurs, les représentations chiffrées par espèce d'oiseau permettent de calculer aisément, pour chaque classe, la richesse et la diversité spécifique, ainsi qu'un indice général d'abondance (dont l'examen est justifié d'un point de vue écologique puisque toutes les espèces recensées sont dans la même gamme de poids).

Les tableaux I, II et III montrent respectivement: les éléments de calcul pour le peuplement en Oiseaux, un exemple de distribution des écofaciès pour une classe, enfin les résultats pour l'ensemble des classes. On notera que les classes 6 et 7 sont dépourvues de renseignements environnementaux. En effet:

- un trop petit nombre de relevés de la classe 6 figurent sur les cartes d'écofaciès pour en tirer des conclusions. En particulier le plus intéressant groupement de points de cette classe (ubac de Serre Chevalier: 4 points) ne figure sur aucune carte;

- pour la classe 7, le nombre de points est encore plus réduit, mais l'examen des cartes montre à l'évidence que cette classe est liée à l'extension de milieux subalpins plus ou moins arborés (ou proches de la forêt) (les Combes, Granon, Cervières). Les espèces forestières entendues en ces points (Pinson, Mésanges, Sizerin,...) n'ont pas été retenues dans la liste ce qui, de toute façon, interdit de comparer objectivement cette classe aux autres. De nombreux points, parmi les vingt et un du "résidu" sont également situés en zone marginale.

TABLEAU II
Classement des écofaciès selon leur représentation dans la classe 1.

			Nom	bre de	cas		Note
Ecofaciès	Type physionomique	au ler rang	au 2e rang	au 3e rang	au 4e rang	au 5e rang	totale
Pelouse à <u>Trif.alpinum</u> et <u>Carex sempervirens</u>	pel. rase	14	8	9	1		131
Pelouse à Nardus stricta et Carex sempervirens	pel. moyenne	7	13	6			105
Pelouse à Fest. violacea, Car. semperv., Cent. unifl.	pel. moyenne	11	6	6			97
Pelouse à Heliant.nummularium et fétuques	pel. moyenne	6	12	6			96
Pelouse à Plant.alpina, Fest.rubra et A.vulgaris	pel. haute	5	9	4	2		77
Pelouse à Carex semperv., Fest. ovina, Cent. unifl.	pel. haute	9	7				73
Marais à Carex panicea et Carex davalliana	pel. haute		11	8	2	İ	72
Pelouse à Plant.alpina, Ran.pyr., Alop.gerardi	pel. rase	1	6	5	4		52
Roches sans végétation	(roche)		2	12	2	1	49
Pelouse à Plant alpina, Alop gerardi, Phleum	pel. rase		3	6			30
Eboulis à <u>Avena montana</u> et <u>Sesleria</u>	éboulis à sol neutre	1	2	3			22
Pelouse à Carex semp.Plant.alpina,Fest.ovina	pel. rase	2	1	1			17
Lande à Juniperus nana et Vaccinium	lande	1	1	2	1		17
Eboulis à Fest.violacea, Avena montana, Deschampsi	l <u>a</u> éboulis à sol l acide	2		1	1		15
Eboulis à Fest.halleri,Juncus trifidus,Agr.rupestris	éboulis à sol acide		2	1	1		13
Marais à Scirpus caspitosus	pel. haute		1	2			10
9 autres écofaciès ayant une note totale							
inférieure à 10 ne sont pas mentionnés	1						
7 écofaciès ne sont jamais représentés.							
	<u> </u>	<u> </u>					

TABLEAU III

Distribution des types d'écofaciès pour les classes 1 à 5. (Chiffre du haut: indice d'importance; chiffre du bas souligné: % de cas où le type d'écofaciès est présent au premier rang).

Classes	LANDES	PELOUSES						Total	E	Total		
(nombre de relevés).		hautes	moyennes	rases	neutre	acide	très acide	pelouse	neutre	acide	roche sans végétation	rocheux
1	0.4	6.5	3.8	4.8	3.3	6.5	5.3	15.1	0.4	0.6	0.9	1.9
(80)		35	30	28	<u>18</u>	50	25	93	2	<u>3</u>	<u>0</u>	<u>5</u>
3	1.1	2.9	3.6	6.9	1.0	5.0	7.4	13.4	0.3	0.9	1.0	2. 2
(30)	<u>5</u>	14	14	<u>57</u>	<u>0</u>	29	<u>57</u>	<u>86</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>0</u>	10
4	1.4	1.8	3.1	7.8	1.5	4. 6	6, 6	12.7	0.9	0.3	2.0	2.2
(25)	7	7	22	<u>64</u>	21	<u>43</u>	<u>29</u>	93	<u>0</u>	<u>0</u>	0	
5	0, 2	5.2	1.8	2.8	2.8	5.4	1.6	9.8	3.1	0	2.4	5.5
(17)	<u>0</u>	48	12	18	<u>29</u>	<u>35</u>	<u>6</u>	<u>70</u>	29	<u>0</u>	<u>0</u>	29
2 (65)	1.1 <u>3</u>	1.5 18	1.4 <u>8</u>	5.2 <u>38</u>	1.2 10	3.1 25	3.8	8.1 <u>63</u>	0.8 <u>8</u>	1.8	1.9 15	4.5

La classe 7 mise à part, les nombres d'espèces "chiffrées" par la clasification varient de 6 à 9 par classe, mais la diversité spécifique varie de 34 (classe 3) à 128 (classe 5). Les deux plus fortes diversités vont à l'évidence avec des communautés complexes (mélange d'espèces prairiales et saxicoles).

Il est intéressant d'observer l'extension en surface des classes. Ainsi, les points relevant des classes 1 et 2 forment partout de vastes ensembles qui signalent des entités cénotiques réelles. Par contre, les autres classes forment rarement des ensembles de plus de deux ou trois points. La figure 2 montre la répartition des diverses classes dans trois alpages.

Les milieux rocheux (avec ou sans végétation organisée) sont dominants dans 0 à 10 % des relevés des classes 1, 3 et 4, 29 % de ceux de la classe 5, 33 % de ceux de la classe 2. Ceci s'accompagne, bien sûr, d'une moindre représentation des pelouses dans ces deux dernières classes. On peut donc considérer deux superclasses, celle formée par 2 et 5 (importance de l'élément rocheux), celle formée par 1, 3 et 4 (moindre importance de cet élément). Ces deux superclasses forment partout de vastes ensembles (fig. 2). L'examen de la composition spécifique du peuplement montre deux faits saillants:

- la diminution du nombre d'espèces "dominantes" (niveau 1 ou supérieur) quand on passe de la classe 1 à 3 puis 4, ou quand on passe de la classe 5 à 2;

- la constance de la représentation de l'une de ces espèces: le Pipit spioncelle <u>Anthus spinoletta</u>.

Les "richesses" très variables à l'intérieur de chaque superclasse semblent avoir un support écologique bien marqué. Notons ainsi que :

- la classe 3 se distingue de la classe 1 par des écofaciès plus acidiphiles, les classes 3 et 4, par des pelouses plus rases;

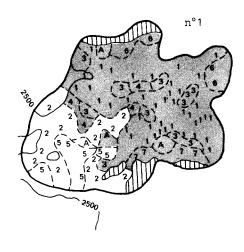
- la classe 2 se distingue de la classe 5 par des écofaciès plus acidiphiles, des pelouses plus rases et le fait que la roche nue peut être un élément dominant.

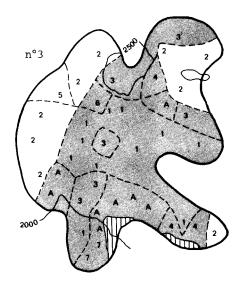
La classification automatique autorise donc à énoncer plusieurs conclusions générales sur les liaisons "peuplement d'Oiseaux-milieu" en haute montagne:

- Si l'on met à part des types marginaux plus ou moins liés au subalpin forestier, la haute montagne jusqu'à 2600 m est caractérisée par le Pipit spioncelle Anthus spinoletta, assez ubiquiste à des niveaux d'abondance assez peu variables.
- Les peuplements se divisent en deux superclasses qui, si l'on met à part Anthus spinoletta, se ramènent, pour l'une, à des groupements d'espèces prairiales (Alauda arvensis et Saxicola rubetra) et "mixtes" (Oenanthe oenanthe, Carduelis cannabina et Emberiza hortulana) et, pour l'autre, à des groupements d'espèces

saxicoles (Phoenicurus ochruros, Montifringilla nivalis, Prunella collaris, Monticola saxatilis) et "mixtes" (Oenanthe oenanthe).

- A l'intérieur de ces superclasses, il existe des subdivisions, ou au moins un gradient menant des communautés riches aux communautés pauvres sous l'effet de deux facteurs essentiels: l'acidification du sol et le raccourcissement de l'herbe.





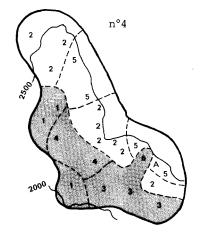


Fig.2.- Résultats de la classification pour les alpages nº1, 3 et 4. Les numéros des classes dessinent leur répartition. (En grisé: ensemble "prairial" (classes 1, 3, 4, 6, 7 et A) en blanc: ensemble "rocheux".

B - ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES

Ainsi qu'il a été dit dans la partie "Méthodes", les Oiseaux des alpages ont donné lieu principalement à des analyses du premier type. Le but est de trouver les grands facteurs de variation des peuplements et de juger du rôle indicateur de ces peuplements. Dans le cas présent, j'ai pu interpréter les cinq premiers facteurs qui extraient 70 % de la variabilité totale.

L'interprétation des facteurs a été conduite par deux voies:

- Sur une carte de chaque alpage on a reporté, sur chaque cercle lié à un relevé, la valeur de sa projection sur le facteur considéré. Les diverses valeurs sont réparties en classes ou niveaux et l'on peut réaliser des cartes de niveaux, avec des lignes de niveaux pour le facteur dont on se souviendra qu'elles sont imprécises à 100 ou 200 m près environ. On compare alors la carte des niveaux du facteur considéré à tous les documents environnementaux disponibles.

- Par ailleurs, on examine les préférences écologiques connues des espèces d'Oiseaux qui ont une forte contribution au facteur considéré. L'alpage des Combes, où la densité des EPS est la plus forte et où les documents cartographiques sont

les plus nombreux, nous a fourni l'essentiel des éléments d'interprétation. La technique de cartographie factorielle est illustrée par deux exemples (2ème et 3ème facteurs).

- Facteur 1

Il y a une analogie frappante entre la carte des niveaux de ce facteur et la répartition des zones à dominante soit rocheuse soit herbeuse. Les zones de niveau supérieur à + 200 sont à forte dominance rocheuse, et la ligne de niveau + 200 coîncide assez bien avec la limite des deux superclasses définies au premier chapitre. La contribution des espèces confirme cet examen : Alauda arvensis et Phoenicurus ochruros ont les plus fortes contributions, chacum à un bout de l'axe et sont accompagnés, la première par les espèces prairiales, le second par les espèces saxicoles.

- Facteur 2

La contribution de <u>Carduelis cannabina</u> est énorme vis-à-vis de celle des autres espèces. Or, la position de cette espèce à haute altitude est souvent délicate à définir (vagabondage d'adultes avec chant, dont le caractère "cantonné" ne peut être prouvé). Toutefois, la concentration de ces simples observations ne peut être due au hasard. La carte des niveaux (fig.3) fait pencher vers un effet du type "étage bioclimatique". Toutes les espèces à projection négative (<u>Carduelis cannabina</u>, <u>Monticola saxatilis</u>, <u>Emberiza hortulana</u>, <u>Oenanthe oenanthe</u>, <u>Anthus trivialis</u>) ont un caractère plus thermophile que les autres espèces. Je suis donc tenté de faire supporter ce facteur par le bilan thermique, ou tout autre facteur fondamental s'exprimant par l'étagement bioclimatique altitudinal.

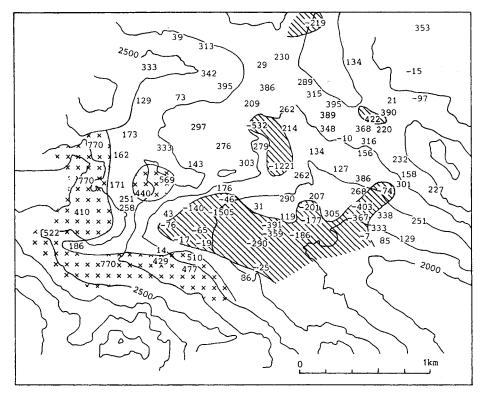


Fig.3.- Carte factorielle pour le facteur 2 de l'alpage "Les Combes". Courbes de niveau tous les 100 m à partir de la courbe 2 000 m. (hachures: zones "chaudes"; croix: zones "très froides").

- Facteur 3

Les valeurs négatives sont observées essentiellement sur les ubacs, et couvrent une surface particulièrement grande au pied des plus hauts sommets (y compris dans le bas des adrets). Cette configuration rappelle exactement la répartition des ombres portées et peut donc être attribuée à un facteur

"exposition". On note, en outre, que les valeurs les plus négatives pour l'alpage des Combes correspondent, grosso modo, à la zone boisée (fig.4). Cet ensemble de constats conduit à une hypothèse d'interprétation: la radiation reçue au sol. Les espèces d'Oiseaux sont diversement affectées puisqu'elles réagissent soit directement à l'exposition, soit au couvert arbustif ou arborescent.

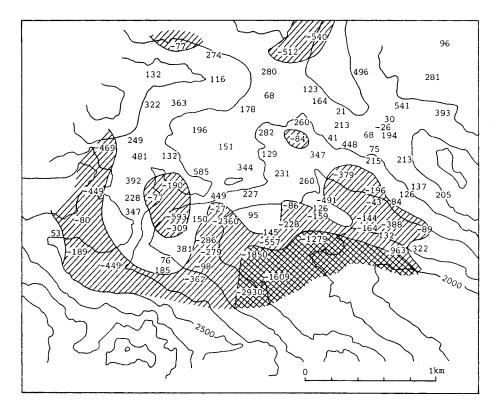


Fig.4.- Carte factorielle pour le facteur 3 de l'alpage "Les Combes". (hachures simples: zones "ombragées"; hachures croisées: zones "très ombragées").

- Facteur 4

Pour ce facteur (ainsi que pour le facteur 5) dont l'interprétation cartographique n'est pas évidente, on a choisi d'observer la corrélation entre les valeurs moyennes qu'il atteint dans chaque classe et, pour ces mêmes classes, les valeurs de certains paramètres tels qu'ils apparaissent au tableau III. Cela revient à comparer l'ordre de rangement des classes par valeurs croissantes ou décroissantes du facteur et du paramètre considéré. Pour F4, le meilleur accord est obtenu avec la "hauteur" des pelouses, telle que l'ont définie JOUGLET et al. (1976): le paramètre "importance des pelouses moyennes ou rases" range les classes dans l'ordre 5-2-1-3-4, alors que les valeurs sur F4 les rangent dans l'ordre 5-2-3-1-4 (discordance d'un seul rang pour deux classes juxtaposées, sans que les extrêmes soient affectés).

Aucun autre paramètre descriptif ne fournit un accord aussi bon. Je pose donc l'hypothèse que F4 représente la hauteur des plantes herbacées. On notera que cet élément est indépendant (par définition de l'AFC) du gradient sol-non sol du premier facteur.

- Facteur 5

Procédant de façon similaire à ce que nous venons de voir pour F4, nous aboutissons à un rangement des classes dans l'ordre 3-1-4-2-5 pour l'importance décroissante des milieux à humus acide, et dans l'ordre 3-1-2-4-5 pour l'importance décroissante des valeurs négatives de F5. Aucun autre paramètre ne donne un accord aussi bon (discordance d'un seul rang sur deux classes de rang intermédiaire) et je propose donc le gradient d'acidité des humus comme facteur sous-jacent à F5.

IV - DISCUSSION DE L'INTERPRÉTATION DES FACTEURS

Les problèmes généraux liés à l'utilisation de groupements d'espèces animales dans des analyses écologiques ont été posés à plusieurs reprises depuis une quinzaine d'années (FISHER, 1968). Pour les Oiseaux, une première synthèse a été tentée plus récemment (SPITZ, 1980). Cette synthèse, comme bon nombre de travaux encore plus récents s'appuyait surtout sur des relevés d'avifaune de milieux boisés ou au moins fortement occupés par des ligneux. La particularité du présent travail est de concerner des habitats tout à fait ouverts, où les ligneux sont réduits à des peuplements d'arbrisseaux rampants.

Le premier facteur (donc celui dont l'importance relative est la plus grande pour expliquer les différences d'un point à l'autre) amalgame apparemment deux gradients: celui des roches-mères aux sols bien formés, et celui des sols nus aux sols garnis de végétation. En fait, on peut considérer que, dans un alpage, il ne peut y avoir un sol bien formé qui ne soit pas occupé par une pelouse (il n'y a pas de terres labourées, ni de sous-bois à litière nue). Le gradient observé ne peut donc être que celui allant des roches-mères aux sols formés.

Le deuxième facteur s'identifie aisément à tous les gradients thermiques (géographiques ou altitudinaux) repérés ailleurs. Le seul dilemme qui subsiste ne concerne pas les alpages mais l'identification de ce facteur à l'opposition feuillus-conifères (en plaine comme en montagne) : il est encore impossible de décider si la transition faunique feuillu-conifère n'est qu'un analogue d'une transition liée à l'altitude ou à la latitude, à cause de l'identité des espèces concernées, ou si le facteur de fond est en réalité un élément du type "précocité phénologique printanière" qui serait, certes, fonction de la température, mais qui distinguerait, en outre et systématiquement, les conifères des arbres à feuilles caduques.

Pour notre troisième facteur, d'autres études faites en montagne (GENARD et LESCOURRET, 1984; SPITZ, 1983) ont montré que l'exposition, et donc la radiation reçue au sol, s'inscrit sur un gradient où les valeurs extrêmes sont atteintes par l'ensemble des surfaces boisées. Il est donc maintenant évident, en reprenant l'ensemble des autres analyses (montagne et plaine), qu'il existe <u>un</u> facteur "radiation reçue au sol" représentant l'intégration de tout ce qui peut masquer le rayonnement solaire (exposition au sens strict, ombres portées des reliefs voisins, végétation haute). Il existe toutefois, un seuil de hauteur de végétation (de l'ordre du mètre) au-dessous duquel l'effet de l'ombre du feuillage est masqué par l'exposition et les ombres portées, alors qu'au-dessus de ce seuil, l'ombrage de la végétation est prépondérant.

Le quatrième facteur détecté dans les alpages est l'un de ceux pour lesquels l'interprétation générale est la plus vague. Il est en effet difficile d'assurer, d'une part, que ce facteur concerne seulement la végétation herbacée ou ligneuse, d'autre part, qu'il est bien identique à des facteurs un peu similaires trouvés dans d'autres biomes.

On notera, enfin, que notre cinquième facteur a été rarement identifié; ou bien a-t-il été méconnu? Il est clair, en tous cas, que sa position est importante en forêt de plaine (quatrième dans l'ordre pour l'analyse citée par SPITZ, 1980) là où les gradients d'exposition et de température sont très largement dominés par le gradient édaphique. Inversement, en zone cultivée (GENARD, 1980; SPITZ, 1981a), ce facteur est atténué par la pratique culturale séculaire. Enfin, le gradient d'"acidité" est très bien placé dans une analyse de données locales sur les petits mammifères (DASSONVILLE, 1978) ainsi qu'en forêt de plaine pour les Rongeurs (LEMEE, 1978).

V - APPLICATION : TYPOLOGIE DE HUIT ALPAGES BRIANÇONNAIS

La typologie que je propose, fondée uniquement sur l'information apportée par l'analyse des groupements d'Oiseaux, est forcément restreinte aux cinq gradients auxquels ces groupements d'Oiseaux réagissent en priorité. On retiendra également ce qui a été dit précédemment de la précision des lignes de niveau des facteurs: leur position n'est connue qu'à 100 ou 200 m près. Il en découle que les

typologies proposées distinguent des ensembles homogènes vastes (ils n'ont pas de valeur au-dessous du seuil représenté par <u>un</u> cercle de détection, soit une dizaine d'hectares) et ne peuvent intéresser que des études portant sur des secteurs très étendus (plusieurs centaines d'hectares).

Dans un souci d'homogénéité avec un travail présenté il y a deux ans pour d'autres types de zones découvertes (SPITZ, 1981a), les typologies sont présentées sur carte selon un quadrillage de 500 m X 500 m. Une présentation selon un pixel aussi grand (25 hectares) permettra au lecteur d'apprécier la réalité de l'information "indicateur écologique" apportée par les Oiseaux.

1 et 2 - Secteur Les Combes et Chauvet (fig.5)

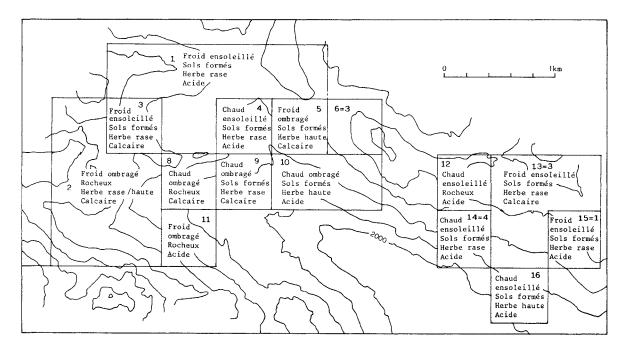


Fig.5.- Typologie simplifiée des alpages "Les Combes" et "Chauvet". La base est un quadrillage de 500 m de côté (maille de 25 ha). On aboutit à 16 blocs homogènes (de 25 à 125 ha chacun) représentant au total 12 types distincts. Les plus étendus sont les types 1 (150 ha), 2 et 3 (125 ha).

Ces deux unités pastorales sont placées dans la même vallée et pratiquement en continuité. Un hiatus plus ou moins boisé crée une interruption dans nos propres EPS. JOUGLET et al. (loc. cit.) montrent, par leur carte, certaines différences entre les deux unités dans les formations situées entre 2000 et 2200 m, et une assez grande similarité au-dessus. Un total de vingt-huit pixels sont définis, vingt et un (soit 525 ha) pour l'unité "Combes", sept (soit 175 ha) pour l'unité Chauvet. La tendance vers les sols mûrs, concerne la plus grande partie de Chauvet et la partie nord et est des Combes. La tendance "chaude" (valeurs positives de F2) dépasse nettement le niveau 2100 m en quelques points, en particulier dans la zone moyenne des Combes. Aucune zone d'ombre à Chauvet, sans environnement élevé et exposé au sud. Par contre, aux Combes, se dessine nettement l'ombre du massif Condamine-Bouchard qui frise les 3000 m au sud. On notera que ce "dessin radiatif" correspondrait à un soleil fictif au sud-ouest. L'herbe haute (valeurs positives de F 4) domine sur quelques dizaines d'hectares de la partie aval des Combes et en bas de pente à Chauvet. La tendance "acidiphile" affecte à peu près la moitié des pixels, surtout dans la partie nord des Combes.

En conclusion, les groupements d'Oiseaux dessinent un alpage dominé par l'herbe courte, appuyé sur un massif rocheux important au sud-ouest, et de position moyenne pour les descripteurs "chaleur", "ombre" et "acidité".

3 - Secteur Granon - Aréa - L'Oule

Ce vaste ensemble a permis la définition de trente trois pixels (825 ha). La roche brute y est localisée à l'ouest (versant du Grand Aréa), au nord-est (Roche Gautier) et au sud-est. Une remontée chaude existe entre la ligne 2100 m et

la cime de la Gardiole. Une zone d'ombre peu marquée, dans la partie basse, correspond vraisemblablement à un piquetage d'arbres, les sommets situés au sud étant trop éloignés pour en être cause. L'herbe haute est, elle aussi, concentrée en aval et surtout dans la zone d'ombre. La tendance acidiphile, enfin, concerne moins de la moitié des pixels, surtout situés en versant sud à moyenne altitude, et sur les pentes au nord du col de l'Oule.

Globalement, les groupements de Passereaux nous indiquent donc un alpage présentant un ensemble continu de sols mûrs sur environ 2/3 de sa surface, affecté en aval par le voisinage de la forêt, mais sans zone d'ombre, et moyen pour les facteurs "température" et "acidité".

4 - Secteur du vallon de la Meulette

Cet alpage s'appuie à l'est sur les parois escarpées des Cerces, qui dépassent 2800 m. J'ai pu y définir dix huit pixels (450 ha). La tendance "sols formés" concerne exactement la moitié de la surface située en aval. D'importantes remontées chaudes sont à noter en deux endroits. Deux "points d'ombre" peuvent correspondre à des ravins très encaissés. Un seul pixel présente le caractère "hautes herbes". Enfin on note que la tendance acidiphile concerne la partie nord du vallon et les deux pixels les plus au sud-est. Globalement il s'agit d'un alpage chaud, rocheux dans toutes ses parties hautes, ensoleillé, à herbe courte très dominante, et partagé en une zone acidiphile et une zone "calcicole".

5 - Secteur Lautaret-Galibier

Une répartition irrégulière des EPS dans ce secteur a permis de définir seulement dix huit pixels (450 ha) formant deux blocs l'un à basse altitude, l'autre autour de 2500 m. Le versant de la Tête Noire dont JOUGLET et al. (1981) ont fourni une carte à 1/5000 correspond seulement aux quatre pixels les plus au sud-est. Le bloc amont est à forte dominante rocheuse, le bloc aval est entièrement dans la tendance "sols". Il y a seulement quatre pixels (tous à basse altitude) de la tendance "chaude". Une petite zone d'ombre (des hauts sommets au sud) existe dans la partie aval. Six pixels représentent la tendance "herbe haute" et correspondent assez bien à la répartition des prés subalpins à hautes herbes (Meum,, Arnica, Trisetum, Festuca spadicea). Seuls deux pixels ne sont pas acidiphiles.

Nous avons donc affaire, dans l'ensemble, à une zone dominée par des formations acidiphiles dans un mésoclimat plutôt froid.

6 - Secteur de Gondrans-Poët-Morand

Cet ensemble où nous avons défini quatorze pixels (350 ha) s'étend de part et d'autre d'une crête relativement basse (2250-2300 m) orientée est-ouest. Le seul relief important est au nord-est. Un seul pixel représente la tendance "roche". L'absence de reliefs au sud permet d'inférer que les surfaces dans la tendance "ombre" (6 pixels sur 14) sont plutôt affectées par le piquetage d'arbres, sauf pour les deux pixels les plus à l'ouest qui sont "couverts" par un abrupt très proche. Une petite remontée chaude est notée en adret. Sept pixels (donc plus de la moitié) sont dans la tendance "hautes herbes" et sont d'ailleurs également dans la tendance "acidiphile". La tendance non acidiphile est moins représentée (4 pixels).

Les Passereaux nous définissent donc cette unité comme un ensemble non rocheux, surtout acidiphile, plutôt froid, avec une forte proportion de hautes herbes.

7 - Secteur de l'Alpet

Quinze pixels (375 ha) ont été définis pour ce secteur. La tendance "sols" occupe l'axe du vallon et une extension à haute altitude à l'ouest. Deux points chauds à moyenne ou haute altitude sont notés. Un seul point d'"ombre" correspond au pied d'un abrupt rocheux. Aucun pixel ne manifeste la tendance "herbe haute". Enfin, la tendance acidiphile correspond surtout au versant oriental du vallon, et, en outre, à deux pixels au sud-ouest.

Il s'agit donc, en conclusion, d'un alpage assez rocheux, en herbe courte, assez chaud, avec une opposition pédologique entre les versants.

8 - Secteur de Bonvoisin

Ce secteur a permis la définition de seize pixels (400 ha). Il est totalemnt occupé par la tendance "roche". Quelques points chauds existent en aval, un peu au-dessus de 2200 m, mais aucun plus en amont, même en-dessous de 2100 m. Une vaste zone de type "ombre" occupe la partie sud-ouest au pied des grands massifs (Sirac). Aucun pixel de type "herbe haute". Un carreau au nord et trois au sud sont les seuls non acidiphiles.

Il s'agit donc, globalement, d'un alpage très rocheux et froid, partiellement privé d'ensoleillement et majoritairement occupé par des groupements acidiphiles.

VI - COMMENTAIRES ET CONCLUSION

Il est certain que les synthèses cartographiques proposées recèlent quelques évidences (par exemple la répartition des zones à dominante rocheuse). Par contre, on peut se demander si les informations interprétées comme reflétant des facteurs physiques, édaphiques et physionomiques (de la végétation) sont vraiment redondantes avec l'information fournie par des études directes de climatologie ou de phytoécologie. En effet, les Oiseaux, et donc leurs groupements, intègrent les informations écologiques provenant de grandes surfaces et ne peuvent, en aucun cas, refléter les différences locales que soulignent les groupements végétaux; en outre, ils n'intègrent pas les informations de la totalité de l'année (contrairement aux végétaux) mais seulement sur une période allant de leur installation à la fin de l'élevage des jeunes. En zone d'alpage, l'installation se fait alors que la neige couvre encore de grandes surfaces (mois de mai) et il n'est donc pas étonnant que les Passereaux fassent ressortir des caractères de chaleur et d'ensoleillement qui les Passereaux fassent ressortir des caractères de chaleur et d'ensoleillement qui conditionnent la disparition de la neige et le "démarrage" printanier des biocénoses. La densité des hautes herbes, au contraire, se manifeste nettement après l'arrivée des estivants mais doit être perçue avant l'installation au site de nidification. Il en découle que la communauté de Passereaux signale le critère "hautes herbes" uniquement là où l'herbe est déjà haute avant la nidification (première quinzaine de juin). Enfin, pour le facteur que nous avons assimilé à l'"acidité", il est clair que l'"information Passereaux" ne peut rendre compte de la mosaïque extrêmement complexe des humus présents dans les alpages. En outre, cette information concerne surtout les zones rocheuses, c'est-à-dire que les Oiseaux nous informent alors sur la nature des biocénoses des interstices. Oiseaux nous informent alors sur la nature des biocénoses des interstices, fissures, vires et plaques herbeuses. En somme, nous dirons que les groupements d'Oiseaux "décrivent" un milieu au même titre que les groupements végétaux, mais en donnant une image distincte, plus synthétique par certains aspects, plus typée pour d'autres. Une cartographie factorielle "Oiseaux" peut-elle offrir une utilité pratique? La réponse est oui, me semble-t-il, pour les cas où les études phytoécologiques n'existent pas, à cause de la grande rapidité de l'acquisition des données sur le terrain: un observateur peut couvrir 200 hectares (8 EPS x 25 ha) en Par contre, il est certain qu'une telle technique ne peut remplacer une matinée. l'expérience séculaire du montagnard en ce qui concerne la détection des points chauds, des zones de déneigement précoce, des secteurs favorables aux prés de fauche. Je suis donc conduit à penser que les typologies quelles qu'elles soient (ornithologique ou autre) seront utiles dans le cas où cette expérience ancienne s'est perdue ou a été déviée de son sens.

Dans les zones ouvertes et extrêmes que constituent les alpages, la typologie "Passereaux" peut conduire à une bonne délimitation des zones au potentiel biologique global le plus élevé: zones occupées par des sols vrais et non acidiphiles et, plus précisément, à celles où des fourrages précoces peuvent être attendus: zones chaudes et à "hautes herbes".

BIBLIOGRAPHIE

- DASSONVILLE (B.), 1978.- <u>Etude des Micromammifères du Briançonnais</u>. Thèse de Doctorat d'Université. <u>Université de Rennes</u>.
- FISHER (D.R.), 1968.- A study of faunal resemblance using numerical taxonomy and factor analysis. Syst. Zool., 17, 48-63.
- factor analysis. Syst. Zool., 17, 48-63.

 GENARD (M.), 1980.- <u>Utilisation des Oiseaux comme indicateurs écologiques</u>. Mémoire de D.A.A. Institut National Agronomique Paris-Grignon.
- GENARD (M.) et LESCOURRET (F.), 1984.- Les petits vertébrés de la pineraie à crochets, fonction descriptive et rôle dans la régénération forestière.

 L'exemple du massif d'Osséja (Pyrénées-Orientales). Thèse de Docteur Ingénieur, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 250 p.
- JOUGLET (J.P.), JACQUIER (C.), 1976.- Recherches sur les écosystèmes montagnards.

 Méthode d'analyse globale et quantitative. Application: productivité des pâturages de haute altitude. Etude n°98. INERM. Grenoble.

- JOUGLET (J.P.), DOREE (A.), BURNARD (A.), 1981.- Carte des écofaciès du versant sud
- de la Tête Noire du Galibier. Etude nº167. INERM. Grenoble.

 LEBART (L.), MORINEAU (A.), TABARD (N.), 1977.- Technique de la description statistique; méthodes et logiciels pour l'analyse des grands tableaux. Dunod, Paris.
- LEMEE (G.), 1978.- La hêtraie naturelle de Fontainebleau, in Structure et
- fonctionnement des écosystèmes terrestres, Masson, Paris.

 ROUX (C.), 1975.- Programme TABET d'analyse factorielle des correspondances. Doc.
 Lab. de Biométrie, INRA, Jouy-en-Josas.

 SPITZ (F.), 1980.- Informatique et Peuplements de Passériformes. Actes du 8e

 Colloque Informatique et Biosphère, 195-217.

 SPITZ (F.),1981a.- Utilisation des peuplements de Passereaux comme indicateurs éco-
- C.R. du Con Espagne, 1981. Congrès International logiques. C.R. des Biologistes du Gibier.
- Trujillo, Espagne, 1981. SPITZ (F.), 1982.- Conversion des résultats d'échantillonnages ponctuels simples
- d'oiseaux en densités de population. L'Oiseau et R.F.O., V.52, n°1. 1-14. SPITZ (F.), 1983.- Les vertébrés terrestres, indicateurs de l'état et l'évolution des milieux. <u>Réflexions sur la notion d'indicateurs écologiques.</u> Colloque INRA La Minière, mars 1983.

INDEX DES ESPECES D'OISEAUX CITES

Alouette des champs Pipit spioncelle Pipit des arbres Traquet motteux Rougequeue noir Merle de roche Traquet tarier

Alauda arvensis Anthus spinoletta Arthus trivialis Oenanthe oenanthe Phoenicurus ochruros Monticola saxatilis Saxicola rubetra

Fauvette babillarde Accenteur mouchet Accenteur alpin Linotte Linotte mélodieuse Bruant ortolan Niverolle

Sylvia curruca Prunella modularis Prunella collaris Acanthis cannabina Carduelis cannabina Emberiza hortulana Montifringilla nivalis