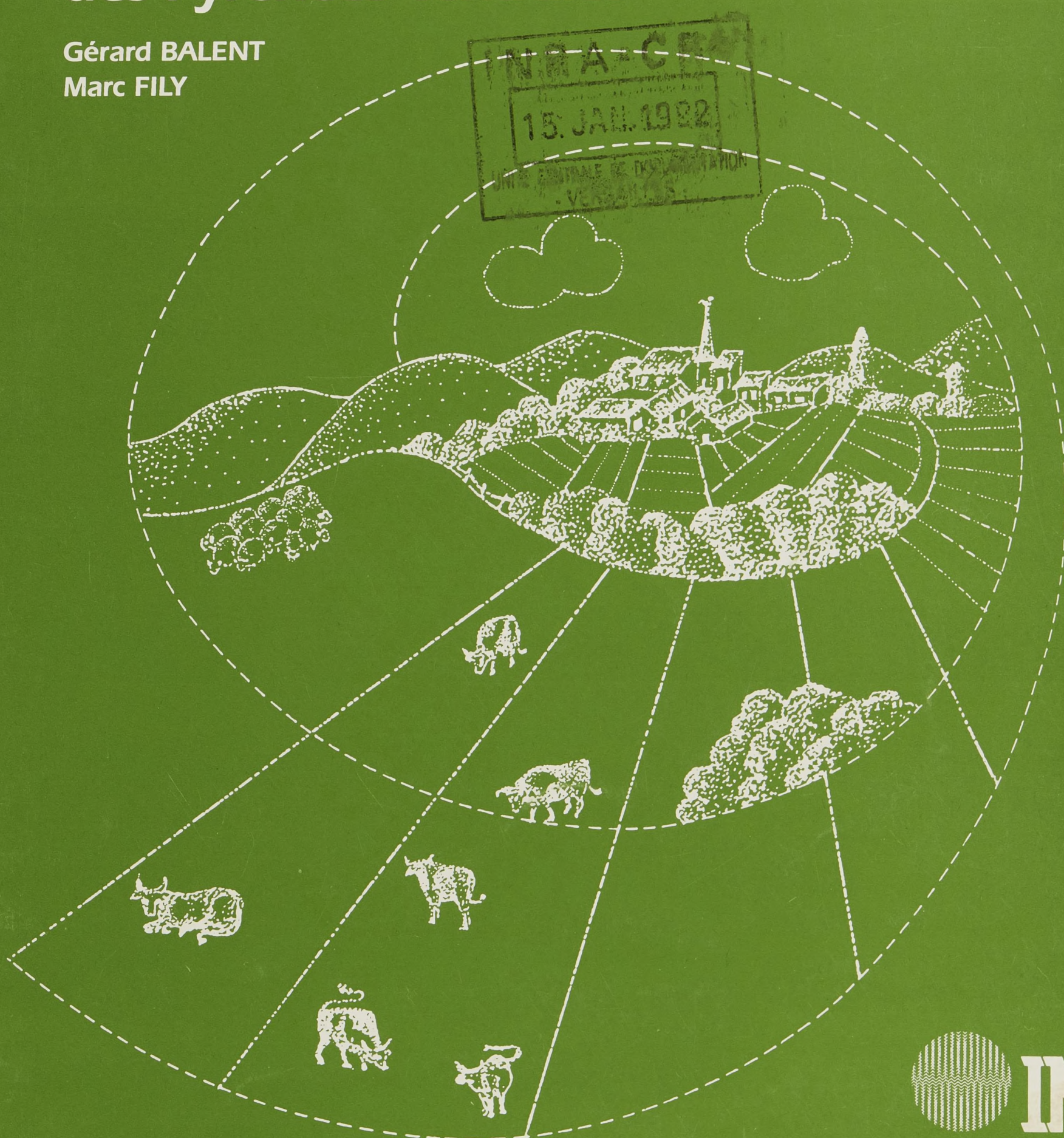


Dynamique de la végétation selon les pratiques des agriculteurs. Une modélisation à partir des données recueillies dans une vallée des Pyrénées centrales

Gérard BALENT
Marc FILY



I. Introduction	7
II. Caractéristiques générales du système pastoral des Pyrénées centrales	7
1. Le milieu physique	7
2. Les surfaces pastorales et leurs modes d'utilisation par l'élevage	9
3. Les cycles de production des troupeaux	14
III. Un terrain d'étude privilégié: la commune d'Orre	14
1. La commune et son fonctionnement en tant que système pastoral	15
2. La commune d'Orre	15
3. Les grands axes de l'évolution du système pastoral	17
IV. Méthodes de caractérisation de la végétation	22
V. Les caractéristiques générales de la végétation	22
1. Inventaire des espèces	22
2. Fréquence d'occurrence des espèces	22
VI. La dynamique de la végétation	22
1. Typologie des stations	25
2. Typologie des espèces	27
3. Répartition des groupes d'espèces dans les groupes de stations	28
VII. Modélisation de l'évolution de la végétation	30
1. Un modèle de régression	30
2. Un modèle algorithmique: un schéma de succession de diagramme au niveau de la parcelle	32
3. Un modèle écologique: une succession post-cultivale pilotée par le pâturage	37
VIII. L'intérêt d'une analyse écologique en terme de succession	42
1. La question des groupes	43
2. Structure de la végétation	43
3. Analyse dynamique de la dynamique de la végétation	44
IX. Robustesse et validité du modèle	44
1. La robustesse	44
2. Valeur prédictive et durée de validité	44
X. Conclusion	45
XI. Références bibliographiques	46

Gérard BALENT & Marc FILY

Dynamique de la végétation selon les pratiques des agriculteurs.
Une modélisation à partir des données recueillies dans une vallée des
Pyrénées centrales

Gérard BALET & Marc FILLI

© INRA, 1991

ISSN 0989-0548

ISBN 2-7380-0385-0

Sommaire

I. Introduction	7
II. Caractéristiques générales du système pastoral des Pyrénées centrales	7
1. Le milieu physique	7
2. Les surfaces pastorales et leurs modalités d'utilisation par l'élevage	9
3. Les cycles de production des troupeaux	14
III. Un terrain d'étude privilégié: la commune d'Oô	14
1. La commune, unité de fonctionnement du système pastoral	15
2. La commune d'Oô	15
3. Les grands traits de l'évolution du système pastoral	17
IV. Méthodes de caractérisation de la végétation	22
V. Les caractéristiques générales de la végétation	22
1. Inventaire des espèces	22
2. Fréquence d'occurrence des espèces	22
VI. Les facteurs influençant la végétation des surfaces pastorales	22
1. Les facteurs écologiques	22
2. Typologie des stations	25
3. Typologie des espèces	27
4. Répartition des groupes d'espèces dans les groupes de stations	28
VII. Modélisation de l'évolution de la végétation	30
1. Un modèle de représentation: les trajectoires d'évolution de la végétation	30
2. Un modèle agronomique: un référentiel micro-régional de diagnostic au niveau de la parcelle	32
3. Un modèle écologique: une succession post-culturelle pilotée par le pâturage	37
VIII. L'intérêt d'une analyse écologique en terme de continuum	42
1. La question des écotypes	43
2. Structure de la végétation	43
3. Analyse diachronique de la dynamique de la végétation	44
IX. Robustesse et validité du modèle	44
1. La robustesse	44
2. Valeur prédictive et durée de validité	44
X. Conclusion	45
XI. Références bibliographiques	46

Avant propos

Comment les activités d'élevage valorisent-elles les ressources naturelles de la montagne pyrénienne ? Comment identifier des leviers d'action qui permettent à l'élevage de maintenir une population ? Tel était l'enjeu des recherches pluridisciplinaires qu'avec le géographe Georges BERTRAND, j'ai eu la chance de pouvoir organiser et animer, à partir de 1976.

Prenant pied dans la situation concrète des vallées du Luchonnais, ces actions ont fait progresser, incontestablement, les méthodes et les concepts systémiques appliqués aux problèmes du développement local et de l'aménagement de l'espace rural. Elles ont bénéficié du soutien de la DGRST (Comité "Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables") et de la Commission des Communautés Européennes (Programme AGRIMED).

Les deux documents publiés successivement dans la série "Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement" témoignent d'avancées scientifiques significatives.

Le premier article propose une modélisation de la dynamique de la végétation en réponse au pâturage, notamment. C'est un chapitre de la thèse d'Etat de Gérard BALENT (1987), auquel Marc FILY (1986) a contribué. Outre une refonte de forme nécessaire pour autonomiser l'article, quelques compléments ont été apportés à cette mise au point méthodologique ancrée dans les pratiques des éleveurs.

Le second article, dû principalement à Marc FILY (Thèse, 1990), est une revue bibliographique sur le pâturage considéré comme un facteur évolutif pour les plantes. On dispose ainsi d'une synthèse magistrale de l'abondante littérature, surtout anglosaxonne, où l'accent est mis notamment sur le concept d'"herbivorisme".

Cette publication marque aussi la reconnaissance de l'intérêt des outils de l'Ecologie appliqués à l'analyse des rapports entre ressources pastorales, animaux, éleveurs et société.

Au-delà du rôle central de l'interface plante-animal, ces travaux montrent l'importance de la prise en compte des pratiques des éleveurs dans l'évolution des écosystèmes.

Jean-Claude FLAMANT, Président du Centre INRA de Toulouse.

Résumé

La transformation du système agro-pastoral pyrénéen s'est accompagnée d'une profonde mutation dans les modes de mise en valeur du territoire valléen. Actuellement, l'histoire culturelle des parcelles est déterminante dans les niveaux de productions des pâturages et les agriculteurs utilisent le capital de fertilité accumulé du fait des usages antérieurs de l'espace.

A partir de l'information contenue dans la composition floristique de la végétation des parcelles, et en utilisant les propriétés de l'Analyse Factorielle des Correspondances, nous avons établi un modèle d'évolution de la gestion des éléments fertilisants et des pratiques pastorales. Ce modèle constitue un référentiel micro-régional permettant de porter un diagnostic sur l'état de parcelles situées dans d'autres sites appartenant à la même région biogéographique.

Summary

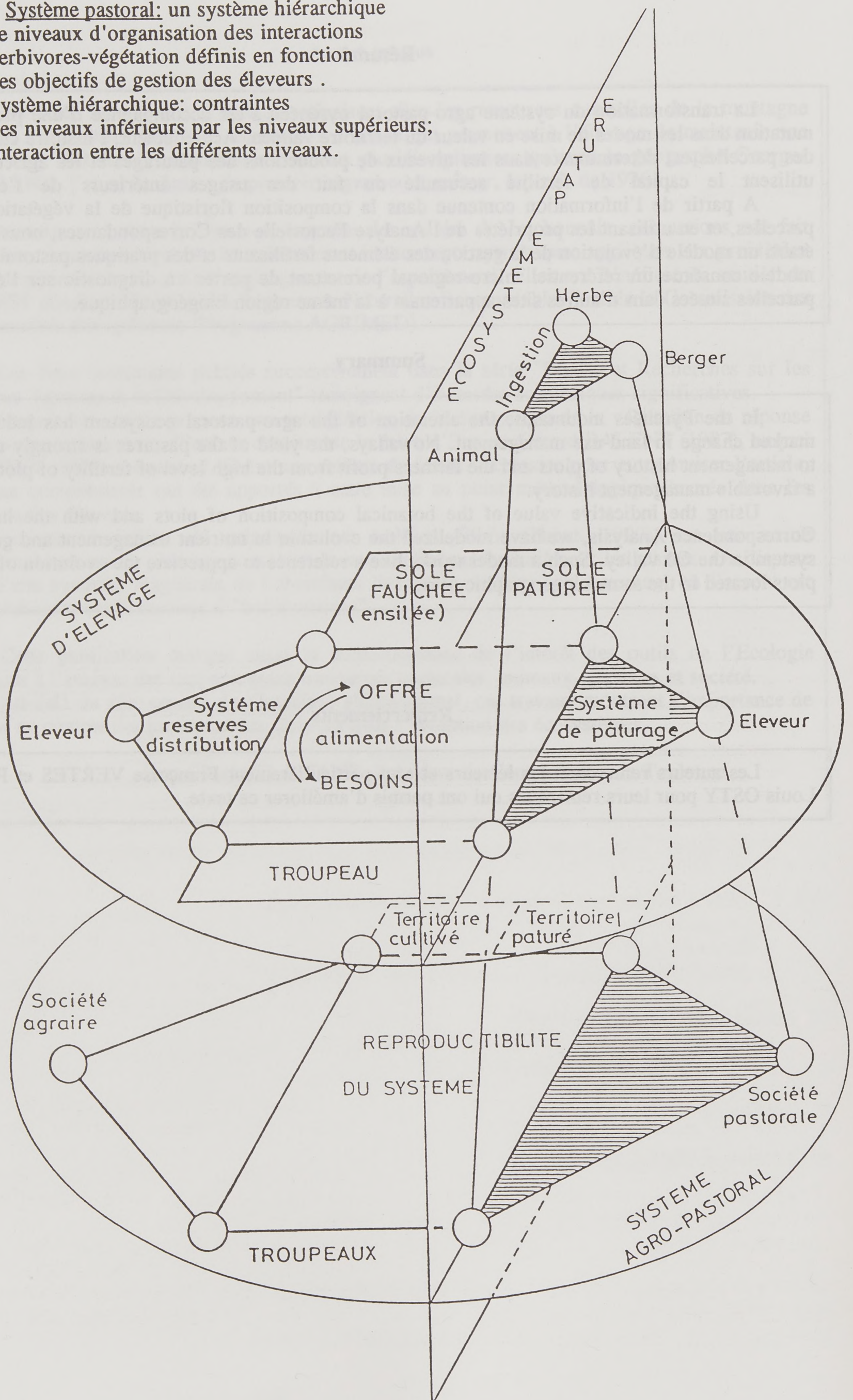
In the Pyrenées mountains, the alteration of the agro-pastoral ecosystem has induced a marked change in land-use management. Nowadays, the yield of the pastures is strongly related to management history of plots and the farmers profit from the high level of fertility of plots with a favorable management history.

Using the indicative value of the botanical composition of plots and with the help of Correspondence Analysis, we have modeled the evolution in nutrient management and grazing system in the Oô valley. Such a model works like a reference to appreciate the evolution of other plots located in the same biogeographic area.

Remerciements

Les auteurs remercient les lecteurs et tout particulièrement Françoise VERTES et Pierre-Louis OSTY pour leurs remarques qui ont permis d'améliorer ce texte.

Figure 1: Système pastoral: un système hiérarchique de niveaux d'organisation des interactions herbivores-végétation définis en fonction des objectifs de gestion des éleveurs .
Système hiérarchique: contraintes des niveaux inférieurs par les niveaux supérieurs; interaction entre les différents niveaux.



Dynamique de la végétation selon les pratiques des agriculteurs.

Une modélisation à partir des données recueillies dans une vallée des Pyrénées centrales

I. Introduction

Face aux problèmes que pose l'orientation de recherches écologiques en milieu pastoral dans le cadre d'une approche globale de l'élevage nous avons dégagé une méthodologie générale de travail. Elle est basée sur une approche d'écologie systémique. Nous assimilons le système pastoral à un système écologique hiérarchisé donc à un ensemble de structures emboîtées. Nous en proposons un modèle de représentation qui permet d'identifier ses diverses échelles d'organisation (figure 1).

Autour de la "cellule de base" que constitue l'ensemble des interactions entre herbivores et végétation, nous distinguons trois niveaux d'organisation différents: le niveau berger-animal-végétation, le niveau éleveur-troupeau-sole pâturée de l'exploitation agricole et le niveau société pastorale-troupeaux-territoire pastoral. Chacun de ces niveaux correspond à un niveau de pilotage où est géré un niveau d'ajustement de l'interface herbe-animal: ingestion journalière des animaux, alimentation annuelle des troupeaux, et reproductibilité des ressources pastorales nécessaires à celle de l'activité d'élevage. C'est ce dernier point que nous détaillerons à partir d'une étude de cas menée au sein de l'équipe "SAD-Toulouse" dans les Pyrénées centrales.

Après avoir décrit les principales conséquences des transformations du système pastoral des Pyrénées centrales sur la gestion des pâturages, nous présentons une modélisation des processus en oeuvre en nous basant sur une étude comparative détaillée de la végétation d'un échantillon de parcelles de la vallée. Les communautés végétales constituent en effet un révélateur synthétique des pratiques pastorales.

II. Caractéristiques générales du système pastoral des Pyrénées centrales

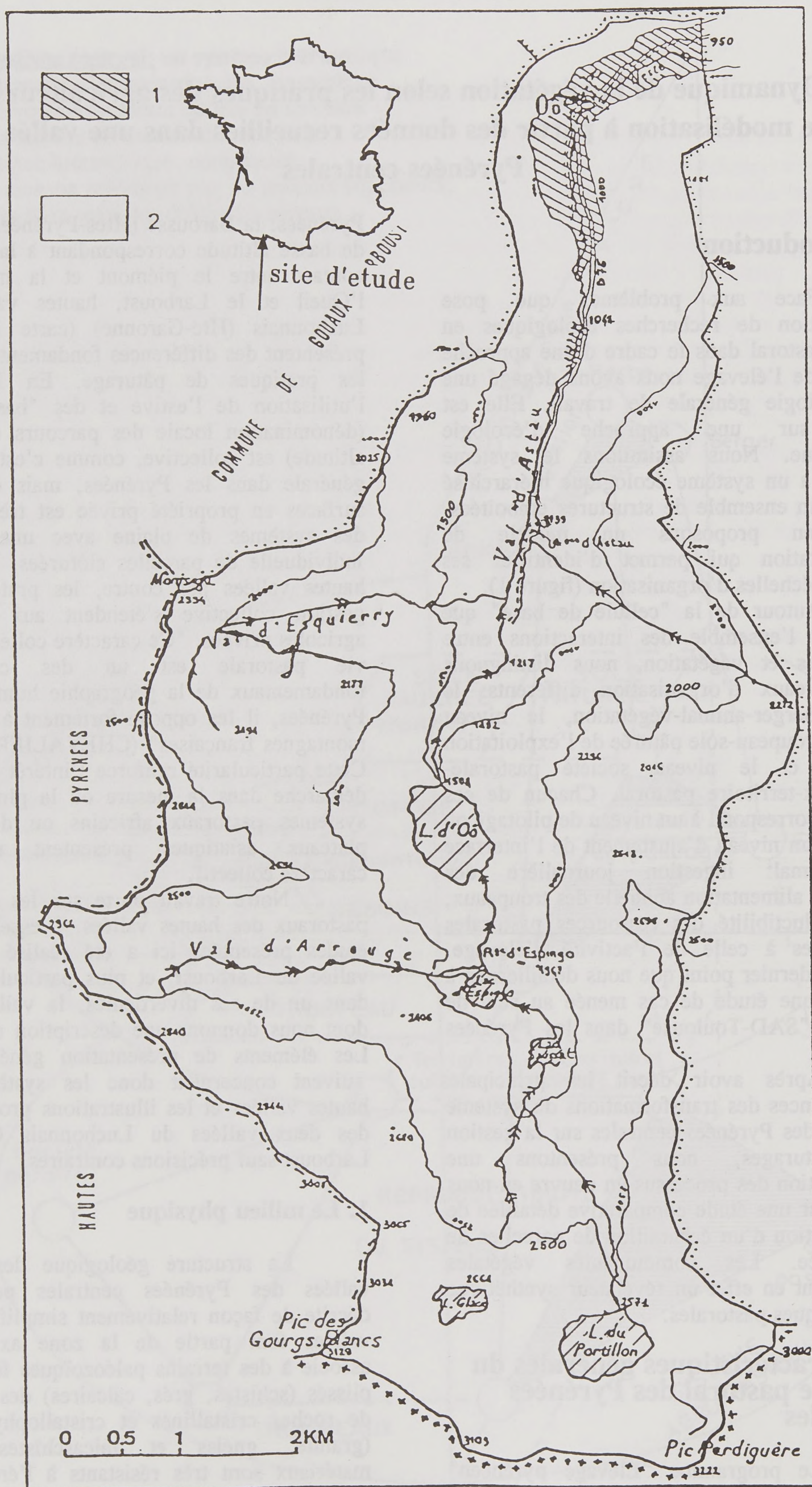
Le programme "Elevage pyrénéen" dans sa globalité s'est déroulé dans trois vallées contiguës de la partie centrale des

Pyrénées: la Barousse (Htes-Pyrénées), vallée de basse altitude correspondant à la zone de contact entre le piémont et la montagne, l'Oueil et le Larboust, hautes vallées du Luchonnais (Hte-Garonne) (carte 1). Elles présentent des différences fondamentales dans les pratiques de pâturage. En Barousse, l'utilisation de l'estive et des "bas-vacants" (dénomination locale des parcours de demi-altitude) est collective, comme c'est la règle générale dans les Pyrénées, mais celle des surfaces en propriété privée est très proche des systèmes de plaine avec une gestion individuelle de parcelles clôturées. Dans les hautes vallées par contre, les pratiques de gestion collective s'étendent aux surfaces agricoles privées. "Ce caractère collectif de la vie pastorale est un des caractères fondamentaux de la géographie humaine des Pyrénées, il les oppose fortement à d'autres montagnes françaises" (CHEVALIER, 1956). Cette particularité renforce l'intérêt de notre démarche dans la mesure où la plupart des systèmes pastoraux africains ou des hauts plateaux asiatiques présentent un fort caractère collectif.

Notre travail porte sur les systèmes pastoraux des hautes vallées. L'essentiel des études présentées ici a été réalisé dans la vallée du Larboust, et plus particulièrement dans un de ses diverticules, la vallée d'Oô dont nous donnons une description détaillée. Les éléments de présentation générale qui suivent concernent donc les systèmes des hautes vallées et les illustrations proviennent des deux vallées du Luchonnais Oueil et Larboust sauf précisions contraires.

1. Le milieu physique

La structure géologique des hautes vallées des Pyrénées centrales peut être décrite de façon relativement simplifiée. Ces vallées font partie de la zone axiale qui associe à des terrains paléozoïques fortement plissés (schistes, grès, calcaires) des massifs de roches cristallines et cristallophylliennes (granite, gneiss et micaschistes). Ces matériaux sont très résistants à l'érosion et font des Pyrénées centrales une barrière



Carte 1: La commune d'Oô (1: propriété privée - 2: propriété communale) (d'après BALENT-PASTOR, 1986).

rectiligne à peine entamée par les vallées modelées par l'érosion glaciaire du quaternaire (TAILLEFER, 1974). Dans le Luchonnais, les fonds de vallée sont occupés par des alluvions glaciaires et des cônes de déjection récents. Les sols sont des rankers sur alluvions glaciaires, très lessivés du fait de l'irrigation des pâturages (aujourd'hui abandonnée), et dont le pH varie entre 5,4 et 6,9 (NEGRE, 1972).

En raison de leur position dans le massif, le climat des vallées d'Oueil et du Larboust est un "climat océanique d'abri" (IZARD, 1985). A titre d'illustration, nous présentons sur la figure 2 le diagramme ombro-thermique de St-Paul d'Oueil (1250 m) à partir des valeurs moyennes entre 1961 et 1977. Les variations interannuelles du climat sont très importantes comme le montrent celles de la durée de l'enneigement au sol pendant la période hivernale (figure 3).

2. Les surfaces pastorales et leurs modalités d'utilisation par l'élevage

a) Les estives

Le statut juridique de ces pâturages d'altitude (entre 1500 et 2800 m) utilisés pendant l'été varie selon les vallées. Les estives appartiennent souvent à une commune, ou bien à un syndicat de communes comme en Barousse. Elles sont dans d'autres cas propriété de l'Etat, en Ariège notamment. Dans le Larboust chaque commune possède ses propres estives. Elles sont utilisées depuis le début du mois de juin jusqu'aux premières neiges d'automne, en général en octobre. Chaque année, les aléas climatiques affectent la durée de l'estivage.

Le principal problème des estives des Pyrénées centrales est leur sous-utilisation. Au moment de l'enquête pastorale nationale réalisée au début des années 1970, leur taux d'utilisation était de 42% pour l'ensemble de la Haute-Garonne, de 57% pour l'Ariège et 74% pour les Hautes Pyrénées (INERM, 1977). Ce phénomène n'est pas nouveau. CHEVALIER (1956) estime qu'il a débuté au début du siècle. La diminution du nombre d'animaux engendre une dégradation agronomique de la végétation, et conduit à l'extension des pelouses à Gispert (*Festuca eskia*) ou à Nard (*Nardus stricta*), et des landes à Rhododendron (*Rhododendron ferrugineum*) ou à Callune (*Calluna vulgaris*). Toutefois cette évolution est assez lente

compte tenu de la rigueur du climat liée à l'altitude.

Les troupeaux ovins montent en estive vers le 15 juin et leur descente débute vers la mi-septembre avec les premières mises bas. Les bovins, qui exploitent généralement des estives d'altitude moins élevée (où la pousse de l'herbe est donc plus précoce) ou qui passent avant les ovins quand les estives sont communes aux deux espèces, montent en moyenne 15 jours plus tôt et descendent 15 jours plus tard. Ces troupeaux sont gardés par un ou plusieurs bergers et vachers rémunérés par les éleveurs de la commune. Dans le Luchonnais et dans la plupart des situations des Pyrénées centrales, le caractère accidenté des estives interdit l'abandon du gardiennage.

A l'exception du Béarn et du Pays Basque, où le chargement des estives est très élevé (BERHOCOIRIGOIN, 1985), on considère dans les Pyrénées comme dans la plupart des autres régions de montagne que le niveau d'alimentation des animaux sur ces surfaces ne pose pas de véritables problèmes dans le fonctionnement du système pastoral (MOLENAT, 1978). Les principales difficultés liées à l'utilisation de ces surfaces portent sur la maîtrise de l'état sanitaire et de la reproduction du cheptel dans le cadre de troupeaux collectifs. Il s'agit de problèmes dont la dimension principale est sociale, et non agronomique ou écologique, car leur résolution dépend en fait des règles de conduite que les collectivités d'éleveurs sont prêtes à accepter (GIBON, 1981). Par contre, les autres types de surfaces nous ont paru poser beaucoup plus de problèmes de nature écologique et agronomique pour l'avenir de l'élevage et ont été étudiés de manière beaucoup plus attentive dans l'ensemble du programme de recherches (DURU *et al.*, 1979).

b) Les surfaces de fond de vallée

Sous ce terme générique, nous regroupons deux grands types de surfaces pastorales distingués par leur mode d'appropriation.

(1) Les communaux

Ces pâturages collectifs appartenant à la commune se situent en général entre 1000 et 1500m d'altitude sur les premières pentes fortes des versants - au dessus des zones fauchées ou cultivées. Sur les versants exposés au sud (soulane), ils sont souvent en

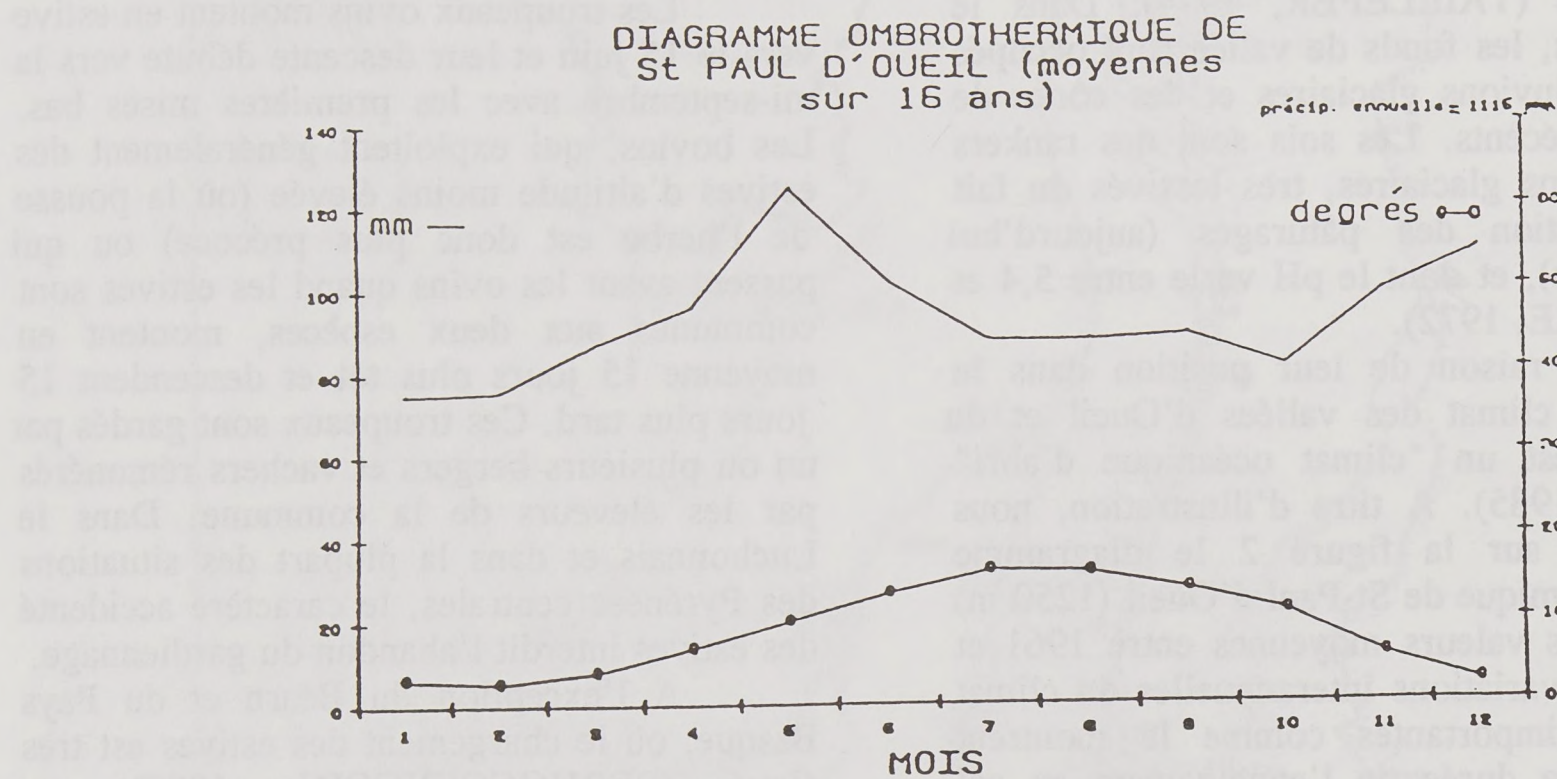


Figure 2: Diagramme ombrothermique de St-Paul d'Oueil (1150m d'altitude).

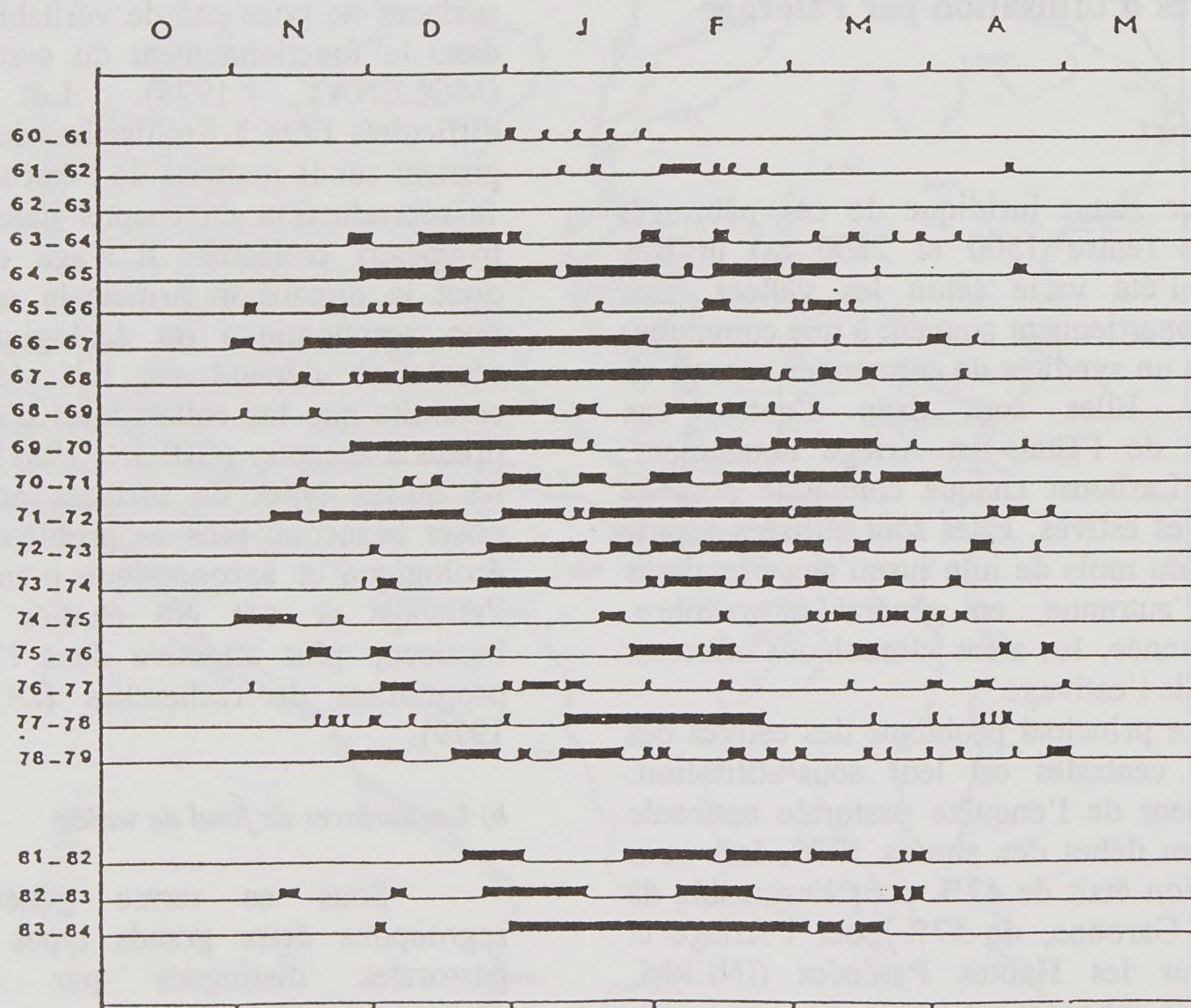


Figure 3: Variations interannuelles de l'enneigement au sol dans les Pyrénées centrales (d'après GIBON et DURU, 1986). (■) Périodes d'enneigement au sol; 1960-1979: station de St-Paul d'Oueil 1150m d'altitude - 1981-1984: station de Portet de Luchon 1250m d'altitude).

continuité avec les estives; sur les versants exposés au nord (ombrée), ils en sont séparés par les forêts de l'étage montagnard.

Ces surfaces sont utilisées en pacage depuis plusieurs siècles (HIGOUNET, 1949); certaines ont aussi été fauchées au milieu du XIX^{ème} siècle, à la période du maximum de population. Actuellement sous-utilisées et non entretenues, elles présentent une végétation très dégradée et sont colonisées suivant leur degré d'abandon par le Brachypode (*Brachypodium pinnatum*), le Genévrier (*Juniperus communis*), le Noisetier (*Coryllus avellana*) ou le Bouleau (*Betula pendula*).

Les communaux sont fréquentés par les troupeaux collectifs avant la montée en estive, au mois de mai et début juin, et immédiatement après la descente d'estive, de la mi-septembre à la fin du mois d'octobre. Les animaux sont alors gardés par les bergers et vachers engagés pour l'estive ou, le plus souvent, sont laissés sans surveillance continue. En résumé, les communaux ne constituent guère plus aujourd'hui que des surfaces d'appoint qui aident à réaliser la soudure entre les surfaces privées utilisées pendant l'hivernage et les estives.

(2) Les surfaces privées

(a) Les champs

Autrefois au centre du système agropastoral et objets de tous les soins, abondamment fumés (40t/ha de fumier chaque année), ils sont aujourd'hui en voie de disparition (RGA 1955, 1970, 1980). Les seules cultures encore pratiquées sont la pomme de terre, le plus souvent destinée à l'autoconsommation, et le maïs, utilisé pour l'alimentation hivernale des animaux. Les champs sont fréquentés en hiver par les animaux, les résidus de culture du maïs étant particulièrement recherchés par les bovins. Cette fréquentation limite les processus d'enfrichement des champs récemment abandonnés, nous y reviendrons.

(b) Les prés de fauche

Les prairies permanentes fauchées pour constituer les réserves fourragères hivernales (foin et regains) forment l'essentiel des surfaces de fond de vallée actuellement entretenues. Il n'y a pratiquement pas de prairies temporaires ni artificielles dans les vallées hautes. Les prés de fauche sont concentrés dans les fonds de vallée humides

qui constituent leur terrain traditionnel d'implantation (900 à 1100m d'altitude), et où ils sont enserrés dans un bocage de frênes, ainsi que sur les terrains les moins pentus anciennement cultivés. Les parcelles sont de petite taille (souvent inférieure à un demi hectare), ce qui complique considérablement la fenaison car il n'y a pas de regroupement de parcelles. La surface totale occupée par les prés de fauche a elle aussi diminué, car seules les parcelles les plus planes ou les plus accessibles sont encore utilisées. Certaines pratiques d'entretien anciennes, comme le parcage nocturne des ovins ou l'irrigation par gravité au début du printemps et pendant l'été, ont quasiment disparu.

La fertilisation actuelle des prairies se limite le plus souvent à un apport de fumier, avec des variations de niveau très grandes (d'aucun apport, en particulier sur les parcelles en location verbale dont l'usage est précaire, à 20 t/ha de fumier par an; DURU, 1981). La productivité des parcelles dépend souvent de leur utilisation antérieure, ce qui nous a conduit à accorder dans leur étude une place importante à la notion d'histoire culturelle (BALENT & DURU, 1984).

La végétation des prés de fauche de la vallée du Larboust a été décrite par NEGRE (1972). Ils font partie du Campanulo-Violetum cornutae, groupement phytosociologique spécifique aux prairies des Pyrénées qui se différencie de ceux des autres milieux montagnards européens par son caractère plus océanique. Cette végétation est très marquée par les pratiques d'utilisation actuelles; on y trouve beaucoup d'espèces tolérantes à la fauche et d'espèces nitrophiles, ainsi que des espèces résistantes au pâturage.

La vaine pâture (1) est toujours très vivace dans les hautes vallées, et les prés de fauche sont soumis au pâturage du début novembre à la mi-avril. Cela impose des contraintes très fortes pour le choix des itinéraires techniques de production. L'arrêt du pâturage a lieu à une date fixe et homogène pour toutes les parcelles, ce qui annihile le rôle possible du déprimage pour moduler la maturité des foin entre parcelles.

1. Liberté de pacager sur "tout le fond rural situé dans la commune à l'exception des propriétés closes par des haies ainsi que des prairies artificielles et des terrains plantés d'arbres fruitiers" (BALENT & BARRUE-PASTOR, 1986). Le terme local de "prohibet" désigne un règlement non officiel proche dans son principe, et en fait plus répandu que la vaine pâture au sens strict (DUNOR, 1979).

L'utilisation d'engrais chimiques avant l'arrêt du pâturage est par ailleurs interdite par les risques d'empoisonnement du bétail, réels ou supposés. L'éleveur qui enfreint cette règle tacite s'expose à des représailles parfois très dures. Enfin la gestion des regains doit tenir compte du retour des troupeaux après l'estive, fin octobre.

Cette pratique permet en revanche aux éleveurs de disposer de vastes pâturages malgré l'exiguïté de leurs parcelles et de leur exploitation (13,5ha en moyenne au RGA 1980) pendant sa période d'application. La double utilisation des prés de fauche (fauche et pâturage) en fait les surfaces pastorales les plus intensifiées du système pastoral. Le blocage du marché foncier et la spéculation liée au développement du tourisme (BARRUE-PASTOR *et al.*, 1982; BALENT & BARRUE-PASTOR, 1986) entraînent cependant la non-utilisation et l'enfrichement de nombreuses parcelles. Les prés de fauche constituent ainsi "une ressource essentielle, limitée et menacée" (GIBON, 1981) dont la réduction peut compromettre à terme l'avenir de l'élevage.

(c) Les Zones Intermédiaires (ZI)

De nombreuses parcelles autrefois cultivées ou fauchées, qui, suite à la régression des activités agricoles en montagne, ont été abandonnées en raison de leur difficulté d'accès ou de leur pente interdisant la mécanisation de la récolte et sont aujourd'hui utilisées uniquement en pâturage (FABRE, 1977). Ces parcelles occupent toute une frange de territoire située entre les communaux d'une part, et les prés de fauche et les champs encore utilisés de l'autre. En raison de leur position topographique et des époques auxquelles elles sont fréquentées par les troupeaux (fin du printemps et début de l'automne pendant la prohibition des prés de fauche et des champs) entre l'estive et l'hivernage, elles ont été baptisées Zones Intermédiaires par DURU *et al.* (1979). Elles sont composées d'anciens champs et d'anciens prés de fauche.

i) Les anciens champs

Dans le système agro-pastoral traditionnel les champs étaient situés dans les terroirs de soulane aménagés en terrasses (CHEVALIER, 1956). L'exposition y favorisait la maturation des céréales et les sols légers étaient faciles à travailler. Lors de leur

abandon la plupart de ces champs ont été transformés en pacages car leur forte pente, leur exiguïté et la fragilité des terrasses ont empêché leur utilisation comme prés de fauche. En raison de leur exposition favorable et de leur niveau élevé de fertilité résiduelle (BALENT & DURU, 1984), les terroirs de soulane jouent un rôle stratégique dans l'alimentation des troupeaux: en hiver, leur déneigement rapide en fait souvent les seuls pâturages disponibles et au printemps le démarrage précoce de la végétation conduit les éleveurs à y mettre préférentiellement les animaux près la prohibition des prés de fauche (BALENT & *al.*, 1987). Les pratiques collectives seules permettent cette utilisation: en l'état actuel du parcellaire, de taille très petite et morcelé, il serait impossible à un quelconque éleveur de les valoriser dans le cadre de sa propre exploitation.

ii) Les anciens prés de fauche

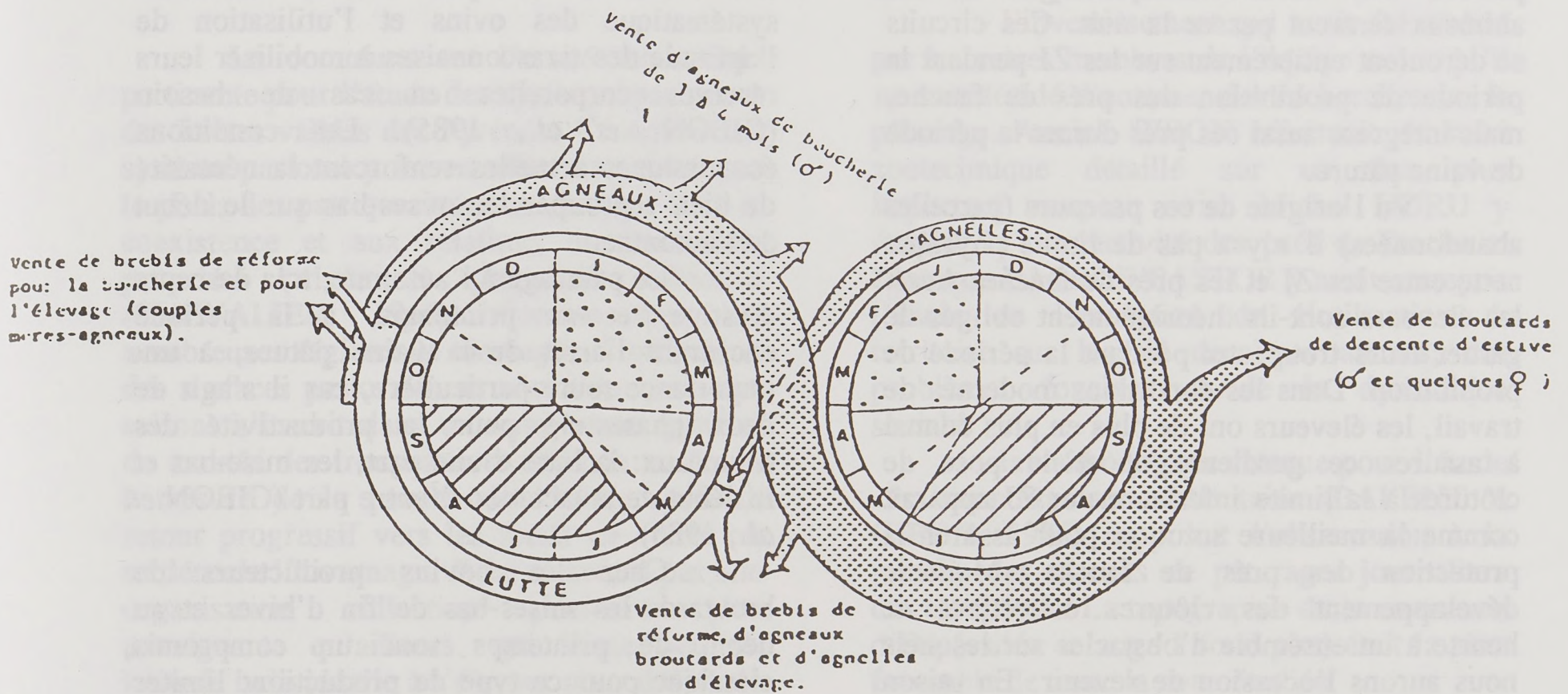
Des prés de fauche, souvent les plus éloignés des villages et surtout les plus pentus, ont eux aussi été abandonnés, en raison des difficultés d'y mécaniser la fenaison. Situés sur les premières pentes des versants, ces anciens prés constituent, entre les communaux et les prés de fauche actuels, une zone de transition qui s'est étendue progressivement vers le fond de la vallée au cours du dernier demi-siècle. Les zones d'anciens prés, dont la fertilité est elle aussi marquée par l'effet résiduel de leur usage antérieur, présentent un aspect différent des anciens champs: les parcelles sont entourées de haies, à partir desquelles l'enfrichement peut gagner progressivement. Comme eux cependant, ils sont utilisés collectivement en pâturage, tout en ayant gardé leur statut juridique initial.

Cette dualité entre statut foncier et mode d'utilisation des ZI est à l'origine de problèmes spécifiques dans leur gestion: elles sont actuellement le support d'activités de type cueillette sans contrôle de leur état et sans entretien de la fertilité, ni possibilité simple d'aménagement en raison du blocage foncier. Leur végétation évolue pourtant rapidement, à cause des conditions écologiques favorables découlant de la conjonction de l'altitude peu élevée et de leur histoire culturelle favorable.

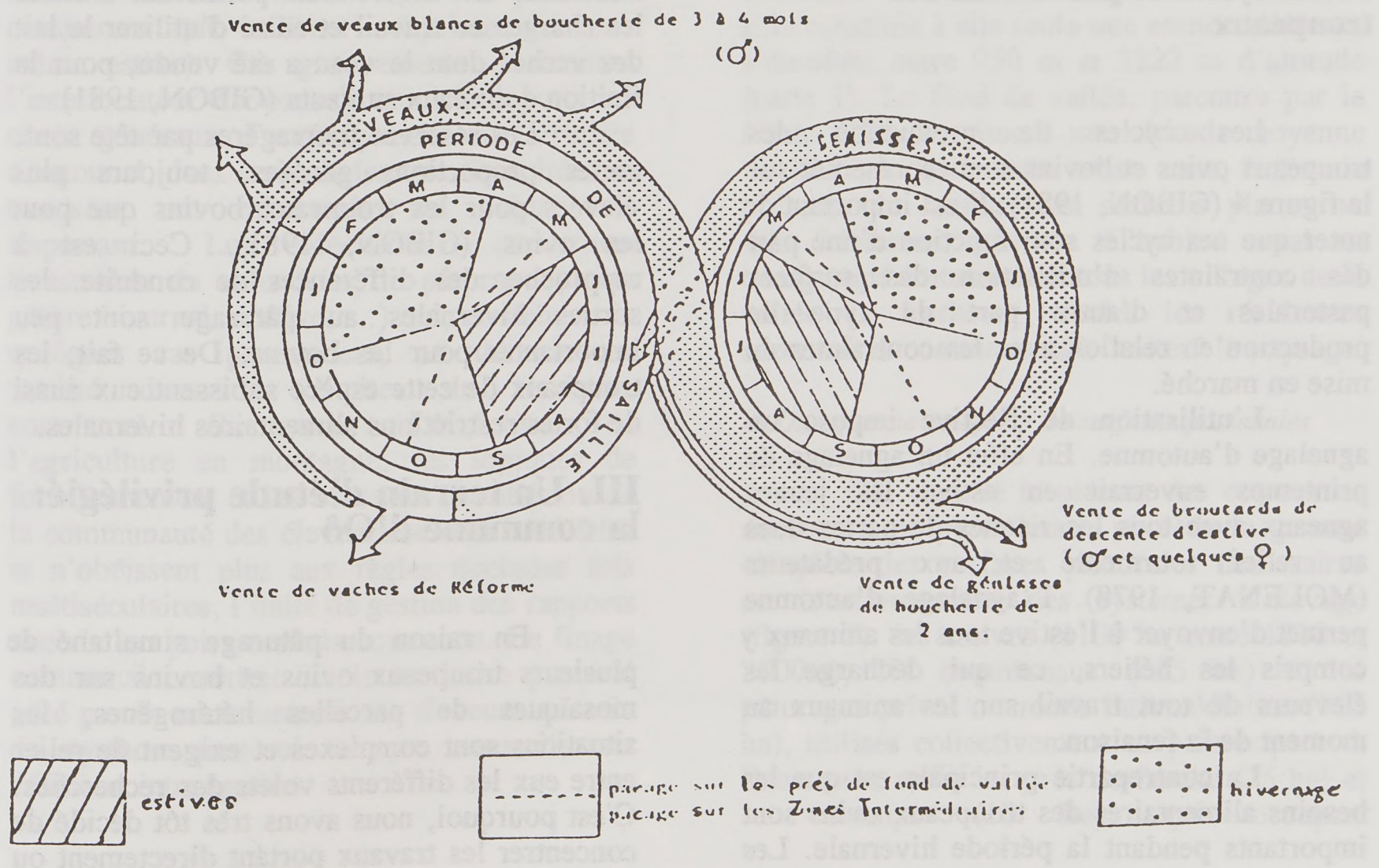
Les ZI sont utilisées en fin d'automne, après la descente d'estive et le pâturage des

Figure 4: Calendriers de production des troupeaux ovins et bovins dans les Pyrénées centrales (d'après GIBON, 1981).

a - ovins



b - bovins



communaux, et en début de printemps immédiatement après la fin de la vaine pâture, mais aussi au courant de l'hiver, quand le temps le permet. Ainsi sont-elles le plus souvent fréquentées par les animaux dans le cadre de circuits journaliers de pâturage qui partent des bâtiments d'élevage où les animaux rentrent passer la nuit. Ces circuits se déroulent entièrement sur les ZI pendant la période de prohibition des prés de fauche, mais intègrent aussi ces prés durant la période de vaine pâture.

Vu l'origine de ces parcours (parcelles abandonnées) il n'y a pas de limite physique nette entre les ZI et les prés de fauche. Aussi les éleveurs sont-ils théoriquement obligés de garder leurs troupeaux pendant la période de prohibition. Dans les conditions modernes de travail, les éleveurs ont de plus en plus de mal à assurer ce gardiennage, et la pose de clôtures à la limite inférieure des ZI apparaît comme la meilleure solution pour assurer la protection des prés de fauche. Mais le développement des clôtures collectives se heurte à un ensemble d'obstacles sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir. En raison du statut privé des ZI, cette pratique demande en particulier une entente entre les éleveurs et l'ensemble des propriétaires. Cette solution est néanmoins adoptée sur un nombre croissant de communes, du moins pour les bovins.

3. Les cycles de production des troupeaux

Les cycles de production des troupeaux ovins et bovins sont représentés sur la figure 4 (GIBON, 1981). Il est important de noter que ces cycles sont fonction d'une part des contraintes d'utilisation des surfaces pastorales et d'autre part du type de production en relation avec les contraintes de mise en marché.

L'utilisation de l'estive impose un agnelage d'automne. En effet un agnelage de printemps enverrait en estive les jeunes agneaux avec tous les risques de pertes dues au relief tourmenté et aux prédateurs (MOLENAT, 1978). L'agnelage d'automne permet d'envoyer à l'estive tous les animaux y compris les béliers, ce qui décharge les éleveurs de tout travail sur les animaux au moment de la fenaison.

La contrepartie principale est que les besoins alimentaires des troupeaux ovins sont importants pendant la période hivernale. Les

chaînes de récolte de foin étant souvent peu performantes et les surfaces fauchées réduites (DURU, 1981), les stocks de fourrage sont en général insuffisants pour alimenter les troupeaux pendant tout l'hiver (GIBON, 1981). Les éleveurs sont conduits à économiser le foin par la sortie hivernale systématique des ovins et l'utilisation de l'aptitude des tarasconnaises à mobiliser leurs réserves corporelles en cas de besoin (GIBON, *et al.*, 1985). Les conditions économiques actuelles renforcent la nécessité de bien regrouper les mises-bas sur le début de l'automne.

Le pâturage à l'automne, à la descente d'estive, et au printemps, à la période encadrant l'arrêt de la vaine pâture, à une importance toute particulière, car il s'agit de deux phases-clé pour la productivité des troupeaux: la lutte d'une part, les mise-bas et le début de la lactation d'autre part (GIBON *et al.*, 1985).

Chez les bovins producteurs de brouards les mises-bas de fin d'hiver et au début de printemps sont un compromis, classique pour ce type de production: limiter au maximum les besoins des animaux pendant l'hiver, demanderait un vêlage tardif de printemps; maximiser le poids des veaux à la descente d'estive exigerait un vêlage précoce d'hiver. Pour la production de veaux de boucherie, aujourd'hui peu répandue, les vêlages étaient par contre répartis sur l'automne et l'hiver. Cela permettait d'étaler les charges en travail et aussi d'utiliser le lait des vaches dont le veau a été vendu, pour la finition des veaux suivants (GIBON, 1981).

Les réserves fourragères par tête sont, toutes proportions gardées, toujours plus élevées pour les troupeaux bovins que pour les ovins (GIBON, 1981). Ceci est à rapprocher des différences de conduite: les sorties hivernales au pâturage sont peu importantes pour les bovins. De ce fait, les troupeaux de cette espèce subissent eux aussi de fortes restrictions alimentaires hivernales.

III. Un terrain d'étude privilégié: la commune d'Oô

En raison du pâturage simultané de plusieurs troupeaux ovins et bovins sur des mosaïques de parcelles hétérogènes, les situations sont complexes et exigent de relier entre eux les différents volets des recherches. C'est pourquoi, nous avons très tôt décidé de concentrer les travaux portant directement ou

indirectement sur le pâturage dans une seule commune, la commune d'Oô (BALENT, 1981).

1. La commune, unité de fonctionnement du système pastoral

La commune est l'entité territoriale pertinente pour l'étude des systèmes pastoraux des hautes vallées des Pyrénées Centrales. Le système pastoral y est en effet caractérisé par le poids des pratiques communautaires lié à la coexistence et aux relations étroites entre propriété privée et propriété collective (CHEVALIER, 1956). Comme dans de nombreuses régions de montagne, l'utilisation des surfaces pastorales au cours du cycle des saisons s'inscrit dans un mouvement général de montée des troupeaux en altitude au fur et à mesure de la pousse de l'herbe, puis de retour progressif vers les fonds de vallée où se déroule l'hivernage. Il est structuré par une organisation collective peut-être plus astreignante qu'ailleurs, qui laisse peu de latitude individuelle à l'éleveur pour définir le calendrier fourrager général de son troupeau et les modalités d'utilisation de ses prés de fauche. La gestion du système pastoral était autrefois discutée dans le cadre des délibérations du conseil municipal. Elle est maintenant le plus souvent le fait des groupements pastoraux, qui rassemblent les éleveurs de la commune (ou de plusieurs communes qui utilisent conjointement une même estive). Ces groupements deviennent l'interlocuteur du conseil municipal pour les choix généraux d'aménagement du territoire communal, dans lesquels les questions liées au tourisme ont désormais un poids très important. Les décisions concernent l'ensemble du calendrier de pâturage (vaine pâture hivernale, estive, ...) qui, en dehors de quelques cas particuliers, se déroule en totalité dans les limites du territoire communal. Si, avec l'évolution de l'agriculture en montagne, les logiques de fonctionnement et les bases de la cohésion de la communauté des éleveurs se sont modifiées et n'obéissent plus aux règles quelques fois multiséculaires, l'unité de gestion des rapports avec le territoire reste la commune. Le finage communal constitue ici le territoire pastoral géré par la communauté des éleveurs au sein du système pastoral tel que nous l'avons défini en introduction.

2. La commune d'Oô

a) Les raisons du choix de cette commune

La commune d'Oô a été retenue pour deux raisons principales:

- l'investissement qui avait été réalisé par les autres membres de l'équipe avant qu'il ne soit décidé d'entamer des recherches sur le pâturage. Annick GIBON effectuait un suivi zootechnique détaillé sur un des plus importants troupeaux ovin. Michel DURU y étudiait la productivité des prés de fauche et Monique BARRUE-PASTOR y avait entrepris l'étude de l'évolution de l'utilisation du territoire sur les 50 dernières années, des problèmes fonciers et de la dynamique sociale.

- la méthodologie retenue pour l'étude du comportement alimentaire (BALENT & GIBON, 1986) supposait l'observation à la jumelle des circuits de pâturages journaliers des troupeaux. La topographie de la commune d'Oô (vallée en auge à fond plat) était la plus favorable de toute la zone étudiée.

b) Une commune qui est aussi une vallée

La commune d'Oô est située à l'extrême sud du département de la Haute-Garonne, en bordure de la frontière espagnole; ses 3502 ha en font la plus grande commune du canton de Bagnères de Luchon. Elle constitue à elle seule une entité valléenne, s'étendant entre 950 m et 3222 m d'altitude (carte 1). Le fond de vallée, parcouru par la Neste d'Oô, se situe à une altitude moyenne de 1000 m. Dans cette même zone, le terrain présente de nombreuses surfaces planes ou très faiblement pentues. L'habitat rural est très groupé comme dans tous les villages de la vallée du Larboust, seules les résidences secondaires commencent à "miter" le paysage.

c) Une gamme complète de surfaces pastorales

Oô, comme la plupart des communes de cette zone pyrénéenne, possède la gamme complète des surfaces pastorales nécessaires au fonctionnement des systèmes d'élevage (figure 5): les estives (1100 ha entre 1500 et 3000m), les communaux (635 ha) et les pâturages privés ou zones intermédiaires (115 ha), utilisés collectivement au printemps et à l'automne; enfin les prés de fauche (75 ha) et les champs (10 ha), qui occupent

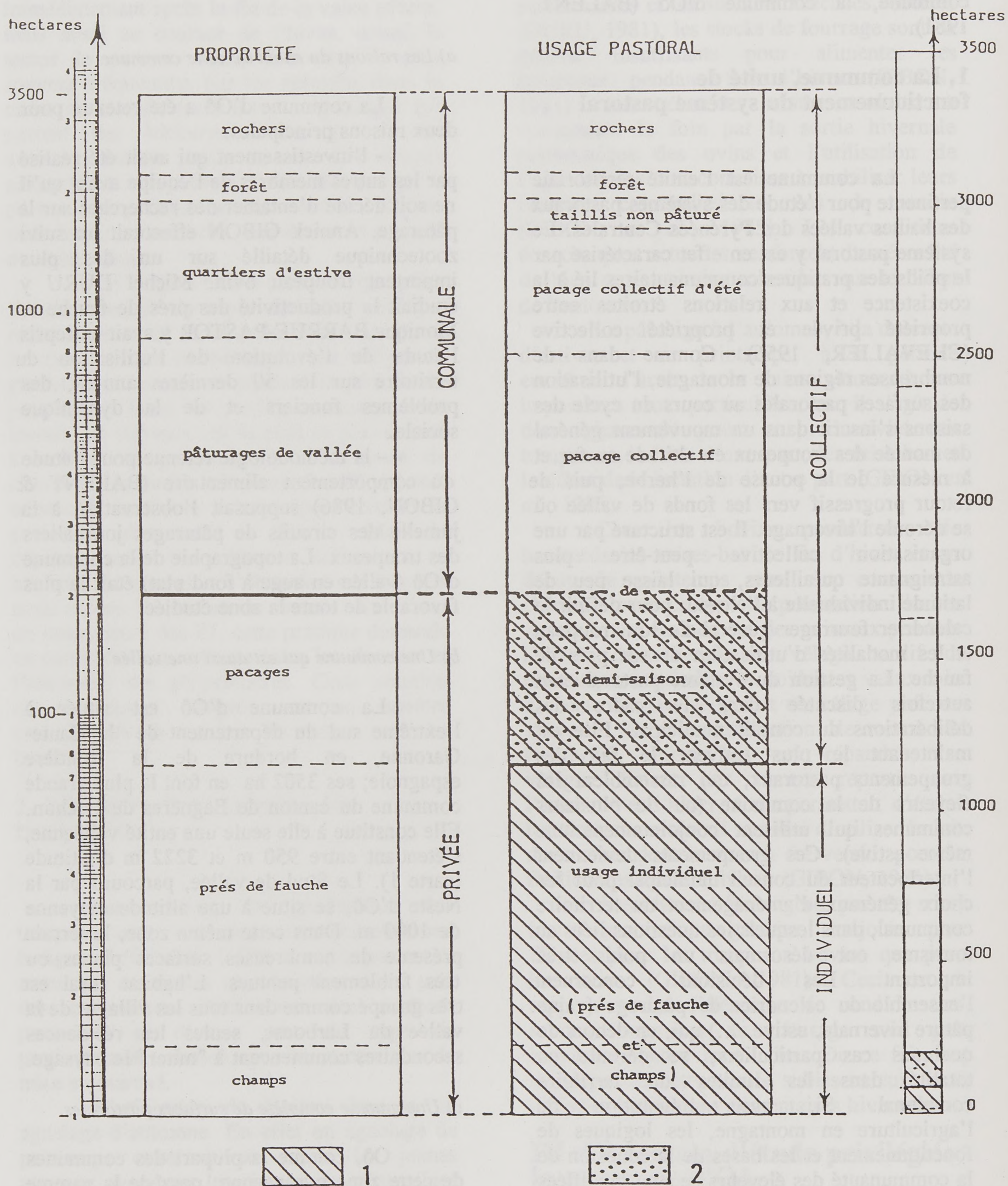


Figure 5: Propriété foncière et usage pastoral du finage de la commune d'Oô - 1: vaine pâture hivernale - 2: Zones Intermédiaires (d'après BALENT et BARRUE-PASTOR, 1986).

exclusivement les parties plates ou très faiblement pentues du fond de vallée et qui font l'objet d'une double utilisation, individuelle (durant la période de récolte des foin et des céréales), et collective (vaine pâture hivernale).

d) Une agriculture encore dynamique

La répartition de la propriété foncière (tableau 1) traduit l'importance des territoires communaux (94% de la surface) et l'exiguïté des structures agricoles. Une centaine de propriétaires se partage les 197 ha de superficie cadastrée (2), mais la commune ne compte en 1980 que 16 exploitations dont la SAU (surface agricole utile) varie de 3 à 16 ha.

Bien que marquée comme les autres communes par la dépopulation et la déprise de l'activité agricole, la commune d'Oô a conservé un potentiel agricole parmi les plus importants du canton de Bagnères de Luchon. Les 16 exploitations possèdent 145 bovins et 880 ovins adultes, dont 120 et 450 respectivement sont hivernés sur place. Les systèmes de production ovin et bovin sont uniquement orientés vers la production de viande. Cette commune présente une grande diversité de structures d'exploitations et de types d'exploitants (tableau 2), surtout si on se réfère à leurs projets professionnels (BARRUE-PASTOR, 1980). L'installation récente de jeunes agriculteurs y pose avec acuité la question du devenir de l'élevage, dans cette zone par ailleurs marquée par une relance des activités touristiques et thermales liées à la proximité de Bagnères de Luchon.

3. Les grands traits de l'évolution du système pastoral

a) La déprise agricole

La vallée d'Oô enregistre, entre 1850 et 1900, une perte de 40% de sa population (figure 6) alors que la plupart des autres composantes du système agro-pastoral restent

2. Toute la surface de la commune est cadastrée, mais pour des raisons de commodité de langage nous réservons ce terme aux parcelles en propriété privée, numérotées sur le cadastre, par opposition aux sections communales non numérotées. La surface cadastrée ainsi définie représente donc la surface maximum appropriée au milieu du XIX^e siècle.

stables. Avec l'exode, la pression sur le territoire diminue ainsi que les moyens en main-d'oeuvre. Les terres labourées commencent à diminuer au début du siècle au profit des surfaces fauchées. La mise en place de systèmes d'élevage de bovins et d'ovins pour la viande s'accompagne de l'utilisation de nouvelles races plus exigeantes en nourriture. Les prés de fauche ne commencent à diminuer de façon significative qu'après les années 1950 sous les effets de la chute du nombre d'animaux et du développement de la mécanisation qui entraîne l'abandon des parcelles trop pentues. Au total, la surface cultivée passe de 100 à 10 hectares, la surface fauchée de 100 à 75 hectares.

L'évolution conjointe des surfaces cultivées et fauchées se traduit par la marginalisation progressive d'une partie de la SAU. Sur l'ensemble du territoire en propriété privée (à l'origine en champs et prés) utilisé jusqu'en 1925, 77% le sont encore en 1960. En 1980 les champs et les prés de fauche ne représentent plus que 40 à 45% de la surface en propriété privée. Les Zones Intermédiaires représentent à Oô plus d'une centaine d'hectares. Les parcelles abandonnées en priorité sont les plus pentues et/ou les plus éloignées du village. La pression d'utilisation se concentre ainsi vers le fond de la vallée, sur les surfaces les plus planes et aux abords immédiats du village comme nous l'avons montré (BALENT & BARRUE-PASTOR, 1986; BALENT, 1987). En fait, c'est l'ensemble du territoire de fond de vallée qui a été modifié dans ses affectations agricoles.

b) La baisse générale de la fertilité des surfaces pastorales

La fertilisation des surfaces de fond de vallée a toujours été liée à un mécanisme de transfert des éléments fertilisants des surfaces pâturées vers les surfaces cultivées. FERAL (1977) présente l'élevage en ces termes: "Un élevage extensif d'herbivores enlevant sans cesse les éléments fertilisants des vacants (pâturages communaux) et des bois pour en gaver de leur fientes les rares terres labourables".

Au début du siècle (figure 7), les exportations provenaient de vastes surfaces communales et avaient peu de conséquences sur l'évolution de leur fertilité comme LOISEAU (1983) l'a montré dans le Massif Central même si des problèmes d'érosion se

		Superficie	Propriété Communale		Propriété Privée		Propriété
		Totale	Total	dont Forêt	Totale	dont Forêt	Domaniale
Vallée du Larboust	ha	12 983	11 241	1 862	1 718	51	24
	%	100	86,6	-	13,2	-	0,2
Dont Commune d'Oô	ha	3 502	3 305	462	197	4	-
	%	100	94,4	-	5,6	-	-

Tableau 1: Répartition de la propriété foncière dans la commune d'Oô (RGA, 1980) (d'après BALENT et BARRUE-PASTOR, 1986).

	Moyens (1)	Intermédiaires (2)	Marginalisés (3)	Double- Actifs (4)	Jeunes en phase d'installation (5)
Age moyen	44	59	66,5	45	31
S A U + Totale	13,5	8,8	5,7	5,6	7,5
Moyenne Z en propriété	48	77	42	20	30
U.G.B. Effectif moyen	48	15,2	10,7	13,6	20,5
Nombre d'exploitations	2	3	4	5	2
Superficie des exploi- tations					
+ 3 à 6 ha		1	3	3	
+ 6,1 à 11ha		2	1	2	2
+ 11,1 à 16h	2				
Système de Produc- tions					
+ Ovin				1	
+ Bovin	1	2	2	2	1
+ Mixte	1	1	2	2	1

Tableau 2: Typologie des exploitants agricoles et structure des exploitations (d'après BALENT et BARRUE-PASTOR, 1986).

sont posés ici ou là (Cf. Archives RTM - Restauration des Terrains de Montagne-).

En contre partie, le nombre important d'animaux hivernés permettait d'apporter des quantités considérables de fumier sur les prés de fauche (20 t/ha/an) et sur les champs (40 t/ha/an). De plus la pratique du parcage nocturne des troupeaux ovins était courante et permettait de fertiliser les champs et les prés les moins accessibles.

Aujourd'hui, le glissement vers le bas, au sein du territoire communal, de ce mécanisme de transfert est un élément essentiel de la modification de la gestion des éléments fertilisants. Les activités de pâturage, pendant la période de prohibition des prés de fauche, se concentrent maintenant sur les Zones Intermédiaires et l'essentiel du transfert des fertilisants se fait donc entre les ZI et les prés de fauche. La disparition du parcage des ovins, la diminution du nombre d'animaux donc des quantités de fumier disponibles ont modifié la gestion de la fertilité des surfaces. L'ensemble de ces modifications fait qu'aujourd'hui, la fertilité décroît régulièrement sur l'ensemble des surfaces pastorales (DURU & BALENT, 1985):

(1) Sur les ZI

Les zones uniquement pâturées (communaux, anciens prés, anciens champs) ne reçoivent actuellement aucune fertilisation. Les animaux en consomment l'herbe et exportent une partie des éléments fertilisants; ils n'en restituent par leurs déjections qu'une faible partie (30 à 40% si on adapte les résultats de KAJAK, 1974) d'autant moins que, rentrés la nuit, ils laissent dans les bâtiments un fumier qui n'est ensuite épandu que sur les champs et les prés de fauche. Dans ces conditions, la fertilité des pâturages ne peut que décroître comme le montre le gradient de productivité et de VP selon l'histoire culturelle (figure 8).

(2) Les prés de fauche

La production des prairies de fauche est déterminée par la fumure et l'histoire culturelle de la parcelle. Quand un champ est transformé en pré de fauche, sa productivité annuelle en matière sèche est très élevée au départ, en raison des réserves importantes en éléments fertilisants dues aux pratiques de fumure des cultures. Elle baisse ensuite de manière exponentielle pendant 20 à 25 ans

pour se stabiliser à un niveau en équilibre avec la fumure apportée. Pour les parcelles les plus fertiles et les plus utilisées les éleveurs ne compensent pas les exportations et puisent dans les réserves de la parcelle. Durant les premières années d'utilisation de la parcelle, les agriculteurs obtiennent ainsi un "surplus" de récolte. Ils exploitent une rente de situation héritée des modes de mise en valeur antérieurs.

c) Abandon de l'obligation de gardiennage

L'abandon de l'obligation de gardiennage sur les surfaces de fond de vallée a suivi de peu la disparition de la présence permanente de bergers et de vachers communaux, désormais recrutés pour la seule période d'estive. Il s'agit d'une évolution déterminante des pratiques de pâturage; la diversification sociale des éleveurs, de leurs objectifs de production et de leurs conduites de troupeaux, semble être une des causes principales (BARRUE-PASTOR *et al.*, 1982; BALENT et BARRUE-PASTOR, 1986). En dehors de la période d'estive, la liberté d'utilisation du territoire de la commune par les troupeaux est totale, et on assiste à de nombreux essais d'appropriation individuelle de circuits de pâturage. Chaque éleveur développe sa propre stratégie en fonction de ses objectifs, selon qu'il tienne à conserver l'individualité de son troupeau ou qu'il recherche des associations avec d'autres; selon qu'il en assure lui-même la surveillance, qu'il le confie à un berger ou un vacher, ou qu'il abandonne le gardiennage.

Le choix individuel des circuits, l'abandon du gardiennage, entraînent une mauvaise répartition des charges sur les pâturages. Les animaux qui pâturent en liberté sont attirés vers les parties du territoire ayant la meilleure végétation et le maximum d'herbe verte (ARNOLD & DUDZINSKI, 1978; LOW *et al.*, 1981) et concentrent leur fréquentation sur les surfaces les plus fertiles et les mieux entretenues (les prés de fauche et les anciens champs). En délaissant les zones marginales abandonnées depuis longtemps par la culture et la fauche, ils y accélèrent le processus d'enfrichement.

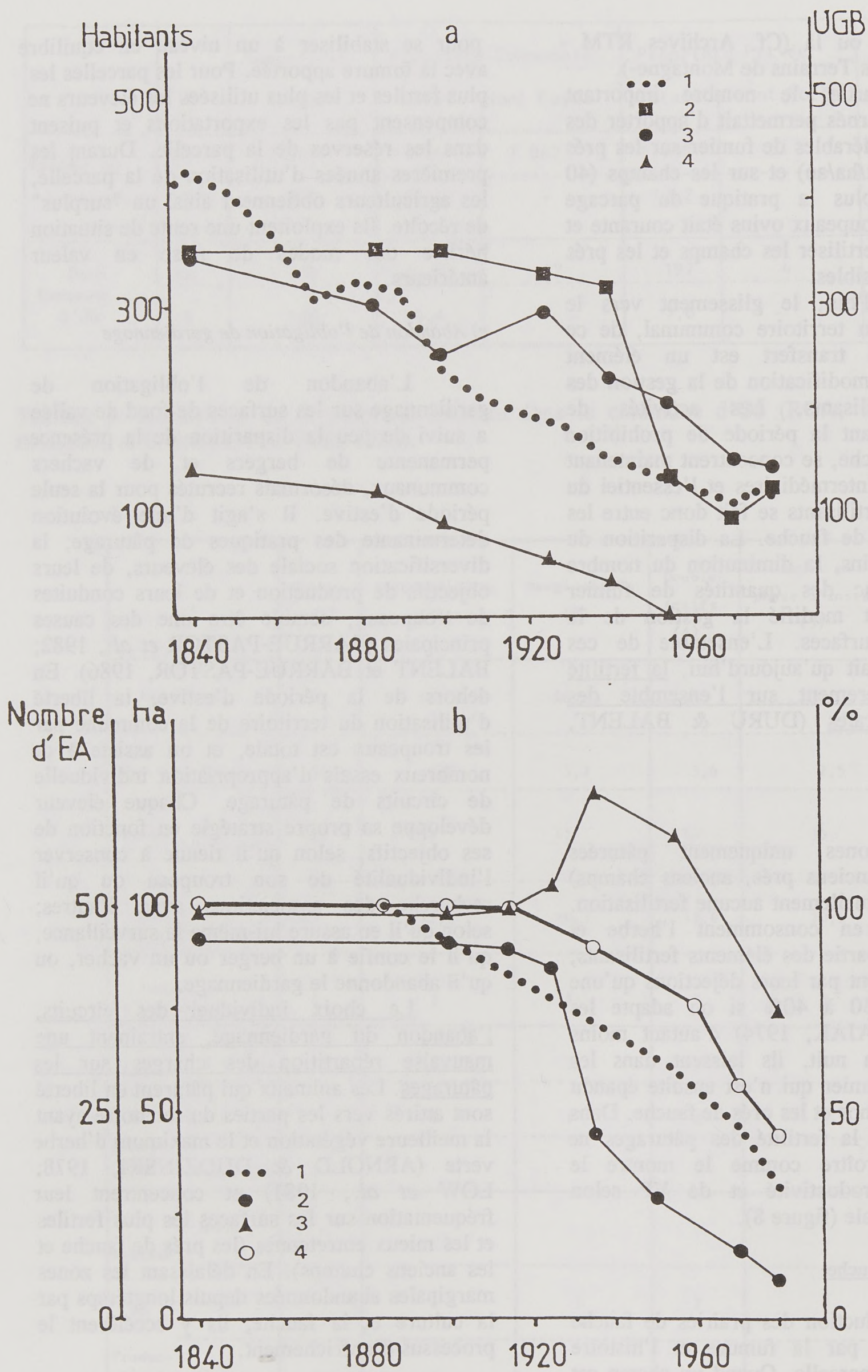


Figure 6: Evolution des principales composantes du système pastoral dans la vallée d'Oô (d'après BALENT et BARRUE-PASTOR, 1986). (a): 1 = Nombre d'habitants; 2 = Ovins; 3 = Bovins; 4 = Chevaux. (b): 1 = Nombre d'exploitations agricoles; 2 = Champs; 3 = Prés de fauche; 4 = Pourcentage de la SAU utilisée de la vallée pour la culture et la fauche.

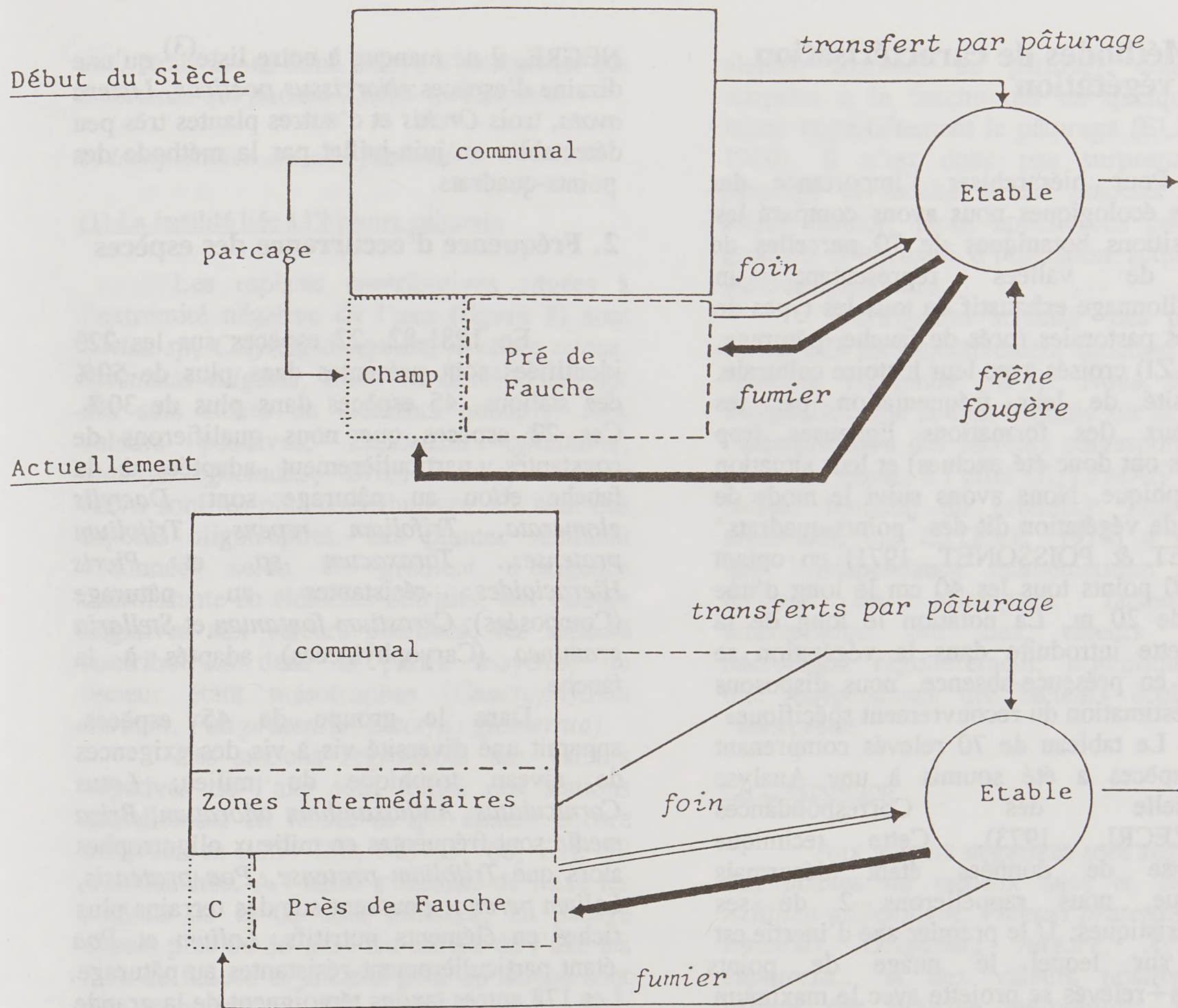


Figure 7: Gestion des éléments fertilisants dans le système agro-pastoral des Pyrénées centrales à la fin du XIX^e siècle et de nos jours (d'après BALENT et DURU, 1984).

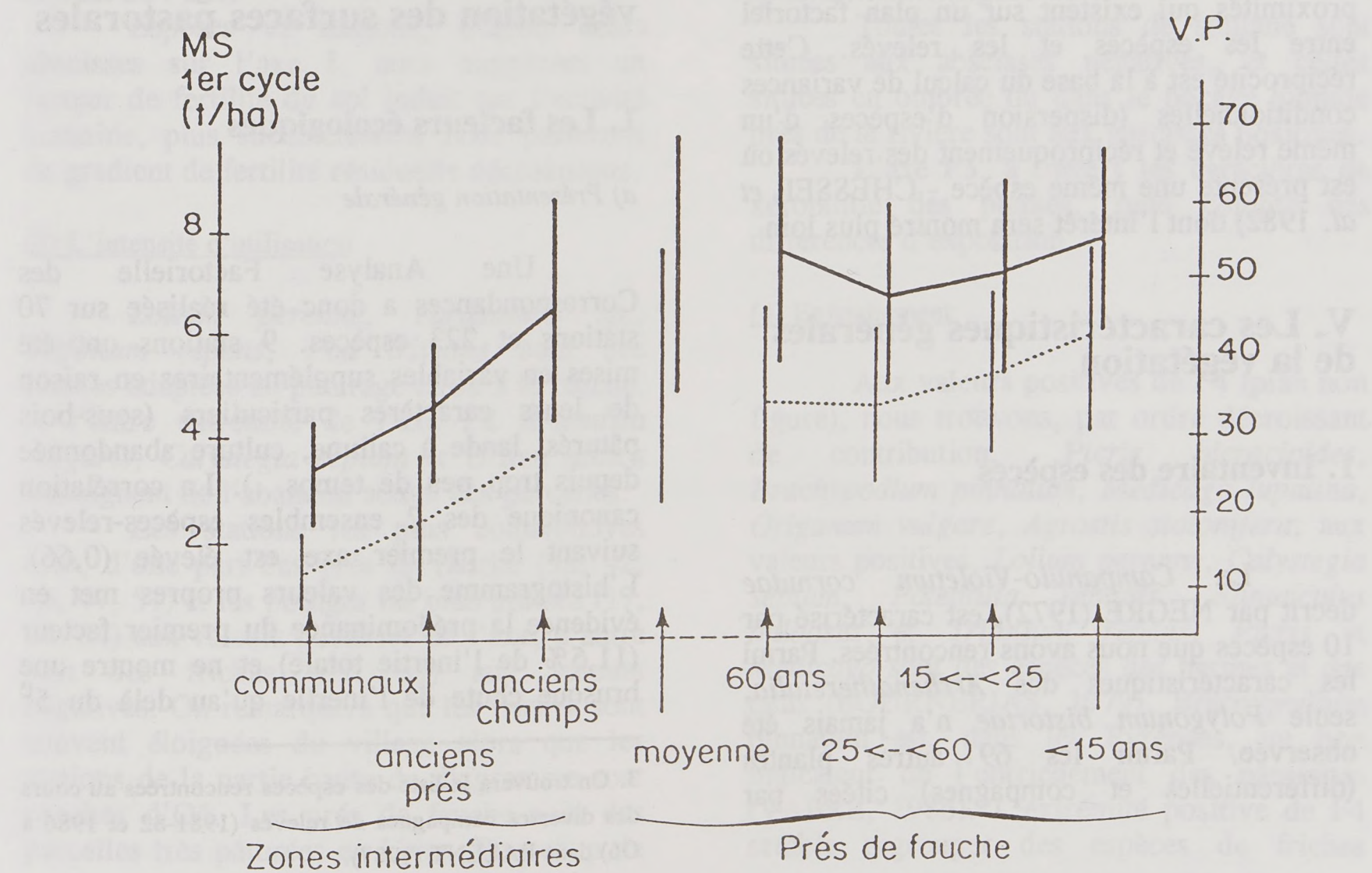


Figure 8: Valeur pastorale (trait plein) et production de matière sèche au 1^{er} cycle (trait pointillé) en fonction de l'histoire culturelle (d'après BALENT et DURU, 1984).

IV. Méthodes de caractérisation de la végétation

Pour hiérarchiser l'importance des facteurs écologiques nous avons comparé les compositions botaniques de 70 parcelles de fond de vallées représentant un échantillonnage exhaustif de tous les types de surfaces pastorales (prés de fauche, pâturage, friche, ZI) croisés avec leur histoire culturelle, l'intensité de leur fréquentation par les troupeaux (les formations ligneuses trop fermées ont donc été exclues) et leur situation géographique. Nous avons suivi le mode de relevé de végétation dit des "points-quadrats" (DAGET & POISSONET, 1971) en optant pour 50 points tous les 40 cm le long d'une ligne de 20 m. La notation le long de la baïonnette introduite dans la végétation se faisant en présence-absence, nous disposons d'une estimation du recouvrement spécifique.

Le tableau de 70 relevés comprenant 223 espèces a été soumis à une Analyse Factorielle des Correspondances (BENZECRI, 1973). Cette technique d'analyse de données étant désormais classique, nous rappellerons 2 de ses caractéristiques: 1/ le premier axe d'inertie est celui sur lequel le nuage de points espèces + relevés se projette avec le maximum de dispersion (corrélation maximale et ordination optimale); 2/ la réciprocité de l'ordination permet d'interpréter les proximités qui existent sur un plan factoriel entre les espèces et les relevés. Cette réciprocité est à la base du calcul de variances conditionnelles (dispersion d'espèces d'un même relevé et réciproquement des relevés où est présente une même espèce - CHESSEL *et al.* 1982) dont l'intérêt sera montré plus loin.

V. Les caractéristiques générales de la végétation

1. Inventaire des espèces

Le *Campanulo-Violetum cornutae* décrit par NEGRE (1972), est caractérisé par 10 espèces que nous avons rencontrées. Parmi les caractéristiques des *Arrhenatheretalia*, seule *Polygonum bistortae* n'a jamais été observée. Parmi les 69 autres plantes (différentielles et compagnes) citées par

NEGRE, il ne manque à notre liste⁽³⁾ qu'une dizaine d'espèces: *Narcissus poeticus*, *Listera ovata*, trois *Orchis* et d'autres plantes très peu détectables en juin-juillet par la méthode des points-quadrats.

2. Fréquence d'occurrence des espèces

En 1981-82, 22 espèces sur les 223 identifiées sont présentes dans plus de 50% des stations, 45 espèces dans plus de 30%. Ces 22 espèces que nous qualifierons de constantes, particulièrement adaptées à la fauche et/ou au pâturage sont: *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*... *Taraxacum* sp. et *Picris Hieracioides* résistantes au pâturage (Composées); *Cerastium fontanum* et *Stellaria graminea* (Caryophyllacées) adaptés à la fauche.

Dans le groupe de 45 espèces, apparaît une diversité vis à vis des exigences de niveau trophique du milieu: *Lotus Corniculatus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Briza media* sont fréquentes en milieux oligotrophes alors que *Trifolium pratense*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne* poussent sur des terrains plus riches en éléments nutritifs, *Lolium* et *Poa* étant particulièrement résistantes au pâturage. Les 178 autres taxons témoignent de la grande richesse floristique de ces prairies.

VI. Les facteurs influençant la végétation des surfaces pastorales

1. Les facteurs écologiques

a) Présentation générale

Une Analyse Factorielle des Correspondances a donc été réalisée sur 70 stations et 223 espèces. 9 stations ont été mises en variables supplémentaires en raison de leurs caractères particuliers (sous-bois pâturés, lande à callune, culture abandonnée depuis trop peu de temps...). La corrélation canonique des 2 ensembles espèces-relevés suivant le premier axe est élevée (0,66). L'histogramme des valeurs propres met en évidence la prédominance du premier facteur (11,5% de l'inertie totale) et ne montre une brusque chute de l'inertie qu'au delà du 5^e

3. On trouvera la liste des espèces rencontrées au cours des diverses campagnes de relevés (1981-82 et 1986 à Oô) dans BALENT (1987).

axe. Nous avons donc essayé d'interpréter ces 5 facteurs qui portent 32,6% de l'inertie.

b) Interprétation des axes factoriels

(1) La fertilité liée à l'histoire culturale

Les espèces contributives situées à l'extrémité négative de l'axe (figure 9) sont *Urtica sp*, *Calystegia sepium*, *Arctium minus*, *Artemisia vulgaris*. Elles se développent sur des sols riches en éléments nutritifs. Aux valeurs positives, *Euphrasia officinalis*, *Stachys officinalis*, *Briza media*, *Festuca rubra* sont les plus contributives. Ce sont des espèces oligotrophes. Les plantes semblent ordonnées selon un gradient d'exigence décroissante en éléments nutritifs, des valeurs négatives aux valeurs positives, les espèces contributives dans la partie moyenne du facteur étant mésotrophes (*Chaerophyllum aureum*, *Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*).

Les stations regroupées aux valeurs négatives de l'axe sont toutes des stations actuellement en friche et qui étaient encore cultivées en 1954 (50, 52, 53, 60, 63), 59 était fauchée. A l'autre extrémité de l'axe les stations 05 et 02 sont utilisées, en pacage depuis plus de 35 ans. Au milieu de l'axe les prés de fauche et anciens prés de fauche sont peu contributifs. Les stations sont donc ordonnées selon un passé culturel qui suppose une fertilité résiduelle du sol décroissante vers le haut de l'axe.

Espèces et stations, d'après leurs abscisses sur l'axe I, nous suggèrent un facteur de fertilité du sol induit par l'activité humaine, plus succinctement nous parlerons de gradient de fertilité résiduelle décroissante.

(2) L'intensité d'utilisation

Lolium perenne, *Taraxacum sp.*, *Trifolium repens*, *Poa trivialis* sont des plantes adaptées au pâturage et/ou à la fauche. A l'autre extrémité de l'axe F2 *Artemisia vulgaris*, *Calystegia sepium* et *Urtica dioica* témoignent de l'abandon actuel des parcelles.

Les stations les plus contributives sont, d'une part des prés de fauche (38, 42, 45, 47, 51) et les pacages les plus utilisés (17, 14, 24) aux valeurs positives de l'axe, d'autre part des friches (59, 60) aux valeurs négatives. On remarquera que les friches sont souvent éloignées du village alors que les stations de la partie haute du diagramme sont proches d'Oô. Les prés de fauche sont des parcelles très pâturées en hiver. Beaucoup de

plantes adaptées au pâturage sont aussi adaptées à la fauche qui en quelque sorte mime imparfaitement le pâturage (ELLISON, 1960). Il n'est donc pas surprenant que pâturage et fauche soient associés sur un même facteur. Nous appellerons ce facteur gradient d'intensité d'utilisation actuelle des surfaces pastorales.

"L'utilisation actuelle" des parcelles (selon F2) est objectivement fonction de leur "fertilité résiduelle" (F1). Nous émettons l'hypothèse que ce lien formulé sur la base de l'interprétation des facteurs correspond, pour partie au moins, à l'effet GUTTMAN (second facteur fonction du premier). Pour partie seulement, car ESTEVE (1978) a souligné que l'indépendance mathématique obtenue lorsque les principaux facteurs de structuration ont des valeurs propres décroissant régulièrement, n'impliquait pas une indépendance des facteurs écologiques "interprétés".

(3) L'exposition

Aux valeurs négatives sont regroupées des plantes de milieux secs et chauds : *Achillea millefolium*, *Phleum pratense*, *Seseli libanotis*, *Origanum vulgare*, *Agrimonia eupatoria*... et aux valeurs positives des plantes des prairies mésophiles: *Succisa pratensis*, *Ranunculus acris*, *Lathyrus pratensis*, *Alchemilla vulgaris*, *Heracleum sphondylium*...(figure 10).

Toutes les stations de soulane sont situées aux abscisses négatives, et celles situées en ombrée ou dans le bocage humide près de la rivière sont aux abscisses positives.

L'axe F3, à travers les caractères de xérophilie des plantes, rend compte des différences d'exposition.

(4) Enfrichement

Aux valeurs positives de F4 (plan non figuré), nous trouvons, par ordre décroissant de contribution, *Picris hieracioides*, *Brachypodium pinnatum*, *Medicago lupulina*, *Origanum vulgare*, *Agrostis stolonifera*; aux valeurs positives, *Lolium perenne*, *Calystegia sepium*, *Potentilla reptans*, *Ranunculus bulbosus* et *Trifolium repens*. *Picris* et *Medicago* sont des espèces des bermes et des talus (BOURNERIAS, 1979). *Brachypodium pinnatum* est, dans les Pyrénées, un bon indicateur de l'enfrichement des pâturages (VABRE, 1986). L'extrémité positive de F4 semble regrouper des espèces de friches

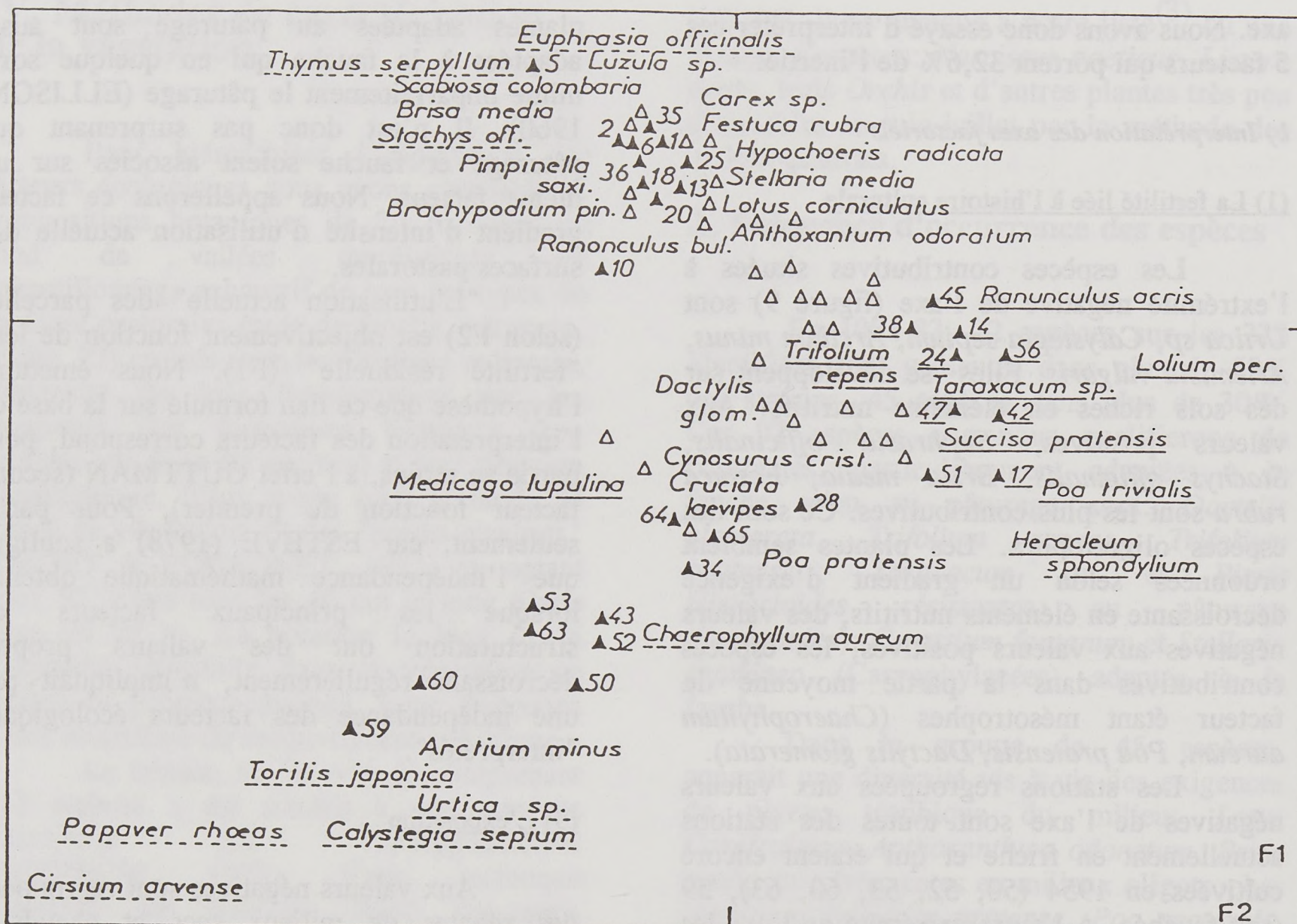


Figure 9: Plan factoriel (F1, F2). Les espèces soulignées avec des tirets contribuent à l'axe F1, avec un trait continu, à l'axe F2.

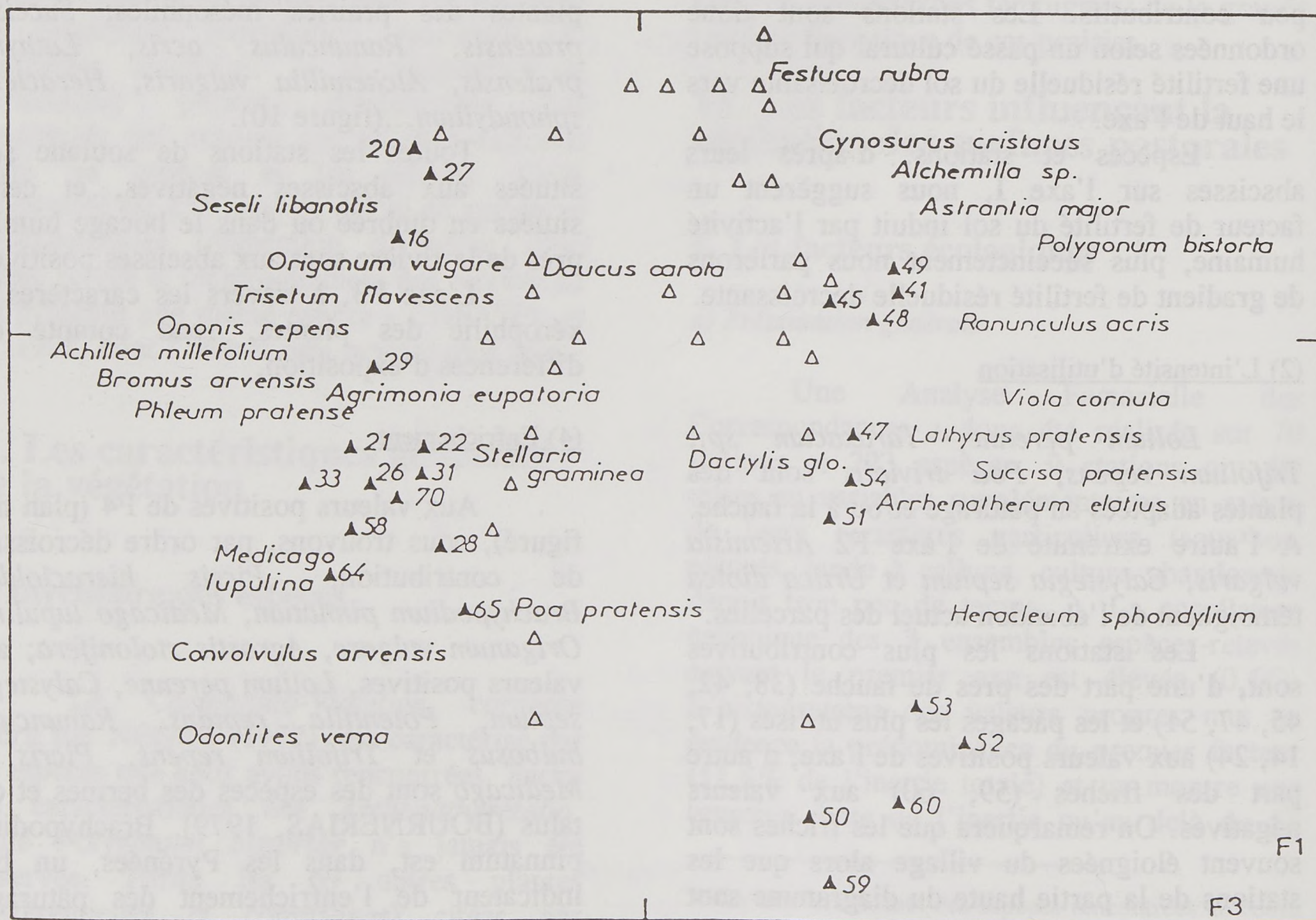


Figure 10: Plan factoriel (F1-F3). Seules les espèces et les parcelles contributives à l'axe F3 sont représentées.

nitrophiles et oligotrophes. Aux valeurs négatives, toutes les espèces sont adaptées au piétinement. BROWN & EVANS (1973) classent *Lolium perenne* et *Trifolium repens* comme les deux espèces fourragères les plus résistantes au pâturage.

Les stations confirment cette interprétation. Aux valeurs positives on trouve 4 stations (3,9,10,12) qui sont des pacages pauvres envahis par les ligneux (*Fraxinus excelsior*, *Crataegus monogyna*) et 3 stations (33,58,64) qui sont des champs abandonnés depuis peu et envahis par *Urtica dioica* et *Arctium minus*. A l'opposé les stations sont situées dans le bas de la soulane dans un des secteurs les plus pâturés de la vallée ou sur des anciens champs situés au milieu de prés de fauche donc très pâturés. Ces deux types de parcelles ont des végétations très rases pendant la saison de pâturage. L'axe F4 oppose les zones en friches à celles à végétation rase et homogène.

(5) Le facteur F5

L'axe F5 (non figuré) oppose des espèces comme *Arrhenatherum elatius*, *Succisa pratensis*, *Heracleum sphondylium*, *Rhinantus minor*, *Ranunculus acris*, c'est-à-dire des espèces de prés de fauche à *Brachypodium pinnatum*, *Agrostis stolonifera*, *Lolium perenne*, *Prunella vulgaris*, *Sanguisorba officinalis* ou *Potentilla sterilis* qui sont soit des espèces de pelouses en voie de colonisation par les ligneux suite à l'abandon du pâturage, soit des espèces de prairies très pâturées. Cette opposition est confirmée par les stations, les prés de fauche s'opposant aux pacages en friche (3,9,10,12) et aux parcelles les plus fréquentées (14,24,17).

Il est difficile de proposer une interprétation satisfaisante pour ce facteur que les résultats de l'AFC nous obligent à prendre en compte pour l'établissement de typologies. Nous y reviendrons ultérieurement.

2. Typologie des stations

D'après l'histogramme des indices de niveau de la hiérarchie, l'ensemble des stations est divisé en 6 classes (5 niveaux sont nettement détachés). Cependant la dernière classe contenant 21 des 61 stations, nous avons pris en compte les deux niveaux suivants de la hiérarchie qui la divisent en 3 sous-classes. Au total, nous avons étudié les 8 premières classes qui représentent 80% de

l'inertie du nuage. La structure de l'arbre hiérarchique ainsi que plusieurs variables descriptives des stations composant chacune des classes sont présentées sur la figure 11. Pour chaque dichotomie, nous avons reporté sur l'arbre hiérarchique les plus fortes contributions relatives des facteurs aux classes (Procédure CNCAFA-ADDAD, 1986).

a) Les friches post-culturelles

La première dichotomie sépare la classe 109 (4) de l'ensemble des autres stations. Cette classe est très fortement liée aux valeurs négatives de F1 (forte fertilité) et de F2 (faible niveau d'utilisation). Les 7 stations qui la composent sont toutes des friches post-culturelles récentes. La liste des espèces les plus abondantes en témoigne avec la présence de *Chaerophyllum aureum*, *Calystegia sepium*, *Urtica dioica* et *Artemisia vulgaris*.

b) Les pelouses oligotrophes

Le noeud suivant sépare les stations utilisées intensivement de deux classes de faible fertilité et peu utilisées. Ces deux classes sont séparées par F4, la classe 110 est liée aux valeurs négatives (enfrichement important) et la classe 114 très peu fertile et peu utilisée, aux valeurs positives (faciès herbacé). La classe 110 est composée de stations d'histoire culturelle variée. La présence de *Brachypodium pinnatum* parmi les espèces les plus fréquentes indique l'abandon du pâturage et l'évolution vers la friche ligneuse. La classe 114 est celle ayant la plus forte abscisse sur F1. Elle regroupe les parcelles les moins fertiles, beaucoup d'anciens prés de fauche, un ancien champ abandonné depuis très longtemps et des stations qui ont toujours été utilisées en pacage. Il s'agit de pelouses pauvres à *Festuca rubra* et *Agrostis capillaris*. On y trouve de nombreuses espèces typiques de ces milieux (*Sanguisorba minor*, *Galium verum*, *Thymus serpyllum*, *Pimpinella saxifraga*) et en particulier les graminées mésotrophes (*Anthoxanthum odoratum*, *Briza media*).

4. La CAH d'un ensemble de N individus numérote les niveaux de la hiérarchie depuis N+1 qui regroupe les deux premiers individus agrégés ensemble jusqu'à 2N-1 qui regroupe l'ensemble des N individus de la population. Dans l'exposé nous avons conservé aux classes les numéros attribués par la hiérarchie car ils renseignent sur l'ordre de leur établissement.

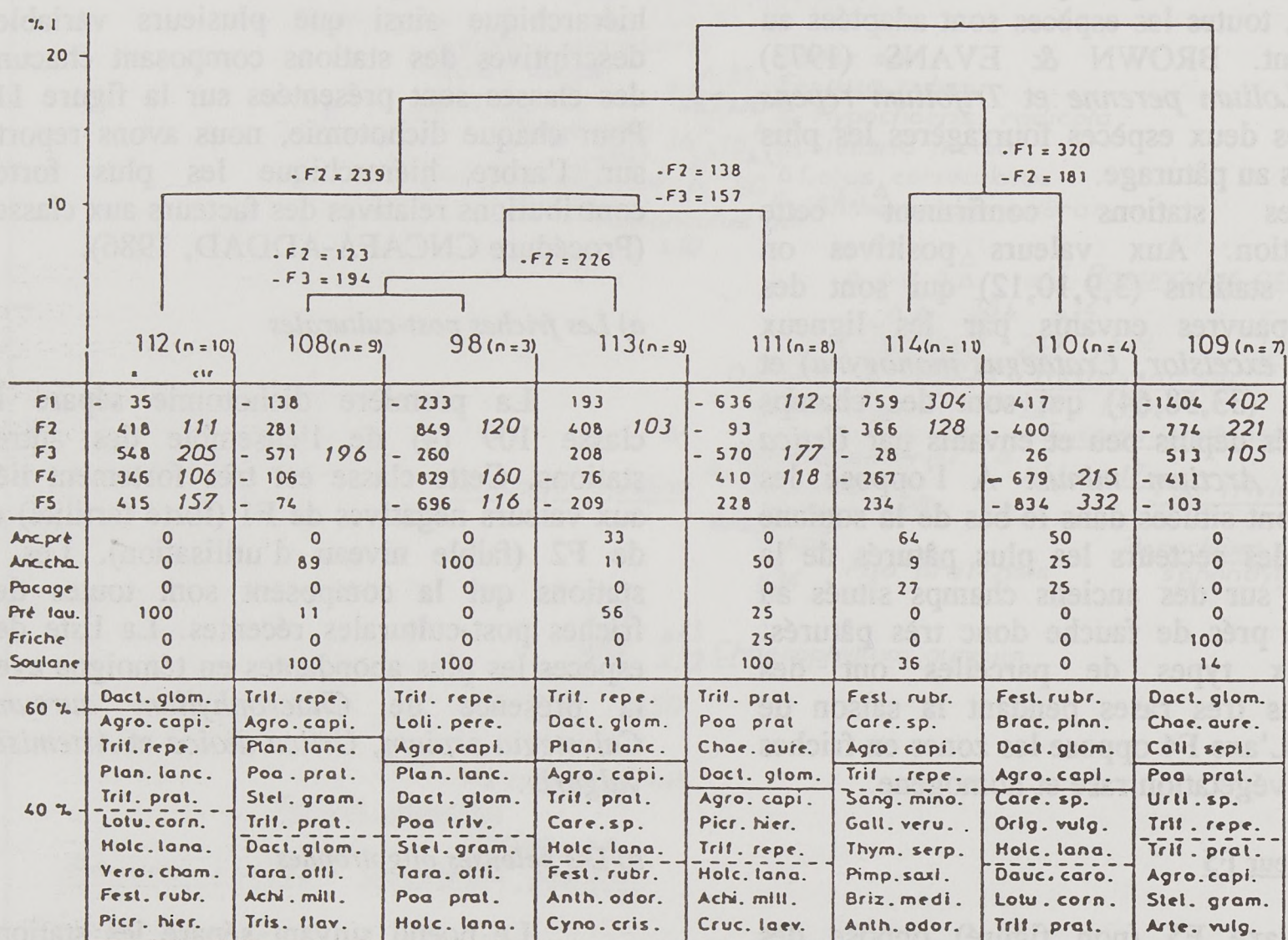


Figure 11: Typologie des parcelles: dendrogramme de la hiérarchie, position des classes sur les facteurs, contributions des facteurs aux classes, histoire culturelle et utilisation des parcelles, fréquence d'occurrence des espèces les plus abondantes.

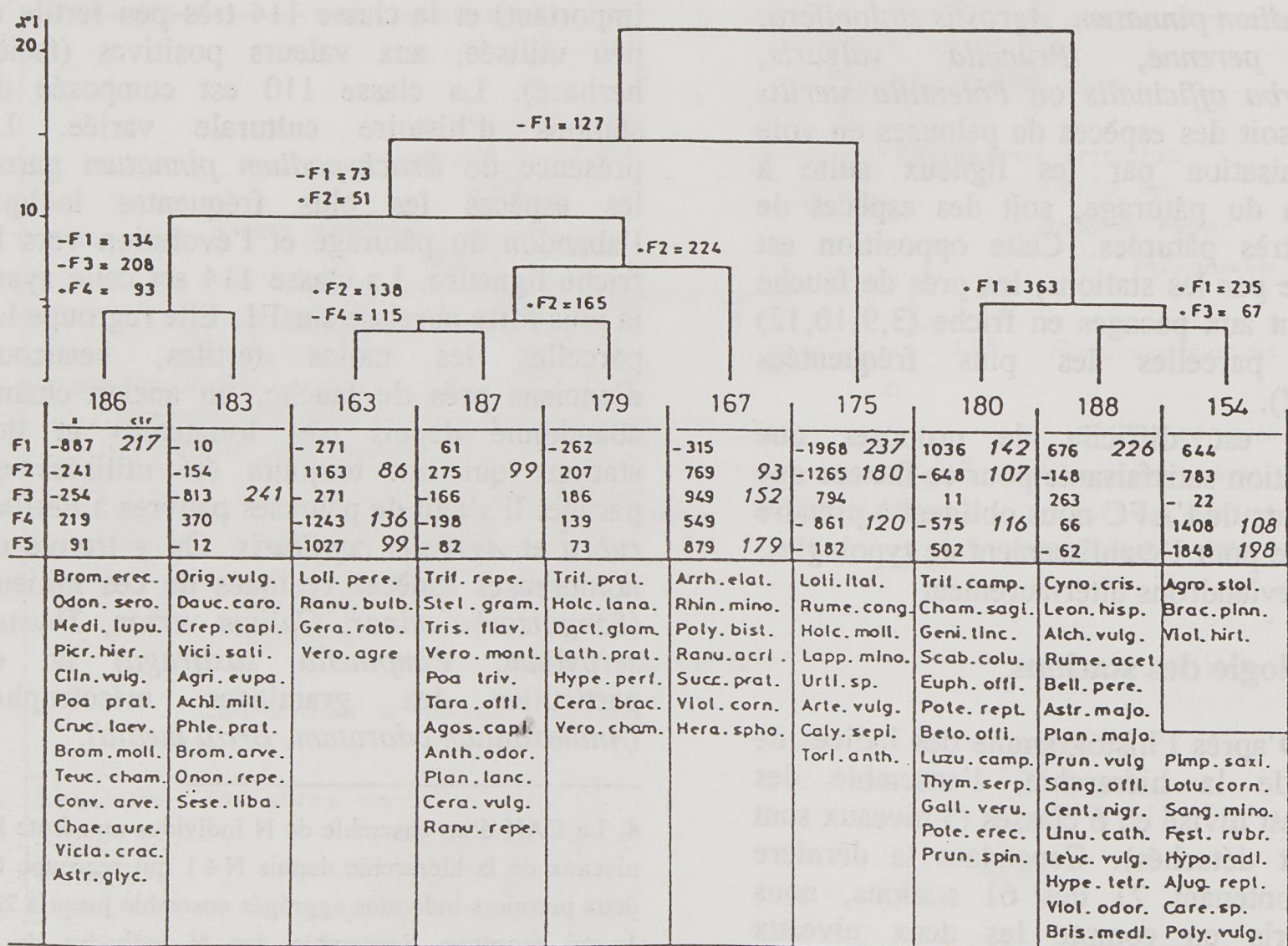


Figure 12: Typologie des espèces les plus contributives de l'AFC: dendrogramme de la hiérarchie, position des classes sur les facteurs, contribution des facteurs aux classes, liste des espèces par classe.

c) Les prés de fauche

Parmi les classes de stations utilisées intensivement (positives sur F2) la classe 112 est séparée des autres par sa forte liaison avec F3. La classe 112 n'a aucune station en soulane alors que dans les autres classes les stations y sont presque toutes. D'autre part toutes les stations de cette classe sont actuellement utilisées comme prés de fauche et les espèces les plus abondantes sont: *Dactylis glomerata*, *Agrostis capillaris*, *Festuca rubra* et *Holcus lanatus* pour les graminées, *Trifolium repens* et *pratense* pour les légumineuses.

d) Les prairies nitrophiles

La classe 111 est caractérisée par ses affinités avec les valeurs négatives de F1 (très fertile), de F3 (frais) et positives de F4 (végétation herbacée rase). D'après ses abscisses sur F1 et F2, elle se situe en position intermédiaire entre la classe 109 (friches post-culturelles) et l'ensemble des autres classes. Il s'agit d'anciens champs dont la flore traduit encore le caractère fortement nitrophile (*Chaerophyllum aureum* en grande quantité) mais en cours de stabilisation en fonction de leur nouveau mode d'utilisation (fauche ou pâturage: *Trifolium pratense*, *Poa pratense*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*).

e) Les pâturages mésotrophes

Les trois classes restantes se séparent sur F3. La classe 113 ne comprend qu'une station de soulane alors que les deux autres en sont exclusivement composées. C'est la moins fertile des trois. Elle est composée de stations ayant une histoire culturelle peu favorable, anciens prés et prés de fauche ayant toujours été fauchés. La végétation traduit ce faible niveau de fertilité, *Festuca rubra*, *Cynosorus cristatus* et *Anthoxanthum odoratum* étant des graminées mésotrophes. Les deux dernières classes sont composées d'anciens champs pâturés situés en soulane.

f) Les pâturages de soulane

La classe 98 est très pâturée comme en témoigne sa forte abscisse positive sur F2 et les grandes quantités de *Trifolium repens*, *Lolium perenne*, *Taraxacum officinalis*. La forte liaison de cette classe avec les valeurs

négatives de F4 constitue en quelque sorte un caractère "non-friche" synonyme de végétation rase. La classe 108 pâturée plus modérément a un caractère héliophile et thermophile très marqué. Il s'agit de prairies sèches pacagées (*Achillea millefolium*, *Trisetum flavescens*).

3. Typologie des espèces

L'histogramme des indices de niveau de la hiérarchie indique que les espèces sont structurées en 10 classes représentées sur la figure 12.

a) Les espèces des parcours

La première dichotomie sépare les groupements des stations peu fertiles et fertiles. Parmi les trois classes de stations peu fertiles, la classe 180 a la plus forte abscisse sur F1, par son faible niveau de fréquentation et sa tendance à l'enfrichement. En plus de *Prunus spinosa*, *Genista tinctoria*, *Chamaespartium saggitale*, on y trouve des espèces des prairies pacagées mésoxérophiles comme *Trifolium campestre*, *Luzula campestris*, *Potentilla erecta* et des pelouses sur calcaire, *Genista tinctoria*, *Scabiosa columbaria*. Cette classe regroupe les espèces des pelouses sèches dégradées.

b) Les espèces pionnières du boisement

Les deux autres classes d'espèces de milieux peu fertiles se séparent sur l'axe F4. La classe 154 comprend deux espèces indicatrices de l'abandon du pâturage, *Brachypodium pinnatum* et *Agrostis stolonifera*. La troisième espèce *Viola hirta*, est une plante pionnière ou relictuelle forestière selon le cas. Son "association" avec les deux précédentes se produit sur les pâturages dégradés envahis par des ligneux hauts (*Fraxinus excelsior*, *Crataegus monogyna*...).

c) Les espèces de pelouse

La classe 188 comprend une forte proportion d'espèces des prairies pacagées mésoxérophiles et des pelouses calcaires: *Cynosorus cristatus*, *Festuca rubra*, *Briza media*, *Bellis perennis*, *Lotus corniculatus*, *Linum catharticum*, *Sanguisorba minor*, *Pimpinella saxifraga*, *Chrysanthemum leucanthemum* et quelques espèces des prairies

de fauche: *Ajuga reptans*, *Hypochoeris radicata*, *Prunella vulgaris*.

d) Les espèces des friches nitrophiles

Parmi les classes de milieu fertile, la classe 175 est située à l'extrémité négative de F1 et aussi de F2. Il s'agit de plantes de milieu très riche en azote et très peu fréquenté. La forte liaison avec le pôle négatif de F4 indique un caractère friche fortement marqué. Elle est composée de plantes de friches nitrophiles et héliophiles comme *Arctium minus*, *Urtica dioica*, *Artemisia vulgaris*, ou de l'ormie rudérale comme *Calystegia sepium* et *Torilis anthriscus* (BOURNERIAS, 1979).

e) Les espèces de "transition" entre la friche post-culturelle et les pâturages.

La classe 186 rassemble des espèces de milieu riche en azote comme *Chaerophyllum aureum*, mais l'essentiel est constitué par des plantes relictuelles des stades initiaux après l'abandon de la culture: *Bromus mollis*, *Picris hieracioides*, *Medicago lupulina* ou *Vicia cracca*. On y trouve également des espèces des pelouses calcaires: *Bromus erectus*, *Teucrium chamaedrys*. La flore rend compte de conditions stationnelles à la fois fertiles et sèches qui correspondent le plus souvent au stade où les anciennes friches post-culturelles commencent à être utilisées comme pacages ou prés de fauches.

f) Les espèces des milieux secs

La classe 183 est celle des plantes des milieux mésoxérophiles comme *Daucus carota*, *Achillea millefolium*, *Bromus arvensis*, *Ononis repens* et des pelouses calcaires comme *Agrimonia eupatoria* et *Seseli libanotis*.

g) Les espèces des prés de fauche

Les quatre dernières classes sont caractérisées par une intensité d'utilisation importante. Ce sont les seules classes à avoir une abscisse positive sur F2. La classe 167 est caractérisée par une affinité importante avec le pôle positif de F3 (milieux frais) et de F5 dont la signification écologique n'a pu être clairement définie. La liste des espèces est par contre très explicite. Toutes les plantes de la classe sont des espèces de prés de fauche mésophiles: *Arrhenatherum elatius*, *Rhinanthus*

minor, *Ranunculus acris*, *Heracleum sphondylium*, *Polygonum bistorta* et *Succisa pratensis*. *Viola cornuta* précise le caractère montagnard et pyrénéen de ce groupe d'espèces (NEGRE, 1972).

h) Les ubiquistes des prairies de fauche pâturées

Parmi les trois classes restantes, la classe 179 n'est liée à aucun des facteurs. Cette classe regroupe en fait les espèces les plus communes de la vallée. Pour l'essentiel, il s'agit d'espèces des prairies mésohygrophiles fauchées (*Trifolium pratense*, *Holcus lanatus*, *Dactylis glomerata*, *Lathyrus pratensis*) et pâturées (*Hypericum perforatum* et *Veronica chamaedrys*).

i) Les ubiquistes des pâturages

La classe 187 comprend les plantes communes des pacages méso-hygrophiles, *Stellaria graminea*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens*, *Poa trivialis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Plantago lanceolata* et *Ranunculus repens*.

j) Les espèces tolérantes au pâturage intense

La classe 163 est de loin celle qui possède l'abscisse la plus forte sur les valeurs positives de F2. Il s'agit de plantes particulièrement tolérantes au pâturage comme *Lolium perenne* et *Ranunculus bulbosus*. La présence dans ce groupe de *Geranium rotundifolium* et de *Veronica agrestis*, adventices des cultures, est liée à l'importance du sol nu, due au pâturage intense, qui leur permet de s'implanter.

4. Répartition des groupes d'espèces dans les groupes de stations

Sur la figure 13 nous avons représenté la contribution des dix groupes de plantes à la composition floristique de chaque groupe de stations. Les groupes de plantes ubiquistes (179-187) se retrouvent répartis de façon relativement uniforme dans l'ensemble des types de stations. Le pourcentage de la classe des plantes de pelouses oligotrophes (188) décroît régulièrement dans les groupes de stations en fonction de leur abscisse sur F1. Parallèlement, les espèces que nous avons qualifiées de transition entre la friche nitrophile et la prairie (186) varient en sens contraire.

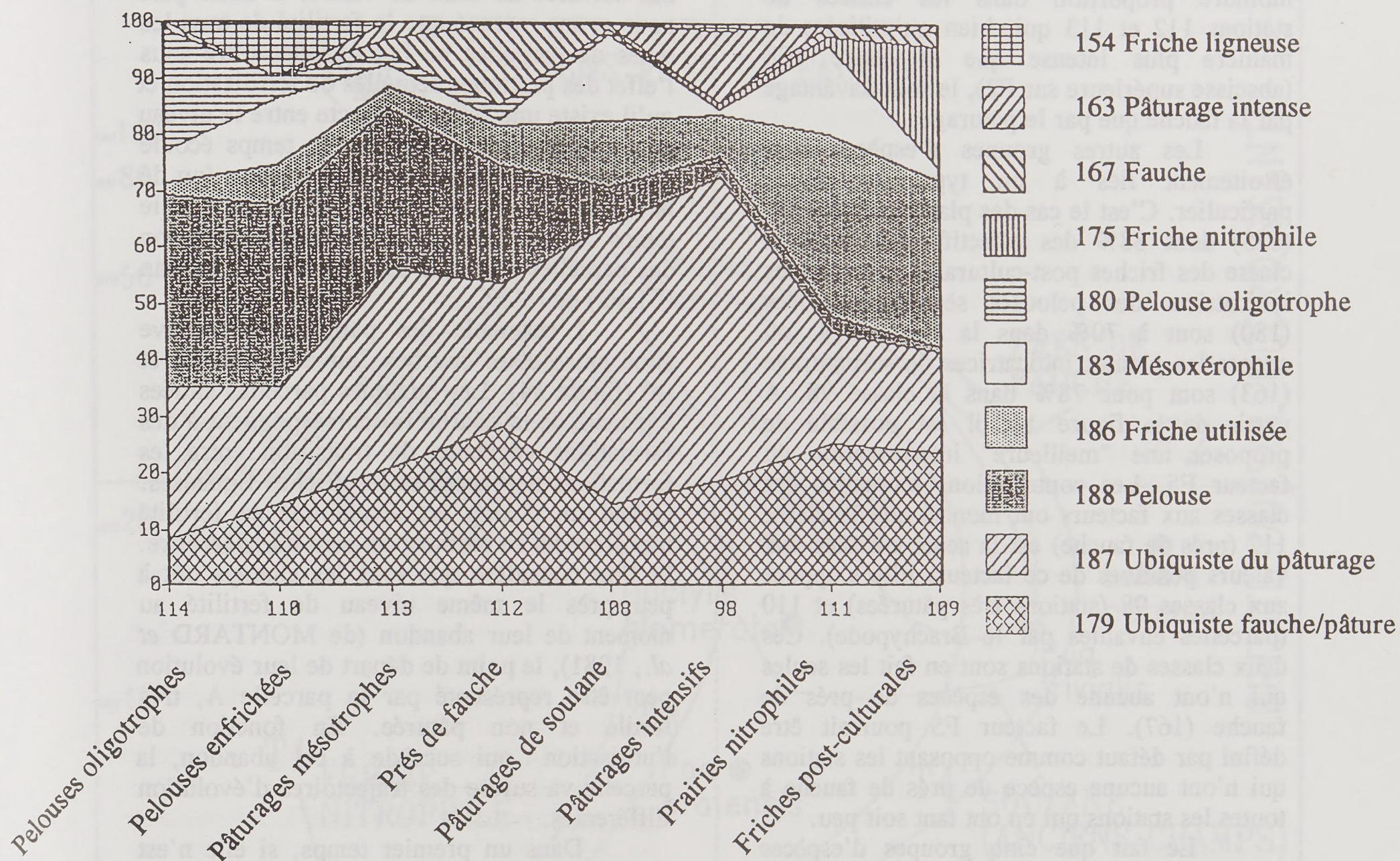


Figure 13: Répartition des 10 groupes d'espèces dans les 8 groupes de stations.

Les plantes tolérantes au pâturage intense (179) atteignent leur maximum dans les deux classes les plus pâturées (98, 108) qui sont des anciens champs en soulane. Elles sont en moindre proportion dans les classes de stations 112 et 113 qui, bien qu'utilisées de manière plus intense que la classe 108 (abscisse supérieure sur F2), le sont davantage par la fauche que par le pâturage.

Les autres groupes d'espèces sont étroitement liés à un type de milieu particulier. C'est le cas des plantes nitrophiles (175) dont 88% des effectifs sont dans la classe des friches post-culturelles. Les plantes indicatrices des pelouses sèches dégradées (180) sont à 70% dans la classe 114, ou encore les plantes indicatrices de surpâturage (163) sont pour 78% dans la classe 98. A partir de la figure 14, il est possible de proposer une "meilleure" interprétation du facteur F5. Les contributions mutuelles des classes aux facteurs ont montré que la classe 112 (prés de fauche) est la seule corrélée aux valeurs positives de ce facteur. Elle s'oppose aux classes 98 (stations très pâturées) et 110 (parcelles envahies par le *Brachypode*). Ces deux classes de stations sont en fait les seules qui n'ont aucune des espèces de prés de fauche (167). Le facteur F5 pourrait être défini par défaut comme opposant les stations qui n'ont aucune espèce de prés de fauche à toutes les stations qui en ont tant soit peu.

Le fait que cinq groupes d'espèces soient associés chacun à un type de parcelle particulier présente un intérêt pour une application agronomique. Cela constitue un premier pas vers un diagnostic rapide, la présence simultanée des espèces d'un de ces groupes dans une station renseignant sur son appartenance à un type donné.

VII. Modélisation de l'évolution de la végétation

1. Un modèle de représentation: les trajectoires d'évolution de la végétation

A partir de deux observations tirées du plan factoriel F1-F2, à savoir qu'il n'existe pas de parcelles très fertiles et très pâturées, ni de parcelles très pauvres et très pâturées, nous avons imaginé que la représentation des espèces et des relevés sur le plan factoriel (F1,F2) contenait beaucoup plus d'informations que la simple mise en évidence de l'importance de la fertilité et de la pression de pâturage et qu'elle était susceptible de

rendre compte de l'utilisation actuelle et passée du territoire pastoral de la vallée.

Par leur mode d'échantillonnage, les 70 parcelles étudiées représentent l'ensemble des surfaces de fond de vallée. D'autre part nous avons montré que la fertilité de tous les types de parcelles ne fait que décroître sous l'effet des pratiques actuelles de fertilisation et qu'il existe une relation directe entre le niveau de fertilité d'une parcelle et le temps écoulé depuis la date d'abandon de la culture (ou de la fauche). Nous avons ainsi pu introduire le temps comme facteur explicatif de l'évolution des parcelles telle que représentée sur le plan (F1,F2) de l'AFC.

L'ensemble des parcelles se trouve situé entre deux courbes "enveloppes" (a) et (b) (figure 14). Les quelques parcelles situées à gauche de la courbe (a) correspondent à des formations végétales de transition entre les formations herbacées et les friches ligneuses. Quand un champ est abandonné sa fertilité très élevée à ce moment ne peut que décroître. Si l'on considère que tous les champs ont à peu près le même niveau de fertilité au moment de leur abandon (de MONTARD *et al.*, 1981), le point de départ de leur évolution peut être représenté par la parcelle A, très fertile et non pâturée. En fonction de l'utilisation qui succède à cet abandon, la parcelle va suivre des trajectoires d'évolution différentes.

Dans un premier temps, si elle n'est pas pâturée, elle va rapidement devenir une friche rudérale (trajectoire T1). Ce cas est très peu fréquent sur la commune étudiée en raison de la vaine pâture et n'a pas été inclus dans notre échantillon. Si la parcelle est pâturée, les animaux par leur piétinement vont contribuer à la disparition progressive des espèces de friche, comme *Urtica dioica*, *Arctium minus* et favoriser l'implantation de bonnes espèces de pâturage comme *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*, *Poa pratensis*. L'appétence de la parcelle va augmenter et, corrélativement, la fréquentation des animaux aussi. L'amélioration de la végétation va se poursuivre et la valeur pastorale de la parcelle va atteindre son maximum en même temps que la fréquentation des animaux (BALENT & DURU, 1984). C'est ce qu'on observe sur les prés de fauche et la soulane. Cette superposition de la meilleure végétation et de la pression de pâturage maximale est intéressante car l'ancienneté de ce type d'utilisation suppose l'acquisition, par des plantes, de mécanismes d'adaptation particulièrement élaborés et importants à

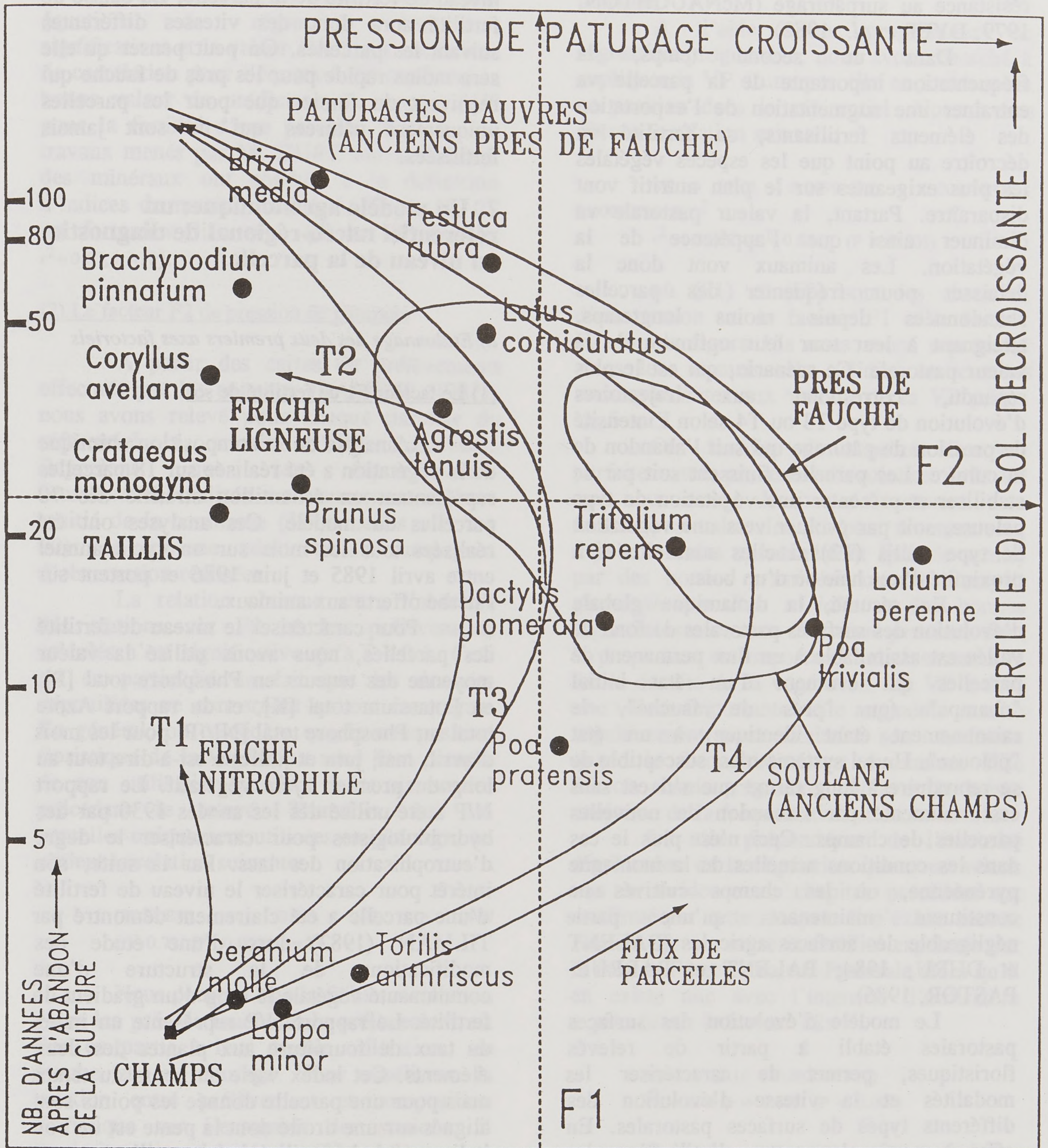


Figure 14: Trajectoires d'évolution des parcelles en fonction des pratiques pastorales (d'après BALENT, 1986)

connaître pour analyser les phénomènes de résistance au surpâturage (McNAUGHTON, 1979; DYER *et al.*, 1982).

Dans un second temps, la fréquentation importante de la parcelle va entraîner une augmentation de l'exportation des éléments fertilisants; sa fertilité va décroître au point que les espèces végétales les plus exigeantes sur le plan nutritif vont disparaître. Partant, la valeur pastorale va diminuer ainsi que l'appétence de la végétation. Les animaux vont donc la délaisser pour fréquenter des parcelles abandonnées depuis moins longtemps, atteignant à leur tour leur optimum de la valeur pastorale. Ce scénario, qui est le plus répandu, correspond aux trajectoires d'évolution de type T3 ou T4 selon l'intensité de pression de pâturage qui suit l'abandon de la culture. Les parcelles finissent soit par se stabiliser et présenter une végétation de type pelouse, soit par évoluer vers une végétation de type taillis (T2) si elles sont situées à proximité d'une haie ou d'un bois.

En résumé, la dynamique globale d'évolution des surfaces pastorales de fond de vallée est assimilable à un flux permanent de parcelles qui évoluent d'un état initial "champs" (ou "prés de fauche", le raisonnement étant identique) à un état "pelouse". Un tel système n'est susceptible de se reproduire à long terme que s'il est sans cesse alimenté par l'abandon de nouvelles parcelles de champs. Ceci n'est plus le cas dans les conditions actuelles de la montagne pyrénéenne, où les champs cultivés ne constituent maintenant qu'une partie négligeable des surfaces agricoles (BALENT et DURU, 1984; BALENT et BARRUE-PASTOR, 1986).

Le modèle d'évolution des surfaces pastorales établi à partir de relevés floristiques, permet de caractériser les modalités et la vitesse d'évolution des différents types de surfaces pastorales. En effet à partir des cartes d'utilisation des parcelles établies pour 1940, 1954 et 1980 par BARRUE-PASTOR *et al.* (1986), nous pouvons estimer les dates d'abandon des parcelles faisant parties du référentiel. La relation est logarithmique et une échelle ajustée à l'oeil a été reportée sur la figure 14. La phase d'amélioration de la végétation dure entre 10 et 15 ans. La phase de stabilité de la végétation autour de l'optimum agronomique est variable selon que les parcelles sont fauchées ou uniquement pacagées. Nous avons vu que, pour les prés de fauche, les

exportations étaient très différentes selon le niveau de fertilité de la parcelle. La baisse de fertilité aura donc des vitesses différentes suivant les parcelles. On peut penser qu'elle sera moins rapide pour les prés de fauche qui reçoivent du fumier que pour les parcelles uniquement pâturées qui ne sont jamais fertilisées.

2. Un modèle agronomique: un référentiel micro-régional de diagnostic au niveau de la parcelle

a) Etalonnage des deux premiers axes factoriels

(1) Le facteur F1 de fertilité de sol

L'analyse de la composition chimique de la végétation a été réalisée sur 18 parcelles représentant un échantillon stratifié des 70 parcelles du modèle. Ces analyses ont été réalisées tous les mois sur un cycle annuel entre avril 1985 et juin 1986 et portent sur l'herbe offerte aux animaux.

Pour caractériser le niveau de fertilité des parcelles, nous avons utilisé la valeur moyenne des teneurs en Phosphore total [P], en Potassium total [K], et du rapport Azote total sur Phosphore total [N]/[P] pour les mois d'avril, mai, juin et juillet c'est-à-dire tout au long du premier cycle végétatif. Le rapport N/P a été utilisé dès les années 1930 par des hydrobiologistes pour caractériser le degré d'eutrophisation des lacs. Par la suite, son intérêt pour caractériser le niveau de fertilité d'une parcelle a été clairement démontré par TILMAN (1982) lors d'une étude des modifications de la structure d'une communauté végétale le long d'un gradient de fertilité. Le rapport N/P représente un index du taux de fourniture aux plantes des deux éléments. Cet index varie au cours du temps mais pour une parcelle donnée les points sont alignés sur une droite dont la pente est un bon indicateur de la fertilité de la parcelle.

Les relations obtenues entre ces résultats d'analyses chimiques et l'abscisse des stations sur les deux premiers axes factoriels sont les suivantes:

$$[P] = -0.000095 \quad X(F1) + 0.314 \quad (1)$$

$$r = 0.699 \quad (P < 0.001) \quad n=18$$

$$[K] = -0.001127 \quad X(F1) + 2.0314 \quad (2)$$

$$r = 0.744 \quad (P < 0.001) \quad n=18$$

$$[N]/[P] = 0.00276 \quad X(F1) + 9.59 \quad (3)$$

$$r = 0.893 \quad (P < 0.001) \quad n=18$$

Dans les trois cas nous obtenons des équations de régression hautement significatives et la valeur élevée du coefficient de corrélation pour l'équation (3) confirme la bonne valeur de prédicteur du rapport N/P pour la fertilité d'une parcelle. Depuis, les travaux menés par M. DURU sur la dilution des minéraux ont conduit à la définition d'indices de nutrition minérale N, P, K. F1 est fortement liée avec (IP et IK) ($r=0.93$, $r^2=0.87$, $n=18$).

(2) Le facteur F2 de pression de pâturage

A partir des cartes de prélèvements effectués par les animaux (BALENT, 1987), nous avons relevé pour chaque parcelle du référentiel la quantité d'UFL prélevées. Rappelons que les dépouillements actuellement réalisés ne concernent qu'une moitié de la commune (32 parcelles sur les 70) et qu'une des trois campagnes d'observation réalisées.

La relation obtenue entre l'abscisse des stations sur F2 et les prélèvements calculés n'est significative qu'à $P < 0.1$. Ceci est en partie lié au fait que les données dépouillées ne concernent qu'une campagne. En général, on considère que la composition floristique de la végétation rend bien compte de son utilisation pendant les trois années précédant le relevé. Toutefois, sur les parcelles uniquement utilisées en pâturage, on obtient la relation suivante:

$$[\text{PRELEV}] = 0.781 (F2) + 937$$

$$r = 0.71 (P < 0.001) \quad n=23$$

Nous pensons que la faible corrélation entre les prés de fauche et le prélèvement est due en partie à leur double utilisation en fauche et en pâturage. Pour améliorer la relation entre prélèvement et composition floristique sur l'ensemble des stations, il faudrait utiliser les résultats de prélèvements des deux années et introduire un correctif pour les prés de fauche en fonction des quantités de fourrages récoltés.

(3) La Valeur Pastorale fonction de F1 et de F2

Pour les 61 stations du référentiel, nous avons calculé la VP en utilisant les coefficients proposés par ELLENBERG (1974). Ils varient entre 0 et 8 suivant la valeur pastorale de l'espèce qui est une

synthèse entre sa productivité et sa valeur nutritive.

A l'aide d'un programme de régression progressive, nous avons cherché à expliquer la VP d'une parcelle en fonction de sa position dans le référentiel. Nous avons obtenu la relation suivante:

$$VP = 57.01 - 0.0099*(F1) + 0.0096*(F2) - 0.00000409*(F1)^2$$

$$r^2 = 0.802 (r = 0.896) (P < 0.001)$$

où (F1) et (F2) sont les abscisses d'une station sur le facteur F1 et le facteur F2. Sur la figure 15a nous avons représenté dans leur domaine de validité les courbes correspondantes aux valeurs de la VP prises de 5 en 5.

Ces familles de courbes illustrent parfaitement le processus d'évolution de la VP que nous avons décrit précédemment. Les friches post-culturelles les plus récentes sont déjà colonisées spontanément (pas de semis) par des bonnes graminées comme *Dactylis glomerata* ou *Poa trivialis* et des bonnes légumineuses comme *Trifolium pratense* dont la proportion est importante relativement à la faible densité de la végétation. La VP a déjà une valeur importante. Elle augmente ensuite régulièrement pour atteindre son maximum quand la fréquentation est maximum. Elle décroît ensuite régulièrement avec la baisse conjointe de la fréquentation et de la fertilité.

Le rôle prépondérant de l'intensité d'utilisation de la végétation que nous avons mis en évidence au chapitre précédent est confirmé par cette analyse. Il n'existe aucune relation directe entre la fertilité exprimée par le facteur F1 et la Valeur Pastorale alors qu'il en existe une avec l'intensité d'utilisation exprimée par le facteur F2:

$$VP(i) = 56.16 + 0.01176*F2(i)$$

$$r^2 = 0.45 (r = 0.67) (P < 0.001)$$

Contrairement à une opinion répandue, la Valeur Pastorale exprime plus une intensité d'utilisation qu'un potentiel de production.

b) Diagnostic au niveau des parcelles

(1) Déplacements de 18 stations en 4 à 5 ans

Par la projection en éléments supplémentaires des profils d'espèces de 18 stations analysées en 1981-82 et en 1986 dans

Pratiques agricoles	Numéros des stations
- Identiques à celles qui prévalaient auparavant.	59-53-65-31-51 22-02-20-23-38
- Pression de pâturage en augmentation (parcelles au-dessus de la clôture).	35-08-03
- Pression de pâturage en baisse (parcelles au-dessous).	42-41
- Apport de fumier.	46
- Absence de pâturage.	63

Tableau 3: Evolution des pratiques agricoles pendant les 4 ou 5 ans écoulés entre les relevés réalisés sur les 18 stations.

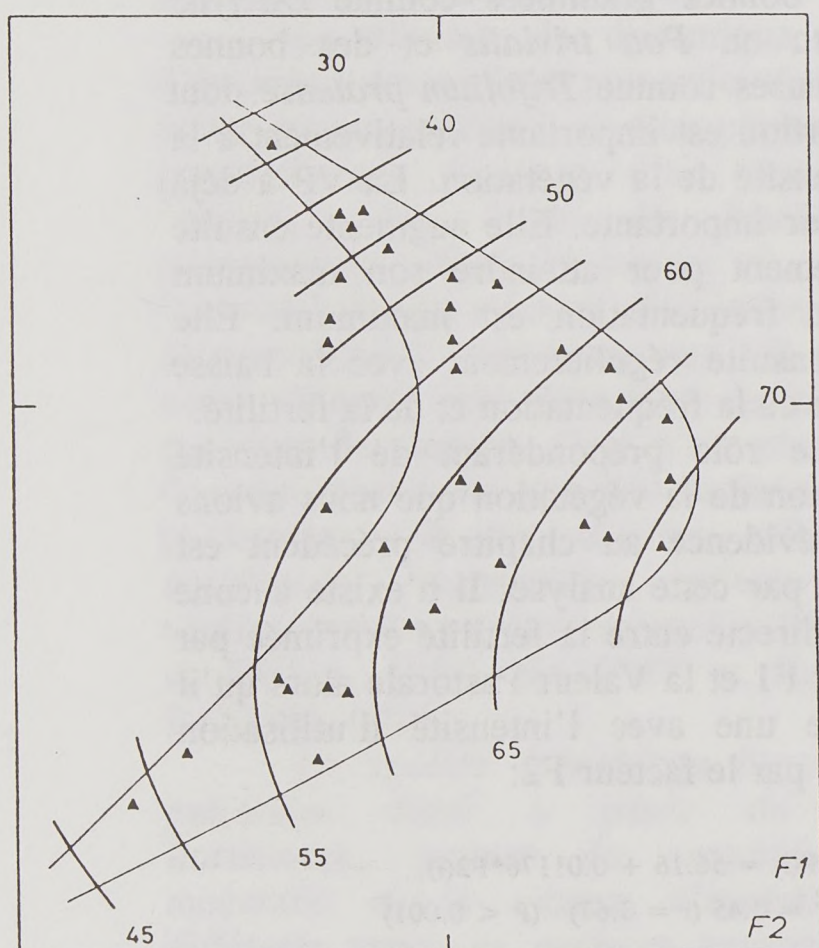


Figure 15a: Evolution de la valeur pastorale en fonction de la position des parcelles dans le référentiel.

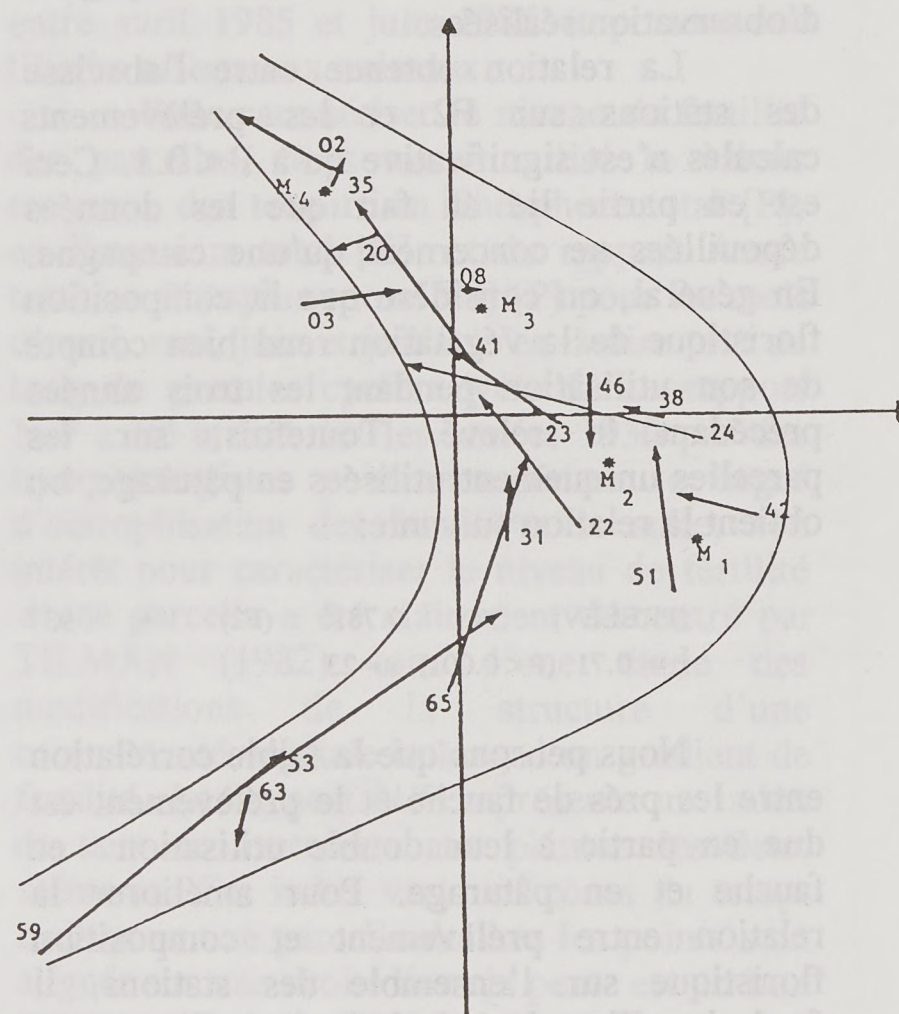


Figure 15b: Un référentiel de diagnostic agronomique: distance parcourue par 18 parcelles du référentiel après 4 ou 5 ans d'évolution; positions de 4 parcelles expérimentales.

le référentiel présenté plus haut, nous mesurons leur déplacement. Rappelons que la dynamique prévue par le modèle est :

- une baisse générale de la fertilité entraînant un déplacement de bas en haut (le long de F1) des stations plus rapide pour les parcelles abandonnées récemment (bas du diagramme, forte fertilité résiduelle) que pour celles abandonnées depuis très longtemps.

- un déplacement latéral directement piloté par l'intensité d'utilisation.

La figure 15b représente les vecteurs de déplacement des 18 stations construits en joignant la position des stations en 1981-82 et en 1986. Globalement les stations ont une trajectoire en accord avec les pratiques pastorales menées depuis 5 ans (tableau 5-5).

De manière générale, le modèle rend bien compte de l'évolution des parcelles dans le cadre des pratiques traditionnelles. Mais il illustre aussi les nouveaux types de gestion: la pose d'une clôture dans les Zones Intermédiaires ou la remise en état d'un pré de fauche en voie d'abandon.

(2) Diagnostic sur des stations extérieures à la zone d'étude

(a) Quatre stations du Larboust

Sur la figure 15 nous avons également projeté les profils de 4 stations soumises à un système de pratiques pastorales comparables à celles d'Oô et situées sur la commune de Portet (1200 m d'altitude) dans la vallée du Larboust. Les 4 parcelles se classent dans le référentiel dans l'ordre de fertilité suivant : $M1 > M2 > M3 > M4$. Nous disposons pour les 3 premières stations de valeurs de comparaison: les rapports $[N]/[P]$ établis à partir d'analyses de fourrage (DURU comm.pers).

	M1	M2	M3	M4
N/P	6,36	8,50	9,94	-
village	600m	750m	850m	1000

Ils confirment ce classement. Nous manquons par contre d'informations précises sur l'intensité de l'utilisation de ces surfaces (DURU, en cours). Le référentiel prédit que les stations M1 et M2 seront plus pâturées et/ou fauchées que les deux autres. Ceci serait en accord avec l'utilisation privilégiée pour le pâturage des parcelles proches du village déjà mentionnée à propos d'Oô.

(b) Trente stations du Couserans (Ariège)

Au printemps 1987, 30 relevés ont été réalisés dans la vallée du Couserans située en Ariège à des altitudes plus basses (entre 600 et 950m) dans une zone où les pratiques de pâturage sont différentes. La vaine pâture n'est plus pratiquée, le pâturage des ovins et des bovins est donc séparé ainsi que la fauche et le pâturage. La végétation des prairies est beaucoup plus différenciée et on distingue nettement des communautés végétales de prés de fauche et des végétations de pâturages (BOUTOT, 1987). La figure 16 représente la projection de ces 30 parcelles dans le référentiel d'Oô. L'absence de friches nitrophiles dans les parcelles du Couserans se traduit par l'absence de station du côté négatif des deux axes.

Il existe entre l'ordre des parcelles le long du facteur F1 dans le référentiel et du facteur F1 dans une AFC effectuée sur les 30 stations du Couserans (F1-Couserans = fertilité du sol), une forte corrélation de rang ($r = 0.94$ $P < 0.001$).

En revanche, il n'en existe aucune entre les deux axes F2. L'axe F2-Couserans a un sens peu clair, mais certainement lié aux activités de pâturage. Par contre l'axe F2 du référentiel sépare les stations du Couserans fauchées des stations uniquement pâturées. Le problème est de savoir si la distance entre ces deux groupes de stations projetées dans le modèle est vraiment fonction de l'intensité de leur utilisation comme l'indique normalement F2 du référentiel pour les stations du Luchonnais. En effet, il est possible que cette distance soit "exagérée". Les flores des prairies uniquement pâturées et uniquement fauchées du Couserans sont très différentes entre elles, alors que dans le Luchonnais, l'utilisation mixte des parcelles en fauche et pâturage entraîne une homogénéisation de la composition floristique, dont les modifications traduisent plus l'intensité d'application de ces deux modes d'exploitation que leur nature.

La position des parcelles du Couserans projetées sur le facteur F2 du référentiel peut donc être liée soit au type d'utilisation, soit à l'intensité d'utilisation. La réponse à cette question est importante pour apprécier la pertinence du diagnostic proposé par le référentiel quand les modalités d'exploitation de la végétation sont différentes de celles pour lesquelles il a été établi. Dans le premier cas le renseignement obtenu sur F2 est trivial; dans le second le référentiel permet

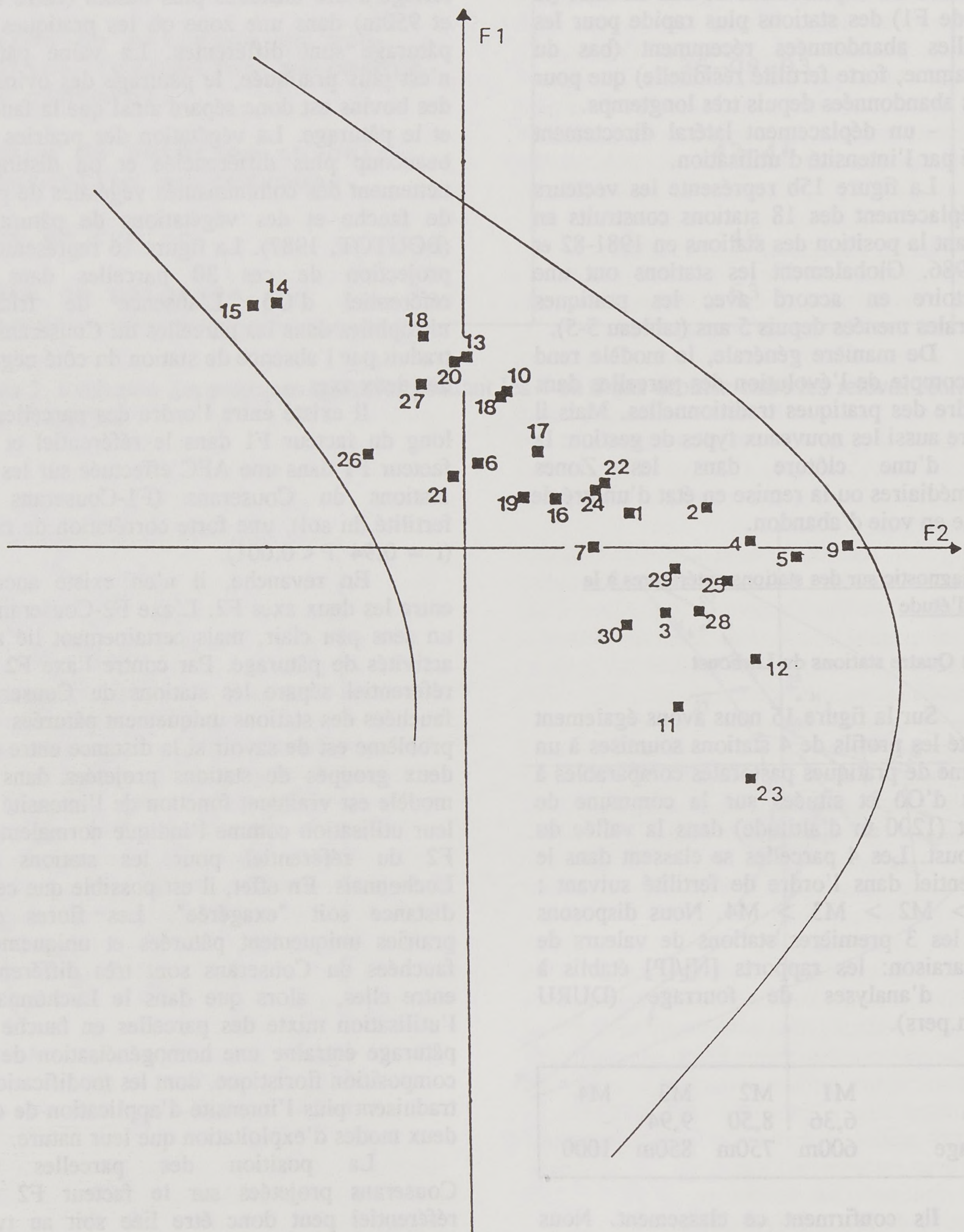


Figure 16: Diagnostic sur 30 parcelles de la vallée du Couserans (d'après BOUTOT, 1987).

un diagnostic similaire pour le Couserans et le Luchonnais.

Depuis, nous avons utilisé le modèle présenté ici pour diagnostiquer l'état de la végétation dans de nombreuses situations: Pays Basque espagnol, vallée de l'Aveyron, plateau de l'Aubrac ... Dans cette dernière situation (BALENT & DURU, en cours) nous avons pu vérifier l'intérêt du modèle en établissant des corrélations hautement significatives entre la position des parcelles de l'Aubrac sur l'axe F1 du modèle et les quantités de fertilisation apportées (N, P, K) et sur l'axe F2 avec les quantités de matière sèche récoltée au pâturage et pour la constitution de stocks.

3. Un modèle écologique: une succession post-culturelle pilotée par le pâturage

a) Utilisation du modèle au niveau du peuplement: la F1-diversité

L'enjeu des mesures de diversité au sein d'un peuplement est de déceler des indices capables de rendre compte du niveau de son organisation (GOODMAN, 1975; TOSCA & LABROUE 1979; PINEDA *et al.*, 1981). La diversité des plantes dans une région dépend à la fois de la diversité mesurée à l'intérieur de chaque relevé et entre relevés (WHITTAKER, 1973; ROUTLEDGE, 1984). L'ordination par l'AFC le long de F1 exprime de manière optimale la diversité entre les relevés **pour un gradient écologique** (corrélation canonique entre espèces et relevés). **Pour ce même gradient**, la diversité interne aux relevés peut être mesurée par la dispersion des espèces de chaque relevé le long de cet axe d'évolution de la végétation (CHESSEL *et al.*, 1982) Retenons que d'un point de vue mathématique cette mesure n'est rien d'autre qu'une variance et d'un point de vue écologique la F1-diversité est d'autant plus forte que les optimums écologiques des espèces du relevé considéré sont plus éloignés sur le gradient.

La figure 17 représente la variation, le long de F1, de ce paramètre "F1-diversité" ainsi que de 3 autres plus communément employés pour le sous-échantillon de 18 stations (5).

Les plus faibles nombres de contacts par relevé sont notés en milieu de gradient où

figurent les stations les plus pâturées. Ce résultat traduit l'effet de la défoliation par les animaux. Les stations de friche sont caractérisées par un nombre de contacts relativement faible.

La richesse spécifique et la diversité "Shannon" (H') évoluent de manière similaire. Les stations en friches sont bien isolées des autres qui se caractérisent par des indices de valeur croissante et qui augmentent avec les abscisses de F1. A l'inverse, la F1-diversité factorielle est la seule mesure qui présente un maximum à l'extrémité négative de F1.

Examinons l'interprétation que nous pouvons donner dans le cas de O6. Dans les champs récemment abandonnés (59, 63, 53) la densité de la végétation est encore faible et des espèces aux exigences très variées se côtoient. Certaines d'entre elles ont des optimums écologiques éloignés mais se développent dans ce milieu peu compétitif. Lorsque ces friches sont pâturées la compétition s'intensifie (DONALD, 1963). Des propagules de nouvelles espèces atteignent ces parcelles mais seules les plantes dont l'optimum écologique correspond aux conditions stationnelles (compétition intense, niveau trophique moyen) subsistent (stations 65, 51). Ensuite, la fertilité résiduelle continue de décroître et tout se passe comme si la compétition entre espèces maintenait la F1-diversité relativement constante. Comme le nombre d'espèces augmente pendant cette phase, les espèces situées à l'extrémité positive de F1 doivent avoir des optimums écologiques plus rapprochés que les espèces de milieu fertile. En effet, l'augmentation du nombre d'espèces dans les relevés n'augmente pas leur F1-diversité. Cette mesure de diversité rend donc bien compte du processus de succession. De plus, si on excepte les premiers stades de la succession, la faible valeur de la F1-diversité rend compte de l'homogénéité écologique des peuplements quel que soit le niveau de fertilité d'une parcelle puisque sa composition floristique est toujours en accord avec le degré de fertilité. Autrement dit, dans toutes ces parcelles, toutes les espèces ont les mêmes préférences écologiques. Ceci traduit la relation d'équilibre qui existe entre la composition floristique observée et les pratiques de gestion quand ces dernières sont peu changeantes sur plusieurs années. Cette propriété confère au modèle une validité externe importante et explique pourquoi son utilisation actuelle dans

5. Ces paramètres sont définis dans l'annexe méthodologique de la thèse de BALENT (1987).

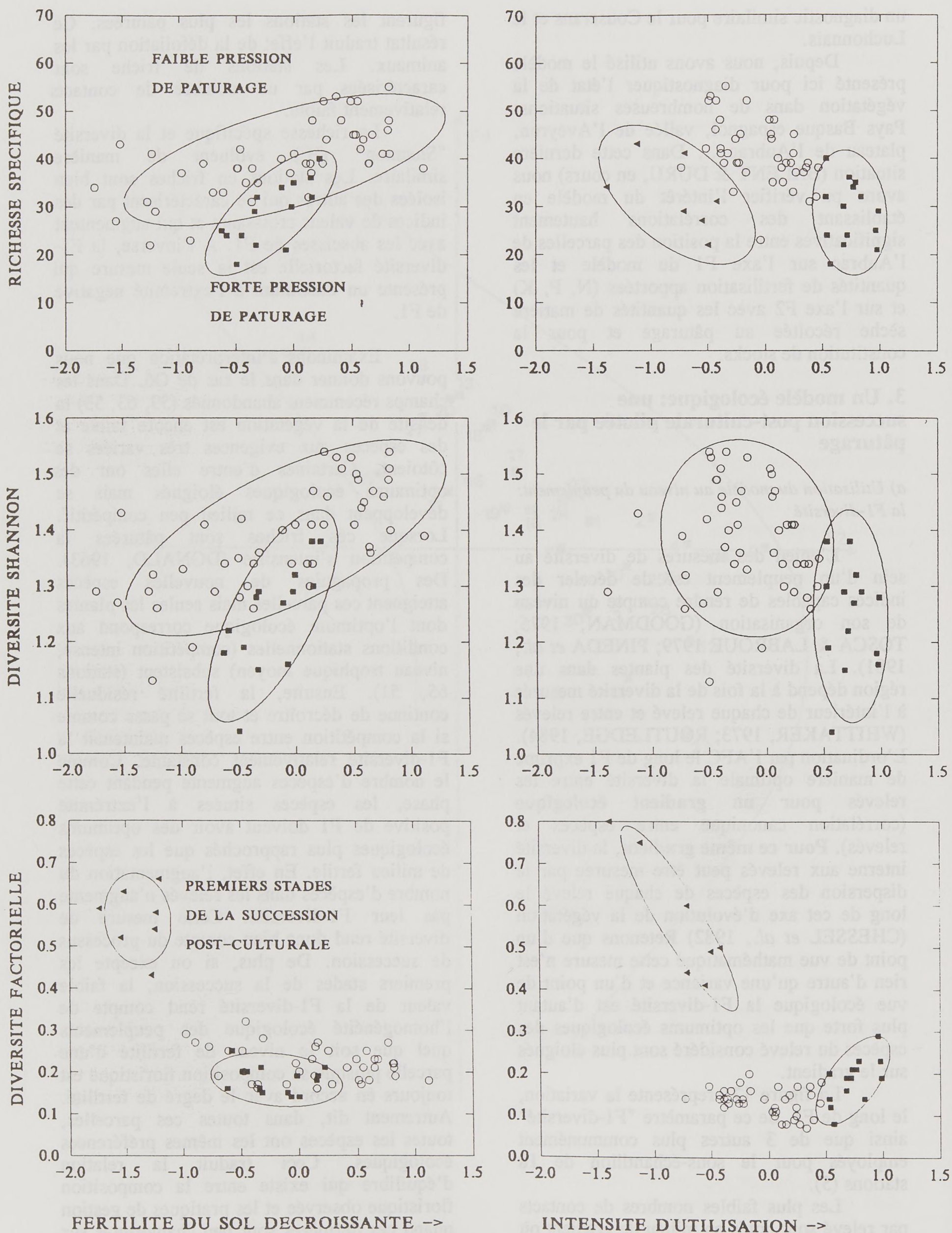


Figure 17: Evolution le long du gradient de fertilité (gauche) et le long du gradient d'intensité d'utilisation (droite) d'indices de structure et de fonctionnement de la communauté végétale.

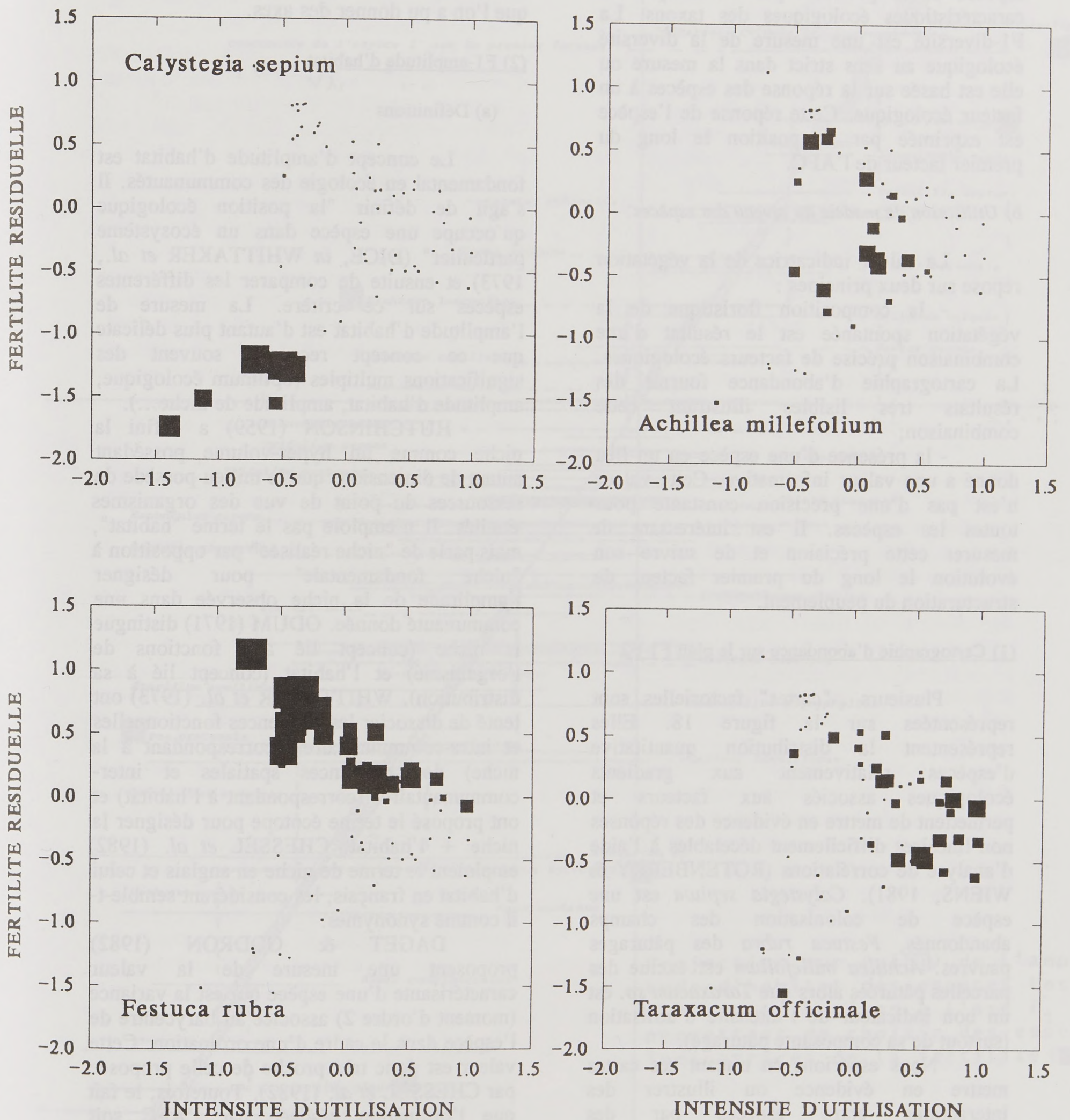


Figure 18: Cartes factorielles montrant la distribution de quelques espèces dans le référentiel.

des situations très différentes (Aubrac, vallée de l'Aveyron,...) est si riche d'enseignements.

A l'inverse, les mesures traditionnelles de diversité, plus ou moins élaborées mathématiquement, sont toutes basées sur les abondances relatives des espèces et ne prennent pas en compte les caractéristiques écologiques des taxons. La F1-diversité est une mesure de la diversité écologique au sens strict dans la mesure où elle est basée sur la réponse des espèces à un facteur écologique. Cette réponse de l'espèce est exprimée par sa position le long du premier facteur de l'AFC.

b) Utilisation du modèle au niveau des espèces

La valeur indicatrice de la végétation repose sur deux principes :

- la composition floristique de la végétation spontanée est le résultat d'une combinaison précise de facteurs écologiques. La cartographie d'abondance fournit des résultats très lisibles illustrant cette combinaison;

- la présence d'une espèce en un lieu donné a une valeur informative. Cette valeur n'est pas d'une précision constante pour toutes les espèces. Il est intéressant de mesurer cette précision et de suivre son évolution le long du premier facteur de structuration du peuplement.

(1) Cartographie d'abondance sur le plan F1-F2

Plusieurs "cartes" factorielles sont représentées sur la figure 18. Elles représentent la distribution quantitative d'espèces relativement aux gradients écologiques associés aux facteurs et permettent de mettre en évidence des réponses non linéaires difficilement décelables à l'aide d'analyse de corrélations (ROTENBERRY & WIENS, 1981). *Calystegia sepium* est une espèce de colonisation des champs abandonnés, *Festuca rubra* des pâturages pauvres. *Achillea millefolium* est exclue des parcelles pâturées alors que *Taraxacum sp.* est un bon indicateur de l'intensité d'utilisation (surtout de sa composante pâturage).

Nous espérons en traçant ces cartes mettre en évidence ou illustrer des interactions entre espèces par des superpositions de courbes d'iso-abondances comme le proposaient ROTENBERRY & WIENS (1981) pour l'ACP. Le nombre de stations reste trop faible pour mettre ces phénomènes clairement en évidence.

Toutefois ce type de présentation garde un grand intérêt. Il facilite la lecture des amplitudes d'habitat des espèces le long des facteurs et fournit une représentation optimale des deux premières dimensions de la niche écologique des espèces (LEBRETON *et al.*, 1988). Il illustre également l'interprétation que l'on a pu donner des axes.

(2) F1-amplitude d'habitat

(a) Définitions

Le concept d'amplitude d'habitat est fondamental en écologie des communautés. Il s'agit de définir "la position écologique qu'occupe une espèce dans un écosystème particulier" (DICE, *in* WHITTAKER *et al.*, 1973) et ensuite de comparer les différentes espèces sur ce critère. La mesure de l'amplitude d'habitat est d'autant plus délicate que ce concept recouvre souvent des significations multiples (optimum écologique, amplitude d'habitat, amplitude de niche...).

HUTCHINSON (1959) a défini la niche comme un hyper-volume possédant autant de dimensions que le milieu possède de ressources du point de vue des organismes étudiés. Il n'emploie pas le terme "habitat", mais parle de "niche réalisée" par opposition à "niche fondamentale" pour désigner l'amplitude de la niche observée dans une communauté donnée. ODUM (1971) distingue la niche (concept lié aux fonctions de l'organisme) et l'habitat (concept lié à sa distribution). WHITTAKER *et al.* (1973) ont tenté de dissocier les références fonctionnelles et intra-communautaires (correspondant à la niche) des références spatiales et inter-communautaires (correspondant à l'habitat) et ont proposé le terme écotope pour désigner la niche + l'habitat. CHESSEL *et al.* (1982) emploient le terme de niche en anglais et celui d'habitat en français, les considérant semble-t-il comme synonymes.

DAGET & GODRON (1982) proposent une mesure de la valeur caractérisante d'une espèce qui est la variance (moment d'ordre 2) associée au barycentre de l'espèce dans le cadre d'une ordination. Cette valeur est donc très proche de celle proposée par CHESSEL *et al.* (1982). Toutefois, le fait que l'ordination réalisée par l'AFC soit optimale et porte sur des facteurs écologiques définis sans d'autant a priori, nous semble un avantage décisif sur la méthode des barycentres qui s'appuie sur un gradient défini a priori.

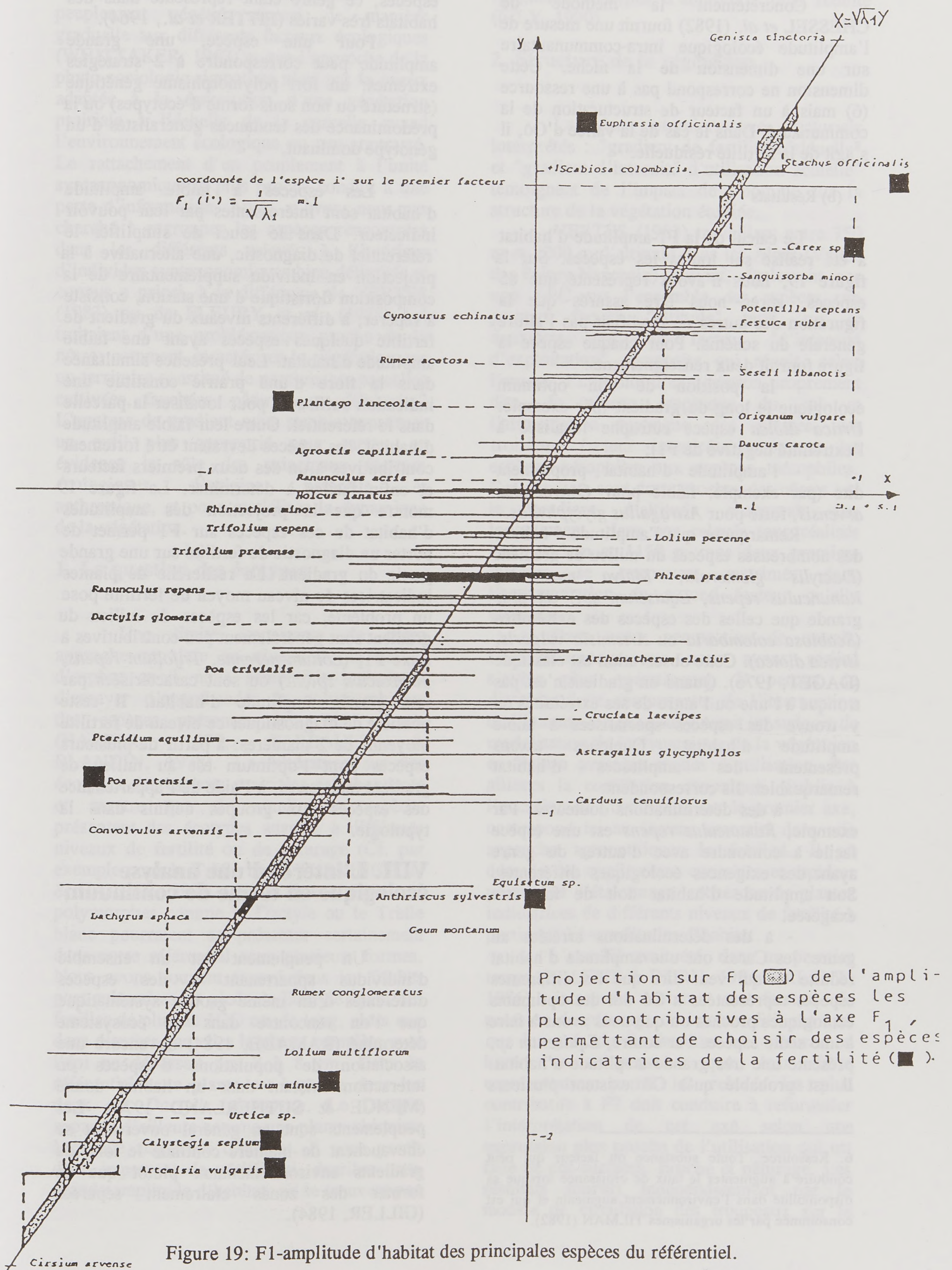


Figure 19: F1-amplitude d'habitat des principales espèces du référentiel.

Concrètement la méthode de CHESSEL *et al.* (1982) fournit une mesure de l'amplitude écologique intra-communautaire sur une dimension de la niche. Cette dimension ne correspond pas à une ressource (6) mais à un facteur de structuration de la communauté. Dans le cas de la vallée d'Oô, il s'agit de la fertilité résiduelle.

(b) Résultats

Le calcul de la F1-amplitude d'habitat a été réalisé sur toutes les espèces. Sur la figure 19, nous n'avons représenté que 85 espèces, après nous être assurés que la figuration des autres ne modifiait pas l'allure générale du schéma. Pour chaque espèce la figure fournit deux renseignements:

- la position de son optimum écologique le long du gradient (par exemple: *Urtica dioica* espèce eutrophe localisée à l'extrémité négative de F1);

- l'amplitude d'habitat proprement dite (par exemple: faible pour *Convolvulus arvensis*, forte pour *Astragalus glycyphyllos*).

Remarquons que l'amplitude d'habitat des nombreuses espèces du milieu de gradient (*Dactylis glomerata*, *Malva moschata*, *Ranunculus repens*, *Equisetum sp.*) est plus grande que celles des espèces des extrémités (*Scabiosa colombaria* ou *Artemisia vulgaris*, *Urtica dioica*). Cette observation est classique (DAGET, 1976). Quand un gradient n'est pas tronqué à l'une ou l'autre de ses extrémités on y trouve des espèces spécialisées à faible amplitude d'habitat. Quelques taxons présentent des amplitudes d'habitat remarquables. Ils correspondent:

- à des déterminations douteuses. Par exemple, *Ranunculus repens* est une espèce facile à confondre avec d'autres du genre ayant des exigences écologiques différentes. Son amplitude d'habitat doit de fait être exagérée.

- à des déterminations arrêtées au genre: les *Carex* ont une amplitude d'habitat réduite ce qui veut dire que les différentes espèces représentées à Oô ont des optimums écologiques proches ou que nous avons à faire à une seule espèce. Par contre, *Equisetum sp.* présente une très grande amplitude d'habitat. Il est probable qu'à Oô existent plusieurs

espèces, ce genre étant représenté dans des habitats très variés (FITTER *et al.*, 1964).

Pour une espèce, une grande amplitude peut correspondre à 2 stratégies extrêmes: un fort polymorphisme génétique (structuré ou non sous forme d'écotypes) ou la prédominance des tendances généralistes d'un génotype dominant.

Les espèces à faible amplitude d'habitat sont intéressantes par leur pouvoir indicateur. Dans le souci de simplifier le référentiel de diagnostic, une alternative à la projection en individu supplémentaire de la composition floristique d'une station, consiste à repérer, à différents niveaux du gradient de fertilité quelques espèces ayant une faible amplitude d'habitat. Leur présence simultanée dans la flore d'une prairie constitue une indication suffisante pour localiser la parcelle dans le référentiel. Outre leur faible amplitude d'habitat, ces espèces devraient être fortement contributives à un des deux premiers facteurs et enfin faciles à déterminer. La figure 19 montre que la projection des amplitudes d'habitat de ces espèces sur F1 permet de porter un diagnostic de fertilité sur une grande partie du gradient. La recherche de plantes indicatrices de niveau moyen de fertilité pose un problème, car les espèces de milieu du gradient sont généralement peu contributives à l'axe F1, (*Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Taraxacum sp.*,...) ou sont caractérisées par une grande amplitude d'habitat. Il reste possible de diagnostiquer ce niveau de fertilité moyenne de 2 manières: à partir de plusieurs espèces dont l'optimum est au milieu de gradient mais aussi, à l'aide de l'appartenance des espèces aux groupes définis dans la typologie.

VIII. L'intérêt d'une analyse écologique en terme de continuum

Un peuplement est un ensemble d'individus appartenant à des espèces différentes d'un même groupe systématique que l'on rencontre dans un écosystème déterminé (RAMADE, 1984) ou encore une association de populations d'espèces en interaction existant dans un habitat donné (MENGE & SUTHERLAND 1976). Les peuplements sont en général ouverts et se chevauchent de manière continue le long de gradients environnementaux plutôt que de former des zones clairement séparées (GILLER, 1984).

6. Ressource: Toute substance ou facteur qui peut conduire à augmenter le taux de croissance lorsque sa disponibilité dans l'environnement augmente et qui est consommée par les organismes TILMAN (1982).

Nous avons considéré qu'un peuplement végétal répond de manière graduelle aux différents facteurs écologiques (WHITTAKER, 1967) et que l'approche de la phyto-sociologie sigmatiste n'est pas la mieux adaptée à la description d'une végétation prairiale à l'échelle de la parcelle quand l'environnement écologique est peu contrasté. Le rattachement d'un peuplement à l'unité syntaxonomique la plus proche conduit à une perte d'information. Aussi, n'avons-nous pas cherché à regrouper les espèces rencontrées dans les différents relevés à l'intérieur d'individus syntaxonomiques bien délimités et connus a priori, à la différence de VERTES (1983) ou de FLEURY *et al.* (1985) qui traitaient d'une problématique proche de la nôtre: comment caractériser la végétation sur un territoire constitué de nombreuses parcelles cultivées, fauchées, pâturées ou délaissées? L'analyse de gradient nous semble constituer un outil plus approprié pour mettre en évidence le rôle des principaux facteurs écologiques d'origine naturelle et anthropique, et pour modéliser la dynamique de la végétation.

1. La question des écotypes

Une limite importante de notre approche se situe au niveau de la notion d'espèce et il nous semblerait intéressant d'essayer d'appréhender le polymorphisme des espèces présentes dans nos relevés (HARPER, 1977; BARBAULT & BLANDIN, 1978). La littérature sur les écotypes des espèces prairiales est abondante et montre que de nombreuses espèces présentent des écotypes adaptés à différents niveaux de fertilité ou de pâturage (Cf. par exemple pour le Trèfle blanc TURKINGTON & HARPER, 1979 a,b,c.). Des espèces très polymorphes comme le Dactyle ou le Trèfle blanc pourraient se présenter certainement dans notre référentiel sous plusieurs formes. Nous avons souvent trouvé dans les friches post-culturelles des pieds de Dactyle ayant des feuilles de plus de 100 cm de long, alors que dans d'autres parcelles la plante complète avec l'épi ne dépassait pas 7 à 8 cm. Dans le référentiel cette plante est baptisée dans les deux cas *Dactylis glomerata*. Le Dactyle apparaît d'ailleurs comme une plante ubiquiste à grande amplitude d'habitat. Il nous paraît donc important de vérifier si, derrière cette grande amplitude d'habitat, ne se trouvent pas

plusieurs écotypes d'amplitude plus réduite (FILY, 1990).

2. Structure de la végétation

Les deux premiers axes factoriels interprétés : "gradient de fertilité résiduelle" et "gradient d'intensité d'utilisation actuelle" témoignent de l'impact de l'homme sur la structure de la végétation étudiée.

VERTES (1983) travaillant entre 750 m et 2200 m d'altitude dans les Alpes (Vallée de Peisey-Nancroix) obtient, également par une AFC sur l'ensemble des espèces, un premier facteur "altitude" puis, sur le deuxième axe, un facteur "d'intensité d'exploitation" composite qui réunit, selon l'auteur, l'intensité d'exploitation proprement dite, le niveau trophique du sol et l'alimentation hydrique des plantes. Le troisième facteur interprétable oppose les espèces xérophiles aux espèces mésophiles. Ces résultats sont donc proches des nôtres : si le gradient d'altitude n'apparaît pas logiquement dans nos relevés tous réalisés entre 950 m et 1150 m, nos deux premiers facteurs se retrouvent exprimés dans l'argumentation du second facteur qu'elle interprète.

Dans notre perspective de travail, l'échantillonnage que nous avons réalisé s'avère plus opérationnel. Il permet de dissocier deux composantes de l'intervention de l'homme, ce qui nous fournit un support de modélisation de la dynamique de la végétation en liaison avec les modes d'utilisation. Par ailleurs la corrélation canonique, établie à l'occasion de l'ordination sur le premier axe, correspond ici au facteur essentiel dans une approche agronomique: la fertilité. Il en découle des applications concrètes et rapides: possibilité d'étalonnage, recherche de plantes indicatrices de différents niveaux de fertilité à partir des F1-amplitudes d'habitat.

L'axe F2 avait été, dans un premier temps (BALENT & DURU, 1984; BALENT, 1986), interprété comme un facteur de pression de pâturage croissante. S'il est vrai que les prés de fauche sont très pâturés en hiver, nous pensons que leur forte représentation parmi les relevés les plus contributifs à F2 doit conduire à reformuler l'interprétation de cet axe selon une expression plus proche de l'utilisation qui est faite de ces surfaces: fauche et pâturage. Les résultats fournis indépendamment par le modèle de circulation des troupeaux sur le

territoire valléen vont d'ailleurs dans ce sens (BALENT, 1987).

Nous avons réalisé une AFC en supprimant l'ensemble des parcelles fauchées. La corrélation canonique entre l'ensemble des espèces et l'ensemble des stations uniquement pâturées passe de 0,660 à 0,744 (BALENT en préparation). Le premier axe reste un gradient de fertilité résiduelle, le deuxième devient un gradient de pression de pâturage, le troisième demeure un axe d'opposition des stations de soulane aux stations d'ombrée. La suppression des stations fauchées qui ne se projettent que sur une portion du gradient d'utilisation permet d'obtenir une meilleure ordination des espèces et des stations. Dans le cadre d'une étude d'écologie orientée vers les propriétés du peuplement, cette analyse permet de définir de manière plus précise les F1-amplitudes d'habitat et les F1-diversité factorielle. Dans le cadre de notre étude agronomique, elle permet de mieux isoler le facteur pâturage. Ce point est d'autant plus intéressant que s'il est relativement aisé de caractériser la fertilité d'une parcelle à partir de sa composition floristique, cela est beaucoup moins évident quand il s'agit du pâturage.

3. Analyse diachronique de la dynamique de la végétation

LOISEAU et LARRERE (1977) ont étudié les effets de la déprise agricole à partir d'un échantillon d'anciens champs abandonnés depuis différentes dates. Nous nous sommes inspirés (BALENT & DURU, 1984; BALENT, 1986) de ces travaux en partant de l'idée de base qu'il existait une relation directe entre le niveau de fertilité d'une parcelle et le temps écoulé depuis la date d'abandon de la culture (ou de la fauche). Ceci nous a permis de construire le modèle de prévision des trajectoires d'évolution des parcelles. GODRON (1981) a fait une mise en garde à propos de la transposition d'observations synchroniques de toposéquences à des chronoséquences qui ne prennent pas en compte, par exemple, l'existence d'états métastables de la végétation ou certains phénomènes climatiques.

De ce point de vue, la mise en variable supplémentaire des profils floristiques relevés en 1986 dans 18 stations (équivalentes à des quadrats permanents) appartenant au référentiel constitue un test

probant de la légitimité de la démarche de construction du modèle et de son efficacité.

IX. Robustesse et validité du modèle

1. La robustesse

L'utilisation de ce modèle comme outil de diagnostic agronomique ou de mesure des modifications de la flore dans le temps implique, théoriquement, que toutes les espèces rencontrées dans les parcelles "projetées" dans le plan (F1-F2) aient été notées lors de l'établissement du référentiel.

Ceci est rarement le cas: de nouvelles espèces sont souvent rencontrées soit que, présentes dans la zone de mise au point du référentiel, elles aient échappé à la première prospection, soit qu'elles traduisent des modifications profondes de la végétation sous l'effet de nouvelles pratiques, auquel cas le référentiel nécessite une ré-actualisation.

La non-prise en compte de ces nouvelles espèces réduit la différence entre les listes obtenues dans une même station prospectée à deux dates différentes ou dans des endroits différents. Il est difficile de prédire l'impact de cette simplification sur la position de la parcelle. La bonne qualité des résultats obtenus à l'occasion des tests réalisés porte à croire que l'on peut compter sur la robustesse du modèle, en particulier la forte corrélation entre l'ordination des stations du Couserans dans les deux AFC malgré l'utilisation de seulement 90 des 130 espèces du Couserans. Ceci ne signifie pas que l'on puisse pour autant se dispenser d'être précis lors des déterminations et exhaustif lors de l'échantillonnage à l'occasion de la constitution d'un référentiel, bien au contraire car plus ce travail sera réalisé avec soin, plus les possibilités de simplifier son utilisation ultérieure seront nombreuses. Ainsi JULIEN (1991) a montré la possibilité de réduire à 27 le nombre des espèces tout en conservant une grande stabilité dans l'ordination des stations.

2. Valeur prédictive et durée de validité

Le modèle, comme outil de description et de prévision de la dynamique de l'ensemble des parcelles, ne nécessite une ré-actualisation que si de nouvelles pratiques d'utilisation des surfaces pastorales modifient

de façon importante la composition floristique de la végétation et conduisent à l'émergence de nouveaux types de végétation ou de nouvelles voies d'évolution de la végétation non prises en compte par le modèle actuel.

La valeur prédictive du modèle est unidirectionnelle et c'est là sa limite principale. Il traduit et permet de diagnostiquer avec précision toute évolution régressive de la végétation. Dans le cas d'une remontée agronomique due par exemple à la fertilisation d'une parcelle abandonnée (Cf. station 46 dans notre étude) le modèle rend compte d'un déplacement de la station qui traduit bien une amélioration de la fertilité de la parcelle. Cependant, il est peu probable que la végétation de cette parcelle réponde à la fertilisation en inversant simplement la dynamique régressive de la végétation. Aussi la modification quantitative de la fertilité de la parcelle ne correspond peut être pas à celle indiquée par la modification de la flore.

X. Conclusion

Le modèle introduit ci-dessus est construit sur le plan (F1,F2) d'une AFC. Il traduit la dynamique d'évolution de la végétation d'une parcelle entre le moment où la culture, y est abandonnée (temps 0) et celui où elle se stabilise sous la forme d'une pelouse oligotrophe (temps 80-100 ans). Cette évolution se déroule dans un contexte de baisse permanente de la fertilité du sol. La parcelle suit une trajectoire d'évolution pilotée par l'intensité de pâturage.

L'intensité de pâturage commande directement le niveau de valorisation du potentiel de production de la parcelle. L'évolution de la valeur pastorale est un bon indicateur de cette dynamique. Faible après l'abandon de la culture elle augmente régulièrement avec l'intensité de pâturage pour atteindre une valeur maximale qui coïncide avec le maximum d'utilisation par les animaux.

L'étalonnage des deux premiers facteurs (fertilité résiduelle et intensité d'utilisation) permet d'utiliser ce modèle de représentation comme un modèle de prédiction qui permet de porter un diagnostic sur l'état et les perspectives d'évolution d'une parcelle, située dans une des hautes vallées des Pyrénées centrales, uniquement à partir de sa composition floristique.

Ce modèle constitue également un outil d'étude écologique de l'évolution de la végétation. L'amplitude d'habitat (F1-

amplitude d'habitat) des espèces le long du premier facteur fournit une bonne représentation de la première dimension de leur niche et du turn-over d'espèces le long du gradient. La diversité factorielle (F1-diversité) des relevés rend compte de la compétition entre espèces durant toute la succession post-culturelle.

D'un point de vue appliqué, cet outil permet de mettre en évidence la vitesse du processus de déprise. Il montre en particulier comment les éleveurs ont mis en place un système d'utilisation d'une rente de situation qui se révèle non reproductible à moyen terme.

Ce système est basé sur l'exploitation de la forte fertilité des champs au moment de leur abandon sans en assurer le renouvellement. La notion de trajectoire d'évolution permet, en effet, d'assimiler la dynamique d'exploitation de la fertilité à un flux permanent de parcelles qui voient leur fertilité baisser régulièrement au fur et à mesure de leur utilisation. La pérennité du système n'est assurée que si de nouvelles parcelles viennent remplacer celles qui ont été épuisées. Les statistiques agricoles sur l'utilisation des surfaces pastorales indiquent que les champs auront complètement disparu dans une dizaine d'années et, avec eux, toute possibilité de continuation du système actuel.

Proposé: octobre 1991

Accepté: décembre 1991

XI. Références bibliographiques

- Arnold G.W. & Dudzinski M.L. 1978. - Developments in animal and veterinary sciences. 2: Ethology of free ranging domestic animals. Elsevier, Amsterdam, 198 pages.
- Balent G. 1981. - Rapport d'activités. Document interne INRA-SAD., 13 pages.
- Balent G. 1986. - Modélisation de l'évolution des surfaces pastorales dans les Pyrénées centrales. Mise au point d'un référentiel micro-régional de diagnostic au niveau de la parcelle. Cahiers de la Recherche-Développement, 9/10, 92-99.
- Balent G. 1987. - Structure, fonctionnement et évolution d'un système pastoral. Le pâturage vu comme un facteur écologique piloté dans les Pyrénées centrales. Thèse d'Etat, Université de Rennes I, 146 pages et annexes.
- Balent G. & Barrué-Pastor M. 1986. - Pratiques pastorales et stratégies foncières: deux éléments clefs de la dynamique de l'élevage montagnard. L'exemple de la vallée d'Oô (Pyrénées centrales). Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, 57, 403-447.
- Balent G. & Duru M. 1984. - Influence des modes d'exploitation sur les caractéristiques et l'évolution des surfaces pastorales: cas des Pyrénées Centrales. Agronomie, 4, 113-124.
- Balent G. & Gibon A. 1986 - Mesure de l'ingestion des ovins et des bovins au pâturage hors domaine expérimental dans les Pyrénées pendant la période hivernale. Reproduction, Nutrition, Développement, 26 (1B), 267-268.
- Balent G., Gibon A. & Theau J.P. 1987. - Les pâturages de vallée dans les Pyrénées Centrales, Caractéristiques et productivité des terroirs de soulane. Fourrages, 110, 159-182.
- Barbault R. & Blandin P. 1978. - La notion de stratégie adaptative: Sur quelques aspects énergétiques, démographiques et synécologiques. In Barbault R., Blandin P. & Meyer J.A. (Eds.), "Recherche d'Ecologie théorique: Les stratégies adaptatives", Maloine S.A., Paris, 298 pages.
- Barrué-Pastor M. 1980. - Utilisation du territoire, marché foncier et système social. In "Recherche sur l'élevage pyrénéen", INRA/SAD, Toulouse, 13 pages.
- Barrué-Pastor M., Rieu-Gout A., Tassel M. 1982. - Stratégies familiales de transmission du patrimoine et dynamique agricole dans les Pyrénées. Colloque National de l'ARF, Tours, 28 pages.
- Berhocoirigoin J. 1985. - Contribution à l'étude du pastoralisme dans les Pyrénées Atlantiques. Mémoire de fin d'études ESITPA, SICA-CREOM, 75 pages.
- Bournérias M. 1979. - Guide des groupements végétaux de la région parisienne. Bassin parisien - Nord de la France (Ecologie et Phytogéographie). SEDES/CDU, Paris, 509 pages.
- Boutot L. 1987. - Flore et pratiques pastorales dans les pyrénées centrales. Utilisation d'un référentiel de diagnostic. Maîtrise d'Ecologie, Université de Toulouse III, INRA/URSAD Toulouse, 38 pages.
- Brown K.R. & Evans P.S. 1973. - Animal treading: A review of the work of the late D.B. Edmond. New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 1, 217-226.
- Chessel D., Lebreton J.D. & Prodon R. 1982. - Mesures symétriques d'amplitude d'habitat et de diversité intra-échantillon dans un tableau espèces-relevés: Cas d'un gradient simple. Compte-Rendu Académie des Sciences de Paris, 295, 83-88.
- Chevalier M. 1956. - La vie humaine dans les Pyrénées ariégeoises. Résonances (ed. 1980), Tarascon/Ariège, 1060 pages.
- Daget P. 1976. - Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris, 172 pages.
- Daget P. & Godron M. 1982. - Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés. Masson, Paris, 163 pages.
- Detling J.K., Painter E.L. & Coppock D.L. 1986. - Ecotypic differentiation resulting from grazing pressure: evidence for a likely phenomenon. In Joss P.J., Lynch P.W. & Williams O.B. (Eds.), "Rangelands: a resource under siege", Proceedings of the second international rangeland congress, 13-18 May 1984, Adelaïde, Australia, Australian Academy of Science, Canberra, 431-433.
- Donald C.M. 1963. - Competition among crops and pasture plants. Advance in Agronomy, 15, 1-118.
- Dunor M.C. 1979. - Utilisation et gestion collective de l'espace agricole dans les Pyrénées centrales. Maîtrise de Géographie, Université de Toulouse-Le Mirail, 95 pages.
- Duru M. 1981. - Modes d'exploitation des prés de fauche dans les Pyrénées centrales. Références biologiques et pratiques des agriculteurs. Fourrages, 87, 53-90.
- Duru M. & Balent G. 1985. - Fertilisation dans les exploitations d'élevage des Pyrénées centrales. Pratiques des éleveurs. Références expérimentales. 2ème Forum National de la Fertilisation Raisonnée. Atelier III. Elevages et Prairies Permanentes. Toulouse 22-24/01/85. 7 pages.

- Duru M., Gibon A., Langlet A. & Flamant J.C. 1979. - Recherches sur les problèmes pastoraux pyrénéens. In 'Utilisation par les ruminants des pâturages d'altitude et des parcours méditerranéens', INRA Publications, Versailles, 231-256.
- Dyer M.I., Detling J.K., Coleman D.C. & Hilbert D.W. 1982. - The role of herbivores in grasslands. In Estes J.R., Tyrl R.J. & Brunken J.N. (Eds.), "Grasses and Grasslands. Systematic and Ecology", University of Oklahoma Press, Norman, 255-295.
- Ellemberg H. 1974. - Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. 2ème Ed., Scripta Greobotanica, Göttingen, 9, 97p., (2° Ed. 1979).
- Ellison L. 1960. - Influence of grazing on plant succession of rangelands. Botanical Review, 26, 1-78.
- Estève J. 1978. - Les méthodes d'ordination: éléments pour une discussion. In Legay J.M. & Tomassone R. (Eds.) "Ecologie et Biométrie", Société Française de Biométrie, Paris, 223-250.
- Fabre A. 1977. - Quelques aspects de la déprise agricole en région de montagne, application au canton de Quérigut (Ariège). Bulletin d'Ecologie, 8, 237-242.
- Féral P.L. 1977. - L'économie Gasconne (XVI^e siècle - XIX^e siècle). In "Histoire de la Gascogne des origines à nos jours", Eds M. Bordes et coll., Horvath, Roanne, 165-229.
- Fily M. 1986. - I-Etude de la dynamique de la végétation liée à l'abandon de la culture dans les Pyrénées Centrales. D.E.A. d'Ecologie terrestre et limnique, Université Toulouse III, I.N.R.A.-U.R.S.A.D. Toulouse, 38 pages.
- Fily M. 1990. - Succession post-culturelle et pression de pâturage dans les Pyrénées centrales: étude à l'échelle de l'écosystème, de la communauté et d'une population de *Dactylis glomerata* L. prise comme modèle. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse III, 188 pages.
- Fitter R.S.R., Mac Clintock D., Favarger S. & Favarger C. 1964. - Guide des plantes à fleur. Delachaux et Niestlé, Neuchatel, 325 pages.
- Fleury Ph. 1985. - La variabilité microclimatique en montagne. Son expression par la phénologie de dactyle des prairies permanentes. Etudes et recherches, 5, 48 pages.
- Gibon A. 1981. - Pratiques d'éleveurs et résultats d'élevages dans les Pyrénées centrales. Thèse Docteur Ingénieur, INA Paris-Grignon, 106 pages.
- Gibon A., Dedieu B. & Thériez M. 1985. - Les réserves corporelles des brebis. Stockage, mobilisation et rôle dans les élevages de milieu difficile. 10èmes Journées de la Recherche Ovine et Caprine, INRA/ITOVIC, SPEOC/ITOVIC, Paris, 178-212.
- Giller P.S. 1984. - Community structure and the niche. Chapman & Hall, London, 176 pages.
- Godron M. 1981. - Préface. Symposium on Vegetation dynamics in grasslands, heathlands, and mediterranean ligneous formation. Montpellier. Vegetatio, 46/47, VII-VIII.
- Goodman D. 1975. - The theory of diversity-stability relationships in Ecology. Quarterly Review of Biology, 50, 237-266.
- Harper J.L. 1977. - Population biology of plants. Academic Press, London, 832 pages.
- Higounet Ch. 1949. - Le Comté du Comminges de ses origines à son annexion à la couronne. Privat-Didier, Toulouse-Paris, 2 vol., LXI-745 pages.
- Hutchinson G.E. 1959. - Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals? American Naturalist, 93, 145-159.
- INERM 1977. - La transhumance dans l'élevage pyrénéen. CTGREF Grenoble/ADAM, Etude n° 109, 127 pages.
- Izard M. 1985. - Le climat. In Dupias G. (Ed.), "Végétation des Pyrénées, notice détaillée des feuilles 69, 70, 71, 72, 76, 77, 78.", C.N.R.S., Paris, 17-38.
- Julien D. 1991. - Simplification d'un référentiel floristique. Rapport de stage, BTS Productions végétales, CFPPA Toulouse-Auzeville, INRA-SAD Toulouse, 41 pages.
- Kajak A. 1974. - Analysis of sheep pasture ecosystem in the Pieniny Mountains (The Carpathians). XVII: Analysis of the transfer of carbon. Ekologia Polska, 22(3/4), 711-732.
- Lebreton J.D., Chessel D., Richardot-Coulet M. & Yoccoz N. 1988. - L'analyse des relations espèces-milieu par l'analyse canonique des correspondances II-Variables de milieu qualitatives. Acta Oecologica, Oecologia Generalis, 2, 137-151.
- Loiseau P. 1983. - Histoire de la mise en valeur, écologie et perspectives d'utilisation pastorale des zones marginales. In Bazin G. et al. (éd.) "Système agraire et pratiques paysannes dans les Monts Dômes", INRA Publications, Versailles, 249-292.
- Loiseau P. & Larrère G. 1977. - Effets à long terme des pratiques agro-pastorales sur la végétation d'un territoire communal. Comptes-Rendus Séances Académie d'Agriculture de France, 404-410.

- Low W.A., Dudzinski M.L. & Müller M.J. 1981. - The influence of forage and climatic conditions on range community preference of shorthorn cattle in central Australia. *Journal of Applied Ecology*, 18, 11-26.
- McNaughton S.J. 1979. - Grassland-herbivore dynamics. In Sinclair A.R.E. & Norton-Griffith M. (Eds.), "Serengeti: Dynamics of an ecosystem.", The University of Chicago Press, Chicago, 46-81.
- Menge B.A. & Sutherland J.P. 1976. - Species diversity gradients: synthesis of the roles of predation, competition and temporal heterogeneity. *American Naturalist*, 110, 351-369.
- Molénat G. 1978. - L'utilisation des pâturages à faible productivité par les ovins. Document polycopié, INRA Theix, 17 pages.
- Montard (de) F.X., Balent G., Chapot J.Y., Duru M., Jeannin B., Lafarge M., Langlet A. & Mettauer H. 1981. - Potentialités agroclimatiques et productivité agricole. In "L'INRA et la Montagne". INRA Publications, Versailles, 29-40.
- Nègre R. 1972. - La végétation du bassin de l'One (Pyrénées centrales), 5° note: Les reposoirs, les groupements hygrophiles et les prairies de fauche. *Boletim da Sociedade Broteriana*, Vol. XLVI, 271-343.
- Odum E.P. 1971. - Fundamentals of ecology. Troisième édition, Saunders compagny, 574 pages.
- Pineda F.D., Nicolas J.P., Ruiz M., Peco B. & Bernaldez G. 1981 - Succession, diversité et amplitude de niche dans les pâturages du centre de la péninsule ibérique. *Vegetatio*, 46/47, 267-277.
- Ramade F. 1984. - Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale. Mac Graw-Hill, Paris, 397 pages.
- Rotenberry J.T. & Wiens J.A. 1981. - A synthetic approach to principal component analysis of bird/habitat relationships. In Capen D.E. (Ed.), "The use of multivariate statistics in studies of wildlife habitat.", University of Vermont, USDA Forest service, Report RM-87, 197-208.
- Routledge R.D. 1984. - Estimating ecological components of diversity. *Oikos*, 42, 23-29.
- Taillefer F. 1974. - Les Pyrénées de la montagne à l'homme. Privat, Toulouse, 520 pages.
- Tilman D. 1982. - Resource competition and community structure. Monographs in population ecology. Princeton University Press, Princeton, 296 pages.
- Tosca C. & Labroue L. 1979. - Diversité spécifique et évolution des groupements végétaux supra forestiers des Pyrénées centrales. *Vegetatio*, 39, 161-170.
- Turkington R. & Harper J.L. 1979. - The growth, distribution and neighbour relationships of *Trifolium repens* in a permanent pasture. 2- Inter- and intra-specific contact. *Journal of Ecology*, 67, 219-230.
- Turkington R. & Harper J.L. 1979. - The growth, distribution and neighbour relationships of *Trifolium repens* in a permanent pasture. 4- Fine scale biotic differentiation. *Journal of Ecology*, 67, 245-254.
- Turkington R. & Harper J.L. 1979. - The growth, distribution and neighbour relationships of *Trifolium repens* in a permanent pasture. 1- Ordination, pattern and contact. *Journal of Ecology*, 67, 201-218.
- Vabre J. 1986. - Le brachypode dans l'enrichement des soulans de l'Ariège (Haut-Couserans -Pyrénées centrales). *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 57, 325-341.
- Vertès F. 1983. - Contribution à l'étude phytosociologique et écologique des prairies et alpages de moyenne Tarentaise. Application à l'évaluation des potentialités fourragères de la vallée de Peisey-Nancroix. Thèse Docteur Ingénieur, INA Paris-Grignon, 167 pages + annexes.
- Whittaker R.H. 1967. - Gradient analysis of vegetation. *Biological Review*, 42, 207-264.
- Whittaker R.H. 1973. - Direct gradient analysis: Techniques and results. In Whittaker R.H. (Ed.): "Ordination and classification of communities", Doc. Junk Publis., The Hague, 7-52.
- Whittaker R.H., Levin S.A. & Root R.B. 1973. - Niche, habitat, and ecotope. *American Naturalist*, 107, 321-338.

On the 1st of May 1861
the first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

The first of the season
was observed at the
observatory.

ETUDES ET RECHERCHES

sur les Systèmes Agraires et le Développement

Les travaux du Département de Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement sont centrés sur le fonctionnement des systèmes au sein desquels s'organise et évolue l'activité productive des agriculteurs. Trois niveaux sont privilégiés : les pratiques productives, l'exploitation agricole et le système agraire local.

L'ambition de ces recherches est de produire des connaissances et des méthodes opératoires pour les personnes impliquées dans le développement et l'aménagement. Il s'agit donc de travaux pluridisciplinaires ouverts sur le qualitatif et l'exploratoire.

Titres parus dans la collection

- 1 **Fonctionnement de l'exploitation agricole. Simulation de son évolution.** J. BROSSIER, E. CHIA. 1984, 52 p.
- 2 **Maîtrise de l'excès d'eau. Protection périphérique des parcelles par captage et fossés de ceinture.** B. TEILHARD de CHARDIN, J. VERON. 1985, 28 p.
- 3 **Influence du milieu physique et des pratiques agricoles sur la végétation des prairies de fauche des hautes vallées des Alpes du Nord.** Ph. FLEURY, J.-M. DORIOZ, B. JEANNIN. 1985, 52 p.
- 4 **Comment étudier des exploitations agricoles d'une région ? Présentation d'un ensemble méthodologique.** J.-P. DEFFONTAINES, M. PETIT. 1985, 47 p.
- 5 **La variabilité microclimatique en montagne. Son expression par la phénologie du dactyle des prairies permanentes.** P. FLEURY. 1986, 48 p.
- 6 **La petite région vue à travers le tissu de ses exploitations. Un outil pour l'aménagement et le développement rural.** B. CRISTOFINI. 1986, 44 p.
- 7 **Images de recherche et images de communication.** J.-P. DEFFONTAINES, C. RAICHON. 1986, 48 p.
- 8 **Potentialités agroclimatiques des prairies permanentes et possibilités de récolte dans le Doubs et le Jura.** Anne MATHIEU, H. JUIN, B. JEANNIN. 1987, 46 p.
- 9 **Approche du fonctionnement du système fourrager. Le cas d'exploitations laitières modernisées en zones de côtes du Sud-Ouest.** M. DURU, Geneviève ROHMER. 1987, 44 p.
- 10 **La simulation de l'organisation du travail comme outil de gestion de l'exploitation agricole. Application à la grande culture.** J. M. ATTONATY, Clotilde LAPORTE, F. PAPY, L.-G. SOLER. 1987, 48 p.
- 11 **Éleveur, troupeau et espace fourrager. Contribution à l'approche globale des systèmes d'élevage.** Ouvrage collectif coordonné par Annick GIBON, M. ROUX et F. VALLERAND. 1988, 144 p.
- 12 **Diagnostic global d'exploitation agricole : une proposition méthodologique.** M. BENOIT, J. BROSSIER, E. CHIA, E. MARSHALL, M. ROUX, P. MORLON, B. TEILHARD de CHARDIN. 1988, 48 p.
- 13 **À l'échelle du village. Une méthode d'approche historique et géographique de l'activité agricole locale en région d'habitat groupé.** J.-L. MAIGROT. 1989, 48 p.
- 14 **Voies de développement pour les exploitations caprines en zone sèche du Var. Étude de cas.** Lydia WEBER, P. JULLIAN. 1989, 47 p.
- 15 **Élevage ovin et protection de la forêt méditerranéenne contre les incendies. Participation d'un troupeau de moutons à l'entretien d'un réseau de pare-feu.** M. ETIENNE, M. NAPOLEONE, P. JULLIAN, M. LACHAUX. 1989, 48 p.
- 16 **Grassland Systems Approaches. Some French Research Proposals.** A. CAPILLON. 1989, 218 p.
- 17 **Recherches sur les systèmes herbagers. Quelques propositions françaises.** A. CAPILLON. 1990, 208 p.
- 18 **Gestion des déjections des bovins et pollution par les nitrates.** B. TEILHARD de CHARDIN. 1990, 48 p.
- 19 **Pilotage de l'alimentation des vaches laitières. Recherche d'indicateurs bio-techniques en exploitations agricoles.** J. GILIBERT, H. BROSSIER. 1990, 48 p.
- 20 **Dynamique des pratiques agricoles et relations professionnelles locales. Étude de cas sur l'évolution technique dans deux villages des Vosges.** C. RUULT. 1991, 47 p.
- 21 **Écopathologie et systémique. E. LANDAIS. Profils sanitaires en élevage bovin laitier. Mise en relation avec une typologie d'exploitation.** B. FAYE, Yvette GRELET. 1991, 47 p.
- 22 **Notations d'état corporel des brebis et diagnostic des systèmes d'élevage ovin.** B. DEDIEU, Annick GIBON, M. ROUX. 1991, 48 p.