



HAL
open science

Influence des modes d'exploitation sur les caractéristiques et l'évolution des surfaces pastorales : cas des Pyrénées centrales

Gérard Balent, Michel Duru, L. Sos, R. Viard

► **To cite this version:**

Gérard Balent, Michel Duru, L. Sos, R. Viard. Influence des modes d'exploitation sur les caractéristiques et l'évolution des surfaces pastorales : cas des Pyrénées centrales. *Agronomie*, 1984, 4 (2), pp.113-124. hal-00884618

HAL Id: hal-00884618

<https://hal.science/hal-00884618>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Influence des modes d'exploitation sur les caractéristiques et l'évolution des surfaces pastorales : cas des Pyrénées centrales

Gérard BALENT & Michel DURU (*)

avec la collaboration technique de L. SOS (*) & R. VIARD (*)

I.N.R.A., Unité de Recherches sur les Systèmes agraires et le Développement

() Station d'Agronomie, Unité de Recherches sur les Systèmes agraires et le Développement, Centre de Recherches de Toulouse-Auzeville, B.P. 12, F 31320 Castanet Tolosan*

RÉSUMÉ

Dans trois vallées des Pyrénées centrales, les pratiques agricoles (fauche, fumure, pâturage) ont été mises en relation avec la fertilité du sol et les caractéristiques des couverts prairiaux (production de matière sèche, composition floristique, valeur pastorale). La régression de l'activité agricole a conduit à une diminution importante des surfaces labourées transformées en prés de fauche ou en parcours. Compte tenu des disparités des fumures apportées (importantes pour les champs, simples restitutions par les animaux pour les parcours), l'histoire culturale des parcelles commande largement la fertilité actuelle du sol.

Le niveau de fertilité phosphotassique d'une parcelle, la valeur pastorale et la matière sèche produite apparaissent corrélés à l'histoire culturale.

Nous montrons également que la fertilité du sol est le principal facteur déterminant la composition floristique pour l'ensemble des surfaces étudiées. En second lieu, interviennent l'intensité de fréquentation par les animaux pour les zones intermédiaires et l'importance relative de la fauche par rapport au pâturage pour les prés de fauche.

L'analyse dynamique de l'évolution des bilans minéraux et des caractéristiques botaniques des parcelles selon leur usage montre que les agriculteurs utilisent une rente de situation pour les parcelles ayant une histoire culturale favorable. Elle s'amenuise à mesure que les surfaces cultivées deviennent rares. Le maintien ou le développement de l'élevage impliquent donc de veiller au maintien et à la reconstitution de ces ressources pastorales. Dans cette optique, nous concluons par différentes propositions pour optimiser l'utilisation des différentes surfaces selon leurs caractéristiques et leur place dans le calendrier fourrager des exploitations agricoles.

Mots clés additionnels : *Montagne, ovin-bovin, fertilité, histoire culturale, pâturage, production de matière sèche, composition floristique.*

SUMMARY

Influence of management on the characteristics and development of permanent grasslands in the central Pyrenees.

In three Pyrenean valleys, agricultural practices (mowing, manuring, grazing) were compared with soil fertility and grassland characteristics (yield, botanical composition, pastoral value). The decline of agriculture has induced a marked fall in ploughed area, which has been transformed into meadow and rangeland. Present soil fertility was largely explained by the management history of plots, which had received very different manuring (heavy manuring for the fields, simple return of excreta for the rangeland).

In a plot, the level of PK fertility, the pastoral value and the dry matter yield seemed to be related to management history. Soil fertility was shown to be the main factor which determines botanical composition for the whole area studied. The second factor was grazing intensity for rangeland and the relative importance of cutting and grazing for meadows.

Dynamic analysis of changes in nutrient cycling and botanical composition of plots according to their use showed that farmers profit from a fixed asset in using plots with a favorable management history. This asset is becoming smaller with the disappearance of fields. The maintenance or expansion of animal production must therefore depend on the careful management and reconstitution of pastoral resources. With this in mind, we have concluded with proposals for optimal utilization of pastoral areas, according to their characteristics and their place in the forage calendar of farms.

Additional key words : *Mountain, sheep, cattle, fertility, management history, grazing, dry matter yield, botanical composition.*

I. INTRODUCTION

Les prairies naturelles et les pacages sont des formations végétales étroitement dépendantes des actions « anthropozoogènes » : fauche, pâturage et fumure (BOURNERIAS, 1979). L'interruption de l'une ou l'autre de ces actions entraîne une évolution plus ou moins rapide des niveaux de production et de la composition de la végétation traduite notamment par une diminution de la valeur pastorale (V.P.) définie par DAGET & POISSONET (1971).

Dans les Pyrénées centrales, ces processus de dégradation sont engagés depuis longtemps. Depuis le début du siècle, on note une diminution des surfaces fréquentées par les animaux (ovins, bovins), une régression importante de la surface agricole utilisée, en particulier des surfaces labourées, une fertilisation très variable pour les surfaces fauchées, 0 à 20 t de fumier/ha/an. (DURU *et al.*, 1979).

La présente étude concerne 3 vallées du Luchonnais, (Barousse, Oueil, Larboust), dont l'évolution de la surface utilisée est indiquée sur la figure 1. Les graphiques se rapportent aux surfaces de fond de vallée, les estives n'étant pas prises en compte dans cette étude. Une partie des champs a été transformée en prés de fauche ou en parcours. De ce fait, l'histoire culturelle des surfaces pastorales est très hétérogène pour une même utilisation actuelle : anciens champs, anciens prés de fauche ou communaux pour les surfaces de parcours (Zones Intermédiaires, Z.I.), anciens champs ou surfaces toujours fauchées pour les prés de fauche actuels.

Cette évolution des surfaces pastorales va de pair avec un changement dans la gestion des éléments fertilisants (fig. 2). On note d'une part, une moindre utilisation du fumier sur les surfaces fauchées, rarement compensée par un apport d'engrais et, d'autre part, une diminution des transferts d'éléments fertilisants des parcours vers les champs (abandon du parage) et vers les prés de fauche. Cette évolution qui n'est pas propre aux Pyrénées (BLANCHEMAIN, 1979 ; LOISEAU & LARRÈRE, 1977) influe sur les caractéristiques

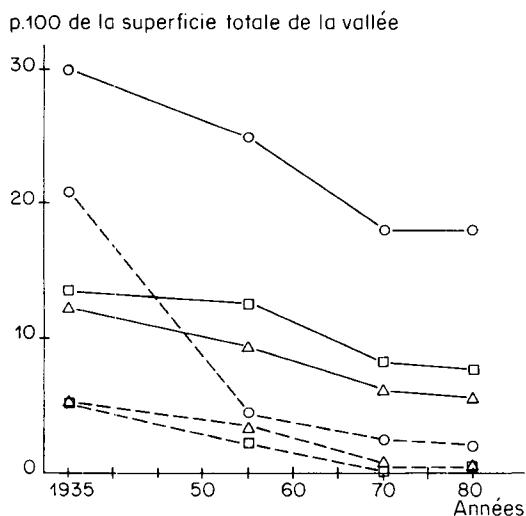


Figure 1

Evolution de la SAU de 1935 à 1980 (sources RGA ; archives INSEE).

Vallées :	Barousse	Oueil	Larboust
SAU	○—	□—	△—
Terres labourables	○- - -	□- - -	△- - -

Changes in agricultural area from 1935 to 1980.	Barousse	Oueil	Larboust
Valleys :	Barousse	Oueil	Larboust
Agricultural area	○—	□—	△—
Ploughed area	○- - -	□- - -	△- - -

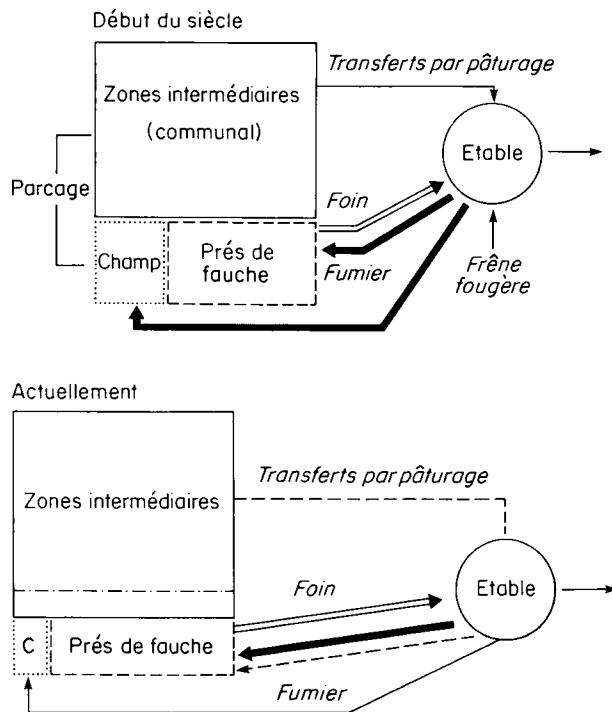


Figure 2

Evolution de l'utilisation du territoire et de la gestion des éléments fertilisants.

Changes in land use and fertilizer management.

actuelles des surfaces pastorales. Il est en particulier évident que, lors du passage d'une parcelle d'un usage de culture à un usage de fauche, quelle que soit sa situation topographique ou écologique, cette parcelle a un capital de fertilité supérieur à une parcelle qui a toujours été fauchée ou utilisée en parcours, car les champs étaient les parcelles fumées en priorité. Il en est de même pour les surfaces antérieurement cultivées et utilisées actuellement comme parcours.

Dans un premier temps, nous présenterons les caractéristiques des terrains et parcelles étudiées puis, à partir de l'étude des compositions floristiques et des niveaux de production, nous étudierons les poids respectifs de l'histoire culturelle et des modalités d'utilisation actuelle (pâturage, fumure). Les stratégies de conduite possibles des surfaces fourragères et pastorales seront ensuite discutées.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les enregistrements ont été réalisés dans 3 vallées du Luchonnais entre 600 et 1 250 m d'altitude pour les prés de fauche et, pour les zones intermédiaires (Z.I.), principalement dans la vallée d'Où (1 000-1 100 m) qui est un diverticule de la vallée du Larboust. Ils se composent de relevés floristiques, de mesures de biomasse épigée récoltable et d'analyses de terre.

Pour chacun de ces aspects, nous présentons les méthodes d'observation ou de mesure, les stations concernées et les modalités d'échantillonnage correspondantes.

A. Recueil des données

1. Relevés floristiques

Pour les Z.I., 74 stations ont été étudiées dont 35 en juillet 1980 (1) et 39 en juillet 1981 (2). Pour les prés de fauche, 44 parcelles ont été étudiées en juillet 1979 (3).

Dans tous les cas, nous avons utilisé la méthode des points quadrats décrite par DAGET & POISSONET (1971) avec une modification due à la structure de la végétation (hauteur pouvant atteindre 1 m). Pour ne pas perturber la végétation au point suivant en effectuant le relevé sur un point donné, nous avons espacé les points de 40 cm et effectué 50 relevés sur une ligne de 20 m.

Dans les cas (1) et (3), seules les espèces fourragères ont été observées dans la mesure où l'objectif premier était simplement de calculer des V.P.. Dans le cas (2), les relevés floristiques ont été exhaustifs. Seules les différentes espèces de *Luzula sp.* et de *Carex sp.* n'ont pas été déterminées.

Pour les Z.I., l'échantillonnage a été réalisé en fonction de l'histoire culturale et de l'intensité de fréquentation sur un ensemble de parcelles présentant un faciès de prairie, donc avec peu de ligneux pour les plus dégradées. Pour l'histoire culturale, nous disposons d'une cartographie d'utilisation des parcelles (champ, pré de fauche, pacage) à 3 dates : 1935-1940, 1954, 1980. L'intensité de fréquentation a été estimée à partir de l'observation des circuits de pâturage journaliers (BALENT, en cours).

Pour les prés de fauche, l'échantillonnage a été réalisé à partir de l'histoire culturale des parcelles (parcelles toujours fauchées, transformation des champs en prés de fauche allant de moins de 10 ans à plus de 40 ans).

2. Mesure de biomasse épigée récoltable

Pour les Z.I., nous avons réalisé des mesures sur 11 stations en 1979 et sur 12 autres stations pour les années 1980 et 1981. La plupart de ces stations se situent dans la vallée d'Oô. Elles ont été choisies en fonction des mêmes critères que les stations où ont été effectués les relevés floristiques.

Pour les prés de fauche, nous disposons de mesures dans les 44 stations où ont été effectués les relevés floristiques. La comparaison des niveaux de production présente des difficultés car certaines prairies sont pâturées au printemps et d'autres non. Nous avons corrigé les résultats des mesures à partir des conclusions de travaux antérieurs (DURU, 1981).

3. Analyses de terre

Elles concernent l'horizon 0-15 cm. Les prélèvements ont été effectués sur 19 stations en Z.I. dont 8 dans la vallée d'Oô avaient fait l'objet de relevés floristiques et sur 44 stations de prés de fauche. D'une manière générale, c'est l'acide phosphorique qui est limitant dans les vallées étudiées. Les données d'analyse brutes ne sont pas facilement comparables car, d'une part, nous avons utilisé 2 méthodes de dosage de l'acide phosphorique en fonction de la valeur du pH et, d'autre part, c'est la potasse qui est limitante dans quelques cas. Pour pouvoir porter un diagnostic sur le niveau de fertilité chimique d'une parcelle à partir de l'un ou l'autre de ces éléments, nous avons établi des classes de fertilité en utilisant la grille proposée par MARTY & HILAIRE (1979), (tabl. 1).

B. Traitement des données floristiques

1. Calcul des valeurs pastorales

Nous avons calculé la V.P. pour l'ensemble des stations où ont été effectués des relevés floristiques.

Pour fixer l'Indice de qualité spécifique (Is) des espèces fourragères, nous avons retenu la classification proposée par DAGET & POISSONET (1971) d'après les travaux de DE VRIES, selon une échelle de 0 à 5 pour les graminées, de 0 à 4 pour les légumineuses. Par contre, pour les diverses

TABLEAU 1

Valeurs retenues pour regrouper les analyses de terres en classe.
Values for soil analysis classes.

Acide phosphorique			Potasse échangeable (ppm)	Classes	
Dyer (ppm)	Joret-Hébert (ppm)				
> 70	> 50	> 120	Moyen	M	
50-70	30-50	80-120	Pauvre	P	
30-50	20-30	50-80	Carencé	C	
< 30	< 20	< 20	Très carencé	TC	

fourragères, suite à des observations effectuées sur le comportement alimentaire des animaux au pâturage (BALENT, en cours), nous avons retenu des valeurs de 0 à 2. Ces mêmes observations nous ont conduits à modifier l'Is de certaines graminées et légumineuses.

2. Analyse factorielle des correspondances (A.F.C.)

Les 39 relevés sur Z.I. de 1981 et les 44 relevés sur prés de fauche de 1979 ont été soumis séparément à 2 A.F.C. (BENZECRI *et al.*, 1973). Ce type d'analyse, particulièrement adapté pour le traitement de tableaux rectangulaires mettant en relation des relevés (stations) et un descripteur écologique (peuplement animal ou végétal), est appliqué à des données phyto-sociologiques depuis une dizaine d'années (LACOSTE & ROUX, 1971, 1972 ; GUINOCHET, 1973 ; LONCHAMP, 1976 ; DE MONTARD & GACHON, 1978).

3. Classification ascendante hiérarchique

Si l'A.F.C. permet de mettre en évidence et de hiérarchiser les principaux facteurs qui influencent le spectre floral d'un ensemble de prairies, la projection des stations et des espèces végétales sur les différents plans factoriels ne permet pas d'identifier facilement des groupes de plantes et de stations bien séparés. Il nous a donc paru intéressant d'effectuer un regroupement de stations à partir des résultats de l'A.F.C. et d'observer comment se situent, par rapport à ces groupes, des stations, homogènes par leur histoire culturale, par leur niveau de fréquentation par les animaux...

En nous inspirant de la démarche suivie par LAPCHIN & BOLL (1981), nous avons utilisé à cette fin une classification ascendante hiérarchique (C.A.H.) (JAMBU, 1978 ; JAMBU & LEBEAUX, 1978). Celle-ci a été effectuée sur les abscisses des stations sur les 4 premiers axes de l'A.F.C., ce qui a permis d'éliminer le « bruit de fond » dû aux axes peu contributifs et d'obtenir une hiérarchie plus nette.

III. RÉSULTATS

A. Premières observations de l'effet de l'histoire culturale des surfaces pastorales sur leurs caractéristiques

1. Evolution de l'utilisation des surfaces agricoles dans la vallée d'Oô et dans 10 exploitations des 3 vallées étudiées

Sur le tableau 2 est reportée l'histoire culturale des surfaces fauchées pour 10 exploitations des 3 vallées étudiées. Les différences importantes observées entre ces exploitations illustrent les différentes évolutions du terri-

TABLEAU 2

Caractérisation des surfaces fauchées des exploitations : histoire culturelle et fumure.
 Characteristics of meadowland in the farms : management history and manuring.

Exploitation	Histoire culturelle des parcelles fauchées (% de la surface fauchée)			% de la surface fumée régulièrement
	Champ < 15 ans	15 < Champ < 25	Champ > 25 ou toujours fauchés	
1	0	8	92	100
2	6	8	86	100
3	0	21	79	100
4	3	27	70	90
5	0	34	66	100
6	6	25	68	30
7	13	23	64	25
8	20	17	63	30
9	6	40	54	100
10	36	9	55	0

toire selon les vallées (fig. 1). Ainsi, dans les exploitations situées en Barousse (cas 1 à 5), les surfaces fauchées qui étaient en champ il y a moins de 15 ans sont peu représentées. Dans les autres cas, la transformation récente des champs en prés de fauche est bien plus importante. Cependant, dans quelques années, ce type de transformation aura cessé vu qu'il n'existe pratiquement plus de surfaces cultivées dans ces exploitations.

Sur la figure 3 sont reportées les principales utilisations du sol (culture, fauche, pacage, friche), respectivement en 1935-1940, 1954 et 1980, pour une partie de la vallée d'Oô. On y retrouve, outre l'augmentation des friches, l'évolution classique due à la déprise agricole : diminution des champs, des prés de fauche, augmentation des pacages. Les champs ne sont pas automatiquement transformés en prés de fauche. Dans les zones en pente (A), les pacages ont directement remplacé les champs alors que, dans les zones mécanisables (B), une partie des champs est effectivement devenue prés de fauche. Par contre, les fonds de vallée humides (C) sont traditionnellement fauchés.

2. Histoire culturelle et caractéristiques des sols et de la végétation

Le tableau 3 indique la répartition des parcelles en fonction de leur histoire culturelle et de leur fertilité phosphopotassique définies précédemment. D'une manière générale, le niveau de fertilité chimique est très bas : le tiers des échantillons apparaît très carencé en acide phosphorique (moins de 30 ppm P2 O5 DYER ou 20 ppm P2 O5 JORET-HEBERT). Au niveau de l'ensemble du territoire, la situation est bien pire car notre échantillon a délibérément sur-représenté les parcelles ayant une histoire culturelle favorable. Ceci étant précisé, on note des variations de teneur importantes que nous avons mises en relation avec l'histoire culturelle. Tant pour les Z.I. que pour les prés de fauche, on note une fréquence élevée de parcelles ayant une histoire culturelle favorable associée à un niveau phosphopotassique satisfaisant ou une histoire culturelle défavorable associée à un niveau phosphopotassique très bas. Dans le cas des Z.I., tous les communaux étudiés correspondent à des situations peu fertiles. Notons qu'un nombre important de prés de fauche ont un niveau de fertilité chimique voisin des communaux car, dans certains cas, ils sont fauchés sans être fertilisés. Ils fonctionnent alors en régime d'exploitation comme les Z.I.

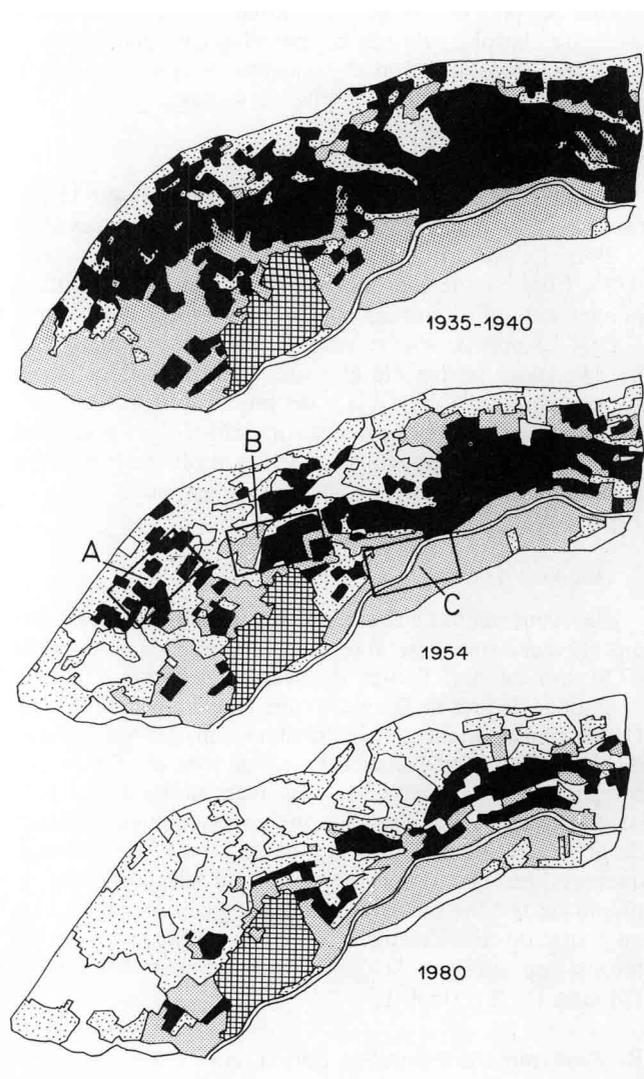


Figure 3

Evolution de l'utilisation du territoire dans la vallée d'Oô.

■ champ ▨ prés de fauche
 ▩ pacage □ friche et taillis.

Changes in land use in the Oo valley.

■ field ▨ meadow
 ▩ pasture □ fallow land and copsewood.

TABLEAU 3

Relations entre l'histoire culturelle des parcelles et le niveau de fertilité phosphopotassique évalué à partir des analyses de terre (M : moyen ; P : pauvre ; C : carencé ; TC : très carencé).

Relationships between management history of plots and PK fertility level estimated by soil analysis (M : medium ; P : poor ; C : deficient ; TC : very deficient).

Histoire culturelle	Niveau de fertilité phosphopotassique			
	M	P	C	TC
<i>Prés de fauche</i>				
Champ < 15 ans	5	1	2	1
15 < - < 25	3	4	-	2
> 25	-	-	5	8
Toujours fauchés	-	1	5	7
<i>Zones intermédiaires</i>				
Anciens champs	4	1	-	-
Anciens prés	1	1	1	-
Très anciens prés	-	2	2	-
Communaux	-	-	2	4

Sur la figure 4, sont indiqués les niveaux de production au 1^{er} cycle et les V.P. en fonction des classes d'histoire culturelle. On observe une différence nette entre les prés de fauche et les Z.I. ; le gradient de productivité et de V.P. selon l'histoire culturelle, marqué pour les Z.I., est quasiment absent pour les prés de fauche.

Les écarts types des valeurs de la production de matière sèche et de la valeur pastorale apparaissent importants pour chaque classe d'histoire culturelle, si bien que les chevauchements d'une classe à l'autre sont considérables. Ceci laisse supposer que si la fertilité des parcelles (exprimée au travers de l'histoire culturelle) explique une grande partie des différences entre les parcelles, d'autres facteurs interviennent. Pour mettre en évidence ces autres facteurs, nous avons utilisé la valeur bio-indicatrice des différentes espèces végétales par rapport, à la fertilité du sol, au piétinement, au broutement, à la fauche, à l'hydromorphie, etc. (DELPECH, 1979).

B. Résultats des analyses factorielles

1. Sur les zones intermédiaires

Sur les 39 stations soumises à l'A.F.C., 31 ont été conservées pour l'interprétation des résultats. Les 8 stations éliminées présentaient des particularités floristiques trop discriminantes par rapport à l'ensemble des stations étudiées (forte proportion de ligneux comme *Betula pendula*, de bruyère, *Calluna vulgaris* ou de fougère, *Pteridium aquilinum*).

Nous présentons uniquement l'interprétation des 2 premiers axes factoriels F1 et F2 dont les taux d'inertie respectifs sont 16,0 et 8,7 p. 100. L'interprétation des facteurs suivants sera présentée ultérieurement dans le cadre d'un article sur l'analyse synécologique des peuplements végétaux des Z.I. (BALENT, en préparation). Sur l'axe F1 (fig. 5), les espèces les plus contributives dans les valeurs négatives sont *Poa pratensis* et *trivialis*, *Convolvulus arvensis*, *Geranium rotundifolium*, *Anthriscus silvestris*, *Urtica dioïca* ; dans les valeurs positives, *Briza media*, *Festuca rubra*, *Lotus corniculatus*, *Thymus serpyllum*, *Carex sp.* ; F1

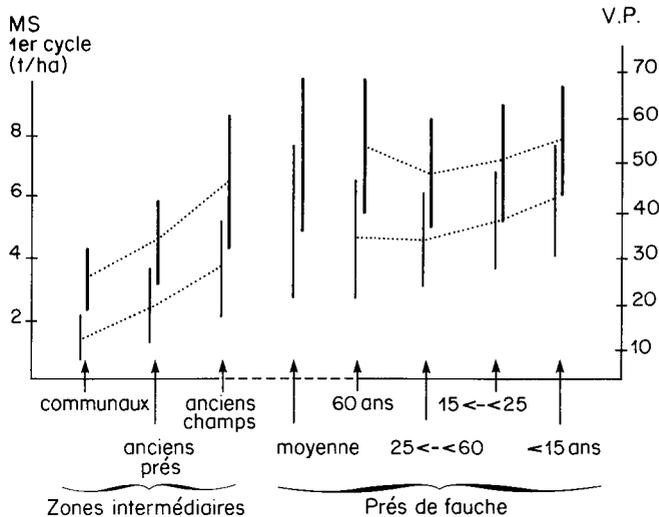


Figure 4

Influence de l'histoire culturelle sur les caractéristiques des surfaces : moyennes et écarts-types pour les matières sèches au 1^{er} cycle (I) et les valeurs pastorales (I).

Influence of management history on land characteristics : means and standard deviations for dry matter (first cut) (I) and pastoral values (I).

semble donc opposer les plantes oligotrophes aux plantes exigeantes et nitrophiles. Associées aux plantes oligotrophes, on trouve des stations à histoire culturelle peu favorable (5, 2, 1) ; par contre, avec les plantes nitrophiles, on trouve les anciens champs (34, 17, 26, 28). Des analyses de terre effectuées en 1982 sur des stations situées tout au long du gradient de F1 montrent des teneurs faibles en P et K pour les valeurs positives de l'axe et des teneurs fortes pour les valeurs négatives. On peut considérer que l'axe F1 ordonne les stations et les espèces suivant un gradient de fertilité du sol. Sur l'axe F2, les plantes les plus contributives dans les valeurs positives sont *Lolium perenne*, *Poa trivialis*, *Trifolium repens*, *Plantago lanceolata*, *Taraxacum officinale* et, dans les valeurs négatives, *Brachypodium pinnatum*, *Picris hieracioides*, *Anthriscus silvestris*, *Seseli libanotis*. D'après les travaux d'EDMOND (BROWN & EVANS, 1973), les 3 premières plantes, dans les valeurs positives de F2, sont parmi celles des prairies qui supportent le mieux le piétinement par les animaux. *Plantago lanceolata* et *Taraxacum officinale* sont des plantes à rosettes, « ... en quelque sorte « préadaptées » au piétinement... », (BOURNERIAS, 1979). Dans les valeurs négatives de F2, on trouve des plantes de friches nitrophiles *Urtica dioïca*, *Picris hieracioides*, *Convolvulus arvensis* et des plantes de pacages pauvres et peu exploités *Brachypodium pinnatum*, *Seseli libanotis* ce qui, dans les 2 cas, suppose des milieux peu fréquentés. En ce qui concerne les stations, F2 oppose un groupe de 4 stations situées à proximité du village (Oô) dans les zones les plus fréquentées par les animaux, à un groupe de stations peu fréquentées du fait de leur éloignement du village ou (et) d'une situation topographique défavorable (pente forte). L'axe F2 semble classer les stations suivant un gradient de fréquentation par les animaux. Le mot fréquentation est pris ici au sens d'action d'aller souvent dans un lieu. Les relations pouvant exister entre fréquentation, prélèvement, piétinement, restitutions, seront précisées à la suite du dépeuplement de 3 années d'observation des circuits de pâturage (BALENT, en cours).

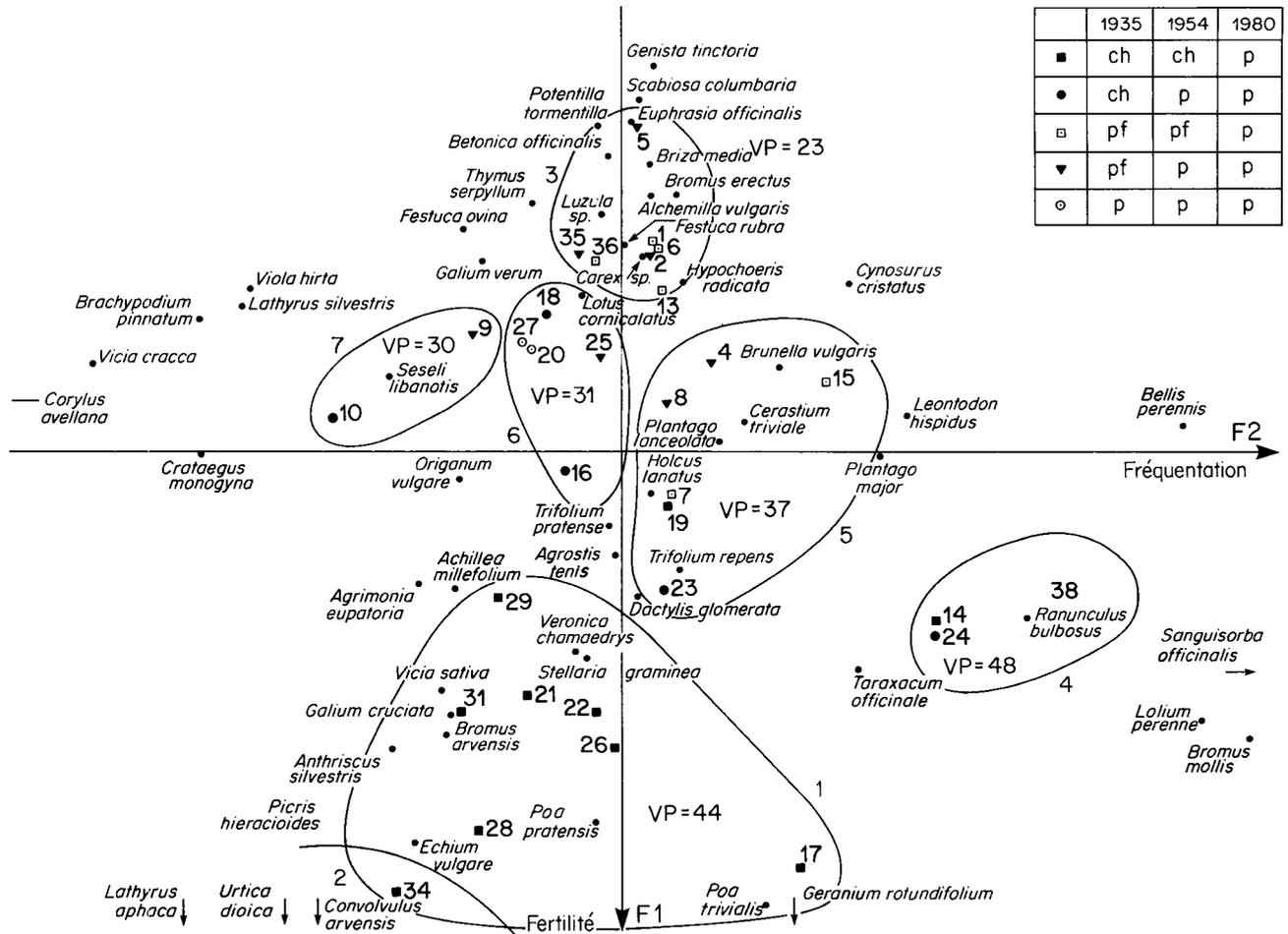


Figure 5

Résultats de l'analyse factorielle des correspondances et de la classification ascendante hiérarchique pour les zones intermédiaires. (ch : champ ; pf : pré de fauche ; p : pacage).

Results of correspondance analysis and of hierarchical cluster analysis for rangeland (ch : field ; pf : meadow ; p : pasture).

Après examen de l'histogramme de l'indice de coupure déterminant les groupes issus de la classification ascendante hiérarchique (C.A.H.), nous avons retenu le niveau 6 qui correspond à la dernière chute importante de l'indice. Ce niveau détermine 7 groupes qui sont délimités sur la figure 5. Le premier niveau de coupure oppose l'ensemble des stations ayant une histoire culturelle très favorable au reste des stations (groupes 1 et 2). Le groupe 3 contient les stations les moins fertiles qui ont en général une histoire culturelle peu favorable. Dans les positions intermédiaires sur l'axe F1 les groupes 4 à 7 sont beaucoup plus hétérogènes par rapport à l'histoire culturelle des stations qui les composent. Par contre, le rôle de la fréquentation par les animaux devient primordial. Les groupes 4 à 7 semblent correspondre à un gradient décroissant de fréquentation.

2. Sur les prés de fauche

a) Analyses floristiques (A.F.C., C.A.H.)

41 stations ont été conservées pour l'interprétation des résultats de l'A.F.C. Nous rappelons que nous n'avons répertorié que les graminées, les légumineuses et les diverses fourragères ainsi que quelques non fourragères (*Luzula sp.*, *Carex sp.*, *Rhinantus crista-galli*, *Pimpinella saxifraga*). Seuls les 2 premiers axes ont été interprétés, F1 (taux : 13,9 p. 100) et F2 (taux : 9,7 p. 100).

Sur l'axe F1 (fig. 6), les plantes ayant les contributions les plus importantes pour les valeurs positives sont : *Pheum pratense*, *Lolium perenne*, *Bromus mollis*, *Trifolium repens*, *Daucus carota* et *Taraxacum officinale* et pour les valeurs négatives : *Festuca rubra*, *Lotus corniculatus*, *Briza media*, *Luzula sp.* Cet axe semble opposer, dans sa partie positive, des plantes adaptées à un milieu riche à, dans sa partie négative, des plantes adaptées à un milieu pauvre. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons regroupé les stations en fonction de leur niveau phosphopotassique (fig. 7a), puis du niveau de fumure organique apporté (fig. 7b). Ces résultats montrent nettement un gradient dans l'alimentation minérale lié, pour partie, au niveau de fertilité phosphopotassique hérité de l'histoire culturelle et, pour partie, à la fumure actuelle. Sur l'axe F2, les plantes ayant les contributions les plus importantes pour les valeurs positives sont : *Bromus mollis*, *Festuca arundinacea*, *Medicago sativa*, *Daucus carota* ; pour les valeurs négatives : *Medicago lupulina*, *Trisetum flavescens*, *Trifolium incarnatum*. A partir des indications données par DELPECH & GIRARD (1981) quant au comportement des différentes espèces fourragères par rapport à la fauche et au piétinement, il apparaît que, pour les valeurs positives nous avons des espèces qui résistent moyennement à la fauche et pour les valeurs négatives des espèces qui y résistent bien. L'étude des rythmes de fauche pratiqués sur ces prairies montre que, dans le 1^{er} cas, nous

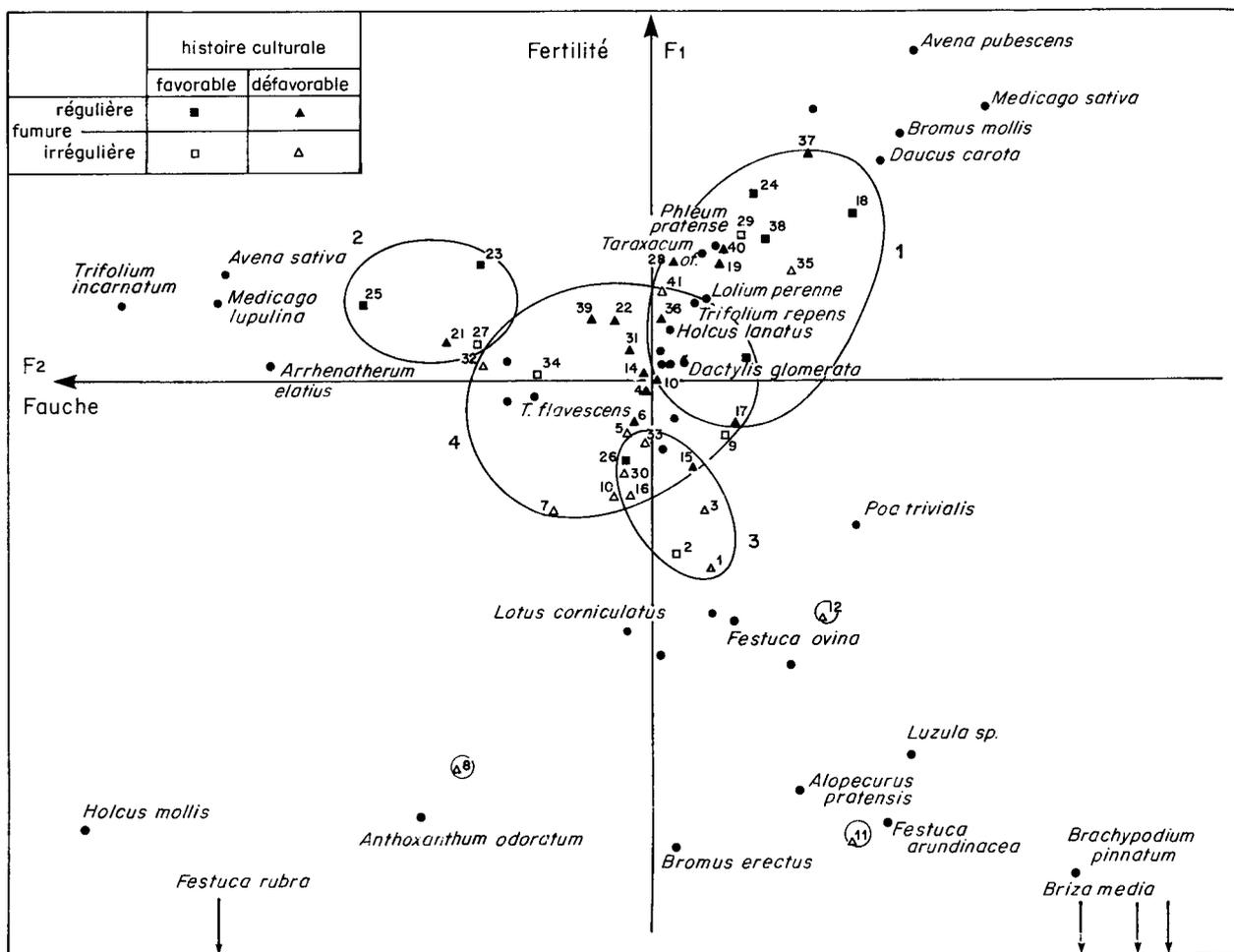


Figure 6
Résultats de l'analyse factorielle des correspondances et de la classification ascendante hiérarchique pour les prés de fauche.

Results of correspondance analysis and of hierarchical cluster analysis for meadow.

n'avons en été qu'une coupe à foin tardive en août-septembre (stations 37, 18, 24, 38, 35), alors que, dans le 2^e cas, un regain est systématiquement réalisé, la coupe à foin étant plus précoce (stations 21, 23, 25, 27). Pour tous les cas cités, il s'agit de prairies pâturées de l'automne au début du printemps (vaine pâture). L'axe F2 semble classer les stations suivant l'importance relative de la fauche par rapport au pâturage.

Pour la C.A.H., le niveau de coupe choisi correspond à 7 groupes que nous interprétons suivant leur position dans le plan (F1, F2). Les stations de chacun de ces groupes forment des ensembles facilement repérables sur ce plan (fig. 6). Les caractéristiques de chacun de ces groupes sont rassemblées dans le tableau 4. On note un gradient entre les groupes pour l'alimentation minérale selon le nombre de cas où, à l'intérieur d'un groupe, un des 2 facteurs favorables suivants est réuni : niveau PK élevé ou fumure régulière. Ce même gradient s'observe pour les matières sèches et les valeurs pastorales au 1^{er} cycle, mais avec des variations importantes au sein de chaque groupe.

b) Principaux déterminants des niveaux de production

Les résultats précédents montrent le rôle déterminant de la fumure et du niveau de fertilité phosphopotassique sur la composition floristique des prairies. Nous nous proposons d'étudier l'influence respective de ces facteurs sur les niveaux de production du 1^{er} cycle. Les données de la

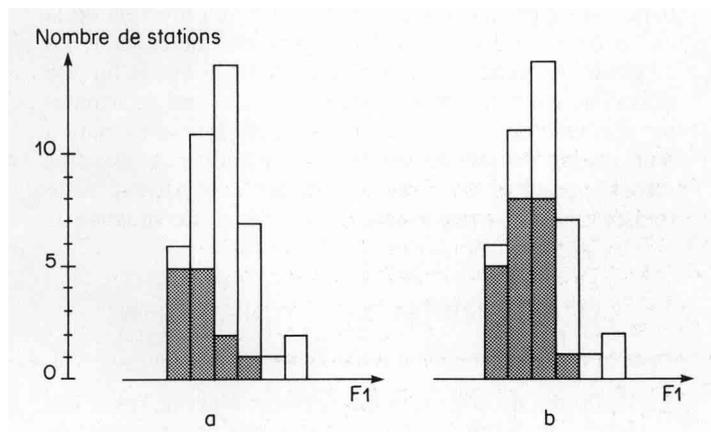


Figure 7
Histogramme des projections des stations sur l'axe F1 selon leur niveau de fertilité phosphopotassique (a) et leur niveau de fumure (b).

a) niveau de fertilité PK : ■ classe moyenne et pauvre □ classe carencée et très carencée,

b) fumure organique régulière ■, irrégulière □.

Histogram of the projection of a station, on the F1 axis according to PK fertility level (a) and fertilization level (b).

a) PK fertility level : ■ medium and poor classes □ deficient and very deficient classes.

b) organic manuring regular ■, irregular □.

TABLEAU 4

Caractéristiques des groupes de parcelles formés à partir de l'analyse hiérarchique ascendante.
 Characteristics of groups of plots constructed from hierarchical analysis.

Groupe	Nombre de stations	Nombre de cas ayant une fumure régulière		Nombre de cas où le pâturage est systématique en hiver	Nombre de cas où il y a 2 fauches	Matière sèche	Valeur pastorale
		et un niveau PK satisfaisant (M, P)	ou un niveau PK satisfaisant (M, P)				
1	12	4	10	9	3	5,0 ± 0,6	56 ± 10
2	4	2	4	4	4	4,7 ± 0,7	50 ± 6
3	5	0	1	0	0	3,7 ± 0,9	44 ± 6
4	17	1	11	8	0	4,0 ± 1,0	48 ± 9
5, 6 et 7	3	0	0	0	0	2,4 ± 0,7	43 ± 7

fumure (X1) et de la fertilité phosphopotassique (X2) ont été transformées en variables discrètes (2 classes pour X1 et 4 classes pour X2). Si MS est la matière sèche récoltée au 1^{er} cycle, la procédure de régression multiple donne l'équation :

$$MS = 1,26 + 1,51 X1 + 0,51 X2 \quad r = 0,80^{***}$$

$$F = 37,8$$

Les valeurs des coefficients associés montrent le poids plus important de la fumure que du niveau de fertilité chimique sur la production de matière sèche. Dans un précédent article (DE MONTARD *et al.*, 1981), nous avons mis les mêmes données de production en relation avec le temps écoulé après la transformation des champs en prés de fauche. Pour chacun des 2 niveaux de fumure considérés nous avons une baisse exponentielle de la production de matière sèche, une situation d'équilibre étant atteinte au bout de 20 à 25 ans. De même, sur parcours dans les Dômes, LOISEAU & MERLE (1979) mettent en évidence une baisse de la production de matière sèche en fonction de la durée du transfert de fertilité et notamment pendant les 30 premières années. Ces résultats suggèrent que la fumure organique couramment apportée ne permet pas de maintenir le niveau de production obtenu après la transformation d'un champ en pré de fauche. Les quantités de matières sèches produites pendant les années qui suivent cette transformation correspondent à une « rente de situation ».

IV. INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

A. Evolution de la gestion des surfaces fourragères et des bilans minéraux : conséquences sur les niveaux de production

Dans le cas de prés de fauche, nous avons mis en évidence le rôle prépondérant de l'histoire culturale et de la fumure sur les niveaux de production. Nous nous proposons d'étayer ces relations à partir de l'établissement de bilans minéraux dans quelques situations types et de discuter ces résultats à l'aide d'informations et conclusions fournies par des expérimentations de longue durée.

1. Bilans minéraux dans quelques situations types

a) Pour les Z.I., nous avons mesuré les quantités d'éléments minéraux mobilisés à partir de cages de mise en

défens et estimé les quantités ingérées par les troupeaux. Les résultats pour 3 histoires culturales types (communaux, anciens prés, anciens champs) sont indiqués dans le tableau 5. Les bilans correspondent à des moyennes de 3 années d'observation. On note que les quantités prélevées par l'animal sont relativement faibles notamment pour l'acide phosphorique. Pour partie, ces éléments sont restitués sur place lors du pâturage mais une fraction est transférée vers l'étable ou la bergerie. A partir de l'analyse des circuits de pâturage annuels sur la vallée d'Oô et des calendriers fourragers des 10 exploitations agricoles étudiées, on peut estimer que, pendant 1 à 2 mois dans l'année, les troupeaux prélèvent la quasi-totalité de leur ration au pâturage sur les Z.I. et que, passant la nuit dans les bâtiments d'élevage, une partie des éléments minéraux sont transférés des Z.I. vers les prés de fauche par le biais des fumiers. Globalement, on assiste donc à un abaissement du niveau de fertilité des Z.I.

b) Sur les surfaces fauchées, les pertes inévitables du fait du stockage et transport du fumier et des restitutions partielles au pâturage sont compensées pour partie par les transferts des Z.I. ; les apports par les engrais ou les compléments alimentaires pour le bétail restant limités.

TABLEAU 5

Estimation des quantités de minéraux ingérées par les troupeaux pour 3 situations de zones intermédiaires.
 Estimation of mineral nutrients intake by flocks for 3 cases of range land.

	Types de surface		
	Communaux	Anciens prés	Anciens champs
<i>Mobilisation (kg/ha)</i>			
Azote	45	60	100
Acide phosphorique	2	4,5	8
Potasse	30	45	90
<i>Estimation de la consommation des animaux (% de la pousse)</i>			
	1/3	1/2	3/4
<i>Estimation des quantités de minéraux ingérés (kg/ha)</i>			
Azote	15	30	75
Acide phosphorique	0,6	2,2	6
Potasse	10	12,5	67

Compte tenu de la fumure pratiquée couramment (15 à 20 t de fumier/ha), nous avons réalisé des bilans minéraux pour un rythme de coupe fréquemment rencontré (1 foin + 1 regain) sur 3 parcelles de fertilité différente du fait de leur histoire culturale. Ensuite, nous avons calculé les quantités de fumier nécessaires pour équilibrer le bilan. Les teneurs du fumier en éléments minéraux ont été estimées à partir de plusieurs analyses (en p. 100 de MS : N = 2,1 ; P = 0,29 ; K = 1,94). Par rapport aux valeurs répertoriées par DE MONTARD (1977) dans une étude bibliographique sur la valorisation des déjections animales, les teneurs observées en N et K sont voisines des normes retenues mais la teneur en P est de 30 p. 100 inférieure. Ceci s'explique par la carence en phosphore relativement fréquente dans les prés de fauche étudiés et dans les foins correspondants. Le tableau 6 montre que, compte tenu des apports moyens en fumier réalisés annuellement, seuls les besoins de la parcelle « classe TC » sont couverts. Dans le cas de la parcelle « classe M », il y a diminution des réserves du sol et, corrélativement, des niveaux de production. Ces données illustrent la rente de situation dont bénéficient les prés de fauche pour les modalités d'exploitation couramment pratiquées. Notons que, dans la présentation des résultats concernant les relations histoire culturale/niveau de fertilité PK, nous avons admis qu'à leur date de transformation en prés de fauche, tous les champs avaient le même niveau de fertilité, ce qui est naturellement invérifiable et approximatif. C'est pourquoi si, en moyenne, le niveau PK des champs transformés en prés de fauche est plus élevé que sur les anciens prés de fauche, il existe néanmoins une hétérogénéité importante (tabl. 3).

2. Influence de la fertilisation sur les niveaux de production : leçons des expérimentations de longue durée.

Dans les Pyrénées centrales, les effets résiduels bénéfiques de l'histoire culturale se manifestent encore 20 à 25 ans après le changement d'utilisation, tant sur les niveaux de production et la composition floristique qu'au niveau des

TABLEAU 6

Bilans minéraux pour 3 parcelles fauchées selon leur histoire culturale et leur niveau de fertilité phosphopotassique (M : moyen ; C : carencé ; TC : très carencé).

Nutrient balance for 3 plots according to their management history and their PK fertility level (M : medium ; C : deficient ; TC : very deficient).

Niveau de fertilité	Parcelles		
	Classe M	Classe C	Classe TC
<i>Histoire culturale</i>	Champ < 10 ans	Champ 20 ans	Champ 30-40 ans
<i>Analyse de terre (0-15 cm)</i>			
Acide phosphorique %	0,108	0,045	0,018
Potasse échangeable %	0,43	0,15	0,09
<i>Exportation (kg)</i>			
Azote	137	112	92
Acide phosphorique	27	14	7
Potasse	195	126	70
<i>Quantité de fumier nécessaire pour couvrir les exportations (t humide)</i>			
Azote	28	22	18
Acide phosphorique	39	19	10
Potasse	42	26	14

analyses de terre. Les résultats de différentes expérimentations de longue durée conduites avec et sans fertilisation, notamment dans le cas du phosphore, montrent que, selon le niveau au départ (riche, moyen, faible), les effets d'une absence de fertilisation sur les rendements se manifestent entre quelques années à plus de 25 ans comparativement au témoin fertilisé (GACHON, 1982). Dans un essai de fertilisation sur prairie naturelle, BEHAEGHE & COTTENIE (1976) ont montré que l'absence de fertilisation phosphatée n'entraîne une baisse de rendement qu'au bout de 20 ans. Par contre, en l'absence totale de fertilisation, cette baisse est rapide pendant les 20 premières années puis la production se stabilise à un quart du niveau de départ.

Par voie d'enquête, LOISEAU & LARRÈRE (1977) ont montré l'importance de la durée d'utilisation en parcours de terrains autrefois cultivés, sur les niveaux de production et la Valeur Pastorale. Ces deux variables sont directement dépendantes de la durée de cette utilisation (LOISEAU & MERLE, 1979).

B. Evolution de la fertilité et de la valeur pastorale des zones intermédiaires : rôle du pâturage

L'évolution contemporaine des surfaces pastorales de vallée se traduit par une augmentation des surfaces uniquement pâturées, au détriment des parcelles cultivées et fauchées. Suivant leur niveau de fertilité au moment de l'abandon et l'intensité de fréquentation par les troupeaux qui suit cet abandon, les parcelles ont des trajectoires d'évolution différentes.

Pour les Z.I., nous avons superposé, à la répartition réellement observée des stations dans le plan (F1, F2) de l'A.F.C., des trajectoires d'évolution théoriques, pour 3 parcelles fictives (fig. 8). Les parcelles A et A' sont des champs ayant au moment de leur abandon des niveaux de fertilité différents la parcelle B est un pré de fauche. Pour les parcelles A et B, nous avons imaginé plusieurs possibilités de trajectoires en fonction de l'intensité de fréquentation qui suit l'abandon.

La répartition des parcelles réellement étudiées traduit bien le système de pâturage pratiqué : grande diversité d'utilisation (par les troupeaux) dans les situations les plus fertiles, faible diversité dans les situations les moins fertiles. Il n'existe pas de stations peu fertiles et très pâturées. Ceci illustre le phénomène de glissement dans l'utilisation de l'espace, vers le fond de vallée. Les Z.I. actuellement les moins fertiles sont celles abandonnées depuis longtemps donc, souvent, des surfaces à fortes contraintes. La fréquentation importante des prés de fauche (surfaces fertiles et très pâturées) par les animaux est liée à la pratique de la « vaine pâture » et à l'abandon du gardiennage. Elle est ici peu visible car les prés de fauche sont absents de l'échantillon analysé (sauf station 38).

Les courbes (a) et (b) constituent l'enveloppe des différentes trajectoires possibles des parcelles abandonnées dans un processus d'évolution conduisant à un pacage pauvre mais herbacé. Toutes les trajectoires qui coupent la courbe (a) correspondent à un processus d'enfrichement :

a1 correspond à l'établissement d'une friche rudérale consécutif à l'absence de pâturage après l'abandon de la culture ;

a2 correspond à la même évolution sur un pas de temps plus long ;

a3 correspond à l'abandon d'un pâturage sur une parcelle ayant suivi, au départ, un processus d'évolution « normal ». Cet abandon peut être d'origine diverse : décision d'agricul-

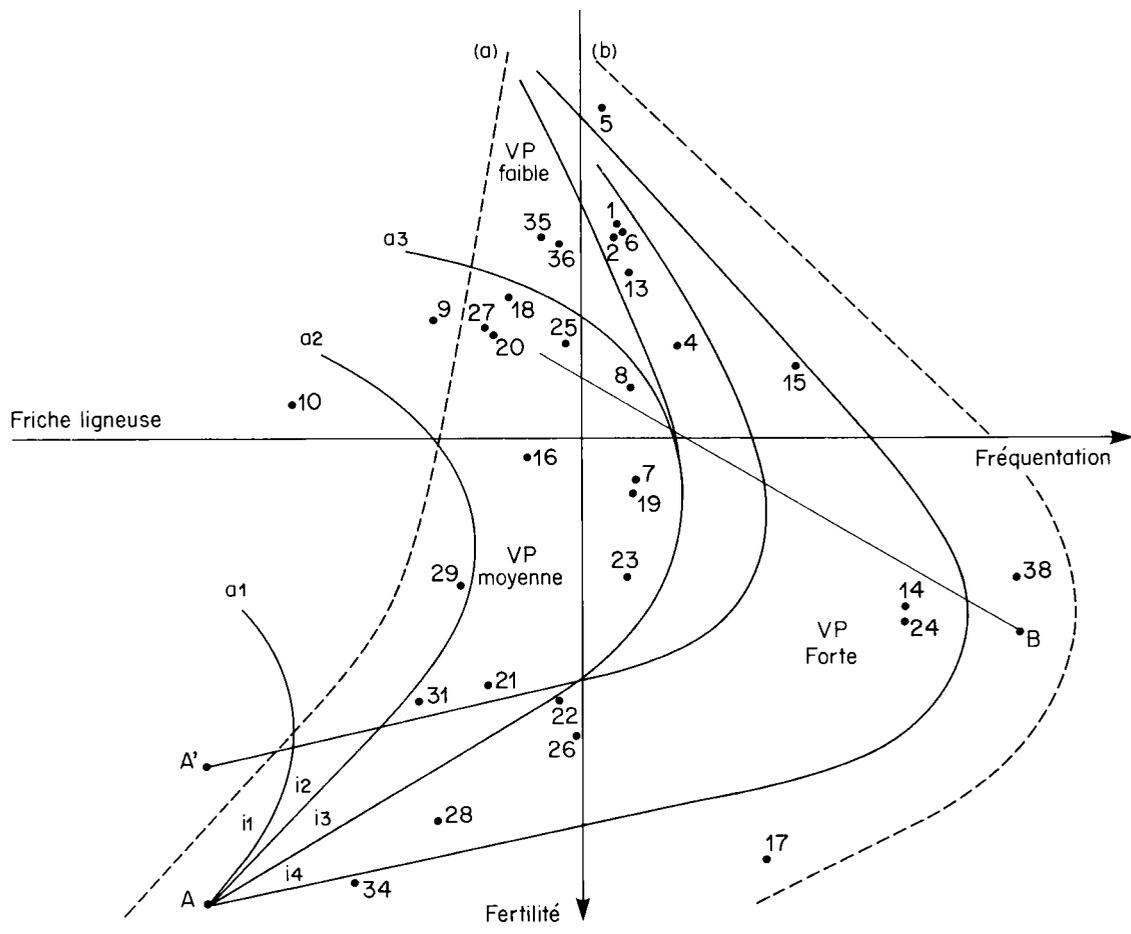


Figure 8

Trajectoires d'évolution théorique de 3 parcelles type après leur transformation en pâturage : importance de la fréquentation par les animaux.

Theoretical curves for 3 model plots after transformation into pasture, showing importance of the presence of animals.

teur, contraintes écologiques importantes de la parcelle (forte pente, isolement au milieu de surfaces boisées...).

Pour une parcelle donnée, A, on peut imaginer plusieurs types de trajectoires en fonction de l'intensité de fréquentation qui suit l'abandon ($i_4 > i_3 > i_2 > i_1$). Plus l'intensité de fréquentation est élevée, mieux le potentiel de production initial est valorisé et permet d'atteindre une V.P. élevée. Ce raisonnement reste valable pour toute trajectoire située à l'intérieur des courbes (a) et (b), c'est-à-dire pour toute trajectoire correspondant à des situations réellement observées.

Pour 2 parcelles de fertilité initiale différente, A et A', une même intensité de fréquentation induit 2 trajectoires différentes, la parcelle la plus fertile atteignant la V.P. la plus élevée.

Dans le cas d'un pré de fauche, B, nous avons vu que la fréquentation était très élevée et que la fertilité était généralement inférieure à celle d'un champ (DE MONTARD *et al.*, 1981). Dans ces conditions, en cas d'abandon, le niveau de fréquentation ne peut augmenter et la parcelle se déplace uniquement sur un faisceau de trajectoires qui dépend de la rapidité de diminution de la fréquentation.

Compte tenu des pratiques actuelles, quels que soient l'utilisation antérieure d'une parcelle, son niveau initial de fertilité, l'intensité de fréquentation qui suit son abandon, le niveau de fertilité du sol ne peut que diminuer. Cette diminution est plus ou moins rapide selon le niveau de fertilité initial et l'intensité de fréquentation qui suit cet

abandon. Par exemple, la vitesse de déplacement de la parcelle A est beaucoup plus rapide sur la trajectoire i4 que sur la trajectoire i1. Sur la trajectoire i1, la parcelle est envahie dans un premier temps par le cortège des plantes rudérales, *Chenopodium album*, *Geranium rotundifolium*, *Urtica dioica* puis *Lappa minor*, *Anthriscus silvestris*... puis se transforme en fourré arbustif à *Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Fraxinus excelsior*. Sur la trajectoire i4, la fréquentation élevée par les troupeaux contribue, essentiellement par le piétinement, à la disparition des espèces rudérales et à leur remplacement par des espèces pérennes de prairie permanente : *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Poa trivialis* et *pratensis*, *Trifolium repens* et *pratense*. La V.P. de la parcelle théoriquement nulle au moment de l'abandon de la culture augmente très rapidement, pendant 10 à 15 ans environ, pour atteindre des valeurs assez fortes (supérieures à 45).

Cette phase d'amélioration passe par un maximum que nous assimilons à celui de la V.P. La fréquentation importante par les animaux induit une exportation régulière des éléments fertilisants et, à terme, le niveau de fertilité de la parcelle devient un facteur limitant pour le développement et même le maintien d'espèces végétales bonnes fourragères. La V.P. baisse lentement jusqu'à 20-25 ce qui, dans le système étudié, semble être une situation d'équilibre. Cette phase dure 40 à 60 ans et plus. Les graminées et la légumineuse dominantes sont alors *Agrostis tenuis*, *Festuca rubra*, *Briza media* et *Lotus corniculatus*.

Les Z.I. s'inscrivent dans un processus d'évolution régressive même si certaines parcelles passent par une phase d'amélioration pastorale (augmentation de la V.P.). Le seul facteur contrôlable de cette évolution est le pâturage, la fertilité de la parcelle étant une donnée initiale.

V. CONCLUSION

Dans les Pyrénées centrales, la dynamique de déprise agricole a conduit à la mise en place d'un système de pratiques d'utilisation des ressources fourragères, fauchées et pâturées, basé sur l'exploitation d'une rente de situation consécutive à l'abandon des parcelles labourées (transformées en prés de fauche puis en parcours, ou bien directement en parcours).

Ce potentiel de production est mal valorisé. La fumure est insuffisante sur la plupart des prés de fauche. La concentration des activités de pâturage sur des surfaces de plus en plus réduites conduit à l'enfrichement du reste du territoire communal. Un tel système ne peut se maintenir que s'il est régulièrement alimenté par l'abandon de nouvelles parcelles qui viennent à leur tour compenser la baisse de fertilité des prés de fauche et l'enfrichement des parcelles abandonnées depuis longtemps.

Nous avons montré que, dans les 3 vallées étudiées, la surface occupée par des parcelles encore labourées était de plus en plus réduite. Parallèlement, les effectifs des troupeaux se stabilisant, le nombre de parcelles abandonnées va être, à plus ou moins court terme suivant les communes, insuffisant pour assurer une production fourragère nécessaire au maintien de ces effectifs.

A partir de ce constat, si on veut maintenir, voire développer l'élevage dans ces vallées, il importe :

- d'enrayer cette dynamique régressive et
- de créer les conditions d'une réversibilité des phénomènes décrits ci-dessus.

Il ne s'agit pas de rechercher la valorisation maximum du potentiel pédo-climatique mais plutôt d'optimiser l'utilisation des différentes surfaces en tenant compte de leurs caractéristiques (accessibilité au troupeau, au matériel, ...) et de leur place dans le calendrier fourrager des exploitations agricoles.

Compte tenu du contexte technico-économique et culturel dans lequel se situent les vallées étudiées (possibilités d'investissements et d'avances de trésorerie limitées de la part des agriculteurs, pratiques communautaires importantes...), les analyses réalisées ici permettent de formuler des propositions pour maintenir ou reconstituer les ressources fourragères.

Dans le cas de prés de fauche, le potentiel important observé dans les situations bien conduites indique qu'un changement brutal de la flore par semis n'est pas nécessaire. Par contre, la fertilisation est un levier de commande important. Pour plusieurs situations différenciées de leur histoire culturelle, nous envisageons d'évaluer l'effet d'une

fumure organique régulière, complétée ou non d'une fumure minérale, suivant que l'objectif souhaité est d'atteindre une proportion plus ou moins importante du potentiel pédo-climatique. Pour les Z.I. dont le rôle stratégique a été démontré par ailleurs, (GIBON, 1981), la réalisation des 2 objectifs cités plus haut passe en partie par le contrôle des charges animales sur le territoire communal (clôtures, parcs, gardiennage...). La poursuite de notre travail sur les trajectoires d'évolution des parcelles doit nous permettre de définir au mieux, en fonction du niveau de fertilité des parcelles, les charges qui permettent d'obtenir les V.P. optimales. Mais il faut également envisager la fertilisation minérale ou organique des parcelles (suivant leur accessibilité et leur niveau de fréquentation). Cette fertilisation doit permettre de compenser les exportations par les animaux et de provoquer, par l'amélioration du niveau de fertilité, une « remontée agronomique » des parcelles.

D'un point de vue méthodologique, l'étude des dynamiques d'évolution des couverts prairiaux pérennes selon les différentes hypothèses de modalités d'exploitation demande généralement des observations de longue durée. Pour comprendre leurs caractéristiques actuelles ou pour maîtriser leur évolution, on peut mettre en place une expérimentation (de longue durée) ou constituer un protocole *a posteriori*. Dans ce dernier cas, il s'agit, à partir des facteurs supposés les plus influents, de repérer des situations représentant des étapes dans l'évolution des processus étudiés. Dans la mesure où nous devons répondre rapidement à ces questions, nous avons privilégié cette 2^e démarche. Elle prend appui, d'une part, sur les données historiques recueillies principalement par enquête et, d'autre part, sur des observations réalisées *in situ* sur des peuplements prairiaux une année donnée.

Pour le traitement des données, nous avons utilisé l'A.F.C. à la fois comme outil d'analyse et comme support d'une modélisation rendant compte de manière continue (analyse de gradient) de la dimension diachronique du phénomène étudié. Nous intéressant ici à l'évolution des surfaces pastorales, nous avons mobilisé principalement les informations concernant les stations. Compte tenu de la réciprocity de l'ordination fournie par l'A.F.C., nous envisageons de poursuivre ce travail en étudiant la signification écologique et la valeur indicatrice de la position des différentes espèces végétales le long des 2 gradients mis en évidence.

Reçu le 20 avril 1983.

Accepté le 12 septembre 1983.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du contrat D.G.R.S.T. « Recherches sur l'élevage en Pyrénées ». Nous remercions les membres de l'Unité S.A.D. de Toulouse pour leurs avis ainsi que Myriam JOLLY (étudiante de l'École Supérieure d'Agriculture de Purpan), Sabine de REDON (étudiante de l'Université Paul-Sabatier), Isabelle THIMEL (étudiante de l'École Nationale Supérieure d'Agriculture de Toulouse) pour leur participation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Behaeghe T., Cottenie A., 1976. Aspects botaniques et analytiques de l'évolution à longue échéance de l'état nutritif du sol. *Ann. Agron.*, 27 (5-6), 819-836.
Benzecri J.-P. 1973. *L'analyse des données, Tome II : L'analyse des correspondances*, Dunod, Paris, 619 p.

Blanchemain A., 1979. Présentation des parcours méditerranéens II. Quelques aspects historiques in « Pâturage d'altitude et parcours méditerranéens ». *X^e Journée du Grenier de Theix*, 343-360.
Bournerias M., 1979. *Guide des groupements végétaux de la région parisienne*, 2^e éd. Sedes, Paris, 509 p.

- Brown K.R., Evans P.S.**, 1973. Animal treading : A review of the work of the late D.B. Edmond. *N.Z. J. Exp. Agric.*, **1**, 217-226.
- Daget Ph., Poissonet J.**, 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies - Critères d'application. *Ann. Agron.*, **22** (1), 5-41.
- Delpech R.**, 1979. Réflexions sur quelques problèmes biologiques soulevés par l'exploitation pastorale en montagne in « Pâturage d'altitude et parcours méditerranéens ». *X^e Journée du Grenier de Theix*, 21-44.
- Delpech R., Girard C.M.**, 1981. *Graminées des prairies et pâturages permanents*, I.N.A.-P.G., 51 p. *Légumineuses des prairies et pâturages permanents*, I.N.A.-P.G., 55 p.
- Duru M.**, 1981. Mode d'exploitation des prés de fauche dans les Pyrénées centrales (Références biologiques, pratiques des agriculteurs). *Fourrages*, **87**, 53-89.
- Duru M., Gibon A., Langlet A., Flamant J.-C.**, 1979. Recherche sur les problèmes pastoraux pyrénéens in « Pâturage d'altitude et parcours méditerranéens ». *X^e Journée du Grenier de Theix*, 231-256.
- Gachon L.** 1982. Le phosphore et la vie végétale. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 308-319.
- Gibon A.**, 1981. *Pratiques d'éleveurs et résultats d'élevage dans les Pyrénées centrales*. Thèse Docteur Ingénieur, I.N.A.-P.G., 106 p.
- Guinochet M.**, 1973. *Phytosociologie*, Masson et Cie, Paris, 227 p.
- Jambu M.**, 1978. *Classification automatique pour l'analyse des données*. 1. *Méthodes et algorithmes*, Dunod, Paris, 310 p.
- Jambu M., Lebeaux M.O.**, 1978. *Classification automatique pour l'analyse des données*. 2. *Logiciels*, Dunod, Paris, 399 p.
- Lacoste A., Roux M.**, 1971. L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. 1. L'analyse des données floristiques. *Oecol. Plant.*, **6**, 353-369.
- Lacoste A., Roux M.**, 1972. L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. 2. L'analyse des données écologiques et l'analyse globale. *Oecol. Plant.*, **7**, 125-146.
- Lapchin L., Boll R.**, 1981. Utilisation de la typologie automatique pour la mise au point d'un échantillonnage stratifié, en vue de l'étude des relations plante hôte-pucerons en verger de pêchers. *Agronomie*, **1** (7), 587-594.
- Loiseau P., Larrère G.**, 1977. Effets à long terme des pratiques agro-pastorales sur la végétation d'un territoire communal. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 404-410.
- Loiseau P., Merle G.**, 1979. Influence du mode d'exploitation traditionnel sur l'état des parcours dans la région des Dômes. *Fourrages*, **79**, 39-56.
- Lonchamp J.-P.**, 1976. Influence des facteurs d'exploitation sur la typologie des prairies permanentes de l'Auxois. *5^e Coll. Int. Ecol. et Biol. des mauvaises herbes*, Dijon, Coloma, 109-119.
- Marty J.-R., Hilaire A.**, 1979. Doctrine de fertilisation applicable à une région. Rôle des analyses de terre, *Ronéo, Station d'Agronomie I.N.R.A., Toulouse*, 15 p.
- de Montard F.X.**, 1977. Valorisation des déjections animales : fumier, purin, lisier. *Fourrages*, **69**, 41-60.
- de Montard F.X., Balent G., Duru M., Jeannin B., Lafarge M., Langlet A.**, 1981. « Potentialités agroclimatiques et productivité agricole » in « *I.N.R.A. et la Montagne* », 29-40.
- de Montard F.X., Gachon L.**, 1978. Contribution à l'étude de l'écologie et la productivité des pâturages d'altitude des Monts Dore. I. Application de l'analyse factorielle des correspondances à l'analyse de la végétation. *Ann. Agron.*, **29** (3), 277-310.