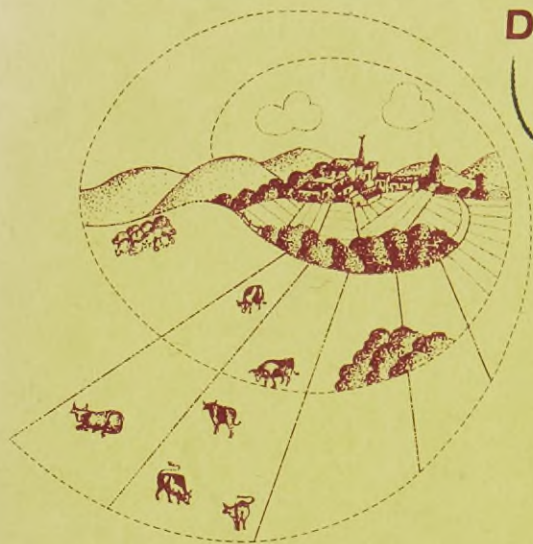




Département de Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement
Unité SAD VERSAILLES - DIJON - MIRECOURT

pu339

ETUDES et RECHERCHES

Groupe Rhône-Alpes

3



INFLUENCE DU MILIEU PHYSIQUE ET DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LA VEGETATION DES PRAIRIES DE FAUCHE DES HAUTES VALLEES DES ALPES DU NORD

Une recherche en Beaufortain et sa portée régionale

Ph. FLEURY - J.M. DORIOZ - B. JEANNIN



DAD-3

Avril 1985



**INFLUENCE DU MILIEU PHYSIQUE ET DES PRATIQUES AGRICOLES
SUR LA VEGETATION DES PRAIRIES DE FAUCHE DES
HAUTES VALLEES DES ALPES DU NORD**

Une recherche en Beaufortain et sa portée régionale

Ph. FLEURY* - J.M. DORIOZ - B. JEANNIN*****

* INRA-SAD/SUACI Alpes du Nord

** INRA-Science du Sol-Thonon

*** INRA-SAD Versailles

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1207 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637
TEL: 773-936-5000
WWW.CHICAGO.EDU

SOMMAIRE

	Pages
RESUME.....	4
AVANT PROPOS.....	5
I - REPRESENTATIVITE REGIONALE DES ETUDES EFFECTUEES EN BEAUFORTAIN SUR LA VEGETATION DES PRAIRIES DE FAUCHE.....	6
A/ Les références phytosociologiques : le groupement végétal et sa valeur indicatrice.....	6
B/ Les références biogéographiques et la représentation cartographique de la zone de validité.....	8
C/ Conclusion.....	9
II - LE "MILIEU" PRAIRIE DE FAUCHE EN BEAUFORTAIN.....	11
A/ Situation dans le paysage.....	11
B/ Passé culturel et évolution récente de la surface fourragère.....	12
C/ La végétation des prairies de fauche : une différenciation surtout quantitative.....	13
D/ Conclusion.....	15
III - INFLUENCE DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LA VEGETATION DES PRAIRIES DE FAUCHE.....	16
A/ Méthode de travail.....	16
B/ Influence de la date de fauche en première exploitation fauchée.....	19
C/ Influence de la fertilisation organique sur les prairies de fauche.....	24
D/ L'effet pâture : étude des prairies en "herbe dure".....	30
E/ Conclusion.....	31
IV - HIERARCHIE DES FACTEURS DE DEGRADATION DES PRAIRIES DE FAUCHE DES ALPES DU NORD HUMIDES.....	32
A/ Méthodologie.....	32
B/ Facteurs de dégradation des prairies de fauche.....	33
C/ Généralisation.....	39
CONCLUSION.....	43
ANNEXES.....	45
BIBLIOGRAPHIE.....	51

RESUME

Des études ont été entreprises sur les prairies de fauche des hautes vallées des Alpes du Nord. On considère que les travaux réalisés dans le Beaufortain et le Pays de Thônes sont extrapolables à l'ensemble des prairies appartenant au groupement végétal dit "pelouse à triset", en excluant, au moins provisoirement, les régions a été relativement secs.

Sur le plan agronomique, la prairie de fauche recouvrant généralement un milieu physique "mésophile", varie essentiellement, et de façon spectaculaire, en fonction des pratiques agricoles. Une enquête réalisée en 33 stations permet une approche qualitative et quantitative des causes de l'hétérogénéité parcellaire des végétations.

L'abondance des dicotylédones diverses croît avec la tardivité de la fauche. Sous l'effet de la fumure organique, le rapport bonnes graminées sur dicotylédones diverses présente un maximum vers des doses comprises entre 20 et 40 tonnes de lisier/ha/an. On observe des différences spécifiques importantes de comportement vis-à-vis de ces deux facteurs. Dans les prairies pâturées avant la fauche, les plantes indésirables ne sont jamais envahissantes.

La hiérarchisation des facteurs de dégradation prairiale a été effectuée par l'analyse de variance en régression simple et multiple. La date de fauche décrit une plus grande part de la variation des abondances relatives des dicotylédones que la fertilisation. En plus de ces deux facteurs très déterminants, l'humidité et la pente (effet indirect du pâturage automnal) expliquent également une part de l'envahissement par les mauvaises herbes.

ABSTRACT

Studies on meadows were conducted in upper valleys of the Northern Alps. It is considered that the works carried out in the "Beaufortain" and "Pays de Thônes" can be extrapolated to all grasslands of the so called "Trisetopolygonion" plant association in phytosociologic system excluding - at least temporarily - the regions with relatively dry summers.

From an agricultural point of view, the floristic composition of meadows which generally occurs in a "mesophytic" environment varies essentially and dramatically in relation to agricultural practices. From a survey conducted in 33 stations, it was possible to proceed to a qualitative and quantitative evaluation of the factors accounting for plant heterogeneity in the meadows.

The quantity of dicotyledons increases as cutting time is delayed. After application of organic fertilization, the ratio of good grasses to dicotyledons reaches a peak at a dose range of 20-40 t/ha/yr of slurry. Major specific differences in behaviour can be observed in response to the two factors. Undesirable weeds never reach predominant proportions in the meadows grazed before cutting.

The factors involved in vegetation degradation have been hierarchized by regression variance analysis. Cutting time plays a greater part in variation of the relative quantity of dicotyledons than does fertilization. In addition to these two determinant factors, moisture and slope (indirect effect of autumn grazing) are also involved in weed infestation.

MOTS CLES

Prairie de montagne
Fenaïson
Dégradation
Mauvaise herbe

Milieu
Pratique des agriculteurs
Fertilisation organique

Enquête
Régression
Alpes

AVANT PROPOS

Dans les hautes vallées du nord des Alpes, des terroirs ont conservé une forme d'agriculture originale, présentant un certain dynamisme. Cette agriculture repose, essentiellement, d'une part sur la production laitière bovine transformée en produits assurant une bonne valorisation du lait et, d'autre part, sur l'utilisation du bon potentiel de la surface toujours en herbe des vallées et des alpages.

Elle s'est évidemment profondément transformée au cours des dernières décennies avec son ouverture vers le monde extérieur, provoquant le développement du commerce, du tourisme et l'arrivée d'innovations techniques proposées aux exploitants.

Cette mutation rapide des systèmes agraires crée actuellement de profonds déséquilibres qui inquiètent les responsables professionnels notamment. Certains, en un premier temps dans la zone de fabrication du beaufort, ont sollicité l'aide de l'I.N.R.A. pour analyser cette mutation, comprendre ses conséquences diverses et proposer des solutions à ses effets néfastes.

Une équipe de recherche s'est ainsi progressivement constituée, animée par le SAD travaillant en étroite collaboration avec quelques chercheurs d'autres Départements de l'I.N.R.A. : Science du sol et Elevage des Herbivores principalement.

Le programme de "recherche-développement" des Alpes du Nord a été basé jusqu'à présent sur deux terroirs jugés "représentatifs" de la zone concernée : le Beaufortain et le Pays de Thônes. Il est conduit en étroite relation avec la profession qui en assure la "maîtrise d'ouvrage", notamment les EDE des deux départements concernés, la coopérative de Beaufort, le CETA de Thônes... et le SUACI des Alpes du Nord. Cette dernière structure joue un rôle de coordination certain permettant, notamment, l'obtention d'un appui financier local (FIDAR, EPR), sans lequel cette action eut été impossible.

A partir des questions posées par les professionnels et des premiers travaux du SAD concernant le fonctionnement et l'évolution des systèmes agraires locaux, la nécessité d'entreprendre des études sur la surface fourragère des hautes vallées s'est avérée fondamentale, et plus particulièrement sur les surfaces fauchées. L'évolution des systèmes d'exploitation semble entraîner fréquemment leur dégradation.

Quels sont les facteurs qui influent sur la végétation de ces prairies, quelles sont les lois d'évolution de la quantité et de la qualité des fourrages qu'elles produisent et enfin qu'elle est la valeur alimentaire des foin qui en sont issus ?

Nos recherches ont tenté, notamment, de répondre à ces questions entre 1980 et 1985. L'ensemble des résultats obtenus fera l'objet de plusieurs publications suivies d'articles de synthèse et de "restitutions" diverses aux agents du développement.

Ce premier document délimite la région où nos données sont extrapolables, définit et hiérarchise les facteurs influençant la végétation des prairies de fauche. C'est un préalable à la construction d'une typologie agronomique de ces surfaces fourragères et à la caractérisation de chaque type par sa productivité et sa dynamique d'évolution, souhaitée ou non.

I - REPRESENTATIVITE REGIONALE DES ETUDES EFFECTUEES EN BEAUFORTAIN SUR LA VEGETATION DES PRAIRIES DE FAUCHE

Les résultats présentés à la suite de ce chapitre ainsi que de nombreuses données agronomiques ont été obtenues dans une vallée des Alpes du Nord, le Beaufortain. La mise en place d'un dispositif similaire de mesure dans une vallée voisine : le pays de Thônes, (non prise en compte ici), ne suffit pas à résoudre la question de la représentativité régionale de nos travaux.

Ce problème peut être abordé indirectement en répondant aux deux questions complémentaires suivantes :

- . Sur quelles bases scientifiques s'appuyer pour affirmer que l'on a affaire aux "mêmes" prairies d'un point de vue agronomique (dans une région donnée, ou d'une région à une autre) ?
- . Comment tracer l'aire de répartition de ce groupe de prairies considéré comme ayant des propriétés agronomiques définies.

Les références phytosociologiques et biogéographiques constituent les premiers éléments de réponse (carte de végétation des Alpes du Nord - RICHARD et PAUTOU 1983. Les commentaires climatologiques et pédologiques se rattachant à ces cartes sont également intéressants.

A - LES REFERENCES PHYTOSOCIOLOGIQUES : LE GROUPEMENT VEGETAL ET SA VALEUR INDICATRICE.

1/ Les prairies de fauche du Beaufortain sont des "prairies à trisète".

Les prairies échantillonnées dans la région de Beaufort, appartiennent toutes au même "groupement végétal", car on y trouve toujours, pour l'essentiel, la même liste d'espèces. Cette composition floristique, pour les phytosociologues, définit la pelouse à trisète (alliance du "trisetopolygonion bistortae ; (Flore de France du CNRS - Tome 1).

L'ensemble des stations portant ce groupement possède en commun les mêmes grandes caractéristiques du milieu (on peut considérer schématiquement que l'environnement "sélectionne" les espèces présentes dans une station). Ainsi, dans la région de Beaufort, les pelouses à trisète sont

caractérisées schématiquement par :

- . un climat frais correspondant à celui de l'étage montagnard et du subalpin inférieur (soit de 700/900 m à 1.800 m) ;
- . des conditions édaphiques non limitantes au point de vue de l'eau ("ni trop, ni pas assez") et de l'acidité ($\text{pH} > 5$).
- . une exploitation avec fauche dominante ayant lieu généralement pendant ou après la floraison des graminées dominantes.

Bien entendu, dans le secteur étudié, il existe des variations de végétation ; mais celles-ci sont essentiellement quantitatives et correspondent à des modifications du milieu (surtout divers degrés d'humidité du sol) ou à des pratiques qui ne changent pas fondamentalement la composition floristique (liste des espèces).

Ainsi, le groupement végétal a une certaine "tolérance", vis-à-vis des facteurs du milieu. La précision des indications fournies par la flore sur le milieu s'en trouve donc limitée.

2/ Répartition des pelouses à trisète dans les Alpes du Nord.

Les pelouses à trisète sont largement dominantes ($> 90\%$ de la surface en herbe de l'étage montagnard) dans le paysage du Beaufortain, en raison de circonstances très favorables au point de vue agronomique, pédologique (sols en général profonds, jamais vraiment acides) et climatologique (région d'altitude élevée, vallée ouverte aux influences atlantiques amenant de fortes précipitations régulièrement réparties tout au long de l'année).

Néanmoins on y rencontre d'autres "types phytosociologiques" de pelouses. Ces types définis sur la base de variations de la composition floristique correspondent à un autre équilibre entre le milieu et la flore. Ainsi, la prairie à brôme dressé caractérise les prés de fauche un peu sec. (adret, sols superficiels) ; et la pelouse à crételle les pâtures.

Si dans le Beaufortain, les prairies à brôme dressé sont très rares, dans les Bauges, le Chablais et le Faucigny (DORIOZ J.M., 1976 - RICHARD L., 1975) elles occupent une surface un peu plus notable, bien que confinées aux adrets ($\approx 10\%$ de la surface totale). Cependant, dans ces régions, la pelouse à trisète reste tout à fait dominante dans le secteur fauché de l'étage montagnard.

A l'inverse, quand on pénètre à l'intérieur du Massif Alpin, la surface occupée par ce groupement un peu sec augmente. Corelativement la surface de pelouses plus fraîches à trisète diminue (carte de la végétation de Chamonix - RICHARD, 1975 ; carte de végétation de la moyenne Tarentaise - GENSAC, 1972 -).

Dans ces régions, la pluviosité est plus faible (800 à 1.000 mm par an) avec en particulier des étés plus secs, les précipitations venues de l'ouest étant en partie interceptées par d'autres chaînes de montagnes. Les pelouses à trisète y occupent des altitudes plus élevées ($> 1.100 - 1.300$ m) et surtout des ubacs. En effet, de telles stations ont une hygro-

métrie élevée ce qui compense le déficit de pluviosité estivale. En outre, d'après RICHARD et PAUTOU (1983), elles recouvrent alors parfois des moraines siliceuses. La tendance à l'acidification de ce support est probablement plus marquée que celle des sols sur calcshistes (Beaufortain), sur flysh ou sur marne (Chablais, pays de Thônes...).

B - LES REFERENCES BIOGEOGRAPHIQUES ET LA REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE DE LA ZONE DE VALIDITE.

1/ Les grandes divisions biogéographiques.

En raison des possibles compensations entre facteurs du milieu il existe donc des différences dans l'écologie de la pelouse à trisète d'un point à l'autre de son aire de répartition dans les Alpes du Nord. Ces différences suivent en particulier la séparation bien connue des biogéographes entre :

- . les régions à étés humides et à forte pluviosité. Elles sont situées à l'ouest du massif et sont le plus souvent constituées de roches sédimentaires ; c'est la zone dite "externe" ;
- . les régions à étés plus secs et à pluviosité moins forte. Elles sont situées plus à l'est du massif alpin et sont dominées par des roches mères siliceuses ; c'est la zone dite "interne".

Bien entendu il existe une zone "intermédiaire" et la limite conserve forcément un côté arbitraire. La frontière entre les zones interne et externe a été établie sur la base de données bioclimatologiques (RICHARD et PAUTON, 1983) pour laquelle la couverture forestière a une valeur indicatrice intéressante. Ainsi le mélèzain caractérise les régions à étés secs et lumineux alors que les hêtraies sapinières préfèrent les montagnes plus humides.

Cependant ces distinctions géologiques et climatiques ne se répercutent pas sur les grandes lignes de la composition floristique de l'alliance des prairies à trisète. Les phytosociologues n'établissent donc pas de subdivisions. On peut cependant se demander si cette différence d'écologie modifie les caractéristiques agronomiques du groupement. A notre connaissance, il n'y a pas de réponse à cette question. En d'autres termes nous ne savons pas si la pelouse à trisète développée dans des conditions macroclimatiques plus sèches que celles du Beaufortain réagit de la même manière au plan agronomique. L'humidité d'ubac, qui permet dans les zones internes, de retrouver les espèces de ce groupement, équivaut-elle à des précipitations estivales, en particulier du point de vue de la productivité des regains ? L'équilibre flore-exploitation est-il le même sur des sols à régime hydrique plus contrasté ou plus nettement acides ?

En l'absence de réponse actuelle nous préférons exclure, au moins provisoirement, ces régions de la zone de validité de nos travaux. Celle-ci est donc l'aire de répartition de la pelouse à trisète dans les Alpes du Nord, exception faite des régions à étés secs.

2/ Définition de l'aire de la pelouse à trisète.

Il existe de nombreuses cartes de la végétation couvrant diverses régions des Alpes du Nord (Laboratoire de biologie végétale - Université de Grenoble, Université de Chambéry) mais rares sont celles qui mentionnent clairement la pelouse à trisète (comme dans les feuilles Cluses et Chamonix, ou la feuille Thonon, ou la feuille Chambéry). Une cartographie détaillée (1/50.000) n'est donc pas envisageable à partir de ces documents.

Cependant, comme nous l'avons vu, les prairies à trisète s'observent à partir du montagnard (en moyenne au-dessus de 700 à 800 mètres). Cette limite inférieure nous permet de tracer le contour général des régions contenant ce type de prairie.

A l'intérieur de ce secteur cartographié, il est indispensable de différencier la pelouse à trisète à l'aide d'indicateurs végétaux et de critères d'environnement. Il n'est en effet pas possible de cartographier les enclaves plus sèches à brôme dressé. De la même façon, la limite supérieure de la pelouse à trisète n'est pas dessinable à notre échelle. Située vers 1.700 à 1.800 mètres environ, elle marque également une disparition presque complète de la fauche au profit de la pâture.

Enfin, l'on pourrait probablement également inclure dans notre zone de validité des régions de l'avant-pays riches en prairies à trisète : Jura, Haut-Bugey.

C - CONCLUSION.

Dans la définition de la zone de validité de nos travaux sur la prairie de fauche à trisète du Beaufortain, nous nous sommes heurtés à l'absence de références scientifiques concernant la valeur indicatrice de la notion de groupement végétal d'un point de vue agronomique.

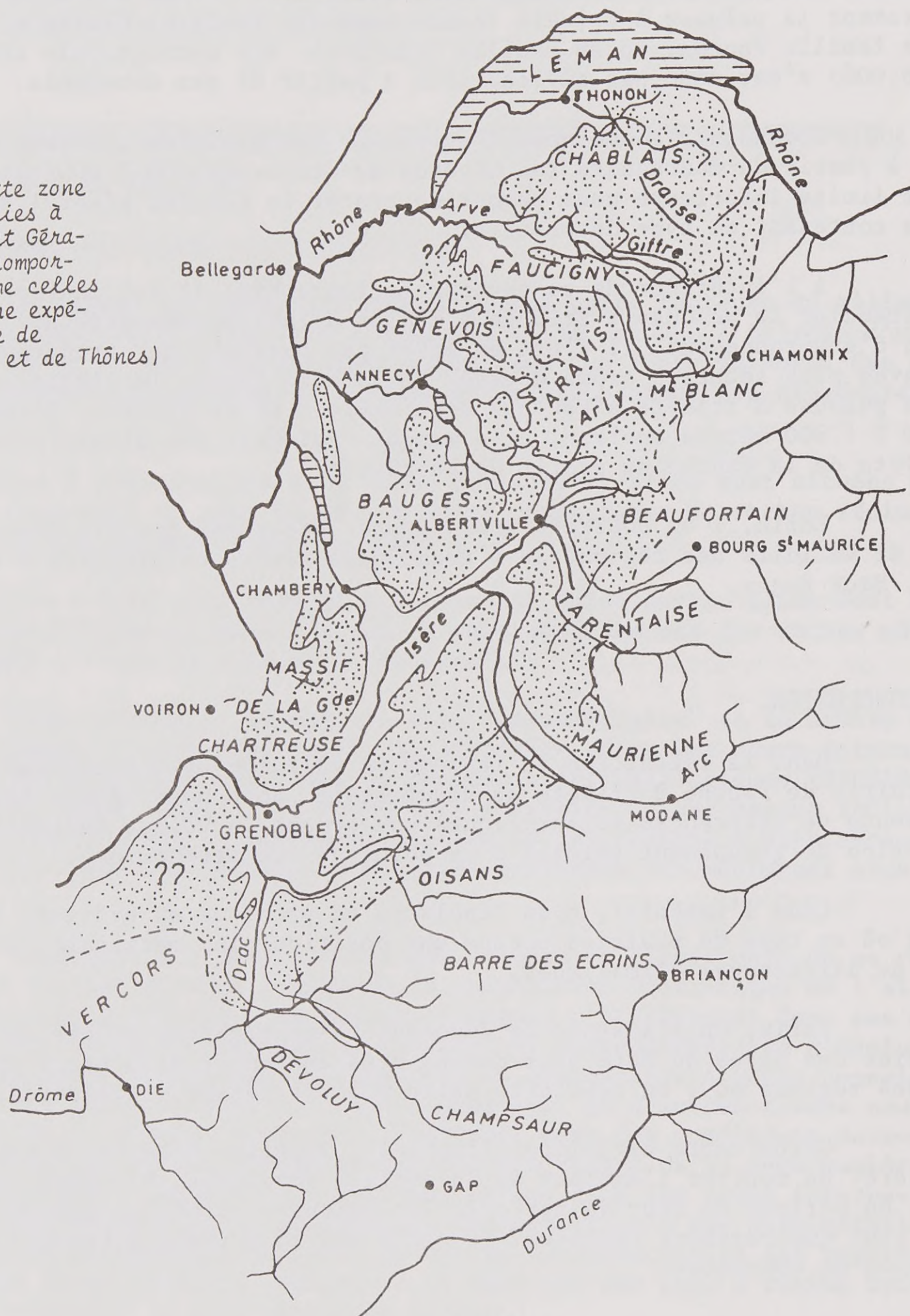
Dans l'immédiat, nous résolvons ce problème en excluant les régions où ce type de prairies occupe une position plus marginale surtout du fait de différences climatiques.

Enfin, en l'absence de document cartographique précis sur les prairies des Alpes du Nord nous devons nous contenter d'un tracé très général des régions où l'on rencontre cette pelouse (étage montagnard).

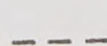
Cette carte ci-jointe (figure 1), à petite échelle, a cependant l'intérêt de montrer l'ampleur de la surface concernée. En effet, aujourd'hui en période de déprise agricole les pelouses sèches et subalpines ne sont plus que rarement fauchées. Et c'est sur la prairie à trisète que la fenaison se concentre.

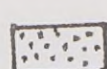
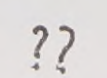
ZONE DE VALIDITE DES RESULTATS CONCERNANT L'AGRONOMIE DES PRAIRIES
DE FAUCHE MONTAGNARDES

(Dans cette zone
les prairies à
Triseté et Géra-
nium se compor-
tent comme celles
de la zone expé-
rimentale de
Beaufort et de Thônes)



LEGENDE

-  Réseau hydrographique
-  Limite inférieure moyenne de l'étage montagnard (750 m)
-  Limite ouest des régions à sécheresse estivale relative

-  Zone de validité (Montagnard des zones externes des Alpes du Nord)
-  ?? Limite à préciser en 1985 (en particulier, limite Sud-Ouest)

II - LE "MILIEU" PRAIRIE DE FAUCHE DU BEAUFORTAIN

Dans ce premier chapitre nous nous proposons de reconnaître les grandes caractéristiques du "milieu" prairie de fauche. Ce premier inventaire qui repose sur l'observation du paysage, des sols, des flores et sur une enquête sur les pratiques agricoles est un préalable à la démarche analytique ultérieure.

A - SITUATION DANS LE PAYSAGE.

Les prairies de fauche du Beaufortain se concentrent dans l'étage montagnard. L'ambiance climatique rencontrée est tout à fait caractéristique de celle de l'étage montagnard des Alpes humides externes (voir pages 7 et 8). Un été frais (16° de température moyenne en juillet à Arèches à 1.030 mètres) et une pluviosité abondante et régulière (de 1.500 à 1.800 mm par an) en sont les éléments dominants.

La mise en valeur agricole du Beaufortain a délaissé, pour des raisons de pente et de rigueur microclimatique, la majorité des surfaces exposées au N et NO. Seuls quelques replats ont été déboisés (aujourd'hui ils sont reconquis par l'épicéa). Les flancs SO et SE, de topographie plus douce, plus favorables à l'herbe sont, par contre, très marqués par l'activité agricole.

Pour les mêmes raisons d'exploitabilité et de potentialités fourragères importantes, les prairies sont essentiellement situées sur les roches sédimentaires (calcschistes surtout) et sur leurs matériaux d'altération transportés. Ces "roches mères" correspondent en général aux pentes les plus douces. Elles engendrent des sols profonds riches en limon. Les études pédologiques (F. VAN OORT, J.M. DORIOZ, 1982) montrent qu'il s'agit de sol brun, assez homogène sur le plan texture (limoneux et limonogreveleux), acide (pH 5,0/6,5) et structure grumeleuse.

Dans le contexte d'un milieu physique aussi diversifié que le milieu alpin (roches mères, pentes, orientations, sols...), les prairies de fauche apparaissent comme un élément assez particulier du milieu. Les caractéristiques de leur environnement physique ne sont jamais extrêmes ; la station type est une station "mésophile" (ni trop sèche, ni trop humide - sol pas trop acide ou neutre) située sur des matériaux issus de l'altération des schistes. Il existe néanmoins une multitude de nuances liées à l'altitude, à la pente et à l'orientation. Ces paramètres règlent le microclimat thermique et par conséquent leurs variations jouent un rôle agronomique majeur.

B - PASSE CULTURAL ET EVOLUTION RECENTE DE LA SURFACE FOURRAGERE.

L'évolution récente de la surface fourragère et des pratiques culturales s'accompagne d'une "dégradation" de la flore.

1/ La situation ancienne.

Jusque dans les années cinquante, la conduite des surfaces fourragères du Beaufortain révèle une grande homogénéité, quelles que soient la pente et les possibilités d'accès. L'abondance de la main d'oeuvre permettait de prodiguer des soins constants et intensifs aux prairies. L'ensemble de celles-ci était réservé à la fauche, les vaches sortant très peu avant la montée en alpage. Une partie des regains leur était destinée à l'automne. Le labour avec enfouissement d'une quantité importante de fumier et semis d'une céréale avant l'implantation de la prairie se pratiquait tous les 7 à 8 ans pour une parcelle donnée. Cette maîtrise de la fertilisation organique et de la flore prairiale par le choix des espèces semées, associée à des travaux de maintenance comme le hersage printanier, l'arrachage manuel des mauvaises herbes et parfois un épandage de lisier pâteux (1) en surface était garante d'un bon état floristique et d'un niveau de productivité acceptable dans le contexte d'une autosuffisance vivrière. Les rythmes d'exploitation étaient réduits à leur plus simple expression dans la mesure où la pratique d'une fauche très tardive (après la dissémination des graines de graminées) limitait généralement le nombre de repousses à un.

Les informations obtenues par enquête auprès des exploitants nous laissent supposer une certaine homogénéité floristique des parcelles de l'époque.

L'abandon de ce mode de conduite des prairies semble dépendre de modifications des conditions économiques générales (ouverture vers les marchés extérieurs, diminution de main d'oeuvre, mécanisation...) et locales (augmentation du prix du lait) (E. JOSIEN, 1979 ; E. HUGUET, D. ROYBIN, 1982).

2/ La situation actuelle.

Nous constatons aujourd'hui une hétérogénéité des pratiques culturales en fonction de la situation de la parcelle (pente, accès) et des systèmes d'exploitation (alpagiste, non alpagiste, mise en alpage du troupeau ou non, acheteur de foin ou non). Cette différenciation se révèle génératrice d'excès ponctuels et donc cause de déséquilibres.

Cinq principales évolutions ont été identifiées. La forêt d'épicéas et de hêtres a reconquis certaines parcelles abandonnées. Ce phénomène, contrairement à beaucoup de vallées des Alpes, est ici cependant mineur.

(1) Le lisier pâteux ou sec est le "fumier" local qui désigne le mélange des bouses et des urines sans adjonction de paille, mais ayant perdu la majorité des éléments liquides par écoulement et par évaporation.

Depuis l'abandon du labour, les parcelles de fortes pentes et d'accès peu commode, difficilement mécanisables ne sont plus ou presque plus fumées ;

Depuis l'abandon du labour, les parcelles mécanisables et d'accès facile reçoivent une fertilisation organique de plus en plus importante. Il s'agit de lisier pâteux ou liquide pour certaines exploitations ayant fait l'acquisition d'une fosse à lisier et du matériel d'épandage. Ce phénomène est accentué lorsque les achats de foin sont importants ou lorsque les pâtures sont peu fumées afin d'éviter les refus animaux.

Depuis l'abandon du labour, les parcelles du bas du finage exploitées par des alpagistes sont devenues des pâtures. Celles-ci sont utilisées au printemps et en automne, au moment du regroupement et de la dissolution des troupeaux. Elles subissent donc de très fortes charges instantanées, en général en périodes très humides. Le piétinement provoque une compaction des sols et une ouverture très intense de la végétation. La conduite de front de deux activités - fenaison et soins du troupeau - dans les exploitations ne recourant plus à l'alpage rend la maîtrise de la date de fauche très difficile. La double activité impose de surcroît à certains agriculteurs des contraintes particulières. En outre les traditions régionales vont également dans le sens d'une fauche tardive.

Une approche plus technique de cet éventail de pratiques est possible. Les rythmes d'exploitation vont de la parcelle en pâture exclusive au pré de fauche coupé deux et même trois fois dans la saison avant d'être pâturé en automne.

Une conduite originale est celle des "herbes dures". A un pâturage printanier plus tardif qu'un déprimage mais plus précoce qu'un étêtage succède une coupe pauvre en épis en juillet. Ces prairies sont ensuite pâturées en automne.

Sur les prairies de fauche, la date d'exploitation varie de la pleine épiaison du dactyle à sa dissémination. La majorité des coupes se situe pendant sa fructification. La fertilisation, essentiellement organique, sous forme de lisier liquide ou sec, est appliquée à l'automne ou au printemps sauf sur les herbes dures qui sont fertilisées après la pâture printanière. Les doses vont de zéro à plus de cinquante tonnes par hectare et par an.

Cette diversité des pratiques se traduit par une mosaïque prairiale qui éclate dans toute son ampleur en mai et en juin au moment de l'épanouissement des fleurs. Elle pose également des problèmes de dégradation de la flore puisque l'on assiste à l'extension d'espèces pouvant être médicinales ou indésirables : les graminées peu productives et la majorité des dicotylédones.

C - LA VEGETATION DES PRAIRIES DE FAUCHE : UNE DIFFERENCIATION SURTOUT QUANTITATIVE.

Repères phytosociologiques :

Une centaine de relevés de végétation permettent de repérer l'appartenance phytosociologique des prairies de fauche du Beaufortain. La liste

des espèces rencontrées est présentée dans l'annexe n° 1. Ces prairies se rattachent essentiellement à l'alliance du *Trisetum-polygonum bistortae* (montagnard) et parfois à un faciès frais de l'*Arrhenatherion elatioris* (submontagnard). Ces deux alliances sont très proches du point de vue de leur composition floristique.

1/ Une flore commune typique d'un milieu mésophile.

Il existe de très nombreuses espèces communes à toutes les prairies de fauche : dactyle, pissenlit, marguerite, achillée millefeuille, renoncule acre, silène enflé, flouve, agrostis vulgaire, paturin commun... Dans l'ensemble, la composition varie peu d'une station à l'autre et reste largement dominée par des espèces réputées mésophiles.

2/ Quelques variations floristiques liées à l'environnement physique.

On peut discerner quelques variations floristiques liées à des facteurs microclimatiques. Il en résulte des nuances floristiques plus ou moins marquées, mais toujours insuffisantes pour que l'on puisse reconnaître un autre groupement végétal.

a) *Stations un peu sèches ou un peu fraîches*

Les stations dont le niveau hydrique est le plus faible se rencontrent en adret sur sol superficiel (< 50 %). Quelques espèces mésoxérophiles (*Ononis rampant*, brôme érigé...) s'y développent. Plus en altitude, à partir de 1.500 mètres, ces prairies contiennent parfois la grande gentiane, le sain-foin à feuilles de vesce... Néanmoins, dans le cadre des prairies de fauche, on n'observe jamais de véritables pelouses sèches (*Mesobromion*), les sols exploités étant toujours suffisamment profonds.

A l'inverse, les zones plus fraîches (ubacs > 1.000 m) conviennent bien au développement d'une flore exhubérante avec : géranium des bois, chaerophylle hirsute, grand boucage, grande berce... Cependant, ces espèces s'avèrent par ailleurs, très dépendantes de certaines pratiques (voir plus loin), ce qui limite leurs valeurs indicatrices.

L'abondance d'alchemille vulgaire, myosotis des bois, aegopode podagraire... marque les stations intermédiaires, alors que le plantain lanceolé, le gaillet mou, l'anthesisque des bois préfèrent les stations un peu plus chaudes. Il s'agit là encore d'espèces liées par ailleurs aux pratiques. Toutes ces nuances sont observables à l'échelle d'une vallée ou d'un versant ; elles peuvent aussi apparaître au sein d'une même parcelle à la faveur de micro-variations topographiques.

b) *Stations d'altitudes extrêmes*

Au-dessus de 1.500 mètres quelques espèces subalpines apparaissent : verâtre blanc, rumex à feuilles de gouet, trèfle d'europe, grande gentiane. Symétriquement, il existe des nuances plus collinéennes et plus thermophiles marquées par l'abondance de l'avoine élevée, knautie des prés, rumex oseille, sauge des prés, mauve musquée. Dans les deux cas, il est difficile de discerner la part des variations floristiques qui revient aux effets climatiques

de celle qui revient aux changements de pratiques liés à l'altitude. Cependant l'origine des espèces indicatrices (subalpines/collinéennes) plaide en faveur d'une différenciation au moins partiellement climatique.

3/ Une différenciation essentiellement liée aux facteurs humains.

L'homogénéité de la composition floristique contraste avec l'extraordinaire variabilité des abondances qui s'observent lors des floraisons. Cette différenciation quantitative recoupe les limites des parcelles. Ainsi, de part et d'autre d'une limite cadastrale, le taux de géranium peut varier de 5 à 50 %. Bien d'autres espèces montrent ce même phénomène (chaerophylle, rhinanthé...).

D - CONCLUSION.

L'impression d'une mosaïque de végétation dans le milieu prairie de fauche, dépend de différenciations de la flore s'exprimant à l'échelle de la parcelle. Ces différenciations essentiellement quantitatives, sont très généralement liées aux pratiques agricoles.

La prédominance des facteurs d'exploitation dans le déterminisme de la végétation s'exprime particulièrement bien dans ce milieu physique "mésophile", qui caractérise la grande majorité du secteur fauché.

La modération des conditions écologiques régnant dans ces stations dépend beaucoup des conditions édaphiques. Le sol souvent profond, jamais acide, joue rarement le rôle d'un facteur limitant ; par contre il prend très probablement un rôle de "tampon" vis-à-vis du microclimat.

III - INFLUENCE DES PRATIQUES AGRICOLES SUR LA VEGETATION DES PRAIRIES DE FAUCHE

Pour comprendre l'hétérogénéité parcellaire des végétations il est nécessaire de discerner les pratiques agricoles prépondérantes. Dans ce chapitre nous proposons une première approche qualitative.

A - METHODES DE TRAVAIL.

1/ L'échantillon des stations et sa représentativité.

Nous avons réalisé une enquête sur 33 stations recouvrant la gamme des situations topographiques et culturelles des prairies de fauche :

- . altitude variant de 610 à 1.730 mètres
- . orientation allant du sud au nord
- . pente comprise entre 0 et 50 %
- . fertilisation organique sous forme de lisier sec ou liquide comprise entre 0 et 50 tonnes par hectare.
- . date de fauche précoce à très tardive.
- . rythme de coupe de type "fauche + regain (pâture)" ou de type "pâture + fauche + pâture".

Même si l'implantation de certaines prairies de la région est récente nous n'avons retenu pour cette étude que les parcelles suffisamment anciennes (> 5 ans) pour que l'équilibre flore/milieu/pratiques soit réalisé.

L'unité stationnelle a été déterminé par enquête auprès des exploitants en ce qui concerne les variables anthropiques. A l'intérieur de ces unités d'exploitation la constance des facteurs du milieu est jugée établie lorsque la végétation est homogène. Ce découpage empirique sur le terrain peut être vérifié à postériori un éventuel changement de zone devant se traduire par l'apparition de nouvelles espèces et par une évolution du volume spécifique des espèces une fois les trente premiers prélèvements effectués.

Au stade de l'interprétation des paramètres agronomiques, cet échantillon a été réduit. En effet les prairies d'altitude supérieure à 1.500 mètres ou à l'opposé celles plus sèches des adrets de bas de vallée n'obéissent pas aux mêmes lois de différenciation végétale. Nous nous concentrons donc sur l'étude des flores mésophiles à mésohygrophiles territorialement dominantes et dont l'imbrication est intime.

2/ Les analyses floristiques et leur expression quantitative.

La méthode retenue est celle des poignées (POISSONNET P. et J., 1969) technique adaptée aux végétations hautes. Cinquante poignées suffisent pour échantillonner valablement une station. Un total de six points est réparti entre les principales espèces d'une poignée en fonction du volume qu'elles occupent : ce sont les coefficients d'abondance (les présences sont également notées). A partir de ces résultats bruts, nous pratiquons, pour chaque espèce, le calcul de l'indice B %.

Cet indice est obtenu par la formule :

$$B \% = \frac{\text{somme des coefficients d'abondance d'une espèce}}{\text{somme des coefficients d'abondance de toutes les espèces}} \times 100$$

Le B % ou "Abondance spécifique relative" est une bonne image du volume relatif de l'espèce dans la végétation.

Les abondances spécifiques des espèces sont susceptibles d'évoluer durant la saison. C'est pourquoi il importe de comparer des analyses floristiques réalisées à des stades phénologiques pas trop différents. En particulier, la repousse feuillue et la coupe foin d'une même prairie peuvent présenter certaines variations de végétation.

Dans la pratique, les analyses floristiques ont été réalisées, en 1980, au stade de la fauche réelle de l'exploitant. Cette année, le printemps fut particulièrement pluvieux, ce qui a retardé l'exploitation des fauches précoces : l'ensemble des prairies a donc été inventorié pour une phénologie du dactyle allant de la fructification à la dissémination.

Pour une interprétation agronomique des résultats floristiques, nous avons choisi de ne considérer que les espèces dominantes participant réellement au rendement prairial. Ainsi, seules les espèces les plus abondantes dont les volumes cumulés représentent 85 % du volume total de la végétation sont prises en compte. Les espèces éliminées par cette convention ont une abondance négligeable généralement inférieure à 3 %.

D'autre part nous vérifions que nous n'introduisons pas de biais en particulier en ce qui concerne l'abondance des dicotylédones. La corrélation entre l'abondance des dicotylédones non corrigée et l'abondance des dicotylédones dans 85 % du volume de la végétation est excellente : $r = 0,975$.

3/ Quantification des pratiques agricoles :

a) *La date de fauche.*

L'évaluation de la date de fauche s'avèra particulièrement délicate dans la mesure où nous nous adressions à un échantillonnage de précocité très disparate. Une échelle des temps chronologique ne pouvait pas s'appliquer. Nous avons donc choisi une échelle phénologique ayant pour référence le stade "pleine épiaison" du dactyle. Cette espèce, toujours présente, est souvent la graminée dominante et a de plus l'avantage d'avoir une précocité moyenne par rapport aux autres graminées.

La date d'exploitation habituelle, obtenue par enquête auprès de l'exploit-

tant, est exprimée en jours corrigés depuis (ou avant pour les "herbes dures") la pleine épiaison du dactyle.

Pour obtenir cette dernière variable nous avons utilisé les observations phénologiques réalisées pendant quatre ans, qui nous permettent de prévoir avec une excellente précision les stades "pleine épiaison" et "mi-floraison" du dactyle (1).

Nous avons (moyenne sur 4 ans).

(a) Pleine épiaison du dactyle = $a + b \text{ altitude} + c \text{ orientation} \times \text{pente}$

(b) mi-floraison du dactyle = $d + e \text{ altitude} + f \text{ orientation} \times \text{pente}$

La première équation nous donne, par différence avec la date de fauche habituelle réelle, la date de fauche en jours depuis la pleine épiaison du dactyle.

Comme la vitesse du développement est variable suivant la situation topographique il est nécessaire d'introduire un coefficient correcteur ; en effet lorsque l'altitude augmente et lorsque l'exposition se rapproche du Nord nous observons une accélération dans la réalisation des stades phénologiques (1).

La correction réalisée consiste à ramener les durées réelles à une situation topographique de référence, afin de les rendre comparables (FALLON, 1981). Les durées corrigées se déduisent des durées réelles après division de celles-ci par un coefficient $k(x)$, fonction de l'altitude, de l'orientation et de la pente.

La valeur $k(x)$ est égale à 1 pour une situation topographique de référence ainsi définie : l'altitude est de 1 (en kilomètres) : le produit de l'orientation par la pente est nul. C'est-à-dire que la surface est plane.

Cette origine fixée $k(x)$ se déduit des équations (a) et (b) :

$$k(x) = \frac{a - d + (b - e) \text{ altitude} + (c - f) \text{ orientation} \times \text{pente}}{a - d + (b - e)}$$

Les altitudes supérieures à 1.000 mètres font évoluer $k(x)$ vers une valeur inférieure à 1.

Les altitudes inférieures à 1.000 mètres font évoluer $k(x)$ vers une valeur supérieure à 1.

Les expositions (produit de l'orientation par la pente) supérieures à 0 (c'est-à-dire les orientations ouest-nord-est) font évoluer $k(x)$ vers une valeur inférieure à 1.

(1) Pour plus de précisions sur ces aspects phénologiques et en particulier sur les unités retenues dans les équations voir : FLEURY, 1983 et FLEURY, 85.

Les expositions inférieures à 0 (c'est-à-dire les orientations ouest-sud-est) font évoluer $k(x)$ vers une valeur supérieure à 1.

Les pentes nulles (pas d'orientation) n'influencent pas $k(x)$.

b) La fertilisation

Dans notre échantillon il s'agit quasi uniquement de fertilisation organique, à l'exception de quelques apports de scories potassiques à des doses très faibles (< 50 unités/ha, tous les 5 ans !).

Cette fertilisation est apportée sous deux formes suivant l'équipement de l'exploitation. Les fermes traditionnelles fabriquent un lisier sec ou fumier stocké en tas et ayant perdu la majorité des jus. Le lisier liquide réalisé lorsque une fosse et une tonne à lisier existent contient toutes les déjections et une fraction plus ou moins importante d'eau de lavage et de dilution.

Trois méthodes complémentaires ont été utilisées pour évaluer les quantités apportées :

- . enquête auprès de l'exploitant : celui-ci est généralement assez peu fixé sur les doses pratiquées ;
 - . approche zootechnique : la quantité de lisier produite est obtenue en croisant la durée de stabulation par l'effectif animal. Cette quantité est ensuite divisée par la surface fertilisée, éventuellement en tenant compte d'une répartition non homogène. (par exemple lorsqu'il existe des cultures fourragères ou des parcelles très proches servant d'exutoire à lisier) ;
 - . évaluation pondérale : comptage des tas et pesée de quelques-uns dans le cas d'un épandage manuel de lisier sec ou comptage du nombre d'épandeurs ou de tonnes à lisier dans le cas d'un épandage mécanisé.
- Dans la pratique, les deux dernières méthodes donnent des résultats très comparables.

B - INFLUENCE DE LA DATE DE FAUCHE EN PREMIERE EXPLOITATION FAUCHEE.

L'effet "date de fauche" s'exprime par des modifications de la végétation qui se manifestent globalement par des changements dans le spectre agronomique des prairies (annexe II). Ceux-ci traduisent des variations d'abondance au niveau des espèces : nous présenterons quelques comportements typiques ainsi que la liste des espèces indicatrices d'une date de fauche tardive.

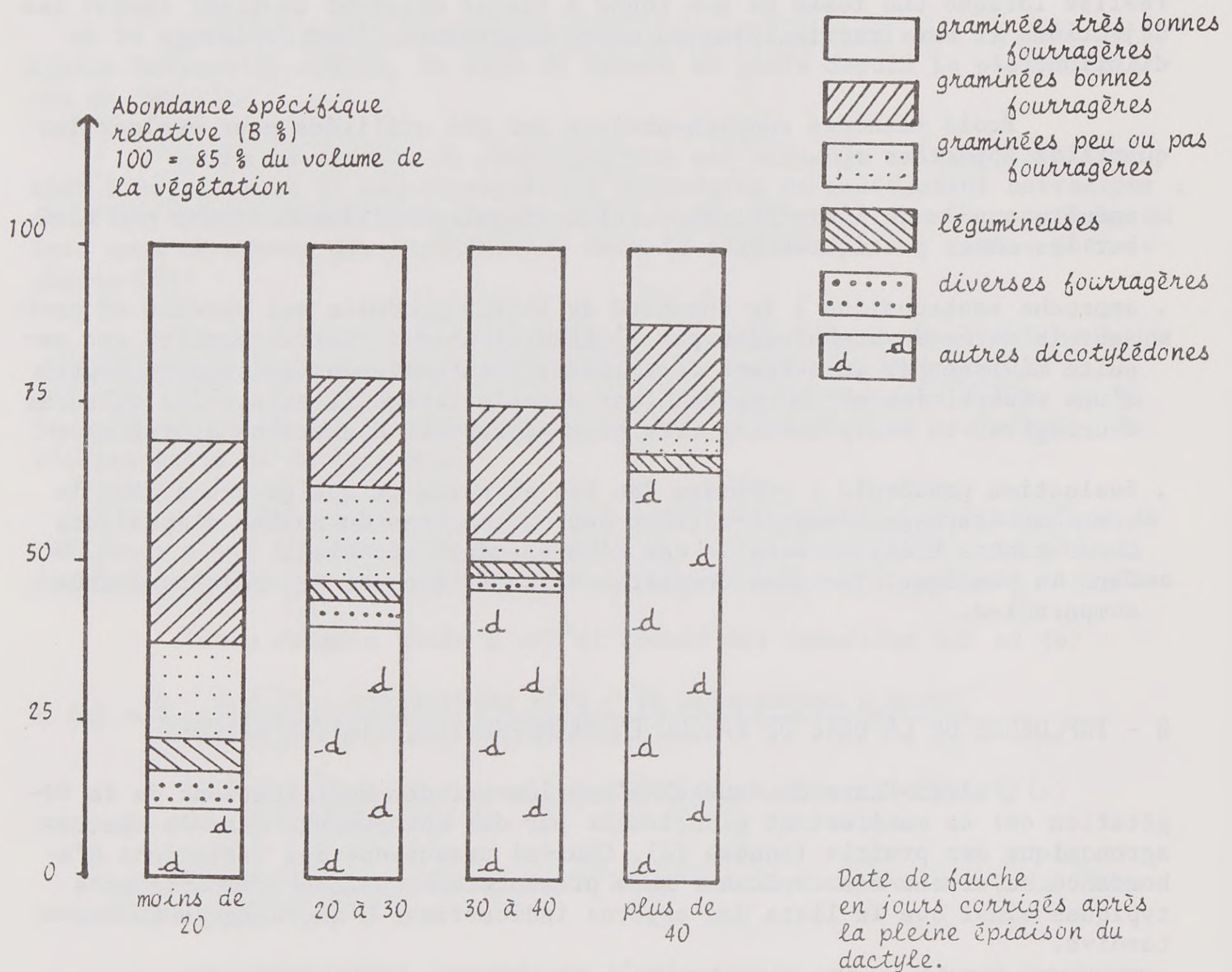
1/ Spectres agronomiques et date de fauche.

La figure n° 1 présente l'abondance relative des différents groupes agronomiques suivant quatre classes de précocité de fauche. Cette représentation met bien en évidence :

- . le développement des dicotylédones diverses lorsque la date de fauche devient tardive ;

Figure 2

VEGETATION ET DATES DE FAUCHE



- . la diminution corrélative des graminées et des légumineuses.

L'importance relative des différentes classes de graminées varie peu avec la date de fauche (ceci n'est pas surprenant car la distinction entre les différents types de graminées se fait surtout sur des critères de productivité et donc, en fait, de sensibilité aux conditions trophiques).

Quant au comportement des légumineuses il doit être considéré avec prudence, étant donné la faible représentation de ce groupe dans les prairies de fauche.

2/ Comportements spécifiques et dates de fauche.

Cette approche globale ne doit pas masquer l'existence d'importantes différences spécifiques. La figure n° 3 présente 3 exemples types de variation.

a) *Espèces sensibles à la date de fauche.*

La fauche tardive favorise certaines espèces, surtout dicotylédones, (comme géranium, anthriscus...) et en défavorise d'autres, souvent des graminées (comme flouze, dactyle) (tableau I). L'abondance des dicotylédones diverses dès que la fauche est tardive et le comportement inverse des graminées, montre la forte sensibilité de certaines espèces à ce facteur du milieu. Pour expliquer ce phénomène on peut invoquer, la dissémination des graines très forte (mais tardive) chez ces dicotylédones ou des différences dans le rythme de formation des réserves entre graminées et dicotylédones.

L'étude des dates de dissémination des dicotylédones montre bien que les espèces favorisées par la fauche tardive égrènent tardivement (tableau II).

Plus la date de fauche est tardive plus la pression de semis des dicotylédones est forte. Cependant, la réalisation du stade dissémination traduit aussi un changement physiologique chez l'individu concerné : la tige reproductrice sèche et d'importantes réserves se constituent au niveau des organes souterrains. Cette transformation les rend plus aptes à assurer leur pérennité après une coupe et à concurrencer les espèces précoces.

Par conséquent, la corrélation entre salissement des prairies par certaines dicotylédones et date de fauche tardive s'explique à la fois :

- . par la très forte dissémination des graines chez ces espèces tardives tombant sur un sol dégagé par la fauche et ceci d'autant plus qu'elle est effectuée tard ;
- . par la possibilité de réaliser des réserves.

Dans le cas d'une fauche plus précoce ces espèces seraient éliminées progressivement par la concurrence.

b) *Espèces indifférentes*

Certaines espèces semblent indifférentes à la date de fauche. Ceci s'explique facilement pour les espèces à forte multiplication végétative : podagraire,

Figure 3

ABONDANCE DE TROIS ESPECES A COMPORTEMENT TYPIQUE
ET DATES DE FAUCHE (Valeurs moyennes)

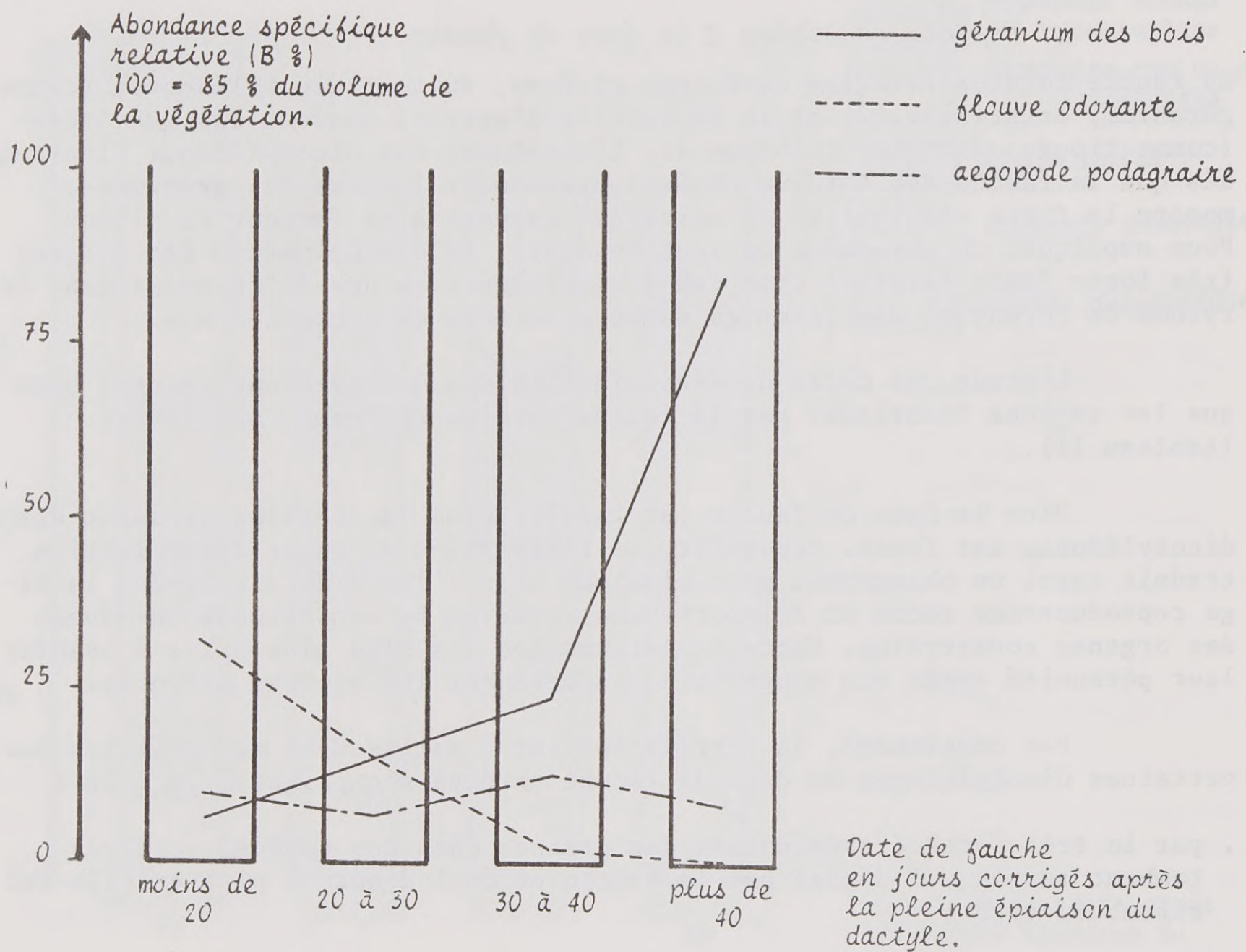


Tableau I

PELOUSE A TRISETE DE L'ETAGE MONTAGNARD HUMIDE

COMPORTEMENT DES PRINCIPALES ESPECES FACE A LA PRECOCITE DE FAUCHE

Dates de fauche s'étalant : de 12 jours à 49 jours après la pleine épiaison du dactyle

. Espèces favorisées par une fauche tardive.

Espèce type : géranium des bois
autres espèces : anthrisque sylvestre, chaerophylle hirsute, renoncule âcre.

. Espèces défavorisées par une fauche tardive.

Espèce type : flouve odorante
Autres espèces : la majorité des graminées (dactyle, fléole des prés, pâturin commun, houlque molle, agrostide tenue, fétuque des prés), le léontodon.

. Espèces indifférentes à la date de fauche.

Espèce type : aegopode podagraire
Autres espèces : trisète, trèfle violet, trèfle blanc, alchemille vulgaire.

Tableau II

DATE MOYENNE DE DEBUT DE DISSEMINATION DES GRAINES
DE QUELQUES DICOTYLEDONES ET DU DACTYLE

(en jours après la pleine épiaison du dactyle, pour 4 années d'observation)

Espèce	Date moyenne du début de la dissémination	Intervalle de confiance à 95 %	Nombre d'observations pour le calcul de la moyenne
géranium des bois	30,5	± 2,2	28
anthrisque sylvestre	20,6	± 3,2	22
chaerophylle hirsute	21,8	± 4,3	13
rhinanthé	32,4	± 3,7	13
dactyle	38,6	± 1,7	39

Dates de fauche : de 12 à 49 jours après la pleine épiaison du dactyle

trèfle rampant. En ce qui concerne le trèfle son affection pour les coupes fréquentes est bien connue. Dans le cadre des prairies de fauche il n'y a pas une assez grande variation des dates de fauche pour entraîner une évolution de son abondance mais nous verrons qu'il n'en va pas de même lorsque l'on considère le régime "herbe dure".

Cependant, toutes les espèces indifférentes ne présentent pas de telles caractéristiques biologiques. Leurs comportements réels ne s'expriment peut être pas correctement dans cette approche monofactorielle et monospécifique (bien que ces espèces soient assez abondantes).

Cette difficulté à expliquer certains comportements se retrouve pour de nombreuses espèces peu abondantes. Ces faits montrent bien qu'il est là nécessaire de relativiser la notion de comportement vis-à-vis de la date de fauche.

Dans une communauté végétale les espèces sont toutes, plus ou moins, en compétition et tous les facteurs du milieu interagissent. Ceci signifie que la réaction d'une espèce à la date de fauche n'est pas indépendante des autres facteurs écologiques : compétition, facteurs trophiques, facteurs hydriques en particulier. Le comportement observé n'est pas absolu mais bien écologique, c'est-à-dire qu'il ne s'applique que dans un certain contexte (groupe végétal, fertilisation organique de 0 à 50 t ; date de fauche de 10 à 50 jours après la pleine épiaison du dactyle).

c) *La justification statistique des groupes d'espèces* présentés par le tableau I est relativement aisée. En effet nous vérifions que la somme des abondances des espèces indifférentes à la date de fauche n'est pas corrélée significativement à la date de fauche ($r = 0,049$; $n = 21$). La somme des abondances des espèces défavorisées est par contre corrélée négativement de façon hautement significative à la date de fauche ($r = - 0,68$; $n = 21$). Enfin, l'abondance des espèces de fauche tardive est très bien corrélée à la date de fauche ($r = 0,76$; $n = 21$).

C - INFLUENCE DE LA FERTILISATION ORGANIQUE SUR LES PRAIRIES DE FAUCHE.

La fertilisation est un facteur important de différenciation de la végétation prairiale. Grossièrement, un niveau de fertilisation favorise plus ou moins un ou plusieurs groupes d'espèces. A l'intérieur de ces groupes les espèces présentent des exigences trophiques communes, mais ne répondent pas forcément de façon identique à des facteurs autres que la fertilisation. Ainsi, comme pour l'étude de l'influence de la date de fauche, l'effet de la fertilisation mis en évidence, ne prend toute sa valeur que dans un certain milieu et dans un certain contexte cultural.

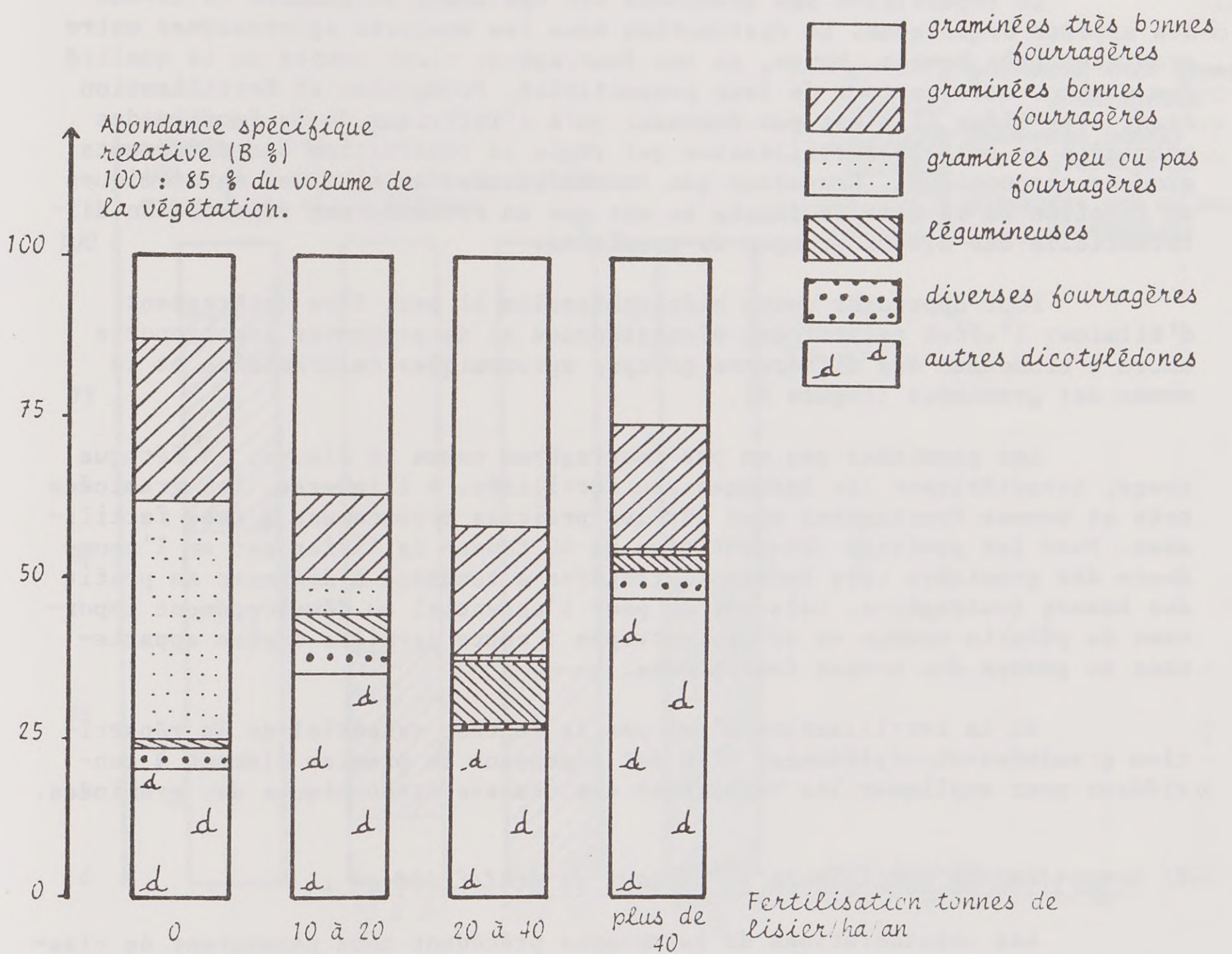
1/ Spectres agronomiques et niveaux de fertilisation.

La figure 4 présente l'abondance relative moyenne des différents groupes agronomiques (annexe II) pour quatre classes de fertilisation. La première remarque qui s'impose est l'abondance des dicotylédones dans les prairies recevant plus de quarante tonnes de lisier par hectare et par an.

Figure 4

VEGETATION ET CLASSES DE FERTILISATION

(Valeurs moyennes)



Il faut d'emblée bien avancer cette observation : la dominance des dicotylédones s'établit compte tenu du contexte des pratiques et du milieu prairie de fauche de montagne. En d'autres termes, dans ces prairies lorsqu'elles sont fauchées de façon traditionnelle (jamais avant la floraison du dactyle et plus souvent pendant sa fructification ou même sa dissémination) les espèces les plus nitrophiles sont surtout des dicotylédones.

Il s'agit d'une différence fondamentale avec les prairies de la plaine. Les interactions existant entre date de fauche, fertilisation organique et milieu feront l'objet d'un développement au chapitre suivant sur la base d'analyses statistiques.

La répartition des graminées est également dépendante du niveau des apports organiques. La distinction dans les spectres agronomiques entre graminées très bonnes, bonne, ou peu fourragères tient compte de la qualité des espèces mais surtout de leur productivité. Production et fertilisation étant très liées il n'est pas étonnant qu'à l'intérieur de la famille des graminées ce soit la fertilisation qui règle la répartition des différents groupes agronomiques. Rappelons que la réalisation de spectres agronomiques en fonction de la date de fauche ne met pas en évidence une répartition différentielle des divers groupes de graminées.

Pour apprécier cette hiérarchisation il peut être intéressant d'éliminer l'effet relatif des dicotylédones et de présenter les rapports entre l'abondance des différents groupes agronomiques de graminées et la somme des graminées (figure 5).

Les graminées peu ou pas fourragères comme la flouve, la fétuque rouge, caractérisent les herbages peu fertilisés. A l'inverse, les graminées très et bonnes fourragères sont sur les prairies moyennement à très fertilisées. Pour les prairies recevant plus de 40 tonnes de lisier par an l'abondance des graminées très bonnes fourragères a tendance à diminuer au profit des bonnes fourragères. Cela est dû pour l'essentiel au développement important du pâturin commun en milieu eutrophe ; cette dernière espèce appartenant au groupe des bonnes fourragères.

Si la fertilisation n'est pas le facteur essentiel de la répartition graminées-dicotylédones, elle est cependant le premier élément à considérer pour expliquer les variations des classes agronomiques des graminées.

2/ Comportements spécifiques et niveaux de fertilisation :

Les considérations du paragraphe précédent nous permettent de classer les principales espèces rencontrées en fonction de leur optimum trophique écologique et non physiologique. La figure 6 nous montre, par exemple le comportement très différent de quelques espèces types selon le niveau de fertilisation. L'anthesis est une espèce nitrophile dont l'abondance est systématique dans les prairies fauchées tardivement et fortement fertilisées. D'autres espèces comme le pissenlit, l'aegopode podagraire, la renoncule âcre, la renoncule rampante, le rumex à feuilles obtuses, également nitrophiles, se développent mais leur répartition semble liée à des interactions encore plus complexes associant fortes fertilisations organiques, pratique d'un pâturage automnal en conditions humides ou sur fortes pentes et également dates de fauche.

Figure 5

GROUPES DE GRAMINEES ET CLASSES DE FERTILISATION

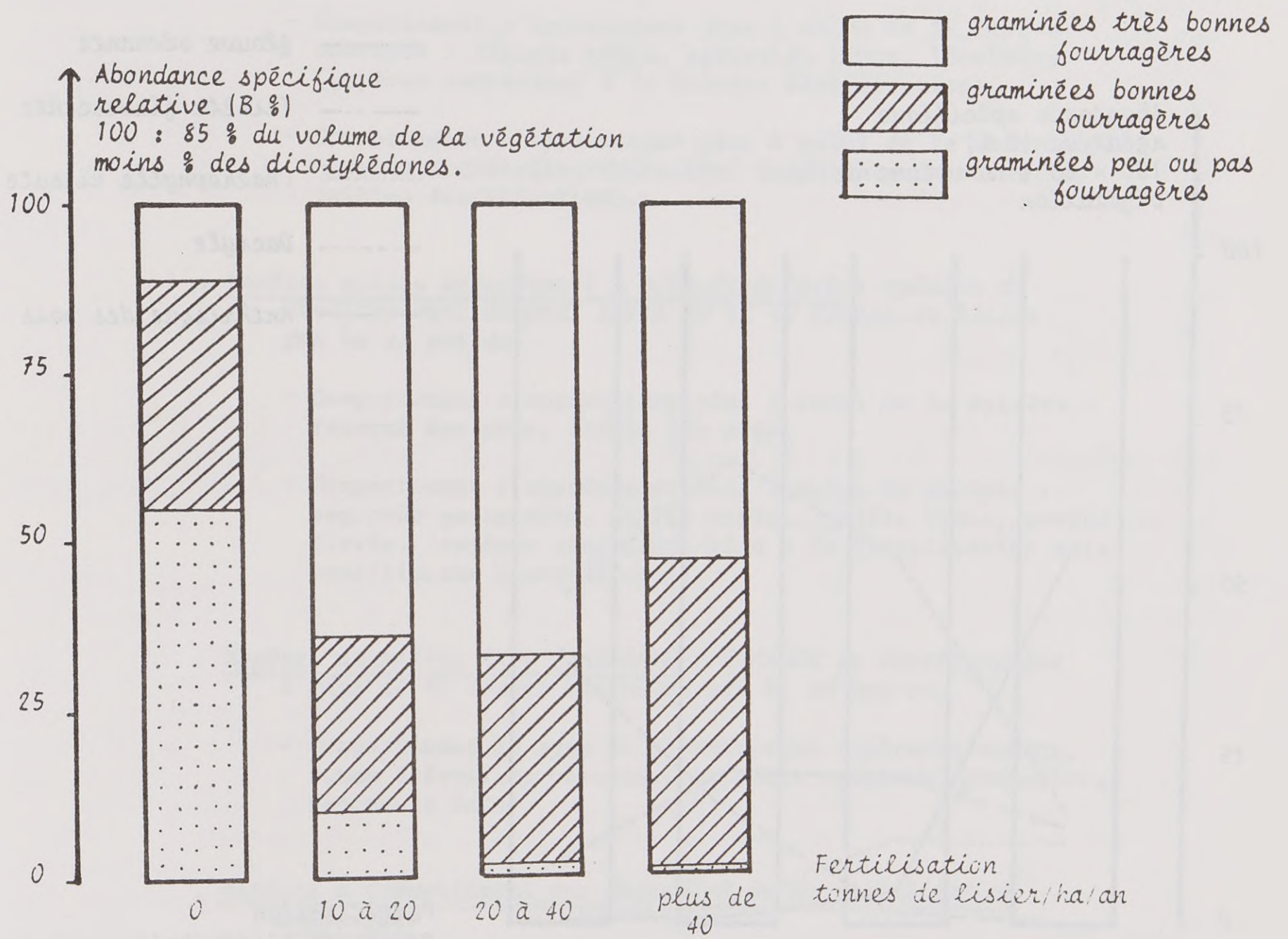


Figure 6

ABONDANCE DE CINQ ESPECES A COMPORTEMENT TYPIQUE
ET FERTILISATION ORGANIQUE (Valeurs moyennes)

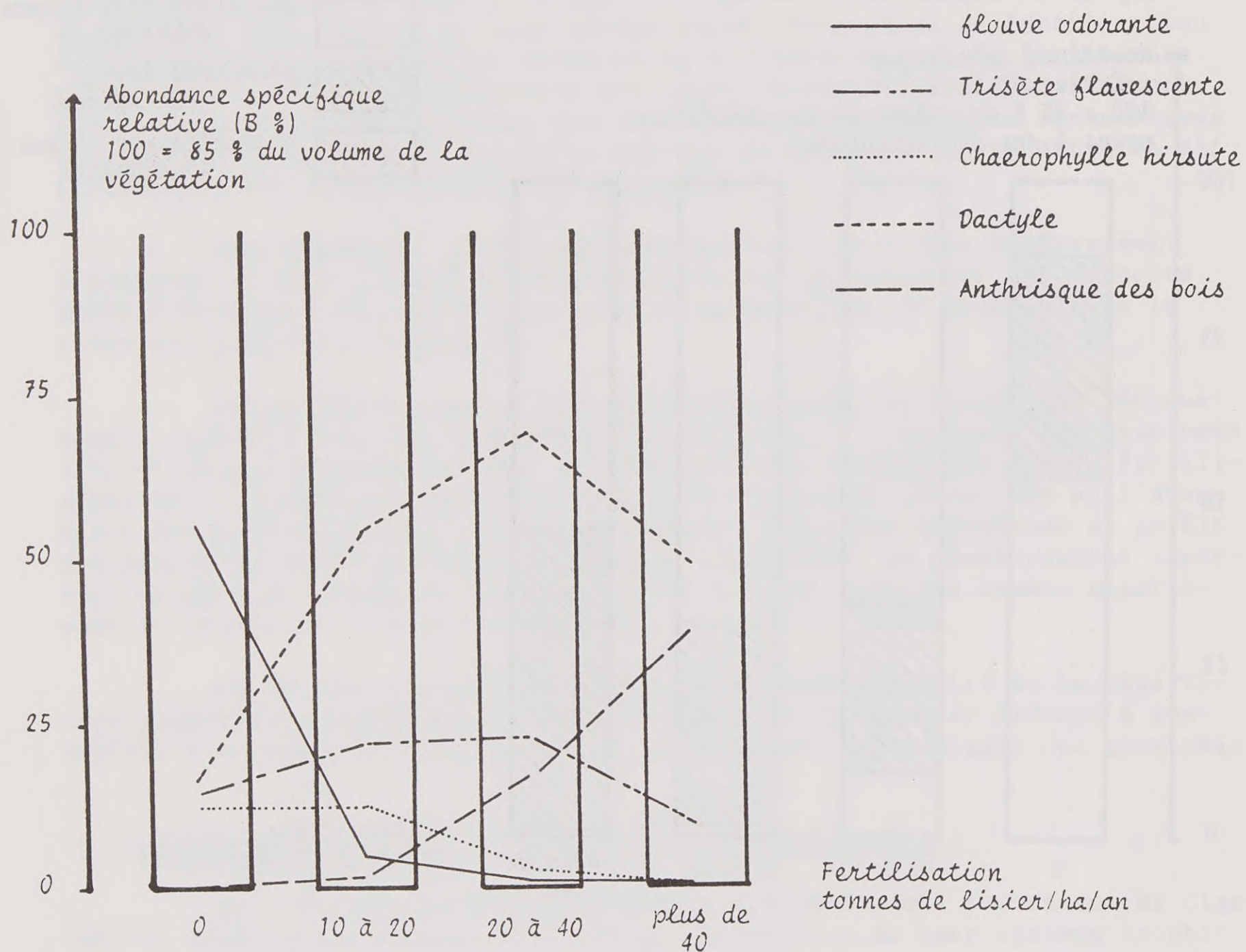


Tableau III

PELOUSES A TRISETE DE L'ETAGE MONTAGNARD HUMIDECOMPORTEMENT DES PRINCIPALES ESPECES FACE A LA FERTILISATION ORGANIQUE

- . Espèces de milieu peu fertilisé : optimum de développement compris entre 0 et 25 tonnes de lisier par ha et par an
 - Comportement s'apparentant plus à celui de la flouve odorante : fétuque rouge, agrostide ténue, léontodon. (espèces regressant à la moindre fertilisation)
 - Comportement s'apparentant plus à celui de la chaerophylle hirsute : crételle, rhinanthé. (espèces supportant les faibles fertilisation).
- . Espèces milieu moyennement à bien fertilisé : optimum de développement compris entre 20 et 40 tonnes de lisier par ha et par an.
 - Comportement s'apparentant plus à celui de la triseté : fétuque des prés, fléole des prés.
 - Comportement s'apparentant plus à celui du dactyle : aegopode podagraire, trèfle violet, trèfle blanc, avoine élevée. (espèces réagissant bien à la fertilisation mais sensibles aux dicotylédones).
- . Espèces de milieu très fertilisé : Optimum de développement à plus de 40 tonnes de lisier par ha et par an.
 - Comportement du type de l'anthesisque : pâturin commun, rumex à feuilles obtuses, renoncule rampante, pissenlit, renoncule âcre.
- . Espèces à comportement peu dépendant de la fertilisation organique.
 - Géranium des bois.

Ceci nous permet également (tableau III) de constituer 3 classes : les espèces de milieu peu ou pas fertilisé, de milieu moyennement fertilisé, de milieu très fertilisé. Les valeurs moyennes des abondances spécifiques pour les différentes classes de fertilisation retenues compensant à peu près les variations dépendantes, d'autres facteurs cette notion d'optimum trophique a bien valeur indicatrice.

3/ La justification des groupes d'espèces que nous présentons dans le tableau III se fait de la même façon que dans l'étude de l'influence de la date de fauche. L'abondance des espèces de milieu peu fertilisé est corrélée négativement de façon hautement significative à la fertilisation ($r = 0,817$; $n = 21$) ; l'abondance des espèces de milieu très fertilisé est corrélée positivement de façon hautement significative ($r = 0,714$; $n = 21$) ; l'abondance des espèces de milieu bien fertilisé présente un aspect parabolique qu'il est plus simple d'approcher sous la forme de deux droites. La première droite, se préoccupant des fertilisations de 0 à 22,5 tonnes de lisier par hectare et par an, révèle une corrélation hautement significative entre l'abondance des espèces de milieu bien fertilisé et fertilisation ($r = 0,871$; $n = 14$). De 22,5 à 50 tonnes de lisier par hectare et par an la corrélation également hautement significative est négative ($r = -0,835$; $n = 11$).

D - L'EFFET PATURE : ETUDE DES PRAIRIES EN "HERBE DURE".

Il s'agit de prairies dont la première exploitation en pâturage, est intermédiaire entre déprimage et étêtage. Une partie des apex est supprimée, la fauche pratiquée 7 à 10 semaines plus tard environ est donc assez pauvre en épis. En automne ces prairies sont pâturées.

La repousse, après la pâture printanière, présente des caractères qualitatifs qui la rapproche plus d'un regain que d'un foin classique (FALLON, 1981, p. 139). Pour l'agriculteur il s'agit d'un fourrage plus facile à exploiter : la date de fauche est moins primordiale puisque la chute de qualité est beaucoup plus lente que sur un premier cycle. En outre, en juillet, lorsque les "herbes dures" sont prêtes à être fauchées, la météorologie est généralement assez stable et assez favorable. Enfin, ce mode de conduite des prairies permet, comme nous allons le voir, une assez bonne maîtrise de l'équilibre entre les graminées et les dicotylédones.

Nous ne disposons que de huit analyses floristiques concernant les herbes dures. Nos observations réalisées également au stade fauche réelle de l'exploitant sont sans doute entachées d'une incertitude liée à l'écart végétatif entre ces parcelles et les prairies en première exploitation fauchée. Nous nous autorisons cependant quelques remarques prenant en compte des indicateurs très globaux, tel que l'abondance des dicotylédones, des légumineuses ou des graminées.

Nos "herbes dures" reçoivent une fertilisation organique supérieure ou égale à 15 tonnes. A ce volume il conviendrait de rajouter les apports fertilisants du pâturage de printemps que ne reçoivent pas les prairies de fauche.

Globalement, compte tenu de cette fertilisation organique relative-

vement important ce sont les graminées très productives (dactyle, fléole, fétuque des prés) qui sont dominantes.

Les légumineuses semblent se plaire dans ce milieu puisqu'elles représentent une abondance relative moyenne de 10,3 % dans les "herbes dures" alors qu'en prairie de fauche elles n'atteignent que 3,5 % du volume de la végétation. La légumineuse la plus abondante est le trèfle blanc.

Les dicotylédones diverses sont sensiblement moins abondantes qu'en prairie de fauche. Ainsi, on note la quasi disparition de l'anthesisque, espèce pourtant favorisée par les fortes fumures. Cette sensibilité au pâturage a déjà été signalée (BLANCHON, 1974). Les autres dicotylédones favorisées par une fauche tardive, comme géranium des bois, chaerophylle, rhinanthé, paraissent également sensibles. La renoncule âcre, par contre, est parfois relativement abondante. Plus généralement, les dicotylédones abondantes sont celles qui sont favorisées par une "ouverture" du couvert. On retrouve les espèces typiques de la pâture automnale en forte pente : rumex à feuille obtuse, renoncule rampante...

Cependant les dicotylédones diverses ne sont jamais envahissantes. Leur abondance relative est en moyenne de 19,0 % (extrêmes : 6 à 31 %) en herbe dure (de 41,6 % en prairie de fauche ; extrêmes : 4 à 71 %).

Les mêmes tendances se retrouvent dans les prairies conduites une année sur deux en herbe dure. Cette pratique semble donc permettre une certaine maîtrise de la flore adventice pour des niveaux de fumure élevés, ou des dates de fauche tardives.

Le régime "herbe dure" semble permettre une amélioration du spectre agronomique des prairies.

Il conviendrait donc d'étudier, de façon précise, sur ces prairies de montagne, les relations existant entre la pression et le type de pâturage (du déprimage rapide à la pâture exclusive) et les autres facteurs de milieu.

E - CONCLUSION.

La tardivité de fauche et la fertilisation organique sont deux éléments essentiels sélectionnant divers groupes d'espèces et régissant l'abondance relative entre les graminées et les dicotylédones. Dans la mesure où le rapport entre les graminées et les dicotylédones est considéré comme un indicateur agronomique majeur, il convient de préciser le rôle de ces deux pratiques. C'est ce que nous tenterons de faire dans le chapitre suivant. La base de cette évaluation est une analyse statistique des variables explicatives du taux de dicotylédones.

IV - HIERARCHIE DES FACTEURS DE DEGRADATION DES PRAIRIES DE FAUCHE DES ALPES DU NORD HUMIDES

L'état actuel des travaux portant sur la connaissance des dicotylédones ne permet pas encore de conclure sur leurs réels inconvénients. On ne dispose que de très peu de données analytiques sur leur valeur nutritive (sauf quelques aspects concernant leur teneur en minéraux (DELPECH, DENUDT, 1978), sur les quantités consommées par les animaux ou sur les problèmes qu'elles peuvent poser à la récolte.

Cependant la majorité des agriculteurs n'accorde que peu de valeur d'utilisation aux principales dicotylédones. Il est difficile dans cette opinion de faire la part de l'acquis des observations et celle des idées transmises par les organismes de vulgarisation agricole. Ainsi, le rejet des dicotylédones n'est pas systématique chez les agriculteurs. Des nuances tenant compte de l'espèce et du stade de récolte sont souvent évoquées. Le rumex à feuilles obtuses, le rhinanthé, les renoncules et à un moindre degré le géranium des bois sont unanimement décriés. L'aegopode podagraire, la chaerophylle hirsute et même l'anthriscus ne gênent pas certains utilisateurs. D'autres apprécient certaines espèces pour les pâtures automnales par exemple mais déplorent leur présence dans le foin. Dans l'attente des conclusions des travaux que nous conduisons sur la valeur alimentaire des principales dicotylédones nous considérerons donc en première approche qu'une prairie de fauche est d'autant plus dégradée que l'abondance relative des dicotylédones non légumineuses est grande.

A - METHODOLOGIE.

Tous les éléments concernant la technique d'échantillonnage, les analyses floristiques, leur expression quantitative et l'évaluation des pratiques agricoles ont déjà été présentés dans le chapitre précédent.

L'étude synthétique des facteurs de dégradation prairiale se fait au moyen de la méthode d'analyse en régression multiple (DAGET J., 1976).

Dans la suite du texte nous respecterons les conventions suivantes :

- R = coefficient de corrélation multiple
- r = coefficient de corrélation simple
- F = test de FISCHER-SNEDECOR nous permettant de vérifier si l'introduction d'une variable explicative supplémentaire est significative.

Signification de r et F : significatif au seuil de 1 % = HS ;
au seuil de 5 % = S ; non significatif = NS.

B - FACTEURS DE DEGRADATION DES PRAIRIES DE FAUCHE.

L'analyse de variance que nous allons pratiquer porte sur vingt et une prairies de fauche de l'alliance du *Trisetum-polygonum bistortae*.

1/ Hiérarchisation des facteurs "date de fauche" et "fertilisation organique" :

Il s'agit d'appréhender, dans ce paragraphe, le rang et le "poids" respectifs de la date de fauche et de la fertilisation organique dans l'explication des variations des abondances des dicotylédones.

Le tableau n° IV présente la valeur des coefficients de corrélation simple unissant diverses expressions de la date de fauche et de la fertilisation organique, à l'abondance des dicotylédones.

La date de fauche décrit une plus grande part de la variation des abondances relatives des dicotylédones que la fertilisation. L'introduction du carré de la date de fauche n'a pas d'intérêt.

Dans ces corrélations simples la date de fauche est donc le premier facteur à prendre en compte pour expliquer les variations d'abondance des dicotylédones puisqu'elle explique 40,6 % des variations observées.

Après avoir vérifié que fertilisation et date de fauche ne sont pas corrélées nous pouvons introduire la fertilisation dans un modèle de régression double. L'introduction de celle-ci, exprimée sous forme linéaire ou au carré est hautement significative au test de F . Une puissance supérieure ou une expression exponentielle n'a pas d'intérêt.

Nous avons :

$\begin{aligned} \text{Dicots} &= 1,514 \text{ DF} + 0,618 \text{ F} - 16,743 ; n = 21 ; r = 0,792 ; F = \text{HS} \\ \text{Dicots} &= 1,610 \text{ DF} + 0,014 \text{ F}^2 - 16,142 ; n = 21 ; r = 0,815 ; F = \text{HS} \end{aligned}$
--

Lorsque la variable fertilisation est associée à la date de fauche sous forme linéaire nous expliquons 62,7 % de la variation alors qu'une expression au carré rend compte de 66,5 % de la variation.

Cependant à ce stade de l'analyse une réflexion s'impose sur la signification d'un tel modèle. Dans notre échantillon, nous avons jusqu'à maintenant traité indifféremment les lisiers secs ou liquides. Remarquons tout d'abord, que notre échantillonnage est conforme aux pratiques : sur 21 prairies 5 sont fertilisées avec du lisier liquide pour une dose supérieure ou égale à 40 t/ha/an. Sur les 16 restantes 2 seulement reçoivent au moins 40 t/ha/an de lisier sec et 4 ne reçoivent rien.

Sur cette base nous avons essayé d'introduire dans le modèle une variable tenant compte de la nature de la fertilisation.

Tableau IV

VALEUR DES COEFFICIENTS DE CORRELATIONS SIMPLES (r)
 ENTRE DIFFERENTES EXPRESSIONS DE LA DATE DE FAUCHE,
 DE LA FERTILISATION ET ABONDANCE DES DICOTYLEDONES.

(Seuil de signification au risque 5 % de $r = 0,433$;
 les valeurs hautement significatives (risque 1 %) sont soulignées)

	Dicots	DF	DF ²	F	F ²	F x Nf
Dicots	-	<u>0,637</u>	<u>0,605</u>	0,399	0,385	0,402
DF		-	-	0,106	0,181	0,086
DF ²			-	0,139	0,224	0,165
F				-	-	-
F ²					-	-
F x Nf						-

Dans ce tableau, comme dans la suite du texte, nous avons utilisé les abréviations suivantes :

Dicots : Abondance relative des dicotylédones non légumineuses.
 100 = 85 % du volume de la végétation conformément au
 désir exprimé précédemment de ne prendre en compte que
 la fraction de la végétation participant effectivement
 au rendement prairial.

DF : Date de fauche en jours corrigés depuis la pleine épiaison
 du dactyle.

F : Fertilisation organique en tonnes de lisier par hectare et
 par an.

Nf : Nature de la fertilisation ;
 Nf = 2 pour les fumiers ou lisiers secs ;
 Nf = 3,5 pour les lisiers liquides.

Après de multiples essais en régression multiple nous avons obtenu le meilleur résultat pour une expression de la fertilisation sous la forme : $F \times Nf$. Dans ce facteur combiné F représente toujours la fertilisation organique en tonnes de lisier par hectare et par an. Nf est un coefficient multiplicateur traduisant des réactions différentes de la végétation suivant la nature de la fertilisation apportée. Les coefficients N les plus performants sont :

$Nf = 2$ pour les fumiers ou lisiers secs

$Nf = 3,5$ pour les lisiers liquides.

Nous avons :

$$\text{Dicots} = 1,502 \text{ DF} + 0,206 F \times Nf - 14,574 ; n = 21 ; r = 0,824 ; F = \text{HS}$$

Il n'y a pas de liaison significative entre la date de fauche et cette nouvelle expression de la fertilisation. L'introduction de la variable $F \times Nf$ améliore la valeur explicative de la régression (67,9 % de la variation expliquée).

Il y aurait donc un effet "nature" de la fertilisation qui se superpose à l'effet "dose". Très logiquement la meilleure expression de cet effet "nature" est une forme combinée avec l'effet "dose". Différentes hypothèses, qui ne s'excluent pas, peuvent être évoquées pour expliquer cette opposition entre lisiers liquides et lisiers secs. Ainsi les fumiers ont généralement subi une fermentation chaude défavorable au maintien du pouvoir germinatif des graines. Celles-ci sont conservées dans les lisiers liquides où il n'y a pas d'élévation de température. On observe souvent, après épandage de lisiers liquides la formation d'une croûte étouffant la végétation. Des brûlures du feuillage peuvent également être provoquées lors d'un apport de lisier liquide en période sèche. L'aptitude des espèces à résister à ces agressions est peut être plus forte chez certaines dicotylédones.

Enfin les lisiers et les fumiers ont une composition hormonale et chimique très différente. Les fumiers perdant la majorité de leurs jus sont en particulier beaucoup moins riches en potasse que les lisiers. Les teneurs en azote et phosphore sont par contre plus comparables entre lisiers et fumiers.

Dans notre échantillonnage, conforme à la réalité du terrain, dose et nature de fertilisation sont très liés. Il nous paraît plus souhaitable de prendre en compte cette diversité par un indicateur, tel que le coefficient : $F \times Nf$ que d'affecter une expression géométrique à la quantité apportée. Dans la suite du texte nous présenterons, pour chaque introduction d'une nouvelle variable, les équations obtenues avec la fertilisation exprimée sous forme linéaire, au carré et sous forme composée (dose plus nature). Ces modèles construits nous choisirons ensuite le plus performant.

Les effets écrasants de la date de fauche et de la fertilisation organique peuvent aisément s'observer sur le terrain et s'expliquent par la relative homogénéité des conditions pédologiques. Cependant, ces deux variables agricoles n'expliquent pas la totalité des variations de l'abondance des dicotylédones.

2/ La recherche d'autres variables.

Après de nombreuses tentatives dictées à la fois par notre connaissance du terrain et par la bibliographie nous avons réussi à isoler deux variables apportant une part d'explication non négligeable : l'ambiance pédo-climatique et la pente.

a) *L'ambiance pédo-climatique.*

Des considérations d'ordre pédologiques : "... dans le cadre des prairies de fauche, les nuances physico-chimiques des sols tiennent aux détails de la topographie (circulation d'eau, pente...) et peut être encore plus au mode d'exploitation (fumure, piétinement...)". (F. VAN OORT, J.M. DORIOZ, 1982) ; et d'autres d'ordre phytosociologique nous laissent supposer une différenciation de la végétation due à des variations fines de la fraîcheur pédo-climatique (voir page 14).

Dans l'ambiance "mésophile" nous avons pu distinguer, sur des critères phytosociologiques (plantes indicatrices), trois nuances floristiques liées au niveau de fraîcheur du microclimat. Nous avons donc classé nos prairies en trois classes en fonction du nombre d'espèces nette mésohygrophiles ou au contraire à tendance mésoxérophiles (annexe III).

Sur la base de ces données nous avons réalisé, durant l'été 1983, au terme d'une période de sécheresse de plus d'un mois et demi des profils hydriques sur neuf prairies. Un échantillon de terre a été prélevé tous les 10 cm sur une hauteur de 60 cm pour détermination de l'humidité. Cette profondeur représente la limite moyenne de l'enracinement dense observée sur les profils pédologiques. Rappelons que la texture des sols est assez homogène, ce qui permet de comparer les humidités pondérales.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

- . Les prairies de type "mésohygrophiles" présentaient une humidité moyenne sur les 60 premiers centimètres de 24,5 % du poids de sol sec.
- . Les prairies intermédiaires ou "typiques" présentaient une humidité moyenne sur les 60 premiers centimètres de 16,8 % du poids de sol sec.
- . Les prairies de type "plus sec" présentaient une humidité moyenne sur les 60 premiers centimètres de 12,8 % du poids de sol sec.

Par extension, nous avons affecté l'une de ces valeurs à chacune de nos prairies de l'échantillonnage en fonction du nombre de présences de mésohygrophiles ou de mésoxérophiles.

Cette variable discrète n'a pas valeur absolue mais relative et nous permet de caractériser par un coefficient des variations fines du milieu : régime hydrique et fraîcheur climatique.

Cette donnée, que nous nommerons humidité : H, est alors introduite en régression multiple. Après avoir vérifié que son rang est bien le troisième dans la hiérarchie des facteurs explicatifs et après avoir constaté qu'elle est très peu liée avec la date de fauche ($r = 0,297$; $n = 21$), ou la forme composée (F x Nf) ($r = 0,044$; $n = 21$).

Nous avons obtenu les résultats suivants :

$$\begin{aligned} \text{Dicots} &= 1,294 \text{ DF} + 0,691 \text{ F} + 1,580 \text{ H} - 42,452 ; n = 21 ; r = 0,858 ; F = S \\ \text{Dicots} &= 1,412 \text{ DF} + 0,014 \text{ F}^2 + 1,421 \text{ H} - 38,417 ; n = 21 ; r = 0,869 ; F = S \\ \text{Dicots} &= 1,323 \text{ DF} + 0,20 \text{ F} \times \text{Nf} + 1,223 \text{ H} - 33,049 ; n = 21 ; r = 0,864 ; F = S \end{aligned}$$

Quelle que soit l'expression de la fertilisation l'introduction de l'humidité est significative. L'abondance des dicotylédones diverses dépend donc en troisième lieu de la fraîcheur du milieu. Ainsi, un milieu frais favorise les dicotylédones et rend, par conséquent, plus difficile la maîtrise de la végétation.

Ceci explique l'impression d'une richesse particulière en dicotylédones des ubacs ou des microvallons plus humides.

Les principales dicotylédones favorisées en milieu frais sont : le géranium des bois, la chaerophylle hirsute et le grand boucage.

Ce facteur, comme les autres, n'agit pas seul, il y a la fois des phénomènes d'interaction et de remplacement. Ainsi en milieu frais, le dactyle s'avère particulièrement compétitif, si l'exploitation n'est pas trop tardive. Humidité et azote étant deux facteurs relativement équivalents pour la végétation, le dactyle se développe alors pour des niveaux d'apports plus faibles que la normale. Des situations inverses se rencontrent en milieu plus sec.

Dates de fauche et humidité ne sont pas non plus indépendantes. Une végétation typiquement mésohygrophile peut se plaire en milieu mésophile lorsque l'exploitation est très tardive. Dans ces conditions, seule l'observation de la liste de flore peut nous permettre de reconnaître le fasciès d'humidité.

b) La pente

La pente, exprimée en degré (P) est un des paramètres qui règle l'intensité du piétinement.

En automne, sur les repousses de 2ème ou de 3ème cycle, les agriculteurs pratiquent systématiquement une pâture. L'organisation sous forme de pâturage rationné en deux "repas" par jour est générale. D'une parcelle à l'autre les charges animales sont donc assez voisines. Les variations de pente agissant sur l'intensité du piétinement, introduisent souvent un élément supplémentaire de différenciation de la végétation.

L'impact d'un pâturage en conditions humides sur les pentes égales ou supérieures à 40 % est assez net. Les trous créés dans la végétation par les pieds des bovins seront colonisés au printemps suivant par des espèces adaptées (multiplication végétative, abondante production de graine, bonnes conditions de germination...).

En conditions hydriques moyennes et en milieu bien fertilisé, le paturin commun, le chiendent rampant et la podagraire seront particulièrement compétitifs. La renoncule rampante et le rumex à feuilles obtuses, également très nitrophiles, préfèrent les terres un peu plus fraîches. En ce

qui concerne le rumex, il s'agit d'une espèce à graines très nombreuses dont la germination est particulièrement favorisée par l'ouverture du tapis herbacée puisqu'elle peut devenir très envahissante à la suite d'un labour.

Le plantain lancéolé se rencontre pour les mêmes conditions de pâture automnale dans les prairies plus sèches alors que le trèfle blanc paraît indifférent à la fraîcheur du milieu, mais ces deux espèces sont rares dans les milieux très fertilisés.

Cette action du pâturage en forte pente est globalement plus favorable aux dicotylédones qu'aux graminées. Nous avons donc essayé d'introduire la pente dans une régression multiple. Il va de soi qu'une expression linéaire ou à de faibles puissances de la pente n'a pas d'intérêt dans la mesure où celle-ci ne devient discriminante qu'à partir de 40 % (21,8°). Le meilleur résultat est obtenu pour une pente (P) exprimée en degré et exposée à la puissance 8.

Nous avons :

$\text{Dicots} = 1,268 \text{ DF} + 0,635 \text{ F} + 2,258 \text{ H} + (5,165 \text{ exp.} - 11) \text{ P}^8 - 56,393$ $n = 21 \quad r = 0,893$
$\text{Dicots} = 1,379 \text{ DF} + 0,014 \text{ F}^2 + 2,173 \text{ H} + (5,569 \text{ exp.} - 11) \text{ P}^8 - 54,378$ $n = 21 \quad r = 0,909$
$\text{Dicots} = 1,295 \text{ DF} + 0,206 \text{ F} \times \text{Nf} + 2,133 \text{ H} + (6,620 \text{ exp.} - 11) \text{ P}^8 - 53,373$ $n = 21 \quad r = 0,922 \quad \text{F} = \text{S}$

Nous vérifions que la pente exposant 8 (P^8) est bien le facteur de rang 4. La pente exposant 8 n'est pas corrélée à la date de fauche ($r = 0,173$, $n = 21$), à la fertilisation ($r = 0,238$, $n = 21$), au carré de la fertilisation ($r = 0,173$, $n = 21$) et au critère $\text{F} \times \text{Nf}$ ($r = 0,037$, $n = 21$). Elle est par contre corrélée à l'humidité ($r = 0,529$, $n = 21$) ; ce qui est très logique dans la mesure où un sol pentu est plus drainant. Il ne s'agit donc pas d'une erreur d'échantillonnage, mais d'une réalité pédoclimatique.

Certes, exprimer la pente à l'exposant 8 peut paraître exagéré. Nous la maintenons cependant pour deux raisons. La première est que cette variable est la dernière à être introduite dans notre régression, elle n'est donc pas susceptible d'engendrer un biais ultérieur. La seconde raison est que nous sommes persuadés que cette expression mathématique est une bonne image de la réalité : de 0 à 40 % la pente par son action sur l'intensité du piétinement n'est pas facteur d'invasion en dicotylédones ; pour des pentes supérieures elle l'est. Ainsi, pour une pente de 50 % il faudra compter avec environ 15 % de dicotylédones supplémentaires.

3/ Le choix du meilleur modèle.

La structure de notre échantillon ne nous a pas permis jusqu'à maintenant de choisir entre une action géométrique de la fertilisation ou une action linéaire différentielle suivant la nature du lisier.

L'examen des résidus des régressions obtenues va nous autoriser d'utiles comparaisons. Pour l'ensemble des prairies recevant moins de 40 tonnes de lisier sec les écarts au modèle sont très voisins dans tous les cas. Par contre, pour les prairies recevant au moins 40 tonnes de lisier la précision du modèle faisant intervenir la nature de la fertilisation est supérieure pour les lisiers secs, mais surtout pour les lisiers liquides.

Les agriculteurs s'accordent pour dire que le lisier liquide pose plus de problèmes de dégradation prairiale que le lisier sec. De notre côté, malgré un échantillon relativement restreint, nous mettons également en évidence une action semblable.

Pour rendre compte des phénomènes de dégradation prairiale nous retenons donc le modèle :

$$\text{Dicots} = 1,295 \text{ DF} + 0,206 \text{ F} \times \text{Nf} + 2,133 \text{ H} + (6,620 \text{ exp.} - 11) \text{P}^8 - 53,373$$

$n = 21 \qquad r = 0,922$

C - GENERALISATION.

1/ Etude des phénomènes de compétition pour la lumière et de leurs conséquences : indice d'agressivité.

Nous proposons pour les principales espèces prairiales du Beaufortain un indice d'agressivité variant de 1 à 5 (Annexe IV). Cet indice essaie d'évaluer de façon relative les phénomènes de compétition pour la lumière et donc pour l'espace. Il tient essentiellement compte de l'aspect de la plante au moment de son développement maximal. Cet aspect variant dans le temps un correctif est apporté suivant la rapidité de l'espèce à réaliser son cycle de développement. Sa pérennité et son type de multiplication ont également été considérés. Cet indice apparaît comme une bonne image du caractère étouffant de l'espèce. Le coefficient 1 est affecté aux espèces les moins étouffantes, le coefficient 5 concerne les espèces opposées.

L'indice d'agressivité global d'une prairie (A) est également compris entre 1 et 5 puisqu'il se calcule de la façon suivante :

$$A = (\sum \text{CS} \% a_1 + 2 \sum \text{CS} \% a_2 + 3 \sum \text{CS} \% a_3 + 4 \sum \text{CS} \% a_4 + 5 \sum \text{CS} \% a_5) \times \frac{1}{100}$$

dans lequel $\sum \text{CS} \% a_n$ est la somme des contributions spécifiques relatives des espèces dont l'indice d'agressivité a la valeur n.

Logiquement, nous constatons une liaison entre le caractère étouffant de la végétation et la fertilisation organique. Les espèces nitrophiles sont en effet très productives et donc très étouffantes.

Nous avons :

$$\text{Indice d'agressivité de la prairie (IA)} = a + bF \quad n = 21 \quad r = 0,822 \text{ (HS)}$$

$n = 21 \quad r = 0,875 \quad F = S$

La liaison positive existant entre les critères anthropiques que sont la fertilisation organique et la date de fauche à certe une signification en termes d'évolution des phénomènes de compétition pour la lumière et l'espace.

Elle a également une conséquence agronomique intéressante. Il est fortement probable qu'en cas de changement de pratiques, dans le sens d'une plus forte fertilisation organique et/ou d'une fauche plus tardive, l'évolution de la végétation soit plus rapide que celle susceptible d'être induite par un changement de pratiques dans le sens inverse.

En effet, les espèces étouffantes, bien que perdant de leur puissance lorsqu'elles ne sont plus optimum écologique, restent pour un temps concurrentielles vis-à-vis d'espèces moins agressives.

La stabilisation de la végétation, suite à un changement de pratiques, semble ne pas être indifférente au sens de ce changement. Un fort pourcentage de dicotylédones s'acquiert donc assez facilement par des fertilisations organiques excessives ou par une date de fauche très tardive ; la manoeuvre inverse est au contraire plus délicate et plus longue.

Nous mesurons ainsi le "prix de l'erreur" ; un déséquilibre brutal entre la fumure et l'exploitation même limité à une seule saison, est parfois responsable d'une invasion immédiate de dicotylédones ; la maîtrise de celles-ci est alors délicate.

Un cas très courant peut être cité : après l'apport d'une forte fertilisation, généralement sous forme de lisier liquide, sur une prairie moyennement fumée et d'exploitation peu intensive, l'anthesis peut devenir soudainement très envahissante. Les problèmes d'apport de semences et de modification temporaire des conditions de vie des plantes sont, sans doute, essentiels pour expliquer cette extension. Mais, la prairie ne retrouvera une situation favorable que cinq ans au moins après cet apport, même si toute fertilisation cesse. Seule une exploitation précoce, éventuellement sous forme de pâture, peut accélérer le retour à la normale.

2/ Facteurs de dégradation de l'ensemble des prairies (prairies de fauche et "herbes dures").

Nous avons remarqué qualitativement que les prairies exploitées sous forme "d'herbes dures" (pâturage printanier intermédiaire entre déprimage et étêtage) étaient moins riches en dicotylédones.

La nature de la coupe est différente de celle des prairies de fauche, mais sur notre échantillon les agriculteurs pratiquent la fauche systématique des refus : la coupe est donc complète.

Les "herbes dures" analysées, au nombre de huit, et associées au vingt et une prairies de fauche ont été introduites en régression multiple. Le modèle le plus intéressant met en évidence une hiérarchisation des facteurs identique à celle obtenue avec les prairies de fauche seules.

Nous avons :

$\text{Dicots} = 0,808 \text{ DE} + 0,210 \text{ F} \times \text{Nf} + 2,433 \text{ H} (6,645 \text{ exp.} - 11) \text{ P}^8 - 44,045$ $n = 29$ $r = 0,898$

DE = Date de première exploitation en jours corrigés depuis la pleine épiaison du dactyle.

Ceci confirme statistiquement l'intérêt agronomique de telles pratiques. Cependant, compte tenu du faible échantillon d'"herbes dures" et du fait que les analyses floristiques ont été réalisées à un stade très différent de celui des prairies de fauche nous ne chercherons pas à savoir si cette situation est due uniquement à une exploitation plus précoce ou si au contraire date et nature de coupe agissent de façon complémentaire.

3/ Interactions entre facteurs du milieu et pratiques.

Les fauches tardives (plus de 40 jours après la pleine épiaison du dactyle), les fortes fertilisations (plus de 40 tonnes/ha/an de lisier) sont responsables du développement excessif des dicotylédones. Il ne faut cependant pas oublier qu'un facteur n'agit jamais seul et que de nombreuses interactions régissent la structuration de la végétation.

L'effet "pro-dicotylédones" de la fertilisation organique est lié à la date de fauche : fertilisation organique excessive et fauche tardive sont d'autant plus défavorables que le milieu est frais. A l'inverse dans des cas de fauche intermédiaire le géranium des bois et la chaerophylle hirsute se concentreront dans les vallons et au niveau des replats mieux pourvus en eau. Certaines espèces nitrophiles ne se développeront que si la tardivité de fauche atteint un certain seuil : c'est le cas en particulier de l'anthesisque.

A date de fauche et fertilisation organique égales l'abondance des dicotylédones sera d'autant plus forte que le milieu sera frais. Ainsi, les faces sud à ouest acceptent assez bien les fortes fertilisations ; les dicotylédones s'y développent mais n'atteignent pas les densités observables au nord et à l'est. Dans ce milieu physique aux extrêmes peu marqués, la compensation entre facteurs écologiques prend toute son importance.

Le tableau n° V essaie de situer différentes prairies par rapport aux facteurs de dégradation. L'indication des espèces dominantes permet d'approcher la notion de phénomène de compensation entre facteurs.

Tableau n° V -

SYNTHESE : Les différentes végétations des prairies de fauche de montagne.

Mode d'exploitation	"Herbe dure"			Première exploitation fauchée														
Stade du dactyle à la lère exploitation	point 10 cm à pleine épiaison			pleine épiaison à début floraison					début floraison à début fructificat.			début fructification à début dissémination			dissémination			
Fertilisation organique (t/ha/an)	20 à 40		40 et plus	0	20 à 40		40 et plus		0	20 à 40	40 et plus	20 à 40	40 et plus		0	40 et plus		
Contexte pédoclimatique	inter-méd.	frais	inter-méd.	sec	inter-méd.	frais	sec		frais	inter-méd.	inter-méd.	inter-méd.	inter-méd.	frais	inter-méd.	sec	frais	
Pente	faible	faible	faible	faible	faible	faible	faible	forte	faible	faible	faible	faible	forte	faible	faible	faible	faible	
% légumineuses	10	5	5	10	5	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
% dicotylédones avec fumier	10	30	15	0	20	40	20	25	35	30	35	40	50	60	35	40	70	
% dicotylédones avec lisier			30				30	40			50		65	75		55	85	
Graminées dominantes	dactyle			flouve		dactyle			flouve		dactyle			flouve		dactyle		
	trisète		chien-dent rampant	fétu-que rouge		trisète		paturin commun	fétu-que rouge		trisète		paturin commun	fétu-que rouge		paturin commun		
	fétu-que prés		ray-grass anglais	agros-tis tenu		fétu-que prés			agros-tis tenu		fétu-que prés				agros-tis			
Légumineuses dominantes	trèfle blanc			trèfle rouge vesce cracca					trèfle blanc									
Dicotylédones dominantes	aego-pode podagrace	grande berce	pissen-lit			géranium des bois		anthrisque	géranium des bois		anthrisque	géra-nium	anthrisque	géranium des bois		an-thrisque	géra-nium	
	chaerophylle H		rumex obtus			chaerophylle H		gaillet mou	chaerophylle hirsute		renon-cules	renon-cules		chaero-phyllle H	rhinanthe	chaerophylle H		
			renon-cule rampante					plan-tain lancéolé	rhinanthe				rumex obtu					

CONCLUSION

Les prairies de l'alliance du *Trisetum-polygonum bistortae* constituent l'essentiel des prairies de fauche des vallées externes des Alpes du Nord humides. Elles sont assez facilement sujettes à un envahissement en dicotylédones indésirables. Nous avons essayé d'évaluer les facteurs du milieu et les pratiques agricoles responsables de cette dégradation de la végétation sur quelques prairies d'une vallée bien représentative de cette zone : le Beaufortain.

Sur notre échantillon les sols présentent des caractères relativement homogènes qui ne sont pas susceptibles d'induire une différenciation majeure de la végétation. Mentionnons cependant qu'un gradient de fraîcheur du milieu lié à des variations fines du niveau hydrique des sols et au microclimat, à malgré tout un impact, en particulier sur l'abondance des dicotylédones.

Une analyse de variance en régression multiple nous a permis de hiérarchiser les facteurs agissant sur le rapport de répartition entre les graminées et les dicotylédones diverses. La date de fauche, la fertilisation organique, la fraîcheur du contexte pédoclimatique et la pente sont, dans l'ordre, les facteurs à prendre en compte. En ce qui concerne la fertilisation organique, l'introduction d'un coefficient multiplicateur permettant de distinguer lisiers secs et liquides est intéressante. La pente n'est pas une variable significative en soi, elle traduit un gradient dans l'intensité du piétinement, intensité qui devient facteur de dégradation sur les pentes fortes.

Les conclusions agronomiques et agricoles d'un tel travail sont simples. Certes, le milieu, que l'on a réussi à exprimer par les variables fraîcheur pédoclimatique et pente peut être plus ou moins favorable aux dicotylédones. Mais, cette plus ou moins grande fragilité n'est en rien inéluctable, puisque date de première exploitation et fertilisation sont les deux éléments prépondérants.

Il convient donc de réussir à maîtriser l'exploitation du premier cycle avant de tenter toute intensification de la fumure. Cette maîtrise acquise il est alors possible de chercher de plus forts rendements par une fumure plus élevée. En bref, le maintien d'une végétation riche en bonnes graminées passe par l'intensification de l'exploitation et de la fumure organique.

Un changement radical dans les rythmes d'exploitation peut parfois présenter moins de difficultés d'organisation à l'éleveur que d'avancer d'une quinzaine ses dates de fauche. Il serait donc très intéressant

de préciser les conséquences sur la végétation de la pratique de la pâture printanière. Ainsi nous avons vu que le régime "herbe dure" semble plus favorable aux graminées que la fauche du premier cycle.

Cependant n'oublions pas que la maîtrise des dicotylédones n'est pas la seule contrainte ni le seul objectif des pratiques agricoles mises en oeuvre dans les prairies de fauche de montagne. Le point essentiel est la recherche d'une alimentation adaptée au mieux aux besoins du troupeau compte tenu du milieu et des moyens disponibles. Il n'est donc pas possible ni souhaitable de définir sur la seule base de la végétation un mode d'utilisation idéal de ces prairies de fauche. D'autres éléments de réponse seront abordés ultérieurement lorsque nous présenterons nos travaux sur la productivité et la qualité des prairies de fauche.

REMERCIEMENTS -

Nous remercions les agriculteurs du Beaufortain qui nous ont accueillis et informés et Monsieur François Xavier de MONTARD qui a bien voulu relire avec attention cet article.

LISTE DES ESPECES RENCONTREES DANS LES PRAIRIES
DE FAUCHE MONTAGNARDES DU BEAUFORTAIN

Classes de fréquence

Espèces présentes dans 100 à 80 % des relevés :

dactyle	Dactylis glomerata
fétuque des prés	Festuca pratensis
fléole des prés	Phleum pratense
agrostis tenu	Agrostis tenuis
paturin commun	Poa trivialis
trisète dorée	Trisetum flavescens
flouve odorante	Anthoxanthum odoratum
trèfle des prés	Trifolium pratense
pissenlit	Taraxacum officinale
renoncule acre	Ranunculus acris
alchemille vulgaire	Alchemilla vulgaris

Espèces présentes dans 79 à 60 % des relevés :

trèfle rampant	Trifolium repens
gesse des prés	Lathyrus pratensis
vesce cracca	Vicia cracca
achillée millefeuille	Achillea millefolium
anthriscue des bois	Anthriscus silvestris
rumex oseille	Rumex acetosa
géranium des bois	Geranium sylvaticum
marguerite	Leucanthemum vulgare
véronique petit chêne	Veronica chamaedrys
campanule rhomboïdale	Campanula rhomboïdalis
silène enflé	Silene inflata
aegopode podagraire	Aegopodium podagraria
rumex à feuilles obtuses	Rumex obtusifolius
renoncule rampante	Ranunculus repens

Espèces présentes dans 59 à 40 % des relevés :

crételle	Cynosurus cristatus
avoine élevée	Arrhenatherum elatius
lotier corniculé	Lotus corniculatus

salsifis des prés
 plantain lancéolé
 cherophylle hirsute
 leontodon hispide
 crépide bisannuelle
 gaillet mou
 stellaire graminée

Tragopogon pratensis
 Plantago lanceolata
 Chaerophyllum hirsutum
 Leontodon hispidus
 Crepis biennis
 Gallium mollugo
 Stellaria graminea

Espèces présentes dans 39 à 20 % des relevés :

ray-grass anglais
 fétuque rouge
 houlque molle
 chiendent rampant
 gesse à feuilles de deux
 sortes
 grande berce
 centaurée jacée
 rhinanthus spp.
 compagnon rouge
 knautie des champs
 myosotis des bois
 millepertuis à quatre angles
 prêles des champs
 cherophylle dorée

Lolium perenne
 Festuca rubra
 Holcus mollis
 Agropyrum repens

 Lathyrus heterophyllus
 Heracleum sphondylium
 Centaurea jacea
 Rhinanthus sp
 Lychnis dioica
 Knautia arvensis
 Myosotis sylvatica
 Hypericum quadrangulum
 Equisetum arvense
 Chaerophyllum aureum

Espèces présentes dans 19 à 1 % des relevés :

avoine pubescente
 houlque laineuse
 paturin annuel
 paturin des prés
 brize intermédiaire
 canche cespiteuse
 fléole des Alpes
 trèfle bai
 luzerne lupuline
 luzerne cultivée
 plantain majeur
 rumex petite oseille
 rumex oseille
 renouée bistorte
 trolle d'Europe
 reine des prés
 potentille tormentille
 potentille spp.
 petasite spp.
 raiponce en épi
 thym serpollet
 centaurée scabieuse
 sainfoin cultivé
 galéopsis tetrahit
 sauge des prés

Avena pubescens
 Holcus lanatus
 Poa annua
 Poa pratensis
 Briza media
 Deschampsia caespitosa
 Phleum alpinum
 Trifolium badium
 Medicago lupulina
 Medicago sativa
 Plantago major
 Rumex acetosella
 Rumex acetosa
 Polygonum bistorta
 Trollius europaeus
 Spirea ulmaria
 Potentilla tormentilla
 Potentilla sp.
 Petasites sp.
 Phyteuma spicatum
 Thymus serpyllum
 Centaurea scabiosa
 Onobrychis sativa
 Galeopsis tetrahit
 Salvia pratensis

brunelle vulgaire
 mauve musquée
 colchique automnale
 lysimachie vulgaire
 liseron des champs
 ortie dioïque
 orchis spp.
 luzule spp.
 Carex spp.
 verâtre blanc
 rumex des Alpes
 anthyllide vulnérable
 brome érigé
 tussilage pas d'âne
 carum carvi
 benoite des ruisseaux
 fraisier commun
 lychnis fleur de coucou
 grande astrance
 grand boucage
 picris fausse épervière
 carotte
 crocus
 rumex à écussons

Prunella vulgaris
 Malva moscata
 Colchicum autumnale
 Lysimachia vulgaris
 Convolvulus arvensis
 Urtica dioica
 Orchis sp.
 Luzula sp.
 Carex sp.
 Veratrum album
 Rumex alpinus
 Anthyllis vulneraria
 Bromus erectus
 Tussilago farfara
 Carum carvi
 Geum rivale
 Fragaria vesca
 Lychnis flos - cuculi
 Astrantia major
 Pimpinella major
 Picris hieracoides
 Daucus carota
 Crocus vernus
 Rumex scutatus

PRAIRIES DE FAUCHE MONTAGNARDES

*Répartition des espèces dans les groupes agronomiques*Graminées très bonnes fourragères

dactyle aggloméré
fléole des prés
fétuque des prés

Graminées bonnes fourragères

avoine élevé
paturin commun
trisète flavescente
agrostis ténu
avoine pubescente
fléole des Alpes

Graminées peu ou pas fourragères

fétuque rouge
houlque laineuse
flouve odorante
cretelle
houlque molle
chiendent rampant

Légumineuses

trèfle des prés ; trèfle rampant ; vesce cracca ;
gesse des prés ; lotier corniculé ; trèfle bai ;
gesse à feuilles de deux sortes.

Diverses fourragères

achillée millefeuille ; plantain lancéolé ;
pissenlit ; salsifis des prés.

Autres dicotylédones

géranium des bois ; renoncule âcre.

ANNEXE III

PRAIRIES DE FAUCHE MONTAGNARDES

*Espèces ayant servi à la différenciation des
nuances végétales liées aux variations du niveau de fraîcheur
du milieu*

Seules les présences ont été considérées

Espèces mésohygrophiles

Renouée bistorte
raiponce en épi
grande astrance
lychnis fleur de coucou
prêle des champs
grand boucage
reine des prés

Espèces mésoxérophiles

sauge des prés
luzerne lupuline
sainfoin cultivé
knautie des champs
gesse à feuilles de deux
sortes
mauve musquée
centaurée scabieuse
centaurée jacée
brome érigé
thym serpollet
brunelle vulgaire

INDICES D'AGRESSIVITE DES PRINCIPALES ESPECES DES
PRAIRIES DE FAUCHE MONTAGNARDES DU BEAUFORTAIN

Graminées très bonnes fourragères

dactyle aggloméré	: 4
fléole des prés	: 2
fétuque des prés	: 3

Graminées peu ou pas fourragères

fétuque rouge	: 2
houlique laineuse	: 1
flouve adorante	: 1
crételle	: 2
houlique molle	: 1
chiendent rampant	: 4

Diverses fourragères

achillée mille feuille	: 1
plantain lancéolé	: 2
pissenlit	: 3
salsifis des prés	: 2

Graminées bonnes fourragères

avoine élevée	: 3
paturin commun	: 4
triseté flavescente	: 2
agrostis tenu	: 2
avoine pubescente	: 2
fléole des Alpes	: 1

Légumineuses

trèfle des prés	: 2
trèfle rampant	: 2
vesce cracca	: 2
gesse des prés	: 2
lotier corniculé	: 2
trèfle bai	: 1
gesse à feuilles de	
deux sortes	: 3

Autres dicotylédones

géranium des bois	: 4
anthrisme des bois	: 5
cherophylle hirsute	: 3
aegopode podagraire	: 4
rumex à feuilles	
obtus	: 5
rhinanthé spp	: 1
renoncule acre	: 3
renoncule rampante	: 4
Chaerophylle dorée	: 3
alchémille vulgaire	: 3
léontodon hispide	: 1
crépide bisannuelle	: 3
gaillet mou	: 3
picris fausse éper-	
vière	: 2
knautie des champs	: 2
rumex à feuilles de	
gouet	: 2
rumex oseille	: 2
rumex à écussons	: 2
silène enflé	: 2

BIBLIOGRAPHIE

- BLANCHON (J.), BURBEAU (R.), GACHON (C.), de MONTARD (F.), 1974 - Etude de la valeur fertilisante azotée du lisier de bovin sur une prairie des Monts d'Auvergne. Evolution botanique de la prairie. Annales agronomiques, 25 (2-3) pp. 435-463.
- COILLARD (J.C.), 1978 - Problèmes posés par les lisiers et leur utilisation Cultivar, octobre, pp. 33-43.
- DAGET (J.), 1976 - Les modèles mathématiques en écologie. Collection d'écologie. Masson. Paris 172 p. (p. 98-103).
- DELPECH (R.), 1966 - Critères botaniques et fertilisation. Extrait de la revue agricole de France, n° 52, juin, 18 p.
- DELPECH (R.), 1976 - Influence des fumures sur l'évolution des groupements végétaux et des mauvaises herbes des prairies permanentes. Vème coll. international sur l'écologie et le biologie des mauvaises herbes, I - COLUMA - Dijon, pp. 203-213.
- DELPECH (R.), DENUDT (G.), 1978 - Recherches préliminaires sur la composition minérale des plantes d'alpages. Travaux scientifiques du Parc National de la Vanoise. Chambéry - Tome IX - 165 p., pp. 59-76.
- DORIOZ (J.M.), 1978 - Ecologie du Chablais Septentrional - Thèse 3ème cycle Grenoble.
- FALLON (G.), 1981 - Végétation et productivité des prairies de fauche du Beaufortain. Effets des facteurs du milieu et des pratiques d'exploitation. Mémoire d'étude ENSSAA Dijon, 162 p. + annexes.
- FLEURY (Ph.), 1983 - La phénologie des espèces des prairies montagnardes du Beaufortain (Savoie) utilisée comme indicatrice microclimatique et agromique. 108è Congrès national des Sociétés savantes, Grenoble, sciences, fasc. II, pp. 47-59.
- FLEURY (Ph.), 1985 - Signification microclimatique de la phénologie du dactyle (*Dactylis glomerata*) dans les prairies montagnardes du Beaufortain (Savoie), Etude et Recherche du SAD (à paraître).
- Flore de France du C.N.R.S., 1973 - fascicule 1 - Clef de détermination des groupements végétaux, p. 32 à 74.

- FRISON (M.), 1967 - Caractéristiques physico-chimiques du lisier-FNPL, FNCL, FNIL, ITEB. Journées d'information sur le lisier. 21-22. Novembre, 6 p.
- GILLET (M.), 1980 - Les graminées fourragères. Nature et agriculture. Bordas Paris. 306 p.
- HUGUET (E.), ROYBIN (D.), 1982. Diversité des systèmes de production en Beaufortain. Essai d'élaboration d'une typologie des fonctionnements. Mémoire d'étude E.S.A.A. Angers, 286 p.
- I.T.C.F., 1981 - Effets du lisier de bovin sur les prairies permanentes. Perspectives agricoles, n° 46, mars, pp. 75-77.
- JOSIEN (E.), 1979 - Evolution des systèmes d'exploitation en Beaufortain. Mémoire d'étude. E.N.S.S.A.A. Dijon, 67 p. + annexes.
- LAMBERT (J.), 1979 - Les aspects écologiques de la fertilisation azotée en prairie. Documents phytosociologiques, N.S., vol. IV, Lille, mai, pp. 557-569.
- LE DEUNFF (Y.), 1976 - Germination des semences de mauvaises herbes et multiplication végétative des espèces pérennes. Vème colloque international sur l'écologie et la biologie des mauvaises herbes, II COLUMA, Dijon, pp. 299-310.
- Mémento agricole Suisse.
- de MONTARD (F.), 1977 - Valorisation des déjections animales : fumier, purin, lisier, Fourrages n° 69, mars, pp. 41-61.
- NIQUEUX (M.), ARNAUD (R.), de MONTARD (F.), 1978 - Influence du mode d'exploitation sur la production d'une prairie permanente en altitude. Fourrage n° 75, sept., pp. 29-54.
- POISSONNET (P. et J.), 1969 - Etude comparée de diverses méthodes d'analyse de la végétation des formations herbacées denses et permanentes. Conséquences pour les applications agronomiques. Document n° 50, C.N.R.S., C.E.P.E., Montpellier 120 p.
- VAN OORT (F.), DORIOZ (J.M.), 1982 - Les sols sous prairie et alpage du Beaufortain, doc. I.N.R.A. Station de sciences du sol, Versailles, 47 p.
- RICHARD (L.) et PAUTOU (G.), 1982 - Carte végétation France au 1/200.000 Alpes du Nord et Jura méridional - Edition C.N.R.S.
- RICHARD (L.), 1975 - Carte écologique des Alpes au 1/50.000 - Feuille de Cluses et Chamonix. Document de cartographie écologique XVI.
- RICHARD (L.), 1973 - Carte écologique des Alpes au 1/100.000 - Feuille Annecy - Doc. carto écologique XII.

-o-0-o-



