

PRINCIPAUX FACTEURS DE LA PRODUCTION HERBAGÈRE EN CEVENNES GARDOISES

Ph. HINSINGER (1) et M. BORNAND (1)

RESUME

Cette étude intéresse une région de moyennes montagnes caractérisée par des sols pauvres (peu profonds, acides, à faible niveau en éléments fertilisants) et par une forte sécheresse estivale. Elle se propose de définir les principaux facteurs du milieu qui sont déterminants pour la production herbagère afin de proposer les voies possibles de son intensification, à plus ou moins long terme. L'étude insiste sur la méthodologie employée ; elle en présente un aspect critique en dégageant les principaux problèmes rencontrés. Une étude des sols et de la flore a été réalisée sur le terrain. Les données agronomiques parcellaires ont été recueillies par enquête. L'ensemble de ces données a été traité par des analyses statistiques multivariées. Celles-ci ont confirmé l'importance primordiale de la situation géomorphologique de la parcelle dans le paysage. A travers cet élément, ce sont des facteurs agronomiques qui semblent agir de façon prépondérante : irrigation et mécanisation sont permises en fonction du contexte topographique. Mais d'autres facteurs du milieu édaphique comme l'acidité des sols et leurs taux élevés de matières organiques apparaissent aussi comme des facteurs importants qui limitent la production herbagère et l'orientent vers une certaine qualité floristique.

INTRODUCTION

Les Cévennes gardoises constituent une zone de moyenne montagne sèche à l'extrême sud-est du Massif Central. C'est une région fortement boisée où l'activité agricole dominante est représentée essentiellement par l'élevage ovin ou caprin. Cet élevage est actuellement confronté au problème de l'insuffisance locale des ressources fourragères, lié aux faibles superficies consacrées aux prairies (7 % de la surface totale du territoire) et à des productivités souvent médiocres. L'amélioration de la production herbagère cévenole nécessite, en premier lieu, la détermination de ses facteurs-clefs (HEDIN et al., 1972). C'est l'objectif de cette étude que de définir les facteurs du milieu favorables ou, au contraire, limitants pour la production herbagère des prairies cévenoles.

L'absence de références, tant édaphiques qu'agronomiques, concernant cette région a orienté le choix de la méthodologie vers une démarche reposant sur l'enquête agronomique. Elle permet d'intégrer, avec une relative exhaustivité, un grand nombre de facteurs et conditions de production (édaphiques et anthropiques) (CHAPOT, 1979). Ce souci d'exhaustivité et celui d'homogénéité à l'égard des facteurs pris en compte ont conduit au choix d'une échelle adaptée : la parcelle agricole a été l'unité retenue

Mots clefs : Typologie-sols - caractérisation agronomique - Prairies - Montagne sèche - Cévennes.

(1) Laboratoire INRA-ENSA - Science du Sol, 34060 Montpellier Cédex.

(DE MONTARD, 1983). Le recours à des analyses statistiques multivariates pour le traitement des données ainsi collectées au niveau parcellaire permet de poursuivre l'objectif précisé plus haut.

L'on s'attachera particulièrement à détailler les aspects méthodologiques en insistant sur les difficultés rencontrées avant de présenter, dans une deuxième partie, les principaux résultats de cette étude.

I. - SITUATION DE L'ETUDE

A) Contexte de l'étude

Les Cévennes gardoises se caractérisent par un grand nombre de facteurs peu favorables à l'agriculture. D'abord, le climat est original ; il allie une sécheresse estivale marquée à l'abondance de précipitations (souvent orageuses) au printemps et en automne ; ceci resteint notablement la pratique agricole.

Au plan géologique, les matériaux acides (schistes et granite) dominent sur des reliefs très accidentés (vallées dissymétriques aux pentes fortes ; altitudes comprises entre 150 et 1500 m) ; par suite, la couverture pédologique (BOUTEYRE G., 1968 ; J.-P. BARTHES, 1986) représentée par des sols bruns et rankers (et sols podzolisés au-delà de 900 m) est mince et discontinue : les sols profonds (mais acides et limoneux ou sableux) sont localisés aux fonds de vallées et zones colluvionnées (fig. 1).

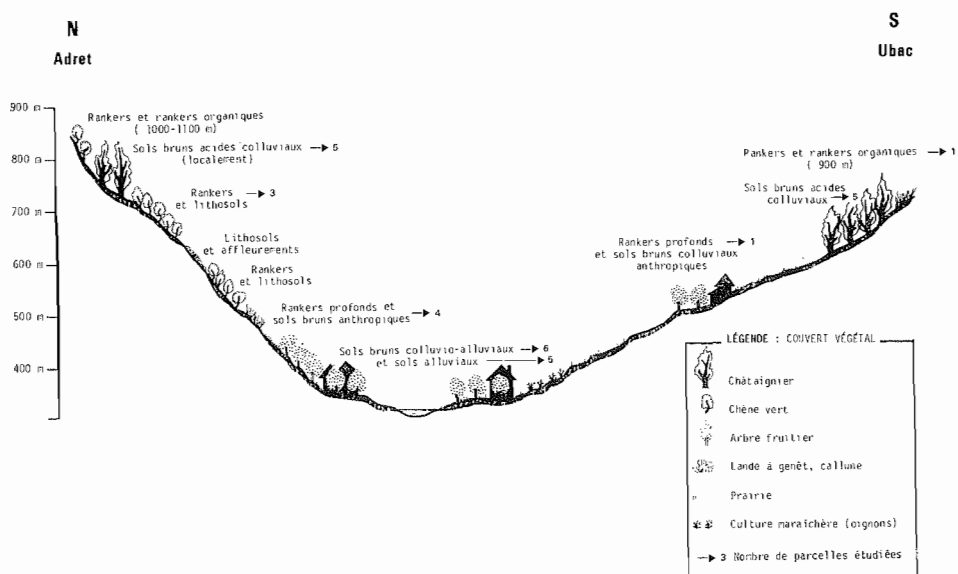


Figure 1 : Organisation schématique des sols dans les Cévennes Gardoises.
Schematical toposequence of soils in landscapes (Cévennes gardoises).

En conséquence, les bois couvrent de vastes superficies et les phénomènes d'érosion sont importants. Dans ce contexte, l'agriculture a un caractère quelque peu marginal. Les systèmes d'élevage ovin et caprin, relativement extensifs, semblent valoriser cet espace au mieux. Les prés de fauche des zones de culture assurent principalement l'approvisionnement hivernal, alors que le pâturage entre largement dans l'alimentation des animaux. Il permet d'exploiter les zones non cultivées ; en particulier, la transhumance des ovins vers les estives d'altitude permet de pallier

l'insuffisance de la production herbagère estivale liée à la sécheresse. Toutefois, cette utilisation du territoire correspond encore à un mode de gestion assez médiocre car elle se traduit par :

- une sous-utilisation des parcours (prélèvement du type « cueillette ») ;
- une sur-utilisation des prairies qui ne suffisent pas à assurer leur fonction d'alimentation hivernale.

L'étude présentée ici se concentrera sur ce second aspect.

B) Méthode de collecte des données : l'enquête agronomique

1. Niveau d'approche

La parcelle cultivée est une unité spatiale primordiale dans ce type d'études (GRAS et al., 1979). Aussi ait-elle été retenue, en particulier parce qu'elle permet une collecte exhaustive de données homogènes concernant autant les facteurs édaphiques que les facteurs et résultats agronomiques. Le caractère discontinu du milieu prairial dans l'espace cévenol fortement boisé a justifié que l'on privilégie le niveau « parcelle de référence » (GUERIN, 1982) par rapport au niveau secteur de référence adopté dans les études de drainage (FAVROT, 1981).

La contrainte essentielle résultant du choix de la parcelle comme unité d'étude consiste en la quasi-impossibilité d'intégration des facteurs socio-économiques qui ont pu se révéler importants par ailleurs (DURU-RELLIER, 1982). Cette orientation restreint l'étude à celle de facteurs techniques et édaphiques.

2. Echantillonnage

Une étude préalable portant sur 85 parcelles d'herbage (parcours et prairies) a permis la réalisation d'une typologie simplifiée des sols d'herbage (HINSINGER, 1985). Sur cette base ont été retenues 32 parcelles qui représentent bien la variabilité des situations possibles et leur importance relative : les matériaux du type schistes (9 parcelles), granite (9) et alluvions (8) prédominant, mais des matériaux sédimentaires variés ont aussi été rencontrés (6 parcelles).

Le choix des parcelles a l'inconvénient d'être légèrement biaisé car il amène à retenir des agriculteurs chez lesquels l'enquête paraît possible. Mais le biais souligné ici n'est pas propre à ce travail et il est fréquemment rencontré dans de nombreuses études de recherche/développement.

3. Variables retenues et modes de saisie

a) LES FACTEURS EDAPHIQUES :

Ils regroupent :

- des variables recensées sur le terrain lors de l'étude pédologique préalable (géomorphologie, altitude, pente, type de sol) ;
- des variables physico-chimiques correspondant aux analyses de terre des horizons de surface ; la restriction au seul horizon de surface se justifie par la variabilité du nombre d'horizons d'un type de sol à l'autre et par le peu de signification de valeurs moyennées sur plusieurs horizons ;
- des variables climatiques moyennes obtenues dans la bibliographie (REBOTIER, 1957 ; ROUSVOAL, 1973).

b) LES FACTEURS ANTHROPIQUES

Ils correspondent aux pratiques culturales et pastorales qui constituent deux grands volets de l'enquête agronomique proprement dite. La collecte des informations correspondantes s'est faite ici au moyen d'un questionnaire soumis aux éleveurs.

Le premier volet « *pratiques culturales* » consiste en questions simples appelant des réponses assez évidentes concernant le type de prairie (permanente ou non), le type de travail du sol éventuellement, ainsi que la fertilisation et l'irrigation.

Le deuxième volet « *pratiques pastorales* » consiste, au contraire, en notions moins couramment utilisées dans des élevages extensifs : il s'agit de calendrier d'exploitation du pâturage pour la parcelle retenue, détaillé aux plans du chargement instantané, de la composition du troupeau et de son mode d'alimentation (place de la parcelle dans l'alimentation journalière, complémentation estimée) aux différentes périodes de passage (en 1984).

Dans le troisième volet de l'enquête agronomique, la production herbagère a été appréciée en termes de *mode d'exploitation fourragère* (modalité(s) et date(s) de récolte) et, surtout, de *productivité fourragère* (rendement en foin ou ensilage à l'hectare, en 1984).

Enfin, la production des prairies a pu être appréciée d'un point de vue *qualitatif* au travers de relevés floristiques réalisés (printemps 1985) suivant la méthode de DAGET et POISSONNET (1971).

Diverses limites apparaissent concernant le choix de ces variables et des méthodes de saisie correspondantes.

a) Pour les variables climatiques, nous avons dû nous restreindre aux précipitations moyennes saisonnières. Il est évident que des données permettant le calcul d'un bilan hydrique parcellaire auraient été plus satisfaisantes ; leur collecte n'était matériellement pas possible (absence d'abris météorologiques et éloignement entre les 32 parcelles). Compte tenu de la valeur assez faible de la variable climatique prise en compte, les interprétations que l'on peut en espérer sont assez limitées.

b) Au sein des variables de l'enquête agronomique proprement dite, les problèmes qui se posent concernent essentiellement la précision de l'évaluation des pratiques culturales : en effet, l'absence fréquente de carnet d'exploitation confère aux informations recueillies un caractère un peu approximatif et une valeur plutôt comparative. Une vulgarisation visant à sensibiliser les éleveurs aurait valorisé ce type d'informations ; mais c'est l'enquête elle-même qui a provoqué cette sensibilisation.

c) Enfin, malgré tout le soin porté aux divers relevés floristiques effectués, les comparaisons de qualité des herbages ont été rendues particulièrement délicates du fait de l'existence de prairies semées et de prairies naturelles.

En résumé, un grand nombre de variables a été recensé par enquête ; nous en avons souligné les incertitudes. La qualité de l'information aurait pu être améliorée en ne conservant qu'une partie des parcelles investiguées. C'est un dilemme que l'on rencontre fréquemment dans ce type d'enquête lourde (GRAS et al., 1981). Mais, étant donné le caractère exploratoire de l'enquête et le déséquilibre existant entre le nombre de variables et le nombre de données, nous avons pris l'option de conserver le plus grand nombre possible de parcelles de référence.

C) Méthodes de traitement des données : les analyses statistiques multivariées

1. Prétraitement de l'information

L'enquête fournit une information brute qu'il convient de prétraiter, avant de pouvoir appliquer des méthodes d'analyses des données. Il s'agit, en premier lieu, d'effectuer un tri de l'information en écartant :

- les variables présentant des valeurs incomplètes ;
- les variables dont la distribution des valeurs est trop éloignée de la normalité ; c'est le cas, en particulier, de la variable « climat thermique » définie par ROUSVOAL (1973) : celles-ci découpe l'échantillon des 32 parcelles en deux sous-populations très inégales comptant, respectivement, 2 et 30 parcelles, selon que leur altitude est inférieure ou supérieure à 200 m. Sa dépendance eu égard à l'altitude justifie d'autant plus son abandon.

En deuxième lieu, le prétraitement consiste à homogénéiser l'information brute pour faciliter les comparaisons ultérieures : le cas de la fertilisation est très démon-

trafic. Les fumures, tant minérales qu'organiques, étaient apportées de façon très irrégulière (quantité, fréquence des apports). Ainsi, la fertilisation azotée a été découpée en quatre classes, correspondant à des apports croissants d'azote cumulés sur trois ans (FERTN 1 = 0 à 30 unités/ha/an, FERTN 2 = 30 à 100 unités/ha/an, FERTN 3 = 100 à 200 unités/ha/an).

Enfin, une phase importante du prétraitement a consisté en l'élaboration de variables synthétiques, visant à réduire la quantité d'information, tout en maintenant sa pertinence au plan agronomique. C'est ainsi qu'il est apparu peu intéressant de conserver l'information brute concernant le mode d'exploitation pastorale ainsi que le niveau de complémentation du troupeau. Cette information a été synthétisée sous la forme de :

a) Trois variables qualitatives concernant le mode d'exploitation, *stricto sensu*; PERPAT correspond aux saisons de pâturage (combinaison de passage(s) à 0, 1, 2, 3, voire 4 saisons) ; DAT1EXP à la date de première exploitation (en fauche ou en pâture) et NBCYC, au nombre de cycles de végétation exploités.

b) Une variable quantitative fournissant une estimation de la quantité d'herbe prélevée en pâturage. Celle-ci est traditionnellement évaluée grâce à des coupes effectuées sur des mises en défens [CHASSANY-SOUSSANA, 1983 ; CHAPOT, 1979]. Encore une fois, il n'était matériellement pas possible de réaliser ces mesures (éloignement des parcelles) qui ne fournissent qu'une image déformée de la réalité [la tondeuse ne fait pas la sélection que fait l'animal ; ALBALADEJO, 1982]. Il leur a été préféré, dans un premier temps, une évaluation en termes de chargement cumulé annuel, selon les critères de GUERIN [1982]. Par la suite, pour valoriser plus pleinement l'enquête, en autorisant la comparaison entre tous les modes d'exploitations possibles (troupeaux de compositions très diverses), il a fallu passer à une estimation en quantité de M.S. (matière sèche) prélevée à l'hectare. Cette estimation se fonde sur les besoins des différents types d'animaux [INRA, ouvrage collectif, 1978] et la part des diverses sources d'alimentation [DEDIEU, 1984]. C'est ainsi qu'a été définie la variable *pâturage*, ou productivité pastorale (quantité d'herbe estimée prélevée au pâturage, en t.M.S./ha), par souci de comparaison avec la productivité fourragère (*foin*, quantité d'herbe récoltée, en t.M.S./ha) et avec la productivité herbagère [QHERB = *foin* + *pâturage*, quantité totale d'herbe estimée prélevée, en t.M.S./ha].

De même, l'information concernant la composition floristique des herbages a nécessité un effort de synthèse : les seules variables retenues ont été les pourcentages respectifs de bonnes graminées, de graminées, de légumineuses et refus, en termes de contributions spécifiques cumulées dans les relevés (selon DAGET-POISSONNET, 1971). Cette simplification correspond à une perte considérable d'information par rapport aux relevés floristiques bruts, qui comportent les contributions espèce par espèce. Toutefois, elle se justifie par le fait qu'il semblait peu judicieux de réaliser les traitements statistiques classiques (AFC, cf. VIDAL, 1982) sur des parcelles qui regroupent prairies naturelles et prairies semées (pour lesquelles les concepts phytosociologiques n'ont guère d'application).

Suite à l'ensemble de ces opérations ponctuelles de prétraitement, il apparaît deux ensembles de variables :

- les variables qualitatives (ordonnées ou non, dichotomiques, polytomiques) ;
- les variables quantitatives (discrètes ou continues).

A ces deux types de variables correspondent des possibilités de traitements statistiques différentes qui seront distinguées plus loin. L'analyse factorielle des correspondances multiples nécessite un prétraitement systématique de l'information ; il s'agit de la mise sous forme disjonctive des variables. Elle consiste à fournir un découpage en classes des variables quantitatives qui satisfasse à la double condition suivante :

- la répartition de l'échantillon de 32 parcelles doit être équitable entre les différentes classes ;
- les classes doivent avoir une signification agronomique donnée.

Pour résumer cet aspect, deux points méritent d'être soulignés : perte relative d'informations par suppression de variables et remplacement par des variables synthétiques ; pré-interprétation qui peut apparaître comme subjective, notamment dans les choix intuitifs de limites de classes. Toutefois, ces risques de biais ont été largement minimisés car les prétraitements effectués sont basés sur les expériences agronomiques observées dans des situations similaires. De plus, nous avons essayé de les adapter aux réalités locales en se basant sur les travaux en cours (estimation des besoins des animaux notamment).

2. Traitement de l'information

Suite au prétraitement, le volume d'information demeure considérable : 30 variables (correspondant à 101 modalités) pour chacune des 32 parcelles, soit un total de 960 données. Le traitement classique de telles quantités d'information collectées par enquête repose sur les méthodes d'analyse des données. Celles-ci ont pour objectif de fournir une visualisation simple de l'information, qui minimise la perte d'information. En l'occurrence, deux méthodes d'analyse globale multivariée ont été utilisées.

Ces méthodes ont en commun une approche géométrique de l'information recueillie, assimilée à un nuage de points considérés dans un espace dont la dimension correspond au nombre de variables descriptives retenues. Ces méthodes d'analyse proposent les meilleures représentations planes de ce nuage, à partir de la détermination des axes d'élongation maximale (facteurs principaux). L'interprétation de ces graphes (plans principaux) nécessite celle de la signification de ces axes qui correspondent, en fait, à des « super-variables » synthétiques.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) repose sur des calculs de corrélations linéaires entre les variables qui doivent donc être quantitatives.

L'Analyse Factorielle des Correspondances multiples (A.F.C.m.) est plus puissante encore : elle permet de traiter aussi bien des variables qualitatives que quantitatives (mises sous forme disjonctive) et de tenir compte de relations éventuellement non linéaires entre elles (VOLLE, 1985).

Il apparaît, tant dans les analyses des données que dans les prétraitements, qu'une grande part est laissée à l'interprétation plus ou moins subjective. C'est une des principales difficultés de ce type de démarche. Celle-ci comporte d'autres limites, fréquemment rencontrées en statistiques.

En premier lieu, il faudrait s'appliquer à constituer un échantillon adapté de parcelles, de manière à obtenir des effectifs équivalents dans les différentes classes des variables qui discriminent le mieux la population. Cela paraît difficile dans une démarche exploratoire comme celle-ci, où ces variables-clefs sont, précisément, les inconnues.

Une autre limite quasi inévitable dans ce type de démarche par enquête globale consiste dans la non-indépendance existant entre les variables collectées avec un souci d'exhaustivité. Le cas de la liaison étroite entre attitude et climat thermique (défini par ROUSVOAL, 1973) a déjà été évoqué. Cela a conduit à l'élimination de cette dernière variable. Un simple examen des coefficients de corrélation linéaire entre les variables, prises deux à deux, a permis de diminuer le nombre de variables en rejetant les variables redondantes (à forte dépendance). Malgré tout, un certain nombre de variables interdépendantes ont dû être conservées. Elles ont le désavantage de rendre difficile l'interprétation de leurs actions et interactions relatives.

D) Conséquences et enseignements

La démarche d'enquête agronomique, couplée à des traitements statistiques multivariées, est une des voies qui s'offrent à l'agronome pour mieux comprendre les systèmes complexes qu'il est amené à étudier. L'ensemble des limites méthodologiques que nous venons d'énumérer montre bien qu'il faut conserver une attitude très critique à l'égard des résultats et des interprétations que l'on peut en fournir. C'est dans cet esprit que nous présentons maintenant les principaux résultats de ce travail.

II. - RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Une distinction est faite entre les résultats à valeur générale, quelquefois observés dans des sites comparables, et les résultats à valeur régionale qui esquissent quelques-unes des spécificités des herbages cévenols.

A) Résultats à valeur générale

L'A.C.P., en se restreignant aux seules variables quantitatives, a exclu l'ensemble des variables correspondant aux pratiques culturales et pastorales. La représentation du plan principal formé par les axes 1 et 2 permet toutefois une visualisation intéressante des interrelations entre certains facteurs édaphiques et la production herbagère (fig. 2).

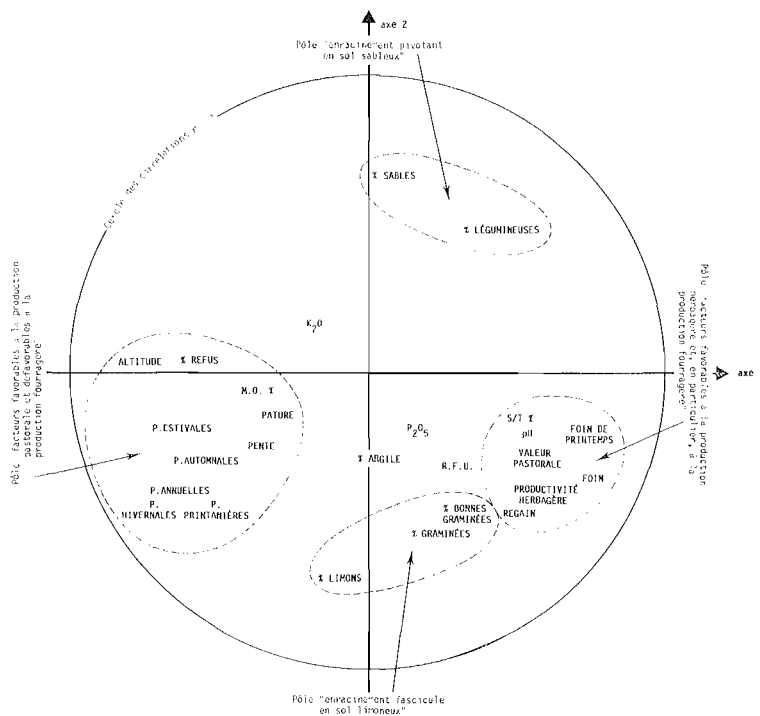


Figure 2 : Représentation des variables quantitatives dans le plan principal (axe 1, axe 2) de l'A.C.P.

Principal component analysis of quantitative variables.

Il convient de rappeler que ce type de graphique s'interprète en termes de corrélations linéaires : plus les variables sont proches du cercle de rayon $r = 1$, plus elles ont d'intérêt dans l'interprétation ; les variables rapprochées présentent entre elles des corrélations positives ; les variables diamétralement opposées présentent, au contraire, des corrélations négatives.

Ainsi, il apparaît que l'axe 1 oppose les variables favorables et défavorables à l'obtention de productivités herbagères élevées, et notamment fourragères. Il sous-tend donc la notion de potentialité pour la prairie de fauche et pour la production fourragère (HALLAIRE, 1980). En effet, cet axe révèle, en particulier, que le pH et

le taux de saturation sont corrélés positivement à la productivité fourragère, et négativement au taux de matière organique (m.o.) et à l'altitude. Cela confirme la réalité agronomique généralement admise selon laquelle une acidité élevée, corrélative à un état de désaturation et à des taux de m.o. importants, sont autant de facteurs limitants pour la production fourragère. En fait, il semble que cette action relève d'un effet plus global de l'altitude — à laquelle ils sont corrélés — et, à travers elle, du climat. Ainsi, l'action négative nette des précipitations moyennes (fig. 2) sur la productivité herbagère, déjà montrée dans les Vosges (METTAUER, 1978), n'est que l'expression de leur étroite corrélation avec l'altitude, et non celle d'une relation causale. L'altitude agit, essentiellement, au travers de la température : une altitude élevée entraîne une mauvaise minéralisation de la m.o. et confère au milieu les caractéristiques limitantes sus-nommées. Il est probable que les températures faibles des altitudes élevées agissent aussi directement au niveau des plantes en diminuant la durée de la végétation et, par suite, le potentiel de production (METTAUER, 1978).

L'A.F.C.m. a l'avantage supplémentaire de prendre en compte l'ensemble des variables et, notamment, celles correspondant aux facteurs anthropiques. La figure 3 fournit une représentation simplifiée du plan principal formé par les axes 1 et 2. Les variables peu informatives (dont les modalités étaient regroupées au centre) en ont été éliminées par souci de clarté. Les modalités aux plus fortes contributions, déterminées grâce à l'interprétation fournie par le programme informatique utilisé, y sont figurées en caractères gras et soulignés. L'axe 1 de l'A.F.C.m. apparaît être l'équivalent du premier axe de l'ACP, représentant les potentialités prairiales pour la production fourragère. Le découpage des variables en modalités a l'avantage supplémentaire de faire apparaître, ici, un gradient parallèle à cet axe. Les différentes classes de productivité fourragère et pastorale s'ordonnent suivant ce gradient. Il constitue une structure sur laquelle se fondent les interprétations ultérieures.

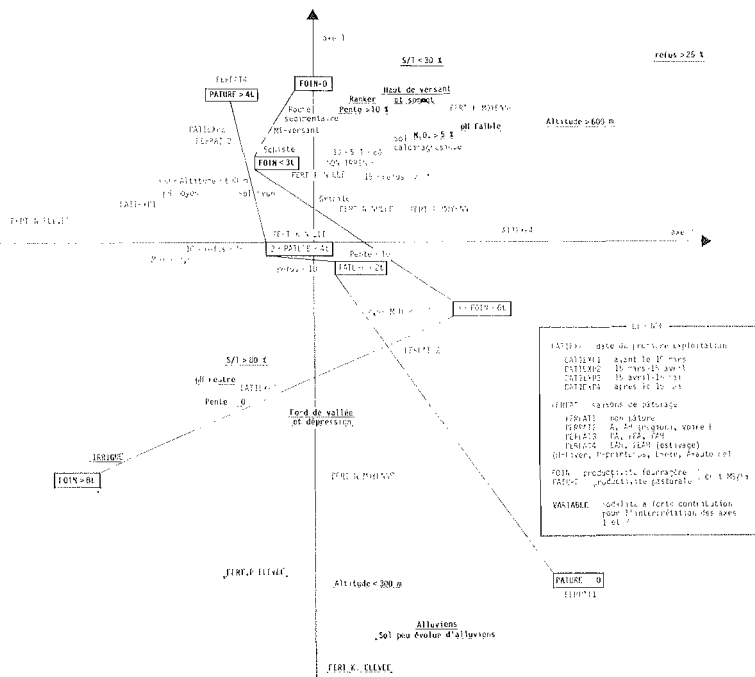


Figure 3 : Représentation des modalités de l'A.C.F. multiples dans le plan principal (axe 1, axe 2).

Modalities of common factor analysis.

Ainsi, ce sont les situations de fond de vallée (sols alluviaux, saturés en bases, aux pentes et altitudes faibles) qui sont les plus discriminées par cet axe 1. Conjointement, une intensification assez forte de la production conditionne l'obtention des meilleures productivités fourragères au niveau de ces mêmes situations ; elle se traduit par des niveaux corrects de fertilisation et par la pratique de l'irrigation.

A l'opposé, se trouve l'ensemble des autres situations qui apparaissent plus ou moins défavorables à l'intensification fourragère et favorables à une orientation pastorale : situations de versants, de pente et d'altitude moyennes à élevées, avec sols acides et peu profonds.

Le gradient de productivité qui définit l'axe 1 n'est pas en correspondance stricte avec un gradient altitudinal (ou gradient des conditions climatiques). Il faut noter que, à la différence d'autres références faisant autorité (CAPUTA, 1969, dans les Alpes suisses ; METTAUER, 1978, dans les Vosges), il s'agit ici de productivités et non de potentialités. L'écart entre ces deux notions est à imputer au rôle important des pratiques agricoles, dépendant elles-mêmes des conditions édaphiques à l'égard de la production herbagère. La figure 4 propose une schématisation de ces interactions entre facteurs édaphiques et anthropiques et de leur action sur la productivité herbagère.

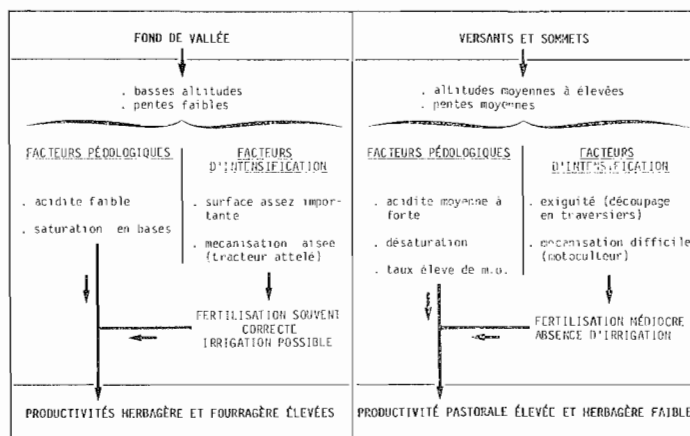


Figure 4 : Les déterminants principaux de la productivité herbagère en Cévennes gardoises.

Determinant factors for grass productivity in Cévennes gardoises.

Si l'on en revient à la figure 3, l'interprétation de l'axe 2 est plus difficile car il ne met pas en évidence de véritable gradient ; le nuage est, par ailleurs, peu étiré suivant cet axe. Il semble discriminer simplement les situations d'altitudes les plus élevées (sols organiques acides), où la rigueur des conditions pédo-climatiques impose une exploitation tardive et réduite de l'herbe.

B) Résultats à valeur régionale

L'étude réalisée fournit les principaux éléments de calage de la production herbagère cévenole (jusqu'alors inexistantes). Ainsi, la figure 5 représente l'estimation des productivités des 32 parcelles d'étude, classées dans l'ordre des productivités herbagères croissantes. Cette représentation montre également la part relative des productivités pastorale et fourragère (première(s) coupe(s) et regain). Elle révèle, tout d'abord, un étalement important de la gamme des productivités rencontrées : de 1,5

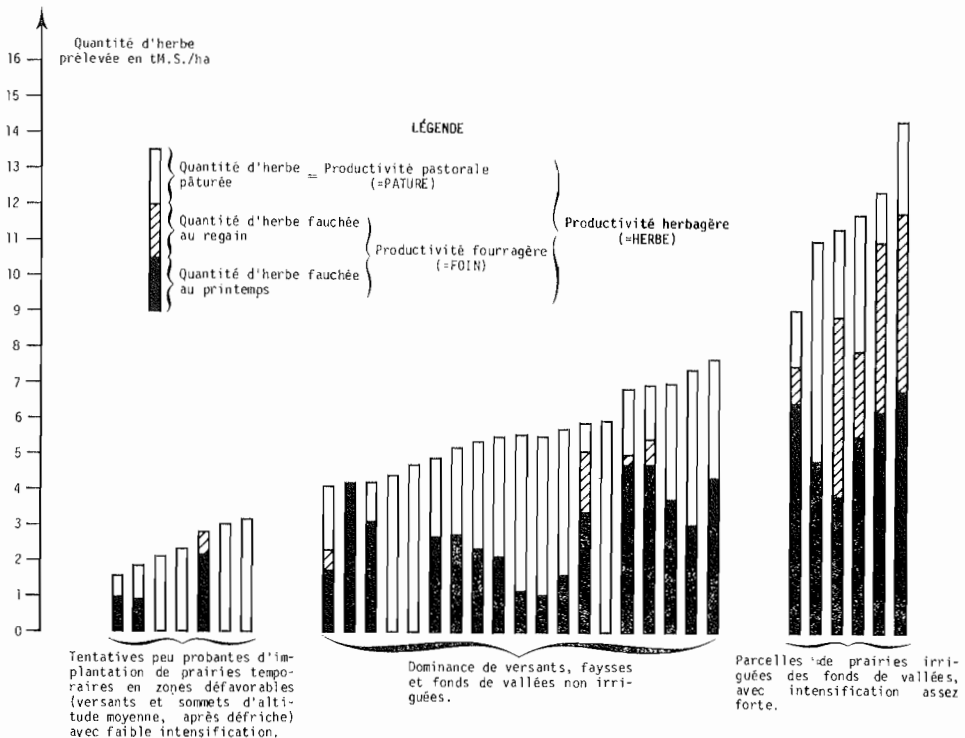


Figure 5 : Histogramme des productivités herbagère, fourragère et pastorale pour les 32 parcelles étudiées en Cévennes gardoises.

Productivities of ley, fodder and grazing for 32 experimental plots (Cévennes gardoises).

à 15 t.M.S./ha/an. A ce sujet, l'observation des caractéristiques des groupes extrêmes de parcelles est particulièrement révélatrice :

a) Le groupe des parcelles de tête (plus de 8 t.M.S./ha/an) est, presque exclusivement, formé de parcelles sensiblement planes et d'assez grande taille, irriguées de façon abondante et assez bien fertilisées (au plan de l'azote). Cela confirme les résultats de l'A.F.C.m. schématisés à la figure 4. Les chiffres obtenus ici sont l'expression de potentialités productives très élevées, dans les situations les plus favorables des Cévennes. Toutefois, ces résultats ne peuvent être directement comparés à ceux d'autres régions de moyenne montagne, car ils concernent essentiellement des zones de fond de vallée d'altitude quelquefois inférieure à 350 m.

b) Le groupe des parcelles de queue, correspondant aux plus faibles productivités (moins de 3,5 t.M.S./ha/an) est essentiellement constitué de parcelles sommitales ou de parcelles de versant correspondant à des tentatives peu probantes d'implantation de prairies après défrichage de landes (accompagnées de fertilisations modestes).

Il apparaît ainsi une tendance qui distingue les Cévennes et la Margeride, deux régions voisines de moyenne montagne à caractère plus ou moins sec. En effet, en Margeride, MENIER (1985) a pu montrer que les productivités des prairies semées étaient nettement plus fortes que celles des prairies naturelles. En Cévennes, au contraire, la différence est minimisée en raison d'un niveau d'intensification plus faible accompagnant l'implantation des prairies semées (niveaux de fertilisation faibles) et par suite de leur durée d'exploitation trop longue, dépassant souvent 5 ans pour du ray-grass ; ainsi, la moyenne des productivités herbagères des prairies semées est d'environ 6,5 t.M.S./ha, contre 5,7 t.M.S./ha dans le cas des prairies naturelles.

La figure 5 permet quelques remarques intéressantes au plan du *mode d'exploitation* : seules les parcelles de tête autorisent l'obtention de niveau de « regains » d'un ordre de grandeur voisin de celui de la fauche printanière. Sans aucun doute possible, ce résultat confirme l'importance de l'irrigation estivale. Pour les autres parcelles, la part prépondérante revient à l'exploitation en pâturage. Ceci semble lié à des décisions de l'éleveur, motivées par la proximité de la bergerie, l'exiguïté de la parcelle ou son éloignement des chantiers de fauche (entravant la mécanisation de la récolte). Ce type de conclusion n'a pu être obtenu directement dans les analyses factorielles, car les variables explicatives correspondantes n'y avaient pas été prises en compte : il s'agit de facteurs technico-économiques posant des problèmes d'informatisation.

L'A.F.C.m. permet toutefois de fournir des résultats à valeur régionale, notamment lorsque son interprétation est couplée à une analyse manuelle des caractéristiques parcellaires. Ainsi, la représentation plane du nuage des individus-parcelles, suivant les deux premiers axes de l'A.F.C.m. (fig. 6), fournit des éléments de typologie des herbages. En effet, des parcelles présentant des caractéristiques voisines, tant édaphiques qu'agronomiques, se regroupent sensiblement suivant les quatre secteurs délimités par les axes 1 et 2 :

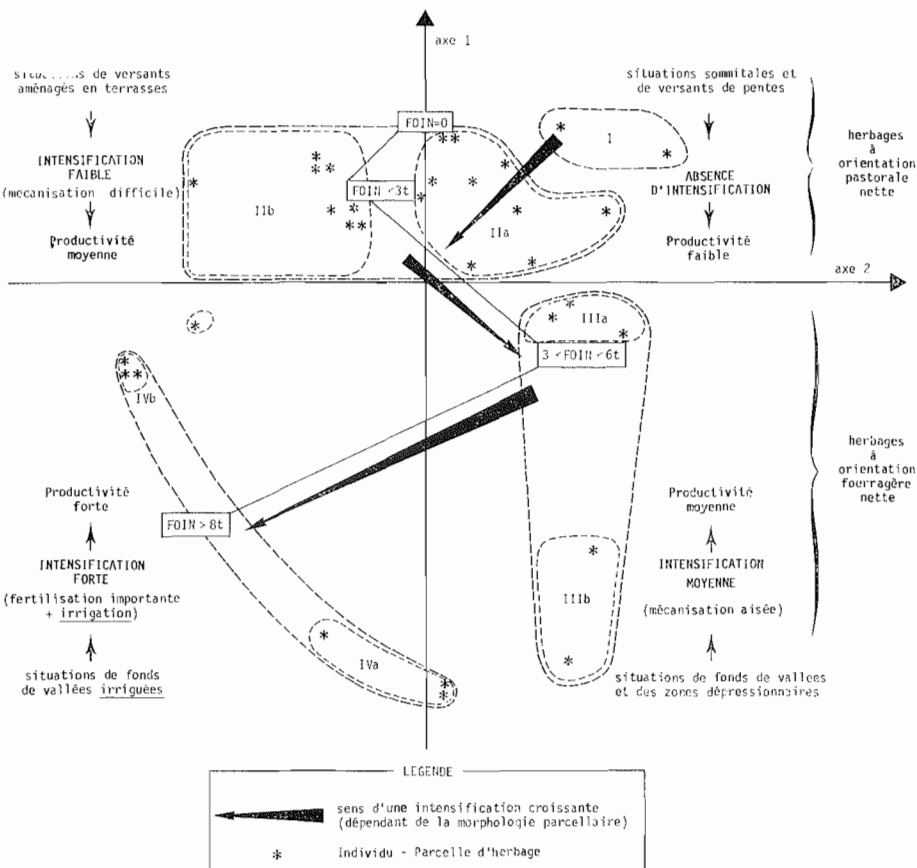


Figure 6 : Représentation du nuage des individus (prairies étudiées) dans le plan principal (axe 1, axe 2) de l'A.C.F. multiples.

Observations (32 plots of herbage) of common factor analysis.

— *Le groupe I* rassemble des parcelles semées, mais très faiblement intensifiées, dans des situations de sols organiques peu profonds d'altitude qui leur confèrent une exploitation en pâturage d'estive, à très faible niveau de production.

— *Le groupe II* rassemble l'essentiel des situations de versants et sommets. Il est constitué de deux sous-groupes qui se distinguent, essentiellement d'un point de vue édaphiques. IIa représente les sols sur matériaux granitiques et sédimentaires de l'est des Cévennes gardoises. IIb rassemble les sols sur schistes et granite des systèmes géomorphologiques de serres, collines à versants dissymétriques exposés Nord-Sud, typiques des Cévennes méridionales. En raison des pentes et/ou de l'exiguïté des parcelles, liée à leur aménagement en terrasse (FRAPA et al., 1982), leur mécanisation est très difficile et leur intensification, par suite, est faible. Ce groupe représente les situations les plus fréquentes en Cévennes. Leurs spécificités sont rarement rencontrées dans les autres massifs montagneux plus septentrionaux de la France.

— *Le groupe III* rassemble des parcelles à la fois planes et de plus grande taille, situées dans des zones dépressionnaires (IIIa) ou de fonds de vallée (IIIb). Ces situations permettent une intensification plus importante. Toutefois, l'absence d'irrigation les empêche d'atteindre les productivités du groupe IV.

— *Le groupe IV* rassemble les situations les plus favorables à la production. Ces parcelles de fonds de vallée aux sols profonds autorisent une intensification importante, incluant la pratique de l'irrigation. Il est possible d'y distinguer, d'une part le sous-groupe IVa regroupant les situations de fonds de vallées larges de basse altitude (< 250 m, c'est-à-dire les plus soumises aux influences méditerranéennes). D'autre part, le sous-groupe IVb rassemble les situations de fonds de vallées étroites, d'altitude moyenne (entre 250 et 350 m); elles permettent l'obtention des meilleures productivités herbagères, grâce à des regains très importants (qui sont, sans doute, le signe d'une meilleure valorisation par une bonne pratique de l'irrigation).

Enfin, parmi les résultats spécifiques obtenus, il convient d'évoquer les enseignements qui peuvent être tirés de l'analyse de l'axe 2 de l'ACP (fig. 2) : celui-ci oppose les variables granulométriques entre elles (teneurs en sables par rapport aux teneurs en limons ; il faut savoir que les teneurs en argile sont globalement faibles et peu dispersées). Il oppose, parallèlement, les variables floristiques retenues (légumineuses par rapport aux graminées, respectivement). Ce résultat ouvre un vaste champ d'hypothèse interprétatives, fondées sur les différences morphologiques d'appareil racinaire entre ces deux familles végétales. Il est à mettre en relation avec une disponibilité en eau et une aération du sol, variables suivant la granulométrie. Il convient de pousser davantage l'analyse par voie expérimentale pour confirmer l'exactitude de ces résultats, qui sont présentées ici à titre d'hypothèse de travail.

INTERET METHODOLOGIQUE DE CE TYPE D'ETUDES : L'ensemble des résultats que nous venons de schématiser fait apparaître que la méthodologie développée ici permet, effectivement, de retrouver des réalités agronomiques généralement admises mais qui n'avaient pas encore été retrouvées dans cette région. Il s'agit, en particulier, de l'action de l'altitude et, à travers elle, des conditions pédo-climatiques, sur la production herbagère. Son action est complexe : elle passe par celle de la température qui est, à la fois directe (durée de végétation) et indirecte (minéralisation de la m.o., via l'activité biologique du sol). Elle est, par ailleurs, difficile à démontrer dans un dispositif expérimental. La méthodologie d'enquête semble donc plus appropriée pour la mise en évidence de l'effet de ce type de variable : sa démonstration nécessiterait un échantillonnage ciblé sur cet objectif précis. La confirmation de l'effet limitant de l'acidité du sol (corrélé à l'altitude) pourrait faire l'objet d'une expérimentation au champ, testant les conséquences de l'apport d'amendements et/ou de fertilisants en vue d'améliorer l'activité minéralisatrice du sol (action en cours grâce à l'animation du SUAD du Gard).

L'action positive de facteurs anthropiques, comme l'irrigation, a été clairement mise en évidence à plusieurs reprises dans le dépouillement des résultats. Encore une fois, il suffirait de développer une méthodologie (enquête ou expérimentation) recen-

trée sur ce problème particulier, pour apprécier quantitativement le rôle de ce facteur sur les productivités herbagères cévenoles.

L'acquisition d'une meilleure connaissance des réalités agronomiques (cf. II.B) d'une région mal connue, comme les Cévennes gardoises, confère ainsi un intérêt indéniable à cette démarche (GRAS et al., 1981). Son caractère exploratoire, relativement exhaustif, ne peut être obtenu par aucune autre méthode d'étude. Ainsi, son intérêt réside essentiellement dans cette possibilité de première caractérisation, particulièrement appréciable dans un milieu encore non étudié : en dégagant les quelques facteurs-clés de la production herbagère, l'enquête a permis par ailleurs d'ouvrir les portes à des recherches ultérieures. Celles-ci pourront procéder soit de démarches d'enquêtes plus orientées, soit d'expérimentations agronomiques précises. C'est à ce deuxième stade que l'on pourra véritablement apporter la confirmation de quelques interprétations fournies par cette première enquête à titre d'hypothèses.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de définir quels étaient les facteurs déterminants de la production herbagère en milieu cévenol.

Face à la quasi-absence de références édaphiques et agronomiques concernant les Cévennes gardoises, le recours à une enquête agronomique globale s'imposait comme méthode d'investigation, couplée à des analyses statistiques multivariées. L'intérêt d'une telle démarche est apparue essentiellement au niveau de son *caractère exploratoire et exhaustif*, permettant d'embrasser un très grand nombre de facteurs pour l'analyse des relations sol/plante/techniques. En outre, cette méthodologie a contribué à *affiner la connaissance des réalités agronomiques régionales concernant la production des prairies* : elle a ainsi fourni des ordres de grandeur des productivités herbagères et une typologie grossière des herbages. Elle a surtout permis de définir quelques facteurs-clés de la production herbagère régionale : l'altitude, la température et l'acidité du sol qui y sont corrélés, sont apparus comme des *facteurs édaphiques limitants*. Au niveau des facteurs anthropiques, c'est l'irrigation qui est apparue comme un facteur déterminant pour la maximalisation de la productivité.

L'intérêt de tels résultats d'enquête est subordonné à la poursuite d'investigations sur le terrain : expérimentations en cours actuellement, ou enquêtes recentrées sur les facteurs-clés dont l'importance a été mise en évidence. Le bilan de cette approche est donc positif, à la condition qu'elle fasse réellement l'objet de travaux complémentaires à mener de façon concertée entre chercheurs et responsables des organisations professionnelles agricoles locales.

Ainsi, la validité de la démarche peut encore être notablement améliorée par une vulgarisation qui permettrait de mieux sensibiliser les éleveurs. La puissance de l'outil serait, sans doute, augmentée par la mise en place d'un suivi régulier du réseau de parcelles enquêtées : cela permettrait de dégager davantage les effets du climat caractérisé par sa variabilité interannuelle.

Reçu pour publication : Mai 1986

Accepté pour publication : Mai 1986

REMERCIEMENTS. — Nous tenons à remercier la Chambre d'agriculture du Gard, et particulièrement le Directeur du SUAD ainsi que tous les conseillers agricoles des secteurs concernés, sans la collaboration desquels ce travail n'aurait pu être mené à bien.

MAINS FACTORS OF GRASS-PRODUCTION
IN MASSIF CENTRAL COUNTRY OF FRANCE : CEVENNES DU GARD

This study takes place in middle-mountains of south « Massif Central » in France with poor soils (thin, acid, with low contents of nutrients : fig. 1) and summer drought. Its purpose consists in defining the principal environmental factors which interface in determining grass-production in order to define its possibilities of intensification, on a longer term. It proceeded from a study of soils and botanical compositions, on the ground. Methodological aspects are developed, with critic point of view and analysis of mains difficulties in its application. The agronomical plot data were gathered by interviews with land farmers. All these data were treated by the mean of multivariate statistic analysis (fig. 2, 3 et 6). They confirmed the obvious importance of the geomorphological situation of the plot in the landscape. It seems that agronomical factors (irrigation and mechanization are permitted depending on the topographical context) are acting through it, mainly (fig. 4 et 5) but factors of the edaphical environment too : acidity and high contents of organic matter appear as limiting factors.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBALADEJO C. (1982). — *Comportement alimentaire et utilisation du territoire pastoral par des ovins et caprins (Cévennes gardoises)*. Mémoire DAA, CRUS/INA-PG., 78 p.
- BARTHES J.-P. (1986). — *Carte pédologique à 1/100.000 et légende* (feuilles Alès et Le Vigan). Documents provisoires INRA/SES Montpellier.
- BOUTEYRE G. (1968). — *Etude d'aménagement rural, secteur du Vigan (Gard)*. CNABRL/DDA du Gard.
- CAPUTA J. (1969). — *Potentialités fourragères en zone de montagne*. Fourrages (38), 89-109.
- CHAPOT J.-Y. (1979). — *Contribution à l'étude de la productivité et de la qualité des prairies permanentes dans les vallées de Munster et de Lapoutroie-Orbey*. Mémoire DEA, ULP Strasbourg, 43 p.
- CHASSANY J.-P., SOUSSANA J.-F. (1983). — *Améliorations fourragères et économie d'énergie dans les systèmes pastoraux en garrigues*. Action Thématique Programmée. Rapport d'activité INRA-ENSAM-CEPE-CNRS.
- DAGET Ph., POISSONNET J. (1971). — *Une méthode d'analyse phytologique des prairies*. Critères d'application. Ann. Agron. 22(1), 5-41.
- DEDIEU B. (1984). — *L'élevage ovin sur parcours méditerranéens*. Adaptations et mutations des systèmes de production en Cévennes gardoises. Thèse de Docteur-Ingénieur, INA-PG/PIREN-CNRS.
- De MONTARD F.-X. (1983). — *Productivité herbagère des prés et des pacages*, in INRA, ouvrage collectif (1983 : La Margeride - La Montagne, les Hommes. Editions INRA publications, Versailles, pp. 457-473.
- DURU M., RELIER J.-P. (1982). — *Quelques déterminants de l'utilisation des surfaces pastorales dans les Pyrénées-centrales*. Exemple de la vallée du Mouron. Agronomie, 2(7), p. 599-609.
- FAVROT J.-C. (1981). — *Pour une approche raisonnée du drainage agricole en France*. La méthode des secteurs de référence. C.R. Acad. d'Agric., pp. 716-723.
- FRAPA P., GIORGIS S. (1982). — *Etude pour la réhabilitation des terrasses de culture en zone méditerranéenne française — Problématique*. Publication APARE Avignon - Ministère de l'Urbanisme et du Logement. Tome 1, 315 p.
- GRAS R. (1979). — *Problèmes d'échelle dans les recherches non sectorielles de niveau d'intégration élevé*. Groupe de recherches non sectorielles. Publ. INRA. Doc. interne, 42 p.
- GRAS R. (1981). — *Aperçu méthodologique sur l'étude in situ des relations plante-milieu-technique : l'enquête*. Groupe de recherches non sectorielles. Publ. INRA, Doc. interne, 83 p.

- GUERIN G. (1982). — *Contribution à l'élaboration d'un catalogue de références parcel-laires sylvo-pastorales pour valoriser les ressources naturelles des moyennes mon-tagnes méditerranéennes*. Rapport final, CEMAGREF, Montpellier.
- HALLAIRE V. (1980). — *L'évaluation des sols de prairie permanente*. Thèse de Docteur-Ingénieur. INA-PG, 196 p.
- HEDIN L., KERQUELEN K., de MONTARD F.-X. (1972). — *Ecologie de la prairie perma-nente française*. Edition Masson, Paris, 229 p.
- HINSINGER Ph. (1985). — *Etude des relations entre facteur du milieu et production herbagère des prairies en Cévennes gardoises*. Mém. DEA INRA-ENSA Montpellier, 53 p.
- INRA (1983): *La Margeride: La Montagne et les Hommes*. Ouvrage collectif. Publ. INRA, 786 p.
- MENIER D. (1985). — *Typologie des sols de Margeride. Etude des relations entre fac-teurs du milieu et comportement prairial*. Mémoire de DAA. INRA-ENSA Montpellier, 71 p.
- METTAUER H. (1978). — *Contribution à l'étude des potentialités climatiques du Massif Vosgien*. Ann. Agron. (29)6, 603-623.
- REBOTTIER R. (1957). — *Le climat pluviométrique des basses Cévennes*. Monographies de la Météo. Nat., 7, 28 p.
- ROUSVOAL D. (1973). — *Etude du climat thermique des Cévennes*. Mémoire de DEA - Ecologie végétale - USTL Montpellier.
- VIDAL Ph. (1982). — *Les pelouses de la Drôme - Caractéristiques floristiques - rela-tions avec les facteurs géo-pédologiques et physiographiques - essai de zonage en vue de leur aménagement*. Thèse de Doctorat de 3^e cycle en Ecologie - Faculté Saint-Jérôme - Aix-Marseille, 78 p.
- VOLLE M. (1985). — *Analyse des données 3^e édition*. Collection « Economie et statis-tique avancées ». Ed. Economica, 315 p.

ur l'Etude d