

# **Approche fonctionnelle de la diversité des systèmes d'élevage laitiers à l'Ile de la Réunion. Utilisation de l'AFM (Analyse Factorielle Multiple) comme aide à l'interprétation de la variabilité inter et intra groupe**

V. ALARY (1), S. MESSAD (1), E. TILLARD (2)

CIRAD-EMVT, Programme Productions Animales, Campus international de Baillarguet, TA 30/A, 34398 Montpellier Cedex 5.

CIRAD-EMVT, Programme Productions Animales, Station de Ligne-Paradis, 7 chemin de l'IRAT, Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre, Ile de la Réunion.

**RESUME** — L'analyse des données collectées dans les exploitations laitières enquêtées en vue de l'identification et de l'analyse de la diversité des modes de fonctionnement des exploitations a montré les difficultés d'interprétation par une simple Analyse des Correspondances Multiples. Une Analyse Factorielle Multiple sur le même jeu de données divisé en  $K$  tableaux reflétant chacun un thème structurel, fonctionnel ou économique a été menée. Elle a permis de mesurer les écarts entre chacun de ces  $K$  tableaux et un tableau moyen. Cette approche thématique des exploitations met en évidence les facteurs ou ensemble de variables fortement structurants des groupes d'exploitations.

# **Approach of the diversity of dairy farming system at the Reunion Island. MFA (Multiple Factorial Analysis) as an analysis tool of between and within variability group**

V. ALARY (1), S. MESSAD (1), E. TILLARD (2)

CIRAD-EMVT, Programme Productions Animales, Campus international de Baillarguet, TA 30/A, 34398 Montpellier Cedex 5.

CIRAD-EMVT, Programme Productions Animales, Station de Ligne-Paradis, 7 chemin de l'IRAT, Ligne Paradis, 97410 Saint-Pierre, Ile de la Réunion.

**SUMMARY** — The data analysis on the dairy farming systems at the Reunion Island has showed the complexity and difficulty to interpret the globality of the modalities with only an Multiple Correspondence Analysis. An Multiple Factorial Analysis on  $K$  tables (each table groups many variables which reflect a part of the functioning or situation of the farm) allows to approach and evaluate the deviations of each point relative to a theme (situation) to this average position on the factorial plan. This method opens large possibilities to analyse the similarities or deviations between farming systems and evaluate the contribution of the main factors.

## INTRODUCTION

A la demande de la coopérative laitière (SICA LAIT) et avec le concours de différents agents du développement (EDE, U-APF, centre de gestion), un projet de recherche et développement CIRAD-Pôle Elevage a été initié en 2000 pour approcher la viabilité et la solidité des systèmes d'exploitation laitiers à La Réunion dans un contexte de changement probable du système d'aide ou de changements techniques. Avant toute approche prospective d'analyse des effets de changements sur les systèmes d'exploitation, il est primordial d'identifier et caractériser les systèmes d'exploitation présents. Il s'agit donc de présenter et discuter l'approche méthodologique par l'Analyse Factorielle Multiple (AFM) et son intérêt pour analyser la diversité des systèmes d'exploitation et les relations ou cohérences ou divergences entre les différentes dimensions de l'exploitation qu'elles soient d'ordre structurelle, technique et socio-économique.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Une analyse typologique séparée des données socio-structurelles et des données économiques collectées en 2000 sur 32 exploitations laitières nous permet d'identifier des groupes d'exploitations laitières avec un ensemble de variables de type socio-structurelle, technique et économique (C. Taché, 2001). Les difficultés d'interprétation des résultats nous ont conduit à travailler sur des groupes de modalités, appelés thèmes. Les thèmes choisis reflètent 1) les caractéristiques socio-culturelles du ménage et les dotations en facteur de production à l'échelle de l'exploitation, 2) les modes de fonctionnement des différents systèmes d'exploitation, 3) les résultats économiques qui traduisent un degré de rentabilité à court terme ou de solidité à long terme. Le tableau 1 retrace les principaux thèmes et leurs composantes.

**Tableau 1**  
Structuration en thèmes  
des informations collectées sur les exploitations

Thèmes	Composantes
<b>Structure et fonctionnement des exploitations</b>	
Capital de l'exploitation	Social, foncier, cheptel, Aides à l'investissement
Système fourrager	Allocation de la terre, mode de récolte
Conduite du cheptel	Structure, chargement, production, Alimentation
Contraintes	Zones, ressources fourragères, main d'œuvre
Transactions	Fourrages, lait, animaux
Historique de l'exploitation	Caractéristiques du chef d'exploitation, histoire de l'exploitation
Projets et autres activités	Souhait familial et professionnel
<b>Résultats économiques</b>	
Budget	Charges, subventions, trésorerie
Charges d'alimentation	Structure des charges d'alimentation
Résultats	Marge brute, EBE, VA, productivité
Bilan	Structure actif/passif
Endettement	Structure des emprunts, dépendance financière

L'Analyse Factorielle Multiple (AFM) fait partie des méthodes factorielles multi-tableaux. Elle permet de mettre en évidence les relations existant entre les différents thèmes, donc entre les variables regroupées en blocs, en recherchant les facteurs communs de différenciation des individus statistiques, que sont les exploitations. Le principal résultat de l'AFM est donc un plan commun de représentation des variables et des individus dit plan moyen. Ce modèle commun aux différents thèmes est le résultat d'une double optimisation : l'AFM calcule des facteurs qui synthétisent au mieux les corrélations entre toutes les modalités quelque soit leur thème tout en étant des éléments de différenciation importants entre les individus.

Cette recherche peut se subdiviser en deux sous-analyses : (i) une analyse globale (interstructure) qui aide à identifier

les proximités et éloignements entre tableaux sans aller dans le détail des éléments qui les différencient, (ii) une analyse fine (intrastructure) qui fournit des éléments d'explication des différences et ressemblances entre tableaux.

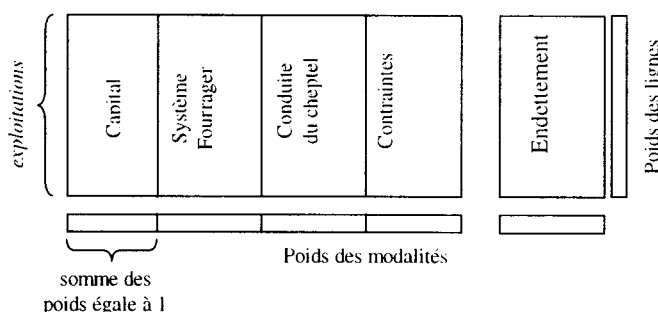
Nous ne détaillerons pas les aspects théoriques de la méthode qui ont par ailleurs fait l'objet de nombreux travaux de recherche (Escofier & Pagès, 1983, 1984., 1998 ; Lebart *et al.*, 1993 ; GERI, 1996). Nous nous limiterons à une présentation simplifiée du principe et de la démarche analytique de l'AFM.

La structure des tableaux multiples est celle que l'on rencontre en pratique dans les enquêtes. Il s'agit d'un tableau  $X$  à  $I$  individus et  $p$  variables résultant de la juxtaposition de  $K$  tableaux à  $m_k$  variables tels que :

$$X = (X_1, \dots, X_k, \dots, X_K) \text{ et } p = m_1 + \dots + m_k + \dots + m_K$$

A chaque bloc  $k$  de questions (ou thème) correspond un tableau décrivant les mêmes individus à des instants ou dans des contextes différents (Lebart *et al.*, 1993). Plus concrètement, le tableau initial qui décrit les réponses des 32 éleveurs aux questions relatives à chacun des 12 thèmes est transformé en tableau disjonctif complet où les exploitations sont en lignes et les colonnes correspondent désormais aux modalités de réponses aux questions (figure 1). Les lignes sont équipondérées tandis que l'on associe à chaque colonne un poids égal à (avec  $I_k$  : nombre d'individus possédant la modalité  $k$  et  $I$  : nombre d'individus total) dont la somme par tableau est ramenée à l'unité. Ceci vise à équilibrer l'influence de chacun des tableaux.

**Figure 1**  
Structure du  $K$  tableaux  
et pondérations associées soumises à l'AFM



Le poids d'un groupe de variables se mesure à l'aide de la valeur de l'inertie. Le nombre de variables et l'intensité de leurs relations expliquent les différences d'inertie entre tableaux. L'analyse factorielle d'un tableau fournit un indicateur qui synthétise cette structuration des relations entre variables : la première valeur propre. En attribuant à chacune des variables un poids inversement proportionnel à la première valeur propre de l'analyse factorielle partielle du groupe auquel elle appartient, l'AFM tente d'équilibrer le poids de chacun des thèmes dans la construction de facteurs communs de différenciation des exploitations. Concrètement, chaque groupe de variable voit son inertie ramenée à une même échelle : l'unité, sans changement de la répartition de l'inertie entre les axes factoriels (Chessel *et al.*, 1996). L'AFM opère ainsi grâce à cette pondération à l'analyse simultanée des structures de relations entre variables pour chacun des thèmes sans que l'un ne prenne le pas sur l'autre. Les étapes d'analyses notamment graphiques sont tributaires des possibilités offertes par le logiciel d'analyse de données. Tous les calculs et les représentations graphiques ont été réalisés à l'aide du logiciel ADE-4 (Thioulouse *et al.*, 1997).

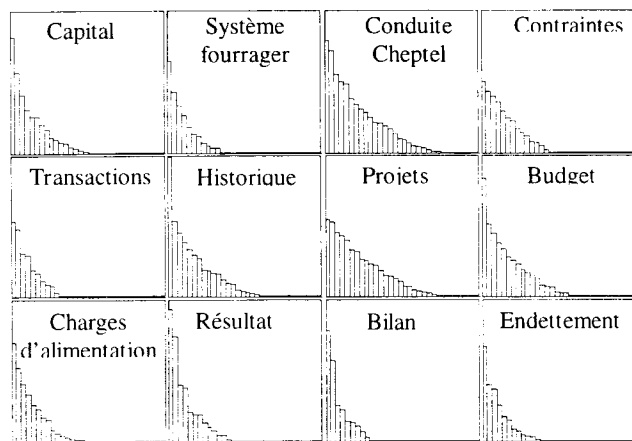
## 2. RÉSULTATS

### 2.1 ÉTAPE PRÉLIMINAIRE : ANALYSES SÉPARÉES

Chacun des 12 tableaux fait l'objet séparément d'une analyse des correspondances multiples (ACM) en vue d'identifier les thèmes fortement structurants de la population étudiée (Figure 2). On parle de fortes structures lorsqu'une part importante de la variabilité du thème est projetée sur un

nombre limité de facteurs. D'ores et déjà, il apparaît de fortes structures pour les thèmes « Capital » (ressources initiales en travail, cheptel et foncier), « Transaction », « Budget » et « Résultat » et dans une moindre mesure pour les thèmes « Conduite cheptel » et « Bilan » sur le plan factoriel 1-2. On note peu de différenciation de notre population à travers les modalités reflétant les problèmes fourrages (« Contraintes »), les caractéristiques sociales et historiques de l'exploitation (« Historique » et « Endettement »).

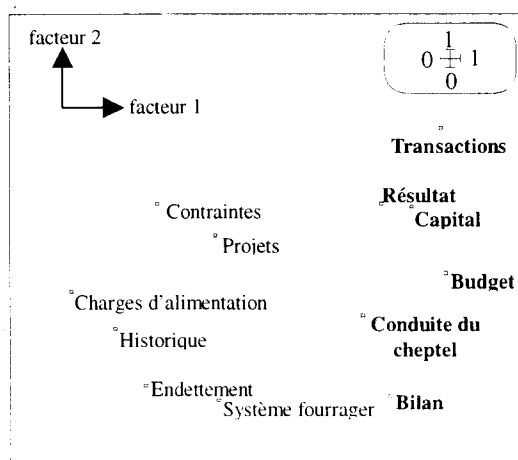
**Figure 2**  
Diagramme des valeurs propres des 12 ACM séparées



## 2.2 LA REPRÉSENTATION GLOBALE DES THÈMES : INTERSTRUCTURE

L'analyse conjointe des 12 thèmes (ou tableaux) par l'AFM permet d'affiner l'analyse et d'apprécier la contribution de chaque thème à la construction du plan factoriel commun. L'analyse de l'interstructure est la comparaison globale des tableaux, c'est à dire la réalisation d'une typologie des thèmes. Cette comparaison s'effectue via un système d'axes communs à l'ensemble des variables. Les coordonnées d'un thème s'interprètent en terme de liaison globale des variables de ce thème avec les facteurs communs à l'ensemble des variables des 12 thèmes. On peut aussi interpréter les proximités des points en terme de ressemblance ou de forte corrélation entre thèmes.

**Figure 3**  
Représentation des thèmes sur le plan 1-2 de l'interstructure de l'AFM. En gras, les thèmes les plus contributifs aux facteurs communs



Non seulement l'analyse de l'interstructure (figure 3) confirme une forte différenciation des exploitations selon des « variables de taille » (contenues dans les thèmes tels que le « capital », les « transactions », le « budget », etc.) mais elle permet aussi de déceler des liens étroits entre « capital » et les « résultats » ou encore entre « système fourrager » et « endettement ». En effet si la plupart des exploitations ont

pu bénéficier d'aides à la capitalisation en matière de cheptel, les modes d'exploitation du foncier varient selon le degré de mécanisation, et donc un accès important aux emprunts. Notons aussi les liens étroits entre les « conduites de cheptel », et notamment le niveau de renouvellement, avec les variables du « budget » qui incorporent les subventions.

## 2.3 LA REPRÉSENTATION SIMULTANÉE DES TABLEAUX

Il est possible aussi d'identifier les modalités clés de différenciation de la population en représentant leurs proximités sur les facteurs communs calculés par l'AFM (Figure non représentée). Ainsi il apparaît sur l'axe 1 une forte opposition entre les grandes exploitations laitières de plus de 55 vaches laitières sur au moins 15 ha de cultures fourragères et les petites exploitations de moins de 20 vaches laitières sur moins de 5 ha. On peut parler d'effet de taille entre des structures en GAEC qui comptent plus de 3 actifs agricoles et les petites structures individuelles qui comptent parfois un seul actif. L'axe 2 oppose les exploitations de taille moyenne entre 20 et 35 vaches laitières sur des surfaces de 5 à 15 ha que l'on retrouve dans les Hauts de l'Ouest et la plaine des Grègues, les Lianes et St Pierre aux petites exploitations de moins de 20 vaches présentes qui se développent pour partie à la Plaine des Cafres. Les premières sont installées depuis 15 à 20 ans alors que les secondes sont de jeunes structures de moins de 5 ans d'âge. Ces deux types d'exploitation se distinguent aussi par le mode d'affouragement dominant (poids des concentrés dans la ration moyenne). Ainsi les charges alimentaires s'élèvent à près de 8 500 F/Vache pour les plus petites structures contre moins de 6 500 F pour les plus anciennes.

Dès lors le premier plan factoriel de l'AFM nous permet de différencier notre population enquêtée en fonction de facteurs structurels, de modes de conduite et des résultats économiques.

## 2.4 ANALYSE DE L'INTRASTRUCTURE

L'AFM peut être vue comme une analyse inter-classes (Chessel *et al.*, 1996 ; Chessel *et al.*, 1997) : 1) une classe étant définie par une exploitation (représentée par un carré, qui est son point moyen sur le plan factoriel commun) et 2) les éléments de la classe par les différents thèmes qui caractérisent cet élevage (chaque flèche représente l'élevage vu par un thème donné sur le plan moyen). Cette représentation permet une analyse fine des structures communes aux différents thèmes (figure 5).

On retrouve, sur le premier plan factoriel commun, le rôle fortement structurant des thèmes liés au « capital » et « résultat » d'exploitation. La disposition triangulaire des individus permet d'identifier et de caractériser 3 groupes d'exploitations : deux qui se différencient sur l'axe 1 en fonction de leur structure, et qui enregistrent des écarts notables en terme de flux monétaires que ce soit au niveau des charges que des résultats d'exploitation ; un troisième groupe se différencie sur l'axe 2 de part ces résultats économiques (bonne rentabilité brute d'exploitation) et sa gestion prudente de trésorerie. Les fortes ressemblances sur le plan « Historique » permet d'identifier un groupe d'anciennes structures, qui soit par expérience soit en raison des difficultés physiques du milieu ont acquis une gestion prudente de leur exploitation.

Pour deux exploitations proches sur le plan factoriels communs (représentés par le carré) et proche pour un thème donnée, on peut aussi analyser de fortes divergences sur d'autres thèmes. Ainsi cette analyse permet d'étudier la variabilité des situations sur un thème donné pour des exploitations ayant une forte ressemblance globale (structure commune proche).

## 3. DISCUSSION ET DÉVELOPPEMENT

Si cette structuration de notre population peut paraître peu originale à première vue (les grandes structures enregistrent les flux monétaires les plus importants, les plus anciennes structures en voie de cession ont une gestion plus prudente ou modérée, etc.), elle fait apparaître le rôle peu structurant

des charges d'alimentation, des systèmes fourragers comme des contraintes liées (contraintes géographiques locales, degré d'autonomie fourragère) dans la constitution des groupes. Or les modes d'affouragement (combinaison des systèmes fourragers, du recours aux concentrés et du degré d'autonomie fourragère) sont bien souvent cités comme facteurs contraignants et expliqueraient l'importance des charges opérationnelles, et par voie de conséquence les résultats d'exploitation différenciés. Plusieurs hypothèses peuvent être émises :

- Les thèmes relatifs aux systèmes fourragers, aux contraintes géographiques et au degré d'autonomie fourragère seraient partagés par l'ensemble de la population. Pourtant, les micros climats réunionnais ont été bien souvent analysés comme facteurs de différenciation des systèmes et difficultés d'élevage ;
- On pourrait également penser à une quasi-individualisation des problèmes fourragers en fonction de la contrainte foncière, du cheptel et de la zone qui rend difficile toute comparaison ou regroupement ;
- Ces thèmes peuvent aussi participer à une typologie de notre population indépendante de la précédente ;
- Il peut s'agir aussi d'un problème de codification des informations relevées au cours de l'enquête.

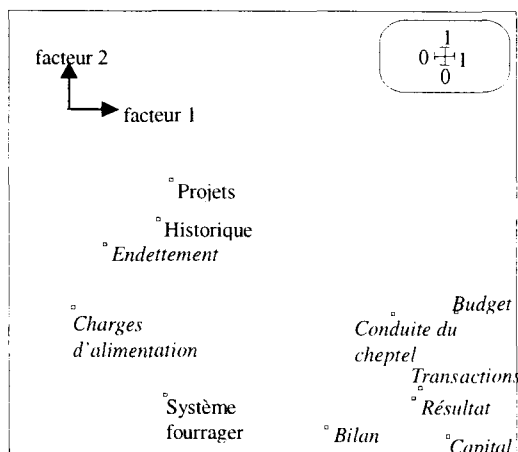
Au final, l'absence de toute signification de ces thèmes peut nous amener à rediscuter des questions formulées dans le questionnaire pour approcher ces thèmes.

Dans un premier temps, une AFM a été réalisée sur les tableaux de données mixtes c'est-à-dire des tableaux de données quantitatives et qualitatives sans qu'il y ait eu aucun codage des variables (Escofier, B., Pagès, J., 1986 ; GERI, 1996). Les blocs de variables quantitatives et qualitatives font l'objet d'une analyse préliminaire séparée, respectivement une analyse en composantes principales (ACP) et une analyse des correspondances multiples (ACM). La représentation des thèmes<sup>1</sup> sur le plan de l'interstructure

<sup>1</sup> La plupart des variables du thème " Contraintes " étaient très liées au mode de gestion des fourrages. Elles ont été intégrées au thème " Système fourrager " du tableau mixte qui ne comporte plus que 11 thèmes.

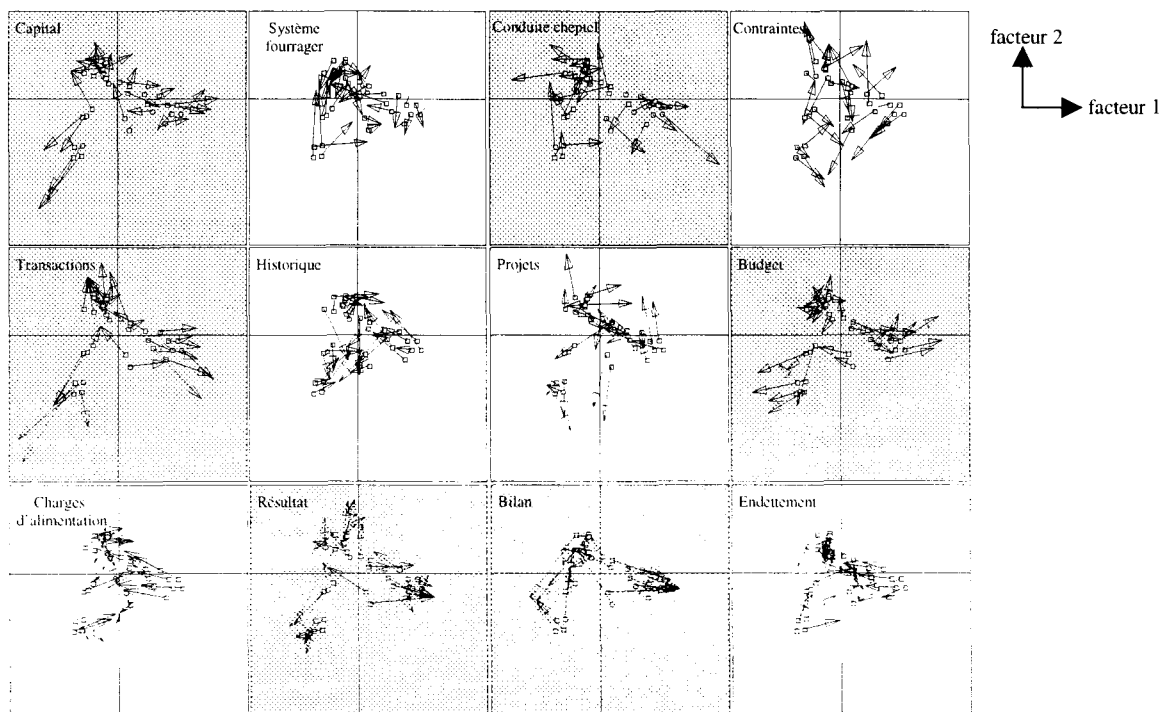
de l'AFM nous conduit à écarter l'hypothèse de problèmes liés à la codification (figure 6). L'interstructure étant en effet sensiblement la même que celle de l'analyse sur variables qualitatives (figure 3).

**Figure 6**  
Représentation des thèmes sur le plan 1-2 de l'interstructure de l'AFM sur tableau mixte.  
En italique, les thèmes avec variables quantitatives

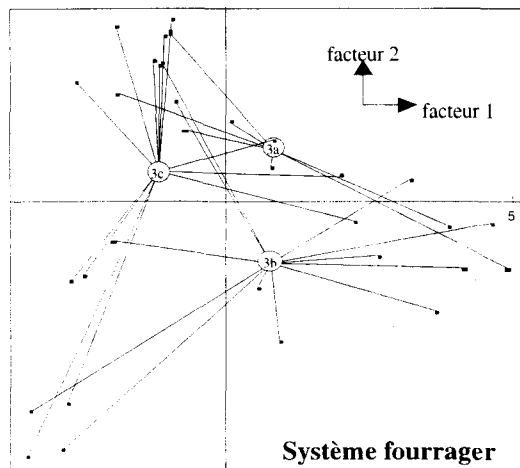


Enfin, la projection sur le plan moyen des centres de gravité de la partition obtenue après une classification des élevages sur le thème « Système fourrager » révèle l'existence d'une forte variabilité intra groupe (figure 7). Des exploitations proches sur le plan factoriel commun ont une forte variabilité au niveau des systèmes fourragers. Ceci confirme le rôle peu structurant de ce thème dans la construction du plan commun. Et l'on peut conclure à une certaine indépendance entre système fourrager et structure et résultats économiques ou encore entre système fourrager et rentabilité et solidité d'exploitation.

**Figure 5**  
Analyse de l'intrastructure : représentation des écarts entre élevages moyens et les même élevages vus selon les différents thèmes (extrémité de la flèche, projection en élément supplémentaire) sur le plan factoriel moyen 1-2.  
En grisé, les thèmes les plus contributifs au plan factoriel commun



**Figure 7**  
**Représentation des centres de gravité de la partition obtenue après une classification des élevages sur le thème « Systèmes fourrager » sur le plan 1-2 moyen de l'AFM sur tableau qualitatif. La connexion des élevages d'une même classe avec un segment (diagramme en étoiles) permet de représenter la variabilité intra-type**



a Pâturage kikuyu (grande surface), pas de parcelle de fauche, ensilage maïs  
 b Pâturage et parcelles de fauche – graminées tempérées (EBR)  
 c Parcelles en fauche, chloris et divers

## CONCLUSION

Cette première analyse par l'AFM permet d'approcher la complexité et la diversité des exploitations réunionnaises au travers de l'analyse inter et intra structure. Des facteurs communs de différenciation des élevages sont mis en évidence de façon optimale, pour apprécier les divergences ou ressemblances entre thèmes qui caractérisent un même élevage.

D'un côté pratique, elle permet aussi d'identifier les variables clés de fonctionnement, qui peuvent être la base d'un suivi technico-économique.

**Chessel, D., Thioulouse J., Dolédec S., Olivier J.M., 1996.** Fiches modules V : K-Tableaux. Documentation de la programmation ADE-4 « Analyses multivariées et expression graphique des données environnementales ». Université Lyon I. <ftp://pbil.univ-lyon1.fr/pub/mac/ADE/ADE4/DocModPDF/KTA-MFA.pdf>. 28 p.

**Chessel, D., Thioulouse J., Dolédec S., Olivier J.M., 1997.** L'analyse factorielle multiple. Documentation de la programmation ADE-4 « Analyses multivariées et expression graphique des données environnementales ». Université Lyon I. <ftp://pbil.univ-lyon1.fr/pub/mac/ADE/ADE4/DocThemPDF/Thema53.pdf>. 27 p.

**Escofier, B., Pagès J., 1983.** Méthodes pour l'analyse de plusieurs groupes de variables. Application à la caractérisation des vins rouges du Val de Loire. *Revue de Statistique Appliquée*, 31(2), p 43-59.

**Escofier, B., Pagès J., 1984.** L'analyse factorielle multiple : une méthode de comparaison de groupes de variables. In : *Data Analysis and Informatics III*. Diday, E. & Coll. (Eds) Elsevier, North-Holland. 41-55.

**Escofier, B., Pagès J., 1986.** Le traitement des variables qualitatives et des tableaux mixtes par analyse factorielle multiple. In : *Data Analysis and Informatics IV*. Diday, E. & Coll. (Eds.) Elsevier, North-Holland. 179-191.

**Escofier, B., Pagès J., 1998.** Analyses factorielles simples et multiples, Objectifs, méthodes et interprétation. 3<sup>e</sup> édition, Dunod, Paris.

**GERI (Groupe d'Etude et de Réflexion Interrégional), 1996.** L'analyse des données évolutives, méthodes et applications. Technip, Paris

**Landais E., 1996.** Typologies d'exploitations agricoles – Nouvelles questions, nouvelles méthodes. *Economie Rurale* N° 236, Nov – Dec 1996. 3-15.

**Lebart L., Morineau A., Piron M., 1993.** Statistique exploratoire multidimensionnelle. Dunod, Paris.

**Taché C., 2001.** Diagnostic des exploitations laitières de l'Ile de la Réunion. Mémoire de fin d'études. ISTOM. 96 p + annexes.

**Thioulouse J., Chessel D., Dolédec S., Olivier J.M., 1997.** ADE-4 : a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing*, 7, 75-83.

