

CENTRE D'ADIOPODOUME

Laboratoire d'Agronomie

PROGRAMME MULTILocal D'ETUDE DES INTERACTIONS
SOL-PLANTES FOURRAGERES EN MILIEU TROPICAL HUMIDE

Analyses de variance par Station des résultats obtenus sur
Panicum maximum, Cynodon aethiopicus, Stylosanthes guyanensis,
Centrosema pubescens soumis à deux rythmes de fauche et deux
fertilisations combinés factoriellement
(Essai Factoriel 2^4 à deux répétitions)

par

B. BONZON, C. FILLONNEAU, J. DEJARDIN, M. GERI

TABLE DES MATIERES

<u>INTRODUCTION</u>	1
1 - <u>RAPPELS DU DISPOSITIF DE BASE ET DES DIFFERENTES PHASES DE L'ETUDE</u>	2
- Chronologie des différentes opérations effectuées sur les trois stations d'Adiopodoumé, Bouaké et Gagnoa	
2 - <u>RAPPEL DES OBJECTIFS DES ANALYSES DE VARIANCE</u>	3
3 - <u>ANALYSE DE VARIANCE RELATIVE AUX TESTS D'HOMOGENEITE INITIALE ET AUX CAMPAGNES D'ETUDE DE LA PHASE FOURRAGERE CONSIDEREES INDIVIDUELLEMENT</u>	4
4 - <u>ANALYSE DE VARIANCE RELATIVE A UN ENSEMBLE DONNE DE CAMPAGNES D'ETUDES DE LA PHASE FOURRAGERE</u>	5
5 - <u>ANALYSE DE VARIANCE RELATIVE A UN ENSEMBLE COMPLET D'ANNEES D'ETUDE</u>	7
6 - <u>ANALYSE DE VARIANCE RELATIVE AUX TESTS D'HOMOGENEITE FINALE</u>	8
7 - <u>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</u>	9
<u>DOCUMENTATION</u>	10

Ce document présente dans le détail les analyses de variance devant être appliquées aux résultats de l'étude sur les trois stations d'Adiopodoumé, Bouaké et Gagnoa des effets et des arrière -effets sur différentes caractéristiques "sol" et "plante" de cultures de Panicum maximum G 23, Cynodon aethiopicus, Stylosanthes guyanensis et Centrosema pubescens soumises à deux rythmes de fauche et deux fertilisations différentiels combinés factoriellement.

Il fait suite au document intitulé "Programme multi-local d'étude des interactions sol-plantes fourragères en milieu tropical humide. Organisation générale de l'interprétation statistique" (B. BONZON, J. DEJARDIN, C. FILLONNEAU, M. GERI, 1973).

Son but est double :

- 1°) - expliciter les hypothèses de base de l'interprétation statistique ;
- 2°) - Faciliter l'écriture du programme de calcul.

**CHRONOLOGIE DES PRINCIPALES OPERATIONS EFFECTUEES SUR LES TROIS STATIONS D'ADIOPODOUME,
BOUAKE ET GAGNOA**

PHASES - OPERATIONS	ADIOPODOUME		BOUAKE		GAGNOA	
	N° de campagne*	Date	N° de campagne	Date	N° de campagne	Date
PRE-CULTURE DE MAÏS						
Caractérisation de l'état initial du milieu (fin de la préculture de maïs, début de la phase fourragère)	67.2	Août 67	67.2	Août 67	67.2	Août 67
PHASE FOURRAGERE						
1ère campagne d'étude	68.1	04/04/68	68.2	01/09/68	68.1	25/03/68
2ème " "	68.2	12/08/68	68.3	06/11/68	68.2	22/07/68
3ème " "	68.3	11/12/68	69.1	02/05/69	68.3	25/11/68
4ème " "	69.1	08/04/69	69.2	10/08/69	69.1	21/04/69
5ème " "	69.2	18/08/69	69.3	22/10/69	69.2	21/07/69
6ème " "	69.3	12/12/69	70.1	05/05/70	69.3	24/11/69
7ème " "	70.1	20/04/70	70.2	11/08/70	70.1	06/04/70
8ème " "	70.2	01/09/70	70.3	16/10/70	70.2	20/07/70
9ème " "	70.3	14/12/70	71.1	24/03/71	70.3	03/12/70
10ème " "	71.1	19/04/71			71.1	02/03/71
11ème " "	71.2	09/08/71				
12ème " "	71.3	04/12/71				
13ème " "	72.1	10/04/72				
POST-CULTURES DE MAÏS						
1ère campagne post-culturale	72.2	Juin 72	71.2	Juin 71	71.2	Juillet 71
2ème " "	72.3	Décembre 72	71.3	Décembre 71	71.3	Décembre 71
3ème " "	73.2	Juillet 73	72.2	Juillet 72	72.2	Juillet 72

* Les deux premiers chiffres des numéros de campagne indiquent l'année (68 pour 1968, 69 pour 1969, etc...), le troisième, la saison à la fin de laquelle a eu lieu la campagne (1 = fin de la grande saison sèche ; 2 = fin de la grande saison des pluies ; 3 = fin de la petite saison des pluies).

1 - RAPPELS DU DISPOSITIF DE BASE ET DES DIFFERENTES PHASES
DE L'ETUDE

Le dispositif de base sur lequel repose l'étude est du type factoriel 2^4 à deux répétitions entièrement randomisées, dont les facteurs contrôlés sont les suivants :

- un facteur "famille botanique" : graminée, légumineuse;
- un facteur "port de la plante" : dressé, rampant ou stolonifère;
- un facteur "rythme de fauche" : "lent", "normal" ;
- un facteur "fertilisation" : sans, avec.

L'expérimentation comporte trois phases culturales :

- une préculture de maïs utilisée comme test d'homogénéité initiale, non fertilisée ;
- une phase fourragère de trois à quatre années et demi ;
- trois post-cultures successives de maïs, soumises à un traitement subsidiaire de fertilisation (sans, avec), utilisées comme tests d'homogénéité finale.

L'état des différents systèmes sol-plante mis en comparaison est étudié trois fois par an, à la fin de chacune des trois "saisons" suivantes :

- fin de la grande saison sèche ;
- fin de la grande saison des pluies ;
- fin de l'ensemble "petite saison sèche + petite saison des pluies".

Les précultures et première et troisième post-cultures de maïs correspondent à la période allant de la fin de la grande saison sèche à la fin de la grande saison des pluies, la deuxième post-culture, à la période allant de la fin de la grande saison des pluies à la fin de la petite saison des pluies.

La chronologie générale des principales opérations effectuées sur les trois expérimentations d'Adiopodoumé, Bouaké et Gagnoa est indiquée dans le tableau ci-contre.

2 - RAPPELS DES OBJECTIFS DES ANALYSES DE VARIANCE.

Ainsi qu'il a été déjà indiqué dans le document "Organisation Générale de l'Interprétation Statistique" cité plus haut, quatre modèles linéaires de décomposition des effets des traitements doivent être envisagés selon que l'on désire tester l'influence des facteurs contrôlés :

- à un instant t donné de la phase fourragère ou de la pré-culture de maïs ;
- à un instant t donné des post-cultures de maïs^{*},
- sur l'ensemble des campagnes d'étude de la phase fourragère,
- sur un ensemble complet d'années et saisons de cette même phase.

En effet :

1°)- le facteur "fertilisation subsidiaire" des post-cultures de maïs n'intervient au cours ni de la pré-culture de maïs, ni de la phase fourragère ;

2°)- les facteurs "dates", ou bien "années" et "saisons"^{**}, ne sont pas applicables à tous les paramètres étudiés (production fourragère cumulée par exemple) et supposent théoriquement, par ailleurs, l'indépendance des campagnes d'étude les unes par rapport aux autres.

L'étude ultérieure des relations générales existant, ou susceptibles d'exister, entre les caractéristiques étudiées nécessite, d'autre part, le calcul systématique des résidus d'ajustement des modèles, afin de pouvoir effectuer des "correlations résiduelles" sur ces termes.

* Le modèle relatif à cette analyse de variance est, en fait, identique à celui concernant l'analyse de variance sur l'ensemble des campagnes d'étude de la phase fourragère (2^4 à blocs subdivisés).

** Si k_c représente le nombre total de campagnes d'étude de la phase fourragère, k_a le nombre d'années, k_s le nombre de saisons de cette phase, k_c est en général (pour deux des trois stations) différent du produit $k_a \times k_s$, ce qui rend nécessaire cette subdivision de l'analyse de variance en "analyse sur l'ensemble des campagnes" et "analyse par années et saisons".

3 - ANALYSE DE VARIANCE RELATIVE AUX TESTS D'HOMOGENEITE INITIALE
ET AUX CAMPAGNES D'ETUDE DE LA PHASE FOURRAGERE CONSIDEREES
INDIVIDUELLEMENT.

L'ensemble des indications nécessaires à la compréhension et à l'exécution des calculs de l'analyse de variance des données relatives aux tests d'homogénéité initiale et aux campagnes d'étude de la phase fourragère sont regroupées dans le tableau 1 en annexe.

On trouve successivement sur ce tableau :

1°)- sous le titre : le modèle linéaire de décomposition des effets des traitements applicable à ces données ;

2°)- en colonne 1 : la liste des facteurs de variation contrôlés pris en considération dans l'analyse de variance ;

3°)- en colonnes 2 et 4: les symboles et formules de calcul des moyennes des traitements correspondant aux facteurs contrôlés ; et en colonne 3: le nombre de variantes des moyennes ;

4°)- en colonnes 5, 6 et 7: les symboles, significations (définitions) et formules de calcul des termes du modèle, c'est à dire des effets des traitements ;

5°)- en colonne 9 : les variances estimées (carrés moyens) des effets des traitements ;

6°)- en colonne 12 : les modalités d'exécution des tests F de signification de ces effets à partir de l'estimation de la variance des données (carré moyen résiduel) ;

7°)- en colonne 13 : des indications générales sur les conditions d'application du test de NEWMAN et KEULS aux moyennes des variantes des traitements significatifs.

Remarques

L'indice (t) n'est là que pour indiquer que ces données sont relatives à la t^{ième} campagne c_t.

Du type 2ⁿ, ce dispositif expérimental est tel que sommes des carrés des écarts et carrés moyens sont égaux, pour chaque traitement, résidu excepté.

4 - ANALYSE DE VARIANCE RELATIVE A UN ENSEMBLE DONNE DE CAMPAGNES
D'ETUDE DE LA PHASE FOURRAGERE.

L'ensemble des formules nécessaires à la compréhension et à l'exécution des calculs de ce type d'analyse de variance sont regroupés dans le tableau II en annexe.

On trouve successivement sur ce tableau :

1°)- sous le titre : le modèle linéaire de décomposition des effets des traitements applicable aux données de cet ensemble de campagnes. Ce modèle est du type de celui des expérimentations à "blocs subdivisés", le facteur subsidiaire étant ici le facteur "campagne d'étude" ;

2°)- en colonne 1 : la liste des facteurs de variation contrôlés pris en considération dans l'analyse de variance. Ces facteurs sont ceux de l'analyse de variance campagne par campagne, plus le facteur subsidiaire et les interactions entre ce facteur subsidiaire et les facteurs de l'analyse par campagne ;

3°)- en colonnes 2 et 4 : les symboles et formules de calcul des moyennes des traitements correspondant aux facteurs contrôlés ;

4°)- en colonne 3 : le nombre de variantes des moyennes de chaque facteur (nombre de niveaux) ;

5°)- en colonne 5 : les relations entre les moyennes des traitements de l'analyse sur l'ensemble des campagnes et celles des traitements correspondants de l'analyse campagne par campagne appliquée au même ensemble de campagnes ;

6°)- en colonnes 6, 7 et 8 : les symboles, significations (définitions) et formules de calcul des termes du modèle, c'est à dire des effets des traitements ;

7°)- en colonne 9 : les relations entre les termes du modèle de l'analyse de variance sur l'ensemble des campagnes et ceux du modèle de l'analyse de variance campagne par campagne appliquée au même ensemble de campagnes ;

8°)- en colonne 10 : les variances estimées (carrés moyens) des effets des traitements ;

9°)- en colonne 11 : les relations entre les variances estimées des termes du modèle de l'analyse sur l'ensemble des campagnes et celles des termes du modèle de l'analyse campagne par campagne appliquée au même ensemble de campagnes ;

10°)- en colonne 12 : le nombre de degrés de liberté des carrés moyens des traitements ;

11°)- en colonnes 13 et 14 : les numéros d'ordre des carrés moyens et les tests F qui leurs sont applicables ;

12°)- en colonne 15 : les conditions d'application du test de NEWMAN et KEULS de comparaison des moyennes.

Remarques

Ce type d'analyse sera appliqué à des ensembles homogènes de campagnes d'étude définis pour chaque paramètre par les indices des campagnes d'étude de l'ensemble correspondant.

Le nombre de ces campagnes est variable.

L'analyse de variance d'un paramètre donné sur un ensemble de campagnes sera précédée des analyses de variance de ce paramètre campagne par campagne.

Pour certains paramètres cet ensemble pourra comprendre la campagne d'étude relative à la fin de la préculture de maïs.

5 - ANALYSE DE VARIANCE RELATIVE A UN ENSEMBLE COMPLET D'ANNEES
D'ETUDE.

L'ensemble des indications nécessaires à la compréhension et à l'exécution des calculs de ce type d'analyse de variance sont regroupées dans le tableau III en annexe.

Ces indications sont très comparables à celles figurant sur le tableau II (cf. également le paragraphe 4 ci-dessus).

Seules diffèrent d'un modèle à l'autre, et par conséquent d'un tableau à l'autre, les termes des modèles et les calculs y afférant.

Remarques

Ce type d'analyse sera appliqué à des ensembles homogènes de campagnes d'étude constituant des ensembles complets d'années d'étude. Ces ensembles seront définis, pour chaque paramètre analysé, par les indices des campagnes d'étude les composant. Il y aura trois années d'étude sur les stations de Bouaké et Gagnoa, quatre sur celle d'Adiopodoumé.

L'analyse de variance par année et saison suivra les analyses de variance campagne par campagne et sur l'ensemble des campagnes.

Dans le cas où l'ensemble des campagnes d'étude de la phase fourragère constitue un ensemble complet d'années, un certain nombre des termes des deux modèles sont égaux, de même que leurs nombres de degrés de liberté. Il en est ainsi plus précisément :

1°)- des effets et des interactions de premier et second ordre des facteurs principaux "famille", "port", "rythme", "fertilisation" et "bloc", ainsi que de leurs termes résiduels correspondant ;

2°)- des termes résiduels relatifs aux facteurs subsidiaires et de ceux relatifs aux interactions entre ces facteurs et les facteurs principaux.

Il en résulte que les carrés moyens de ces termes sont eux aussi égaux.

6 - ANALYSE DE VARIANCE RELATIVE AUX TESTS D'HOMOGENEITE FINALE.

Le modèle linéaire de l'analyse de variance relative aux tests d'homogénéité finale est identique à celui de l'analyse de variance relative à un ensemble donné de campagnes d'étude de la phase fourragère : le dispositif expérimental est, on peut être considéré comme, un essai factoriel 2^4 à blocs subdivisés,

- soit sur la fertilisation (cas présent; nombre de niveaux du traitement subsidiaire : 2),

- soit sur le temps (cas de l'analyse de variance relative à un ensemble donné de campagnes d'étude de la phase fourragère ; nombre de niveaux : $n = 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 13, 14$).

Les informations contenues dans le tableau 2 doivent donc, pour ce cas particulier, être interprétées de la façon suivante :

1°)- titre : il faudrait le remplacer par l'expression "éléments de l'analyse de variance relative aux tests d'homogénéité finale";

2°)- indice du traitement subsidiaire "t" : il ne s'agit plus de l'indice de campagne, mais de l'indice de la "fertilisation subsidiaire" (pour une campagne "post-culturale" donnée - cf. le tableau ci-dessous -, t est le sixième chiffre de l'indice de traitement : $t = 1$ ou 2) ;

Indices de campagne des tests d'homogénéité finale (campagnes post-culturelles).

Stations	1ère post-culture	2ème post-culture	3ème post-culture
Adiopodoumé	72-2	72-3	73-2
Bouaké	71-2	71-3	72-2
Gagnoa	71-2	71-3	72-2

3°)- terme "campagne" : il faudrait le remplacer partout dans le tableau 2 par le terme "fertilisation subsidiaire";

4°)- correspondances entre les analyses "par campagne" et "sur l'ensemble des campagnes" : ces informations n'ont évidemment plus de sens lorsqu'il s'agit des tests d'homogénéité finale.

7 - CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.

Les analyses de variance présentées dans ce document ont ainsi deux objectifs :

- l'estimation et la signification de l'influence sur les principales caractéristiques sol et plante d'un agro-système fourrager des principaux facteurs de variation contrôlables de cet agro-système, les facteurs "famille botanique", "port de la plante", "rythme d'exploitation", "fertilisation" ;

- l'estimation des valeurs de ces caractéristiques abstraction faite de l'influence des facteurs de variation contrôlés.

Si le premier objectif constitue une fin en soi de l'analyse statistique, le second par contre, n'est qu'une étape intermédiaire de l'analyse des résultats* : l'estimation des valeurs résiduelles des caractéristiques analysées doit permettre, en effet,

- tout d'abord, de vérifier (approximativement) la normalité des distributions de ces caractéristiques et dans le cas de distributions non-normales, de définir des fonctions de normalisation des données (il faudra alors reprendre les analyses de variances correspondantes sur les données normalisées),

- ensuite, d'étudier les relations générales existant ou susceptibles d'exister entre les caractéristiques étudiées.

L'étude de ces relations générales à elle-même deux buts* :

- un souci de connaissance,
- une appréciation de la validité des analyses de variance appliquées aux caractéristiques sol et plante susceptibles d'être influencées par d'autres caractéristiques sol ou plante jouant à l'égard des premières le rôle de co-facteurs de variation.

Dans le cas où de telles relations existeraient on sait qu'il y aurait lieu alors de reprendre les analyses de variance initiales correspondantes en appliquant aux données analysées un modèle d'analyse de covariance faisant intervenir le ou les co-facteurs de variations contrôlés a posteriori.

Telles sont les raisons de la façon de procéder adoptées pour ces analyses de variance.

* Conf. le document "Organisation Générale de l'Analyse Statistique" : B. BONZON, J. DEJARDIN, C. FILLONNEAU, M. GERI, Déc.73.

DOCUMENTATION

- ANONYME, 1967 - Etude des interactions sol-plante dans le cas des plantes fourragères et de couverture. Protocoles expérimentaux des essais implantés sur les stations d'Adiopodoumé, Bouaké et Gagnoa.
ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé, Laboratoire d'Agronomie, multigr., 51 p.
- ANONYME, 1968 - Etude des interactions sol-plante dans le cas des plantes fourragères et de couverture. Addendum n°1 aux protocoles expérimentaux de 1967.
ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé, Laboratoire d'Agronomie, multigr., 14 p.
- ANONYME, 1969-1 - Etude des interactions sol-plante dans le cas des plantes fourragères et de couverture. Addendum n°2 aux protocoles expérimentaux de 1967.
ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé, Laboratoire d'Agronomie, multigr., 8p.
- ANONYME, 1969-2 - Etude des interactions sol-plante dans le cas des plantes fourragères et de couverture. Prélèvements et prétraitements des échantillons. Matériel et personnel nécessaires. Consignes particulières.
ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé, Laboratoire d'Agronomie, multigr., 46p.
- ANONYME, 1971-1 - Etude des interactions sol-plante dans le cas des plantes fourragères et de couverture. Addendum n°3 : fin de l'expérimentation multilocal sur les stations de Bouaké et Gagnoa. Cultures tests de maïs.
ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé, Laboratoire d'Agronomie, multigr., 11p.
- ANONYME, 1971-2 - Etude des interactions sol-plante dans le cas des plantes fourragères et de couverture. Addendum n°4. Fin de l'expérimentation sur les stations de Bouaké et Gagnoa. Cultures tests de maïs. Prélèvements racinaires.
ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé, Laboratoire d'Agronomie, multigr., 2p.
- BONZON B., DEJARDIN J., FILLONNEAU C., GERI M., 1973 - Programme multilocal d'étude des interactions sol-plantes fourragères en milieu tropical humide. Organisation générale de l'analyse statistique des résultats.
ORSTOM, Centre d'Adiopodoumé, Laboratoire d'Agronomie, multigr., 14p.

DEJARDIN J., NGUYEN NGUC QUOI, 1965 - Quelques tests de comparaison deux à deux des moyennes de traitements.
ORSTOM, Centre de Bondy, Laboratoire de Biochimie,
multigr., 18p.

VESSEREAU, A., 1960 - Recherche et expérimentation en agriculture. T. II. Méthodes statistiques en Biologie et en Agronomie. J.B. BAILLIERE et FILS, Paris, 539p.

Essai B - I-Eléments de l'analyse de variance campagne par campagne relative aux tests d'homogénéité initiaux et aux campagnes de la phase fourragère.

$i =$ indice de famille
 $j =$ " " " " port
 $k =$ " " " " rythme de fauche
 $l =$ " " " " fertilisation
 $m =$ " " " " adaptation (bloc)
 $(t) =$ indice de campagne: cf tableaux II et III

Facteurs analysés	Moyennes des traitements			Calculs des termes du modèle linéaire de décomposition des effets des traitements				Carrés moyens et tests F ($F_{0,05} = 4,49$; $F_{0,01} = 8,53$)			Comparaisons des moyennes par le test de Newman et Keuls																									
	Symboles	Nombre de variables	Formule de calcul	Symboles	Significations	Formules de calcul à partir des moyennes des traitements	Nombre de variables	Formules des Carrés moyens	Degré de liberté	Numéros d'ordre		Carrés moyens rappelés																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13																								
Interaction générale entre tous les traitements	$x_{ijklm(t)}$	32	Néant (mesure élémentaire)	$x_{ijklm(t)}$	Valeur de la caractéristique X mesurée (au temps t) sur le traitement T _{ijklm} défini par les niveaux i, j, k, l, m des facteurs contrôlés "famille", "port", "rythme", "fertilisation" et "bloc".	—	32	—	—	—	—	—																								
Moyenne générale de l'ensemble des traitements	$\bar{x}(t)$	1	$\bar{x}(t) = \frac{1}{32} \sum_{ijklm} x_{ijklm(t)}$	$d(t)$	Moyenne générale (au temps t) de X sur l'ensemble des traitements T _{ijklm}	$d(t) = \bar{x}(t)$	1	—	—	—	—	—																								
Famille	$\bar{x}_{i(t)}$	2	$\bar{x}_{i(t)} = \frac{1}{16} \sum_{jklm} x_{ijklm(t)}$	$\{a_{i(t)}\}$	Effet principal du facteur contrôlé "Famille i" (au temps t)	$\{a_{i(t)}\} = \bar{x}_{i(t)} - \bar{x}(t)$	2	$S^2_{\{a_{i(t)}\}} = 16 \cdot \sum_i \{a_{i(t)}\}^2$	1	1	16 et 16	Aucun test nécessaire : comparaison immédiate dès lors que l'on teste la signification d'un facteur principal par le test F																								
Port	$\bar{x}_{j(t)}$	2	$\bar{x}_{j(t)} = \frac{1}{16} \sum_{iklm} x_{ijklm(t)}$	$\{p_{j(t)}\}$	"Port j"	$\{p_{j(t)}\} = \bar{x}_{j(t)} - \bar{x}(t)$	2	$S^2_{\{p_{j(t)}\}} = 16 \cdot \sum_j \{p_{j(t)}\}^2$	1	2	2 et 16																									
Rythme	$\bar{x}_{k(t)}$	2	$\bar{x}_{k(t)} = \frac{1}{16} \sum_{ijlm} x_{ijklm(t)}$	$\{r_{k(t)}\}$	"Rythme k"	$\{r_{k(t)}\} = \bar{x}_{k(t)} - \bar{x}(t)$	2	$S^2_{\{r_{k(t)}\}} = 16 \cdot \sum_k \{r_{k(t)}\}^2$	1	3	3 et 16																									
Fertilisation	$\bar{x}_{l(t)}$	2	$\bar{x}_{l(t)} = \frac{1}{16} \sum_{ijkm} x_{ijklm(t)}$	$\{f_{l(t)}\}$	"Fertilisation l"	$\{f_{l(t)}\} = \bar{x}_{l(t)} - \bar{x}(t)$	2	$S^2_{\{f_{l(t)}\}} = 16 \cdot \sum_l \{f_{l(t)}\}^2$	1	4	4 et 16																									
Bloc	$\bar{x}_{m(t)}$	2	$\bar{x}_{m(t)} = \frac{1}{16} \sum_{ijkl} x_{ijklm(t)}$	$\{b_{m(t)}\}$	"Bloc m"	$\{b_{m(t)}\} = \bar{x}_{m(t)} - \bar{x}(t)$	2	$S^2_{\{b_{m(t)}\}} = 16 \cdot \sum_m \{b_{m(t)}\}^2$	1	5	5 et 16																									
Famille x Port	$\bar{x}_{ij(t)}$	4	$\bar{x}_{ij(t)} = \frac{1}{8} \sum_{klm} x_{ijklm(t)}$	$\{a \cdot p_{ij(t)}\}$	Interaction de premier ordre (au temps t) entre les facteurs contrôlés "Famille i" et "Port j"	$\{a \cdot p_{ij(t)}\} = \bar{x}_{ij(t)} - \bar{x}_{i(t)} - \bar{x}_{j(t)} + \bar{x}(t)$	4	$S^2_{\{a \cdot p_{ij(t)}\}} = 8 \cdot \sum_{ij} [\{a \cdot p_{ij(t)}\}]^2$	1	6	6 et 16	Application du test de Newman et Keuls aux seules interactions de premier ordre significatives. L'écart-type de référence d'une moyenne est donné dans ce cas par : $S_{int.1} = S_{e(t)} / \sqrt{2}$ Valeurs des termes q du test : <table border="1"> <tr> <th></th> <th>seuil 0,05</th> <th>seuil 0,01</th> </tr> <tr> <td>q4</td> <td>4,046</td> <td>5,192</td> </tr> <tr> <td>q3</td> <td>3,649</td> <td>4,786</td> </tr> <tr> <td>q2</td> <td>2,998</td> <td>4,131</td> </tr> </table>		seuil 0,05	seuil 0,01	q4	4,046	5,192	q3	3,649	4,786	q2	2,998	4,131												
	seuil 0,05	seuil 0,01																																		
q4	4,046	5,192																																		
q3	3,649	4,786																																		
q2	2,998	4,131																																		
Famille x Rythme	$\bar{x}_{ik(t)}$	4	$\bar{x}_{ik(t)} = \frac{1}{8} \sum_{jlm} x_{ijklm(t)}$	$\{a \cdot r_{ik(t)}\}$	"Famille i" et "Rythme k"	$\{a \cdot r_{ik(t)}\} = \bar{x}_{ik(t)} - \bar{x}_{i(t)} - \bar{x}_{k(t)} + \bar{x}(t)$	4	$S^2_{\{a \cdot r_{ik(t)}\}} = 8 \cdot \sum_{ik} [\{a \cdot r_{ik(t)}\}]^2$	1	7	7 et 16																									
Famille x Fertilisation	$\bar{x}_{il(t)}$	4	$\bar{x}_{il(t)} = \frac{1}{8} \sum_{jkm} x_{ijklm(t)}$	$\{a \cdot f_{il(t)}\}$	"Famille i" et "Fertilisation l"	$\{a \cdot f_{il(t)}\} = \bar{x}_{il(t)} - \bar{x}_{i(t)} - \bar{x}_{l(t)} + \bar{x}(t)$	4	$S^2_{\{a \cdot f_{il(t)}\}} = 8 \cdot \sum_{il} [\{a \cdot f_{il(t)}\}]^2$	1	8	8 et 16																									
Port x Rythme	$\bar{x}_{jk(t)}$	4	$\bar{x}_{jk(t)} = \frac{1}{8} \sum_{ilm} x_{ijklm(t)}$	$\{p \cdot r_{jk(t)}\}$	"Port j" et "Rythme k"	$\{p \cdot r_{jk(t)}\} = \bar{x}_{jk(t)} - \bar{x}_{j(t)} - \bar{x}_{k(t)} + \bar{x}(t)$	4	$S^2_{\{p \cdot r_{jk(t)}\}} = 8 \cdot \sum_{jk} [\{p \cdot r_{jk(t)}\}]^2$	1	9	9 et 16																									
Port x Fertilisation	$\bar{x}_{jl(t)}$	4	$\bar{x}_{jl(t)} = \frac{1}{8} \sum_{ikm} x_{ijklm(t)}$	$\{p \cdot f_{jl(t)}\}$	"Port j" et "Fertilisation l"	$\{p \cdot f_{jl(t)}\} = \bar{x}_{jl(t)} - \bar{x}_{j(t)} - \bar{x}_{l(t)} + \bar{x}(t)$	4	$S^2_{\{p \cdot f_{jl(t)}\}} = 8 \cdot \sum_{jl} [\{p \cdot f_{jl(t)}\}]^2$	1	10	10 et 16																									
Rythme x Fertilisation	$\bar{x}_{kl(t)}$	4	$\bar{x}_{kl(t)} = \frac{1}{8} \sum_{ijm} x_{ijklm(t)}$	$\{r \cdot f_{kl(t)}\}$	"Rythme k" et "Fertilisation l"	$\{r \cdot f_{kl(t)}\} = \bar{x}_{kl(t)} - \bar{x}_{k(t)} - \bar{x}_{l(t)} + \bar{x}(t)$	4	$S^2_{\{r \cdot f_{kl(t)}\}} = 8 \cdot \sum_{kl} [\{r \cdot f_{kl(t)}\}]^2$	1	11	11 et 16																									
Famille x Port x Rythme	$\bar{x}_{ijk(t)}$	8	$\bar{x}_{ijk(t)} = \frac{1}{4} \sum_{lm} x_{ijklm(t)}$	$\{a \cdot p \cdot r_{ijk(t)}\}$	Interaction de deuxième ordre entre les facteurs contrôlés "Famille i", "Port j", "Rythme k" (au temps t)	$\{a \cdot p \cdot r_{ijk(t)}\} = \bar{x}_{ijk(t)} - \bar{x}_{ij(t)} - \bar{x}_{ik(t)} - \bar{x}_{jk(t)} + \bar{x}_{i(t)} + \bar{x}_{j(t)} + \bar{x}_{k(t)} - \bar{x}(t)$	8	$S^2_{\{a \cdot p \cdot r_{ijk(t)}\}} = 4 \cdot \sum_{ijk} [\{a \cdot p \cdot r_{ijk(t)}\}]^2$	1	12	12 et 16	Application du test de Newman et Keuls aux seules interactions de deuxième ordre significatives. L'écart-type de référence d'une moyenne est donné dans ce cas par : $S_{int.2} = S_{e(t)} / 2$ Valeurs des termes q du test : <table border="1"> <tr> <th></th> <th>seuil 0,05</th> <th>seuil 0,01</th> </tr> <tr> <td>q8</td> <td>4,897</td> <td>6,079</td> </tr> <tr> <td>q7</td> <td>4,741</td> <td>5,915</td> </tr> <tr> <td>q6</td> <td>4,557</td> <td>5,722</td> </tr> <tr> <td>q5</td> <td>4,333</td> <td>5,489</td> </tr> <tr> <td>q4</td> <td>4,046</td> <td>5,192</td> </tr> <tr> <td>q3</td> <td>3,649</td> <td>4,786</td> </tr> <tr> <td>q2</td> <td>2,998</td> <td>4,131</td> </tr> </table>		seuil 0,05	seuil 0,01	q8	4,897	6,079	q7	4,741	5,915	q6	4,557	5,722	q5	4,333	5,489	q4	4,046	5,192	q3	3,649	4,786	q2	2,998	4,131
	seuil 0,05	seuil 0,01																																		
q8	4,897	6,079																																		
q7	4,741	5,915																																		
q6	4,557	5,722																																		
q5	4,333	5,489																																		
q4	4,046	5,192																																		
q3	3,649	4,786																																		
q2	2,998	4,131																																		
Famille x Port x Fertilisation	$\bar{x}_{ijl(t)}$	8	$\bar{x}_{ijl(t)} = \frac{1}{4} \sum_{km} x_{ijklm(t)}$	$\{a \cdot p \cdot f_{ijl(t)}\}$	"Famille i", "Port j", "Fertilisation l"	$\{a \cdot p \cdot f_{ijl(t)}\} = \bar{x}_{ijl(t)} - \bar{x}_{ij(t)} - \bar{x}_{il(t)} - \bar{x}_{jl(t)} + \bar{x}_{i(t)} + \bar{x}_{j(t)} + \bar{x}_{l(t)} - \bar{x}(t)$	8	$S^2_{\{a \cdot p \cdot f_{ijl(t)}\}} = 4 \cdot \sum_{ijl} [\{a \cdot p \cdot f_{ijl(t)}\}]^2$	1	13	13 et 16																									
Famille x Rythme x Fertilisation	$\bar{x}_{ikl(t)}$	8	$\bar{x}_{ikl(t)} = \frac{1}{4} \sum_{jlm} x_{ijklm(t)}$	$\{a \cdot r \cdot f_{ikl(t)}\}$	"Famille i", "Rythme k", "Fertilisation l"	$\{a \cdot r \cdot f_{ikl(t)}\} = \bar{x}_{ikl(t)} - \bar{x}_{ik(t)} - \bar{x}_{il(t)} - \bar{x}_{kl(t)} + \bar{x}_{i(t)} + \bar{x}_{k(t)} + \bar{x}_{l(t)} - \bar{x}(t)$	8	$S^2_{\{a \cdot r \cdot f_{ikl(t)}\}} = 4 \cdot \sum_{ikl} [\{a \cdot r \cdot f_{ikl(t)}\}]^2$	1	14	14 et 16																									
Port x Rythme x Fertilisation	$\bar{x}_{jkl(t)}$	8	$\bar{x}_{jkl(t)} = \frac{1}{4} \sum_{ilm} x_{ijklm(t)}$	$\{p \cdot r \cdot f_{jkl(t)}\}$	"Port j", "Rythme k", "Fertilisation l"	$\{p \cdot r \cdot f_{jkl(t)}\} = \bar{x}_{jkl(t)} - \bar{x}_{jk(t)} - \bar{x}_{jl(t)} - \bar{x}_{kl(t)} + \bar{x}_{j(t)} + \bar{x}_{k(t)} + \bar{x}_{l(t)} - \bar{x}(t)$	8	$S^2_{\{p \cdot r \cdot f_{jkl(t)}\}} = 4 \cdot \sum_{jkl} [\{p \cdot r \cdot f_{jkl(t)}\}]^2$	1	15	15 et 16																									
Résiduelle	e	32	—	$e_{ijklm(t)}$	Résidu d'ajustement de $x_{ijklm(t)}$	$e_{ijklm(t)} = x_{ijklm(t)} - \bar{x}_{ijklm(t)} = x_{ijklm(t)} - \bar{x}_{ijl(t)} - \bar{x}_{ikl(t)} - \bar{x}_{jkl(t)} + \bar{x}_{ij(t)} + \bar{x}_{ik(t)} + \bar{x}_{jk(t)} - \bar{x}_{i(t)} - \bar{x}_{j(t)} - \bar{x}_{k(t)} + \bar{x}(t)$	32	$S^2_{e(t)} = \frac{1}{16} \sum_{ijklm} (e_{ijklm(t)})^2$	16	16	—																									

Eléments de l'analyse de variance par années et saisons des campagnes d'étude de la phase fourragère

70. n: nombre d'animaux de saison; 3: nombre de campagnes; 1: nombre de parcelles; 1: nombre de répétitions (ou de semaines).

Table with 13 columns: Facteurs, Symboles, Moyennes des traitements, Calculs des termes du modèle linéaire de décomposition des effets des traitements, Carrés moyens et tests F, and Comparaisons des moyennes par le test de Newman-Kuel's. Rows include interactions like Année x Parcelle, Saison x Parcelle, etc.