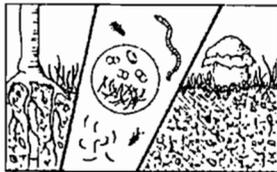


P. GAUMER

ESSAIS DE VALORISATIONS  
AGRONOMIQUES DE COMPOSTS  
OBTENUS PAR METHANISATION  
DES DECHETS DE L'ABATTOIR  
DE DAKAR

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

E.S.I.T.P.A.



DECEMBRE 1986

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

— CENTRE DE DAKAR-HANN —



## ABSTRACT

Recent studies have shown that Slaughterhouse waste methanization is a technology likely to solve pollution problems and ensure the energy feeding of DAKAR (Senegal) Slaughterhouse from the obtained biogas. This study shows the agronomic interest of the other fermentation by product : methacompost. Its fertilizing value is tested on three rainy-season growings, at increasing doses. The plant vegetative development is studied from tests in pots. The yields are measured in mini-plots. If few effects have been evidenced on peanut during the experiments, it seems, nevertheless, that the fertilizer allows yield improvements on millet and rice. In the case of short cycle growings, this fertilizer must be buried 2 or 3 months before sowing so that the nutrient elements they contain could be assimilated by the plants. The use of this organic fertilizer contributes to the maintaining and improvement of soil fertility. This compost availability on the market depends on the implementation of a methanization industrial unit at the Slaughterhouse in Dakar



## REMERCIEMENTS

*Je tiens à adresser mes remerciements à la direction générale de l'ORSTOM pour m'avoir accueilli dans son Laboratoire de Microbiologie et de Biotechnologie des Fermentations à Dakar, et à Monsieur V. JACQ qui a bien voulu diriger cette étude.*

*J'exprime aussi ma reconnaissance à Monsieur E. TINE pour sa disponibilité et sa contribution à la réalisation de ce mémoire, ainsi qu'à Melle MBENGUE qui en a assuré la dactylographie.*

*Mes remerciements vont également à Mme BUREL qui a accepté de juger ce travail*



## S I G L E S

- C.N.R.A. : Centre National de Recherches Agronomiques
- E.N.S.U.T. : Ecole Nationale Supérieure Universitaire de Technologie de Dakar
- I.R.A.T. : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales
- O.R.S.T.O.M. : Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
- S.E.R.A.S. : Société d'Exploitation des Ressources Animales du Sénégal.

## A B R E V I A T I O N S

- A.G.V. : Acides Gras Volatils
- B.S.R. : Bactérie Sulfato-Réductrice
- KW : kilowatt
- KWh : kilowatt-heure
- M.S. : Matière sèche

# SOMMAIRE



|  | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| INTRODUCTION .....   | 1           |
| 1ÈRE PARTIE : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE .....   | 4           |
| CHAPITRE I : ASPECTS FONDAMENTAUX DE LA FERMENTATION   |             |
| METHANIQUE .....   | 5           |
| 1 - <u>Mécanisme de la méthanogénèse</u> .....   | 5           |
| 1.1 - Introduction.....  | 5           |
| 1.2 - Historique .....   | 5           |
| 1.3 - Processus biologiques .....  | 6           |
| 1.4 - Conclusion .....   | 10          |
| 2 - <u>Les conditions à réaliser dans le digesteur</u> .....   | 11          |
| 2.1 - L'absence d'oxygène .....  | 11          |
| 2.2 - La température .....   | 11          |
| 2.3 - Le pH .....  | 12          |
| 2.4 - Le rapport Carbone/Azote .....   | 13          |
| 2.5 - Ensemencement en microorganismes .....   | 13          |
| 2.6 - La teneur en eau .....   | 13          |
| 2.7 - Le temps de rétention .....  | 14          |
| 3 - <u>Les produits de la fermentation</u> .....   | 15          |
| 3.1 - Le biogaz .....  | 15          |
| 3.2 - Le compost .....   | 16          |
| CHAPITRE II : INTERET DE LA MISE EN PLACE D'UNE UNITE<br>INDUSTRIELLE DE METHANISATION DANS LE CAS<br>DE L'ABATTOIR DE DAKAR ..... | 17          |
| 1 - Présentation de l'Abattoir de Dakar .....  | 17          |
| 2 - Les déchets disponibles .....  | 18          |
| 3 - Intérêt d'une unité industrielle .....   | 19          |
| 3.1 - Les problèmes de pollution .....   | 19          |
| 3.2 - Les besoins énergétiques .....   | 19          |
| 3.3 - L'obtention d'un fertilisant .....   | 20          |

|  |    |
|--|----|
| CHAPITRE III : ESSAIS DE FERMENTATION METHANIQUE AVEC<br>DES DECHETS D'ABATTOIR .....        | 21 |
| 1 - <u>Expérimentations en laboratoire</u> .....   | 21 |
| 1.1 - Les matières premières utilisées .....   | 21 |
| 1.2 - Les fermenteurs utilisés .....   | 22 |
| 2 - <u>Résultats et conclusion des expérimentations</u> .....                                | 24 |
| 2.1 - Résultats .....  | 24 |
| 2.2 - Conclusion des expérimentations .....  | 24 |
| CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT D'UNE UNITE DE METHANISATION<br>POUR L'ABATTOIR DE DAKAR ..... | 29 |
| 1 - <u>Détermination des contraintes</u> .....   | 29 |
| 1.1 - La consommation d'eau .....  | 29 |
| 1.2 - Le stockage est impossible .....   | 29 |
| 1.3 - Réduire la manutention .....   | 29 |
| 1.4 - Le niveau de technicité .....  | 29 |
| 1.5 - Les contraintes de la fermentation méthanique .....                                    | 30 |
| 2 - <u>Le type de procédé à retenir</u> .....  | 31 |
| 2.1 - La fosse de mélange .....  | 31 |
| 2.2 - Le volume de fermentation .....  | 32 |
| 2.3 - Le choix d'un fermenteur .....   | 32 |
| 2.4 - L'extraction des résidus .....   | 32 |
| 2.5 - Le stockage du biogaz .....  | 33 |
| 2.6 - L'utilisation du biogaz .....  | 33 |
| 3 - <u>Quelques installations possibles</u> .....  | 34 |
| 3.1 - Les procédés de digestion anaérobie .....  | 34 |
| 3.2 - Les gazomètres souples .....   | 34 |
| 3.3 - Les groupes électrogènes .....   | 34 |
| CHAPITRE V : LE MIL .....  | 35 |
| 1 - <u>Le cycle du mil "Souna"</u> .....   | 35 |
| 1.1 - Le développement végétatif .....   | 35 |
| 1.2 - Le développement floral .....  | 36 |
| 1.3 - La maturation .....  | 36 |
| 2 - <u>L'écologie</u> .....  | 37 |

|  |    |
|--|----|
| 3 - <u>La culture du mil</u> .....                             | 38 |
| 3.1 - Les techniques culturales .....                          | 38 |
| 3.2 - La fumure .....  | 39 |
| 3.3 - La récolte .....   | 40 |
| 3.4 - Les rendements .....                                     | 41 |
| 4 - <u>Maladies et ennemis</u> .....                           | 41 |
| 4.1 - Les maladies cryptogamiques .....                        | 41 |
| 4.2 - Les insectes .....                                       | 41 |
| 4.3 - Les adventices .....                                     | 42 |
| 4.4 - Les autres ennemis du mil .....                          | 42 |
| 4.5 - Conclusion sur la protection phytosanitaire du mil ..... | 42 |
| <br>   |    |
| CHAPITRE VI : L'ARACHIDE .....                                 | 43 |
| 1 - <u>Botanique</u> .....                                     | 43 |
| 1.1 - Le port .....  | 43 |
| 1.2 - Les tiges .....  | 43 |
| 1.3 - Les racines .....  | 44 |
| 1.4 - Les feuilles .....                                       | 44 |
| 1.5 - Les inflorescences et les fleurs .....                   | 44 |
| 1.6 - Les fruits .....   | 44 |
| <br>   |    |
| 2 - <u>Biologie, croissance et développement</u> .....         | 45 |
| 2.1 - La germination .....                                     | 45 |
| 2.2 - Croissance de la plante .....                            | 46 |
| 2.3 - Floraison et fructification .....                        | 46 |
| 2.4 - Le cycle végétatif .....                                 | 47 |
| 2.5 - Le problème de l'eau .....                               | 48 |
| <br>   |    |
| 3 - <u>Ecologie</u> .....                                      | 48 |
| 3.1 - Influence des facteurs édaphiques .....                  | 48 |
| 3.2 - Influence des facteurs climatiques .....                 | 49 |
| <br>   |    |
| 4 - <u>La culture de l'arachide</u> .....                      | 50 |
| 4.1 - Les rotations .....                                      | 50 |
| 4.2 - La préparation du sol .....                              | 50 |
| 4.3 - Le semis .....   | 51 |
| 4.4 - L'entretien des cultures .....                           | 51 |
| 4.5 - La fumure .....  | 52 |
| 4.6 - La récolte .....   | 52 |
| 4.7 - Les rendements .....                                     | 53 |

|   |    |
|---|----|
| 5 - <u>Maladies et ennemis</u> .....                                      | 53 |
| 5.1 - Maladies .....  | 53 |
| 5.2 - Les insectes nuisibles .....  | 54 |
| <br>  |    |
| CHAPITRE VII : LE RIZ .....   | 55 |
| 1 - <u>Description botanique générale des riz cultivés</u> .....          | 55 |
| 2 - <u>Le cycle végétatif</u> .....                                       | 56 |
| 2.1 - Germination .....   | 56 |
| 2.2 - Le tallage .....  | 57 |
| 2.3 - La montaison .....  | 57 |
| 2.4 - Epiaison, floraison et fécondation .....                            | 57 |
| 2.5 - Maturité .....  | 58 |
| 3 - <u>Ecologie du riz</u> .....  | 58 |
| 3.1 - Le climat .....   | 58 |
| 3.2 - Les besoins en eau .....  | 59 |
| 3.3 - Les sols .....  | 60 |
| 4 - <u>Les techniques culturales du riz pluvial et de bas-fonds</u> ..... | 61 |
| 4.1 - Caractères et variétés .....  | 61 |
| 4.2 - La préparation du sol .....   | 62 |
| 4.3 - Le semis.....   | 62 |
| 4.4 - L'entretien des cultures .....                                      | 62 |
| 4.5 - La fumure .....   | 63 |
| 4.6 - La récolte.....   | 64 |
| 4.7 - Les rendements .....  | 64 |
| 5 - <u>Ennemis et maladies du riz</u> .....                               | 64 |
| 5.1 - Maladies .....  | 64 |
| 5.2 - Les ennemis .....   | 65 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2ÈME PARTIE : MATERIEL ET METHODE</b> .....   | <b>67</b> |
| 1 - <u>Protocole expérimental</u> .....  | 68        |
| 1.1 - Matériel utilisé .....   | 68        |
| 1.2 - Présentation des essais : plan d'expérience .....  | 70        |
| 2 - <u>Méthode de traitement des données</u> .....   | 73        |
| 2.1 - Méthode du "carré latin" .....   | 73        |
| 2.2 - Méthode des essais en "blocs complets" .....   | 75        |
| <b>3ÈME PARTIE : RESULTATS ET INTERPRETATION</b> .....   | <b>76</b> |
| 1 - <u>La composition minérale des apports</u> .....   | 77        |
| 2 - <u>Présentation des résultats des essais en pots</u> .....   | 77        |
| 2.1 - Le mil .....   | 77        |
| 2.2 - L'arachide .....   | 82        |
| 2.3 - Le riz .....   | 86        |
| 3 - <u>Résultats des essais en mini-parcelles</u> .....  | 89        |
| 3.1 - Le mil .....   | 89        |
| 3.2 - L'arachide .....   | 90        |
| 3.3 - Le riz .....   | 92        |
| 4 - <u>Interprétation des résultats</u> .....  | 92        |
| 4.1 - L'utilisation de compost de déchets d'abattoir : des actions<br>difficiles à mettre en évidence sur le mil ..... | 92        |
| 4.1.1 - Des résultats faussés par des cas de mildiou .....   | 92        |
| 4.1.2 - Mais quelques tendances peuvent être dégagées .....  | 93        |
| 4.1.3 - Des hypothèses à vérifier .....  | 94        |
| 4.2 - Des apports sans effet sur L'arachide .....  | 94        |
| 4.2.1 - Les traitements ne modifient pas le développement végétatif .....  | 94        |
| 4.2.2 - Le rythme de développement reste le même dans tous les essais .....  | 95        |
| 4.2.3 - Les rendements sont équivalents quels que soient les apports .....   | 95        |
| 4.2.4 - Cette absence de réponse n'est pas surprenante .....   | 95        |
| 4.3 - Le compost de matières stercoraires : des résultats qui semblent<br>intéressants sur le riz .....                | 96        |
| 4.3.1 - Des tendances difficiles à dégager en début de cycle .....   | 96        |
| 4.3.2 - Mais le riz semble répondre aux apports d'azote .....  | 96        |
| 4.3.3 - La minéralisation du compost est lente .....   | 97        |
| 4.4 - Des résultats différents mais compatibles .....  | 97        |

## 4ÈME PARTIE : DISCUSSION

|   |     |
|---|-----|
| 1 - <u>L'épandage de compost de déchets d'abattoir : une pratique culturale qui semble intéressante</u> ..... | 99  |
| 1.1 - L'utilisation de métha-compost : des avantages certains .....   | 99  |
| 1.1.1 - Le compostage anaérobie : un bilan énergétique et économique favorable .....                          | 99  |
| 1.1.2 - Une absence de faim d'azote .....   | 100 |
| 1.1.3 - La finition aérobie : un intérêt limité .....   | 100 |
| 1.1.4 - Un rapport Carbone/Azote satisfaisant .....   | 101 |
| 1.2 - Des effets difficiles à mettre en évidence sur les cultures ..  | 101 |
| 1.2.1 - La méthode utilisée peut être mise en cause .....   | 101 |
| 1.2.2 - Mais quelques tendances se dessinent .....  | 102 |
| 1.3 - Un facteur d'amélioration essentiel pour les sols .....   | 104 |
| 1.3.1 - Le rôle des produits transitoires .....   | 104 |
| 1.3.2 - L'humus : un rôle primordial .....  | 105 |
| 1.4 - Des intérêts agronomiques qui justifient la production industrielle d'un tel compost .....              | 107 |
| 2 - <u>La méthanisation des déchets d'abattoir : une solution à retenir par la SERAS</u> .....                | 108 |
| 2.1 - Des intérêts économiques immédiats .....  | 108 |
| 2.1.1- Une diminution des nuisances .....   | 108 |
| 2.1.2 - Une contribution à l'allègement de la facture énergétique ..  | 108 |
| 2.1.3 - Une réduction du manque à gagner .....  | 108 |
| 2.1.4 - Une source de profit supplémentaire : le compost .....  | 109 |
| 2.2 - Des coûts d'installation amortissables à moyen terme .....  | 109 |
| CONCLUSION .....  | 110 |
| BIBLIOGRAPHIE .....   | 113 |
| ANNEXES .....   | 121 |

# INTRODUCTION



L'abattoir municipal de la ville de Dakar est confronté, de par son activité, à différents problèmes :

Le principal étant celui de la pollution marine qui résulte du rejet de ses déchets sans traitement préalable. En effet, l'instauration prochaine d'une "redevance pollution" aura alors des conséquences économiques sur le fonctionnement de l'usine.

Les pannes de courant, qu'elles proviennent du délestage du réseau ou d'incidents internes, peuvent conduire à la perte de carcasses stockées en chambre froide et perturber le travail de la chaîne d'abattage. Ainsi, ces coupures relativement fréquentes se traduisent par un manque à gagner non négligeable.

Il semble dès lors intéressant de mettre en place, au niveau de Dakar, un procédé de méthanisation des déchets d'abattoir. Celui-ci devrait permettre de résoudre le problème de la pollution mais également de fournir l'énergie faisant défaut sous forme de biogaz.

C'est donc dans cette optique que le Laboratoire de Microbiologie de l'ORSTOM de Dakar a entrepris, en collaboration avec l'Ecole Nationale Supérieure Universitaire de Technologie (Dakar), des essais de fermentation méthanique des déchets d'abattoir. Ce travail de recherche a permis de déterminer les conditions optimales de la fermentation et de définir les matières premières les plus intéressantes à utiliser. Cette étude a été complétée par la définition des critères à retenir pour l'élaboration d'un procédé de fermentation à grande échelle, adapté au cas de Dakar, et par une étude économique d'installation.

Jusqu'à ce jour, l'approche de la méthanisation de ces déchets n'a été faite que sous un angle énergétique et dépolluant malgré l'intérêt agronomique probable du résidu de la fermentation : le compost ou métha-compost. Il nous a donc paru intéressant, sous la direction de Monsieur V. JACQ, de tester cet engrais organique à diverses doses et sur trois cultures d'hivernage (Mil, Arachide, Riz). Le but de cette étude est de mettre en évidence l'intérêt de l'utilisation d'un tel compost en agriculture.

Mais la vulgarisation de cette pratique, en milieu rural, est liée à la disponibilité de ce fertilisant sur le marché. Cette production à grande échelle est conditionnée par la mise en place d'une unité industrielle de méthanisation. Il faudrait donc convaincre les dirigeants de la SERAS (Société d'Exploitation des Ressources Animales du Sénégal) de l'intérêt d'un tel investissement. Pour cela, nous avons poursuivi notre travail en présentant les avantages économiques d'une telle installation pour l'abattoir de Dakar.



**SYNTHESE**

**BIBLIOGRAPHIQUE**



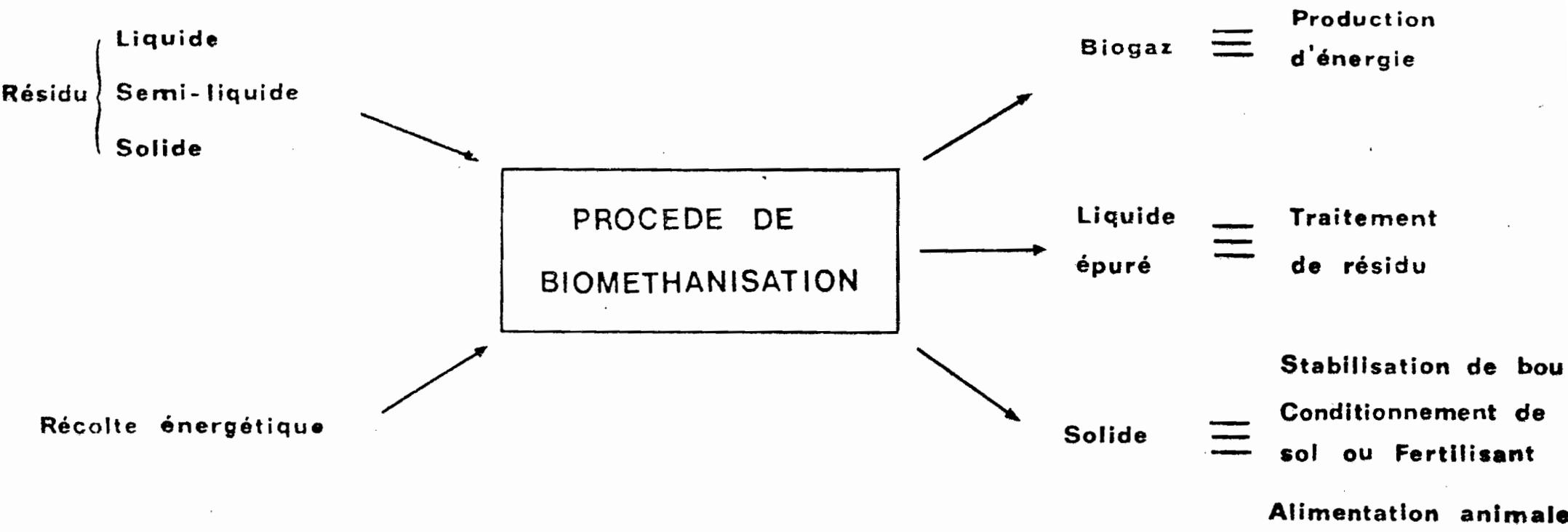


Figure 1 - FINALITES MULTIPLES DU PROCEDE DE BIOMETHANISATION  
(d'après E.J. NYNS, 1979)

# CHAPITRE I : ASPECTS FONDAMENTAUX DE LA FERMENTATION METHANIQUE

## 1 - MECANISME DE LA METHANOGENESE

### 1.1 - Introduction

Le processus anaérobie de la fermentation méthanique permet l'obtention de méthane à partir de matières organiques. Pour cela, ce substrat est converti en acétate, gaz carbonique et hydrogène puis, en bout de chaîne, en méthane. Cette biométhanisation se retrouve dans divers biotopes : tractus digestif des ruminants, marais, sédiments lacustres et marins, etc...

La fermentation méthanique a eu de nombreuses applications )  
utilisées à des fins multiples (Fig.1 ).

Le principal but est la production d'énergie et la stabilisation des eaux excédentaires produites par l'épuration des eaux résiduaires. Les boues résultantes de ce processus contiennent également des composts utilisables en agriculture comme fertilisants. Le procédé de biométhanisation permet de retrouver au niveau du méthane jusqu'à 60% de l'énergie de combustion du substrat, et cela sous forme d'énergie stockable et transportable.

### 1.2 - Historique

C'est en 1776 que Volta découvrit pour la première fois du méthane dans du gaz résultant de la décomposition de déchets végétaux en atmosphère confinée. Et c'est en 1942 que DUCCELLIER et ISMAN, professeurs à l'Ecole Nationale d'Agriculture d'Alger, déposèrent un brevet d'installation de production de gaz de fumier pour l'agriculture, en cuves hermétiques.

**Tableau 1 - BACTERIES HYDROLYTIQUES DE LA DIGESTION ANAEROBIE**  
 (d'après J.L. GARCIA, 1983)

| SUBSTRAT             | ESPECES   |
|----------------------|---|
| <u>Mésophilie</u>    |   |
| Cellulose            | <i>Acetivibrio cellulolyticus</i><br><i>Bacteroides succinogenes</i><br><i>Butyrivibrio fibrisolvens</i><br><i>Cillobacterium cellulosolvans</i><br><i>Ruminococcus albus</i><br><i>R. flavifaciens</i> |
| Hémicelluloses       | <i>Bacteroides ruminicola</i>   |
| Amidon               | <i>Bacillus</i> spp.<br><i>Bacteroides</i> spp.<br><i>Clostridium butyricum</i><br><i>Cl.</i> spp.<br><i>Lactobacillus</i> spp.<br><i>Micrococcus</i> spp.<br><i>Pseudomonas</i> spp.                   |
| Pectines             | <i>Cl. butyricum</i>  |
| Lipides              | <i>Anaerovibrio lipolytica</i><br><i>Bacillus</i> spp.  |
| Composés azotés      | <i>Clostridium acidii urici</i><br><i>Cl. cylindrosporum</i><br><i>Micrococcus aerogenes</i><br><i>M. lactilyticus</i>  |
| Protéines            | <i>Bacillus</i> spp.<br><i>Clostridium</i> spp.<br><i>Bifidobacterium</i> spp.<br><i>Peptococcus anaerobius</i><br><i>Staphylococcus</i> spp.   |
| <u>Thermophilie</u>  |   |
| Cellulose            | <i>Clostridium thermocellum</i>   |
| Amidon<br>Pectines ] | <i>Cl. thermohydrosulfuricum</i>  |

### 1.3 - Processus biologique

La fermentation méthanique est réalisée par un ensemble de populations bactériennes complexes qui, dans des conditions d'environnement bien précises (potentiel rédox  $< -350$  mV, pH  $\approx 7$ ), forment des associations stables. De façon générale, le processus de la méthanisation comporte trois étapes :

- Les matières organiques sont hydrolysées par un premier ensemble bactérien : espèces hydrolytiques et fermentaires.
- Les composés carbonés obtenus sont alors transformés en acétate par des bactéries acétogènes productrices obligées d'hydrogène.
- En fin de chaîne, la méthanogénèse au sens strict s'effectue à partir de l'acétate et du mélange gazeux  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ . Ces deux voies n'ont pas la même importance selon qu'il s'agit de digesteur ou des biotopes naturels.

La biométhanisation peut intervenir aussi bien dans les biotopes psychrophiles ( $10-15^\circ\text{C}$ ) que thermophiles ( $>45^\circ\text{C}$ ). On distingue alors les bactéries thermophiles ( $> 45^\circ\text{C}$ ), les bactéries thermotolérantes ( $30-35^\circ\text{C}$ ) et les bactéries thermophiles extrêmes (jusqu'à  $100^\circ\text{C}$ ).

Nous allons maintenant développer les étapes du processus de méthanisation en mettant en évidence les bactéries impliquées.

#### 1.3.1 - Hydrolyse et acidogénèse

Cette étape est réalisée par des espèces bactériennes très diverses, anaérobies strictes ou facultatives.

On obtient alors un mélange d'acides, de composés neutres, de produits gazeux et d'ammoniaque.

Deux types de bactéries interviennent dans cette étape : les bactéries hydrolytiques et fermentatives.

**Tableau 2 - METABOLITES DES BACTERIES FERMENTAIRES DE LA  
DIGESTION ANAEROBIE (d'après J.L. GARCIA, 1983)**

| ESPECES                                   | METABOLITES                                  |
|---|--|
| <u>Mésophiles</u>                         |  |
| <i>Acetobacterium woodii</i>              | acétate                                      |
| <i>Clostridium acetium</i>                |  |
| <i>Cl. formiaceticum</i>                  |  |
| <i>Butyribacterium methylotrophicum</i>   | acétate, butyrate                            |
| <i>Eubacterium sp.</i>                    |  |
| <i>Acidaminococcus sp.</i>                |  |
| <i>Clostridium sp.</i>                    | acétate, butyrate, éthanol                   |
| <i>Propionibacterium sp.</i>              | acétate, propionate                          |
| <i>Anaerovibrio sp.</i>                   |  |
| <i>Veillonella sp.</i>                    |  |
| <i>Lactobacillus sp.</i>                  | acétate, éthanol, lactate                    |
| <i>Bifidobacterium sp.</i>                | acétate, lactate                             |
| <i>Ruminococcus sp.</i>                   | acétate, lactate, formate                    |
| <i>Leptotrichia sp.</i>                   | lactate                                      |
| <i>Streptococcus sp.</i>                  |  |
| <i>Succinivibrio sp.</i>                  | succinate                                    |
| <i>Putrivibrio sp.</i>                    | butyrate                                     |
| <i>Fusobacterium sp.</i>                  |  |
| <i>Megasphaera</i>                        | butyrate, iB, valérate, iv, caproate         |
| <u>Thermophiles</u>                       |  |
| <i>Clostridium thermo-aceticum</i>        | acétate                                      |
| <i>Acetogenium kivui</i>                  |  |
| <i>Thermo-anaerobium brockii</i>          | lactate, acétate, éthanol                    |
| <i>Thermo-bacteroides acetoethylicus</i>  | éthanol, acétate, butyrate, iB               |
| <i>Thermo-anaerobacter ethanolicus</i>    | éthanol, acétate, lactate, iB, iv            |
| <i>Clostridium thermo-saccharolyticum</i> | éthanol, acétate, lactate, butyrate, formate |

### 1.3.1.1 - Les bactéries hydrolytiques

Elles assurent l'hydrolyse des divers composés organiques (cellulose, hémi-cellulose, protéines, lipides, produits amylicés, composés azotés) dont les produits simples seront à leur tour fermentés, soit par les bactéries hydrolytiques elles-mêmes, soit par les bactéries fermentatives lors de l'étape d'acidogénèse.

Les différentes espèces qui interviennent dans cette étape sont reportées dans le tableau 1.

### 1.3.1.2 - Les bactéries fermentatives

Ce sont elles qui interviennent dans l'étape d'acidogénèse qui consiste en une dégradation anaérobie des sucres, principaux produits de l'hydrolyse des polymères biologiques. Les voies les plus importantes sont celles de l'hexose monophosphate (HMP) et d'Emdeur-Meyerhoff (EMP) (Fig. 2).

Ces bactéries conduisent à la production d'acides et leurs spectres fermentaires sont très variés (Tab. 2).

Cette production d'acide abaisse le pH et peut devenir une source d'inhibition de la digestion anaérobie. Les AGV accumulés sont surtout toxiques pour les bactéries méthanigènes. Les bactéries fermentatives peuvent être actives jusqu'à un pH de 4,5 - 5.

### 1.3.1.3 - Les bactéries sulfatoréductrices

Dans certaines conditions, il peut y avoir accumulation de lactate dans les digesteurs. Ce produit est un substrat naturel des bactéries sulfatoréductrices (BSR). Ces bactéries sont séparées en deux groupes :

- BSR gr 1 : genre *Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum* et *Desulfomonas*. Ces bactéries permettent une oxydation partielle du lactate en acétate.
- BSR gr 2 : *Desulfotomaculum acetoxidans* est capable d'oxyder complètement le lactate.

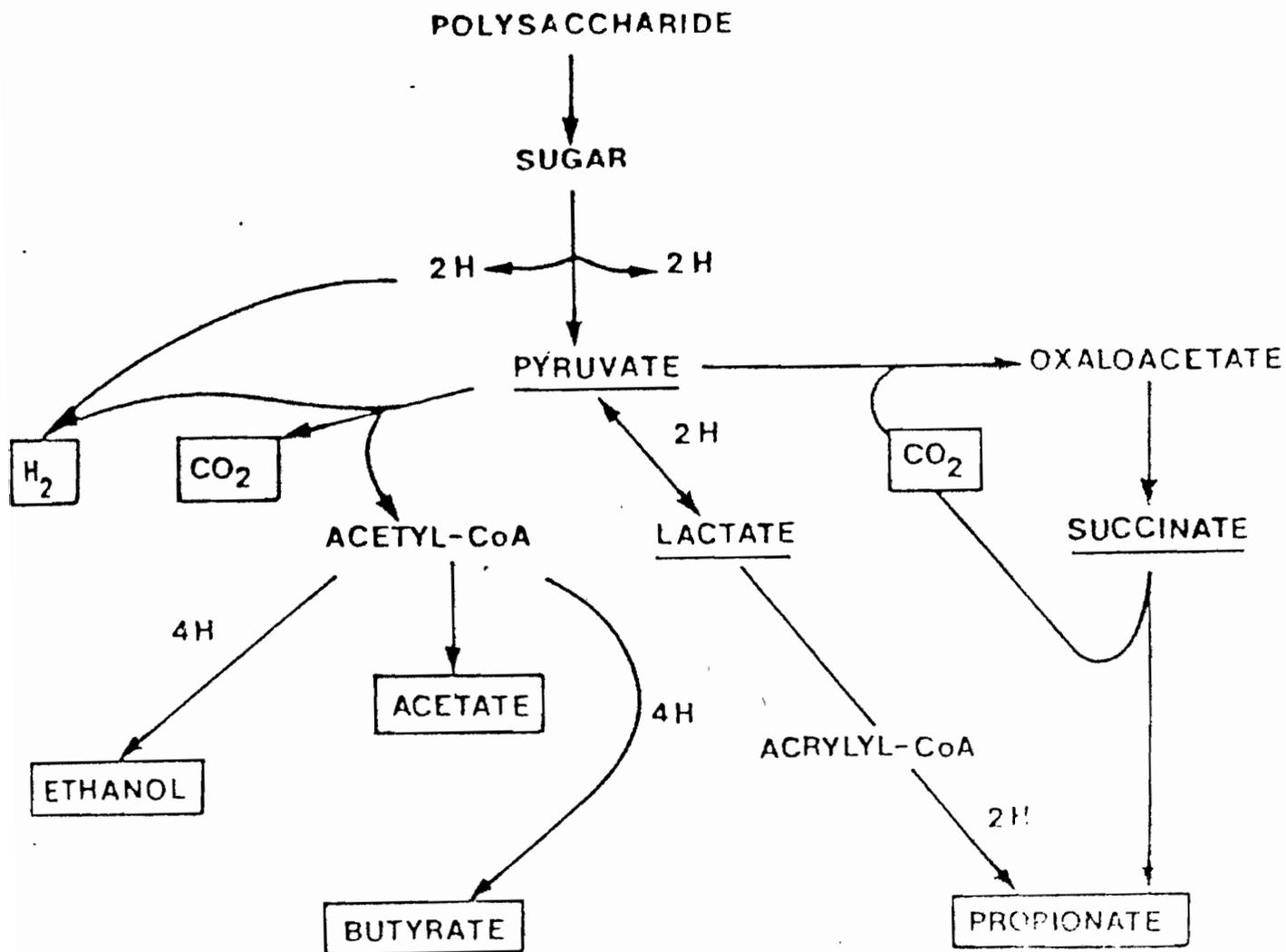


Figure 2 - SCHEMA DE LA DEGRADATION ANAEROBIE DES SUCRES  
(d'après BRYANT, 1979)

Les bactéries sulfatoréductrices permettent donc une oxydation anaérobie complète de la matière organique. Il peut alors y avoir un phénomène de compétition pour l'acétate entre BSR et bactéries méthanigènes.

En présence de sulfate, la réaction de la méthanogénèse est la moins favorable. Elle est possible en présence de substrats autres que l'acétate et  $H_2/CO_2$  tels que les méthylamines et le méthanol issus de composés aminés ou de lignine.

En absence de sulfate, il semble exister une relation mutuelle entre BSR et bactéries méthanigènes dans le cadre d'un transfert inter-espèces (Fig. 3 ).

#### 1.3.1.4 - Les bactéries homoacétogènes

Des bactéries appartenant au genre *Clostridium* sont capables de réduire le  $CO_2$  en acétate. Il s'agit des espèces suivantes : *Clostridium acidiurici*, *Clostridium cylindrosporum*.

Ces espèces utilisent des protons provenant de la fermentation d'un sucre. D'autres bactéries peuvent également utiliser  $H_2$  pour réduire le  $CO_2$  en acétate (*C. aceticum*, *Acetobacterium woodii*...). Cette voie de formation d'acétate à partir du mélange  $H_2/CO_2$  ne semble pas compétitive de la méthanogénèse à partir du même substrat car il y a 100 fois moins d'homoacétogènes que de méthanogènes dans les biotopes anaérobies.

#### 1.3.2 - Acétogénèse

Il existe des bactéries tout à fait particulières, qui sont productrices obligées d'hydrogènes (ou réductrices obligées de protons), capables de produire de l'acétate à partir des métabolites réduits de l'étape d'hydrolyse et de fermentation. C'est pour cela que l'on distingue cette étape de la précédente bien que l'acétate puisse être produit par les bactéries hydrolytiques, fermentatives ou homoacétogènes.

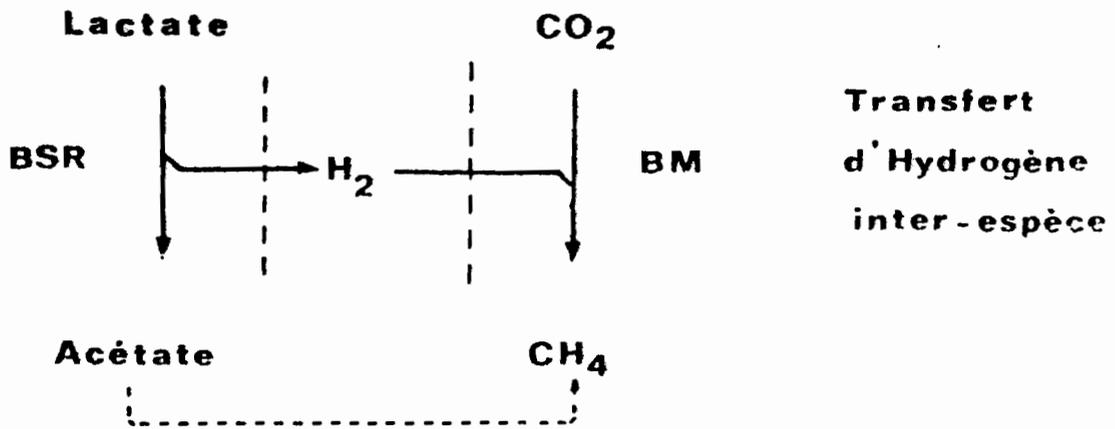
Cette étape consiste en une déshydrogénation rendue thermodynamiquement possible à de très faibles pressions partielles d'hydrogène. Ces bactéries qui interviennent ne peuvent donc croître qu'en présence d'autres bactéries utilisatrices anaérobies d'hydrogène telles que les méthanigènes et les BSR.

acétate ?

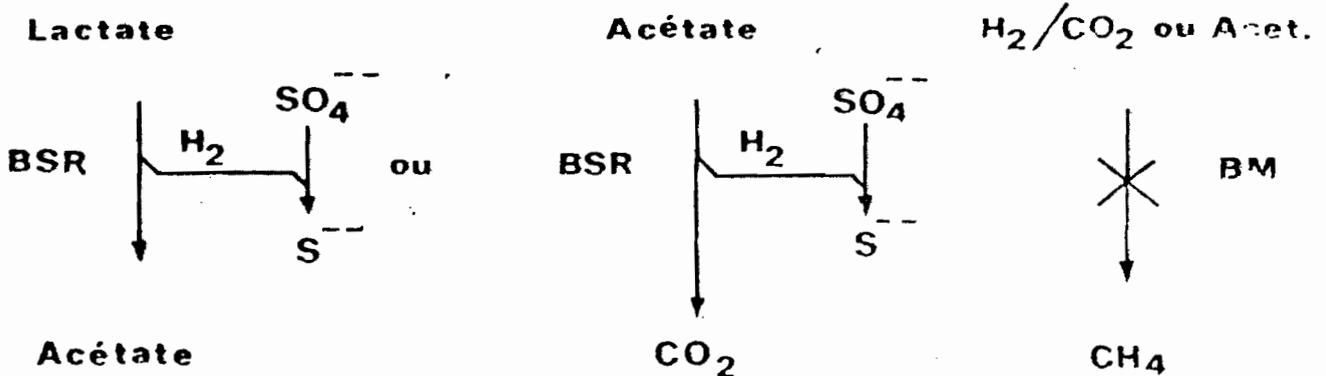
??

**Figure 3 - INTERACTIONS ENTRE BACTERIES SULFATOREDUCtrices (BSR) ET METHANIGENES (BM) (d'après J.L. GARCIA, 1983)**

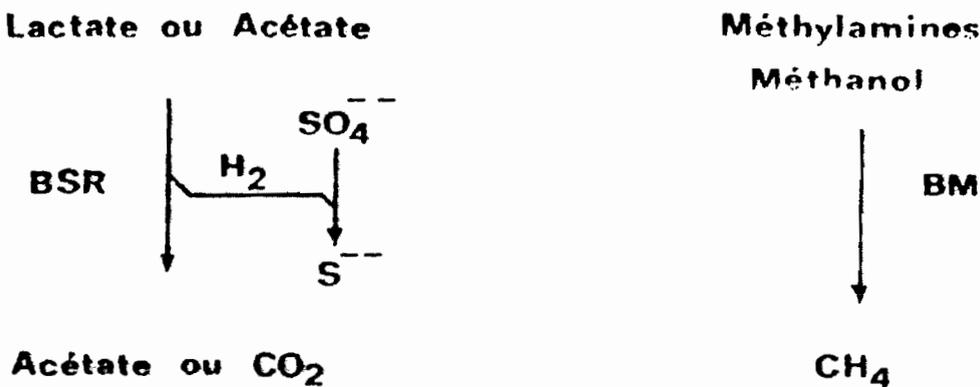
**ABSENCE DE SULFATE : SYNTROPHIE**



**PRESENCE DE SULFATE : EXCLUSION**



**PRESENCE DE SULFATE : CO-EXISTENCE**



On ne peut isoler ces bactéries qu'en réalisant des co-cultures :

- Organisme "S" isolé avec la méthanigène *Methanobacterium*
- *Syntrophomonas wolfei* avec une BSR du genre *Desulfovibrio*
- *Syntrophobacter wolinii* avec une BSR du genre *Desulfovibrio*.

Cette étape conduit donc à la production :

- . d'acétate
- . d'hydrogène
- . de gaz carbonique selon les AGV transformés.

### 1.3.3 - Méthanogénèse

C'est la dernière étape du processus de biométhanisation. Elle est réalisée par des bactéries spécialisées et anaérobies strictes (une quantité d'O<sub>2</sub> de 10 ppm est létale).

D'après les travaux récents de WOESE et de ses collaborateurs, les bactéries méthanigènes appartiennent aux groupes des archéobactéries. Cette dénomination implique que ces organismes dominaient la biosphère primitive : cette classification résulte de l'analyse de plusieurs caractères biochimiques.

Il a été mis en évidence une vingtaine d'espèces de méthanigènes appartenant à 12 genres (Tab. 3) dont les morphologies sont très variées.

La méthanogénèse peut se réaliser selon 2 voies :

a) A partir de l'acétate. Cette voie représente environ 70% du méthane produit dans les digesteurs mais très peu de bactéries responsables de ce processus ont été isolées : *Methanosarcina barkeri*, TM-1, *Methanothrix soehngenii*, *Methanococcus mazei*.

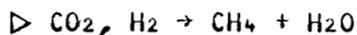
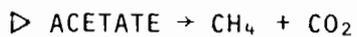
b) Par réduction du CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> en présence d'H<sub>2</sub>.  
La plupart des bactéries isolées jusqu'à ce jour réalisent cette voie.

"Le mélange H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> et l'acétate sont les produits ultimes les plus courants de l'acidogénèse. Ces 2 substrats ont des potentiels énergétiques très différents. Ainsi la réaction de méthanogénèse à partir de CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> est quatre fois plus énergétique que celle à partir de l'acétate. Ceci explique la différence de temps de doublement sur les 2 substrats de quelques heures contre plusieurs jours et le fait que la plupart des méthanigènes connues aient été isolées sur H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>" (J.L. GARCIA, 1983).

Tableau 3 - Taxonomie des bactéries méthanigènes

| ORDRE                | FAMILLE              | GENRE            | ESPECE               | H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> | H COOH | CH <sub>3</sub> OH | CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub> | CH <sub>3</sub> COOH | Mésophile | Thermophile | Extrême Th. |
|----------------------|----------------------|------------------|----------------------|----------------------------------|--------|--------------------|---------------------------------|----------------------|-----------|-------------|-------------|
| Méthanobactériales   | Methanobacteriaceae  | Methanobacterium | fornicium            | +                                | +      |                    |                                 |                      | +         |             |             |
|                      |                      |                  | bryantii             | +                                |        |                    |                                 |                      | +         |             |             |
|                      | thermocautotrophicum |                  | +                    |                                  |        |                    |                                 |                      |           | +           |             |
|                      | Methanobrevibacter   | ruminantium      | +                    | +                                |        |                    |                                 |                      | +         |             |             |
|                      |                      | arboriphilus     | +                    |                                  |        |                    |                                 |                      | +         |             |             |
| smithii              |                      | +                | +                    |                                  |        |                    |                                 | +                    |           |             |             |
| Methanothermobacter  | Methanothermus       | fervidus         | +                    |                                  |        |                    |                                 |                      |           | +           |             |
| Methanoplanaceae     | Methanoplanus        | limicola         | +                    | +                                |        |                    |                                 | +                    |           |             |             |
| Méthanococcales      | Methanococcaceae     | Methanococcus    | vannielii            | +                                | +      |                    |                                 |                      | +         |             |             |
|                      |                      |                  | vultus               | +                                | +      |                    |                                 |                      | +         |             |             |
|                      |                      |                  | thermolithotrophicus | +                                | +      |                    |                                 |                      |           |             | +           |
| Méthanocicrobiales   | Methanomicrobiaceae  | Methanomicrobium | mobile               | +                                | +      |                    |                                 |                      | +         |             |             |
|                      |                      |                  | Methanogenium        | cariaci                          | +      | +                  |                                 |                      |           | +           |             |
|                      |                      | marianipri       | +                    | +                                |        |                    |                                 |                      | +         |             |             |
|                      |                      | Methanohalobium  | tindarium            |                                  |        | +                  | +                               |                      |           | +           |             |
|                      | Methanospirillum     | hungatei         | +                    | +                                |        |                    |                                 |                      | +         |             |             |
|                      | Methanosaetia        | Methanosaetia    | barkeri              | +                                |        | +                  | +                               | +                    | +         | +           |             |
| TM-1                 |                      |                  |                      |                                  | +      | +                  | +                               | +                    |           | +           |             |
| Methanostreptococcus | Methanostreptococcus | schlegelii       |                      |                                  |        |                    | +                               | +                    |           |             |             |
| ?                    | ?                    | Methanoplanus    | elisabethii          | +                                | +      |                    |                                 |                      | +         |             |             |

Les deux voies de la méthanogénèse sont donc :



} énergie ?

#### 1.4 - Conclusion

La biométhanisation est donc une succession d'étapes dans lesquelles interviennent des bactéries spécifiques et qui conduit à la production de méthane. Ce processus peut être résumé par le schéma suivant :

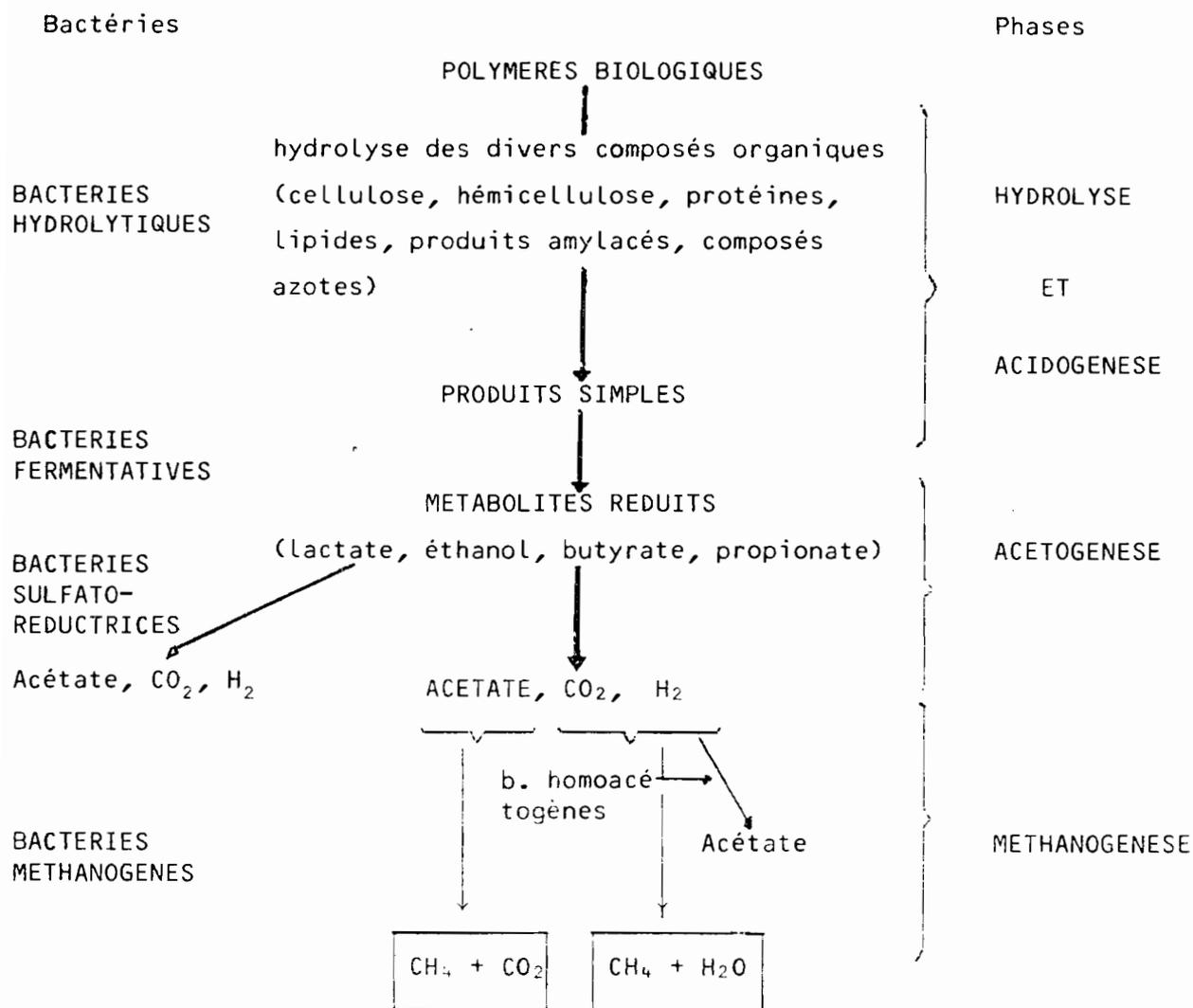


Tableau 4 - Facteurs conditionnant la fermentation anaérobie

|                                  | bons                     | inhibiteurs ou limitants |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Température                      | 35 +/- 3°C<br>50 à 60 °C |                          |
| pH                               | 7 +/- 0,5                |                          |
| * DCO (mg/l)                     | 10 000                   | < 3 000                  |
| * C / N                          | 30                       | > 100                    |
| * C / P                          | 150                      | < 50                     |
| DCO / N / P                      | 350 / 5 / 1              |                          |
| bicarbonates (mg/l)              | 2000 à 5000              | < 2000                   |
| * AGV (mg/l)                     | 200 à 700                | > 2000                   |
| NaCl (mg/l)                      |                          | > 5000                   |
| NH <sub>3</sub> Azote ammoniacal |                          | > 1500 ?                 |
| Na <sup>+</sup> (mg/l)           | 100 à 200                | > 3500                   |
| K <sup>+</sup> (mg/l)            | 200 à 400                | > 2500                   |
| Ca <sup>++</sup> (mg/l)          | 100 à 200                | > 2500                   |
| H <sup>+</sup> (mg/l)            | 75 à 150                 | > 1000                   |
| Sulfures HS <sup>-</sup> (mg/l)  |                          | > 100                    |
| Détergents, Cu, Ni, Cl, Zn, Pb   | absents                  | > 1 mg/l ?               |

\* DCO : Demande Chimique en Oxygène

\* C/N : Rapport Carbone sur Azote

\* C/P : Rapport Carbone sur Phosphore

\* AGV : Acides Gras Volatils

Ce schéma récapitulatif met également en évidence les problèmes de compétition qui peuvent intervenir entre les bactéries méthanigènes et les bactéries sulfatoréductrices ou homoacétogènes.

Dans le suivi d'un digesteur, il faudra chercher à éviter ces compétitions.

Pour que la méthanogénèse puisse se dérouler de manière satisfaisante, un certain nombre de conditions sont à respecter et nous allons maintenant exposer les différents paramètres du fonctionnement d'un digesteur.

## 2 - LES CONDITIONS A REALISER DANS LE DIGESTEUR (d'après les dossiers du GRET, 1983)

Des études ont été réalisées sur le fonctionnement des digesteurs afin de déterminer les conditions d'une bonne méthanogénèse. Le tableau 4, qui a été réalisé à partir des chiffres donnés par B. Lagrange et l'Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie, montre que les conditions de fermentation ne sont pas très strictes. En contrôlant bien les facteurs inhibiteurs, il est possible d'adapter la flore microbienne à un substrat donné.

### 2.1 - L'absence d'oxygène

Comme nous l'avons vu précédemment, les bactéries méthanogènes ne peuvent se développer et se reproduire qu'en anaérobiose stricte. La cuve doit être étanche à l'air et à l'eau de pluie fortement oxygénée.

### 2.2 - La température

Trois plages de température conviennent à trois groupes de bactéries.

- a) Les bactéries psychrophiles :  $< 20^{\circ}\text{C}$
- b) Les bactéries mésophiles :  $30 < T < 35^{\circ}\text{C}$  avec un optimum à  $32^{\circ}\text{C}$
- c) Les bactéries thermophiles :  $50 < T < 55^{\circ}\text{C}$

La vitesse de production augmente régulièrement de  $10$  à  $55^{\circ}\text{C}$  et les bactéries sont tuées au-dessus de  $60^{\circ}\text{C}$ .

La zone thermophile semble la plus intéressante au niveau de la production, d'autant plus qu'elle détruit les éléments pathogènes. Mais cette plage de température comporte également des inconvénients :

- . Demande énergétique très importante pour maintenir cette température (intérêt économique du système?).

- . A cette température, les bactéries ne peuvent pas supporter des écarts supérieurs à 0,3°C.

- . La nécessité d'un maintien en température précis entraîne un accroissement de la complexité et donc de la fragilité du système.

- . Le substrat digéré à 50°C est plus pauvre en matière organique que celui digéré à 35°C et donc présente des possibilités agronomiques moindres.

- . L'élévation de la température entraîne un enrichissement du biogaz en vapeur d'eau, créant des problèmes dans les canalisations (condensations).

De manière générale, il faut chercher à maintenir une température régulière pour permettre à une famille adaptée de traiter le substrat. Il est préférable de travailler dans une zone mésophile.

### 2.3 - Le potentiel hydrogène (pH)

La fermentation idéale se situe entre 6,6 et 7,6 avec un optimum de 7,2.

En milieu acide, il y a une accumulation d'acides organiques qui inhibe le métabolisme des bactéries (la fermentation s'arrête en-dessous de 6). Dans le cas d'une diminution importante du pH, on peut ajouter de la chaux dans le substrat.

En milieu basique, la fermentation provoque la formation de H<sub>2</sub>S et H<sub>2</sub>. Un pH élevé persistant peut être dû à un excès d'azote dans le substrat. On peut donc augmenter l'apport de matières végétales.

Il est très important de suivre l'évolution du pH dans un digesteur.

#### 2.4 - Le rapport carbone-azote (C/N)

Le carbone est une source d'énergie et comme l'azote, un élément de l'édification des structures cellulaires.

Les bactéries consomment environ 30 fois plus de carbone que d'azote : le rapport C/N optimum est donc de 30. Ce rapport diminue au moment de la phase de méthanogénèse avec la perte de carbone (CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub>) plus importante que celle d'azote.

Un rapport C/N élevé traduit la présence d'un substrat difficilement dégradable.

Si le rapport C/N est trop bas (cas de l'utilisation de déchets humains uniquement), l'ammoniac accumulé peut être toxique.

Les matériaux utilisés dans la fermentation méthanique présentent rarement le rapport C/N adéquat ; le mélange de matières est un facteur de réussite.

#### 2.5 - Ensemencement en microorganismes

Les déchets animaux contiennent déjà des microorganismes méthanogènes qui proviennent de la flore digestive. Le démarrage de la fermentation se trouve néanmoins facilité si on ensemence le substrat avec un liquide en pleine phase de fermentation.

Pratiquement, cet ensemencement se fait avec des jus ou "pied de cuve" de fermentation précédente.

#### 2.6 - La teneur en eau

Pour une bonne méthanogénèse, les bactéries impliquées nécessitent un minimum de 50% d'humidité. Dans la pratique, le taux d'humidité est imposé par le procédé de fermentation utilisé. En général, on submerge le substrat afin d'obtenir un milieu anaérobie indispensable à la méthanogénèse.

## 2.7 - Le temps de rétention

On appelle temps de rétention, le temps de séjour du substrat dans le digesteur. Il dépend :

- de la température : plus la température est élevée, plus la digestion est rapide.
- du taux de matière sèche : plus la teneur en eau et en particule fine est forte, plus la digestion est rapide.
- de la qualité requise de l'effluent : plus le temps de rétention est grand, plus le substrat est épuré.
- du type de digesteur
- de critères économiques : adéquation entre la masse à digérer et la dimension de la cuve.

Nous venons de voir les différents facteurs qu'il est nécessaire de contrôler pour une bonne biométhanisation mais il faut savoir également que la quantité d'énergie produite par une quantité donnée de biomasse est liée à la nature du substrat.

### 3 - LES PRODUITS DE LA FERMENTATION

La biométhanisation est un processus qui conduit à l'obtention de deux produits, le biogaz et le compost, que nous allons maintenant présenter.

#### 3.1 - Le biogaz

Il s'agit en fait d'un mélange de plusieurs gaz dont les proportions sont variables (variations d'un jour à l'autre, d'un digesteur à un autre). De façon générale la composition moyenne du biogaz est la suivante :

|                  |          |
|------------------|----------|
| Méthane          | 50 à 85% |
| Gaz carbonique   | 15 à 50% |
| Hydrogène        | 1 à 3%   |
| Oxygène          | 0,1 à 1% |
| Oxyde de carbone | 0 à 0,1% |
| Azote            | 0,5 à 3% |
| Gaz divers       | 0,5 à 5% |
| Vapeur d'eau     | variable |

On cherche généralement à obtenir un biogaz "riche" c'est-à-dire comportant 80% de méthane (Avec 50% de  $\text{CH}_4$ , on parle de biogaz "pauvre"). Pour une utilisation à des fins énergétiques, on caractérise le gaz par son Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) sachant que celui du méthane pur est de  $8580 \text{ kcal/m}^3$ .

Le principal élément combustible du biogaz est le méthane ( $\text{CH}_4$ ). D'autres éléments comme le  $\text{CO}_2$ , l'eau et le sulfure d'hydrogène posent des problèmes :

- .  $\text{CO}_2$  : prend de la place dans les stockages
- .  $\text{H}_2\text{O}$  : favorise la corrosion en cas de condensation
- . Le sulfure d'hydrogène, puissant réducteur, est très corrosif.

D'ailleurs, les fabricants de moteurs ou de brûleurs indiquent les teneurs à ne pas dépasser.

Le biogaz représente une source d'énergie intéressante qu'il faut prendre en considération.

### 3.2 - Le compost

En fin de fermentation, le résidu constitue une excellente fumure organique : le compost ou métha-compost.

On retrouve au niveau de ce résidu tous les éléments fertilisants du produit de départ. De plus, les pertes d'azote observées dans le cas d'une fermentation aérobie sont évitées.

Par rapport au produit de départ, une partie de la matière sèche a disparu, la charge polluante est diminuée, le compost est désodorisé, stabilisé et les éléments minéraux sont plus facilement assimilables.

L'utilisation des compost semble donc être d'un grand intérêt agronomique.

On se rend compte ici que la méthanisation, outre son caractère de dépollution, conduit à des produits très intéressants à exploiter.

Nous venons de présenter les aspects fondamentaux de la fermentation méthanique et nous exposerons plus loin les essais qui ont été réalisés en utilisant les déchets d'abattoir comme substrat.

*Trouver un exemple  
de titre d'exemple ?*

\*\*\*

## CHAPITRE II - INTERET DE LA MISE EN PLACE D'UNE UNITE INDUSTRIELLE DE METHANISATION DANS LE CAS DE L'ABATTOIR DE DAKAR

Nous essaierons dans cette partie de présenter l'abattoir de Dakar et de mettre en évidence l'intérêt de la biométhanisation de ses déchets.

### 1 - PRESENTATION DE L'ABATTOIR DE DAKAR

Pour l'exercice 83/84, les chiffres sont les suivants :

- 55 000 bovins
- 170 000 ovins et caprins
- 6 500 porcins

soit 9 900 tonnes de carcasses. L'abattage quotidien moyen est donc de 151 bovins, 461 ovins et caprins et 18 porcins (PETITCLERC, 1985).

L'activité de l'abattoir est sensiblement identique toute l'année, à l'exception :

- des fêtes de la "Tabaski" ou "Aïd el Kebir" où chaque famille musulmane se doit de tuer un mouton. Il s'ensuit une diminution de l'abattage au niveau de l'abattoir.

- des fêtes de fin d'année qui se caractérisent par une légère augmentation sur les ovins-caprins.

- de la fin de la saison sèche : les éleveurs font abattre plus d'animaux de peur qu'ils ne survivent à la "soudure" avec la saison des pluies.

Cette stabilité de l'activité de l'abattoir permet d'envisager un système de méthanisation en continu sans que celui-ci soit surdimensionné pendant de longues périodes de l'année.

2 - LES DECHETS DISPONIBLES

Nous avons regroupé dans le tableau 5 les différents déchets et sous-produits de l'abattoir ainsi que leurs destinations actuelles.

Tableau 5 - Déchets et sous-produits de l'abattoir. Destination actuelle (PETITCLERC, 1985)

| Nature du déchet                       | Production journalière moyenne |         | Destination actuelle         |
|--|--------------------------------|---------|------------------------------|
|  | brute                          | en MS   |                              |
| Viandes saisies                        | -                              | -       | ZOO<br>décharge              |
| Os "hors carcasses"                    | -                              | -       | Farine d'os                  |
| Onglons, cornes                        | -                              | -       | exportation (en-<br>grais N) |
| Soies, poils, etc..                    | 200 kg                         | 60 kg   | décharge                     |
| Sang                                   | 4500 l                         | -       | Egout                        |
| Fumier                                 | 500 kg                         | 150 kg  | Maraîchers<br>Décharge       |
| Matières stercoraires<br>bovins        | 7250 kg                        | 1200 kg | Egout                        |
| Matières stercoraires<br>ovins-caprins | 2250 kg                        | 370 kg  | Egout                        |

Il faut noter qu'il existe une usine de farine de sang dans l'enceinte de l'abattoir depuis 1974, mais elle n'a jamais fonctionné.

D'après les observations de Mme PETITCLERC, on peut compter sur 45 kg de matières stercoraires par bovins et 4,5 kg par ovin ou caprin. Ces moyennes correspondent à celles retenues en Europe (E.N.V.I.P.A.C.T., 1984).

Comme nous le verrons dans le chapitre III, les sous-produits utilisables pour la fermentation méthanique sont les fumiers, les matières stercoraires et les déchets divers. Cela représente une quantité moyenne journalière de 1780 kg de matières sèches de déchets utilisables dans un fermenteur, soit 10200 kg de produits bruts.

### 3 - INTERETS D'UNE UNITE INDUSTRIELLE

#### 3.1 - Les problèmes de pollution

Actuellement la plupart des déchets sont rejetés dans les égouts et se retrouvent donc à la mer sans aucun traitement préalable. De ce fait, le taux de charge des effluents de l'abattoir est largement supérieur aux normes fixées.

L'établissement d'une "redevance pollution" dans un proche avenir contraindra l'abattoir à réduire la charge polluante de ses eaux résiduaires.

Pour cette raison, il semble intéressant de réaliser une installation de fermentation méthanique pour diminuer les nuisances que sont les odeurs, le risque de contamination par des germes pathogènes et la pollution marine. La mise en place d'un tel système permet d'envisager à plus long terme une dépollution totale des eaux.

De même, l'effluent de la fermentation devra être contrôlé et épuré si cela est nécessaire (compostage aérobie).

#### 3.2 - Les besoins énergétiques

##### 3.2.1 - La consommation électrique

L'entrepôt frigorifique qui a été agrandi en 1980 représente 90% de la consommation électrique totale. La facture annuelle d'électricité est évaluée à 50 millions de francs CFA. La mise en place de groupes électrogènes fonctionnant au biogaz permettrait de réduire cette facture surtout si la production de courant est réalisée aux "heures de pointe" (PETITCLERC estime ses économies à 19 millions de francs CFA). De plus cette production autonome d'électricité permettrait de pallier aux fréquentes coupures qui sont à l'origine d'un manque à gagner non négligeable (arrêt de la chaîne d'abattage, arrêt des chambres froides...). Ces pertes s'élèvent à 9,5 millions de francs CFA (PETITCLERC, 1985). L'idéal serait de disposer d'une autonomie suffisante pour pallier à une panne de réseau d'une journée de travail.

*Alors pourquoi  
de fermer ? - Fréquentes - -*

### 3.2.2 - La consommation d'eau chaude

Au niveau de l'abattoir, la production d'eau chaude est nécessaire

pour :

- l'échaudage des porcs : la température de 70-80°C est obtenue en chauffant sur feu de bois, ce qui représente une facture annuelle de 450 000 FCFA. ?

- le nettoyage périodique des sols à l'aide d'un kärcher qui chauffe l'eau à 85°C.

Dans l'hypothèse de la mise en place de groupes électrogènes fonctionnant au biogaz, l'installation de récupérateurs de chaleur à ce niveau permettrait la fourniture en eau chaude de l'abattoir aussi bien pour l'échaudage des porcs que pour le nettoyage. Cela permettrait une économie de bois et d'électricité non négligeable.

### 3.3 - L'obtention d'un fertilisant

Cet aspect de la fermentation méthanique rentre plus dans les préoccupations nationales que dans celles de l'abattoir lui-même. En effet, le Sénégal manque d'amendement organique et il est donc primordial de concevoir la récupération des résidus solides de la méthanisation pour une valorisation agronomique. Cette utilisation montre encore l'intérêt de la mise en place d'une unité industrielle de méthanisation ; l'abattoir pourra tirer un bénéfice supplémentaire par la vente de ce produit.

Nous venons de présenter la nature des déchets disponibles et de fixer les objectifs qui permettent de justifier la mise en place d'un mode de traitement des déchets solides de l'abattoir. Nous allons maintenant exposer les essais de fermentation méthanique qui ont été réalisés sur ces sous-produits et ainsi définir les caractéristiques du fermenteur à utiliser.



Tableau 6 - Caractéristiques physico-chimiques des principaux déchets de l'abattoir de Dakar (PETITCLERC, 1985)

|        | Matières stercoraires |                       | Fumier  | Sang   |
|--------|-----------------------|-----------------------|---------|--------|
|        | de bovins             | d'ovins               |         |        |
| % M.S. | 10 à 20<br>moyenne 17 | 10 à 20<br>moyenne 17 | 18 à 25 | 10     |
| M.M.   | 11                    | -                     | 7       | -      |
| M.V.S. | 89                    | -                     | 93      | -      |
| C      | 44,7                  | 40,7                  | -       | 55 *   |
| N      | 1,16                  | 2,1                   | 1,7     | 3,1 *  |
| C/N    | 38,5                  | 19,4                  | -       | 18 *   |
| P      | 0,52                  | 0,60                  | -       | 0,16 * |
| K      | 0,29                  | 0,68                  | -       | -      |
| Na     | 1,2                   | 0,46                  | -       | -      |
| Ca     | 0,52                  | 0,83                  | -       | -      |
| Mg     | 0,14                  | 0,29                  | -       | -      |

\* : Données de l'A.N.R.E.D. / 5 /

Remarques : tous ces chiffres, sauf la M.S. et le rapport C/N, sont exprimés en % de la M.S.

M.S. : Matières sèches

M.M. : Matières minérales

M.V.S. : Matières sèches volatiles

C : Carbone

Na : Sodium

N : Azote

Ca : Calcium

P : Phosphore

Mg : Magnésium

K : Potassium

## CHAPITRE III - ESSAIS DE FERMENTATION METHANIQUE AVEC DES DECHETS D'ABATTOIRS

Ces essais ont été réalisés de janvier à juillet 1984 et de décembre 1984 à mars 1985 par Anne PETITCLERC de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures dans le cadre d'un mémoire pour l'obtention d'un diplôme de docteur-ingénieur.

Ils ont porté sur les différents déchets disponibles à l'abattoir de Dakar (SERAS) et sur plusieurs types de fermenteur. Au cours de ces expérimentations, tous les paramètres ont été contrôlés afin de définir les conditions optimales de la méthanisation et donc de production de méthane.

Dans un premier temps, nous présenterons les matières premières disponibles ainsi que les fermenteurs utilisés puis dans un second temps, nous exposerons les résultats obtenus.

### 1 - EXPERIMENTATIONS EN LABORATOIRE

#### 1.1 - Les matières premières étudiées

##### 1.1.1 - Les matières stercoraires de bovins

Il s'agit du déchet le plus abondant non valorisé à l'abattoir (environ 70% de l'ensemble). Ces matières sont jaunes, très pailleuses d'aspect et contiennent des fibres de 4 à 5 cm.

##### 1.1.2 - Le fumier

Ce fumier provenant des aires d'attente est actuellement mal valorisé. Il est sec et sableux.

##### 1.1.3 - Le sang

Il s'agit d'un déchet abondant au niveau de l'abattoir de Dakar. Les essais ont porté sur sa fermentescibilité afin d'étudier les possibilités d'introduction dans un fermenteur.

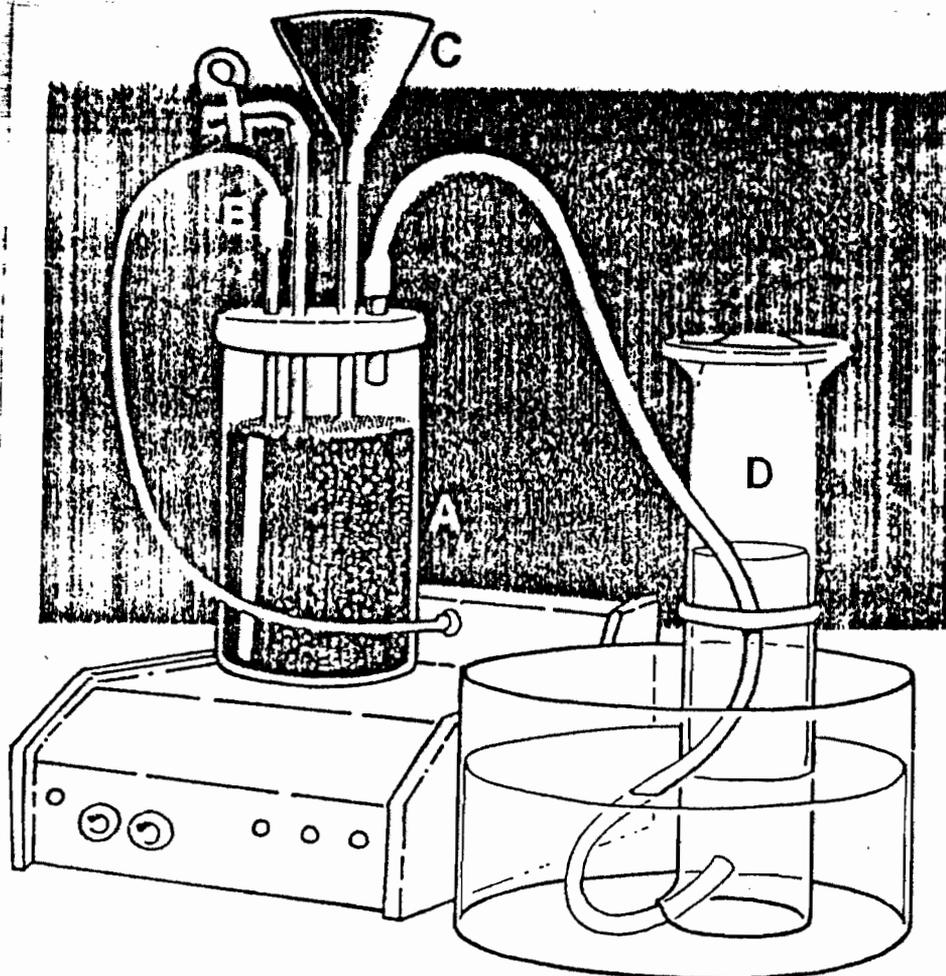
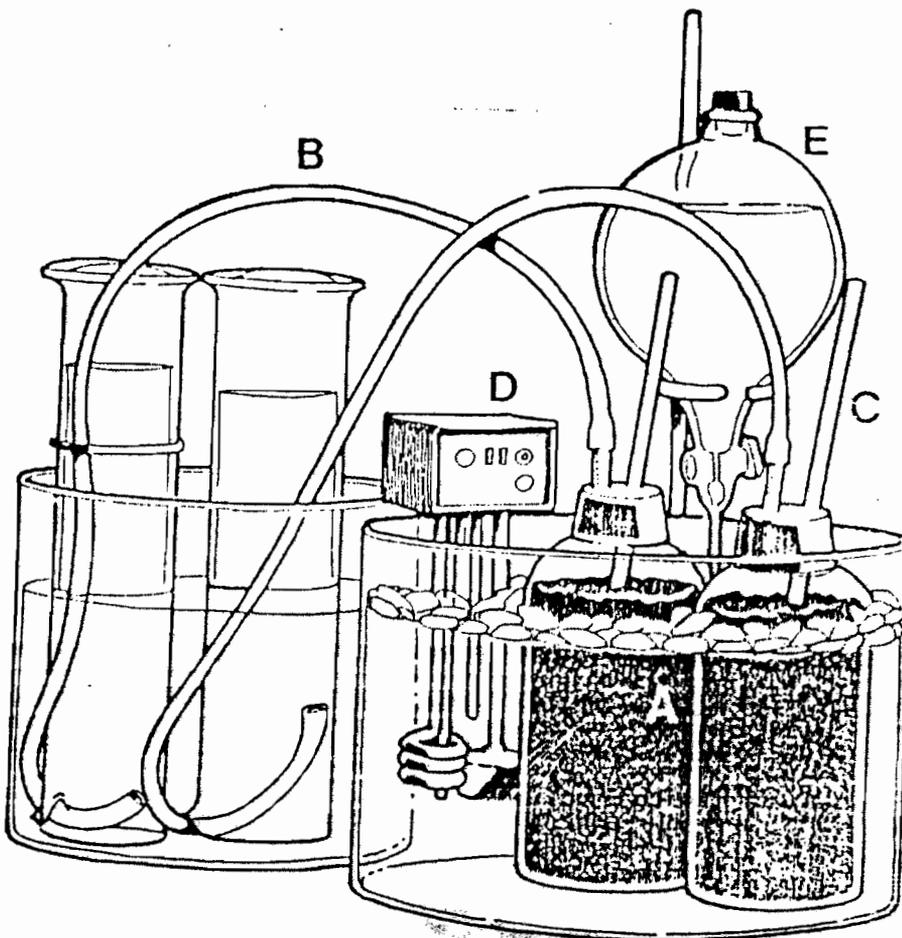


Schéma 2 - Pilote de laboratoire en discontinu



#### 1.1.4 - Les matières stercoraires d'ovins-caprins

De même apparence que celles des bovins, elles présentent à l'analyse des différences (cf. tableau 6 ).

#### 1.1.5 - Les matières stercoraires des bovins d'embouche

Les bovins d'embouche ne représentent que 10% de l'abattage.

L'aspect de ces matières est différent de celles des animaux transhumants.

D'autres déchets comme les poils ou les soies, bien que peu fermentescibles, peuvent vraisemblablement être introduits dans une grande installation sans que cela ne pose de problème.

### 1.2 - Les fermenteurs utilisés

#### 1.2.1 - Pilote de laboratoire en continu (schéma 1 )

Il s'agit d'un fermenteur pilote (A) de 1,5 litres, chauffé à la température désirée par une résistance intérieure thermostatée et agité par intermittence. L'entonnoir (C) permet l'alimentation en semi-continue, une fois par jour, par gravité. La mesure de la production quotidienne de biogaz se fait à l'aide d'une éprouvette plongeant dans une solution acide de sulfate de potassium ( $H_2SO_4 + K_2SO_4$ ) pour éviter la solubilisation du gaz carbonique.

Avec ce type de fermenteur, un essai avec des matières stercoraires de bovins transhumants a été réalisé. En même temps que l'alimentation, on prélève la même quantité de liquide chaque jour.

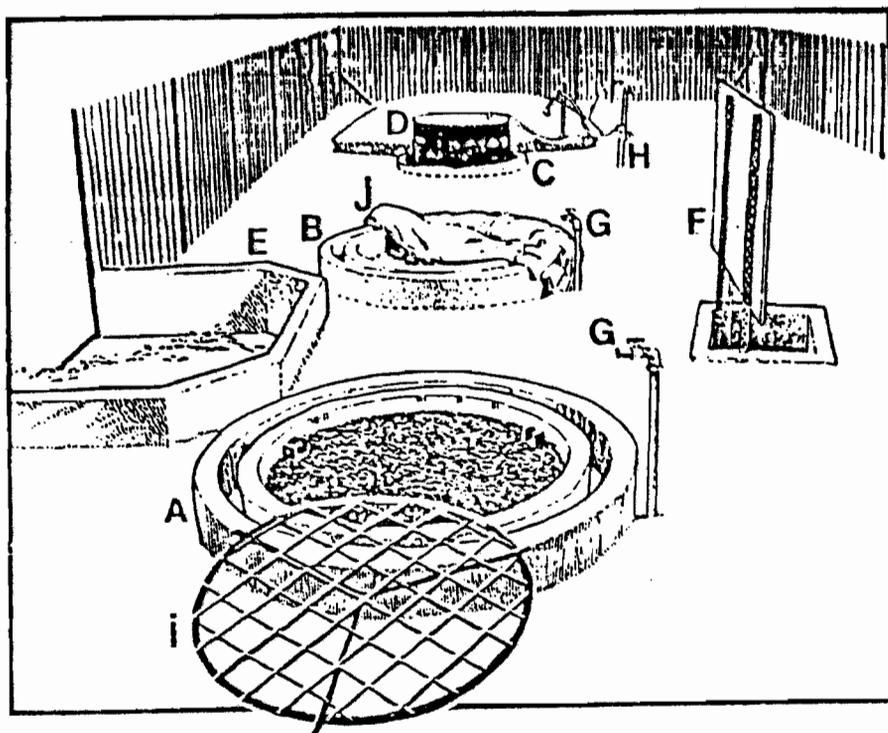
Il s'est avéré au cours de l'expérimentation que la manipulation de ce substrat est difficile à travers les tuyaux utilisés. L'essai a dû être arrêté au 75<sup>e</sup> jour. Les résultats sont rapportés dans le tableau 7 .

#### 1.2.2 - Pilotes de laboratoire en discontinu (schéma 2 )

Il s'agit de fermenteurs de 2,5 litres constitués par de simples bouchons (A) munis d'une sortie de gaz (B) et d'un guide à l'agitateur (C). Ces bouchons sont placés dans un bain-marie chauffé par un bloc thermoplongeur thermostaté (D) muni d'une hélice de brassage. Le niveau d'eau est maintenu constant grâce à une réserve (E) reliée au bain et l'évaporation est limitée par une couche de billes de polystyrène expansé.

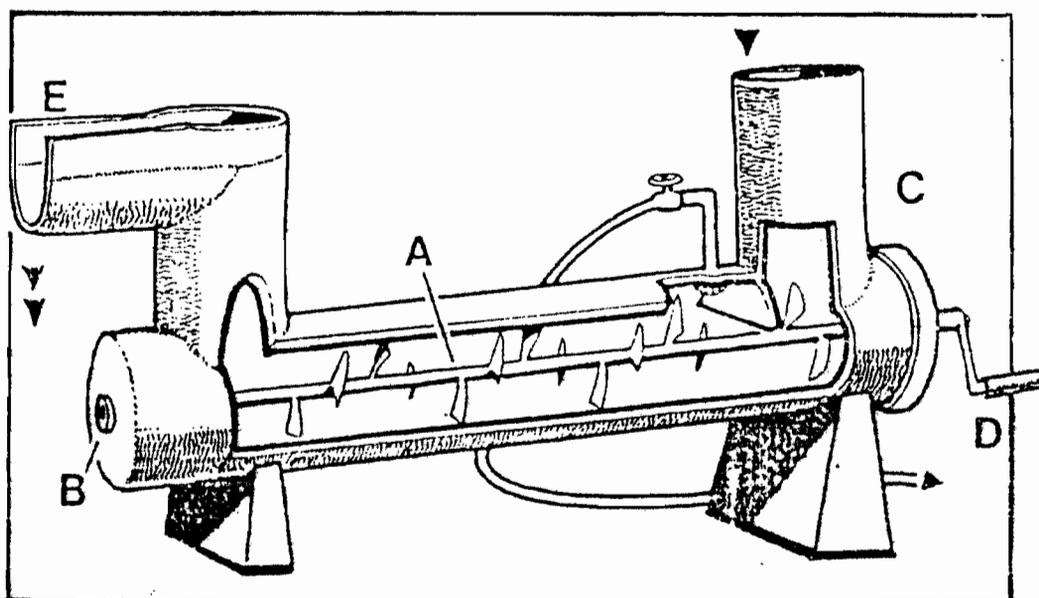
on peut

Schema 3 - FERMENTEURS DISCONTINUS DE 4 m<sup>3</sup>



- A : CUVE EN CHARGEMENT
- B : CUVE VIDE
- C : GAZOMETRE CLOCHE
- D : GAZOMETRE BACHE
- E : AIRE DE STOCKAGE
- F : PANNEAU DE CONTRÔLE
- G, H : CANALISATIONS DE DEPART DU BIOGAZ
- I : GRILLE ANTI-REFOULEMENT
- J : BACHE DE FERMETURE ETANCHE A JUPES

Schéma 4 - PILOTE DE 50 LITRES



Les pilotes sont agités manuellement à peu près 2 fois par jour.

Le gaz est recueilli de la même manière que dans le cas du pilote semi-continu.

9 essais ont été réalisés avec ce type de fermenteur. Les résultats ont été regroupés dans le tableau 9 .

Dans ces pilotes discontinus, l'agitation est difficile d'autant plus que les milieux sont concentrés.

*Pe (*

### 1.2.3 - Fermenteurs discontinus de 4 m<sup>3</sup> (schéma 3 )

Il s'agit d'une installation de fermentation de type rural de deux fois 4 m<sup>3</sup>. Elle est construite sur un modèle proposé par l'IRAT et comprend :

- deux cuves (A et B) d'un volume utile de 3,5 m<sup>3</sup>
- un gazomètre cloche de 2 m<sup>3</sup> (C)
- un gazomètre souple de 6 m<sup>3</sup> (D)
- des équipements annexes : compteur à gaz (F), purges-tuyauteries, vannes, fosses de stockage (E).

Ces cuves sont cylindriques, enterrées, d'une profondeur de 2 mètres et d'un diamètre intérieur de 1,60 m.

Ces fermenteurs ne sont ni brassés, ni chauffés.

Ce type de digesteur est intéressant car il permet d'obtenir du compost en grande quantité.

Trois essais ont été entrepris et les résultats sont regroupés dans le tableau 8 .

*admt.  
pourquoi?*

### 1.2.4 - Pilote de 50 litres (schéma 4 )

Il s'agit d'un pilote en tôle galvanisée soudée, inspiré des fermenteurs de type "zaïrois". Il a été réalisé afin de tester le transit des matières stercoraires dans un cylindre incliné.

Son volume utile est de 30 litres pour une longueur de transit anaérobie de 1 mètre. Il est équipé d'un agitateur (A) qui tourne dans un guide constitué d'un bouchon (B). Le couvercle (C) est amovible ainsi que la manivelle (D) qui se visse sur l'agitateur.

L'utilisation de ce fermenteur a permis de mettre en évidence différents points :

- le dispositif de brassage fonctionne bien
- les matières transitent de façon homogène
- la concentration optimale est de 10 à 11% de matière sèche soit 1 volume d'eau pour un volume de matière fraîche.

Tout au long de l'essai, d'importants dégagements gazeux ont été observés pendant le brassage. Il a alors été décidé de transformer le prototype en fermenteur en le rendant étanche et en ajoutant un dispositif pour recueillir le biogaz.

## 2 - RESULTATS ET CONCLUSION DES EXPERIMENTATIONS

### 2.1 - Résultats

Tableau 7 - Pilote continu

| Substrat                          | Conc.<br>% MS | Temp.<br>°C | Volume<br>U. l | Durée<br>j | % CH <sub>4</sub> | Rende-<br>ment V.<br>l/l/j | Rende-<br>ment M.<br>l/kg |
|-----------------------------------|---------------|-------------|----------------|------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|
| Matières ster-<br>coraires bovins | 5,5           | 37          | 1,5            | 20         | 85                | 0,23                       | 85                        |

Tableau 8 - Fermenteur I.R.A.T.

| Substrat                          | Conc.<br>% MS | Temp.,<br>°C | Volume<br>U. l | Durée<br>j | % CH <sub>4</sub> | Rende-<br>ment V.<br>l/l/j | Rende-<br>ment M.<br>l/kg |
|-----------------------------------|---------------|--------------|----------------|------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|
| Matières ster-<br>coraires bovins | 15            | 26           | 3500           | 50         | -                 | 0,28                       | 95                        |
| Fumier                            | 17            | 20           | 3500           | 50         | -                 | 0,27                       | 79                        |
| Fumier et Mat.<br>stercoraires    | 14            | 23           | 3500           | 50         | -                 | 0,25                       | 89                        |

Conc = concentration

Temp. = température

U. = utile

V. = volumique en litre de biogaz/litre de cuve utile/jour

M. = massique en litre de biogaz/kg de matière sèche.

Tableau 9 - Fermenteur discontinu

| Substrat                      | Concentration % MS | Température °C | Volume utile l | Durée j | % CH <sub>4</sub> | Rendement volumique L/L/j | Rendement massique L/kg |
|-------------------------------|--------------------|----------------|----------------|---------|-------------------|---------------------------|-------------------------|
| Matières stercoraires bovins  | 5,5                | 37             | 2,5            | 30      | 89                | 0,24                      | 136                     |
| Matières stercoraires bovins  | 11                 | 37             | 2,5            | 30      | 90                | 0,26                      | 72                      |
| Matières stercoraires bovins  | 5,5                | 28             | 2,5            | 30      | -                 | 0,09                      | 51                      |
| Fumier                        | 7                  | 37             | 1,5            | 30      | 72                | 0,29                      | 126                     |
| Matières stercoraires bovins  | 6,6                | 37             | 2,4            | 30      | 82                | 0,37                      | 165                     |
| Sang et matières stercoraires | 8,75               | 37             | 2,4            | 30      | 84                | 0,05                      | 16                      |
| Matières stercoraires bovins  | 8,75               | 37             | 2,4            | 30      | 73                | 0,38                      | 132                     |
| Mat. stercoraires ovins       | 7,9                | 37             | 2,4            | 30      | 77                | 0,38                      | 142                     |
| Mat. stercoraires bovins -    | 7,8                | 37             | 2,4            | 30      | 63                | 0,29                      | 127                     |

## 2.2 - Conclusion des expérimentations

A partir des résultats que nous venons de présenter, nous allons essayer d'exposer les conditions d'une production de biogaz maximale.

### 2.2.1 - Les matières premières

On remarque une bonne production de biogaz avec les matières stercoraires en général et le fumier. Par contre le rendement chute lorsque l'on ajoute du sang.

L'introduction de ces derniers déchets doit être évitée tant que la flore méthanogène n'est pas adaptée à dégrader le sang.

### 2.2.2 - Le type de fermenteur

La fermentation des matières stercoraires se caractérise par un démarrage rapide et plus particulièrement dans le cas des ovins-caprins (PETITCLERC, 1985).

De ce fait le stockage n'est pas envisageable. La seule solution à retenir dans le cas d'une installation industrielle ou à grande échelle est la fermentation en continu. Comme nous l'avons vu dans l'essai en semi-continu, il faudra veiller, au moment de la conception d'une grande unité, à dimensionner les tuyauteries et tous les équipements périphériques en fonction de la nature fibreuse du substrat.

Les essais en discontinu en laboratoire apportent néanmoins des renseignements intéressants sur le potentiel méthanogène des substrats.

### 2.2.3 - La température optimale

Les deux essais réalisés dans le fermenteur discontinu et dans les mêmes conditions, à l'exception de la température, montrent que la température optimale de fermentation est 37°C. Cela confirme les résultats de Lagrange (1979).

Il est à noter que les pannes de chauffage enregistrés pendant les manipulations se sont toujours traduites par une baisse de la production de biogaz. La température doit être stabilisée à 37°C.

### 2.2.4 - La dilution optimale

Lorsque l'on s'intéresse aux 4 essais réalisés dans le fermenteur discontinu et dans les mêmes conditions en faisant varier le pourcentage de matière sèche (5,5 ; 6,6 ; 8,75 ; 11), on constate que les meilleurs rendements volumiques et massiques sont obtenus à 7% de matières sèches. Mais il semble possible de faire varier la concentration entre 7 et 10% sans diminuer de manière significative les rendements.

### 2.2.5 - L'agitation

Au cours des essais en laboratoire réalisés dans des bocaux en verre, il a été possible de mettre en évidence 3 points :

- Entre deux agitations, les matières stercoraires remontent à la surface et une grande partie émerge.
- Dans le cas des contenus de panses de bovins transhumants, on remarque la formation de croûtes.
- La production de biogaz s'intensifie au moment de l'agitation, ce qui nous permet de penser que le gaz produit est "piégé" dans la masse.

Ces trois observations mettent en évidence la nécessité d'une agitation régulière, sinon permanente, assurant l'homogénéisation du substrat sans formation de croûte.

### 2.2.6 - Le temps de séjour optimal

En régime continu stabilisé, le temps de séjour peut être réduit à 20 jours. Mais si on recherche un compost de meilleure qualité et donc une dégradation plus poussée du substrat, il faut retenir un temps de rétention de 25 jours.

### 2.2.7 - Production de gaz, composition du biogaz

La teneur moyenne de méthane dans le biogaz produit s'élève à 83% sur l'ensemble des essais réalisés en laboratoire.

A la suite de ces essais, il est possible d'envisager, dans le cas des déchets de l'abattoir de Dakar, avec 9% de matières sèches et un temps de rétention de 25 jours, un rendement volumique moyen de 0,7 litre de biogaz par litre de cuve utile et par jour.

Le très fort taux de méthane semble être dû à une erreur de manipulation : 75% semble plus raisonnable et représente tout de même un taux élevé. Le rendement en méthane serait alors de 0,5 litre par litre de cuve et par jour, soit 150 litres par kg de matières sèches.

### 2.2.8 - Le compost

Le compost étudié dans la suite de ce rapport sur différentes cultures d'hivernage est issu du fermenteur I.R.A.T. Il s'agit d'un mélange de fumier et de matières stercoraires ayant subi une fermentation anaérobie supérieure à 60 jours et 15 jours de finition aérobie. Le produit obtenu a alors l'aspect d'un bon terreau. La nature de ce compost sera étudiée dans la suite de ce rapport.

### 2.2.9 - Conclusion

Les travaux que nous venons d'exposer permettent de définir les conditions d'une bonne production de biogaz à partir de déchets d'abattoir, à l'échelle du laboratoire. Les conditions à réaliser sont les suivantes :

- utiliser un mélange de matières stercoraires et de fumier en excluant le sang
- travailler en système continu
- maintenir une température constante de 35-37°C
- rechercher une concentration de 7 à 10% de matières sèches
- réaliser une agitation régulière, sinon permanente
- s'attacher à un temps de séjour de 25 jours afin de produire un compost de meilleure qualité.

Ces travaux en laboratoire montrent qu'il est possible de réaliser une fermentation méthanique en utilisant comme substrat des déchets d'abattoirs. Il serait intéressant de passer à une échelle industrielle pour la valorisation des déchets de l'abattoir de Dakar et résoudre ainsi les problèmes qui y sont liés.



## CHAPITRE IV - DIMENSIONNEMENT D'UNE UNITE DE METHANISATION POUR L'ABATTOIR DE DAKAR

### 1 - DETERMINATION DES CONTRAINTES

Nous venons de démontrer l'intérêt d'un système de fermentation mais au moment du choix d'un procédé il faudra prendre en compte les caractéristiques techniques, humaines et économiques de l'abattoir de Dakar.

#### 1.1 - La consommation d'eau

L'eau est très chère au Sénégal, ainsi devra-t-on choisir un procédé dans lequel la consommation en eau sera réduite au lavage de l'appareillage.

#### 1.2 - Le stockage est impossible

Il faut donc concevoir un fermenteur suffisamment grand pour écouler la production journalière de déchets. On pourra réaliser une fosse de mélange si cela est nécessaire. Un sous-dimensionnement reposerait le problème de la pollution.

#### 1.3 - Réduire la manutention

Il serait plus intéressant de réaliser l'installation à proximité de la source de déchets. Un bâtiment désaffecté situé à l'intérieur de l'usine est disponible mais impose ses dimensions (40 m de long, 17,5 m de large, 6 à 9,75 m de hauteur). Il faudrait donc utiliser un procédé permettant de valoriser ce local.

#### 1.4 - Le niveau de technicité

Il faut absolument éviter une installation trop sophistiquée. D'ailleurs l'exemple de l'Abattoir de Castres où une course à la modernisation en matière de traitement des déchets avait été entreprise, est là pour le rappeler (Nouvelles de l'Ecodéveloppement, 1986). Il est à peu près certain qu'une telle orientation serait vouée à l'échec dans le cas

de l'Abattoir de Dakar à cause, d'une part, des conditions climatiques (atmosphère marine, vents de sable), et d'autre part du décalage technologique. De plus, l'entretien risquerait d'être aléatoire et les réparations très difficiles.

Mais il ne faut pas non plus rechercher un système trop rustique, de type rural par exemple, car il ne serait pas assez performant pour traiter tous les déchets de l'abattoir.

L'idéal serait de trouver un procédé intermédiaire suffisamment performant et pouvant être entretenu par le personnel actuel de l'abattoir, préalablement formé à la fermentation méthanique ou assisté d'un spécialiste.

### 1.5 - Les contraintes de la fermentation méthanique

Les essais, en laboratoire, de méthanisation des déchets d'abattoirs ont permis de déterminer les conditions à respecter dans un fermenteur. Elles sont les mêmes dans le cas d'une installation industrielle et nous les rappelons ici :

- Il faudra maintenir la température constante entre 35 et 38°C. L'utilisation du biogaz pour le chauffage devrait permettre de ne pas subir les coupures de courant.
- La concentration recherchée est de 9%. Il faudra donc ajouter un volume d'eau résiduaire.
- Il faudra éviter la formation de croûte par un brassage périodique.
- Le temps de rétention sera de 25 jours afin d'obtenir un compost de bonne qualité.
- Il faudra éviter l'introduction de substances toxiques dans le fermenteur (grande quantité de sang, détergents, etc..).

De plus, toutes les mesures de sécurité devront être prises autour du fermenteur sachant que le biogaz est combustible et même explosif dans certaines conditions.

## 2 - LE TYPE DE PROCÉDE A RETENIR

La présentation de l'abattoir de Dakar, des utilisations souhaitées des produits de la fermentation et des contraintes auxquelles est soumise l'usine nous permet maintenant d'élaborer un procédé-type adaptable au cas de cet abattoir.

Le plus intéressant serait de réaliser la chaîne suivante :

- une fosse de mélange conçue pour absorber les déchets d'une journée d'activité maximale.
- un fermenteur (ou une batterie de fermenteurs) fonctionnant en continu, en milieu semi-liquide (7 à 10% de MS), maintenu à 37°C et agité.
- un dispositif d'égouttage et de stockage du compost qui sera ensuite commercialisé

- un dispositif de stockage de biogaz pour une utilisation dans des groupes électrogènes qui fonctionneront pendant les heures de pointe et au moment des coupures d'électricité. Il serait bon de réaliser un stockage d'une autonomie d'une journée de travail, soit 8 heures. De plus, des récupérateurs de chaleur au niveau des groupes électrogènes permettraient la production d'eau chaude nécessaire à l'abattoir et au digesteur.

Maintenant que nous avons choisi un procédé, il faut calculer ses dimensions en fonction de l'activité de l'abattoir.

### 2.1 - La fosse de mélange

Sur la période étudiée par PETITCLERC, la production maximale de déchets a été de 14 990 kg (2650 kg MS soit 17,5% de MS). C'est donc à partir de ce chiffre qu'il faut dimensionner la fosse de mélange.

On dispose de 16 m<sup>3</sup> de déchets solides à 17,5% de MS. Il faut donc apporter 14 m<sup>3</sup> d'eaux résiduelles pour atteindre la concentration de 9% recherchée. Cela représente donc un volume à traiter de 30 m<sup>3</sup>.

Il semble plus intéressant de réaliser une fosse de 20 m<sup>3</sup> et de réaliser l'opération mélange/introduction dans le fermenteur deux fois par jour. Cela limite le temps de présence des déchets et les nuisances qui y sont liées.

**Tableau 10 - Propositions d'installation (d'après PETITCLERC, 1985)**

| Equipements                               | Biomagaz                                 | Induferma                         | Science   | Valorga                                  |
|---|--|-----------------------------------|---|--|
| fosse d'alimentation                      | x  | x                                 |   | x  |
| agitateur                                 | x  | x                                 |   | x  |
| broyeur                                   |  | x                                 |   | x  |
| pompe                                     | x  | x                                 | x   | x  |
| digesteur<br>volume utile<br>volume total | 380 m <sup>3</sup><br>420 m <sup>3</sup> | 2 x 75 m <sup>3</sup>             | 2 x 360 m <sup>3</sup>                          | 200 m <sup>3</sup><br>250 m <sup>3</sup> |
| digesteur liquide                         |  | 1 x 50 m <sup>3</sup>             |   |  |
| agitation                                 | biogaz                                   |                                   | mécanique                                       | biogaz                                   |
| chauffage                                 | x  | x                                 | x   | x  |
| séparation<br>solide / liquide            | x  | x                                 | x   | x  |
| épuration biogaz                          |  | lavage CO <sub>2</sub><br>à l'eau | filtres<br>H <sub>2</sub> O et H <sub>2</sub> S |  |
| surpresseur                               |  |                                   | x   |  |
| gazomètre                                 | 2 x 300 m <sup>3</sup>                   |                                   | 700 m <sup>3</sup>                              | 200 m <sup>3</sup>                       |
| compresseur                               | x  | x                                 |   | x  |
| citerne gaz comp.                         |  | x                                 |   |  |
| groupes<br>électrogènes                   | 2 x 48 kW                                | 2 x 20 kW                         | 2 x 100 kW                                      | 1 x 48 kW                                |
| chaudière                                 |  | x                                 |   |  |
| ballon eau chaude                         |  | x                                 |   |  |
| Prix en millions<br>de FCFA               | 110                                      | 130                               | 90  | 400                                      |
| Prix après<br>modifications               | 120                                      | 185                               | 90  | 450                                      |

Cette fosse peut être réalisée par une entreprise non spécialisée et elle doit se situer à l'entrée du ou des fermenteurs.

## 2.2 - Volume de fermentation

La production journalière de déchets est de 10200 kg, ce qui représente un volume de 11 m<sup>3</sup> à 17% de MS. Pour atteindre la concentration recherchée (9% MS), il faut apporter 9 m<sup>3</sup> d'eaux résiduaires. Le volume journalier à traiter est donc de 20 m<sup>3</sup>. Sachant que l'on a retenu un temps de rétention de 25 jours, on détermine le volume utile nécessaire qui est de 500 m<sup>3</sup>. Le volume total est calculé d'après le rapport  $\frac{\text{volume utile}}{\text{volume total}} = 0,9$  et s'élève à 560 m<sup>3</sup>.

## 2.3 - Le choix d'un fermenteur

Le volume de fermentation pourra être constitué d'un seul ou de plusieurs fermenteurs en parallèle. Nous présenterons à la fin de cette partie différents modèles de digesteurs.

## 2.4 - L'extraction des résidus

Elle peut se faire de deux façons :

### 2.4.1 - Par gravité

Chaque chargement devrait permettre de récupérer un effluent qu'il faudra égoutter à l'aide d'une vis d'Archimède tournant dans un cylindre perforé.

### 2.4.2 - Par extraction

Pour cela, il faut obtenir dans le fermenteur une certaine séparation entre les fractions solide et liquide. On pourrait alors utiliser une vis d'Archimède permettant d'extraire les solides et de laisser les liquides dans le digesteur. Ces liquides pourraient alors être récupérés afin d'être traités avant d'être rejetés dans l'égout.

Quelque soit le procédé retenu, il faut rechercher une teneur en matières sèches d'au moins 25% pour l'effluent qui pourra être porté à 40% après une finition aérobie.

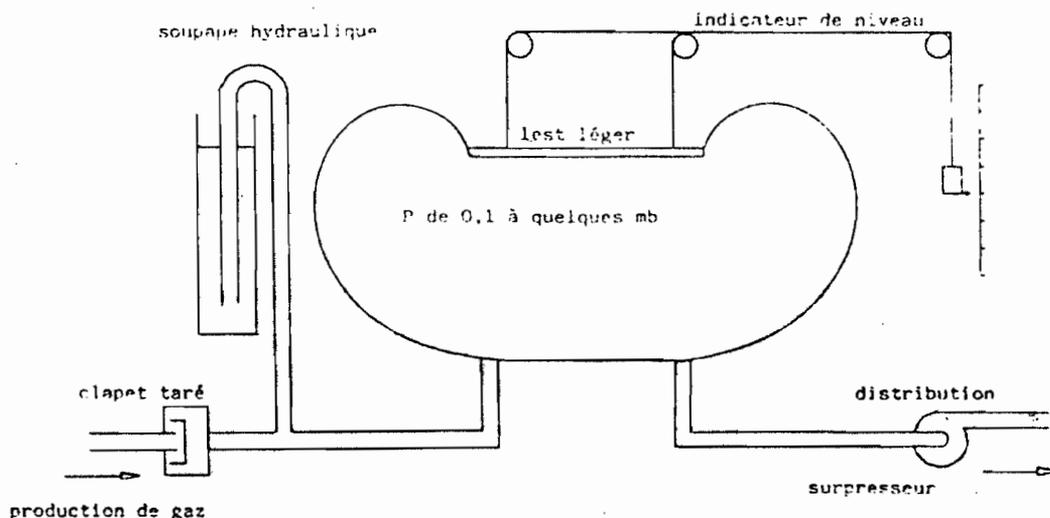
## Tableau 11 - Prix des gazomètres souples (d'après PETITCLERC, 1985)

Les prix sont exprimés en FF H.T.  
La date de validité est indiquée sous le nom du fournisseur

|                    | PRONAL<br>(Février 85)   | T.M.B.SA<br>(mars 85)  | ZODIAC ESPACE<br>(septembre 84)      |
|--------------------|--|--|--------------------------------------|
| 200 m <sup>3</sup> |  | 39 460   | 69 990                               |
| 250 m <sup>3</sup> | 38 340   | 46 125   | 83 020                               |
| 300 m <sup>3</sup> |  | 51 250   | 94 000                               |
| conditions         | départ usine   | départ usine   | départ usine                         |
| *                  | non emballé  | non emballé  | emballage<br>compris                 |
|                    | non monté  | non monté  |                                      |
|                    | avec<br>tubulures,<br>vannes,<br>raccords,<br>purge,<br>robinet d'arrêt,<br>prise de<br>pression,<br>fourreaux<br>d'arrimage | avec<br>entrée-sortie<br>de purge,<br>ralingue<br>d'arrimage | avec<br>ralingue à<br>lest de niveau |

\* Remarque : Ne figurent ici que les équipements explicitement mentionnés par les fournisseurs : ceci ne signifie pas forcément que les équipements non mentionnés ne sont pas compris dans la fourniture.

### Schéma 5 - Gazomètre Zodiac à lest de niveau (d'après PETITCLERC, 1985)



En considérant qu'environ 10% de la matière sèche du substrat est transformée en méthane au cours de la fermentation, il est possible d'évaluer la quantité de compost à 40% de MS produite quotidiennement :

$$\blacktriangleright \left[ 1780 - (0,1 \times 1780) \right] \times \frac{1}{0,4} \cong 4000 \text{ kg}$$

Il faut donc prévoir une aire de finition pouvant recevoir quatre tonnes de compost par jour. Si on considère que le compost reste un mois à l'abattoir, il faut prévoir une aire capable de contenir 120 tonnes de compost. Sachant que ce produit a une densité de 0,4 (PETITCLERC, 1985), il faut un volume d'au moins 300 m<sup>3</sup>.

## 2.5 - Le stockage du biogaz

D'après les essais effectués en laboratoire (cf partie précédente), on peut espérer une production de 0,7 litre de biogaz par litre de cuve utile et par jour.

Dans le paragraphe 2.2 nous avons évalué le volume utile à 500 m<sup>3</sup>, ce qui correspond à une production de 350 m<sup>3</sup> de biogaz par jour à 75% de méthane (cf Essai de laboratoire).

Pour le stockage de ce biogaz, la formule la plus facile à mettre en place est celle du gazomètre souple qui nécessite peu de travaux de maçonnerie. Nous indiquons à la fin de cette partie les prix et les noms des fabricants de ce type de matériel.

C'est à ce niveau que les règles de sécurité doivent être rigoureusement respectées afin d'éviter tout accident. Les normes de sécurité pour l'utilisation du biogaz sont exposées dans le manuel de J.P. PERRET : "Mise en œuvre et utilisation du biogaz" (1982).

## 2.6 - L'utilisation du biogaz

Nous présentons plus loin quelques groupes électrogènes fonctionnant au biogaz que l'on peut trouver sur le marché. L'idéal serait d'utiliser un moteur "dual" fuel/biogaz car plus robuste (caractéristique des moteurs diesel) et moins sensible aux variations de teneur en méthane du biogaz. Les consommations de ce moteur sont les suivantes pour une production de 40 kwh :

- 13,7 m<sup>3</sup> de biogaz (75% CH<sub>4</sub>)/h
- 2 litres de fuel/h.

## FICHE DU GROUPE ELECTROGENE DUVANT-CREPELLE

•Modèle : DSE 50

Moteur diesel PERKINS, 1 500 tours/mn, adapté au biogaz par  
Duvant

•Puissance aux bornes de l'alternateur : 50 kVA ( 40 kW )

•Tension : 220 / 380 V +/- 2 % 50 Hz

•Fonctionnement "dual" fuel / biogaz

•Consommation horaire à pleine charge : 2 l / h de fuel  
13,7 m<sup>3</sup> / h de biogaz  
à 75 % de méthane

•Combustible de secours : fuel ( appelé gaz oil au Sénégal )

Le passage du fuel / biogaz au fuel seul se fait  
automatiquement en cas de manque de biogaz. De même les  
variations de composition du biogaz sont compensées  
automatiquement.

•Pression de biogaz nécessaire : 20 mbars

•Teneur en H<sub>2</sub>S indifférente

•La récupération calorifique sur les échangeurs est de  
25 000 kcal / h sur l'eau de refroidissement, et  
19 000 kcal / h sur les gaz d'échappement.

•Prix unitaire ( mars 1985 ) : 180 900 FF H.T.

avec les échangeurs, emballage compris, F.O.B. Dunkerque

La production de biogaz quotidienne a été évaluée à 350 m<sup>3</sup>, on peut donc disposer de 1022 kwh par jour avec une consommation de fuel de 51 litres.

Pour assurer l'abattage, une puissance de 110 KW est nécessaire. Il faut donc prévoir 3 moteurs de 40 KW pour assurer le fonctionnement de l'abattoir. La consommation de biogaz sera, pour une durée de 8 heures, de 328,8 m<sup>3</sup>, ce qui est tout à fait réalisable compte tenu de la production de biogaz.

En dehors des pannes de courant, ces moteurs pourraient être utilisés afin de réaliser des économies. PETITCLERC présente dans sa thèse un modèle d'exploitation de ces groupes électrogènes.

### 3 - QUELQUES INSTALLATIONS POSSIBLES

#### 3.1 - Les procédés de digestion anaérobie

Le tableau 10 présente 4 différents systèmes adaptables à l'Abattoir de Dakar avec tous les équipements nécessaires. Pour de plus amples renseignements sur les procédés de chaque système, il faudrait s'adresser aux constructeurs ou se référer à la thèse de PETITCLERC.

#### 3.2 - Les gazomètres souples

Le tableau 11 présente diverses marques de gazomètres souples alors que le schéma 5 expose le principe de fonctionnement du procédé ZODIAC.

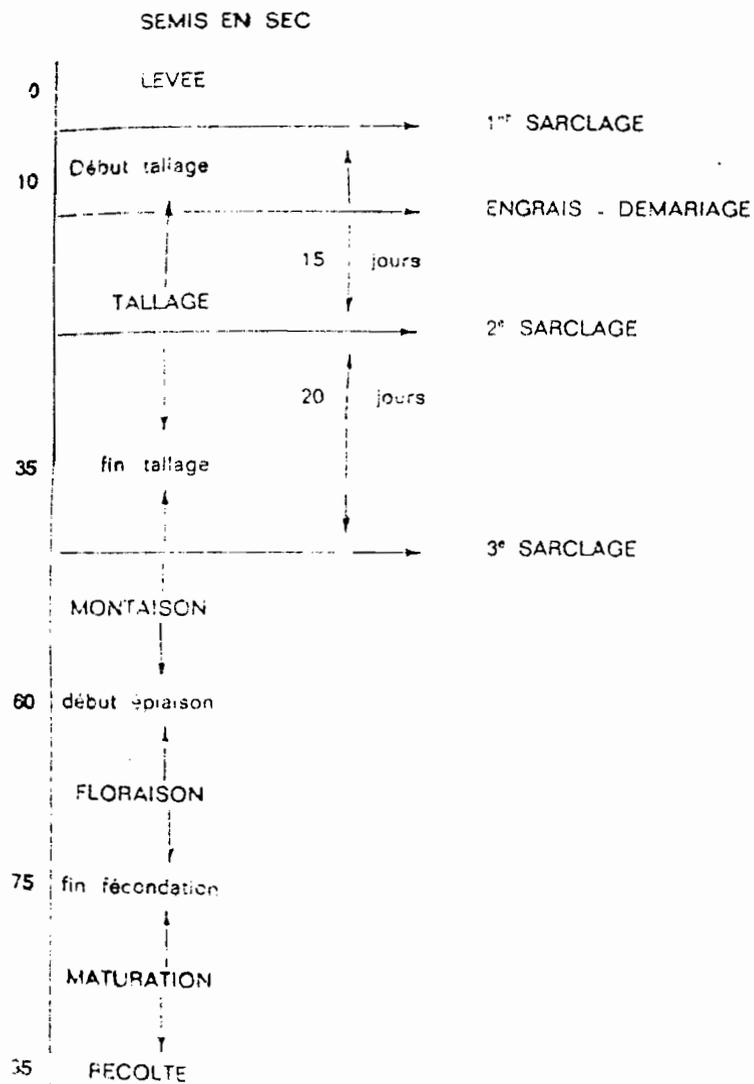
#### 3.3 - Les groupes électrogènes

La fiche technique ci-contre correspond aux groupes "dual" biogaz/fuel que nous avons retenus dans le cas de l'Abattoir de Dakar. Mais d'autres groupes électrogènes peuvent aussi être utilisés.

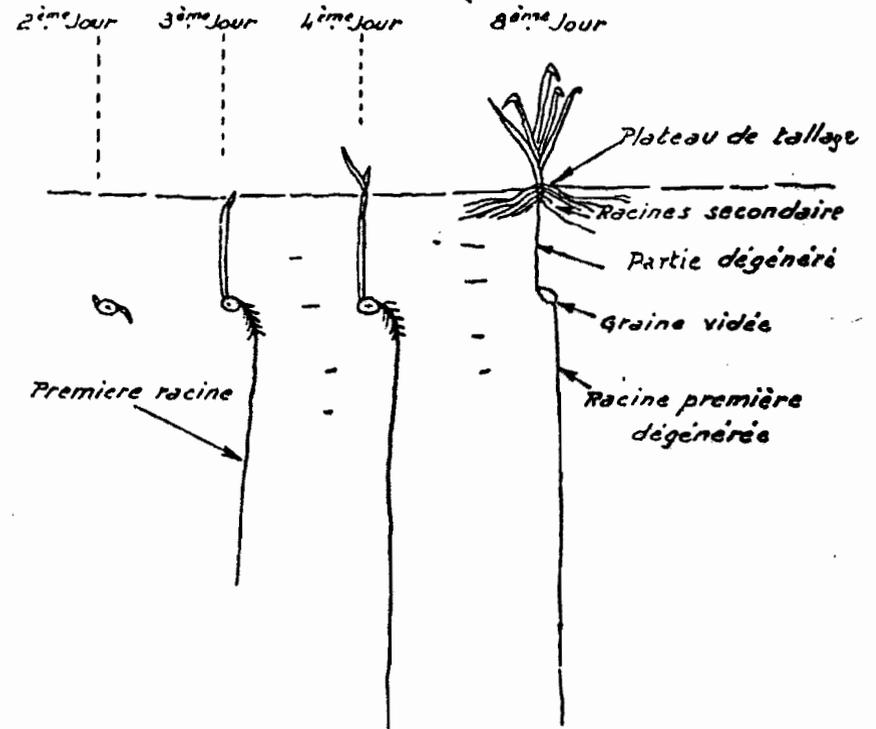
Nous avons voulu présenter ici les différents procédés susceptibles d'intéresser la direction de l'Abattoir de Dakar. Il faut maintenant choisir le plus performant.



Figure 4 - GERMINATION ET CYCLE DU MIL "SOUNA"



La germination et l'enracinement



## CHAPITRE V - LE MIL

Le mil est une céréale annuelle à tiges généralement hautes qui est surtout destinée à l'auto-consommation et à l'alimentation du bétail.

Le mil, par opposition à l'arachide qui est une culture de rente, est une culture vivrière. On distingue au Sénégal trois sortes de mil :

- Mil "Sanio" ou tardif de 120 jours
- Mil "Souna" ou hâtif de 60-90 jours
- Mil nain de 75 jours.

Nous présenterons ici la variété que nous avons cultivée pour nos essais : le mil "Souna".

Après avoir décrit le cycle végétatif de cette variété, nous exposerons toutes les opérations à réaliser pour une bonne culture.

### 1 - LE CYCLE DU MIL SOUNA

La figure 4 résume le cycle complet.

#### 1.1 - Le développement végétatif

##### 1.1.1 - La levée

Elle s'effectue 2 à 3 jours après une pluie d'au moins 10-15 mm. L'enracinement se fait parallèlement au sol et d'autant plus profondément que le travail du sol aura été fait sur une grande épaisseur.

##### 1.1.1 - Le tallage

Le tallage commence à partir du 10<sup>e</sup> jour après la levée et se poursuit jusqu'au 35<sup>e</sup> jour. Pendant cette période, la plante développe les tiges secondaires et tertiaires qui lui donnent l'allure d'une touffe. C'est à ce stade que la plante a besoin d'azote.

### 1.1.3 - La montaison

Elle a lieu du 35<sup>e</sup> au 60<sup>e</sup> jour. Pendant cette période, les distances entre-nœuds augmentent et la tige s'allonge jusqu'à atteindre une hauteur de 2,50 m.

## 1.2 - Le développement floral

Il s'étend sur une période allant du 60<sup>e</sup> au 75<sup>e</sup> jour.

### 1.2.1 - Epiaison

Dès le stade de la montaison, l'épi commence à se développer mais sa croissance n'est active qu'après l'allongement de la tige.

L'épi a la forme d'un cylindre ou d'un fuseau appelé "chandelle" ; sa longueur varie de 25 cm à 70 cm et son diamètre peut varier de 2 à 4 cm. Il n'est pas barbu, ce qui le différencie de l'épi du "Sanio".

### 1.2.2 - Floraison

Chaque fleur comporte une partie mâle et une partie femelle. Dès la sortie de l'épi, vers le 60<sup>e</sup> jour, apparaît la floraison femelle. Cette floraison apparaît au sommet de l'épi puis s'étend vers la base. Cela dure quatre jours. La floraison mâle se fait selon les mêmes modalités mais avec un décalage de 3-4 jours.

### 1.2.3 - Fécondation

Le mil est donc une plante protogyne et de ce fait la fécondation est généralement croisée. La pollinisation peut se faire par le vent ou par les insectes.

## 1.3 - La maturation

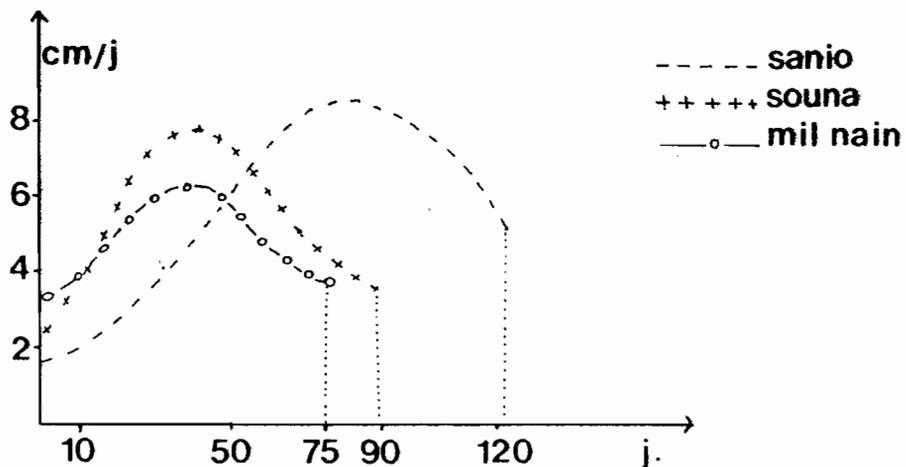
Elle a lieu du 75<sup>e</sup> au 95<sup>e</sup> jour. Il faut une bonne répartition des pluies à ce stade pour éviter une moisissure des grains.

## 2 - L'ÉCOLOGIE

Les mils pénicillaires sont des graminées de zones chaudes. La température moyenne optimale est de 28°C et l'optimum de pluviométrie ne dépasse pas 400 à 700 mm par cycle. (Plus de 1200 mm entraînent des risques graves de charbon).

Les pénicillaires sont moins exigeants que les sorghos la qualité des sols. Elles préfèrent des sols sablo-argileux d'autant plus riches que le cycle est court.

Des travaux réalisés au Centre National de Recherches Agronomiques de Bambeby par DANCETTE (1983) ont permis d'élaborer une courbe des besoins en eau au cours du cycle. Elle est représentée sur le graphique suivant :



On s'aperçoit très bien des exigences hydriques plus fortes en début de cycle pour les variétés de cycle plus court, mais nettement moins élevées en fin de cycle.

### 3 - LA CULTURE DU MIL

#### 3.1 - Les techniques culturales

##### 3.1.1 - La préparation du sol est primordiale

Cet aspect de la culture du mil est très important pour les trois raisons principales qui suivent :

- le mil a des graines très petites qui exigent un sol particulièrement préparé en surface
- le mil a un réseau de racines très étendu, tant en largeur qu'en profondeur. Il faut donc que les jeunes plants disposent d'un sol dans lequel les racines pourront pénétrer facilement.
- D'autre part, les fortes pluies pénètrent mieux dans un sol poreux et aéré, c'est-à-dire bien travaillé. De ce fait, les dangers d'érosion superficielle provoqués par le ruissellement sont diminués et les réserves en eau du sol sont accrues.

Il a été montré que le labour ou le pseudo-labour (scarifiage croisé) permet une augmentation de rendement de 21% pour une série de 22 essais en Afrique de l'Ouest. Pour que le travail soit efficace, il est nécessaire d'ameublir le sol jusqu'à une profondeur d'au moins 6-7 cm.

Dans les sols sableux, appelés encore "Dior" et qui caractérisent nos essais, le travail du sol doit être réalisé avant les pluies afin d'avoir une réserve d'eau dans le sol au moment de la levée.

##### 3.1.2 - Le semis

Il est préférable dans le cas du "Souna" que le cycle végétatif s'effectue entièrement pendant la saison pluvieuse pour éviter les risques d'échaudage en fin de végétation. Le "Souna" doit donc être semé en sol sec avant les pluies pour germer dès que l'humidité du sol est suffisante.

Il est nécessaire de traiter les semences afin d'éviter des levées irrégulières et des densités trop faibles. Il est conseillé de traiter avec un produit renfermant 80% de thirane et 20% de Lindane à raison de 50 g de matière active pour 10 kg.

Le semis se fait en poquet afin d'obtenir une levée correcte et limiter les risques résultant d'attaques parasitaires. De façon générale, la densité de semis retenue est de 10 000 poquets à l'hectare, ce qui se concrétise par le semis d'un poquet tous les mètres, dans chaque sens.

Au moment du démariage, on laisse 3 pieds par poquet, ce qui donne des touffes de 20 à 50 brins portant 5 à 10 tiges fertiles.

Le semis en ligne facilite la rapidité d'exécution des sarclages grâce à la culture attelée.

### 3.1.3 - L'entretien des cultures

Deux types d'intervention sont à réaliser :

- le démariage
- le sarclage.

L'opération de démariage permet aux plants de se développer librement. Il doit être réalisé au début du tallage pour qu'il soit rentable. En pratique, il faut donc intervenir vers le 10<sup>e</sup> jour qui suit la levée. Dans le cas des semis à la main, il est préconisé de laisser 3 plants parmi les plus beaux au centre du poquet.

L'opération de sarclage est nécessaire afin d'éviter une concurrence hydrique très forte entre les plantes cultivées et la végétation adventice. Il importe de détruire les mauvaises herbes dès leur apparition. De plus, le sarclage permet en cas de sécheresse de casser la croûte superficielle du sol de façon à freiner l'évaporation.

Enfin, un binage permet d'ameublir le sol et facilite ainsi l'enracinement de même que la pénétration des pluies.

### 3.2 - La fumure

Les composts et les fumiers contribuent à l'amélioration de la porosité du sol et à l'augmentation de la matière organique dans celui-ci, facteurs auxquels les mils sont très sensibles.

Par ailleurs, les essais d'engrais chimiques ont prouvé la haute rentabilité de faibles doses qui, appliquées dans de bonnes conditions (sol non épuisé et cultures parfaitement entretenues) peuvent doubler les rendements. De plus, l'apport d'engrais raccourcit le cycle végétatif et

permet à un plus grand nombre d'épis d'arriver à maturité. Il réduit l'inconvénient d'une pluviométrie déficiente en fin d'hivernage.

Le tableau 12 donne des ordres de grandeurs des besoins du mil en éléments fertilisants.

**Tableau 12** - Exportations minérales du mil en kg/ha d'éléments fertilisants pour obtenir une tonne de produit (C. PIERI, 1985)

| Pays<br>(Auteurs)          | Variété<br>(Pluviométrie)                 | Rendements<br>(kg/ha) |       | Exportations (kg/ha/t) |                               |                  |      |      |
|----------------------------|---|-----------------------|-------|------------------------|-------------------------------|------------------|------|------|
|                            |   | Paille                | Grain | N                      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | MgO  |
| Sénégal<br>(SIBAND, 1981)  | Souna 3<br>(391 mm +<br>30 mm irrigation) | 8458                  | 3310  | 49,8                   | 24,2                          | 90,6             | -    | -    |
| Sénégal<br>(N'DIAYE, 1978) | Locale                                    | 2375                  | 950   | 39,9                   | 17,6                          | 70,3             | 14,6 | 15,8 |

Ce tableau nous montre que les effets d'un apport de potasse sont peu marquants car les besoins sont élevés. De même, il n'est pas utile dans le cas d'un précédent avec fumure phosphatée d'apporter P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> car les besoins sont peu importants.

La période d'épandage idéale se situe au moment du semis mais l'engrais est épandu, en pratique dans le cas du "Souna", au moment du démarrage.

Le type d'engrais le plus souvent utilisé par les agriculteurs est de type tertiaire, dont la formule est la suivante : 14-7-7.

### 3.3 - La récolte

Dès la maturité, assez échelonnée, on effectue la coupe des épis que l'on met à sécher au soleil 2 à 4 jours puis que l'on engrange en silos aérés. Les grains après dépiquage ont avantage à être stockés en atmosphère confinée.

### 3.4 - Les rendements

Les rendements en mil en milieu paysan sont souvent très faibles : 520 kg/ha en moyenne au Sénégal (C. DANCETTE, 1983). Sinon ils sont très variables suivant la variété, la pluviométrie et la fumure : de moins de 300 kg à plus de 1500 kg/ha.

## 4 - MALADIES ET ENNEMIS

### 4.1 - Les maladies cryptogamiques

Les trois plus importantes sont les suivantes :

a) Sclerospora graminicola : appelée aussi "mildiou" ou "maladie de l'épi vert", elle présente les symptômes suivants :

- Symptômes précoces : nanisme des plants, feuilles marquées de stries blanchâtres, se desséchant et se dilacérant.

- Symptômes tardifs : dégénérescence des pièces florales qui prennent l'aspect de feuilles et torsion de l'épi.

b) Tolyposporium penicillariae (charbon du grain)

Les grains malades sont globuleux, proéminents, verts clairs ou bruns.

c) L'ergot ou maladie sucrée

Cette maladie se caractérise par la présence d'un exsudat sucré sur les fleurs.

### 4.2 - Les insectes

- La Cécidomyie (*Geromya penniseti*) pond au moment de la floraison et provoque l'avortement des grains. Des dégâts importants n'apparaissent que sur les chandelles fleurissant pendant une courte période du mois de septembre.

- Les borers sont souvent abondants mais n'ont en général que peu d'effets économiques en raison de l'exubérance du développement végétatif et de la tolérance variétale. Au Sénégal, les conséquences les plus graves sont surtout observées sur les mils précoces (Souna) semés tardivement.

La mouche de la tige (*Atherigona*) détruit les jeunes plantes surtout en cas de semis tardif. Les effets sont atténués par le démariage.

#### 4.3 - Les adventices

*Striga hermontica* constitue un danger redoutable pour le mil. Cette plante parasite les racines du mil par des "racines suçoirs". Le problème réside dans le fait que son arrachage n'est pas possible de façon efficace en cas d'infestation grave. Une lutte chimique est à l'étude.

#### 4.4 - Les autres ennemis du mil

Les principaux sont les oiseaux comme le "mange-mil", le moineau doré, le gendarme, etc. Les acridiens peuvent également causer de graves dégâts : les acridiens migrants occasionnent des dégâts totaux alors que les sauterelles sédentaires n'ont que des effets partiels en début d'hivernage.

#### 4.5 - Conclusion sur la protection phytosanitaire du mil

Dans l'état actuel de nos connaissances, les seuls traitements ayant un intérêt économique sont la désinfection des semences et la protection des greniers. Le respect des rotations culturales, le démariage et la recherche de variétés résistantes peuvent limiter les effets néfastes des parasites.

## CHAPITRE VI - L'ARACHIDE

L'arachide (*Arachis hypogea*) est une légumineuse annuelle du sous-ordre des Papilionacées. Elle est cultivée pour ses graines utilisées comme matière première pour l'extraction d'une huile destinée à l'alimentation et aux savonneries. Mais une grande partie de la production est consommée sous d'autres formes : grillée, beurre de cacahuète. La graine constitue également un des aliments de base dans les bassins de culture (15 kg/personne/an au Mali) de l'arachide.

Il semble établi que cette culture soit originaire de l'Amérique tropicale.

### 1 - BOTANIQUE

#### 1.1 - Le port

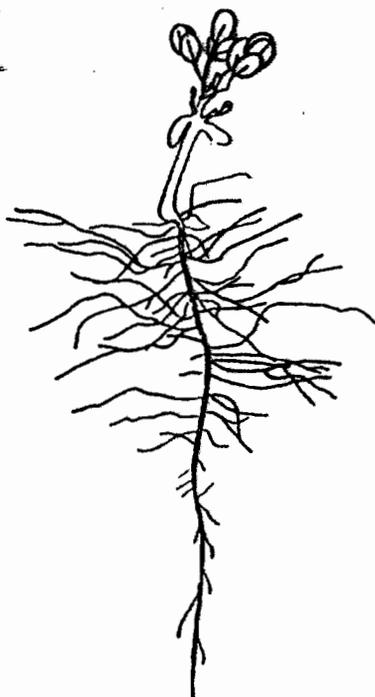
La tige principale née du bourgeon terminal de l'épicotyle est toujours érigée. Les ramifications suivantes sont soit ascendantes (formes érigées), soit courantes sur le sol sur une partie au moins de leur longueur (formes rampantes).

Le système de ramification diffère également selon les variétés. On distingue un groupe à ramifications séquentielles et un autre à ramifications alternées. Ce dernier a une ramification plus abondante qui lui donne une allure buissonnante.

#### 1.2 - Les tiges

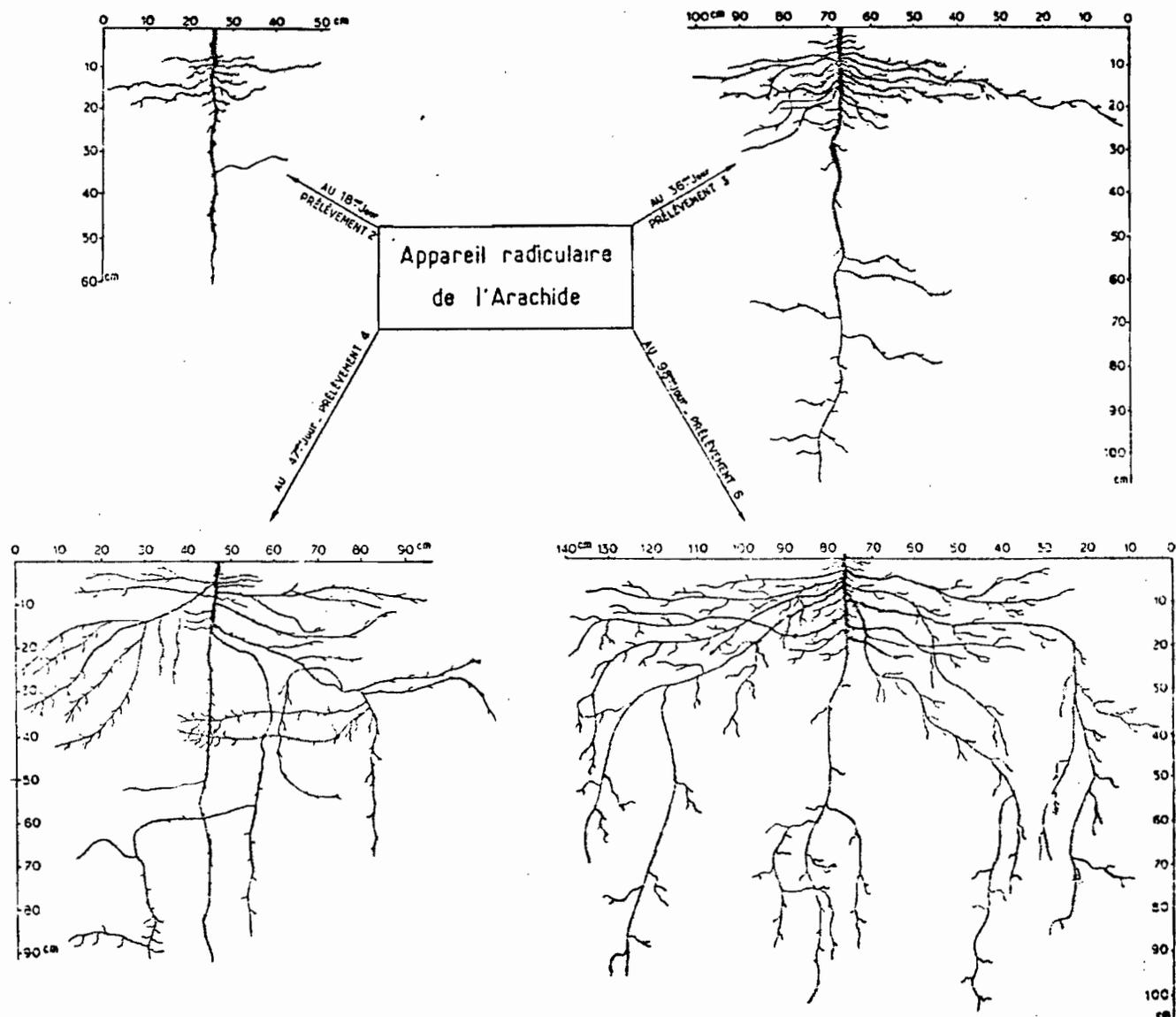
La tige principale et les ramifications primaires peuvent atteindre 20 à 70 cm de long selon les variétés et le milieu. Elles sont de section anguleuse dans le jeune âge et deviennent cylindriques en vieillissant.

**Figure 5 - LE SYSTEME RACINAIRE DE L'ARACHIDE**



— Système racinaire d'une plantule au stade quatre feuilles sur l'axe principal et début d'élongation des rameaux cotylédonaux.

(D'après YARBROUGH.)



### 1.3 - Les racines

Le système racinaire est formé d'un pivot central qui peut s'enfoncer à plus de 1,30 m de profondeur dans les sols travaillés et les racines latérales constituent un chevelu dense (Fig.5 ).

Le système racinaire se caractérise par la présence de formations ligneuses et par l'existence de nodules comme chez beaucoup de légumineuses.

### 1.4 - Les feuilles

Les feuilles sont normalement pennées avec deux paires de folioles portées par un pétiole de 4 à 9 cm de long. Les variations de l'organisation foliaire donnent parfois des feuilles à cinq, trois, deux ou une foliole. Elles se replient la nuit et s'étalent le jour.

### 1.5 - Les inflorescences et les fleurs

Les inflorescences de l'arachide se présentent comme des épis de 3 à 5 fleurs. Elles prennent naissance sur les rameaux végétatifs à l'aisselle d'une feuille complète ou rudimentaire.

Les fleurs sont jaunes, papilionacées et sessiles.

### 1.6 - Les fruits

Après la fécondation, la base de l'ovaire s'allonge pour donner naissance à un organe appelé gynophore, qui est une partie du fruit lui-même et à l'extrémité duquel la gousse se développe après sa pénétration dans le sol.

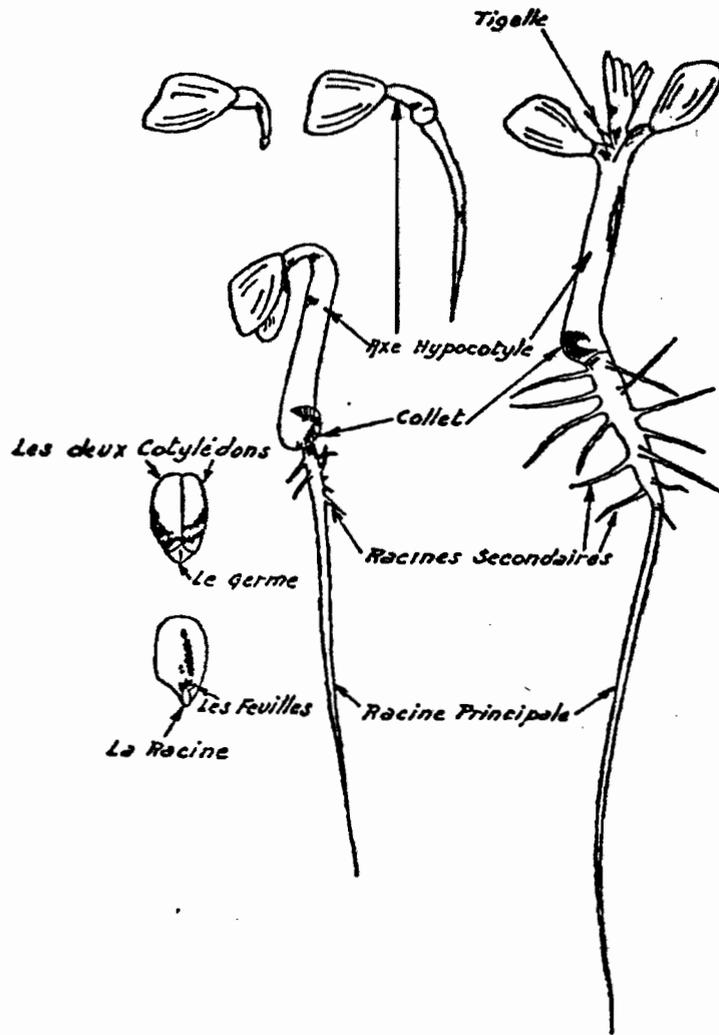
Alors que le gynophore se développe verticalement sous l'effet d'un géotropisme positif, la gousse prend une position horizontale entre 2 et 7 cm sous la surface du sol.

La connaissance de ces caractéristiques permet de distinguer trois types au sein de l'espèce (tableau 13).

La classification se fait sur le système de ramification et donne deux grandes séries :

- *Virginia* (ramification alternée)
- *Spanish* et *Valencia* (ramification séquentielle).

Schéma 6 - GERMINATION DE L'ARACHIDE



L'axe hypocotylé.

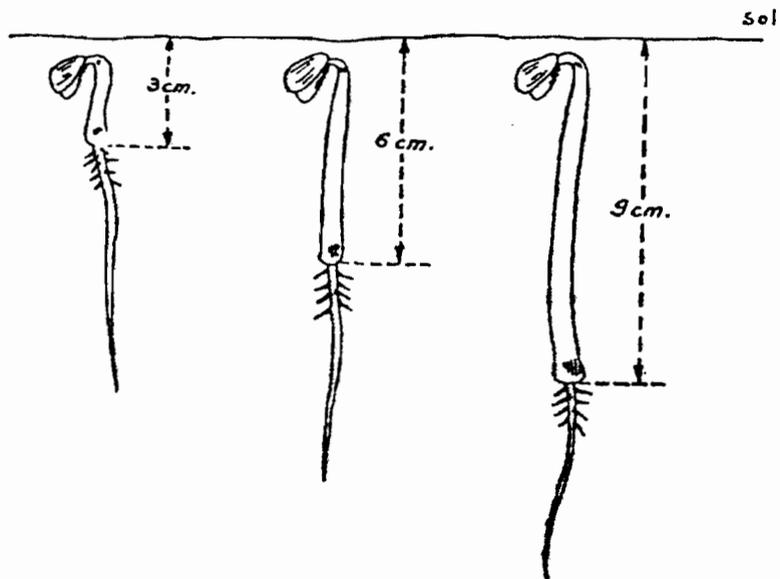


Tableau 13 - Les différentes variétés d'arachide

|                | SPANISH                                   | VALENCIA              | VIRGINIA                     |
|----------------|---|-----------------------|------------------------------|
| Port           | érigé                                     | érigé                 | rampant ou érigé             |
| Ramification   | séquentielle                              | séquentielle          | alternée                     |
| Cycle en jours | 90-100                                    | 90-100                | 120-150                      |
| Gousse         | bigraine                                  | tri-quadrigraine      | bigraine                     |
| Floraison      | tige principale pas régulièrement fertile | id spanish            | tige principale stérile      |
| Graines        | petites non dormantes                     | petites non dormantes | grosses ou petites dormantes |
| Fructification | en série                                  | en série              | alternée                     |

## 2 - BIOLOGIE, CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT

### 2.1 - La germination (schéma 6)

Pour que la graine d'arachide, qui est relativement grosse, puisse germer, il faut qu'elle soit placée dans un sol humide (35 à 40%). La température optimale se situe à 32°C.

La radicule apparaît très vite (24 à 48 heures après une imbibition suffisante) et émet des racines secondaires au bout de 3 ou 4 jours.

L'axe hypocotylé n'apparaît que 7 jours après la germination et sa longueur dépend de la profondeur du semis car sa croissance a pour effet de pousser la graine en direction de la surface du sol. Chez la plante adulte, il sert de racine. L'axe hypocotylé est épais, turgescents et lisse.

Arrivés à la surface du sol, les cotylédons s'ouvrent et laissent sortir la tige principale puis les deux rameaux cotylédonnaires.

Des phénomènes de dormance s'observent dans le groupe "Virginia" alors que les groupes "Spanish" et "Valencia" sont susceptibles de regermer immédiatement à maturité.

Un traitement à la chaleur (40°C pendant 14 jours) peut rompre la dormance.

## 2.2 - Croissance de la plante

Un développement racinaire très actif se déroule pendant la période qui précède le développement intense de la végétation aérienne. On distingue trois phases de développement de la plante :

- Phase initiale de croissance lente qui dure jusqu'à l'apparition des premières fleurs.
- Phase de croissance rapide jusqu'à la fructification
- Phase au cours de laquelle le développement végétatif est ralenti pendant la fructification et la maturation.

Le cycle évolutif peut, suivant les variétés, se poursuivre approximativement pendant 90 à 120 jours.

Les types hâtifs (90 jours) ont un port érigé et sont à date de maturation fixe (ex. *Spanish, Valencia*) tandis que les types tardifs (120 jours) se caractérisent par un phénomène de dormance.

## 2.3 - Floraison et fructification

La durée de la période levée-floraison est de 15 à 25 jours dans les zones tropicales chaudes. La floraison devient alors générale et le nombre de fleurs émises passe par un maximum entre le 40<sup>e</sup> et le 60<sup>e</sup> jour après le semis (cas de l'Afrique de l'Ouest) puis décroît progressivement.

Le nombre de fleurs est fonction des variétés cultivées.

Il existe également des fleurs souterraines qui prennent naissance sur les portions souterraines des premières ramifications. Elles suivent le même cycle de fécondation que les fleurs aériennes mais ne s'épanouissent pas.

L'arachide est une plante presque strictement autogame. Cela est dû à la fécondation nocturne et à la non-ouverture des fleurs avant fécondation (cléistogamie).

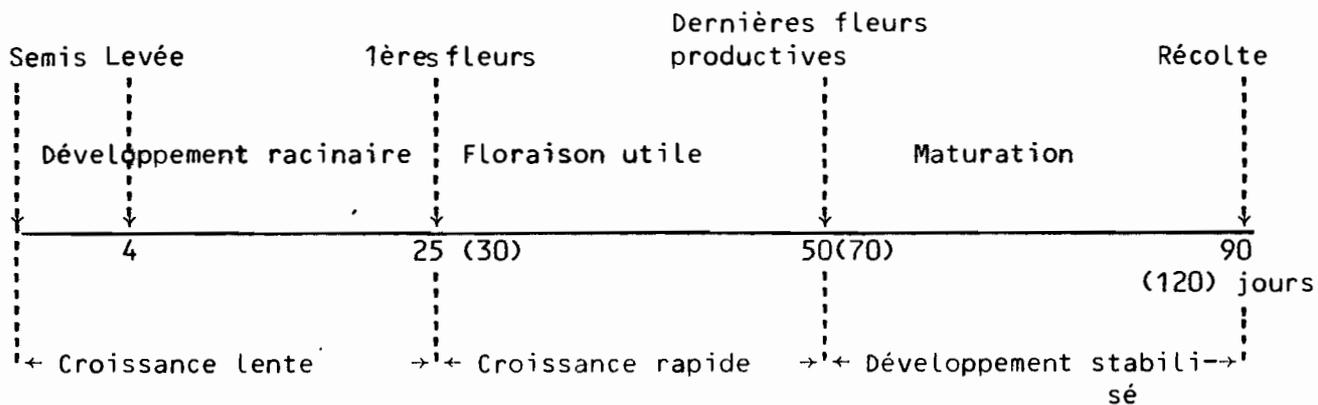
La quantité de fleurs donnant naissance à des gynophores et à des fruits est variable dans le temps ; ce sont en général les fleurs formées durant les trois premières semaines de floraison qui ont le meilleur coefficient d'utilisation.

Seule la partie de la floraison intervenant avant une date laissant entre elle et la récolte une période égale à la durée de maturation des gousses est utile.

Une semaine après la fécondation de la fleur, l'ovaire s'allonge par suite du développement d'un méristème intercalaire situé à sa base. Il se dirige vers le sol dans lequel il peut pénétrer 10 jours plus tard. La pénétration en terre est obligatoire pour le développement des organes fructifères en l'absence de lumière et avec un certain taux d'humidité. La future gousse prend alors dans le sol une position horizontale et se forme rapidement.

## 2.4 - Cycle végétatif

### 2.4.1 - Variété hâtive (type *Spanish* et *Valencia*)



### 2.4.2 - Variété tardive (type *Virginia*)

Les étapes sont exactement les mêmes que celles décrites sur le schéma précédent. Seules les dates changent. Nous avons mis entre parenthèses les jours correspondant aux variétés tardives.

C'est la durée de maturation qui est la plus délicate à déterminer en raison des multiples critères qui peuvent intervenir.

## 2.5 - Le problème de l'eau

Pour l'arachide, comme pour beaucoup d'autres plantes cultivées dans la zone intertropicale, l'eau constitue souvent le facteur limitant. Les besoins en eau de l'arachide pour boucler son cycle sont estimés à une pluviométrie de 400 à 1200 mm.

De nombreuses études sur l'évolution de la consommation en eau ont montré que les besoins sont relativement faibles dans le jeune âge de la plante et augmentent au cours de son développement ; la consommation d'eau diminuant vers la fin du cycle.

Les travaux de PREVOT, OLLAGNIER et GILLIER, 1966, ont montré que la croissance globale est fortement accrue par des quantités d'eau plus importantes.

En fait, les apports d'eau ne modifient pas le rythme de croissance, ils en modifient l'intensité.

Ainsi une diminution des pluies utiles entraîne des baisses de rendement pouvant aller jusqu'à 50%.

## 3 - ECOLOGIE

### 3.1 - Influence des facteurs édaphiques

#### 3.1.1 - Texture et structure

La texture et la structure des sols influencent la maturation, la qualité des gousses et la réalisation de la récolte en permettant :

- Un bon drainage et de bonnes conditions d'aération du sol, facteurs importants pour une meilleure germination et une meilleure fructification. En effet la germination est optimale lorsque l'air occupe 30 à 55% de la porosité totale (MONTENEZ, 1957).

Les échanges respiratoires des gousses sont très importants au moment de la fructification d'où l'intérêt d'un sol aéré (SCHENK, 1961).

- Une pénétration correcte des gynophores dans le sol qui peut par ailleurs être facilitée par des techniques culturales appropriées.

- Un arrachage aisé de la récolte.

Les sols très argileux, et même certains sols légers sans structure, riches en sables fins, qui deviennent durs sous l'effet de la dessiccation, rendent la récolte difficile et occasionnent des pertes importantes de gousses. Des conditions d'humidité satisfaisantes permettent généralement d'éviter cet inconvénient.

### 3.1.2 - Le pH

L'arachide paraît très tolérante vis-à-vis du facteur pH. Cependant les conditions de germination sont obtenues à un pH optimum compris entre 4 et 5.

## 3.2 - Influence des facteurs climatiques

### 3.2.1 - La température

Les températures ont des effets sur la vitesse des processus physiologiques et par conséquent sur la durée des différentes phases du développement.

- . Germination : 32 à 34°C (CATHERINET, 1956, MONTENEZ, 1957)
- . Préfloraison : 30 à 33°C
- . Floraison, fructification : 24 à 33°C
- . Maturation : 22 à 25°C. Si les températures nocturnes sont inférieures à 10°C, la maturation est entravée.

Il est à noter que les besoins en température diminuent vers la fin du cycle.

### 3.2.2 - L'éclairement

Au stade de la germination, la lumière freine la vitesse d'imbibition des graines, le développement des racines et diminue la vitesse d'élongation de l'hypocotyle (d'après MONTENEZ, 1957).

Au stade de la fructification, l'exposition des gynophores à la lumière retarde leur croissance, les fruits ne pouvant se développer qu'à l'obscurité.

### 3.2.3 - Régime hydrique

L'arachide est souvent considérée comme une plante relativement résistante à la sécheresse.

Les besoins hydriques les plus importants se situent au moment de la floraison et de la fructification. Une carence en eau à ce stade a de graves conséquences sur les rendements.

L'arachide présente à l'égard des facteurs climatiques une grande adaptabilité variétale.

Les arachides du groupe *Virginia* ont un potentiel de production plus élevé que celles du groupe *Spanish-Valencia*, mais des exigences plus strictes en matière de chaleur, de luminosité et d'alimentation hydrique.

## 4 - LA CULTURE DE L'ARACHIDE

Les augmentations de rendement tiennent à de nombreux facteurs, mais le principal d'entre eux est incontestablement l'amélioration des techniques culturales.

### 4.1 - Les rotations

Afin de limiter une chute rapide de la fertilité des sols dans le cas d'une monoculture, il est conseillé, pour le Sénégal, de réaliser les rotations suivantes : arachide - mil - arachide suivie de 1 à 3 ans de jachère selon les régions (GATIN, 1968).

### 4.2 - La préparation du sol

Un labour léger, ou un scarifiage avec deux passages croisés permettant l'éclatement du sol sous forme de mottes, sont suffisants pour la préparation du sol.

Un travail profond est souvent rentable.

Dans le cas de fumure de fond, un labour est indispensable.

Le travail du sol doit conduire à l'obtention d'une texture et d'une structure satisfaisante (cf. 3.1.1).

### 4.3 - Le semis

#### 4.3.1 - Epoque de semis

En général, les semis précoces sont les plus rentables car la maturité coïncide avec le début de la saison sèche.

Au moment du semis, la terre doit être assez humide pour permettre la germination (sol mouillé sur 30 cm).

Dans le cas de pluies tardives, il est préférable de semer en sol sec : la diminution de rendement est moins importante que dans le cas d'un retard du semis.

#### 4.3.2 - Préparation des graines

Les semences doivent être décortiquées peu de temps avant le semis et traitées avec un mélange de fongicide et d'insecticide.

#### 4.3.3 - Densité de semis

La densité optimale de semis est assez forte et on préconise 110.000 graines à l'hectare (indispensable pour lutter contre la rosette). On recherche une densité à la récolte de 80 à 90.000 pieds/ha.

#### 4.3.4 - Mode de semis

Pour une bonne germination, la graine d'arachide doit être placée à une profondeur de 5 à 7 cm. Elle doit être recouverte d'une terre humide légèrement tassée.

### 4.4 - L'entretien des cultures

Deux binages sont indispensables ; parfois quatre sont nécessaires dans le cas d'une forte pluviométrie.

. Le premier au plus tard 15 jours après le semis pour lutter contre les adventices et assurer une meilleure conservation de l'eau.

. Le second au moment de la floraison pour assurer un éclaircissement maximal nécessaire à ce stade.

Après la sortie des gynophores, le binage est à proscrire.

Il est utile également de réaliser un buttage afin de maintenir les gynophores à l'obscurité et assurer le développement des fruits.

#### 4.5 - La fumure

L'arachide ne répond aux engrais minéraux qu'en cas de déficience bien marquée.

Dans le cas du Sénégal, une enquête de l'IRHO a établi les exportations réelles suivantes correspondant à une récolte de 1 tonne/ha de gousses :

|           | N    | P   | K    | Ca  | Mg  |
|-----------|------|-----|------|-----|-----|
| LOUGA     | 47,4 | 2,2 | 12,6 | 5,9 | 3,8 |
| TIVAOUANE | 52,0 | 3,8 | 11,8 | 7,0 | 4,4 |
| KAOLACK   | 45,0 | 3,7 | 13,7 | 8,3 | 7,2 |

Ce tableau montre que l'arachide a des faibles exigences en produits minéraux, ce qui explique qu'elle ne réponde pas aux fortes fumures minérales.

La fumure organique n'a pas d'effet sur l'arachide si ce n'est un effet indirect par le phénomène de "mulch".

Les doses généralement apportées sont de 75 à 150 kg/ha d'une fumure à dominante phosphatée. Souvent les apports de soufre et de  $P_2O_5$  sont les plus significatifs.

#### 4.6 - La récolte

La détermination de la date de récolte est difficile car aucun symptôme caractéristique n'existe permettant de la fixer sans erreur.

Une récolte trop précoce entraîne une perte importante de produits, complique les opérations de séchage et nuit à la qualité et à la conservation des graines.

Dans le cas de variété ne présentant pas de dormance (*Spanish, Valencia*), la récolte peut être effectuée lorsque 2% des pieds présentent une germination.

Pour la variété *Virginia*, les signes précurseurs de la récolte sont :

- la coloration des feuilles tirant sur le jaune
- le brunissement de l'intérieur de la coque.

La récolte se décompose en trois phases : arrachage, séchage et battage. Le principe du séchage est le suivant :

- . abaisser rapidement la teneur en eau aux environs de 15% puis descendre progressivement jusqu'à 8.10%
- . ne pas dessécher trop brutalement, ni à trop forte température

L'arrachage a une grande importance et doit être exécuté avec soin afin de laisser un minimum de gousses en terre.

#### 4.7 - Les rendements

Ils peuvent varier de 300 à plus de 3000 kg de coques/ha. On peut retenir les moyennes suivantes en culture améliorée :

1000 à 1500 kg coques/ha

1000 à 2500 kg/ha de fourrage. *MS*

### 5 - MALADIES ET ENNEMIS (GILLIER et SYLVESTRE, 1969)

#### 5.1 - Maladies

##### 5.1.1 - Fonte de semis

Elle est due aux nombreux champignons.

L'emploi de graines saines, un semis correct et la désinfection des semences permettent de lutter contre cette maladie.

##### 5.1.2 - Flétrissement en cours de végétation

La pourriture sèche et la pourriture du collet sont dues également à des champignons.

##### 5.1.3 - Maladies des organes aériens

La cercosporiose est l'une des maladies les plus graves et les plus répandues de l'arachide. Elle se caractérise par des taches rondes brunes, ou marron.

Les méthodes de lutte appropriées sont culturales, génétiques ou chimiques (Benlate 150 g m.a/ha tous les 10 jours).

La rouille (*Puccinia arachidicola*) a fait son apparition en Afrique tropicale de l'Ouest en 1976 (Daconil : 1300 g de m.a/ha tous les 10 jours).

#### 5.1.4 - Altération des graines

Deux espèces de champignons sont particulièrement dangereuses (*Aspergillus flavus* et *A. parasiticus*). Elles peuvent sécréter des substances cancérigènes qui restent dans les tourteaux et sont très toxiques pour de nombreux animaux domestiques.

Ces toxines se forment lorsque les amandes ont une teneur en eau comprise entre 9 et 35% (d'où l'importance du séchage).

#### 5.1.5 - Maladies à virus

##### a) La rosette

Cette maladie ayant une incidence importante sur les rendements se traduit par un rabougrissement de certains plants. Le virus responsable est transmis par un pyceron (*Aphis leguminosae*).

Les moyens de lutte préconisés sont essentiellement l'utilisation de variétés résistantes et un semis dense, l'utilisation d'insecticide n'étant pas rentable.

##### b) Le rabougrissement ou "Clump".

#### 5.2 - Les insectes nuisibles

La résistance de la plante est remarquable et seuls les pieds dont l'axe est coupé meurent.

De très nombreux insectes peuvent attaquer toutes les parties de la plante. Un traitement par pulvérisation est recommandé, y compris au niveau des bâtiments de stockage avant leur utilisation.



## CHAPITRE VII - LE RIZ

Le riz est la céréale la plus cultivée dans le monde après le blé et représente la nourriture de base d'une grande partie de l'humanité. Cette culture a tendance à se substituer à d'autres céréales telles que les mils et sorghos.

Il existe deux espèces de riz cultivées :

- *Oryza glaberrima* originaire du Delta du Niger
- *Oryza sativa* originaire de l'Inde et de l'Asie du Sud-Est.

Actuellement, la variété d'origine africaine est en constante régression au profit des riz asiatiques qui possèdent une plus grande capacité d'adaptation.

Après une description générale de la botanique des riz cultivés, nous présenterons brièvement le cycle écologique et cultural de cette culture.

### 1 - DESCRIPTION BOTANIQUE GENERALE DES RIZ CULTIVES

Le riz est une plante annuelle, plus ou moins pubescente, à chaumes dressés. Il est doté d'un abondant système racinaire de surface ; les racines sont fibreuses et touffues.

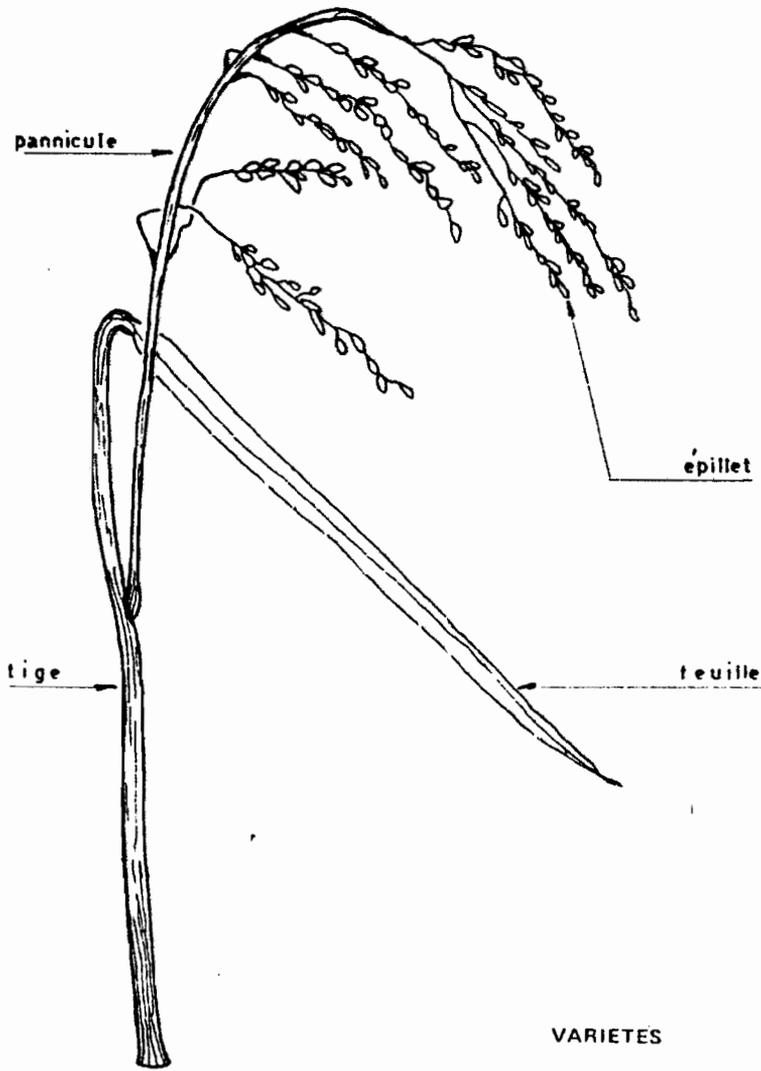
La faculté de tallage est surtout marquée en début de croissance et donne au riz un aspect de touffe : on peut compter 3 à 6 talles reproductifs selon les variétés. La taille des pailles peut varier de 1 à 6 mètres (au-dessus de 1 m les riz sont dits à grandes pailles).

Les chaumes sont finement striés, avec des nœuds à partir desquels se différencie une gaine foliaire entourant l'entre-nœud supérieur.

Les feuilles, linéaires, sont larges de 5 à 15 mm et atteignent des longueurs variables.

C'est la ligule située à l'articulation de la feuille (sommet de la gaine) qui permet de distinguer *O. sativa* et *O. glaberrima* (cette dernière se caractérise par une ligule courte ou tronquée).

**Figure 6 - TIGE AVEC PANICULE**

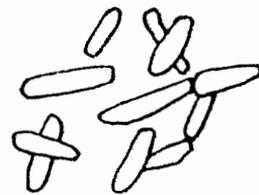


**VARIETÉS**

Grains subspecies Japonica



Grains Subspecies Indica



Les fleurs sont disposées à l'extrémité des chaumes constituant la panicule. Celle-ci, longue de 5 à 15 cm est plus ou moins compacte. La panicule est érigée mais a tendance à se pencher au moment de la maturité (figure 6).

Les enveloppes florales sont de deux sortes :

- les glumes, relativement petites, persistantes
- les glumelles, grandes, enveloppant le grain sont appelées le paddy.

On classe généralement les riz en fonction de la durée de leur cycle végétatif :

- riz précoce : 120 j
- riz de saison : 160 j
- riz tardif : > 170-180 j.

De nombreuses variétés sont photopériodiques : il s'agit de variétés de "jours courts" ; le cycle s'allonge à mesure que la durée du jour augmente. Un semis tardif tend à diminuer la durée du cycle.

## 2 - LE CYCLE VEGETATIF

### 2.1 - Germination

La germination n'est possible, pour un certain nombre de variété *Indica* qu'après la levée de la dormance, c'est-à-dire lorsque la semence a atteint sa maturité physiologique. Cette période peut être d'une durée de 11 semaines.

Cependant la dormance peut être levée en chauffant les semences jusqu'à 50°C.

Les riz *Japonica* ne présentent, en principe, pas de phénomène de dormance.

Placée dans des conditions favorables de température (comprise entre 18 et 42°C) et d'humidité, la semence de riz, physiologiquement mûre, germe.

Figure 7 - GERMINATION DU GRAIN DE RIZ (d'après WILLIAMS)

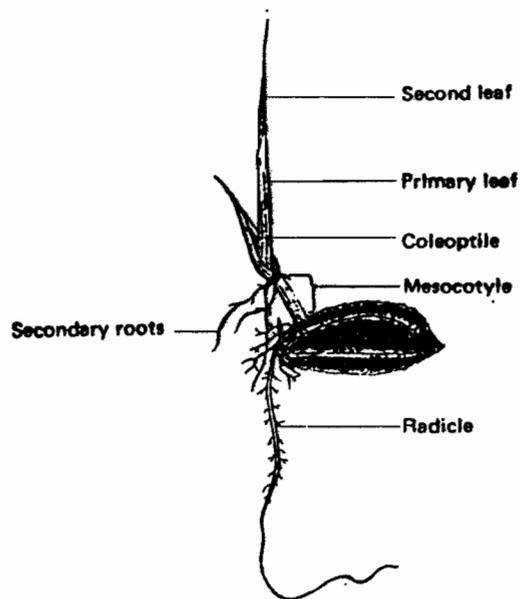
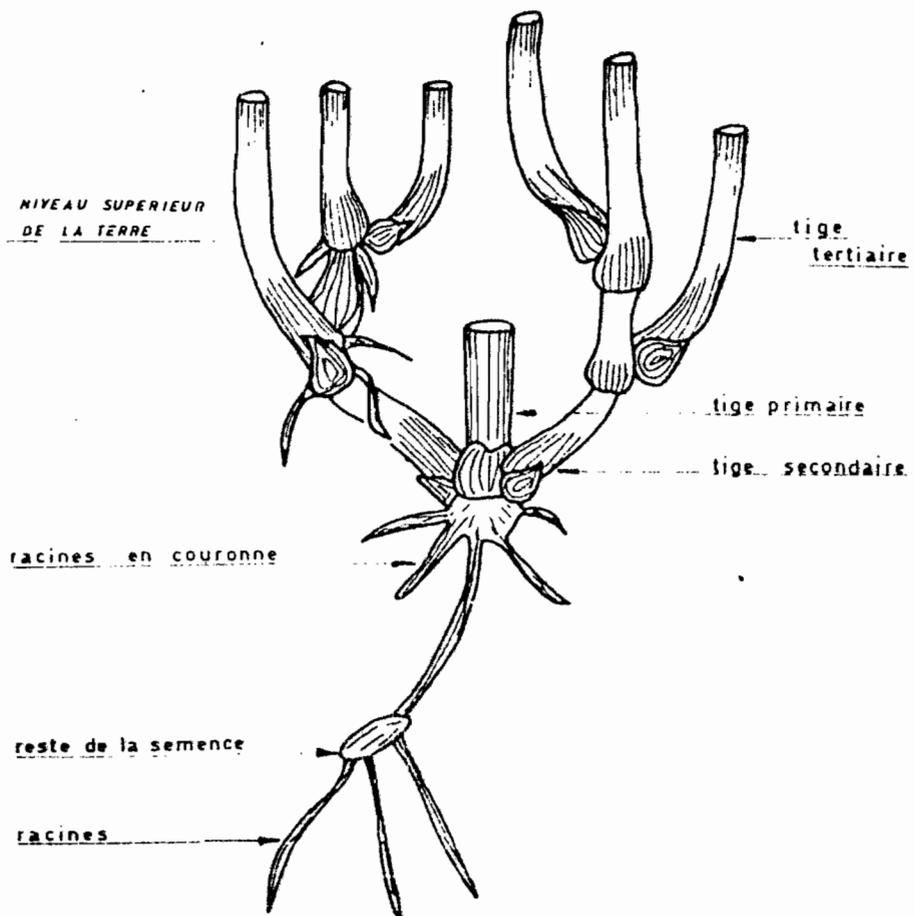


Figure 8 - TALLAGE DU RIZ (d'après SCHANDLER)



La germination se décompose en plusieurs phases :

- gonflement de la graine
- apparition de la pointe du coléoptile, émergence du mésocotyle et développement de la première feuille cylindrique
- aussitôt après, apparition de la radicule qui s'allonge plus rapidement que la tigelle, et apparition de racines latérales (Fig. 7 ).

Toutefois, en milieu anaérobie, c'est la tigelle qui se développe plus rapidement.

A partir de la 3e feuille primaire, les organes végétatifs s'accroissent en puisant leurs éléments dans le milieu extérieur.

## 2.2 - Le tallage

A l'aisselle des feuilles inférieures de la tige primaire, le bourgeon axillaire peut donner naissance à une tige secondaire ou talle de premier ordre. Ce phénomène s'observe également sur les talles.

C'est le phénomène de tallage (Fig. 8 ) aboutissant à la constitution d'une touffe. Le tallage est réduit en sol pauvre ou dans le cas d'une trop forte densité de semis et de repiquage.

Le tallage est intense pour la majorité des variétés ordinaires pendant la première phase de croissance (20 premiers jours après la germination). Il reprend ensuite après la formation du primordium floral.

## 2.3 - La montaison

L'initiation des ébauches de la panicule marque le début de la phase reproductive et la fin de la montaison.

A ce stade, les talles ont regagné en hauteur la tige principale mais toutes ne porteront pas de panicules.

## 2.4 - Épiaison, floraison et fécondation

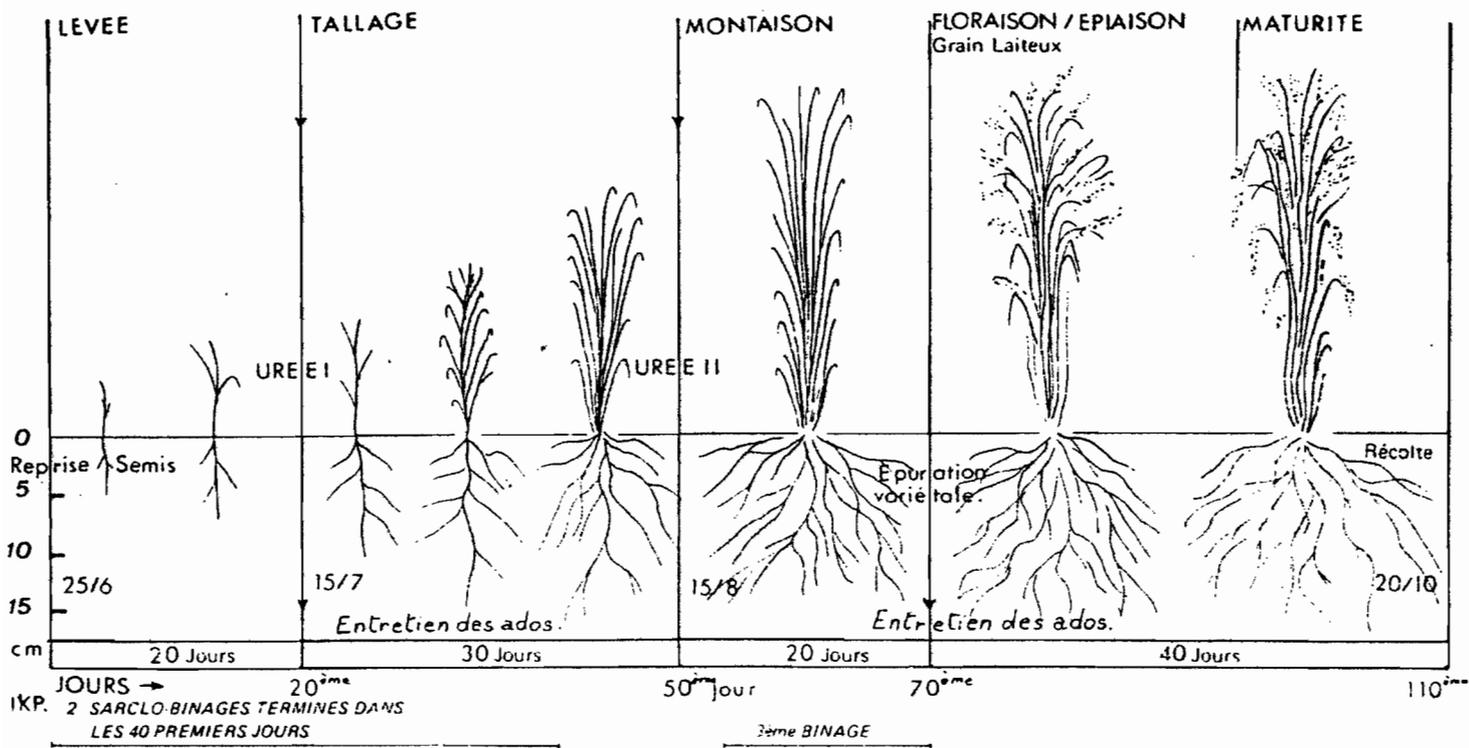
L'épiaison correspond à la sortie de la panicule de la gaine de la feuille paniculaire.

La floraison correspond à l'ouverture des épillets et donc à l'apparition des étamines.

Le temps séparant l'épiaison proprement dite de la floraison est très court.

Figure 9 - CYCLE DU RIZ

Variété: IKONG-PAO



L'influence de la photopériode, de la température et de l'humidité sur le développement est plus ou moins marquée suivant les variétés.

L'autopollinisation est de règle dans le cas du riz ; le taux de pollinisation croisée dépasse rarement 5%.  
Le transport du pollen est réalisé sur quelques mètres (2 mètres environ) par le vent et par les insectes.

## 2.5 - Maturité

A la maturité, les feuilles se fanent et jaunissent.

Le grain, du stade pâteux, passe au stade mûr (le stade de la maturité physiologique est souvent postérieur de quelques jours au stade de la maturité commerciale).

Le cycle de la variété IKONG PAO cultivée en Casamance (Sénégal) (Fig. 9) illustre ces phénomènes.

## 3 - ECOLOGIE DU RIZ

Les conditions écologiques du riz sont extrêmement diverses ; cette plante présentant une grande variabilité aux conditions climatiques et édaphiques.

*adaptabilité*

### 3.1 - Le climat

#### 3.1.1 - La température

Parmi les facteurs climatiques, la température semble la plus importante car s'il est possible de pallier les différences pluviométriques par irrigation complémentaire ou même totale, on ne peut intervenir que très faiblement sur le facteur thermique.

Les besoins en température sont les suivants :

|               |         |         |
|---------------|---------|---------|
| - germination | : mini  | 14-16°C |
|               | optimum | 30-35°C |
|               | maxi    | 42°C    |
| - tallage     | : mini  | 16-18°C |
|               | optimum | 28-30°C |

- floraison : mini 22°C  
optimum 27-29°C
- maturation : optimum 25°C

La température optimale au cours du cycle se situe vers 28-30°C. Cette température augmente au cours du cycle végétatif pour diminuer à la maturation. La température des eaux d'irrigation doit tenir compte de cet aspect. Elle joue sur la hauteur du plant et la longueur des panicules (A. ANGLADETTE, 1966).

### 3.1.2 - La lumière

Le riz est une plante de lumière qui exige une bonne insolation. Ceci explique les rendements souvent faibles dans les zones équatoriales.

L'intensité optimale est atteinte avec des radiations de 500 calories/cm<sup>2</sup>/jour. Les rendements sont alors directement proportionnels à l'intensité lumineuse.

Le photopériodisme joue également un rôle sur la durée du cycle. Pour beaucoup de variétés, la diminution progressive de la durée du jour provoque la floraison quelque soit le stade végétatif. Ainsi, indépendamment de la date de semis, la récolte aura lieu à la même époque avec cependant des rendements différents mais les plantes ne souffriront pas de la sécheresse en fin de cycle.

### 3.1.3 - Hygrométrie

Une certaine sécheresse atmosphérique est favorable au riz irrigué. La floraison exige néanmoins 70 à 80% d'hygrométrie.

## 3.2 - Les besoins en eau

Le riz, qu'il soit pluvial ou irrigué a besoin d'une quantité d'eau assez élevée pour se développer. Cette eau est indispensable à l'élaboration de la matière sèche et permet le transport des éléments nutritifs des produits élaborés par la plante (ANGLADETTE, 1966).

En dehors des pertes par percolation, variables suivant la nature des sols, la plus grande partie de l'eau dont a besoin le riz est due à la transpiration et à l'évaporation.

ANGLADETTE (1966) ramène les besoins en eau du riz à la quantité d'eau transpirée par les feuilles..

Cette transpiration varie au cours de la végétation, s'accroissant rapidement à partir du repiquage et pendant la période de tallage pour atteindre une valeur maximale après le tallage (avant épiaison). Elle diminue de l'épiaison à la floraison, puis croît à nouveau pendant une vingtaine de jours pour définitivement diminuer pendant les derniers vingt jours de maturation.

Il existe donc deux pics de besoins en eau :

- avant épiaison
- après floraison.

Les besoins en eau d'une culture de riz sur l'ensemble d'un cycle varient donc en fonction des variétés et de leur durée d'évolution. Les fortes pluies sont nuisibles à l'épiaison et en période de moisson (rizières inaccessibles).

D'une manière générale, les besoins en eau peuvent être évalués ainsi :

- en culture sèche : 1000 à 1800 mm
- en culture irriguée : le sol doit être submergé jusqu'à la maturation : 12 000 à 20 000 m<sup>3</sup>/ha/an

Les apports, si il y a lieu, doivent être faits de manière à éviter toutes périodes de sécheresse supérieures à 10 jours.

### 3.3 - Les sols

En général le riz présente une grande adaptabilité, et supporte des sols dont les pH varient entre 4,5 et 8. Cependant on observe un optimum à pH = 6 - 7.

Les sols à texture fine à environ 40%, sans éléments grossiers et moyennement perméables sont à rechercher.

#### 3.3.1 - En culture sèche

Le riz nécessite, comme les autres céréales, un sol riche, meuble et limoneux ou limono-argileux. Cette culture peut supporter des excès d'eau mais elle est très sensible à la sécheresse.

Dans ce type de culture, l'intérêt est de connaître la réserve en eau facilement utilisable (RFU) des sols.

### 3.3.2 - En culture aquatique

On recherche plutôt des sols argileux (50%) pour limiter les pertes en eau de percolation (aspect économique).

Quelques exemples de sols utilisables: argiles noires tropicales, sols organiques à engorgement temporaire (bras morts des fleuves), sols alluvionnaires ou colluvionnaires (Deltas).

Dans les sols, une salinité de 1% est considérée comme un maximum pour la culture du riz. La présence, comme le cas dans les mangroves, de sulfures ou de sulfates est défavorable au développement de la plante.

## 4 - LES TECHNIQUES CULTURALES DU RIZ PLUVIAL ET DE BAS-FONDS

Il existe deux systèmes de riziculture comportant de nombreuses variantes résultant des adaptations aux conditions locales :

- la riziculture irriguée classique
- la riziculture dite pluviale ou de bas-fonds qui ne reçoit comme eau que celle de la pluie, du ruissellement et d'affleurement de nappe.

Dans le cas du riz de bas-fonds, il peut y avoir submersion plus ou moins nette du sol. C'est dans ce cas que nous obtenons les meilleurs résultats en riziculture pluviale.

### 4.1 - Caractères et variétés

#### 4.1.1 - Les facteurs limitants

3 facteurs limitants sont à étudier (DOBELMAN, 1961).

- La pluviométrie doit être suffisante et répartie de manière à ce qu'il n'y ait pas de périodes sèches de plus de dix jours.

- Le cycle végétatif de la variété utilisée doit correspondre à la durée de la saison des pluies.

- Le pouvoir de rétention d'eau du sol doit permettre à la plante de subsister pendant les périodes de sécheresse éventuelles.

Dans le cas des bas-fonds, la RFU peut être faible car la proximité de la nappe phréatique permet l'alimentation en eau.

#### 4.1.2 - Variétés

Les variétés pluviales utilisées sont : OS6, Morobérékan, Sintane Diofor, 6283.

#### 4.2 - La préparation du sol

Un labour profond permet d'améliorer les propriétés physiques du sol et d'augmenter le volume de terre exploré par les racines. Ce travail du sol permet d'éviter le développement de mauvaises herbes. Il est recommandé de réaliser un labour peu après la récolte et d'effectuer une reprise au canadien avant les premières pluies.

#### 4.3 - Le semis

Deux facteurs sont à prendre en considération pour déterminer l'époque de semis :

- le riz doit pousser à l'époque où la fréquence des périodes sèches de 10 jours est la plus faible possible.
- la floraison et l'épiaison doivent coïncider avec une période suffisamment humide et chaude.

Ainsi, la durée du cycle détermine pour chaque variété l'époque de semis.

En général, il est conseillé de semer lorsque les pluies sont bien établies afin d'assurer un bon développement de la plantule. Cependant les semis hâtifs permettent des augmentations de rendement.

L'écartement du semis est fonction de la richesse du sol et du sarclage réalisé.

#### 4.4 - L'entretien des cultures

Le riz pluvial est une culture facilement envahie par les adventices.

La première opération est donc le sarclage. Dans le cas de la Casamance, la norme est la suivante :

- un premier sarclage au 15<sup>e</sup> jour de végétation
- un deuxième, 10 à 15 jours après
- un troisième au 45<sup>e</sup> jour pour les variétés hâtives.

Dans certains pays (Madagascar, Côte d'Ivoire), des essais ont été réalisés avec des herbicides et donnent de bons résultats.

#### 4.5 - La fumure

Malgré des variations très sensibles d'un pays à l'autre en fonction des types variétaux, les quantités d'éléments exportés pour 4 tonnes de paddy sont les suivants (tableau 14).

Tableau 14 - Exportations pour 4 t de Paddy

|           | Quantité exportée (kg/ha) |                 |
|-----------|---------------------------|-----------------|
|           | Totale                    | Par les graines |
| Azote     | 90                        | 48              |
| Phosphore | 20                        | 13              |
| Potasse   | 219                       | 11              |
| Calcium   | 34                        | 12              |
| Silice    | 1780                      | 371             |

On peut noter que l'azote est l'élément le plus important ; ensuite viennent l'acide phosphorique et la potasse.

Cependant l'effet des engrais minéraux sur le rendement du riz pluvial est assez irrégulier car il est soumis aux conditions d'alimentation hydrique de la plante.

Le riz réagit surtout à l'azote apporté sous forme d'urée ou de sulfate d'ammoniaque qui malheureusement a tendance à acidifier le sol.

Les apports d'engrais azotés doivent être effectués d'une part avant la récolte et d'autre part de manière fractionnée en cours de végétation.

Le rôle des engrais potassiques est controversé, en effet ils ne semblent pas nécessaires quand on restitue au sol les pailles très riches en cet élément.

#### 4.6 - La récolte

On distingue au niveau de la récolte :

- la coupe : lorsque les grains sont arrivés à maturité, on récolte la panicule et on fait sécher en gerbes
- la battage : il permet de récupérer le paddy
- le séchage du paddy : le but est d'abaisser la teneur en eau jusqu'à 14%. Le séchage doit se faire à l'ombre et en atmosphère aérée.

#### 4.7 - Rendements

Ils sont très variables suivant les variétés, le type de culture, les conditions écologiques et la conduite de la culture.

Quelques moyennes de rendements selon la FAO (1971) seraient à Madagascar de 20,7 qx/ha ; Sénégal 14,2 ; Côte d'Ivoire 10,0 en culture pluviale et 40 en irriguée ; Burkina Faso 9 à 60 en irriguée.

### 5 - ENNEMIS ET MALADIES DU RIZ (cultures pluviales et aquatiques)

#### 5.1 - Maladies

##### 5.1.1 - La piriculariose

Cette maladie est d'autant plus grave que la culture est intensive. Elle affecte toutes les parties aériennes du riz. Les principales causes sont :

- une forte nutrition azotée
- un déficit hydrique
- des températures comprises entre 18 et 26°C
- humidité de l'air
- présence de l'inoculum
- sensibilité variétale

La lutte chimique n'étant pas rentable, les moyens de lutte préconisés sont :

- l'utilisation de variétés résistantes (IRAT 13, 6383 etc..)
- le choix de méthodes culturales judicieuses (utiliser des semences saines, bonne alimentation hydrique, apport d'azote limité, brûlis de la paille).

*due a pasci*

5.1.2 - Autres maladies

|                        | Symptômes   | Causes                            |
|------------------------|---|-----------------------------------|
| HELMINTHOSPORIOSE      | . tâches sur les feuilles petites, rondes et uniformément brunes          | . Mauvaises conditions de culture |
| POURRITURE DES CHAUMES | . champignons attaquant la base des plants du riz                         | . Asphyxie des sols<br>. Froid    |
| RHYNOSPORIOSE          | . grandes lésions avec stries d'accroissement                             |                                   |
| CERCOSPORIOSE          | . petites stries brunes sur les feuilles                                  |                                   |
| CHARBON VERT           | . grain remplacé par des spores verdâtres                                 |                                   |
| BACTERIOSE             | . Stries translucides sur les feuilles ( <i>Xanthomonas translucens</i> ) |                                   |
| VIROSE                 | . peu de dégâts   |                                   |

5.2 - Ennemis5.2.1 - Les nématodes

Les principaux sont :

- le bout blanc (white tip)

Une désinfection à l'eau chaude des semences permet son élimination.

- L'Ufra (*Ditylenchus angustus*)

Il s'agit d'une affection très rare, répandue en Asie (signalée à Madagascar).

### 5.2.2 - Les insectes

- Les borers : larves vivantes dans la lumière des tiges. Les méthodes de lutte sont chimiques.

- Destructeurs de feuilles (semis → tallage)

Lutte efficace par des pulvérisations d'insecticides foliaires.

- Polyphages divers

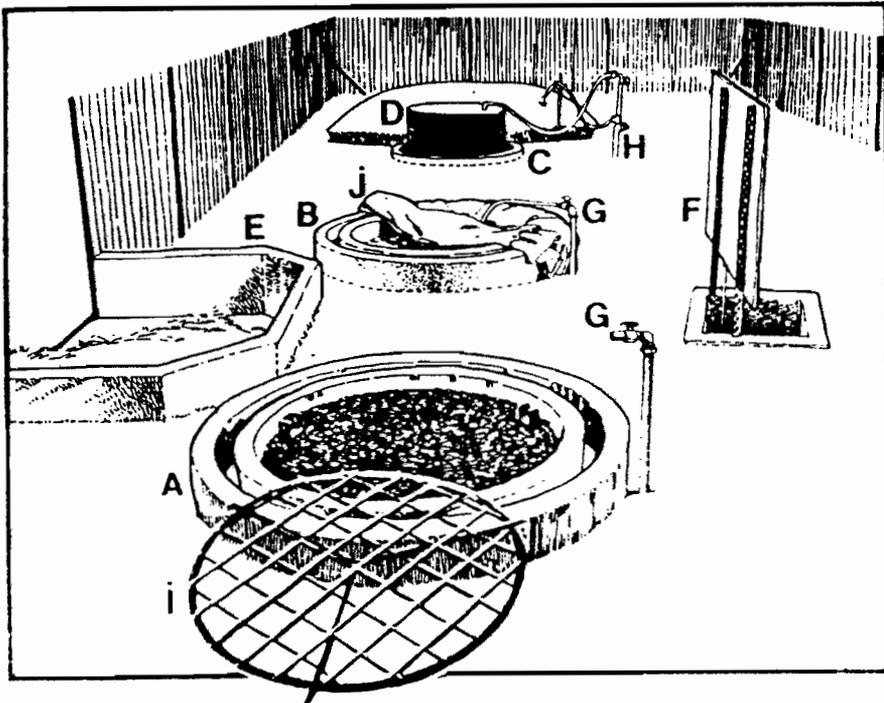
- Insectes des stocks



# MATERIEL ET METHODES



Figure 10 - FERMENTEUR DISCONTINU DE 4 m<sup>3</sup>



- A - Cuve en chargement
- B - Cuve vide
- C - Gazomètre cloche
- D - Gazomètre bâche
- E - Aire de stockage
- F - Panneau de contrôle
- G - Canalisations de départ du biogaz
- H - « Arbre de Noël » (arrivée, stockage et distribution du gaz)
- I - Grille anti-refoulement
- J - Bâche de fermeture étanche à jupes

## 1 - PROTOCOLE EXPERIMENTAL

### 1.1 - Matériel utilisé

#### 1.1.1 - Le compost utilisé et son obtention

Nous avons choisi de tester un compost issu de la fermentation d'un mélange de fumier et de matières stercoraires de bovins car c'est la matière première qui donne les meilleurs résultats (PETITCLERC, 1985).

Ce compost a été obtenu à partir d'un fermenteur discontinu de 4 m<sup>3</sup> "type IRAT" (Fig.10 ) décrit dans la synthèse bibliographique. Le fermenteur a été chargé avec environ 2,5 tonnes (3,5 m<sup>3</sup>) d'un mélange fumier (1/3), contenu de penses (2/3) à 20% de MS auquel on ajoute 800 litres d'eau et 200 litres de pied de cuve d'un essai précédent. La fermentation a été suivie pendant 60 jours. Le compost ainsi obtenu a été mis à sécher une semaine au soleil afin d'obtenir un taux d'humidité suffisamment bas pour faciliter un éventuel transport.

Les analyses réalisées par le laboratoire des moyens analytiques de L'ORSTOM-Dakar sont les suivantes :

|         | H% | C°/°° | N°/°° | P°/°° | K°/°° | Ca°/°° | Mg°/°° | Na°/°° |
|---------|----|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Compost | 7  | 203,3 | 9,14  | 3,9   | 1,6   | 5,7    | 1,5    | 4,5    |

$$C/N = 22,2$$

Ce compost a l'aspect d'un bon terreau, à légère odeur de feuilles mortes. Sa densité est d'environ 0,4.

#### 1.1.2 - Le matériel végétal : plantes et variétés

Les essais agronomiques ont été réalisés sur 3 plantes d'hiver-nage. Nous avons utilisé des variétés précoces afin de pouvoir exploiter les résultats dans les délais qui nous étaient impartis.

a) Le mil : nous avons utilisé la variété "SOUNA III".

Il s'agit d'une variété de mil local, cultivée traditionnellement. Elle a été améliorée et présente un cycle court d'environ 80 jours (période semis-récolte).

b) L'arachide : la variété "Spanish 55.437" cultivée se caractérise par sa résistance à la sécheresse et par un cycle court (90-100 jours).

c) Le riz : nous avons étudié la variété "Moroberekan" qui est cultivée en Afrique selon un mode pluvial. La durée de son cycle est plus longue que dans le cas des autres cultures (145 jours).

Il était prévu à l'origine de tester également des cultures maraîchères mais la durée de notre séjour coïncidant avec la période de l'hivernage, cela n'a pas été possible.

### 1.1.3 - Le sol "Dior"

Les essais culturaux ont été réalisés sur la concession de l'ORSTOM de Bel-Air (Dakar).

Nous avons installé notre dispositif expérimental sur un sol communément appelé "Dior". Il s'agit d'un sol sableux, profond, ferrugineux tropical dont les caractéristiques physico-chimiques sont les suivantes (GILLIER & SYLVESTRE, 1969) :

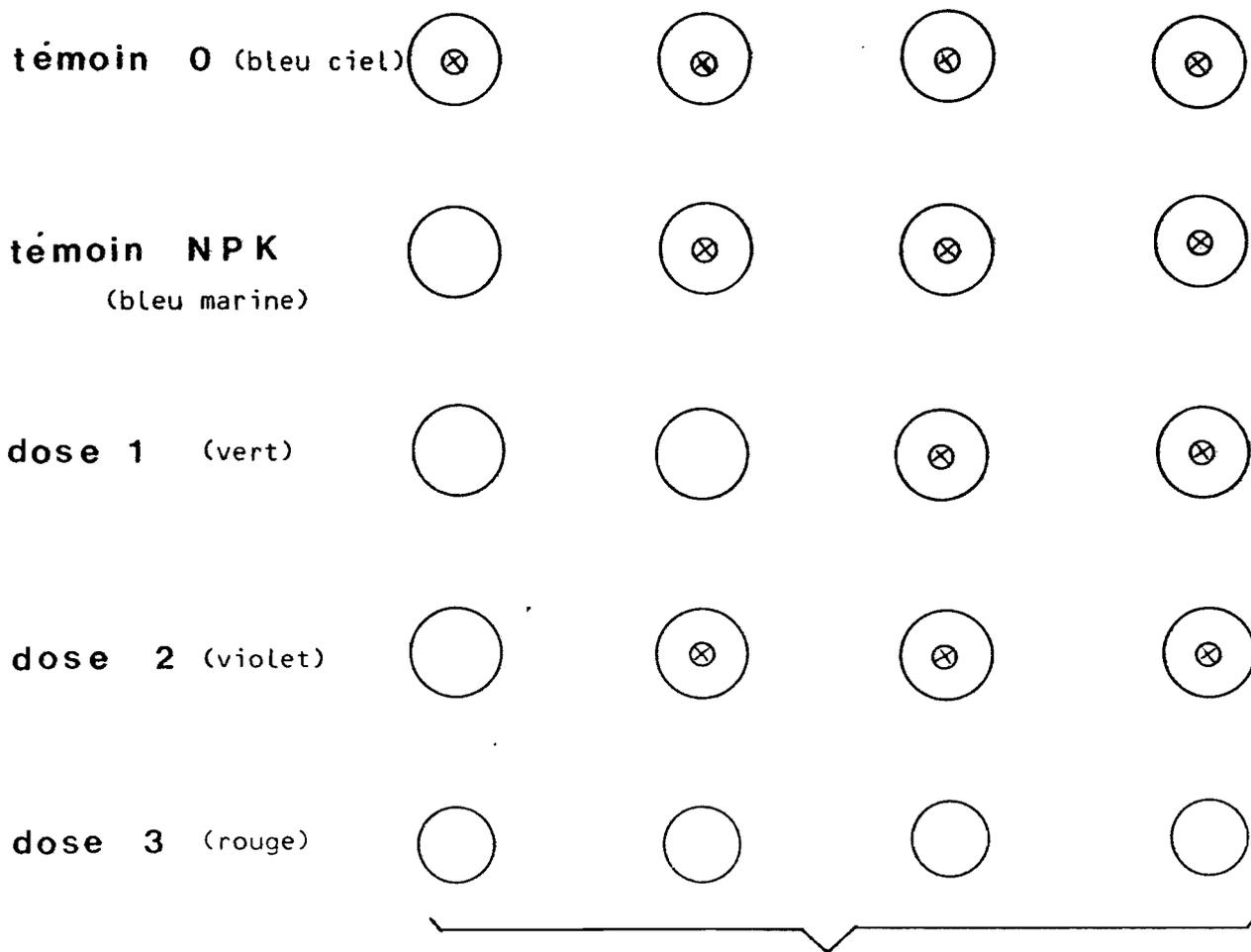
|                            |       |
|----------------------------|-------|
| Sables grossiers (en %)    | 37,1  |
| Sables fins (en %)         | 58,8  |
| Limons (en %)              | 2,8   |
| Argile (en %)              | 1,3   |
| Matières organiques (en %) | 0,034 |
| Humus (en %)               | 0,024 |
| Carbone (en %)             | 0,02  |
| Azote (en %)               | 0,012 |
| C/N                        | 1,7   |
| pH                         | 6,3   |
| Ca (en me/100 g)           | 0,72  |
| Mg                         | 0,05  |
| K                          | 0,08  |
| Na                         | 0,10  |

$P_{205}^B$  1

Ces sols se caractérisent également par une texture sableuse ou sablo-argileuse des horizons superficiels et une prédominance de la kaolinite dans la fraction argileuse.

Figure 11 - DISPOSITION DE L'ESSAI EN POTS

Nous représentons ici l'essai réalisé pour chaque plante



⊗ : Les seaux marqués d'une croix ont dû être remplacés dans le cas du riz.

## 1.2 - Présentation des essais : plan d'expérience

Nous avons voulu, dans un premier temps, observer le développement et la croissance des plantes en fonction des traitements. Pour cela, nous avons réalisé des essais en pots.

Enfin dans un deuxième temps, il nous a paru intéressant d'entreprendre des essais en mini-parcelles pour connaître les rendements de chaque traitement.

### 1.2.1 - Les essais en pots

#### 1.2.1.1 - Les traitements et leur répartition

Cinq traitements et 4 répétitions ont été réalisés sur chaque plante (mil, arachide et riz) :

- Traitement 1 : Témoin sans fertilisation
- Traitement 2 : Témoin avec fertilisation minérale NPK (60-30-30)
- Traitement 3 : Dose 1 : 5 tonnes de compost/ha
- Traitement 4 : Dose 2 : 6,5 tonnes de compost/ha
- Traitement 5 : Dose 3 : 8 tonnes de compost/ha.

De fortes doses ont été délibérément appliquées en vue d'amplifier les différences éventuelles. Les essais ont été conduits dans des seaux en plastique de 15 litres.

- Pour l'arachide : 2 plantes/pot
- Pour le mil : 2 plantes/pot
- Pour le riz : 4 plantes/pot

Nous avons fait correspondre une couleur à chaque traitement.

- Seau bleu-ciel : Témoin 0
- Seau bleu-marine : Témoin NPK
- Seau vert : Dose 1
- Seau violet : Dose 2
- Seau rouge : Dose 3

La figure 11 représente la disposition des seaux, tandis que la répartition des traitements a été faite selon la méthode des blocs.

### 1.2.1.2 - Les façons culturales

Nous avons semé pour les trois plantes étudiées une pépinière (21/06). La densité de repiquage a été indiquée précédemment.

Les désherbages manuels ont été réalisés chaque fois que cela était nécessaire.

Les traitements phytosanitaires ont consisté en une pulvérisation de DECIS environ tous les 15 jours (40 cc pour 15 l).

Les pluies n'ayant pas été suffisantes (100 mm pour juillet-août environ), un apport d'eau par arrosage s'est avéré nécessaire afin d'obtenir l'équivalence des pluviométries suivantes :

- Arachide : 1000 mm/cycle
- Mil : 600 mm/cycle
- Riz : 1800 mm/cycle

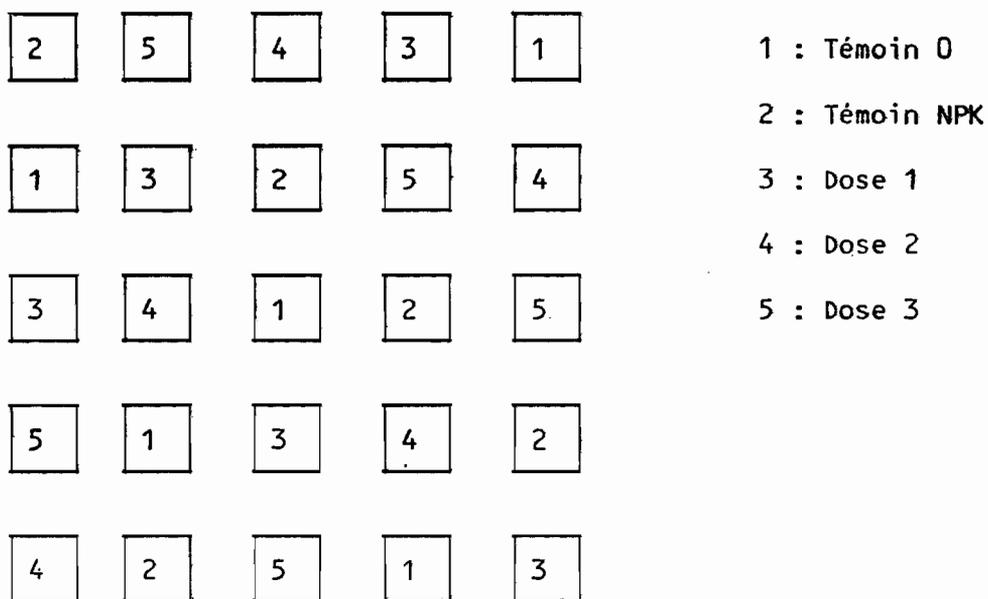
### 1.2.1.3 - Observations

Tout au long du cycle végétatif des plantes cultivées, nous avons effectué un certain nombre de mesures et noté les stades de développement des plantes dans chaque pot.

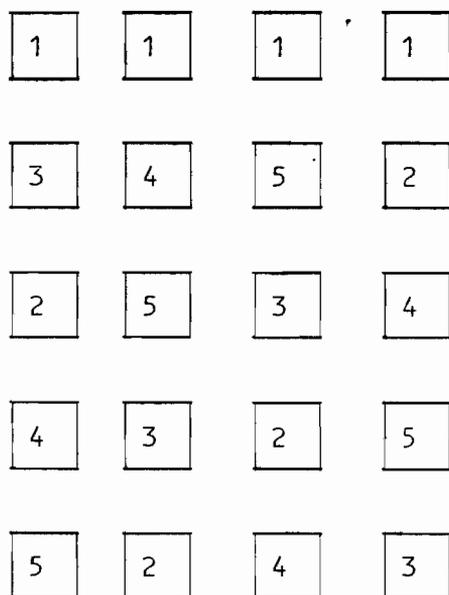
- Arachide : % de couverture foliaire  
Taille des plantes  
Nombre de rameaux par plante  
Aspect des feuilles
- Mil : Nombre de feuilles  
Nombre de talles  
Taille des plantes  
Aspect des feuilles
- Riz : Taille des poquets  
Aspect des feuilles.

Ces observations devraient nous permettre de comparer les croissances et le développement de chaque essai.

Fig. 12 - Répartition des traitements en mini-parcelles



CAS DU MIL ET DE L'ARACHIDE (Carré Latin)



CAS DU RIZ (en blocs)

## 1.2.2 - Les essais en mini-parcelles

### 1.2.2.1 - Les traitements et leur répartition

Les essais en mini-parcelles ont été réalisés avec les mêmes plantes que précédemment. Nous avons effectué :

5 traitements et 5 répétitions pour le mil et l'arachide

5 traitements et 4 répétitions pour le riz.

La répartition pour les essais sur le mil et l'arachide a été faite selon la méthode des "carrés latins" (Fig. 12). Le principe de cette méthode consiste à appliquer chaque traitement une et une seule fois dans chaque ligne et chaque colonne. On peut ainsi annuler l'erreur due à l'hétérogénéité des sols.

Nous n'avons pu mettre en place que 4 répétitions pour l'essai sur le riz selon la méthode des blocs (Fig. 12).

Les essais ont été entrepris sur des parcelles de 1 m<sup>2</sup>. Dans le cas du riz, nous avons enseveli une bache plastique à environ 1 mètre de profondeur afin de retenir l'eau sans gêner le développement racinaire

Les densités de semis ont été les suivantes :

- Arachide : 8 plants/ m<sup>2</sup>
- Riz : 25 poquets/m<sup>2</sup> (après démariage 50 pieds/m<sup>2</sup>)
- Mil : 4 poquets/m<sup>2</sup> (après démariage 12 pieds/m<sup>2</sup>).

### 1.2.2.2 - Les façons culturales

Mil - Arachide : Défrichage de la zone d'implantation de nos essais  
 Travail superficiel du sol (hilaire)  
 Arrosage pour la levée des adventices  
 Deuxième travail du sol au moment de l'apport de compost.

Le compost a été apporté 2 jours avant le semis.

Nous avons réalisé un semis direct pour éviter le stress de la plante au moment du repiquage.

Nous avons attaché une grande importance au sarclo-binage afin d'éviter des phénomènes de compétition entre les plantes cultivées et les adventices.

Les traitements phytosanitaires sont les mêmes que ceux appliqués sur les seaux : pulvérisation de DECIS tous les 15 jours environ.

Dans le cas des mini-parcelles, nous avons dû arroser afin d'apporter aux plantes les quantités d'eau nécessaires à leur développement.

La récolte a été faite manuellement.

Dans le cas particulier du riz, outre l'application de ces différentes façons culturales, nous avons réalisé un travail du sol profond à l'exception des parcelles déjà équipées de bâches en plastique.

#### 1.2.2.3 - Observations

Sur le mil et le riz, nous avons évalué :

- nombre d'épis
- poids des mille grains
- longueur des épis
- rendement en grains
- rendement en paille

Tandis que sur l'arachide, nous avons estimé :

- le rendement en coques et en fanes
- le poids des 100 gousses.

## 2 - METHODES DE TRAITEMENT DES DONNEES

Les méthodes statistiques utilisées pour l'exploitation des données obtenues sont :

### 2.1 - La méthode du carré latin

Cette méthode consiste à répartir les traitements de manière à n'avoir qu'un traitement par ligne et par colonne selon les lois du hasard afin d'annuler l'erreur due à l'hétérogénéité des sols.

L'interprétation des données résulte de l'analyse de la variance qui se décompose de la manière suivante (tableau 15) :

- variance entre lignes
- variance entre colonnes
- variance entre traitements
- variance résiduelle (erreur expérimentale).

Tableau 15 - Analyse des variances (méthode du carré latin)

| Variation         | SCE  | ddl          | CM (carré moyen)                | F calculé                    |
|-------------------|--|--------------|---------------------------------|------------------------------|
| Totale            | (1) $\sum_{ijk} X_{ijk}^2 - \frac{X_{000}^2}{R^2}$ | $R^2 - 1$    | -                               | -                            |
| Entre traitements | (2) $\sum_i \frac{X_{i00}^2}{R} - TC$              | $R - 1$      | $\frac{SCE(T)}{ddl(T)} = CM(T)$ | $F(T) = \frac{CM(T)}{CM(R)}$ |
| Entre lignes      | (3) $\sum_j \frac{X_{0j0}^2}{R} - TC$              | $R - 1$      | $\frac{SCE(L)}{ddl(L)} = CM(L)$ | $F(L) = \frac{CM(L)}{CM(R)}$ |
| Entre colonnes    | (4) $\sum_k \frac{X_{00k}^2}{R} - TC$              | $R - 1$      | $\frac{SCE(C)}{ddl(C)} = CM(C)$ | $F(C) = \frac{CM(C)}{CM(R)}$ |
| Résiduelle        | (5) $= (1) - (2) - (3) - (4)$                      | $(R-1)(R-2)$ | $CM(R)$                         |                              |

$TC = \text{Terme correctif} : \frac{X_{000}^2}{R^2}$

$R = \text{nombre de lignes et de colonnes}$

$X_{000} = \text{somme de toutes les mesures}$

$\sum_{ijk} X_{ijk}^2 = \text{somme des carrés de chaque résultat}$

$\sum_i X_{i00}^2 = \text{somme des carrés de la somme de chaque traitement}$

$\sum_j X_{0j0}^2 = \text{somme des carrés de la somme de chaque ligne}$

$\sum_k X_{00k}^2 = \text{somme des carrés de la somme de chaque colonne}$

Le calcul de F permet de comparer les lignes, les colonnes et les traitements de façon globale et de déterminer les différences significatives.

Dans l'analyse de nos résultats, nous avons établi un classement des moyennes en utilisant la méthode de Tukey et les tables qui s'y rattachent (cf. Annexes).

## 2.2 - La méthode des essais en blocs complets

Dans ce type d'essai, les résultats sont soumis à deux facteurs : les traitements et les blocs.

L'analyse de la variance (tableau 16) se décompose donc comme suit :

- variance "entre blocs"
- variance "entre traitements"
- variance résiduelle (erreur expérimentale).

Tableau 16 - Analyse de la variance (méthode des blocs)

| Variation         | SCE  | ddl        | CM                      | F calculé                    |
|-------------------|--|------------|-------------------------|------------------------------|
| Totale            | (1) $\sum_{ij} X_{ij}^2 - \frac{X_{00}^2}{IJ}$ | (IJ - 1)   |                         |                              |
| Entre blocs       | (2) $\sum_j \frac{X_{0j}^2}{I} - TC$           | J - 1      | $\frac{SCE(B)}{ddl(B)}$ | $\frac{CM(B)}{CM(R)} = F(B)$ |
| Entre traitements | (3) $\sum_i \frac{X_{i0}^2}{J} - TC$           | (I - 1)    | $\frac{SCE(T)}{ddl(T)}$ | $\frac{CM(T)}{CM(R)} = F(T)$ |
| Résiduelle        | (4) = (1)-(2)-(3)                              | (I-1)(J-1) | $\frac{SCE(R)}{ddl(R)}$ |                              |

Les notations sont les mêmes que dans le cas de la méthode des carrés latins.

I = nombre de traitements

J = nombre de blocs

Cette analyse de variance est faite pour un essai en bloc avec i traitements et j blocs.

Nous avons également comparé le F calculé au F donné par les tables de SNEDECOR (cf Annexes).

Lorsque la différence est significative (5%) entre les traitements, nous effectuons alors un classement des moyennes.



# RESULTATS/INTERPRETATION



Nous présentons dans cette partie les principaux résultats que nous avons obtenus au cours de nos expérimentations. Nous donnons directement les moyennes pour chaque traitement ainsi que le classement obtenu. Le détail des mesures et les calculs statistiques sont regroupés en annexes.

### 1 - LA COMPOSITION MINERALE DES APPORTS

Les résultats de l'analyse du compost utilisé (cf. Matériel et Méthodes) nous permettent d'établir le tableau suivant :

Tableau n° 17 : composition des apports

|                                 | Humi-<br>dité<br>% | C<br>kg/ha | N<br>kg/ha | P<br>kg/ha | K<br>kg/ha | Ca<br>kg/ha | Mg<br>kg/ha | Na<br>kg/ha |
|---------------------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Traitement n° 1 (témoin 0)      |                    | -          | -          | -          | -          | -           | -           | -           |
| Traitement n° 2 (témoin NPK)    |                    | -          | 60         | 30         | 30         |             |             |             |
| Traitement n° 3 (5 tonnes/ha)   | 7                  | 945        | 42,5       | 18,13      | 7,44       | 26,5        | 6,9         | 20,9        |
| Traitement n° 4 (6,5 tonnes/ha) | 7                  | 1228,5     | 55,25      | 23,5       | 9,6        | 34,4        | 9,0         | 27,2        |
| Traitement n° 5 (8 tonnes/ha)   | 7                  | 1504,4     | 68,0       | 29,0       | 11,9       | 42,4        | 11,16       | 33,48       |

Le classement des teneurs en azote est le suivant pour les différents essais :

n° 5 > n° 2 > n° 4 > n° 3 > n° 1

Le traitement n° 2 s'avère être le plus riche pour les autres éléments fertilisants (P et K).

### 2 - PRESENTATION DES RESULTATS DES ESSAIS EN POTS

Dans cette série d'expérimentations, nous avons suivi le développement végétatif de trois cultures : le mil, l'arachide et le riz.

#### 2.1 - Le mil

Dans le cas des essais sur le mil, nous avons étudié successivement quatre caractères.

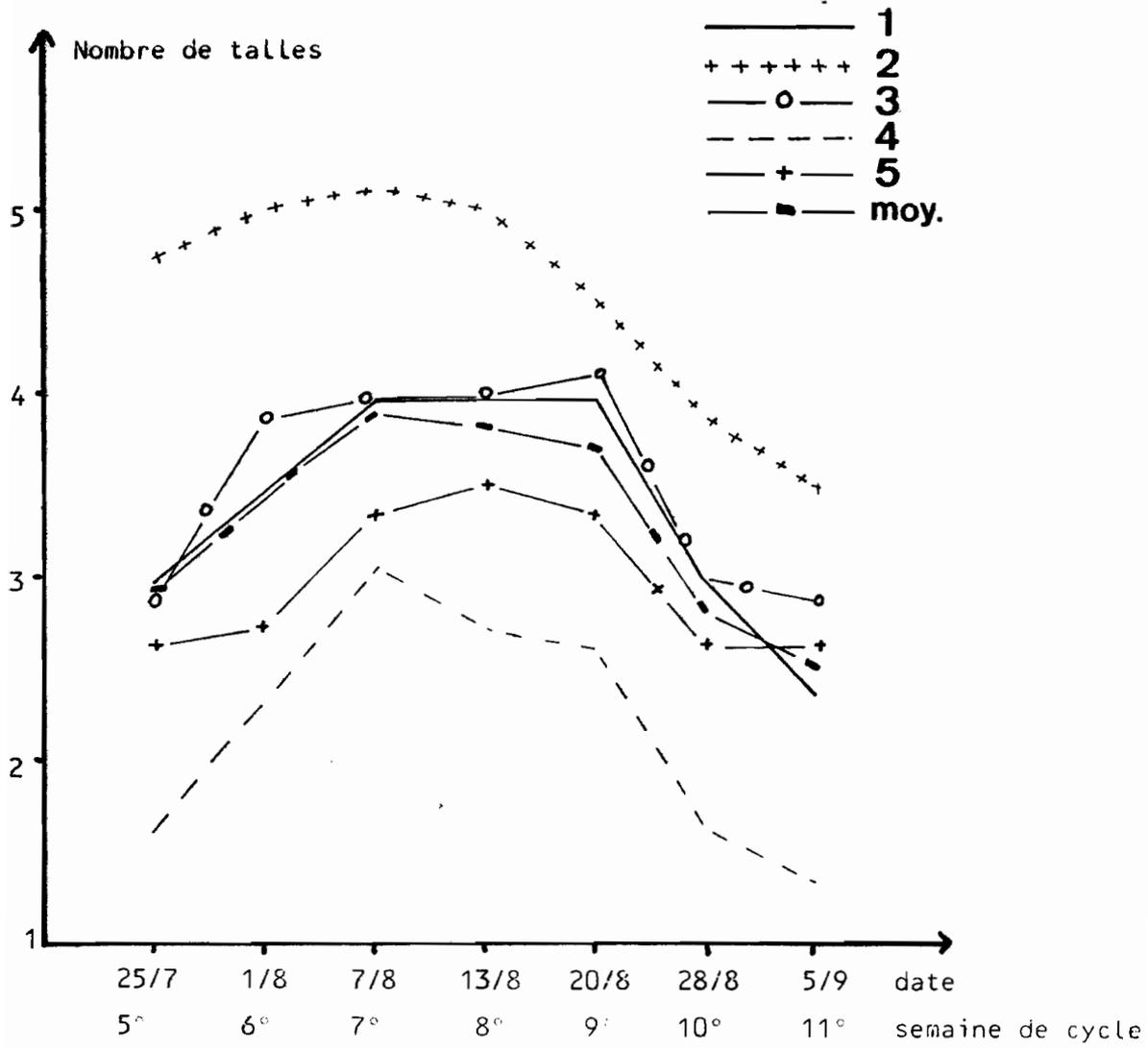


Figure 13 - EVOLUTION DU NOMBRE DE TALLES SUR UN PIED DE MIL  
SELON LES TRAITEMENTS

2.1.1 - Le nombre de talles par planteTableau 18 : Nombre de talles par pied de mil

| Date | $\bar{x}$ trai.<br>1 | $\bar{x}$ trai.<br>2 | $\bar{x}$ trai.<br>3 | $\bar{x}$ trai.<br>4 | $\bar{x}$ trai.<br>7 | Moy.<br>géné. | Classement et test de<br>signification (5%)   |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|---|
| 25/7 | 2                    | 3,75                 | 1,87                 | 0,62                 | 1,62                 | 1,97          | 4 < 5 < 3 < MG < 1 < 2<br>Les traitements diffèrent<br>significativement<br><u>4    5 3 1    2</u>        |
| 1/8  | 2,5                  | 4                    | 2,87                 | 1,37                 | 1,75                 | 2,5           | 4 < 5 < 1 < MG < 3 < 2<br>les traitements diffèrent<br>significativement<br><u>4    5 1 3    2</u>        |
| 7/8  | 3                    | 4,12                 | 3                    | 2,12                 | 2,37                 | 2,92          | 4 < 5 < MG < 1 < 3 < 2<br>pas de différence signi-<br>ficative  |
| 13/8 | 3                    | 4                    | 3                    | 1,75                 | 2,5                  | 2,85          | 4 < 5 < MG < 1 , 3 < 2<br>pas de différence signi-<br>ficative  |
| 20/8 | 3                    | 3,5                  | 3,12                 | 1,62                 | 2,37                 | 2,72          | 4 < 5 < MG < 1 < 3 < 2<br>pas de différence<br>significative  |
| 28/8 | 2                    | 2,87                 | 2                    | 0,62                 | 1,62                 | 1,82          | 4 < 5 < MG < 1 , 3 < 2<br>Une différence signifi-<br>cative<br><u>4    5 3    2</u><br><u>          1</u> |
| 5/9  | 1,37                 | 2,5                  | 1,87                 | 0,37                 | 1,62                 | 1,55          | 4 < 1 < MG < 5 < 3 < 2<br>Une différence signifi-<br>cative<br><u>4    1 5 3    2</u>                     |

La représentation graphique (fig. 13) montre que le nombre de talles passe par un maximum à la 7<sup>e</sup> semaine puis diminue. Cette évolution est caractéristique de la compétition existant au niveau des talles : tous n'évoluent pas vers la montaison.

L'analyse des résultats obtenus (tableau 18) met en évidence peu de différences significatives entre les traitements : en effet, seul le traitement 2 est significativement supérieur au traitement 4.

Dans l'ensemble, le nombre de talles est réduit ; cela s'explique par le peu d'espace dont disposaient les plantes.

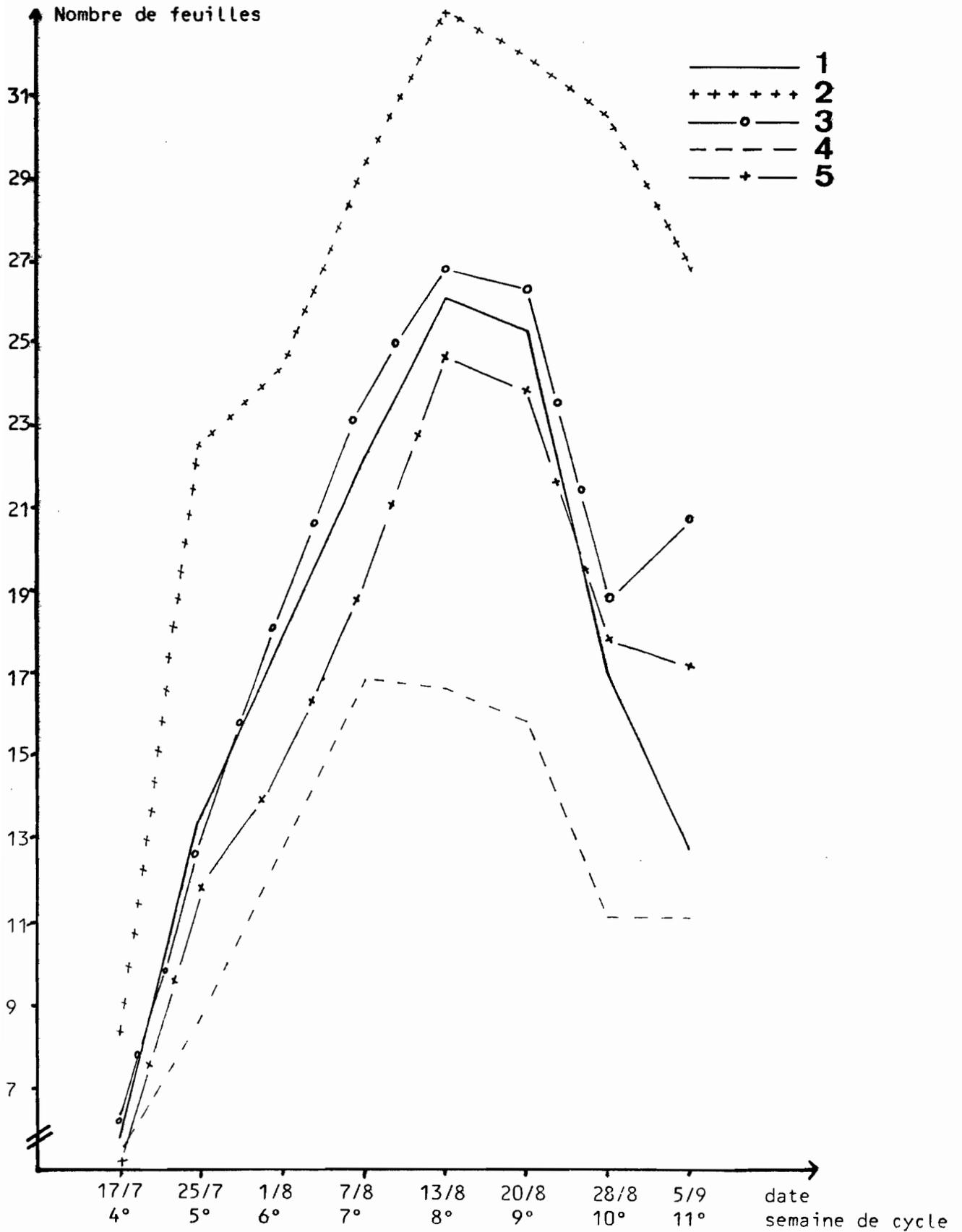


Figure 14 - EVOLUTION DU NOMBRE DE FEUILLES PRESENTES SUR LE MIL

2.1.2 - Le nombre de feuilles par planteTableau 19 : Nombre de feuilles par pied de mil

| Date  | $\bar{x}$ trai.<br>1 | $\bar{x}$ trai.<br>2 | $\bar{x}$ trai.<br>3 | $\bar{x}$ trai.<br>4 | $\bar{x}$ trai.<br>5 | Moy.  | Classement et test de<br>signification (5%)   |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|---|
| 17/07 | 5,84                 | 8,28                 | 5,99                 | 5,74                 | 5,08                 | 6,18  | 5 < 4 < 1 < 3 < MG < 2<br>Pas de différence signi-<br>ficative                                |
| 25/07 | 13,62                | 22,5                 | 13,12                | 8,87                 | 11,75                | 13,97 | 4 < 5 < 3 < 1 < MG < 2<br>Une différence signifi-<br>cative $\underline{4 \quad 531 \quad 2}$ |
| 1/08  | 17,87                | 24,37                | 18,75                | 12,62                | 14,62                | 17,65 | 4 < 5 < MG < 1 < 3 < 2<br>Une différence signifi-<br>cative $\underline{4 \quad 513 \quad 2}$ |
| 7/08  | 22,25                | 29,37                | 23,87                | 17                   | 19,25                | 22,35 | 4 < 5 < 1 < MG < 3 < 2<br>Une différence signifi-<br>cative $\underline{4 \quad 513 \quad 2}$ |
| 13/08 | 26,12                | 33                   | 26,75                | 16,62                | 24,62                | 25,42 | 4 < 5 < MG < 1 < 3 < 2<br>Une différence signifi-<br>cative $\underline{4 \quad 513 \quad 2}$ |
| 20/08 | 25,37                | 31,5                 | 26,37                | 15,75                | 23,87                | 24,57 | 4 < 5 < MG < 1 < 3 < 2<br>Une différence signifi-<br>cative $\underline{4 \quad 513 \quad 2}$ |
| 28/08 | 17                   | 30,5                 | 18,75                | 11,25                | 17,62                | 19,02 | 4 < 1 < 5 < 3 < MG < 2<br>Une différence signifi-<br>cative $\underline{4 \quad 153 \quad 2}$ |
| 5/09  | 12,75                | 26,75                | 20,75                | 11,25                | 17,25                | 17,75 | 4 < 1 < 5 < MG < 3 < 2<br>Une différence signifi-<br>cative $\underline{4 \quad 153 \quad 2}$ |

La représentation graphique du nombre de feuilles en fonction des traitements (fig.14 ) se caractérise par un maximum à la 8<sup>e</sup> semaine. Puis ce nombre décroît. Cela est à mettre en relation avec l'évolution des stades végétatifs des plantes. En effet, seules les 3 dernières feuilles sous l'épi interviennent dans le remplissage du grain (LAMBERT, 1983). Les autres sont alors inutiles et subissent l'effet de compétition.

A l'exception d'une observation (4<sup>e</sup> semaine), le traitement 2 est significativement supérieur au traitement 4. Les traitements 1, 3, 4 et 5 ne sont jamais significativement différents.

Le traitement 2 se distingue des autres à deux reprises (5<sup>e</sup> et 10<sup>e</sup> semaine du cycle).

Ces observations sont identiques à celles que l'on peut faire dans le cas du nombre de talles par plante puisque c'est ce critère qui détermine le nombre de feuilles.

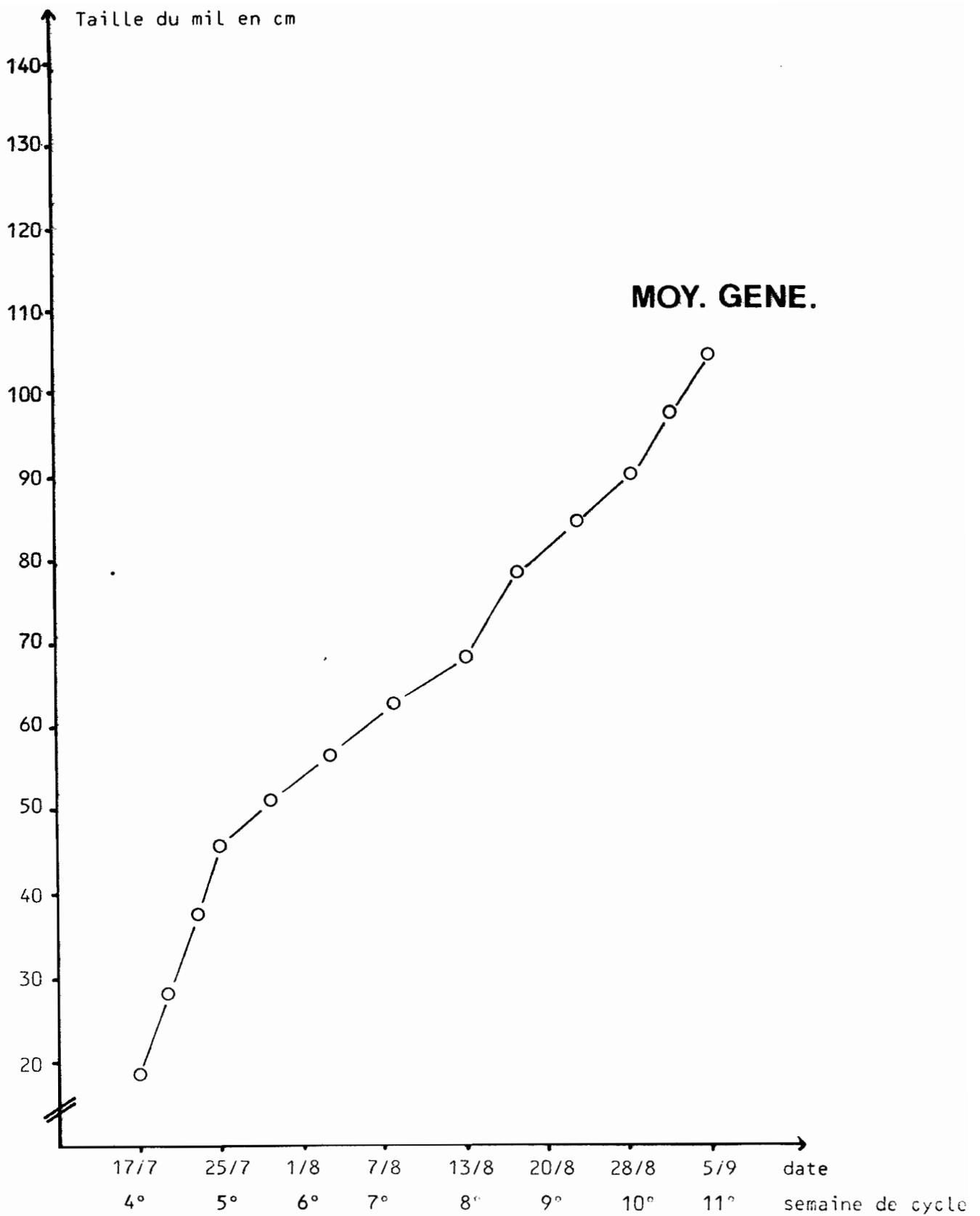


Figure 15 - EVOLUTION DE LA TAILLE MOYENNE DES PLANTS DE MIL

2.1.2 - La taille des plantes

Tableau 20 - Taille des plantes de mil (en cm)

| Date  | $\bar{x}$ trai.<br>1 | $\bar{x}$ trai.<br>2 | $\bar{x}$ trai.<br>3 | $\bar{x}$ trai.<br>4 | $\bar{x}$ trai.<br>5 | Moy.<br>géné. | Classement et test de<br>signification (5%)                    |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|--|
| 17/07 | 16,07                | 22,49                | 17,65                | 21,33                | 15,41                | 18,6          | 5 < 1 < 3 < MG < 4 < 2<br>Pas de différence signi-<br>ficative |
| 25/07 | 45                   | 52,37                | 46,12                | 44,16                | 43,5                 | 46,23         | 5 < 4 < 1 < 3 < MG < 2<br>Pas de différence<br>significative   |
| 1/08  | 54,75                | 58,5                 | 55,37                | 52,62                | 50                   | 54,25         | 5 < 4 < MG < 1 < 2 < 3<br>Pas de différence<br>significative   |
| 7/08  | 62,5                 | 65                   | 65,25                | 62,25                | 57,25                | 62,45         | 5 < 4 < MG < 1 < 2 < 3<br>Pas de différence<br>significative   |
| 13/08 | 69,12                | 64,62                | 72,37                | 72                   | 63,75                | 68,37         | 5 < 2 < MG < 1 < 4 < 3<br>Pas de différence<br>significative   |
| 20/08 | 78,87                | 69,87                | 85,87                | 85,62                | 72,87                | 78,62         | 2 < 5 < MG < 1 < 4 < 3<br>Pas de différence<br>significative   |
| 28/08 | 88,62                | 81,25                | 96,62                | 97                   | 86,5                 | 90            | 2 < 5 < 1 < MG < 3 < 4<br>Pas de différence<br>significative   |
| 5/09  | 107,75               | 104,25               | 126,25               | 120                  | 113                  | 114,25        | 2 < 1 < 5 < MG < 4 < 3<br>Pas de différence<br>significative   |

Il existe aucune différence significative entre les traitements que nous avons appliqués (Tab. 20).

La croissance des plantes est sensiblement linéaire (Fig. 15).

Cependant nous remarquons que le traitement 2, qui présentait les meilleurs résultats en début d'expérimentation, l'est moins en fin de cycle (9<sup>e</sup> semaine). De même, le traitement 5 est toujours en-dessous de la moyenne générale.

**T:** Tallage  
**M:** Montaison  
**E:** Epiaison  
**F:** Floraison  
**Ma:** Maturation

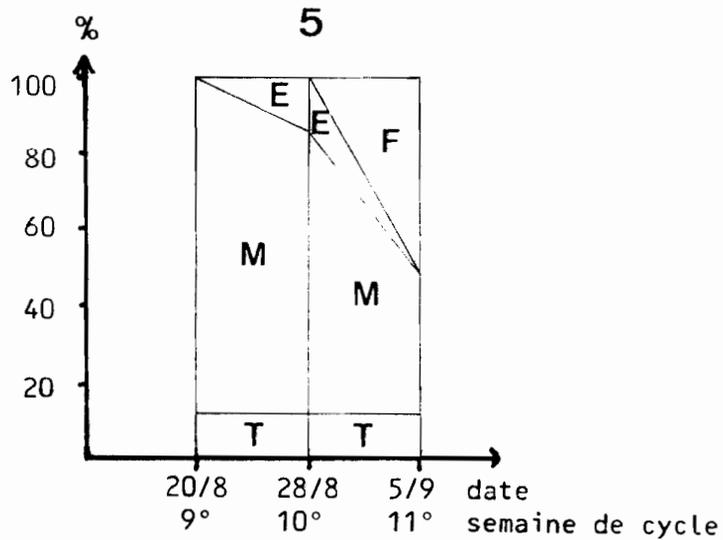
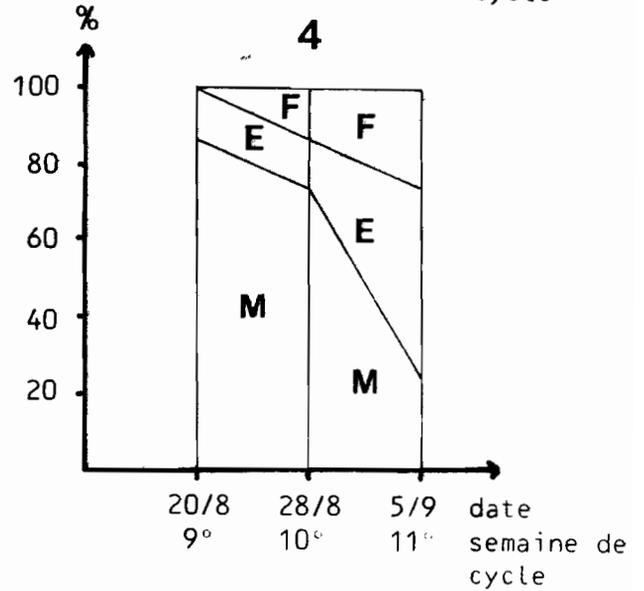
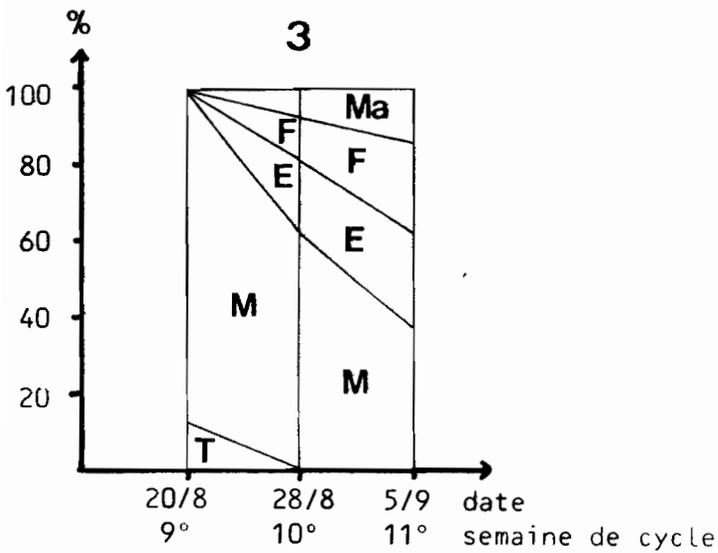
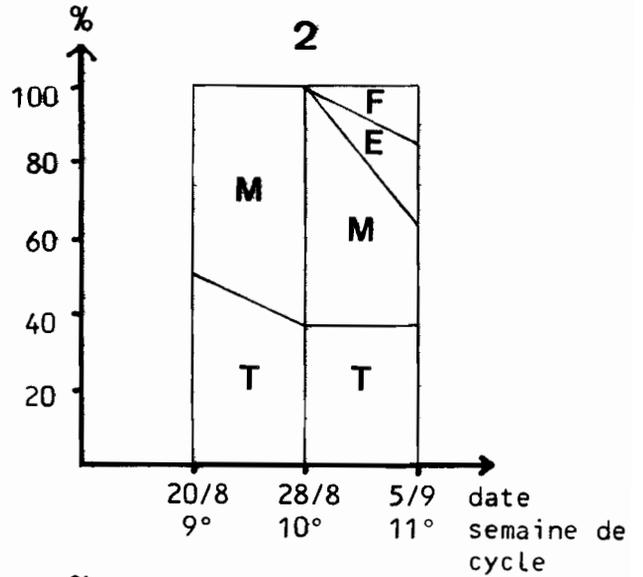
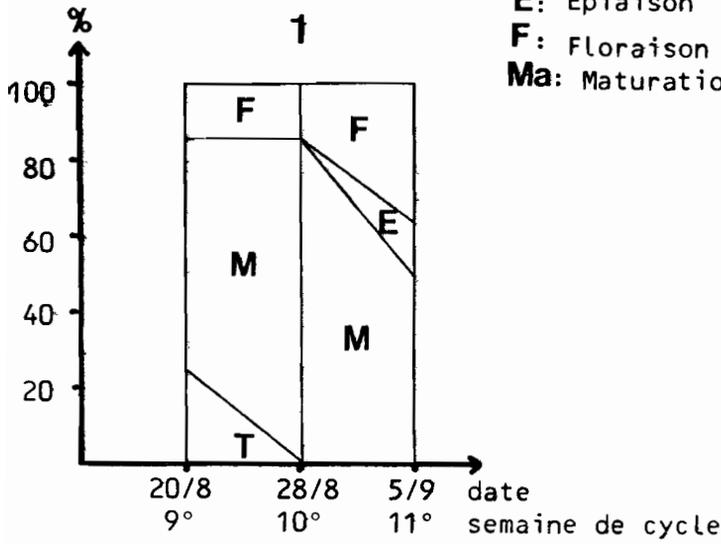


Figure 16 - LES DIFFERENTS STADES DU CYCLE VEGETATIF DU MIL

#### 2.1.4 - Les stades de développement

Sur la figure 16, nous avons représenté pour chaque traitement l'importance des différents stades du cycle à la 9<sup>e</sup>, 10<sup>e</sup> et 11<sup>e</sup> semaine.

Le mil est moins développé dans le cas du traitement 2. En effet, 37,5% des plantes étaient toujours au stade tallage le 5/09 et n'ont pas évolué vers la montaison par la suite.

Le mil le plus développé se trouve dans le cas du traitement 4 : à la 9<sup>e</sup> semaine, la majorité des plantes sont au stade de montaison et certaines sont déjà au stade épiaison. A la 11<sup>e</sup> semaine, 75% des plantes sont soit à épiaison, soit à floraison.

Le traitement 5 se caractérise par une plante qui n'a pas évolué à montaison. Par contre, les autres plantes se sont bien développées puisque 50% d'entr'elles sont au stade floraison à la 11<sup>e</sup> semaine.

Le traitement 3 est moins précoce que le traitement 4 : persistance du tallage jusqu'à la 10<sup>e</sup> semaine et encore 37,5% de montaison le 5/09.

Le traitement 1 ressemble au n° 3 malgré un léger retard.

A partir de ces observations, deux remarques semblent intéressantes :

- Les traitements 2 et 5 se caractérisent par l'absence d'évolution de certaines plantes. Il semble que celles-ci aient été atteintes par le "mildiou" car elles présentent un tallage abondant avec des talles rabougries.

- Pour la précocité, nous pouvons établir schématiquement le classement suivant :

$$1 < 3 < 4$$

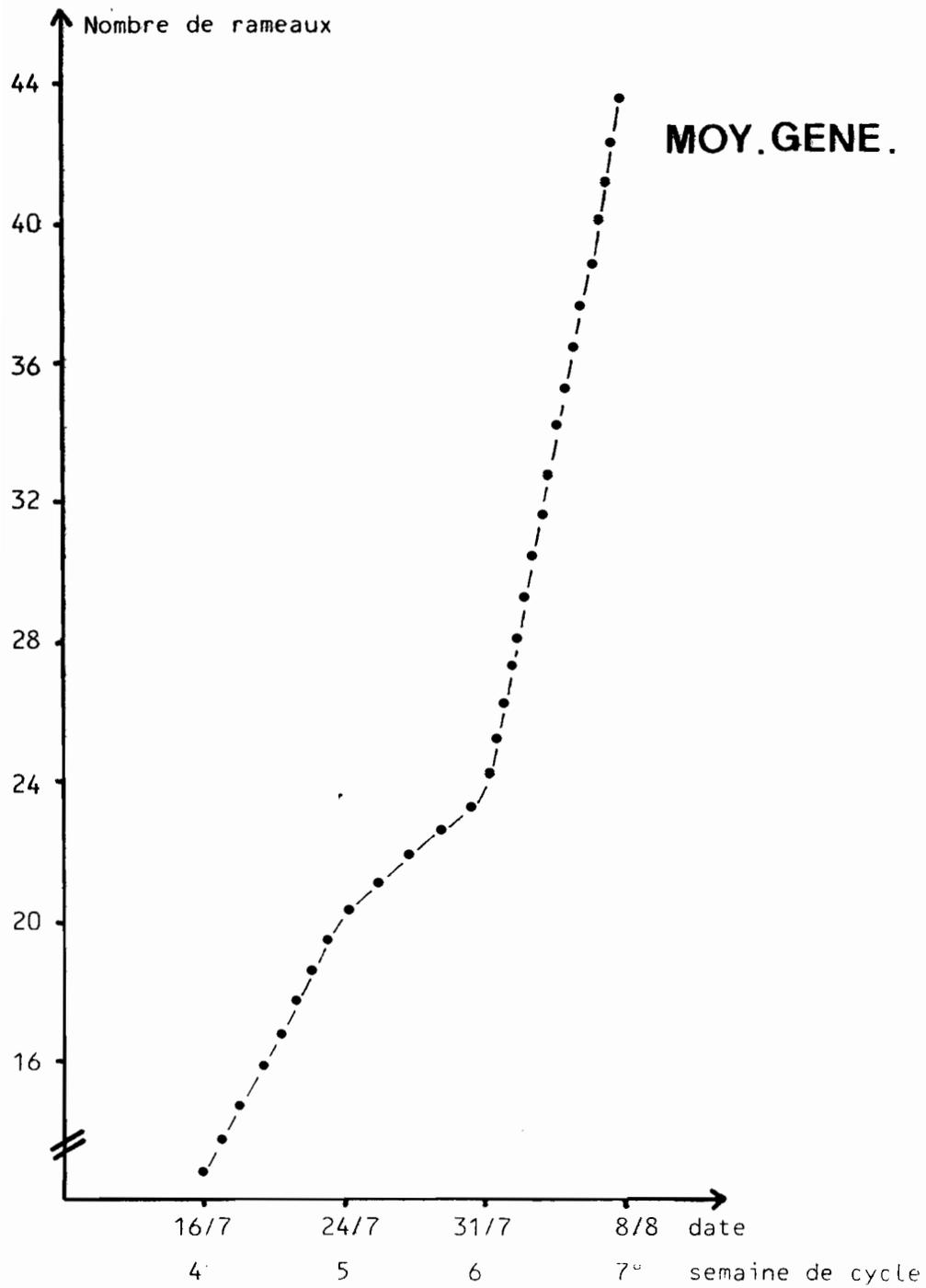


Figure 17 - ARACHIDE - EVOLUTION MOYENNE DU NOMBRE DE RAMEAUX PRESENTS SUR LA PLANTE

## 2.2 - L'arachide

Nous avons étudié le développement végétatif de l'arachide en observant quatre critères.

### 2.2.1 - Le nombre de rameaux

Tableau 21 - Nombre de rameaux par plante d'arachide

| Date  | $\bar{x}$ trai.<br>1 | $\bar{x}$ trai.<br>2 | $\bar{x}$ trai.<br>3 | $\bar{x}$ trai.<br>4 | $\bar{x}$ trai.<br>5 | Moy.<br>géné. | Classement et test de<br>signification (5%)                  |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|--|
| 16/07 | 13                   | 14,75                | 12,25                | 11                   | 13,5                 | 12,9          | 4 < 3 < MG < 1 < 5 < 2<br>Pas de différence<br>significative |
| 24/07 | 21,25                | 22                   | 19,75                | 18,25                | 19,75                | 20,2          | 4 < 5, 3 < MG < 1 < 2<br>Pas de différence<br>significative  |
| 31/07 | 24,25                | 25,75                | 24,25                | 21                   | 23,25                | 23,75         | 4 < 5 < MG < 3 < 1 < 2<br>Pas de différence<br>significative |
| 8/08  | 44,75                | 47                   | 42,75                | 40,25                | 46,25                | 44,2          | 4 < 3 < MG < 1 < 5 < 2<br>Pas de différence<br>significative |

L'analyse statistique des observations réalisées sur 4 semaines ne montre aucune différence significative entre les traitements (Tab. 21).

La représentation graphique de la moyenne générale (Fig. 17) met en évidence la croissance rapide du nombre de rameaux et plus particulièrement à partir de la 6<sup>e</sup> semaine. Cette date correspond à l'apparition des gynophores et donc à une phase de croissance rapide (cf. "Synthèse bibliographique").

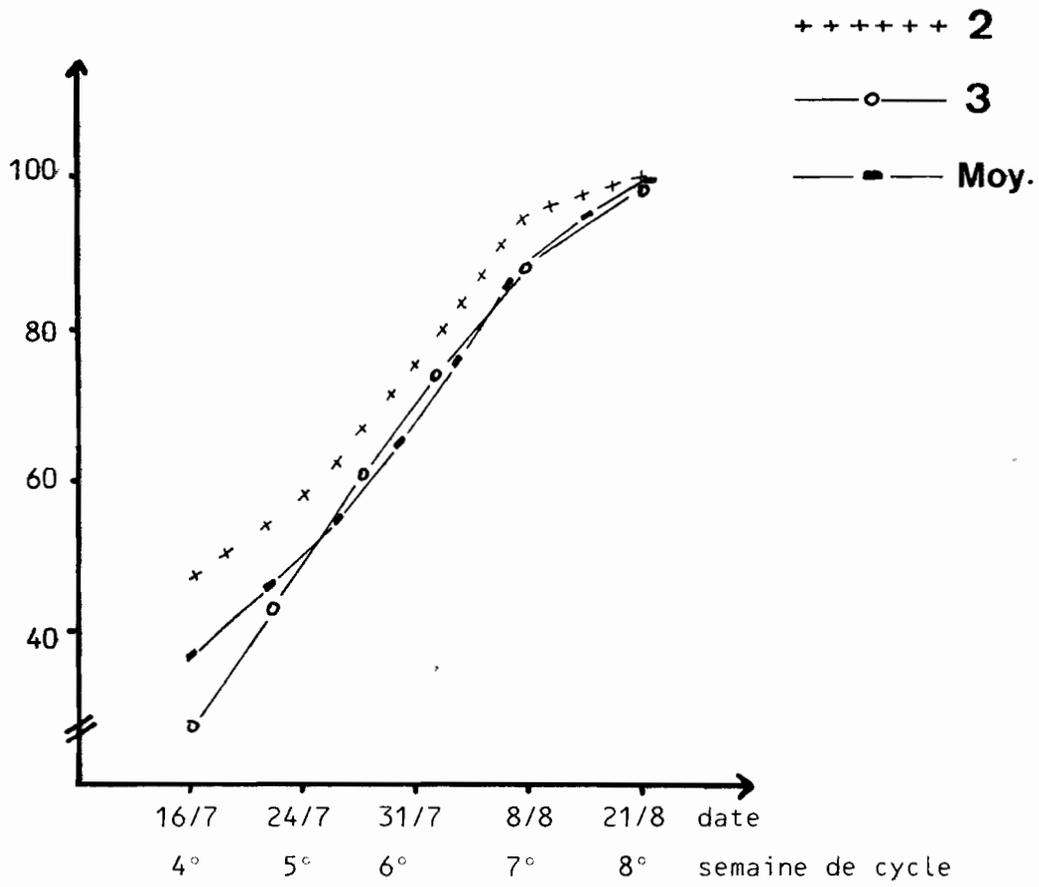


Figure 18 - EVOLUTION DU TAUX DE COUVERTURE DE L'ARACHIDE



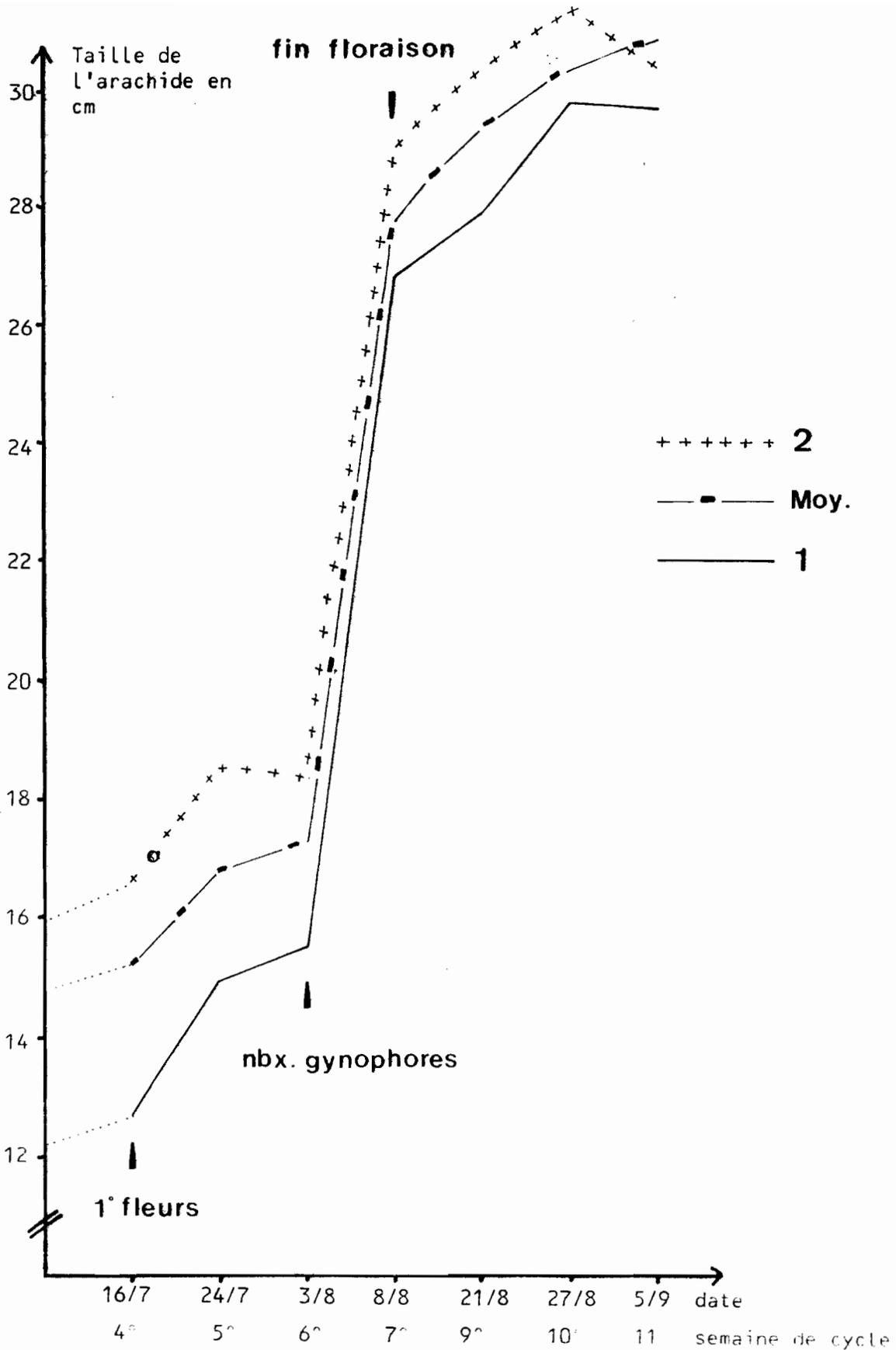


Figure 19 - ARACHIDE - EVOLUTION DE LA TAILLE DES PLANTES

2.2.3 - La taille des plantesTableau 23 - Taille des plants d'arachide (cm)

| Date  | $\bar{x}$ trai.<br>1 | $\bar{x}$ trai.<br>2 | $\bar{x}$ trai.<br>3 | $\bar{x}$ trai.<br>4 | $\bar{x}$ trai.<br>5 | Moy.<br>géné. | Classement et test de<br>signification (5%)                    |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|--|
| 16/07 | 12,69                | 16,62                | 15,25                | 16,25                | 15,62                | 15,29         | 1 < 3 < MG < 5 < 4 < 2<br>Pas de différence signi-<br>ficative |
| 24/07 | 15                   | 18,5                 | 17,25                | 16,62                | 16,87                | 16,85         | 1 < 4 < MG < 5 < 3 < 2<br>Pas de différence<br>significative   |
| 31/07 | 15,5                 | 18,37                | 17,75                | 17,62                | 17,37                | 17,32         | 1 < MG < 5 < 4 < 3 < 2<br>Pas de différence<br>significative   |
| 8/08  | 26,87                | 29                   | 27,87                | 28,12                | 27,5                 | 27,87         | 1 < 5 < 3 < MG < 4 < 2<br>Pas de différence<br>significative   |
| 21/08 | 27,87                | 30,25                | 29,62                | 30,25                | 29,12                | 29,42         | 1 < 5 < MG < 3 < 2, 4<br>Pas de différence<br>significative    |
| 27/08 | 29,75                | 31,37                | 30                   | 31,25                | 29,75                | 30,42         | 1, 5 < 3 < MG < 4 < 2<br>Pas de différence signi-<br>ficative  |
| 5/09  | 29,62                | 29,87                | 31,37                | 30,87                | 29,87                | 30,32         | 1 < 2, 5 < MG < 4 < 3<br>Pas de différence<br>significative    |

Il n'existe pas de différence significative entre les traitements pour ce qui est du critère de taille (Tab. 23).

Nous n'avons pas représenté les traitements avec compost sur la figure 19 car ils sont très proches de la moyenne générale. Ce graphique permet de distinguer quatre portions de courbe quels que soient les traitements :

- Avant le 16/07 : une croissance lente précédant l'apparition des fleurs.
- Du 16/07 au 31/07 : une période de croissance rapide qui suit l'apparition des premières fleurs.
- Du 31/07 au 8/08 : une accélération de la croissance au moment de l'apparition des gynophores.
- Du 8/08 au 5/09 : une stabilisation de la croissance caractéristique de la fin de la floraison et du début de la maturation.

Ces différentes phases se retrouvent aux mêmes dates quels que soient les traitements.

**F**: Floraison

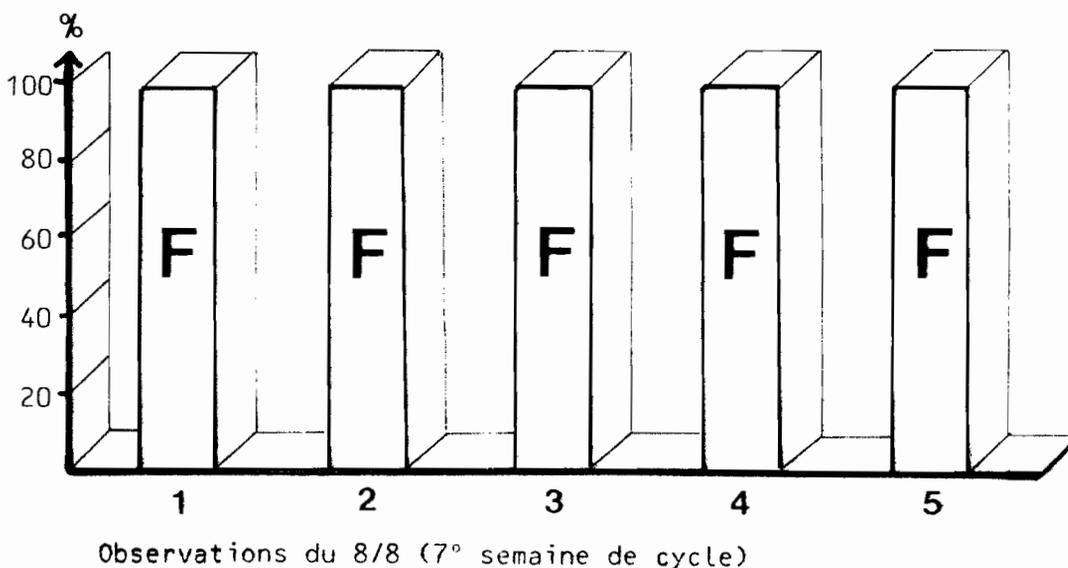
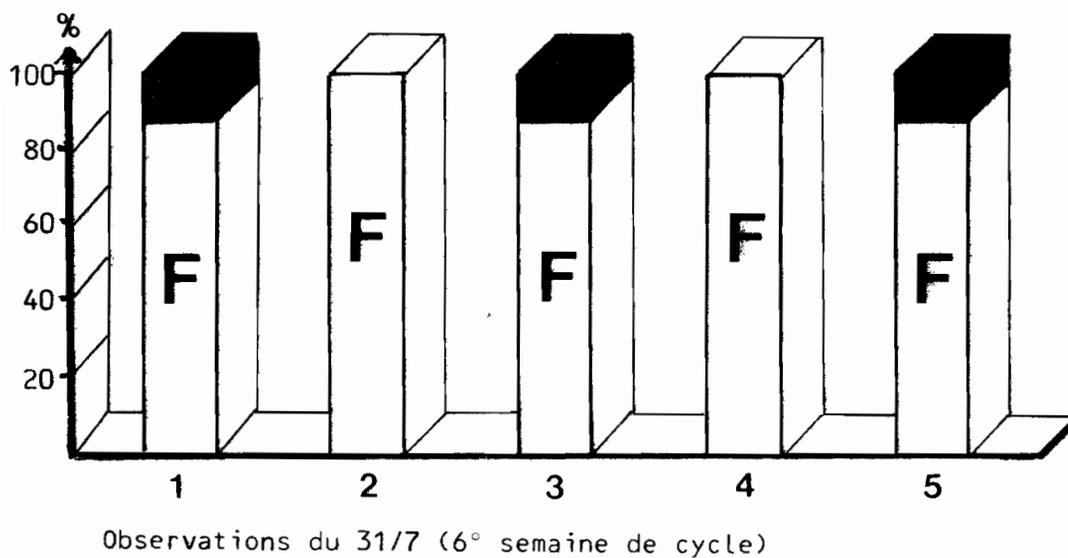
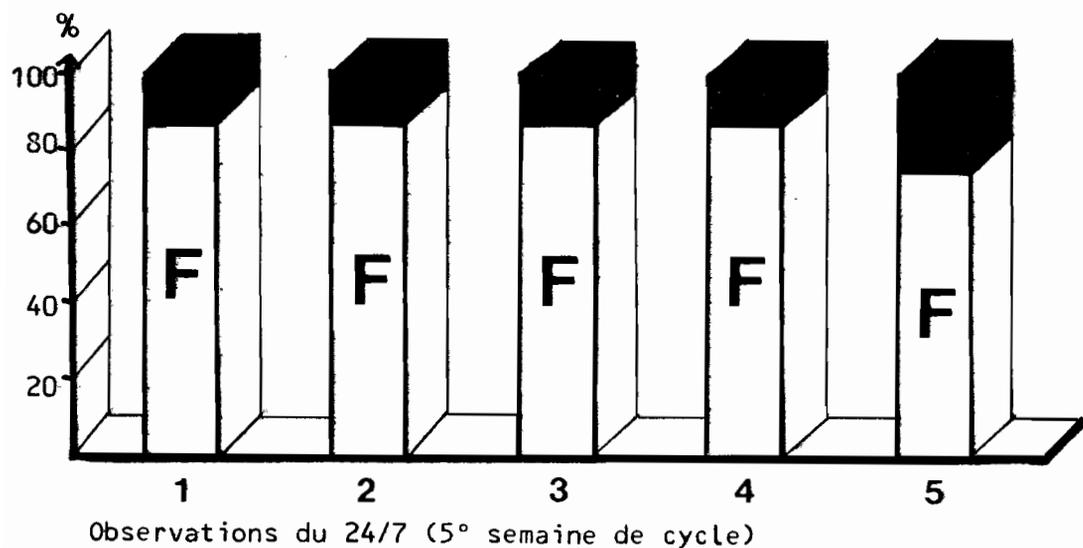


Figure 20 -- L'APPARITION DE LA FLORAISON DE L'ARACHIDE SELON LES TRAITEMENTS

#### 2.2.4 - Les stades de développement (Fig. 20)

Au vu de ces résultats, nous remarquons que les différents traitements n'ont pas d'incidence sur l'apparition de la floraison de l'arachide.

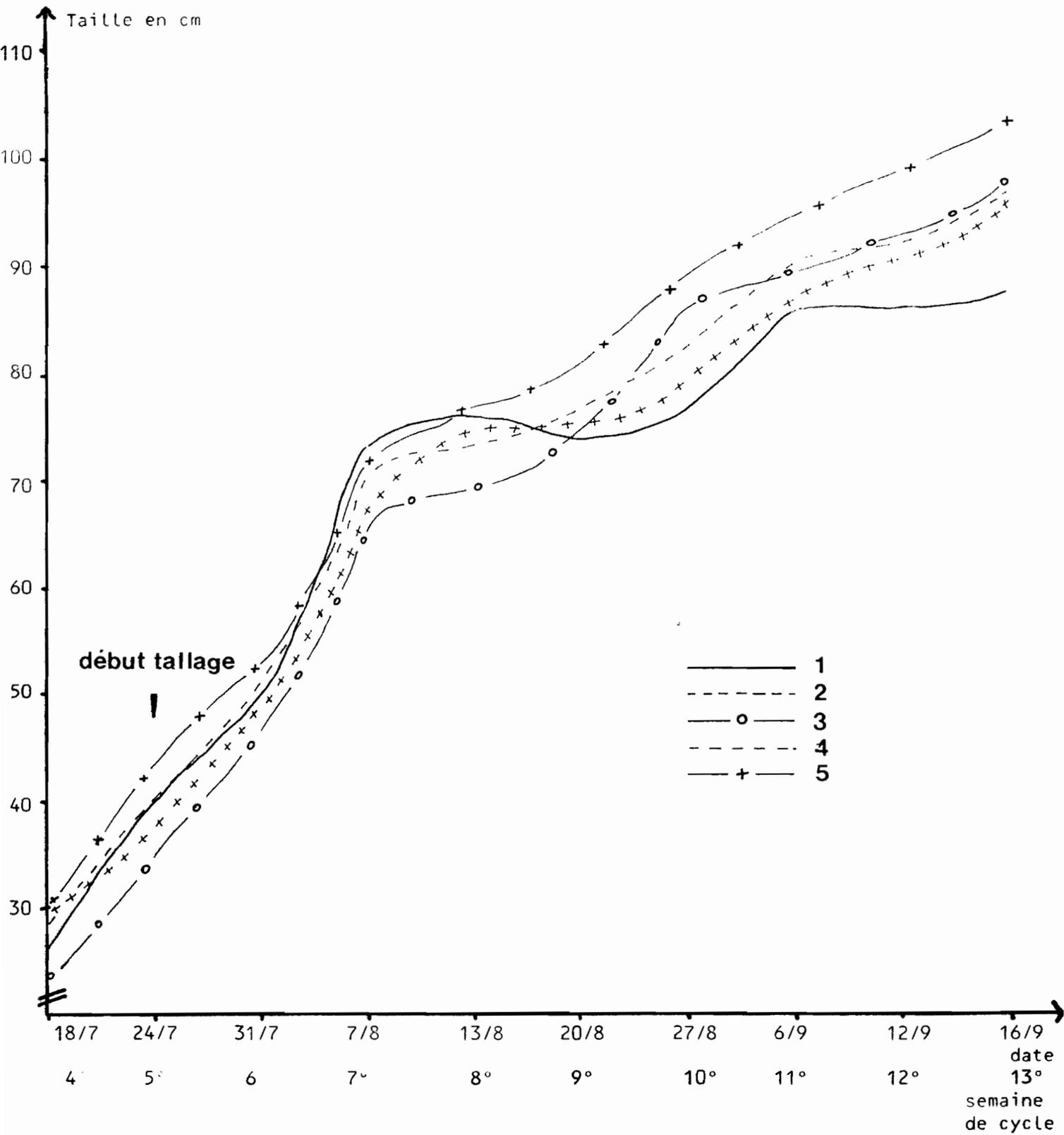


Figure 21 - EVOLUTION DE LA TAILLE DU RIZ EN FONCTION DES TRAITEMENTS

2.3 - Le riz

Pour cette culture, nous avons suivi l'évolution de la taille des plantes et l'apparition des différents stades du cycle.

Tableau 24 - Taille du plus grand plant de riz par pot (cm)

| Date  | $\bar{x}$ trai.<br>1 | $\bar{x}$ trai.<br>2 | $\bar{x}$ trai.<br>3 | $\bar{x}$ trai.<br>4 | $\bar{x}$ trai.<br>5 | Moy.<br>Géné. | Classement et test de<br>signification (5%)   |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|---|
| 18/7  | 25,5                 | 29,75                | 22,75                | 28,75                | 30                   | 27,35         | 3 < 1 < MG < 4 < 2 < 5<br>Pas de différence<br>significative  |
| 24/7  | 40                   | 37,75                | 35                   | 40                   | 43,25                | 39,2          | 3 < 2 < MG < 1, 4 < 5<br>Des différences signifi-<br>catives<br>$\begin{array}{cccc} 3 & 2 & 4 & 5 \\ \hline & & 1 & \end{array}$       |
| 31/7  | 49,5                 | 48                   | 46,75                | 51,25                | 52,5                 | 49,6          | 3 < 2 < 1 < MG < 4 < 5<br>Pas de différence<br>significative  |
| 7/8   | 73,25                | 67,25                | 66,25                | 70,75                | 71,5                 | 69,8          | 3 < 2 < MG < 4 < 5 < 1<br>Pas de différence signi-<br>ficative  |
| 13/8  | 76                   | 74,75                | 69,25                | 73,75                | 76,25                | 74            | 3 < 4 < MG < 2 < 1 < 5<br>Des différences signifi-<br>catives<br>$\begin{array}{cccc} 3 & 4 & 2 & 1 & 5 \\ \hline & & & & \end{array}$  |
| 20/8  | 74                   | 75                   | 74,5                 | 76,25                | 80,5                 | 76,05         | 1 < 3 < 2 < MG < 4 < 5<br>Une différence signifi-<br>cative : 5 > 1   |
| 27/8  | 77                   | 79,25                | 86,25                | 82,5                 | 89,25                | 82,85         | 1 < 2 < 4 < MG < 3 < 5<br>Des différences signifi-<br>catives<br>$\begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 4 & 3 & 5 \\ \hline & & & & \end{array}$ |
| 6/09  | 86                   | 87                   | 89,25                | 89,75                | 94,25                | 89,25         | 1 < 2 < MG, 3 < 4 < 5<br>Pas de différence<br>significative   |
| 12/09 | 86                   | 90,75                | 92,75                | 92,5                 | 98,75                | 92,15         | 1 < 2 < MG < 4 < 3 < 5<br>Une différence signifi-<br>cative<br>$\begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 4 & 3 & 5 \\ \hline & & & & \end{array}$   |
| 18/09 | 87,5                 | 95,25                | 97,75                | 95,75                | 103,25               | 95,9          | 1 < 2 < 4 < MG < 3 < 5<br>Des différences signifi-<br>catives<br>$\begin{array}{ccccc} 1 & 2 & 4 & 3 & 5 \\ \hline & & & & \end{array}$ |

L'analyse statistique nous permet de distinguer deux groupes d'observations (tableau 24) :

- celles où il n'y a pas de différence significative : 4<sup>e</sup>, 6<sup>e</sup>, 7<sup>e</sup> et 11<sup>e</sup> semaine du cycle.
- celles où il y a globalement des différences significatives entre les traitements : 5<sup>e</sup>, 8<sup>e</sup>, 9<sup>e</sup>, 10<sup>e</sup>, 12<sup>e</sup> et 13<sup>e</sup> semaine.

L'étude du classement des moyennes (tab. 24) permet de conclure que :

\* Les traitements 1, 2 et 4 ne diffèrent jamais significativement à l'exception de la 13<sup>e</sup> semaine.

\* Le traitement 5 est, sauf à la 7<sup>e</sup> semaine, toujours plus efficace que les autres. Il diffère significativement :

- . des traitements 2 et 3 à la 5<sup>e</sup> semaine
- . du traitement 3 à la 8<sup>e</sup> semaine
- . du traitement 1 à la 9<sup>e</sup> semaine
- . des traitements 1, 2 et 4 à la 10<sup>e</sup> et à la 13<sup>e</sup> semaine
- . du traitement 1 à la 12<sup>e</sup> semaine.

\* Dans le cas du traitement 3, les résultats sont aussi fluctuants que précédemment.

Cette absence de logique s'explique par les incidents survenus en début d'expérimentation : 12 seaux contenant des plants de riz ont été volés et ont donc dû être remplacés. Nous avons alors repiqué d'autres pieds plus vigoureux que ceux que nous avons initialement. Cela concerne :

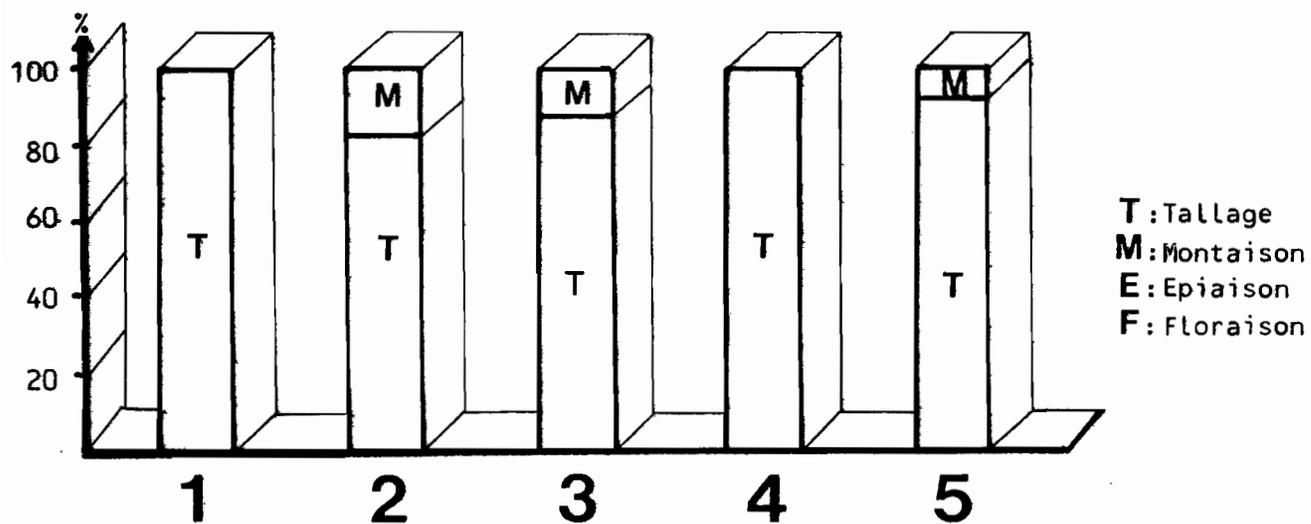
- les 4 traitements 1
- 3 traitements 2
- 2 traitements 3
- 3 traitements 4.

Il faut noter également que le repiquage s'est accompagné d'une période d'adaptation caractérisée par un stress.

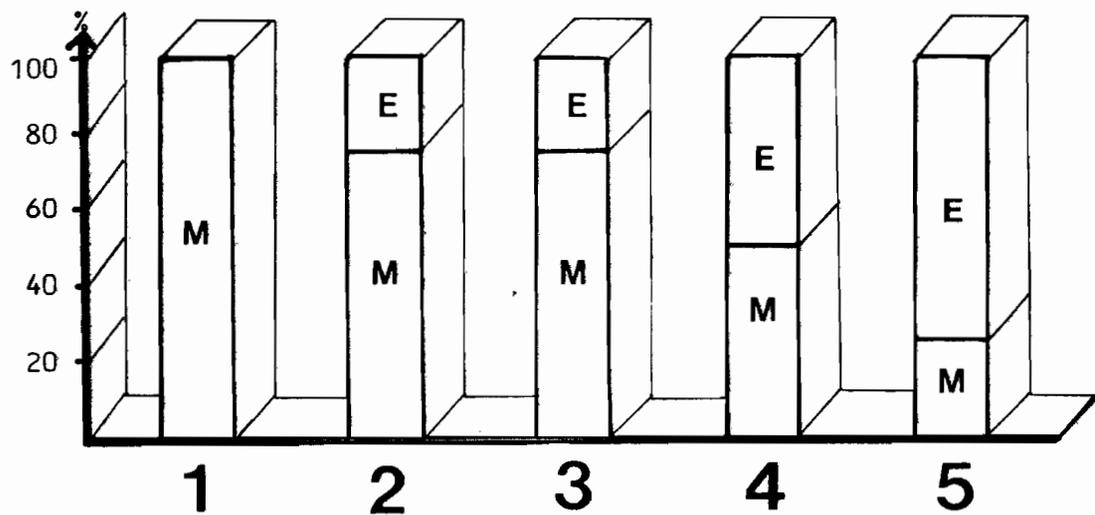
Cependant, à partir de la 9<sup>e</sup> semaine, le classement des moyennes reste identique :

→ Le traitement 1 diffère toujours du traitement 5. A la 13<sup>e</sup> semaine le témoin 0 est significativement inférieur à tous les autres essais.

31/7



18/9



26/9

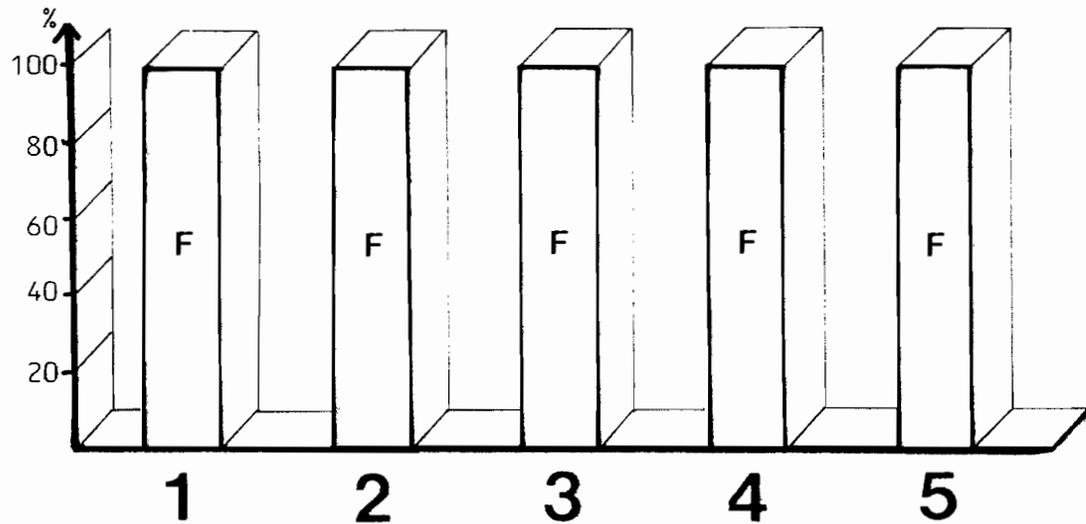


Figure 22 - APPARITION DES DIFFERENTS STADES DU CYCLE CHEZ LE RIZ

→ Le traitement 5 semble être le meilleur même si les différences avec les autres doses ne sont pas toujours significatives.

→ Les traitements 2, 3 et 4 suivent la même évolution au cours de la période d'observation.

La représentation graphique (Fig. 21) de la situation à la 13<sup>e</sup> semaine illustre bien ces remarques.

Enfin l'observation de l'apparition des différents stades du cycle (Fig. 22) montre une épiaison plus précoce dans le sens :

traitement 1 < 2 et 3 < 4 < 5

Ce compost semble donc agir sur la précocité du riz.

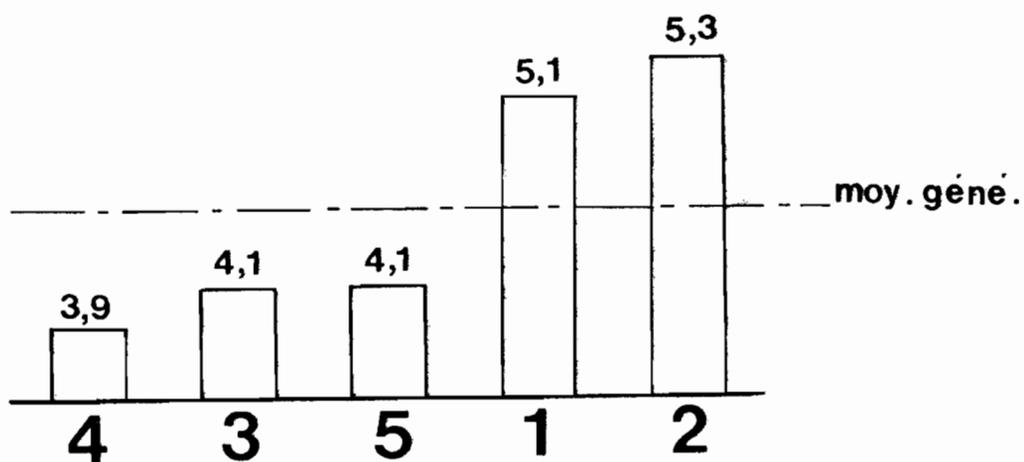


Figure 23 - LE NOMBRE DE TALLES UTILES PAR POQUET DE MIL DIFFERE SIGNIFICATIVEMENT POUR LES TRAITEMENTS 2 ET 4.

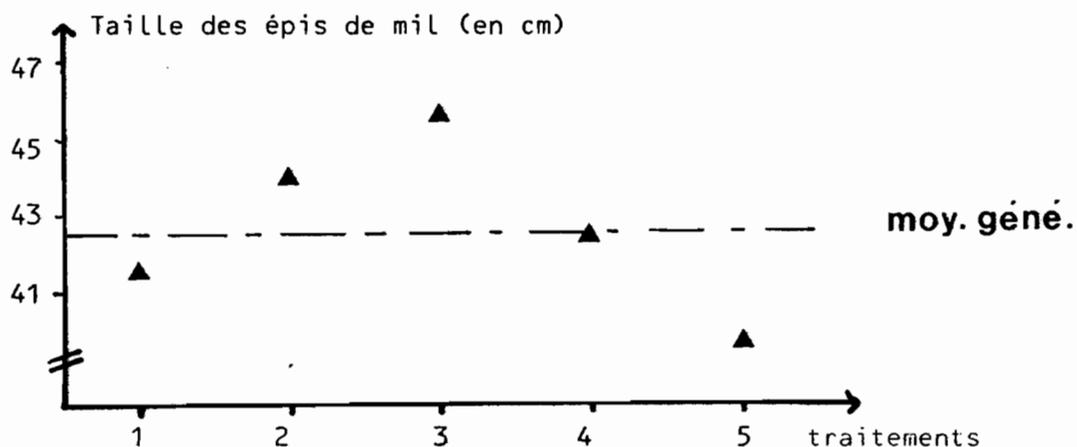


Figure 24 - LA TAILLE DES EPIS NE DIFFERE PAS SIGNIFICATIVEMENT SELON LES TRAITEMENTS

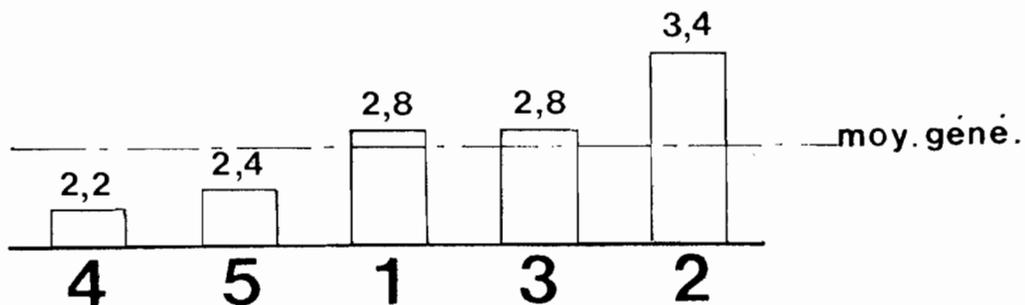


Figure 25 - LE POIDS DES PAILLES (T.M.S./ha) DE MIL DES TRAITEMENTS 4 ET 5 DIFFERE SIGNIFICATIVEMENT DE CELUI DU TRAITEMENT 2.

### 3 - RESULTATS DES ESSAIS EN MINI-PARCELLES

Le but de cette série d'expérimentations était d'une part, de comparer les rendements selon les traitements et d'autre part de confronter les résultats des deux types d'essais.

#### 3.1 - Le mil

Suite à d'importantes attaques d'oiseaux ("mange-mil", perruches, etc..) nous n'avons pu mesurer les rendements en grains et le poids des mille grains.

Pour avoir une estimation des rendements ou du moins des éléments de comparaison entre les traitements, nous avons observé le nombre de talles utiles par poquet et la taille des épis. Nous avons également étudié le rendement en paille.

##### 3.1.1 - Les composantes du rendement en grain

Tableau 25 - Mil - Nombre de talles utiles par poquet

| $\bar{x}$ trai.<br>1 | $\bar{x}$ trai.<br>2 | $\bar{x}$ trai.<br>3 | $\bar{x}$ trai.<br>4 | $\bar{x}$ trai.<br>5 | Moy.<br>géné. | Classement et test de<br>signification (5%)  |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|--|
| 5,1                  | 5,3                  | 4,1                  | 3,9                  | 4,1                  | 4,5           | 4 < 5, 3 < MG < 1 < 2<br>Une différence signifi-<br>cative $\frac{4 \quad 5 \quad 1 \quad 2}{\quad \quad 3 \quad \quad}$ |

Nous pouvons affirmer, en analysant le tableau 25, que le traitement 2 a plus de talles utiles par poquet que le traitement 4 mais nous ne pouvons pas conclure en ce qui concerne les autres essais.

Tableau 26 - Mil - Taille des épis (cm)

| $\bar{x}$ trai.<br>1 | $\bar{x}$ trai.<br>2 | $\bar{x}$ trai.<br>3 | $\bar{x}$ trai.<br>4 | $\bar{x}$ trai.<br>5 | Moy.<br>géné. | Classement et test de<br>signification (5%)                    |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|--|
| 41,5                 | 43,8                 | 45,3                 | 42,1                 | 39,3                 | 42,4          | 5 < 1 < 4 < MG < 2 < 3<br>Pas de différence signifi-<br>cative |

Nous n'observons aucune différence significative entre les traitements (tab. 26) du point de vue de la taille des épis. Ces observations tendent à montrer que l'on aurait pu obtenir un meilleur rendement avec le traitement 2.

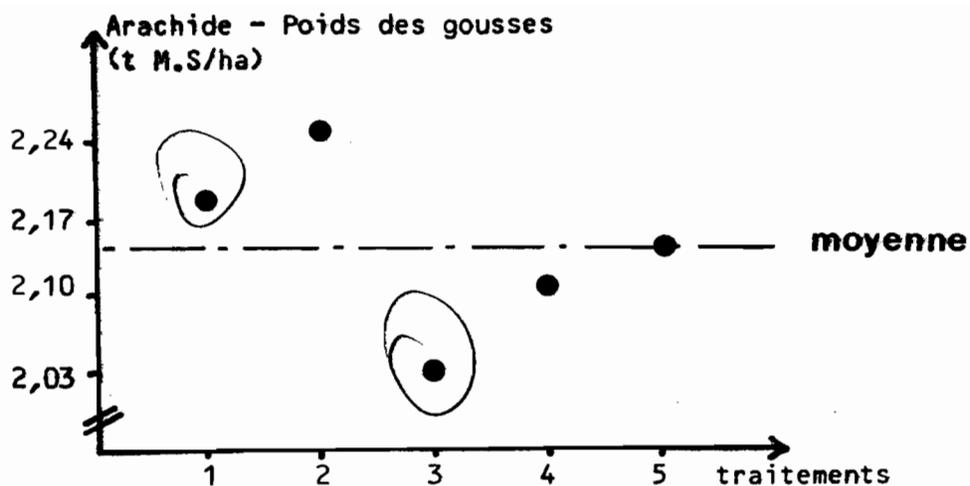


Figure 26 - LE POIDS DES GOUSSES NE DIFFERE PAS SIGNIFICATIVEMENT SELON LES TRAITEMENTS

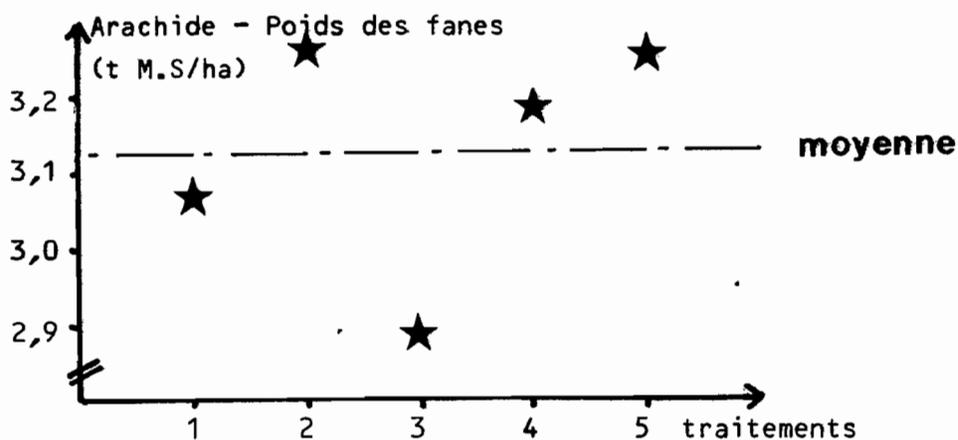


Figure 27 - LE POIDS DES FANES NE DIFFERE PAS SIGNIFICATIVEMENT SELON LES TRAITEMENTS

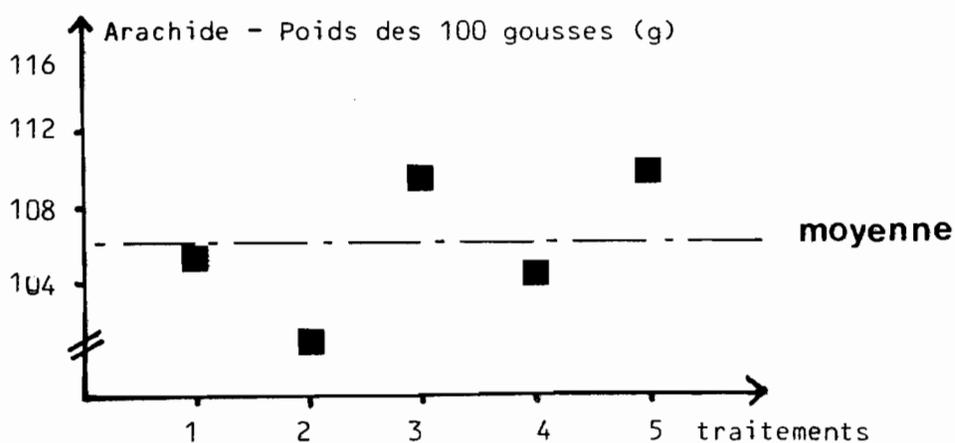


Figure 28 - LE POIDS DES 100 GOUSSES NE DIFFERE PAS SIGNIFICATIVEMENT SELON LES TRAITEMENTS

### 3.1.2 - Le rendement en paille

Tableau 27 - Mil. Poids des pailles (tonnes de M.S/ha)

| $\bar{x}$ trai.<br>1 | $\bar{x}$ trai.<br>2 | $\bar{x}$ trai.<br>3 | $\bar{x}$ trai.<br>4 | $\bar{x}$ trai.<br>5 | Moy.<br>géné. | Classement et test de<br>signification (5%)   |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|---|
| 2,8                  | 3,4                  | 2,8                  | 2,2                  | 2,4                  | 2,7           | 4 < 5 < MG < 1, 3 < 2<br>Des différences signifi-<br>catives <u>4 5</u> <u>1,3</u> <u>2</u> |

Le traitement 2 est significativement supérieur aux traitements 4 et 5 (tab. 27). Un apport d'azote sous forme minérale semble donc plus intéressant dans le cas du rendement en paille.

### 3.2 - L'arachide

Sur la culture de l'arachide, nous avons effectué des mesures permettant d'évaluer la quantité mais également la qualité des récoltes selon les traitements.

#### 3.2.1 - L'aspect quantitatif

Tableau 28 - Arachide - Poids des gousses (tonne MS/ha)

| $\bar{x}$ trai.<br>1 | $\bar{x}$ trai.<br>2 | $\bar{x}$ trai.<br>3 | $\bar{x}$ trai.<br>4 | $\bar{x}$ trai.<br>5 | Classement et test de<br>signification (5%)               |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---|
| 2,19                 | 2,25                 | 2,03                 | 2,11                 | 2,14                 | 3 < 4 < 5 < 1 < 2<br>Pas de différence signifi-<br>cative |

Tableau 29 - Arachide. Poids des fanes (tonne MS/ha)

| $\bar{x}$ trai.<br>1 | $\bar{x}$ trai.<br>2 | $\bar{x}$ trai.<br>3 | $\bar{x}$ trai.<br>4 | $\bar{x}$ trai.<br>5 | Classement et test de<br>signification (5%)         |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---|
| 3,094                | 3,264                | 2,890                | 3,196                | 3,264                | 3 < 1 < 4 < 2, 5<br>Pas de différence significative |

Les mesures du poids des gousses (tab. 28) et du poids des fanes (tab. 29) mettent en évidence une absence de différence significative entre les traitements. Les différents apports de compost n'ont donc pas d'incidence sur les rendements.

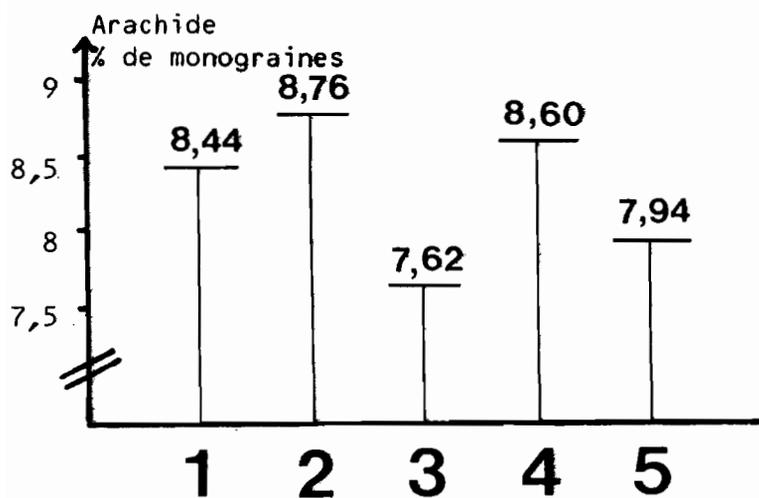


Figure 29 - LE POURCENTAGE DE MONOGRAINES NE DIFFERE PAS SIGNIFICATIVEMENT SELON LES TRAITEMENTS

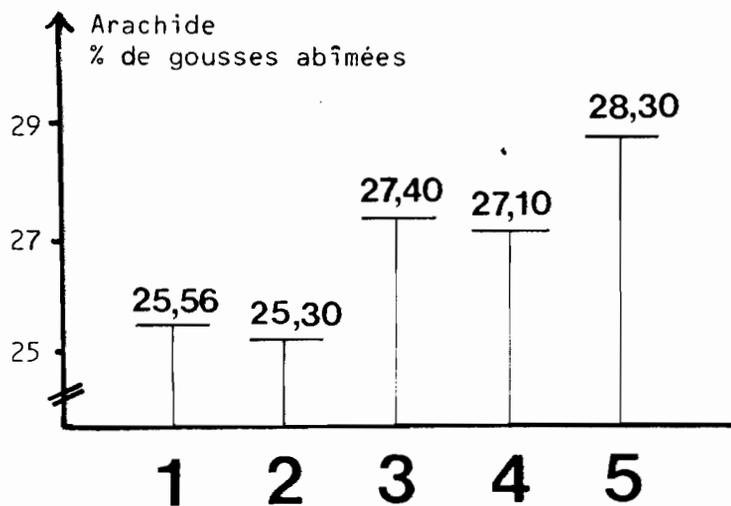


Figure 30 - LE POURCENTAGE DE GOUSSES ABIMEES EST ELEVE MAIS NE DIFFERE PAS SIGNIFICATIVEMENT SELON LES TRAITEMENTS

Tableau 30 - Arachide. Poids des 100 gousses (gramme)

| $\bar{x}$ trai. 1 | $\bar{x}$ trai. 2 | $\bar{x}$ trai. 3 | $\bar{x}$ trai. 4 | $\bar{x}$ trai. 5 | Classement et test de signification                  |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|
| 109,58            | 105,04            | 113,56            | 108,46            | 113,72            | 2 < 4 < 1 < 3 < 5<br>Pas de différence significative |

Le poids de 100 gousses (tab. 30) se caractérise par des valeurs relativement faibles quels que soient les traitements. Cela s'explique par le fait que la variété que nous avons utilisée (Spanish 55-437) ne produit que des bigraines de petite dimension. Avec des arachides dites "de bouche" nous aurions obtenu des résultats plus élevés (jusqu'à 250 g dans certains cas).

### 3.2.2 - L'aspect qualitatif

Tableau 31 - Arachide. Pourcentage de monograines

| $\bar{x}$ trai. 1 | $\bar{x}$ trai. 2 | $\bar{x}$ trai. 3 | $\bar{x}$ trai. 4 | $\bar{x}$ trai. 5 | Classement et test de signification (5%)             |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--|
| 8,44              | 8,76              | 7,62              | 8,60              | 7,94              | 3 < 5 < 1 < 4 < 2<br>Pas de différence significative |

Le type de traitements n'a pas d'incidence sur le pourcentage de monograine dans la récolte (tab. 31) qui se situe vers 8,2% (moyenne des traitements).

Tableau 32 - Arachide. Pourcentage de gousses abîmées

| $\bar{x}$ trai.1 | $\bar{x}$ trai.2 | $\bar{x}$ trai.3 | $\bar{x}$ trai.4 | $\bar{x}$ trai.5 | Classement et test de signification (5%)             |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| 25,56            | 25,3             | 27,4             | 27,1             | 28,3             | 2 < 1 < 4 < 3 < 5<br>Pas de différence significative |

Pour ce critère, nous n'observons toujours pas de différence significative entre les essais. Par contre le pourcentage moyen de gousses abîmées est élevé : 26,32%. Ces dernières présentent un brunissement et un noircissement des coques résultant de l'attaque par des champignons avant la récolte. La coloration noire est caractéristique de deux espèces : *Macrophomina phaseoli* et *Biotryodiplodia theobromae* (GILLIER et SYLVESTRE, 1969).

Le développement de ces champignons est stimulé lorsque le degré hygrométrique de l'air est élevé. Au moment de la récolte, nous avons laissé les gousses dans des sacs en plastique et en plein soleil pendant plusieurs heures. Cela peut expliquer le fort pourcentage de gousses abîmées observé quels que soient les traitements.

( On observe également de nombreuses nodosités racinaires au moment de la récolte.

### 3.3 - Le riz

Le semis de riz ayant été tardif et compte tenu de la durée du cycle de la variété étudiée (Morobérékan, 145 jours), il nous a été impossible de suivre l'évolution des plants jusqu'à maturité dans les délais imposés pour la rédaction de ce mémoire.

Nous n'avons donc pas recueilli d'information au niveau des mini-parcelles mais les essais en pots nous permettent de tirer quelques conclusions.

## 4 - INTERPRETATION DES RESULTATS

### 4.1 - L'utilisation du compost de déchets d'abattoir : des effets difficiles à mettre en évidence sur le mil

En effet, l'analyse des résultats obtenus ne permet pas de tirer des conclusions précises.

#### 4.1.1 - Des résultats faussés par des cas de mildiou

L'observation du nombre de talles (tab. 18) et du nombre de feuilles par plante (Tab. 19) montre que le traitement 2 est toujours le mieux classé alors que le traitement 4 présente toujours des résultats moins bons. Il semble donc que l'apport d'azote minéral favorise le développement végétatif alors que le compost ne le permet pas.

Par contre, l'analyse de l'évolution de la taille des plantes (Tab. 20) ne conduit pas à la même conclusion. En effet, nous observons malgré l'absence de différence significative que le traitement 2 qui était le meilleur en début d'expérimentation, est moins performant en fin de cycle.

Le traitement 4 suit l'évolution inverse. L'apport d'azote minéral semblerait alors limiter le développement du mil.

Ces deux observations contradictoires s'expliquent lorsque l'on observe l'évolution des différents stades du cycle (Fig. 16). Les traitements 2 et 5 se caractérisent par l'absence d'évolution de certaines plantes : celles-ci restent au stade tallage qui est abondant avec des talles rabougries (cela concorde avec les observations sur le nombre de feuilles et de talles).

Ces symptômes sont ceux de la maladie du mildiou qui semble être à l'origine du changement de tendance en ce qui concerne la taille du mil. Cette modification intervient au moment de la montaison alors que l'élongation des plantes atteintes est impossible.

La seule analyse des résultats en pots ne nous permet pas de conclure sur les effets des différents traitements appliqués à une culture de mil.

#### 4.1.2 - Mais quelques tendances peuvent être dégagées

La mesure du rendement en pailles (Tab. 27) met en évidence la supériorité du traitement 2 par rapport aux deux plus fortes doses de compost de déchets d'abattoir.

Cette observation va dans le sens de celle faite sur le nombre de feuilles par plante : nous pouvons alors penser que les apports d'azote minéral ont joué sur le développement végétatif des plantes.

Cette concordance entre ces deux critères nous permet d'affirmer que la croissance du mil en pots a été gênée par l'apparition de cas de mildiou.

Les résultats obtenus pour le nombre de talles utiles par poquet (Tab. 25) et le nombre de talles par plante (Tab. 18) sont cohérents puisque nous obtenons en fin de cycle le même classement. Le traitement 2 agit donc au niveau de la phase de tallage et de ce fait sur les potentialités de rendement.

#### 4.1.3 - Des hypothèses à vérifier

Au vu de ces observations, il semble que seule la fumure minérale ait eu une incidence sur la croissance et le développement du mil "Souma III". Les effets des différentes doses de compost de matières stercoraires sur cette céréale sont difficiles à mettre en évidence pour le cycle cultural étudié.

Le compost que nous avons utilisé se caractérise par un rapport carbone-azote de 22 (cf. "Matériel et Méthodes") et peut donc, théoriquement, se décomposer dans le sol jusqu'à un C/N de 10 en libérant des éléments minéraux utilisables par la plante.

Il semble que dans le cas du mil, les plantes n'aient pas bénéficié de cet apport. Nous pouvons penser que cela résulte d'une décomposition lente du compost (plus longue que le cycle de culture) mais une étude cinétique de la dégradation de cette matière organique dans le sol nous permettrait de vérifier cette hypothèse.

#### 4.2 - Des apports sans effet sur l'arachide

##### 4.2.1 - Les traitements ne modifient pas le développement végétatif

L'observation des deux critères, taux de couverture (Tab. 22 et Fig. 18) et nombre de rameaux par plante (Tab. 21 et Fig. 17) met en évidence la cohérence des mesures réalisées. En effet, la brusque augmentation du nombre de rameaux à la 6<sup>e</sup> semaine, qui correspond à l'apparition des gynophores se traduit à la 9<sup>e</sup> semaine par un taux de couverture égal ou proche de 100 dans tous les traitements.

Mais surtout nous ne remarquons aucune différence significative selon les apports pour ces deux critères. Nos essais permettent donc de penser que les fumures minérales et organiques n'ont pas d'incidence sur le développement végétatif de l'arachide.

Cette constatation est renforcée par l'analyse de l'évolution de la taille des plantes (Tab. 23 et Fig. 19) et par la mesure du rendement en paille réalisée en mini-parcelles (Tab. 29). En effet, nous ne pouvons pas dégager de différences significatives selon les traitements.

#### 4.2.2 - Le rythme de développement reste le même dans tous les essais

L'évolution de la taille dans nos essais est caractéristique de l'arachide (Fig. 19) : les deux accélérations de croissance (4<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> semaine du cycle) correspondent à l'apparition des premières fleurs et des gynophores, la stabilisation (7<sup>e</sup> semaine) coïncide avec la maturation des fruits.

Nous retrouvons ces trois points particuliers aux mêmes moments quels que soient les traitements. Les apports de compost et d'engrais minéral ne modifient donc pas le rythme de développement.

L'observation de la floraison (Fig. 20) conduit à la même conclusion.

#### 4.2.3 - Les rendements sont équivalents quels que soient les apports

Les critères quantitatifs (Tableaux 28, 29 et 30) mesurés dans les essais en mini-parcelles montrent l'absence de différence significative entre les traitements.

Les apports de compost de déchets d'abattoir et d'engrais minéral ont donc été sans effet sur les rendements dans le cas de nos expérimentations.

#### 4.2.4 - Cette absence de réponse n'est pas surprenante

L'arachide est une légumineuse fixatrice d'azote. La bonne alimentation hydrique que nous avons assurée et la présence de souches de rhizobium dans le sol utilisé permettent d'expliquer l'existence de nombreuses nodosités racinaires au moment de la récolte comme l'ont montré GANRY et WEY (cité par PIERI, 1985). Ces nodosités sont à l'origine d'une importante fixation symbiotique et couvrent environ 66% des besoins de la plante en azote. Les engrais minéraux ne fourniraient, dans des conditions pluviométriques satisfaisantes, que 2% de l'azote nécessaire à l'arachide (PIERI, 1985). Ceci nous permet d'expliquer l'absence de réponse aux fumures minérales et organiques.

De plus, l'arachide se caractérise par une aptitude à prélever dans un milieu très pauvre les éléments qui lui sont nécessaires. Elle peut puiser dans les réserves azotées et organiques du sol qu'elle contribue d'ailleurs à appauvrir (PIERI, 1985). Nous pouvons expliquer de cette manière l'absence de différence entre nos essais et le témoin O.

En conclusion nous pouvons affirmer que les apports de compost de déchets d'abattoir n'ont pas d'incidence sur les rendements de l'arachide mais qu'ils peuvent jouer un rôle non négligeable en tant que fumure organique pour limiter l'appauvrissement du sol.

#### 4.3 - L'apport de compost de matières stercoraires : des résultats qui semblent intéressants sur le riz

##### 4.3.1 - Des tendances difficiles à dégager en début de cycle

L'interprétation des observations faites sur le riz est difficile en début de cycle. La disparition de quelques répétitions et le repiquage qui a été nécessaire ensuite ont entraîné une fluctuation au niveau des résultats.

L'absence de différence significative ne nous permet pas de dégager des tendances.

##### 4.3.2 - Mais le riz semble répondre aux apports d'azote

L'analyse de l'évolution de la taille du riz en fonction des traitements (Fig. 21) montre une modification du classement des moyennes à la 9<sup>e</sup> semaine. Cet ordre reste alors inchangé jusqu'à la fin des observations :

- Les traitements 2, 3 et 4 ont une évolution sensiblement identique.
- Le traitement 5 tend à s'écarter de ce groupe dans le sens d'une augmentation à partir de la 11<sup>e</sup> semaine.
- Le traitement 1 s'écarter également mais dans le sens d'une diminution par rapport à 2, 3 et 4.

La connaissance de la composition minérale des apports (Tab. 17) nous permet de penser que ces tendances sont à mettre en relation avec la teneur en azote des traitements ; en effet, le traitement 5 est le plus riche (68 N) alors que le traitement 1 ne contient pas d'azote.

Cette réponse à la fumure azotée n'intervient véritablement qu'à partir de la 11<sup>e</sup> semaine du cycle.

Par contre, les apports de potasse sont sans effet sur la culture du riz. Cela est à mettre en relation avec les importants besoins de cette culture pour cet élément (cf "Synthèse bibliographique"). La restitution des pailles qui contiennent la majeure partie de la potasse exportée, permet de maintenir le niveau du sol.

#### 4.3.3 - La minéralisation du compost est lente

L'apparition tardive de la réponse à la fumure organique peut s'expliquer par le fait que la dégradation de ce fertilisant est lente. L'azote contenu dans les composts de déchets d'abattoir ne semble assimilable par la plante que 11 à 12 semaines après son enfouissement.

Cette hypothèse reste à vérifier mais elle est compatible avec les observations faites sur le mil. En effet, la durée du cycle de cette céréale qui est courte (85 j), ne permet pas aux plantes de bénéficier des apports azotés que représentent les composts utilisés.

#### 4.4 - Des résultats différents mais compatibles

Les observations que nous avons faites nous permettent d'avancer des conclusions différentes selon les plantes étudiées.

Le compost de déchets d'abattoir n'a pas les mêmes effets selon que l'on travaille sur le mil, l'arachide ou le riz mais les interprétations que nous en faisons sont compatibles avec ces différences.



# DISCUSSION



Au cours de nos expérimentations, nous avons testé l'efficacité des apports de compost issu de la méthanisation de déchets d'abattoir sur 3 cultures d'hivernage au Sénégal (Mil, Arachide et Riz).

Les résultats obtenus au cours des différents essais nous permettent de tirer un certain nombre de conclusions quant à l'intérêt d'une telle fumure organique. Ce compost a des effets bénéfiques sur la fertilité des sols surtout à long terme.

Mais l'utilisation à grande échelle d'un tel engrais organique est conditionnée par la mise en place, au niveau de l'abattoir de Dakar, d'un procédé industriel de méthanisation.

#### 1 - L'EPANDAGE DE COMPOST DE DECHETS D'ABATTOIR : UNE PRATIQUE QUI SEMBLE INTERESSANTE

En effet l'enfouissement de compost de matières stercoraires est utile à bien des égards.

##### 1.1 - L'utilisation de métha-compost : des avantages certains

Le compost que nous avons utilisé a été obtenu par méthanisation d'un mélange de matières stercoraires et de fumier de bovins suivie d'une finition aérobie d'une dizaine de jours.

##### 1.1.1 - Le compostage anaérobie : un bilan énergétique et économique favorable

Ce traitement anaérobie présente des intérêts par rapport à un compostage en tas (aérobie), à savoir :

- une production de méthane
- une stabilisation de 80 à 90% des déchets
- cette fermentation ne nécessite que de faibles apports en azote, phosphore et oxygène.
- Par contre les besoins en chaleur sont plus élevés.

De par la disponibilité de l'énergie solaire au Sénégal, il est préférable de réaliser un traitement anaérobie qui présente un intérêt au niveau économique (demande réduite en azote, phosphore et oxygène) mais aussi sur le plan de la protection de l'environnement (stabilisation élevée des déchets).

Enfin, le méthane, source d'énergie importante, n'est pas à négliger dans ce pays de la zone sahélienne.

### 1.1.2 - Une absence de "faim d'azote"

Le métha-compost se caractérise par des matières organiques déjà évoluées. En effet, ce produit a déjà subi une fermentation. Au moment de l'enfouissement, son évolution est moins rapide que dans le cas d'engrais verts peu lignifiés. De ce fait, nous n'observons pas au moment de l'incorporation au sol de phénomène de "faim d'azote" qui intervient au niveau de la plante (problème de concurrence pour l'alimentation azotée avec les microorganismes du sol). La consommation importante d'oxygène et la production de CO<sub>2</sub> caractéristiques de la phase transitoire de l'humification sont également moindres dans le cas des composts.

Tous ces points développés dans ce chapitre et dans le paragraphe précédent, montrent que l'utilisation d'un tel compost ne nécessite pas d'apport supplémentaire d'azote et présente donc un intérêt économique non négligeable.

### 1.1.3 - La finition aérobie : un intérêt limité

| Compost               | C %  | N %  | P %  | K %  | Na % | Ca % | Mg % | C/N  |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sans finition aérobie | 31   | 1,36 | 0,75 | 0,27 | 0,88 | 1,33 | 0,30 | 22,8 |
| Avec finition aérobie | 20,3 | 0,92 | 0,39 | 0,16 | 0,45 | 0,57 | 0,15 | 22,0 |

L'analyse de compost, avec ou sans finition aérobie (tableau ci-dessus) montre le peu d'intérêt que représente cette pratique d'un point de vue agronomique.

Cependant, cette finition permet, à moindre frais, d'atteindre un niveau d'humidité compatible avec un éventuel transport.

#### 1.1.4 - Un rapport carbone/azote satisfaisant

Le compost issu de la fermentation méthanique des matières stercoraires se caractérise par un C/N de 22. Ce produit peut donc se décomposer en libérant des éléments nutritifs, jusqu'à atteindre un C/N proche de 10 spécifique à l'humus stable et contribuer ainsi à l'alimentation de la plante. Si ces apports ne sont pas négligeables, ils ne sont pas pour autant comparables à ceux provenant de matières organiques fraîches (C/N  $\approx$  50).

Le métha-compost se présente comme de la matière organique déjà évoluée. De ce fait, la phase de prolifération des microorganismes, propre à la dégradation des engrais verts peu lignifiés n'a pas lieu dans le sol.

Ce sont donc les deux autres types de matières organiques, les produits transitoires et l'humus qui permettent de comprendre les résultats observés sur les trois cultures et de prévoir les effets à long terme du compost sur le sol.

#### 1.2 - Des effets difficiles à mettre en évidence sur les cultures

Les observations réalisées sur le cycle cultural après l'enfouissement du compost ne sont pas toujours concluantes.

##### 1.2.1 - La méthode utilisée peut être mise en cause

Les interprétations statistiques des résultats n'ont pas permis dans certains cas de tirer des conclusions fermes. Mais quelques explications peuvent être avancées.

Tout d'abord, certaines mesures que nous avons prévues de faire n'ont pu être réalisées ; notamment l'évaluation du rendement en grains du mil (attaque aviaire importante) et de la production de riz en mini-parcelles (manque de temps). Ces observations nous auraient peut-être permis de vérifier les hypothèses émises précédemment.

Le traitement statistique des données fait apparaître peu de différences significatives entre les essais quelles que soient les cultures. Il semble que cela soit dû au peu de différences existant entre les doses employées. En effet, des écarts de 13 unités d'azote entre les séries

peuvent paraître dérisoires lorsque l'on sait que certains auteurs comparent les effets de 100 unités d'azote (voir de 1000) à un témoin 0.

Il semble que nous aurions eu intérêt à réaliser un plus grand nombre de répétitions dans nos expérimentations afin de dégager des différences significatives entre les traitements.

L'enfouissement tardif du compost peut expliquer la faible réponse des cultures étant donné que l'incorporation au sol a été faite 5 jours avant le semis pour des raisons d'organisation.

Les analyses de sol et la connaissance des précédents culturaux nous auraient permis de mieux comprendre les résultats obtenus. Mais cela ne remet pas en cause nos expérimentations puisque les traitements ont été réalisés sur le même type de sol (les conditions expérimentales sont identiques et les différences ne sont donc dues qu'aux apports).

Par contre, les modèles d'expérimentation agronomique que nous avons retenus nous ont permis d'annuler l'erreur due à l'hétérogénéité du sol. En effet, des différences significatives entre lignes ou entre colonnes sont parfois apparues dans les essais en carré latin.

Il semble donc que les résultats obtenus soient fiables mais quelques améliorations de la méthode peuvent être apportées comme nous venons de le voir. Celles-ci permettraient d'expliquer plus précisément les effets du compost de déchets d'abattoir sur les trois cultures d'hivernage étudiées.

## 1.2.2 - MAIS QUELQUES TENDANCES DE DESSINENT

### 1.2.2.1 - Aucun effet sur L'arachide

Nos expérimentations ont montré que les apports de compost de déchets d'abattoir n'avaient pas d'incidence sur les rendements de l'arachide. Ce sont les caractéristiques de cette plante, et non pas une mauvaise qualité du compost, qui sont à mettre en cause :

- L'arachide est une légumineuse et peut donc fixer l'azote de l'air. Les besoins de la plante étant en grande partie couverts par cette voie (PIERI, 1985), on comprend aisément que les apports d'éléments azotés n'aient pas d'effet sur les rendements de cette culture.

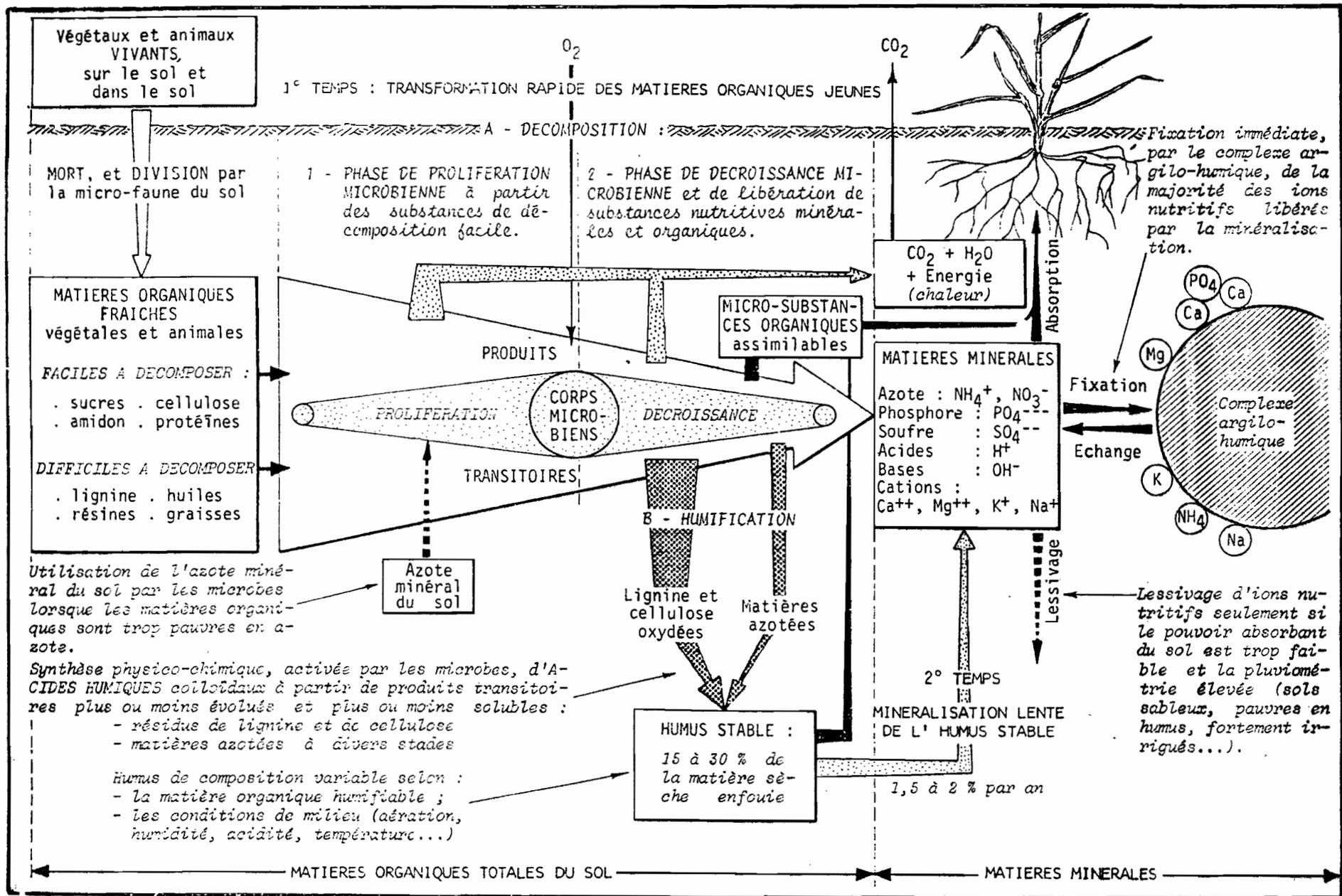


Figure 31 - SCHEMA GENERAL DE L'EVOLUTION DES MATIERES ORGANIQUES DANS LE SOL (d'après SOLTNER, 1982)

- Cette plante se caractérise également par une aptitude à prélever dans un milieu très pauvre les éléments qui lui sont nécessaires. **Cela conduit alors à un appauvrissement du sol.**

Ces deux remarques permettent d'expliquer le peu d'effet de l'enfouissement du compost. Cependant, notons son importance à long terme pour la maintien de la fertilité.

#### 1.2.2.2 - Une réponse tardive sur les céréales

Les observations faites sur le riz et le mil nous ont permis de conclure que :

- L'enfouissement du compost de déchets d'abattoir n'a pas d'effet dépressif sur les cultures en début de cycle.

- Le mil ne répond pas aux apports de métha-compost.

- Sur le riz, on remarque une réponse à cette fumure organique à partir de la 11<sup>e</sup> semaine du cycle.

La connaissance de l'évolution de la matière organique dans le sol (fig. 31) permet de comprendre ces phénomènes. Dans le cas du métha-compost, la phase de prolifération microbienne n'a pas lieu car il s'agit d'un produit ayant déjà subi une fermentation. Cela permet d'éviter l'apparition d'une compétition vis-à-vis de l'azote entre les microorganismes du sol et la plante (phénomène dit de "faim d'azote").

Il semble que la dégradation du compost de déchets d'abattoir soit lente. En effet, la courte durée du cycle du mil ne permet pas à cette plante de bénéficier des éléments minéraux issus de la décomposition de ces matières organiques.

Les observations sur la culture du riz semblent démontrer que ces éléments minéraux sont disponibles dans le sol 10 ou 11 semaines après l'enfouissement.

Dès lors il apparaît évident que l'enfouissement de compost anaérobie de matières stercoraires de bovins ne se traduise pas par des augmentations de rendement spectaculaire la première année.

Par contre, son rôle, comme celui de n'importe quelles matières organiques à long terme dans le sol, est très important et ne doit pas être négligé.

### 1.3 - Un facteur d'amélioration essentiel pour les sols

Le compost obtenu par méthanisation renferme des matières organiques en état de dégradation avancée. Ces substances ont des effets à long terme qui sont appréciables au niveau d'une rotation et non pas sur un cycle cultural. Leurs actions portent essentiellement sur la fertilité des sols ; problème qui se pose avec acuité au Sénégal.

L'intérêt agronomique à long terme du compost de déchets d'abattoir est déterminé par la matière organique qu'il contient, à savoir les produits intermédiaires de la dégradation et l'humus stable.

Ces composés organiques contribuent à l'amélioration des propriétés physiques du sol et à la stimulation de l'activité biologique.

#### 1.3.1 - Le rôle des produits transitoires

Ces produits, qui résultent de la décomposition des matières organiques fraîches, ont un rôle sans rapport avec leur faible poids. Ils servent, beaucoup plus que l'humus stable, d'aliment aux microorganismes et stimulent ainsi l'activité biologique du sol.

De plus, ils permettent d'obtenir une structure grumeleuse dans la couche de surface aérée. Leur rôle est d'ailleurs plus remarquable dans le cas d'une incorporation superficielle.

Il est cependant difficile de distinguer les actions spécifiques des différentes matières organiques. L'action la plus durable s'observe avec l'humus, puis avec les produits transitoires et les matières organiques fraîches qui n'ont qu'un rôle très bref (MONNIER, 1965).

### 1.3.2 - L'humus : un rôle primordial

C'est cette matière organique qui contribue le plus à l'amélioration de la fertilité des sols.

#### 1.3.2.1 - Un rôle d'amélioration des propriétés physiques du sol

L'humus se caractérise par une action intéressante sur la stabilité structurale des sols qui se définit comme l'aptitude d'une structure à résister aux actions de dégradation du milieu (MONNIER, 1965).

En effet, l'humus par ses propriétés anti-mouillantes ralentit l'effet dégradant de l'eau. Il se réhumecte plus lentement que l'argile seule et limite l'éclatement des agrégats.

Dans le sol, l'argile et l'humus forment un complexe qui permet de réduire la dispersion de cette fraction. Il y a dès lors formation d'un "ciment" qui permet la constitution d'agrégats solides et évite l'apparition de phénomènes de battance.

Les matières organiques en général permettent la création d'hétérogénéités dans le sol qui induisent une fissuration importante au cours des cycles d'humectation et de dessiccation : ce phénomène aboutit à la formation de particules plus fines.

L'humus présente également un intérêt sur le plan hydrique. De par ses propriétés hydrophiles, il peut retenir beaucoup plus d'eau que l'argile (jusqu'à 15 fois son poids en eau) d'où son intérêt dans les zones à pluviométrie déficitaire. Cela est encore plus intéressant dans le cas d'un sol sableux comme le sol Dior au Sénégal.

Enfin, l'humus est un facteur important pour le développement de la faune du sol et donc sur sa structure et sa stabilité. Ces propriétés de l'humus présentent des effets peu intenses mais durables.

1.3.2.2 - Une action sur les propriétés physico-chimiques du sol et au niveau de l'alimentation des plantes

Les colloïdes humiques augmentent la capacité totale d'échange du sol (2% d'humus équivalent à 10% d'argile). L'humus, qui est un colloïde électronégatif, augmente le pouvoir de rétention des cations (ou "pouvoir absorbant") puisque sa capacité de saturation en ions est 4 ou 5 fois plus grande que pour l'argile. *par quelle ?*

Cette propriété est intéressante car elle limite le nombre d'ions  $H^+$  libres responsables de la réaction acide du sol. Des apports réguliers de matières organiques humifiables permettent de maintenir le pH au voisinage de la neutralité.

Les matières organiques sont, par leur décomposition, une source d'alimentation pour la plante. La minéralisation de l'humus stable est lente (1,5 à 2% par an) mais peut représenter, à l'hectare, des quantités intéressantes. Notons également que les principaux éléments minéraux liés aux matières organiques se trouvent sous des formes particulièrement utilisables par les végétaux.

L'humus a une réaction acide (sans acidifier le sol) due à la décomposition des matières organiques et à la présence d'acides humiques. Cette légère acidité favorise la dissolution des minéraux peu assimilables (ex. : Fer).

Enfin, l'humus permet une meilleure utilisation du phosphore et du potassium en :

- formant avec le phosphore un complexe humo-phosphaté qui rend cet élément assimilable
- limitant la rétrogradation du potassium.

1.3.2.3 - L'humus contient des activateurs de croissance qui favorisent la nutrition et la résistance des plantes

"Leur mode d'action et leur nature sont mal connus mais la pratique montre que les rendements obtenus par une fertilisation minérale atteignent un plafond qui ne peut être dépassé que si des apports de matières organiques sont réalisés" (SOLTNER, 1982).

*Humus au  
niveau  
de l'humus ?*

Tous les éléments que nous venons de développer mettent en évidence l'intérêt du compost de déchets d'abattoir dans l'amélioration de la fertilité des sols à long terme.

#### 1.4 - Des intérêts agronomiques qui justifient la production industrielle d'un tel compost

L'étude des effets à court terme et la présentation des actions à long terme du compost de déchets d'abattoir nous permettent de tirer quelques conclusions intéressantes.

*Niveau 1* ( D'une part, l'épandage de ce compost, si il est réalisé 3 mois avant la mise en culture, devrait avoir des actions positives sur les céréales (cf. 1.2.2.2). La pratique de cette technique permettrait, en outre, de réaliser des économies au niveau des achats d'engrais.

D'autre part, l'absence de réponse sur la culture de l'arachide ne doit pas justifier la non-utilisation de ce produit.

En effet, cette spéculation contribue à appauvrir les sols.

Les apports de compost devraient alors maintenir le niveau de fertilité en reconstituant les réserves organiques.

L'utilisation du compost de déchets d'abattoir peut également présenter un aspect positif au niveau des pratiques culturales : l'enfouissement de cet engrais nécessite un labour qui n'est pas toujours réalisé par les agriculteurs malgré l'intérêt qu'il représente.

D'après nos expérimentations, l'intérêt agronomique du compost de déchets d'abattoir est certain. Mais la vulgarisation en milieu paysan d'une telle fumure doit tenir compte des modalités de sa production. En effet, pour pouvoir envisager la distribution de ce produit, il faut s'assurer avant tout de sa disponibilité.

La solution semble alors la mise en place, au niveau de l'abattoir de Dakar, d'un procédé industriel de méthanisation des déchets qui permettrait une production de compost importante et régulière tout au long de l'année. Mais pour que cette réalisation soit possible, il faut convaincre les dirigeants de la SERAS de l'intérêt économique d'un tel investissement.

## 2 - LA METHANISATION DES DECHETS D'ABATTOIR : UNE SOLUTION A RETENIR PAR LA SERAS

Dans la partie "Synthèse bibliographique", nous avons présenté les paramètres physicochimiques d'une bonne méthanisation des déchets d'abattoir. Nous présentons maintenant les implications économiques d'une telle technologie.

### 2.1 - Des intérêts économiques immédiats

#### 2.1.1 - Une diminution des nuisances

Une installation de fermentation méthanique permettrait de réduire les nuisances que présentent les matières stercoraires (rejet en mer). Mais l'intérêt économique d'un tel traitement est apparu depuis peu. En effet, le gouvernement sénégalais, dans le cadre d'une politique de protection de l'environnement, a fait part de son intention de mettre en place une "redevance pollution".

#### 2.1.2 - Une contribution à l'allègement de la facture énergétique

Un procédé industriel de méthanisation des déchets permettrait d'alimenter des groupes électrogènes fonctionnant au biogaz. L'énergie électrique ainsi produite serait alors utilisable directement pour le fonctionnement de l'usine.

Les travaux de PETITCLERC (1985) ont montré qu'une bonne utilisation de ces moteurs se traduirait par une économie de 19 millions de francs CFA et permettrait d'annuler les dépenses de bois de chauffe qui s'élèvent à 450 000 FCFA/an.

#### 2.1.3 - Une réduction du manque à gagner

L'estimation de la production journalière de biogaz (synthèse bibliographique) correspond à la quantité nécessaire pour alimenter l'abattoir en énergie électrique au cours d'une journée de fonctionnement. Cette production autonome d'électricité permettrait de pallier aux fréquentes coupures du réseau qui sont à l'origine d'un manque à gagner non négligeable. En effet, les économies ainsi réalisées s'élèverait à 9,5 millions de francs CFA par an.

#### 2.1.4 - Une source de profit supplémentaire : le compost

La mise en place d'un dispositif industriel de méthanisation, qui semble être une bonne solution aux problèmes énergétiques de l'abattoir de la SERAS, permettrait également l'obtention à grande échelle d'un bon fertilisant.

Ce produit pourrait être commercialisé auprès des agriculteurs de la périphérie de Dakar à un prix fixé à 8000 francs CFA la tonne (PETITCLERC, 1985).

Ainsi la production quotidienne estimée à 4 tonnes permettrait un profit supplémentaire annuel de 11,7 millions de francs CFA.

#### 2.2 - Des coûts d'installations amortissables à moyen terme

Les études faites sur l'abattoir de Dakar ont évalué le coût d'installation d'une unité de méthanisation à un chiffre variant de 100 à 140 millions de francs CFA selon les procédés.

Le montant des économies réalisables que nous venons de détailler s'élève à 40,65 millions de francs CFA par an en francs constants.

(( Le coût de l'investissement, hors frais bancaires, peut donc être amorti en 4 ans dans le cas le plus défavorable.

Ce critère met en évidence l'intérêt économique d'une installation de méthanisation dans le cas de l'abattoir de Dakar, puisqu'au bout de 4 ans le bilan financier devient positif.



# CONCLUSION



Les essais que nous avons mené au Sénégal dans le cadre de ce mémoire, ont permis de mettre en évidence les effets d'un apport de compost de déchets d'abattoir sur trois cultures d'hivernage.

Pour la culture d'arachide, nos expérimentations ont montré que ce produit n'avait aucune incidence sur les rendements. Mais le métha-compost utilisé n'est pas à mettre en cause pour autant. Ce sont les caractéristiques de cette plante qui permettent d'expliquer l'absence de réponse à la fertilisation organique. En effet cette légumineuse se caractérise par une aptitude à prélever dans un milieu très pauvre les éléments qui lui sont nécessaires.

Avec les céréales, nous avons réalisé des essais sur une plante à cycle court (Mil "Souna III") et sur une culture plus tardive (Riz "Morobérékan"). L'absence de réponse aux apports d'un tel fertilisant sur le mil et l'observation d'effets tardifs sur le riz nous permettent de penser que le compost de matières stercoraires subit une dégradation lente dans le sol. Ainsi, si de tels apports n'ont pas d'effet sur la culture de l'arachide, il semble par contre, qu'un enfouissement trois mois avant le semis permettrait quelques augmentations de rendement dans le cas des céréales.

Cependant l'utilisation du métha-compost de déchets d'abattoir semble être véritablement intéressant sur une rotation. En effet, ce produit renferme des matières organiques déjà évoluées.

Cette présence d'humus devrait se traduire par des actions à long terme dans le sens d'une amélioration de la fertilité des sols. L'enfouissement de cet engrais devrait permettre d'en reconstituer les réserves organiques et d'agir favorablement sur la structure et la stabilité.

Cette fumure semble donc toute indiquée pour la culture d'arachide qui est à l'origine de l'appauvrissement des sols au Sénégal.

Tous ces éléments mettent en évidence l'intérêt de la vulgarisation de cette technique culturale en milieu paysan. Mais la disponibilité sur le marché de ce compost de déchets d'abattoir ne peut se faire que dans le cas d'une production à grande échelle.

Pour la presqu'île du Cap-Vert, les potentialités existent car l'abattoir de Dakar pourrait fournir 4 tonnes d'engrais organiques par jour durant toute l'année. Ceci nécessite un investissement dans un procédé de fermentation méthanique. Il reste donc à convaincre les dirigeants de la SERAS de l'intérêt économique d'une telle installation pour l'abattoir. Des études de faisabilité ont déjà été faites mais il serait intéressant de les compléter par des études de marché qui permettraient d'estimer les débouchés.



# BIBLIOGRAPHIE



357 26 4/1 - die Graupenf  
Tiere aneinander

- ANGLADETTE (A.), 1966 - Le Riz, Coll. Techni. Agri. et Prod. Trop., Maisonneuve et Larose, Paris, 930 pages.
- CATHERINET (M.), 1956 - "Quelques données sur la germination de l'arachide. Etude de la température optimum". Ann. C.R.A. Bambey, Bulletin agronomique, vol. 16, pp. 93-98.
- DANCETTE (C.), 1983 - "Besoins en eau du mil au Sénégal - Adaptation en zone semi-aride tropicale", L'Agronomie tropicale, vol. 38, n° 4, Oct. Déc., Paris, pp. 267-281.
- DOBELMAN , 1961 - "Le riz pluvial". L'Agronomie Tropicale, Manuel de riziculture améliorée, Tanannarive.
- DORSEMAINE (G.), 1968 - "Manuel de la culture des mils et des sorghos dans le bassin arachidier sénégalais à l'usage de la vulgarisation", SATEC, Ministère du développement rural, Sénégal, 97 pages.
- E.N.V.I.P.A.C.T. (1984) - "Les déchets d'abattoirs et leur valorisation", Energie et environnement, n° 12, 10 pages.
- GARCIA (J.L.), 1983 - La fermentation méthanique, Doc. int. ORSTOM, 48 pages.
- GATIN (A.), 1968 - Manuel de la culture d'arachide au Sénégal à l'usage de la vulgarisation, SATEC, Ministère du développement rural, Sénégal, 106 pages.
- GILLIER (P.), SYLVESTRE (P.), 1969 - L'arachide, Coll. Techn. Agri. et Prod. Trop., vol. 15, Maisonneuve et Larose, Paris, 292 pages
- G.R.E.T., S.d - "Le choix d'un système de fermentation", Les dossiers du biogaz. Dossier A, s.l., pp. 45-61.
- LAGRANGE (B.), 1979 - Biométhane. Tome 1 : Une alternative crédible  
Tome 2 : Principes, techniques et utilisations, Coll. Energies alternatives, EDISUD, Aix-en-Provence, 243 et 220 pages.

- LAMBERT (C.), 1979 - "Influence de la précocité sur le développement du mil en conditions naturelles. Elaboration de la touffe. Elaboration du rendement", L'Agronomie Tropicale, vol. 38, n° 1, Jan-Mars, pp. 7-26.
- MAYER (J.), BONNEFOND (R.), 1973 - Les rizicultures paysanales, améliorations possibles. Secrétariat d'Etat aux Affaires étrangères, Muray-print, Paris, 216 pages.
- MEMENTO DE L'AGRONOME, 1984. Coll. Tech. rurales en Afrique, Ministère Relations Extérieures et Coopération, Saverdun, 1604 pages.
- MONNIER (G.), 1965 - "Action de la matière organique sur la stabilité des sols", Annales agronomiques, vol. 16, n° 4 et 5, Paris, pp. 327-400 et 471-534.
- MONTENEZ (J.), 1957 - Recherches expérimentales sur l'écologie de la germination chez l'arachide. Direction Agric. Forêts et Elevage, Bruxelles, 120 pages.
- NOUVELLES DE L'ECODEVELOPPEMENT, Avril-Mai 1986, s.l.
- NYNS (E.J.), 1979 - "Du processus biologique de méthanogénèse au procédé technologique de biométhanisation, dimensionnement, design et conduite des digesteurs", XX° cycle perfec. génie chimique Belge, Bruxelles, 16 pages.
- PETITCLERC (A.), 1985 - "Contribution à la valorisation des déchets d'abattoirs au Sénégal par fermentation méthanique", Thèse Doc. Ing. ECAM, s.l., 226 pages.
- PIERI (C.), 1985 - "Bilans minéraux des systèmes de cultures pluviales en zones arides et semi-arides", L'Agronomie Tropicale, vol. 40, n° 1, Jan-Mars, Paris, pp. 1-20.
- PREVOT (P.), OLLAGNIER (M.) et GILLIER (P.), 1966 - "La résistance de l'arachide à la sécheresse", C.R. Acad. Agri. Fr., vol. VII, n° 15, pp. 1148-1156.

SCHENK (R.V.), 1961 - "Development of the peanut fruit", Agri. Exp. Stat.,  
Bull. 22, Georgia, 53 pages.

SOLTNER (D.), 1982 - "Les bases de la production végétale - Le sol", Coll.  
Sciences et Techniques agricoles, Angers, 456 pages.

WILLIAMS (C.N.), 1975, The Agronomy of the major tropical crops, Academy  
press, London, New York, pp. 66-88.

#### DOCUMENTATION PAR THEME

##### FERMENTATION METHANIQUE

A.F.M.E., 1982 , "La méthanisation, principe et technique", Doc. ronéo.,  
27 rue L. Vicat, Paris.

AUGENSTEIN (D.C.) and al, 1976 - "Biométhanisation : anaerobic fermentation  
of CO /H and CO to methane", 69<sup>th</sup> ann-meeting of americ  
institute of chemical engeneering, 28 nov - 2 dec., n° 49 - 18,  
Chicago.

DUCELLIER (G.), ISMAN (M.), 1965 - "18 années de travaux sur le gaz de  
fumier", Rapport Acad. Agric. de France, nov. 65, Paris, 14 pages.

GRET, 1979, Biomasse : comparaison des valorisations des sous-produits  
agricoles, Dossier n° 5, Coll. Technologies Nouvelles et  
Développement, Ministère de la Coopération, Paris, 300 pages.

JACQ (V.A.), 1986 - "La fermentation méthanique au service de la dépollution :  
trois exemples et applications au Sénégal", Conf., Dir. Environ-  
nement, Sénégal, Ministère Environnement, France, Dakar  
12-15 février.

NEW ALCHEMY INSTITUTE, 1973, Methane digester for fuel gas and fertilization,  
PD Box 432, Woods hole, Massachussets, USA.

LE MIL

- CHOPART (J.L.), 1983 - "Etude du système racinaire du mil dans un sol sableux du Sénégal", L'Agronomie Tropicale, vol. 38, n° 1, Jan-Mars, Paris, pp. 37-46.
- ESTASSE (C.), 1965 - "Amélioration du mil Pennisetum au Sénégal", L'Agronomie Tropicale, vol. 20, Paris, pp. 976-980.
- GANRY (F.), BIDEAU (J.), 1974 - "Action de la fertilisation azotée et de l'amendement organique sur le rendement et la valeur nutritionnelle d'un mil Souna III", L'Agronomie Tropicale, vol. 29, n° 10, Oct., Paris, pp. 1006-1016.
- LAMBERT (C.), 1980, Rapport d'activité 1979, Doc. multigraphié, CNRA Bambey, Sénégal.
- RAMOND (C.), 1968 - "Pour une meilleure connaissance de la croissance et du développement des mils pennisetum", L'Agronomie tropicale, vol. 8, Paris, pp. 844-863.
- SIBAND (P.), 1981 - "Croissance, nutrition et production du mil - Essai d'analyse du fonctionnement du mil en zone sahélienne", Thèse Univ. Scie. Techn. Languedoc, Montpellier, 302 pages.
- SIBAND (P.), 1983 - "Essai de fonctionnement du mil en zone sahélienne", L'Agronomie tropicale, vol. 38, n° 1, Jan-Mars, Paris, pp. 27-36.

L'ARACHIDE

- BILLAZ (R.), 1959 - "L'alimentation en eau de l'arachide dans les sols Diors du Sénégal", IRHO, rapport multigraphié.
- BILLAZ (R.), OCHS (R.), 1961 - "Stades de sensibilité de l'arachide à la sécheresse", Oléagineux, vol. 16, n° 10, pp. 605-611.

- BOLHUIS (G.G.), VAN DER GROOT (N.), 1959 - "Observations on the effect of varying temperature of the flowering and fruit set in three varieties of groundnuts", Netherland Journal of Agriculture and Science, vol. 7, n° 4, pp. 317-328.
- BOUFFIL (F.), SAUGER (L.), 1979 - "Première classification des variétés d'arachides de la collection de Bambey", L'Agronomie Tropicale, vol. 4, n° 9-10, Paris, pp. 493-502.
- BUNTING (A.H.), 1955 - "A classification of cultivate groundnuts", Emp. Jour. Exp. Agro., vol. 23, n° 91-92, Oxford, pp. 158-170.
- HIGGINS (B.B.), 1951, Origin and early history of the peanut in "the peanut, the unpredicable legume", The Nat. Fert. Assoc., Symposium, Washington, pp. 18-28.
- MARTIN (J.P.), BILQUEZ (A.E.), 1962, "Nouvelles contributions à la connaissance de la floraison et de la fructification chez L'arachide", Oléagineux, 17<sup>e</sup> année, n° 5, Paris, pp. 469-471.
- PREVOT (P.), 1949 "Croissance, développement et nutrition minérale de L'arachide", Oléagineux coloniaux, série Sci., n° 4, SETCO, Paris, 108 pages.
- LE RIZ
- BUDDENHAGEN (I.W.), PERSLEY (G.), 1978, Rice in Africa, Academy Press, London, New York, 356 pages.
- FAO/IAEA, 1970, "Rice fertilization - A six year isotope study on nitrogen and phosphorus fertilizer utilisation", Technical Report, serie n° 108, International Atomic Energy Agency, Vienne, 177 pages.
- FAO/ITA, 1974, Report on the expert consultation meeting on the mechanization of rice production, Ibadan, 10-14 juin, Rome.
- FORTUNER (R.), 1981, "Les nématodes associés au riz pluvial en Côte d'Ivoire", L'Agronomie Tropicale, vol. 36, n° 1, Jan-Mars, Paris, pp. 70-78.

- GORA BEYE, 1974, "Etude comparative de l'action de la potasse et de la paille enfouie sur le développement et le rendement du riz en Basse-Casamance", L'Agronomie Tropicale, vol. 25, n° 1, Janvier, Paris, pp. 803-811.
- POLLET (A.), 1977, "Les insectes ravageurs du riz en Côte d'Ivoire - La faune rencontrée sur riz irrigué en Côte d'Ivoire centrale", Cahiers ORSTOM, série Biol., XII, 1, Paris, pp. 3-23.
- VELLY (J.), 1970, "Quelques aspects de la fumure potassique en rizière", L'Agronomie Tropicale, vol. 25, n° 1, Janvier, Paris, pp. 13-28.

#### SOL ET MATIERE ORGANIQUE

- BLONDEL (J.), 1971 - "Rôle de la matière organique libre dans la minéralisation en sol sableux - Relation avec l'alimentation azotée du mil", L'Agronomie Tropicale, vol. 26, pp. 1372-1377.
- CHARREAU (C.), NICOU (R.), 1971 - "L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone intertropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences agronomiques", Bulletin Agronomique, Annales CNRA, vol. 16, pp. 93-98.
- JACQUIN (F.), VONG (P.C.), 1984 - "Incidence de divers déchets organiques sur les propriétés physico-chimiques du sol et sur le devenir de certains métaux réputés toxiques", Compost Information, n° 16, 2<sup>e</sup> trim., s.l., pp. 2-5.
- MONNIER (G.), 1981 - "Les matières organiques du sol : Etat et évolution, rôles, utilisation agronomique", Compost Information, n° 5, 1<sup>er</sup> trim., s.l., pp. 15-18.
- RUSCH (H.P.), 1980, La fécondité du sol, Le courrier du livre, 21 rue de Seine, Paris, 290 pages.

TOURTE (R.) et coll., 1967 - "Le rôle des facteurs mécaniques dans la création et l'amélioration du profil cultural en zone tropicale sèche. Incidences sur la productivité", Coll. fertilité des sols tropicaux, comm. n° 124, Tanannarive.

TRAORE (M.F.), 1974 - "Etude de la fumure minérale azotée intensive des céréales et du rôle spécifique de la matière organique dans la fertilité des sols au Mali", L'Agronomie Tropicale, vol. 26, n° 5, Paris, pp. 632-672.

# ANNEXES



## Range Studentisé (\*)

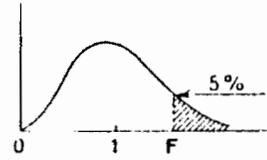
$k$  = nombres de moyennes  
 $v$  = nombre de d.d.l. de la variance résiduelle  
 $\alpha = 0,05$

| $v \backslash k$ | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1                | 18,0 | 27,0 | 32,8 | 37,1 | 40,4 | 43,1 | 45,4 | 47,4 | 49,1 |
| 2                | 6,08 | 8,33 | 9,80 | 10,9 | 11,7 | 12,4 | 13,0 | 13,5 | 14,0 |
| 3                | 4,50 | 5,91 | 6,82 | 7,50 | 8,04 | 8,48 | 8,85 | 9,18 | 9,46 |
| 4                | 3,93 | 5,04 | 5,76 | 6,29 | 6,71 | 7,05 | 7,35 | 7,60 | 7,83 |
| 5                | 3,64 | 4,60 | 5,22 | 5,67 | 6,03 | 6,33 | 6,58 | 6,80 | 6,99 |
| 6                | 3,46 | 4,34 | 4,90 | 5,30 | 5,63 | 5,90 | 6,12 | 6,32 | 6,49 |
| 7                | 3,34 | 4,16 | 4,68 | 5,06 | 5,36 | 5,61 | 5,82 | 6,00 | 6,16 |
| 8                | 3,26 | 4,04 | 4,53 | 4,89 | 5,17 | 5,40 | 5,60 | 5,77 | 5,92 |
| 9                | 3,20 | 3,95 | 4,41 | 4,76 | 5,02 | 5,24 | 5,43 | 5,59 | 5,74 |
| 10               | 3,15 | 3,88 | 4,33 | 4,65 | 4,91 | 5,12 | 5,30 | 5,46 | 5,60 |
| 11               | 3,11 | 3,82 | 4,26 | 4,57 | 4,82 | 5,03 | 5,20 | 5,35 | 5,49 |
| 12               | 3,08 | 3,77 | 4,20 | 4,51 | 4,75 | 4,95 | 5,12 | 5,27 | 5,39 |
| 13               | 3,06 | 3,73 | 4,15 | 4,45 | 4,69 | 4,88 | 5,05 | 5,19 | 5,32 |
| 14               | 3,03 | 3,70 | 4,11 | 4,41 | 4,64 | 4,83 | 4,99 | 5,13 | 5,25 |
| 15               | 3,01 | 3,67 | 4,08 | 4,37 | 4,59 | 4,78 | 4,94 | 5,08 | 5,20 |
| 16               | 3,00 | 3,65 | 4,05 | 4,33 | 4,56 | 4,74 | 4,90 | 5,03 | 5,15 |
| 17               | 2,98 | 3,63 | 4,02 | 4,30 | 4,52 | 4,70 | 4,86 | 4,99 | 5,11 |
| 18               | 2,97 | 3,61 | 4,00 | 4,28 | 4,49 | 4,67 | 4,82 | 4,96 | 5,07 |
| 19               | 2,96 | 3,59 | 3,98 | 4,25 | 4,47 | 4,65 | 4,79 | 4,92 | 5,04 |
| 20               | 2,95 | 3,58 | 3,96 | 4,23 | 4,45 | 4,62 | 4,77 | 4,90 | 5,01 |
| 24               | 2,92 | 3,53 | 3,90 | 4,17 | 4,37 | 4,54 | 4,68 | 4,81 | 4,92 |
| 30               | 2,89 | 3,49 | 3,85 | 4,10 | 4,30 | 4,46 | 4,60 | 4,72 | 4,82 |
| 40               | 2,86 | 3,44 | 3,79 | 4,04 | 4,23 | 4,39 | 4,52 | 4,63 | 4,73 |
| 60               | 2,83 | 3,40 | 3,74 | 3,98 | 4,16 | 4,31 | 4,44 | 4,55 | 4,65 |
| 120              | 2,80 | 3,36 | 3,68 | 3,92 | 4,10 | 4,24 | 4,36 | 4,47 | 4,56 |
| $\infty$         | 2,77 | 3,31 | 3,63 | 3,86 | 4,03 | 4,17 | 4,29 | 4,39 | 4,47 |

(\*) D'après Pearson et Hartley, Biometrika tables for statisticians (University Press, Cambridge), avec l'aimable autorisation des auteurs et des éditeurs.

Table de  $F$  (point 5 %) (\*).

La table donne la limite supérieure de  $F = \frac{S_A^2}{S_B^2}$ , pour le risque 5% (valeur ayant 5 chances sur 100 d'être égale ou dépassée), en fonction des nombres de degrés de liberté  $l_A$  et  $l_B$ .



| $l_B \backslash l_A$ | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1                    | 161,4 | 199,5 | 215,7 | 224,6 | 230,2 | 234,0 | 236,8 | 238,9 | 240,5 |
| 2                    | 18,51 | 19,00 | 19,16 | 19,25 | 19,30 | 19,33 | 19,35 | 19,37 | 19,38 |
| 3                    | 10,13 | 9,55  | 9,28  | 9,12  | 9,01  | 8,94  | 8,89  | 8,85  | 8,81  |
| 4                    | 7,71  | 6,94  | 6,59  | 6,39  | 6,26  | 6,16  | 6,09  | 6,04  | 6,00  |
| 5                    | 6,61  | 5,79  | 5,41  | 5,19  | 5,05  | 4,95  | 4,88  | 4,82  | 4,77  |
| 6                    | 5,99  | 5,14  | 4,76  | 4,53  | 4,39  | 4,28  | 4,21  | 4,15  | 4,10  |
| 7                    | 5,59  | 4,74  | 4,35  | 4,12  | 3,97  | 3,87  | 3,79  | 3,73  | 3,68  |
| 8                    | 5,32  | 4,46  | 4,07  | 3,84  | 3,69  | 3,58  | 3,50  | 3,44  | 3,39  |
| 9                    | 5,12  | 4,26  | 3,86  | 3,63  | 3,48  | 3,37  | 3,29  | 3,23  | 3,18  |
| 10                   | 4,96  | 4,10  | 3,71  | 3,48  | 3,33  | 3,22  | 3,14  | 3,07  | 3,02  |
| 11                   | 4,84  | 3,98  | 3,59  | 3,36  | 3,20  | 3,09  | 3,01  | 2,95  | 2,90  |
| 12                   | 4,75  | 3,89  | 3,49  | 3,26  | 3,11  | 3,00  | 2,91  | 2,85  | 2,80  |
| 13                   | 4,67  | 3,81  | 3,41  | 3,18  | 3,03  | 2,92  | 2,83  | 2,77  | 2,71  |
| 14                   | 4,60  | 3,74  | 3,34  | 3,11  | 2,96  | 2,85  | 2,76  | 2,70  | 2,65  |
| 15                   | 4,54  | 3,68  | 3,29  | 3,06  | 2,90  | 2,79  | 2,71  | 2,64  | 2,59  |
| 16                   | 4,49  | 3,63  | 3,24  | 3,01  | 2,85  | 2,74  | 2,66  | 2,59  | 2,54  |
| 17                   | 4,45  | 3,59  | 3,20  | 2,96  | 2,81  | 2,70  | 2,61  | 2,55  | 2,49  |
| 18                   | 4,41  | 3,55  | 3,16  | 2,93  | 2,77  | 2,66  | 2,58  | 2,51  | 2,46  |
| 19                   | 4,38  | 3,52  | 3,13  | 2,90  | 2,74  | 2,63  | 2,54  | 2,48  | 2,42  |
| 20                   | 4,35  | 3,49  | 3,10  | 2,87  | 2,71  | 2,60  | 2,51  | 2,45  | 2,39  |
| 21                   | 4,32  | 3,47  | 3,07  | 2,84  | 2,68  | 2,57  | 2,49  | 2,42  | 2,37  |
| 22                   | 4,30  | 3,44  | 3,05  | 2,82  | 2,66  | 2,55  | 2,46  | 2,40  | 2,34  |
| 23                   | 4,28  | 3,42  | 3,03  | 2,80  | 2,64  | 2,53  | 2,44  | 2,37  | 2,32  |
| 24                   | 4,26  | 3,40  | 3,01  | 2,78  | 2,62  | 2,51  | 2,42  | 2,36  | 2,30  |
| 25                   | 4,24  | 3,39  | 2,99  | 2,76  | 2,60  | 2,49  | 2,40  | 2,34  | 2,28  |
| 26                   | 4,23  | 3,37  | 2,98  | 2,74  | 2,59  | 2,47  | 2,39  | 2,32  | 2,27  |
| 27                   | 4,21  | 3,35  | 2,96  | 2,73  | 2,57  | 2,46  | 2,37  | 2,31  | 2,25  |
| 28                   | 4,20  | 3,34  | 2,95  | 2,71  | 2,56  | 2,45  | 2,36  | 2,29  | 2,24  |
| 29                   | 4,18  | 3,33  | 2,93  | 2,70  | 2,55  | 2,43  | 2,35  | 2,28  | 2,22  |
| 30                   | 4,17  | 3,32  | 2,92  | 2,69  | 2,53  | 2,42  | 2,33  | 2,27  | 2,21  |
| 40                   | 4,08  | 3,23  | 2,84  | 2,61  | 2,45  | 2,34  | 2,25  | 2,18  | 2,12  |
| 60                   | 4,00  | 3,15  | 2,76  | 2,53  | 2,37  | 2,25  | 2,17  | 2,10  | 2,04  |
| 120                  | 3,92  | 3,07  | 2,68  | 2,45  | 2,29  | 2,17  | 2,09  | 2,02  | 1,96  |
| $\infty$             | 3,84  | 3,00  | 2,60  | 2,37  | 2,21  | 2,10  | 2,01  | 1,94  | 1,88  |

La valeur cherchée  $F_{l_B}^{l_A}$  est lue à l'intersection de la colonne  $l_A$  et de la ligne  $l_B$ .

Exemple : pour les degrés de liberté  $l_A = 6$ ,  $l_B = 10$ , la limite supérieure de  $F$  est  $F_{10}^6 = 3,22$ .

(\*) D'après Pearson et Hartley, Biometrika tables for statisticians (University Press, Cambridge), avec l'aimable autorisation des auteurs et des éditeurs.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de talles

Date : 25/07

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 2      | 2,5    | 1,5    | 2      | 8     | 2       |
| Témoin NPK - n° 2 | 2      | 2,5    | 4      | 6,5    | 15    | 3,75    |
| Dose 1 - n° 3     | 2      | 1      | 2      | 2,5    | 7,5   | 1,87    |
| Dose 2 - n° 4     | 2,5    | 0      | 0      | 0      | 2,5   | 0,62    |
| Dose 3 - n° 5     | 2,5    | 1      | 2      | 1      | 6,5   | 1,62    |
| Total             | 11     | 7      | 9,5    | 12     | 39,5  | -       |
| Moyenne           | 2,2    | 1,4    | 1,9    | 2,4    | -     | 1,97    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 40,74 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 2,84  | 3   | 0,94 | 0,65  | 3,49     |
| Traitements         | 20,42 | 4   | 5,10 | 3,52  | 3,26     |
| Résiduelle          | 17,48 | 12  | 1,45 | -     | -        |

$$TC = 78,0125$$

Conclusion

Pas de différence significative entre les blocs.

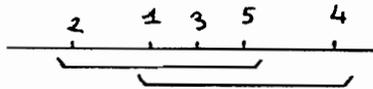
Les traitements, globalement, sont significativement différents au risque de 5%.

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \frac{1,45}{4} = 2,7$$

|                 |       |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|-----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| $\mu_i - \mu_j$ | 1-2   | 1-3  | 1-4  | 1-5  | 2-3  | 2-4  | 2-5  | 3-4  | 3-5  | 4-5 |
| Différence      | -1,75 | 0,13 | 1,38 | 0,38 | 1,88 | 3,13 | 2,13 | 1,25 | 0,25 | 1   |
| Conclusion      | 1=2   | 1=3  | 1=4  | 1=5  | 2=3  | 2=4  | 2=5  | 3=4  | 3=5  | 4=5 |

Résultats du classement :



ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de tiges

Date : 1/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 2,5    | 2,5    | 3      | 2      | 10    | 2,5     |
| Témoin NPK - n° 2 | 2,5    | 2,5    | 5      | 6      | 16    | 4       |
| Dose 1 - n° 3     | 2,5    | 3      | 2,5    | 3,5    | 11,5  | 2,87    |
| Dose 2 - n° 4     | 2,5    | 1      | 1      | 1      | 5,5   | 1,37    |
| Dose 3 - n° 5     | 3      | 1      | 1,5    | 1,5    | 7     | 1,75    |
| Total             | 13     | 10     | 13     | 14     | 50    | -       |
| Moyenne           | 2,6    | 2      | 2,6    | 2,8    | -     | 2,5     |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 31,5  | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 1,8   | 3   | 0,6  | 0,56  | 3,49     |
| Traitements         | 16,87 | 4   | 4,2  | 3,92  | 3,26     |
| Résiduelle          | 12,83 | 12  | 1,07 | -     | -        |

TC = 125

Conclusion

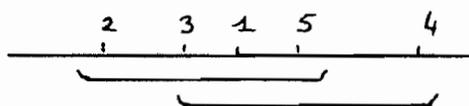
Mêmes conclusions.

Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5 % =  $4,51 \times \frac{1,07}{4} = 2,3$

|                   |      |       |      |      |      |      |      |     |      |       |
|-------------------|------|-------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|
| $\mu_i - \mu_j''$ | 1-2  | 1-3   | 1-4  | 1-5  | 2-3  | 2-4  | 2-5  | 3-4 | 3-5  | 4-5   |
| Différence        | -1,5 | -0,37 | 1,13 | 0,75 | 1,13 | 2,63 | 2,25 | 1,5 | 1,12 | -1,89 |
| Conclusion        | 1=2  | 1=3   | 1=4  | 1=5  | 2=3  | 2;4  | 2:5  | 3=4 | 3=5  | 4=5   |

Résultats du classement :



ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de tiges

Date : 7/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 2,5    | 2,5    | 4      | 3      | 12    | 3       |
| Témoin NPK - n° 2 | 2      | 2,5    | 5      | 7      | 16,5  | 4,12    |
| Dose 1 - n° 3     | 2,5    | 3,5    | 2,5    | 3,5    | 12    | 3       |
| Dose 2 - n° 4     | 2,5    | 2,5    | 1      | 2,5    | 8,5   | 2,12    |
| Dose 3 - n° 5     | 3      | 1,5    | 2      | 3      | 9,5   | 2,37    |
| Total             | 12,5   | 12,5   | 14,5   | 19     | 58,5  | -       |
| Moyenne           | 2,5    | 2,5    | 2,9    | 3,8    | -     | 2,92    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 31,64 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 5,64  | 3   | 1,88 | 1,37  | 3,49     |
| Traitements         | 9,57  | 4   | 2,39 | 1,74  | 3,26     |
| Résiduelle          | 16,43 | 12  | 1,37 | -     | -        |

$$TC = 171,1125$$

Conclusion

- Pas de différence significative entre les blocs

- Pas de différence significative entre les traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : (Nombre de talles)

Date : 13/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 2,5    | 2,5    | 4,5    | 2,5    | 12    | 3       |
| Témoin NPK - n° 2 | 2      | 2,5    | 5      | 6,5    | 16    | 4       |
| Dose 1 - n° 3     | 2,5    | 4      | 2,5    | 3      | 12    | 3       |
| Dose 2 - n° 4     | 2,5    | 1,5    | 1      | 2      | 7     | 1,75    |
| Dose 3 - n° 5     | 2,5    | 1,5    | 2,5    | 3,5    | 10    | 2,5     |
| Total             | 12     | 12     | 15,5   | 17,5   | 57    | -       |
| Moyenne           | 2,4    | 2,4    | 3,1    | 3,5    | -     | 2,85    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 32,05 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 4,45  | 3   | 1,48 | 1,05  | 3,49     |
| Traitements         | 10,8  | 4   | 2,7  | 1,92  | 3,26     |
| Résiduelle          | 16,8  | 12  | 1,4  | -     | -        |

TC = 183,0125

162,45

Conclusion

Pas d'écart significatif

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de tiges

Date : 20/8

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 2,5    | 2,5    | 4,5    | 2,5    | 12    | 3       |
| Témoin NPK - n° 2 | 2      | 2,5    | 4,5    | 5      | 14    | 3,5     |
| Dose 1 - n° 3     | 2,5    | 4      | 2,5    | 3,5    | 12,5  | 3,12    |
| Dose 2 - n° 4     | 1,5    | 2      | 1      | 2      | 6,5   | 1,62    |
| Dose 3 - n° 5     | 2      | 1,5    | 2,5    | 3,5    | 9,5   | 2,37    |
| Total             | 10,5   | 12,5   | 15     | 16,5   | 54,5  | -       |
| Moyenne           | 2,1    | 2,5    | 3      | 3,3    | -     | 2,72    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 22,74 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 4,24  | 3   | 1,14 | 1,72  | 3,49     |
| Traitements         | 8,67  | 4   | 2,17 | 2,64  | 3,26     |
| Résiduelle          | 9,83  | 12  | 0,82 | -     | -        |

$$TC = 148,5125$$

Conclusion

Pas de différence significative.

**ESSAIS EN BLOCS**

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de tiges

Date : 28/8

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 2      | 2      | 2      | 2      | 8     | 2       |
| Témoin NPK - n° 2 | 2      | 1,5    | 4      | 4      | 11,5  | 2,87    |
| Dose 1 - n° 3     | 1,5    | 3      | 1,5    | 2      | 8     | 2       |
| Dose 2 - n° 4     | 0,5    | 0,5    | 1      | 0,5    | 2,5   | 0,62    |
| Dose 3 - n° 5     | 1,5    | 1      | 1,5    | 2,5    | 6,5   | 1,62    |
| Total             | 7,5    | 8      | 10     | 11     | 36,5  | -       |
| Moyenne           | 1,5    | 1,6    | 2      | 2,2    | -     | 1,82    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 18,64 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 2,04  | 3   | 0,68 | 1,36  | 3,49     |
| Traitements         | 10,58 | 4   | 2,64 | 5,28  | 3,26     |
| Résiduelle          | 6,02  | 12  | 0,50 | -     | -        |

$$TC = 66,61$$

Conclusion

Bloc non significatif.

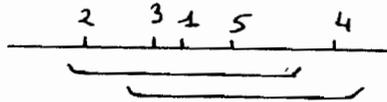
Traitements, globalement, sont différents significativement au risque de 5%

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \frac{0,5}{4} = 1,6$$

| $\mu_i - \mu_j$ | 1-2   | 1-3 | 1-4  | 1-5  | 2-3  | 2-4  | 2-5  | 3-4  | 3-5  | 4-5 |
|-----------------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| Différence      | -0,87 | 0   | 1,38 | 0,38 | 0,87 | 2,25 | 1,25 | 1,38 | 0,38 | -1  |
| Conclusion      | 1=2   | 1=3 | 1=4  | 1=5  | 2:3  | 2:4  | 2:5  | 3:4  | 3:5  | 4:5 |

Résultats du classement :



ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de talles

Date : 5/9

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 1,5    | 1      | 2      | 1      | 5,5   | 1,37    |
| Témoin NPK - n° 2 | 1,5    | 1,5    | 3,5    | 3,5    | 10    | 2,5     |
| Dose 1 - n° 3     | 1      | 3      | 1,5    | 2      | 7,5   | 1,87    |
| Dose 2 - n° 4     | 0      | 0,5    | 1      | 0      | 1,5   | 0,37    |
| Dose 3 - n° 5     | 1,5    | 1      | 1,5    | 2,5    | 6,5   | 1,62    |
| Total             | 5,5    | 7      | 9,5    | 9      | 31    | -       |
| Moyenne           | 1,1    | 1,4    | 1,9    | 1,8    | -     | 1,55    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 18,45 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 2,05  | 3   | 0,68 | 1,17  | 3,49     |
| Traitements         | 9,7   | 4   | 1,94 | 3,46  | 3,26     |
| Résiduelle          | 6,7   | 12  | 0,56 | -     | -        |

TC = 48,05

Conclusion

- Bloc non significatif.
- Globalement, les traitements diffèrent significativement au risque de 5%

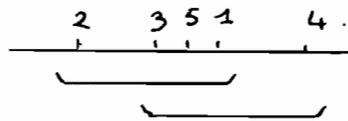
Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5 % = 4,51 x  $\frac{0,56}{4}$  = 1,7

| $\mu_i - \mu_j''$ | 1-2   | 1-3  | 1-4 | 1-5   | 2-3  | 2-4  | 2-5  | 3-4 | 3-5  | 4-5   |
|-------------------|-------|------|-----|-------|------|------|------|-----|------|-------|
| Différence        | -1,13 | -0,5 | 1,0 | -0,25 | 0,63 | 2,13 | 0,88 | 1,5 | 0,25 | -1,25 |
| Conclusion        | 1:2   | 1:3  | 1:4 | 1:5   | 2:3  | 2:4  | 2:5  | 3:4 | 3:5  | 4:5   |

Résultats du classement :

2 groupes non distincts.



ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil Souna 111  
 Critère étudié : Nombre de feuilles  
 Date : 17/07

$H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitements

Tableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 6,5    | 6,66   | 3,7    | 6,5    | 23,36 | 5,84    |
| Témoin NPK - n° 2 | 9      | 7,71   | 6,1    | 10,33  | 33,14 | 8,28    |
| Dose 1 - n° 3     | 7,16   | 4,5    | 5,33   | 7      | 23,99 | 5,99    |
| Dose 2 - n° 4     | 5,83   | 6,16   | 6,5    | 4,5    | 22,99 | 5,74    |
| Dose 3 - n° 5     | 4,83   | 5,5    | 6,33   | 3,66   | 20,32 | 5,08    |
| Total             | 33,32  | 30,53  | 29,96  | 31,99  | 123,8 | -       |
| Moyenne           | 6,66   | 6,10   | 5,59   | 6,39   | -     | 6,185   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 50,99 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 3,16  | 3   | 1,05 | 0,52  | 3,49     |
| Traitements         | 23,90 | 4   | 5,97 | 3     | 3,26     |
| Résiduelle          | 23,93 | 12  | 1,99 | -     | -        |

$$TC = 766,322$$

Conclusion

Pas de différence significative au risque de 5% entre les blocs et entre les traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de feuilles

Date : 25/07

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 15,5   | 14     | 13     | 12     | 54,5  | 13,62   |
| Témoin NPK - n° 2 | 13,5   | 15,5   | 28     | 33     | 90    | 22,5    |
| Dose 1 - n° 3     | 12,5   | 9      | 15,5   | 15,5   | 52,5  | 13,12   |
| Dose 2 - n° 4     | 13,5   | 7,5    | 7      | 7,5    | 35,5  | 8,87    |
| Dose 3 - n° 5     | 14     | 9,5    | 12     | 11,5   | 47    | 11,75   |
| Total             | 69     | 55,5   | 75,5   | 79,5   | 279,5 | -       |
| Moyenne           | 13,8   | 11,1   | 15,1   | 15,9   | -     | 13,97   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.   | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|--------|-------|----------|
| Totale              | 608,73 | 19  | -      | -     | -        |
| Blocs               | 66,33  | 3   | 22,11  | 2,13  | 3,49     |
| Traitements         | 417,92 | 4   | 104,48 | 10,07 | 3,26     |
| Résiduelle          | 124,48 | 12  | 10,37  | -     | -        |

$$TC \leq 3906,0125$$

Conclusion

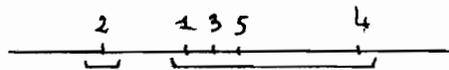
Pas de différence significative entre les blocs

Traitements :  $F_{cal} > F_{tab}$  donc les traitements diffèrent significativement au risque de 5%

Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5 % = 7,26

| $\mu_i - \mu_j''$ | 1-2   | 1-3 | 1-4  | 1-5  | 2-3   | 2-4   | 2-5   | 3-4  | 3-5  | 4-5   |
|-------------------|-------|-----|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| Différence        | -8,88 | 0,5 | 4,75 | 1,87 | 9,38  | 13,63 | 10,75 | 4,25 | 1,37 | -2,88 |
| Conclusion        | 2 > 1 | 1=3 | 1=4  | 1=5  | 2 > 3 | 2 > 4 | 2 > 5 | 3=4  | 3=5  | 4=5   |

Résultats du classement :

Seul le n°2 (témoin NPK) diffère significativement des autres traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de feuilles

Date : 1/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 18,5   | 17     | 23     | 13     | 71,5  | 17,87   |
| Témoin NPK - n° 2 | 18,5   | 15,5   | 28,5   | 35     | 97,5  | 24,37   |
| Dose 1 - n° 3     | 15     | 16,5   | 20,5   | 23     | 75    | 18,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 15     | 11,5   | 10,5   | 13,5   | 50,5  | 12,62   |
| Dose 3 - n° 5     | 16,5   | 10,5   | 15,5   | 16     | 58,5  | 14,62   |
| Total             | 83,5   | 71     | 98     | 100,5  | 353   | -       |
| Moyenne           | 16,7   | 14,2   | 19,6   | 20,1   | -     | 17,65   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 693,55 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 113,05 | 3   | 37,68 | 1,76  | 3,49     |
| Traitements         | 323,55 | 4   | 80,88 | 3,77  | 3,26     |
| Résiduelle          | 256,95 | 12  | 21,41 | -     | -        |

$$TC = 6230,45$$

Conclusion

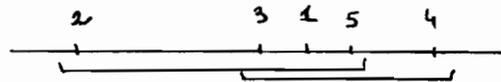
Pas de différence significative entre les blocs.

Les traitements sont, globalement, significativement différents au risque de 5%.

Classement des moyennes

$$\begin{aligned} \text{ppds de Tukey à 5 \%} &= e(5, 12, 5\%) \times \sqrt{\frac{\text{CMR}}{J}} \\ &= 5,41 \times 2,31 = 10,43 \end{aligned}$$

|                 |      |       |      |      |      |       |      |      |      |     |
|-----------------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-----|
| $\mu_i - \mu_j$ | 1-2  | 1-3   | 1-4  | 1-5  | 2-3  | 2-4   | 2-5  | 3-4  | 3-5  | 4-5 |
| Différence      | -6,5 | -0,88 | 5,25 | 3,25 | 5,62 | 11,75 | 7,75 | 6,13 | 4,13 | -2  |
| Conclusion      | 1=2  | 1=3   | 1=4  | 1=5  | 2=3  | 2=4   | 2=5  | 3=4  | 3=5  | 4=5 |

Résultats du classement :

Seuls les traitements 2 et 4 sont significativement différents l'un de l'autre. (2 groupes différents mais pas distincts.)

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de feuilles

Date : 7/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 23     | 20     | 27     | 19     | 89    | 22,25   |
| Témoin NPK - n° 2 | 23     | 20,5   | 35,5   | 38,5   | 117,5 | 29,37   |
| Dose 1 - n° 3     | 21,5   | 23     | 25     | 26     | 95,5  | 23,87   |
| Dose 2 - n° 4     | 17     | 18     | 15     | 18     | 68    | 17      |
| Dose 3 - n° 5     | 22     | 15,5   | 19,5   | 20     | 77    | 19,25   |
| Total             | 106,5  | 97     | 122    | 121,5  | 447   | -       |
| Moyenne           | 21,3   | 19,4   | 24,4   | 24,3   | -     | 22,35   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 679,05 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 89,05  | 3   | 29,68 | 1,54  | 3,49     |
| Traitements         | 359,67 | 4   | 89,91 | 4,68  | 3,26     |
| Résiduelle          | 230,33 | 12  | 19,19 | -     | -        |

$$TC = 9990,45$$

Conclusion

Pas de différence significative entre blocs.

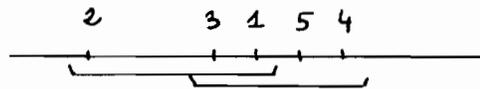
Les traitements sont, globalement, significativement différents au risque de 5%.

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \sqrt{\frac{19,19}{4}} = 9,87$$

|                   |       |       |      |     |     |       |       |      |      |       |
|-------------------|-------|-------|------|-----|-----|-------|-------|------|------|-------|
| $\mu_j - \mu_i''$ | 1-2   | 1-3   | 1-4  | 1-5 | 2-3 | 2-4   | 2-5   | 3-4  | 3-5  | 4-5   |
| Différence        | -7,12 | -1,62 | 5,25 | 3   | 5,5 | 12,37 | 10,12 | 6,87 | 4,62 | -2,25 |
| Conclusion        | 1=2   | 1=3   | 1=4  | 1=5 | 2=3 | 2>4   | 2>5   | 3=4  | 3=5  | 4=5   |

Résultats du classement :



2 et 4 sont différents

2 et 5 " "

Il y a donc 2 groupes différents mais pas distincts.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : (nombre de feuilles)

Date : 13/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 26,5   | 25     | 29,5   | 23,5   | 104,5 | 26,12   |
| Témoin NPK - n° 2 | 26     | 23,5   | 38     | 44,5   | 132   | 33      |
| Dose 1 - n° 3     | 24     | 27,5   | 25     | 30,5   | 107   | 26,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 19     | 15     | 15,5   | 17     | 66,5  | 16,62   |
| Dose 3 - n° 5     | 25     | 21     | 23,5   | 29     | 98,5  | 24,62   |
| Total             | 120,5  | 112    | 131,5  | 144,5  | 508,5 | -       |
| Moyenne           | 24,1   | 22,4   | 26,3   | 28,9   | -     | 25,42   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.   | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|--------|-------|----------|
| Totale              | 935,63 | 19  | -      | -     | -        |
| Blocs               | 118,73 | 3   | 39,57  | 1,67  | 3,49     |
| Traitements         | 550,82 | 4   | 137,70 | 5,81  | 3,26     |
| Résiduelle          | 284,08 | 12  | 23,67  | -     | -        |

$$TC = 12.928,613$$

Conclusion

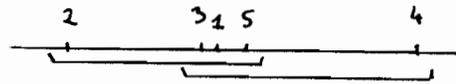
Pas de différence significative entre les blocs.

Les traitements, globalement, sont significativement différents au risque de 5%

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \sqrt{\frac{23,67}{4}} = 10,97$$

| $\mu_i - \mu_j''$ | 1-2   | 1-3   | 1-4 | 1-5 | 2-3  | 2-4   | 2-5  | 3-4   | 3-5  | 4-5  |
|-------------------|-------|-------|-----|-----|------|-------|------|-------|------|------|
| Différence        | -6,88 | -0,63 | 9,5 | 1,5 | 6,25 | 16,38 | 8,38 | 10,13 | 2,13 | -8,8 |
| Conclusion        | 1=2   | 1=3   | 1=4 | 1=5 | 2=3  | 2:4   | 2=5  | 3:4   | 3:5  | 4:5  |

Résultats du classement :

2 diffère significativement de 4.

Il y a deux groupes différents mais non distincts.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de feuilles

Date : 20/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 25,5   | 23,5   | 29,5   | 23     | 101,5 | 25,37   |
| Témoin NPK - n° 2 | 25     | 22     | 38,5   | 40,5   | 126   | 31,5    |
| Dose 1 - n° 3     | 23,5   | 27,5   | 24,5   | 30     | 105,5 | 26,37   |
| Dose 2 - n° 4     | 17     | 14     | 16     | 16     | 63    | 15,75   |
| Dose 3 - n° 5     | 25     | 19     | 23     | 28,5   | 95,5  | 23,87   |
| Total             | 116    | 106    | 131,5  | 138    | 491,5 | -       |
| Moyenne           | 23,2   | 21,2   | 26,3   | 27,6   | -     | 24,57   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.   | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|--------|-------|----------|
| Totale              | 887,63 | 19  | -      | -     | -        |
| Blocs               | 127,04 | 3   | 42,3   | 2,11  | 3,49     |
| Traitements         | 520,82 | 4   | 130,20 | 6,5   | 3,26     |
| Résiduelle          | 239,77 | 12  | 19,98  | -     | -        |

TC = 12.078,61

Conclusion

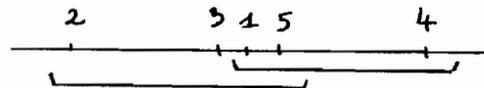
Pas de différence significative entre les blocs

Les traitements, globalement, diffèrent significativement au risque de 5%.

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \sqrt{\frac{19,98}{4}} = 10,08$$

|                   |       |     |      |     |      |       |      |       |     |       |
|-------------------|-------|-----|------|-----|------|-------|------|-------|-----|-------|
| $\mu_i - \mu_j''$ | 1-2   | 1-3 | 1-4  | 1-5 | 2-3  | 2-4   | 2-5  | 3-4   | 3-5 | 4-5   |
| Différence        | -6,13 | -1  | 9,62 | 1,5 | 5,13 | 15,75 | 7,88 | 10,62 | 2,5 | -8,12 |
| Conclusion        | 1=2   | 1=3 | 1=4  | 1=5 | 2=3  | 2,4   | 2=5  | 3>4   | 3=5 | 4=5   |

Résultats du classement :

3 diffère de 4

2 diffère de 4

Il y a 2 groupes différents mais non distincts.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de feuilles

Date : 28/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 18     | 17,5   | 16     | 16,5   | 68    | 17      |
| Témoin NPK - n° 2 | 23,5   | 24,5   | 36     | 38     | 122   | 30,5    |
| Dose 1 - n° 3     | 17,5   | 19     | 17     | 21,5   | 75    | 18,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 11     | 10,5   | 13,5   | 10     | 45    | 11,25   |
| Dose 3 - n° 5     | 19     | 13     | 16     | 22,5   | 70,5  | 17,62   |
| Total             | 89     | 84,5   | 98,5   | 108,5  | 380,5 | -       |
| Moyenne           | 17,8   | 16,9   | 19,7   | 21,7   | -     | 19,02   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E   | ddl | C.M.   | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|---------|-----|--------|-------|----------|
| Totale              | 1036,24 | 19  | -      | -     | -        |
| Blocs               | 68,14   | 3   | 22,71  | 1,55  | 3,49     |
| Traitements         | 793,05  | 4   | 198,26 | 13,59 | 3,26     |
| Résiduelle          | 175,05  | 12  | 14,59  | -     | -        |

$$TC = 7239,0125$$

Conclusion

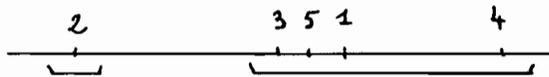
Pas de différence significative entre les blocs

Les traitements, globalement, sont significativement différents au risque de 5%.

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \sqrt{\frac{14,59}{4}} = 8,6$$

| $\mu_j - \mu_i''$ | 1-2   | 1-3   | 1-4   | 1-5   | 2-3   | 2-4   | 2-5   | 3-4   | 3-5   | 4-5   |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Différence        | -13,5 | -1,75 | 5,75  | -0,62 | 11,75 | 19,25 | 12,88 | 7,5   | 1,13  | -6,37 |
| Conclusion        | 2 > 1 | 1 : 3 | 1 : 4 | 1 : 5 | 2 > 3 | 2 > 4 | 2 > 5 | 3 : 4 | 3 : 5 | 4 : 5 |

Résultats du classement :

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Nombre de feuilles

Date : 5/09

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 7      | 17     | 14     | 13     | 51    | 12,75   |
| Témoin NPK - n° 2 | 25     | 20     | 31     | 31     | 107   | 26,75   |
| Dose 1 - n° 3     | 19     | 22     | 17     | 25     | 83    | 20,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 9      | 9      | 19     | 8      | 45    | 11,25   |
| Dose 3 - n° 5     | 20     | 15     | 16     | 18     | 69    | 17,25   |
| Total             | 80     | 83     | 97     | 95     | 355   | -       |
| Moyenne           | 16     | 16,6   | 19,4   | 19     | -     | 17,75   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 899,75 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 43,35  | 3   | 14,45 | 0,76  | 3,49     |
| Traitements         | 630    | 4   | 157,5 | 8,35  | 3,26     |
| Résiduelle          | 226,4  | 12  | 18,86 | -     | -        |

$$TC = 6301,25$$

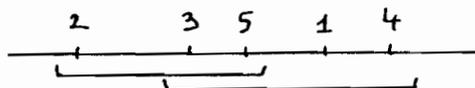
Conclusion

Seuls, globalement, les traitements diffèrent significativement au risque de 5%.

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \sqrt{\frac{18,86}{4}} = 9,8$$

|                   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\mu_j - \mu_i''$ | 1-2   | 1-3   | 1-4   | 1-5   | 2-3   | 2-4   | 2-5   | 3-4   | 3-5   | 4-5   |
| Différence        | -14   | -8    | 1,5   | 4,5   | 6     | 15,5  | 9,5   | 9,5   | 3,5   | -6    |
| Conclusion        | 2 > 1 | 1 : 3 | 1 : 4 | 1 : 5 | 2 : 3 | 2 > 4 | 2 : 5 | 3 : 4 | 3 : 5 | 4 : 5 |

Résultats du classement :

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil Souna III

Critère étudié : Taille des plantes (cm)

Date : 17/07

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total  | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 14,5   | 19,5   | 7,5    | 22,8   | 64,3   | 16,07   |
| Témoin NPK - n° 2 | 27     | 22     | 15,66  | 25,33  | 89,99  | 22,49   |
| Dose 1 - n° 3     | 27,83  | 11,00  | 15,00  | 16,80  | 70,63  | 17,65   |
| Dose 2 - n° 4     | 20,83  | 23,33  | 23,33  | 17,83  | 85,32  | 21,33   |
| Dose 3 - n° 5     | 15,33  | 15,16  | 21,83  | 9,33   | 61,65  | 15,41   |
| Total             | 105,49 | 90,99  | 83,32  | 92,09  | 371,89 | -       |
| Moyenne           | 21,1   | 18,2   | 16,66  | 18,42  | -      | 18,6    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 622,88 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 50,9   | 3   | 16,96 | 0,49  | 3,49     |
| Traitements         | 160,27 | 4   | 40,06 | 1,16  | 3,26     |
| Résiduelle          | 411,71 | 12  | 34,32 | -     | -        |

$$TC = \frac{(371,89)^2}{20} = 6915,1086$$

Conclusion

L'hypothèse de départ est la suivante :

 $H_0$  : les moyennes ne diffèrent pas significativement.Entre blocs :  $\frac{1}{F} = 2,04 < F_{tab} \rightarrow$  pas de différences significative entre les blocs à 5%.Entre traitements :  $F_{cal} < F_{tab}$  à 5 % : il n'y a donc pas de différence significative entre les traitements au risque de 5%.Au risque de 10 % :  $F_{tab} = 2,48 > F_{cal}$   $\hat{m}$  conclusion.

Il n'y a pas de différence significative entre les traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil Souna III  
 Critère étudié : Tailles plantes (cm)  
 Date : 25/07

$H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitements

Tableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total  | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 42,5   | 44     | 43,5   | 50     | 180    | 45      |
| Témoin NPK - n° 2 | 42     | 56,5   | 57,5   | 53,5   | 209,5  | 52,37   |
| Dose 1 - n° 3     | 56     | 39,5   | 44,5   | 44,5   | 184,5  | 46,12   |
| Dose 2 - n° 4     | 55     | 43,5   | 44,14  | 34     | 176,64 | 44,16   |
| Dose 3 - n° 5     | 46     | 41,5   | 50     | 36,5   | 174    | 43,5    |
| Total             | 241,5  | 225    | 239,54 | 218,5  | 924,64 | -       |
| Moyenne           | 48,3   | 45     | 47,92  | 43,7   | -      | 46,23   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 860,13 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 75,41  | 3   | 25,13 | 0,52  | 3,49     |
| Traitements         | 204,09 | 4   | 51,02 | 1,05  | 3,26     |
| Résiduelle          | 580,63 | 12  | 48,38 | -     | -        |

$$TC = 42.747,956$$

Conclusion

Conclusions identiques à celles précédemment exposées.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Taille mil (cm)

Date : 1/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 50     | 55     | 60     | 54     | 219   | 54,75   |
| Témoin NPK - n° 2 | 46     | 62,5   | 65     | 60,5   | 234   | 58,5    |
| Dose 1 - n° 3     | 64,5   | 51,5   | 53,5   | 52     | 221,5 | 55,375  |
| Dose 2 - n° 4     | 59     | 55     | 49     | 47,5   | 210,5 | 52,625  |
| Dose 3 - n° 5     | 51,5   | 44,5   | 52     | 52     | 200   | 50      |
| Total             | 271    | 268,5  | 279,5  | 266    | 1085  | -       |
| Moyenne           | 54,2   | 53,7   | 55,9   | 53,2   | -     | 54,25   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 669,75 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 20,65  | 3   | 6,88  | 0,17  | 3,49     |
| Traitements         | 161,12 | 4   | 40,28 | 0,99  | 3,26     |
| Résiduelle          | 487,98 | 12  | 40,66 | -     | -        |

$$TC = 58.861,25$$

Conclusion

Conclusion identique : cf précède

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Taille mil (cm)

Date : 7/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 53     | 61,5   | 72,5   | 63     | 250   | 62,5    |
| Témoin NPK - n° 2 | 56     | 71     | 71,5   | 61,5   | 260   | 65      |
| Dose 1 - n° 3     | 70,5   | 64,5   | 64,5   | 61,5   | 261   | 65,25   |
| Dose 2 - n° 4     | 68,5   | 66,5   | 54,5   | 59,5   | 249   | 62,25   |
| Dose 3 - n° 5     | 60     | 54     | 57,5   | 57,5   | 229,0 | 57,25   |
| Total             | 308    | 317,5  | 320,5  | 303    | 1249  | -       |
| Moyenne           | 61,6   | 63,5   | 64,1   | 60,6   | -     | 62,45   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 714,45 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 39,85  | 3   | 13,3 | 0,31  | 3,49     |
| Traitements         | 165,70 | 4   | 41,4 | 0,97  | 3,26     |
| Résiduelle          | 508,9  | 12  | 42,4 | -     | -        |

$$TC = 78000,05$$

Conclusion

Pas de différence significative au risque de 5% entre blocs et entre traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Taille mil (cm)

Date : 13/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total  | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 67     | 66,5   | 81,5   | 61,5   | 276,5  | 69,12   |
| Témoin NPK - n° 2 | 57     | 76     | 68     | 57,5   | 258,5  | 64,62   |
| Dose 1 - n° 3     | 72,5   | 67,5   | 73,5   | 76     | 289,5  | 72,37   |
| Dose 2 - n° 4     | 74     | 73     | 63     | 78     | 288    | 72      |
| Dose 3 - n° 5     | 63     | 61     | 69     | 62     | 255    | 63,75   |
| Total             | 333,5  | 344    | 355    | 335    | 1367,5 | -       |
| Moyenne           | 66,7   | 68,8   | 71     | 67     | -      | 68,37   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 931,93 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 58,83  | 3   | 19,61 | 0,38  | 3,49     |
| Traitements         | 260,62 | 4   | 65,15 | 1,27  | 3,26     |
| Résiduelle          | 612,48 | 12  | 51,04 | -     | -        |

$$TC = 93.502,813$$

Conclusion

Il n'y a pas de différence significative entre les blocs et entre les traitements.

REMARQUE : la situation dans les témoins NPK a brutalement été modifiée - dessèchement des plus beaux pieds.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Taille mil (cm)

Date : 20.08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total  | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 79,5   | 70,5   | 93,5   | 72     | 315,5  | 78,87   |
| Témoin NPK - n° 2 | 63,5   | 88     | 69,5   | 58,5   | 279,5  | 69,87   |
| Dose 1 - n° 3     | 87,5   | 74,5   | 85,5   | 96     | 343,5  | 85,87   |
| Dose 2 - n° 4     | 85,5   | 88,5   | 70     | 98,5   | 342,5  | 85,62   |
| Dose 3 - n° 5     | 67,5   | 75     | 79     | 70     | 291,5  | 72,87   |
| Total             | 383,5  | 396,5  | 397,5  | 395    | 1572,5 | -       |
| Moyenne           | 76,7   | 79,3   | 79,5   | 79     | -      | 78,62   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E   | ddl | C.M.   | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|---------|-----|--------|-------|----------|
| Totale              | 2407,43 | 19  | -      | -     | -        |
| Blocs               | 25,34   | 3   | 8,44   | 0,06  | 3,49     |
| Traitements         | 845,00  | 4   | 211,25 | 1,65  | 3,26     |
| Résiduelle          | 1537,09 | 12  | 128,09 | -     | -        |

$$TC = 123.637,87$$

Conclusion

Mêmes conclusions

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Taille mil (cm)

Date : 28/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 95     | 80,5   | 96     | 83     | 354,5 | 88,62   |
| Témoin NPK - n° 2 | 78,5   | 92     | 96     | 58,5   | 325   | 81,25   |
| Dose 1 - n° 3     | 94     | 77     | 99     | 116,5  | 386,5 | 96,62   |
| Dose 2 - n° 4     | 101,5  | 103    | 73,5   | 110    | 388   | 97      |
| Dose 3 - n° 5     | 81,5   | 87     | 93     | 84,5   | 346   | 86,5    |
| Total             | 450,5  | 439,5  | 457,5  | 452,5  | 1800  | -       |
| Moyenne           | 90,1   | 87,9   | 91,5   | 90,5   | -     | 90      |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E   | ddl | C.M.   | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|---------|-----|--------|-------|----------|
| Totale              | 3427    | 19  | -      | -     | -        |
| Blocs               | 34,6    | 3   | 11,53  | 0,05  | 3,49     |
| Traitements         | 734,38  | 4   | 183,59 | 0,82  | 3,26     |
| Résiduelle          | 2658,02 | 12  | 221,5  | -     | -        |

$$TC = 162000$$

Conclusion

Mêmes conclusions : pas de différence significative.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Mil

Critère étudié : Taille des plantes (cm)

Date : 5/09

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 101    | 107    | 128    | 95     | 431   | 107,75  |
| Témoin NPK - n° 2 | 139    | 92     | 106    | 80     | 417   | 104,25  |
| Dose 1 - n° 3     | 112    | 87     | 160    | 146    | 505   | 126,25  |
| Dose 2 - n° 4     | 110    | 123    | 98     | 149    | 480   | 120,00  |
| Dose 3 - n° 5     | 103    | 105    | 125    | 119    | 452   | 113,00  |
| Total             | 565    | 514    | 617    | 589    | 2285  | -       |
| Moyenne           | 113    | 102,8  | 123,4  | 117,8  | -     | 114,25  |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E   | ddl | C.M.   | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|---------|-----|--------|-------|----------|
| Totale              | 8901,75 | 19  | -      | -     | -        |
| Blocs               | 1144,95 | 3   | 381,65 | 0,71  | 3,49     |
| Traitements         | 1283,5  | 4   | 320,87 | 0,59  | 3,26     |
| Résiduelle          | 6473,3  | 12  | 539,44 | -     | -        |

$$TC = 261.061,25$$

Conclusion

Pas de différence significative entre blocs et entre traitement

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide

Critère étudié : Nombre de rameaux (max. par poquet)

Date : 16/07

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 15     | 15     | 11     | 11     | 52    | 13      |
| Témoin NPK - n° 2 | 19     | 17     | 7      | 16     | 59    | 14,75   |
| Dose 1 - n° 3     | 12     | 14     | 15     | 8      | 49    | 12,25   |
| Dose 2 - n° 4     | 10     | 14     | 7      | 13     | 44    | 11      |
| Dose 3 - n° 5     | 16     | 7      | 16     | 15     | 54    | 13,5    |
| Total             | 72     | 67     | 56     | 63     | 258   | -       |
| Moyenne           | 14,4   | 13,4   | 11,2   | 12,6   | -     | 12,9    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 247,8 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 27,4  | 3   | 9,13  | 0,56  | 3,49     |
| Traitements         | 31,3  | 4   | 7,82  | 0,49  | 3,26     |
| Résiduelle          | 189,1 | 12  | 15,75 | -     | -        |

$$TC = 3328,2$$

Conclusion

Pas de différences significatives.

2 - 5 - 1 - 3 - 4

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide

Critère étudié : Nombre de rameaux

Date : 24/07

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 22     | 26     | 16     | 21     | 85    | 21,25   |
| Témoin NPK - n° 2 | 26     | 24     | 15     | 23     | 88    | 22      |
| Dose 1 - n° 3     | 21     | 24     | 20     | 14     | 79    | 19,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 17     | 19     | 15     | 22     | 73    | 18,25   |
| Dose 3 - n° 5     | 23     | 12     | 20     | 24     | 79    | 19,75   |
| Total             | 109    | 105    | 86     | 104    | 404   | -       |
| Moyenne           | 21,8   | 21     | 17,2   | 20,8   | -     | 20,2    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 179,2 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 62,8  | 3   | 20,93 | 3,05  | 3,49     |
| Traitements         | 34,2  | 4   | 8,55  | 1,25  | 3,26     |
| Résiduelle          | 82,2  | 12  | 6,85  | -     | -        |

$$TC = 8160,8$$

Conclusion

Pas de différences significatives

2. 1. 5 et 3. 4

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide  
 Critère étudié : Nombre de rameaux  
 Date : 31/07

$H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitements

Tableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 27     | 28     | 21     | 22     | 98    | 24,5    |
| Témoin NPK - n° 2 | 29     | 26     | 21     | 27     | 103   | 25,75   |
| Dose 1 - n° 3     | 25     | 29     | 23     | 20     | 97    | 24,25   |
| Dose 2 - n° 4     | 22     | 24     | 15     | 23     | 84    | 21      |
| Dose 3 - n° 5     | 25     | 19     | 25     | 24     | 93    | 23,25   |
| Total             | 128    | 126    | 105    | 116    | 475   | -       |
| Moyenne           | 25,6   | 25,2   | 21     | 23,2   | -     | 23,75   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 239,75 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 66,95  | 3   | 22,31 | 2,19  | 3,49     |
| Traitements         | 50,5   | 4   | 12,62 | 1,24  | 3,26     |
| Résiduelle          | 122,3  | 12  | 10,19 | -     | -        |

$$TC = 11.281,25$$

Conclusion

Pas de différences significatives entre blocs et entre traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide

Critère étudié : Nombre de rameaux

Date : 8/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 49     | 48     | 40     | 42     | 179   | 44,75   |
| Témoin NPK - n° 2 | 50     | 48     | 38     | 52     | 188   | 47      |
| Dose 1 - n° 3     | 48     | 44     | 42     | 37     | 171   | 42,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 40     | 38     | 29     | 54     | 161   | 40,25   |
| Dose 3 - n° 5     | 50     | 50     | 44     | 41     | 185   | 46,25   |
| Total             | 237    | 228    | 193    | 226    | 884   | -       |
| Moyenne           | 47,4   | 45,6   | 38,6   | 45,2   | -     | 44,2    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 739,2 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 222,8 | 3   | 74,26 | 2,25  | 3,49     |
| Traitements         | 120,2 | 4   | 30,05 | 0,91  | 3,26     |
| Résiduelle          | 396,2 | 12  | 33,01 | -     | -        |

$$TC = 39072,8$$

Conclusion

Pas de différence significative entre les blocs et les traitements.

2. 5. 1. 3. 4

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide (Spanish 55.437)  
 Critère étudié : % Couverture  
 Date : 16.07

$H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitements

Tableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 40     | 30     | 40     | 40     | 150   | 37,5    |
| Témoin NPK - n° 2 | 60     | 50     | 30     | 50     | 190   | 47,5    |
| Dose 1 - n° 3     | 30     | 30     | 25     | 25     | 110   | 27,5    |
| Dose 2 - n° 4     | 35     | 45     | 25     | 40     | 145   | 36,25   |
| Dose 3 - n° 5     | 30     | 25     | 35     | 40     | 130   | 32,5    |
| Total             | 195    | 180    | 155    | 195    | 725   | -       |
| Moyenne           | 39     | 36     | 31     | 39     | -     | 36,25   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E   | ddl | C.M.   | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|---------|-----|--------|-------|----------|
| Totale              | 1793,75 | 19  | -      | -     | -        |
| Blocs               | 213,75  | 3   | 71,25  | 1,21  | 3,49     |
| Traitements         | 875     | 4   | 218,75 | 3,72  | 3,26     |
| Résiduelle          | 705     | 12  | 58,75  | -     | -        |

$$TC = 26.281,25$$

Conclusion

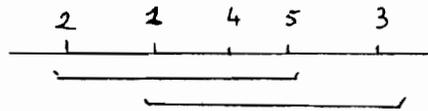
Les traitements diffèrent significativement au risque de 5%.

Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5 % =  $4,51 \times \frac{58,75}{4} = 17,28$

| $\mu_i - \mu_j$ | 1-2 | 1-3 | 1-4  | 1-5  | 2-3 | 2-4   | 2-5   | 3-4   | 3-5   | 4-5 |
|-----------------|-----|-----|------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-----|
| Différence      | -10 | 10  | 1,25 | 5,25 | 20  | 11,25 | 15,25 | -8,75 | -4,75 | 4   |
| Conclusion      | 1=2 | 1=4 | 1=3  | 1=5  | 2:4 | 2:3   | 2:5   | 3:4   | 4:5   | 3:5 |

Résultats du classement :



ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide  
 Critère étudié : % Couverture  
 Date : 24/07

$H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitements

Tableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 65     | 40     | 45     | 50     | 200   | 50      |
| Témoin NPK - n° 2 | 65     | 65     | 40     | 60     | 230   | 57,5    |
| Dose 1 - n° 3     | 60     | 55     | 40     | 40     | 195   | 48,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 45     | 50     | 40     | 55     | 190   | 47,5    |
| Dose 3 - n° 5     | 45     | 40     | 50     | 50     | 185   | 46,25   |
| Total             | 280    | 250    | 215    | 255    | 1000  | -       |
| Moyenne           | 56     | 50     | 43     | 51     | -     | 50      |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.   | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|--------|-------|----------|
| Totale              | 1600  | 19  | -      | -     | -        |
| Blocs               | 430   | 3   | 143,33 | 2,00  | 3,49     |
| Traitements         | 312,5 | 4   | 78,12  | 1,09  | 3,26     |
| Résiduelle          | 857,5 | 12  | 71,46  | -     | -        |

TC = 50.000

Conclusion

Pas de différences significatives

2 - 1 - 3 - 4 - 5.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide.

Critère étudié : %Couverture

Date : 31/07

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 80     | 60     | 60     | 65     | 265   | 66,25   |
| Témoin NPK - n° 2 | 85     | 80     | 60     | 75     | 300   | 75      |
| Dose 1 - n° 3     | 80     | 80     | 60     | 60     | 280   | 70      |
| Dose 2 - n° 4     | 60     | 65     | 50     | 80     | 255   | 63,75   |
| Dose 3 - n° 5     | 70     | 50     | 60     | 70     | 250   | 62,5    |
| Total             | 375    | 335    | 290    | 350    | 1350  | -       |
| Moyenne           | 75     | 67     | 58     | 70     | -     | 67,5    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.   | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|--------|-------|----------|
| Totale              | 2175  | 19  | -      | -     | -        |
| Blocs               | 765   | 3   | 255    | 3,06  | 3,49     |
| Traitements         | 412,5 | 4   | 103,12 | 1,24  | 3,26     |
| Résiduelle          | 997,5 | 12  | 83,12  | -     | -        |

$$TC = 91125$$

Conclusion

Différences non significatives

2 - 3 - 1 - 5 - 4

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide  
 Critère étudié : % Couverture  
 Date : 8/08

$H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitements

Tableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 95     | 80     | 85     | 90     | 350   | 87,5    |
| Témoin NPK - n° 2 | 100    | 95     | 90     | 95     | 380   | 95      |
| Dose 1 - n° 3     | 95     | 95     | 90     | 80     | 360   | 90      |
| Dose 2 - n° 4     | 95     | 95     | 80     | 100    | 370   | 92,5    |
| Dose 3 - n° 5     | 100    | 80     | 95     | 85     | 360   | 90      |
| Total             | 485    | 445    | 440    | 450    | 1820  | -       |
| Moyenne           | 97     | 89     | 88     | 90     | -     | 91      |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 930   | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 250   | 3   | 83,3  | 1,82  | 3,49     |
| Traitements         | 130   | 4   | 32,5  | 0,71  | 3,26     |
| Résiduelle          | 550   | 12  | 45,83 | -     | -        |

$$TC = 165.620$$

Conclusion

Pas de différences significatives entre les traitements

2 - 4 - 3 et 5 - 1

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide  
 Critère étudié : % Couverture  
 Date : 21/08

$H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitements

Tableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 100    | 95     | 95     | 100    | 390   | 97,5    |
| Témoin NPK - n° 2 | 100    | 100    | 100    | 100    | 400   | 100     |
| Dose 1 - n° 3     | 100    | 100    | 100    | 100    | 400   | 100     |
| Dose 2 - n° 4     | 100    | 100    | 95     | 100    | 395   | 98,75   |
| Dose 3 - n° 5     | 100    | 100    | 100    | 100    | 400   | 100     |
| Total             | 500    | 495    | 490    | 500    | 1985  | -       |
| Moyenne           | 100    | 99     | 98     | 100    | -     | 99,25   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 63,75 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 13,75 | 3   | 4,58 | 1,83  | 3,49     |
| Traitements         | 20    | 4   | 5    | 2     | 3,26     |
| Résiduelle          | 30    | 12  | 2,5  | -     | -        |

TC = 197.011,25

Conclusion

Pas de différences significatives entre traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide

Critère étudié : Taille de la plante

Date : 16/07

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total  | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 13     | 10,5   | 14     | 13,25  | 50,75  | 12,69   |
| Témoin NPK - n° 2 | 19,5   | 15,5   | 12     | 19,5   | 66,5   | 16,62   |
| Dose 1 - n° 3     | 17     | 16,5   | 12,5   | 15     | 61     | 15,25   |
| Dose 2 - n° 4     | 15     | 18     | 13,5   | 18,5   | 65     | 16,25   |
| Dose 3 - n° 5     | 13     | 14,5   | 18     | 17     | 62,5   | 15,62   |
| Total             | 77,5   | 75     | 70     | 83,25  | 305,75 | -       |
| Moyenne           | 15,5   | 15     | 14     | 16,65  | -      | 15,29   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 129,66 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 18,21  | 3   | 6,07 | 0,99  | 3,49     |
| Traitements         | 38,36  | 4   | 9,59 | 1,57  | 3,26     |
| Résiduelle          | 73,09  | 12  | 6,09 | -     | -        |

$$TC = 4674,1531$$

Conclusion

Pas de différence significative entre blocs et traitements

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide  
 Critère étudié : Taille de la plante  
 Date : 24/07

$H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitements

Tableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 16     | 14     | 15,5   | 14,5   | 60    | 15      |
| Témoin NPK - n° 2 | 20,5   | 18     | 16     | 19,5   | 74    | 18,5    |
| Dose 1 - n° 3     | 19,5   | 19     | 15,5   | 15     | 69    | 17,25   |
| Dose 2 - n° 4     | 16     | 17     | 15     | 18,5   | 66,5  | 16,62   |
| Dose 3 - n° 5     | 17,5   | 17     | 16,5   | 16,5   | 67,5  | 16,87   |
| Total             | 89,5   | 85     | 78,5   | 84     | 337   | -       |
| Moyenne           | 17,9   | 17     | 15,7   | 16,8   | -     | 16,85   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 63,05 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 12,25 | 3   | 4,08 | 1,93  | 3,49     |
| Traitements         | 25,42 | 4   | 6,35 | 3,01  | 3,26     |
| Résiduelle          | 25,38 | 12  | 2,11 | -     | -        |

TC = 5678,45

Conclusion

Les traitements ne diffèrent pas significativement au risque de 5%.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide

Critère étudié : Taille des plantes

Date : 31/07

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 16,5   | 14     | 15,5   | 16     | 62    | 15,5    |
| Témoin NPK - n° 2 | 21,5   | 17,5   | 15     | 19,5   | 73,5  | 18,37   |
| Dose 1 - n° 3     | 18,5   | 19,5   | 16     | 17     | 71    | 17,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 16     | 17,5   | 18,5   | 18,5   | 70,5  | 17,62   |
| Dose 3 - n° 5     | 18,5   | 17,5   | 17,5   | 16     | 69,5  | 17,37   |
| Total             | 91     | 86     | 82,5   | 87     | 346,5 | -       |
| Moyenne           | 18,2   | 17,2   | 16,5   | 17,4   | -     | 17,32   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 60,14 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 7,34  | 3   | 2,44 | 0,86  | 3,49     |
| Traitements         | 18,82 | 4   | 4,70 | 1,66  | 3,26     |
| Résiduelle          | 33,98 | 12  | 2,83 | -     | -        |

$$TC = 6003,1125$$

Conclusion

Pas de différence significative entre blocs et traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide

Critère étudié : Taille des plantes

Date : 8/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 28,5   | 22,5   | 28     | 28,5   | 107,5 | 26,87   |
| Témoin NPK - n° 2 | 32     | 30,5   | 26     | 27,5   | 116   | 29      |
| Dose 1 - n° 3     | 29     | 29     | 25,5   | 28     | 111,5 | 27,87   |
| Dose 2 - n° 4     | 28,5   | 28,5   | 25,5   | 30     | 112,5 | 28,12   |
| Dose 3 - n° 5     | 30,5   | 27     | 30     | 22,5   | 110   | 27,5    |
| Total             | 148,5  | 137,5  | 135    | 136,5  | 557,5 | -       |
| Moyenne           | 29,7   | 27,5   | 27     | 27,3   | -     | 27,87   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 117,43 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 22,84  | 3   | 7,61 | 1,07  | 3,49     |
| Traitements         | 9,87   | 4   | 2,47 | 0,35  | 3,26     |
| Résiduelle          | 84,72  | 12  | 7,06 | -     | -        |

$$TC = 15.540,313$$

Conclusion

Pas de différence significative entre les blocs et entre les traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide

Critère étudié : Taille des plantes

Date : 21/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 29,5   | 24,5   | 28,5   | 29     | 111,5 | 27,87   |
| Témoin NPK - n° 2 | 33     | 30,5   | 27,5   | 30     | 121   | 30,25   |
| Dose 1 - n° 3     | 30     | 30,5   | 27     | 31     | 118,5 | 29,62   |
| Dose 2 - n° 4     | 32     | 29     | 27     | 33     | 121   | 30,25   |
| Dose 3 - n° 5     | 32,5   | 29     | 32     | 23     | 116,5 | 29,12   |
| Total             | 157    | 143,5  | 142    | 146    | 588,5 | -       |
| Moyenne           | 31,4   | 28,7   | 28,4   | 29,2   | -     | 29,42   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 136,14 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 27,64  | 3   | 9,21 | 1,19  | 3,49     |
| Traitements         | 15,57  | 4   | 3,89 | 0,50  | 3,26     |
| Résiduelle          | 92,93  | 12  | 7,74 | -     | -        |

$$TC = 17.316,613$$

Conclusion

Pas de différence significative entre les blocs et entre les traitements.

2 et 4 - 3 - 5 - 1

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide

Critère étudié : Taille des plantes

Date : 27/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 30,5   | 28,5   | 29     | 31     | 119   | 29,75   |
| Témoin NPK - n° 2 | 34,5   | 31,5   | 28,5   | 31     | 125,5 | 31,37   |
| Dose 1 - n° 3     | 30,5   | 32     | 26,5   | 31     | 120   | 30      |
| Dose 2 - n° 4     | 33,5   | 30     | 29     | 32,5   | 125   | 31,25   |
| Dose 3 - n° 5     | 32,5   | 29,5   | 30,5   | 26,5   | 119   | 29,75   |
| Total             | 161,5  | 151,5  | 143,5  | 152    | 608,5 | -       |
| Moyenne           | 32,3   | 30,3   | 28,7   | 30,4   | -     | 30,42   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 82,64 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 32,54 | 3   | 10,84 | 3,30  | 3,49     |
| Traitements         | 10,70 | 4   | 2,67  | 0,81  | 3,26     |
| Résiduelle          | 39,4  | 12  | 3,28  | -     | -        |

$$TC = 18.513,613$$

Conclusion

Pas de différence significative entre les blocs et entre les traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Arachide

Critère étudié : Taille des plantes

Date : 5/09

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 30     | 28,5   | 30     | 30     | 118,5 | 29,62   |
| Témoin NPK - n° 2 | 32,5   | 30     | 26     | 31     | 119,5 | 29,87   |
| Dose 1 - n° 3     | 30,5   | 32     | 30     | 33     | 125,5 | 31,37   |
| Dose 2 - n° 4     | 35,5   | 29,5   | 28     | 30,5   | 123,5 | 30,87   |
| Dose 3 - n° 5     | 26     | 31,5   | 34     | 28     | 119,5 | 29,87   |
| Total             | 154,5  | 151,5  | 148    | 152,5  | 606,5 | -       |
| Moyenne           | 30,9   | 30,3   | 29,6   | 30,5   | -     | 30,32   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M. | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|------|-------|----------|
| Totale              | 109,64 | 19  | -    | -     | -        |
| Blocs               | 4,44   | 3   | 1,48 | 0,185 | 3,49     |
| Traitements         | 9,20   | 4   | 2,3  | 0,29  | 3,26     |
| Résiduelle          | 96     | 12  | 8    | -     | -        |

$$TC = 18.392,113$$

Conclusion

Pas de différence significative entre le bloc et entre les traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Riz

Critère étudié : Taille du plus grand poquet.

Date : 18/07

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 21     | 30     | 24     | 27     | 102   | 25,5    |
| Témoin NPK - n° 2 | 32     | 29     | 28     | 30     | 119   | 29,75   |
| Dose 1 - n° 3     | 21     | 20     | 22     | 28     | 91    | 22,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 33     | 26     | 30     | 26     | 115   | 28,75   |
| Dose 3 - n° 5     | 32     | 24     | 31     | 33     | 120   | 30      |
| Total             | 139    | 129    | 135    | 144    | 547   | -       |
| Moyenne           | 27,8   | 25,8   | 27     | 28,8   | -     | 27,35   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 334,55 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 24,15  | 3   | 8,05  | 0,63  | 3,49     |
| Traitements         | 157,3  | 4   | 39,32 | 3,08  | 3,26     |
| Résiduelle          | 153,1  | 12  | 12,76 | -     | -        |

$$TC = 14960,45$$

Conclusion

Pas de différence significative entre blocs et traitements.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Riz

Critère étudié : Taille du plus grand poquet.

Date : 24/07

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 42     | 40     | 38     | 40     | 160   | 40      |
| Témoin NPK - n° 2 | 37     | 36     | 39     | 39     | 151   | 37,75   |
| Dose 1 - n° 3     | 37     | 30     | 33     | 40     | 140   | 35      |
| Dose 2 - n° 4     | 43     | 40     | 37     | 40     | 160   | 40      |
| Dose 3 - n° 5     | 43     | 42     | 41     | 47     | 173   | 43,25   |
| Total             | 202    | 188    | 188    | 206    | 784   | -       |
| Moyenne           | 40,4   | 37,6   | 37,6   | 41,2   | -     | 39,2    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 261,2 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 52,8  | 3   | 17,6  | 3,59  | 3,49     |
| Traitements         | 149,7 | 4   | 37,42 | 7,65  | 3,26     |
| Résiduelle          | 58,7  | 12  | 4,89  | -     | -        |

$$TC = 30.732,8$$

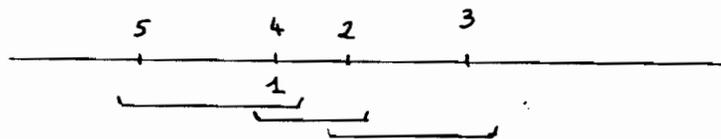
Conclusion

Différence significative entre blocs et entre traitements.

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \sqrt{\frac{4,89}{4}} = 4,98$$

|                 |      |     |     |       |      |       |      |     |       |       |
|-----------------|------|-----|-----|-------|------|-------|------|-----|-------|-------|
| $\mu_i - \mu_j$ | 1-2  | 1-3 | 1-4 | 1-5   | 2-3  | 2-4   | 2-5  | 3-4 | 3-5   | 4-5   |
| Différence      | 2,25 | 5   | 0   | -3,25 | 2,75 | -2,25 | -5,5 | -5  | -8,25 | -3,25 |
| Conclusion      | 1=2  | 1>3 | 1=4 | 1=5   | 2=3  | 2=4   | 5>2  | 4>3 | 5>3   | 4:5   |

Résultats du classement :

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Riz

Critère étudié : Taille des poquets max.

Date : 31/07

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 49     | 54     | 44     | 51     | 198   | 49,5    |
| Témoin NPK - n° 2 | 50     | 49     | 46     | 47     | 192   | 48      |
| Dose 1 - n° 3     | 49     | 45     | 40     | 53     | 187   | 46,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 52     | 52     | 50     | 51     | 205   | 51,25   |
| Dose 3 - n° 5     | 54     | 52     | 49     | 55     | 210   | 52,5    |
| Total             | 254    | 252    | 229    | 257    | 992   | -       |
| Moyenne           | 50,8   | 50,4   | 45,8   | 51,4   | -     | 49,6    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 266,8 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 98,8  | 3   | 32,93 | 4,9   | 3,49     |
| Traitements         | 87,3  | 4   | 21,82 | 3,24  | 3,26     |
| Résiduelle          | 80,7  | 12  | 6,72  | -     | -        |

$$TC = 49.203,2$$

Conclusion

Les blocs diffèrent significativement au risque de 5%.

Les traitements ne diffèrent pas.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Riz

Critère étudié : Taille des poquets max.

Date : 7/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 77     | 72     | 71     | 73     | 293   | 73,25   |
| Témoin NPK - n° 2 | 65     | 69     | 65     | 70     | 269   | 67,25   |
| Dose 1 - n° 3     | 66     | 67     | 59     | 73     | 265   | 66,25   |
| Dose 2 - n° 4     | 69     | 69     | 72     | 73     | 283   | 70,75   |
| Dose 3 - n° 5     | 69     | 77     | 68     | 72     | 286   | 71,5    |
| Total             | 346    | 354    | 335    | 361    | 1396  | -       |
| Moyenne           | 69,2   | 70,8   | 67     | 72,2   | -     | 69,8    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 341,2 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 74,8  | 3   | 24,93 | 2,35  | 3,49     |
| Traitements         | 139,2 | 4   | 34,8  | 3,28  | 3,26     |
| Résiduelle          | 127,2 | 12  | 10,6  | -     | -        |

$$TC = 97.440,8$$

Conclusion

Les traitements sont significativement différents au risque de 5%.

Classements :  $\therefore$  ppds =  $4,51 \times \sqrt{\frac{10,6}{4}} = 7,3$  Mais cette valeur ne permet pas de réaliser un classement significatif.

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Riz

Critère étudié : Taille des poquets max.

Date : 13/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 78     | 77     | 74     | 75     | 304   | 76      |
| Témoin NPK - n° 2 | 70     | 78     | 73     | 78     | 299   | 74,75   |
| Dose 1 - n° 3     | 67     | 68     | 68     | 74     | 277   | 69,25   |
| Dose 2 - n° 4     | 74     | 73     | 74     | 74     | 295   | 73,75   |
| Dose 3 - n° 5     | 75     | 77     | 77     | 76     | 305   | 76,25   |
| Total             | 364    | 373    | 366    | 377    | 1480  | -       |
| Moyenne           | 72,8   | 74,8   | 73,2   | 75,4   | -     | -       |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 220   | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 22    | 3   | 7,33  | 1,27  | 3,49     |
| Traitements         | 129   | 4   | 32,25 | 5,6   | 3,26     |
| Résiduelle          | 69    | 12  | 5,75  | -     | -        |

$$TC = 109.520$$

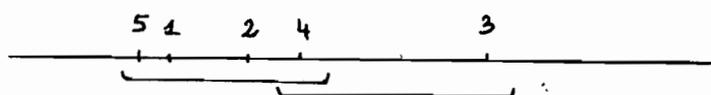
Conclusion

Les traitements sont significativement différents au risque de 5%.

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \sqrt{\frac{5,75}{4}} = 5,4$$

|                   |      |      |      |      |     |     |     |      |     |      |
|-------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|-----|------|
| $\mu_i - \mu_j''$ | 1-2  | 1-3  | 1-4  | 1-5  | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 3-4  | 3-5 | 4-5  |
| Différence        | 1,25 | 6,75 | 2,25 | 0,25 | 5,5 | 1   | -2  | -4,5 | -7  | -2,5 |
| Conclusion        | 1:2  | 1>3  | 1:4  | 1:5  | 2>3 | 2:4 | 2:5 | 3:4  | 5>3 | 5:4  |

Résultats du classement :

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Riz

Critère étudié : Taille des poquets max.

Date : 20/08

$H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitements

Tableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 76     | 75     | 74     | 71     | 296   | 74      |
| Témoin NPK - n° 2 | 71     | 78     | 73     | 78     | 300   | 75      |
| Dose 1 - n° 3     | 77     | 71     | 74     | 76     | 298   | 74,5    |
| Dose 2 - n° 4     | 78     | 80     | 72     | 75     | 305   | 76,25   |
| Dose 3 - n° 5     | 83     | 81     | 77     | 81     | 322   | 80,5    |
| Total             | 385    | 385    | 370    | 381    | 1521  | -       |
| Moyenne           | 77     | 77     | 74     | 76,2   | -     | 76,05   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 238,95 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 30,15  | 3   | 10,05 | 1,22  | 3,49     |
| Traitements         | 110,2  | 4   | 27,55 | 3,35  | 3,26     |
| Résiduelle          | 98,6   | 12  | 8,21  | -     | -        |

$$TC = 115.672,05$$

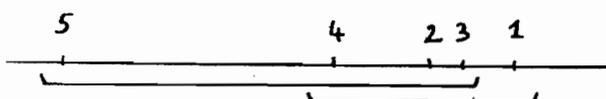
Conclusion

Les traitements diffèrent significativement au risque de 5%.

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \sqrt{\frac{8,21}{4}} = 6,46$$

|                   |     |     |       |       |     |       |      |       |     |       |
|-------------------|-----|-----|-------|-------|-----|-------|------|-------|-----|-------|
| $\mu_i - \mu_i''$ | 1-2 | 1-3 | 1-4   | 1-5   | 2-3 | 2-4   | 2-5  | 3-4   | 3-5 | 4-5   |
| Différence        | -1  | 0,5 | -2,25 | -6,5  | 0,5 | -1,25 | -5,5 | -1,75 | -6  | -4,25 |
| Conclusion        | 1=2 | 1:3 | 1=4   | 5 > 1 | 2:3 | 2:4   | 2=5  | 3=4   | 3=5 | 4=5   |

Résultats du classement :

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Riz

Critère étudié : Taille des poquets max.

Date : 27/08

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 77     | 81     | 73     | 77     | 308   | 77      |
| Témoin NPK - n° 2 | 80     | 79     | 76     | 82     | 317   | 79,25   |
| Dose 1 - n° 3     | 88     | 89     | 82     | 86     | 345   | 86,25   |
| Dose 2 - n° 4     | 84     | 89     | 77     | 80     | 330   | 82,5    |
| Dose 3 - n° 5     | 91     | 87     | 89     | 90     | 357   | 89,25   |
| Total             | 420    | 425    | 397    | 415    | 1657  | -       |
| Moyenne           | 84     | 85     | 79,4   | 83     | -     | 82,85   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 568,55 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 89,35  | 3   | 29,78 | 4,47  | 3,49     |
| Traitements         | 399,3  | 4   | 99,82 | 14,98 | 3,26     |
| Résiduelle          | 79,9   | 12  | 6,66  | -     | -        |

$$TC = 137.282,45$$

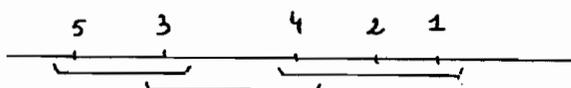
Conclusion

Les blocs et les traitements diffèrent significativement au risque de 5%.

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \sqrt{\frac{6,66}{4}} = 5,82$$

|                 |       |       |     |        |     |       |     |      |     |       |
|-----------------|-------|-------|-----|--------|-----|-------|-----|------|-----|-------|
| $\mu_i - \mu_j$ | 1-2   | 1-3   | 1-4 | 1-5    | 2-3 | 2-4   | 2-5 | 3-4  | 3-5 | 4-5   |
| Différence      | -2,25 | -9,25 | 5,5 | -12,25 | -7  | -3,25 | -10 | 3,75 | -3  | -6,75 |
| Conclusion      | 1:2   | 3\1   | 1:4 | 5:1    | 3:2 | 2:4   | 5:2 | 3:4  | 3:5 | 5:4   |

Résultats du classement :

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Riz

Critère étudié : Taille des poquets max.

Date : 6/09

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 86     | 89     | 83     | 86     | 344   | 86      |
| Témoin NPK - n° 2 | 89     | 84     | 86     | 89     | 348   | 87      |
| Dose 1 - n° 3     | 98     | 84     | 86     | 89     | 357   | 89,25   |
| Dose 2 - n° 4     | 90     | 95     | 86     | 88     | 359   | 89,75   |
| Dose 3 - n° 5     | 97     | 91     | 95     | 94     | 377   | 94,25   |
| Total             | 460    | 443    | 436    | 446    | 1785  | -       |
| Moyenne           | 92     | 88,6   | 87,2   | 89,2   | -     | 89,25   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 377,75 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 60,95  | 3   | 20,31 | 1,59  | 3,49     |
| Traitements         | 163,5  | 4   | 40,87 | 3,2   | 3,26     |
| Résiduelle          | 153,3  | 12  | 12,79 | -     | -        |

$$TC = 159.311,25$$

Conclusion

Pas de différence significative entre blocs et entre traitements sauf :  $5 > 1$  (position limite)

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Riz

Critère étudié : Taille max. des poquets

Date : 12/09

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 86     | 89     | 83     | 86     | 344   | 86      |
| Témoin NPK - n° 2 | 96     | 86     | 85     | 96     | 363   | 90,75   |
| Dose 1 - n° 3     | 99     | 88     | 90     | 94     | 371   | 92,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 93     | 97     | 86     | 94     | 370   | 92,5    |
| Dose 3 - n° 5     | 97     | 95     | 102    | 101    | 395   | 98,75   |
| Total             | 471    | 455    | 446    | 471    | 1843  | -       |
| Moyenne           | 94,2   | 91     | 89,2   | 94,2   | -     | 92,15   |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E  | ddl | C.M.  | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|----------|
| Totale              | 632,55 | 19  | -     | -     | -        |
| Blocs               | 92,15  | 3   | 30,71 | 1,79  | 3,49     |
| Traitements         | 335,3  | 4   | 83,82 | 4,90  | 3,26     |
| Résiduelle          | 205,1  | 12  | 17,09 | -     | -        |

$$TC = 169.832,45$$

Conclusion

Pas de différence significative entre les blocs.

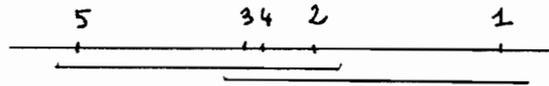
Les traitements, globalement, diffèrent significativement au risque de 5%.

Classement des moyennes

$$\text{ppds de Tukey à 5 \%} = 4,51 \times \sqrt{\frac{17,09}{4}} = 9,32$$

| $\mu_j - \mu_i''$ | 1-2   | 1-3   | 1-4  | 1-5    | 2-3 | 2-4  | 2-5 | 3-4  | 3-5 | 4-5   |
|-------------------|-------|-------|------|--------|-----|------|-----|------|-----|-------|
| Différence        | -4,75 | -6,75 | -6,5 | -12,75 | -2  | -2,5 | -8  | 0,25 | -6  | -6,25 |
| Conclusion        | 1:2   | 1:3   | 1:4  | 5 1    | 2:3 | 2:4  | 2:5 | 3:4  | 3:5 | 4:5   |

Résultats du classement :



Il y a donc 2 ensembles différents mais non distincts qui s'intercroisent : 3-4-2

ESSAIS EN BLOCS

Plante : Riz

Critère étudié : Taille max. des poquets

Date : 18/9

 $H_0$  = Il n'y a pas de différence entre traitementsTableau de prise de données

| Traitement n°     | bloc 1 | bloc 2 | bloc 3 | bloc 4 | Total | Moyenne |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|
| Témoin 0 - n° 1   | 87     | 90     | 85     | 88     | 350   | 87,5    |
| Témoin NPK - n° 2 | 98     | 95     | 88     | 100    | 381   | 95,25   |
| Dose 1 - n° 3     | 103    | 94     | 94     | 100    | 391   | 97,75   |
| Dose 2 - n° 4     | 99     | 98     | 90     | 96     | 383   | 95,75   |
| Dose 3 - n° 5     | 104    | 101    | 104    | 104    | 413   | 103,25  |
| Total             | 491    | 478    | 461    | 488    | 1918  | -       |
| Moyenne           | 98,2   | 95,6   | 92,2   | 97,6   | -     | 95,9    |

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E | ddl | C.M.   | Fcal. | Ftab. 5% |
|---------------------|-------|-----|--------|-------|----------|
| Totale              | 725,8 | 19  | -      | -     | -        |
| Blocs               | 109,8 | 3   | 36,6   | 4,3   | 3,49     |
| Traitements         | 513,8 | 4   | 128,45 | 15,11 | 3,26     |
| Résiduelle          | 102,2 | 12  | 8,5    | -     | -        |

$$TC = 183.936,2$$

Conclusion

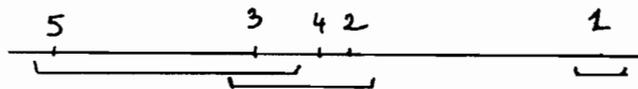
Les blocs et les traitements diffèrent significativement au risque de 5%

Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5 % =  $4,51 \times \frac{8,5}{4} = 6,5$

|                 |       |        |       |        |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\mu_i - \mu_j$ | 1-2   | 1-3    | 1-4   | 1-5    | 2-3   | 2-4   | 2-5   | 3-4   | 3-5   | 4-5   |
| Différence      | -7,75 | -10,25 | -8,25 | -15,75 | -2,5  | -0,5  | -8    | 2     | -5,5  | -7,5  |
| Conclusion      | 2 > 1 | 3 > 1  | 4 > 1 | 5 > 1  | 2 : 3 | 2 : 4 | 5 > 2 | 3 : 4 | 3 : 5 | 5 > 4 |

Résultats du classement :



ESSAIS EN CARRE LATIN

Plante : Mil  
 Critère étudié : Nb. épis/poquet  
 Date : 26/9

$H_0$  = pas de différence entre les traitements

Tableau de prise de données

|                       | Colonnes (k) |          |         |          |         | Total<br>X <sub>0j</sub> | Moyenne<br>X <sub>.j</sub> |
|-----------------------|--------------|----------|---------|----------|---------|--------------------------|----------------------------|
|                       | A            | B        | C       | D        | E       |                          |                            |
| Lignes<br>(j)         | (2) 8        | (5) 3,25 | (4)3    | (3) 4,5  | (1)4    | 22,75                    | 4,55                       |
|                       | (1) 6,5      | (3) 3,25 | (2)3    | (5) 2,5  | (4)3,25 | 18,5                     | 3,7                        |
|                       | (3) 6        | (4) 3    | (1)2,75 | (2) 3,5  | (5)3,5  | 18,75                    | 3,75                       |
|                       | (5) 7,5      | (1) 7,3  | (3)2,5  | (4) 2,75 | (2) 5,6 | 25,65                    | 5,13                       |
|                       | (4) 7,6      | (2) 6,6  | (5)4    | (1) 5    | (3)4,5  | 27,7                     | 5,54                       |
| Total X <sub>0k</sub> | 35,6         | 23,4     | 15,25   | 18,25    | 20,85   | 113,35                   | -                          |
| Moy. X <sub>.k</sub>  | 7,12         | 4,68     | 3,05    | 3,65     | 4,17    | -                        | 4,534                      |

| Traitements (i)  | n°1   | n°2  | n°3   | n°4  | n°5   |
|------------------|-------|------|-------|------|-------|
| X <sub>ioo</sub> | 25,55 | 26,7 | 20,75 | 19,6 | 20,75 |
| X <sub>i..</sub> | 5,11  | 5,34 | 4,15  | 3,92 | 4,15  |

Résultats intermédiaires

$$\sum_{ij} X^2_{ijk} = 592,7825$$

$$X_{000} = 113,35$$

$$\sum_i X^2_{ioo} = 2610,9775$$

$$\sum_j X^2_{ojo} = 2636,5875$$

$$TC = 513,0225$$

$$\sum_k X^2_{ook} = 2815,2675$$

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E. | ddl | C.M   | Fcal. | Ftab.5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|---------|
| Totale              | 79,76  | 24  | -     | -     | -       |
| Traitements         | 9,17   | 4   | 2,29  | 4,40  | 3,26    |
| Lignes              | 14,29  | 4   | 3,57  | 6,8   | 3,26    |
| Colonnes            | 50,03  | 4   | 12,50 | 24,03 | 3,26    |
| Résiduelle          | 6,26   | 12  | 0,52  | -     | -       |

Conclusion de l'analyse de variance

Les traitements diffèrent significativement au risque de 5%. De même pour les lignes et les colonnes : l'essai en carré latin se justifie donc.

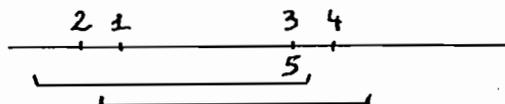
Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5% = 1,4

| $\mu_i - \mu_j$ | 1-2   | 1-3  | 1-4  | 1-5  | 2-3  | 2-4  | 2-5  | 3-4  | 3-5 | 4-5   |
|-----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-------|
| différence      | -0,23 | 0,96 | 1,19 | 0,96 | 1,19 | 1,42 | 1,19 | 0,23 | 0   | -0,23 |
| conclusion      | 1:2   | 1:3  | 1:4  | 1:5  | 2:3  | 2:4  | 2:5  | 3:4  | 3:5 | 4:5   |

2 > 1 > 3, 5 > 4

Résultats du classement



ESSAIS EN CARRE LATIN

Plante : Mil  
 Critère étudié : Taille épis (cm)  
 Date : 26/9

$H_0$  = pas de différence entre les traitements

Tableau de prise de données

|                        | Colonnes (k) |           |           |           |           | Total<br>X <sub>ojo</sub> | Moyenne<br>X <sub>.j.</sub> |
|------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------------|-----------------------------|
|                        | A            | B         | C         | D         | E         |                           |                             |
| Lignes<br>(j)          | (2) 41,93    | (5) 38,5  | (4) 42,75 | (3) 40,83 | (1) 55,06 | 219,07                    | 43,814                      |
|                        | (1) 40,96    | (3) 50,38 | (2) 50,83 | (5) 32,6  | (4) 38,83 | 213,6                     | 42,72                       |
|                        | (3) 48,92    | (4) 37,55 | (1) 39    | (2) 39,78 | (5) 41,07 | 206,32                    | 41,264                      |
|                        | (5) 41,6     | (1) 32,45 | (3) 41,7  | (4) 38,54 | (2) 42,76 | 197,05                    | 39,41                       |
|                        | (4) 52,78    | (2) 43,70 | (5) 43,12 | (1) 40,2  | (3) 44,55 | 224,35                    | 44,87                       |
| Total X <sub>ook</sub> | 226,19       | 202,58    | 217,4     | 191,95    | 222,27    | 1060,39                   | -                           |
| Moy. X <sub>..k</sub>  | 45,238       | 40,516    | 43,48     | 38,39     | 44,454    | -                         | 42,4156                     |

| Traitements (i)  | n°1    | n°2  | n°3    | n°4    | n°5    |
|------------------|--------|------|--------|--------|--------|
| X <sub>ioo</sub> | 207,67 | 219  | 226,38 | 210,43 | 196,89 |
| X <sub>i..</sub> | 41,534 | 43,8 | 45,276 | 42,086 | 39,378 |

Résultats intermédiaires

$$\sum_{ij} X^2_{ijk} = 45.721,773$$

$$X_{ooo} = 1060,39$$

$$\sum_i X^2_{ioo} = 225.382,19$$

$$\sum_j X^2_{ojo} = 225.346,19$$

$$TC = 44.977,078$$

$$\sum_k X^2_{ook} = 225.712,09$$

### Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E.  | ddl | C.M    | Fcal. | Ftab.5% |
|---------------------|---------|-----|--------|-------|---------|
| Totale              | 744,695 | 24  | -      | -     | -       |
| Traitements         | 99,36   | 4   | 24,84  | 0,768 | 3,26    |
| Lignes              | 92,16   | 4   | 23,04  | 0,713 | 3,26    |
| Colonnes            | 165,34  | 4   | 41,335 | 1,279 | 3,26    |
| Résiduelle          | 387,835 | 4   | 32,319 | -     | -       |

### Conclusion de l'analyse de variance

Il n'y a pas de différences significatives entre les traitements ni entre les lignes, ni entre les blocs.

### Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5% =

| $\mu_i - \mu_j$ | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 3-4 | 3-5 | 4-5 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| différence      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| conclusion      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

### Résultats du classement

ESSAIS EN CARRE LATIN

Plante : Mil

Critère étudié : Pds paille/T.MS /h.

Date : 26/9

 $H_0$  = pas de différence entre les traitementsTableau de prise de données

|                       | Colonnes (k) |           |           |           |           | Total<br>X <sub>0j</sub> | Moyenne<br>X <sub>.j</sub> |
|-----------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|----------------------------|
|                       | A            | B         | C         | D         | E         |                          |                            |
| Lignes<br>(j)         | (2) 5,945    | (5) 2,055 | (4) 2,656 | (3) 2,213 | (1) 3,731 | 16,6                     | 3,32                       |
|                       | (1) 4,996    | (3) 2,972 | (2) 3,036 | (5) 0,948 | (4) 2,087 | 14,039                   | 2,8078                     |
|                       | (3) 4,301    | (4) 1,265 | (1) 1,644 | (2) 1,771 | (5) 2,150 | 11,131                   | 2,2262                     |
|                       | (5) 4,870    | (1) 1,960 | (3) 1,454 | (4) 1,138 | (2) 3,099 | 12,521                   | 2,5042                     |
|                       | (4) 4,237    | (2) 3,320 | (5) 2,150 | (1) 2,024 | (3) 3,162 | 14,893                   | 2,9786                     |
| Total X <sub>0k</sub> | 24,349       | 11,572    | 10,94     | 8,094     | 14,229    | 69,184                   | -                          |
| Moy. X <sub>.k</sub>  | 4,8698       | 2,3144    | 2,188     | 1,6188    | 2,8458    | -                        | 2,76736                    |

| Traitements (i)  | n°1    | n°2    | n°3    | n°4    | n°5    |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| X <sub>00</sub>  | 14,355 | 17,171 | 14,102 | 11,383 | 12,173 |
| X <sub>i..</sub> | 2,871  | 3,4342 | 2,8204 | 2,2766 | 2,4346 |

Résultats intermédiaires

$$\sum_{ij} X^2_{ijk} = 232,52634$$

$$X_{000} = 69,184$$

$$\sum_i X^2_{i00} = 977,53029$$

$$\sum_j X^2_{0j0} = 975,12957$$

$$TC = 191,45703$$

$$\sum_k X^2_{00k} = 1114,4459$$

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E.   | ddl | C.M       | Fcal. | Ftab.5% |
|---------------------|----------|-----|-----------|-------|---------|
| Totale              | 41,06931 | 24  | -         | -     | -       |
| Traitements         | 4,049028 | 4   | 1,012257  | 6,0   | 3,26    |
| Lignes              | 3,568884 | 4   | 0,892221  | 5,3   | 3,26    |
| Colonnes            | 31,43215 | 4   | 7,858037  | 46,7  | 3,26    |
| Résiduelle          | 2,019248 | 12  | 0,1682707 | -     | -       |

Conclusion de l'analyse de variance

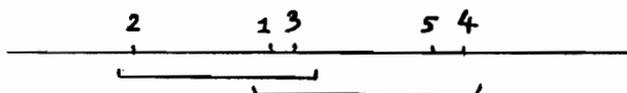
Les traitements diffèrent significativement au risque de 5%. De même que les lignes et les colonnes : l'essai en carré latin se justifie donc.

Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5% = 0,82

| $\mu_j - \mu_j''$ | 1-2   | 1-3  | 1-4  | 1-5  | 2-3  | 2-4  | 2-5  | 3-4  | 3-5  | 4-5   |
|-------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| différence        | -0,56 | 0,05 | 0,59 | 0,43 | 0,61 | 1,15 | 0,99 | 0,54 | 0,38 | -0,15 |
| conclusion        | 1:2   | 1:3  | 1:4  | 1:5  | 2:3  | 2>4  | 2>5  | 3:4  | 3:5  | 4:5   |

Résultats du classement



ESSAIS EN CARRE LATIN

Plante : Arachide  
 Critère étudié : pds gousses  
 (T.MS/ha)  
 Date : 2/10

$H_0$  = pas de différence entre les traitements

Tableau de prise de données

|                        | Colonnes (k) |           |           |           |           | Total<br>X <sub>ojo</sub> | Moyenne<br>X <sub>.j.</sub> |
|------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------------|-----------------------------|
|                        | A            | B         | C         | D         | E         |                           |                             |
| Lignes<br>(j)          | (2) 3,032    | (5) 2,599 | (4) 2,970 | (3) 2,224 | (1) 2,343 | 13,173                    | 2,6346                      |
|                        | (1) 2,731    | (3) 2,010 | (2) 2,257 | (5) 2,447 | (4) 2,323 | 11,768                    | 2,3536                      |
|                        | (3) 2,649    | (4) 2,294 | (1) 2,113 | (2) 2,195 | (5) 2,216 | 11,467                    | 2,2934                      |
|                        | (5) 2,257    | (1) 1,891 | (3) 1,417 | (4) 1,660 | (2) 2,455 | 9,68                      | 1,9360                      |
|                        | (4) 1,322    | (2) 1,281 | (5) 1,223 | (1) 1,915 | (3) 1,866 | 7,607                     | 1,5214                      |
| Total X <sub>ook</sub> | 11,991       | 10,075    | 9,98      | 10,441    | 11,208    | 53,695                    | -                           |
| Moy. X <sub>.k</sub>   | 2,3982       | 2,0150    | 1,9960    | 2,0882    | 2,2416    | -                         | 2,1478                      |

| Traitements (i)  | n°1    | n°2    | n°3    | n°4    | n°5    |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| X <sub>ioo</sub> | 10,998 | 11,220 | 10,166 | 10,569 | 10,742 |
| X <sub>i..</sub> | 2,1996 | 2,244  | 2,0332 | 2,1138 | 2,1484 |

Résultats intermédiaires

$$\sum_{ij} X^2_{ijk} = 121,171$$

$$X_{ooo} = 53,695$$

$$\sum_i X^2_{ioo} = 577,286$$

$$\sum_j X^2_{ojo} = 595,074$$

$$TC = 115,326$$

$$\sum_k X^2_{ook} = 581,143$$

Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E. | ddl | C.M  | Fcał. | Ftab.5% |
|---------------------|--------|-----|------|-------|---------|
| Totale              | 5,84   | 24  | -    | -     | -       |
| Traitements         | 0,13   | 4   | 0,03 | 0,33  | 3,26    |
| Lignes              | 3,69   | 4   | 0,92 | 10,22 | 3,26    |
| Colonnes            | 0,9    | 4   | 0,22 | 2,44  | 3,26    |
| Résiduelle          | 1,12   | 12  | 0,09 | -     | -       |

Conclusion de l'analyse de variance

Seules les lignes diffèrent significativement entre elles au risque de 5% (d'où l'intérêt du carré latin).

Par contre, il n'ya pas de différences significatives entre les traitements, en ce qui concerne le poids des gousses.

Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5% =

| $\mu_j - \mu_i''$ | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 3-4 | 3-5 | 4-5 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| différence        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| conclusion        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

Résultats du classement

ESSAIS EN CARRE LATIN

Plante : Arachide  
 Critère étudié : pds fanes  
 (T.MS/ha)  
 Date : 2/10

$H_0$  = pas de différence entre les traitements

Tableau de prise de données

|                        | Colonnes (k) |           |           |           |           | Total<br>X <sub>ojo</sub> | Moyenne<br>X <sub>.j.</sub> |
|------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------------|-----------------------------|
|                        | A            | B         | C         | D         | E         |                           |                             |
| Lignes<br>(j)          | (2) 4,420    | (5) 4,080 | (4) 4,420 | (3) 2,890 | (1) 3,060 | 18,87                     | 3,774                       |
|                        | (1) 4,420    | (3) 3,060 | (2) 2,890 | (5) 3,570 | (4) 3,570 | 17,51                     | 3,502                       |
|                        | (3) 4,250    | (4) 3,570 | (1) 2,720 | (2) 3,060 | (5) 3,740 | 17,34                     | 3,468                       |
|                        | (5) 3,830    | (1) 2,550 | (3) 1,870 | (4) 2,380 | (2) 4,080 | 14,11                     | 2,822                       |
|                        | (4) 2,040    | (2) 1,870 | (5) 1,700 | (1) 2,720 | (3) 2,380 | 10,71                     | 2,142                       |
| Total X <sub>ook</sub> | 18,36        | 15,13     | 13,60     | 14,62     | 16,83     | 78,54                     | -                           |
| Moy. X <sub>.k</sub>   | 3,672        | 3,026     | 2,720     | 2,924     | 3,366     | -                         | 3,1416                      |

| Traitements (i)  | n°1   | n°2   | n°3   | n°4   | n°5   |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X <sub>ioo</sub> | 15,47 | 16,32 | 14,45 | 15,98 | 16,32 |
| X <sub>i..</sub> | 3,094 | 3,264 | 2,890 | 3,196 | 3,264 |

Résultats intermédiaires

$$\sum_{ij} X^2_{ijk} = 264,088$$

$$X_{ooo} = 78,54$$

$$\sum_i X^2_{ioo} = 1236,169$$

$$\sum_j X^2_{ojo} = 1277,148$$

$$TC = 246,741$$

$$\sum_k X^2_{ook} = 1247,960$$

### Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E. | ddl | C.M   | Fcal. | Ftab.5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|---------|
| Totale              | 17,347 | 24  | -     | -     | -       |
| Traitements         | 0,493  | 4   | 0,123 | 0,28  | 3,26    |
| Lignes              | 8,688  | 4   | 2,172 | 4,9   | 3,26    |
| Colonnes            | 2,851  | 4   | 0,713 | 1,61  | 3,26    |
| Résiduelle          | 5,315  | 12  | 0,443 | -     | -       |

### Conclusion de l'analyse de variance

Seules les lignes diffèrent significativement entre elles au risque de 5% (d'où l'intérêt du carré latin).

Par contre, il n'y a pas de différences significatives entre les traitements (Idem pour les colonnes).

### Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5% =

| $\mu_i - \mu_j$ | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 3-4 | 3-5 | 4-5 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| différence      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| conclusion      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

### Résultats du classement

ESSAIS EN CARRE LATIN

Plante : Arachide

Critère étudié : Pds 100 gousses

Date : 2/10 (8)

 $H_0$  = pas de différence entre les traitementsTableau de prise de données

|                       | Colonnes (k) |           |           |           |           | Total<br>X <sub>0j</sub> | Moyenne<br>X <sub>.j</sub> |
|-----------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|----------------------------|
|                       | A            | B         | C         | D         | E         |                          |                            |
| Lignes<br>(j)         | (2) 117,6    | (5) 113   | (4) 108,8 | (3) 118,5 | (1) 114,7 | 572,6                    | 114,52                     |
|                       | (1) 110      | (3) 111,1 | (2) 109   | (5) 128,5 | (4) 109,5 | 568,1                    | 113,62                     |
|                       | (3) 121      | (4) 124,1 | (1) 113,1 | (2) 109,5 | (5) 110,3 | 578                      | 115,60                     |
|                       | (5) 120      | (1) 110   | (3) 114,6 | (4) 105,6 | (2) 100,3 | 550,5                    | 110,1                      |
|                       | (4) 94,3     | (2) 88,8  | (5) 96,8  | (1) 100,1 | (3) 102,6 | 482,6                    | 96,52                      |
| Total X <sub>0k</sub> | 562,9        | 547       | 542,3     | 562,2     | 537,4     | 2751,8                   | -                          |
| Moy. X <sub>.k</sub>  | 112,58       | 109,4     | 108,46    | 112,44    | 107,48    | -                        | 110,072                    |

| Traitements (i)  | n°1    | n°2    | n°3    | n°4    | n°5    |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| X <sub>io</sub>  | 547,9  | 525,2  | 567,8  | 542,3  | 568,6  |
| X <sub>i..</sub> | 109,58 | 105,04 | 113,56 | 108,46 | 113,72 |

Résultats intermédiaires

$$\sum_{ij} X^2_{ijk} = 304.990,56$$

$$X_{000} = 2751,8$$

$$\sum_i X^2_{i00} = 1.515.821,5$$

$$\sum_j X^2_{0j0} = 1.520.645,4$$

$$TC = 302.896,13$$

$$\sum_k X^2_{00k} = 1.515.022,3$$

### Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E.  | ddl | C.M   | Fcal. | Ftab.5% |
|---------------------|---------|-----|-------|-------|---------|
| Totale              | 2094,43 | 24  | -     | -     | -       |
| Traitements         | 268,18  | 4   | 67,05 | 1,66  | 3,26    |
| Lignes              | 1232,95 | 4   | 246,6 | 6,10  | 3,26    |
| Colonnes            | 108,33  | 4   | 27,08 | 0,67  | 3,26    |
| Résiduelle          | 484,97  | 12  | 40,41 | -     | -       |

### Conclusion de l'analyse de variance

Seules les lignes diffèrent significativement entre elles au risque de 5% (intérêt du carré latin).

Par contre, il n'y a pas de différences significatives entre les traitements et de même pour les colonnes ( $H_0$  vérifiée).

### Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5% =

| $\mu_j - \mu_i''$ | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 3-4 | 3-5 | 4-5 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| différence        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| conclusion        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

### Résultats du classement

ESSAIS EN CARRE LATIN

Plante : Arachide  
 Critère étudié : % de monograines  
 Date : 2/10

$H_0$  = pas de différence entre les traitements

Tableau de prise de données

|                        | Colonnes (k) |          |          |         |         | Total<br>X <sub>ojo</sub> | Moyenne<br>X <sub>.j.</sub> |
|------------------------|--------------|----------|----------|---------|---------|---------------------------|-----------------------------|
|                        | A            | B        | C        | D       | E       |                           |                             |
| Lignes<br>(j)          | (2) 8,9      | (5) 3,6  | (4) 7,7  | (3) 5,6 | (1) 5,4 | 31,2                      | 6,24                        |
|                        | (1) 7,2      | (3) 9,7  | (2) 10   | (5) 5,6 | (4) 7,2 | 39,7                      | 7,94                        |
|                        | (3) 6,8      | (4) 4,5  | (1) 7,6  | (2) 7,2 | (5) 7,3 | 33,4                      | 6,68                        |
|                        | (5) 6,8      | (1) 14,8 | (3) 11   | (4) 6   | (2) 8,9 | 47,5                      | 9,5                         |
|                        | (4) 17,6     | (2) 8,8  | (5) 16,4 | (1) 7,2 | (3) 5   | 55                        | 11                          |
| Total X <sub>ook</sub> | 47,3         | 41,4     | 52,7     | 31,6    | 33,8    | 206,8                     | -                           |
| Moy. X <sub>.k</sub>   | 9,46         | 8,28     | 10,54    | 6,32    | 6,76    | -                         | 8,272                       |

| Traitements (i)  | n°1  | n°2  | n°3  | n°4  | n°5  |
|------------------|------|------|------|------|------|
| X <sub>ioo</sub> | 42,2 | 43,8 | 38,1 | 43   | 39,7 |
| X <sub>i..</sub> | 8,44 | 8,76 | 7,62 | 8,60 | 7,94 |

Résultats intermédiaires

$$\sum_{ij} X^2_{ijk} = 2004,98$$

$$X_{ooo} = 206,8$$

$$\sum_i X^2_{ioo} = 8575,98$$

$$\sum_j X^2_{ojo} = 8946,34$$

$$TC = 1710,65$$

$$\sum_k X^2_{ook} = 8869,54$$

### Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E. | ddl | C.M   | Fcal. | Ftab.5% |
|---------------------|--------|-----|-------|-------|---------|
| Totale              | 294,33 | 24  | -     | -     | -       |
| Traitements         | 4,55   | 4   | 1,14  | 0,09  | 3,26    |
| Lignes              | 78,62  | 4   | 19,65 | 1,59  | 3,26    |
| Colonnes            | 63,26  | 4   | 15,82 | 1,28  | 3,26    |
| Résiduelle          | 147,90 | 12  | 12,33 | -     | -       |

### Conclusion de l'analyse de variance

Il y a aucune différence significative.

### Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5% =

| $\mu_j - \mu_k$ | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 3-4 | 3-5 | 4-5 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| différence      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| conclusion      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

### Résultats du classement

ESSAIS EN CARRE LATIN

Plante : Arachide

Critère étudié : % gousses abîmées

Date : 2/10

 $H_0$  = pas de différence entre les traitementsTableau de prise de données

|                        | Colonnes (k) |          |          |          |          | Total<br>X <sub>0j0</sub> | Moyenne<br>X <sub>.j.</sub> |
|------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|---------------------------|-----------------------------|
|                        | A            | B        | C        | D        | E        |                           |                             |
| Lignes<br>(j)          | (2) 23       | (5) 50   | (4) 26,2 | (3) 36   | (1) 30   | 165,2                     | 33,04                       |
|                        | (1) 32,8     | (3) 20,6 | (2) 23   | (5) 22   | (4) 29,5 | 127,9                     | 25,58                       |
|                        | (3) 21,5     | (4) 23,2 | (1) 24,5 | (2) 25,2 | (5) 25,8 | 120,2                     | 24,04                       |
|                        | (5) 22,6     | (1) 15,5 | (3) 27,5 | (4) 23,6 | (2) 24,8 | 114                       | 22,80                       |
|                        | (4) 33       | (2) 30,5 | (5) 21   | (1) 25   | (3) 31,4 | 140,9                     | 28,18                       |
| Total X <sub>00k</sub> | 132,9        | 139,8    | 122,2    | 131,8    | 141,5    | 668,2                     | -                           |
| Moy. X <sub>.k</sub>   | 26,58        | 27,96    | 24,44    | 26,36    | 28,3     | -                         | 26,728                      |

| Traitements (i)  | n°1   | n°2   | n°3  | n°4   | n°5   |
|------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| X <sub>ioo</sub> | 127,8 | 126,5 | 137  | 135,5 | 141,4 |
| X <sub>i..</sub> | 25,56 | 25,3  | 27,4 | 27,1  | 28,28 |

Résultats intermédiaires

$$\sum_{ij} X^2_{ijk} = 18946,78$$

$$X_{000} = 668,2$$

$$\sum_i X^2_{ioo} = 89458,3$$

$$\sum_j X^2_{ojo} = 90946,3$$

$$TC = 17859,65$$

$$\sum_k X^2_{ook} = 89532,78$$

### Tableau d'analyse de variance

| Source de variation | S.C.E.  | ddl | C.M   | Fcal. | Ftab.5% |
|---------------------|---------|-----|-------|-------|---------|
| Totale              | 1087,13 | 24  | -     | -     | -       |
| Traitements         | 32,01   | 4   | 8,00  | 0,14  | 3,26    |
| Lignes              | 329,61  | 4   | 82,4  | 1,46  | 3,26    |
| Colonnes            | 46,91   | 4   | 11,73 | 0,2   | 3,26    |
| Résiduelle          | 678,6   | 12  | 56,55 | -     | -       |

### Conclusion de l'analyse de variance

Il n'ya aucune différence significative entre les traitements  
entre les lignes, de même qu'entre les colonnes.

### Classement des moyennes

ppds de Tukey à 5% =

| $\mu_i - \mu_j$ | 1-2 | 1-3 | 1-4 | 1-5 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 3-4 | 3-5 | 4-5 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| différence      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| conclusion      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

### Résultats du classement