

Se/8513/10

DP/AD  
REPUBLIQUE DU SENEGAL  
PRIMATURE

DELEGATION GENERALE  
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

*X* *Quint*

AMELIORATION DES MILS  
AU SENEGAL

----

RAPPORT GENERAL D'ACTIVITE

Volume II.

0155  
Projet FED 215-015-25  
Convention n°549/SE

Contrat d'Etude n° 693  
ORSTOM - ISRA

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

(I. S. R. A.)

DP/AD  
REPUBLIQUE DU SENEGAL  
PRIMATURE

DELEGATION GENERALE  
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

AMELIORATION DES MILS  
AU SENEGAL

----

RAPPORT GENERAL D'ACTIVITE

Volume II.

0165

Projet FED 215-015-25  
Convention n°549/SE

Contrat d'Etude n° 693  
ORSTOM - ISRA

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

(I. S. R. A.)

SECTION DE PHYSIOLOGIE

---

L. JACQUINOT - D. POUZET  
et M. PUARD.

---

## TABLE DES MATIERES

-----

INTRODUCTIONCHAPITRE 1 : RESPIRATION D'UNE FEUILLE DE MIL, PLACEE EN CONDITIONS DEFICITAIRE DE BILAN ENERGETIQUE LUMINEUX.....

	<u>Pages</u>
1. Introduction.....	6
2. Protocole expérimentale.....	7
2.1. Principe.....	7
2.2. Dispositif expérimental.....	7
2.2.1. marquage et activité respiratoire. :	7
2.2.2. activité résiduelle à la récolte.. :	8
2.3. Matériel végétale.....	8
2.4. Mode de culture.....	8
2.5. Traitements.....	8
3. Résultats.....	9
3.1. Activité de la respiration.....	9
3.1.1. respiration foliaire.....	9
3.1.2. respiration racinaire.....	10
3.2. Activité résiduelle à la récolte.....	11
3.2.1. talles non marquées de plantes marquées.....	11
3.2.2. talles marquées.....	11
4. Discussion.....	11
4.1. Introduction.....	11
4.2. Activité de la respiration.....	11
4.3. Activité résiduelle.....	13
5. Conclusion.....	15

CHAPITRE 2 : DETERMINATION DE L'ENERGIE CRITIQUE, PAR MESURES DE PHOTOSYNTHESE ET DE RESPIRATION D'UNE FEUILLE DE MIL.....

1. Introduction.....	17
2. Protocole expérimentale.....	17

	<u>Pages</u>
2.1. Principe.....	17
2.2. Dispositif expérimental.....	17
2.2.1. matériel végétal et condition de mesure.....	17
2.2.2. mesure des échanges de CO <sub>2</sub> .....	17
2.2.3. mesure d'énergie lumineuse incidente.....	20
2.2.4. utilisation du dispositif.....	20
2.3. Echantillonnage.....	20
3. Résultats.....	20
3.1. Respiration.....	20
3.2. Réponse photosynthétique à l'énergie lumineuse.....	23
3.3. Energie critique.....	23
4. Discussion.....	25
4.1. Respiration.....	25
4.2. Photosynthèse.....	25
4.3. Energie critique.....	26
5. Conclusion.....	26
 <b><u>CHAPITRE 3</u> : INFLUENCE DE LA DENSITE SUR LA FORMATION                   DU GRAIN ET CELLE DE L'EPI</b>	
1. Introduction.....	28
2. Protocole expérimental.....	28
2.1. Matériel et culture.....	28
2.2. Dispositif expérimental.....	28
2.3. Traitements.....	29
2.4. Mesures.....	29
3. Résultats.....	30
3.1. Energie lumineuse résiduelle à l'anthèse	30
3.2. Quelques caractéristiques végétatives des plantes.....	31
3.3. Architecture des talles.....	32
3.3.1. quelques caractéristiques bio- métriques.....	32
3.3.2. densité critique.....	33
3.4. Rendement en grains et facteurs du rendement à la récolte.....	34
3.4.1. caractéristiques générales du rendement.....	34
3.4.2. caractéristiques de l'épi .....	35
3.4.3. caractéristiques de remplissage de l'épi.....	35

	<u>Pages</u>
4. Discussions..... :	36
4.1. Energie résiduelle..... :	36
4.2. Caractéristiques végétatives du cou- vert..... :	36
4.3. Architecture des talles..... :	37
4.3.1. caractéristiques biométriques.. :	37
4.3.2. densité critique..... :	37
4.4. Rendement en grain et facteur du rende- ment à la récolte..... :	38
4.4.1. caractéristiques générales du rendement..... :	38
4.4.2. caractéristiques de l'épi..... :	38
4.4.3. caractéristiques de remplissage de l'épi..... :	38
5. Conclusions..... :	39
<u>CHAPITRE 4</u> : RELATIONS ENTRE LA DENSITE OPTIMUM DE CULTURE D'UNE POPULATION DE MIL AMELIOREE, ET LA DENSITE CRITIQUE..... :	40
1. Introduction..... :	40
2. Protocole expérimental..... :	40
2.1. Matériel et culture..... :	40
2.2. Traitements..... :	40
2.3. Mesures..... :	41
3. Résultats..... :	41
3.1. Développement végétatif..... :	41
3.1.1. quelques caractéristiques végé- tatives du couvert à la récolte :	41
3.1.2. quelques caractéristiques végé- tatives des talles à la récolte :	42
3.2. Rendement en grain..... :	45
3.2.1. quelques caractéristiques géné- rales du rendement..... :	45
3.2.2. quelques caractéristiques de l'épi à la récolte..... :	45
3.2.3. formation du grain..... :	46
3.3. Densité critique..... :	48
4. Discussions..... :	49
4.1. Développement végétatif..... :	49
4.2. Rendement en grain..... :	49
4.3. Densité critique..... :	50
5. Conclusions..... :	50

<u>CHAPITRE 5</u> : CAPACITE PHOTOSYNTHETIQUE ET POTENTIEL DE PRODUCTION EN GRAIN DU MIL..... :	51
1. Introduction..... :	51
2. Protocole expérimental..... :	51
2.1. Matériel et culture..... :	51
2.2. Traitements..... :	51
2.3. Echantillonnage..... :	52
2.4. Mesures..... :	52
3. Résultats..... :	52
3.1. Observations en cours de culture..... :	52
3.2. Caractéristiques biométriques de talles à la récolte..... :	52
3.3. Caractéristiques de remplissage des épis. :	53
3.3.1. poids de grain par épi et densité pondérale..... :	53
3.3.2. poids de 1000 grains et nombre de grains par épi et par cm <sup>2</sup> d'épi.. :	54
4. Discussion .....	54
5. Conclusion .....	55
 <u>CHAPITRE 6</u> : QUELQUES CARACTERISTIQUES DE PRODUCTION D'UN MIL TRADITIONNEL AMELIORE - COMPARAI- SON DES DENSITES CRITIQUES ET AGRONOMIQUES, COMPARAISON DES NOUVELLES STRUCTURES..... :	 56
1. Introduction..... :	56
2. Origine des résultats..... :	56
2.1. Mil traditionnel..... :	56
2.2. Mil amélioré..... :	56
3. Résultats..... :	56
3.1. Densité critique et agronomique du souna 3:	56
3.1.1. densité critique..... :	56
3.1.2. Densité agronomique..... :	57
3.1.3. discussion..... :	57
3.2. Comparaison de la production du souna 3 et de la population 5472 x 1133..... :	58
3.2.1. quelques facteurs du rendement.... :	58
3.2.2. quelques facteurs de production liés à la densité critique..... :	59
3.2.3. discussion..... :	60
4. Conclusion..... :	60

	<u>Pages</u>
<u>CHAPITRE 7</u> : PROSPECTIVE D'UTILISATION DE LA DENSITE CRITIQUE..... :	61
1. Introduction..... :	61
2. Intérêts agronomiques et agro-physiologiques..... :	61
2.1. Introduction..... :	61
2.2. Densité agronomique optimale de semis. :	61
2.3. Tests de contrôle de densité..... :	62
2.4. Etudes de nutrition minérale et d'ali- mentation hydrique..... :	66
3. Intérêt pour la sélection..... :	66
3.1. Rappel..... :	66
3.2. Densité critique..... :	66
3.3. Indice d'épis critique..... :	67
3.4. Indice d'épis critique et quelques indices de production..... :	67
3.5. Utilisation de l'indice d'épis critique:	67
4. Intérêt pour l'amélioration des plantes..... :	68
4.1. Introduction..... :	68
4.2. Modèle d'architecture..... :	68
5. Conclusions..... :	68
 <u>CONCLUSION</u>	
ANNEXE CATALOGUE DE QUELQUES PARAMETRES D'ARCHITEC- TURE ET DE PRODUCTION DE LIGNEES DE MIL EN VOIE D'AMELIORATION..... :	1
1. Introduction..... :	2
2. Protocole expérimental..... :	2
2.1. Matériel et culture..... :	2
2.2. Echantillonnage et mesure..... :	2
3. Méthodologie des mesures..... :	2
4. Résultats et discussions..... :	3
4.1. Généralités..... :	3
4.2. Quelques caractéristiques du matériel. :	4
5. Conclusion..... :	4

## I N T R O D U C T I O N

Des études du rendement en grain de variétés traditionnelles de mil (Pennisetum thyphoïdes), effectuées au CNRA de Bambey (Sénégal) ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

1°/- Le rendement en grain, est limité par une mauvaise utilisation de l'énergie lumineuse, liée à des problèmes d'architecture du couvert.

2°/- Les alimentations hydriques et minérales, apparaissent comme facteurs limitant secondaires, qui ne pourront être étudiés, que lorsque le facteur énergie lumineuse sera contrôlé.

Un modèle théorique d'architecture de plantes, a été développé à partir de l'étude de l'utilisation de l'énergie lumineuse par un couvert de mil (1). Notre but est de vérifier expérimentalement les hypothèses sur lesquelles reposent la définition de ce modèle.

RESPIRATION D'UNE FEUILLE DE MIL - PLACÉE EN  
CONDITIONS DÉFICITAIRES DE BILAN ÉNERGÉTIQUE  
LUMINEUX

## 1. INTRODUCTION

La définition de la densité critique (1), repose sur l'hypothèse, que la respiration des feuilles situées à un niveau énergétique déficitaire, est assurée par la migration des assimilats des feuilles supérieures.

De précédentes études, effectuées (8) sur mil, à l'aide de  $^{14}\text{C}$ , permettaient de mettre en évidence, une migration d'assimilats des feuilles supérieures, vers la base des talles, ainsi que la perte de 50 à 60 % du  $^{14}\text{C}$  utilisé pour le marquage.

Notre but est de localiser cette perte de  $^{14}\text{C}$ , et de rechercher son lieu éventuel avec le bilan énergétique lumineux journalier des feuilles inférieures.

Les expériences sont réalisées à partir du stade anthèse (floraison mâle) des talles, c'est-à-dire, à partir du stade où la croissance végétative est terminée, et où en conséquence, l'assimilation photosynthétique sert à l'entretien respiratoire, et à la formation du grain.

## 2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

### 2.1. Principe

Les feuilles supérieures des talles, sont marquées au stade anthèse par du  $^{14}\text{CO}_2$ . L'activité du gaz carbonique respiré, est mesurée sur les feuilles inférieures de la même talle, qui sont placées artificiellement à un niveau déficitaire de bilan énergétique lumineux journalier. Quelques mesures d'activité de la respiration racinaire sont également effectuées, car nous n'avons aucune connaissance sur l'importance éventuelle de ce phénomène.

Une analyse de la répartition du  $^{14}\text{C}$  fixé dans les différentes parties de la talle, est effectuée à la récolte.

### 2.2. Dispositif expérimental

#### 2.2.1. Marquage et activité respiratoire

Le  $^{14}\text{CO}_2$  employé pour le marquage, est obtenu par action de l'acide sulfurique sur du carbonate de sodium radioactif, dont l'atome de carbone est marqué. L'activité totale du marquage est calculée à partir de l'activité du carbonate de sodium, et de la quantité employée.

Le  $^{14}\text{CO}_2$  est produit dans un circuit étanche emprisonnant la portion de feuille à marquer, la feuille absorbe la presque totalité du  $^{14}\text{CO}_2$  du circuit, et il n'est pas nécessaire d'employer du  $\text{CO}_2$  non marqué comme entraîneur. En effet, le mil est une plante en  $\text{C}_4$ , caractérisée par un très faible point de compensation en  $\text{CO}_2$ .

Un compteur à circulation de gaz permet de contrôler l'activité résiduelle du circuit de marquage. Il est ensuite employé pour mesurer l'activité respiratoire des feuilles. Ce compteur a un rendement très faible, et ne permet qu'une analyse qualitative des résultats.

Les feuilles inférieures, dont on mesure l'activité respiratoire, sont placées dans une enceinte munie d'un dispositif de filtres, qui permet de faire varier l'intensité lumineuse reçue. Cette enceinte est mise en place la veille de la mesure, après le couché du soleil. Des mesures de respiration, servant de témoin à l'expérience, ont été effectuées sur feuilles normalement éclairées; elles ont été suivies de mesures de respiration de feuilles placées à des niveaux énergétiques décroissants. Afin d'améliorer la reproductibilité expérimentale, le déficit lumineux journalier correspondant à l'obscurité totale.

L'activité respiratoire du système racinaire est mesurée par analyse de l'air circulant dans un sac plastique emprisonnant la partie supérieure du pot de culture, et la base du collet de la plante

Toutes les mesures respiratoires sont effectuées pendant la période de 48 heures qui suit le marquage.

#### 2.2.2. Activité résiduelle à la récolte

Les différentes parties des talles, sont analysées à la récolte par scintillation liquide de poudres végétales en suspension. L'appareil utilisé est un TRICARB - PACKARD 314 EX-1. La méthodologie expérimentale adoptée, est celle mise au point (4) à partir des données de WANG et WILLIS (3).

#### 2.3. Matériel végétal

Nous avons employé pour cette expérience, une lignée F5 de mil, provenant d'un croisement entre un géniteur de nanimse d'origine américaine, le tifton 239 D2B et la lignée 1133, issue d'une souche du Niger, appelée Nigritarum. Cette lignée, imposée par des problèmes de quantité de semences, présente les inconvénients d'une très faible fertilité des épis (3 à 5 g de grain par épis), et d'une variabilité morphologique importante (c.v. 30%); elle a l'avantage d'être compatible avec le mode de culture employé, par son faible développement végétatif, et sa bonne précocité.

#### 2.4. Mode de culture

La lignée F5 239 x 1133, est cultivée en serre, en plantes isolées sur sable inerte (2). L'alimentation minérale et hydrique, est assurée par distribution de solution minérale, dont la composition a été définie pour le mil par L. JACQUINOT (8).

#### 2.5. Traitements

Six talles témoins, qui n'ont pas subi de modifications d'éclairage correspondent à des traitements définis au fur et à mesure des résultats expérimentaux. Les feuilles étant numérotées à partir de l'épi, nous avons tout d'abord marqué la feuille 1, et mesuré la respiration des feuilles 4, 5 et 6, puis ensuite, marqué la feuille 3, et mesuré l'activité respiratoire de la feuille 4 pour 3 talles.

Six autres talles, correspondant au marquage de la feuille 1, et aux mesures respiratoires de la feuille 4 placée à des niveaux énergétiques décroissants, ont servi de test à la méthodologie expérimentale choisie.

Vingt sept talles, ont été utilisées, pour mesurer l'activité respiratoire des feuilles placées à l'obscurité. Elles correspondent au marquage de l'une des 3 feuilles supérieures (feuilles n° 1, 2 et 3) suivi de la mesure de l'activité respiratoire de l'une des 3 feuilles suivantes (feuilles n° 4, 5 et 6). Chaque combinaison feuille marquée, feuille mesurée est répétée trois fois.

Nous avons mesuré la respiration racinaire, pour 6 talles dont les trois feuilles supérieures ont été marquées simultanément.

Chaque talle échantillonnée correspond à une plante différente. La talle choisie est la première de la plante qui atteint le stade anthèse. Nous n'avons choisi que des plantes possédant des talles à 6 étages foliaires.

A la récolte, les 27 talles marquées, et 6 talles non marquées prélevées sur des plantes dont une talle a été marquée, sont échantillonnées en graine, rachis, demi tige supérieure, demi tige inférieure, feuilles (chacune des 6 feuilles est échantillonnée séparément) et racines. Chacun des échantillons est transformé en poudre végétale sèche pour être analysé.

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Activité de la respiration

##### 3.1.1. Respiration foliaire

Aucune activité du rejet respiratoire n'a pu être enregistrée dans le cas des talles témoins, normalement éclairées. En prolongeant l'expérience, une activité légèrement supérieure au bruit de fond du compteur est apparue entre le 4ème et le 5ème jour de mesure, du niveau de la feuille 4 d'une talle dont la feuille 3 était marquée.

Une activité respiratoire mesurable, n'apparaît au niveau de la feuille 4, dans les 48 heures suivant le marquage de la feuille 3, que lorsque l'énergie lumineuse reçue par la feuille 4 est très faible.

Exception faite de 5 cas sur 27, (tableau 1) les feuilles inférieures placées à l'obscurité, rejettent pendant les 48 heures qui suivent le marquage, une quantité de  $^{14}\text{C}$  largement supérieure au bruit de fond du compteur. Ce résultat se produit pour toutes les combinaisons feuilles marquées, feuilles mesurées.

Dans deux cas sur 3, le marquage de la feuille 1 suivi de la mesure de la feuille 6 se traduit par une absence de détection de  $^{14}\text{C}$  par le compteur. Ce résultat persiste pour une série de 6 répétitions que nous avons réalisées<sup>3</sup> pour confirmation.

Il semble qu'en général, l'activité du rejet est d'autant plus grande, que la distance feuille marquée - feuille mesurée est courte.

3.1.2. Respiration racinaire

Le marquage de l'une des trois feuilles supérieures ne nous ayant pas permis de détecter du <sup>14</sup>C.

Tableau I : Activité respiratoire des étages inférieurs en pourcentage de l'activité du marquage des étages supérieurs.

Numéro de la feuille marquée	1			2			3		
	4	5	6	4	5	6	4	5	6
Numéro de la feuille mesurée	12.4	3.5	0.0	13.8	6.8	8.8	11.5	6.5	9.9
Répétition 1	0.0	8.3	0.0	14.4	7.4	7.4	20.6	3.0	0.0
Répétition 2	3.1	13.0	0.5	12.8	4.9	4.5	5.0	2.8	0.0
Répétition 3	5.2	8.3	0.3	13.7	6.4	6.9	12.4	4.1	3.3
Moyenne									

\* Les étages foliaires sont numérotés du sommet vers la base de la plante

Tableau II : Activité respiratoire des racines en pourcentage de l'activité du marquage simultané des trois feuilles supérieures.

Activité respiratoire des racines	1			2			3		
	Répétition								
Moyenne	3.3	7.2	8.4	5.3	7.3	5.2	6.12		

Dans la respiration racinaire, nous avons dû recourir à un marquage simultané des trois feuilles supérieures. Dans ces conditions expérimentales, environ 6 % du <sup>14</sup>C employé pour le marquage a été rejeté par le système racinaire (tableau II).

### 3.2. Activité résiduelle à la récolte

#### 3.2.1. Talles non marquées de plantes marquées.

Aucune fixation de  $^{14}\text{C}$ , n'a pu être décelée, avec les précisions de l'analyse, dans l'une quelconque des parties des talles non marquées de plantes dont une talle a été marquée.

#### 3.2.2. Talles marquées

Les résultats présentés dans le tableau 3 et le schéma ont été calculés en activité relative d'un organe par rapport à l'activité totale de la talle et transcrits en pourcentage.

Les fluctuations des taux de  $^{14}\text{C}$  résiduel sont très importantes entre chaque répétition. Nous n'avons cité dans le tableau 3 que les moyennes regroupées par feuille marquée.

La moyenne partie du  $^{14}\text{C}$  résiduel à la récolte est fixée dans l'épi ; néanmoins, nous ne trouvons que 63 % d'activité résiduelle dans le grain, alors que J. JACQUINOT (8) a obtenu le chiffre de 85 % sur une autre lignée. Par contre, l'activité résiduelle dans le rachis est très nettement supérieure à celle citée par le même auteur.

Les pailles ont fixé un faible pourcentage de  $^{14}\text{C}$ . Pour l'essentiel, cette fixation est localisée dans les tiges, et dans les feuilles qui ont été marquées.

Le taux de fixation du  $^{14}\text{C}$  par les tiges semble d'autant plus élevé que l'on se rapproche de l'épi.

Bien que le taux de  $^{14}\text{C}$  trouvé au niveau des feuilles non marquées soit très faible,  $^{14}\text{C}$  que les feuilles supérieures aient fixé un peu plus de  $^{14}\text{C}$  que les feuilles inférieures.

L'activité résiduelle du système racinaire, très faible, correspond à environ 1% de l'activité totale de la plante.

## 4. DISCUSSIONS

### 4.1. Introduction

Les résultats obtenus doivent être considérés comme des tendances, et ne peuvent faire l'objet d'une analyse quantitative pour les raisons suivantes :

- Le rendement du compteur utilisé pour les mesures de respiration est très faible,
- L'écart de temps séparant la première de la dernière plante échantillonnée est supérieur à 3 mois, ce qui provoque une variation importante des conditions climatiques de culture, et une modification du cycle de plantes,
- La variabilité naturelle de la lignée employée est importante.

4.2. Activité de la respiration

Dans le cas des plantes normalement éclairées, l'absence de migration pendant les 48 heures de mesure semble indiquer qu'une

Tableau III : Activité résiduelle à la récolte, des différentes parties de la talle, en pourcentage de son activité totale - moyenne de 9 répétitions (3 talles, 3 répétitions).

Nature de l'échantillon	Numéro de la feuille marquée			Moyenne
	1	2	3	
Graines	68.9	57.1	64.5	63.5
<b>Rachis</b>	14.2	14.5	25.3	18.0
Demi-tige supérieure	5.7	8.2	1.3	5.1
Demi-tige inférieure	1.7	7.7	1.4	3.6
Feuille 1	8.6*	0.1	0.1	2.9
Feuille 2	0.1	9.1*	traces	3.1
Feuille 3	traces	0.1	6.9*	2.3
Feuille 4	traces	0.1	traces	traces
Feuille 5	traces	0.3	0.1	0.1
Feuille 6	0.1	0.7	traces	0.3
Racines	0.7	2.1	0.4	1.1
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

\*feuilles marquées.

feuille, quelque soit sa place sur la tige assure ses besoins respiratoires à partir de ses propres assimilats. Néanmoins, il semble qu'un léger rejet de  $^{14}\text{CO}_2$  apparaisse, si on augmente le temps de mesure. Il est probable que le rejet de  $^{14}\text{CO}_2$  des feuilles normalement éclairées, joint à celui du système racinaire, pendant la période anthèse-récolte de la talle marquée, explique la perte de 50 à 60% de  $^{14}\text{C}$  signalée par L. JACQUINOT pendant la même période.

Il ne nous a pas été possible de mesurer l'énergie lumineuse moyenne à partir de laquelle une quantité mesurable de  $^{14}\text{CO}_2$  est rejetée, une telle mesure nécessiterait, en effet, un pyranomètre de petite dimension, sensible dans le domaine des faibles énergies, et un éclairage artificiel permettant d'éviter les fluctuations de l'énergie lumineuse naturelle. Nous pouvons, néanmoins, rapprocher cette énergie de l'énergie lumineuse critique (voir chapitre 2), et émettre l'hypothèse qu'une mesure précise de l'énergie lumineuse à partir de laquelle la feuille rejette du  $^{14}\text{C}$  devrait donner une bonne valeur de l'énergie critique.

Il apparaît, en général, que dans le cas d'un déficit lumineux journalier, la feuille continue son entretien, grâce à la migration d'assimilats à partir des feuilles soumises à un régime lumineux journalier excédentaire. Cette migration semble se faire en premier lieu, à partir des zones productrices (feuilles normalement éclairées) les plus proches des zones consommatrices (racines, feuilles insuffisamment éclairées). Cette dernière proposition explique qu'une feuille assure en premier lieu son entretien, son assimilation nette étant seule disponible pour les sites de consommation. Elle explique également le fait qu'une migration correspondant à un chemin très long soit exceptionnelle cas du marquage de la feuille d'étage 1, et de la mesure de la respiration de la feuille d'étage 6 et des racines.

La faible quantité de  $^{14}\text{CO}_2$  respirée par les racines, est vraisemblablement due si on s'en réfère aux travaux de L. JACQUINOT (1970) à un arrêt de croissance du système racinaire du mil au stade anthèse, stade à partir duquel il a atteint un développement complet. Ses seuls besoins en carbone sont alors des besoins d'entretien.

#### 4.3. Activité résiduelle

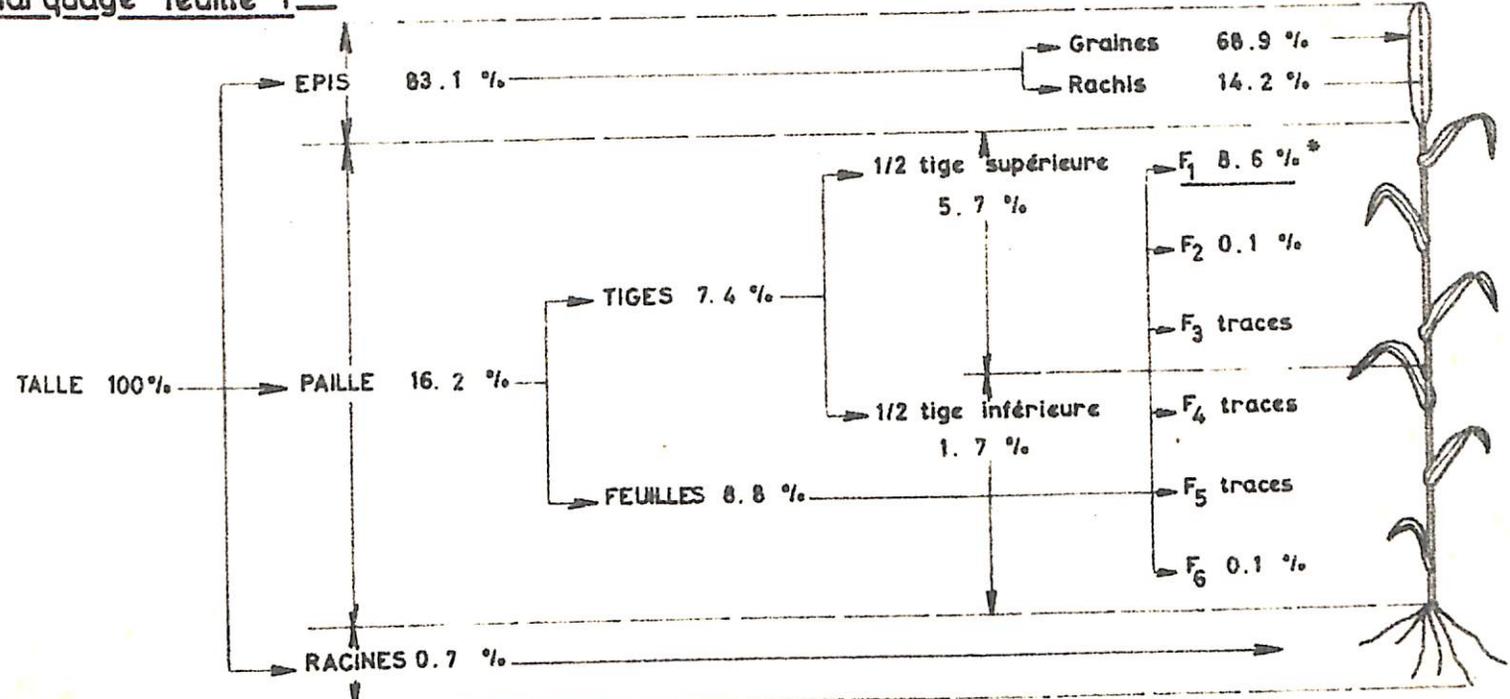
Les talles marquées témoin, qui n'ont pas subi de déficit lumineux pendant le marquage n'ont pu être échantillonnées pour des raisons techniques.

Aucune activité n'ayant pu être décelée dans l'une quelconque des parties échantillonnées des talles non marquées de plantes marquées, alors que le rendement du comptage en scintillation liquide est excellent; il semble bien que, comme l'avait trouvé L. JACQUINOT (1969) sur une autre lignée de mil, une talle adulte fonctionne de manière autonome pendant la phase post-anthèse de son cycle.

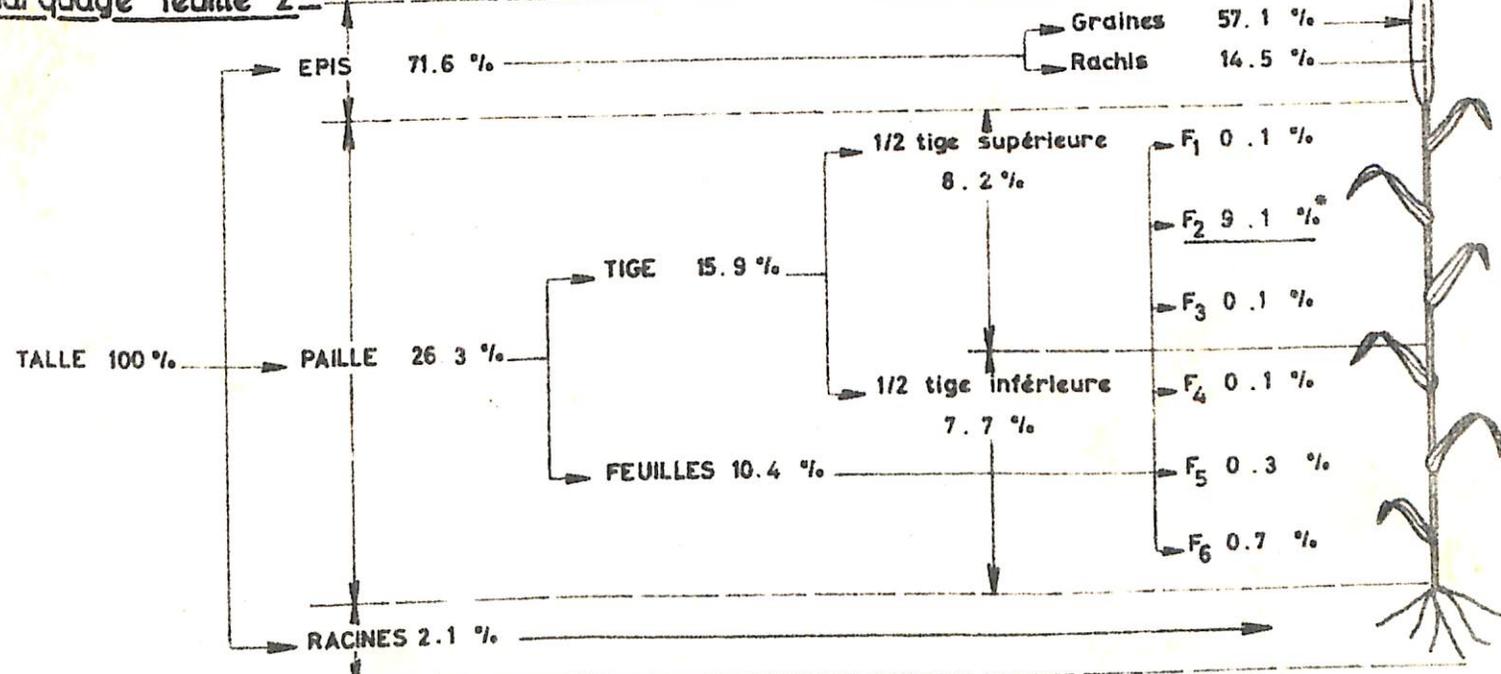
Nous pouvons étendre cette constatation à la fin de la phase pré-anthèse du cycle, car, dans les conditions d'échantillonnage que nous avons choisi. la talle non marquée n'a pas encore atteint le stade anthèse au moment du marquage, la floraison male n'étant pas synchronisée entre les différentes talles d'une même plante chez le mil. Il est en fait probable, ce qu'il serait intéressant de vérifier, qu'une talle est autonome entre le début tallage, et la récolte.

# REPARTITION DES ASSIMILATS PHOTOSYNTHETIQUES ENTRE DIFFERENTES PARTIES DE LA TALLE

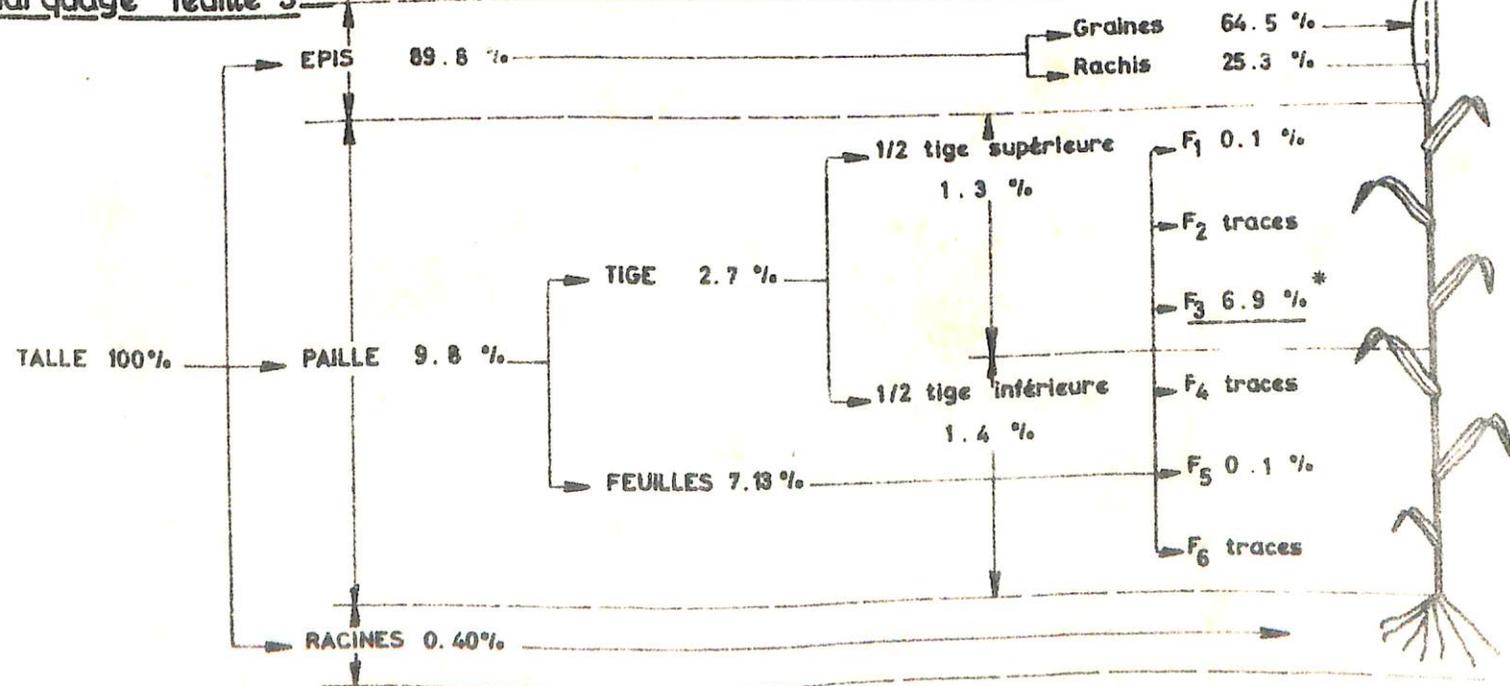
## 1° Marquage feuille 1



## 2° Marquage feuille 2



## 3° Marquage feuille 3



\* feuille marquée au stade anthèse

Signalons que de nombreuses observations montrent que l'autonomie de la talle n'est réalisée que dans des conditions normales de croissance et de développement. En effet, une talle défoliée après la formation de son épis, par une attaque parasitaire, ou à la suite d'une manipulation expérimentale, peut arriver à former un peu de grain, ce qui met nécessairement en jeu, une migration d'assimilats à partir de talles dont la production photosynthétique est excédentaire.

Si les résultats que nous avons obtenus confirment bien que la plus grande partie des assimilats des trois feuilles supérieures servent à la formation du grain, nous pensons que le taux de  $^{14}\text{C}$  retrouvé dans les grains est plus faible que celui cité par L. JACQUINOT (1970) du fait de la stérilité importante du matériel végétal que nous avons utilisé. Cette stérilité des épis peut également expliquer le taux anormalement élevé de  $^{14}\text{C}$ , trouvé dans le rachis de l'épis; l'excès d'assimilats par rapport à la capacité des grains ayant entraîné un stockage au niveau du rachis, ou même une poursuite de croissance du rachis.

Les taux de migration importants entre feuilles supérieures et épis confirment les résultats obtenus par mesure d'activité de la respiration, selon lesquels les migrations sont d'autant plus intenses que les zones de production et de consommation sont proches (feuilles supérieures et épi dans le cas présent). Cette proposition est renforcée par le fait que les tiges présentent un taux de  $^{14}\text{C}$  d'autant plus élevé, que la zone analysée est plus proche de la zone de marquage. Enfin, l'activité importante des feuilles marquées montre bien que lorsque le chemin de migration est très court, la migration est très intense, et confirme l'hypothèse que l'assimilation brute d'une feuille est utilisée en priorité pour son entretien, et que seule l'assimilation nette reste disponible pour les sites de consommation plus éloignés (épis, racines, éventuellement feuille en déficit lumineux journalier).

Le taux de  $^{14}\text{C}$  plus important au niveau des feuilles inférieures semble correspondre à la migration d'assimilats, qui a été provoquée par le déficit lumineux. La faible activité des feuilles non marquées et non mesurées, confirme l'autonomie d'entretien d'une feuille normalement éclairée.

Le faible taux de  $^{14}\text{C}$  trouvé dans les racines montre bien les faibles besoins d'entretien de celles-ci à partir de l'anthèse.

## 5. CONCLUSION

Les principales conclusions auxquelles nous permettent d'aboutir cette expérience sont :

1°/- Les besoins d'entretien du système racinaire, pendant la formation du grain, peuvent être considérés comme négligeables. Nous ne les comptabiliserons donc pas au niveau du bilan assimilation brute - respiration de la talle pendant la phase post-anthèse du cycle de la plante.

2°/- Dans des conditions normales d'éclairage (pas de déficit lumineux journalier), une talle adulte normalement développée, est autonome des autres talles de la même plante, pendant la phase post-anthèse de formation du grain. L'unité de production de grain est donc la talle et non la plante; il apparaît plus logique en

conséquence, de définir une densité en talles ou en épis par unité de surface plutôt qu'en plante par unité de surface, d'autant que le coefficient de tallage épis d'une plante est très variable.

3°/- Une feuille convenablement éclairée assure de manière autonome son entretien, quelque soit sa position sur la tige. L'excédent de son assimilation brute sur ses besoins d'entretien, ou assimilation nette, est rendu disponible par les phénomènes de migration, pour toute zone de consommation de la talle.

4°/- L'intensité des migrations est d'autant plus élevée, que le chemin séparant les zones de production et de consommation est court, et que les besoins de la zone de consommation est grand. Nous pouvons ainsi constater que, chez le mil, l'épi est situé dans la partie de la talle où l'intensité des migrations peut être la plus élevée.

5°/- Le déficit lumineux journalier, d'une feuille de la base d'une talle au stade anthèse, se traduit par une diminution de l'assimilation nette de la talle; ce qui correspond à une diminution de la capacité potentielle de formation du grain de la talle. Cette dernière proposition confirme bien l'hypothèse à partir de laquelle a été définie la densité critique.

## CHAPITRE 2

DETERMINATION DE L'ENERGIE CRITIQUE, PAR MESURES  
DE PHOTOSYNTHESE ET DE RESPIRATION D'UNE FEUILLE  
DE MIL1. INTRODUCTION

L'énergie critique,  $E_c$ , (1), correspond à l'énergie journalière permettant à une talle uniformément éclairée, au stade anthèse de son cycle, une assimilation photosynthétique brute, égale à sa consommation respiratoire, sur une période de 24 heures.

Cette définition générale est simplifiée dans le cas du mil, car nous avons vu d'une part (chapitre 1) que nous pouvions négliger la respiration racinaire, et d'autre part, que la photorespiration d'une plante à cycle photosynthétique en C4 est pratiquement inexistante. En conséquence, dans la pratique, nous appellerons énergie critique, l'énergie lumineuse qui permet à une feuille adulte, une assimilation photosynthétique diurne, égale à son rejet respiratoire nocturne.

Le but de cette expérience, est de déterminer la valeur de l'énergie critique du mil, dans les conditions climatiques de sa culture au Sénégal (élévation du soleil proche de  $90^\circ$ , durée équivalente du jour et de la nuit), afin de pouvoir calculer la densité critique.

2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

## 2.1. Principe

La respiration nocturne moyenne est évaluée sur une feuille de mil adulte, d'une talle au stade anthèse. La détermination de la réponse photosynthétique à l'énergie lumineuse d'une feuille adulte d'une talle au stade anthèse, permet alors de calculer l'énergie critique, pour laquelle photosynthèse et respiration ont la même valeur.

## 2.2. Dispositif expérimental

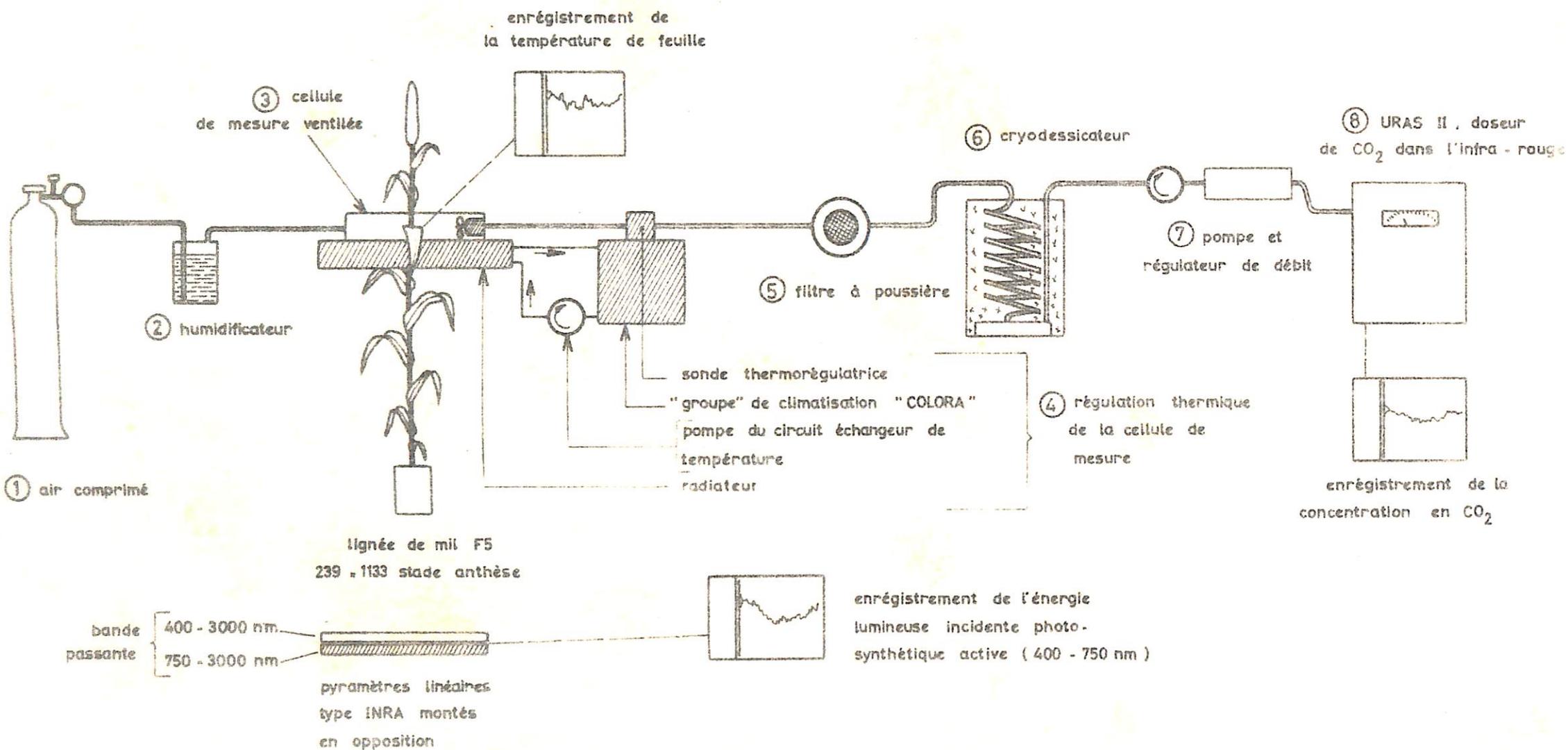
## 2.2.1. Matériel végétal, et conditions de mesure.

Le matériel végétal, et les conditions de culture, sont décrits dans le chapitre précédent. Les mesures sont réalisées sur feuille entière attachée à la talle, au stade anthèse de celle-ci. La température des feuilles au moment de la mesure est fixée à  $50^\circ\text{C}$  pour la photosynthèse, et à  $25^\circ\text{C}$  pour la respiration; chiffres correspondant aux températures moyennes diurnes et nocturnes enregistrées en période de culture.

2.2.2. Mesure des échanges de  $\text{CO}_2$ 

Les échanges de  $\text{CO}_2$  entre la feuille de mil, et l'atmosphère, sont déterminés, par l'analyse de la teneur en  $\text{CO}_2$  de l'air, après passage à débit connu, au niveau d'une portion de feuille enfermée dans une boîte étanche.

# DISPOSITIF EXPERIMENTAL DE MESURES DES ECHANGES DE CO<sub>2</sub> "IN VIVO" DE FEUILLES DE MIL AVEC L'ATMOSPHERE



Le dispositif expérimental mis au point, (voir schéma) est constitué dans le sens de la circulation de l'air, par :

1. Une bouteille d'air comprimé dont la teneur en CO<sub>2</sub> a été préalablement déterminée, par dosage dans l'infra-rouge,
  2. Un humidificateur, permettant à l'air de se saturer en humidité, par barbotage dans une réserve d'eau,
  3. Une cellule de mesure régulée en température. La cellule de mesure est une boîte en plastique transparent, dans laquelle deux ouvertures permettent d'introduire une portion de feuille. L'étanchéité au passage de la feuille est assurée par du mastic. La température foliaire est mesurée dans la cellule de mesure, par un thermocouple dont une soudure est introduite dans la nervure principale de la feuille. Deux micro-ventilateurs créent dans la cellule une turbulence supérieure à 1 m/s, qui permet de rendre négligeable les phénomènes de couche limite qui opposent une résistance importante aux échanges de CO<sub>2</sub> entre la feuille et l'air,
  4. Un ensemble de régulation de température, constitué par un appareil de type "COLORA", un circuit de liquide échangeur de température (eau - glycérine), et une sonde thermométrique. La sonde enregistre la température de l'air à la sortie de la cellule de mesure. Un thermostat réglé à la température choisie pour la mesure commande le fonctionnement du "COLORA" selon les indications de la sonde. Le COLORA permet de faire varier la température du liquide échangeur de -20°C à + 40°C. Le liquide échangeur circule en circuit fermé à l'aide d'une pompe, entre le COLORA, et un radiateur sur lequel repose la cellule de mesure.
- Un tel dispositif permet à l'équilibre thermique une régulation thermique à 2°C près de la portion de feuille enfermée dans la cellule de mesure.
5. Un filtre à poussières de 0,3 microns protège le doseur de CO<sub>2</sub>.
  6. Un dessiccateur. Cet appareil est une glacière remplie de glace pilée, dans laquelle circule un serpentin de cuivre aboutissant à un système d'évacuation de l'eau condensée. L'air après passage dans le dessiccateur, a une humidité correspondant à la tension de vapeur d'eau à 0°C, c'est-à-dire très faible. Cette dessiccateur permet de protéger le doseur de CO<sub>2</sub> : elle permet en outre, d'augmenter la précision des analyses qui sont réalisées à humidité constante : la molécule d'eau a un pic d'absorption dans l'infra-rouge proche d'un de ceux de la molécule de gaz carbonique.
  7. Une pompe munie d'un régulateur de débit, dispositif qui, ajouté au détendeur manométrique de la bouteille de CO<sub>2</sub>, permet de réguler le débit de manière très précise (60 l/h).
  8. Un doseur de CO<sub>2</sub> dans l'infra-rouge (I.R.G.A. de type URAS II. couplé à un enregistreur potentiométrique donnant les variations de teneur en CO<sub>2</sub> de l'air qui est passé dans la cellule de mesure, en fonction du temps.

Les différents appareils de ce dispositif, sont reliés entre eux par des tuyaux en caoutchouc imperméable à la diffusion du CO<sub>2</sub>.

### 2.2.3. Mesure de l'énergie lumineuse incidents

Nous disposons pour mesurer l'énergie lumineuse de deux pyranomètres linéaires type INRA, montés en opposition. La bande passante de l'un des deux pyranomètres est de 400 à 3000 nm, celle de l'autre est de 750 à 3000 nm. Le montage en opposition permet de mesurer l'énergie lumineuse entre 400 et 750 nm, soit approximativement dans la bande photosynthétique active (Phar).

Les deux pyranomètres placés dans le même plan horizontal que la portion de feuille, sont recouverts d'une plaque plastique de même caractéristiques que celle utilisée pour fabriquer la boîte de mesure. L'énergie est enregistrée en fonction du temps par un enregistreur potentiométrique.

### 2.2.4. Utilisation du dispositif

Le dispositif est conçu pour fonctionner en continu. Néanmoins, la durée de vie de la source froide du thermocouple et du dessiccateur n'excède pas 7 heures dans les meilleures conditions. Nous ne retenons, en conséquence, que les mesures de respiration correspondant au 6 premières heures après le couché du soleil.

Les mesures de photosynthèse sont effectuées en lumière naturelle, à l'extérieur de la serre de culture.

La mise en route de l'installation, nécessite un étalonnage préalable du doseur de CO<sub>2</sub>, et de la bouteille d'air comprimé. Pour chaque utilisation, un contrôle d'étanchéité du circuit est obtenu par lecture du doseur de CO<sub>2</sub>, pendant un balayage extérieur de l'installation avec du gaz carbonique. Les mesures sont commencées une heure après la mise en route du dispositif, temps nécessaire pour atteindre l'équilibre thermique de la cellule de mesure, et l'équilibre de concentration en CO<sub>2</sub> de l'humidificateur.

### 2.3. Echantillonnage

Les mesures sont effectuées sur des talles ayant atteint le stade anthèse, et n'excédant pas ce stade de 5 jours.

La photosynthèse est mesurée sur l'une des trois feuilles supérieures de la talle (feuille d'étage 1, 2 ou 3), tandis que la respiration est évaluée sur une feuille d'étage 5.

Chaque mesure est effectuée sur une talle différente. La portion de feuille enfermée dans la cellule est découpée en fin d'expérience, pour en évaluer sa surface.

La portion de feuille servant à la mesure est choisie approximativement dans le tiers central de la feuille.

## 3. RESULTATS

### 3.1. Respiration

La respiration a été évaluée sur 40 portions de feuilles de talles différentes. Chaque portion de feuille a fait l'objet de deux nuits de mesures à raison de six heures d'enregistrement par nuit. Les résultats sont consignés dans le tableau 1. Ils correspondent

Tableau 1 :

Respiration d'une feuille  
d'étage 5, lignée F5 : 239 x 1133

N°	Respiration en mm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> .min	N°	Respiration en mm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> .min	N°	Respiration en mm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> .min	N°	Respiration en mm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> .min	N°	Respiration en mm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> .min
1	0.93	9	1.07	17	0.78	25	1.08	33	0.62
2	1.00	10	0.97	18	0.87	26	0.91	34	1.11
3	0.94	11	1.30	19	0.95	27	0.89	35	0.99
4	0.93	12	0.99	20	1.15	28	0.91	36	1.04
5	0.81	13	1.02	21	1.09	29	0.83	37	0.93
6	0.89	14	0.95	22	1.20	30	1.28	38	0.98
7	0.91	15	1.01	23	1.16	31	0.69	39	0.82
8	0.90	16	0.83	24	1.08	32	0.86	40	0.75

moyenne : 0.9605 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.min

écart type : 0.146P23

coefficient de variation : 15.20 %

Respiration moyenne R = (0.9605 ± 0.292) mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.min

Tableau II : couples photosynthèse énergie lumineuse  
lignée F5 : 239 x 1133

P	E	P	E	P	E
0.00	20.93	0.55	83.74	1.41	174.45
0.00	20.93	0.57	97.69	1.43	181.43
0.00	27.91	0.58	97.69	1.45	209.34
0.00	34.89	0.62	97.69	1.46	195.38
0.00	20.93	0.65	90.71	1.58	216.32
0.00	27.91	0.67	97.69	1.64	230.27
0.00	27.91	0.67	111.65	1.66	244.23
0.00	34.99	0.67	111.65	1.71	237.25
0.08	41.87	0.69	90.71	1.74	216.32
0.08	41.87	0.72	104.67	1.76	258.19
0.09	41.87	0.73	104.67	1.91	265.16
0.10	45.85	0.76	125.60	1.93	244.23
0.13	34.89	0.78	97.69	1.92	272.14
0.15	48.85	0.83	111.65	2.02	286.10
0.14	55.82	0.86	111.65	2.08	272.14
0.18	34.89	0.86	118.63	0.20	41.87
0.18	41.87	0.86	125.60	0.30	55.82
0.18	48.85	0.06	132.58	0.46	62.80
0.19	41.87	0.87	139.56	0.51	69.78
0.19	48.85	0.90	118.63	0.61	83.74
0.19	55.82	0.92	125.60	0.71	97.69
0.19	62.80	0.96	132.58	0.81	104.67
0.20	34.89	0.96	153.52	0.91	125.60
0.20	34.89	0.97	146.54	1.02	132.58
0.22	48.85	0.97	139.56	1.22	150.49
0.23	55.82	1.00	146.54	1.32	174.45
0.24	69.78	1.01	132.58	1.52	202.36
0.26	62.80	1.05	139.56	1.73	230.27
0.27	69.78	1.05	146.54	1.83	244.23
0.28	55.82	1.05	160.49	2.03	265.16
0.29	48.85	1.05	167.47	0.64	76.76
0.29	62.80	1.05	174.45	0.66	76.76
0.30	76.76	1.06	132.58	0.85	90.71
0.33	62.80	1.11	153.52	0.86	97.69
0.33	62.80	1.15	167.47	0.95	111.65
0.35	48.85	1.15	167.47	0.97	167.47
0.37	69.78	1.16	181.43	1.19	132.58
0.38	76.76	1.18	160.49	1.25	139.56
0.44	69.78	1.19	167.47	1.16	132.58
0.45	76.76	1.19	174.45	1.25	216.32
0.48	69.78	1.24	174.45	1.47	167.47
0.48	69.78	1.25	188.41	1.54	181.43
0.48	83.74	1.29	160.49	1.62	195.38
0.48	90.71	1.30	167.47	1.66	188.41
0.48	97.69	1.30	188.41	1.68	195.38
0.53	76.76	1.34	195.38	1.58	223.30
0.55	69.78	1.39	195.38	1.72	265.16
0.55	88.74	1.39	174.45	1.84	209.34
				1.90	216.32

P = Photosynthèse en mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.min

E = Energie lumineuse en W/m<sup>2</sup> entre 400 et 750 nm.

pour chaque portion de feuille, à la moyenne rapportée à 1 minute et à 1 cm<sup>2</sup> de feuille, de 12 heures de rejet respiratoire.

La respiration moyenne d'une feuille d'étage 5 de mil, de la lignée F5 239 x 1133 en stade anthèse, correspond pour une température de  $(25 \pm 2)$  °c à un rejet de 0.96 mm<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub>, par cm<sup>2</sup> de feuille, par minute. Ce chiffre est proche de 1 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup> min.

Le coefficient de variation de la série des 40 répétitions est de 15 %.

Nous pouvons considérer que statistiquement toutes les mesures de respiration sont comprises dans un intervalle de 10,29 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.min centré sur la moyenne, soit entre 0,67 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.min et 1,25 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.min.

### 3.2. Réponse photosynthétique à l'énergie lumineuse

Les premières mesures nous ayant montré que, à énergie lumineuse égale, la photosynthèse est plus élevée le matin que l'après-midi, nous nous sommes limités à des mesures effectués le matin.

Les couples photosynthèse (P), énergie lumineuse (E) sont déterminés sur les enregistrements de P et de E en fonction du temps, au niveau des palliers d'énergie constante supérieure à 5 minutes, pour éviter les erreurs dues à l'inertie importante du dispositif de mesure de P.

Les résultats consignés dans le tableau II correspondent à 145 couples (P,E) déterminés sur une dizaine de talles différentes.

La régression linéaire calculée à partir des 145 couples, P, variable dépendante, et E variable indépendante, est très hautement significative. L'ajustement linéaire est très bon pour les valeurs élevées de l'énergie lumineuse (proche de 300 W/m<sup>2</sup>).

Nous n'avons pas conservé les couples P, E, correspondant à des énergies supérieures à 300 W/m<sup>2</sup>, pour lesquels l'analyse graphique montre un accroissement moins que proportionnel de P par rapport à E.

Nous nous sommes limités à des énergies supérieures à 20 W/m<sup>2</sup>, notre dispositif de mesure de l'énergie lumineuse ne permettant pas d'évaluer avec précision des énergies plus faibles.

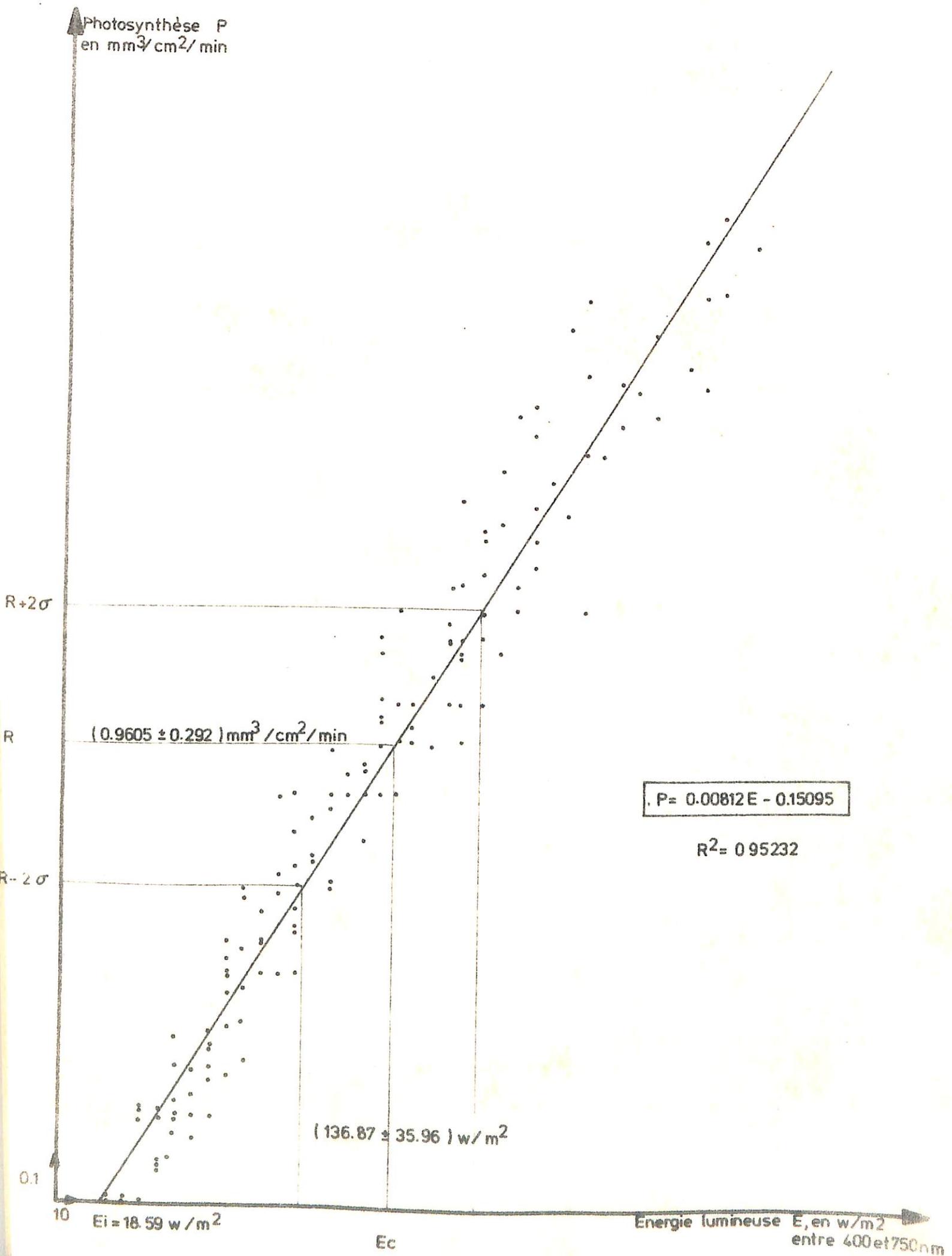
La relation entre P et E pour un intervalle d'énergie de 20 à 300 W/m<sup>2</sup>, pour une feuille supérieure d'une talle au stade anthèse, à  $30 \pm 2$  °c est  $P = 0,0081 E - 0,151$  (voir graphique).

L'énergie d'estimation de la photosynthèse  $E_i$ , correspondant à l'énergie lumineuse pour laquelle la photosynthèse s'annule, a été évaluée à 18,6 W/m<sup>2</sup>, par extrapolation de la courbe  $P = f(E)$ .

### 3.3. Energie critique.

L'énergie critique est définie à l'aide de la relation linéaire reliant la photosynthèse à l'énergie lumineuse, en prenant pour valeur de la photosynthèse  $P = (0,96 \pm 0,29)$  mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.min., valeur correspondant à la respiration nocturne moyenne.

# Réponse photosynthétique du mil (*Pennisetum typhoides*) à l'énergie lumineuse



L'énergie critique définie ainsi dans la bande de longueurs d'onde photosynthétiques active (400 - 750 nm) a pour valeur 136,87 W/m<sup>2</sup>.

L'écart de l'énergie critique par rapport à sa moyenne, défini à partir de l'écart des mesures de respiration, est de  $\pm 35,96$  W/m<sup>2</sup>.

#### 4. DISCUSSION

Le matériel végétal a été cultivé dans des conditions optimales d'alimentation minérale et hydrique; conditions parfaitement reproductibles entre chaque expérience. Nous pouvons donc considérer que ces deux facteurs n'influent pas sur la variabilité des processus physiologiques étudiés dans cette expérience.

##### 4.1. Respiration

De nombreux facteurs sont à l'origine de la distribution de la respiration dans une bande de 0,3 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.min, autour de la valeur moyenne de 1 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.min :

La précision de la mesure : En dehors des limites du matériel technique employé, la précision de la mesure de concentration en CO<sub>2</sub> a été améliorée, en augmentant l'amplitude du phénomène, par le choix de surfaces foliaires importantes dans la cellule de mesure (environ 40 cm<sup>2</sup>).

L'état sanitaire de la feuille. Nous n'avons pas effectué de mesures sur l'étage 6, qui présente fréquemment au stade anthèse, des nécroses plus ou moins prononcées, attribuables à un début de sénescence. Un état de surface convenable de la feuille 5 a été obtenu par couverture phytosanitaire.

La variabilité de l'âge de la feuille. La respiration est fonction de l'âge de la feuille.

Le choix de l'échantillonnage que nous avons adopté, impose une erreur de 5 jours d'âge à partir du stade anthèse. Le stade anthèse est lui-même déterminé. Il faut ajouter à ces imprécisions, celle due aux variations de longueur de cycle avec la date de semis, l'expérience s'étant déroulée sur près de 2 mois. Enfin, si le nombre de feuilles est fonction de la longueur du cycle, la lignée utilisée développe de 6 à 8 étages foliaires pour un même cycle, ce qui entraîne une erreur sur l'âge de l'étage 5.

La précision de la température. La respiration est très sensible aux variations de température. Le dispositif utilisé aboutit à une distribution de température dans une bande de 8% de part et d'autre de la moyenne fixée à 25°C.

##### 4.2. Photosynthèse

L'ajustement linéaire de la photosynthèse est remarquable dans la bande énergétique située entre 20 et 300 W/m<sup>2</sup>. Un début de saturation de la photosynthèse n'intervient que pour des énergies supérieures à 300 W/m<sup>2</sup>, c'est-à-dire dans un domaine énergétique proche de l'énergie maximum obtenue en période de culture du mil. Cette caractéristique peut être rapprochée de l'appartenance du mil au groupe des plantes à cycle photosynthétique en C4.

La précision de mesure de P a été augmentée en diminuant l'amplitude du phénomène, qui situait la mesure à la limite des possibilités du doseur. Nous avons ainsi employé dans le cellule de mesure des surfaces foliaires inférieures à 20 cm<sup>2</sup>.

Contrairement à la respiration, l'imprécision sur la température de la feuille est négligeable, car si la photosynthèse augmente avec la température jusqu'à 35°C chez le mil (9), la variation entre 30 et 35°C est très faible.

La photosynthèse, telle que nous l'avons mesurée est supérieure à la photosynthèse réelle moyenne d'une feuille inférieure du couvert. Nous avons, en effet, effectué nos mesures sur des feuilles jeunes, qui présentent une activité photosynthétique plus élevée que les feuilles âgées (9), en ne conservant que les mesures effectuées le matin, les valeurs de P pour une même énergie, sont plus élevées que l'après-midi.

#### 4.3. Energie critique

Une feuille de mil, recevant une énergie moyenne journalière de 140 w/m<sup>2</sup>, assimile une quantité de CO<sub>2</sub> égale à celle qu'elle rejette la nuit. Cette valeur calculée de l'énergie critique correspond à une durée égale du jour et de la nuit.

En cas de trop forte densité de culture, le niveau énergétique disponible à la base du couvert peut être inférieur à l'énergie critique, et provoquer, comme nous l'avons vu au chapitre 1, une diminution de l'assimilation nette servant à la formation du grain. En fait, l'énergie critique que nous avons calculée est supérieure à l'énergie critique réelle, d'un étage foliaire de la base du couvert, car nous avons déterminé les valeurs de P, par excès. En conséquence, la valeur de E<sub>c</sub> définie dans cette expérience, permet un calcul par défaut de la densité critique.

La densité critique dépendant de la valeur de E<sub>c</sub>, il serait intéressant de rechercher l'existence éventuelle d'une variabilité génétique de E<sub>c</sub>. Néanmoins, une telle variabilité d'amplitude suffisante pour modifier dc est peu probable, en première analyse. En effet, les références bibliographiques ne montrent pas chez les céréales en général, de variabilité génétique du terme P permettant de définir E<sub>c</sub>.

Par contre, la température nocturne pouvant modifier de manière importante la respiration, E<sub>c</sub> apparaît comme dépendant de ce facteur climatique. Ainsi, une même variété de mil supportera des densités de culture plus importantes, dans une zone où la température nocturne moyenne, pendant la période correspondant à la phase post-anthèse du cycle de la plante, sera plus faible.

Si nous ne pouvons négliger dans de futures expériences, l'éventualité d'une variabilité génétique de E<sub>c</sub>, il apparaît indispensable de déterminer les variations de la respiration, donc de l'énergie critique, en fonction de la température.

#### 5. CONCLUSION

La respiration moyenne d'une feuille d'étage 5 de la lignée P5 : 239 x 1133 de mil, à 25°C, au stade anthèse de la talle est proche de 1 mm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>.min.

La photosynthèse d'une feuille supérieure de mil du même matériel végétal au stade anthèse, à 30°C, est proportionnelle à l'énergie lumineuse, jusqu'à un niveau énergétique proche du maximum enregistré en période de culture. L'énergie d'extinction de la photosynthèse est légèrement inférieure à 20 W/m<sup>2</sup>.

L'énergie critique définie pour les conditions de culture de la zone du mil au Sénégal est proche de 140 W/m<sup>2</sup>, chiffre que nous adopterons pour les calculs de la densité critique.

## CHAPITRE 3

INFLUENCE DE LA DENSITE SUR LA FORMATION DU  
GRAIN ET CELLE DE L'EPI1. INTRODUCTION

Nous avons vu, dans les chapitres précédents, que lorsque la densité de culture d'un champ de mil, est telle que l'énergie lumineuse moyenne disponible au niveau des strates foliaires de la base du couvert, est inférieure à  $140 \text{ W/m}^2$ , l'assimilation nette, disponible pour la formation du grain diminue.

L'intérêt du modèle d'architecture repose alors sur l'hypothèse que la diminution de l'assimilation nette liée au déficit lumineux a une incidence réelle sur le rendement en grain.

Nous avons recherché dans cette expérience, les relations pouvant exister entre densité, énergie lumineuse, et rendement, en scindant en deux parties distinctes le rendement : formation de l'épi et formation du grain. En effet, aux trop fortes densités, le déficit lumineux constaté au stade anthèse a débuté à une période antécédente du cycle, et peut donc alors diminuer l'assimilation nette pendant la formation de l'épi.

2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

## 2.1. Matériel et culture

Le matériel utilisé est une population synthétique de mil amélioré, qui a pour origine un mélange des différentes filiations du croisement d'une lignée I-472, elle-même issue du croisement d'un mil américain et d'un mil indien, avec la lignée 1135 décrite dans le chapitre 1.

Cette population qui représente un type d'architecture amélioré, a un cycle de 75 jours en période de culture. Elle a l'inconvénient d'une mauvaise fertilité des épis.

La culture est réalisée sur un sol sableux de type dior repris par labour et hersage. L'alimentation minérale est assurée par épandage au labour de 100 unités de P205 et de K20, ainsi que par un apport d'azote sous forme d'urée, en trois fractionnements de 50 unités, au semis, au démariage, et au 35ème jour de culture. Un complément d'alimentation hydrique est apporté par aspersion, en cas de déficit pluviométrique. Le semis est effectué en poquets de 40 à 50 graines, le 10/07/73, chaque poquet est demarié manuellement pour ne laisser qu'une plante, entre le 10 et le 12ème jour de culture. L'entretien en cours de culture est réalisé manuellement.

Une bande de pollinisation est semée le 30/06/73 autour des parcelles de l'essai, pour éviter tout phénomène de stérilité dû au manque de pollen.

## 2.2. Dispositif expérimental

L'homogénéité médiocre du terrain expérimental, nous a conduit à adopter un dispositif en carré latin. L'expérience comporte quatre traitements et quatre répétitions, soit un total de 16 parcelles. La surface de chaque parcelle est de  $30 \text{ m}^2$ .

## 2.3. Traitements

Les traitements sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau I - Traitements

Traitements	1	2	3	4
distance en cm entre poquets, au semis	51 x 51	34 x 34	17 x 17	17 x 17
distance entre plantes en cm, à l'anthèse	51 x 51	34 x 34	17 x 17	34 x 34
densité théorique à la récolte en plantes/ha	38 500	86 500	346 000	86 500

Le traitement 1, témoin de l'essai, correspond à un couvert de faible densité pour lequel l'énergie lumineuse n'est jamais un facteur limitant.

Le traitement 2, a été choisi comme densité intermédiaire entre les traitements 1 et 3, afin de préciser la tendance des variations des paramètres étudiés, lorsque la densité augmente.

Le traitement 3 correspond à une très forte densité de culture, pour laquelle l'énergie lumineuse est inférieure à l'énergie critique à la base du couvert, pendant les formations de l'épi, et du grain.

Le traitement 4 est identique au traitement 3 jusqu'à l'anthèse. Au stade anthèse, la densité de plantes de ce traitement est divisée par quatre, par la suppression d'une ligne de culture sur deux, dans les deux sens de la parcelle. La formation de l'épi de talles de ce traitement, se passe en conditions déficitaires d'énergie lumineuse identique à celle du traitement 3, tandis que le grain se forme dans de bonnes conditions énergétiques.

La comparaison des traitements 1 et 3 doit permettre de déterminer l'influence d'un déficit énergétique sur le rendement, influence globale qui pourra être scindée en deux parties : la comparaison des traitements 1 et 4 caractérisent la formation de l'épi, et celle des traitements 3 et 4, la formation du grain.

## 2.4. Mesures

Des mesures de différents paramètres d'architecture des plantes sont effectuées sur chaque parcelle à partir du stade anthèse.

Des mesures d'énergie lumineuse moyenne résiduelle au niveau du sol sont réalisées au stade anthèse, à l'aide des pyranomètre linéaires type INRA décrit dans le chapitre 2.

Les principaux facteurs du rendement sont déterminés à la récolte.

### 3. RESULTATS.

#### 3.1. Energie lumineuse résiduelle à l'anthèse

Cette énergie a été évaluée entre 11 heures et 14 heures, pour une énergie lumineuse extérieure au couvert,  $E_0$  légèrement supérieure à 350 w/m<sup>2</sup>, pendant une période de 3 jours suivant l'anthèse.

Le tableau II donne la valeur moyenne de l'énergie résiduelle, enregistrée à la base du couvert, pour chaque traitement, et indique le niveau moyen dans le couvert, à partir duquel l'énergie lumineuse est égale à l'énergie critique.

Tableau II : Energie résiduelle

Traitements	1	2	3	4
Er : énergie lumineuse résiduelle à la base du couvert, en w/m <sup>2</sup> entre 400 et 750 nm, pour une énergie extérieure $E_c = 350$ w/m <sup>2</sup>	132	50	0	168
Er-Ec ( $E_c = 140$ w/m <sup>2</sup> )	-8	-90	-140	+128
Niveau dans le couvert pour lequel Er = Ec, en cm à partir de la base du couvert	10	40	75	—

Les mesures de Er ont été réalisées pour chaque traitement, sur 2 répétitions.

Er a été déterminé pour le traitement 4, après le démariage.

L'énergie lumineuse à la base du traitement 3 n'est pas décelable par les pyranomètres.

Nous pouvons donc considérer qu'elle se situe entre 0 et 2 W/m<sup>2</sup>. Le déficit lumineux du couvert 3 intéresse toute la partie du couvert situé entre le sol et 75 cm, soit approximativement près de 60% de la surface foliaire du couvert.

L'énergie lumineuse est largement excédentaire à la base du traitement 4. Nous pouvons considérer que le couvert du traitement 1 ne subit pas de déficit lumineux, car l'énergie résiduelle est égale à l'énergie critique à 10 cm du sol. Or, la première strate foliaire de ce matériel est à 13 cm en moyenne.

Le couvert 2 est en léger déficit lumineux. Ce déficit intéresse les 40 cm de la base du couvert. On peut estimer qu'il atteint environ 15 à 20% de la surface foliaire du couvert.

La différence Er-Ec, montre que les couverts 1 et 4 absorbent pratiquement la totalité de l'énergie lumineuse utile, et ont donc un comportement très proche vis-à-vis de la lumière.

### 3.2. Quelques caractéristiques végétatives des plantes.

Nous avons consigné dans le tableau 3 quelques résultats relatifs aux densités des couverts des différents traitements, ainsi qu'en rendement en paille.

L'analyse de la densité de talles au 43ème jour de culture, c'est-à-dire au stade anthèse, après éclaircissage du traitement 4, montre que les traitements 1 et 2 ont un comportement identique, qui correspond à l'élimination d'un peu plus de 1% des plantes pendant les 43 premiers jours de culture.

Le traitement 3, par contre, a perdu dans la même période, environ quatre fois plus de plantes que le témoin, sur une même base de 100 plantes.

L'éclaircissage du traitement 4 s'est traduit par l'élimination de près de 9 plantes sur 100, si on le compare au traitement 3.

L'analyse de la densité de talles à la récolte (75ème jour de culture) fait apparaître une différence très nette de comportement entre les traitements 1 et 2. En effet, pour 100 plantes, le couvert du traitement 2 a éliminé plus de trois fois plus de plantes que celui du témoin. Cette différence n'intéresse que la phase post-anthèse du cycle du traitement 2.

L'élimination de plantes entre le 43ème et le 75ème jour est considérable pour le traitement 3 où elle atteint 26%, alors qu'elle n'est que de 14% pour le traitement 4, pendant la même période.

Tableau III : Quelques caractéristiques végétatives des plantes.

Traitements	1	2	3	4
Pourcentage de plantes manquantes à l'anthèse (43ème jour)	1,1	1,1	4,2	13,0
Pourcentage de plantes manquantes à la récolte (45ème jour)	4,9	18,4	30,6	27,4
Nombre de talles par plante à la récolte	3,79	2,64	1,02	1,20
Poids de paille à 0% d'humidité en kg/ha à la récolte	5 541	6 391	6 744	1 556
Poids moyen de paille d'une plante en g, à la récolte	151,7	90,5	27,5	25,1
Poids moyen de paille d'une talle en g, à la récolte	40,0	34,3	27,5	20,9

L'élimination de plantes pendant la phase post-anthèse est, pour une même base de calcul de 100 plantes, plus faible pour le traitement 4 que pour le traitement 2; mais le traitement 4 élimine beaucoup plus de plantes que le témoin.

Le tallage diminue très rapidement avec la densité entre les traitements 1 et 2. Il est pratiquement inexistant à la densité du traitement 3. Deux plantes sur 10 présentent une talle dans le cas du traitement 4.

Le poids de paille à 0% d'humidité à la récolte augmente avec la densité entre les traitements 1, 2 et 3. Cette augmentation est beaucoup plus forte entre les traitements 1 et 2 que 2 et 3. Le rendement en paille du traitement 4 est inférieur au quart de celui du traitement 3.

Le poids moyen d'une plante chute entre les traitements 1 et 2 de manière importante. Cette chute est considérable entre les densités 2 et 3, bien que le tallage des plantes du traitement 4 soit supérieur à celle du traitement 3, le poids de paille d'une plante est légèrement plus élevé pour ce dernier traitement.

Le poids moyen de paille d'une talle diminue avec la densité de culture. Il est nettement plus élevé pour une talle du traitement 3 que du traitement 4.

### 3.3. Architecture des talles.

#### 3.3.1. Quelques caractéristiques biométriques

Les mesures biométriques, dont les résultats figurent dans le tableau 4, ont été commencées au stade anthèse, des couverts des différents traitements. Certaines des mesures effectuées étant très longues (mesure de surface et d'angle foliaire en particulier), la totalité des répétitions n'a pas été étudiée, bien que le travail ait été poursuivi jusqu'à la récolte. Nous avons mené de front l'étude des 4 traitements, pour caractériser un état standard comparable des plantes, que l'on peut définir comme état moyen entre l'anthèse et la récolte.

Lorsque la densité augmente, (traitements 1, 2 et 3) la longueur moyenne des tiges augmente, puis semble se stabiliser. L'augmentation de la densité se traduit par contre, par une réduction du diamètre de la tige.

Comparées au traitement 3, les tiges du traitement 4 sont plus fines et plus courtes.

Les traitements 3 et 4 présentent deux étages fonctionnels de moins que les traitements 1 et 2.

Tableau IV : Quelques caractéristiques biométriques  
des talles entre l'anthèse et la récolte

Traitements	1	2	3	4
Longueur de tige sous épis, en cm	87,2	101,1	98,7	94,0
Diamètre de tige sous épis, en cm	0,78	0,72	0,66	0,60
Nombre total d'étages foliaires	12,5	11,8	10,1	10,0
Nombre d'étages foliaires vivants	8	8	6	6
Surface foliaire vivante d'une talle, en cm <sup>2</sup>	1 055	944	707	694
Surface foliaire vivante d'une talle projetée sur un plan horizontal, en cm <sup>2</sup>	650	573	406	444
Surface foliaire moyenne d'une feuille vivante, en cm <sup>2</sup>	132	118	118	116
Angle foliaire moyen d'une talle, par rapport à l'horizontale	52°	51°	55°	50°

La surface foliaire vivante totale d'une talle diminue avec la densité. Elle est comparable pour les traitements 3 et 4. Par contre, si la surface projetée suit les mêmes variations, elle est nettement supérieure pour les talles du traitement 4, que 3.

La surface moyenne d'une feuille, varie peu avec la densité, elle est équivalente par les traitements 2, 3 et 4, et paraît légèrement supérieure pour le traitement 1.

L'angle foliaire moyen des talles semble augmenter avec la densité. Les feuilles du traitement 3 sont nettement plus dressées que celles du traitement 4.

### 3.3.2. Densité critique

La densité critique est calculée selon la formule

$$d_c = \frac{10^8}{\bar{S}} \log e \left[ \frac{E_o}{E_c} \right]$$

$$E_o = 350 \text{ W/m}^2 \text{ et } E_c = 140 \text{ W/m}^2$$

$\bar{S}$  est la surface foliaire moyenne projetée d'une talle en cm<sup>2</sup>. Le facteur  $10^8$  permet d'obtenir un résultat en talles par hectare. Les résultats sont consignés dans le tableau V.

Tableau V : Densité critique des différents traitements

Traitements :	1	2	3	4
Densité critique en nombre de talles/ha	317 100	359 700	507 600	464 200

La densité critique calculée, augmente avec la densité observée. Elle est plus faible pour les talles du traitement 3 que 4.

#### 3.4. Rendement en grain, et facteurs du rendement (tableau VI)

Le rendement en grain diminue avec la densité, entre les traitements 1, 2 et 3. Le rendement du traitement 4 est très proche de celui du traitement 3, alors que la densité de culture de ce dernier est quatre fois plus élevée.

Tableau VI : Caractéristiques générales du rendement

Traitements	1	2	3	4
Rendement en grain en kg/ha à 0 % d'humidité	891	737	260	497
Pourcentage de talles non épiées	3,92	28,17	19,26	2,64
Nombre d'épis par hectare	133 000	133 900	197 800	72 600
Nombre d'épis fertiles par hectare	129 500	124 100	177 000	70 000
Nombre d'épis stériles par hectare	3 500	9 800	20 800	2 600
Pourcentage de talles fertiles	93,6	66,6	72,3	93,8

#### 3.4.2. Caractéristiques de l'épi.

Les différentes caractéristiques de l'épi, que nous avons mesurées à la récolte, figurent dans le tableau VII.

Tableau VII : Caractéristiques de l'épi

Traitements	1	2	3	4
Longueur moyenne d'un épi en cm	40,7	35,1	33,0	30,4
Diamètre moyen d'un épi en cm	2,0	2,0	1,6	1,6
Surface moyenne d'un épi assimilé à un cylindre en cm <sup>2</sup>	256	221	166	153
Indice d'épi fertile	0,33	0,27	0,29	0,11

La longueur moyenne des épis diminue avec la densité du traitement 1 au traitement 3. Les épis du traitement 4 sont légèrement plus courts que ceux du traitement 3.

Le diamètre des épis est identique pour les traitements 1 et 2, et pour les traitements 3 et 4. Ce diamètre diminue de manière importante entre les traitements 2 et 3.

La surface moyenne d'un épi, calculée en l'assimilant à un cylindre, diminue avec la densité du traitement 1 au traitement 3. Les épis du traitement 3 ont une surface plus importante que ceux du traitement 4.

L'indice d'épi fertile, est la surface des épis fertiles, développée par le couvert, par unité de surface du sol. Cet indice est supérieur à tous les traitements, pour le traitement témoin. L'indice d'épi semble diminuer avec la densité, puis augmenter légèrement : il est supérieur au quart de la valeur obtenue pour le traitement 3, dans le cas du traitement 4.

#### 3.4.3. Caractéristiques de remplissage de l'épi.

Les principaux facteurs de remplissage des épis caractérisent la formation du grain, sont consignés dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Caractéristiques de remplissage des épis.

Traitements	1	2	3	4
Poids de grains par épi en g	6,88	5,94	3,16	7,11
Poids de 100 grains en g	6,21	6,48	5,08	6,15
Nombre de grains par épi	1 108	917	622	1 156
Nombre de grains par cm <sup>2</sup> d'épi	4,3	4,1	3,7	7,6

Le poids de grain par épi est faible pour le traitement témoin, il diminue rapidement du traitement 1 au traitement 3. Les épis du traitement 4 sont plus de deux fois mieux remplis que ceux du traitement 3. Le remplissage des épis du traitement 4 est légèrement supérieur au témoin.

Le poids de 1000 grains augmente entre les traitements 1 et 2, et diminue de manière importante entre les traitements 2 et 3. Les grains formés sur les parcelles du traitement 4 sont nettement plus gros que ceux du traitement 3, et légèrement plus petits que ceux du témoin.

Le nombre de grains par épi diminue rapidement avec la densité. Les épis du traitement 4 ont un peu plus de grains que ceux du traitement témoin.

La densité de grains diminue également avec la densité, elle est beaucoup plus importante pour le traitement 4 que pour le 3.

#### 4. DISCUSSION

##### 4.1. Energie résiduelle.

Les mesures de l'énergie lumineuse résiduelle effectuées à la base des couverts de chaque traitement, au stade anthèse, indiquent que : le traitement 1 n'est pas limité par l'énergie lumineuse, les strates foliaires de la base du couvert recevant une énergie supérieure à l'énergie critique. Par contre, un déficit lumineux apparaît à la base du couvert du traitement 2. Les feuilles de la base du traitement 3 sont sous un régime lumineux très déficitaire; l'énergie reçue par ces feuilles ne permet pas de déclencher la photosynthèse. Le traitement 4 en déficit lumineux identique au traitement 3, jusqu'à l'anthèse, est placé en condition énergétique excédentaire à partir de l'anthèse, et peut alors être considéré comme un ensemble de plantes isolées.

##### 4.2. Caractéristiques végétales du couvert.

Par rapport au traitement témoin, le couvert du traitement 2 n'est pas modifié jusqu'à l'anthèse, mais, à partir de l'anthèse, et jusqu'à la récolte, un nombre important de plantes disparaissent. Pour le déficit lumineux important du traitement 3, la modification de densité de plantes intervient avant l'anthèse et s'accroît de manière importante après l'anthèse. L'éclaircissement du traitement 4 se traduit par une diminution de la densité de plantes due aux difficultés opératoires dans un couvert très dense. Néanmoins, si le taux plus élevé de perte de plantes dans la phase post-anthèse par rapport au témoin peut aussi s'expliquer par des effets mécaniques dus à l'éclaircissement, il est aussi possible que le changement brutal de régime lumineux puisse provoquer des réactions chez certaines plantes.

Une modification de densité du couvert, par disparition de plantes, apparaît avec un faible déficit lumineux et s'accroît considérablement lorsque le déficit augmente.

La densité du couvert est également modifiée par diminution du tallage, dès l'apparition d'un déficit lumineux; cette compensation de densité ne joue plus pour les déficits lumineux importants, où nous ne trouvons plus qu'une talle par plante. La comparaison du tallage à la récolte des traitements 3 et 4 montre que la

suppression du déficit lumineux à l'anthèse, a permis le développement de quelques talles qui ont été éliminées après l'anthèse pour le traitement 3.

La variation du poids moyen de paille d'une talle, à la récolte entre les traitements 1, 2 et 3 montre que la talle subit des modifications très importantes lorsque le déficit lumineux croît. Ces modifications tendent à réduire le développement de la paille, donc la densité apparente du couvert. L'augmentation du rendement en paille des traitements avec le déficit lumineux, est lié à l'augmentation très importante du nombre de talles à la récolte avec la densité du semis.

La comparaison du poids de paille des traitements 3 et 4 indique que le changement brutal de régime énergétique du traitement 4 à l'anthèse doit provoquer un arrêt de croissance végétative immédiat des talles, par contre le déficit lumineux persistant du traitement 3 permet une continuation de la croissance, des 50 % de talles qui n'ont pas encore atteint le stade anthèse, au moment du stade anthèse du couvert.

#### 4.3. Architecture des talles.

##### 4.3.1. Caractéristiques biométriques.

La comparaison de l'aspect moyen d'une talle entre l'anthèse et la récolte pour les différents traitements, montre qu'une modification générale de l'architecture des talles se produit dès l'apparition d'un déficit lumineux, et s'accroît avec celui-ci. Ces modifications vont dans le sens d'une diminution de l'encombrement de la talle, donc de la densité apparente du couvert; elles expliquent la variation du poids de paille.

En effet, lorsque la densité, et corrélativement, le déficit lumineux augmentent le diamètre des tiges et la surface foliaire des talles diminuent rapidement. On peut noter, que dans le même temps, la hauteur moyenne des tiges augmente, ce qui semble traduire un phénomène d'étiollement.

L'explication de la diminution de la surface foliaire des talles semble due à une réduction de surface puis à une disparition progressive des feuilles de la base des talles lorsque l'énergie est insuffisante.

Notons enfin que les feuilles paraissent plus érigées aux fortes densités, ce qui semble traduire un simple phénomène mécanique provoqué par le faible espace séparant deux plantes.

Nous pouvons relier l'encombrement plus faible dans son ensemble des talles du traitement 4 au phénomène d'arrêt de croissance à l'anthèse, vu dans le paragraphe précédent. Notons que, les talles du traitement 4 peuvent être considérées comme isolées après l'anthèse, ce qui se traduit par un angle foliaire moyen plus faible que dans le cas du traitement 3 et explique la différence importante de surface projetée de ces deux traitements.

##### 4.3.2. Densité critique

La densité critique devant être calculée d'après des mesures biométriques réalisées sur plantes isolées au stade anthèse, la densité critique du traitement 1 ne caractérise pas la population synthétique  $1472 \times 1133$ , puisque les mesures ont été effectuées jusqu'à la récolte, elle caractérise la transformation que la plante a subi dans une communauté trop dense.

Les modifications d'architecture, entraînées par l'augmentation du déficit lumineux, se traduisent par une augmentation de la densité critique, c'est-à-dire par une diminution d'encombrement de talles vis-à-vis de l'énergie lumineuse.

Il est nécessaire de rappeler que ces densités critiques calculées sont celles de variétés de mil, dont les talles auraient au stade anthèse sur des plantes isolées la même architecture que celle des talles des traitements étudiés.

La plus faible densité critique du traitement 4 comparé au traitement 3, traduit l'augmentation de surface foliaire projetée de ce premier traitement par rapport au second.

#### 4.4. Rendement en grain et facteurs du rendement à la récolte

##### 4.4.1. Caractéristiques générales du rendement

Bien que le rendement du témoin soit faible, nous pouvons conclure à une diminution du rendement en grains à la récolte dès l'apparition d'un déficit lumineux. La croissance du déficit lumineux provoque une diminution du rendement en grain.

Le niveau du rendement en grains du traitement 4, montre que la suppression du déficit lumineux pendant la période post-anthèse du cycle augmente d'un facteur 3 le rendement, si on le compare au quart du rendement obtenu pour le traitement 3.

Le fait qu'aucune corrélation n'existe entre le rendement de différents traitements et les caractéristiques générales du rendement (nombre d'épis fertiles, stériles etc...), est dû, semble-t-il, à la stérilité importante du matériel végétal étudié, pour lequel il aurait fallu définir de nombreuses classes de fertilité pour classer les épis.

##### 4.4.2. Caractéristiques de l'épi

Bien que peu important, le déficit lumineux du traitement 2 s'accompagne d'une réduction de la longueur de l'épi, mais ne modifie pas le diamètre moyen de l'épi. Un déficit lumineux important (traitement 3) provoque une diminution importante de la longueur et du diamètre de l'épi. Il semble que comme nous l'avons vu précédemment, un arrêt de croissance ait provoqué une différence de largeur d'épi entre les traitements 3 et 4.

En conséquence, les épis formés dans les couverts ont une surface d'autant plus faible que le déficit lumineux au stade anthèse est important.

Les variations de l'indice d'épi avec la densité montre que l'augmentation du nombre d'épis à la récolte ne compense pas la diminution de la surface moyenne d'un épi. Par contre, bien que la surface des épis du traitement 4 soit plus faible que celle du traitement 3, l'indice d'épis du traitement 4 est très supérieur au quart de celui du traitement 3, car le nombre d'épis par hectare récolté sur les parcelles 3 n'est que 2,5 fois plus faible que celui des parcelles 4.

##### 4.4.3. Caractéristiques de remplissage de l'épi.

Le déficit lumineux affecte dès son apparition le poids de grains par épi, en modifiant la densité de grains formés par cm<sup>2</sup> d'épi,

ainsi que le nombre de grains total formés par épi.

Le poids de 1000 grains n'est diminué que pour un déficit lumineux très important.

Le poids de grains par épi, du traitement 4 est supérieur au témoin et plus de deux fois plus important que celui du traitement 4. Ceci met en évidence un très net défaut de formation de grain lorsque l'énergie lumineuse de la phase post-anthèse du cycle est déficitaire.

Si le poids de 1000 grains du traitement 4 est proche de celui du témoin, le nombre de grains par épi est comparable pour ces deux traitements alors que les épis du traitement 4 ont une surface beaucoup plus faible que ceux du témoin. Il en résulte une densité de grains presque deux fois supérieure pour le traitement 4. En conséquence, la dimension de l'épi du témoin n'est pas un facteur limitant du rendement. Les facteurs que nous avons étudiés n'expliquent pas la faible densité de grains des épis du témoin. En dehors d'une limite photosynthétique de production du traitement 1, il semble que les modifications du couvert 4 à l'anthèse aient pu provoquer une levée de stérilité.

## 5. CONCLUSIONS

Le déficit lumineux même de faible importance se traduit dans un couvert par une modification des densités de plantes et de talles, ainsi que par la réduction de l'encombrement des talles, dont l'architecture est modifiée. Ces phénomènes de compensation de densité croissent avec le déficit lumineux. Ils correspondent au niveau du couvert à une réduction du tallage, suivi pour les fortes densités d'une suppression de plantes; et au niveau de la talle, à une diminution du diamètre des tiges, et de la surface foliaire. Il apparaît donc possible de tester la densité d'un champ de mil d'un point de vue purement agronomique, en mesurant l'énergie lumineuse disponible à la base du couvert, au stade anthèse, ou en comparant par des mesures simples les talles du couvert, avec celles de la bordure que la densité ne doit pas modifier. Ceci bien entendu dans le cas où l'alimentation minérale et hydrique ne sont pas des facteurs limitant.

Le déficit lumineux limite de manière importante la formation de l'épi, en réduisant sa surface. Néanmoins, la stérilité du matériel étudié ne nous permet pas de définir de relation entre le rendement, et à défaut de formation de l'épi.

Le rendement en grain est limité par un déficit lumineux pendant la formation du grain. Le premier facteur affecté par le déficit lumineux est le nombre d'ovules qui se transforment en grains. Le poids de 1000 grains, c'est-à-dire le remplissage du grain n'est affecté que pour un déficit lumineux très important.

## CHAPITRE 4

RELATIONS ENTRE LA DENSITE OPTIMUM DE CULTURE D'UNE  
POPULATION DE MIL AMELIOREE ET LA DENSITE CRITIQUE.1. INTRODUCTION

Nous avons vu dans les chapitres précédents que, au delà de la densité critique, le déficit énergétique lumineux, provoque une modification de l'architecture des talles, et une chute du rendement en grain.

Il est logique en conséquence de penser que la densité critique calculée donne une idée précise de la densité agronomique optimale, en remplaçant bien entendu dans des conditions d'alimentation minérale et hydrique non limitantes.

Nous avons cherché dans cette expérience à vérifier cette proposition et à préciser les modifications subies par un couvert lorsque la densité augmente.

Des contraintes de travail nous ont imposé un protocole expérimental simplifié et nous avons adopté un essai non randomisé ne permettant que de dégager les tendances générales de variation des facteurs étudiés.

2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL2.1. Matériel et culture

Le matériel végétal est celui décrit dans le chapitre 3. Le mode de culture utilisé correspond également à celui du chapitre précédent. L'essai est semé le 30/07/73 en poquets d'une trentaine de graines. Il s'agit donc d'un semis très tardif. Les poquets sont démarrés à 1 plante.

2.2. Traitements

L'essai comporte 5 parcelles de 56 m<sup>2</sup> correspondant aux 5 traitements dont le détail est consigné dans le tableau I. Comme dans le cas de l'expérience précédente la rectangularité de semis est de 1 (même distance entre ligne et entre poquets).

Tableau I : Description des traitements

Traitements	1	2	3	4	5
Distance entre poquets au semis, en cm	60 x 60	30 x 30	25 x 25	20 x 20	15 x 15
Densité de plantes par hectare au semis	27 800	111 000	160 000	250 000	444 000

### 2.3. Mesures

Nous avons effectué en cours de culture, au stade anthèse les mesures biométriques permettant de définir la densité critique, sur des talles de la parcelle témoin (traitement 1).

Des mesures biométriques et des mesures de facteurs du rendement sont effectuées à la récolte pour chaque traitement.

## 3. RESULTATS

### 3.1. Développement végétatif

#### 3.1.1. Quelques caractéristiques végétatives du couvert à la récolte.

Les caractéristiques végétatives des couverts, que nous avons mesurées sont citées dans le tableau 2.

Tableau II : Caractéristiques des couverts à la récolte

Traitements :	1	2	3	4	5
Nombre de plantes par hectare à la récolte	25 000	96 100	125 100	167 200	230 800
% de plantes manquantes	10,1	13,4	21,8	33,1	48,0
Nombre de talles à la récolte/ha	97 500	234 500	208 900	183 900	235 500
Nombre de talles par plantes	3,90	2,44	1,67	1,10	1,02
Poids de paille à la récolte en kg/ha à 0 % d'humidité	4 179	6 373	3 365	2 339	1 401

Le nombre de plantes à la récolte diminue très rapidement avec la densité; le nombre de plantes éliminées lorsque la densité augmente pouvant atteindre près de 50 % du nombre de plantes semées pour la plus forte densité (Figure 1 et 2).

Le nombre de talles à la récolte augmente très rapidement entre les densités 1 et 2 et semble se stabiliser autour d'une valeur moyenne de 215 700 talles par hectare entre les traitements 2 et 5 (Figure 3).

Le coefficient de tallage des plantes isolées (traitement 1) est proche de 4. Le tallage diminue rapidement avec la densité pour devenir inexistant aux fortes densités (traitements 4 et 5).

Le poids de paille à la récolte (figure 5) augmente considérablement avec la densité entre les traitements 1 et 2; il diminue ensuite très rapidement jusqu'à la densité 3 et semble se stabiliser en diminuant progressivement de la densité 3 à la densité 5.

### 3.1.2. Quelques caractéristiques végétatives des talles à la récolte

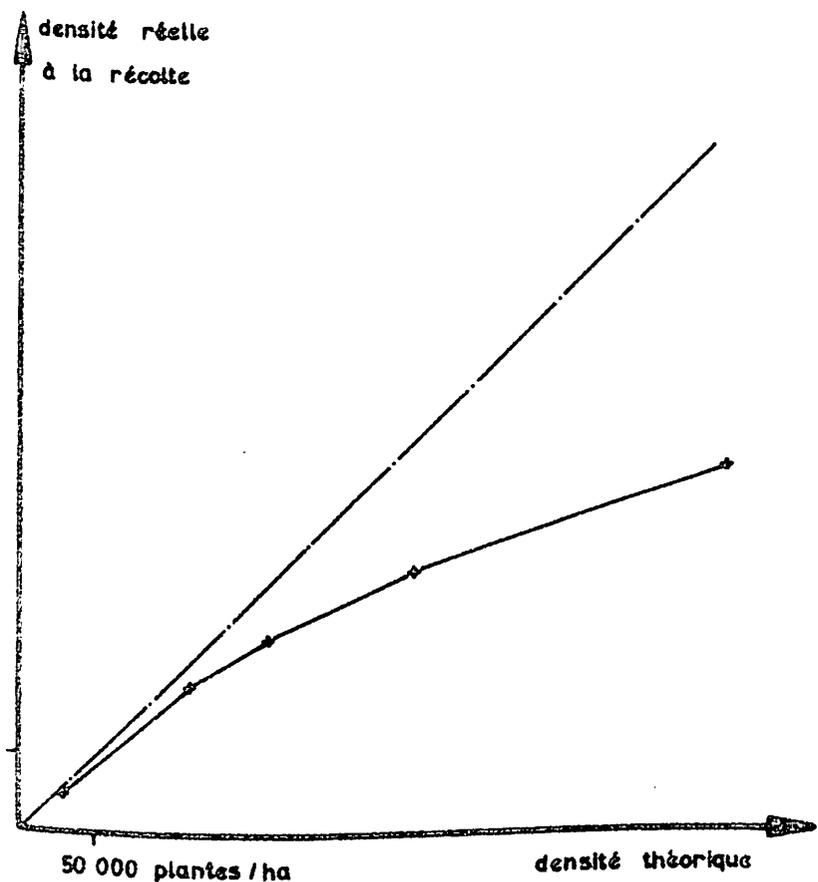
Quelques caractéristiques végétatives ont été mesurées sur les talles de chaque traitement, à la récolte. Les résultats sont consignés dans le tableau III.

Tableau III : Caractéristiques des talles à la récolte

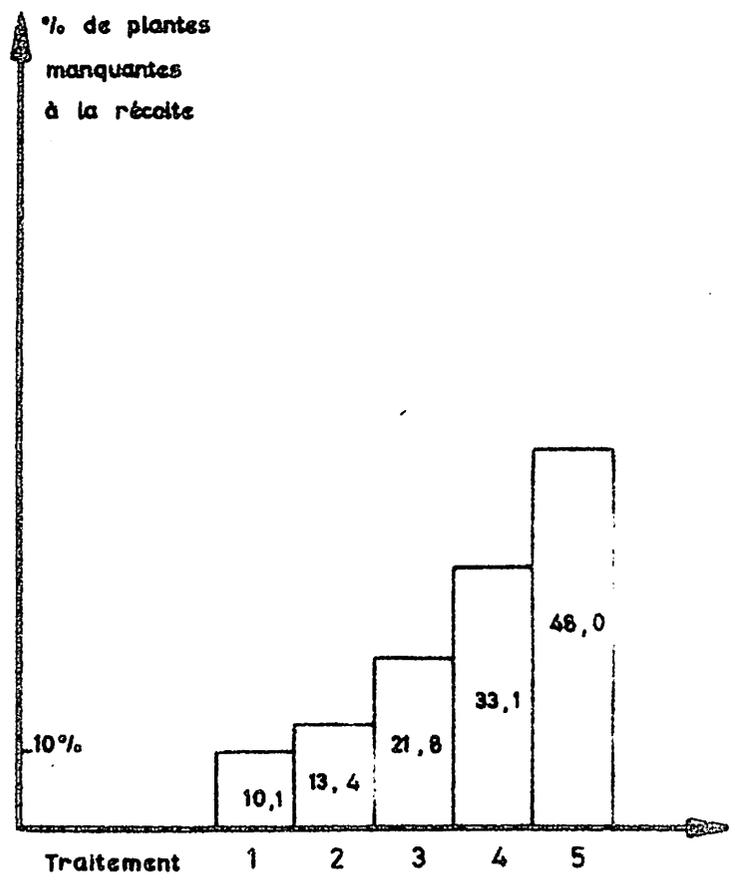
Traitements	1	2	3	4	5
Hauteur totale d'une talle en cm	119,6	130,3	132,1	118,6	99,6
Hauteur de tige sous épis en cm	88,0	98,0	103,3	92,8	77,8
Diamètre de tige sous épis en cm	0,91	0,75	0,74	0,62	0,52
Poids de paille d'une talle en g	42,9	27,2	16,1	12,7	5,9

La hauteur totale d'une talle augmente avec la densité jusqu'à la densité 3, puis diminue rapidement. Nous verrons dans les paragraphes suivants les variations de longueur d'épis qui expliquent en partie celle de hauteur des talles.

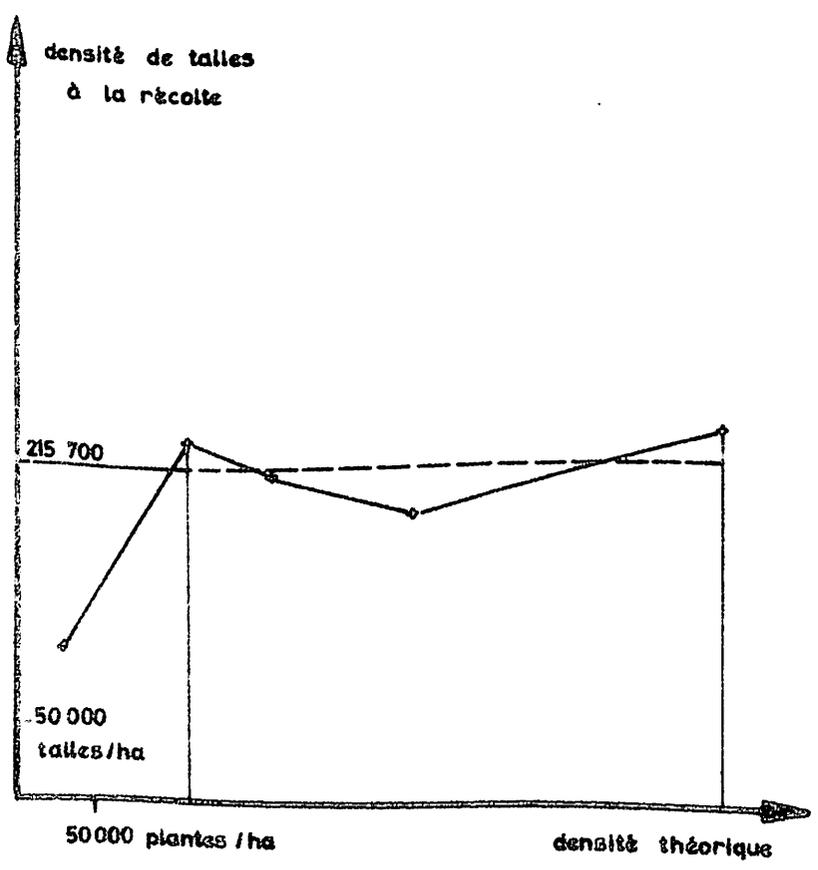
Les variations de hauteur de tiges sont identiques aux variations de hauteur de talles, avec la densité. Les tiges de la densité 5 sont plus courtes que celles du témoin.



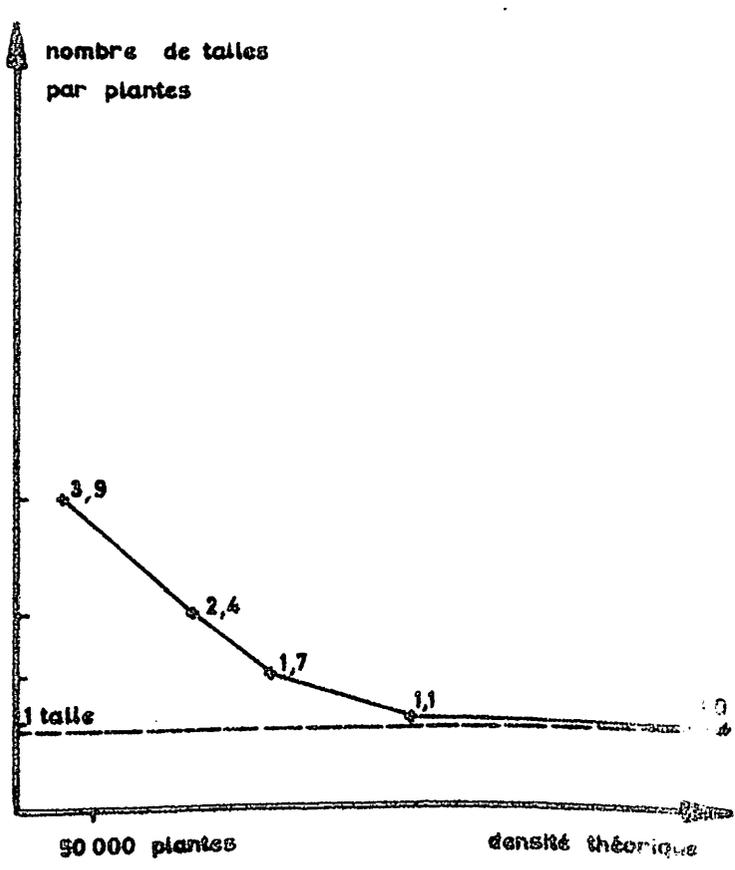
— Figure 1 —



— Figure 2 —



— Figure 3 —



— Figure 4 —

rendement en paille à 0% d'humidité

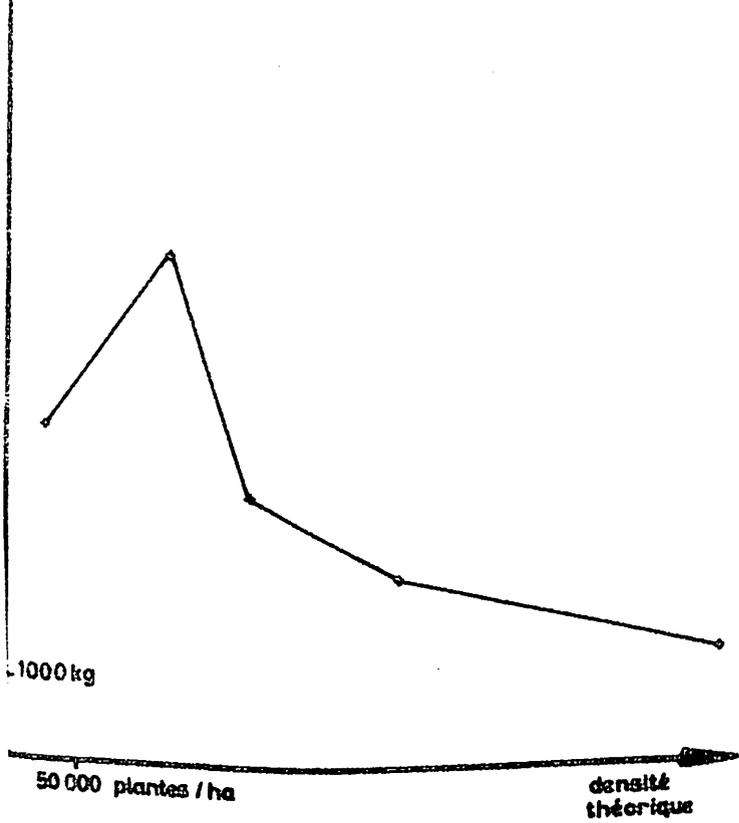


Figure 5

hauteur de tiges sous épis

diamètre de tige sous épis

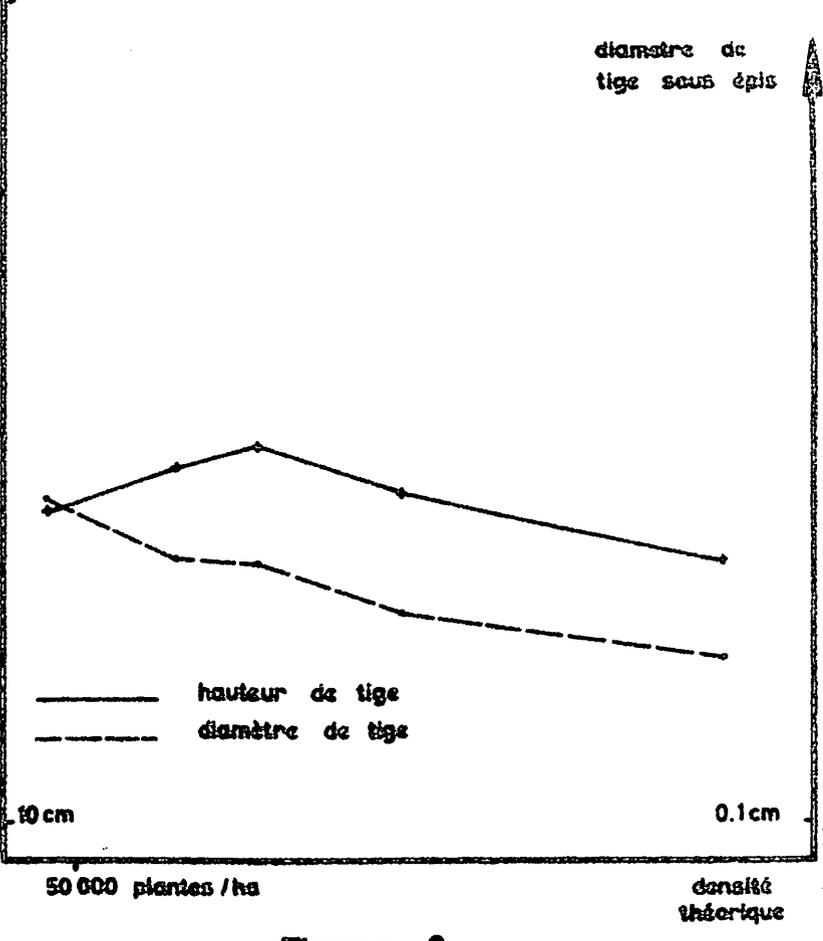


Figure 6

poids de paille d'une talle

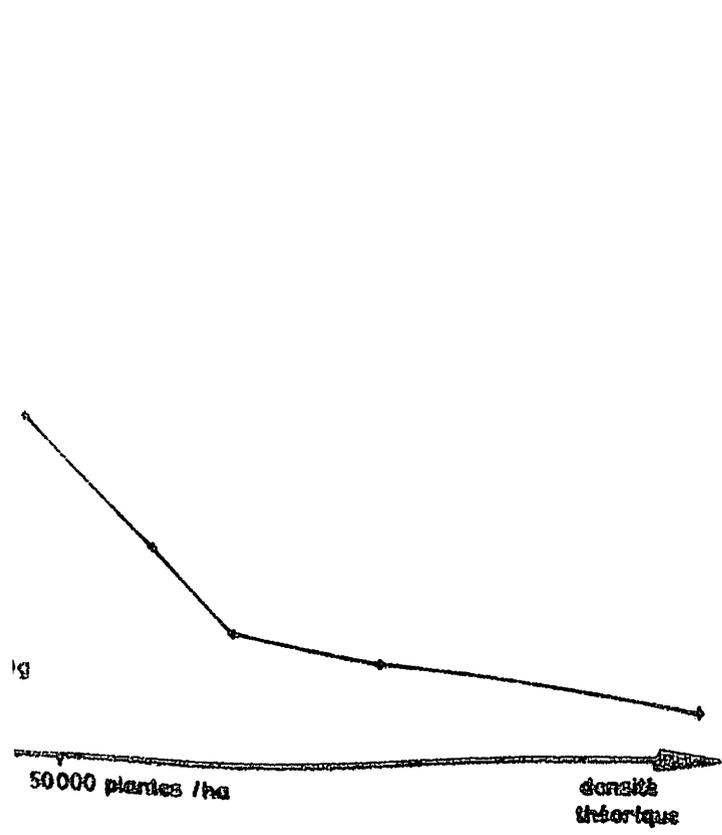


Figure 7

rendement en grain à 0% d'humidité

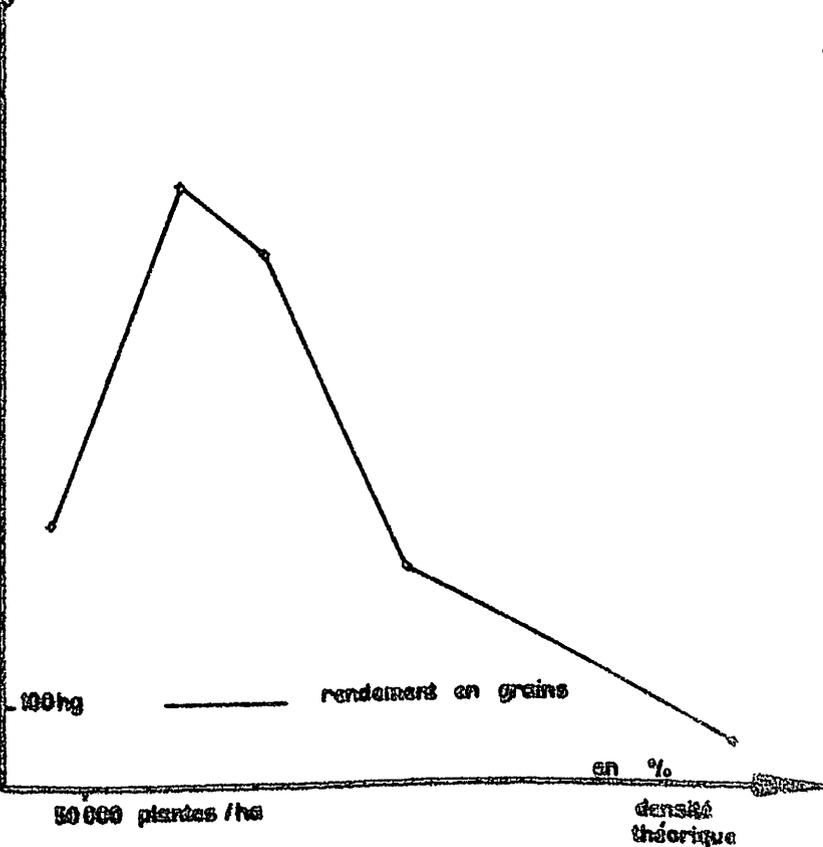


Figure 8

Le diamètre des tiges sous épi diminue avec la densité. Cette diminution est très marquée entre le traitement 2 et le témoin.

Le poids de paille d'une talle diminue fortement entre le témoin et les densités 2 et 3, puis diminue plus progressivement entre les densités 3 et 5 (Figure 7)

### 3.2. Rendement en grain

#### 3.2.1. Quelques caractéristiques générales du rendement.

Les caractéristiques d'épiaison du couvert des différents traitements, et le rendement en grain figurent dans le tableau IV.

Tableau IV : Caractéristiques générales du rendement à la récolte

Traitements	1	2	3	4	5
Rendement en kg/ha de grains à 0% d'humidité	322	750	661	265	56
Nombre total d'épis par hectare	94 700	115 800	150 100	122 800	136 500
Nombre d'épis fertiles par hectare	23 300	69 500	85 500	73 200	46 300
Nombre d'épis stériles par hectare	67 400	46 300	66 600	49 600	90 200

Le rendement en grain est très faible sur tous les traitements; il augmente de manière très importante entre les densités 1 et 2, diminue légèrement entre les densités 2 et 3, et continue à diminuer jusqu'à la densité 5 où il atteint une valeur très basse (figure 8).

Nous avons cité pour mémoire les caractéristiques d'épiaison des couverts à la récolte, car comme dans l'expérience précédente (chapitre 3) aucune relation ne semble exister entre le rendement en grain, et les variations avec la densité du nombre d'épis ou du % de talles fertiles etc... Nous noterons cependant le faible nombre d'épis fertiles quel que soit la densité.

#### 3.2.2. Quelques caractéristiques de l'épi à la récolte.

Les résultats sont consignés dans le tableau V et interprétés dans les figures 9 et 10.

Tableau V : Caractéristiques des épis à la culture

Traitements	1	2	3	4	5
Longueur moyenne d'un épis en cm	31,5	32,4	28,8	25,9	21,8
Diamètre moyen d'un épis en cm	1,56	1,59	1,40	1,38	1,05
Surface moyenne d'un épis assimilé à un cylindre en cm <sup>2</sup>	154,4	161,8	126,7	112,3	71,9
Indice d'épis fertiles	0,36	1,12	1,08	0,82	0,33

indice d'épis = surface d'épis fertiles par hectare.

Les épis du traitement 2 sont en moyenne légèrement plus larges que ceux du traitement 1. La longueur des épis diminue ensuite de manière importante avec la densité.

Le diamètre des épis du traitement 2 est un peu plus important que celui des épis du témoin. Comme pour la longueur, le diamètre diminue lorsque la densité augmente entre les traitements 2 et 5.

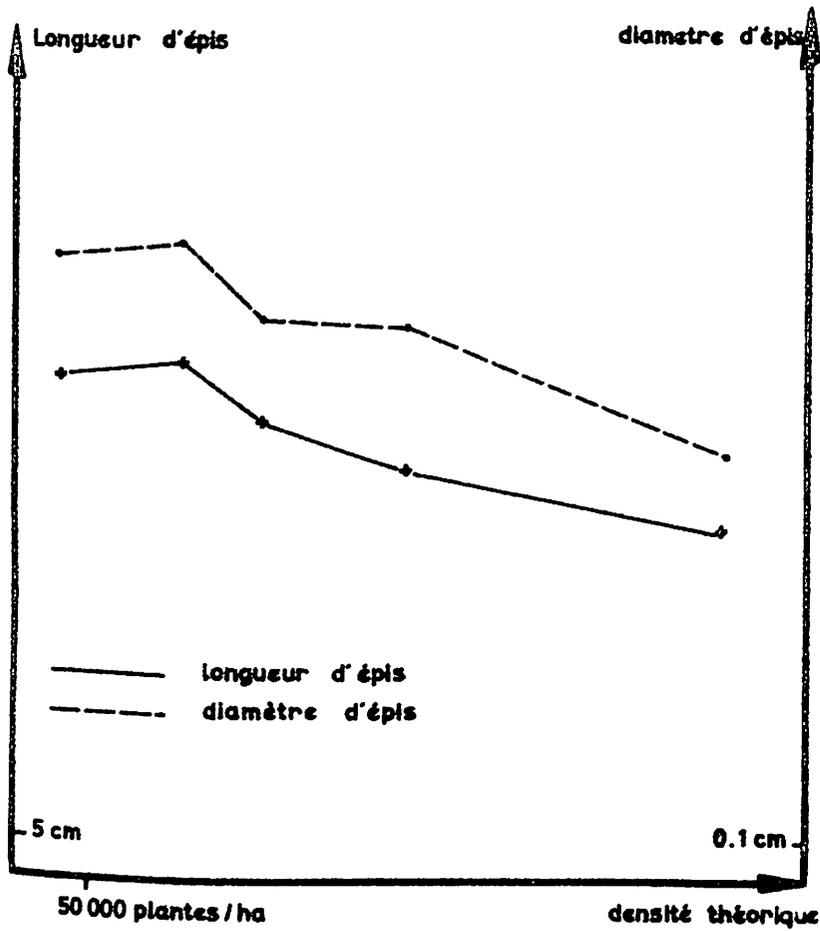
Il résulte des deux facteurs précédents une augmentation de la surface de l'épi de la densité 1 à la densité 2 suivie d'une diminution importante de surface du traitement 3 au traitement 5.

Longueur, diamètre et surface d'épi sont plus faibles pour le traitement 3 que pour le témoin de l'expérience.

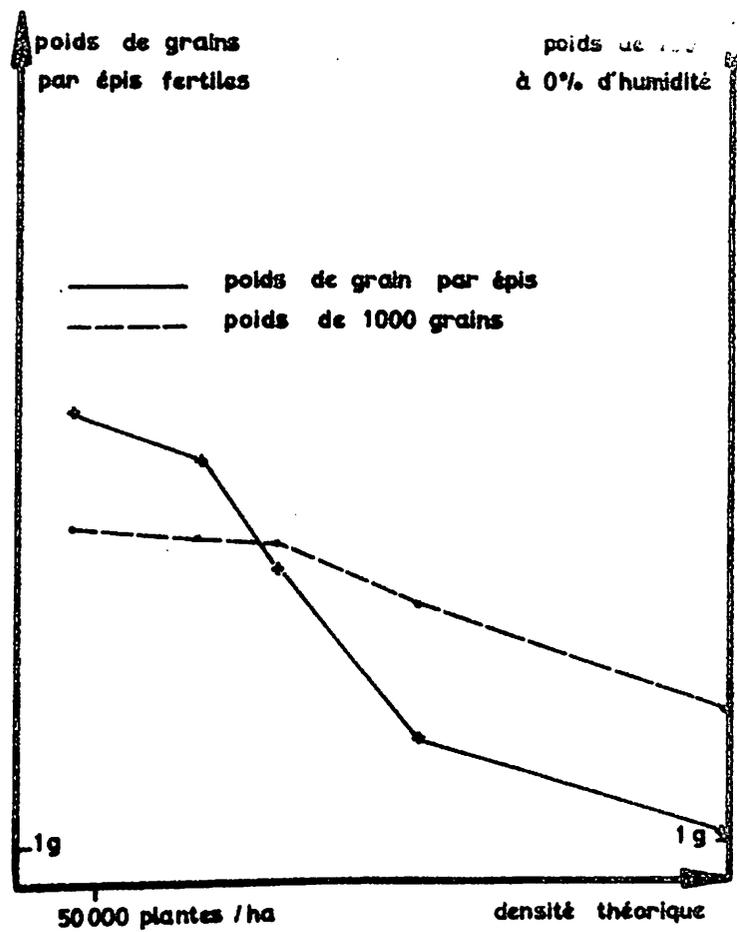
L'indice d'épi fertile (voir chapitre 3) augmente de la densité 1 à la densité 2, puis diminue jusqu'à la densité 5.

### 3.2.3. Formation du grain

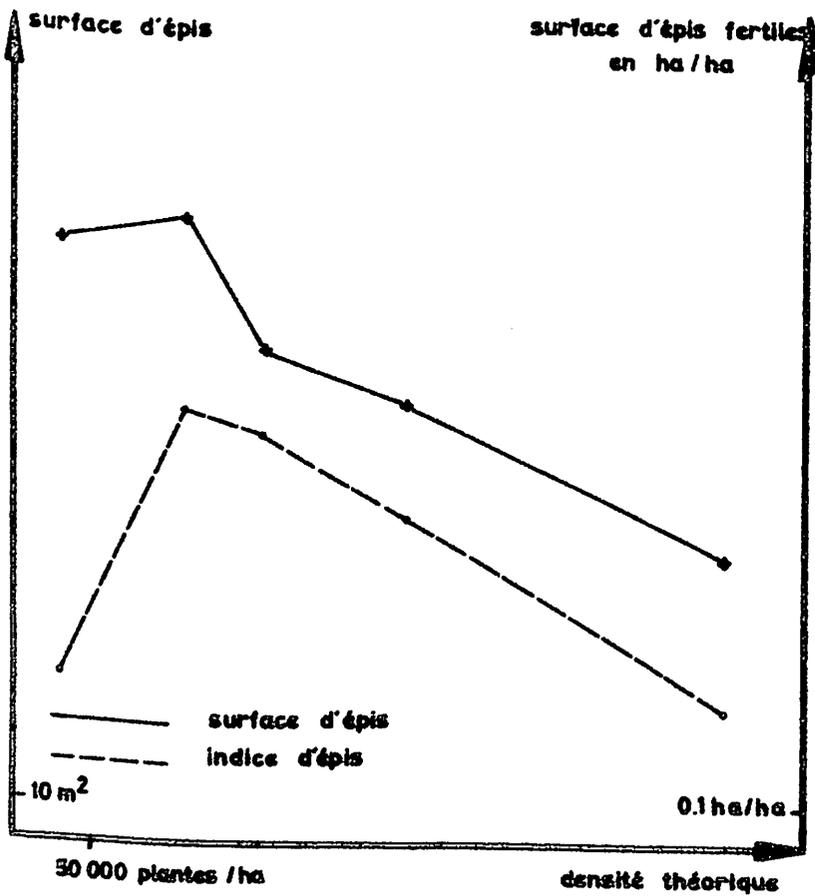
Les facteurs relatifs à la formation du grain des différents traitements sont enregistrés dans le tableau VI et les figures 11 et 12.



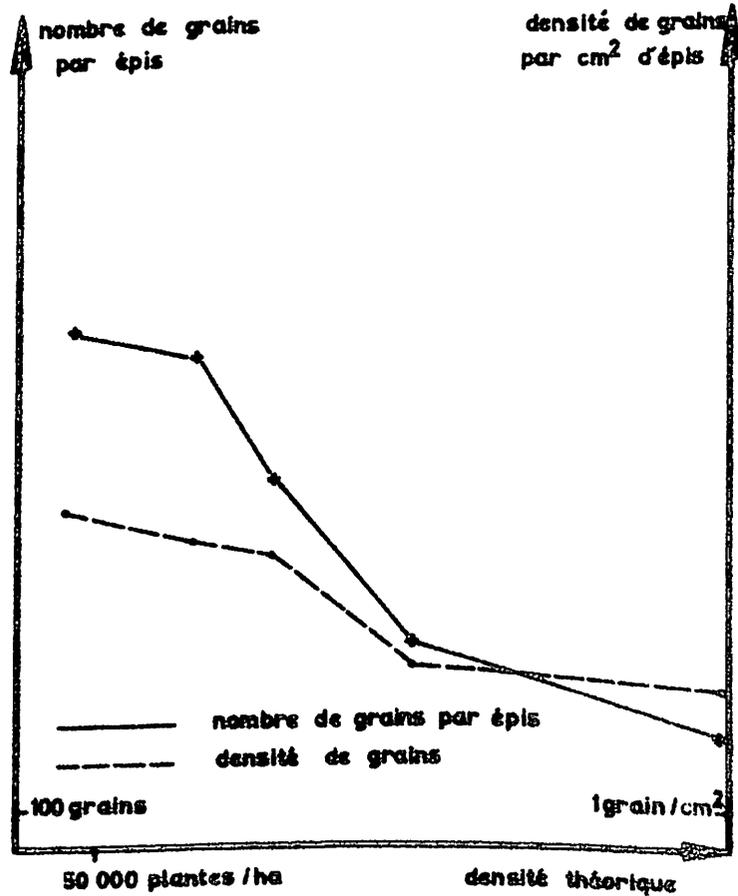
— Figure 9 —



— Figure 11 —



— Figure 10 —



— Figure 12 —

Tableau VI : Quelques facteurs de la formation du grain à la récolte.

Traitements	1	2	3	4	5
Poids de grains par épis fertiles en g	11,8	10,8	7,9	3,6	1,2
Poids de 1000 grains en g	8,96	8,65	8,58	7,11	4,34
Nombre de grains par épis fertiles	1320	1250	920	510	280
Densité de grains par cm <sup>2</sup> d'épis fertiles	8,5	7,7	7,3	4,5	3,9

Le poids moyen de grain par épi fertile est assez important pour le témoin. Il est peu différent pour les traitements 1 et 2 et diminue avec la densité pour devenir très faible à la densité 5.

Le poids de 1000 grains est également assez élevé pour le témoin. Il diminue avec la densité de manière peu importante jusqu'à la densité 3, et de manière très importante ensuite.

Le nombre de grains par épi fertile diminue rapidement avec la densité du traitement 2 au traitement 5. Ce nombre est assez proche pour les traitements 1 et 2.

La densité de grain, en nombre par cm<sup>2</sup> d'épis fertiles, est plus élevée pour la densité 1 que les autres densités. La densité de grain diminue avec la densité entre les densités 3 et 4.

### 3.3. Densité critique

Les paramètres morphologiques permettant de calculer la densité critique sont cités dans le tableau 7. Ils ont été déterminés sur des plantes isolées (densité 1) au stade anthèse des talles et sur un échantillon de 10 talles.

Tableau VII : Quelques caractéristiques morphologiques permettant le calcul de la densité critique

Caractéristiques	Nombre d'étages foliaires vivants	Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	Angle foliaire moyen d'une talle en d°	Surface foliaire projetée d'une talle
traitement 1	9	197,6	1778	51°49'	1099

La densité critique calculée selon les mêmes caractéristiques climatiques que celles définies dans le chapitre 3 est de : 188 000 talles par hectare.

#### 4. DISCUSSION

##### 4.1. Développement végétatif

Nous retrouvons dans cette expérience les mêmes phénomènes que ceux observés dans l'expérience précédente : lorsque la densité d'un couvert de mil augmente de nombreux phénomènes de compensation tendant à réduire la densité du couvert si celle-ci est trop importante.

Cette compensation joue au niveau du couvert sur une augmentation de l'élimination de plantes, surtout pour les fortes densités, et une réduction du tallage, surtout pour les densités les plus faibles. Au niveau des talles, la compensation correspond à une réduction de l'encombrement végétatif : diminution du diamètre des tiges, de la hauteur des tiges pour les densités élevées, et probablement de la surface des feuilles que nous n'avons pas mesurées dans cette expérience. Les modifications morphologiques des talles se traduisent par une réduction du poids sec de paille d'une talle.

L'ensemble des modifications compensatrices apparaissent dès la densité 2. Nous pouvons donc conclure que la densité 2 est trop élevée, et correspond déjà à un déficit énergétique. En conséquence l'étude de quelques caractéristiques du développement végétatif des couverts et des talles permet de conclure que la densité critique doit se situer entre les densités 1 et 2. Etant donné les modifications compensatrices de densité qui ont une faible amplitude pour le traitement 2, nous pouvons en conclure que la densité critique est proche de la densité de ce traitement.

##### 4.2. Rendement en grain

Comme nous l'avons déjà vu dans le chapitre précédent, la fertilité du matériel végétal utilisé est faible et nous retrouvons l'absence de corrélation entre caractéristiques d'épiaison et rendement. Cette absence de liaison due en partie à la grande diversité d'épis fertiles (taux de remplissage des épis très variable) est également dû dans cette expérience au semis tardif qui modifie profondément le développement du couvert.

La comparaison des caractéristiques de formation d'épis et de grains entre les densités 2 et 5 montre, comme dans le cas de l'expérience précédente, une réduction de longueur et de diamètre d'épis lorsque la densité augmente et une diminution de poids de grains par épi due à une diminution de la densité de grain. Une réduction de la grosseur des grains apparaît pour les plus fortes densités.

Le nombre faible de grains formés par épi ne dépend jamais de la surface de l'épi et aucune relation n'apparaît entre indice d'épi et rendement. Ce comportement caractérise le taux de stérilité important du matériel utilisé.

La comparaison des traitements 1 et 2 ne fait pas apparaître pour ce dernier, de modifications de la formation de l'épi. La formation du grain du traitement 2 par contre semble légèrement limitée par rapport à celle du témoin (légère diminution du poids de grains

par épi lié à une diminution de la densité de grains, et du poids de 1000 grains. En conséquence, la formation de l'épi du couvert du traitement 2 n'étant pas limitée mais celle du grain étant légèrement limitée, la densité critique pour laquelle les formations de l'épi et du grain ne sont pas limitées, est proche et inférieure à la densité 2.

La densité agronomique optimale de l'essai est la densité 2. Néanmoins, le grand nombre de densités inexplorées entre les densités 1 et 3 ne nous permet pas de conclure que la densité 2 est effectivement la densité agronomique optimale du matériel végétal utilisé. Par contre, les modifications morphologiques et celle de la formation du grain, permettent de penser que la densité agronomique est légèrement inférieure à la densité 2.

#### 4.3. Densité critique

La densité critique calculée est proche de la densité 2, et est légèrement inférieure à cette densité. Nous pouvons donc conclure que dans le cadre de cette expérience la densité critique donne une bonne évaluation de la densité agronomique optimale. Il sera nécessaire, surtout dans le cas où le comportement agronomique du matériel végétal n'est pas connu (la population I-472 x 1133 est une création récente des généticiens et n'a pas encore fait l'objet d'essais agronomiques), de multiplier les densités autour de la densité critique pour préciser l'ajustement des deux paramètres : densité critique et densité agronomique. Néanmoins nous verrons dans le chapitre 6 que cet ajustement effectué sur une variété de mil connue, sur le plan agronomique, le SOUNA III, montre que la densité critique est très comparable à la densité agronomique critique.

### 5. CONCLUSIONS

Une trop forte densité de culture provoque de nombreuses modifications d'un couvert végétal qui sont pour l'essentiel : une diminution de densité, par disparition de plantes, et diminution de densité apparente, par modification morphologique des talles tendant à réduire leur encombrement.

Les formations de l'épi et du grain sont limitées par de trop fortes densités de culture. Si la réduction de taille de l'épi ne semble pas modifier son rendement en grain avec le matériel végétal employé, une telle étude effectuée sur une variété de mil normalement fertile devrait aboutir à une conclusion inverse.

La densité critique donne une bonne idée de la densité agronomique optimale.

## CHAPITRE 5

CAPACITE PHOTOSYNTHETIQUE ET POTENTIEL DE PRODUCTION  
EN GRAIN DU MIL1. INTRODUCTION

Le faible rendement en grain, des nouvelles variétés de mil créées par les sélectionneurs (chapitre 3 et 4, population I-472 x 1133), a pu être attribué à une insuffisance de capacité photosynthétique. Si on s'en réfère à l'expérience décrite dans le chapitre 3, le défaut de formation du grain du témoin, par rapport au traitement 4, pourrait également être attribué à un défaut d'assimilation du couvert, défaut que l'éclairage intense de la base des talles du traitement 4 à partir de l'anthèse a pu réduire.

Le but de cette expérience est de savoir si effectivement la stérilité du nouveau matériel végétal provient d'une insuffisance d'assimilation du couvert due à une mauvaise pratique ou si elle est d'ordre génétique.

2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

## 2.1. Matériel et culture

Le matériel végétal utilisé est la population synthétique I-472 x 1133, décrite dans le chapitre 3. Ce matériel en période de culture présente un développement végétatif intéressant, et une surface d'épis importante, mais un faible remplissage des épis.

L'expérience est réalisée dans un couvert de mil semé le 14.07.74, sur sol Dior, après arachide. L'alimentation minérale et hydrique est celle décrite dans le chapitre 3. Le couvert est semé à la densité de 100.000 poquets par hectare (50 x 20 cm). Chaque poquet est démarré à 2 ou 3 plantes le dixième jour de culture. La densité de semis a été choisie d'après les résultats expérimentaux précédents (chapitre 4), c'est-à-dire proche de la densité agronomique optimale de la population synthétique.

## 2.2. Traitements (tableau I)

Nous comparons les caractéristiques de la formation du grain entre talles non modifiées (témoin) et talles dont l'épi est coupé en deux au moment de l'anthèse (traitement). Les deux séries de talles comparées ont la même capacité photosynthétique, mais un potentiel de production de grain de 1 pour le témoin, et de 0,5 pour le traitement.

Tableau I : Traitements appliqués

Numérotation des traitements	Nombre de talles échantillonnées	Caractéristiques des traitements
T <sub>1</sub>	106	moitié inférieure des épis du traitement témoin
T <sub>2</sub>	41	épis coupés en deux à l'anthèse

### 2.3. Echantillonnage

Toutes les talles d'un poquet, ayant atteint le stade épiaison au moment de l'anthèse de l'épi le plus précoce, sont échantillonnées. Les talles tardives du poquet échantillonné sont systématiquement supprimées, afin de s'assurer que l'assimilation nette des talles conservées ne servira qu'à la formation du grain. Les poquets échantillonnés sont tirés au hasard. Tous les épis des poquets correspondant au traitement sont sectionnés approximativement dans leur partie médiane, à l'apparition des étamines. La partie inférieure conservée correspond à peu près à la moitié de la surface utile de l'épi. Le traitement correspond à 20 poquets, et 41 talles échantillonnées. Le témoin a été choisi de taille plus importante, afin de préciser les facteurs du rendement de la population synthétique, facteurs qui seront comparés dans le chapitre 6 à ceux mesurés sur une population traditionnelle prise comme témoin de fertilité. Le témoin correspond à 50 poquets et 106 épis. La différence de taille du témoin et du traitement n'a pas d'influence sur l'analyse statistique des résultats, qui est effectuée par la méthode des couples.

### 2.4. Mesures

Les épis du traitement témoin sont coupés en deux à la récolte. Nous n'analyserons dans cette expérience que la différence entre les moitiés inférieures des épis coupés à l'anthèse (traitement et coupés à la récolte (témoin)). Les caractéristiques de l'épi entier du témoin sont consignées dans le chapitre 6.

Les mesures effectuées concernent les caractéristiques des portions résiduelles d'épis : longueur, diamètre, surface et quelques caractéristiques de remplissage : poids de grain, poids de grain par unité de surface d'épi, poids de 1000 grains, et nombre de grains par épi.

## 3. RESULTATS

### 3.1. Observations en cours de culture

Si nous n'avons conservé approximativement que deux talles par poquet, chaque poquet de 2 à 3 plantes comprenait à l'anthèse entre 10 et 15 talles, dont la plupart correspondaient à de très jeunes repousses, et à des talles en phase de montaison.

Malgré la suppression de 9 à 13 talles par poquet, nous avons dû, pendant la phase post-anthèse du cycle, procéder à l'ablation de nouvelles talles correspondant à des repousses tardives.

### 3.2. Caractéristiques biométriques des épis à la récolte

Les mesures effectuées sur les portions inférieures des épis des deux traitements sont consignées dans le tableau II.

Tableau II : Caractéristiques biométriques

Caractéristiques		Moyenne	écart-type	coefficient de variation	t calculé	t <sub>005</sub> tables	t <sub>001</sub> tables
Longueur d'épis en cm	T <sub>1</sub>	20,45	5,21	25,5%	2,267		
	T <sub>2</sub>	18,29	5,09	27,8%			
Diamètre d'épis en cm	T <sub>1</sub>	1,75	0,28	16,1%	4,77	1,960	2,576
	T <sub>2</sub>	2,01	0,31	15,5%			
Surface d'épis en cm <sup>2</sup>	T <sub>1</sub>	115,87	42,21	36,4%	0,215		
	T <sub>2</sub>	117,59	40,47	34,4%			

Les coefficients de variation des différentes séries de mesure sont très comparables pour le traitement et le témoin.

Le "t" donné par les tables correspond à un nombre de degré de liberté de l'erreur infini : les tables employées étant limitées à un degré de liberté de 120. Ce choix ne modifie en rien le sens du test employé.

La différence de longueur d'épi est significative au seuil 0,01. Cela tient compte d'une erreur systématique dans l'évaluation de la partie centrale de l'épi entre l'anthèse et la récolte.

Les épis du traitement ont un diamètre significativement plus grand que ceux du témoin.

Aucune différence significative n'apparaît entre les traitements pour la surface utile de l'épi, surface calculée en assimilant l'épi à un cylindre.

### 3.3. Caractéristiques de remplissage des épis

#### 3.3.1. Poids de grain par épi et densité de grain par épi.

Le poids de grain par épi, et le poids de grain par cm<sup>2</sup> d'épi ont été calculés sur chaque épi de chaque traitement. Les résultats figurent dans le tableau 3.

Tableau III : Poids de grains par épi et densité de grains.

Caractéristiques	Moyenne	écart-type	Coefficient de variation	t calculé	t 0,05 tables	t 0,001 tables
Poids de grains par épis en g.	T <sub>1</sub>	8,59	4,87	56,7%	0,949	1.960
	T <sub>2</sub>	9,42	4,42	46,9%		
Densité de grains en mg/cm <sup>2</sup> d'épis	T <sub>1</sub>	79,27	53,26	67,2%	0,029	2.576
	T <sub>2</sub>	79,02	21,08	26,7%		

La variabilité des mesures de poids de grain par épi est plus importante pour le témoin que pour le traitement. La variabilité de la densité de grain est beaucoup plus importante pour T<sub>1</sub> que pour T<sub>2</sub>. L'analyse statistique montre qu'aucune différence significative n'existe entre T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub> pour le poids de grain par épi, et pour la densité de grain.

### 3.3.2. Poids de 1000 grains, et nombre de grains par épi et par cm<sup>2</sup> d'épis.

Les caractéristiques de remplissage de l'épi, qui figurent dans le tableau 4, ont été déterminées sur un échantillon moyen pour chaque traitement et n'ont donc pas fait l'objet d'une étude statistique

Tableau IV : Autres caractéristiques de la formation du grain

Traitements	Poids de 1000 grains à 0% d'humidité en g.	Nombre de grains par épi	Nombre de grains par cm <sup>2</sup> d'épis
T <sub>1</sub>	6,948	1236	10,67
T <sub>2</sub>	7,607	1238	10,53

Le poids de 1000 grains est légèrement plus élevé pour les épis coupés à l'anthèse que pour le témoin. Par contre, le nombre de grains par épi et le nombre de grains par cm<sup>2</sup> d'épi peuvent être considérés comme identiques.

## 4. DISCUSSION

Les observations faites en cours de culture semblent indiquer que les poquets des deux traitements ont une capacité d'assimilation supérieure aux besoins de la formation du grain, au stade anthèse, et en cours de culture. La formation de talles tardives, et l'entretien de très nombreuses talles secondaires, à un niveau énergétique proche de l'énergie critique peut en effet s'expliquer par un excès d'assimilation sur les besoins de la formation du grain.

Les surfaces identiques des portions d'épis sont dues à une compensation de l'erreur d'appréciation du niveau de section par une augmentation du diamètre de l'épi du traitement par rapport au témoin. Le diamètre plus important des épis coupés à l'anthèse peut être du à une continuation de la croissance provoquée par la section, ou à une augmentation de la grosseur des grains.

Néanmoins, si cette deuxième hypothèse était vérifiée, elle ne pourrait expliquer une augmentation de diamètre de 0,26 mm, c'est-à-dire de 0,13 mm du grain (il y a une couche de grains par épi) qui correspondrait à une augmentation d'un facteur 2 du diamètre du grain. Ce que nous n'avons pas constaté. L'augmentation de diamètre de l'épi pour le traitement semble donc surtout liée à une conséquence de la section de l'épi, dont le mécanisme reste à déterminer.

Si la capacité photosynthétique des talles a permis de fabriquer le même poids de grains sur les épis coupés à l'anthèse et sur les épis coupés à la récolte, il semble remarquable que la section de l'épi ait entraîné une diminution très importante de la variabilité du poids de grains par unité de surface d'épi. La régulation de la fertilité des épis provoquée par la section de l'épi à l'anthèse est également un phénomène dont le mécanisme reste aussi à déterminer.

Le nombre de grains formés par épi ou par cm<sup>2</sup> d'épi paraît identique pour les deux traitements. Par contre, il semble que la section de l'épi à l'anthèse ait provoqué un meilleur remplissage des grains qui sont légèrement plus gros à la récolte. Cette augmentation du poids d'un grain peut être liée à une légère insuffisance de capacité photosynthétique des talles témoins, ou à un phénomène consécutif à l'ablation de l'épi. Nous pensons que la seconde hypothèse est la plus plausible, car le tallage post-anthèse du traitement ne semble pas indiquer d'insuffisance d'assimilation.

## 5. CONCLUSION

L'ablation d'une partie de l'épi de talles au stade anthèse semble se traduire par un ensemble de phénomènes inexpliqués : induction d'une poursuite de la croissance de l'épi, augmentation de la grosseur des grains, et régulation de la fertilité des épis.

L'augmentation artificielle d'un facteur 2, de la capacité photosynthétique d'une talle par rapport à la taille de son magasin n'entraîne pas de modification des principaux facteurs de rendement des épis que nous avons étudiés. Le manque de fertilité du matériel végétal étudié n'est donc pas dû à une insuffisance photosynthétique des talles.

## CHAPITRE 6

QUELQUES CARACTERISTIQUES DE PRODUCTION D'UN MIL  
TRADITIONNEL AMELIORE - COMPARAISON DES DENSITES  
CRITIQUES ET AGRONOMIQUES - COMPARAISON DES NOU-  
VELLES STRUCTURES

1. INTRODUCTION

Nous avons vu au chapitre 4 que si la densité agronomique optimale pour le rendement de la population synthétique était proche de la densité critique, l'écart reste assez important entre ces deux densités, du fait du manque de connaissance sur le comportement agronomique du nouveau matériel. Le premier but de cette étude est de reprendre cette comparaison de densité sur un matériel végétal dont les caractéristiques agronomiques sont fort bien connues, par suite de nombreuses années d'essais.

Ayant vu le manque de fertilité de la nouvelle population synthétique dans les chapitres 3 et 4, le deuxième but de cette étude est de comparer les facteurs de production du mil traditionnel, avec ceux du synthétique définis à la récolte dans l'expérience du chapitre 5.

2. ORIGINE DES RESULTATS

## 2.1. Mil traditionnel

Le matériel utilisé est un mil SOUNA 3, population améliorée issue de mil d'architecture traditionnelle.

Les mesures ont été effectuées par prélèvement au hasard de talles dans un couvert semé à la densité de 10.000 poquets par hectare. Cette densité correspond à la densité optimum de semis dans les conditions de culture. La culture est réalisée sur sol dior après arachide selon les modalités classiques de travail du sol et d'alimentation minérale définie pour le Souna 3.

## 2.2. Mil amélioré

Le matériel utilisé est la population synthétique I-472 x 1133.

Les mesures sont celles réalisées sur les épis entiers à la récolte, lors de l'expérience citée dans le chapitre 5. Nous avons pris comme mesures biométriques celles réalisées dans l'expérience du chapitre 4 sur le traitement témoin.

3. RESULTATS

## 3.1. Densités critique et agronomique du Souna 3

## 3.1.1. Densité critique

Les mesures biométriques nécessaires au calcul de la densité critique sont rappelées dans le tableau I.

Tableau I : Architecture du Souna 3

Caractéristiques	Nombre d'étages foliaires	Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	Angle foliaire moyen d'une talle	Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>
SOUNA 3	12	3750	47°	2549

La densité critique calculée à partir de la surface foliaire projetée selon les modalités définies dans le chapitre 3 a pour valeur  $d_c = 80\ 365$  talles par hectare.

### 3.1.2. Densité agronomique optimale.

La densité agronomique optimale est, selon les agronomes, celle obtenue à la récolte avec la densité de semis que nous avons choisie. Les comptages que nous avons effectués figurent dans le tableau II.

Tableau II : Densité agronomique optimale du Souna 3

Caractéristiques	Densité de semis en poquets: ha	Pourcentage de poquets manquant à la récolte	Nombre moyen de talles par poquets à la récolte	Nombre de talles par hectare à la récolte
SOUNA 3	10 000	1,18	8,80	84 322

Le pourcentage de poquets manquant entre le semis et la récolte est assez faible.

La densité de talle à la récolte correspondant à la densité agronomique optimale pour le rendement est de : 84 322 talles/hectare.

### 3.1.3. Discussion

La densité agronomique optimale pour le rendement, qui correspond pour le Souna 3 à environ 84 000 talles par hectare à la récolte, est pratiquement identique à la densité critique calculée à partir de mesures biométriques effectuées à l'anthèse sur des talles du couvert et qui atteint 81 000 talles par hectare.

Il sera nécessaire de multiplier les expériences permettant de calculer la densité critique et définir la densité agronomique optimale sur d'autres types de matériels végétal afin de préciser l'écart qui existe entre ces deux densités et le sens éventuel de cet écart.

### 3.2. Comparaison de la production du Souna 3 et de la population 1472 x 1133.

#### 3.2.1. Quelques facteurs du rendement.

Nous n'avons pas effectué de test statistiques entre les deux variétés de mil comparées, étant donné que l'écart entre les moyennes pour la plupart des facteurs étudiés est considérable. Nos résultats figurent dans le tableau III.

Tableau III : Quelques facteurs du rendement comparés entre le Souna 3 et le 1472 x 1133.

Populations	Synthétique 1472x1133			Souna 3		
	moyenne	écart-type	coefficient de variation	moyenne	écart-type	coefficient de variation
Longueur moyenne d'un épi en cm	38,14	8,28	21,7%	51,30	6,34	12,4%
Diamètre moyen d'un épi en cm	1,74	0,29	16,4%	2,41	0,35	14,7%
Surface moyenne d'un épi en cm <sup>2</sup>	212,73	74,52	35,0%	390,13	84,51	21,7%
Poids moyen de grains par épi en g.	14,4	5,71	39,7%	51,10	18,97	32,1%
Poids de grain en mg par cm <sup>2</sup> d'épi	70,17	43,99	62,7%	149,82	25,75	17,2%

Les dimensions de l'épi du souna 3 sont nettement supérieures à celles de l'épi du synthétique amélioré. On peut considérer en gros qu'un épi de souna 3 a une surface utile pratiquement double de celle d'un épi du synthétique 1472 x 1133. Le souna 3 présente une variabilité de dimensions d'épis beaucoup plus réduite que le I-472 x 1133. Le poids de grain par épi, mesuré pour les deux variétés sur les épis fertiles présentant le meilleur taux de remplissage, est plus de trois fois plus élevé pour le souna 3 que pour le synthétique. Cette différence est bien entendu liée à la différence de surface d'épi, mais également à la différence de poids de grains formés par cm<sup>2</sup> d'épi entre les deux populations; en effet, la densité de grains est plus de deux fois supérieure sur les épis du souna 3 que sur ceux du synthétique.

La variabilité de la densité de grain par unité de surface d'épis est très importante pour le synthétique, tandis qu'elle est faible pour le souna 3.

D'autres facteurs du rendement, mesurés sur un nombre restreint d'échantillons sont consignés dans le tableau IV.

Tableau IV : Autres facteurs du rendement

Populations	Poids de 1000 grains en g.	Nombre de grains par épi.	Nombre de grains par cm <sup>2</sup> d'épi.
1472x1133	6,992	2059	9,69
Souna 3	7,879	6486	16,63

Les grains du souna 3 sont nettement plus gros que ceux du synthétique. Le nombre de grains par épi est plus de trois fois plus important sur le souna 3 que sur le synthétique. Le souna 3 développe approximativement deux fois plus de grains par unité de surface d'épis que le synthétique.

### 3.2.2. Quelques facteurs de production liés à la densité critique.

Nous avons vu que la densité critique du synthétique est de 180 000 talles par hectare (chapitre 4) tandis que celle du souna est voisine de 81 000 talles par hectare. Quelques facteurs de production calculés à partir de la densité critique figurent dans le tableau V.

Tableau V : Quelques facteurs de production

Populations	Synthétique 1472 x 1133	Souna 3
Indice d'épi critique	0,40	0,32
Rendement théorique en kg/ha de paille	8065	11 324
Rendement théorique en kg/ha de grains	2707	4 132
Rendement théorique en kg/ha de matière sèche totale	10 772	15 456

L'indice d'épi critique est obtenu en multipliant la densité critique par la surface moyenne d'un épi. Le résultat est exprimé en hectare d'épi par hectare planté. Les rendements théoriques en paille, grain et matière sèche totale, correspondent au produit de la densité critique par le poids moyen de paille, grain et matière sèche totale d'une talle.

Si les rendements théoriques sont systématiquement plus élevés pour le souna 3, le synthétique a un indice d'épi supérieur à celui du mil traditionnel.

### 3.2.3. Discussion.

Le faible taux de fertilité du synthétique I-472 x 1133 se traduit essentiellement par une faible densité d'ovules par cm<sup>2</sup> d'épi, qui se transforment en grains. Or, si on considère que la bande de pollinisation utilisée dans l'essai du chapitre 3 n'a pas modifié la fertilité des épis, et si on considère en outre que la capacité photosynthétique de la talle ne limite pas non plus la fertilité de l'épi (chapitre 5) il semble probable que la stérilité du synthétique soit d'origine génétique et corresponde soit à une densité insuffisante d'ovule par unité de surface, soit à une difficulté de transformation des ovules en grains.

Si on considère que les généticiens peuvent résoudre ce problème de stérilité d'épi, le synthétique I-472 x 1133 présente une très nette amélioration par rapport au mil traditionnel amélioré, car l'indice d'épis qui représente la capacité globale de production de grain d'un hectare de couvert est supérieur de 25 % à celui du souna 3.

Rappelons que le poids de grain par épi défini pour les 2 populations correspond à celui mesuré sur des épis fertiles bien remplis, et que en moyenne, pour le souna 3, le poids de grain par épi est de 37 g et non 51.

## 4. CONCLUSION

Cette étude bâtie à partir de la synthèse de résultats obtenus sur des expériences différentes, confirme le bon ajustement des densités critiques et agronomiques optimales. La stérilité de la population 1472 x 1133 est liée à la faible proportion du nombre d'ovules existant par cm<sup>2</sup> d'épi qui se transforment en graine. Cette stérilité limite l'intérêt agronomique d'une telle structure qui a pourtant une capacité de production supérieure de 25 % à celle du mil traditionnel.

## CHAPITRE 7

## PERSPECTIVES D'UTILISATION DE LA DENSITE CRITIQUE

1. INTRODUCTION

Nous avons confirmé dans les chapitres précédents, les principales hypothèses sur lesquelles sont basées la définition du modèle d'architecture de plante (1), et la validité agronomique de la densité critique pour la production de grains.

Notre but, dans ce chapitre est de préciser de manière concrète quelques uns des domaines d'application possible du modèle d'architecture, en nous fondant principalement sur les caractères morphologiques et les caractères de production de certaines lignées définies ci-dessous.

2. INTERET AGRONOMIQUE ET AGRO-PHYSIOLOGIQUE

## 2.1. Introduction

La densité critique d'un couvert, correspond à la densité de talles permettant l'utilisation optimale de la lumière pour la formation du grain, en conditions non limitantes d'alimentation minérale et hydrique. La densité critique calculée donne une bonne idée de la densité agronomique optimale d'un couvert (chapitres 4 et 6). Pour une densité supérieure à la densité critique, la chute du rendement s'accompagne de modifications importantes de l'architecture des talles (chapitres 3 et 4), que l'on peut traduire par une augmentation de la densité critique calculée à partir des talles modifiées (chapitre 3).

Ces caractéristiques permettent d'envisager deux aspects pratiques d'utilisation du modèle :

## 2.2. Densité agronomique optimale de semis.

La densité critique de ce modèle est de 321 000 talles par hectare. Si nous adoptons les caractéristiques de production précédentes, ce modèle aboutit à une production de 9000 kg de matière sèche dont 4 900 kg/ha de grains, ce qui est plus réaliste que le précédent exemple.

Si nous nous plaçons en conditions non limitantes d'alimentation minérale et hydrique, la densité critique permet de donner une évaluation rapide de la densité agronomique de semis optimale pour le rendement, sans qu'il soit nécessaire de recourir à des essais agronomiques classiques.

La densité critique du matériel végétal est définie sur talles de plantes isolées, au stade anthèse du cycle végétatif. Un essai simple permet de déterminer les variations du coefficient de tallage des poquets, en fonction de la densité de poquets au semis. Les mesures sont effectuées, entre la montaison et l'anthèse, en ne comptant pas les talles tardives et les jeunes repousses. La densité de semis permettant le rendement maximum en grain correspondra à la plus faible densité de semis dont le produit par le coefficient de tallage sera égal à la densité critique.

L'intérêt d'une telle méthodologie, est que les mesures à effectuer sont très simples, l'essai est terminé au stade anthèse, et il ne nécessite aucune étude du rendement, donc aucune pesée. Un seul paramètre étant mesuré, le tallage, les dimensions statistiques de l'essai peuvent être considérablement réduites.

Si nous ajoutons à cet essai une bordure de plantes isolées, nous pouvons définir la densité critique non plus dans des conditions non limitantes d'alimentation minérale et hydrique, mais dans des conditions usuelles locales, et définir ainsi des densités agronomiques pour différents milieux.

Cette méthodologie expérimentale d'approche de la densité, peut être généralisée à une zone climatique, définie par l'énergie lumineuse moyenne extérieure, et la température nocturne moyenne, ces deux paramètres étant définis en période de culture, correspondant au stade anthèse.

### 2.3. Test de contrôle de densité.

Un simple comptage de talles à l'anthèse ne permet pas de caractériser la densité d'un couvert, car nous l'avons vu (chapitre 3 et 4) les trop fortes densités s'accompagnent de disparitions de plantes.

La densité d'un couvert peut être caractérisée de manière simple, en tenant compte des modifications d'architecture au-delà de la densité critique. Deux méthodes sont possibles :

Très simplement, l'évolution de la longueur moyenne d'un épi au stade anthèse du couvert sur un échantillon de talles de bordure, et un autre de talles du centre du couvert permet de caractériser une densité trop forte. Les mesures sont simples, et la comparaison peut faire l'objet d'une analyse statistique rapide (méthode des couples). Un autre paramètre facile d'accès, le diamètre de tige sans épi peut également être utilisé. Cette méthode peut en fait être réalisée à partir de la mesure d'un ou de plusieurs paramètres d'architecture ou de productions variant avec la densité. Le choix du paramètre dépendra de l'accessibilité de la mesure, et de la sensibilité aux variations de densité.

La deuxième méthode plus compliquée, consiste à calculer la densité critique d'une talle de bordure  $d_{cb}$ , et d'une talle du centre de la parcelle  $d_{cc}$ , et à mesurer au centre de la parcelle la densité de talle,  $d_t$ .

Si  $d_{cb} = d_{cc} : d_t$  la densité de la parcelle est parfaite.

Si  $d_{cb} > d_{cc}$  (chapitre 3) la densité de la parcelle est trop forte

Si  $d_{cb} = d_{cc}$  et  $d_{cb} > d_t$ , la densité de la parcelle est trop faible.

Cette méthode permet de juger l'utilisation du facteur lumière pour le rendement en conditions non limitantes d'alimentation minérale et hydrique. Elle permet plus généralement de définir l'état d'un couvert en conditions quelconques d'alimentation minérale et hydrique puisque les talles de bordure ont des caractéristiques morphologiques dépendantes de ces conditions alimentaires.

Tableau I : Classification de quelques paramètres d'architecture et de rendement

N°*	Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	Nombre moyen d'étages foliaires	N°	Angle foliaire moyen d'une talle en d°	N°	Surface foliaire moyenne d'une talle en cm <sup>2</sup>	N°	densité critique en talles/ha
21	80,23	6,67	58	59°08'	21	535	21	584 400
23	92,61	6,77	59	57°43'	20	630	20	495 100
63	96,25	6,80	53	56°13'	63	656	63	446 000
48	100,84	7,20	34	55°42'	48	733	48	408 000
62	113,37	7,27	32	55°36'	45	952	58	372 400
45	114,69	7,60	51	55°19'	62	952	47	299 900
22	116,63	8,00	56	54°41'	22	1019	62	296 500
43	119,00	8,13	39	54°08'	23	1063	22	296 400
23	132,84	8,20	54	53°59'	47	1065	45	293 800
40	133,25	8,30	35	53°38'	58	1079	51	272 500
56	134,12	8,40	57	52°55'	43	1151	23	264 900
47	140,18	8,60	26	52°51'	42	1230	26	254 200
44	140,77	8,67	24	51°50'	44	1253	41	249 800
42	141,13	8,70	50	51°45'	44	1274	54	249 800
27	143,89	8,73	37	51,06'	28	1309	43	248 100
55	144,07	8,80	27	51°05'	41	1319	28	241 900
31	144,34	8,90	40	50°57'	31	1325	25	240 300
41	144,47	8,93	61	50°44'	51	1329	24	238 400
39	145,67	9,00	41	50°44'	46	1333	39	238 100
51	147,68	9,00	52	50°17'	26	1343	55	237 300
54	148,23	9,13	33	49°55'	55	1344	31	236 700
30	148,54	9,15	47	49°50'	24	1399	53	235 100
24	148,80	9,18	55	49°46'	54	1404	46	234 700
58	149,84	9,33	36	49°18'	40	1422	40	230 100
26	154,86	9,40	25	49°05'	27	1449	56	229 200
46	154,97	9,47	30	49°00'	30	1466	27	226 500
28	155,31	9,53	31	48°56'	39	1477	32	218 000
25	161,05	9,67	29	48°51'	56	1556	30	214 300
29	161,20	9,67	46	48°47'	53	1577	44	207 400
37	162,79	9,75	21	48°47'	37	1607	35	204 600
53	165,45	9,80	20	48°37'	29	1654	37	204 300
57	169,94	9,80	28	48°01'	32	1673	59	192 200
34	172,64	9,86	28	48°01'	35	1699	34	189 500
50	179,97	9,87	69	47°11'	60	1742	29	189 400
49	184,46	9,87	22	46°55'	50	1764	50	188 800
38	185,49	10,07	22	46°55'	38	1818	42	187 800
32	185,90	10,14	49	46°32'	49	1881	57	177 500
60	190,33	10,20	48	46°27'	33	1914	33	167 200
35	193,06	10,26	63	45°15'	57	1925	60	164 600
33	197,93	10,47	60	44°02'	34	1930	49	159 200
36	224,25	10,67	38	44°02'	59	2008	38	157 700
59	224,88	11,18	43	43°47'	61	2208	61	147 500
61	226,44	11,33	62	43°07'	52	2246	52	143 600
52	227,79	11,60	23	42°57'	36	2370	36	133 400
69	307,41	12,20	45	42°31'	69	3750	69	80 900
			44	37°32'				
			42	26°52'				

\* N° = numéro GAM-Physio. Se reporter à l'annexe pour l'origine génétique lignée N°69 : mil traditionnel Souna III.

X = lignées ayant la même origine que le synthétique.

Tableau I (suite)

N°*	Surface moyenne d'un épi en cm <sup>2</sup>	N°	densité de grains en mg/cm <sup>2</sup>	N°	Poids de 1000 grains en mg	N°	Rendement foliaire en matière sèche totale, en mg/cm <sup>2</sup>	N°	Rapport grain/paille en %
69	390,1	69	149,82	31	10 013	43	56,2	40	195,8
61	316,3	56	138,00	40	8 844	31	52,5	41	118,2
53	299,0	X52	130,00	24	8 706	69	51,0	38	113,5
X25	298,0	24	126,00	53	8 684	53	45,1	48	97,1
36	291,3	40	124,00	29	8 504	48	44,6	24	92,8
49	277,6	31	119,00	50	8 135	X45	44,1	36	89,1
37	276,7	41	110,00	69	7 879	52	44,1	61	83,5
50	274,2	53	105,00	X25	7 853	42	43,7	37	79,4
38	274,2	48	102,00	37	7 848	X28	43,3	53	79,1
27	273,1	26	101,00	34	7 588	26	41,8	33	76,3
60	260,1	29	101,00	34	7 538	24	40,3	31	72,4
X28	258,8	32	99,00	61	7 536	63	39,7	40	70,2
X52	247,0	62	98,00	45	7 484	27	37,8	22	68,2
31	245,7	36	95,00	62	7 476	X25	37,6	29	67,7
32	237,6	61	95,00	38	7 476	60	37,0	22	66,5
59	233,7	45	91,00	21	7 352	58	36,6	56	66,4
34	232,3	46	91,00	43	6 981	35	36,6	62	64,0
29	224,1	35	90,00	35	6 952	32	36,1	32	63,9
33	223,0	57	89,00	42	6 912	29	36,9	30	62,5
30	218,4	43	88,00	48	6 908	30	33,3	58	62,5
44	217,0	30	86,00	41	6 784	21	33,3	44	61,1
24	215,5	42	84,00	56	6 708	46	33,3	45	61,0
42	215,3	54	84,00	44	6 530	20	32,7	23	60,7
43	211,6	60	83,00	X28	6 336	62	32,4	55	58,5
39	206,8	38	82,00	26	6 276	37	32,2	26	58,4
X26	204,8	55	80,00	39	6 270	56	31,1	20	56,8
58	204,6	37	80,00	36	6 136	61	30,9	X25	55,6
47	198,4	22	75,00	55	5 572	22	29,9	50	54,7
46	197,6	33	75,00	57	5 558	23	29,5	27	53,6
35	194,0	63	73,00	58	5 527	44	29,4	42	51,5
40	188,6	X27	72,00	33	5 510	34	29,2	60	50,4
20	176,0	X28	70,00	46	5 476	X51	27,1	X52	48,0
45	174,7	59	68,00	23	5 447	57	26,9	X28	46,9
23	173,3	23	68,00	32	5 414	59	26,4	47	45,5
57	168,7	44	68,00	20	5 316	55	26,3	59	43,2
22	160,0	21	64,00	22	5 295	49	25,3	57	42,0
48	157,8	X25	60,00	60	5 290	40	24,8	49	41,0
55	156,7	34	59,00	X52	5 197	36	24,8	43	40,4
56	139,2	50	55,00	49	5 112	47	24,8	35	39,1
41	131,1	49	50,00	47	5 046	38	23,6	X51	37,9
62	122,2	X51	49,00	59	4 876	54	23,4	63	37,8
21	120,3	39	48,00	63	4 716	50	23,0	69	36,5
54	103,5	20	45,00	54	4 378	41	20,2	54	36,0
63	99,3	47	42,00	X51	4 006	33	19,7	34	32,3
			40,00	27	3 050	39	16,2		

\* N° = numéro GAM Physio. Se reporter à l'annexe pour l'origine génétique - Lignée N°69 : mil traditionnel SOUNA III.

X Lignées ayant la même origine que le synthétique.

Tableau II : Caractéristiques d'architecture et de production à la densité critique.

N°*	Rendement théorique en kg/ha de grains	N°	Rendement théorique en kg/ha de paille	N°	Rendement théorique en kg/ha de matière sèche	N°	Indice d'épis	N°	Indice foliaire
53	7381	40	2747	53	16 714	20	0,871	42	2,311
31	6922	41	3048	31	16 482	x58	0,755	44	2,599
48	6569	38	3122	43	16 043		0,716	45	2,797
24	6497	39	3476			21	0,703	23	2,816
58	5660	33	3568	69	15 456	53	0,703	62	2,823
40	5380	36	4142			x48	0,644	43	2,855
26	5258	44	4713	58	14 717	x28	0,626	38	2,867
32	5128	50	4731	26	14 260	27	0,619	60	2,867
45	4668	55	5108	x52	14 209	47	0,595	63	2,928
x43	4621	23	5145	24	13 469	31	0,582	48	2,991
x52	4610	47	5231	48	13 334	37	0,565	49	2,996
37	4522	49	5276	x28	13 326	x51	0,558	22	3,018
61	4432	61	5309	32	13 151	43	0,525		
56	4401	22	5352	35	12 708	26	0,521	69	3,018
27	4330	62	5544	27	12 406	32	0,518		
x29	4286	37	5678	45	12 324	50	0,518	x28	3,081
x28	4255	46	6012	x25	11 819	24	0,514	20	3,118
x25	4225	54	6025	63	11 619	45	0,513	46	3,127
21	4220	21	6183	56	11 029	39	0,492	21	3,128
46	4219	29	6329	29	10 615	22	0,474	29	3,132
		20	6437	60	10 607	30	0,468	31	3,137
69	4132	30	6437	30	10 461	61	0,466	30	3,142
		56	6628	21	10 403	46	0,464	x25	3,147
30	4024	42	6670	46	10 231	23	0,459	36	3,161
36	3691	57	6699	37	10 200	44	0,450	55	3,190
20	3659	48	6765	59	10 131	59	0,449	47	3,195
41	3603	24	6972	42	10 106	63	0,443	33	3,200
35	3572	x60	7055	20	10 096	49	0,442	x52	3,225
22	3556	x51	7064	34	9 920	34	0,440	61	3,256
60	3552	59	1077	61	9 741	40	0,434	40	3,271
62	3549	x34	7499	x51	9 740	38	0,432	27	3,281
38	3545	25	7574	57	9 364	60	0,428	37	3,282
42	3436	45	7656	62	9 093	29	0,424	41	3,295
63	3189	32	8023	22	8 908	42	0,404	50	3,330
23	3121	27	8076	23	8 266	35	0,397	24	3,335
59	3054	63	8430	54	8 196	36	0,389	26	3,412
55	2976	26	9002	40	8 127	33	0,373	57	3,418
44	2881	x58	9057	55	8 084	55	0,372	35	3,476
x33	2722	x28	9071	36	7 833	62	0,362	54	3,506
x51	2676	35	9136	47	7 612	x52	0,355	39	3,517
57	2665	53	9333	44	7 594	41	0,328	56	3,566
50	2588	31	9560	49	7 441	56	0,319	x51	3,622
34	2421	x52	9599	50	7 319			32	3,648
47	2381			38	6 667	69	0,315	34	3,657
39	2217	69	11324	41	6 651			53	3,706
54	2171			33	6 290	57	0,299	59	3,860
49	2165	43	11423	39	5 693	54	0,258	58	4,018

\*N° = numéro GAM-Physio. Se reporter à l'annexe pour l'origine génétique  
 lignée 69 : mil traditionnel Souna III

x = lignées ayant la même origine que le synthétique.

Ces deux tests sont applicables à tout essai agronomique, et peuvent même dans le cas du second, servir à caractériser des traitements. Ils sont également utilisables pour la sélection : la première méthode en particulier, peut permettre rapidement de contrôler si la densité de semis d'une lignée n'est pas trop forte, et n'entraîne pas de modifications d'architecture qui seront des sources d'erreur pour le contrôle de sélection à la récolte.

#### 2.4. Etude de nutrition minérale et d'alimentation hydrique.

La densité critique permet d'effectuer des études sérieuses d'alimentation minérale ou hydrique au champ, car elle permet de travailler à un niveau non limitant d'énergie lumineuse, ou à un niveau optimum d'utilisation de l'énergie lumineuse pour le rendement.

L'alimentation minérale, et en particulier minérale azotée, et l'alimentation hydrique ont une influence sur l'architecture des talles. Cette influence doit permettre de définir des lois de variation de  $d_c$  en fonction du niveau de fertilité, et du régime hydrique.

### 3. INTERET POUR LA SELECTION

Aucun paramètre simple, que ce soit d'architecture ou de production d'épis, ne peut permettre au sélectionneur d'évaluer le potentiel de production en grains de son matériel végétal. En effet, d'une part la fertilité d'épis ne peut être évaluée sur des lignées du fait des phénomènes d'inbreeding, et d'autre part, aucun paramètre morphologique simple ne permet au sélectionneur de prévoir la densité d'épis qu'il peut attendre de son matériel, surtout si celui-ci est étudié à une densité trop forte.

#### 3.1. Densité critique

La densité critique d'une lignée donne au sélectionneur une information importante sur son matériel, puisqu'elle correspond à la densité d'épis optimale pour la formation du grain, d'un couvert de la lignée. Mais, si cette information, obtenue par simples mesures biométriques permet le calcul de potentiel de production, aucune relation ne peut être mise en évidence entre le niveau de la densité critique, et la capacité de production du couvert. La densité critique n'est donc pas par elle-même un critère de sélection pour les lignées de première génération.

#### 3.2. Indice d'épi critique.

Soit  $d_c$ , la densité critique d'une lignée, soit  $s$  la surface moyenne d'un épi de cette lignée. Nous appellerons indice d'épis critique  $IEc$  le produit  $d_c \times s$ , unité de surface employée pour  $d_c$  et  $s$  étant la même.

$IEc$  représente la surface totale d'épis par unité de surface au sol, d'un couvert à la densité critique, c'est-à-dire d'un couvert ayant une capacité photosynthétique de production de grain maximum.

Or, on peut considérer que tous les couverts à la densité critique ont la même capacité photosynthétique de production de grain, quelque soit leur critère génétique. En effet, ils ont tous

le même indice foliaire projeté, ils absorbent tous la même quantité d'énergie  $E_0-E_c$ ; tandis qu'une différence variétale de reprise photosynthétique à l'énergie lumineuse est peu probable, et de toute manière négligeable.

D'autre part, nous avons vu que la capacité photosynthétique d'une talle n'est pas un facteur limitant de la production de grain de l'épi (chapitre 5), mais que par contre, un problème de stérilité génétique reste à résoudre.

En conséquence, l'indice d'épi critique, calculé à partir de mesures biométriques effectuées sur la paille et l'épi, est proportionnel à la capacité de production en grains, et apparaît donc comme un excellent critère de sélection pour le rendement, en conditions non limitantes d'alimentation minérale et hydrique.

Ce critère peut également être utilisé en conditions quelconques, mais reproductible d'alimentation minérale et hydrique.

### 3.3. Indice d'épi critique et quelques indices de production.

Nous avons classé par lignées, différents paramètres d'architecture et de production (tableau I) à partir des résultats de mesures consignées en annexe. Ces résultats montrent bien qu'aucune relation n'existe entre ces différents paramètres, et que en particulier, densité critique et surface d'épi sont des paramètres indépendants.

Le classement du tableau II par rendement potentiel en grain à la densité critique tient compte de la fertilité des épis, le rendement théorique en grains ne peut donc être utilisé comme critère de sélection tant que les problèmes de fertilité ne sont pas résolus, et n'est pas applicable à des lignées du fait des phénomènes d'inbreeding, l'indice I<sub>Ec</sub> est indépendant des facteurs de stérilité.

Il est à noter que le classement par rendement en paille ne peut en aucun cas servir à la sélection de mil fourrager, car, (chapitre 3 et 4) le rendement en paille augmente avec la densité au-delà de la densité critique. Les résultats du chapitre 4 montrent que l'indice d'épi peut également augmenter au-delà de la densité critique, mais la capacité photosynthétique du couvert diminue dans les mêmes conditions, et seul l'indice d'épi critique correspond à la capacité maximum de rendement du couvert.

L'indice d'épi critique peut également servir de critère à la sélection d'hybrides, puisque la densité critique tient compte de l'effet de l'hétérosis sur le développement végétatif, et la surface d'épis.

### 3.5. Utilisation de l'indice d'épi critique.

Le tableau 2 donne une classification des lignées par indice d'épi critique. Il est assez remarquable de constater que les 6 lignées présentant le meilleur indice d'épi critique sont toutes issues d'un croisement avec le tifton 239, et que parmi des problèmes qui se posent au sélectionneur (stérilité, résistance aux maladies etc...), la sélection pour une augmentation du rendement en grains semble devoir s'orienter vers les hybrides issus du tifton 239.

#### 4. INTERET POUR LA GENETIQUE

##### 4.1. Introduction

La densité critique ne présente un intérêt pour les généticiens, que dans la mesure où ils sont susceptibles de manipuler les paramètres morphologiques divers qui permettent de la définir.

Si nous considérons que l'indice d'épi critique caractérise le potentiel de production du matériel végétal, l'amélioration du rendement peut être obtenue en augmentant la densité critique, ou la surface de l'épi ou les deux à la fois. L'étude de la variabilité des paramètres définissant la densité critique (tableau 2) permet de préciser aux généticiens des modèles possibles d'architecture de plante à créer, qui correspondent à une augmentation de la capacité de production par augmentation de la densité critique.

##### 4.2. Modèle d'architecture (tableau I)

De très nombreux modèles peuvent être définis, le plus élaboré est obtenu en associant la surface d'une feuille, et le nombre de feuilles de la lignée 21 (80, 23 et 6,67) : et l'angle foliaire moyen d'une talle de la lignée 58 (59°). La densité critique de ce modèle est de 760 700 talles par hectare, ce qui représente une nette amélioration par rapport à la densité critique de la meilleure lignée, la lignée 21.

La capacité de production d'un tel hybride peut également être évaluée, en restant dans le cadre de possibilités génétiques du matériel étudié. En effet, le modèle a un indice foliaire critique de 4,0 et peut produire comme la lignée 43, 56 mg de matière sèche totale par cm<sup>2</sup> de feuille, pour un rapport grain sur paille de 118,2 (lignée 44), (le rapport grain sur paille de la lignée 40 est anormalement élevé, du fait d'une sous évaluation du poids d'une talle). Le calcul de production à partir de ces données aboutit à une production de matière sèche totale de 17 500 kg/ha dont 9 500 kg/ha de grains et le reste en paille.

Nous citerons un autre modèle qui a l'avantage sur le précédent de reposer sur une base génétique plus diversifiée : Surface moyenne d'une feuille de 92.4 cm<sup>2</sup> (lignées 20, 21, 63 et 48), nombre d'étages foliaires 6.9 (lignées 21, 63, 20, 58, 48), et angle foliaire de 56° (lignées 58, 59, 53, 34, 32, 51).

La densité critique de ce modèle est de 321 000 talles par hectare. Si nous adoptons les caractéristiques de production précédentes, ce modèle aboutit à une production de 9000 kg de matière sèche dont 4 900 kg/ha de grains, ce qui est plus réaliste que le précédent exemple.

#### 5. CONCLUSION

Le modèle d'architecture de plantes peut présenter des applications de nature diverse, parmi lesquelles nous retiendrons :

- La possibilité de simplification d'études agronomiques de densité.

- La définition pour la sélection de critères simples, en relation avec la capacité de rendement en grains, utilisable au niveau des lignées.

- La définition pour la sélection de modèles théoriques de plantes à haut rendement, pouvant servir d'objectif à atteindre.

## CONCLUSION GENERALE.

L'ensemble des expériences consignées dans ce rapport aboutissent à confirmer les hypothèses sur lesquelles reposent la définition du modèle d'architecture de plantes. En particulier, la densité critique correspond bien à la densité permettant une utilisation optimum de l'énergie lumineuse pour la formation du grain. L'énergie lumineuse est un facteur limitant du rendement aux densités supérieures à la densité critique. Le densité critique correspond bien à la densité agronomique optimum pour le rendement, si l'alimentation minérale et hydrique ne sont pas des facteurs limitants.

Ces expériences montrent également, qu'il serait intéressant de préciser certains des résultats obtenus, en particulier les variations de l'énergie critique avec la température nocturne et les relations densité critique et agronomique.

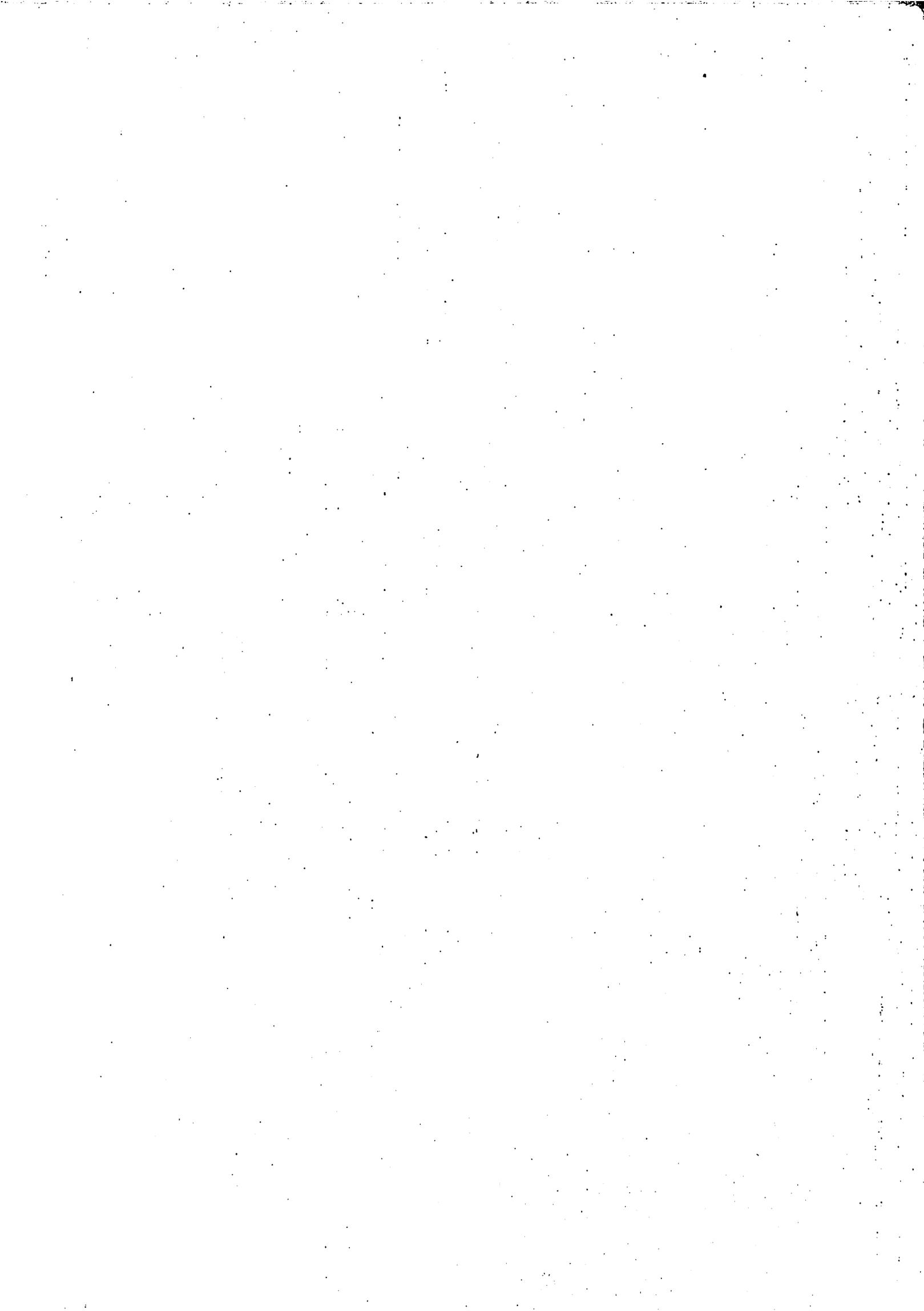
Les applications du modèle d'architecture de plante intéressent les problèmes de densité, en agronomie et agro-physiologie; les critères de choix, en sélection et les objectifs à atteindre en génétique. Les applications qui nous paraissent les plus importantes, sont pour l'amélioration des plantes, la mise au point des critères de sélection corrélés avec les potentialités de rendement en grains et pour l'agronomie la possibilité d'études d'alimentation minérale et hydrique avec un contrôle du facteur lumière.

Il apparaît que, à l'exception du maïs, cette étude puisse être généralisée à toutes les céréales, que leur cycle photosynthétique soit en C3 ou C4. En effet, les caractéristiques principales de la formation du grain chez les céréales sont compatibles avec celles permettant la définition du modèle chez le mil.

Il paraît nécessaire après cette étude de poursuivre les applications pratiques chez le mil avec les agronomes et les sélectionneurs ; d'aborder les problèmes de nutrition minérale et hydrique et d'étendre ces résultats à d'autres céréales.

REFERENCES

1. L. JACQUINOT et D. POUZET - Modèle d'architecture de plantes, densité et rendement - I. Utilisation de l'énergie lumineuse. Aspects théoriques appliqués au Mil Pennisetum en zone sahé-lienne. (en cours de publication).
2. M. PUARD et L. JACQUINOT - Serre de Recherche en climat Sahélo - Soudanien -  
Agro. trop. 1974, n°11 p. 1151 - 1158
3. WANG - WILLIS - Radiotracer Methodology in biological science prentice - Hall-Inc.  
New Jersey
4. L. JACQUINOT - La nutrition carbonnée du mil - Migrations des assimilats carbonnés durant la formation des grains.  
Agro. trop. 1970, n°11, p. 1088 - 1095.
5. GAM - Rapport d'activité GAM 1971 - CNRA Bambey (Sénégal)
6. GAM - Rapport d'activité GAM 1972 - CNRA Bambey (Sénégal)
7. L. JACQUINOT - Rapport d'activité SR/Pch CNRA Bambey - 1968
8. L. JACQUINOT - Rapport d'activité SR/Pch CNRA Bambey - 1970
9. Mc PHERSON - Mécanismes regulating photosynthesis in Pennisetum typhoides  
Aust. J. Bio. Sci. 26, n°2, 329-39 (1973).



A N N E X E S

- Modèles d'architecture de plante, densité et rendement -  
Utilisation de l'énergie lumineuse - Aspects théorique  
appliqués au mil
  
- Catalogue de quelques paramètres d'architecture et de  
production de lignées de mil en voie d'amélioration.

Avril 1975

MODELES D'ARCHITECTURE DE PLANTES, DENSITE ET  
RENDEMENT :

I - Utilisation de l'énergie lumineuse - Aspects théoriques appliqués au Mil pennisetum en zone sahélienne

L. JACQUINOT\* et D. POUZET\*

---

RESUME

Un défaut important du Mil pennisetum de culture traditionnelle est son développement végétatif surabondant par rapport à la production de grain. L'étude des migrations des assimilats photosynthétiques au cours de la formation du grain a permis de formuler une hypothèse sur l'équilibre du bilan photosynthèse-respiration des feuilles inférieures.

Il en découle tout d'abord la définition de la densité critique, densité à partir de laquelle les phénomènes respiratoires des étages inférieurs deviennent parasites. Cette densité critique peut être calculée à partir de modèles d'absorption de la lumière par un couvert végétal, proposés par différents auteurs. Une équation permet de calculer la densité critique en fonction de différents paramètres architecturaux (surface foliaire, angle foliaire) physiologiques (point de compensation) climatique (énergie lumineuse disponible). Le rendement théorique, ne dépendant que de l'utilisation de la lumière, peut aussi être calculé grâce à la définition de cette densité critique.

Inversement l'objectif de l'amélioration de cette plante étant un rendement déterminé, on peut en déduire les densités et les productivités par épi nécessaires et ensuite les valeurs des différents paramètres architecturaux permettant d'atteindre ces densités. Différents modèles de plantes peuvent alors être définis et proposés comme objectifs de sélection.

\* Institut de Recherches Agronomiques Tropicales -  
110, rue de l'Université - 75340 - PARIS Cedex 07

I - Benutzung der Lichtenergie - Theoretische Aspekte,  
angewandt auf den Pennisetum-Hirse in der Sahelzone

L. JACQUINOT et D. POUZET

---

Zusammenfassung.

Die in Beziehung auf den Kornertrag überflüssige vegetative Entwicklung stellt einen bedeutenden Fehler bei dem herkömmlich angebauten Pennisetum-Hirse dar. Die Untersuchung der Wanderungen der fotosynthetischen Assimilaten im Verlauf der Kornbildung ermöglichte, eine Hypothese über das Gleichgewicht der Fotosynthese-Atmung-Bilanz bei den unteren Blättern zu formulieren.

Daraus erfolgt zuerst die Erklärung der kritischen Dichte, woraus die Atmungsvorgänge der unteren Stufen schädlich werden. Diese kritische Dichte kann aus Lichtaufnahmemodellen durch einen Pflanzenbestand berechnet werden. Verschiedene Autoren schlagen solche Modelle vor.

Eine Gleichung ermöglicht die Berechnung der kritischen Dichte in Abhängigkeit von verschiedenen Architektur - (Blattfläche, Blattwinkel) Physiologie - (Kompensationslage) und Klimaparametern (verfügbare Lichtenergie).

Da der theoretische Ertrag nur von der Lichtbenutzung abhängig ist, so kann er auch durch die Erklärung dieser kritischen Dichte berechnet werden.

Umgekehrt da ein bestimmter Ertrag den Zielpunkt der Züchtung dieser Pflanze darstellt, können die Dichten und die notwendigen Leistungsfähigkeiten per Kornähre und dann die Werte der verschiedenen Architekturparameter, die Erreichung dieser Dichten ermöglichen, daraus folgern werden.

Verschiedene Modelle können nun als Züchtungsziel bestimmt und vorgeschlagen werden.

## MODELS OF PLANT ARCHITECTURE, DENSITY AND YIELD

- I - Use of light - Theoretical aspects applied to Pearl Millet in the Sahelian zone.

L. JACQUINOT et D. POUZET

---

### Summary

Traditionally grown Pearl millet has a serious defect; its vegetative development is superabundant compared to grain production. The translocation of the photosynthetic assimilates during grain development was studied and based on the results an hypothesis could be formulated about the photosynthesis : lower leave respiration balance.

First, critical density can be defined, that is the density from which the respiratory phenomena at the lower canopy levels become parasitic. This critical density can be calculated from the models of light absorption by a canopy that are proposed by various authors.

An equation allows to calculate the critical density as a function of various architectural parameter (leaf area index, leaf angle) physiological parameters (compensation point) and climatic parameters (radiant energy available).

The theoretical yield, which depends only on light use, can also be calculated from the critical density definition.

Conversely, since the objective of the plant improvement is a given yield, first the necessary density and productivity by ear can be deduced and then the values of the different architectural parameters required to attain these densities.

Various plant models can then be defined and proposed as selection objectives.

## I N T R O D U C T I O N

Le mil pennisetum (Pennisetum typhoides Stapf. et Hubb), cultivé dans la zone sahélienne, présente certaines caractéristiques qui le rendent inapte à une culture intensive (JACQUINOT, 1972). En particulier sa réaction aux engrais est telle que, d'une façon générale, les rendements en grain atteignent rapidement un plafond tandis que la masse végétative continue d'augmenter dans des proportions beaucoup plus importantes. Une première analyse nous a permis de constater que l'apport d'engrais azoté ayant pour effet d'augmenter le tallage, c'est-à-dire le nombre d'épis, corrélativement la taille de ces derniers diminue très rapidement, tandis que l'indice foliaire augmente de façon considérable.

D'autre part des études (JACQUINOT, 1970) sur les migrations des assimilats photosynthétiques ont montré que les feuilles du tiers central permettent la croissance de l'épi jusqu'à l'anthèse, tandis qu'ensuite ce sont les trois feuilles supérieures qui fournissent plus de 85% des assimilats aux grains en formation. Par contre, soit à la suite de phénomène de stérilité de l'épi, soit d'ombrage important des feuilles inférieures.

On observe des migrations importantes d'assimilats provenant des feuilles supérieures vers les feuilles les plus basses.

A partir de ces observations, nous formulons l'hypothèse suivante : lorsque la densité de tiges d'une culture de cette céréale augmente, il apparaît, à partir d'une certaine valeur de cette densité, un ombrage mutuel important qui a pour conséquence une diminution telle de la photosynthèse des strates foliaires inférieures, que celles-ci deviennent consommatrices d'assimilats produits par les étages supérieurs.

Notre but, après avoir explicité ces hypothèses, est de définir une méthode qui permette de dessiner des modèles de plantes mieux adaptés aux fortes densités, ainsi qu'un mode de calcul des densités en fonction du type de plante choisi.

EQUILIBRE PHOTOSYNTHESE - RESPIRATION DANS UN COUVERT  
VEGETAL

Cet équilibre est considéré ici comme le résultat du bilan assimilation totale (P) moins la respiration totale (R) durant vingt quatre heures. Dans le cas de plantes à photorespiration cette dernière est alors incluse dans le terme respiration totale. Dans le cas du mil, cela n'est pas nécessaire, cette plante étant une plante dite en C4. FIG 1 -

En première approximation on peut considérer un couvert végétal homogène, c'est-à-dire dont la densité de tiges est homogène et les feuilles orientées dans toutes les directions, comme un milieu absorbant l'énergie lumineuse suivant la loi exponentielle de Beer-Lambert. Cette absorption de la lumière est d'autant plus rapide, en fonction de la distance parcourue dans l'épaisseur du couvert, que l'indice foliaire est plus élevé. On sait aussi que d'autres paramètres interviennent dans l'absorption de cette énergie lumineuse : le port des feuilles, la largeur des feuilles et les propriétés optiques des feuilles telles que leur réflectance et leur absorptance.

Considérons deux parcelles cultivées d'une même variété dont les densités de tiges à la floraison, sont respectivement  $d$  et  $d_c$ , la densité  $d$  étant supérieure à la densité  $d_c$ . A ces densités correspondent les indices foliaires  $IF$  et  $IF_c$  (fig. 1).

La densité  $d_c$  est choisie de telle sorte que le bilan (Photosynthèse)-(Respiration), de la dernière strate foliaire durant 24 heures, soit nul. Ceci exprime le fait que l'énergie lumineuse photosynthétiquement active qui atteint cette strate, a une valeur telle que la quantité de gaz carbonique fixé durant le jour est égale à la quantité de gaz carbonique rejetée la nuit.

A la densité  $d$ , l'indice foliaire  $IF$  est supérieur à  $IF_c$  qui correspond à la densité  $d_c$  et l'énergie lumineuse est plus rapidement absorbée en fonction de la hauteur du couvert. On trouve alors à une hauteur  $h_c$  une valeur  $E_c$  de l'énergie lumineuse active pour laquelle le bilan photosynthèse-respiration est nul. Au dessous du plan horizontal passant par  $h_c$  le bilan P-R devient négatif et les besoins respiratoires des strates sont couverts en partie ou en totalité par une fraction de la photosynthèse des strates supérieures à  $h_c$ . La photosynthèse nette globale et journalière des strates supérieures est, dans ce cas, amputée d'une certaine quantité d'assimilats d'autant plus grande que la densité, donc l'indice foliaire, est plus grande. Ceci est traduit symboliquement dans la figure 1 par la neutralisation de la photosynthèse d'une hauteur  $h_c$   $h_1$  du couvert qui sera d'autant plus importante que  $h_c$  est plus grand.

Nous appellerons le plan horizontal passant par  $h_c$ , plan de compensation de bilan nul;  $E_c$  l'énergie de compensation de bilan nul ou plus simplement énergie critique;  $d_c$  la densité critique pour laquelle nous désirons que  $h_c$  soit nul.

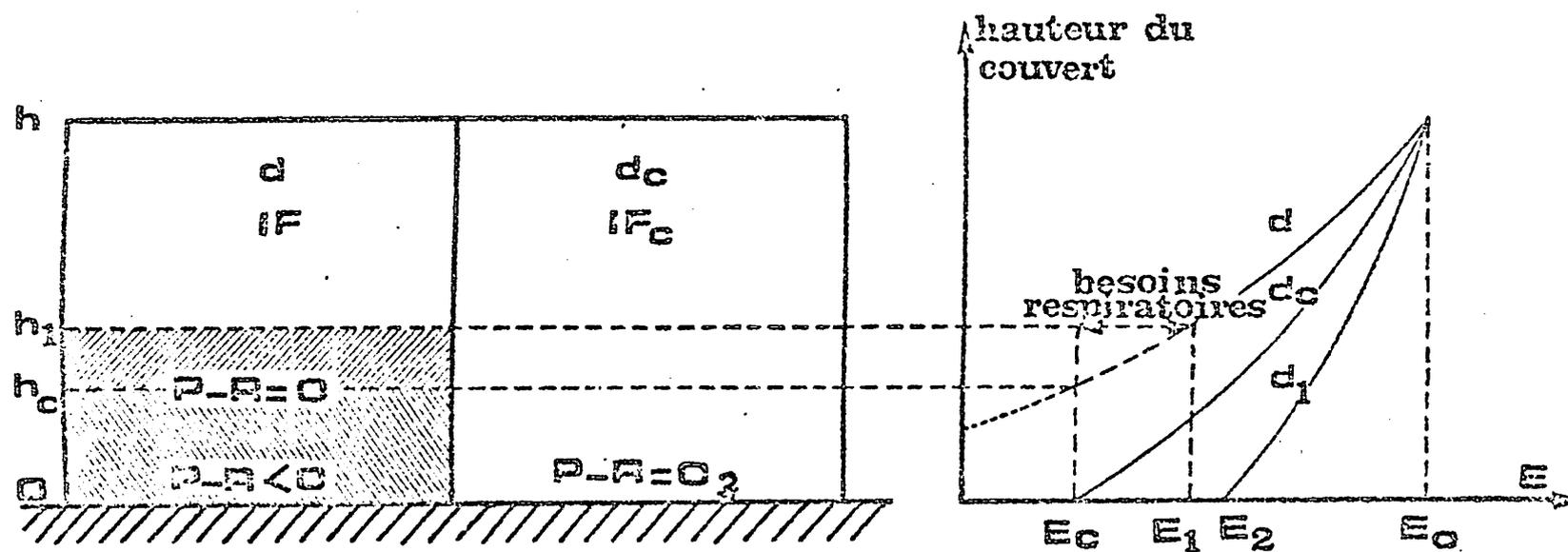


FIG 1 - Utilisation de l'énergie lumineuse par la photosynthèse dans un couvert. Relation avec la densité ;  $d$ ,  $d_c$ , densités de tiges par unité de surface ;  $IF$  et  $IF_c$  indices foliaires ;  $E_0$  énergie incidente dans la bande 400 à 750 nm.

A une densité  $d_1$  inférieure à  $d_c$ , l'énergie lumineuse active n'est pas absorbée complètement par le couvert, tandis qu'à une densité  $d$  supérieure à  $d_c$ , une partie de cette énergie est utilisée pour satisfaire des besoins respiratoires supplémentaire - Figure 1, nous voyons que dans deux cas ( $d$  et  $d_1$ ) seule l'énergie dont la valeur est comprise entre  $E_0$  et  $E_1$  est utilisée effectivement pour la croissance et le développement de la plante.

Nous avons supposé implicitement dans tout ce qui précède, que l'architecture individuelle des plantes, n'était pas modifiée entre les densités  $d_1$ ,  $d_c$  et  $d$ . Si seul le facteur lumière intervient, cette architecture ne doit pas être modifiée par rapport à celle d'une plante isolée jusqu'à ce qu'on atteigne la densité critique. On peut s'attendre, par contre, si on dépasse cette densité critique, au stade de la floraison, à ce que l'indice foliaire critique ait été atteint avant la floraison et que les besoins trophiques de croissance de différents organes ne soient plus entièrement satisfaits ensuite. Dans ce cas, la hauteur des plantes, leur surface foliaire, les dimensions de leur épi seront plus faibles que chez une plante isolée (NEEL, 1972). L'indice foliaire sera aussi abaissé par rapport à ce qu'on aurait pu prévoir et le plant de compensation sera moins élevé qu'on aurait pu le craindre.

En fait, on obtient un couvert végétal de type différent dont la productivité par tige a diminué, mais dont le rendement peut présenter un palier plus ou moins long grâce à ces phénomènes d'adaptation. Ceci peut être vérifié expérimentalement, mais ce n'est pas l'objet de notre discussion car notre but est de déterminer en premier lieu la valeur de la densité critique, au-delà de laquelle nous obtiendrons ces phénomènes qui ne peuvent que diminuer le rendement de la culture ou/et sont rapport grain/paille (WILLEY et HEATH, 1969).

Nous n'avons pas mentionné l'influence que peuvent exercer les facteurs hydriques et minéraux. Ces facteurs font et feront l'objet d'études qui devront permettre d'évaluer leur importance vis-à-vis de ceux qui sont examinés ici.

#### DETERMINATION DE LA DENSITE CRITIQUE

Nous avons utilisé, pour déterminer la densité critique, les travaux de DUNCAN et al. (1967) ANDERSON (1966), MONTEITH (1969), BONHOMME et al. (1972), LEMEUR (1973). Nous nous placerons cependant dans un cas particulier : c'est-à-dire en zone sahélienne, entre le 12ème et le 16ème degré de latitude Nord, entre 11h et 13h, heure solaire, début septembre, avant l'équinoxe d'automne, époque de la floraison du mil hâtif. Ces conditions reviennent à prendre  $90^\circ$  pour l'élévation du soleil.

a/- Ce choix nous conduit à déterminer une densité critique qui ne serait vraie en particulier, qu'entre 11h et 13h. Nous estimons que, en nous plaçant dans les conditions les plus favorables d'éclairement, la limite supérieure de la densité calculée dans ces conditions, devient une limite d'autant plus stricte à observer que l'on s'éloigne de ces conditions ou que l'on ne s'y trouve pas en permanence.

b/- Pour déterminer cette densité critique nous avons vu que seule importe la valeur de l'énergie lumineuse active pour la photosynthèse au niveau de la strate du couvert la plus proche du sol.

1/- Cas du rayonnement direct (taches de soleil)

DUNCAN (1967) propose, pour exprimer la surface des taches de soleil à un niveau déterminé dans le couvert l'expression :

$$I = I_0 e^{-S (F' / F) / \text{sink}}$$

où  $I_0$  est la surface éclairée par la lumière directe entrant dans la strate;  $S$  l'indice foliaire de la strate;  $F' / F$  le coefficient de Wilson-Reeve égal au rapport entre l'ombre projetée par une feuille sur un plan perpendiculaire aux rayons solaires et la surface réelle de la feuille. Dans le cas simplifié présenté ici  $F' / F = \cos \alpha$ ,  $\alpha$  étant l'angle foliaire par rapport à l'horizontale  $K$  est l'élévation du soleil au-dessus de l'horizon donc  $\text{sink} = 1$ .

L'équation devient donc :

$$I_n = I_{n-1} \cdot e^{-S_n \cos \alpha} = I_{n-1} \cdot e^{-S'_n}$$

or, si  $d_c$  est la densité critique et  $s'$  la surface foliaire projetée, dans la même strate, d'une tige nous aurons :

$$S'_n = d_c s'_n$$

$$\text{soit } I_n = I_{n-1} e^{-d_c \cdot s'_n}$$

que l'on peut écrire :

$$\log I_n = \log I_{n-1} - d_c \cdot s'_n$$

soit  $I_0$  la surface éclairée en lumière directe sur le premier étage, nous aurons :

$$\sum_I^n \log I_n = \sum_0^{n-1} \log I_n - d_c \sum_1^n s'_n$$

en simplifiant par éliminations successives, nous obtenons :

$$\log I_n = \log I_0 - d_c \cdot s'_n \text{ ou encore } I_n = I_0 e^{-d_c \cdot s'_n}$$

$$\text{Si } P = R \text{ à l'étage } n, I_n = I_c$$

$$\text{d'où } I_c = I_0 e^{-d_c \cdot s'_n}$$

où  $I_c$  est la surface des taches de soleil dans la dernière strate, lorsque la culture est constituée de  $d_c$  tiges par unité de surface, portant chacune des feuilles ayant une surface réelle  $s$  et une surface projetée au sol  $s'$ .

Dans le cas d'une surface unitaire de la culture,  $I_0 = 1$ , la proportion de la surface du sol occupée par les taches de soleil dans quatre conditions (deux densités x deux surfaces projetées), est indiquée tableau I.

TABLERAU I : Taux de la surface des taches de soleil au sol, à la densité critique.

$d_c$ par $m^2$	$s'$ $m^2$	IFC projeté	Taches de soleil %
80	0,03	2,4	9
20	0,03	0,6	55
20	0,15	3,0	5
10	0,15	1,5	22

Or d'après DUNCAN et col. (1967), la surface de feuilles de la n<sup>ème</sup> strate éclairées par la lumière directe est la différence entre les taches de soleil à l'entrée de la couche et leur surface à la sortie, corrigée de l'inclinaison du soleil et de l'angle foliaire

$$A = A_{n-1} - A_n \cdot \sin k / (F' / F)$$

où  $A_{n-1}$  est la surface des taches de soleil à la couche supérieure de la strate;  $A_n$  est la surface des taches de soleil à la partie inférieure de la strate;  $k$  est l'élévation du soleil;  $F' / F$  le coefficient de WILSON-REEVE.

Le soleil étant proche du zénith  $\sin k$  est voisin de 1. D'autre part nous avons vu plus haut que :

$$A_{n-1} = I_{n-1} = e^{-d_c} s'_{n-1}$$

$$A_n = I_c = e^{-d_c} s'$$

$$d'où A = \left[ e^{-d_c} s'_{n-1} - e^{-d_c} s' \right] \frac{1}{\cos \alpha}$$

Or ce qui importe est le rayonnement direct intercepté par la dernière strate, c'est-à-dire par la surface projetée sur un plan horizontal, soit  $A_n \cos \alpha = E_0$ .

La proportion d'énergie directe émergeant de la strate n-1 sera :

$$A_n \cdot E_0 \cdot \cos \alpha = E_0 \cos \alpha \left[ e^{-d_c s'_{n-1}} - e^{-d_c s'} \right] \frac{1}{\cos \alpha}$$

soit pour  $Im_2$  :  $A = e^{-d_c s'_{n-1}} - e^{-d_c s'}$

Estimons la surface projetée de la dernière strate à :

$$s'_n = \frac{1}{10} s'$$

Le calcul permet de dresser le tableau II

TABLEAU II : Proportions de l'énergie solaire incidente directe interceptée par la dernière strate.

$d_c/m^2$	$s'$ m <sup>2</sup>	IF projeté	% $E_0$
80	0,03	2,4	2,5 %
10	0,15	1,5	3,6 %

Nous voyons que la surface de feuilles de la dernière strate, éclairée directement par les taches de soleil lorsque la densité est  $d_c$ , c'est-à-dire lorsqu'on atteint au niveau du sol une valeur de l'énergie lumineuse égale à  $E_c$  correspondant à  $P = R$  (24 heures), reçoit une fraction négligeable de l'énergie solaire directe, dans la plupart des cas, même lorsque les feuilles sont peu inclinées. On peut considérer que la dernière strate se trouve en général dans des conditions de lumière diffuse.

Expérimentalement on mesure la surface foliaire projetée au sol en divisant la feuille en une série de plans d'inclinaisons différentes. L'angle que font ces plans avec l'horizontale, permet de calculer les différentes surfaces projetées. L'angle  $\alpha$  du tableau II est tel que d'après la figure 2 :

$$s' = (s'_1 + s'_2 + s'_3) = (s_1 + s_2 + s_3) \cos \alpha$$

## 2/- Cas du rayonnement diffus

Le rayonnement diffus dans un couvert végétal est la somme du rayonnement diffus du ciel, du rayonnement diffus provenant des taches solaires et de celui ayant traversé les couches de feuilles supérieures ou réfléchi par ces feuilles.

Comme il s'agit de la dernière strate, un faisceau lumineux ayant traversé deux à trois feuilles, n'est pratiquement plus actif vis-à-vis de la photosynthèse. Or, dans le cas du mil il s'agit en général d'au moins six ou sept feuilles. On peut donc admettre que seul le rayonnement du ciel, le rayonnement réfléchi par les feuilles et le rayonnement diffus provenant des taches solaires peuvent être pris en considération.

Puisqu'il s'agit du dernier étage de feuilles, celles-ci recevront le rayonnement diffusé par le sol de la surface totale des taches solaires, c'est-à-dire :  $I_0 \cdot e^{-d_c} \cdot s'$

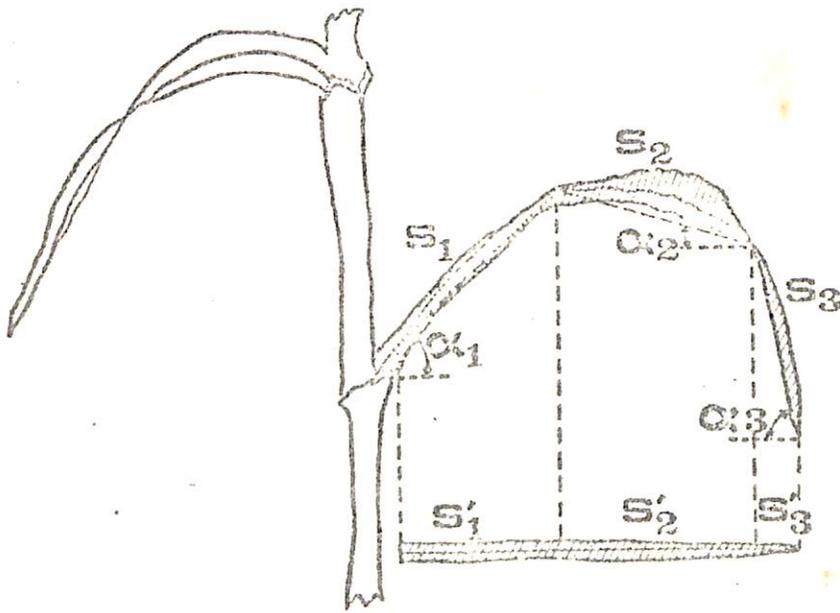


FIG 2 - Surface projetée d'une feuille et angle foliaire.  $s'_1 = s_1 \cos \alpha_1$  ;  $s'_2 = s_2 \cos \alpha_2$  ;  
 $s'_3 = s_3 \cos \alpha_3$  ;  
 $s' = s'_1 + s'_2 + s'_3 = s \cos \bar{\alpha}$

FIG 2

L'éclairement diffus sera :

$\rho \cdot E_0 \cdot I_0 \cdot e^{-d_c \cdot s'}$   $\rho$  étant le coefficient de réflexion du sol,  $E_0$  l'éclairement au-dessus du couvert, si nous évaluons  $\rho$  à 0,20,  $I_0 = 1$ , et prenons pour  $e^{-d_c \cdot s'}$  la valeur maximum du tableau I, soit 0,55, l'éclairement diffus ascendant, provenant des taches de soleil, aurait pour valeur maximum :

$0,20 \times 0,55 \times E_0 = 0,110 E_0$ . Si on prend la valeur maximum de  $E_0 = 419 \text{ W/m}^2$  dans le visible, le flux total ascendant est alors de :  $46 \text{ W/m}^2$ . Nous ne prendrons donc pas en compte le rayonnement diffus ascendant provenant des taches solaires dans la grande majorité des cas.

L'éclairement diffus descendant atteignant le sol est donné par l'expression :

$$I_0 e^{-KL}$$

où - L est l'indice foliaire

- K le coefficient de WILSON-REEVE =  $(F' / F) / \text{sink}$

- k l'angle du rayonnement par rapport au sol

Revenons à l'expression

$$I = I_0 e^{-(d_c \cdot s') / \text{sink}}$$

Cette équation a la même forme que l'équation relative aux taches de soleil, mais ici nous devrions conserver k qui est l'inclinaison des différents rayons incidents à une surface élémentaire du sol. En fait, si  $50^\circ < k < 90^\circ$  (LEMEUR, 1973) et l'angle foliaire est compris entre  $30^\circ$  et  $60^\circ$  (ANDERSON 1966) le coefficient d'absorption K reste constant dans le couvert, que nous supposons homogène.

En résumé, étant donnée l'hypothèse de départ, c'est-à-dire si l'on se trouve dans des conditions limites d'éclairement pour lesquelles le bilan (photosynthèse brute)-(respiration nocturne) est nul, nous estimons que, au niveau de la dernière strate nous nous trouvons uniquement dans des conditions de lumière diffuse, la lumière directe étant négligeable.

Dans ces conditions, si nous considérons la face inférieure de la dernière strate, celle-ci émet, en chacun de ces points, une lumière diffuse dans toutes les directions, dont le flux unitaire est égal à :

$$E = E_0 \cdot e^{-d_c \cdot s'}$$

Cette valeur est en quelque sorte celle que l'on obtiendrait à l'aide d'un pyrahéliomètre dirigé dans toutes les directions vers le haut. Par contre, la mesure de l'éclairement reçu par une surface horizontale à une faible distance de la face inférieure de la dernière strate sera par définition, puisque nous sommes à la densité critique (ou à l'indice foliaire critique) égale à  $E_c = \pi E$

$$\text{ou } E_c = E_0 e^{-d_c \cdot s'}$$

$$\text{d'où } d_c = \frac{1}{s'} \cdot \log_e$$

$$\left[ \frac{E_0}{E_c} \right]$$

## MODELES DE PLANTES

Rappelons que la densité critique, telle qu'elle a été définie, correspond à celle d'une plantation pour laquelle l'efficacité de la lumière est optimum pour la production de grains, compte tenu de certains paramètres physiologiques. Le couvert végétal est défini par : la surface foliaire ( $s$ ) de chaque tige et la surface projetée ( $s'$ ) qui permet de mettre en évidence un angle foliaire moyen  $\alpha$  tel que  $\cos \alpha = s'/s$ ;  $E_c$  l'énergie lumineuse correspond au bilan ( $P = R$ ), réalisé durant vingt quatre heures; enfin,  $E_0$  l'énergie lumineuse incidente dans le visible au dessus du couvert, à partir de la floraison mâle.

### 1°/- La surface projetée $s'$ .

La surface projetée  $s'$  dépend de la surface réelle du feuillage et des angles que font les feuilles avec l'horizontale. Par conséquent, à une densité  $d_c$  et une surface projetée déterminée, il peut correspondre divers types de plantes dont les extrêmes seront un type à feuilles dressées, grandes et/ou nombreuses et l'autre type à feuilles horizontales petites et/ou peu nombreuses. La densité critique est proportionnelle à l'inverse de la surface projetée  $s'$ . Le facteur de proportionalité est l'indice foliaire critique :

$$c'_c \times s' = IF'_c = \log_e$$

$$\left[ \frac{E_0}{E_c} \right]$$

Or, on peut dire aussi que la densité critique est proportionnelle à l'indice foliaire critique projeté dont on peut examiner les variations en fonction des paramètres  $E_0$ ,  $E_c$ .

### 2°/- Influence de la valeur du point de compensation de bilan nul $E_c$

La variation de l'énergie critique a une influence assez importante sur la valeur de l'indice foliaire critique projeté, donc sur la densité critique. Si  $E_c$  varie de 20 W/m<sup>2</sup> à 180 W/m<sup>2</sup>,  $IF'_c$  diminue de 4,0 à 1,7. C'est donc un facteur qui mérite sans doute d'être pris en considération pour la sélection, si il existe une variabilité de ce facteur dans l'espèce. Cependant pour les valeurs voisines expérimentales (140 W/m<sup>2</sup>) la variation est assez modérée (FIG 3).

FIG 3

### 3°/- Influence de la valeur de l'énergie incidente $E_0$

Les variations de  $IF'_c$  en fonction de l'énergie incidente  $E_0$  sont presque linéaires. On peut constater sur la courbe que le climat lumineux est un facteur important dans la détermination de la densité critique : une variation de  $E_0$ , de 50 W/m<sup>2</sup> entraîne une variation de 0,1 de l'indice foliaire projeté (environ 0,2 pour l'indice critique avec un angle foliaire moyen de 40°) soit de 10 000 tiges par hectare pour des plantes ayant une surface foliaire projetée de 1 000 cm<sup>2</sup> (Fig 4).

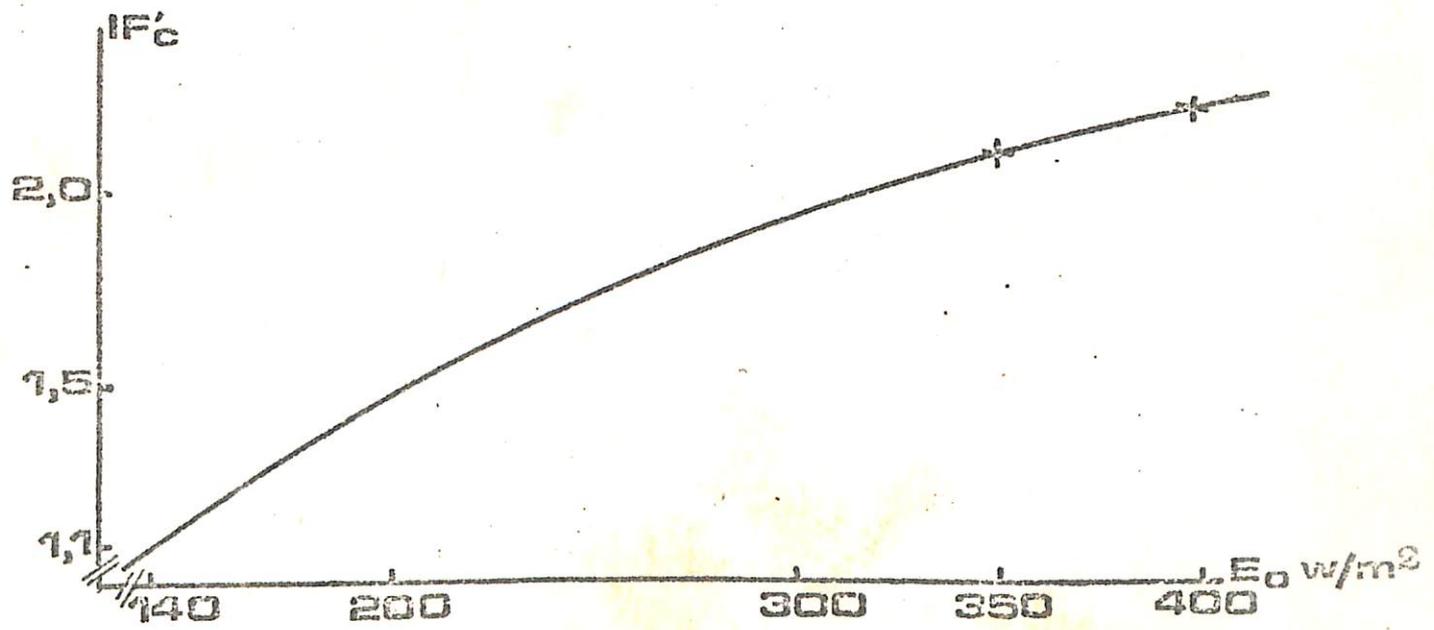


FIG 3 - Variations de l'indice foliaire critique projeté en fonction de l'énergie au point de compensation de bilan nul, exprimée en  $W/m^2$  dans la bande 400-750 nm.

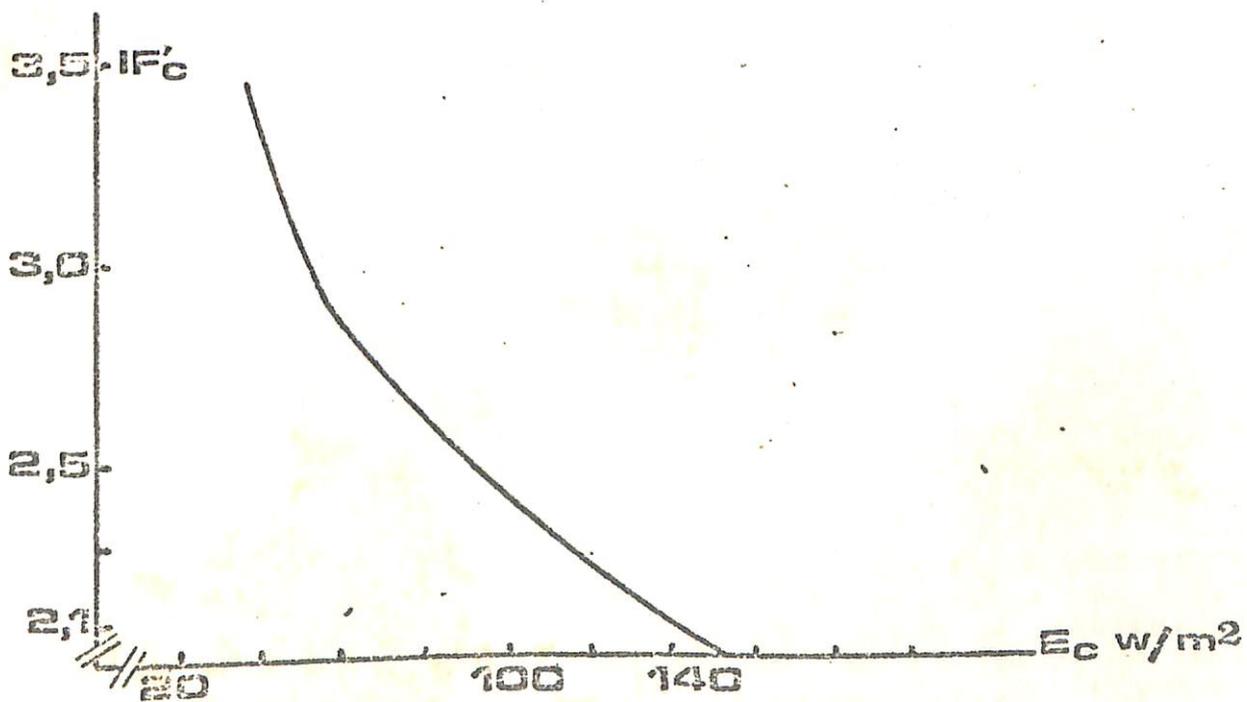


FIG 4 - Variations de l'indice foliaire critique projeté en fonction de l'énergie incidente, exprimée en  $W/m^2$  dans la bande 400-750 nm.

Dans le cas où l'énergie lumineuse est faible, la photosynthèse est considérée comme proportionnelle à l'énergie lumineuse, le coefficient de proportionnalité étant égal au rendement apparent de la photosynthèse qui peut être considéré comme constant à l'intérieur d'une espèce. D'autre part, le potentiel de photosynthèse varie avec l'âge de la feuille. Les mesures du potentiel de photosynthèse sous un faible éclairage doivent donc être effectuées sur des feuilles basses et adaptées à l'ombre, c'est-à-dire ombrées de façon permanente avant la mesure. La respiration nocturne est sensible à la température. On doit donc procéder à sa mesure sur les mêmes feuilles et à une température correspondant à celle du couvert durant la nuit.

Les facteurs que nous venons d'examiner brièvement sont reconnus depuis plusieurs années comme pouvant intervenir dans le rendement de la photosynthèse nette d'un couvert végétal. Nous ne cherchons pas ici à évaluer ce rendement étant entendu que c'est la productivité en grain d'un couvert céréalière, celui du mil, qui nous préoccupe. Or différents facteurs physiologiques, autres que la photosynthèse, interviennent dans la formation du rendement en grain, les migrations d'assimilats par exemple. Nous désirons préciser ici, sur le mil, qu'il a une forte variabilité morphologique, quelle est l'architecture susceptible de servir de modèle au sélectionneur pour constituer une culture ayant un rendement en grain, par unité de surface, important.

De façon plus précise : étant donné un certain nombre  $n$  de types de plantes produisant chacune  $g_n$  grammes de grains par épi et ayant chacune une architecture définie par les paramètres  $I_c$ ,  $S_n$ ,  $s'_n$ ,  $t_n$  et étant le coefficient de tallage, quelle architecture peut servir de modèle au sélectionneur, sachant que la variabilité de ces caractères est  $\Delta s$ ,  $\Delta s'$ , et  $\Delta t$  et que ces plantes doivent être cultivées sous des climats caractérisés par une énergie lumineuse maximum moyen  $E_0$  ? Nous pouvons répondre à cette question en définissant au moyen des paramètres précédents, la densité critique susceptible d'être obtenue au moyen d'une architecture théorique tenant compte, cependant, des valeurs des différents paramètres dans l'espèce.

#### CHOIX DE MODELES ET RENDEMENT THEORIQUE

Le rendement  $R$  escompté d'une variété est  $g \cdot d_c = R$  en supposant que toutes les tiges normales sont productives,  $g$  étant le poids de grain par épi. Nous avons  $d_c = t \cdot d_s$ ,  $d_s$  étant la densité de semis et  $t$  le coefficient de tallage.

Notons que des impératifs agronomiques ne permettent pas une variation quelconque de la densité de semis, ce qui est susceptible de limiter l'utilisation de certains types de plantes. D'autre part, le coefficient de tallage  $t$ , outre des facteurs que nous ne ferons pas intervenir ici (fertilité du sol, disponibilité en eau), est dépendant de la densité de semis  $d_s$ . Nous le considérerons cependant comme constant dans une culture bien conduite, c'est-à-dire lorsque chaque tige donne un épi fertile. Il reste pour une application agronomique à déterminer le coefficient de tallage moyen pour préciser la densité de semis à adopter (KAYS et HARPER, 1974).

On peut porter sur un graphique (figure 5) le rendement théorique  $R$  en fonction de la densité critique  $d_c$ , ce qui permet par exemple de classer les variétés A, B, C à la fois d'après leur rendement escompté et leur architecture. Les segments OA, OB, OC, représentent la proportionnalité entre rendement et densité lorsque cette dernière

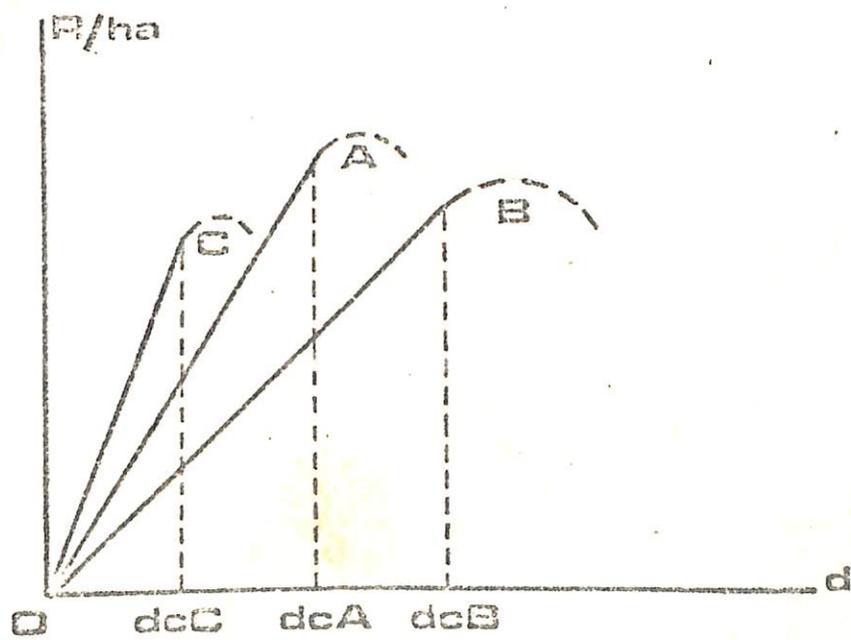


FIG 5 - Relation entre densité-épis et rendement.

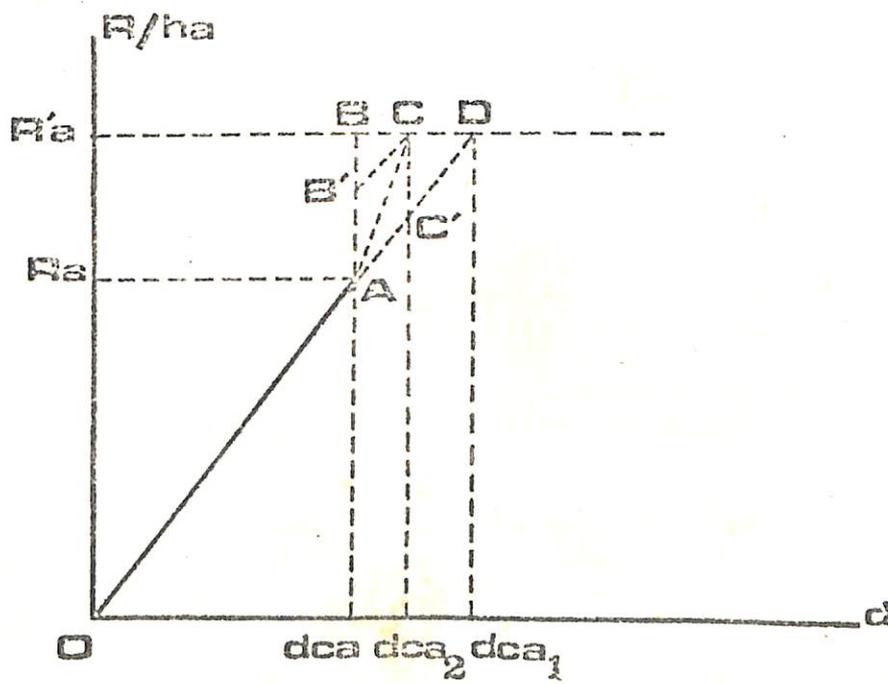


FIG 6 - Densité critique et objectifs de sélection.

augmente jusqu'à une certaine densité optimum à partir de laquelle les rendements deviennent constants ou décroissants. Si la densité critique est dépassée lors de la formation du grain cela signifie que cette densité aura été atteinte plus ou moins longtemps avant la fin de la formation de l'épi. Les mêmes phénomènes trophiques intervenant avant que celui-ci soit achevé, sa croissance sera réduite. C'est effectivement ce qu'on observe si le semis est trop dense ou le tallage trop abondant.

La densité optimum est vraisemblablement un peu plus élevée que la densité critique ceci en raison de la surabondance de la photosynthèse vis-à-vis des quantités d'assimilats nécessaires à la formation du grain. Chaque tige peut en effet auto-consommer, par respiration ou formation de talles tardives, une partie des assimilats produits par les étages supérieurs dans des limites qu'il faudrait préciser. Ce phénomène ne paraît pas cependant altérer le raisonnement qui suit.

Prenons le cas de la variété A définie par  $g_a$  (grain par épi) et  $d_a = f \left[ s'_a, (s_a, \alpha), E_0 \right]$   $E_0$  étant une caractéristique du lieu de culture. L'objectif d'amélioration étant d'obtenir le rendement  $R'_a > R_a$ , plusieurs voies peuvent être suivies (figure 6) :

a/- amélioration de la productivité par épi (augmentation du nombre de grains et/ou de la grosseur des grains) sans modifier l'architecture. C'est le trajet A B vertical.

FIG 5 et 6

b/- amélioration de l'architecture autorisant une augmentation de la densité, sans augmenter le poids de grain par épi. C'est le trajet A C correspondant à la densité  $d_{ca1}$

c/- améliorations simultanées ou successives du poids de grain par épi AB' et de l'architecture AC' correspondant à la densité critique  $d_{ca2}$ .

Nous voyons que, un certain rendement maximum,  $R_a$ , est défini pour une variété en fonction d'une densité maximum  $d_a$  calculée à partir des paramètres biométriques  $s$  et  $s'$ , physiologiques  $E_c$ , climatique  $E_0$ .

Nous nous donnerons un certain nombre de valeurs considérées comme limites indiquées dans le tableau III et un certain nombre de valeurs que prend la densité critique pour différentes valeurs de l'énergie incidente  $E_0$  et de la surface projetée  $s'$  (tableau IV)

TABLEAU III : Valeurs de différents paramètres

$d_c$ épis/m <sup>2</sup>		$s'$ m <sup>2</sup>		$E_c$ W/m <sup>2</sup>
Maxi	Mini	Maxi	Mini	Moyenne
70	9	0,5	0,05	140

$d_c$  : densité critique ;  $s'$  : surface foliaire projetée par tige ;  $E_c$  : énergie critique ou point de bilan nul.

TABLEAU IV : Valeurs de la densité critique pour différentes valeurs de l'énergie incidente  $E_0$  et de la surface foliaire projetée  $s'$

$E_0$ W/m <sup>2</sup>	400	350	300	250
0,05	44,0	42,0	38,0	30,0
0,1	22,0	21,0	19,0	15,0
0,2	11,0	10,5	9,5	7,5
0,3	7,3	7,0	6,3	5,0
0,4	5,5	5,2	4,7	3,7
0,5	4,4	4,2	3,8	3,0

$d_c$  = nombre de tiges par m<sup>2</sup>.

### 1°/- Définition pratique du problème

Nous avons vu que l'amélioration du rendement par unité de surface cultivée peut être obtenue par une amélioration de la productivité de la plante et/ou par une amélioration de son architecture autorisant des densités de culture plus importantes.

Nous pouvons nous fixer a priori pour objectif, par exemple, un rendement de 70 q/ha. A partir de là; nous pouvons définir le poids moyen de grains par épi pour chaque densité critique correspondant à divers modèles de plantes. Ceci peut être effectué évidemment pour n'importe quel objectif de rendement, pourvu qu'il soit raisonnable. On peut maintenant se demander quelles sont la ou les différentes combinaisons des paramètres que nous avons examinés précédemment, qui peuvent être envisagés comme objectif de sélection et susceptibles de permettre l'obtention du rendement désiré.

### 2°/- Recherche des modèles de plantes

Nous avons Fig. 7 les rendements en g/m<sup>2</sup> portés en fonction de  $d_c$  en nombre de tiges par cm<sup>2</sup> et la courbe  $d_c = \frac{1}{S'} \log_e \left[ \frac{E_0}{E_0} \right]$   $d_c$  étant porté en abscisse.

FIG 7.

A titre d'exemple, nous nous placerons dans un climat pour lequel l'énergie lumineuse moyenne maximum dans le visible est  $E_0 = 350$  W/m<sup>2</sup>, sensiblement ce qui existe par ciel nuageux en saison pluvieuse.

Les caractéristiques de la variété à améliorer A sont les suivantes : surface foliaire 0,16 m<sup>2</sup>, surface projetée 0,1 m<sup>2</sup>, angle foliaire moyen : 52°, poids moyen de grain par épi : 20 g.

A 350 W/m<sup>2</sup> la densité critique calculée est de 21 épis/m<sup>2</sup> (ou de 210 000/ha), l'indice foliaire projeté de 2,1 et l'indice foliaire réel critique de 3,4. Le rendement calculé à la densité critique

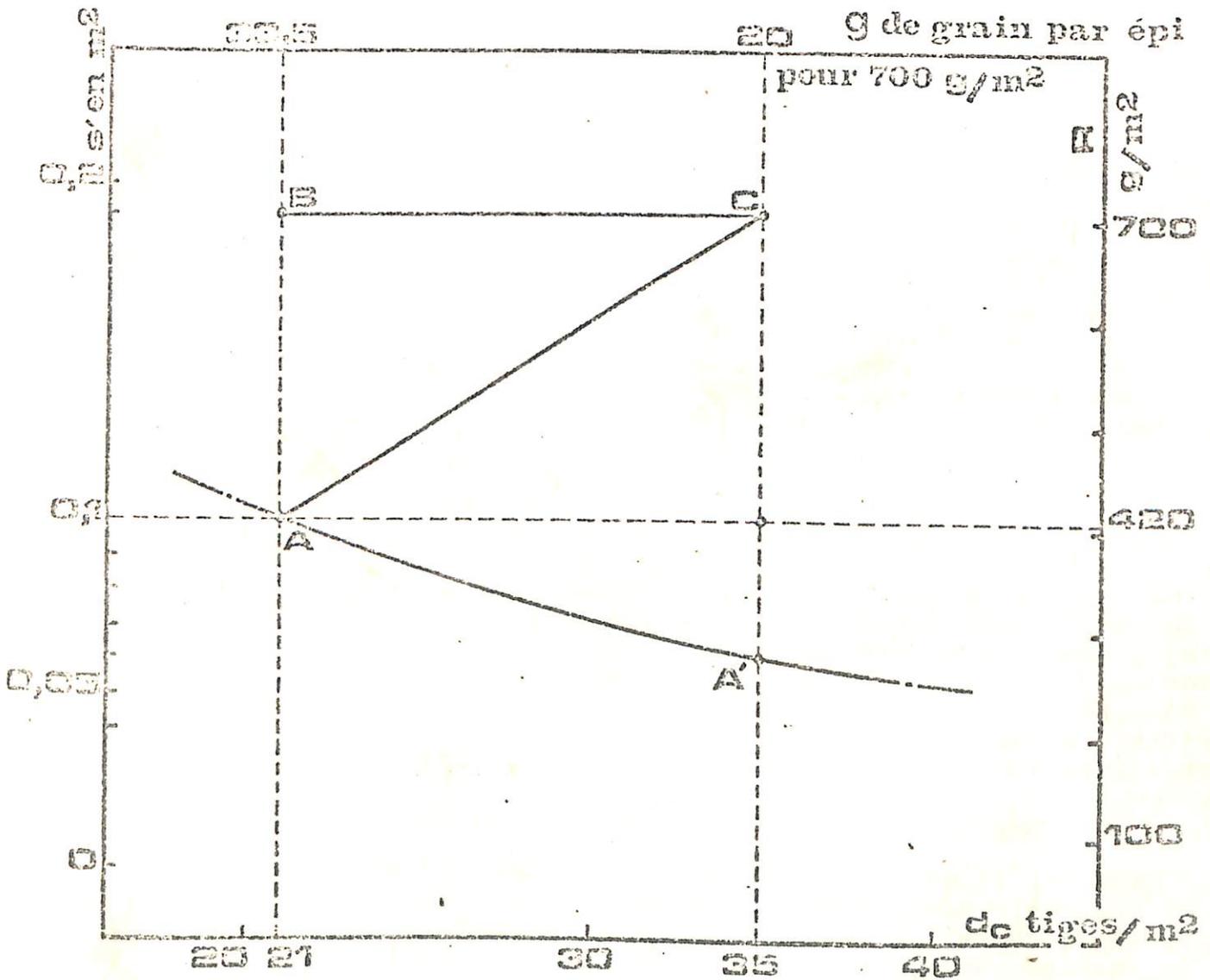


FIG 7 -- Recherche de modèles de plantes à rendement élevé par unité de surface cultivée. Equation de la droite AC:  $R = (420/21) \cdot d_c$  ; Equation de l'hyperbole équilatère AA' :

$$d_c = \frac{1}{s'} \log_e \left[ \pi \cdot \frac{E_0}{E_c} \right] ; R \text{ en g/m}^2 ; d_c \text{ en nombre d'épis par m}^2 ; s' \text{ en m}^2 ; E_0 = 350W/\pi ; E_c = 140 W/m^2.$$

est de 420 g/m<sup>2</sup>. Notons que les paramètres morphologiques étant mesurés sur plante isolée, ceux-ci sont supposés ne pas se modifier tant que la densité de tiges ne dépasse pas la densité critique.

La variété A peut être représentée dans les deux systèmes de coordonnées A ( $R = 420$   $d_c = 21$ ) et A ( $s' = 0,1$   $d_c = 21$ ). Les points B et C représentent deux voies d'amélioration possibles :

- B augmentation du poids de grain par épi (par effet d'hétérosis par exemple),
- C amélioration de l'architecture autorisant une plus forte densité de culture.

L'amélioration de mode B ne touche pas à la densité critique, donc à la densité de culture. Cependant si l'amélioration de la productivité est due à un effet d'hétérosis il faut s'attendre à une augmentation de la vigueur, en particulier à une augmentation de la taille des feuilles. Ou bien  $d_c$  va diminuer et l'augmentation de la productivité devra être d'autant plus forte; ou bien ceci pourrait être compensé par une augmentation de l'angle foliaire.

L'amélioration de mode C conduit à une augmentation de la densité critique et correspond aux modèles de plantes A' à surfaces foliaires plus petites ou plus dressées.

Enfin le mode BC correspondra à des modèles ayant pour densité critique des valeurs comprises entre 21 et 35 épis par m<sup>2</sup>.

Nous voyons que finalement le sélectionneur dispose d'un éventail de possibilités pour aboutir au rendement désiré. En fait il n'existe pas un modèle idéal d'architecture mais de nombreuses possibilités théoriques. Leur nombre est tempéré par la variabilité réelle de l'espèce, les possibilités de combinaisons géniques gouvernant ces facteurs, les restrictions que peuvent apporter l'alimentation hydrique et minérale et les réalités agronomiques (modes de semis, engrais).

### 3°/- Utilisation agronomique de la densité critique

Si une culture de mil est semée à trop forte densité, ou bien si le tallage est surabondant par suite d'excès d'engrais ou d'un régime hydrique très favorable, on peut juger de l'excès de densité de tige qui peut exister. En effet, si tel est le cas, suivant notre hypothèse, il y a réduction en particulier de la taille des feuilles et modifications de leur port. Des mesures biométriques (surface foliaire, angle foliaire et densité réelle) permettront de calculer la densité critique que l'on pourra alors comparer à celle calculée sur plante isolée. Un facteur de correction pourra ainsi être calculé et permettra d'ajuster la densité de semis aux conditions rencontrées.

### VERIFICATION DU MODELE MATHEMATIQUE

La vérification du modèle est en cours. La première hypothèse concernant la consommation par les feuilles inférieures d'assimilats provenant des feuilles supérieures, lorsque l'éclairement des feuilles inférieures est trop faible, a reçu de bonnes confirmations qui seront publiées ultérieurement.

Une seconde phase est la mesure du point de bilan nul  $E_c$  ou énergie critique. Cela revient à tracer, un peu au delà de la valeur  $E_c$  la courbe de photosynthèse en fonction de l'énergie lumineuse.

Comme nous l'avons vu cette courbe doit être établie en rayonnement diffus. La méthode préconisée est d'effectuer des mesures de consommation de  $\text{CO}_2$  dans une enceinte transparente sur une feuille âgée et préalablement placée dans des conditions de lumière diffuse d'environ  $140 \text{ W/m}^2$  (400-750 nm) durant plusieurs jours. Ceci afin de tenir compte à la fois de l'influence de l'âge de la feuille sur son activité photosynthétique et de l'adaptation que manifeste à la longue une feuille photosynthétisant en lumière réduite. Ces mesures sont effectuées de jour, la nuit on mesure la respiration de la même portion de feuille.

Enfin, pour vérifier la validité de la notion de densité critique, des études au champ sont effectuées. La densité critique est caractérisée à la fois par la valeur de l'éclairement au sol, sous le couvert ( $E_c$ ) et par la modification des paramètres architecturaux des plantes, au delà de cette densité, par rapport aux valeurs obtenues sur des plantes isolées ou poussant à très faible densité.

### CONCLUSIONS

Nous venons de voir que, en fonction d'exigences agronomiques (rendement et densités de semis), biologiques (variabilité phénotypique des différents génotypes), climatiques (rayonnement maximum moyen), il est possible de déterminer un certain éventail de modèles de plantes pouvant servir d'objectifs de sélection. Nous n'avons fait qu'évoquer ici un certain nombre de facteurs importants qui sont l'alimentation minérale et hydrique. Ces deux facteurs conditionnent en effet la croissance et le développement de la plante, lorsqu'ils sont limitants. Or, nous avons recherché les conditions d'une utilisation optimum de la lumière en fonction uniquement de phénomènes reliés à la photosynthèse, la respiration et les migrations des assimilats. Nous avons supposé implicitement que les conditions d'alimentation minérale et hydrique permettaient à ces fonctions de se réaliser parfaitement.

Si ces deux facteurs, ou l'un deux, deviennent limitants au moment de la formation du grain, la densité critique se révélera trop élevée, en particulier la demande en eau, car l'indice foliaire sera lui-même trop élevé. Si ces facteurs limitants se manifestent avant la floraison, et suivant le stade de végétation durant lequel ils interviendront, il est possible que la plante ait sa croissance ralentie, ce qui aurait pour effet une certaine modification du couvert végétal. Ces phénomènes méritent à eux seuls des études particulières qui ne devront cependant être réalisées que dans les cas où la lumière n'est pas limitante, c'est-à-dire en dessous ou au plus à des densités égales à la densité critique. Ce dernier point justifie semble-t-il, l'ordre des études qui sont ou seront effectuées : lumière, nutrition minérale, alimentation hydrique.

Enfin, nous n'avons pas évoqué l'influence que pouvait avoir le semis en lignes plus ou moins écartées. Cet écartement est généralement une donnée agronomique, imposée souvent par l'utilisation machines pour réaliser les façons culturales. Nous avons supposé que le couvert était homogène, ce qui n'est évidemment plus le cas lorsque les lignes ont un écartement assez grand entre elles par rapport à l'écartement des plantes sur les lignes. La hauteur des plantes par rapport à l'écartement des lignes est aussi un facteur de la pénétration de la lumière dans le couvert (CLEGG, 1972). L'étude de l'effet de l'espacement des lignes de semis montre que les feuilles prennent des directions préférentielles et que la répartition de l'énergie lumineuse dans le couvert suit une loi complexe. (LUXMOORE, 1970).

D'autre part, dans le cas de lignes assez écartées, la pénétration plus importante du rayonnement infra-rouge lointain dans le couvert peut entraîner une transpiration plus abondante en raison de l'élévation de la température des feuilles (MILLER, 1972).

En résumé, les données que l'on peut obtenir à partir des calculs précédents ne tiennent pas compte de tous les facteurs qui peuvent intervenir dans la définition d'une densité maximum. Cependant ils permettent d'établir des modèles de plantes à haute productivité à partir de données biométriques et physiologiques réelles, d'une part. D'autre part, ils permettent aussi de s'affranchir du facteur lumière pour évaluer l'effet de l'alimentation hydrique et minérale dans des expérimentations agronomiques.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très vivement M. SAUGIER dont les remarques et les conseils ont permis la mise au point de ce travail.

REFERENCES CITEES

- ANDERSON, MARGARET C., 1966. Stand structure and light penetration. II - A theoretical analysis - J. appl. Ecol., 3, 41-53.
- BONHOMME R., CHARTIER P. et VARLET-GRANCHER C., 1971. Assimilation nette, utilisation de l'eau et microclimatologie d'un champ de maïs. II - Eclaircissement d'un plan horizontal au-dessus et aux différents niveaux de la culture.  
Ann. agron., 22, 4, 383-396
- CLEGG M. D., L., 1972. Light and yield related aspects of sorghum canopies - Sorghum seventies. Ed. NGP Rao et L. R. House, 279-299 -
- DUNCAN W. G., LOOMIS R. S., WILLIAMS W.A. et HANAU R., 1967. A model for simulating photosynthesis in plant communities. Hilgardia, 38, 4, 181-205 -
- JACQUINOT L., 1970. La nutrition minérale du Mil (*Pennisetum typhoides*) Migration du  $^{32}\text{P}$  et du  $^{35}\text{S}$ . Similitudes avec les migrations des assimilats photosynthétiques. Peaceful uses of Atom. energy in Africa. - IAEA - Vienne 1970, 97-103.
- JACQUINOT L., 1970. La nutrition carbonée du Mil (*Pennisetum typhoides*). I - Migrations des assimilats carbonés durant la formation des grains. Agron. Trop., 25, 1088-1095.
- JACQUINOT L., 1972. Résultats et perspectives des recherches effectuées au Sénégal sur la potentialité du mil céréalier (*Pennisetum typhoides*). Agron. Trop., vol. XVII, N 8, 815-821.
- KAYS S. et HARPER J.L., 1974. The regulation of plant and tiller density in a grass sward. J. Ecol. - 97-105.
- LEMEUR R., 1973. A method for simulating the direct solar radiation regime in sunflower, Jerusalem artichoke, corn and soy bean canopies using actual stand structure data. Agricultural Meteorology 12, Nov., 229-247.
- LUXMOORE R. J., MILLINGTON J. et PETERS D. B., 1970. Row crop climate Plant response to climate factors - Proceedings of the Uppsala Symposium. Unesco - Paris 1973, 377-388.
- MILLER P.C., 1972. Bioclimate, leaf temperature and primary production in red mangrove canopies in south Florida Ecology, 53, 1, 22-45.
- MONTEITH J. L., 1969. Light interception and radiative exchange in crop stands - Physiological aspects of crop yield. R. C. DINAUER - Madison, U.S.A. - 89-111.
- NEEL T., 1972. Some morphological and physiological consequences of changing plant density. Thèse, Mac Donald. Coll.; Montreal, Canada.

WILLEY R.W. et HEATH SB., 1969. The quantitative relationships between plant population and crop density. *Advances in Agronomy*, 21, 281-321.

II - CATALOGUE DE QUELQUES PARAMETRES D'ARCHITECTURES

## 1. INTRODUCTION

Ce catalogue contient les principales caractéristiques de lignées de mil en voie de sélection, qui représentent un éventail de formes nouvelles de mil nain d'origine génétique différentes.

## 2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

### 2.1. Matériel et culture

Les lignées sont choisies parmi plus de 200 numéros cultivés en hivernage 74 par les sélectionneurs.

La culture est réalisée sur sol dior, à la densité de 55 500 poquets par hectare, correspondant à une distance de 30 cm entre poquets et 60 cm entre lignes. Chaque poquet est démarqué à 1 plante vers le 10ème jour de culture.

Le semis est effectué le 14/07/74. L'alimentation minérale de l'essai est effectuée selon les normes établies par les sélectionneurs. Un complément d'alimentation hydrique est apporté par aspersion.

### 2.2. Echantillonnage et mesures

Nous avons choisi les lignées en fonction d'une part de leur origine génétique, et d'autre part, de leur aspect morphologique au stade anthèse, afin de disposer de la plus grande variabilité possible de formes et d'origine.

Toutes les mesures pour lesquelles une analyse statistique de variabilité a été effectuée, sont réalisées sur 15 talles choisies dans la lignée. Le choix des 15 talles repose sur une mesure rapide de hauteur totale de toutes les talles de la ligne, et le marquage de 15 talles dont la hauteur totale est voisine de la moyenne générale de la lignée.

Les mesures de surface et d'angle foliaire sont réalisées sur 5 talles choisies au hasard parmi les 15.

Enfin, à la récolte, les mesures de poids de grains sont effectuées sur les 2 épis présentant le meilleur taux de remplissage, tandis que les mesures de poids de 1000 grains et poids de pailles sont effectuées sur un seul échantillon.

## 3. METHODOLOGIE DES MESURES

Les mesures de longueur et de diamètre sont réalisées à l'aide de règles et de pieds à coulisse.

La surface foliaire moyenne d'une talle est définie après mesure du nombre total d'étages foliaires de la talle, et de la surface moyenne d'une feuille, afin de pouvoir tenir compte de la surface des feuilles sénescents qui apparaissent lorsque les mesures se prolongent au delà du stade anthèse de la talle.

La surface d'une feuille est définie par pesée de papier ozalide taré sur lequel est reproduit l'image de la feuille.

La surface projetée d'une talle est déterminée par évaluation de l'angle foliaire moyen des feuilles par rapport à l'horizontale. Chaque feuille de la talle est découpée en portions d'angle déterminé, et la surface de chaque portion est multipliée par le cosinus de l'angle.

La somme de tous les produits donne la surface projetée, et le rapport de la surface projetée à la surface réelle, le cosinus de l'angle moyen des feuilles de la talle avec l'horizontale.

Les rendements foliaires correspondent au rapport entre la production d'une talle (paille, grain, matière sèche totale) exprimée en mg, et la surface foliaire de la talle (réelle ou projetée) exprimée en cm<sup>2</sup>.

Les rendements théoriques, l'indice d'épis critique, et l'indice foliaire critique, sont obtenus par le produit de la densité critique calculé par les poids de paille, grain, matière sèche totale d'une talle, et par la surface d'un épi et la surface foliaire d'une talle.

La densité critique est calculée selon la formule (1)

$$d_c = 10^8 \cdot \frac{1}{s'} \cdot \log_e \left[ n \frac{E_o}{E_c} \right]$$

pour  $E_o = 350 \text{ W/m}^2$ ,  $E_c = 140 \text{ W/m}^2$ ,  $s'$  est la surface projetée totale d'une talle exprimée en cm<sup>2</sup>. Le facteur  $10^8$  est lié aux unités, il permet d'obtenir la densité critique en talles par hectare.

La lignée 69, qui correspond au souna 3, a été mesurée en champ, (voir chapitre 6).

#### 4. RESULTATS ET DISCUSSION

##### 4.1. Généralités

Les résultats sont consignés par lignée à la fin de ce rapport. L'utilisation des résultats est définie dans le chapitre 7 de ce dernier.

Les mesures réalisées sur chaque lignée étaient longues, elles se terminent souvent à un stade avancé des talles et ne correspondent plus aux caractéristiques de l'anthèse. Nous avons surmonté en partie cette contrainte en définissant la surface foliaire à partir du nombre d'étages foliaires à l'anthèse, que les feuilles de la base des talles soient nécrosées ou non au moment de la mesure.

La critique principale que l'on peut faire à ce catalogue de caractéristiques morphologiques et de production, est qu'il représente l'état moyen d'une talle de chaque lignée qui s'est développé à la même densité quel que soit son architecture. Or, cette densité paraît beaucoup trop forte pour nombre des lignées étudiées, dont le développement végétatif est important, et nous avons vu, chap. 3 et 4, que les caractéristiques mesurées étaient profondément modifiées aux trop fortes densités. Nous pensons donc qu'il serait préférable de choisir une densité très faible pour l'étude des lignées (semis à 10 000 plants/ha par exemple) afin de caractériser un développement végétatif non limité par des problèmes d'énergie lumineuse.

Les mesures de poids de paille d'une talle n'ont pu être réalisées que quelque temps après la récolte des épis. Les valeurs citées n'ont donc qu'une valeur comparative, car une perte importante de matière sèche essentiellement au niveau des feuilles s'est produite entre la récolte et la mesure. Cette perte de matière sèche peut expliquer en particulier le rapport grain sur paille anormalement élevé de la lignée 40.

#### 4.2. Quelques caractéristiques du matériel

Nous ne désirons pas effectuer une étude générale de la variabilité inter et intra lignée des paramètres que nous avons mesurés ni une étude de corrélation multiple entre ces différents paramètres, car il s'agit d'un travail qui revient aux généticiens. Nous nous limiterons à un certain nombre de remarques qui ont une relation avec nos études.

La variabilité du matériel végétal est surprenante pour la plupart des caractères, au niveau de la lignée, et il ne semble pas que cette variabilité soit limitée par le nombre des autofécondations. Si le phénomène ne nous permet pas de conclure que l'inbreeding se manifeste peu chez le mil, il peut nous permettre d'envisager de prendre en compte les caractéristiques de fertilité d'épis dans nos calculs, bien qu'il s'agisse de lignées. Précisons que l'augmentation du nombre des répétitions ne réduit pas cette variabilité qui représente la variabilité naturelle de la lignée.

Pourtant l'analyse de la variabilité inter-lignées (tableau 1) montre que certains caractères présentant en général une variabilité entre ligne faible, sont peu variables d'une lignée à l'autre. Ainsi si nous prenons comme base de stabilité un coefficient de variation inférieur à 15 %, les 44 lignées étudiées ont une image moyenne correspondant à une hauteur totale de talle de 129 cm, un nombre d'étages foliaires proche de 9, des feuilles de 60 cm de long et 4 de large, un angle foliaire moyen de 50° et un diamètre d'épis de 1,9 cm. Ces caractères peu variables semblent provenir de l'origine génétique commune à toutes ces lignées, le mil américain tifton.

Nous pensons qu'il serait intéressant d'augmenter la variabilité de l'angle foliaire moyen des talles, et celle du diamètre de l'épi, ces deux paramètres ayant une incidence directe sur la densité critique et l'indice d'épis critique.

#### 5. CONCLUSION

Les résultats présentés dans cette annexe caractérisent d'autant mieux la lignée que sa densité critique est forte. Il y a lieu d'utiliser avec précaution les résultats des lignées à faible densité critique. Ces lignées se sont développées en effet en condition limitante d'énergie lumineuse; il en résulte une modification d'architecture des talles qui tendent à donner une valeur plus élevée de la densité critique que la valeur réelle qui serait définie sur talles isolées (voir chapitre 3 et 4).

Tableau 1

Variations inter lignées  
de quelques paramètres morphologiques  
et de production

Paramètres	Unités	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation en %
Hauteur de paille	cm	128.83	16.16	12.55
Distance moyenne entre feuille	cm	9.44	1.91	20.23
Distance dernière feuille sol	cm	12.08	2.15	17.84
Distance 1ère feuille base de l'épi	cm	7.73	4.47	57.83
Diamètre de tige	cm	0.72	0.11	15.14
Tallage moyen		4.28	1.09	25.38
Nbre d'étage foliaire par talles		9.14	1.18	12.88
Longueur moyenne d'une feuille	cm	56.77	7.23	12.73
Largeur moyenne d'une feuille	cm	3.82	0.52	13.71
Surface moyenne d'une feuille	cm <sup>2</sup>	154.57	32.26	22.81
Surface foliaire d'une talle	cm <sup>2</sup>	1433.66	426.61	29.76
Surface projetée d'une talle	cm <sup>2</sup>	920.99	264.40	28.71
Angle foliaire moyen d'une talle	degré	49°17'	5°38'	11.46
Poids de paille d'une talle	g	28.72	11.18	38.93
Longueur d'épis	cm	35.81	8.19	22.86
Diamètre d'épis	cm	1.87	0.24	13.04
Surface d'épis	cm <sup>2</sup>	211.37	54.96	26.00
Densité de grain	mg/cm <sup>2</sup>	23.02	24.21	29.16
Poids de grain par épi	g	17.44	6.65	38.15
Poids de 1 000 grains	g	6.493	1.48	22.84
Nombre de grains par cm <sup>2</sup> d'épis		13.2	4.06	30.8
Poids total d'une talle	g	46.13	16.16	35.03
Rendement foliaire en paille	mg/cm <sup>2</sup>	21.21	8.00	37.73
Rendement foliaire en grain	mg/cm <sup>2</sup>	12.46	3.92	31.47
Rendement foliaire total	mg/cm <sup>2</sup>	33.10	8.47	25.59
Rendt foliaire projeté en paille	mg/cm <sup>2</sup>	31.71	9.65	30.42
Rendt foliaire projeté en grain	mg/cm <sup>2</sup>	19.18	6.25	32.58
Rendt foliaire projeté total	mg/cm <sup>2</sup>	50.71	13.99	27.59
Densité critique	talle/ha	246 979	91 520	37.06
Rendement théorique en grains	kg/ha	3 977	1 285	32.31
Rendement théorique en paille	kg/ha	6 545	1 987	30.35
Rendement théorique total	kg/ha	10 523	2 817	26.77
Indice d'épis critique		0.492	0.129	26.14
Indice foliaire		3.212	0.330	10.28

1 Origine génétique N° 15868 tif 239 D<sub>2</sub>B x Kazouya 6-5 (F1 9932)2 Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
<b>21 Paille</b>			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	106.7	7.31	6.85
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	9.8	-	-
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	11.9	2.89	24.18
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	11.3	4.49	39.71
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.62	0.059	9.47
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	5.12	2.10	40.98
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	6.8	0.947	13.84
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	47.6	7.28	15.28
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	2.9	0.534	18.05
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	92.6	27.64	29.85
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	629.7	-	-
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	416.2	-	-
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	48°	-	-
21.14 Poids de paille d'une talle en g	13.0	-	-
<b>22 Epis</b>			
22. 1 Longueur en cm	25.0	1.66	6.64
22. 2 Diamètre en cm	2.2	2.97	13.26
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	175.9	24.54	13.94
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	42	-	-
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	7.3	-	-
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.31	-	-
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	7.9	-	-
Moyenne			
<b>23 Talle</b>			
23. 1 Rapport grain sur paille maximum		56.85 %	
23. 2 Poids total d'une talle en g		20.39	
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>		20.64	
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>		11.73	
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>		32.38	
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>		31.23	
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>		17.75	
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>		48.98	
<b>3 Caractéristiques associées à la densité critique</b>			
30. 1 Densité critique en talles/ha		495	128
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha		6	437
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha		3	659
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha		10	096
30. 5 Indice d'épis		0.871	
30. 6 Indice foliaire		3.118	

1 Origine génétique N° 15844 tif 239 D<sub>2</sub>B x Kajouré bl1 (F1 9918)2 Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec.type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	113.8	7.60	6.68
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	12.1		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	12.0	2.15	17.85
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	9.93	4.17	42.02
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.48	0.052	10.61
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	5.0	2.12	42.43
21. 7 Nbre total d'étages foliaires	6.6	0.743	11.49
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	44.4	11.00	24.73
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	2.6	0.534	19.82
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	80.2	30.47	37.97
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	535.1		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	353		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	48°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	10.58		

22 Epis

	Moyenne	Ec.type	C.V. %
22. 1 Longueur en cm	24.0	2.27	9.45
22. 2 Diamètre en cm	1.5	0.209	13.09
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	120.2	19.60	16.29
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	60		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	7.2		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	7.35		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	8.1		

Moyenne

23 Talle

	Moyenne
23. 1 Rapport grain sur paille maximum	68.24
23. 2 Poids total d'une talle en g	17.80
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	19.77
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	13.49
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	33.26
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	30.00
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	20.47
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	50.47

3 Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	584	438
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	6	183
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4	220
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	10	403
30. 5 Indice d'épis	0	703
30. 6 Indice foliaire	3	128

1 Origine génétique 16056 F8 tif 239 D<sub>2</sub> x 1133 Famille 94232 Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	145.4	11.53	7.93
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	10.6		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	15.0	2.62	17.46
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	13.6	3.33	24.33
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.5	0.05	8.97
21. 6 Tallage moyen en nbre de talles par plante	3.5	1.33	37.50
21. 7 Nbre total d'étages foliaires	8.7	1.22	14.00
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	49.6	8.83	17.79
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.4	0.472	13.66
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	116.6	40.57	34.79
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1018.1		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	695.42		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	46°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	18.06		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	31.83	2.34	7.34
22. 2 Diamètre en cm	1.60	0.17	10.56
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	159.97	20.01	12.51
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	75		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	12.00		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.295		
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	14.16		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	66.45 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	30.06
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	17.74
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	11.79
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	29.52
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	25.97
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	17.26
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	43.23

3 Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	296 371
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	5 352
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	3 556
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	8 908
30. 5 Indice d'épis	0.474
30. 6 Indice foliaire	3.018

1 Origine génétique N° 16059 F8 famille 9423 tif 23902 x 11332 Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	129.67	3.38	6.46
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	10.7		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	13.53	2.71	20.02
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	6.40	2.36	36.90
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.62	0.05	7.34
21. 6 Tallage moyen en nbre de talles par plante	5.37	1.19	22.10
21. 7 Nbre total d'étages foliaires	8.00	0.76	9.45
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	50.79	9.04	17.81
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.69	0.506	13.70
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	132.84	36.40	27.40
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1062.72		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	778		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	42°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	19.42		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	34.70	2.78	8.02
22. 2 Diamètre en cm	1.62	0.13	7.89
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	173.28	24.39	14.07
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	68		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	11.78		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.447		
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	12.48		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	60.66 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	31.20
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	12.27
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	11.08
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	29.36
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	24.96
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	15.14
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	40.11

3 Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	264 943
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	5 145
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	3 121
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	8 266
30. 5 Indice d'épis	0.459
30. 6 Indice foliaire	2.816

1 Origine génétique 16.108 F5 1472 x SOUNA II2 Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec.type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	110.37	9.35	8.48
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	7.2		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	10.70	2.84	26.54
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	2.40	3.31	138.01
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.77	0.073	9.44
21. 6 Tallage moyen en nbre de talles par plante	5.50	1.05	19.07
21. 7 Nbre total d'étages foliaires	9.40	0.83	8.81
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	59.48	11.29	18.98
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.43	0.546	15.91
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	148.80	48.42	32.54
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1398.72		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	864.4		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	51°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	29.24		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	41.20	2.80	6.80
22. 2 Diamètre en cm	1.67	0.33	19.20
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	215.45	43.24	0.20
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	126		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	27.15		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	8.706		
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	14.47		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	92.85 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	56.39
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	20.90
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	19.41
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	40.32
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	33.83
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	31.41
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	65.24

3 Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	238 431
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	6 972
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	6 497
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	13 469
30. 5 Indice d'épis	0.514
30. 6 Indice foliaire	3.335

## LIGNE GAM - Physio N° 25

1. Origine génétique N° 15940 F4 1.472 x 1133 (F1 9627)2. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21 <u>Paille</u>	136.90	10.97	8.01
21.1 Hauteur moyenne en cm	9.4		
21.2 Distance moyenne entre feuille en cm	9.20	2.14	23.31
21.3 Distance dernière feuille-sol en cm	8.23	5.28	64.14
21.4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	0.83	0.09	10.77
21.5 Diamètre de tige en cm	2.88	1.25	43.35
21.6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	8.13	1.30	16.01
21.7 Nombre total d'étages foliaires	56.29	8.50	15.11
21.8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	4.12	0.86	20.90
21.9 Largeur moyenne d'une feuille en cm2	161.05	43.53	27.02
21.10 Surface moyenne d'une talle en cm2	1309.34		
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm2	858		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm2	49°		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	31.60		
21.14 Poids de paille d'une talle en g			
22 <u>Épis</u>			
22.1 Longueur en cm	51.27	5.88	11.47
22.2 Diamètre en cm	1.85	0.31	16.86
22.3 Surface en cm2	297.99	65.48	21.97
22.4 Densité de grains maximum en mg/cm2	59		
22.5 Poids de grains maximum par épis en g	17.58		
22.6 Poids de 1000 grains en g	7.853		
22.7 Nbre maximum de grains par cm2 d'épis	7.51		

Moyenne

23 <u>Talle</u>			
23.1 Rapport grain sur paille maximum	55.63	%	
23.2 Poids total d'une talle en g	49.18		
23.3 Rendement foliaire en paille en mg/cm2	24.13		
23.4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm2	13.43		
23.5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm2	37.56		
23.6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm2	36.85		
23.7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm2	20.50		
23.8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm2			

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30.1 Densité critique en talles/ha	240	319
30.2 Rendement théorique en paille en kg/ha	7	594
30.3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4	225
30.4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	11	819
30.5 Indice d'épis	0.	716
30.6 Indice foliaire	3.	147

1. Origine génétique N° 16131 F5 I 47.2 x SOUNA II2. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	107.93	8.91	8.25
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	7.8		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	12.57	3.61	28.73
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	4.20	3.73	88.84
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.91	0.13	14.12
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.29	1.11	25.96
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	8.67	1.11	12.04
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	55.81	12.09	21.67
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.68	0.621	16.86
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	154.86	53.85	34.78
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1342.64		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	811		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	52°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	35.42		

22 Epis

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
22. 1 Longueur en cm	35.00	2.90	8.28
22. 2 Diamètre en cm	1.87	0.27	14.55
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	204.81	32.06	15.66
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	101		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	20.69		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	6.276		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	16.09		

Moyenne

23 Talle

	Moyenne
23. 1 Rapport grain sur paille maximum	58.41 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	56.11
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	26.38
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	15.41
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	41.79
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	43.63
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	25.51
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	69.19

3. Caractéristiques associées à la densité critique

	Moyenne
30. 1 Densité critique en talles/ha	254 149
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	9 002
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	5 258
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	14 260
30. 5 Indice d'épis	0.521
30. 6 Indice foliaire	3.412

1. Origine génétique N° 15955 1.472 HK 5229 (F1 9627)2. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec.type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	148.87!	13.17!	8.85
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	9.7 !	!	!
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	11.17!	2.92!	26.15
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	5.80!	6.02!	103.75
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.83!	0.11!	13.35
21. 6 Tallage moyen en nbre de talles par plante	4.4 !	1.14!	25.91
21. 7 Nbre total d'étages foliaires	10.07!	0.96!	9.55
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	49.84!	9.78!	19.63
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.93!	0.66!	16.76
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	143.89!	49.71!	29.68
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1448.97!	-	-
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	910	-	-
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	51°	-	-
21.14 Poids de paille d'une talle en g	35.66!	-	-

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	44.67!	4.95!	11.09
22. 2 Diamètre en cm	1.94!	0.16!	8.45
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	273.11!	42.99!	15.74
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	70	-	-
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	19.12!	-	-
22. 6 Poids de 1000 grains en g	3.050!	-	-
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	22.95!	-	-

23 Talle

	Moyenne
23. 1 Rapport grain sur paille maximum	53.62 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	54.78
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	24.61
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	13.20
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	37.81
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	39.18
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	21.01
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	60.19

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	226 468
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	8 076
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4 330
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	12 406
30. 5 Indice d'épis	0.619
30. 6 Indice foliaire	3.281

1. Origine génétique N° 15935 F4 I 472 x 1133 (F1 9627)

2. Caractéristiques biométriques et de production

21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	134.23	13.32	9.92
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	10.6		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	12.00	3.13	26.07
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	2.63	2.46	93.42
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.79	0.13	16.82
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.00	0.71	17.68
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	8.20	1.01	12.37
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	59.13	9.82	16.60
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.74	0.514	13.75
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	155.31	35.79	23.04
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1273.54		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	852.00		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	48°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	37.50		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	45.80	5.28	11.54
22. 2 Diamètre en cm	1.79	0.25	13.89
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	258.75	51.08	19.74
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	68		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	17.59		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	6.336		
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	10.73		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	46.91 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	55.09
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	29.45
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	13.81
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	43.26
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	44.01
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	20.65
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	64.66

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	241 904
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	9 071
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4 255
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	13 326
30. 5 Indice d'épis	0.626
30. 6 Indice foliaire	3.081

1. Origine génétique N° 16203 F5 tif. 23 D<sub>2</sub>B x GOUNDAM2. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	125.67	11.32	9.01
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	7.9	-	-
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	10.60	2.94	27.69
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	10.19	9.80	96.17
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.77	0.17	22.11
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	3.12	1.88	6.03
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	10.26	0.70	6.85
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	58.75	8.74	14.93
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.98	0.48	12.08
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	161.20	41.19	25.55
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1653.91	-	-
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1088,27	-	-
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	48°	-	-
21.14 Poids de paille d'une talle en g	33.42	-	-

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	33.53	3.88	11.57
22. 2 Diamètre en cm	2.12	0.23	11.02
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	224.10	40.52	18.08
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	101	-	-
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	22.63	-	-
22. 6 Poids de 1000 grains en g	8.504	-	-
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	11.88	-	-

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	67.71 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	56.05
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	20.21
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	13.68
23. 5 Rdt foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	33.89
23. 6 Rdt foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	30.71
23. 7 Rdt foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	20.79
23. 8 Rdt foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	51.50

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	189 385
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	6 329
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4 286
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	10 615
30. 5 Indice d'épis	3.132
30. 6 Indice foliaire	3.132

1. Origine génétique N° 16 210 F5 tif. 23D<sub>2</sub>B x GOUNDAM2. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	118.13	6.86	5.80
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	7.6	-	-
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	12.73	2.29	18.85
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	3.87	4.28	110.64
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.69	0.12	16.77
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.00	1.87	46.77
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.87	0.99	10.04
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	58.69	13.18	22.46
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.57	0.44	12.37
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	148.54	48.80	32.85
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1466.09	-	-
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	962	-	-
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	49°	-	-
21.14 Poids de paille d'une talle en g	30.04	-	-

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	33.40	5.72	17.14
22. 2 Diamètre en cm	2.06	0.23	11.28
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	218.40	55.96	25.62
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	86	-	-
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	18.78	-	-
22. 6 Poids de 1000 grains en g	8.551	-	-
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	10.06	-	-

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grains sur paille maximum	62.52 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	48.82
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	20.49
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	12.81
23. 5 Rdt. foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	33.30
23. 6 Rdt. foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	31.23
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	19.53
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	50.76

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	214 297
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	6 437
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4 024
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	10 461
30. 5 Indice d'épis	0.468
30. 6 Indice foliaire	3.142

1. Origine génétique 15 964 F4 I 472 x HK 5229 (F1 9618)2. Caractéristiques bionétriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	164.23!	18.16!	11.06!
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	13.0!		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	10.04!	1.59!	15.81!
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	8.23!	5.67!	68.88!
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.71!	0.08!	11.72!
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	3.83!	1.33!	34.67!
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.18!	1.08!	11.75!
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	62.70!	11.58!	18.46!
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.40!	0.456!	13.41!
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	144.34!	48.43!	33.55!
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1325.04!		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	871		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	48°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	40.38!		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	41.86!	6.52!	15.57!
22. 2 Diamètre en cm	1.88!	0.18!	9.45!
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	245.70!	33.19!	13.51!
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	119		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	29.24!		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	10.013!		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	11.88		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	72.41 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	69.62
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	30.47
23. 4 Rdt. foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	22.07
23. 5 Rdt. foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	52.54
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	46.38
23. 7 Rdt. foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	33.59
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	79.97

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	236 747
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	9 560
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	6 922
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	16 482
30. 5 Indice d'épis	0.582
30. 6 Indice foliaire	3.137

1. Origine génétique 16.189 F5 1472 x SOUNA II2. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
<b>21 Paille</b>			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	125.60	15.09	12.01
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	8.8		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	10.47	2.11	20.14
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	6.00	6.88	114.65
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.77	0.09	11.43
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.0	1.15	28.87
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.0	1.07	11.88
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	52.17	7.66	14.68
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	5.00	0.543	10.87
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	185.90	34.71	18.67
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1673.10		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	945		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	55°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	36.80		
<b>22 Epis</b>			
22. 1 Longueur en cm	38.60	4.41	11.43
22. 2 Diamètre en cm	1.95	0.10	9.25
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	237.62	39.65	16.69
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	99		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	23.52		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.414		
22.77 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	18.29		
Moyenne			
<b>23 Talle</b>			
23. 1 Rapport grain sur paille maximum		63.91	%
23. 2 Poids total d'une talle en g		60.32	
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>		22.00	
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>		14.06	
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>		36.06	
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>		38.93	
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>		24.88	
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>		63.81	
<b>3. Caractéristiques associées à la densité critique</b>			
30. 1 Densité critique en talles/ha		218	028
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha		8	023
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha		5	128
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha		13	151
30. 5 Indice d'épis		0.518	
30. 6 Indice foliaire		3.648	

1. Origine génétique M° 16 223 F5 tif 23 D<sub>2</sub>B × GOUNDAM2. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	105.33	4.98	4.73
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	7.2	-	-
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	10.50	3.28	31.23
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	5.63	2.46	43.80
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.83	0.09	10.69
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	6.00	2.19	36.51
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.67	1.45	14.97
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	61.56	10.97	17.81
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.48	0.75	16.66
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	197.93	51.24	25.88
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1913.98	-	-
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1233	-	-
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	49°	-	-
21.14 Poids de paille d'une talle en g	21.34	-	-

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	31.50	3.36	10.68
22. 2 Diamètre en cm	2.24	0.27	12.14
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	222.95	43.59	19.55
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	73	-	-
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	16.28	-	-
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.510	-	-
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	13.25	-	-

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	76.29 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	37.62
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	11.15
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	8.51
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	19.66
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	17.31
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	13.21
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	30.52

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	167 208
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	3 568
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	2 722
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	6 290
30. 5 Indice d'épis	0.373
30. 6 Indice foliaire	3.200

• Origine génétique N° 15960 F4 I472 x HK 5229 (F1 9618)

• Caractéristiques biométriques et de production

21 Paille

	Moyenne	Ec.type	C.V. %
21.11 Hauteur moyenne en cm	146.64	11.19	7.63
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	9.7	-	-
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	8.64	2.46	28.49
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	2.41	5.58	231.64
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.69	0.16	18.41
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	2.00	0.63	31.62
21. 7 Nbre total d'étages foliaires	11.18	0.87	7.82
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	56.30	11.09	19.68
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.31	0.60	13.92
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	172.64	50.34	29.16
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1930.12		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1038		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	55°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	39.58		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	41.36	4.46	10.77
22. 2 Diamètre en cm	1.78	0.15	8.63
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	232.31	37.55	16.16
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	55		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	12.78		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	7.588		
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	7.25		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	32.29 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	52.36
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	20.51
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	6.62
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	27.13
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	36.39
23. 7 Rdt. foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	11.75
23. 8 Rdt. foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	48.13

• Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	189 469
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	7 499
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	2 421
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	9 920
30. 5 Indice d'épis	0.440
30. 6 Indice foliaire	3.657

1. Origine génétique 16 141 F5 1472 x SOUNA II2. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	145.53	14.84	10.20
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	12.0		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	11.90	3.38	2.84
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	5.80	8.04	13.86
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.83	0.09	10.80
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.11	0.93	22.57
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	8.80	1.01	11.52
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	63.10	11.75	18.62
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.22	0.797	18.90
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	193.06	68.56	35.51
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1698.93		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1007		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	53°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	44.66		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	33.80	5.04	14.91
22. 2 Diamètre en cm	1.79	0.32	17.94
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	193.99	53.38	27.52
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	90		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	17.46		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	6.952		
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	12.95		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	39.10 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	62.12
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	26.29
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	10.28
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	36.56
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	44.33
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	17.33
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	61.66

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	204 574
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	9 136
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	3 572
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	12 708
30. 5 Indice d'épis	0.397
30. 6 Indice foliaire	3.476

• Origine génétique N° 16239 F5 23D<sub>2</sub>B × 1133

2. Caractéristiques biométriques et de production

21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	126.36	8.87	7.02
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	9.8		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	14.26	3.57	25.02
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	4.47	3.36	7.53
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.77	0.10	13.36
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	3.00	0.82	27.22
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	10.47	0.99	9.46
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	65.44	8.85	13.52
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.57	0.46	9.97
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	224.25	41.56	18.53
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	2370.32		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1545		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	49°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	31.06		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	49.03	5.47	11.15
22. 2 Diamètre en cm	1.89	0.22	11.83
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	291.33	53.45	18.35
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	95		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	27.68		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	6.136		
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	15.48		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	89.129 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	58.74
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	13.10
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	11.68
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	24.78
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	20.10
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	17.91
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	38.01

• Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	133 361
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	4 142
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	3 691
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	7 853
30. 5 Indice d'épis	0.589
30. 6 Indice foliaire	3.161

1. Origine génétique N° 16258 F5 tif 23 D<sub>2</sub>B × 11332. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	136.17	10.58	7.77
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	7.7		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	11.77	3.82	32.36
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	11.13	6.13	55.02
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.80	0.14	17.03
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	3.29	1.11	33.86
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.87	0.83	8.45
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	58.54	10.43	17.81
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.06	0.41	11.36
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	162.79	44.03	27.04
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1606.74		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1009		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	51°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	27.80		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	43.77	7.32	16.73
22. 2 Diamètre en cm	2.01	0.31	15.35
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	276.72	64.41	23.64
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	80		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	22.14		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	7.848		
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	10.19		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	79.64 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	49.94
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	17.30
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	13.78
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	31.08
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	27.55
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	21.94
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	49.49

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	204 258
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	5 678
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4 522
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	10 200
30. 5 Indice d'épis	0.565
30. 6 Indice foliaire	3.282

1. Origine génétique N° 16270 F5 tif 23D<sub>2</sub>B x 11332. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. ty.	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	125.73	11.69	9.30
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	6.3		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	11.63	2.66	22.89
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	9.80	5.52	56.35
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.85	0.11	12.27
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.71	1.11	23.60
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.80	0.77	7.90
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	55.98	9.55	16.73
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.56	0.60	12.49
21.10 Surface moyenne d'une feuillé en cm <sup>2</sup>	185.49	49.97	26.94
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1817.80		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1307		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	44°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	19.80		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	47.77	4.38	9.18
22. 2 Diamètre en cm	1.83	0.23	12.31
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	274.15	34.83	12.70
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	82		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	22.48		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	7.476		
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	10.97		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	113.549 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	42.28
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	10.89
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	12.37
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	23.56
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	15.15
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	17.20
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	32.35

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	157 691
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	3 122
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	3 545
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	5 667
30. 5 Indice d'épis	0.432
30. 6 Indice foliaire	2.867

1. Origine génétique N° 16291 F5 tif 23D<sub>2</sub>B x 11332. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	101.21	8.50	8.39
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	5.2		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	11.32	2.83	24.96
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	7.64	2.39	31.26
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.64	0.07	11.72
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	6.40	0.89	13.98
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	10.14	1.23	12.14
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	58.00	10.89	18.78
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.65	0.40	11.07
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	145.67	40.93	28.09
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1477.09		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	866		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	54°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	14.60		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	35.18	3.80	10.79
22. 2 Diamètre en cm	1.86	0.18	9.78
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	206.82	35.37	17.10
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	45		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	9.31		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	6.270		
22.7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	7.18		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	69.77 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	23.91
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	9.88
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	6.30
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	16.18
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	16.87
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	10.76
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	27.63

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	238 109
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	3 476
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	2 217
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	5.693
30. 5 Indice d'épis	0.492
30. 6 Indice foliaire	3.517

. Origine génétique N° 16309 F5 tif 23 D<sub>2</sub>B × Iniadi

. Caractéristiques biométriques et de production

21 Paille

	Moyenne	Ec.type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	101.71	10.13	9.96
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	6.2		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	9.96	2.83	28.42
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	10.68	5.11	47.91
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.66	0.09	13.98
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	5.6	0.55	9.78
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	10.67	1.61	15.13
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	54.75	12.08	22.06
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.64	0.48	13.29
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	133.25	38.56	28.94
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1421.78		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	896		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	50°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	11.94		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	25.82	3.29	12.77
22. 2 Diamètre en cm	2.31	0.25	10.81
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	188.57	39.84	21.13
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	124		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	23.38		
22. 6 Poids de 1000 grains par cm <sup>2</sup> d'épis	8.844		
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	14.02		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	195.81	%
23. 2 Poids total d'une talle en g	35.32	
23. 3 Rdt. foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	8.40	
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	16.44	
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	24.84	
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	13.30	
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	25.10	
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	39.45	

. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	230	096
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	2	747
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	5	380
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	8	127
30. 5 Indice d'épis	0.434	
30. 6 Indice foliaire	3.271	

1. Origine génétique 16311 F5 tif 23 D<sub>2</sub>B × INIADI2. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21 <u>Paille</u>			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	111.50	9.23	8.28
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	8.1		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	8.17	2.48	30.41
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	17.00	8.16	48.01
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.66	0.08	12.55
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.17	0.98	23.60
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.13	1.19	13.00
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	54.91	11.31	20.60
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.53	0.996	22.00
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	144.47	64.24	36.82
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1319.01		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	825		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	50°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	12.20		
22 <u>Epis</u>			
22. 1 Longueur en cm	21.83	1.51	6.91
22. 2 Diamètre en cm	1.91	0.16	8.26
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	131.11	17.01	12.98
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	110		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	14.42		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	6.784		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	16.21		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	118.20 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	26.62
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	9.25
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	10.93
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	20.18
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	14.61
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	17.27
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	31.88

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	249 839
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	3 048
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	3 603
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	6 651
30. 5 Indice d'épis	0.328
30. 6 Indice foliaire	3.295

1. Origine génétique 16. 008 239 D<sub>2</sub>×HK tera famille 92932. Caractéristiques biométriques et de production

21 <u>Paille</u>	Moyenne	Ec.type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	148.85	14.24	9.56
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	11.9		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	12.20	3.12	25.57
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	3.75	2.31	61.66
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.71	0.099	14.01
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.83	1.17	24.19
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	8.70	1.16	13.33
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	57.03	10.77	18.89
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.67	0.617	16.84
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	141.43	43.14	30.50
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1230.44		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1098		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	26°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	35.52		
22 <u>Epis</u>			
22. 1 Longueur en cm	36.05	4.14	11.48
22. 2 Diamètre en cm	1.90	0.14	7.44
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	215.28	30.91	14.36
22. 4 Densité en grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	85		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	18.30		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	6.912		
22. 7 Nbre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	12.30		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	51.52 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	53.82
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	28.87
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	14.87
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	43.74
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	32.36
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	16.57
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	49.04

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	187 732
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	6 370
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	3 436
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	10 106
30. 5 Indice d'épis	0.404
30. 6 Indice foliaire	2.311

1. Origine génétique N° 16017 tif 239 D<sub>2</sub> x HK tera (F1 9305-07)2. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21 <u>Paille</u>			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	122.5	10.73	8.76
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	7.9		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	11.53	2.95	25.57
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	7.10	6.53	91.98
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.71	0.091	12.83
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	3.80	0.84	22.02
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.67	0.98	10.10
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	53.12	10.90	20.51
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.27	0.368	11.26
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	119	39.16	32.51
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1151		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	830.71		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	43°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	46.04		
22 <u>Epis</u>			
22. 1 Longueur en cm	32.70	5.17	15.83
22. 2 Diamètre en cm	2.06	0.20	9.67
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	211.58	38.92	18.40
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	38		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	18.62		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	6.981		
22.77 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	12.61		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grains sur paille maximum	40.44		
23. 2 Poids total d'une talle en g	64.66		
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	40.01		
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	16.18		
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	56.19		
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	55.42		
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	22.41		
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	77.84		

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	248	104
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	11	423
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4	620
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	16	043
30. 5 Indice d'épis	0.525	
30. 6 Indice foliaire	2.855	

1. Origine génétique 16037 F8 239 D<sub>2</sub> × 1133 famille 9396
2. Caractéristiques biométriques et de production

21 Paille

	Moyenne	Ec.type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	136.35	6.46	4.73
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	11.3		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	12.10	2.74	22.62
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	3.85	0.08	53.10
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.64	0.08	13.13
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.25	0.96	22.53
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	8.90	0.74	8.29
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	52.69	11.45	21.72
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.83	0.515	13.42
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	140.77	39.81	28.28
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1252.85		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	993		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	37°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	22.72		

22 Épis

22. 1 Longueur en cm	42.50	6.01	14.15
22. 2 Diamètre en cm	1.62	0.09	5.62
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	216.96	36.78	16.95
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	64		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	13.89		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	6.530		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	9.80		

## Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	61.14 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	36.61
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	18.13
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	11.09
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	29.22
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	22.87
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains mg/cm <sup>2</sup>	13.98
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	35.85

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	207 448
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	4 713
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	2 881
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	7 594
30. 5 Indice d'épis	0.450
30. 6 Indice foliaire	2.599

1. Origine génétique N° 16038 FS 239 D<sub>2</sub> × 1133 famille 94422. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	139.25	7.70	5.53
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	10.0		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	13.45	5.44	40.48
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	12.60	4.52	35.88
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.56	0.05	9.22
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4	0.82	20.41
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	8.30	1.16	13.97
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	47.10	13.32	28.28
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.45	0.495	14.36
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	114.69	40.82	35.59
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	951.93		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	702		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	42°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	26.06		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	34.30	3.16	9.22
22. 2 Diamètre en cm	1.62	0.12	7.59
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	174.67	22.21	12.72
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	91		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	15.89		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	7.536		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	12.08		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	60.97 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	41.95
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	27.38
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	16.69
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	44.07
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	37.15
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	22.65
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	59.79

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	293 773
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	7 656
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4 668
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	12 324
30. 5 Indice d'épis	0.513
30. 6 Indice foliaire	2.797

1. Origine génétique N° 16027 F8 tif 239 D<sub>2</sub> × HK tera famille 9293  
2ème répétition

2. Caractéristiques biométriques et de production

21 Paille

21. 1	Hauteur moyenne en cm	135.77!	9.81	7.23
21. 2	Distance moyenne entre feuilles en cm	9.9		
21. 3	Distance dernière feuille-sol en cm	13.13!	3.28	24.93
21. 4	Distance première feuille-base en cm	5.03!	3.01	59.89
21. 5	Diamètre de tige en cm	0.67!	0.13	19.01
21. 6	Tallage moyen en nombre de talles par plante	5.40!	0.89	16.56
21. 7	Nombre total d'étages foliaires	8.60!	0.99	11.46
21. 8	Longueur moyenne d'une feuille en cm	49.63!	13.44	27.07
21. 9	Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.42!	0.395	8.94
21.10	Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	154.97!	50.38	32.51
21.11	Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1332.74!		
21.12	Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	878		
21.13	Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	48°		
21.14	Poids de paille d'une talle en g	25.62!		

22 Epis

22. 1	Longueur en cm	37.80!	4.99	13.21
22. 2	Diamètre en cm	1.66!	0.24	14.18
22. 3	Surface en cm <sup>2</sup>	197.55!	40.18	20.54
22. 4	Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	91		
22. 5	Poids de grains maximum par épis en g	17.98!		
22. 6	Poids de 1000 grains en g	5.476!		
22. 7	Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	16.62!		

Moyenne

23 Talle

23. 1	Rapport grains sur paille maximum	70.18		
23. 2	Poids total d'une talle en g	43.60		
23. 3	Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	19.22		
23. 4	Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	13.49		
23. 5	Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	32.71		
23. 6	Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	29.17		
23. 7	Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	15.79		
23. 8	Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	49.64		

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1	Densité critique en talles/ha	234 666		
30. 2	Rendement théorique en paille en kg/ha	6 012		
30. 3	Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4 219		
30. 4	Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	10 231		
30. 5	Indice d'épis	0.464		
30. 6	Indice foliaire	3.127		

LIGNE GAM - Physio N° 471. Origine génétique N° 16034 F7 famille 9046 239 D<sub>2</sub> × 11332. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21 <u>Paille</u>			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	105.77!	7.54!	7.13!
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	8.9!		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	14.53!	2.57!	17.54!
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	4.54!	5.22!	115.01!
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.71!	0.07!	9.96!
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	3.60!	0.55!	15.21!
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	7.60!	0.83!	10.90!
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	47.80!	12.40!	25.94!
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.34!	0.468!	10.77!
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	140.18!	42.67!	30.44!
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1065.37!		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	687!		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	49°!		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	17.44!		
22 <u>Epis</u>			
22. 1 Longueur en cm	33.86!	2.04!	6.02!
22. 2 Diamètre en cm	1.87!	0.16!	8.75!
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	198.44!	19.63!	9.89!
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	40!		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	7.94!		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.046!		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	7.93!		

Moyenne

23 <u>Talle</u>			
23. 1 Rapport grain sur paille maximum		45.53 %	
23. 2 Poids total d'une talle en g		25.38	
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>		16.37	
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>		7.45	
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>		23.82	
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>		25.38	
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>		11.55	
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>		36.93	

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	299 933
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	5 231
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	2 381
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	7 612
30. 5 Indice d'épis	0.595
30. 6 Indice foliaire	3.195

. Origine génétique N° 16045 F7 famille 9044 239 D<sub>2</sub> x 1133

. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec.type	C.V. %
21 <u>Paille</u>			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	119.70	9.01	7.53
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	10.5		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	12.93	4.37	35.79
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	15.0	7.08	47.21
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.57	0.06	10.35
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	3.0	1.26	42.16
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	7.27	1.09	15.13
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	43.71	12.81	29.31
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.54	0.524	14.80
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	100.84	39.31	38.98
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	733.11		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	505		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	46°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	16.58		
22 <u>Epis</u>			
22. 1 Longueur en cm	29.83	4.43	14.86
22. 2 Diamètre en cm	1.68	0.14	8.48
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	157.84	29.14	18.46
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	102		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	16.10		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	6.908		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	14.77		

Moyenne

23 <u>Talle</u>			
23. 1 Rapport grain sur paille maximum		97.10	%
23. 2 Poids total d'une talle en g		32.68	
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>		22.62	
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>		21.96	
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>		44.58	
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>		32.82	
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>		31.87	
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>		64.70	

. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	408 034
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	6 765
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	6 569
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	13 334
30. 5 Indice d'épis	0.644
30. 6 Indice foliaire	2.991

LIGNE GAM - Physio N° 491. Origine génétique N° 16060 F8 239 D<sub>2</sub> × 1133 (9422)2. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
<b>21 Paille</b>			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	124.80	9.12	7.31
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	6.8		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	14.87	3.00	20.16
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	3.03	2.90	95.60
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.78	0.09	12.07
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	1.90	0.87	45.08
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	10.20	1.26	12.40
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	65.25	9.97	15.27
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.30	0.44	10.23
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	184.46	43.76	23.72
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1881.49		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1294		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	46°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	33.14		
<b>22 Epis</b>			
22. 1 Longueur en cm	46.23	4.20	9.09
22. 2 Diamètre en cm	1.90	0.26	13.34
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	277.60	56.04	20.19
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	49		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	13.60		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.112		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	9.59		
Moyenne			
<b>23 Talle</b>			
23. 1 Rapport grain sur paille maximum	41.04	%	
23. 2 Poids total d'une talle en g	46.74		
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	17.61		
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	7.23		
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	24.84		
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	25.60		
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	10.51		
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	36.11		
<b>30. Caractéristiques associées à la densité critique</b>			
30. 1 Densité critique en talles/ha	159	217	
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	5	276	
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	2	165	
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	7	441	
30. 5 Indice d'épis	0.442		
30. 6 Indice foliaire	2.996		

LIGNE GAM - Physio N° 501. Origine génétique N° 16063 F8 239 D<sub>2</sub> × 1133 (9045)2. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21 <u>Paille</u>			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	139.80	11.04	7.90
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	8.6		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	13.70	4.20	30.62
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	20.37	5.84	28.70
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.73	0.10	14.21
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	5.0	1.41	28.28
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.80	1.57	16.00
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	67.54	14.90	22.05
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.23	0.69	16.24
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	179.97	61.18	34.00
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1763.71		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1092		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	51°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	25.06		
22 <u>Epis</u>			
22. 1 Longueur en cm	43.90	5.63	12.82
22. 2 Diamètre en cm	1.99	0.26	13.20
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	274.16	45.10	16.45
22. 4 Densité de grains maximum en g/cm <sup>2</sup>	50		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	13.71		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	8.135		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	6.15		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grains sur paille maximum	54.71 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	38.77
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	14.21
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	7.77
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	21.98
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	22.95
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	12.56
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	35.52

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	188 783
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	4 731
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	2 588
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	7 319
30. 5 Indice d'épis	0.518
30. 6 Indice foliaire	3.550



## LIGNE GAM - Physio N° 52

• Origine génétique N° 15633 1472 x tif 239 D<sub>2</sub>B x Maewa

• Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21 <u>Paille</u>			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	150.00	14.32	9.55
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	10.8		
23. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	13.67	5.03	36.81
23. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	2.20	2.79	126.77
23. 5 Diamètre de tige en cm	0.75	0.14	18.00
23. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.0	1.22	30.62
23. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.86	1.25	12.63
23. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	64.02	16.70	26.08
23. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.50	0.53	11.84
23. 10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	227.79	72.86	31.98
23. 11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	2246.01		
23. 12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1435		
23. 13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	50°		
23. 14 Poids de paille d'une talle en g	66.84		
22 <u>Épis</u>			
22. 1 Longueur en cm	39.10	5.95	15.21
22. 2 Diamètre en cm	2.01	0.37	18.57
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	246.95	59.97	24.29
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	130		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	32.10		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.197		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	25.01		

Moyenne

	Moyenne
23 <u>Talle</u>	
23. 1 Rapport grain sur paille maximum	48.02 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	98.94
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	29.76
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	14.29
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	44.05
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	46.57
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	22.37
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	68.94

• Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	143 605
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	9 599
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4 610
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	14 209
30. 5 Indice d'épis	0.355
30. 6 Indice foliaire	3.225

LIGNE GAM - Physio N° 531. Crimine génétique 15626 F4 tif 23 D<sub>2</sub>B x Kajouré2. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21 <u>Paille</u>			
21.1 Hauteur moyenne en cm	151.27	10.92	7.22
21.2 Distance moyenne entre feuilles en cm	9.6		
21.3 Distance dernière feuille-sol en cm	10.30	5.03	28.10
21.4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	4.15	5.76	91.03
21.5 Diamètre de tige en cm	0.687	0.113	16.39
21.6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	3.20	0.837	26.15
21.7 Nombre total d'étages foliaires	9.53	0.990	10.39
21.8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	65.75	17.90	27.22
21.9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.33	0.502	15.10
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	155.45	55.17	33.35
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1576.74		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	877		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	56°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	39.70		
22 <u>Epis</u>			
22.1 Longueur en cm	50.33	8.98	17.84
22.2 Diamètre en cm <sup>2</sup>	1.95	0.210	10.75
22.3 Surface en cm <sup>2</sup>	299.02	109.42	36.59
22.4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	105.0		
22.5 Poids de grains maximum par épis en g	31.397		
22.6 Poids de 1000 grains en g	8.684		
22.7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	12.09		

Moyenne

23 Talle

23.1 Rapport grain sur paille maximum	79.09 %
23.2 Poids total d'une talle en g	71.10
23.3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	25.18
23.4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	19.91
23.5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	45.09
23.6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	45.28
23.7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	35.81
23.8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	81.10

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30.1 Densité critique en talles/ha	235 097
30.2 Rendement théorique en paille en kg/ha	9 333
30.3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	7 381
30.4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	16 714
30.5 Indice d'épis	0.703
30.6 Indice foliaire	3.706

1. Origine génétique 15704 F4 tif 23 D<sub>2</sub>B x Aniata 2 (famille 9861)2. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21 Paille			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	141.33	11.03	7.30
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	11.8		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	12.43	4.92	39.50
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	15.50	10.14	65.42
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.62	0.101	16.56
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	5.25	2.12	40.41
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.47	1.598	16.88
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	60.11	12.00	19.97
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.04	0.27	8.89
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	148.23	38.96	26.28
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1403.74		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	825		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	53°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	24.12		
22 Epis			
22. 1 Longueur en cm	20.47	4.86	23.75
22. 2 Diamètre en cm	1.627	0.296	18.22
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	103.49	25.39	24.54
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	84		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	8.69		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	4.378		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	19.19		

Moyenne

	Moyenne
23 Taille	
23. 1 Rapport grain sur paille maximum	36.03 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	32.81
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	17.18
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	6.19
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	23.37
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	29.23
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	10.53
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	39.76
3. <u>Caractéristiques associées à la densité critique</u>	
30. 1 Densité critique en talles/ha	249 775
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	6 025
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	2 171
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	8 196
30. 5 Indice d'épis	0.258
30. 6 Indice foliaire	3.506

LIGNE GAM - Physio N° 551. Origine génétique 15 708 F4 tif. 23 D<sub>2</sub>B x Aniata 2 (F1 9861)2. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	119.60	9.30	7.78
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	9.1		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	10.67	3.07	28.77
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	9.10	5.36	58.89
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.62	0.077	12.49
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	5.25	0.957	18.24
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.33	0.724	7.75
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	56.01	13.12	23.42
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.66	0.388	10.60
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	144.07	38.90	27.00
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1344.17		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	868		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	49°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	21.52		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	27.50	2.93	10.67
22. 2 Diamètre en cm	1.80	0.185	10.29
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	156.73	30.91	19.72
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	80		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	12.54		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.592		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	14.31		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	58.54 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	34.06
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	16.01
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	9.33
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	25.34
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	24.78
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	14.44
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	39.22

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	237 252
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	5 108
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	2 976
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	8 084
30. 5 Indice d'épis	0.372
30. 6 Indice foliaire	3.190

LIGNE GAM - Physio N° 561. Origine génétique N° 15768 F4 tif 23 D<sub>2</sub>B x Kajouré blanc 5 (F2 9855)2. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	147.17	17.62	11.98
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	9.5		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	9.00	2.05	22.81
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	10.40	3.65	34.87
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.62	0.08	12.49
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	5.00	1.78	35.78
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	11.60	0.74	6.35
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	53.61	9.15	17.07
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.43	0.61	17.84
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	134.12	26.73	19.93
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1555.79		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	899		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	54°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	28.92		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	23.67	3.85	16.26
22. 2 Diamètre en cm	1.86	0.15	8.08
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	139.16	29.98	21.54
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	138		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	19.20		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	6.708		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	20.57		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	66.39 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	48.12
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	18.59
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	12.34
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	30.93
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	32.16
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	21.35
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	53.51

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	229 193
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	6 628
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4 401
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	11 029
30. 5 Indice d'épis	0.319
30. 6 Indice foliaire	3.566

## LIGNE GAM - Physio N° 57

1. Origine génétique N° 15774 F4 tif 23 D<sub>2</sub>B x Bandiagara 4 (F1 9883)2. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec.type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	154.70	13.11	8.47
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	10.9		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	10.27	2.60	25.36
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	10.93	5.39	49.25
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.69	0.11	15.86
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.50	1.64	36.51
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	11.33	1.11	9.82
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	56.03	12.86	22.95
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.04	0.47	11.72
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	169.94	39.96	23.51
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1925.42		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1161		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	52°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	37.74		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	27.27	4.45	16.33
22. 2 Diamètre en cm	1.95	0.18	9.45
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	168.70	40.33	23.90
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	89		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	15.01		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.558		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	16.01		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	42.00 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	50.75
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	18.56
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	7.80
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	26.36
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	30.78
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	12.93
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	43.71

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	177 517
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	6 699
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	2 665
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	9 364
30. 5 Indice d'épis	0.299
30. 6 Indice foliaire	3.418

LIGNE GAM - Physio N° 58

• Origine génétique N° 15832 F4 tif. 239 D<sub>2</sub> x Maewa 2 (F1 9940)

• Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec.type	C.V. %
21 <u>Paille</u>			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	111.87	7.36	6.58
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	10.1		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	14.17	3.59	25.02
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	2.80	3.55	126.95
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.680	0.101	14.91
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.60	1.57	36.38
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	7.20	0.862	11.97
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	55.91	11.32	20.25
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.43	0.384	11.18
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	149.84	28.31	18.90
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1078.85		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	553		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	59°		
21.14 Poids de paille d'une talle	24.32		
22 <u>Epis</u>			
22. 1 Longueur en cm	35.47	3.03	8.55
22. 2 Diamètre en cm	1.82	0.161	8.86
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	202.72	23.97	11.82
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	75		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	15.20		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.527		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	13.57		

Moyenne

23 <u>Talle</u>		62.50 %
23. 1 Rapport grain sur paille maximum		39.52
23. 2 Poids total d'une talle en g		22.54
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>		14.09
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>		36.63
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>		43.94
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>		27.46
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>		71.41
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>		

• Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	372	395
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	9	057
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	5	660
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	14	717
30. 5 Indice d'épis	0	755
30. 6 Indice foliaire	4	018

LIGNE GAM-Physio N° 59

• Origine génétique 15 881 F4 tif. 239 D<sub>2</sub>B x titao 7 (F1 9925)

3. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21 Paille	120.71	7.87	6.52
21. 1 Hauteur moyenne en cm	7.8		
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	11.29	2.87	25.46
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm			
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	8.03	4.35	53.99
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.90	0.11	12.33
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	4.57	1.72	37.59
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	8.93	1.27	14.21
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	74.39	10.29	13.85
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.01	0.60	14.94
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	224.88	52.26	23.24
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	2008.18		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1072		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	57°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	36.82		
22 Epis			
22. 1 Longueur en cm	40.03	3.78	9.45
22. 2 Diamètre en cm <sup>2</sup>	1.85	0.306	16.53
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	233.70	51.03	21.85
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	68		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	15.89		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	4.876		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	13.95		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	45.16 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	52.71
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	18.33
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	7.91
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	26.25
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	34.34
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	14.82
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	49.15
Moyenne	
	192 193
	7 077
	3 054
	10 131
	0.449
	3.860

• Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	
30. 5 Indice d'épis	
30. 6 Indice foliaire	

1. Origine génétique 15 885 F4 239 D<sub>2</sub>B x totao. 7. (F1 9925)2. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	132.54	9.15	6.91
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	11.2		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	10.15	2.44	24.07
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	8.88	5.06	57.12
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.87	0.103	11.87
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	3.67	1.37	37.26
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.15	0.90	9.82
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	62.42	12.56	20.13
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	3.96	0.537	13.55
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	190.33	43.01	22.60
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	1741.52		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1252		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	44°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	42.86		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	31.96	2.44	7.65
22. 2 Diamètre en cm	2.58	0.28	10.69
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	260.06	37.49	14.41
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	83		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	21.58		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	5.290		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	15.69		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	50.35 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	64.40
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	24.61
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	12.39
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	36.98
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	34.23
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	17.23
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	51.43

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	164 599
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	7 055
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	3 552
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	10 607
30. 5 Indice d'épis	0.428
30. 6 Indice foliaire	2.867

## LIGNE GAM - Physio N° 61

1. Origine génétique N° 16078 F5 1472 x Souna II2. Caractéristiques biométriques et de production21 Paille

	Moyenne	Ec.type	C.V. %
21. 1 Hauteur moyenne en cm	120.37	5.85	4.86
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	7.5		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	11.92	2.28	19.17
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	1.14	3.17	278.34
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.90	9.53	10.59
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	2.43	0.97	40.18
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	9.75	1.29	13.21
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	76.62	15.91	20.76
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.23	0.70	16.53
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	226.44	54.08	25.88
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	2207.79		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	1397		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	50°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	36.00		

22 Epis

22. 1 Longueur en cm	47.83	6.31	13.19
22. 2 Diamètre en cm	2.07	0.36	17.45
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	316.32	92.75	29.32
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	95		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	30.05		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	7.538		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	12.60		

Moyenne

23 Talle

23. 1 Rapport grain sur paille maximum	83.47 %
23. 2 Poids total d'une talle en g	66.05
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	16.31
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	13.61
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	29.92
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	25.76
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	21.50
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	47.26

\* Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	147 475
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	5 309
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4 432
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	9 741
30. 5 Indice d'épis	0.465
30. 6 Indice foliaire	3.256

## LIGNE GAM - Physio N° 62

1. Origine génétique N° 15873 F4 tif 239 D<sub>2</sub> × Kazouya 6-5 (F1 9932)2. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
<u>21 Paille</u>			
21. 1 Hauteur moyenne en cm	144.07	8.64	6.00
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	13.40		
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	13.67	1.26	9.24
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	8.30	4.80	57.62
21. 5 Diamètre de tige en cm	0.54	0.05	9.39
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	5.00	2.61	52.15
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	8.40	0.828	9.36
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	50.97	7.08	13.89
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm	2.93	0.444	15.17
21.10 Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	113.37	40.20	35.46
21.11 Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	952.31		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	695		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	43°		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	18.70		
<u>22 Epis</u>			
22. 1 Longueur en cm	27.67	2.02	7.31
22. 2 Diamètre en cm	1.403	0.083	5.94
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	122.19	13.60	11.13
22. 4 Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	98		
22. 5 Poids de grains maximum par épis en g	11.97		
22. 6 Poids de 1000 grains en g	7.484		
22. 7 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	13.09		
			Moyenne
<u>23 Talle</u>			
23. 1 Rapport grain sur paille maximum			64.01 %
23. 2 Poids total d'une talle en g			30.67
23. 3 Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>			19.64
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>			12.57
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>			32.21
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>			26.90
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>			17.22
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>			44.12
<u>3. Caractéristiques associées à la densité critique</u>			
30. 1 Densité critique en talles/ha			296 473
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha			5 544
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha			3 549
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha			9 093
30. 5 Indice d'épis			0.362
30. 6 Indice foliaire			2.823

## LIGNE GAM - Physio N° 63

(F1 9927)

1. Origine Génétique N° 15793 F4 tif. 239 D<sub>2</sub> X Aniata 2

## 2. Caractéristiques biométriques et de production

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
21 Paille	119.69	4.57	5.82
21. 1 Hauteur moyenne en cm	11.4		
21. 2 Distance moyenne entre feuilles en cm	11.46	1.88	16.37
21. 3 Distance dernière feuille-sol en cm	13.27	3.57	26.89
21. 4 Distance première feuille-base de l'épi en cm	0.546	0.046	8.75
21. 5 Diamètre de tige en cm	6.75	1.89	28.04
21. 6 Tallage moyen en nombre de talles par plante	6.77	0.725	10.71
21. 7 Nombre total d'étages foliaires	46.44	8.47	18.23
21. 8 Longueur moyenne d'une feuille en cm	2.93	0.548	18.74
21. 9 Largeur moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	96.95	35.12	36.22
21.10 Surface moyenne d'une talle en cm <sup>2</sup>	656.35		
21.11 Surface foliaire d'une talle projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	462		
21.12 Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	45°		
21.13 Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	18.90		
21.14 Poids de paille d'une talle en g	26.65	2.29	8.61
22 Epis	1.18	0.128	10.87
22. 1 Longueur en cm	99.27	16.85	16.98
22. 2 Diamètre en cm	72		
22. 3 Surface en cm <sup>2</sup>	7.15		
22. 4 Surface de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	4.716		
22. 5 Densité de grains maximum par épis en g	15.27		
22. 6 Poids de grains en g			
22. 7 Poids de 1000 grains en g			
22. 8 Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis			

Moyenne

## 23 Talle

	Moyenne	Ec. type	C.V. %
23. 1 Rapport grain sur paille maximum	37.83		
23. 2 Poids total d'une talle en g	26.05		
23. 3 Poids total foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	28.90		
23. 4 Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	10.89		
23. 5 Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	39.69		
23. 6 Rendement foliaire projeté en paille en grains en mg/cm <sup>2</sup>	40.90		
23. 7 Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	15.47		
23. 8 Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	56.38		

## Caractéristiques associées à la densité critique

30. 1 Densité critique en talles/ha	446	041
30. 2 Rendement théorique en paille en kg/ha	8	430
30. 3 Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	3	189
30. 4 Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	11	619
30. 5 Indice d'épis	0.443	
30. 6 Indice foliaire	2.928	

1. Origine génétique Population améliorée de mil traditionnel SOWMA III

2. Caractéristiques biométriques et de production

		Moyenne	Ec. type	C.V. %
21	Paille			
21.1	Hauteur moyenne en cm	279.41	22.66	8.11
21.2	Distance moyenne entre feuilles en cm	22.34		
21.3	Distance dernière feuille-sol en cm	20.80	8.25	59.56
21.4	Distance première feuille-base de l'épi en cm	8.40	18.23	217.00
21.5	Diamètre de tige en cm	1.18	0.13	11.01
21.6	Diamètre moyen en nombre de talles par plante	8.80	2.00	22.74
21.7	Nombre total d'étages foliaires	12.20		
21.8	Longueur moyenne d'une feuille en cm	80.20	11.24	14.01
21.9	Largeur moyenne d'une feuille en cm	4.95	0.97	19.65
21.10	Surface moyenne d'une feuille en cm <sup>2</sup>	307.41	78.94	25.68
21.11	Surface foliaire d'une talle en cm <sup>2</sup>	3750.40		
21.12	Surface foliaire projetée d'une talle en cm <sup>2</sup>	2549		
21.13	Angle foliaire moyen d'une talle en degrés	47°		
21.14	Poids de paille d'une talle en g	140.04		
22	Épis			
22.1	Longueur en cm	51.30	6.34	12.36
22.2	Diamètre en cm	2.41	0.35	14.70
22.3	Surface en cm <sup>2</sup>	390.13	84.51	21.66
22.4	Densité de grains maximum en mg/cm <sup>2</sup>	149.82	25.75	17.19
22.5	Poids de grains maximum par épis en g	51.10	18.87	52.10
22.6	Poids de 1000 grains en g	7.879		
22.7	Nombre maximum de grains par cm <sup>2</sup> d'épis	16.65		
			Moyenne	

23	Taille			
23.1	Rapport grain sur paille maximum		36.49	%
23.2	Poids total d'une talle en g	191.14		
23.3	Rendement foliaire en paille en mg/cm <sup>2</sup>	37.34		
23.4	Rendement foliaire maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	13.62		
23.5	Rendement foliaire maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	50.97		
23.6	Rendement foliaire projeté en paille en mg/cm <sup>2</sup>	54.95		
23.7	Rendement foliaire projeté maximum en grains en mg/cm <sup>2</sup>	20.05		
23.8	Rendement foliaire projeté maximum en matière sèche en mg/cm <sup>2</sup>	74.99		

3. Caractéristiques associées à la densité critique

30.1	Densité critique en talles/ha	80	865
30.2	Rendement théorique en paille en kg/ha	11	324
30.3	Rendement théorique maximum en grains en kg/ha	4	132
30.4	Rendement théorique maximum en matière sèche en kg/ha	15	456
30.5	Indice d'épis	0.315	
30.6	Indice foliaire	3.035	

