

# BURKINA FASO

Unité - Progrès - Justice

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS  
SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

-----  
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO  
DIOULASSO

-----  
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL  
(IDR)

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS  
SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

-----  
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

-----  
INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE  
RECHERCHES AGRICOLES (IN.E.R.A)

-----  
CENTRE REGIONAL DE RECHERCHES  
ENVIRONNEMENTALES ET AGRICOLES  
DE L'OUEST

-----  
STATION DE FARAKO BA

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du  
DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL  
Option : AGRONOMIE

THEME :

**Sélection inter et intra variétale pour la résistance à la  
sécheresse en cours de culture chez le maïs (*Zea mays* L.)**

Directeur de Mémoire : Dr SOMDA Irénée  
Maître de stage : Dr SANOU Jacob

Juin 2000

DABIRE Frédéric

## **Dédicace**

*A mon Père  
et  
A ma mère  
en leur mémoire.  
je dédie ce mémoire.*

## **Sigles utilisés**

**CIMMYT** : Centre International pour l'amélioration du maïs et du blé

**CRREA** : Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles

**FAO** : Food and Agriculture Organization of the United Nations

**IDR** : Institut du Développement Rural

**IITA** : International Institute of Tropical Agriculture

**INERA** : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

**IRAT** : Institut de Recherches Agronomiques et des cultures vivrières

**WECAMAN** : West and Central Africa Maize Collaborative Research Network

## **Remerciements**

La réalisation de ce travail a été rendue possible grâce à la contribution de plusieurs personnes. Nous profitons de cette occasion pour leur témoigner notre profonde reconnaissance et leur adresser nos vifs remerciements pour leurs inestimables contributions à la réussite de notre travail. Nos remerciements s'adressent particulièrement :

- Au **Dr TRAORE N. Seydou**, Délégué Régional du CRREA de l'Ouest pour nous avoir accepté comme stagiaire à la station de recherches de l'INERA Farako-Bâ.

- Au **Dr DA Sansan**, chef du Programme Céréales Traditionnelles pour m'avoir accueilli au sein du programme. Il a facilité également mon accès à l'ordinateur lors de mes multiples sollicitations.

Au **Dr SANOU Jacob**, notre maître de stage pour son encadrement exemplaire et ses riches conseils scientifiques durant ce stage. Au cours de notre stage, il nous a accordé une considération particulière et a été d'une contribution très forte dans l'adoption du plan de notre Mémoire. Nous avons bénéficié également d'une formation à l'outil informatique surtout dans l'analyse des données avec le logiciel SAS. Sa contribution à la réussite de ce travail mérite une reconnaissance très particulière.

Au **Dr SOMDA Irénée**, professeur à l'IDR et Directeur de ce Mémoire pour ses conseils et son encouragement durant les moments difficiles de ce stage.

Au **Dr KAMBOU Georges** pour m'avoir permis l'utilisation de son ordinateur.

A tous les enseignants de l'IDR pour leur encadrement technique et scientifique au cours de notre formation.

Aux techniciens de la section de l'Amélioration Variétale du maïs dont la contribution et l'ambiance créés, ont été d'un grand recours lors de la conduite des travaux sur le terrain. Nous citons particulièrement **MM. ZOURE Grégoire, PARE Pascal, SOMDA François et SANON Mamadou**.

Aux collègues stagiaires pour tout ce que nous avons pu faire ensemble.

A tout le personnel de l'INERA Farako-Bâ pour son soutien moral et ses encouragements qu'il nous a toujours prodigués.

## Résumé

Le rendement du maïs en zone semi-aride est faible en raison de fréquentes périodes de sécheresse et des maladies intervenant au cours de la culture.

Les objectifs de cette étude ont été d'une part la sélection inter cultivars et d'autre part la sélection intra variétale pour la résistance à la sécheresse. Les travaux ont été conduits à la station de Farako-Bâ en saison humide 1999 pour la sélection contre les maladies et à la vallée du Kou. en saison sèche 2000 où le criblage contre la sécheresse a été réalisé selon un dispositif incluant une irrigation à l'ETM et une privation d'eau de 30 jours à la floraison du maïs. Le criblage contre la sécheresse a concerné une sélection inter cultivars et une sélection intra variétale.

La sélection inter cultivars a concerné 21 cultivars locaux repartis en matériel extra précoces et précoces. Trois cultivars extra précoces (silmiri 1, Bondoukuy 1 et Kiè 1) et cinq cultivars précoces (Kouentou 3, Kouentou 7, Tenasso 1, Dandé 2 et Nèbia 1) ont été sélectionnées pour leur bon comportement sous stress hydrique.

La sélection intra variétale a concerné 604 lignées S1 de quatre variétés améliorées (FBC6, Pool 16 DT, DTE W SR BC3 C0 et DTE Y SR BC3 C0). Il ressort que 123 lignées S1 sont intéressantes car présentant un complexe de résistance aux maladies courantes du maïs. Evaluées par rapport à la sécheresse certains génotypes ont un bon comportement en conditions de stress hydrique. Ainsi il a été sélectionné 10, 6, 8 et 6 lignées comme matériel résistant au stress hydrique respectivement dans les variétés FBC6, Pool 16 DT, DTE W SR BC3 C0 et DTE Y SR BC3 C0.

Ces résultats constituent une étape dans l'amélioration variétale pour la résistance à la sécheresse. Les cultivars performants pourront être utilisés après une évaluation multilocale, tandis que les lignées serviront à la création de pools de variétés résistantes à la sécheresse.

**Mots clés :** Maïs, cultivars locaux, lignées, résistance, sécheresse, sélection inter cultivars, sélection intra variétale.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE</b> .....	<b>1</b>
<b>A. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	<b>3</b>
<b>I. DONNÉES GÉNÉRALES SUR LE MAÏS</b> .....	<b>3</b>
1.1.1. Origine du maïs.....	3
1.1.2. L'introduction du maïs en Afrique.....	3
1.1.3. Classification .....	4
1.1.4. Génétique du maïs .....	4
1.1.5. L'appareil végétatif.....	6
1.1.6. L'appareil reproducteur.....	7
1.1.7. Les composantes du rendement du maïs .....	8
1.1.8. Les exigences du maïs.....	10
1.2. <i>La culture du maïs au Burkina</i> .....	11
1.2.1. Répartition des différentes variétés de maïs.....	11
1.2.2. Les différentes variétés de maïs recommandées par la Recherche.....	12
<b>II. GÉNÉRALITÉS SUR LA SÈCHERESSE</b> .....	<b>13</b>
2.1. <i>Définition de la sécheresse</i> .....	13
2.2. <i>Importance de la sécheresse</i> .....	13
2.3. <i>Caractérisation de la sécheresse</i> .....	13
2.4. <i>Mécanismes de résistance des plantes à la sécheresse</i> .....	15
2.4.1. L'évitement ou précocité .....	15
2.4.2. L'esquive .....	16
2.4.3. La tolérance .....	16
2.5. <i>Conséquences de la sécheresse sur le maïs</i> .....	18
2.5.1. Au niveau du rendement.....	18
2.5.2. Au niveau physiologique .....	18
2.6. <i>Stress hydrique et régulation du rendement chez le maïs</i> .....	20
2.7. <i>Critères de sélection</i> .....	20
2.7.1. Au niveau de l'appareil végétatif aérien .....	20
2.7.2. Au niveau de l'appareil reproducteur et du grain .....	22
2.7.3. Au niveau des racines.....	22
2.8. <i>Conditions de sélection</i> .....	23
2.8.1. Environnement de sélection.....	23
2.8.2. Stades phénologiques de criblage .....	24
2.8.3. Caractéristiques du déficit hydrique dans le criblage.....	25
2.9. <i>Quelques méthodes de criblage pour la résistance au déficit hydrique</i> .....	25
2.10. <i>Point de quelques travaux sur l'amélioration du maïs pour la résistance à la sécheresse</i> .....	26

<b>B. SÉLECTION POUR LA RÉSISTANCE À LA SÈCHERESSE .....</b>	<b>28</b>
I. DONNÉES COMMUNES AUX EXPÉRIMENTATIONS .....	28
1.1. <i>Présentation des sites expérimentaux</i> .....	28
1.1.1. Site de Farako-Bâ.....	28
1.1.2. Site de la vallée du Kou .....	29
1.2. <i>Conduite des essais</i> .....	30
1.2.1. Semis.....	30
1.2.2. La fertilisation.....	31
1.2.3. Mesures des variables .....	31
1.3. <i>Méthodes d'analyses statistiques et de sélection</i> .....	35
II. SÉLECTION INTER VARIÉTALE POUR LA RÉSISTANCE À LA SÈCHERESSE.....	36
2.1. <i>Matériel végétal</i> .....	36
2.2. <i>Méthodes</i> .....	37
2.3. <i>Résultats</i> .....	37
2.3.1. Les cultivars extra-précoces.....	37
2.3.2. Les cultivars précoces.....	40
2.4. <i>Discussion</i> .....	43
2.5. <i>Conclusion</i> .....	44
III. SÉLECTION INTRA VARIÉTALE POUR LA RÉSISTANCE À LA SÈCHERESSE.....	44
3.1. <i>Criblage contre les maladies</i> .....	44
3.1.1. Matériel végétal .....	45
3.1.2. Méthodes .....	46
3.1.3. Résultats .....	48
3.1.4. Discussion.....	57
3.1.5. Conclusion.....	58
3.2. <i>Criblage contre la sécheresse</i> .....	58
3.2.1. Matériel végétal .....	58
3.2.2. Méthodes .....	58
3.2.3. Résultats .....	58
3.2.3. Discussion.....	73
3.2.4. Conclusion.....	75
IV. CONCLUSION-SYNTHESE SUR L'EXPÉRIMENTATION.....	76
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>77</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>78</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>78</b>

***INTRODUCTION  
GENERALE***



## **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

Le maïs est l'une des céréales le plus produit dans le monde. Il occupe la troisième place mondiale en production après le blé et le riz et les USA en sont le premier producteur avec une production de 247,9 millions de tonnes pour une production mondiale de 604,9 millions de tonnes en 1998 (FAO, 1999). En Afrique, c'est une céréale majeure après le sorgho et le mil ; il constitue avec le riz et les tubercules les principales denrées de base de l'alimentation des populations urbaines en particulier. Il est noté de plus en plus, son emploi dans l'alimentation animale dans les élevages modernes. Dans les pays développés, il est utilisé essentiellement pour l'alimentation animale soit en grains, soit sous forme de fourrage.

Au Burkina, c'est la troisième céréale cultivée après le sorgho et le mil. Il représente 10% des surfaces céréalières totales du pays ; son rendement est plus important que celui du mil, du sorgho et du riz (SANOU, 1996). Pendant la campagne 1999-2000, la production nationale du maïs est estimée à 377.000 tonnes pour une superficie de 271.405 ha hectares (Ministère de l'Agriculture, 1999). Le maïs concurrence les cultures comme le sorgho et le mil dans la zone cotonnière du Burkina. En effet, de toutes les grandes cultures au Burkina, il possède le potentiel nécessaire à l'intensification de sa culture dans le cadre d'une politique d'autosuffisance alimentaire (SANOU, 1996). Avec ce potentiel, un engouement particulier est noté à son égard, et ses superficies croissent régulièrement ; ceci contribue à l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire.

Cette importance grandissante du maïs auprès des producteurs est cependant ralentie avec les sécheresses répétées depuis les années 70. En effet depuis cette période, la zone subtropicale semi-aride connaît de fréquentes périodes de sécheresse (SIVAKUMAR et GNOUMOU, 1987). Cela se manifeste par une installation tardive des pluies, une saison pluvieuse entrecoupée de poches de sécheresse et souvent par une fin brutale des pluies. A cela s'ajoutent d'autres problèmes liés à la pauvreté du sol, à des maladies diverses (Striure, l'Helminthosporiose, les viroses, la rouille, ...), à des insectes ravageurs (Sitophilus, Cicadelles, Foreurs, ...) et à des plantes nuisibles (Striga).

La sécheresse est considérée comme le principal handicap à la production du maïs dans la zone semi-aride. Elle est responsable d'importantes pertes de rendement chez le maïs. Des études (SARR, 1975, ROBELIN, 1983) ont montré qu'une sécheresse intervenant en plein cycle, précisément à la période de floraison peut entraîner une perte de rendement de l'ordre de 50 % en moyenne. Environ 40% des surfaces de maïs dans les zones semi-arides d'Afrique sont concernées par les sécheresses occasionnelles.

Face à cette situation, bon nombre de variétés proposées à la vulgarisation se trouvent limiter soit par leur sensibilité à la sécheresse, soit par leur cycle trop long pour un semis tardif. La solution de l'utilisation de variétés très précoces a été envisagée, mais il se pose un

problème de leur rentabilité et aussi en cas de saison favorable, la conservation se trouve compromise.

La recherche a proposé un panel de solutions allant des techniques d'économie de l'eau aux techniques culturales. Cependant, la culture irriguée se trouve être très coûteuse pour les paysans. Les techniques culturales aussi ne sont pas parfaitement maîtrisables vue le niveau d'instruction des paysans.

La mise au point ou la sélection de variétés de maïs résistant aux conditions de déficit hydrique semble être la voie appropriée pour lutter contre la sécheresse.

Les objectifs poursuivis dans le criblage pour la résistance au stress hydrique sont de sélectionner des variétés de maïs résistantes à la sécheresse en cours de culture et présentant un bon comportement vis-à-vis des maladies courantes du maïs. Pour se faire une mise au point d'une méthodologie doit précéder le processus de création et de sélection variétale. L'objectif de ce travail est d'arriver à identifier dans des groupes de lignées issues de variétés différentes et des cultivars locaux du Burkina Faso, des géotypes capables de supporter les conditions de déficit hydrique et ayant un bon comportement vis-à-vis des maladies courantes du maïs. Pour atteindre cet objectif, les travaux ont été conduits en deux phases :

- En saison pluvieuse dont l'objectif est d'identifier du matériel ayant un bon comportement vis-à-vis des maladies et des caractères agro-morphologiques intéressants.
- En saison sèche où il s'agit de tester le comportement du matériel sélectionné par rapport au stress hydrique en vue d'identifier les plus résistants.

***A. REVUE  
BIBLIOGRAPHIQUE***

## **A. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

### **I. DONNEES GENERALES SUR LE MAÏS**

#### 1.1. Connaissance de la plante de maïs

La connaissance de la phénologie et la physiologie du maïs est fondamentale comme préambule à la sélection pour une résistance à la sécheresse. Les différentes phases de la vie d'une plante ou d'un couvert peuvent être vues comme une succession de périodes de différenciation ou de mise en place de structures et de période de déploiement de ces structures. Les caractérisations morphologique et physiologique du maïs ont été l'objet d'étude de plusieurs auteurs (LE CONTE, 1950 ; ROBELIN, 1983 ; GIRARDIN, 1986).

##### 1.1.1. Origine du maïs

Les recherches de plusieurs auteurs (WILLET, 1962 ; Le CONTE, 1950) attestent que le maïs est une plante originaire d'Amérique Centrale, précisément du Mexique.

##### 1.1.2. L'introduction du maïs en Afrique

La période d'introduction du maïs en Afrique reste controversée, parce que la tradition écrite n'est pas de règle (SANOU, 1996).

En s'appuyant sur des écrits anciens, les travaux de JEFFREYS (1954, 1962) indiquent l'existence du maïs en Afrique de l'Ouest avant 1150. Il se base sur les premières appellations portugaises du maïs et sur les récits d'explorateurs et géographes ayant parcouru l'Afrique de l'Ouest pour soutenir la thèse de l'existence précolombienne du maïs en Afrique.

PORTERES (1955) et WILLET (1962) développent une thèse contraire. Selon eux, le maïs aurait atteint l'Afrique après son introduction en Europe en 1493 par Christophe Colomb. PORTERES (1955) indique que les Turcs ont introduit le maïs en 1517 en Egypte lors de sa conquête, mais que l'extension de sa culture a été plutôt favorisée par le commerce. En partant de l'appellation du maïs dans certaines régions situées entre l'Égypte et le Tchad, il lui semble à peu près certain qu'une des voies de migration du maïs en Afrique ait été celle du Nil. Les Portugais auraient contribué également à le répandre en Afrique de l'Ouest. Ce n'est que plus tard que le maïs aurait atteint la côte orientale de l'Afrique et Madagascar.

##### 1.1.3. Classification

Le maïs est d'une Graminée de la tribu des Maydeae voisine de celle des Andropogoneae dont elle ne diffère que par la présence de fleurs unisexuées. C'est une plante annuelle ; son

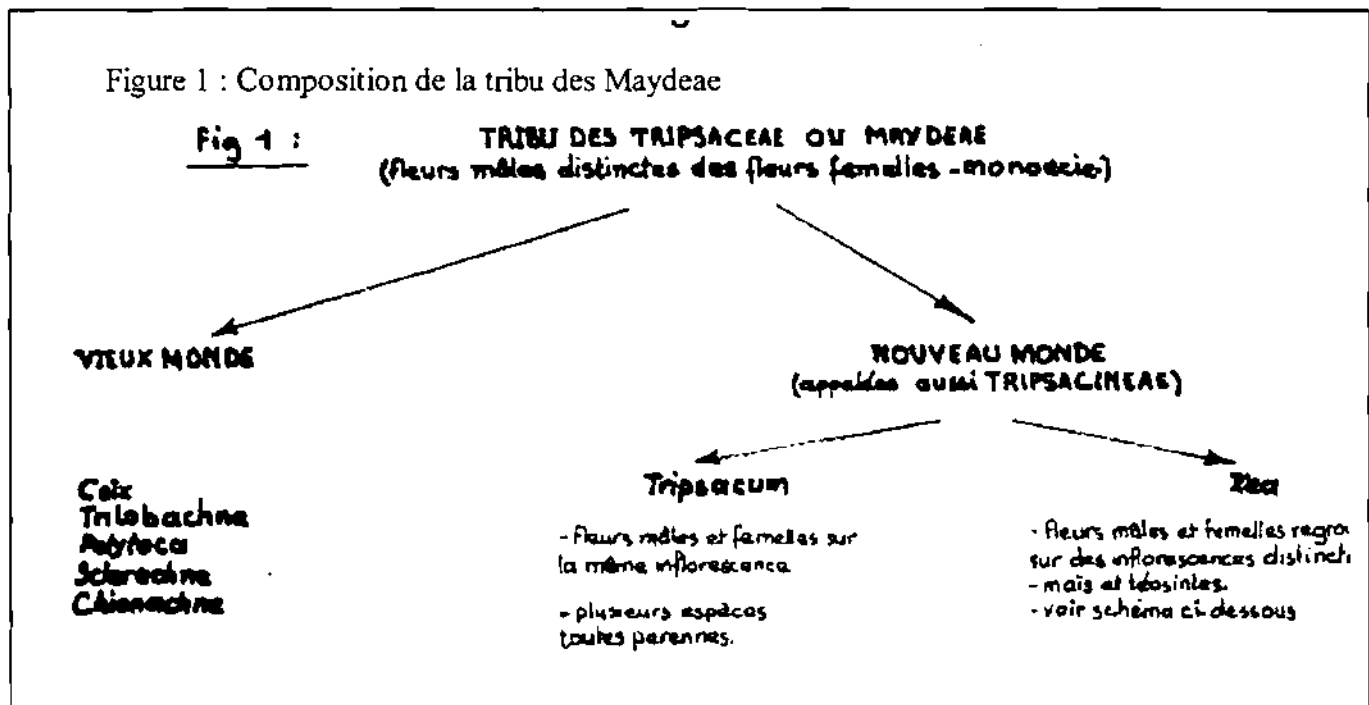
cycle est relativement court (3 à 5 mois). La tribu des Maydeae comprend 8 genres dont le plus important est le genre *Zea*. Cinq sont originaire d'Asie (*Coix*, *Sclerachne*, *Polytoca*, *Chionachne*, *Trilobachne*). Les trois autres sont originaires d'Amérique :

-*Zea* le plus important

-*Tripsacum*, Graminée fourragère

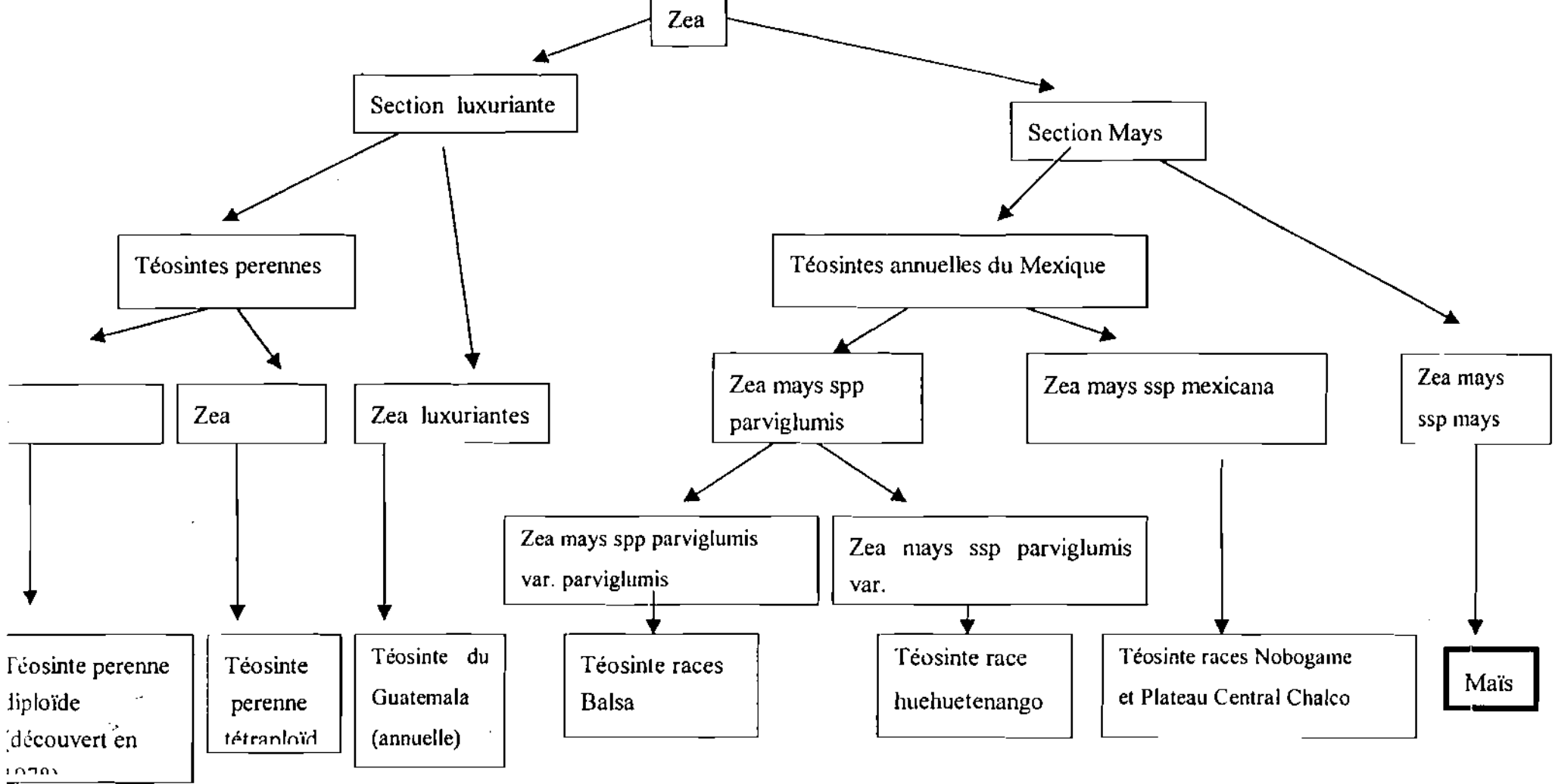
-*Euchlaena* (Téosinte) Graminée sauvage présentant le plus d'affinité avec le maïs. Les figures 1 et 2 donnent une composition de la tribu des Maydeae et la systématique du genre *Zea*

Le maïs cultivé appartient au genre *Zea* et à l'espèce *mays*. Il serait le résultat d'une hybridation antérieure entre *Tripsacum* et un type de maïs ancien de laquelle découlerait également le Téosinte (Le CONTE, 1950 ; SARR, 1975). Le problème de l'origine botanique du maïs a été l'objet de très vives discussions et n'a jamais été éclairci complètement.



#### 1.1.4. Génétique du maïs

Le nombre de chromosome diploïde typique du maïs est  $2n = 20$  chromosomes. Les chromosomes normaux ont la forme de bâtonnets de longueurs inégales, variant de 2 microns à 4,5 microns (LE CONTE, 1950). Les dix chromosomes de la garniture normale ont reçu un numéro d'ordre dans le sens des longueurs décroissantes. Le chromosome n°9 présente en général la particularité d'offrir un bouton chromosomique terminal à l'extrémité du bras long. La longueur du chromosome peut être souvent le reflet de dysfonctionnement mitotique (SARR, 1975).



**FIGURE 2 : SYSTÉMATIQUE DU GENRE ZEA**

### 1.1..5. L'appareil végétatif

L'appareil végétatif de la plante comporte une tige, des feuilles et des racines. Ces différentes parties de la plante peuvent présenter des caractéristiques pouvant intervenir dans la sélection de matériel résistant à la sécheresse.

#### 1.1.5.1 La tige

La tige est généralement unique, de fort diamètre 3 à 4 cm, elle peut atteindre 4m de hauteur, mais mesure généralement 1,5 à 2,5 m (PODA, 1979). Elle comporte plusieurs entrenœuds droits presque cylindriques dans la partie supérieure de la plante. Dans la partie inférieure, les entrenœuds présentent une face alternativement aplatie. La tige de maïs est remplie d'un tissu parenchymateux unique dans lequel sont noyés de nombreux faisceaux ligneux en forme de V au centre desquels se trouvent des tubes criblés du liber. Le diamètre de la tige de maïs est utilisé comme critère de sélection pour la résistance à la sécheresse.

#### 1.1.5.2. Les feuilles

Le maïs présente des feuilles alternes de 8 à 40 selon les variétés, mais plus généralement de 8 à 20 ; il possède un limbe très développé (30cm à 60cm de long, 5cm à 15 cm de large). Chaque feuille présente une gaine embrassante munie de poils courts sur son bord supérieur.

La structure de la feuille présente un parenchyme homogène et un épiderme ventral parsemé de cellules bulbiformes disposées en bande longitudinale dont la membrane très perméable, permet une plasmolyse rapide, entraînant l'enroulement de la feuille. Les stomates repartis sur les deux faces, sont plus nombreux sur la face inférieure. La résistance à l'enroulement foliaire est un indice de sélection variétale de matériel résistant au stress hydrique.

#### 1.1.5.3. Le système racinaire du maïs

C'est un système fasciculé comportant trois catégories de racines (fig. 3) :

- **Les racines séminales** : elles sont formées à partir de la radicule et se développent en formant la racine principale avec de courtes ramifications. Les racines séminales disparaissent dès l'apparition des racines secondaires.

- **Les racines secondaires** ou adventives : elles apparaissent très tôt à la base des entrenœuds de la jeune tige qui s'est allongée ; ces racines constituent presque la totalité de l'appareil racinaire fonctionnel de la plante.

- **Les racines d'ancrage** : elles apparaissent beaucoup plus tard au niveau des premiers nœuds situés au-dessus du sol. Leur rôle principal est d'améliorer la fixation et la stabilité de la

plante. Elles peuvent également participer à l'alimentation hydrique et minérale de la plante. Il faut cependant signaler que toutes les plantes d'une même variété ne possèdent pas de racines d'ancrage. Cette caractéristique pourrait être liée à une variabilité génétique.

Les travaux de FISHER *et al*, 1981 ; 1983, ont mis en évidence qu'une sélection sur le maïs pour une masse racinaire importante aboutissait à une augmentation du rendement en condition de faible stress hydrique alors que la sélection pour l'augmentation de la longueur des racines était plus intéressante dans des cas de stress hydrique sévère. Ces résultats témoignent de l'importance du système racinaire du maïs dans un travail de sélection pour la résistance à la sécheresse.

### 1.1.6. L'appareil reproducteur

Le maïs est une plante monoïque. Les fleurs mâles sont groupées en panicule terminale, et les fleurs femelles en épis situés généralement au tiers moyen de la plante.

#### 1.1.6.1. L'inflorescence mâle ou panicule

Elle est plus ou moins ramifiée, sur chaque racème s'insèrent par paire des épillets biflores ; chaque paire comprend un épillet pédicellé plus âgé et un épillet sessile. Chaque épillet est composé de deux fleurs enveloppées dans une paire de glumes ciliées. Ces deux fleurs comportent chacune trois étamines (fig. 4).

En général, les fleurs mâles arrivent à maturité avant les fleurs femelles de la même plante : c'est la protandrie. La durée de la floraison de la panicule ou anthèse dépend des conditions du milieu et demande cinq à dix jours.

#### 1.1.6.2. L'inflorescence femelle ou épi

L'épi est porté par un pédoncule de longueur variable. Il est enveloppé plus ou moins complètement par 10 à 20 spathes qui sont des feuilles réduites à gaines élargies. Chaque épi est un ensemble d'épillets insérés sur un rachis ou rafle. Un épillet renferme 2 fleurs femelles insérées sur des glumes courtes. La fleur supérieure en général plus âgée est seule fertile et entourée de glumes. Chaque fleur comporte un ovaire surmonté d'une longue soie (fig. 5).

A la floraison, les soies de couleurs variables sortent totalement des spathes. Les premières qui apparaissent appartiennent aux ovaires de la base de l'épi ; leur réceptivité en condition très favorable persiste jusqu'à trois semaines.

La graine de maïs est un caryopse formé de trois parties d'origine distincte : le péricarpe, l'albumen et l'embryon (fig. 6).



### 1.1.7. Les composantes du rendement du maïs

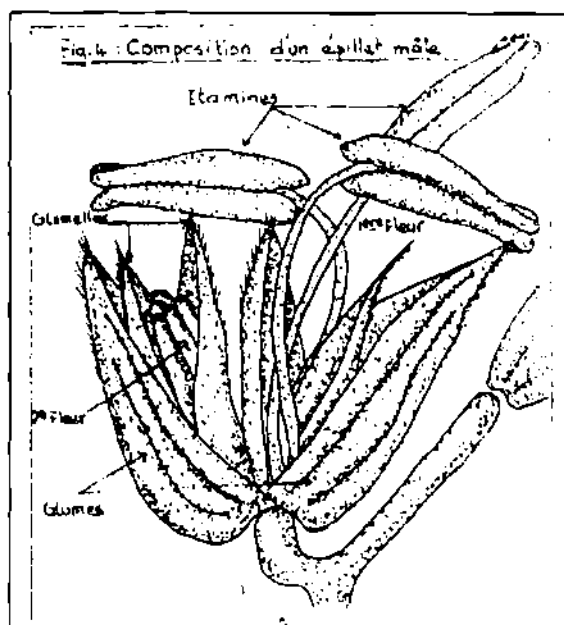
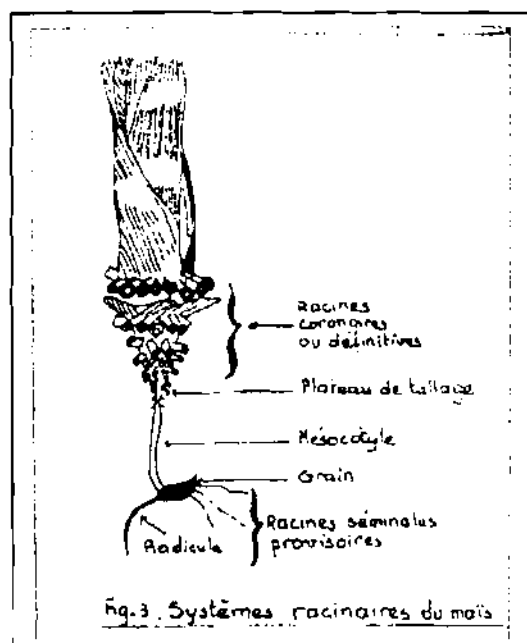
Le rendement grain du maïs est sous la dépendance du génotype, de l'environnement et des techniques culturales. Il est la résultante de l'association des différentes composantes du rendement. Le rendement du maïs dépend de six composantes de base regroupées sous deux composantes principales (SANOU, 1985) :

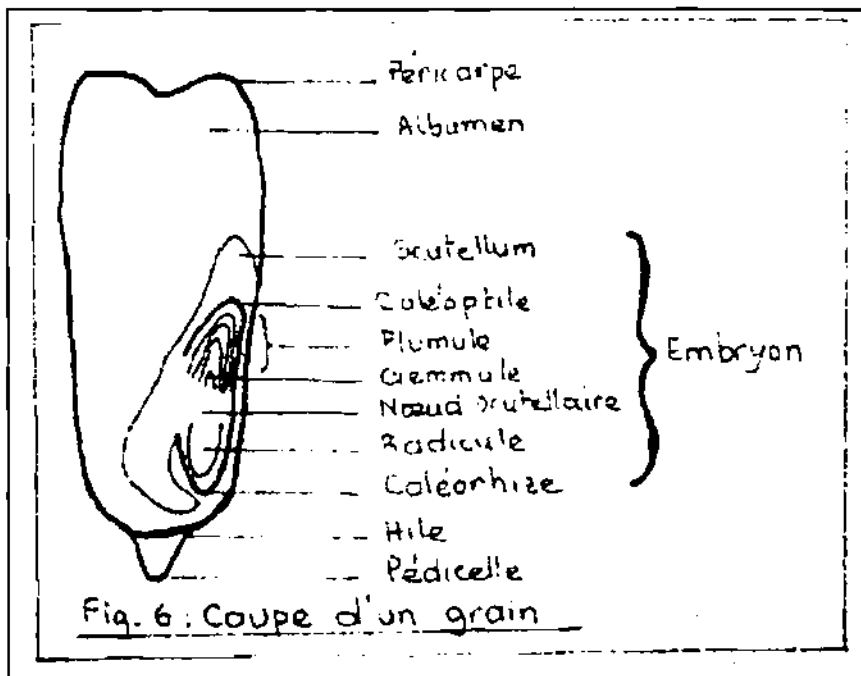
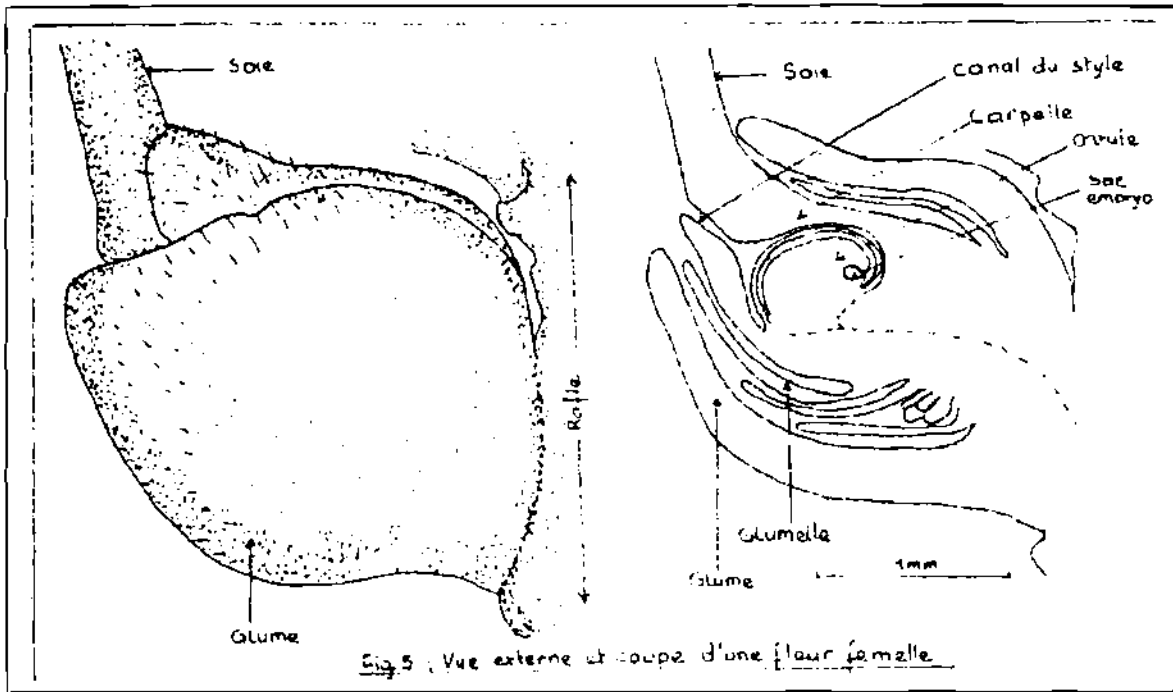
- Le nombre de grains
- Le poids de mille grains.

#### 1.1.7.1. Le nombre de grains

Cette composante est fonction du nombre d'épis par plante et du nombre de grains par épi. Le nombre d'épi est à la fois lié à la plante (facteur lié au gène) et aux facteurs agronomiques. Au niveau de la plante, le nombre d'épi varie peu contrairement aux autres céréales. Les variétés de maïs actuelles ne donnent en général qu'un épi par plante. Cependant il peut apparaître de petits épis, peu développés par rapport à l'épi principal en cas de faible densité de semis. Ce cas de prolificité est différent de celle des maïs prolifiques.

Quant aux facteurs agronomiques, le nombre d'épis par plante est lié au nombre de plantes par unité de surface (densité de semis). Pour le nombre de grain par épi, il faut considérer le nombre d'ovules par épi et le pourcentage des ovules. La quantité d'ovules potentiels est liée au nombre et à la longueur des rangs de l'épi. Ces deux éléments sont des caractéristiques variétales influençables par les conditions du milieu. Le pourcentage de fécondation est fonction de la pollinisation et de la viabilité des ovules.





### 1.1.7.2. Le poids de mille grains

Le poids de mille grains est une caractéristique variétale, mais il ne peut pas s'exprimer pleinement lorsque les conditions hydriques sont défavorables pendant la phase de maturation.

### 1.1.8. Les exigences du maïs

#### 1.1.8.1. Le climat

Le développement du maïs nécessite une température relativement élevée et régulière. A la germination le maïs a besoin d'une température minimale de 10 à 12°C ; il est incapable de germer à température inférieure à 5°C.

Le maïs est sensible au froid ; selon les variétés, la croissance est lente dès que la température s'abaisse vers 0°C. Par contre, à la pollinisation des températures supérieures à 35°C nuisent à la vitalité et à la germination du pollen. Les coups de chaleur dans les pays tempérés provoquent l'échaudage du grain après la fécondation.

#### *1.1.8.2. La lumière*

Certains types de maïs sont sensibles au photopériodisme qui agit alors sur la précocité. L'action du photopériodisme peut se traduire par un retard à la floraison et une protandrie plus importante. Le photopériodisme agit également sur la taille de la plante. La photosynthèse est le premier facteur limitant pour le rendement. Elle est optimale entre 30 et 35°C.

#### *1.1.8.3. L'eau*

Le maïs est surtout sensible à la sécheresse entre la fin de la croissance et le stade grain pâteux (ROBELIN, 1983). L'anthèse est la période la plus critique du point de vue exigence en eau ; les besoins maximum, environ 45% du total, se situent de 15 à 20 jours avant et 15 à 20 jours après la floraison mâle. En cas de déficit les inconvénients suivants pourraient survenir :

- difficultés d'épiaison : la panicule ne dégaine pas
- protandrie importante pouvant donner des plantes sans épis
- mauvaise germination du grain de pollen par manque d'humidité
- raccourcissement de la période d'émission du pollen
- perte de réceptivité des stigmates
- dessèchement des feuilles
- échaudage du grain.

#### *1.1.8.4. Le sol*

Le maïs peut pousser dans tous les sols, pourvu qu'ils soient sains et profonds. Il préfère les sols assez riches en éléments fins, humifères, frais et à capacité de rétention élevée. Le maïs est tolérant vis-à-vis de l'acidité, il pousse sans inconvénient dans un sol de pH 5,5 à 7.

#### *1.1.8.5. Les éléments fertilisants*

La fumure organique est souhaitable pour le maïs à raison de 3 à 4 tonnes/ha de fumier enfoui. L'enfouissement des tiges peut apporter 6 à 12 kg d'azote par tonne d'engrais vert enfoui. Il peut constituer une source importante d'azote.

## 1.2. LA CULTURE DU MAÏS AU BURKINA

La culture du maïs du pays est caractérisée par trois types de champ (Le Conte, 1957) respectivement nommés : champ de case, champ de village, champ de brousse.

En fonction des types de champ le maïsiculteur utilise des cultivars locaux différents :

Dans les champs de case, le maïs est produit pour la consommation en épi immature. Pour cette raison, les cultivars utilisés ont un cycle généralement court. Leurs grains sont jaunes cornés. Ce type de cultivar appelé "cultivar de case" se rencontre dans tout le pays (SANOU, 1996). Dans les champs de village et de brousse, le cultivar rencontré est différent du précédent et appelé "cultivar de plein champ" ; il est le plus souvent cultivé en monoculture. Ce maïs est plus tardif que celui des cases et est à grain blanc. Il est destiné à la préparation du tô (SANOU, 1996).

### 1.2.1. Répartition des différentes variétés de maïs

La distribution naturelle du maïs au Burkina est fortement tributaire des conditions climatiques qui prévalent dans différentes zones du pays (TRAORE, 1997). Le maïs est surtout produit dans la zone soudanienne méridionale à cause des exigences hydriques. Près de 80% de cette superficie se situe dans la zone ouest du pays, principalement dans les provinces de la Bougouriba, de la Comoé, du Houet, du Kéné Dougou, du Mouhoun et du Poni (SANOU, cité par TRAORE, 1997). Cette superficie emblavée en maïs a évolué pour atteindre 251900 ha dont 74.83% située dans la zone maïsicole pendant la campagne 1992-1993 (Direction des Statistiques Agro-Pastorales). Selon la même source, en 1996-1997, la superficie emblavée est retombée à 189235 ha avec 72.80% dans la zone maïsicole. L'irrigation assure au maïs de nos jours un essor réel et permet sa production dans des régions qui lui sont habituellement peu favorables.

### 1.2.2. Les différentes variétés de maïs recommandées par la Recherche

Les variétés recommandées sont fonction de la zone écologique, du niveau du producteur et des besoins des consommateurs. La résistance à la sécheresse est prise en compte à travers une localisation des variétés selon la disponibilité hydrique. Ce procédé de recommandation permet à la culture d'échapper à la sécheresse de fin de cycle. La grille variétale présente tout de même, certains matériels reconnus pour leur bon comportement vis-à-vis de la sécheresse en cours de cycle (Maka, FBC 6).

Tableau 1 : grille variétale de maïs recommandée au Burkina Faso

Type d'agriculture	Cycle variétal en jours après semis			
	Extra précoce 70-85 j	Précoce 85-95 j	Intermédiaire 95-110 j	Tardif + de 110 j
<b>AGRICULTURE TRADITIONNELLE</b> Potentiel : 2-3t/ha	KEB KEJ JFS	Jaune de Fô	Massayomba IRAT 80	
<b>AGRICULTURE AMELIOREE</b> Potentiel : 3,5-5,6t/ha		Maka *** KPB KPJ FBC 6 ***	IRAT 171 Poza Rica 7822 IRAT 200 *** SR 22 SR21 FBPC 1 * FBPC 2 * FBMS 1 **	
<b>AGRICULTURE INTENSIVE</b> Potentiel : 5-7t/ha			FBH 1 FBH 33 FBH 33 ST FBH 34 ST FBH 34 SR Oba super 2	IRAT 81
<b>Situation hydrique</b>	Pluie < 600 mm	Pluie < 900 mm	Pluie > 900 mm Périmètres irrigués	Périmètres irrigués

\* Variétés de maïs à éclater ; \*\* Variétés de maïs sucré ; \*\*\* Variétés de maïs à griller ; Sans astérix = Variétés aptes aux autres utilisations

## II. GENERALITES SUR LA SECHERESSE

### 2.1. DEFINITION DE LA SECHERESSE

La sécheresse définit l'état de pénurie hydrique dont souffre un végétal (SARR, 1975). Elle englobe plus un aspect climatique que physiologique (WERY, 1987) ; c'est ce qui la différencie du déficit hydrique ou stress hydrique qui est la perte importante d'eau par transpiration chez la plante par rapport au prélèvement effectué au niveau du sol. A l'intérieur d'une sécheresse interviennent plusieurs stress hydriques d'intensités différentes. Selon LUDLOW *et al* (1990), on distingue deux types de sécheresse : une sécheresse intermittente pouvant intervenir à tout moment du développement de la culture et une sécheresse terminale ou de fin de cycle typique aux saisons sèches des zones semi-arides.

### 2.2. IMPORTANCE DE LA SECHERESSE

La réduction des précipitations n'est à démontrer. Le déficit hydrique touche près de 50% des surfaces cultivées dans le monde (SANOU, 1991). Il est avec la carence en azote, le facteur limitant le plus fréquent pour la production agricole (en dehors des parasites et des maladies). Le maïs troisième céréale cultivée dans le monde subit des pertes importantes de

production en raison de sa sensibilité élevée au déficit hydrique. Les zones maïsicoles les plus touchées par la sécheresse restent les zones semi-arides d'Afrique. Selon une étude du CIMMYT (1990) cité par SANOU (1991), 40% des surfaces de maïs dans cette zone subit une sécheresse occasionnelle responsable d'une baisse de la production de 10 à 25%. SARR (1975) et WERY (1987) rapportent qu'une sécheresse intervenant à la période de floraison-fécondation peut entraîner une chute de rendement de 50 à 60% en moyenne.

De même, 25% des surfaces est soumis à des stress fréquents causant des pertes de récoltes de 25 à 50%. En Afrique Orientale, Australe et dans la zone sahélienne, presque toutes les situations sont caractérisées par des périodes de sécheresse imprévisibles d'au moins trois semaines. Les rendements sont donc souvent faibles en raison des fréquentes périodes de sécheresse et de l'irrégularité des pluies en général TESHAI (1993).

L'importance de la sécheresse justifie à nos yeux la sélection de génotypes de maïs résistants à la sécheresse.

### 2.3. CARACTERISATION DE LA SECHERESSE

La plupart des études (SOME, 1989 ; SIVAKUMAR et GNOUMOU, 1987), prennent comme point de départ les données pluviométriques pour déterminer les années sèches sur la base d'un indice de déficit pluviométrique. En effet les causes premières de la sécheresse résident dans une déficience pluviométrique plus ou moins accusée. La confrontation des années de sécheresse et les données pluviométriques correspondantes permet de déduire le seuil de déficit pluviométrique annuel en dessous duquel on a une année de sécheresse. On peut également déterminer la hauteur pluviométrique au-dessus de laquelle on est hors d'atteinte à la sécheresse. YACOUBI *et al* (1988) attestent qu'une saison est déficitaire en pluies si son cumul est inférieur au seuil de déficit pluviométrique de la saison (SDPs). Ces mêmes auteurs montrent que :

$$SDPs = SDPa \times R$$

-  $R = Ps/Pa$  où  $Ps$  = pluviométrie moyenne de la saison considérée

-  $Pa$  = pluviométrie moyenne annuelle.

Une saison sera alors dite déficitaire si la hauteur pluviométrique qu'elle a reçue est en deçà du seuil calculé.

Selon PAPY cité par MOHAMED *et al* (1998) dans les zones arides où il pleut moins de 300 mm/an, toute campagne qui enregistre une pluviométrie inférieure à la moyenne annuelle est systématiquement une année de sécheresse ; alors que dans les zones humides, c'est surtout la répartition saisonnière des pluies qui est déterminante. En général, l'indice le plus utilisé pour quantifier le déficit pluviométrique annuel est l'écart par rapport à la moyenne.

L'état de sécheresse peut être défini par rapport à l'état hydrique de l'atmosphère. Le stress hydrique de l'atmosphère, défini comme la réduction de l'humidité relative de l'air, entraîne des modifications du pouvoir d'évaporation et de la transpiration des feuilles. Les critères les plus utilisés pour quantifier les stress liés à l'état hydrique de l'atmosphère sont des indices d'évapotranspiration. L'indice d'évapotranspiration défini par MONNEVEUX et THIS (1997) caractérisant l'intensité du stress évaporatoire est le rapport  $(ETM-ETR)/ETM$ .

ETM= l'eau réellement consommée par un couvert végétal.

ETR= quantité d'eau évaporée en condition limitant.

Une autre approche pour caractériser les déficits hydriques repose sur la quantification de ces effets finaux sur le végétal : elle consiste à la mesure des paramètres de croissance et de rendement d'un groupe de géotypes en prenant comme situation de référence une situation favorable non limitative. L'indice de sécheresse ( $I_s$ ) défini par MONNEVEUX et THIS (1991) suivant cette méthode s'exprime comme suit :

$$I_s = 1 - (R_{sm}/R_{tm}).$$

$R_{sm}$ = moyenne de rendement de l'essai en conditions de stress,

$R_{tm}$ = moyenne de rendement de l'essai témoin en conditions non limitatives.

#### 2.4. MECANISMES DE RESISTANCE DES PLANTES A LA SECHERESSE

En condition de déficit hydrique les plantes réagissent de diverses manières pour survivre ou pour produire afin d'assurer leur pérennité. La résistance au déficit hydrique peut être définie comme l'aptitude d'une plante à pousser correctement dans des conditions de déficit hydrique (WERY, 1987). Le niveau de résistance peut s'évaluer par le pourcentage de pertes de rendement par rapport à une plante ne subissant pas de déficit. Il existe une large gamme de mécanismes qui ne sont pas exclusifs les uns des autres et qui peuvent même être complémentaires. L'aptitude à résister à la contrainte hydrique peut-être associée à un système racinaire abondant, à une fermeture rapide des stomates, à une grande efficacité dans l'utilisation de l'eau ou au maintien d'un potentiel de turgescence élevée ou enfin à une modification des composés biochimiques. Une façon de procéder pour mettre en évidence ces mécanismes consiste à comparer les réactions des géotypes sensibles et de chercher quels sont les processus morphologiques et physiologiques qui les différencient et qui peuvent être considérés comme des mécanismes explicatifs de leur degré de résistance à la sécheresse. Selon TURNER cité par EL JAAFARI *et al* (1993), les mécanismes de résistance des plantes à la sécheresse peuvent être regroupés en trois grandes types.

#### 2.4.1. L'évitement ou précocité

Certains mécanismes d'évitement permettent à la plante d'effectuer son cycle de développement en dehors des périodes de déficit hydrique. La floraison hâtive et la maturité précoce constituent des phénomènes d'évitement et sont souvent utilisées comme critères de sélection de variétés échappant aux effets de la sécheresse. La mise en place de cette stratégie d'évitement consiste à inscrire le cycle à l'intérieur d'une période au cours de laquelle les potentiels initiaux (sol) et finaux (atmosphère) du continuum sol-plante-atmosphère sont élevés et permettent d'éviter une baisse du potentiel hydrique de la plante (MONNEVEUX, 1992). Ce mécanisme a cependant un impact sur le rendement ; il s'accompagne d'une perte de rendement.

Des études sur le blé, l'orge et le triticale (MONNEVEUX, 1992) ont montré que chaque jour de précocité supplémentaire avait conduit à une augmentation moyenne de rendement de trois quintaux à l'hectare. LAING et FISHER, (1977) notent l'existence d'une relation étroite entre longueur du cycle et rendement potentiel.

En ayant donc recours à la précocité comme moyen d'éviter le stress, on accepte de sacrifier une part de la productivité qui pourrait s'exprimer par exemple en période favorable.

#### 2.4.2. L'esquive

Les mécanismes d'esquive permettent à la plante de conserver un potentiel hydrique faiblement négatif en condition de stress, évitant ainsi la déshydratation des tissus. Ceci peut être réalisé grâce à un système racinaire très développé ou par une conductivité hydraulique des tissus. La limitation des pertes d'eau peut résulter de la réduction de la surface transpirante (feuilles de petite taille ou abscission des feuilles) ou encore de la diminution de la radiation interceptée (couche épicuticulaire cireuse ou lipidique). Chez le blé par exemple, l'enroulement foliaire observé chez certaines variétés résistantes relève de ces mécanismes (EL JAAFARI *et al*, 1993). Enfin la fermeture des stomates constitue également un mécanisme réversible contribuant à réduire les pertes en eau.

#### 2.4.3. La tolérance

Les mécanismes de tolérance favorisent le maintien de turgescence de la plante alors que son potentiel hydrique est très négatif. L'ajustement osmotique constitue le processus majeur permettant à la cellule de maintenir sa turgescence sous contrainte hydrique grâce à l'accumulation active de molécules particulières (alcools, sels de K et sucres solubles...) (EL JAAFARI *et al*, 1993 ; MONNEVEUX, 1992). Cependant les substances qui ont le plus retenues l'attention des physiologistes et des sélectionneurs sont les composés comportant de N<sub>2</sub>quaternaire, comme bétaïne ou la proline (MONNEVEUX, 1992 ; SARR, 1975).



A partir de ces différents types de mécanismes de résistance à la sécheresse , les plantes résistantes ont été regroupées en trois catégories selon MAY et NILTHORPE repris par SARR (1975) :

- "Drought escape" : capacité de compléter le cycle végétatif avant de souffrir du manque d'eau.
- "Drought endurance with high internal water content" : capacité de survivre au manque d'eau par conservation.
- "Drought endurance with low internal water content" : capacité de supporter la dessiccation et de récupérer quand les disponibilités hydriques s'améliorent.

D'autres mécanismes peuvent intervenir dans le maintien de la turgescence cellulaire, comme l'élasticité membranaire , la réduction de la taille des cellules et la réduction protoplasmique.

Un certain nombre de substances biochimiques sont synthétisées en réponse au stress hydrique. EL JAAFARI *et al* (1993) rapportent que l'acide abscissique (ABA), synthétisé et accumulé par la plante en réponse à différents types de stress, semble être impliqué dans certains mécanismes de résistance à la sécheresse. La concentration endogène de cette hormone augmenterait durant un stress hydrique, ce qui provoque des changements physiologiques limitant les pertes en eau, mais diminuant par ailleurs , le rendement en accélérant la sénescence et en réduisant l'activité photosynthétique (fig. 7).

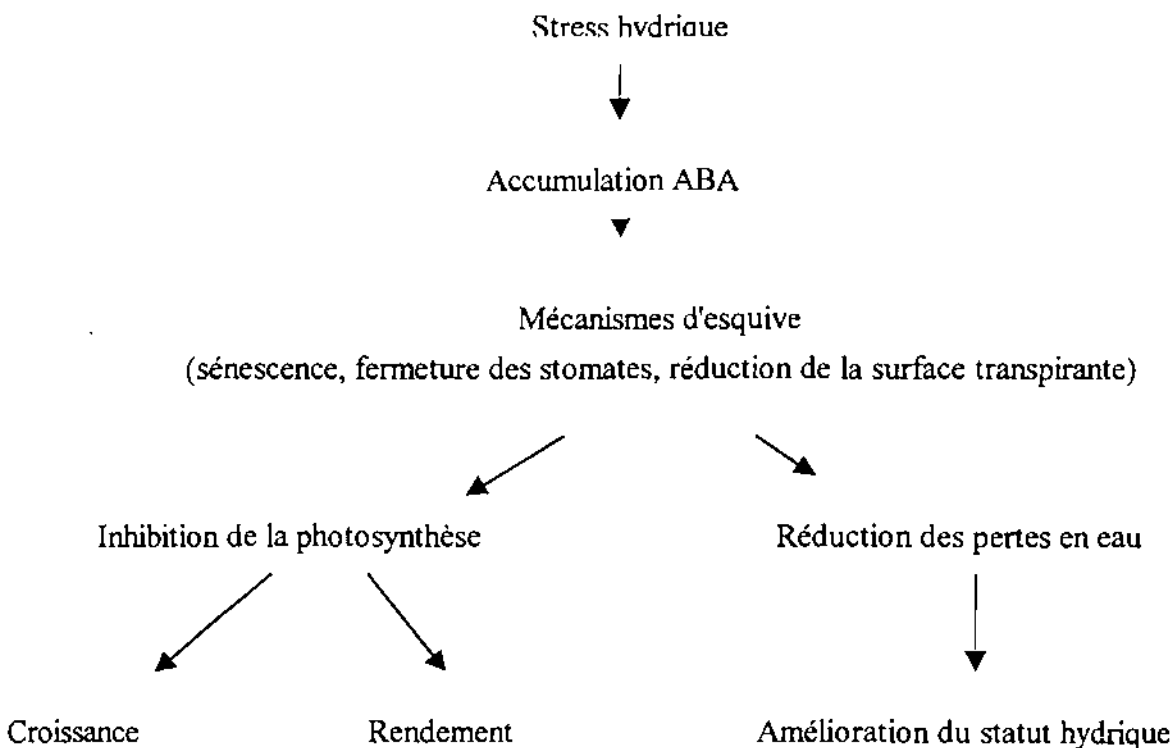


Figure 7 : Effets physiologiques de ABA liés à la résistance à la sécheresse et conséquence sur le statut hydrique et le rendement. (D' après EL JAAFARI *et al*, 1993).

## 2.5. CONSEQUENCES DE LA SECHERESSE SUR LE MAÏS

### 2.5.1. Au niveau du rendement

Le déficit hydrique entraîne une réduction de la productivité en matière sèche et en grain chez le maïs. Les pertes ont une relation directe avec les stades phénologiques auxquels interviennent le stress hydrique.

1- Le maïs n'est pratiquement pas sensible au déficit hydrique avant que son apex ne soit à 20 cm au-dessus du sol (stade 10-12 feuilles)

2- La période de très grande sensibilité du maïs au stress hydrique débute 20 jours avant la floraison mâle et se prolonge 10 jours après. Durant cette période, le maïs consomme environ 45% de ces besoins en eau. Un stress hydrique intervenant à cette période peut induire des pertes de rendement de l'ordre de 50% en moyenne (SARR, 1975).

3- Une période de moins grande sensibilité du maïs couvre le stade remplissage du grain.

4- Du stade grain pâteux à la dessiccation du grain, la perte de rendement due au déficit hydrique est moindre (inférieur à 20%).

### 2.5.2. Au niveau physiologique

L'impact le plus évident se situe au niveau de la photosynthèse. L'aspect nécrotique des plantes sensibles témoigne d'une perturbation de cette fonction.

#### - Diminution de la pression de turgescence

La conséquence de la diminution de la pression de turgescence est le ralentissement du développement foliaire. L'impact majeur est la réduction de l'activité photosynthétique suite à une mauvaise valorisation du rayonnement solaire intercepté au niveau du couvert. La diminution de la pression de turgescence est observable par le flétrissement. Celui-ci peut-être réversible ou évolutif vers une nécrose.

#### - Fermeture des stomates

Une réduction de l'ouverture des stomates intervient pour ajuster le débit transpiratoire au débit du liquide disponible. La régulation stomatique intervient pour retarder la déshydratation. La fermeture des stomates entraîne une élévation de la température du couvert végétal dont un des effets négatifs serait la baisse des activités enzymatiques (MAIER-MAERCKER, 1979 ; FARQUHAR, 1982 cités par SANOU, 1991).



### **- Conséquences sur la photosynthèse**

L'impact le plus évident se situe au niveau de la photosynthèse. L'aspect nécrotique des plantes sensibles témoigne d'une perturbation de cette fonction.

La conséquence directe de la fermeture des stomates est la perturbation de l'activité photosynthétique du maïs par limitation du flux de CO<sub>2</sub>. En cas de stress plus intense on a un effet direct sur le fonctionnement des chloroplastes ce qui accentue l'effet précédent.

### **- Conséquences sur les autres processus métaboliques**

Deux autres processus métaboliques sont perturbés en cas de déficit hydrique chez le maïs

- le cycle de Krebs (ou "respiration sombre") décroît.

- Le métabolisme de l'azote est bloqué par l'intermédiaire d'une réduction du flux de nitrate issu de la sève xylémique en premier lieu ; par la suite les effets directs du stress sur le fonctionnement de la nitrate réductase sont observés car celle-ci s'altère.

### **- Conséquences sur l'organogénèse**

Selon l'importance du stress hydrique ainsi que les effets induits (stress thermique), l'organogénèse sera réduite ou inhibée. Ce cas est fréquent si le stress se situe durant la période de très grande sensibilité (organogénèse des organes floraux et du grain).

Chez le maïs, dès qu'un bourgeon axillaire se développe pour donner un épi, toute altération de l'appareil végétatif de la plante se traduit par une diminution du nombre de rang d'ovules et ensuite par un raccourcissement de la longueur des rangs. Dès que la fécondation est effectuée, si la plante souffre, elle régule son rendement en faisant avorter les ovules les plus fragiles, donc les plus jeunes qui sont à la pointe de l'épi. Trois semaines après la fécondation, le nombre de grains portés par la plante est définitivement acquis. Au-delà de ce stade, un stress hydrique n'agit sur le rendement qu'en diminuant le poids des grains (ROBELIN, 1983).

## 2.6. STRESS HYDRIQUE ET REGULATION DU RENDEMENT CHEZ LE MAÏS

Les mécanismes de régulation interviennent au fur et à mesure du déroulement du cycle végétatif du maïs. Tous les changements intervenus à la suite d'un stress hydrique au niveau de la plante, atteignent les organes au cours de leur formation. En effet, les contrecoups dus aux conditions défavorables diminuent les capacités de la plante à assurer ses fonctions de photosynthèse.

Ainsi par exemple, un stress apparaissant au début de l'initiation des organes reproducteurs va affecter la panicule dont le nombre de ramification peut-être réduit. Cette réduction touche simultanément les fleurs et partant le nombre d'anthèse puis finalement une diminution du pouvoir pollinisateur de la plante. Il a été antérieurement établi que le pourcentage de fécondation déterminait le rendement.

De même dès qu'un bourgeon axillaire se développe pour donner un épi, toute altération de l'appareil végétatif de la plante se traduit premièrement par une diminution du nombre de rang d'ovule et ensuite par un raccourcissement de la longueur des rangs (leur longueur définitive est connue une dizaine de jours avant la sortie des soies).

Dès que la fécondation est effectuée, si la plante souffre, elle régule son rendement en faisant avorter les ovules les plus fragiles, donc les plus jeunes qui sont à la pointe de l'épi.

Trois semaines après la fécondation, le nombre de grains portés par la plante est définitivement acquis. Au-delà de ce stade, un stress hydrique n'agit sur le rendement qu'en abaissant le poids des grains par arrêt de la migration des éléments nutritifs et le remplissage des graines.

## 2.7. CRITERES DE SELECTION

### 2.7.1. Au niveau de l'appareil végétatif aérien

Il s'agit de rechercher des caractères morphologiques au niveau de l'appareil végétatif aérien qui permettent un meilleur fonctionnement physiologique du maïs sous stress hydrique afin que son rendement soit le moins possible affecté. Il existe une forte corrélation linéaire entre le rendement grain et la biomasse aérienne du maïs (SINCLAIR *et al* 1990). Un stress hydrique sévère qui ne produit qu'une accumulation de biomasse inférieure à 1100 g/m<sup>2</sup>, induit une réduction très importante du rendement grain (SANOU, 1991).

### Les feuilles

Le nombre de feuilles de la plante est utilisé en sélection comme indicateur du cycle variétal. Selon ALLEN *et al.* (1973) cités par SANOU (1991), il existe une relation étroite entre le nombre de feuilles et la précocité d'un génotype. Le nombre de feuilles ainsi que le

port foliaire sont des caractéristiques descriptives de la surface foliaire chez le maïs. Ils sont génétiquement fixés ( SANOU, 1991). Si leur utilisation en sélection pour la création de variétés optimisant l'interception du rayonnement solaire est importante dans les conditions de fortes densités , il reste que ces éléments sont peu variables dans des cas de stress hydriques intervenant à la fin de la croissance végétative.

Des études physiologiques ont permis de montrer qu'un sévère déficit hydrique peut induire une baisse de la conductance stomatique et de la transpiration ainsi qu'une réduction ou une inhibition de la photosynthèse (TESHA, 1993 ; HEMA *et al* , 1998).

La fermeture des stomates est plus une réaction de sensibilité à la sécheresse qu'un processus de déshydratation. C'est un état passif relatif à la perte de turgescence des cellules de garde des stomates suite à une incapacité de la plante à réagir au stress hydrique (BLUM, 1988).

La fermeture des stomates élève la température de 5° à 6°C et accélère par ce fait la transpiration cuticulaire induisant alors une perte de l'eau résiduelle de la plante. En réaction à cet accroissement de la température, les génotypes sensibles au stress hydrique développent des nécroses. Par contre l'enroulement foliaire (flétrissement) associé à la capacité de reprise, est un bon indicateur de résistance à la sécheresse ; ceci peut être utilisé comme critère de génotypes résistants au stress hydrique.

### **La tige**

La tige de maïs est la source principale d'assimilats pour le remplissage des grains en cas de longue sécheresse. Des travaux ont mis en évidence la poursuite du processus de remplissage des grains après leur formation dans des conditions de stress (GENTINETTA *et al*, 1991 ; OUATTAR *et al*, 1987a).

La tige se présente donc comme une alternative pour assurer le développement du grain en l'absence de photosynthèse.

En outre, la tige constitue un intermédiaire entre le grain et le sol par le maintien de conditions hydriques favorables remédiant temporairement au déficit hydrique dans les feuilles. OUATTAR *et al*, (1987b) ont montré que le retard à la sénescence observé chez la lignée Lo 876 02 est gouverné par un gène majeur dominant, responsable également de l'accumulation de sucres dans la tige de maïs. Cette accumulation permet une protection de la tige contre les pourritures de la tige et constitue une réserve importante en cas de stress hydrique. Etant donnée l'importance de la tige dans le maintien de la turgescence cellulaire, la section de la tige ainsi que sa taille sont des données très importantes à prendre en compte pour la sélection de génotypes résistants au déficit hydrique.

### 2.7.2. Au niveau de l'appareil reproducteur et du grain

La durée de la phase semis-floraison est souvent utilisée comme critère de sélection de variétés précoces. Elle présente une grande variabilité (SANOU, 1991). La période de grande sensibilité du maïs au déficit hydrique se situe autour de sa floraison. MORIZET *et al* (1984) ont montré que ce stade (floraison) est le seuil auquel la variabilité génétique de la tolérance à la sécheresse se manifeste. Le stress hydrique est responsable d'une augmentation de l'écart entre la floraison mâle et femelle (HERRERO et JOHNSON, 1981), ce qui aura une influence sur le pourcentage de fécondation et le nombre de grains formés. MONNEVEUX (1992) propose la sélection de génotypes à courte période de remplissage du grain.

Selon OUATTAR *et al* (1987a), le nombre de grain est un meilleur critère d'appréciation de l'adaptation au déficit hydrique que le poids des grains qui peut être par ailleurs favorisé par les réserves de la tige. La tolérance au stress hydrique s'exprimera chez un génotype par un nombre élevé de grain par rapport aux génotypes sensibles.

### 2.7.3. Au niveau des racines

La résistance à la sécheresse obtenue s'expliquera par une plus forte extraction de l'eau du sol par les racines. Cela n'est possible qu'en présence d'une grande vitesse de pénétration en profondeur et d'expansion des racines. Le nombre de racines est également une caractéristique à prendre en considération dans la sélection de génotypes résistants au stress hydrique. Il est à noter que cette méthode reste cependant difficile à appliquer.

FISHER *et al* (1981) ont mis en évidence qu'une sélection sur le maïs pour une masse racinaire importante aboutissait à une augmentation du rendement grain en condition de stress hydrique, alors que la sélection pour l'augmentation de la longueur des racines était plus intéressante dans des cas de stress sévères.

Les travaux de FISHER *et al* (1983) sur TUXPEN0 1 pour obtenir une température plus faible du couvert, une plus grande élongation foliaire, un meilleur synchronisme des floraisons, un retard à la sénescence après floraison, ont abouti à un matériel génétique doté d'un système racinaire important pouvant extraire plus d'eau.

L'étude du rôle des caractères d'enracinement dans la tolérance au déficit hydrique du maïs de GUEVARA (1991) cité par SANOU (1991) conclut que :

- La pénétration des racines en profondeur est une caractéristique importante de tolérance au stress hydrique quand elle est associée à une grande exploration des horizons.
- La longueur volumique présente une variabilité intraspécifique plus forte que la pénétration racinaire en profondeur.

Il existe donc des critères de sélection utilisables dans un criblage contre la sécheresse. Ces critères sont tous corrélés ; certains d'entre eux sont physiologiquement expliqués mais leur déterminisme génétique devra être mis en évidence.

## 2.8. CONDITIONS DE SELECTION

### 2.8.1. Environnement de sélection

Le choix des conditions environnementales au sein desquelles le sélectionneur devra choisir le génotype est un problème essentiel. S'agissant de la sélection pour la résistance au déficit hydrique, le premier environnement auquel on pense dans un programme est souvent constitué par les zones semi-arides où les déficits hydriques sont fréquents (SANOU, 1991). Le criblage se fait dans des conditions naturelles, mais d'une campagne à une autre, les conditions expérimentales sont totalement aléatoires (BLUM, 1988).

Un programme de sélection ne peut pas être basé sur de telles conditions aléatoires. La mise au point de conditions de stress hydrique artificiel est alors très fréquente pour étudier les problèmes de sécheresse. Si l'environnement artificiel déficitaire en eau est un moyen idéal de localiser le criblage contre la sécheresse, il ne reste pas moins que la définition et la reproduction des conditions de sécheresse sont particulièrement difficiles et responsables de nombreux échecs de création variétale. BLUM (1988) estime que la sélection pour la tolérance à la sécheresse basée sur le rendement en conditions de stress hydrique n'est efficace à cause de la complexité de l'héritabilité du rendement.

JOHNSON *et al* (1989), ont montré pour le rendement que la sélection en conditions de stress hydrique n'accroissait pas plus la tolérance à la sécheresse chez le maïs qu'un criblage en conditions irriguées. Ils ont noté que dans certains cas, des caractéristiques indésirables (verse) sont associées aux génotypes obtenus en conditions de stress. Celles-ci n'apparaissent qu'en conditions hydriques favorables.

Ces observations confirment l'intérêt pour lequel MONNEVEUX (1992) suggère une sélection pour la tolérance à la sécheresse dans des conditions hydriques favorables. Les meilleurs génotypes pour la productivité en condition irriguée sont sélectionnés et testés en situation de stress hydrique. Si leur bon comportement vis-à-vis du rendement est maintenu, ils sont dits tolérants à la sécheresse par rapport à ceux dont le comportement aura changé. La tolérance à la sécheresse est alors définie comme le degré de productivité d'un génotype par rapport à un autre dans un environnement soumis à un stress hydrique.

L'utilisation d'une intensité de stress hydrique adéquat ainsi que de critères de sélection prenant en compte l'objectif de productivité en conditions hydriques déficitaires et favorables sont des précautions à observer dans la détermination de l'environnement de sélection. Dans

tous les cas une évaluation multilocale des génotypes obtenus est nécessaire pour juger des résultats acquis.

### 2.8.2. Stades phénologiques de criblage

La période de sensibilité au stress hydrique chez le maïs s'étend du stade 10-12 feuilles au début du stade grain pâteux (ROBELIN, 1983). MORIZET *et al* (1984) ont montré que la variabilité génotypique de la tolérance à la sécheresse ne se manifeste que si le stress s'est développé pendant la période de floraison. Un stress plus précoce ne conduit pas à une différenciation génotypique.

Des études physiologiques sur la période de floraison ont permis de confirmer l'importance de cette période pour le criblage (WESTGATE *et al*, 1986 ; TOLLENAR, 1989 ; OUATTAR (1987a)). Les travaux de OUATTAR *et al* (1987b) permettent d'étendre la période de criblage à la phase de développement du grain. GENTINETTA *et al* (1986) mettent en évidence la possibilité de criblage durant la phase de maturation physiologique du grain.

En somme, la sélection contre la sécheresse est réalisée du stade 10-12 feuilles au stade maturation physiologique du grain.

### 2.8.3. Caractéristiques du déficit hydrique dans le criblage

Les types de déficits hydriques utilisés dans le criblage vont du naturel ("Hot Spot") au stress provoqués (SANOU 1991).

Dans le cas des stress provoqués, les méthodes souvent utilisées en pot ou au champ sont :

- La privation totale d'eau pendant une période
- La privation partielle d'eau pendant tout le cycle de la plante ou pendant une période délimitée.

Un couplage de parcelles irriguées et de parcelles non irriguées est généralement utilisé. De même, une intensité du stress hydrique est estimée par le rapport de la transpiration de la plante en conditions irriguées à celle de la plante sous stress. La durée du stress varie de 10 à 15 jours pour les périodes localisées ou plus.

## 2.9. QUELQUES METHODES DE CRIBLAGE POUR LA RESISTANCE AU DEFICIT HYDRIQUE

Les méthodes classiques de sélection sont en fait utilisées pour obtenir des variétés adaptées à la sécheresse. L'obtention de variétés tolérantes au déficit hydrique va passer par deux étapes successives (MONNEVEUX 1992) :

- La création de variabilité ;
- La sélection dans la diversité créée et la stabilisation des types retenus.



Des techniques usuelles en sélection pour la sécheresse ont été citées par SANOU (1991) :

- La sélection massale ;
- La sélection récurrente ;
- La sélection de Rinke.

Les méthodes les plus utilisées dépendent à la fois du matériel génétique et du type de résistance recherchée (échappement, esquive, tolérance). TROYER (1990) remarque que les dates de floraison, l'humidité du grain à la récolte expriment leur variabilité quand le matériel végétal est exporté d'une zone de culture de jours longs vers une zone de jours courts ; cette variabilité se comprime dans le sens inverse. La photopériode ainsi que la température sont des explications de cette observation. Il suggère ainsi pour la création de variétés hâtives, une sélection dans du matériel génétique importé dont le cycle est relativement tardif pour la zone considérée. La sélection est faite en retenant la fraction précoce du génotype importé avec un accent particulier pour l'amélioration de l'indice de récolte, car le rendement est fortement corrélé chez le maïs avec la précocité. Enfin il est recommandé de tester les génotypes criblés dans la zone de destination des variétés

## **2.10. POINT DE QUELQUES TRAVAUX SUR L'AMELIORATION DU MAÏS POUR LA RESISTANCE A LA SECHERESSE.**

Il est indéniable que la sécheresse constitue depuis les années 70 un problème majeur pour les pays de la zone semi-aride (SOME, 1989) et au Burkina en particulier. Cela se caractérise par une installation tardive des pluies avec une saison entrecoupée de poches de sécheresse et souvent à une fin brutale de la saison pluvieuse (SIVAKUMAR et GNOUMOU, 1987). Les rendements sont ainsi souvent faibles en raison des fréquentes périodes de sécheresse et de l'irrégularité des pluies.

Dans la recherche de solutions pour une sécurité alimentaire, plusieurs chercheurs se sont intéressés quant à l'amélioration de la productivité des plantes cultivées en particulier le maïs dans des conditions de stress hydrique. Ces travaux sont divers allant des techniques culturales à l'amélioration variétale.

Dans ces zones semi-arides, les moyens de lutte contre le déficit hydrique sont des stratégies d'optimisation de la gestion de l'eau. L'IITA (1987) a entrepris des travaux de conservation des eaux du sol sur le maïs par la pratique de billons cloisonnés. On eût tendance à préconiser les résultats obtenus à la station de Kamboinsé, mais ces résultats obtenus localement ne peuvent être vulgarisés à grande échelle (SOME, 1989). A côté des techniques de collecte et de mise en réserve, l'économie d'eau peut-être réalisée en réduisant, d'une part l'évaporation des sols à l'aide de brise-vent, ombrage et, d'autre part, en limitant la transpiration du végétal. GUENOLA *et al* (1993) proposent à cet effet d'agir sur la transpiration végétale

en utilisant soit des produits nanisants qui permettent de réduire les surfaces foliaires donc la transpiration globale, soit des produits anti-transpirants (usnate de potassium).

Un traitement des semences de maïs pourrait améliorer la résistance des plantes issues de ces semences à la sécheresse. En effet selon HENKEL cité par SARR (1975), des grains de blé soumis à 48 heures d'hydratation jusqu'à 40-50% de leur poids sec, qu'on laisse ensuite sécher à l'air libre, ne présentent aucune modification de leur faculté germinative et ont un excellent comportement vis-à-vis d'un stress hydrique. Ce test est basé sur le principe selon lequel, la pré imbibition suivie de dessèchement ne modifie pas sensiblement l'énergie germinative des cellules, ce qui pourrait contribuer à l'aptitude des plantes de maïs à résister à la sécheresse.

Parmi les solutions proposées, l'utilisation de la variabilité génétique incluse dans les écotypes est importante. Ces maïs ont une bonne adaptation aux conditions de leur milieu de diversification (BRANDOLINI, 1969 cité par SANOU, 1996). L'adaptation de ce matériel en fait un élément important pour l'amélioration variétale en matière de stabilité de la production, mais également comme un matériel de choix pour réduire l'impact de certains facteurs défavorables à la production. SARR (1975) a fait une prospection des cultivars du Sénégal en vue d'un criblage pour la résistance à la sécheresse ; il en conclut à l'existence d'une forte héritabilité pour l'aptitude à résister à la sécheresse. Des travaux similaires ont été entrepris en Tanzanie par TESHAI (1991) sur dix cultivars de maïs. Il en conclut quant à l'existence d'une grande variabilité d'adaptation de ces cultivars à la sécheresse.

MONNEVEUX (1992) a proposé différentes méthodes d'approches pour la sélection des céréales résistantes à la sécheresse.

- L'approche descriptive privilégie les caractères phénologiques d'adaptation, notamment la précocité. Cependant EL JAAFARI *et al* (1993) relèvent qu'il existe une corrélation entre la réduction du cycle et la diminution du rendement. En adoptant cette approche, on accepte de sacrifier une partie du rendement.

- L'approche analytique qui consiste à isoler et à étudier individuellement un mécanisme de résistance donné, en précisant les processus biochimiques ou biophysiques qui la déterminent. Cette approche peut conduire à une vue partielle et réductrice de la réalité, en séparant artificiellement l'organe de la plante et en dissociant les mécanismes biochimiques élémentaires des fonctions globales du végétal.

- L'approche synthétique qui tente de sélectionner des combinaisons de critères liées à la résistance à la sécheresse.

***B. SELECTION POUR LA  
RESISTANCE A LA  
SECHERESSE***

## **8. SÉLECTION POUR LA RÉSISTANCE À LA SÉCHERESSE**

Cette partie est consacrée à la présentation des travaux conduits sur le terrain. Comme précédemment annoncé, les travaux ont été conduits en saison pluvieuse et en saison sèche. En saison pluvieuse il s'agit d'une sélection intra variétale de matériels performants ayant un bon comportement vis-à-vis des maladies courantes du maïs. En saison sèche les travaux ont porté sur une évaluation inter et intra variétale de matériel pour la résistance à la sécheresse. Nous présenterons d'abord la sélection inter variétale pour la résistance à la sécheresse ensuite le criblage contre les maladies et enfin la sélection intra variétale pour la résistance à la sécheresse.

### **I. DONNEES COMMUNES AUX EXPERIMENTATIONS**

#### **1.1. PRESENTATION DES SITES EXPERIMENTAUX**

Les travaux ont été menés sur deux sites différents : A la station de Farako-Bâ en saison pluvieuse 1999 et sur la plaine aménagée de la vallée du Kou en saison sèche 2000.

##### **1.1.1. Site de Farako-Bâ**

La station de Farako-Bâ se situe à 10 km au sud ouest de Bobo-Dioulasso. Elle s'étend le long de la route Bobo-Banfara. Elle se situe à 11°06' latitude nord, 4°20' longitude ouest ; son altitude par rapport à la mer est de 405 m.

##### *1.1.1.1. Le climat*

Dans la classification climatique effectuée par GUINKO (1984), la zone sud ouest du Burkina dans laquelle sont situés nos essais appartient au climat de type soudano-guinéen. Les pluviométries moyennes se situent entre 1000 et 1400 mm, avec 4 à 6 mois de saison sèche (SIVAKUMAR et GNOUMOU, 1987). Il y a deux saisons fraîches dans cette zone, le premier, de novembre à février lorsque les températures minimales baissent en dessous de 21°C sous l'influence des alizés avec alternance de l'harmattan, et une deuxième en août lorsque la mousson fraîche prédomine. Selon SIVAKUMAR et GNOUMOU (1987), la variation annuelle de la température est faible avec cependant des températures de l'air relativement élevées en saison sèche (moyenne mensuelle supérieure à 23°C au cours de l'année). Pendant la saison sèche, les températures maximales varient de 33 à 37°C, les températures minimales étant de l'ordre de 17 à 25°C. Pendant la saison pluvieuse, l'amplitude

diurne des températures diminue (entre 8 et 13°C) ; la température maximale se situe entre 29 et 34°C et la température minimale est d'environ 21°C.

L'évapotranspiration varie au cours de l'année suivant l'insolation et les mouvements de l'air. Elle est de 8,7 mm par jour entre janvier et février et de 3,7 mm par jour en août.

#### *1.1.1.2. La végétation*

Le découpage phytogéographique effectué par GUINKO (1984), classe notre zone d'étude dans le domaine soudanien et plus précisément dans le secteur soudanien méridional. Ce secteur est subdivisé en quatre districts, la station de Farako-Bâ étant dans le district Ouest Volta Noire. La végétation y est caractérisée par de larges galeries forestières où on retrouve de nombreuses espèces guinéennes telles que : *Carapa procera*, *Antizris africana*, *Dialium guineense*, *Chlorophora regia*, ...

#### *1.1.1.3 Les sols*

Les sols de Farako-Bâ sont des sols rouges ferralitiques lessivés, profonds et non graveleux. La texture est sablo-limoneuse en surface à argilo-sableuse en profondeur. Le pH se situe entre 5 et 5,5 avant la mise en culture (MORANT, 1984). La pente moyenne du terrain est estimée à 2%. Les sols sont également caractérisés par une bonne perméabilité et une très grande sensibilité à l'érosion.

### 1.1.2. Site de la vallée du Kou

La plaine aménagée de la vallée du Kou est située à 25 km de Bobo-Dioulasso. Cette localité située à 10°20' de latitude nord, 4°20' de longitude ouest se trouve à 450 m au-dessus du niveau de la mer.

#### *1.1.2.1. Climat et végétation*

La plaine de la vallée du Kou se trouve dans la même zone climatique et phytogéographique que la station expérimentale de Farako-Bâ selon le découpage de GUINKO (1984). Le climat et la végétation de la vallée du Kou ont les mêmes caractéristiques que celles de Farako-Bâ.

#### *1.1.2.2. Les sols*

Ce sont des sols ferrugineux tropicaux très hydromorphes et acides qui se distinguent par une texture très limoneuse (36,7%). Ce sont des sols limono-sableux à argilo-limoneux marqués par un lessivage actif des éléments nutritifs causant quelquefois des problèmes de fertilité. Ils sont sujets à des problèmes de toxicité ces dernières années (BADO, 1991). Ils

ont néanmoins une bonne concentration en bases échangeables avec une capacité d'échange cationique de 5 meg/100g et une faible teneur en phosphore.

## 1.2. CONDUITE DES ESSAIS

Les opérations culturales sont communes à tous les deux sites. En ce qui concerne les travaux avant le semis, ils ont consisté pour tous les essais en un labour au tracteur. Le concassage des mottes ou le hersage a été effectué également au tracteur.

Le démariage est réalisé au moins deux semaines après le semis. Il est effectué dans la matinée pour une question de facilité.

Des canaux ont été réalisés dans les parcelles soit pour évacuer les excès d'eau de pluie (Farako-bâ) soit pour amener l'eau d'irrigation (Vallée du Kou).

### 1.2.1. Semis

Un rayonnage à 0,80 m sur 0,40 m est effectué pour le semis qui est réalisé à la main (daba). Le semis est réalisé à raison de 2 à 3 graines par poquet suivant la qualité germinative des semences. Après le semis le sol est pulvérisé au Lasso GD additionné de Gramoxone à raison respectivement de 4 litres et  $\frac{1}{4}$  de litre à l'hectare pour le contrôle des mauvaises herbes. Deux sarclages complémentaires ont été cependant nécessaires pour le contrôle des mauvaises herbes, compte tenu la pluviosité abondante.

A Farako-Bâ, les essais ont été menés en saison pluvieuse. Ils ont été semés du 17 au 20 juillet 1999 et ont reçu une pluviométrie utile d'environ 629,2 mm. Cette campagne a connu une pluviométrie exceptionnellement abondante avec un pic au mois d'août (environ 246,3 mm de pluie : fig. 8).

A la vallée du Kou les travaux se sont déroulés en saison sèche. Le semis a eu lieu le 13 janvier 2000. L'apport d'eau est fait par irrigation gravitaire suivant des canaux. L'irrigation est faite à intervalle de temps régulier de 7 jours.

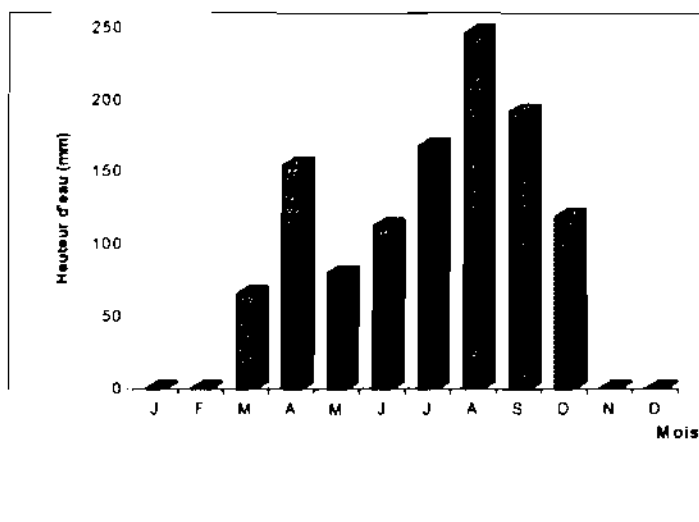


Figure 8 : Répartition mensuelle de la pluviométrie de Farako-bâ (1999).

### 1.2.2. La fertilisation

La fertilisation préconisée pour chacun des essais et sur les deux sites a consisté à apporter aux plantes durant le cycle :

97 unités fertilisantes d'azote

46 unités fertilisantes de phosphate

28 unités fertilisantes de potassium

Ces apports ont été réalisés en utilisant l'engrais coton ou "NPK" (14-23-14) à raison de 300kg/ha et du  $K_2SO_4$  à 50kg/ha à 15 jours après semis (jas). L'apport d'urée a été fractionné en deux : 100kg/ha à 30 jas et 50kg/ha, 45 jas selon la méthode recommandée par la Recherche. Les engrais sont épandus en "side-dressing" dans des raies côtoyant les plantes. La première dose d'urée est apportée lors d'un binage et la seconde lors d'un buttage. Toutes ces opérations ont été réalisées à la main.

### 1.2.3. Mesures des variables

Ces observations sont réalisées suivant le cycle des plantes. Elles sont communes à tous les essais. Les observations courantes des essais maïs ont été réalisées, avec un accent particulier sur l'évaluation des maladies dans les essais de Farako-bâ. Les principales maladies retenues sont l'helminthosporiose, la curvulariose et le streak.

### **Le cycle semis-floraison mâle à 50% (FM)**

C'est le nombre de jours écoulés entre le semis et la floraison des premiers épillets des fleurs mâles de 50% des plantes de la parcelle utile. C'est une estimation de la période d'anthèse d'au moins 50% des plantes. Cette période est atteinte pour chaque plante lorsque les fleurs de la branche centrale de la panicule libèrent le pollen. Cette libération commence généralement au tiers moyen supérieur de la branche centrale pour s'étendre par la suite sur l'ensemble de la panicule. La date de floraison est notée, ensuite le nombre de jours après semis est compté puis relevé. Le cycle semis-floraison mâle permet de prévoir les décalages des dates de semis pour des variétés à cycle différent. Cette donnée est très utile dans la création variétale. Elle permet également d'établir un calendrier cultural adéquat en vue de satisfaire les besoins hydriques des variétés.

### **La floraison femelle à 50% (FF)**

Elle correspond au nombre de jours écoulés entre la date de semis et la date d'émission des stigmates (soies) par 50% des plantes de la parcelle utile.

L'écart entre les floraisons mâle et femelle est très important en amélioration variétale car il peut influencer le remplissage des épis. Il est de ce fait recherché réduit (3 à 7 jours environ).

### **La hauteur des plantes (HP)**

C'est la mesure en centimètre de la hauteur des plantes après anthèse. La mesure est réalisée sur au moins 5 plantes représentatives de chaque parcelle utile. La hauteur est obtenue à l'aide d'une toise allant de la base de la plante jusqu'au dernier nœud avant la panicule. La moyenne des mesures correspond à celle de l'entrée. En amélioration variétale, on cherche à réduire la hauteur des plantes pour augmenter la densité de semis.

### **La hauteur d'insertion de l'épi principal (HIE)**

L'épi principal d'un pied de maïs correspond à l'épi le plus haut de cette plante. La hauteur de cet épi est obtenue en mesurant de la base de la plante au nœud d'insertion de ce dernier sur la tige. La hauteur moyenne d'insertion de l'épi est obtenue sur les mêmes plantes qui ont servi dans la détermination de la hauteur. Chez le maïs, les faibles hauteurs d'insertion sont recherchées pour diminuer les casses et les verses.

**Feuilles supérieures à l'épi (FSE) :** C'est le comptage du nombre de feuilles au-dessus de l'épi principal. Le comptage est effectué sur les mêmes plantes qui ont servi à la détermination de la hauteur des plantes.



**Le nombre d'épi (NE) :** C'est le comptage du nombre d'épis portés par cinq plantes de la parcelle utile.

**Le nombre de racines coronaires (RC) :** C'est le comptage du nombre de nœud portant des racines coronaires par plante. Le comptage est effectué sur cinq plantes de la parcelle utile.

#### **Notation des maladies**

Les principales maladies retenues sont l'helminthosporiose (**HEL**), la curvulariose (**CURV**) et le streak. Ces différentes maladies ont été notées suivant une échelle de 1 à 5 (1= infection très légère et 5= infection très forte). Il faut signaler cependant que nous n'avons pas observé la présence du streak au cours des essais ; c'est pourquoi nous avons attribué la note 1 aux entrées qui ne présentent pas les signes du streak. Les autres maladies sont notées suivant les critères ci-dessous :

1 . Infection très légère ; très peu de lésions foliaires qui ne se situent généralement que sur les premières feuilles.

2 . infection légère ; nombre faible à modéré de lésions sur les feuilles situées en dessous de l'épi ; pas de lésions sur les feuilles situées au-dessus de l'épi.

3 . Infection modérée ; nombre modéré à important de lésions sur les feuilles situées au-dessous de l'épi ; peu de lésions au-dessus de l'épi.

4 . Forte infection ; nombre important de lésions sur les feuilles situées au-dessous de l'épi ; nombre modéré à important de lésions sur les feuilles situées au-dessus de l'épi.

5 . Très forte infection ; toutes les feuilles présentent un nombre important de lésions. La plante dépérit prématurément et les grains sont partiellement remplis.

**Le poids des épis (PE) :** A la récolte chaque entrée est récoltée séparément afin de mesurer le poids des épis (**PE**). Cinq épis représentatifs de chaque parcelle sont choisis et sur lesquels est faite la biométrie. Il s'agit de la longueur de l'épi, le nombre de rangs par épi et du nombre de grains par rang.

**Longueur de l'épi (LE) :** c'est la mesure en centimètre en partant de la base de l'épi à son sommet. Cette mesure est réalisée à l'aide d'une règle graduée en centimètre.

**Nombre de rangs par épi (NR) :** C'est le comptage du nombre de lignes de grains par épi. Chez le maïs, ce nombre est toujours pair, à cause de la division par deux du primordium de l'épi (KIESSELBACH, 1980 cité par SANOU, 1984).

**Le nombre de grains par rang (NGR) :** c'est le comptage du nombre de grain d'une ligne d'un épi.

**Le rendement (Rdt) :** Les paramètres liés aux épis ont permis d'estimer le rendement de chaque entrée.

En plus des observations courantes décrites plus haut, les variables spécifiques suivantes permettant d'évaluer l'effet de la sécheresse ont été mesurées dans les essais réalisés à la vallée du Kou :

#### **Le décalage entre la floraison mâle et femelle (ASI)**

C'est la différence en jours entre les floraisons mâle à 50% et femelle à 50% au sein d'un même matériel dans un niveau d'irrigation. Elle est codée ASI. Plus cet intervalle est important, moins le matériel considéré fleurit de manière synchrone. Cet intervalle est influencé par le stress hydrique.

#### **La hauteur des plantes (HP) à différentes dates d'observation**

C'est la mesure en centimètres de la hauteur de 5 plantes aux 10ème (HP1), 20ème (HP2) et 30ème (HP3) jours après arrêt de l'irrigation (jai). Les mesures sont effectuées dans tous les traitements. La troisième mesure effectuée deux semaines après la floraison mâle correspond à la hauteur finale de la plante. Cette série d'observation permet de juger l'influence du stress hydrique sur la croissance des plantes.

#### **La sénescence des feuilles (SNF)**

C'est une estimation de la surface foliaire desséchée des plantes en conditions de stress hydrique. Les observations sont réalisées au 14ème (SNF1), 21ème (SNF2) et 28ème (SNF3) jour après arrêt de l'irrigation (jai). L'estimation de la surface foliaire desséchée est notée sur une échelle de 1 à 10 où 1 correspond à 10% de la surface foliaire desséchée, 2 à 20% de la surface foliaire desséchée, ainsi de suite jusqu'à 10 qui correspond à un dessèchement de la surface foliaire totale (échelle de notation préconisée par l'IITA). Les notations sont effectuées sur cinq plantes de la parcelle utile de chaque entrée.

### **La reprise des plantes (RP)**

C'est une notation de la reprise des plantes après la reprise de l'irrigation. Cette notation est effectuée au 14<sup>ème</sup> jour après la reprise de l'irrigation suivant une échelle de 1 à 5 où 1 correspond à une reprise totale de toutes les plantes de l'entrée et 5 à aucune reprise.

### **1.3. METHODES D'ANALYSES STATISTIQUES ET DE SELECTION**

La première analyse concerne l'analyse de variance selon le principe du dispositif bloc factoriel randomisé. Elle permet de mettre en évidence les différences significatives entre génotypes, entre niveaux de stress hydrique et enfin entre leur interaction pour des variables prises individuellement.

Une deuxième analyse concerne l'analyse en composantes principales (ACP), faite pour l'identification des principales variables discriminantes du matériel et pour le suivi de la distribution des individus d'un matériel donné par rapport aux différentes variables. Son objectif est d'aboutir à une explication du comportement du matériel testé. Les variables discriminant le matériel sont dites variables principales. Ces variables serviront de critères de base à la sélection des meilleurs génotypes. L'écart de floraison (ASI) est également pris en compte dans la sélection de tous génotypes. L'ACP permet en outre d'effectuer la sélection de lignées résistantes aux maladies dans des groupes homogènes.

Les meilleurs matériels par rapport à la sécheresse sont ceux ayant présenté le moins de variation de leur comportement entre la culture irriguée optimale et la culture stressante (MONNEVEUX, 1992).

Les analyses statistiques sont réalisées en utilisant des programmes conçus sur le logiciel S.A.S (1987).

## **II. SELECTION INTER VARIETALE POUR LA RESISTANCE A LA SECHERESSE**

### **2.1. MATERIEL VEGETAL**

Le matériel soumis au test de résistance à la sécheresse est constitué de cultivars locaux en provenance de diverses régions du Burkina. Ils ont été obtenus par prospection auprès des paysans par l'INERA avec l'aide des agents d'encadrement des agriculteurs des Directions Régionales de l'Agriculture (DRA). Ce matériel est aussi diversifié que son origine. Il existe cependant une caractéristique qui leur est commune : leur grande variabilité, leur rusticité aux conditions climatiques. Les enquêtes réalisées chez les paysans indiquent le bon comportement de la plupart de ce matériel par rapport à la sécheresse ; ce qui justifie notre choix pour ces cultivars. Pour notre étude nous nous sommes intéressés à 21 cultivars

présélectionnés pour leur bon comportement par rapport aux maladies. Ils sont répartis en groupes suivant leur cycle (Tableau 2).

Tableau 2 : Liste des cultivars.

Cultivars extra précoces		Cultivars précoces	
N°	Nom	N°	Nom
1	Finlandé 1	1	Noumoudara 1
2	Yéréfoula 1	2	Samandéni 1
3	Klesso 1	3	Kouentou 3
4	Silmyri 1	4	Kawara 3
5	Houndé 3	5	Konandougou 1
6	Sobarani 2	6	Djonkélé 2
7	Carrefour 1	7	Kouentou 7
8	Bonboukuy 1	8	Tenasso 1
9	Kié 1	9	Dandé 2
		10	Kimini 1
		11	Yasso 2
		12	Nébia 1

## 2.2. METHODES

Chaque groupe de précocité est évalué dans un essai différent. Le dispositif expérimental utilisé dans tous les essais est du type factoriel à deux facteurs (facteur variétal, facteur hydrique). Il comporte 4 répétitions ; les essais ont été implantés en saison sèche (janvier 2000) à la vallée du Kou.

Le facteur 1 correspond à deux niveaux de stress hydrique : le niveau T0 correspond à des parcelles irriguées à l'ETM donc sans stress hydrique au cours de la culture ; le deuxième niveau de ce facteur est noté Ts et correspond à des parcelles subissant 30 jours de privation d'eau (16 jours avant la floraison mâle et 14 jours après cette dernière).

Le facteur 2 correspond au facteur génotypique. Chaque niveau de ce facteur est randomisé dans les répétitions. Pour chacun des niveaux du facteur 1, le facteur 2 constitue une collection testée à quatre répétitions.

## 2.3. RESULTATS

Les résultats seront présentés sous forme de données moyennes acquises par le matériel testé suivant les traitements.

### 2.3.1. Les cultivars extra-précoces

Le tableau 3 regroupe les données moyennes acquises par les cultivars extra précoces pour les traitements Ts et T0. Les variables présentées sont ASI, HP1, HP2, HP3, HIE, SNF1, SNF2, SNF3, RP.

Tableau 3 : Réponse des cultivars extra précoces aux traitements

n°	ASI		HP1		HP2		HP3		HIE		SNF1		SNF2		SNF3		RP	
	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0
1	10.25	2.50	47.33	58.50	57.38	104.00	118.50	187.63	74.63	115.00	1.60	0.00	2.50	0.00	3.38	0.00	1.25	1.00
2	19.75	5.00	58.70	80.88	78.00	137.63	70.25	132.00	34.75	59.13	1.95	0.00	2.95	0.00	4.93	0.00	3.63	1.00
3	21.00	6.33	52.25	84.50	73.38	125.00	40.63	118.00	19.63	50.67	2.30	0.00	4.03	0.00	6.55	0.00	4.13	1.00
4	5.25	4.00	60.90	79.13	70.88	104.25	53.38	104.25	21.75	41.63	2.30	0.00	3.58	0.00	6.30	0.00	3.63	1.00
5	15.00	6.75	40.00	60.13	49.30	105.88	69.80	152.38	41.30	77.50	1.45	0.00	2.28	0.00	4.60	0.00	2.38	1.00
6	16.50	1.25	43.98	53.88	58.88	93.50	73.90	135.50	45.10	72.38	0.53	0.00	1.35	0.00	3.03	0.00	1.88	1.00
7	12.00	4.50	43.80	66.86	68.93	116.31	19.50	127.52	9.75	57.80	0.53	0.00	0.75	0.00	1.45	0.00	1.25	1.00
8	8.50	5.00	52.28	62.25	69.25	109.00	107.75	162.13	68.63	84.25	1.15	0.00	2.05	0.00	3.55	0.00	1.75	1.00
9	9.00	8.00	50.83	67.75	69.25	122.88	102.88	150.25	62.25	72.63	1.70	0.00	2.55	0.00	4.10	0.00	2.25	1.00

On observe un décalage de floraison assez important pour les cultivars du traitement sous stress hydrique. La hauteur des plantes du traitement Ts est inférieur à celle du traitement T0 aux différentes dates d'observations. La reprise des plantes est également variable entre les différents cultivars. L'analyse de variances de ces résultats est présentée au tableau 4.

Tableau 4 : Résultats de l'analyse de variance des cultivars extra-précoces.

Sources de variation	ASI	HP1	HP2	HP3	HIE	SNF1	SNF2	SNF3	RP
Répétitions (A)	5.23 **	4.49 **	3.95 *	1.38	2.39	2.15	2.13	1.51	1.58
Facteur1 (B)	159.03 ***	48.04 ***	180.01 ***	98.06 ***	65.61 ***	47.82 ***	78.75 ***	111.41 ***	109.23 ***
Génotypes (C)	1.55	4***	3.54 **	6.54 ***	15.90 ***	0.95	1.34	1.59	5.65 ***
Interaction (BxC)	1.09	0.75	0.80	0.86	1.40	1.03	1.46	1.75	6.51 ***
E RES	4.278	10.910	14.638	28.735	14.445	0.908	1.156	1.673	0.588
MOY	11.306	58.731	89.439	106.872	55.872	0.750	1.224	2.104	1.729
CV	37.84	18.58	16.37	36.89	25.85	121.10	94.48	79.51	34.01

\*, \*\*, \*\*\* significatif à 5%, 1% et 0,1% respectivement.

L'analyse de variance montre que des différences hautement significatives ( $p= 0.01$ ) existent entre les répétitions pour le décalage entre la floraison mâle et la floraison femelle, la hauteur des plantes au 10ème jour après l'arrêt de l'irrigation (jai) et significatives pour la hauteur des plantes au 20ème jai. Les différences sont très hautement significatives ( $p= 0.001$ ) entre les deux niveaux d'irrigation pour tous les paramètres pris individuellement. Les différences sont également très hautement significatives entre les cultivars pour les paramètres liés à l'architecture de la plante (HP1, HP2, HP3, HIE) et à la reprise des plantes. L'interaction entre les cultivars et les niveaux d'irrigation n'est significative que pour la reprise des plantes (tableau 4).

Les résultats de l'ACP indiquent que les quatre premiers axes expliquent 98.18% du regroupement des cultivars. Le plan 1/2 représenté par les axes 1 et 2 explique 86.74% de ce regroupement. L'axe 1 est caractérisé par la contribution des variables ASI (36.66%), RP (34.72%) et celles liées au degré de fanaison des feuilles. L'axe 2 est particulièrement défini par les variables liées à la hauteur des plantes : HP1 (54.50%), HP3 (38.21%), HIE (62.57%). Les cultivars se répartissent en deux groupes en fonction du traitement hydrique. Les deux groupes sont définis par l'axe 2 (fig. : 9). La distribution des cultivars aussi bien pour le traitement Ts que T0 indique l'existence d'une variabilité du matériel testé. Les variables contribuant le plus à la réalisation de l'axe 2 constituent les variables principales de la constitution des deux groupes. Les meilleurs cultivars sont ceux ayant subi le moins de variation entre le traitement à l'irrigation optimale et le traitement stressant.

Tableau 5 : variétés extra-précoces sélectionnées

n°	Cultivars	ASI		HP1		HP3		HIE				
		Ts	T0	Ts	T0	T0-Ts	Ts	T0	T0-Ts	Ts	T0	T0-Ts
4	silmiri 1	5,25	4,00	60,9	79,13	18,23	53,38	104,25	50,87	21,75	41,63	19,88
8	Bondoukuy 1	8,50	5,00	52,28	62,25	9,97	107,75	162,13	54,38	68,63	84,25	15,62
9	Kiè 1	9,00	8,00	50,83	67,75	16,92	102,88	150,25	47,37	62,25	72,63	10,38

Le tableau 5 donne la liste des cultivars extra précoces sélectionnés. Dans ce groupe, le comportement de trois variétés est acceptable en condition de sécheresse ; il s'agit de Silmiri 1, Bondoukuy 1 et de Kiè 1. Le comportement de ces variétés est indiqué au tableau 5 pour les variables liées à la hauteur des plantes et à la hauteur d'insertion de l'épi.

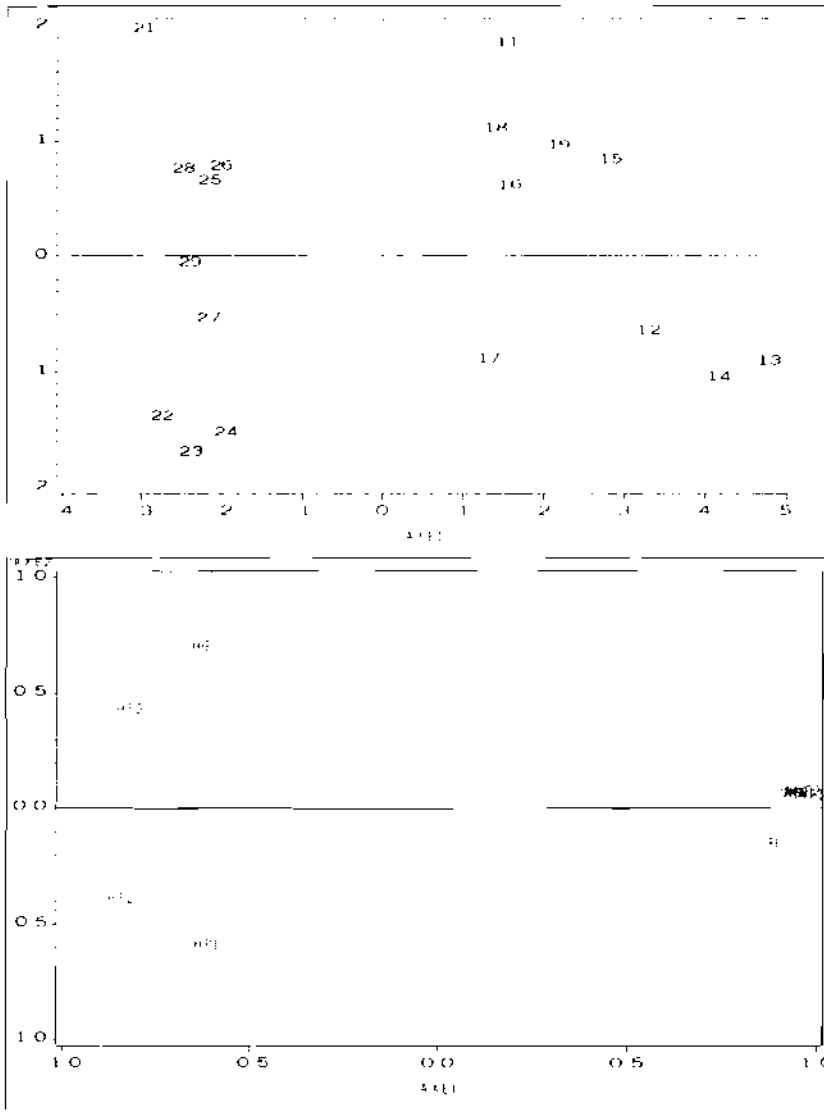


Figure 9 : Représentation des cultivars extra précoces sur le plan 1/2 de l'ACP pour les paramètres observés et pour les traitements (Ts, T0). Les numéros 21 à 29 constituent la codification des cultivars en irrigation normale et les numéros 11 à 19 la codification des cultivars en condition stressante.

Tableau 6 : Comportement des cultivars précoces suivant les traitements.

n° cultivars	ASI		HP1		HP2		HP3		HIE		SNF1		SNF2		RP	
	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0
1	8.00	2.75	62.50	64.50	83.63	182.00	111.25	172.50	77.63	104.25	1.08	0.00	3.40	0.00	1.88	1.00
2	11.50	4.25	55.38	76.50	75.08	131.88	99.13	133.25	57.60	66.00	0.50	0.00	2.35	0.00	2.00	1.00
3	6.25	4.50	59.00	65.88	76.25	170.13	121.38	170.88	78.75	101.20	1.35	0.00	4.35	0.00	2.00	1.00
4	7.50	3.50	52.00	79.75	71.75	199.25	129.80	199.25	82.00	130.75	0.70	0.00	3.63	0.00	1.50	1.00
5	9.75	3.25	47.38	62.75	56.00	165.88	117.50	177.88	73.50	105.35	0.75	0.00	3.85	0.00	1.38	1.00
6	8.50	2.75	37.48	60.25	41.98	164.70	115.83	185.93	65.70	107.53	1.18	0.00	5.33	0.00	1.25	1.00
7	5.75	2.00	40.92	44.00	63.85	139.27	129.13	164.23	79.83	91.43	1.29	0.00	4.06	0.00	1.38	1.00
8	5.25	1.00	50.56	58.50	65.97	154.50	135.00	170.06	90.00	106.56	1.10	0.00	4.39	0.00	1.38	1.00
9	5.25	2.25	49.00	67.50	66.88	167.25	106.13	176.88	64.13	100.13	0.88	0.00	3.33	0.00	1.50	1.00
10	8.75	2.75	46.50	55.25	57.38	141.91	112.63	175.84	69.88	99.41	1.85	0.00	4.80	0.00	1.63	1.00
11	9.00	3.25	51.25	55.88	71.38	163.88	123.88	175.63	78.00	76.25	1.48	0.00	4.55	0.00	1.50	1.00
12	6.75	2.00	40.30	68.64	63.75	181.75	108.25	179.83	64.33	105.05	0.55	0.00	3.75	0.00	1.88	1.00

Le tableau 6 regroupe les données moyennes obtenues par les cultivars précoces. Les variables présentées sont ASI, HP1, HP2, HP3, HIE, SNF1, SNF2 et RP. On remarquera que le décalage entre les floraisons est réduit pour ces cultivars dans le traitement Ts. Ces cultivars possèdent également une bonne capacité de reprise dès le retour des conditions hydriques favorables. La hauteur des plantes est influencée par les traitements.

L'analyse de variances indique que des différences statistiquement significatives existent entre les répétitions pour tous les paramètres sauf la hauteur des plantes après la floraison et la hauteur d'insertion de l'épi. Les traitements T0 (irrigation normale) et Ts (stress hydrique) sont significativement différents pour tous les paramètres mesurés. Les différences significatives existent entre les cultivars seulement pour les paramètres liés à l'architecture des plantes (hauteur des plantes et hauteur d'insertion de l'épi). L'interaction entre les cultivars et les différents niveaux d'irrigation n'est significative pour aucun des paramètres observés (tableau 7).

Les résultats de l'analyse de variances se trouvent confirmés par ceux de l'analyse en composantes principales. Sur le plan formé par les axes 1 et 2 les traitements se présentent en deux groupes distincts définis par l'axe 2 (fig. : 10). Pour chaque traitement on note une distribution disparate des cultivars. Le plan 1/2 explique 86.34% de la distribution observée. L'axe 2 est caractérisé par une contribution importante des variables ASI (36.87%), HP1 (79.79%) et RP (43.76%). Ces variables sont déterminantes dans la séparation des cultivars des deux traitements. Les meilleures lignées sont celles présentant le moins de variation entre le T0 (irrigation optimale) et le Ts (traitement sous stress) pour les variables considérées.



Tableau 7 : Résultats de l'analyse de variances des cultivars précoces.

Sources de variation	ASI	HP1	HP2	HP3	HIE	SNF1	SNF2	RP
Répétions (A)	7.90 ***	6.36 ***	6.20 ***	1.79	1.42	7.02 ***	6.67 ***	6.04 **
Facteur1 (B)	32.80 ***	31.27 ***	369.02 ***	270.40 ***	64.24 ***	47.94 ***	171.02 ***	58.61 ***
Géotypes (C)	0.76	2.56 **	1.83	3.68 ***	4.19 ***	0.62	0.58	0.90
Interaction (BxC)	0.34	1.27	1.41	1.54	1.85	0.59	0.57	1.03
E RES	4.022	12.048	24.560	16.547	15.744	0.733	1.469	0.379
MOY	5.292	56.574	115.111	145.941	87	0.529	1.990	1.302
CV	76.01	21.30	21.34	11.34	18.10	138.59	73.80	29.11

\*, \*\*, \*\*\* significatif à 5%, 1% et 0,1% respectivement.

Au niveau des variétés précoces, 5 d'entre elles ont montré un comportement acceptable en condition de sécheresse. Le tableau 8 : indique le comportement des cultivars sélectionnés. Ils présentent une bonne synchronisation des floraisons malgré le stress hydrique de 30 jours. Ces variétés présentent également une bonne capacité de reprise dès le retour des conditions hydriques favorables.

Tableau 8 : cultivars précoces sélectionnés.

N°	Cultivars	ASI			HP1			RP		
		Ts	T0	Ts-T0	Ts	T0	T0-Ts	Ts	T0	Ts-T0
3	Kouentou 3	6,25	4,5	1,75	59	65,88	6,88	2	1	1
7	Kouentou 7	5,75	2	3,75	40,92	44	3,08	1,38	1	0,38
8	Tenasso 1	5,25	1	4,25	50,56	58,5	7,94	1,38	1	0,38
9	Dandé 2	5,25	2,25	3	49	67,5	18,5	1,5	1	0,5
12	Nébia 1	6,75	2	4,75	40,3	68,64	28,34	1,88	1	0,88

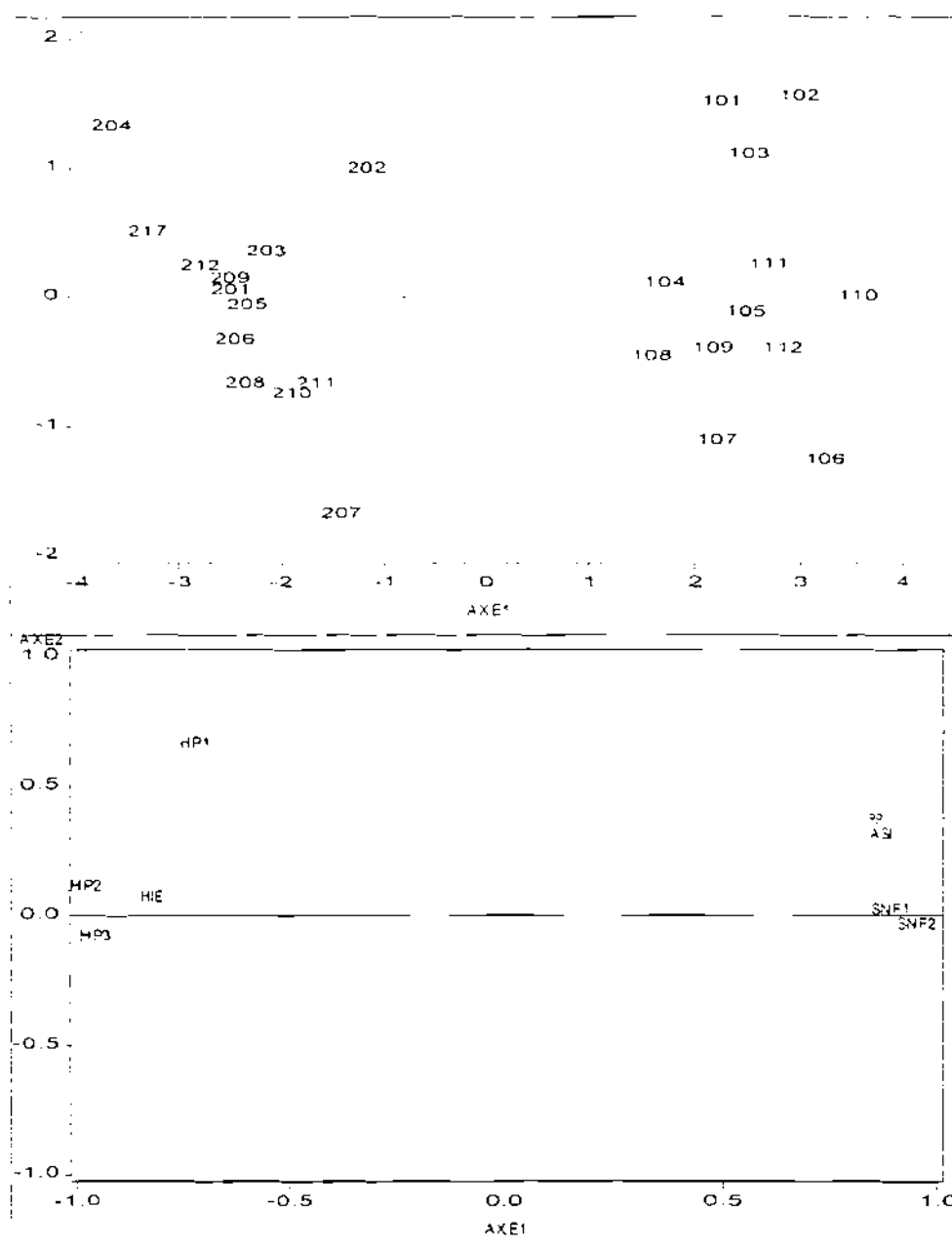


Figure 10 : Représentation des cultivars précoces sur le plan 1/2 de l'ACP pour les traitements Ts et T0.

## 2.4. DISCUSSION

La répétition (facteur contrôlé) est significative pour les variables ASI (écart entre les floraisons) et HP (hauteur des plantes) pour les deux groupes de cultivars. Elle l'est également pour la sénescence foliaire (SNF) et la reprise des plantes (RP) pour les cultivars précoces. Ce résultat indique la justesse du choix du dispositif en bloc qui contrôle de tels effets environnementaux dans les expérimentations.

Le comportement des cultivars par rapport à la sécheresse indique l'existence d'une variabilité génétique inter cultivars pour ce caractère. Les travaux de SARR (1975) et de TESHAI (1991) ont montré également l'existence de cette variabilité entre les cultivars pour la résistance à la sécheresse. Cette variabilité se manifeste pour les caractères liés à la hauteur des plantes et à la hauteur d'insertion de l'épi pour les deux groupes de cultivars. En effet, les résultats de l'analyse de variances révèlent que des différences significatives existent entre les génotypes pour les paramètres considérés. Par contre, la reprise des plantes n'est significative entre les cultivars que pour les cultivars extra-précoces. L'existence de cette variabilité présente un intérêt pour la sélection en ce sens que l'amélioration génétique n'est qu'une exploitation de la variabilité existante.

L'écart de floraison et la sénescence foliaire n'ont pas été significatifs aussi bien pour les cultivars extra-précoces que pour les cultivars précoces. Il n'y a pas eu d'interaction entre les génotypes et les niveaux de stress pour les différentes observations.

## **2.5. CONCLUSION**

La révélation de la variabilité inter variétale nous a permis de sélectionner des variétés dans les deux groupes de variétés. Ainsi, dans les cultivars extra précoces, les variétés Silmiri 1, Bondoukuy 1 et Kiè 1 ont montré un bon comportement sous stress hydrique, tandis que dans les cultivars précoces, Kouentou 3, Kouentou 7, Tenasso 2, Dandé 2 et Nèbia 1 se sont distingués.

## **III. SELECTION INTRA VARIETALE POUR LA RESISTANCE A LA SECHERESSE**

Nous avons montré dans la partie précédente qu'il existe une variabilité inter variétale pour la résistance à la sécheresse. Dans cette partie, il s'agira de répondre à la question : " est-ce possible de cribler au sein d'une même variété du matériel présentant un bon comportement vis-à-vis de la sécheresse ?". Cependant, il ne servira à rien de cribler du matériel résistant à la sécheresse et qui soit sensible aux maladies. Une phase préliminaire consistera donc à l'identification de matériel présentant un bon comportement vis-à-vis des maladies courantes du maïs.

### **3.1. CRIBLAGE CONTRE LES MALADIES**

Le maïs occupe une place de plus en plus importante dans les systèmes de culture de la zone sub-saharienne. Cependant, sa production reste faible avec une moyenne d'environ 1 tonne à l'hectare dans certains pays (EFRON *et al.* 1989).

Le très faible niveau d'intensification basé sur une agriculture de subsistance est l'une des causes de la faible productivité du maïs dans ces régions. Cette faible productivité est aussi

aggravée par les maladies parasitaires et les insectes. Ces ennemis sont responsables quelquefois d'une perte totale de la production en cas de forte attaque. Parmi les maladies du maïs, l'helminthosporiose, la curvulariose, le streak et la rouille sont les plus dommageables dans nos régions.

Le criblage de variétés résistantes ou tolérantes aux différentes maladies devient une nécessité si l'on veut améliorer la productivité du maïs en conditions de stress hydrique. En effet, une plante malade résistera moins aux effets de la sécheresse comparativement à une plante saine. Compte tenu que la sélection pour la résistance à la sécheresse est effectuée en saison sèche (absence de maladies), une évaluation du matériel choisi en saison humide est nécessaire.

Ce travail s'inscrit dans un processus de criblage de variétés résistantes au stress hydrique. L'objectif est d'identifier dans les 604 lignées S1 issues de quatre variétés améliorées du matériel résistant ou tolérant aux différentes maladies du maïs. Les travaux de cette phase préliminaire se sont déroulés en saison pluvieuse qui est la période favorable à la dissémination des maladies. En saison sèche, la manifestation des maladies est très faible, voire inexistante.

### 3.1.1. Matériel végétal

Le matériel qui a fait l'objet de notre étude est constitué de 604 lignées S1 sélectionnées dans quatre variétés améliorées tolérantes au déficit hydrique. Le tableau 9 donne le nombre de lignées et la codification de chaque variété

Tableau 9 : Matériel végétal

Variétés	Code des lignées S1	Nombre de lignées
<b>FBC6</b>	DR1-1 à DR1-183	183
<b>Pool 16 DT</b>	DR2-1 à DR2-150	150
<b>DTE W SR BC3 C0</b>	DR3-1 à DR3-152	152
<b>DTE Y SR BC3 C0</b>	DR4-1 à DR4-119	119

#### - **FBC6** (Farako-Bâ Composite n°6)

C'est une variété sélectionnée par l'INERA. Elle est issue d'un brassage de 8 composites. C'est une variété demi-précoce avec un cycle de 86 à 94 jours du semis à la maturité. Adaptée aux zones à pluviométrie supérieure ou égale 900 mm, son rendement potentiel est de 5.6 tonnes à l'hectare. Cette variété à grain jaune corné denté présente un complexe de résistance aux différentes maladies du maïs. 183 lignées S1 sélectionnées dans ce matériel ont constitué un de nos essais.

#### **- Pool 16 DT**

C'est un matériel de cycle extra précoce, à grain blanc et denté du WECAMAN. Il provient d'une sélection dans Pool 16 pour la tolérance à la sécheresse. Il est bien adapté aux conditions écologiques de la zone à faible pluviométrie. Un total de 150 lignées S1 de ce matériel nous ont intéressé pour notre étude.

#### **- DTE W SR BC3 C0**

C'est également une variété du WECAMAN : elle est précoce, tolérante à la sécheresse et à grain blanc. 152 lignées S1 de ce matériel ont constitué un de nos essais.

#### **- DTE Y SR BC3 C0**

C'est également une variété du WECAMAN : elle est précoce, tolérante à la sécheresse mais à grain jaune. 119 lignées S1 sélectionnées dans ce matériel ont été testées.

Les différents groupes de familles S1 ont été codifiés par les lettres DR pour "Drought Resistance" suivi de deux numéros ; Le premier identifie la variété source (1 pour FBC6, 2 pour Pool 16 DT, 3 pour DTE W SR BC3 C0 et 4 pour DTE Y SR BC3 C0) et le second la famille. Chacun de ces matériels est mis dans un essai différent, soit un total de quatre essais.

#### **- Le témoin**

Nous avons utilisé IRAT 148 comme témoin dans tous nos essais. Il s'agit d'un hybride simple issu de M162W x M164M. Ce témoin, caractérisé par son homogénéité, est chargé de rendre compte l'état du milieu (homogénéité ou hétérogénéité).

### **3.1.2. Méthodes**

#### *3.1.2.1. Le dispositif expérimental*

Le dispositif expérimental utilisé commun à tous les essais est du type "collection testée" (SANOU, 1997). Il est caractérisé par la répétition d'un témoin (IRAT 148) à intervalle régulier de 10 entrées (lignées) et par l'absence de répétition du matériel testé. Il permet ainsi d'étudier un grand nombre de matériels. Le témoin est installé systématiquement au début et à la fin de chaque essai. Les quatre groupes de lignées ont été évalués dans quatre essais différents.

Dans une bande, la parcelle élémentaire est de une ligne pour chaque lignée. La densité de semis est de 0,80 m entre les lignes et de 0,40 m sur les lignes. Chaque ligne mesure 5 mètres et compte 11 poquets de 2 plantes chacun après démariage. La parcelle utile est égale à la parcelle élémentaire

Cette expérimentation a été conduite à la station de Farako-bâ en saison des pluies 1999. Les meilleures familles S1 qui seront issues des ces essais vont constituer le matériel d'étude des essais d'évaluation par rapport à la sécheresse à la vallée du Kou en saison sèche.

### 3.1.2.3. Critères de criblage

En fonction des notes de maladie, les lignées seront classées en trois groupes :

Tableau 10 : Groupage du matériel selon la note de maladie.

Groupe	Note
Lignées résistantes	1 - 2.5
Lignées tolérantes	3 - 3.5
Lignées sensibles	4 - 5

Nous retiendrons les lignées qui ont des notes maladies comprises entre 1 et 2.5. Ce groupe de lignées sera dit résistant. L'attention sera portée sur les lignées résistantes à plusieurs maladies. Cependant la priorité sera accordée à l'helminthosporiose et à la curvulariose à cause de leur fréquence.

S'il est intéressant d'identifier des lignées résistantes ou tolérantes aux maladies, aussi faut-il que ces lignées aient un bon rendement. La sélection contre les maladies sera donc couplée à la productivité.

En somme, les lignées qui seront sélectionnées sont des lignées ayant un potentiel génétique de résistance aux maladies et dont l'expression du rendement est acceptable.

### 3.1.2.4. Analyse des données

Compte tenu du dispositif utilisé, l'analyse effectuée est une analyse en composantes principales (ACP). Toutes les observations réalisées n'ont pas été analysées. Nous avons choisi les variables jugées intéressantes que nous avons soumis à l'ACP pour l'identification de principaux caractères agro-morphologiques discriminant les différents matériels. Les variables entrant dans l'analyse sont : NE, RC, HIE, FSE, LE, NR, NGR, FM, PE, PG5E, HEL et CURV. L'ACP permet d'effectuer la sélection des meilleures lignées dans des groupes homogènes. L'ACP est effectuée avec des programmes conçus sur S.A.S (1987).

### 3.1.3. Résultats

Les données moyennes acquises par les différents lignées seront consignées en annexe. L'observation de notre témoin au cours de l'expérimentation a indiqué que IRAT 148 varie très peu, ce qui indique que les essais ont été menés dans des conditions de terrain assez homogènes. Toutefois, toutes les variables n'ont pu être observées pour toutes les entrées du fait d'un engorgement d'eau.

### *3.1.3.1. Les lignées DR1*

L'analyse en composantes principales (ACP) indique que les 4 premiers axes expliquent 85.33% de la variabilité observée au sein des lignées. Le plan 1 représenté par les axes 1 et 2 explique 70.90% de cette représentation. L'axe 1 est caractérisé par une forte contribution des variables phénotypique de la curvulariose et de quelques caractères liés au rendement (RC (38.09%), FSE (34.47%), FM (37.93%), NR (35.29%), NGR (35.56%), PG5E (35.73%), et CURV (32.48%) ). L'axe 2 est caractérisé par la contribution de NE (41.33%), PE (51.52%) et de HEL (41.87%).

Les 183 lignées DR1 se répartissent en deux groupes définis par l'axe 2 selon les résultats de l'analyse en composantes principales (fig. 11). Le groupe 2 est constitué des lignées 6, 8, 23, 64, 69, 79, 105, 152 et 172. Ces lignées sont affectées de notes supérieures ou égales à 3 pour l'helminthosporiose et la curvulariose et par conséquent seront éliminées de la sélection. Les lignées qui seront retenues sont des lignées du groupe 1. Le groupe 2 constitué du reste des lignées se présente en masse sur la plan 1/2. Ce regroupement fait ressortir qu'il existe une faible variabilité entre les lignées. Elle confirme l'appartenance de ces lignées à une même entité génétique.

### *Sélection dans les lignées FBC6 (DR1)*

Sur la base des critères retenus, certaines lignées semblent présenter un bon comportement vis-à-vis des différentes maladies du maïs. Dans les lignées FBC6 39 lignées correspondant à 21.31% sont résistantes, 54.10% est tolérant et 24.59% est sensible aux différentes maladies. Le tableau 11 donne la liste des lignées retenues pour leur bon comportement vis-à-vis des maladies. Les lignées DR1-22, DR1-118, DR1-134, DR1-140 sont particulièrement intéressantes comme matériel présentant un complexe de résistance. Il faut signaler également la particularité des lignées DR1-12, DR1-68, DR1-124, et DR1-135 qui ont un rendement supérieur à 5t/ha.

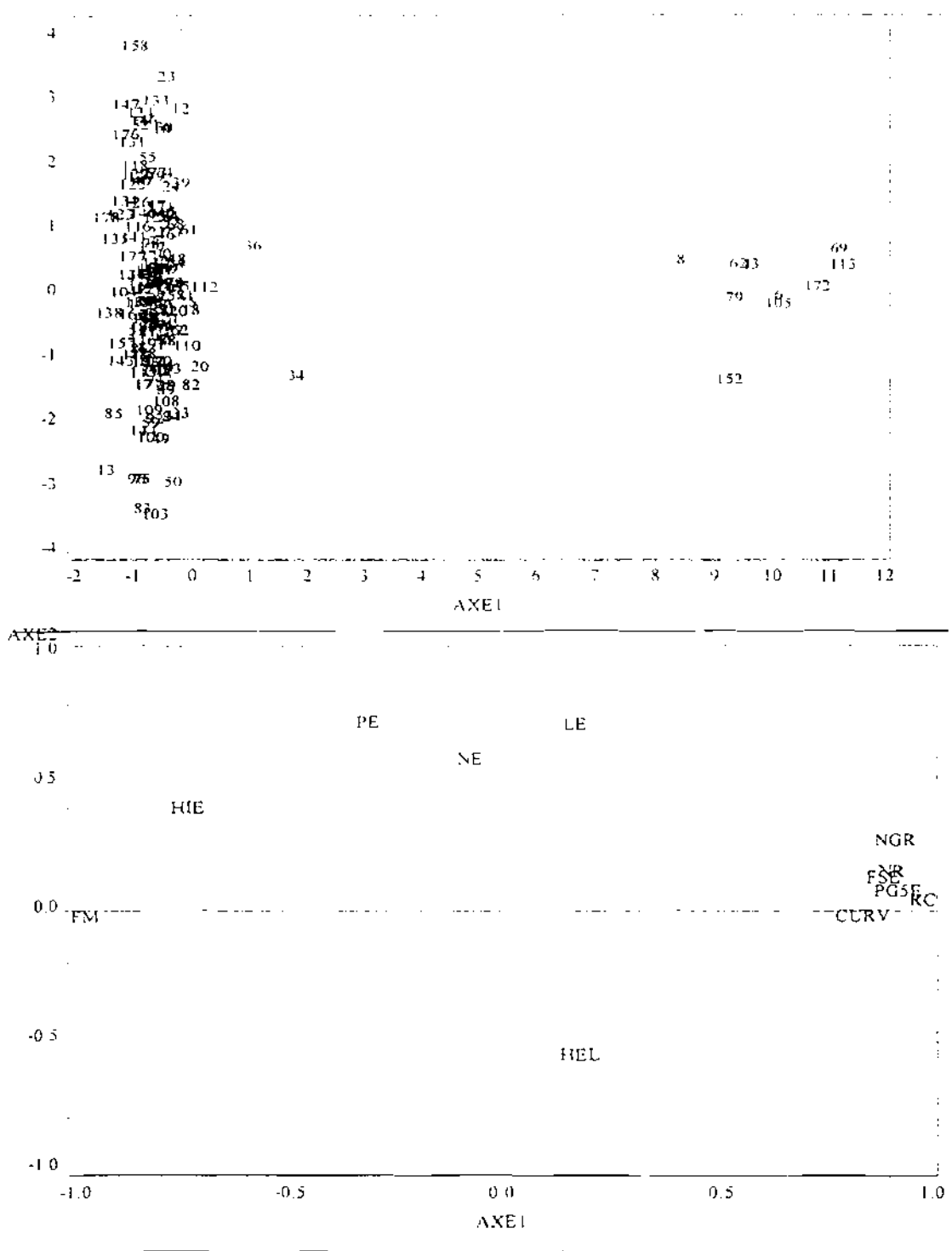


Figure 11 : Représentation des 183 lignées S1 de la variétés FBC6 sur le plan 1/2 de l'ACP.



Tableau 9 : Lignées S1 sélectionnées dans FBC6

N°	Lignées	FM	FF	HEL	CURV	Streak	Rdt
1	DR1-1	64	66	1.5	2	1	1.57
2	DR1-2	63	66	1.5	3	1	1.41
3	DR1-4	62	65	1.5	2	1	1.89
4	DR1-5	66	68	2	1.5	1	2.07
5	DR1-7	65	67	1	1.5	1	1.43
6	DR1-10	61	64	2	1.5	1	1.98
7	DR1-11	63	64	2.5	2	1	-
8	DR1-12	61	63	1.5	2	1	3.23
9	DR1-14	64	66	2	2.5	1	2.07
10	DR1-17	58	61	1	2	1	3.82
11	<b>DR1-22</b>	62	64	1	1	1	3.59
12	DR1-26	60	69	1	1.5	1	1.16
13	DR1-36	60	62	2	1.5	1	-
14	DR1-37	61	63	2	3	1	2.23
15	DR1-40	59	61	1	2.5	1	2.66
16	DR1-41	67	70	1	1.5	1	1.27
17	DR1-47	63	65	2	2	1	4.50
18	DR1-68	62	64	1.5	3	1	6.91
19	DR1-80	65	68	2	2	1	3.86
20	DR1-86	64	66	2	2.5	1	3.27
21	DR1-116	61	66	1.5	1.5	1	3.59
22	<b>DR1-118</b>	63	65	1	1	1	1.77
23	DR1-124	61	64	1.5	1.5	1	7.09
24	DR1-125	63	65	1.5	1.5	1	4.25
25	DR1-128	59	61	1.5	2	1	3.61
26	DR1-129	62	64	2	1	1	3.36
27	DR1-131	62	65	2	1.5	1	2.07
28	DR1-132	66	69	1.5	2	1	3.64
29	DR1-133	59	62	1.5	1.5	2	3.41
30	<b>DR1-134</b>	58	61	1	1	1	4.75
31	DR1-135	57	60	1.5	1	1	5.05
32	DR1-137	59	62	2	2	1	2.91
33	<b>DR1-140</b>	57	59	1	1	1	3.89
34	DR1-141	58	61	1.5	1.5	1	1.66
35	DR1-142	62	65	2	1.5	1	1.00
36	DR1-143	66	70	1	2	1	1.02
37	DR1-154	60	62	2	2	1	3.14
38	DR1-156	65	68	2	1.5	1	2.48
39	DR1-158	60	63	1	1	2	4.45

### 3.1.3.2. Les lignées DR2

Les résultats de l'ACP montre que les quatre premiers axes expliquent 76.22% de la représentation des lignées. Le plan 1/2 formé par les axes 1 et 2 explique 51.86% de cette distribution. L'axe 1 est caractérisé par la contribution des variables LE (48.19%), NGR (41.89%), FM (44.06%) et PG5E (40.82%). L'axe 2 est surtout expliqué par la contribution des variables RC (47.35%) et CURV (55.11%).

Les 150 lignées DR2 se répartissent en deux groupes selon les résultats de l'analyse en composantes principales (fig. 12). Le groupe 1 est constitué de 18 lignées isolées de

l'ensemble. Ces sont des lignées comportant des données manquantes pour certaines des variables mesurées. Ce groupe de lignées sera éliminé de la sélection. Nous retiendrons les meilleures lignées par rapport aux maladies et à la productivité dans le groupe 2. Les lignées du groupe 2 se présentent en une masse sur le plan 1/2, traduisant leur appartenance à une même famille (S1).

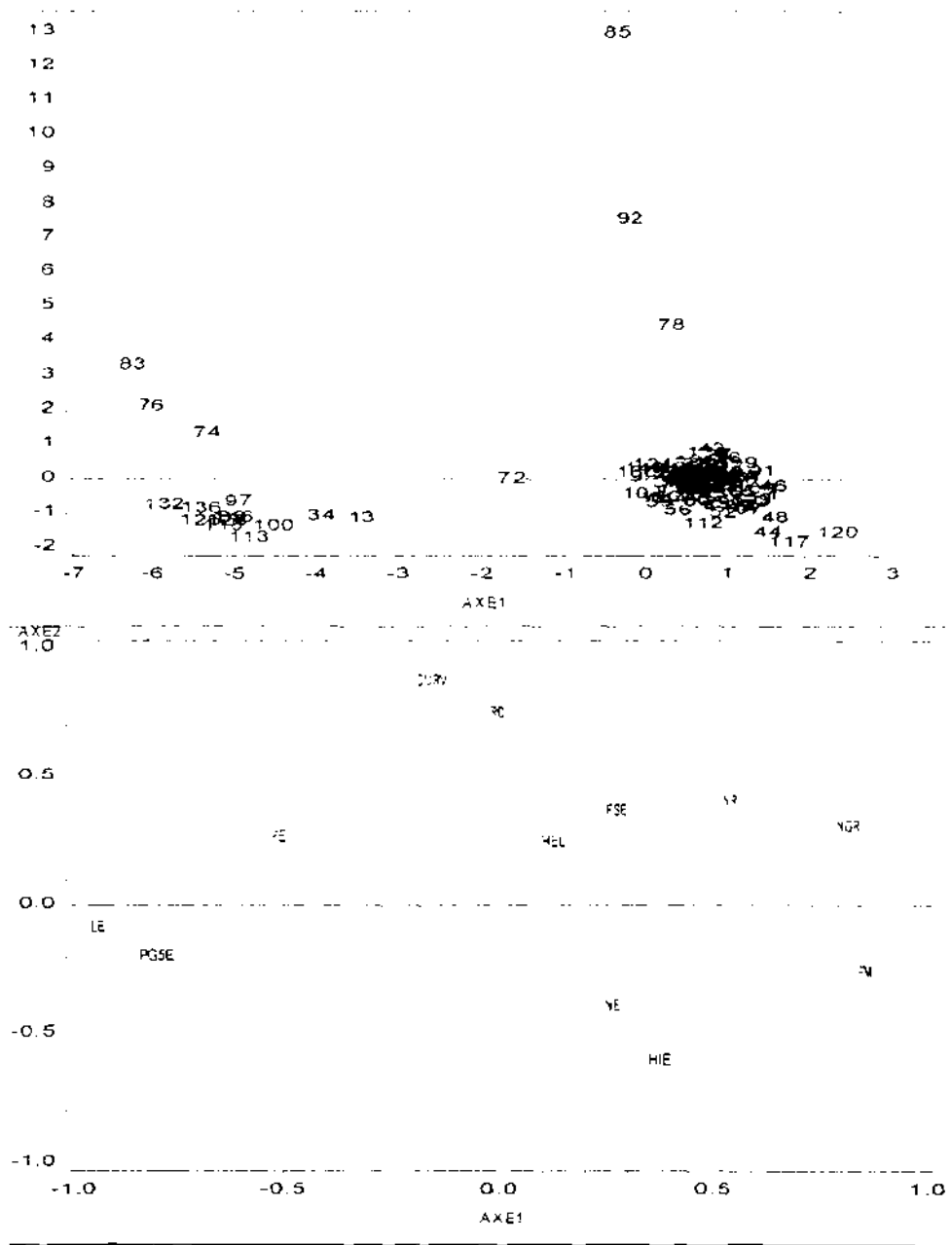


Figure 12 : Représentation des 150 lignées S1 de la variété Pool 16 DT sur le plan 1/2 de l'ACP.

*sélection de lignées dans Pool 16 DT (DR2)*

Tableau 12 : Lignées S1 sélectionnées dans Pool 16 DT

N°	Lignées	FM	FF	HEL	CURV	Streak	Rdt
1	<b>DR2-2</b>	49	51	2.5	3	1	2.93
2	DR2-3	52	56	2	2.5	1	2.18
3	DR2-4	51	56	2.5	2.5	1	2.02
4	DR2-5	52	56	1	2	1	1.02
5	DR2-10	59	63	1.5	2	1	-
6	DR2-11	51	56	2.5	1	1	1.04
7	DR2-12	53	56	1	2	1	1.09
8	DR2-16	53	56	2	3	1	1.00
9	DR2-18	57	60	1.5	2.5	1	1.32
10	DR2-26	58	58	1	2	1	-
11	DR2-27	53	56	1	2	1	2.59
12	DR2-28	52	58	2.5	2	1	1.27
13	DR2-31	51	56	2.5	1	1	1.77
14	DR2-32	51	56	1.5	1.5	1	1.30
15	DR2-47	54	56	1.5	1	1	-
16	DR2-51	50	56	1.5	3	1	1.57
17	DR2-54	51	56	2.5	2.5	1	2.30
18	DR2-55	51	56	2	2.5	1	1.10
19	DR2-56	50	56	1	2	1	1.36
20	DR2-57	50	56	1.5	1	1	2.55
21	DR2-76	57	60	2	1	1	-
22	DR2-103	58	61	2	3	1	-
23	DR2-104	51	58	2.5	1.5	1	1.25
24	DR2-105	58	61	2.5	2.5	1	1.43
25	<b>DR2-106</b>	53	58	2	3	1	3.23
26	DR2-107	56	58	2.5	2.5	1	1.75
27	DR2-122	52	58	2	2	1	-
28	DR2-123	57	60	1.5	2	1	-
29	<b>DR2-149</b>	50	57	1	3	1	3.05

Dans les lignées Pool 16 DT 29 lignées S1 correspondant à 19.33% ont des notes maladies comprises entre 1 et 2.5 donc résistantes contre 48.01% tolérant et 32.66% sensible aux maladies. Le tableau 12 donne la liste des lignées retenues. Il y a une synchronisation entre la floraison mâle et la floraison femelle. L'écart maximum entre la floraison mâle et femelle est de 7 jours. Dans l'ensemble ces lignées sont beaucoup plus sensibles à la curvulariose qu'à l'helminthosporiose (plusieurs lignées retenues sont affectées de la note 3 pour la curvulariose). Les lignées DR2-2, DR2-106 et DR2-149 dont les rendements sont les plus élevés sont par contre les plus sensibles à la curvulariose.

### 3.1.3.3. Les lignées DR3

Les axes 1, 2, 3 et 4 de l'ACP expliquent 61.52% de la distribution des lignées. Le plan 1 constitué par les axes 1 et 2 explique 38.93% de cette distribution. L'axe 1 est constitué par une contribution forte des variables liées au rendement ( LE (47.58%), NGR (43.87%), PE (45.11%), PGSE ( 40.26%) ). L'axe 2 est surtout représenté par la contribution des maladies HEL (62%), CURV (56.37%) et à NR (41.76%) . Les axes 1 et 2 sont appropriés pour sur la représentation des lignées par rapport à notre objectif à savoir rechercher du matériel résistant aux maladies et ayant un bon potentiel de productivité.

Les 152 lignées DR3 forment un seul groupe sur le plan 1 formé par les axes 1 et 2 selon les résultats de l'analyse en composantes principales (fig. 13). La distribution des individus indique une très faible variation des ces lignées pour les caractères mesurés. La sélection des meilleures lignées sera effectuée dans l'ensemble des lignées en fonction de leur liaison aux axes 1 et 2 qui sont représentés respectivement par les composantes du rendement et les maladies.

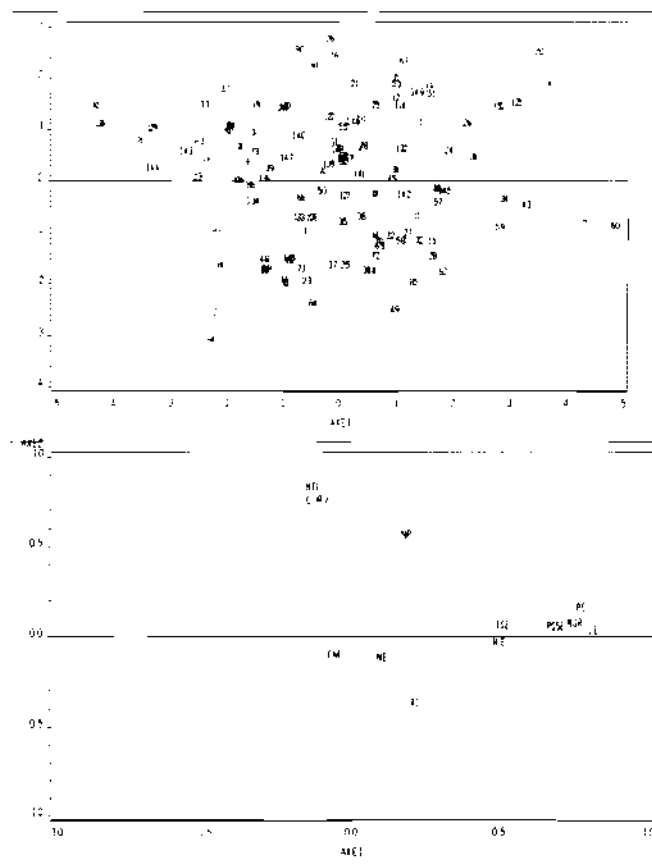


Figure 13 : Représentation des 152 lignées S1 de la variété DTE W SR BC3 C0 sur le plan 1/2 de l'ACP.

*Sélection des lignées dans DTE W SR BC3 C0 (DR3)*

Dans ces lignées, 35 lignées représentant 23.03% est résistant, 39.47% est tolérant et 37.5% est sensible aux maladies. Le tableau 13 donne la liste des 35 lignées résistantes sélectionnées. Contrairement aux lignées extraites de Pool 16 DT, ces lignées sont plus sensibles l'helminthosporiose qu'à la curvulariose. Trois lignées seulement (DR3-11, DR3-23, DR23-30) des 35 retenues ont une note moyenne de 1 pour l'helminthosporiose. Le décalage maximum entre les floraisons mâle et femelle est de 7 jours. Les rendements de ces lignées sont faibles (2.27 à 1.02 t/ha). Les faibles valeurs du rendement seraient liées à une baisse de vigueur due à l'état homozygote des lignées.

Tableau 13 : Lignées sélectionnées dans DTE W SR BC3 C0 (DR3)

N°	Lignées	FM	FF	HEL	CURV	Streak	Rdt
1	DR3-1	51	56	1.5	2	1	1.09
2	DR3-2	57	60	2	2	1	-
3	DR3-7	52	56	2	2	1	1.18
4	<b>DR3-11</b>	55	57	1	3	1	1.11
5	DR3-14	50	56	2.5	1	1	1.57
6	DR3-15	54	57	2.5	1	1	1.34
7	DR3-17	50	56	2.5	1	1	1.45
8	DR3-22	54	58	1.5	2	1	2.25
9	<b>DR3-23</b>	56	59	1	2.5	1	1.89
10	DR3-25	50	56	2	1	1	1.27
11	DR3-27	54	58	2.5	1	1	1.70
12	DR3-28	52	57	2	2	1	2.20
13	<b>DR3-30</b>	54	58	1	1.5	1	2.27
14	DR3-32	56	59	2	2	1	1.77
15	DR3-35	52	59	2.5	1	1	-
16	DR3-36	60	64	2	2	1	-
17	DR3-37	57	61	2	2	1	-
18	DR3-38	57	59	2.5	1.5	1	2.27
19	DR3-41	52	57	2.5	1.5	1	-
20	DR3-44	57	61	2	1	1	1.86
21	DR3-49	57	62	2	1	1	-
22	DR3-56	54	56	2	2	1	1.25
23	DR3-57	52	57	2	2	1	1.70
24	DR3-58	50	56	2.5	2	1	-
25	DR3-59	50	56	2	1.5	1	-
26	DR3-62	50	52	2	1	1	1.39
27	DR3-63	56	59	1.5	2	1	2.02
28	DR3-64	57	59	1.5	1.5	1	1.16
29	DR3-68	56	59	2.5	2.5	1	-
30	DR3-69	56	59	2.5	1.5	1	-
31	DR3-70	57	59	2	1	1	1.30
32	DR3-72	57	59	2	2	1	1.02
33	DR3-80	54	57	2	1.5	1	-
34	DR3-84	58	65	2	1.5	1	-
35	DR3-130	57	59	2.5	1	1	-

### 3.1.3.4. les lignées DR4

Les quatre premiers axes de l'ACP expliquent 72.49% de la représentation des lignées. Le plan 1 formé par les axes 1 et 2 expliquent de la distribution des lignées. L'axe 1 est caractérisé par la contribution des variables LE (36.98%), NR (38%), FM (34.93%), PE (40.16%), CURV (45.94%). Ces différentes variables sont des variables qui contribuent à la formation du rendement. L'axe 2 est caractérisé par la contribution des variables NGR (31.14%) et HEL (48.58%). Les deux axes 1 et 2 expliquent une bonne part du rôle joué par ces variables dans la distribution des lignées.

Sur le plan 1 des axes 1 et 2, les 119 lignées forment un seul groupe avec trois individus isolés. Il s'agit des lignées n° 32, 46 et 84 (fig. 14). Ce sont des lignées qui comportent des données manquantes. La représentation des lignées indique leur homogénéité. La sélection du matériel sera effectuée en fonction de leur comportement vis-à-vis des maladies.

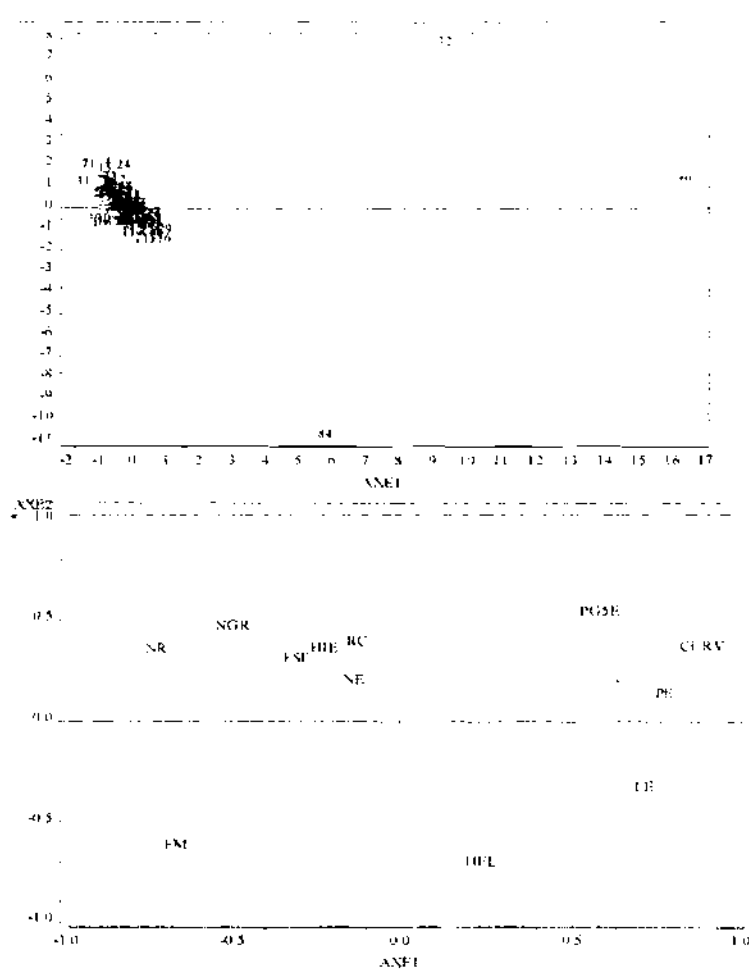


Figure 14 : Représentation des 119 lignées S1 de la variété DTE Y SR BC3 C0 sur le plan 1/2 de l'ACP

### *Sélection des lignées dans DTE Y SR BC3 C0 (DR4)*

Dans ces lignées, 20 lignées correspondant à 16.80% sont résistantes contre 41.17% tolérant et 42.03% sensible. Le tableau 14 présente la liste des lignées sélectionnées. Le taux de sélection de ces lignées est très faible (16.80%) du fait de leur très grande sensibilité aux maladies. Le note moyenne des lignées sélectionnées est de 2 pour l'helminthosporiose. Elles présentent cependant des caractéristiques intéressantes pour le rendement.

Tableau 14 : Sélection de lignées dans DTE Y SR BC3 C0

N°	Lignées	FM	FF	HEL	CURV	Streak	Rdt
1	DR4-2	51	56	2	1.5	1	4.23
2	DR4-3	51	56	2	1.5	1	1.70
3	DR4-4	51	56	1.5	1	1	7.64
4	DR4-11	57	59	2	2	1	1.18
5	DR4-15	51	56	2	2	1	2.59
6	DR4-18	54	58	2	2.5	1	-
7	DR4-19	49	55	2	2	1	1.66
8	DR4-36	62	66	2	2.5	1	-
9	DR4-51	54	58	2	2.5	1	-
10	DR4-59	56	59	2	2	1	2.14
11	DR4-60	51	58	2	2	1	3.14
12	DR4-64	50	56	2	2	1	3.80
13	DR4-67	50	55	2	2	1	2.05
14	DR4-72	49	56	2	1.5	1	2.41
15	DR4-78	56	59	2	2	1	-
16	DR4-91	51	57	2	1.5	1	2.64
17	DR4-94	51	57	2	1.5	1	1.18
18	DR4-97	55	59	2	1.5	1	1.32
19	DR4-99	51	57	2	2	1	1.39
20	DR4-118	51	57	2	2	1	1.77

#### 3.1.4. Discussion

De l'analyse des résultats, il ressort que le pourcentage de lignées résistantes est faible dans toutes les quatre sources de lignées. Des 604 lignées de départ, seulement 123 ont été sélectionnées pour leur résistance aux différentes maladies courantes du maïs. Ceci est un fait habituel qui pourrait être lié au phénomène d'inbreeding, en ce sens que l'homozygotie (consanguinité) dérivant de l'autofécondation entraîne une baisse de vigueur des plantes et une ségrégation pour la résistance ou la sensibilité aux maladies. C'est ce que traduit ROBINSON (1973) à travers l'idée que plus la sélection artificielle de l'hôte croît, en même temps le degré et l'utilité de la résistance horizontale tendent à décroître.

Il faut préciser cependant que cette baisse de vigueur ainsi que la ségrégation est variable suivant les matériels sources de lignées. En effet, les lignées issues de la variété FBC6

présentent le plus de résistance aux maladies. Cette variété présente en effet un complexe de résistance aux viroses et comporte dans son génotype plusieurs sources de résistance aux maladies fongiques. Par contre, les lignées de la variété DTE Y SR BC3 C0 sont les plus sensibles. Les lignées des variétés Pool 16 DT et DTE W SR BC3 C0 sont plutôt tolérantes. Des résultats similaires ont été enregistrés par HALSETH *et al* (1991) lors de l'inoculation de *Helminthosporium carbonum* sur huit lignées de parents différents.

La productivité des différentes lignées semble être liée à leur comportement vis-à-vis des maladies. Les lignées ayant le rendement le plus élevé est celui de la variété FBC6, alors que le rendement le plus faible est noté chez les lignées de la DTE W SR BC3 C0.

L'étude des résultats de l'analyse en composantes principales montre que les lignées se présentent en un seul groupe suivant le plan I de représentation pour chaque variété. Ce regroupement traduit d'une part, l'appartenance du matériel à une même génération (lignées S1) et d'autre part l'appartenance des lignées à une même entité génétique (variété). Ce regroupement est donc attribuable à l'existence d'une homogénéité entre les lignées.

### 3.1.5. Conclusion

Les 123 lignées sélectionnées seront soumises à un test de résistance à la sécheresse en vue d'une sélection des lignées résistantes au stress hydrique. Elles pourront également être utilisées en croisement dans un programme d'amélioration de la résistances des variétés vis-à-vis des maladies.

## 3.2. CRIBLAGE CONTRE LA SECHERESSE

Il s'agit d'évaluer le comportement par rapport au stress hydrique des lignées sélectionnées en saison humide pour leur bon comportement par rapport aux maladies. Cette expérimentation a été menée en saison sèche à la vallée du Kou.

### 3.2.1. Matériel végétal

Le matériel soumis au test de résistance à la sécheresse est constitué des 123 lignées S1 précédemment sélectionnées dans les 604 lignées S1 en saison pluvieuse pour leur bon comportement vis-à-vis des maladies. Elles sont réparties suivant les variétés : FBC6 (39 lignées S1), Pool 16 DT (29 lignées S1), DTE W SR BC C03 (35 lignées S1) et DTE Y SR BC C03 (20 lignées S1). Chacun de ces groupes de lignées est testé dans un essai différent.

### 3.2.2. Méthodes

Les méthodes utilisées dans cette partie de notre étude sont analogues à celles précédemment décrites dans la sélection inter variétale pour la résistance à la sécheresse, la seule que nous avons retenus trois répétitions au lieu de quatre.



### 3.2.3. Résultats

Nous présentons successivement les résultats des lignées DR1 à DR4. Les résultats sont les données moyennes obtenues par chaque groupe de lignées.

#### 3.2.3.1. Les lignées DR1

Tableau 15 : Les lignées DR1 (FBC6)

n°	ASI		HP1		HP2		HP3		HHE		SNE1		SNE2		RP	
	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0
1	5.67	1.67	34.00	31.67	68.00	37.33	121.33	141.67	75.67	74.67	0.00	0.00	1.87	0.00	1.53	1.00
2	6.00	3.00	43.33	31.33	61.00	93.00	78.33	138.00	54.00	68.33	1.00	0.00	5.00	0.00	1.83	1.00
3	5.33	1.33	38.67	63.00	66.67	129.00	95.33	148.67	64.00	81.67	0.00	0.00	3.40	0.00	1.83	1.00
4	6.33	1.67	38.33	41.33	81.33	115.33	78.33	170.33	52.67	96.00	1.33	0.00	5.00	0.00	2.17	1.00
5	10.00	5.00	31.33	30.33	38.00	96.33	87.33	129.00	59.00	77.67	1.73	0.00	8.33	0.00	3.33	1.00
6	7.00	0.67	36.00	32.33	49.00	72.00	71.00	88.33	51.33	57.00	1.40	0.00	4.40	0.00	1.83	1.00
7	7.00	1.00	33.67	51.33	44.33	117.33	70.00	161.00	45.00	89.33	2.20	0.00	6.47	0.00	2.90	1.00
8	7.33	6.50	42.67	53.00	73.67	113.00	117.33	170.50	80.00	100.00	0.33	0.00	2.42	0.00	1.53	1.00
9	6.67	2.67	39.67	45.67	53.00	97.67	92.33	130.00	65.67	72.33	0.33	0.00	7.40	0.00	3.00	1.00
10	4.67	2.67	39.33	46.67	57.67	115.33	113.67	156.67	56.00	84.00	0.40	0.00	3.33	0.00	1.50	1.00
11	5.33	2.33	44.67	42.67	67.67	119.17	112.67	155.00	70.33	87.67	0.33	0.00	2.40	0.00	1.00	1.00
12	6.33	3.00	29.67	33.67	49.00	89.00	94.67	135.67	52.00	76.00	0.67	0.00	3.87	0.00	2.17	1.00
13	10.00	4.67	39.33	44.00	46.33	117.00	102.00	159.33	65.00	91.00	1.67	0.00	8.40	0.00	2.50	1.00
14	8.67	2.67	38.67	51.67	47.33	122.00	85.67	145.00	58.67	81.00	1.80	0.00	5.67	0.00	2.17	1.00
15	7.33	2.33	44.67	43.00	74.67	122.67	114.33	155.33	82.00	99.00	0.13	0.00	1.60	0.00	1.00	1.00
16	10.00	4.67	29.33	43.00	46.00	97.00	126.67	137.33	64.67	76.67	0.00	0.00	5.53	0.00	2.00	1.00
17	6.33	3.33	47.33	41.33	85.67	118.17	117.00	140.00	73.33	67.00	0.00	0.00	2.60	0.00	2.00	1.00
18	2.00	4.00	29.33	47.00	57.00	114.69	85.00	130.75	53.67	68.00	0.00	0.00	2.67	0.00	1.85	1.00
19	10.00	2.33	35.67	31.67	40.00	103.00	103.67	148.33	62.00	84.00	1.87	0.00	7.67	0.00	2.33	1.00
20	8.67	4.67	46.33	54.33	63.67	122.00	99.00	140.33	67.33	80.67	0.40	0.00	5.27	0.00	2.67	1.00
21	3.67	6.33	39.00	36.67	56.33	108.67	131.00	166.67	87.00	98.00	0.33	0.00	4.00	0.00	1.17	1.00
22	9.33	2.67	41.67	47.00	64.67	125.25	118.33	168.33	79.00	104.00	3.27	0.00	6.00	0.00	2.67	1.00
23	8.67	2.67	44.67	59.33	68.00	123.33	116.33	166.00	76.67	89.33	1.00	0.00	4.00	0.00	1.67	1.00
24	6.67	3.00	48.33	50.67	55.33	126.00	76.67	173.33	48.67	97.00	6.13	0.00	8.40	0.00	3.50	1.00
25	5.33	2.33	43.67	56.33	67.00	130.33	109.67	149.67	77.33	84.67	0.00	0.00	3.80	0.00	1.83	1.00
26	6.00	2.33	36.67	50.33	61.33	106.00	101.00	136.67	64.00	62.67	2.53	0.00	4.33	0.00	1.83	1.00
27	10.00	3.00	45.00	54.00	53.33	131.33	92.67	159.67	59.33	102.67	3.40	0.00	7.33	0.00	2.83	1.00
28	8.67	2.33	38.67	48.67	45.33	112.00	98.33	135.67	57.00	80.00	1.60	0.00	6.13	0.00	2.67	1.00

Tableau 15 : Les lignées DR1 (FBC6) suite

n°	ASI		HP1		HP2		HP3		HIE		SNF1		SNF2		RP	
	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0
29	7.33	4.00	45.00	56.67	56.33	115.33	114.67	165.67	63.00	81.00	0.80	0.00	4.33	0.00	1.67	1.00
30	9.33	3.67	45.33	52.33	58.67	128.00	94.33	153.00	61.67	87.67	2.13	0.00	5.13	0.00	1.83	1.00
31	8.00	4.25	39.33	52.25	56.67	115.00	98.33	157.25	54.33	86.75	1.80	0.00	4.07	0.00	1.67	1.00
32	8.33	2.33	27.00	44.00	38.00	108.67	56.00	123.00	32.00	61.00	2.20	0.00	5.20	0.00	2.50	1.00
33	4.33	2.33	31.00	44.67	43.00	116.00	74.67	142.67	45.33	69.33	2.13	0.00	5.53	0.00	3.00	1.00
34	5.00	2.33	30.67	41.33	39.42	103.00	91.75	109.00	54.42	57.00	3.00	0.00	4.73	0.00	2.17	1.00
35	8.67	4.00	37.67	36.67	57.00	115.00	123.33	151.00	69.00	73.67	0.53	0.00	3.07	0.00	1.67	1.00
36	5.00	1.33	39.67	30.33	51.67	90.33	90.33	146.00	64.00	86.00	1.47	0.00	7.00	0.00	2.33	1.00
37	36.33	2.67	34.33	50.33	42.33	110.67	59.67	132.67	40.33	67.00	3.07	0.00	9.00	0.00	4.00	1.00
38	8.00	1.67	32.33	35.33	57.00	95.33	101.00	131.33	69.00	77.33	1.47	0.00	3.53	0.00	2.33	1.00
39	5.67	6.50	34.67	35.50	63.33	122.50	117.33	152.00	72.00	85.50	0.33	0.00	2.27	0.00	1.00	1.00

Les données moyennes acquises par les lignées DR1 pour les traitements Ts et T0 sont consignées dans le tableau 15. Les variables présentées sont ASI, HP1, HP2, HP3, HIE, SNF1, SNF2 et RP.

Tableau 16 : Résultat de l'analyse de variances des lignées FCB6 (DR1).

Sources de variation	ASI	HP1	HP2	HP3	HIE	SNF1	SNF2	RP
Répétions (A)	2.41	14***	18.40***	5.49**	3.10*	4.36*	0.15	0.53
Facteur1 (B)	38.59***	15.37***	423.45***	207.68***	63.56***	42.34***	291.58***	143.81***
Génotypes (C)	1.22	1.53*	1.54*	2.13***	2.09***	0.98	1.22	1.43
InteractionBxC	1.23	0.70	0.79	0.91	0.77	0.99	1.22	1.14
E_RES	5.828	12.260	20.143	25.388	17.58	1.585	2.188	0.704
MOY	5.427	41.560	84.187	122.057	71.779	0.677	2.451	1.554
CV	10.738	29.50	23.93	20.80	24.50	23.40	89.29	45.30

\*, \*\*, \*\*\* significatif à 5%, 1% et 0,1% respectivement.

Le tableau 16 donne les résultats de l'analyse de variance effectuée sur les 39 lignées DR1. Il présente les valeurs de la constante de Fisher et leur signification statistique pour les répétitions, les génotypes, le facteur1 (niveaux d'irrigation) et l'interaction génotype - niveau d'irrigation. Les écart-types sont importants pour les observations liées à la mesure des hauteurs des plantes et à la hauteur d'insertion des épis. Ces écart-types élevés sont liés à l'imprécision des mesures.

L'analyse de variance montre que des différences significatives ( $p= 0.05$ ) existent entre les répétitions pour la hauteur d'insertion de l'épi et la sénescence foliaire au 14ème jour après l'arrêt de l'irrigation. Toujours pour les répétitions, ces différences sont hautement significatives ( $p= 0.01$ ) pour la hauteur des plantes après la floraison et très hautement significatives ( $p= 0.001$ ) pour la hauteur des plantes aux 10ème et 20ème jours après l'arrêt de l'irrigation. Par contre, aucune différence significative n'existe entre les répétitions pour le décalage entre la floraison mâle et femelle. Les différences sont statistiquement importantes ( $p= 0.001$ ) entre les deux niveaux de stress hydrique pour tous les paramètres. L'interaction génotype-facteur 1 n'est pas significative pour toutes les observations. La variabilité entre les génotypes est importante pour les caractères liés à l'architecture de la plante (HP1, HP2, HP3 et HIE) selon les résultats de l'analyse de variance.

Les résultats de l'analyse en composantes principales indiquent que les quatre premiers axes expliquent 88.72% de la variabilité des lignées. Le plan 1 représenté par les axes 1 et 2 explique 71.64% de cette variabilité. L'axe 1 est caractérisé par une contribution des variables HP2 (40.20%), HP3 (39.53%), SNF2 (39.98%) et SNF3 (38.12%). L'axe 2 est particulièrement défini par les variables ASI (44.64%), HP1 (58.86%), HIE (37.28%) et SNF1 (34.59%). L'axe 2 définit en deux groupes les deux niveaux du facteur 1. Le groupe 1 constitue le traitement Ts et le groupe 2 le traitement T0 (fig. 15). Les variables caractérisant l'axe 2 sont les variables déterminant la répartition des lignées. Ce sont ces variables principales de l'ACP qui vont permettre la sélection des lignées les moins sensibles au stress hydrique.

Les meilleurs lignées par rapport à la sécheresse sont celles ayant présenté le moins de variation de leur comportement entre la culture à l'irrigation optimale et la culture sous stress.

Tableau 17 : Comportement des lignées FBC6 sélectionnées

n° Lignées	ASI			HP1			HIE			SNF1		
	Ts	T0	Ts- T0	Ts	T0	T0- Ts	Ts	To	T0- Ts	Ts	T0	Ts- T0
1	5,67	1,67	4	34	31,67	-2,33	75,67	74,67	-1	0	0	0
9	6,67	2,67	4	39,67	45,67	6	65,67	72,33	6,66	0,33	0	0,33
10	4,67	2,67	2	39,33	46,67	7,34	66	84	18	0,4	0	0,4
11	5,33	2,33	3	44,67	42,67	-2	70,33	87,67	17,34	0,33	0	0,33
18	2	4	-2	29,33	47	17,67	53,67	68	14,33	0	0	0
21	3,67	6,33	-2,66	39	36,67	-2,33	87	98	11	0,33	0	0,33
25	5,33	2,33	3	43,67	56,33	12,66	77,33	84,67	7,34	0	0	0
26	6	2,33	3,67	36,67	50,33	13,66	64	62,67	-1,33	2,53	0	2,53
34	5	2,33	2,67	30,67	41,33	10,66	54,42	57	2,58	3	0	3
39	5,67	6,5	-0,83	34,67	35,5	0,83	72	85,5	13,5	0,33	0	0,33

Dans la variétés FBC6, le comportement de 10 lignées est acceptable en condition de sécheresse (tableau 17). Il existe une bonne synchronisation entre la floraison mâle et la floraison femelle. L'écart maximale entre les floraisons est d'environ 7 jours. Le pourcentage de surface foliaire desséchée au 14ème jour après l'application du stress est inférieur à 10%, sauf pour les lignées 26 et 34. Ce qui indique une bonne capacité de résistance de ces lignées à la sénescence foliaire.

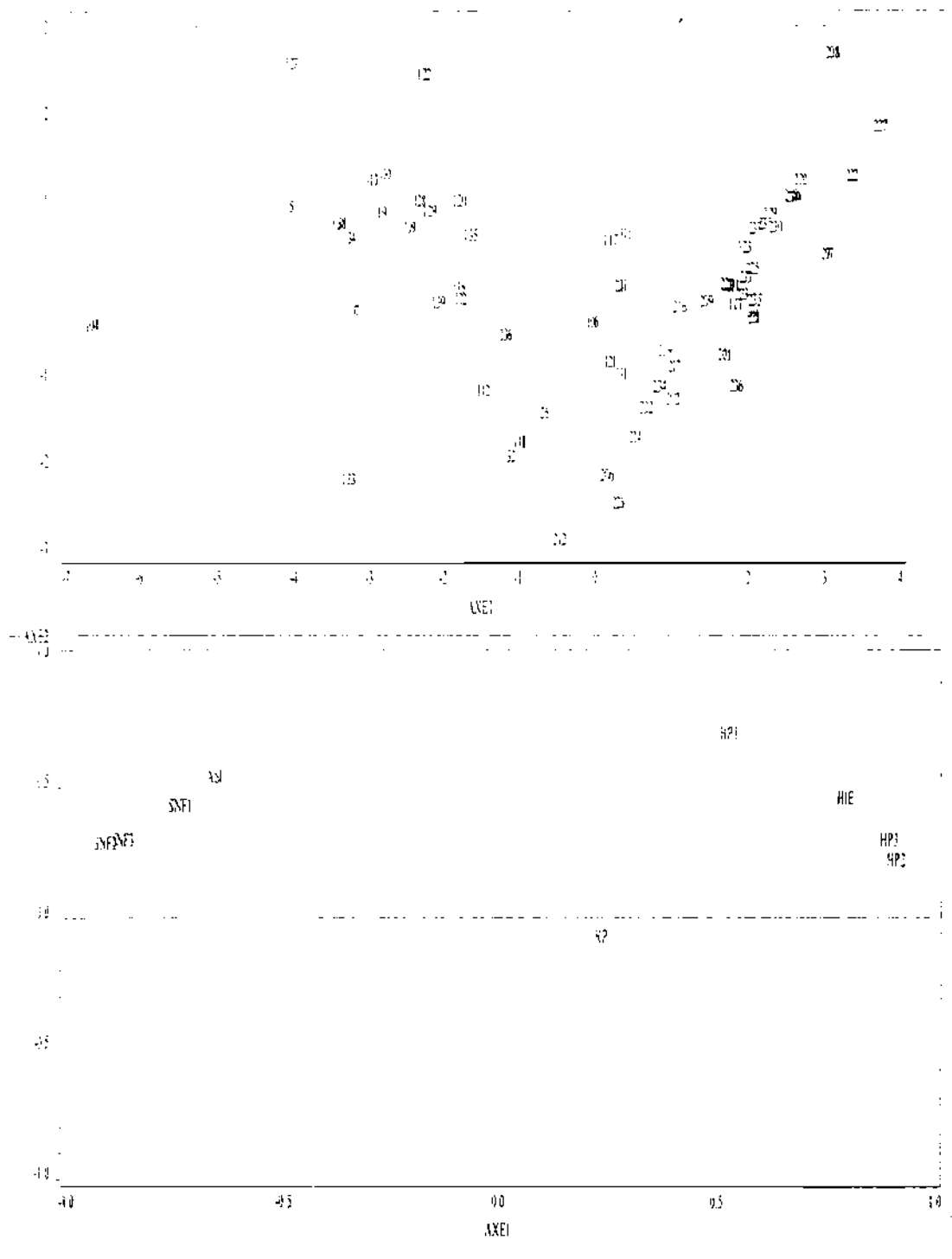


Figure 15 : Représentation des DR1 sur le plan 1/2 de l'ACP pour les traitement Ts et T0.

### 3.2.3.2. Les lignées DR2

Tableau 18 : Données moyennes des lignées DR2 (Pool 16 DT)

n° lignées	ASI		HP1		HP2		HP3		HIE		SNF1		SNF2		SNF3		RP	
	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0
1	16.00	1.33	32.33	43.67	43.00	82.00	64.67	108.67	37.33	50.67	1.53	0.00	2.60	0.00	3.80	0.00	2.83	1.00
2	6.00	2.67	48.67	46.80	62.00	87.00	87.33	111.67	56.33	55.33	0.87	0.00	2.13	0.00	3.07	0.00	2.67	1.00
3	12.00	1.33	40.33	47.00	56.67	80.00	80.75	118.00	49.25	52.00	0.67	0.00	1.30	0.00	3.27	0.00	2.67	1.00
4	20.67	2.33	47.33	49.33	59.33	92.33	74.33	131.33	50.33	62.33	2.33	0.00	4.07	0.00	6.00	0.00	3.50	1.00
5	6.33	1.33	56.67	38.67	51.00	69.33	71.67	99.33	42.33	40.33	1.07	0.00	2.40	0.00	3.87	0.00	2.17	1.00
6	15.33	2.33	36.00	47.00	55.00	91.67	72.00	111.67	39.33	37.67	0.93	0.00	1.40	0.00	1.87	0.00	2.00	1.00
7	19.33	1.33	29.33	38.33	43.67	74.00	53.33	114.33	30.67	56.67	2.60	0.00	3.67	0.00	4.68	0.00	3.33	1.00
8	7.67	2.00	31.33	28.00	40.00	61.00	53.67	97.67	31.00	36.00	1.60	0.00	2.93	0.00	4.67	0.00	2.83	1.00
9	8.00	1.00	36.67	41.67	53.33	72.67	72.67	118.33	49.33	61.00	1.07	0.00	2.13	0.00	5.00	0.00	2.17	1.00
10	14.33	1.33	39.33	48.67	47.67	96.25	72.00	118.00	44.67	55.08	1.47	0.00	2.67	0.00	4.87	0.00	2.83	1.00
11	11.33	0.00	39.00	48.67	53.00	107.00	64.00	103.67	43.00	50.33	1.67	0.00	3.00	0.00	3.73	0.00	3.67	1.00
12	20.00	2.33	32.33	42.33	48.00	74.67	57.67	112.67	35.00	49.00	1.87	0.00	2.57	0.00	2.67	0.00	3.00	1.00
13	17.67	2.33	38.67	49.67	58.00	102.00	83.00	112.67	49.67	43.00	1.27	0.00	2.87	0.00	4.13	0.00	2.50	1.00
14	18.00	2.33	52.00	50.67	70.00	94.67	78.00	122.33	51.33	59.67	1.60	0.00	2.13	0.00	4.13	0.00	4.17	1.00
15	11.00	1.67	39.33	42.00	47.00	75.00	60.00	106.67	36.33	44.00	2.00	0.00	3.53	0.00	4.93	0.00	3.33	1.00
16	21.00	2.67	38.00	37.67	47.67	93.67	46.92	94.00	21.00	31.33	2.60	0.00	6.53	0.00	7.47	0.00	4.17	1.00
17	11.50	2.00	30.50	37.00	42.50	65.67	65.00	104.67	38.00	53.00	0.40	0.00	1.70	0.00	2.00	0.00	2.50	1.00
18	15.00	2.00	35.10	49.67	49.50	86.33	79.50	103.67	41.50	58.33	0.40	0.00	1.40	0.00	2.40	0.00	2.25	1.00
19	12.33	2.33	36.00	47.33	59.67	90.67	71.67	104.67	43.00	48.00	0.93	0.00	1.87	0.00	2.93	0.00	2.67	1.00
20	21.00	2.33	29.33	47.67	42.33	89.00	46.00	107.33	25.67	40.67	1.67	0.00	2.93	0.00	3.80	0.00	3.00	1.00
21	11.33	3.00	29.67	44.00	49.00	100.67	73.00	108.00	46.67	48.33	0.93	0.00	1.53	0.00	2.60	0.00	2.33	1.00
22	18.67	2.67	30.00	34.33	35.67	77.67	38.00	93.00	22.00	35.33	2.47	0.00	4.33	0.00	6.87	0.00	4.67	1.00
23	8.67	3.33	36.67	44.33	55.00	90.67	68.00	90.67	37.67	42.00	1.47	0.00	2.87	0.00	4.80	0.00	2.83	1.00
24	10.67	2.00	39.00	48.33	56.00	85.67	65.50	119.67	46.58	60.00	1.33	0.00	2.60	0.00	3.40	0.00	2.17	1.00
25	7.33	1.67	32.67	37.00	58.67	73.00	76.67	99.00	43.33	45.33	0.57	0.00	1.57	0.00	2.28	0.00	3.33	1.00
26	20.67	3.00	49.33	67.50	62.67	116.00	69.00	116.50	51.00	61.50	1.80	0.00	3.07	0.00	4.00	0.00	2.83	1.00
27	19.25	1.00	38.25	49.00	50.50	86.08	66.25	123.42	41.25	61.25	2.35	0.00	3.30	0.00	4.25	0.00	3.38	1.00
28	20.00	2.25	36.75	51.50	49.50	92.75	41.25	114.50	24.50	56.75	1.45	0.00	3.10	0.00	4.35	0.00	3.38	1.00
29	6.33	2.00	45.33	48.00	126.00	95.67	80.33	100.33	44.33	44.67	1.60	0.00	2.80	0.00	3.73	0.00	2.67	1.00

Les données moyennes obtenues par les 29 lignées DR2 sont inscrites au tableau 18 pour les traitements Ts et T0. Les variables présentées sont ASI, HP1, HP2, HP3, HIE, SNF1, SNF2, SNF3 et RP. L'analyse de variance des ces résultats est présentée au tableau 19.

Tableau 19 : Résultats de l'analyse de variance des lignées Pool 16 DT (DR2).

Sources de variation	ASI	HP1	HP2	HP3	HIE	SNF1	SNF2	SNF3	RP
Répétitions (A)	4.32*	54.07***	11.29***	4.67*	15.14***	2.06	5.99**	9.81***	11.73
Facteur1 (B)	459.85***	38.57***	102.67***	263.08***	35.36***	84.84***	188.69***	180.20***	290.20***
Genotypes (C)	1.39	3.11***	1.84*	1.69*	3.69***	0.51	0.92	0.64	1.07
Interaction (BxC)	28	0.78	0.91	0.96	1.18	0.51	0.92	0.64	1.06
E_RES	4.197	7.942	20.744	17.207	10.138	1.045	1.314	1.955	0.757
MOY	8.920	41.199	70.178	87.682	44.928	0.750	1.391	2.017	1.991
CV (%)	4.706	19.28	29.56	19.62	22.56	139.58	94.45	96.95	38.03

\*, \*\*, \*\*\* significatif à 5%, 1% et 0,1% respectivement.

L'analyse de variance montre que des différences très hautement significatives ( $p=0.001$ ) existent entre les deux niveaux du facteur 1 (Ts : traitement sous stress et T0 : traitement à l'irrigation optimale) pour toutes les observations. L'analyse montre aussi que des différences existent entre les génotypes pour la hauteur des plantes aux différentes dates de mesure et pour la hauteur d'insertion de l'épi. L'interaction entre les génotypes et le facteur 1 n'est significative pour aucun des paramètres mesurés. Le tableau 19 présente les résultats de l'analyse de variance des lignées DR2. L'effet répétition est significatif pour les paramètres observés.

Les résultats de l'analyse de variance sont confirmés par ceux de l'analyse en composantes principales. Les différentes lignées sont réparties en deux groupes selon le plan 1 formé par les axes 1 et 2 (fig. 16). Les deux groupes sont définis par l'axe 2 qui est caractérisé par une forte contribution des variables liées à la hauteur des plantes ( HP1 (67.28%), HIE (45.56%). L'axe 1 est plutôt défini par la sénescence des feuilles et le décalage entre la floraison mâle et femelle et la reprise de plantes ( ASI (35.40%), SNF1 (35.62%), SNF2 (36.14%), SNF3 (35.88%) et RP (35.68%)) ( fig. 16). Les sénescences des feuilles notées aux différentes dates d'observations contribuent toutes presque de la même inertie à la réalisation de l'axe 1 ; ce qui veut dire qu'une seule notation peut rendre compte du degré de fanaison des feuilles des plantes soumises au stress hydrique. Le groupe 1 est constitué du traitement T0 et le groupe 2 des lignées du traitement Ts. Les lignées du traitement Ts sont dispersées ; ce indique une différence de comportement des lignées sous stress hydrique. La distribution des lignées en deux groupes est influencée par les variables contribuant à la réalisation de l'axe 2.

Ce sont ces variables qui vont servir de critères de sélection : les meilleures lignées étant celles présentant le moins de différence entre le traitement T0 et le traitement Ts.

Tableau 20 : comportement des lignées Pool 16 DT sélectionnées.

n° lignées	ASI		HPI			HIE		
	Ts	T0	Ts	T0	T0-Ts	Ts	T0	T0-Ts
2	6,00	2,67	48,67	46,8	-1,87	56,33	55,33	-1
5	6,33	1,33	36,67	38,67	2	42,33	40,33	-2
8	7,67	2,00	31,33	28	-3,33	31	36	5
23	8,67	3,33	36,67	44,33	7,66	37,67	42	4,33
25	7,33	1,67	32,67	37	4,33	43,33	45,33	2
29	6,33	2,00	45,33	48	2,67	44,33	44,67	0,34

En ce qui concerne les lignées Pool 16 DT, le comportement des meilleures lignées est indiqué au tableau 16. Six lignées se sont montrées intéressantes sous stress hydrique. Ces lignées n'ont pas subi de diminution significative de taille (hauteur d'insertion de l'épi) malgré les conditions de stress. La hauteur d'insertion de l'épi des lignées n° 2 et 5 sous stress est supérieure à celle de ces mêmes lignées en condition optimale d'irrigation.

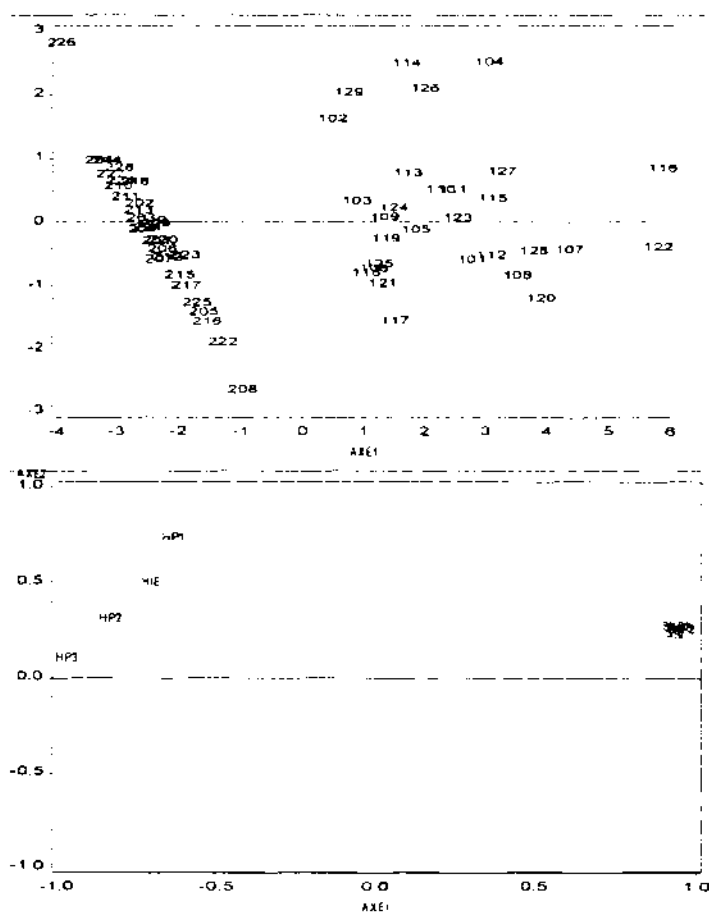


Figure 16 : Représentation des lignées DR2 sur le plan 1/2 de l'ACP pour les deux traitements (Ts et T0).



### 3.3.3.3. Les lignes DR3

Tableau 21 : Données moyennes des lignes DR3 (DTE W SR CB3 C0)

n° lignes	ASI		HP1		HP2		HP3		HIE		SNF1		SNF2		SNF3		RP	
	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0
1	5.33	3.50	51.60	53.50	71.33	94.50	88.00	112.50	50.00	48.00	0.73	0.00	1.47	0.00	1.73	0.00	1.50	1.00
2	12.67	19.00	50.00	75.00	74.00	107.00	93.67	119.50	66.00	55.75	0.80	0.00	1.00	0.00	1.13	0.00	1.00	1.00
3	10.00	1.00	48.67	63.33	78.00	93.67	79.67	97.33	48.67	36.67	1.07	0.00	1.93	0.00	2.60	0.00	2.17	1.00
4	6.00	1.33	43.67	57.00	60.67	96.00	67.67	123.67	45.00	68.00	1.33	0.00	1.60	0.00	1.80	0.00	1.83	1.00
5	12.00	2.67	50.67	63.33	72.33	100.33	81.00	119.33	49.33	53.00	1.40	0.00	2.00	0.00	3.27	0.00	2.67	1.00
6	11.00	2.00	43.33	55.67	66.67	86.67	75.33	107.00	47.33	53.33	1.13	0.00	1.53	0.00	1.73	0.00	2.00	1.00
7	5.67	5.00	56.77	53.00	88.23	96.67	68.00	115.00	36.67	44.33	0.30	0.00	0.97	0.00	1.20	0.00	1.50	1.00
8	18.33	2.33	44.33	78.00	64.67	113.00	82.67	144.33	49.33	70.67	0.67	0.00	1.40	0.00	2.07	0.00	2.00	1.00
9	3.00	0.33	59.00	71.33	83.33	114.33	97.00	155.00	68.00	78.00	0.87	0.00	1.67	0.00	2.00	0.00	2.00	1.00
10	15.00	3.33	54.33	63.67	72.33	106.00	86.00	115.00	38.00	45.00	1.27	0.00	2.40	0.00	4.13	0.00	3.17	1.00
11	15.33	2.33	44.00	55.00	61.67	95.00	64.33	104.67	35.33	44.33	1.47	0.00	2.33	0.00	3.20	0.00	2.67	1.00
12	9.33	1.00	47.67	62.67	67.33	98.67	82.67	141.00	56.33	73.33	1.27	0.00	1.60	0.00	2.13	0.00	2.17	1.00
13	16.33	6.00	37.33	58.67	57.00	93.67	71.33	119.00	45.33	55.67	0.60	0.00	1.27	0.00	1.67	0.00	2.67	1.00
14	19.67	3.67	39.00	58.00	65.33	106.00	77.33	126.33	42.00	56.33	1.80	0.00	2.53	0.00	2.87	0.00	2.83	1.00
15	12.67	4.33	51.33	62.00	60.00	101.67	82.33	110.67	43.33	42.00	2.00	0.00	3.00	0.00	4.93	0.00	2.67	1.00
16	7.67	1.00	43.67	57.67	66.33	102.33	75.67	119.00	44.33	54.00	1.00	0.00	1.53	0.00	1.87	0.00	2.00	1.00
17	11.33	0.00	45.00	58.50	64.33	103.00	82.33	151.50	52.33	69.00	0.60	0.00	1.47	0.00	2.07	0.00	2.33	1.00
18	5.00	3.67	53.00	52.67	72.00	90.33	85.33	129.67	57.00	58.67	1.47	0.00	2.40	0.00	2.67	0.00	2.67	1.00
19	19.00	4.33	55.67	66.67	84.00	98.67	87.33	110.67	45.00	41.00	0.73	0.00	1.80	0.00	2.20	0.00	2.00	1.00
20	7.33	3.67	40.33	43.00	57.67	80.67	69.67	117.67	40.00	41.33	1.33	0.00	1.80	0.00	1.87	0.00	1.67	1.00

Tableau 21 : Données moyennes des lignées DR3 (DTE W SR CB3 C0) suite

Lignées	ASI		HP1		HP2		HP3		HIE		SNF1		SNF2		SNF3		RP	
	1s	T0	Ts	T0	Ts	T0	1s	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0
21	19.00	5.00	52.67	69.67	70.00	107.00	85.33	122.33	53.67	61.33	1.20	0.00	1.60	0.00	1.87	0.00	1.83	1.00
22	10.00	2.33	34.00	46.67	50.67	81.00	73.67	125.67	41.00	47.33	0.93	0.00	1.53	0.00	2.00	0.00	1.33	1.00
23	7.67	0.67	51.67	58.00	82.67	97.67	93.33	118.67	19.67	51.00	1.40	0.00	1.37	0.00	2.13	0.00	2.67	1.00
24	9.33	3.33	50.00	63.00	73.00	106.67	84.00	138.67	50.00	62.67	1.73	0.00	2.20	0.00	2.53	0.00	1.67	1.00
25	6.33	7.33	41.33	45.33	76.67	96.33	86.00	121.33	42.00	38.00	1.33	0.00	1.53	0.00	2.20	0.00	2.83	1.00
26	20.67	10.00	65.33	66.67	85.00	91.00	89.67	112.93	40.33	39.67	0.87	0.00	1.40	0.00	2.07	0.00	3.00	1.00
27	19.67	5.67	43.33	53.33	67.33	87.33	80.33	106.00	49.00	42.67	0.93	0.00	1.87	0.00	2.53	0.00	3.17	1.00
28	6.67	2.33	46.00	61.07	57.67	98.00	80.00	134.33	51.67	70.67	1.73	0.00	1.87	0.00	2.80	0.00	1.17	1.00
29	3.67	2.67	46.67	52.67	66.00	93.67	74.33	116.00	48.00	46.67	1.13	0.00	1.53	0.00	2.00	0.00	2.33	1.00
30	8.67	4.33	43.33	60.33	66.67	113.33	38.67	142.00	43.60	57.00	0.80	0.00	1.53	0.00	2.00	0.00	1.00	1.00
31	5.67	1.67	48.67	56.33	70.33	95.33	81.00	121.33	51.00	53.67	2.27	0.00	2.53	0.00	3.00	0.00	3.00	1.00
32	11.67	1.67	42.67	53.00	63.67	91.67	74.00	114.33	45.00	47.00	0.47	0.00	1.20	0.00	1.53	0.00	2.17	1.00
33	9.33	1.33	36.67	44.33	60.33	85.67	69.67	95.67	34.67	39.67	0.87	0.00	1.33	0.00	1.80	0.00	2.00	1.00
34	12.67	2.67	42.33	60.67	64.33	100.00	88.33	115.00	46.67	44.00	0.73	0.00	1.07	0.00	1.47	0.00	1.00	1.00
35	11.67	1.67	41.67	51.67	61.00	92.67	72.67	127.33	43.33	62.00	1.67	0.00	2.13	0.00	2.33	0.00	2.17	1.00

Les résultats des données moyennes des lignées DR3 sont présentés dans le tableau 21 pour les deux traitements. Les variables présentées sont ASI, HP1, HP2, HP3, HIE, SNF, SNF2, SNF3 et RP. L'analyse de variance de ces résultats est présentée au tableau 22.

Tableau 22 : Résultats de l'analyse de variance des lignées DTE W SR BC3 C0 (DR3)

Sources de variation	ASI	HP1	HP2	HP3	HIE	SNF1	SNF2	SNF3	RP
Répétitions (A)	0.85	26.61***	22.16***	0.75	4.92**	5.92**	2.82	1.08	12.66
Facteur 1 (B)	116.14***	77.01***	318.81***	428.82***	18.68***	282.97***	517.56***	400.15***	347.11***
Génotypes (C)	1.57*	2.69***	2.13**	2.46***	4.46***	1.28	1.11	1.30	3.03***
Interaction (BxC)	0.81	0.82	1.14	1.29	1.24	1.25	1.10	1.38	3.06***
E_RES	0.273	9.656	11.703	14.242	9.724	0.490	0.552	0.815	0.442
MOY	8.411	52.911	83.080	100.774	49.947	0.573	0.874	1.144	1.572
CV	74.57	18.25	14.09	14.13	19.47	85.31	63.14	71.22	28.10

\*, \*\*, \*\*\* significatif à 5%, 1% et 0.1% respectivement.

L'analyse de variance montre que des différences significatives (au seuil de probabilité  $p=0.001$ ) existent entre les deux niveaux d'irrigation (facteur 1) pour toutes les variables. Des différences significatives existent entre les génotypes pour le décalage floraison mâle - floraison

remelle, les hauteurs des plantes, la hauteur d'insertion de l'épi et la reprise des plantes. L'interaction facteur 1- génotype est significative pour la reprise des plantes (tableau 22).

L'analyse en composantes principales réalisée sur les lignées DR3 montre deux groupes selon le plan défini par les axes 1 et 2. Les deux groupes sont définis par l'axe 2 caractérisé par une contribution importante de HPI (44.61) et HIE (66.93%) (fig. 17). Les deux groupes sont constitués des traitements Ts et T0. Cette distribution indique une différence de comportement des lignées par rapport aux paramètres mesurés. Les variables responsables de la séparation des deux traitements déterminent les meilleures lignées subissant moins les effets du stress hydrique.

Tableau 23 : comportement des lignées sélectionnées dans DTE W SR BC3 C0

n° lignées	ASI		HPI			HIE		
	Ts	T0	Ts	T0	T0-Ts	Ts	T0	T0-Ts
1	5,33	3,50	51	53,5	2,5	50	48	-2
7	5,67	5,00	56,77	53	-3,77	36,67	44,33	7,66
18	5,00	3,67	53	52,67	-0,33	57	58,67	1,67
20	7,33	3,67	40,33	43	2,67	40	41,33	1,33
23	7,67	0,67	51,67	58	6,33	49,67	51	1,33
25	6,33	7,33	41,33	45,33	4	42	38	-4
29	3,67	2,67	46,67	52,67	6	48	46,67	-1,33
31	5,67	1,67	48,67	56,33	7,66	51	53,67	2,67

Dans ce groupe de lignées, huit se sont distinguées par leur comportement sous stress hydrique. La hauteur des plantes à la première date d'observation sous stress et la hauteur d'insertion de l'épi ont été les paramètres discriminant ce groupe de lignées. Ces lignées n'ont pas subi de variations importantes entre le traitement à l'irrigation optimale et le traitement stressant pour les paramètres considérés.

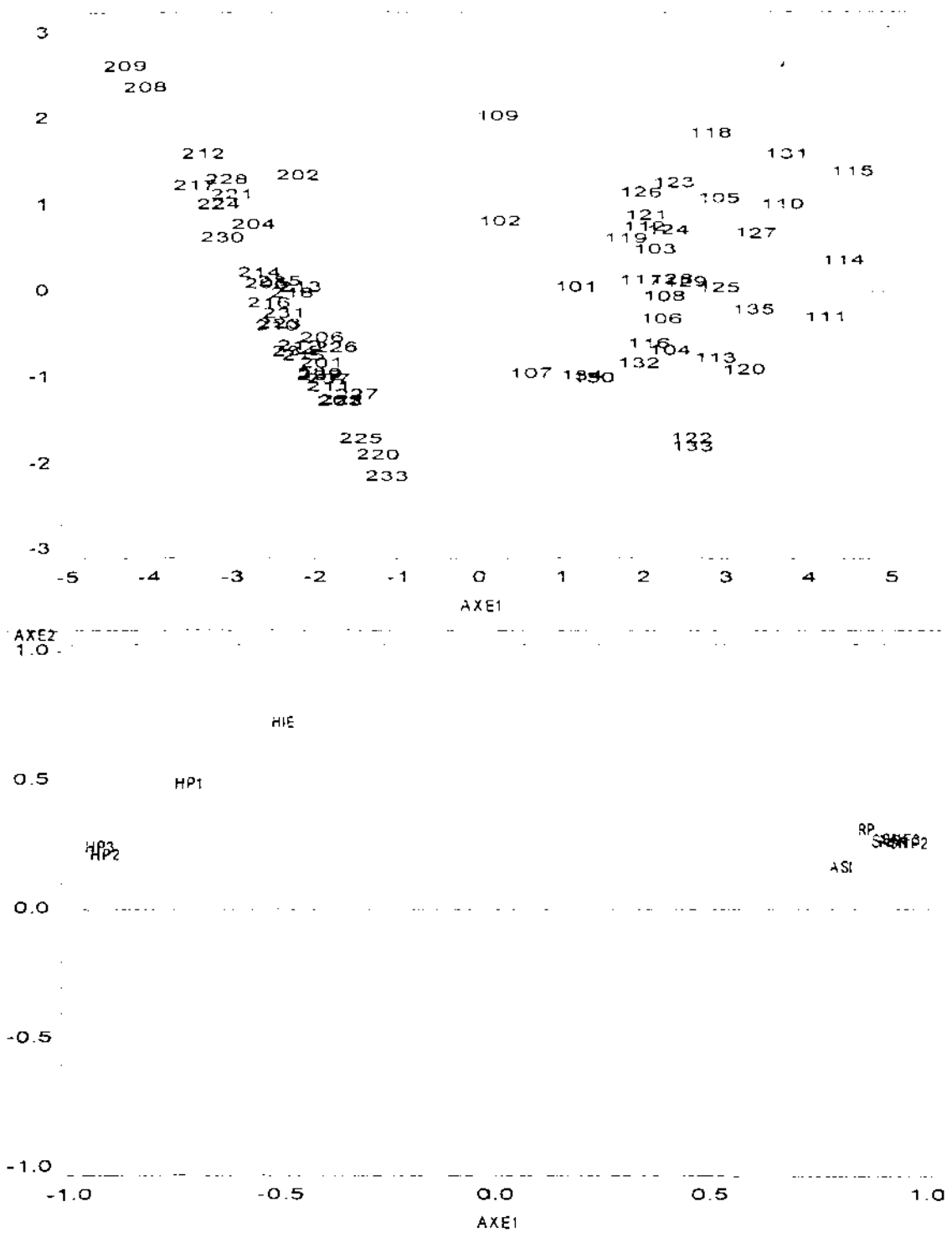


Figure 17 : Représentation des lignées DR3 sur le plan 1/2 de l'ACP pour les traitements Ts et T0.

### 3.2.3.4. Les lignées DR4

Les résultats des données moyennes pour les deux traitements obtenus par les lignées DR4 sont inscrits au tableau 24

Tableau 24 : données moyennes des lignées DR4 (DTE Y SR CB3 C0)

n° lignées	ASI		HP1		HP2		HP3		HIE		SNF1		SNF2		SNF3		RP	
	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0	Ts	T0
1	9.33	1.33	44.00	58.67	52.67	119.67	74.33	132.33	48.00	72.67	1.67	0.00	3.20	0.00	4.27	0.00	2.17	1.00
2	16.67	6.00	44.00	85.00	53.33	147.33	70.33	140.33	42.67	70.67	3.27	0.00	4.33	0.00	4.80	0.00	2.33	1.00
3	6.00	5.00	43.33	70.33	56.33	111.33	81.67	126.67	54.67	64.00	1.67	0.00	2.53	0.00	3.73	0.00	2.50	1.00
4	20.67	2.67	37.67	59.33	46.33	105.00	65.33	146.00	39.67	72.00	2.00	0.00	3.33	0.00	5.27	0.00	2.33	1.00
5	21.00	4.00	42.00	86.33	49.67	138.67	40.67	137.67	27.00	84.67	2.67	0.00	5.07	0.00	8.13	0.00	3.17	1.00
6	14.33	5.33	35.33	58.00	53.33	110.67	81.00	119.33	47.00	59.67	1.60	0.00	2.32	0.00	3.10	0.00	1.83	1.00
7	21.00	2.00	50.67	86.00	56.67	132.33	20.33	122.00	15.00	63.00	3.93	0.00	4.67	0.00	7.93	0.00	4.33	1.00
8	21.00	3.67	32.00	60.33	42.33	114.00	49.00	149.67	31.00	79.00	1.67	0.00	2.67	0.00	4.07	0.00	2.17	1.00
9	7.00	5.00	32.00	41.67	39.33	87.42	73.33	117.00	42.67	55.67	1.33	0.00	2.97	0.00	3.47	0.00	1.67	1.00
10	8.33	5.00	36.00	58.67	48.67	96.33	67.33	133.67	43.00	76.00	2.13	0.00	3.20	0.00	4.20	0.00	2.50	1.00
11	7.00	4.00	48.00	68.00	56.33	107.00	82.00	125.33	53.33	64.00	2.60	0.00	3.73	0.00	3.67	0.00	2.33	1.00
12	6.00	4.00	49.67	68.67	54.67	117.33	67.33	132.00	46.00	70.33	2.33	0.00	3.60	0.00	5.27	0.00	2.00	1.00
13	21.00	4.33	50.87	76.33	58.33	133.33	66.50	126.67	46.17	63.33	3.53	0.00	4.73	0.00	6.00	0.00	3.00	1.00
14	13.67	4.00	43.33	78.00	61.33	129.67	87.00	140.67	49.00	71.33	1.47	0.00	1.93	0.00	2.80	0.00	1.17	1.00
15	7.67	2.67	33.33	44.33	47.67	67.67	68.00	103.67	38.33	51.67	1.80	0.00	2.73	0.00	4.27	0.00	1.67	1.00
16	17.00	3.33	61.67	65.33	71.33	123.00	83.50	142.00	56.58	76.33	2.33	0.00	4.40	0.00	6.73	0.00	3.17	1.00
17	21.00	5.33	44.00	32.00	42.00	131.67	25.67	127.00	15.67	63.00	3.07	0.00	5.13	0.00	6.93	0.00	4.17	1.00
18	16.00	5.00	41.33	66.33	46.67	128.00	78.67	140.67	47.33	65.00	2.27	0.00	3.73	0.00	4.93	0.00	2.50	1.00
19	12.00	3.67	41.00	81.67	56.33	127.33	71.00	130.67	49.00	72.67	1.87	0.00	3.67	0.00	5.67	0.00	3.33	1.00
20	21.00	6.67	31.00	66.00	35.00	119.33	54.33	121.67	32.00	54.00	3.30	0.00	5.05	0.60	5.60	0.00	2.83	1.00

Les variables présentées sont les mêmes que pour les essais précédents. L'analyse de variance des ces résultats est présentée au tableau 25.

Tableau 25 : Résultat de l'analyse de variance des lignées DTE Y SR BC3 C0 (DR4).

Sources de variation	ASI	HP1	HP2	HP3	HIE	SNF1	SNF2	SNF3	RP
Répétions (A)	0.65	18.13***	10.34***	4.63*	9.26***	10.01***	12.69***	8.38***	1.40
Facteur1 (B)	282.96***	144.59***	469.49***	380***	165.65***	193.25***	298.96***	320.06***	214.06***
Génotypes (C)	1.39	3.52***	2.75***	2.21**	2.69**	1.02	1.22	1.34	2.83***
Interaction (BxC)	1.18	1.36	1.75*	1.97*	2.38	1.02	1.22	1.34	2.83***
E_RES	4.293	11.839	16.668	18.371	11.169	0.916	1.142	1.574	0.583
MOY	10.742	55.055	84.385	98.058	54.327	1.162	1.803	2.571	1.779
CV	39.96		19.75	18.73	20.56	78.80	63.36	61.23	32.79

\*, \*\*, \*\*\* significatif à 5%, 1% et 0,1% respectivement.

L'analyse de variance montre que des différences significatives existent entre les deux niveaux de stress hydrique pour tous les paramètres observés. Les différences sont significatives entre les génotypes pour la hauteur des plantes aux différentes dates d'observations, la hauteur d'insertion de l'épi et la reprise des plantes après l'irrigation. L'interaction entre les génotypes et les niveaux d'irrigation est significative pour la reprise des plantes et la hauteur des plantes aux 20ème et 30ème jours après l'arrêt de l'irrigation. L'analyse de variance montre un effet des répétitions sur les paramètres liés à la taille des plantes et à la sénescence des feuilles (tableau 25).

Les quatre premiers axes de l'analyse en composantes principales expliquent 98.50% de la distribution des lignées. Le plan 1/2 formé par les axes 1 et 2 explique 94.29% de cette distribution. L'axe 1 est caractérisé par une contribution importante des variables ASI (34.08%), HP3 (34.97%), et la sénescence des feuilles aux différentes dates d'observations. L'axe 2 est caractérisé par une forte contribution des variables HP1 (72.92%), HP2 (41.24%) et RP (37.45%) (fig. 18). Le plan 1/2 donne un regroupement des lignées en deux ensembles définis par l'axe 2 (fig. 18). Le premier groupe est constitué du traitement T0 et le second du traitement Ts. Les variables caractérisant l'axe 2 sont les variables discriminant les deux groupes.

Tableau 26 : comportement des lignées sélectionnées dans DTE Y SR BC3 C0

n° Lignées	ASI		HPI			HP2			RP		
	Ts	T0	Ts	T0	T0-Ts	Ts	T0	T0-Ts	Ts	T0	T0-Ts
3	5,00	5,00	43,33	70,33	27	56,33	111,33	55	2,5	1	-1,5
9	7,00	5,00	32	41,67	9,67	39,33	87,42	48,09	1,67	1	-0,67
10	8,33	5,00	36	58,67	22,67	48,67	96,33	47,66	2,5	1	-1,5
11	7,00	4,00	48	68	20	56,33	107	50,67	2,33	1	-1,33
12	6,00	4,00	49,67	68,67	19	54,67	117,33	62,66	2	1	-1
15	7,67	2,67	33,33	44,33	11	47,67	67,67	20	1,67	1	-0,67

La hauteur des plantes aux 10ème et 20ème jours après l'arrêt de l'irrigation et la reprise des plantes après l'irrigation ont permis de sélectionner le matériel performant dans les lignées DTE Y SR BC3 C0. Le tableau 20 : indique le comportement des lignées retenues. Six lignées présentent un bon comportement sous stress hydrique. Elles ont en particulier une bonne capacité plus ou moins rapide à recouvrir tout ou partie de leur fonctionnement normale dès le retour des conditions hydriques favorables.

### 3.2.3. Discussion

Les résultats de l'étude montrent que tous les essais ont été caractérisés par des hétérogénéités liées au terrain. Des différences significatives ont été enregistrées entre les répétitions. Cette sensibilité au milieu est variable suivant l'appartenance génétique du matériel. Dans les quatre groupes de lignées, ce sont les hauteurs des plantes et d'insertion de l'épi qui sont influencées par les répétitions. La sénescence foliaire et la reprise des plantes semblent peu influencer par les répétitions. Ces résultats posent la question du choix du milieu de sélection. En effet, la définition et la reproduction des conditions de sécheresse sont particulièrement difficiles et responsables de nombreux échecs de création variétale à cause de l'interaction entre le génotype et l'environnement. Ce constat rejoint les inquiétudes de BLUM (1988) qui estime que la sélection pour la résistance à la sécheresse dans les zones semi-arides où les déficits

hydriques sont fréquents est totalement aléatoire. L'hétérogénéité du milieu a cependant été prise en compte dans la sélection des meilleurs génotypes.

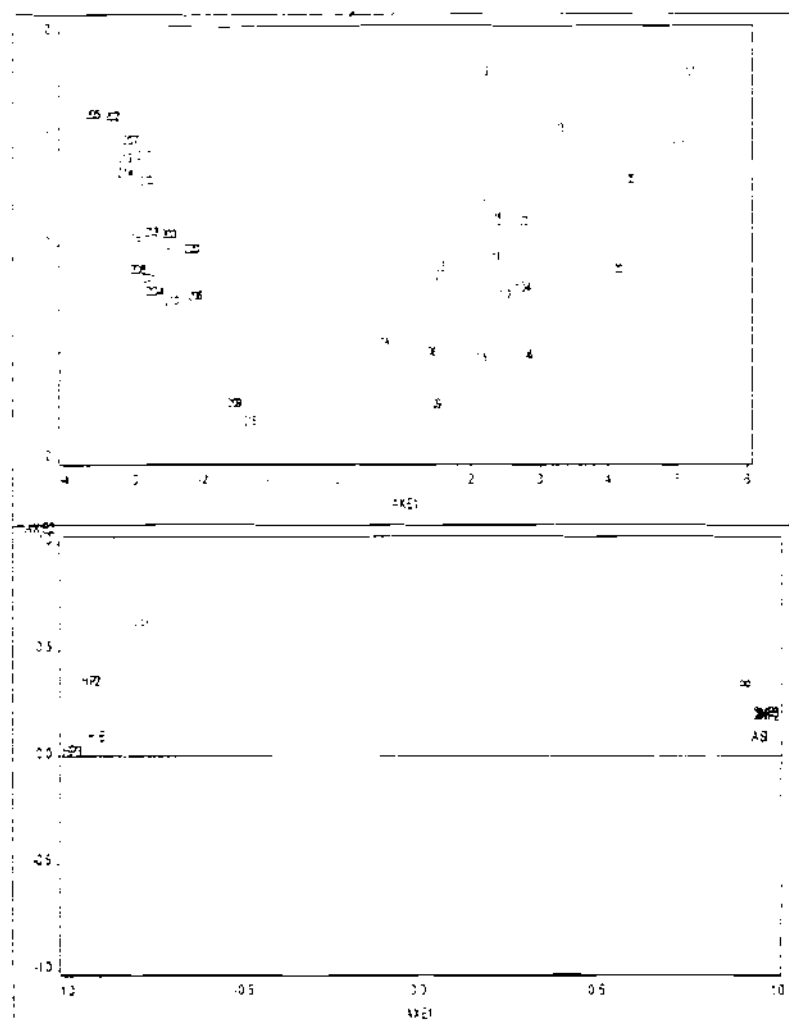


Figure 18 : Représentation des lignées DR4 sur le plan 1/2 de l'ACP pour les traitements Ts et T0.

L'analyse de la reprise des plantes deux semaines après la reprise de l'irrigation montre que une différence significative entre les génotypes pour la plupart des matériels évalués. Cette aptitude d'une reprise accélérée chez les génotypes résistants peut contribuer à un rendement important par suite d'un niveau élevé de photosynthèse tardive. Ces résultats confirment ceux de FALLAH (1988) cité par MORIZET *et al* (1984) qui a montré, par mesure directe pendant la période sèche et également après, et en conditions de fort éclaircissement, que la variété résistante Liza a une activité photosynthétique supérieure à celle de la variété sensible LG11.

La hauteur des plantes et la hauteur d'insertion de l'épi sont les paramètres les plus variables entre les différents génotypes. Ces variations sont liées d'une part à l'effet des traitements et d'autre part aux caractères intrinsèques à chaque génotype. Les génotypes

sensibles ont subi une diminution significative de leur taille alors que les géotypes résistants ont continué à croître malgré le stress hydrique de 30 jours. Cette aptitude des géotypes résistants à croître sous stress hydrique serait liée selon GENTINETTA *et al* (1986), OUATTAR *et al* (1987a), à l'existence d'un gène majeur dominant présent chez les géotypes résistants et responsable de l'accumulation de sucres dans la tige de maïs. Cette accumulation constitue une réserve importante en cas de stress hydrique. En effet, la tige de maïs est la source principale d'assimilats pour le remplissage des grains en cas de longue sécheresse. Elle se présente donc comme une alternative pour assurer le développement du grain en l'absence de la photosynthèse. En outre, la tige constitue une zone tampon entre le grain et le sol (ou l'atmosphère) par le maintien des conditions hydriques favorables, remédiant temporairement au déficit de l'eau dans le sol. Ces différentes constatations indiquent que les meilleurs géotypes sont les lignées qui n'ont pas subi de diminution significative de leur taille.

Les résultats obtenus dans les différents essais sur le décalage entre les floraisons mâle et femelle, n'indiquent pas de différences significatives entre les géotypes à l'exception des lignées DTE W SR BC3 C0. Par contre, MORIZET *et al* (1984) ont montré que le stade floraison est le seuil auquel la variabilité génotypique de la résistance à la sécheresse se manifeste ; HERRERO et JOHNSON (1981) indiquent que le stress hydrique est responsable d'une augmentation de l'écart entre la floraison mâle et femelle chez les géotypes sensibles. La particularité de nos résultats serait liée d'une part, à la capacité des géotypes à supporter la sécheresse et d'autre part, à une application précoce du stress hydrique. En effet, ROBELIN (1983) indique qu'un stress hydrique intervenant plus tôt avant le stade de floraison n'a aucune conséquence significative sur la production du maïs. Notons cependant que le décalage entre la floraison mâle et femelle demeure un indice intéressant de criblage de matériel résistant à la sécheresse.

L'analyse des résultats sur la sénescence foliaire indique qu'aucune différence significative n'existe entre les géotypes pour tous les matériels évalués. Le degré de fanaison a été noté au cours de l'application du stress hydrique, période pendant laquelle la variabilité génotypique n'est pas observée sur les feuilles selon MORIZET *et al* (1984). SOBRADO (1987) note cependant que le degré de fanaison est un critère important lors d'un travail de sélection pour la résistance à la sécheresse.

#### 3.2.4. Conclusion

L'hétérogénéité a été corrigée par le choix du dispositif en bloc qui contrôle de tels effets environnementaux dans les expérimentations ; ce qui a permis par l'observation des variables morphologiques d'identifier certains géotypes dont le comportement est acceptable en condition de stress hydrique. La reprise des plantes dès le retour des conditions hydriques favorables, la croissance des plantes sous stress hydrique et le décalage entre les floraisons mâle et femelle ont été des critères de criblage des géotypes résistants au stress hydrique. Ces



critères nous ont permis de sélectionner 10, 6, 8 et 6 groupes de lignées résistantes au stress hydrique respectivement dans les variétés FBC6, Pool 16 DT, DTE W SR BC3 C0 et DTE W SR BC3 C0. Ces résultats indiquent que des caractères morphologiques simples peuvent servir de critères de sélection de génotypes résistants à la sécheresse comme l'ont montré EDMÉADES et TOLLENAAR (1988) sur la taille des plantes et des panicules et sur la surface foliaire.

Les lignées sélectionnées vont servir à la constitution d'un pool de matériel résistant à la sécheresse dès la campagne hivernale 2000-2001.

#### IV. CONCLUSION-SYNTHESE SUR L'EXPERIMENTATION

Cette étude nous a révélé qu'il est possible d'effectuer aussi bien une sélection inter variétale qu'intra variétale de matériels résistants à la sécheresse. L'existence de la variabilité génétique inter variétale dans les cultivars locaux a permis de sélectionner des cultivars résistants à la sécheresse par groupe de précocité. La résistance à la sécheresse peut également être décelée au sein d'une même variété. En effet, cette étude nous a permis de sélectionner des lignées dans quatre groupes de variétés

Ces résultats sont encourageants quant à l'amélioration du maïs pour la résistance à la sécheresse. Les lignées performantes sélectionnées serviront à la création de nouvelles variétés résistants à la sécheresse. Les cultivars sélectionnés constituent à moyen terme et à long terme une solution dans l'amélioration du maïs pour la résistance à la sécheresse. Dans le moyen terme, ces cultivars pourront passer à l'évaluation multilocale pour confirmer leur résistance avant d'être vulgarisés. Dans le long terme, une sélection intra variétale peut être faite dans ces cultivars pour la création de nouvelles variétés résistantes à la sécheresse.

La sélection de variétés de maïs pour la résistance à la sécheresse est une recherche qui doit impliquer les connaissances de plusieurs disciplines afin que les résultats obtenus soient des solutions effectives à l'amélioration de la productivité du maïs. L'une des stratégies est l'implication de la phytopathologie dans l'amélioration du maïs pour la résistance à la sécheresse vue l'importance des maladies dans la baisse de rendement chez le maïs. Cette approche a permis dans cette étude de sélectionner des groupes de lignées résistantes à la sécheresse et présentant un bon comportement vis-à-vis des maladies courantes du maïs. Ces résultats peuvent contribuer à l'amélioration de la productivité du maïs dans la zone semi-aride.

***CONCLUSION  
GENERALE***

## **CONCLUSION GÉNÉRALE**

Notre travail avait pour objectif la recherche de variétés de maïs résistantes à la sécheresse en cours de culture et présentant un bon comportement vis-à-vis des maladies courantes du maïs. La mise au point d'une stratégie de criblage pluridisciplinaire intégrant la phytopathologie et la génétique nous a permis d'identifier des génotypes répondant à la préoccupation posée.

Les résultats acquis montrent qu'il est possible d'effectuer une sélection inter et intra variétale de matériel résistant à la sécheresse. Au niveau inter variétale, des variétés se comportant bien en condition de stress hydrique ont été sélectionnées par groupe de précocité. Ainsi dans les cultivars extra précoces, Silmiri 1, Bondoukuy 1 et Kiè 1 sont les meilleures variétés et dans les cultivars précoces, les variétés Kouentou 3, Kouentou 7, Tenasso 1, Dandé 2 et Nébia 1 se sont distinguées par leur bon comportement sous stress hydrique. Au niveau intra variétale, des groupes de lignées S1 résistantes à la sécheresse et présentant un bon comportement vis-à-vis des maladies du maïs ont été sélectionnés dans les variétés FBC6, Pool 16 DT, DTE W SR BC3 C0 et DTE Y SR BC3 C0.

Les cultivars sélectionnés constituent un début de solution dans le développement de la culture du maïs dans les zones sujettes aux fréquentes périodes de sécheresse. Cependant, une évaluation en milieu réel de ces cultivars est nécessaire pour confirmer leur niveau de résistance.

Les résultats obtenus sur les lignées peuvent être d'un intérêt dans :

- La création de nouvelles variétés résistantes à la sécheresse.
- L'amélioration du maïs pour la résistance aux différentes maladies évaluées.

Ces différentes perspectives constituent une suite logique de ce travail qui du reste seront entreprises par le programme d'amélioration du maïs de Farako-Bâ. Nous estimons que les sources de résistance à la sécheresse détectées contribueront à faire du maïs une céréale de référence et l'objet d'une spéculation économique importante.

A la lumière de nos résultats quelques perspectives de recherche peuvent être dégagées :

- L'étude de la transmission génétique à la sécheresse chez les lignées et les cultivars sélectionnés.
- L'étude de l'aptitude générale à la combinaison des lignées sélectionnées.

***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BADO, B.V. ; 1991 : Etude de l'efficacité du Burkina-phosphate en riziculture. Rapport d'activité. IN.E.R.A. 42p.

BLUM, A ; 1988 : Methods of plants breeding for drought resistance . In *Agriculture : Drought resistance in plant Physiological and Genetic aspect*. 153-190.

DWYER, L.M., and STEWART, D.M. ; 1986 : Leaf area development in field grown maize. *Agron. Jour.* 78 (2) : 334-343.

EDMEADES, G.O., BANZIGER, M., CHAPMAN, S.C., RIBAUT, J.M., and BOLANOS, J. ; 1995 : Recent advances in breeding for drought tolerance in maize. *Proceedings of the West and Central Regional Maize Workshop*, 28 May-2 June, 1995, Cotonou, Benin Republic. Ed. B. Badu-Apraku, M.A.B. Fakorede, M. Ouedraogo, and F.M. Quin. 221- 228.

EDMEADES, G.O., TOLLENAAR, M. ; 1988 : Genetic and cultural improvements in maize production. In : *International Congress of Plant Physiology*. Ed., New Delhi. 165-180

EFRON, Y., KIM, S.K., FAJEMIN, J.M., MARECK, J.H., TANG, C.Y., DABROWSKI, Z.T., ROSSEL, H.W., THOTTAPPILLY, G., and BUDDENHAGEN, I.W. ; 1989 : Breeding for Resistance to Maize Streak Virus : A Multidisciplinary team Approach. *Plant Breeding* 103, 1-36.

FAO. ; 1999 : Bulletin trimestriel FAO de statistiques. Vol. 12 n° 1/2. 107p.

FISCHER, K.S., JOHNSON, E.C., EDMEADES, G.O. ; 1981 : Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. *Principles and methods in crop improvement for drought resistance with emphasis on rice*. IRRI, May 4-8, 1981. 19p.

FISCHER, K.S., JOHNSON, E.C., EDMEADES, G.O. ; 1983 : Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. CIMMYT, EL Batan, Méjico.

GENTINETTA, E., CEPI, D., LEPORIC, G., MOTTO, M., SALAMINI, F. ; 1986 : A major gene for delayed senescence in maize. Pattern of photosynthetates accumulation and heritance. *Plant Breeding* 97 : 193-206.

GIRARDIN, P., JORDAN, M. O., PICARD, D., TRENDEL, R. ; 1986 : Harmonisation des notations concernant la description morphologique d'un pied de maïs (zea mays L.). *Agronomie*, 6 (9), 873-875.

GUENOLA, J., DASSA-GIRARD, M., CARBONNIER, J. et MOLHO, D. ; 1993 : Antitranspirants : Influence du mode d'application de l'usnate de potassium sur l'efficience de l'eau de la plantule de maïs. *Rev. Rés. Amélior. Prod. Agri. Milieu Aride*, Vol. 5, 55-69.

GUINKO, S. ; 1984 : Végétation de Haute Volta. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Bordeaux III.

HAALSETH, D.E., PARDEE, W.D. and VIANDS, D.R. ; 1991 : Inbreeding of Resistance to *Helminthosporium carbonum* Race 3 in maize. *Crop Sci.* 31 : 612-617.

HEMA, D., KIM, S., and TIO-TOURE, B. ; 1997 : Relation entre l'élongation des feuilles, la transpiration, la résistance stomatique et le rendement grain chez le maïs en condition de stress hydrique. *Strategy for sustainable maize production in West and Central Africa*. Proceedings of Regional Maize Workshop 21-25 April, 1997, IITA-COTONOU, Benin Republic. Ed. B. Badu-Apraku, M.A.B. Fakorede, M. Ouédraogo, and F.M. Quin. 221- 228.

HEMA, D., KIM, S.K., MONDEIL, F., TIO-TOURE, B. ; 1998 : Tolérance à la sécheresse du maïs en Afrique : aptitude à la recombinaison et héritabilité du phénomène de transpiration. *Science et technique, sciences naturelles* vol. 23 n°1. 29-37.

HERRERO, M.P. and JOHNSON, R.R. ; 1981 : Drought stress and its effects on maize reproduction system. *Crop Sc.* 21 : 105-110.

IITA : 1987 : Rapport annuel et point de la recherche de l'IITA. Ed. IITA.

JEFFREYS, M. D. W. ; 1954 : The history of maize in Africa. *South African Journal of Science*, (mars). 197-200.

JEFFREYS, M. D. W. ; 1963 : How ancient is west african maize ? *Africa*, 33 : 115-131.

JEFFREYS, M. D. W. ; 1967 : Pre-Colombian maize in Southern Africa. *Nature*, 215 : 695-697.

- LAING, D.R., et FISHER, R.A. ; 1977 : Adaptation of semidwarf wheat cultivars to rainfed conditions. *Euphytica*, 26. 1-129
- JOHNSON, S.S., and GEADELMAN, J.L. ; 1989 : Influence of water stress on grain yield response to recurrent selection in maize. *Crop Sci.*, 29 : 558-564.
- LE CONTE, J. ; 1950 : Le maïs hybride aux Etats-Unis d'Amérique. Archives de l'Institut de Recherche Agronomique de l'Indochine n°5. 187p.
- Le CONTE, J. ; 1957 : Enquêtes sur la culture et l'amélioration génétique des mils et des maïs cultivés en Haute Volta. Compte rendu de missions réalisées du 15 au 20 Octobre 1965 et du 2 au 8 Octobre 1967. IRAT. -62p.
- LUDLOW, M.M., and MUCHOW R.C. ; 1990 : A critical evaluation of traits for improving crops yield in water limited environment. *Advances in Agronomy*, 43 : 107-153.
- Ministère de l'Agriculture (M.A.) Résultats définitifs de la campagne agricole 1998-1999. Situation alimentaire.
- MONNEVEUX, P., 1992 : Amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hivers. ENSA Montpellier. INRA.
- MORANT, P. , 1984 : Situation géographique de la station de Farako-Bâ. 6p.
- MORIZET, J., et TOGOLA, D., 1984 : Effet et arrière effet de la sécheresse sur la croissance de plusieurs génotypes de maïs. In Les besoins en eau des cultures. Conférence Internationale, Paris 11-14 septembre 1984 , Ed. INRA.
- MORIZET, J. ; TRIBO, A.M., et POLLACSEK, M. ; 1984 : Résistance à la sécheresse chez le maïs : quelques mécanismes impliqués. *Physiologie et production du maïs*. INRA (Pau) France. 167-174.
- OUATTAR, S., JONES, R.J., CROOKSTON, R.K. and KAJEIOU, M., 1987b : Effect of Drought on Water Relation of of Developing Maize Kernels. *Crop Sci.* 27 : 730-735.
- OUATTAR, S., JONES, R.J., CROOKSTON, R.K., 1987a : Effect of Water Deficit During Filling on the Pattern of Maize Kernel Growth and Development. *Crop Sci.* 27 : 726-730.

PODA, E. ; 1979 : L'amélioration du maïs pour la productivité et la valeur nutritionnelle : Etude de la prolificité en épis et des facteurs de richesse en lysine du grain. DESTOM, INRA Montpellier. 106p.

PORTERES, R. ; 1955 : L'introduction du maïs en Afrique. *Journal d'Agric. Tropicale et de Botanique Appliquée*. T.II, N° 5-6 ; 189-233.

ROBELIN, M., 1983 : Fonctionnement hydrique et adaptation à la sécheresse. Colloque Physiologie du maïs, Royan 15-17 Mars 1983, Paris INRA.

ROBINSON, R.A. ; 1973 : Horizontal resistance. *Review of plant pathology*. Vol.52, n° 8, 483-501.

S.A.S. ; 1987 : *Guides for personal computers*. Version 6. SAS Instute Inc. SAS Instute, Cary, NC, USA.

SANOU, J. ; 1985 Etude multilocale de huit variétés de maïs au Burkina Faso : Propositions au Développement. Mémoire de fin d'étude, IDR. 146p.

SANOU, J. ; 1991 : Sélection du maïs (*Zea mays* L.) pour la résistance à la sécheresse. Synthèse bibliographique, ENSA Montpellier. 17p.

SANOU, J. ; 1996 : Analyse de la variabilité génétique des cultivars locaux de maïs de la zone de savane Ouest Africain en vue de sa gestion et de son utilisation. Thèse Doctorat, ENSA Montpellier. 98 p + annexes.

SANOU, J. ; 1997 : Estimation de la variance phénotypique, génétique et environnementale dans une collection testée. CNRST/IN.E.R.A. -8p.

SARR, A. ; 1975 : Modèle d'étude d'une structure de population : Analyse de la variabilité génétique de populations "naturelles" de maïs (*Zea mays* L.) du Sénégal. Thèse de Docteur-Ingénieur. Université de Paris-Sud. 155p.

SANOU, J., 1993 : Choisir sa variété de maïs au Burkina. CNRST/IN.E.R.A. 26p.

SINCLAIR, T.R., BENNETT, J.M., and MUCHOW, R.C. ; 1990 : Relative sensitivity of grain yield biomass accumulation to drought tolerance in field grown maize. *Crop Sci.*, 30 : 690-693.



SIVAKUMAR M.V.K. et GNOUMOU : 1987 : Agroclimatologie de l'Afrique de l'Ouest : Le Burkina Faso. ICRISAT, Bulletin d'information n°23.

SOBRADO, M.P. ; 1987 : Leaf rolling : a visual indicator of water deficit in corn (*Zea mays* L.) *Maydica* 32 : 9-18.

SOME, L. ; 1989 : Diagnostic agroclimatique du risque de sécheresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques agronomiques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho, de mil, et de maïs. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II. Sciences et techniques du Languedoc. 312p.

TESHA A.J. ; 1991 : Testing for drought resistance in maize cultivars grown in Tanzania. *Influence du climat sur la production des cultures tropicales*. Compte rendu du Séminaire régional organisé par la Fondation International pour la Science (IFS) et le Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA), Ouagadougou, B.F. 219-224.

TOLLENAAR, M. ; 1989 : Response of dry matter accumulation in maize to temperature. *Crop Sci.* 29 : 1275-1279.

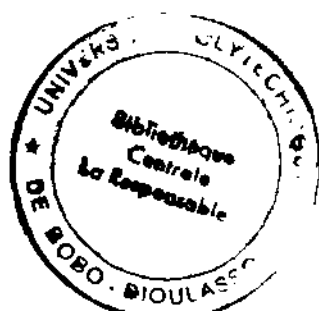
TRAORE, N.S. ; 1997 : Etude bioécologique des cicadelles du genre *Cicadulina* (Homoptera, Cicadellidae), vectrices de la striure du maïs au Burkina Faso. Implications épidémiologiques. Thèse de Doctorat d'Etat. UNCI. 248p.

TROYER, A.F. ; 1990 : Selection for early flowering in corn : three adapted synthetics. *Crop Sci.* 29 : 283-285.

WERY, J. ; 1987 : Adaptation des plantes cultivées au déficit hydrique. Cours UB 4 (maîtrise de l'eau et du bioclimat). ENSA Montpellier.

WESTGATE, M.E., and BOYER, J.S. ; 1986 : Silk and pollen water potentials in maize. *Crop Sci.* 26 : 951-956.

WILLET, F., 1962 : The introduction of maize into West Africa : an assessment of recent evidence. *Africa journal of the International Africa Institut*, 32 (1) : 1-13.



*ANNEXES*

## ANNEXE 1 : Caractères agromorphologiques de l'étude

Code	Définition	Réalisation
FM	Floraison mâle à 50 %	Nombre de jour du semis à l'émission de pollen par 50 % de plantes
FF	Floraison femelle à 50 %	Nombre de jour du semis à l'apparition des soies chez 50 % des plantes
HP	Hauteur de plantes	Mesure en cm de la base de la tige à la base du noeud de la panicule
HIE	Hauteur d'insertion de l'épi	Mesure en cm de la base de la tige à la base du noeud de l'épi principal
FSE	Feuilles supérieures à l'épi	Comptage
NE	Nombre d'épi par plante	Comptage
RC	Nombre de niveau de racines coronaires visibles	Comptage
HEL	Helminthosporiose	Notation sur une échelle de 1 à 5
CURV	Curvulariose	Notation sur une échelle de 1 à 5
PE	Poids épis	Pesage des épis récoltés par parcelle
NR	Nombre de rang	Comptage du nombre de lignes par épi
NGR	Nombre de grain par rang	Comptage du nombre de grain sur un rang
LE	Longueur de l'épi	Mesure en cm de la base à l'extrémité de l'épi
ASI	Différence floraison mâle - floraison femelle	Nombre de jours entre la floraison mâle et la floraison femelle
SNF	Sénescence des feuilles	Notation sur une échelle de 1 à 10
RP	Reprise des Plantes	Notation sur une échelle de 1 à 5
Rdt	Rendement en grain à 15% d'humidité	Estimation à partir de la production de la parcelle utile (t/ha)

## ANNEXE 2 : Calendriers des opérations culturales

### VALLEE DU KOU

Essais	Semis	Herbicide	NPK+K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Urée1	Sarclage1	Urée2	Début stress hydrique	Fin du stress hydrique
Lignées DR1	13-01-00	15-01-00	24-01-00	09-02-00	25-02-00	03-03-00	03-03-00	27-03-00
Lignées DR2	13-01-00	15-01-00	24-01-00	09-02-00	25-02-00	26-02-00	25-02-00	27-03-00
Lignées DR3	13-01-00	15-01-00	24-01-00	09-02-00	25-02-00	26-02-00	25-02-00	27-03-00
Lignées DR4	13-01-00	16-01-00	24-01-00	09-02-00	25-02-00	26-03-00	25-02-00	27-03-00
Extra précoces	13-01-00	16-01-00	24-01-00	09-02-00	25-02-00	26-02-00	25-02-00	27-03-00
Précoces	13-01-00	16-01-00	24-01-00	09-03-00	25-02-00	03-03-00	03-03-00	27-03-00

### A Farako-bâ

Essais	Semis	NPK+K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Urée I	Urée II	Récolte
Lignées DR1	17-07-99	2-08-99	21-08-99	09-09-99	19-11-99
Lignées DR2	17-07-99	2-08-99	21-08-99	09-09-99	4-11-99
Lignées DR3	19-07-99	2-08-99	23-08-99	09-09-99	4-11-99
Lignées DR4	19-07-99	2-08-99	23-08-99	11-09-99	4-11-99

**ANNEXE 3 : Disposition des essais**

Annexe 3-1 : Vallée du Kou

(EP - Extra précoces, P - Précoces)

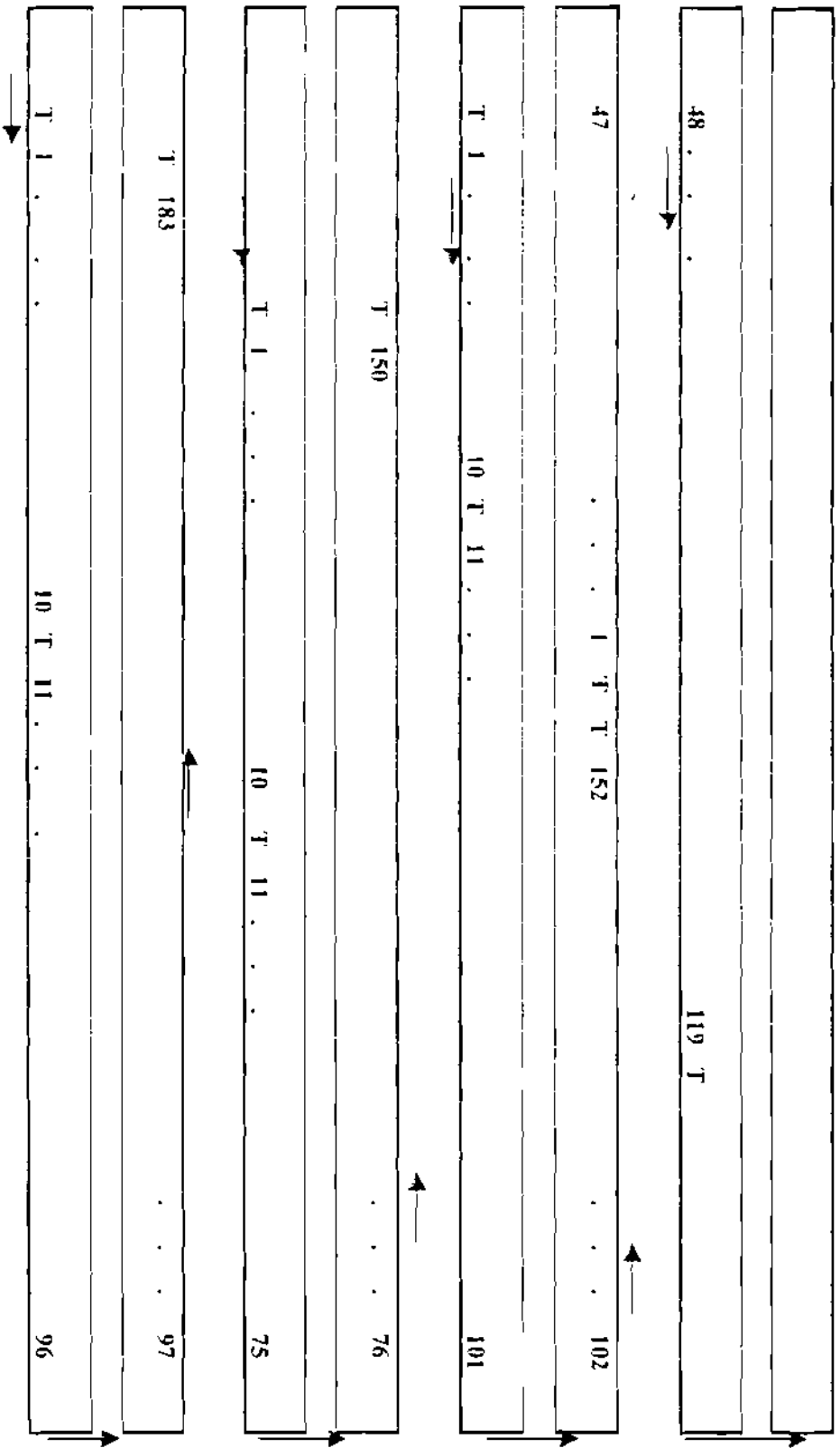
<b>T0</b>	301      333	301      340	301    323	309      414	301              344	310      414
	233      201	240      201	223    201	308      205	244              201	309      206
	101      133	101      140	101    123	101      204	101              144	101      205
	<b>DR2</b>	<b>DR3</b>	<b>DR4</b>	<b>EP</b>	<b>DR1</b>	<b>P</b>

**Z  
O  
N  
E**

**T  
A  
M  
P  
O  
N**

<b>Ts</b>	301      333	301      340	301    323	309      414	301              344	310      414
	233      201	240      201	223    201	308      205	244              201	309      206
	101      133	101      140	101    123	101      204	101              144	101      205
	<b>DR2</b>	<b>DR3</b>	<b>DR4</b>	<b>EP</b>	<b>DR1</b>	<b>P</b>

Annexe 3-2 : Disposition des essais de Farako-bâ



Dispositifs de type "collection testée"

→ : Sens de marche de l'observateur.  
 T = Témoins

**ANNEXE 4 : Relation entre les axes de l'analyse en composantes principales et les variables.**

**1 : Essais Vallée du Kou.**

**Les lignées DR1**

	AXE1	AXE2	AXE3	AXE4
ASI	-0.290201	0.446442	-0.200845	0.516108
HP1	0.233032	0.588643	0.275905	-0.285290
HP2	0.402000	0.169520	0.032637	-0.330388
HP3	0.395373	0.234439	-0.188755	0.161814
HIE	0.350559	0.372842	-0.101566	0.368047
SNF1	-0.323392	0.345975	0.072635	-0.518870
SNF2	-0.399867	0.223595	0.115227	0.101515
SNF3	-0.381214	0.233148	0.129079	0.011506
RP	0.104233	-0.086181	0.895162	0.319030

**Les lignées DR2**

	AXE1	AXE2	AXE3	AXE4
ASI	0.354012	0.198926	-0.017075	0.775998
HP1	-0.239169	0.672855	0.250903	-0.153866
HP2	-0.314174	0.278904	0.609877	0.251469
HP3	-0.366968	0.088387	-0.130705	-0.218329
HIE	-0.265354	0.455683	-0.733810	0.163077
SNF1	0.356217	0.246514	0.056226	-0.127269
SNF2	0.361447	0.226499	0.057736	-0.307549
SNF3	0.358873	0.236053	-0.044271	-0.352695
RP	0.356884	0.216001	-0.028112	0.038434

**Les lignées DR3**

	AXE1	AXE2	AXE3	AXE4
ASI	0.315762	0.142212	0.476520	-0.728155
HP1	-0.281528	0.446144	0.531801	0.311530
HP2	-0.359062	0.189994	0.340129	0.155627
HP3	-0.363719	0.218263	-0.057482	-0.057001
HIE	-0.194380	0.669317	-0.546780	-0.353057
SNF1	0.360418	0.240202	-0.143640	0.322799
SNF2	0.376151	0.233001	-0.062171	0.200688
SNF3	0.369199	0.243699	-0.011829	0.274637
RP	0.338137	0.278628	0.217989	-0.026852

## Les lignées DR4

	AXE1	AXE2	AXE3	AXE4
ASI	0.340861	0.086763	0.108726	0.701035
HP1	-.282094	0.729250	-.189290	0.198932
HP2	-.331380	0.412412	-.202941	0.075009
HP3	-.349763	0.010073	0.346454	-.020630
HIE	-.326332	0.094999	0.795635	-.072673
SNF1	0.343794	0.218664	0.221031	0.149471
SNF2	0.347058	0.206974	0.272075	-.001502
SNF3	0.346543	0.224734	0.184486	-.073413
RP	0.326897	0.374566	-.034378	-.655674

## Les cultivars extra précoces

	AXE1	AXE2	AXE3	AXE4
ASI	0.366675	0.053637	0.104336	0.634161
HP1	-.237708	-.545099	0.507592	0.354620
HP2	-.327134	-.363867	0.313682	-.149356
HP3	-.318034	0.382190	0.411284	-.020257
HIE	-.243681	0.625784	0.380253	0.015271
SNF1	0.369817	0.051238	0.291167	0.073202
SNF2	0.374179	0.057673	0.273820	0.056729
SNF3	0.379701	0.044130	0.213644	-.048089
RP	0.347210	-.148380	0.337397	-.662001

## Les cultivars précoces

	AXE1	AXE2	AXE3	AXE4
ASI	0.346862	0.368704	0.036682	0.765003
HP1	-.288697	0.797996	-.010358	-.326521
HP2	-.391278	0.125978	-.062059	-.025747
HP3	-.382909	-.106482	0.312500	0.174994
HIE	-.330818	0.074982	0.710613	0.254476
SNF1	0.355122	0.016079	0.504667	-.441147
SNF2	0.379686	-.051442	0.370349	-.125676
RP	0.341921	0.437634	-.014880	-.041296



## 2 : Les essais de Farako-bâ

### Les lignées DR1

	AXE1	AXE2	AXE3	AXE4
NE	-.028369	0.413369	0.722461	-.102698
RC	0.380941	0.014818	-.024647	-.054625
HIE	-.287431	0.276433	-.312715	0.253141
FSE	0.344734	0.079896	-.059386	-.109571
LE	0.066292	0.508659	0.282302	0.417519
NR	0.352978	0.095627	-.131952	-.003749
NGR	0.355621	0.184226	-.097024	0.146356
FM	-.379339	-.031585	0.051934	0.038533
PE	-.123032	0.515216	-.488019	0.173074
PG5E	0.357354	0.041464	-.070349	0.038312
HEL	0.070128	-.418750	0.153956	0.824467
CURV	0.324826	-.027828	-.009729	0.044419

### Les lignées DR2

	AXE1	AXE2	AXE3	AXE4
NE	0.136256	-.256302	0.055517	0.616720
RC	-.002332	0.473501	0.211426	0.180171
HIE	0.192951	-.389105	0.112397	0.204886
FSE	0.141246	0.231769	0.387766	0.318638
LE	-.481990	-.058503	0.062288	0.122433
NR	0.277121	0.251963	-.471162	0.271974
NGR	0.418994	0.189716	0.240546	0.014113
FM	0.440666	-.172422	0.016897	-.289179
PE	-.261658	0.166625	-.236916	-.241493
PG5E	-.408203	-.132273	0.093744	0.353339
HEL	0.064152	0.152600	-.639718	0.295965
CURV	-.078645	0.551190	0.176192	0.011858

### Les lignées DR3

	AXE1	AXE2	AXE3	AXE4
NE	0.059861	-0.104986	0.287834	0.631670
RC	0.124933	-0.294332	0.401543	0.031067
HIE	0.290277	-0.041182	0.349020	0.269520
FSE	0.298259	0.032986	0.213906	-0.297548
LE	0.475886	0.010829	-0.093722	-0.229522
NR	0.107681	0.417644	-0.375338	0.151872
NGR	0.438798	0.041326	-0.185531	-0.149546
FM	-0.033518	-0.095793	0.425163	-0.536651
PE	0.451149	0.105400	0.102015	0.196278
PG5E	0.402696	0.026379	-0.137124	0.042075
HEL	-0.074764	0.620074	0.230559	-0.098548
CURV	-0.067603	0.563771	0.375670	0.052352

### Les lignées DR4

	AXE1	AXE2	AXE3	AXE4
NE	-0.071695	0.128063	0.324883	0.255748
RC	-0.067591	0.256496	0.505306	0.239188
HIE	-0.117953	0.235764	0.489236	-0.291372
FSE	-0.160708	0.200510	0.313712	0.179205
LE	0.369811	-0.233113	0.365765	-0.186492
NR	-0.380041	0.233059	-0.155173	0.133681
NGR	-0.261629	0.311498	0.036519	-0.318748
FM	-0.349379	-0.430214	0.213903	0.033606
PE	0.401642	0.079963	0.159145	-0.474137
PG5E	0.302016	0.360284	-0.092819	0.440286
HEL	0.123505	-0.485843	0.248761	0.388388
CURV	0.459412	0.242908	-0.023917	0.188380

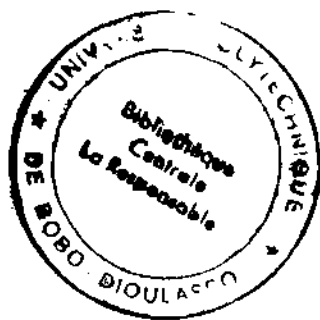
**ANNEXE 5 : Données moyennes des essais de Farako-bâ :**

- **lignées DR1**
- **lignées DR2**
- **lignées DR3**
- **lignées DR4**

## Données moyennes des lignes DR4

Geno	NE	NE	NE	FSE	LE	NR	NGR	FM	PE	PGSE	HEL	CURV
1	1,0	2,0	3,0	7,2	14,0	13,6	30,6	54	2	0,2	3,5	3
2	1,0	2,0	3,0	6,9	11,0	12,8	25,6	51	1,9	0,4	2	1,5
3	1,0	2,0	3,0	6,4	9,3	14,8	23,6	51	1,5	0,3	2	1,5
4	1,2	2,2	3,2	6,8	13,8	13,6	32,6	51	3,2	0,5	1,5	1
5	1,0	2,0	3,0	6,6	9,4	13,0	21,2	49	0,5	0,2	3,5	2
6	1,2	2,2	3,2	7,2	6,4	15,0	14,6	50	0,4	0,1	3,5	4
7	1,0	2,0	3,0	6,2	10,6	13,2	27,0	48	0,8	0,1	3,5	3
8	1,0	2,0	3,0	7,2	10,2	13,2	25,6	54	0,6	0,2	4	3,5
9	2,0	3,0	4,0	6,4	12,5	12,0	25,8	63	0,6	0,1	3,5	3,5
10	1,0	2,0	3,0	6,6	3,2	14,8	22,2	48	0,5	0,1	4,5	3,5
11	1,2	2,2	3,2	7,5	11,3	14,0	29,0	57	2	0,1	2	2
12	1,2	2,2	3,2	6,4	10,5	13,2	24,2	51	0,8	0,2	4	4
13	1,2	2,0	3,0	5,6	11,6	13,6	23,3	51	0,5	0,2	5	4
14	1,0	2,0	3,0	7,0	11,0	14,4	24,8	54	0,9	0,3	4	3,5
15	1,4	2,4	3,4	7,2	10,3	13,5	20,3	51	1,2	0,3	2	2
16	1,0	2,0	3,0	5,8	9,4	12,8	19,8	51	0,9	0,2	3,5	4
17	1,0	2,0	3,0	5,4	11,5	15,6	25,6	51	1,8	0,4	3,5	4,5
18	1,0	2,0	3,0	5,2	8,2	14,0	16,4	54	0,5	0,1	2	2,5
19	1,0	2,0	3,0	5,5	7,0	14,3	15,0	49	0,7	0,3	2	2
20	1,2	2,2	3,2	8,0	6,4	16,0	18,0	50	0,3	0,1	3,5	4,5
21	1,0	2,0	3,0	5,2	11,4	13,6	27,0	50	1,3	0,3	4	4,5
22	1,2	2,2	3,2	7,0	8,3	10,5	22,5	51	0,4	0,2	3,5	3,5
23	1,0	2,0	3,0	6,8	9,2	12,0	17,5	57	0,3	0,2	4	3
24	1,2	2,2	3,2	6,6	12,4	13,2	32,2	48	2,4	0,4	4	4,5
25	1,0	2,0	3,0	6,6	11,0	13,0	25,5	48	1,4	0,3	3,5	3
26	1,2	2,2	3,2	6,8	7,7	14,8	26,2	51	1	0,4	3,5	3,5
27	1,0	2,0	3,0	6,8	5,7	10,5	14,8	51	0,6	0,2	3	4,5
28	1,0	2,0	3,0	7,0	7,0	10,0	18,0	57	0,6	0,2	4	4,5
29	1,0	2,0	3,0	5,0	6,8	10,3	25,6	48	0,5	0,2	5	4
30	1,0	2,0	3,0	7,2	5,5	12,5	21,0	59	0,8	0,2	4	3
31	1,0	2,0	3,0	7,0	9,2	15,5	24,4	51	0,8	0,2	3,5	4
32	1,0	2,0	3,0	6,2	7,4	11,5	20,6	0	0,2	0,2	4,5	4
33	1,0	2,0	3,0	6,2	12,3	13,6	31,2	50	1,9	0,4	3,5	4,5
34	1,0	2,0	3,0	6,2	7,7	11,3	22,0	50	0,3	0,2	5	4
35	1,0	2,0	3,0	6,8	9,5	13,5	22,2	57	0,5	0,2	4,5	5
36	1,0	2,0	3,0	6,0	8,6	15,0	26,0	62	0,5	0,1	2	2,5
37	1,2	2,2	3,2	6,0	9,4	12,0	25,6	51	0,9	0,3	4	4
38	1,8	2,8	3,8	7,2	9,8	14,0	25,3	51	1	0,2	4,5	3,5
39	1,0	2,0	3,0	6,8	7,2	13,2	21,4	54	0,4	0,1	4	3
40	1,0	2,0	3,0	7,6	9,8	10,8	29,6	55	0,8	0,1	3,5	2,5
41	1,4	2,4	3,4	6,8	9,4	13,2	28,6	56	1,1	0,2	3	4
42	1,0	2,0	3,0	7,0	10,2	12,4	25,0	51	0,8	0,2	4	4,5
43	1,0	2,0	3,0	7,6	9,8	13,0	25,0	56	0,6	0,2	3,5	3
44	1,0	2,0	3,0	6,6	8,3	13,0	20,8	58	0,6	0,1	3,5	4
45	1,0	2,0	3,0	7,0	9,2	15,2	23,2	51	1,2	0,2	3,5	3,5
46	1,0	2,0	3,0	5,8	0,0	0,0	0,0	58	0,2	0	5	3
47	1,0	2,0	3,0	6,0	5,9	11,0	16,3	51	0	0	5	3,5
48	1,0	2,0	3,0	6,4	11,8	12,8	32,0	50	0,8	0,3	4	4,5
49	1,0	2,0	3,0	6,8	11,2	14,4	24,4	54	0,8	0,3	4	4
50	1,0	2,0	3,0	5,8	7,2	12,0	23,4	54	0,4	0,2	4,5	4
51	1,0	2,0	3,0	6,6	9,5	13,4	27,6	54	0,7	0,2	2	2,5
52	1,2	2,2	3,2	6,8	8,8	15,0	20,0	54	0,5	0,2	4,5	4
53	1,0	2,0	3,0	6,0	10,7	12,0	26,2	50	0,6	0,2	5	3
54	1,0	2,0	3,0	6,0	9,3	11,0	24,0	49	0,3	0,1	5	3,5
55	1,0	2,0	3,0	7,4	9,2	14,8	22,6	55	1,1	0,2	3,5	3
56	1,0	2,0	3,0	6,8	8,2	13,0	23,4	56	0,8	0,2	4	4
57	1,0	2,0	3,0	7,6	8,8	13,3	21,7	51	0,2	0,2	4,5	4,5
58	1,0	2,0	3,0	6,2	7,2	10,0	17,7	51	0,2	0,2	4,5	4
59	1,0	2,0	3,0	6,8	10,2	14,4	25,8	56	1,2	0,3	2	2
60	1,0	2,0	3,0	6,4	12,3	14,8	32,6	51	2,4	0,4	2	2
61	1,4	2,4	3,4	6,8	8,9	10,0	22,0	57	0,8	0,2	3,5	3,5
62	1,0	2,0	3,0	7,8	10,1	12,4	26,0	58	1,2	0,2	3,5	4
63	1,0	2,0	3,0	6,4	6,7	14,5	18,2	50	0,3	0,1	5	3
64	1,0	2,0	3,0	6,4	11,1	12,4	31,2	50	2,2	0,3	2	2
65	1,0	2,0	3,0	8,6	10,6	10,8	21,4	49	0,4	0,3	5	3
66	1,0	2,0	3,0	6,8	11,5	14,8	31,6	51	1,6	0,3	3,5	3,5
67	1,0	2,0	3,0	5,8	10,0	15,2	25,4	50	1,2	0,3	2	2
68	1,0	2,0	3,0	5,6	9,4	12,0	22,2	50	0,6	0,2	3,5	4,5
69	1,0	2,0	3,0	5,8	11,4	10,5	29,3	50	0,6	0,2	4	4,5
70	1,0	2,0	3,0	6,8	12,3	13,5	35,2	50	2,2	0,3	4	4
71	1,2	2,2	3,2	7,6	11,9	14,0	34,4	54	0,8	0,4	3,5	3,5
72	1,0	2,0	3,0	6,6	12,9	13,6	34,0	49	1,6	0,4	2	1,5
73	1,6	2,6	3,6	6,2	10,2	13,6	26,0	50	0,8	0,2	3,5	3
74	1,0	2,0	3,0	7,6	12,3	14,0	28,4	54	1,1	0,3	4	4
75	1,0	2,0	3,0	6,8	11,7	11,2	25,4	55	0,9	0,2	4,5	3,5
76	1,0	2,0	3,0	6,2	10,4	13,2	26,6	50	0,6	0,3	5	4,5

Geno	NE	NE	NE	FSE	LE	NR	NGR	FM	PE	PGSE	HELCURV
77	1,0	2,0	3,0	5,6	3,5	14,0	23,2	50	0,6	0,2	4,5 3,5
78	1,0	2,0	3,0	5,4	3,6	12,0	22,3	56	1	0,1	2 2
79	1,0	2,0	3,0	5,6	3,6	11,6	23,6	54	0,8	0,2	3,5 3,5
80	1,0	2,0	3,0	5,6	10,0	13,2	27,2	49	0,7	0,3	4 3
81	1,2	2,2	3,2	6,4	11,1	12,4	29,6	55	0,9	0,2	3,5 4,5
82	1,0	2,0	3,0	5,6	3,9	13,2	24,2	50	0,3	0,1	4,5 3,5
83	1,0	2,0	3,0	5,0	11,2	13,6	28,8	50	0,5	0,3	4,5 3,5
84	1,0	2,0	3,0	5,8	0,0	0,0	9,0	55	0	0	4,5 3
85	1,0	2,0	3,0	5,4	11,6	13,6	23,6	49	1	0,1	4 2,5
86	1,0	2,0	3,0	5,4	8,3	13,0	15,6	49	0,3	0,1	4 4
87	1,0	2,0	3,0	6,0	9,3	12,4	23,4	54	0,4	0,2	4,5 4
88	1,0	2,0	3,0	6,0	9,1	11,6	25,4	50	0,6	0,1	3,5 3
89	1,0	2,0	3,0	7,2	10,3	14,4	22,6	50	0,8	0,1	4 3,5
90	1,0	2,0	3,0	5,6	10,7	13,2	23,6	56	1	0,1	3,5 3
91	1,0	2,0	3,0	5,8	14,0	12,0	34,4	51	3	0,2	2 1,5
92	1,0	2,0	3,0	7,6	11,6	12,3	24,6	51	0,6	0,2	3 2,5
93	1,0	2,0	3,0	7,2	9,7	11,2	20,4	54	0,9	0,1	3,5 3
94	1,2	2,2	3,2	6,3	11,6	13,6	29,2	51	0,7	0,3	2 1,5
95	1,0	2,0	3,0	7,2	13,6	11,2	26,8	56	0,6	0,1	4 3
96	1,0	2,0	3,0	5,4	8,9	10,4	21,2	50	0,6	0,2	4,5 2,5
97	1,0	2,0	3,0	6,4	11,8	14,4	26,6	55	1	0,3	2 1,5
98	1,0	2,0	3,0	7,2	8,9	14,4	24,0	51	1,1	0,2	3 2,5
99	1,0	2,0	3,0	6,8	9,3	14,0	17,2	51	0,6	0,2	2 2
100	1,0	2,0	3,0	6,4	8,7	12,8	20,8	49	0,4	0,2	3,5 3,5
101	1,0	2,0	3,0	6,2	10,0	11,6	21,4	51	0,6	0,2	3,5 3
102	1,0	2,0	3,0	6,8	10,6	13,6	26,0	54	2	0,2	3,5 3,5
103	1,2	2,2	3,2	5,8	10,0	10,4	25,0	50	0,6	0,2	3 3,5
104	1,4	2,4	3,4	8,0	8,5	12,8	21,8	51	0,4	0,2	3,5 3,5
105	1,0	2,0	3,0	7,2	11,4	13,6	28,6	50	2	0,4	3 4
106	1,0	2,0	3,0	6,8	9,9	13,6	23,8	64	0,9	0,2	3 2,5
107	1,0	2,0	3,0	6,2	8,2	10,8	21,2	56	1,3	0,3	3 2,5
109	1,0	2,0	3,0	6,2	8,7	14,8	23,6	57	0,8	0,2	3,5 2,5
110	1,0	2,0	3,0	5,8	10,9	11,6	24,2	54	1	0,3	3,5 3
111	1,0	2,0	3,0	6,8	10,4	11,2	24,6	56	0,8	0,2	3,5 3,5
112	1,0	2,0	3,0	7,2	9,8	11,0	25,6	56	0,8	0,3	3,5 3
113	1,0	2,0	3,0	6,0	9,6	13,2	22,6	55	0,2	0,1	3 3,5
114	1,0	2,0	3,0	5,8	9,0	13,6	17,6	55	0,3	0,2	3,5 2
115	1,0	2,0	3,0	5,4	7,7	13,2	17,4	51	0,3	0,1	4 2,5
116	1,0	2,0	3,0	5,8	9,1	10,4	21,0	50	0,2	0,1	4 3
117	1,0	2,0	3,0	5,6	12,6	13,6	27,0	56	1,1	0,3	3,5 3
118	1,0	2,0	3,0	6,2	10,2	13,6	16,6	51	0,8	0,2	2 2
119	1,0	2,0	3,0	6,8	9,8	15,2	22,2	50	0,6	0,2	4 3,5



## Donnees moyennes des lignes DR3

Geno	NE	RC	HIE	FSE	LE	NR	NGR	FM	PE	PG5E	HEL	CURV
1	1.0	0.2	53.0	6.4	8.2	14.0	22.0	51	0.7	0.2	1.5	2
2	1.0	1.4	55.0	6.2	5.7	12.0	14.8	57	0.4	0.2	2	2
3	1.2	0.0	35.0	5.4	6.7	13.2	23.8	57	0.4	0.3	5	2.5
4	1.0	0.2	59.0	6.8	8.1	13.6	27.0	62	0.6	0.3	3	4
5	1.0	0.4	49.0	6.9	8.7	14.4	25.8	54	1.2	0.4	4.5	2.5
6	1.0	1.2	61.0	7.0	11.8	14.4	32.0	55	1.4	0.4	2	2.5
7	1.0	0.2	39.0	5.8	8.6	14.8	26.2	48	1	0.2	2	2
8	1.0	0.0	23.0	4.8	7.7	13.0	24.0	49	0.4	0.1	4	3
9	1.0	1.0	56.0	6.4	8.2	12.0	22.8	54	0.3	0.1	4.5	4
10	0.8	0.4	26.0	6.4	8.1	14.8	20.4	55	0.5	0.2	4	3
11	1.2	0.0	53.0	6.2	11.5	14.0	32.0	55	0.7	0.2	1	3
12	1.0	0.0	66.0	7.0	8.5	15.6	23.0	57	1.5	0.2	3	4
13	1.2	0.4	78.0	6.8	9.6	14.0	26.8	54	1.2	0.2	4.5	4.5
14	1.2	0.0	50.0	6.6	9.3	13.2	27.8	50	0.7	0.2	2.5	1
15	1.2	0.2	61.0	6.2	11.1	13.2	38.2	54	1.2	0.2	2.5	1
16	1.0	0.4	58.0	7.4	11.6	16.8	30.6	53	1.1	0.4	4.5	2.5
17	1.2	0.4	54.0	6.2	7.7	11.6	22.4	50	0.6	0.2	2.5	1
18	1.0	0.8	61.0	6.2	8.9	14.4	24.4	55	0.8	0.3	3	2.5
19	1.0	0.4	47.0	6.6	7.8	12.8	20.4	54	0.6	0.2	5	4
20	1.0	0.0	35.0	6.6	8.0	13.6	21.8	50	1	0.2	2.5	5
21	1.0	0.3	51.0	7.4	8.5	15.2	21.4	56	0.6	0.3	5	4
22	1.0	0.4	61.0	7.0	8.8	14.0	20.6	54	1	0.3	1.5	2
23	1.0	0.8	60.0	6.2	9.5	12.8	19.4	56	0.8	0.2	1	2.5
24	1.0	0.4	55.0	7.4	11.8	11.2	28.8	50	1	0.2	4.5	3
25	1.6	0.4	38.0	6.4	9.6	14.0	23.8	50	0.8	0.2	2	1
26	1.0	0.2	39.0	5.8	10.4	16.4	22.4	52	0.8	0.3	4	5
27	1.0	0.6	44.0	6.6	9.9	14.4	25.4	54	1	0.3	2.5	1
28	1.0	0.6	58.0	6.4	10.5	11.6	24.6	52	1.3	0.3	2	2
29	1.0	0.0	32.0	6.8	0.0	0.0	0.0	59	0	0	5	4
30	1.0	0.4	45.0	6.2	8.5	13.2	21.6	54	1.4	0.3	1	1.5
31	1.0	0.6	49.0	6.8	11.7	13.2	20.8	54	0.8	0.3	4	2.5
32	1.0	0.0	50.0	6.6	10.7	11.6	25.2	56	0.8	0.4	2	2
33	1.0	0.6	30.0	6.6	7.0	16.0	15.4	50	0.5	0.2	4.5	3
34	1.0	1.0	53.0	7.2	10.5	11.6	30.2	59	1.6	0.3	4	2.5
35	1.0	0.2	38.0	6.4	9.6	14.4	25.8	52	0.4	0.3	2.5	1
36	1.2	0.2	48.0	6.4	8.1	11.6	19.8	60	0.6	0.2	2	2
37	1.0	0.4	50.0	6.6	8.8	11.6	23.4	57	0.5	0.3	2	2
38	1.0	0.0	38.0	6.4	9.8	13.2	24.0	57	1	0.3	2.5	1.5
39	1.0	0.6	57.0	6.0	8.7	11.6	21.0	59	0.6	0.2	4	4
40	1.0	0.2	60.0	6.8	10.7	11.6	25.2	49	0.6	0.2	4.5	4
41	1.0	0.4	45.0	6.2	9.0	10.0	25.2	52	0.4	0.2	2.5	1.5
42	1.2	0.0	32.0	6.8	0.0	0.0	0.0	56	0.3	0	4	4
43	1.0	0.6	51.0	7.2	12.2	12.8	28.0	64	1.3	0.4	2.5	3
44	1.0	0.2	38.0	7.0	10.0	12.0	23.2	57	0.8	0.3	2	1
45	1.4	1.6	49.0	7.0	8.6	12.4	22.4	57	1.1	0.3	4	4.5
46	1.2	0.6	94.0	7.0	8.5	12.8	23.2	56	1	0.3	4	2.5
47	1.0	0.0	34.0	6.4	7.9	14.4	20.8	51	0.4	0.2	5	3
48	1.0	0.4	41.0	6.0	8.5	11.6	24.0	50	0.4	0.2	2.5	1.5
49	1.0	1.2	64.0	7.0	9.2	12.7	28.7	57	0.4	0.2	2	1
50	1.0	0.8	40.0	6.8	10.0	11.6	27.0	56	0.7	0.1	4	3
51	1.0	0.8	55.0	6.4	9.1	14.4	23.4	50	0.8	0.2	4.5	2
52	1.2	0.6	59.0	6.4	6.9	13.6	16.2	52	0.5	0.2	4.5	4
53	1.0	0.4	59.0	5.8	9.7	14.0	21.8	51	1.7	0.3	4.5	4
55	1.0	0.6	41.0	7.2	9.4	12.5	21.3	57	0.7	0.3	4.5	4
56	1.0	0.4	45.0	6.6	9.1	13.2	25.4	0	0.6	0.4	2	2
57	1.0	0.4	40.0	7.0	10.4	14.4	25.0	52	1.3	0.3	2	2
58	1.2	1.2	61.0	7.0	10.6	14.4	22.8	50	0.6	0.2	2.5	2
59	1.2	0.6	59.0	7.4	9.3	14.4	24.2	50	1.4	0.4	2	1.5
60	1.0	1.8	66.0	8.0	10.7	12.8	27.2	54	2.4	0.3	3	2.5
61	1.0	0.0	33.0	6.0	9.2	14.7	26.0	51	0.7	0.3	4.5	4
62	1.0	0.8	41.0	6.8	11.6	12.8	27.6	50	0.8	0.3	2	1
63	1.0	0.0	36.0	6.6	9.8	12.0	23.0	56	0.9	0.4	1.5	2
64	1.0	1.0	53.0	6.2	8.6	12.8	24.0	57	0.5	0.2	1.5	1.5
65	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52	0.4	0.2	5	2.5
66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	5	3
67	1.0	0.0	47.0	6.4	10.7	16.8	28.6	52	0.7	0.3	5	2.5
68	1.0	0.2	32.0	6.4	9.3	13.6	27.6	56	0.4	0.2	2.5	2.5
69	1.0	0.8	37.0	6.4	8.4	12.4	20.0	56	0.6	0.2	2.5	1.5
70	1.0	0.0	54.0	6.6	9.4	13.6	28.0	57	0.9	0.2	2	1
71	1.2	0.0	44.0	7.2	9.9	14.4	24.4	57	1	0.3	4	4.5
72	1.0	0.4	36.0	7.0	11.0	11.6	25.2	57	0.9	0.2	2	2
73	1.4	0.2	61.0	6.4	8.2	12.8	19.6	50	0.6	0.1	4.5	3
74	1.2	0.2	50.0	6.0	11.7	14.0	30.5	52	0.8	0.3	2.5	2.5
75	1.0	0.0	62.0	6.6	9.5	14.0	26.8	50	0.5	0.3	5	2.5
76	1.0	0.0	45.0	6.6	9.5	17.2	23.3	50	0.8	0.2	4.5	3
77	1.0	0.8	31.0	6.6	9.8	12.2	22.8	56	0.5	0.2	2.5	1.5

Gene	NE	RC	HE	FSE	LE	NR	NGR	FM	PE	PGSE	HEL	CURV
73	1.2	0.2	45.0	6.8	8.4	15.4	23.0	57	0.9	0.3	2.5	3
79	1.0	0.2	34.0	6.8	6.9	14.0	17.4	52	0.8	0.2	2.5	4.5
80	1.0	0.0	32.0	6.2	7.5	11.2	20.4	54	0.6	0.2	2	1.5
81	1.0	0.5	39.0	6.0	5.7	14.0	13.4	52	0.2	0.1	5	4
82	1.0	0.6	52.0	7.2	9.4	9.6	15.4	57	0.7	0.2	1	2.5
83	1.0	0.2	33.0	6.2	7.0	12.0	20.8	57	0.5	0.2	4	4
84	1.2	1.0	40.0	6.0	7.2	10.0	23.0	58	0.4	0.1	2	1.5
85	1.4	1.2	54.0	6.0	11.2	11.2	27.3	63	0.5	0.3	3	2.5
86	1.0	0.4	50.0	6.6	8.7	12.8	21.8	59	0.4	0.1	4	2.5
87	1.0	0.0	36.0	5.8	5.5	14.0	20.0	0	0	0	4.5	2.5
88	1.0	0.0	27.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	5	0
89	1.0	0.0	30.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0	0	0	5	0
90	1.0	0.2	43.0	7.0	8.8	16.4	24.6	58	0.3	0.2	5	4
91	1.0	0.0	31.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0	0.1	0	4.5	3
92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0
93	1.0	0.0	28.0	5.8	6.7	11.2	17.6	59	0	0	4	4.5
94	1.0	0.0	23.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0	0	0	4	3
95	1.0	0.0	23.0	5.4	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0
96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0
97	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0
98	1.0	0.0	23.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0
99	1.2	0.2	29.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	1.5	3
100	1.0	0.3	26.3	5.5	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0
101	1.0	0.0	24.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0	0	0	4	2
102	1.0	0.0	33.0	6.6	0.0	0.0	0.0	0	0.1	0	5	2.5
103	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	5	2.5
104	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	0	0
105	1.0	0.0	23.0	5.6	0.0	0.0	0.0	57	0	0	4.5	2.5
106	1.0	0.0	45.0	6.4	9.5	13.6	23.0	65	0.2	0.1	4	2
107	1.0	0.4	45.0	5.8	5.5	12.8	16.6	0	0.2	0.1	4	4
108	1.0	0.6	43.0	6.2	9.4	14.0	23.0	64	0.8	0.2	2.5	2.5
109	1.0	0.0	31.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0	0.2	0.1	4	4
110	1.0	0.6	33.0	6.8	10.9	13.2	23.6	64	0.5	0.2	4	3
111	1.0	0.0	71.0	6.4	8.4	14.0	20.2	57	1.2	0.2	4	2.5
112	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52	0.2	0.2	5	3
113	1.0	0.6	62.0	6.4	9.5	10.8	24.0	58	1	0.2	4.5	4
114	1.0	0.2	44.0	6.8	11.2	13.6	29.6	57	0.9	0.2	4	4
115	1.0	0.0	38.0	6.2	0.0	0.0	0.0	57	0.2	0.1	5	4
116	1.2	0.2	41.0	7.2	12.5	12.4	30.8	64	1.4	0.2	4	3
117	1.0	0.1	27.0	7.8	6.6	12.4	16.6	61	0.4	0.2	4	3
118	1.0	0.0	37.0	6.6	7.9	12.8	20.0	57	0.6	0.2	4.5	2.5
119	1.2	0.2	39.0	6.8	8.8	11.2	21.2	58	0.6		3	4
120	1.0	0.2	52.0	6.6	8.5	13.2	24.8	57	0.8	0.1	4.5	4
121	1.0	0.0	44.0	7.0	10.0	13.2	23.6	56	0.4	0	3.5	3
122	1.0	0.0	47.0	6.6	9.5	14.4	22.2	56	1	0.2	4	3
123	1.0	0.2	40.0	6.4	7.9	12.8	20.6	58	0.3	0.1	4	2.5
125	1.0	0.2	54.0	7.2	12.1	12.8	29.6	54	1.6	0.3	4	4
126	1.0	0.2	32.0	6.8	9.6	13.6	25.2	56	1.9	0.3	4	3
127	1.2	1.2	60.0	6.8	9.1	12.8	19.6	64	1	0.2	3.5	4
128	1.0	0.0	47.0	6.2	8.9	12.0	27.2	58	0.5	0.4	4	3
129	1.0	0.8	34.0	6.2	6.5	13.5	17.6	52	0.4	0.1	4.5	4
130	1.0	0.6	48.0	6.6	7.8	13.6	20.4	57	0.7	0.2	2.5	1
131	1.0	0.4	33.0	6.8	7.3	11.6	18.7	59	0.4	0.2	2.5	3
132	1.0	0.8	53.0	7.0	11.2	11.6	26.8	59	1	0.2	4	4.5
133	2.2	0.4	46.0	6.2	6.9	11.6	16.4	57	1.3	0.3	2.5	4.5
134	1.2	0.8	48.0	5.8	8.1	12.4	21.0	59	0.6	0.2	2.5	4.5
135	1.0	0.4	45.0	6.2	9.2	13.6	22.8	59	1	0.3	4	2.5
136	1.2	0.4	53.0	6.4	7.6	13.6	21.0	59	0.5	0.2	4	2.5
138	1.0	0.0	36.0	6.2	5.6	12.4	16.0	59	0.3	0.1	4.5	4
139	1.0	0.2	69.0	6.2	9.2	10.5	25.2	59	0.8	0.2	4	4
140	1.0	0.2	50.0	5.8	9.9	11.3	23.6	59	0.9	0.2	4.5	4
141	1.0	0.2	47.0	6.0	8.8	14.8	25.8	55	1	0.3	2.5	2.5
142	1.0	1.0	63.0	6.4	10.5	12.0	29.4	57	0.8	0.2	4	3
143	1.0	0.2	31.0	6.6	7.4	12.4	20.8	58	0.4	0.1	4.5	3
144	1.0	0.0	36.0	5.6	7.3	12.0	21.0	57	0.4	0.1	3	4
145	1.4	0.4	42.0	7.2	10.0	10.4	25.4	55	1.2	0.4	4	3
146	1.0	0.2	53.0	5.8	9.7	13.2	25.2	61	1	0.3	4	4
147	1.0	0.0	58.0	6.6	6.6	12.0	18.3	58	1	0.3	4	3
148	1.0	0.6	53.0	6.6	9.4	13.2	23.8	58	0.8	0.2	4.5	3
149	1.0	0.0	48.0	6.8	11.1	16.0	24.6	58	1	0.3	4	3
150	1.6	0.2	71.0	6.6	11.0	13.2	30.2	54	1.8	0.2	4.5	4
151	1.0	0.5	45.0	6.2	10.1	13.6	29.8	51	1.4	0.3	4.5	4
152	1.0	0.6	48.0	6.6	10.7	16.0	33.3	52	1.7	0.4	4.5	4

## Données moyennes des lignées DR2

Geno	NE	RC	HIE	FSE	LE	NR	NGR	FM	PE	PGSE	HEL	CURV
1	1.0	1.4	80.0	6.5	12.7	16.4	31.0	50.0	1.0	0.4	3.0	3.0
2	1.4	0.2	52.0	7.0	12.4	13.2	31.2	49.0	1.5	0.4	2.5	3.0
3	1.2	1.0	72.0	6.6	12.6	15.2	27.4	52.0	1.2	0.4	2.0	2.5
4	1.2	0.0	72.0	5.6	13.2	11.6	28.0	51.0	1.2	0.3	2.5	2.5
5	1.0	0.8	67.0	6.8	10.1	11.2	26.4	52.0	0.6	0.3	1.0	2.0
6	1.0	0.8	49.0	7.0	14.4	22.5	22.6	49.0	0.6	0.2	3.0	4.5
7	1.0	0.0	43.0	6.4	11.1	12.0	29.2	51.0	0.5	0.2	4.0	2.5
8	1.0	0.2	51.0	6.4	12.4	12.0	29.8	52.0	0.9	0.3	3.0	1.5
9	0.8	0.0	33.0	5.0	6.5	9.0	15.3	57.0	0.1	0.1	4.5	2.0
10	1.0	0.2	37.0	6.0	5.8	13.0	13.0	59.0	0.5	0.2	1.5	2.0
11	1.0	0.8	41.0	6.8	8.5	14.4	26.4	51.0	0.7	0.3	2.5	1.0
12	1.0	0.4	46.0	5.8	11.5	13.2	31.4	53.0	1.0	0.4	1.0	2.0
13	1.0	0.2	61.0	5.2	0.0	0.0	0.0	56.0	0.4	0.2	4.5	2.5
14	0.8	0.0	37.0	6.4	8.0	12.0	21.6	56.0	0.3	0.0	4.5	3.5
15	1.0	0.4	41.0	6.4	10.8	13.2	27.6	56.0	0.6	0.2	4.0	3.0
16	1.0	0.4	42.0	6.8	11.7	13.5	31.8	53.0	0.9	0.2	2.0	3.0
17	1.0	0.8	57.0	5.8	10.6	12.4	25.8	57.0	1.0	0.2	4.0	1.5
18	1.0	0.6	48.0	5.6	10.7	12.0	28.8	57.0	0.9	0.2	1.5	2.5
19	1.0	0.8	32.0	6.2	6.1	10.4	17.4	58.0	0.6	0.2	4.0	1.5
20	1.2	0.0	35.0	6.2	6.0	10.2	17.6	58.0	0.6	0.3	2.5	3.0
21	1.0	0.4	59.0	6.4	8.4	12.4	21.0	51.0	1.1	0.2	2.5	1.5
22	1.0	1.0	58.0	6.8	10.0	14.0	24.6	53.0	1.4	0.3	2.5	3.0
23	1.0	0.4	54.0	6.2	9.8	13.3	25.2	57.0	0.6	0.2	4.0	3.5
24	1.0	1.0	52.0	6.2	9.4	12.0	23.8	51.0	0.6	0.2	4.0	4.0
25	1.0	0.0	46.0	5.6	9.8	10.4	23.8	58.0	0.8	0.2	4.0	3.0
26	1.0	0.6	46.0	6.0	7.9	10.4	21.6	58.0	0.6	0.1	1.0	2.0
27	1.0	0.6	41.0	6.0	11.9	11.2	27.2	53.0	1.2	0.4	1.0	2.0
28	1.0	0.2	45.0	5.8	10.6	12.8	28.2	52.0	0.8	0.3	2.5	2.0
29	1.0	0.8	51.0	6.8	11.8	12.8	33.2	54.0	1.0	0.3	4.0	4.5
30	1.0	1.0	57.0	6.2	10.2	12.4	24.0	56.0	0.6	0.3	2.5	3.0
31	1.0	0.2	45.0	6.6	12.7	14.2	30.0	51.0	1.6	0.3	2.5	1.0
32	1.2	0.2	66.0	5.2	10.4	11.6	28.6	51.0	1.2	0.2	1.5	1.5
33	1.0	0.2	49.0	5.8	8.3	15.0	23.0	57.0	0.6	0.4	4.5	2.0
34	1.0	0.0	54.0	5.8	0.0	0.0	0.0	58.0	0.6	0.3	4.0	4.5
35	1.2	0.4	47.0	5.6	9.0	14.0	28.4	57.0	1.2	0.4	3.0	4.0
36	1.2	1.0	59.0	6.0	7.9	12.4	22.0	58.0	0.8	0.2	4.0	3.0
37	1.0	0.2	44.0	5.2	6.7	12.4	18.4	51.0	0.4	0.2	5.0	4.0
39	1.0	0.8	52.0	6.2	11.2	12.0	27.6	53.0	1.0	0.2	4.5	4.0
40	1.0	0.0	46.0	6.0	12.1	12.4	26.6	49.0	1.2	0.2	4.0	4.5
41	1.0	0.2	53.0	5.8	8.9	11.6	21.0	55.0	0.6	0.2	4.0	2.5
42	1.0	0.0	38.0	7.2	11.2	13.6	26.6	52.0	0.8	0.2	4.0	4.5
43	1.0	0.4	41.0	5.2	9.4	11.2	24.0	52.0	0.8	0.1	4.0	2.5
44	1.8	0.6	65.0	5.0	11.0	15.6	29.2	52.0	1.6	0.2	4.0	4.0
45	1.2	0.4	69.0	5.6	11.9	12.8	29.0	52.0	1.2	0.2	4.0	4.0
46	1.0	0.8	69.0	6.2	12.3	16.0	33.4	57.0	1.3	0.2	4.0	4.5
47	1.0	0.6	62.0	4.6	14.1	12.8	33.4	54.0	1.8	0.1	1.5	1.0
48	1.6	1.4	61.0	5.8	9.5	15.2	23.6	65.0	1.2	0.3	4.5	2.5
49	1.0	0.8	51.0	6.0	11.1	13.6	27.6	51.0	0.8	0.2	4.5	2.5
50	1.0	0.6	57.0	6.2	11.9	14.4	25.6	53.0	0.7	0.3	4.0	4.5
51	1.0	0.0	51.0	5.0	11.3	12.8	30.0	50.0	1.2	0.3	1.5	3.0
52	1.4	0.4	62.0	5.4	10.1	12.8	24.0	50.0	1.0	0.2	4.0	4.0
53	1.0	0.2	57.0	4.2	10.7	13.2	30.0	51.0	0.7	0.4	4.5	4.0
54	1.0	0.6	55.0	5.4	10.7	14.0	28.0	51.0	1.2	0.4	2.5	2.5
55	1.2	0.2	56.0	5.2	8.9	14.4	25.6	51.0	1.0	0.2	2.0	2.0
56	1.0	0.0	57.0	4.4	8.5	10.7	24.7	50.0	0.8	0.3	1.0	2.0
57	0.8	0.4	45.0	5.6	9.7	14.4	22.4	50.0	1.2	0.4	1.5	1.0
58	1.0	0.2	46.0	5.2	11.4	11.6	25.6	51.0	1.0	0.4	4.0	2.5
59	1.0	0.4	53.0	4.4	9.0	14.0	18.0	50.0	0.8	0.2	4.5	2.5
60	1.0	0.2	64.0	5.4	12.5	12.0	24.8	50.0	1.8	0.2	4.5	2.5
61	1.0	0.4	62.0	6.8	9.3	16.0	24.2	56.0	0.8	0.2	5.0	4.5
62	1.0	0.2	44.0	5.6	10.7	14.8	25.6	50.0	0.7	0.3	4.5	4.0
63	1.0	0.0	35.0	5.2	8.2	12.3	19.4	58.0	0.4	0.1	4.0	4.5
64	1.0	0.0	64.0	5.2	9.9	14.4	24.8	51.0	0.8	0.2	4.5	4.0
65	1.2	0.0	64.0	6.8	12.3	12.5	27.4	49.0	0.4	0.3	4.5	2.5
66	1.0	0.8	58.0	6.6	11.0	10.8	25.6	52.0	0.5	0.2	4.5	3.0
67	1.0	0.6	58.0	6.2	8.3	15.0	23.8	53.0	0.4	0.2	5.0	2.5
68	1.0	0.0	54.0	6.6	6.9	14.0	17.2	56.0	0.3	0.1	4.0	2.5
69	0.8	0.6	44.0	6.0	7.7	14.0	22.0	57.0	0.2	0.1	4.0	4.0
70	1.0	0.0	25.0	6.0	8.2	10.8	19.6	69.0	0.2	0.1	4.5	2.0
71	1.0	0.0	35.0	5.8	7.5	10.0	18.5	51.0	0.2	0.1	4.5	3.0
72	1.0	0.0	33.0	5.4	0.0	0.0	0.0	57.0	0.0	0.0	5.0	2.0
73	1.0	0.0	28.0	5.6	0.0	0.0	0.0	57.0	0.1	0.0	5.0	2.0
74	1.0	0.2	40.0	5.6	0.0	0.0	0.0	57.0	0.1	0.0	4.0	2.5
75	0.7	0.0	20.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
76	0.8	0.0	29.0	4.8	0.0	0.0	0.0	57.0	0.2	0.0	2.0	1.0
77	1.0	0.0	29.0	4.6	0.0	0.0	0.0	49.0	0.2	0.0	3.0	2.5
78	1.0	0.0	25.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0



Geno	NE	RC	HIE	FSE	LE	NR	NGR	FM	PE	PG5E	HEL	CURV
31	1.40	0.00	37.00	6.20	9.00	9.00	0.00	59.00	1.40	0.20	4.00	2.50
33	0.50	0.00	32.00	5.00	0.00	0.00	0.00	59.00	0.30	0.00	4.00	2.50
34	1.00	0.00	48.00	5.80	8.80	16.80	23.20	57.00	0.60	0.20	4.50	4.50
35	0.50	0.60	6.20		8.10	12.40	24.00	49.00	0.40	0.30	4.00	3.00
36	1.00	0.40	58.00	6.20	12.63	14.50	30.50	49.00	1.10	0.40	4.00	2.50
37	0.90	0.00	43.00	6.60	10.17	15.33	27.33	57.00	0.60	0.20	4.00	2.50
88	1.00	0.00	54.00	5.00	8.60	14.80	23.20	52.00	0.90	0.30	4.50	3.00
39	0.20	0.20	45.00	4.80	0.00	0.00	0.00	56.00	0.30	0.20	5.00	2.50
90	1.00	0.40	57.00	6.40	7.00	11.50	20.50	50.00	0.60	0.20	4.50	2.50
91	1.00	0.00	63.00	7.00	10.90	15.20	32.40	50.00	1.00	0.10	5.00	4.00
92	1.00	0.80	5.60	0.00	8.63	15.00	21.00	49.00	1.00	0.20	4.50	4.00
93	1.00	0.50	6.00	0.00	9.58	11.20	24.20	49.00	1.30	0.20	4.00	4.50
94	1.00	0.40	51.00	6.20	5.75	12.50	15.00	51.00	0.80	0.20	4.00	2.50
95	1.00	0.20	48.00	6.20	9.30	14.80	24.80	49.00	0.90	0.30	4.50	2.50
96	1.00	0.60	49.00	6.20	8.50	10.80	24.60	50.00	0.50	0.20	5.00	3.00
97	1.00	0.00	33.00	6.00	0.00	0.00	0.00	56.00	0.60	0.40	4.50	3.00
98	1.00	0.00	47.00	6.20	7.67	9.33	21.33	51.00	0.70	0.30	4.50	4.00
99	1.20	0.40	43.00	6.40	9.60	12.40	25.60	51.00	0.80	0.40	4.00	3.00
100	1.00	0.00	57.00	5.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.40	0.30	4.50	4.00
101	1.00	0.60	71.00	5.60	10.20	12.80	22.80	53.00	0.80	0.30	3.00	2.50
102	1.00	0.20	53.00	6.00	6.50	14.67	20.00	56.00	0.70	0.20	4.00	3.00
103	1.00	0.00	48.00	6.50	10.20	11.20	25.60	58.00	1.00	0.10	2.00	3.00
104	1.00	0.00	43.00	4.60	11.40	13.20	19.20	51.00	1.20	0.20	2.50	1.50
105	1.00	0.60	51.00	5.80	7.40	13.20	21.20	58.00	0.90	0.30	2.50	2.50
106	1.20	0.00	45.00	5.60	9.90	12.40	24.40	53.00	1.50	0.20	2.00	3.00
107	1.20	0.40	65.00	5.40	11.10	13.20	29.60	56.00	0.80	0.20	2.50	2.50
108	1.20	0.80	64.00	7.00	9.80	12.00	26.80	56.00	1.60	0.20	4.50	4.00
109	1.40	0.80	63.00	6.80	11.40	13.20	28.40	50.00	2.00	0.20	1.00	2.50
110	1.00	0.00	58.00	6.40	8.40	13.60	25.60	51.00	1.40	0.30	4.00	3.00
111	1.00	0.20	42.00	6.00	9.60	14.80	27.20	51.00	1.00	0.20	2.50	2.00
112	1.40	0.40	62.00	5.20	8.10	11.20	20.20	51.00	1.40	0.30	2.50	2.00
113	1.40	0.40	43.00	5.20	0.00	0.00	0.00	51.00	0.60	0.10	5.00	4.00
114	1.00	0.60	40.00	5.60	9.50	12.00	23.20	50.00	0.80	0.20	5.00	2.50
115	1.20	0.20	51.00	6.00	8.10	10.80	19.20	56.00	0.50	0.10	4.50	4.00
116	1.40	1.20	46.00	5.60	11.30	15.60	27.20	53.00	1.40	0.20	2.50	2.00
117	2.00	1.40	73.00	5.60	10.90	14.80	29.60	49.00	1.40	0.20	4.00	2.00
118	1.00	0.00	45.00	5.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.20	0.10	4.50	4.00
119	1.20	0.80	51.00	6.40	9.10	11.60	23.40	51.00	0.60	0.20	4.00	2.50
120	2.40	0.80	67.00	7.40	11.70	14.00	32.00	50.00	1.30	0.20	4.50	2.50
121	1.00	0.40	49.00	6.00	9.30	14.80	28.60	53.00	1.00	0.10	3.00	3.00
122	1.00	0.00	49.00	5.80	8.90	11.60	24.00	52.00	0.80	0.10	2.00	2.00
123	1.00	0.20	48.00	5.80	5.25	8.00	13.00	57.00	0.30	0.20	1.50	2.00
124	1.00	0.00	41.00	6.40	9.00	13.60	24.20	56.00	0.60	0.10	3.00	3.00
125	1.00	0.40	37.00	6.40	7.60	12.80	22.80	56.00	0.80	0.10	4.00	4.00
126	1.00	0.00	41.00	5.40	0.00	0.00	0.00	57.00	0.40	0.10	4.50	4.00
127	1.00	0.00	27.00	5.00	6.60	11.20	19.00	53.00	0.60	0.10	4.00	4.00
128	1.00	0.00	52.00	6.40	0.00	0.00	0.00	57.00	0.40	0.20	4.50	4.00
129	1.00	0.80	48.00	6.80	6.33	13.00	14.00	57.00	0.40	0.20	4.50	4.00
130	1.00	0.00	32.00	5.40	7.90	12.60	14.60	52.00	0.30	0.10	4.00	3.50
131	1.00	0.60	29.00	5.80	5.17	10.67	16.00	58.00	0.50	0.20	4.50	4.00
132	1.00	0.00	23.00	5.20	0.00	0.00	0.00	58.00	0.20	0.20	4.50	4.00
133	1.00	0.00	27.00	5.00	0.00	0.00	0.00	59.00	0.20	0.20	4.50	3.00
134	1.00	0.40	45.00	5.60	9.60	12.80	21.60	56.00	1.40	0.20	4.00	2.50
135	1.20	0.20	44.00	5.20	9.50	12.40	25.60	51.00	1.80	0.10	4.50	2.50
136	1.00	0.20	34.00	6.00	0.00	0.00	0.00	54.00	0.30	0.20	5.00	2.50
137	1.00	0.00	47.00	6.60	6.67	13.00	21.33	56.00	0.50	0.20	5.00	3.00
138	1.00	0.00	36.00	7.40	7.00	13.00	20.00	57.00	0.40	0.10	5.00	3.00
140	1.00	0.40	40.00	6.20	6.17	10.67	16.33	58.00	0.60	0.20	4.00	4.00
141	1.20	0.00	52.00	5.40	10.10	12.40	27.20	58.00	1.60	0.40	4.50	4.00
142	1.00	0.00	47.00	5.80	8.25	10.50	20.75	53.00	0.80	0.30	4.50	3.00
143	1.00	0.20	31.00	5.60	7.10	10.70	17.00	53.00	0.80	0.20	4.50	4.00
144	1.00	0.40	60.00	6.00	6.38	9.25	12.50	51.00	0.60	0.20	5.00	4.00
145	1.20	1.20	51.00	7.00	9.20	12.40	25.80	56.00	0.80	0.10	4.00	4.50
146	1.20	0.40	45.00	6.80	0.00	0.00	0.00	51.00	0.60	0.20	4.50	4.00
147	1.60	0.60	64.00	6.80	9.80	15.60	29.40	49.00	1.40	0.20	4.00	4.00
148	1.00	0.80	45.00	6.60	9.10	12.80	17.20	49.00	0.90	0.20	3.50	3.00
149	1.00	0.60	55.00	6.00	8.90	13.00	17.80	50.00	1.40	0.40	1.00	3.00
150	1.00	0.60	50.00	6.20	7.50	15.20	19.60	49.00	0.80	0.20	4.00	4.00

## Données moyennes des lignes DR1

Geno	NE	RC	HIE	FSE	LE	NR	NGR	FM	PE	PGSE	HEL	CURY
1	1,00	0,50	53,50	6,70	11,20	11,00	29,30	63,60	1,00	0,20	1,50	2,50
2	1,00	0,30	47,00	6,20	12,20	12,40	21,30	63,20	0,90	0,20	1,50	3,00
3	1,00	0,30	58,50	6,60	10,30	12,00	22,30	65,00	0,70	0,30	2,50	2,50
4	1,22	0,70	56,50	6,10	15,60	12,40	31,00	61,80	0,80	0,40	1,50	2,00
5	1,20	0,90	75,00	5,50	16,40	12,40	22,30	64,80	0,90	0,40	2,00	1,50
6	1,00	0,50	57,00	5,90	17,50	11,60	27,00	61,00	1,00	0,30	3,50	3,00
7	1,00	0,40	58,50	5,30	14,40	12,90	24,40	64,90	0,80	0,30	1,00	1,50
8	1,00	0,00	70,50	6,20	12,40	14,40	22,40	63,00	0,30	0,50	2,50	3,00
9	1,00	0,40	72,00	6,20	13,00	10,50	26,20	63,60	0,30	0,40	2,50	4,00
10	1,20	0,30	79,50	6,00	19,00	13,20	28,80	61,40	1,00	0,40	2,00	1,50
11	1,00	1,30	32,00	6,10	12,67	12,67	25,67	62,30	0,50	0,40	2,50	2,00
12	1,10	0,50	97,00	6,60	15,10	13,60	37,60	60,70	2,50	0,70	1,50	2,00
13	1,00	0,80	72,50	5,20	7,10	12,00	15,00	63,60	0,40	0,40	3,00	2,50
14	1,00	0,30	68,50	5,80	11,20	13,60	26,50	63,70	0,90	0,40	2,00	2,50
15	1,10	0,60	71,50	5,20	13,30	13,20	33,60	64,40	1,80	0,50	2,50	2,50
17	1,00	0,40	75,50	6,80	12,50	12,00	31,40	68,20	2,00	0,40	1,00	2,00
18	1,00	0,90	71,50	6,90	13,50	13,20	32,40	61,60	0,70	0,40	3,00	4,00
19	1,00	0,90	73,50	6,40	12,30	12,50	28,50	64,70	0,40	0,40	3,50	3,00
20	1,00	0,50	51,50	5,30	12,50	12,90	30,20	57,00	0,60	0,50	3,50	3,00
21	1,00	0,40	77,50	5,50	13,40	11,60	26,40	62,00	0,50	0,50	2,50	2,00
22	1,00	0,80	73,50	6,60	14,60	13,00	26,40	61,70	0,90	0,40	1,00	1,00
23	1,30	1,10	96,00	6,90	17,60	13,60	31,40	64,20	1,60	0,60	2,50	3,00
24	1,40	0,60	85,00	6,40	14,20	13,60	27,20	62,40	0,90	0,50	3,00	2,50
25	1,20	0,30	53,00	5,70	13,40	12,40	23,40	63,70	0,40	0,30	3,00	2,00
26	1,00	0,50	32,00	6,40	13,60	12,00	24,40	59,80	0,40	0,30	1,00	1,50
27	1,00	1,00	32,50	5,90	14,60	11,60	27,40	58,90	0,60	0,40	3,00	3,00
28	1,00	0,70	74,50	7,10	18,20	10,00	29,50	63,20	0,70	0,40	3,50	3,50
29	1,00	0,70	79,00	6,30	12,30	11,60	26,20	58,30	0,40	0,40	4,00	4,00
30	1,30	0,80	91,00	6,50	15,00	12,40	35,00	61,80	1,90	0,60	3,00	2,50
31	1,00	0,50	58,00	6,60	9,50	12,00	27,50	62,70	0,70	0,50	3,50	3,50
32	1,10	0,80	85,00	6,40	10,30	14,00	24,40	62,70	1,60	0,50	3,00	4,00
33	1,00	0,30	62,00	5,90	10,30	15,20	28,60	63,40	0,50	0,30	4,00	4,50
34	1,00	0,30	78,50	6,50	12,20	14,00	28,80	61,60	0,00	0,30	3,50	4,00
35	1,20	0,50	77,50	8,50	12,20	12,40	27,50	60,70	0,00	0,60	3,50	4,50
36	1,00	0,90	68,00	6,90	13,20	15,20	33,20	59,80	0,00	0,60	2,00	1,50
37	1,00	0,30	68,50	5,90	9,70	12,00	25,80	60,80	0,00	0,30	2,00	3,00
38	1,00	0,50	77,50	6,20	11,50	10,40	23,80	58,10	1,20	0,40	3,00	3,50
39	1,00	0,80	94,00	6,60	14,30	13,20	38,00	59,20	2,50	0,60	2,50	3,00
40	1,10	0,20	84,50	6,60	12,50	12,80	32,20	58,90	1,80	0,50	1,50	2,50
41	1,00	0,20	74,00	6,40	10,30	12,80	27,80	57,40	1,50	0,50	1,00	1,50
42	1,00	0,10	63,00	5,90	13,70	14,00	25,50	60,80	0,70	0,40	3,00	3,50
43	1,10	0,00	65,00	6,00	12,80	12,60	33,40	60,20	1,20	0,50	2,50	3,50
44	1,00	0,30	55,00	6,40	12,20	14,00	29,50	59,70	0,90	0,60	2,00	2,50
45	1,00	0,40	77,00	8,30	11,50	13,60	27,00	62,20	1,00	0,50	3,00	3,00
46	1,00	0,70	103,50	6,20	12,90	14,80	35,60	60,90	2,30	0,60	3,00	3,50
47	1,00	0,40	93,50	7,10	11,25	13,50	31,75	62,80	1,60	0,50	2,00	2,00
48	1,00	0,20	80,50	6,60	12,80	13,60	33,60	58,40	2,30	0,50	3,50	3,50
49	1,30	0,60	55,50	6,00	10,40	10,40	28,40	61,60	0,70	0,20	4,50	3,50
50	1,00	0,60	72,00	6,60	8,90	12,80	24,80	56,80	0,40	0,30	5,00	3,00
51	1,00	0,20	104,50	6,30	11,30	13,60	24,80	60,10	1,20	0,40	3,50	3,50
52	1,00	0,20	108,50	6,50	14,30	14,00	34,20	59,50	3,50	0,40	2,50	3,00
53	1,00	1,00	87,00	7,90	13,40	12,40	29,60	62,10	1,10	0,30	3,00	3,50
54	1,10	0,60	107,50	8,60	12,30	15,20	29,20	63,60	1,10	0,30	3,50	4,00
55	1,10	0,70	108,50	8,70	12,40	13,60	38,00	60,50	3,20	0,50	3,00	3,00
56	1,00	0,50	83,00	5,90	12,70	14,00	31,90	66,90	1,20	0,50	3,50	3,00
57	1,20	0,30	68,00	5,90	11,70	10,80	29,60	64,20	1,00	0,40	3,50	3,00
58	1,10	0,40	75,00	5,70	13,40	11,60	30,20	61,30	1,20	0,40	3,50	3,00
59	1,00	0,60	63,50	6,30	9,80	12,90	24,60	68,50	0,50	0,30	3,50	3,50
61	1,10	0,20	59,50	7,00	13,50	12,40	34,20	60,80	2,00	0,50	3,00	3,00
62	1,00	0,00	47,50	6,10	10,70	13,20	31,00	63,80	0,80	0,40	3,50	2,50
63	1,00	0,00	78,50	6,60	11,60	13,20	26,80	65,20	1,40	0,50	3,00	3,00
64	1,10	0,30	68,00	6,80	12,60	14,40	29,40	62,00	1,60	0,40	3,00	2,50
65	1,00	0,70	73,50	8,50	11,20	14,40	26,40	67,60	1,70	0,30	3,00	2,50
66	1,00	0,30	67,50	8,20	11,20	14,80	29,40	64,20	1,60	0,40	2,50	3,00
67	1,10	0,20	39,00	6,90	12,70	9,20	30,40	62,20	0,80	0,40	1,50	1,50
68	1,00	0,10	60,00	6,30	11,90	10,40	31,20	62,30	1,30	0,40	1,50	3,00
69	1,10	0,00	88,50	6,70	15,10	11,60	38,60	62,90	3,50	0,60	2,00	3,00
70	1,20	0,50	92,00	6,90	16,20	12,80	38,20	62,90	2,90	0,60	3,00	2,50
71	1,00	0,20	78,50	8,50	10,78	12,40	28,00	63,80	0,70	0,30	3,50	3,00
72	1,10	0,10	65,00	6,00	13,00	10,00	29,60	61,30	1,40	0,40	3,00	4,00
73	1,00	0,70	85,50	6,30	13,25	13,20	36,80	60,40	2,20	0,50	3,00	3,50
74	1,20	0,10	89,50	8,50	11,90	15,60	32,80	60,20	1,80	0,50	3,00	2,50
75	1,00	0,40	62,00	8,00	9,30	10,87	23,60	65,40	0,30	0,20	4,50	3,00
76	1,00	0,30	67,50	8,80	12,50	14,00	33,60	65,40	1,30	0,50	3,00	3,00
77	1,00	0,10	105,50	6,90	13,40	14,60	33,80	60,50	2,80	0,50	2,50	3,00
78	1,00	0,10	90,00	8,90	12,60	12,40	29,80	59,60	2,00	0,40	2,50	2,00
79	1,00	0,00	63,50	5,70	10,40	14,40	25,20	63,20	1,30	0,50	3,00	4,00
80	1,00	0,10	59,00	6,00	9,70	12,40	25,60	64,70	1,10	0,40	2,00	2,00
81	1,00	0,60	87,00	8,70	12,00	14,40	35,50	62,10	1,60	0,80	3,50	3,50
82	1,10	0,10	35,50	6,40	11,80	11,20	28,40	60,60	0,60	0,40	4,00	3,50
83	1,00	0,10	35,00	6,30	9,30	8,40	17,50	62,70	0,30	0,20	4,50	3,00
84	1,00	0,50	53,50	5,80	11,60	11,00	31,20	64,70	0,30	0,30	4,00	3,00
85	1,00	0,80	83,00	5,70	8,75	11,13	21,25	64,10	0,60	0,30	3,00	3,50
86	1,00	0,40	81,50	8,00	10,30	12,40	28,00	63,70	0,50	0,30	2,00	2,50
87	1,10	0,90	99,50	7,20	13,80	12,80	35,60	61,50	1,70	0,40	1,50	3,00
88	1,00	0,10	85,00	6,30	10,60	13,60	32,20	59,00	1,00	0,40	3,00	3,00
89	1,00	0,30	81,50	7,00	9,90	13,80	27,20	61,30	0,70	0,30	3,50	4,00
90	1,10	0,60	88,00	6,90	10,80	12,40	36,00	60,10	1,70	0,30	2,50	4,00

Gono	NE	RC	HIE	FSE	LE	NR	NGR	FM	PE	PG6E	HEL	CURV
91	1.00	0.30	76.00	5.50	11.50	12.40	31.60	54.30	1.30	0.40	3.00	2.00
92	1.00	0.50	57.50	6.30	9.10	11.90	26.00	63.10	0.60	0.30	3.00	2.50
93	1.00	1.00	63.00	5.00	10.50	12.60	33.00	56.20	0.90	0.40	3.00	2.00
96	1.00	0.30	52.50	6.10	7.60	12.40	19.40	65.80	0.50	0.20	3.50	2.50
100	1.00	0.60	57.00	5.50	9.40	11.60	24.40	45.30	0.50	0.40	3.00	2.50
101	1.00	0.20	54.50	5.00	11.90	12.40	30.80	62.60	1.00	0.40	2.50	2.50
102	1.00	0.40	72.50	5.60	10.50	12.40	26.00	57.70	0.80	0.20	3.50	2.50
103	1.00	0.10	56.00	6.20	7.00	13.60	20.40	59.70	0.50	0.20	4.50	4.00
104	1.00	0.30	94.00	6.20	11.40	12.40	29.60	56.40	1.80	0.30	3.00	3.50
105	1.00	0.00	55.00	5.88	10.83	13.33	28.00	59.88	0.40	0.40	4.00	3.50
106	1.00	0.10	59.50	6.63	11.50	13.60	28.00	59.14	0.50	0.40	4.00	4.00
107	1.10	0.10	79.50	5.50	10.50	10.40	29.20	60.80	0.70	0.40	3.00	3.50
108	1.00	0.10	39.00	5.40	10.25	11.50	26.50	62.20	0.80	0.20	3.00	3.00
109	1.00	0.10	60.50	5.00	10.10	12.00	25.80	62.20	0.70	0.20	3.50	3.00
110	1.00	0.20	82.00	5.70	12.50	16.00	32.00	60.90	0.80	0.20	4.00	3.00
112	1.10	0.20	57.00	5.60	15.20	13.20	34.60	53.90	0.80	0.50	4.00	5.00
113	1.00	0.00	78.50	6.20	11.50	13.60	30.00	55.30	1.10	0.50	4.00	3.00
114	1.00	0.20	74.00	5.40	9.90	13.20	23.20	63.00	1.00	0.30	4.00	3.00
115	1.10	0.10	78.50	5.20	10.80	13.20	25.00	65.30	1.00	0.30	4.50	3.00
116	1.10	0.30	85.00	6.30	11.50	14.00	28.20	61.30	1.60	0.30	1.50	1.50
117	1.00	0.20	66.50	5.60	13.50	10.00	30.25	58.90	1.50	0.40	2.50	3.00
118	1.00	0.10	99.00	6.40	13.20	12.80	33.20	62.60	2.20	0.50	1.00	1.00
119	1.10	0.70	87.00	6.10	9.80	14.40	21.60	60.40	1.00	0.30	3.50	3.50
120	1.20	0.30	61.00	6.60	11.10	11.60	29.60	57.40	0.70	0.40	3.00	3.00
121	1.00	0.40	71.50	6.10	11.80	12.40	31.80	60.40	1.30	0.50	3.00	3.00
122	1.10	0.60	98.50	6.50	12.90	13.80	30.80	64.70	2.60	0.50	2.50	3.00
123	1.20	0.60	106.50	5.90	12.20	12.00	26.00	64.90	1.40	0.40	2.50	2.50
124	1.20	0.40	82.00	6.70	12.70	13.60	30.80	60.60	2.90	0.60	1.50	1.50
125	1.00	0.20	90.00	6.50	11.90	14.40	29.00	62.60	3.00	0.50	1.50	1.50
126	1.00	0.90	104.50	6.00	13.10	13.60	32.80	62.20	2.40	0.50	2.50	2.50
127	1.00	0.30	91.00	6.20	13.50	12.00	34.80	61.80	1.80	0.40	3.00	2.50
128	1.00	0.10	76.00	6.70	12.60	12.40	31.00	59.20	2.10	0.50	1.50	2.00
129	1.30	0.70	66.00	6.40	13.20	10.80	27.80	62.20	1.50	0.40	2.00	1.00
130	1.30	0.70	69.00	6.50	12.50	12.00	27.60	59.90	1.70	0.50	2.00	3.00
131	1.20	0.20	102.50	6.60	12.30	14.40	29.00	61.90	2.50	0.40	3.00	1.50
132	1.10	0.20	51.00	6.40	10.00	12.40	25.00	66.10	1.20	0.30	1.50	2.00
133	1.40	1.10	74.00	7.30	12.90	12.40	31.00	58.90	2.50	0.30	1.50	1.50
134	1.10	0.10	87.50	6.60	11.40	11.60	27.20	58.00	1.90	0.30	1.00	1.00
135	1.60	0.90	109.50	6.60	9.50	13.20	25.20	57.10	2.40	0.50	1.50	1.00
136	1.10	0.70	105.00	5.90	10.40	14.00	24.80	58.90	2.10	0.30	3.50	3.50
137	1.20	0.50	80.50	5.90	10.40	12.80	27.60	59.20	1.50	0.40	2.00	2.00
138	1.00	0.50	90.50	6.00	10.40	11.20	24.40	63.00	1.60	0.30	2.50	2.00
139	1.00	0.50	72.50	6.40	11.20	13.20	24.40	56.30	2.00	0.50	2.00	2.00
140	1.10	0.70	80.50	5.90	12.00	12.00	31.20	58.50	1.40	0.40	1.00	1.00
141	1.20	0.60	76.00	7.00	10.00	12.00	24.20	58.40	1.60	0.30	1.50	1.50
142	1.30	0.70	87.50	6.50	12.30	14.00	29.00	61.60	0.90	0.30	2.00	1.50
143	1.00	0.10	73.00	7.00	8.90	10.80	22.20	66.20	0.40	0.20	1.00	2.00
144	1.00	0.40	67.00	5.50	11.10	10.00	27.40	63.10	0.50	0.30	4.50	4.00
145	1.20	0.30	91.50	8.90	12.50	10.40	27.00	63.10	1.20	0.40	3.50	3.00
146	1.30	0.30	84.00	5.50	13.50	13.20	30.00	60.90	2.90	0.50	3.00	2.50
147	1.10	1.00	99.50	6.70	13.30	12.80	30.20	62.30	4.00	0.60	2.50	3.00
148	1.10	0.20	61.00	6.30	9.70	10.80	25.00	59.40	0.80	0.30	2.50	2.00
149	1.00	0.30	90.00	6.10	13.70	10.40	32.40	60.10	1.70	0.50	3.50	3.00
150	1.00	0.50	59.50	6.90	12.10	10.00	28.80	61.10	1.70	0.40	3.00	3.50
151	1.10	0.50	64.50	5.20	10.90	13.20	26.00	63.80	1.30	0.30	2.50	3.00
152	1.00	0.00	56.50	6.20	8.60	10.80	20.80	63.20	0.50	0.20	3.00	3.50
153	1.10	0.80	68.00	5.10	9.30	14.00	23.60	68.10	0.70	0.20	3.00	3.50
154	1.10	0.40	65.00	6.50	10.30	12.40	26.00	59.90	1.50	0.40	2.00	2.00
155	1.10	0.30	77.50	6.10	12.52	15.20	30.00	56.60	1.30	0.40	3.50	2.50
156	1.00	0.20	69.50	6.20	10.66	13.60	30.90	64.50	0.80	0.40	2.00	1.50
157	1.00	0.40	80.00	5.90	10.48	12.00	24.80	65.30	1.40	0.30	3.00	2.50
158	1.50	1.10	94.50	6.50	12.80	13.20	33.60	60.10	1.90	0.30	1.00	1.00
159	1.00	0.50	82.00	6.80	10.80	14.40	30.80	59.00	2.20	0.50	2.50	2.50
160	1.00	0.40	84.50	6.70	9.50	14.40	24.20	64.60	1.90	0.30	2.50	3.50
161	1.10	0.50	76.50	6.60	11.30	14.00	28.80	62.10	1.20	0.40	2.00	3.50
162	1.00	0.40	72.50	5.50	11.70	14.00	31.60	62.40	1.00	0.40	3.00	3.50
163	1.00	0.40	67.00	5.70	10.70	12.00	29.40	62.40	0.80	0.40	3.00	3.50
164	1.00	0.10	91.00	6.20	11.50	14.00	31.60	59.90	2.50	0.50	3.50	3.00
165	1.00	0.30	79.00	6.00	11.20	12.00	29.20	58.20	1.40	0.40	3.50	3.00
166	1.00	0.50	80.00	7.20	10.50	12.40	25.00	62.40	1.80	0.40	3.00	3.00
167	1.10	0.50	67.50	7.50	11.60	11.60	27.40	61.60	0.60	0.30	3.00	2.60
168	1.10	0.70	82.00	6.50	15.30	13.60	32.80	62.50	1.10	0.30	3.00	2.50
169	1.00	0.70	81.50	6.10	13.40	11.60	26.20	59.90	0.70	0.30	2.00	2.50
170	1.00	0.20	63.50	7.20	10.80	11.20	26.60	63.20	1.00	0.30	3.00	3.00
171	1.00	0.10	63.50	6.00	10.30	10.00	26.80	58.40	0.80	0.40	3.00	3.00
172	1.10	0.00	77.00	6.50	10.30	13.20	25.80	62.00	0.80	0.40	3.00	3.50
173	1.00	0.40	80.00	7.00	12.70	14.00	29.00	64.20	1.00	0.30	3.00	3.00
174	1.00	0.80	110.50	7.00	12.30	14.40	35.40	58.30	2.70	0.50	3.00	3.00
175	1.00	0.40	85.00	7.30	13.40	11.60	31.00	59.40	1.20	0.40	3.00	3.50
176	1.10	0.50	131.00	6.60	14.10	14.40	31.60	61.30	2.40	0.40	2.50	2.50
177	1.00	0.80	112.50	5.80	11.50	14.00	27.20	60.60	1.80	0.40	2.50	2.50
178	1.20	0.20	118.00	6.40	11.40	12.40	25.00	60.20	1.50	0.30	2.50	2.50
179	1.00	0.60	119.50	6.50	13.90	16.00	33.75	60.70	2.30	0.50	2.50	2.50
180	1.10	0.20	95.50	6.90	9.90	14.40	21.80	59.60	1.00	0.40	3.00	3.50
181	1.00	0.30	92.00	5.70	12.60	13.20	26.80	62.30	0.50	0.40	3.00	3.00
182	1.00	0.20	86.50	6.40	10.30	14.00	29.00	59.30	1.70	0.40	2.50	2.50
183	1.00	0.10	81.00	7.40	9.20	12.80	23.80	62.20	1.00	0.30	2.50	2.50