

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

**INSTITUT
DES SCIENCES DE LA NATURE**

**INSTITUT
DU DEVELOPPEMENT RURAL**

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**INSTITUT D'ETUDE
ET DE RECHERCHE AGRICOLE**

**PROGRAMME CEREALES
(Sorgho, Mil, Maïs)
STATION DE KAMBOINSE**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

Thème :

**CONTRIBUTION A L'EVALUATION DES RESSOURCES
GENETIQUES DE MIL,
ETUDE DE QUELQUES ECOTYPES DU BURKINA
ET DE QUELQUES PAYS AFRICAINS**

JUIN 1989

ROUAMBA Alexandre

Au terme de ce stage de formation à la station de Kamboinsé, nous tenons à remercier :

- le Camarade ZANGRE Roger, pour son entière disponibilité aussi bien sur le terrain que pendant la rédaction du mémoire, et les moyens mis à notre disposition.

- le Camarade BALMA Didier pour ses conseils et son assistance technique sur le terrain

- Mr Gohier Michel, dont les conseils ont été utiles dans la rédaction du mémoire.

- le Camarade Sita pour l'analyse des données

- la Camarade SAWADOGO Elisabeth pour la rapidité avec laquelle elle a dactylographié le mémoire

et tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réussite du travail et à notre formation.

Que tous reconnaissent l'expression de notre profonde gratitude.

Plan

	Page
INTRODUCTION	1
A Connaissances Générales sur le mil	2
1. Origine et dispersion	3
2. Systématique	5
3. Les caractères agronomiques	9
4. Importance du mil	15
5. Importance des ressources phylogénétiques	17
6. Amélioration du mil	19
B Les conditions expérimentales	24
1. Le milieu naturel	25
a) le climat	25
b) le sol	25
2. Matériel et méthodes	28
a) matériel	28
b) méthodes	28
C Résultats et discussion	34
1. Analyse inter et intra-écotype	35
a) analyse inter-écotypes	35
b) analyse intra-écotype	53
2. Analyse globale des caractères	55
a) étude des corrélations entre les caractères	55
a.1) expression théorique	55
a.2) les résultats	56
b) analyse en composantes principales	58
CONCLUSION GENERALE	67
BIBLIOGRAPHIE	69

ANNEXE

- . indexe des sigles
- . tableau 1
- . tableau 2

INTRODUCTION

Au Burkina Faso, les activités agricoles occupent 90 % de la population. Mais, confrontée à d'énormes contraintes écologiques, la production vivrière reste déficitaire. Des efforts sont consentis pour lever ces contraintes et augmenter la production afin de satisfaire les besoins croissants des consommateurs. Une des solutions préconisées par la recherche agronomique dans sa contribution à l'autosuffisance alimentaire est la mise à la disposition des agriculteurs de nouvelles variétés plus productives. Au Burkina Faso, le mil constitue avec le sorgho la base de l'alimentation. Les principales contraintes limitant sa production sont :

- une pluviométrie capricieuse
- des sols pauvres
- des variétés non performantes.

Les rendements sont faibles et oscillent autour de 450 kg/ha.

L'amélioration du mil qui constitue l'un des objectifs de la recherche contribuera sans doute à résoudre le problème alimentaire. Les ressources génétiques jouent un rôle important dans l'amélioration variétale en mettant à la disposition des programmes de sélection une source importante de variabilité. Afin de mieux les exploiter, il faut réaliser au préalable une étude permettant une bonne connaissance de leurs caractéristiques. C'est pourquoi, l'INERA, en collaboration avec les instituts et organismes de recherche, a entrepris la prospection et l'évaluation des ressources génétiques locales de mil. C'est dans ce cadre que nous avons mené une étude sur le comportement de quelques écotypes de mil du Burkina et de certains pays Ouest-Africains. L'évaluation complète se fera dans le cadre de la préparation d'un Ph. D. Les écotypes ont été collectés et conservés au conseil international des ressources phytogénétiques d'Ottawa au Canada depuis 1984. L'essai a été mené dans la station expérimentale de Gampela.

La première partie du travail est consacrée à une revue bibliographique ; elle est suivie de la description des conditions expérimentales. La dernière partie porte sur la présentation des résultats et la discussion.

A Connaissance Générale sur le Mil

1. Origine et Dispersion

Les botanistes Hackel, 1887 ; Hooker, 1897 ; Stapf, 1934 ; tous cités par RACHIE K.O et MAJMOUDAR J.V. en 1980 considèrent le mil comme originaire d'Afrique. En effet, c'est en Afrique tropicale que se trouve la plus grande diversité et le plus grand nombre de formes cultivées et sauvages de mil. La zone exacte de domestication fait l'objet d'une controverse ; selon Brunken et al (1977) cités par REY-HERME C. en 1982 la domestication a eu lieu dans le sahara il y a 2000 à 3000 ans avant J.C. Vavilov et Portères (1950) cités par RACHIE K.O. et MAJMOUDAR J.V. soutiennent que le mil a été domestiqué indépendamment dans plusieurs zones d'Afrique il y a au moins 3000 ans avant J.C. La conclusion qu'on peut en tirer est que l'Afrique est le centre d'origine du mil où sa domestication a eu lieu il ya au moins 2000 avant J.C.

De l'Afrique, le mil a été introduit dans les autres continents, tout d'abord en Inde, puis en Europe vers 1566 et enfin en Amérique dans les années 1850 (PURSEGLÖVE J.W., 1972).

Actuellement, le mil, céréale domestiquée la plus tolérante à la sécheresse (DEWET J.M., 1987), est surtout cultivé en Afrique tropicale et au nord-ouest de l'Inde. Les régions les plus favorables à la culture sont celles à pluviométrie annuelle comprise entre 200 et 800 mm. (cf zones de culture en Afrique fig 1). La culture ne supporte pas l'excès d'humidité (KONATE M., 1984). Des essais régionaux conduits par le CILSS de 1981 à 1984 ont montré que dans les régions à pluviométrie annuelle supérieure à 600 mm, il y a d'importants risques de maladies (LOYNET G. et al, 1987).

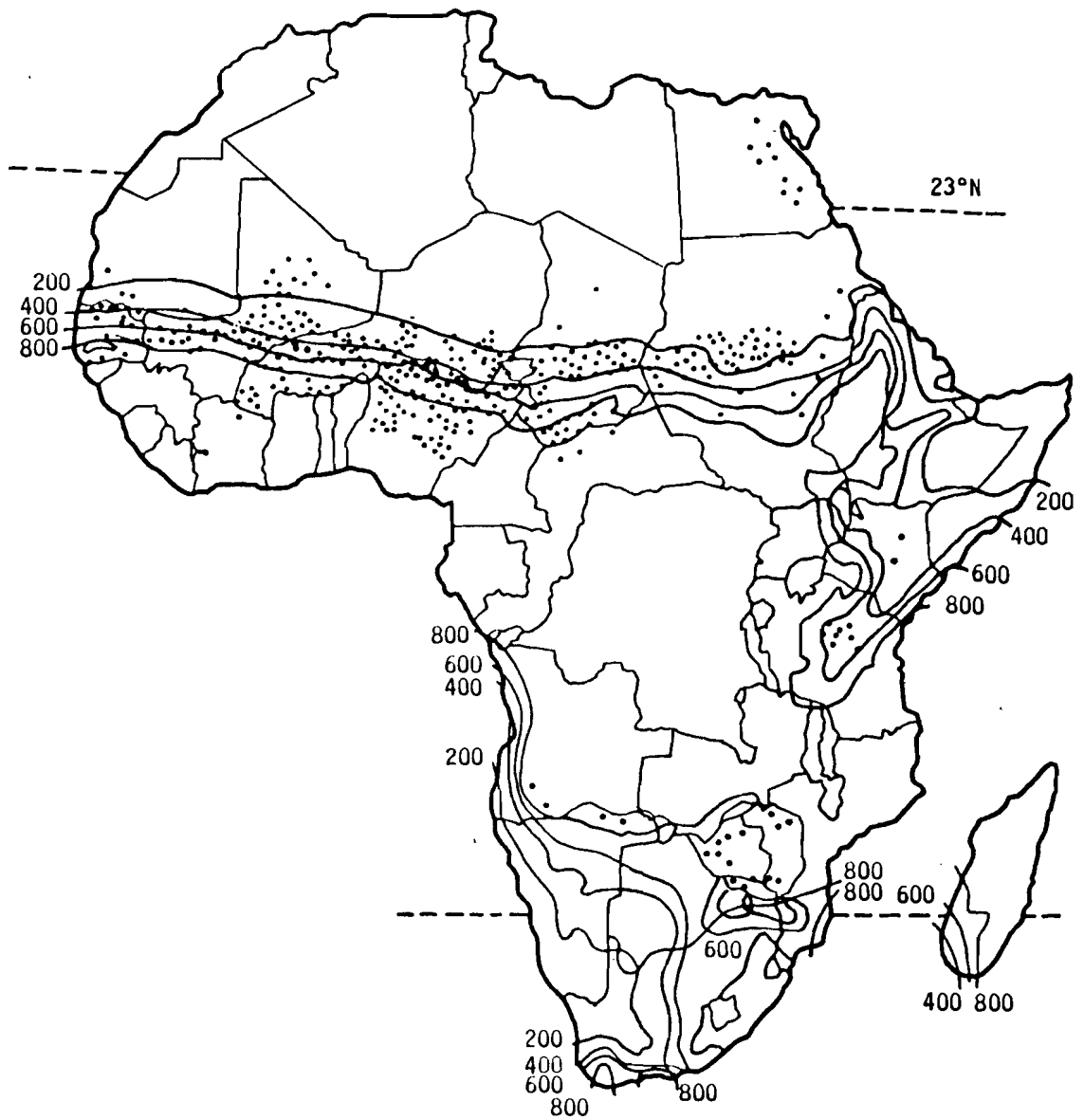


Fig.1 :Zones de culture du mil en Afrique
 Chaque point représente 20 000 ha
 Bidinger et al (1982)
 cités par Spencer et Sivalumar (1987)

2. Systématique

Le mil, Pennisetum typhoides Stapf et Hubbard fait parti de la famille des graminées, de la tribu des panicoïdes et de la section des penicillaires.

Il existe plusieurs classifications pour les mils penicillaires.

Stapf en 1934 cité par RACHIE K.O et MAJMOUDAR J.V. (1980) inclue 32 espèces dont Pennisetum typhoides Stapf et Hubbard, dans la section des penicillaires. Parmi ces 32 espèces, il y a une pérenne Pennisetum purpureum Schumach ou herbe à éléphant, et 6 autres espèces annuelles présumées être les ancêtres du mil cultivé, P. perrottetii, P. mollissimum, P. violaceum, P. versicolor, P. adoensé et P. gymnothrix.

D'après Bilquez et Lecomte (1969) cité par ZANGRE R. (1979), la structure de la section pennicillaria du genre Pennisetum est la suivante cf fig. n.2.

BONO a constaté en 1973 que seule la forme cultivée présente beaucoup de variabilité.

En 1977 BRUNKEN, cité par PERNES J. en 1984 fait une classification simplifiée en définissant 3 groupes dans le genre pennisetum penicillaire.

- P. americanum qui comprend toutes les formes cultivées et décrites sous l'appellation typhoïde.
- P. monodii (Maire) Brunken qui regroupe toutes les formes spontanées.
- P. stenoslachyum (Klotzch ex. ABr Bouche) Brunken. Ce groupe renferme toutes les formes intermédiaires entre les deux précédents : hybrides violaceum- typhoïdes (HVT) appelés en langue vernaculaire au Sénégal, N'douls et au Niger, Shibras.

Structure de la section Penicillaria du genre Pennisetum

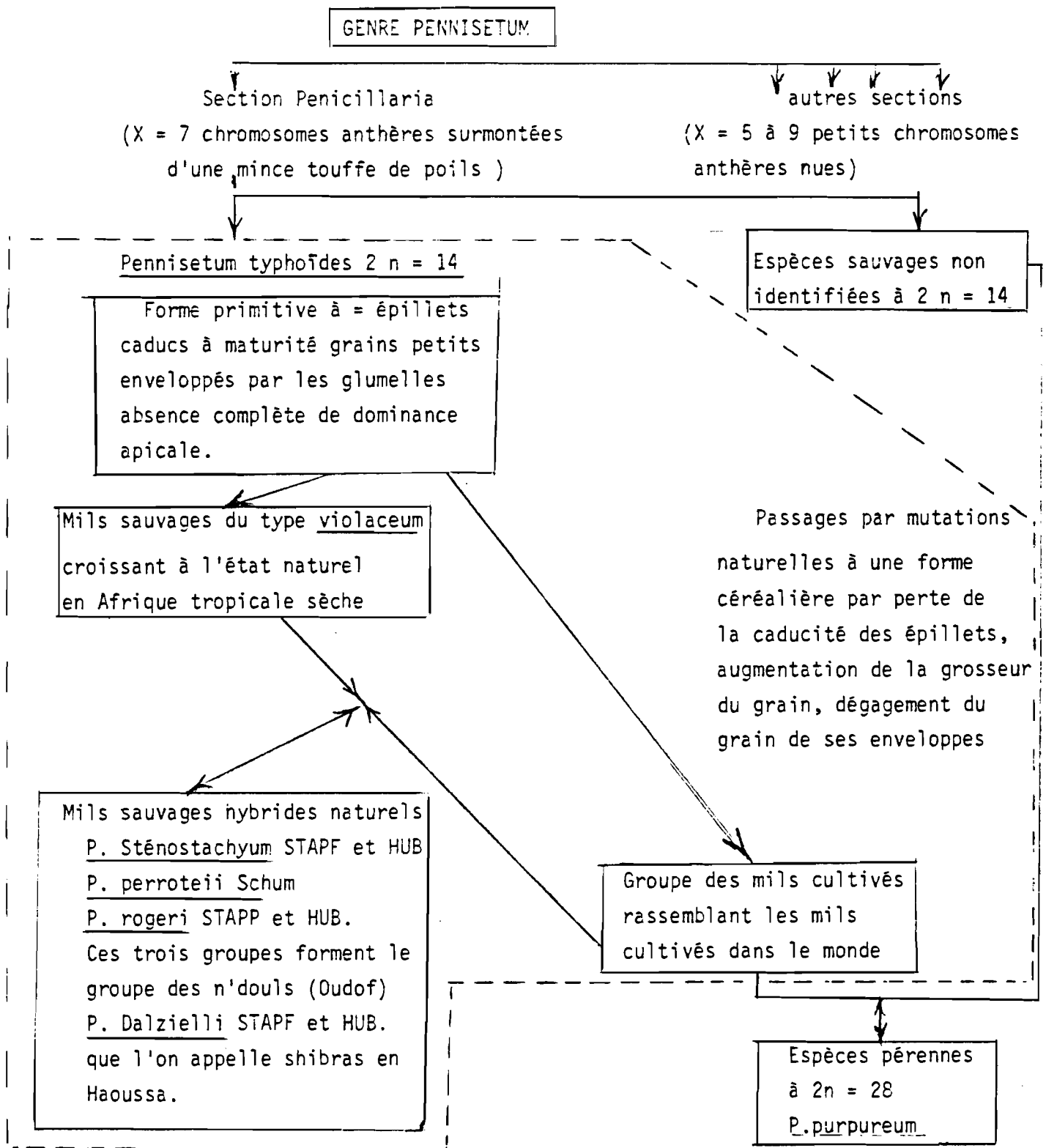


Fig 2

Les trois sous espèces citées ci-dessus ont les mêmes caractéristiques suivantes : une allogamie préférentielle avec protogynie, le même nombre de chromosomes $2N=14$. Beaucoup d'auteurs pensent que le dernier groupe n'est pas génétiquement stable et, de ce fait, ne constitue pas une sous espèce.

HUDCHINSON et Dalziel (1931), cités par PERNES J. en 1984, ont classé les variétés de mil suivant certains caractères du faux épi. Nous ne retiendrons que la description des variétés les plus cultivées en Afrique de l'ouest.

Pycnostachyum : les soies terminales de l'involucre de cette variété sont beaucoup plus longues et vigoureuses que le reste des soies. Les épillets sont en groupe de 2 ou 5, très rarement solitaires. Le faux épi est très dense et de longueur allant jusqu'à 50 cm , de couleur jaunâtre ou brune.

Nigritarum : les soies internes de l'involucre ne dépassent pas le reste des soies, et sont scabres ou quelques unes d'entre elles éparsement citées.

Leonis : les soies internes involucreales qui ne dépassent pas le reste de l'involucre sont lâchement plumeuses autour de l'épillet et ont des extrémités scabres ; le grain est de forme oblancoélée ou étroitement elliptiques, pointu au sommet.

Gambiense : les soies involucreales sont identiques à celles de la variété leonis. Les grains ovoïdes ou pyriformes arrondis au sommet.

Malwa : les soies involucreales sont densément plumeuses autour de l'épillet ou presque.

Cinereum : les soies internes de l'involucre sont peu plumeuses. Le faux épi est linéaire, lanceolé, jusqu'à 22 cm de long, six à sept fois aussi long que large.

Les zones de répartition de ces variétés sont (ZANGRE R., 1979) :

.../...

Le Niger : Maïwa, nigritarum (80 %) cinereum gambiense et des associations gambiense-nigritarum.

Le Burkina Faso : nigritarum, gambiense surtout

Le Sénégal : maïwa, pycnostachyum, gambiense, leonis et leur association 2 à 2 ou 3 à 3 pour un même cultivar.

Les variétés ivoiriennes, maliennes, et mauritaniennes sont classées dans le même groupe que celui du Burkina Faso.

.../...

3. Les caractères agronomiques

Nous avons choisi les caractères ayant un intérêt agronomique et ceux qui différencient les groupes de mils. Le déterminisme génétique et le degré d'héritabilité des caractères, mentionnés sans référence bibliographique, sont ceux indiqués par Bilquez en 1970.

a) La Germination et la levée

Les graines d'une variété sont caractérisées par le pourcentage et le taux de germination. Le pourcentage de germination, c'est le nombre de graines dans un lot de 100 capables de germer dans de bonnes conditions. Le taux de germination, c'est le pourcentage de graines germées après un certain temps. Le taux de germination ainsi que la levée sont fonctions de la température, de l'état physiologique et sanitaire des graines. La température optimum pour le mil est une alternance de, 33 C le jour et 28 C la nuit. (RACHIE K.O et MAJMOUDAR J.V. 1980). Le taux de germination du mil est bas par rapport à celui du sorgho (ICRISAT 1986). La levée s'apprécie par la vigueur plantule. C'est l'énergie physique avec laquelle la plantule se dégage du sol, la levée correspondant à l'émission de la première feuille au dessus du sol. Quelque fois, le semis direct ne donne pas une bonne levée, on peut alors procéder à une transplantation ; cette transplantation ne doit pas se faire avec des plantules âgées de plus de 3 semaines (HARINARAYANA G., 1987). Selon toujours celui ci, dans les conditions normales, le semis direct est meilleur.

b) Le tallage

Le tallage est une ramification de la plante à partir de la base. On distingue le tallage végétatif et le tallage utile. Ce dernier est constitué des talles porteuses d'épis. Le mil a une grande capacité de tallage : celui végétatif peut varier de 4 à 26 et celui utile de 3 à 14 (ZONGO J.D., 1988). C'est un caractère très influencé par les conditions du milieu. Les conditions favorables sont : un sol riche et un semis à faible densité. Un tallage précoce, abondant et non limité témoigne du caractère sauvage de la plante (REY-HERME C., 1982) qui est sans dominance apicale.

.../...

Pour la production de grains on recherche un tallage peu abondant et utile.

Le mode d'hérédité du caractère "tallage" varie selon les auteurs.

c) La hauteur de la plante

La hauteur de la plante est mesurée à partir du sol jusqu'au sommet de la chandelle de la talle principale. La hauteur dépend du nombre et de la longueur des entre-noeuds et varie de 68 à 500 cm (RACHIE K.O. MAJMOUDAR J.V., 1980). Celle des mils burkinabé de 124 à 386 cm (ZONGO J.D., 1988). Les variétés de grande taille sont sensibles à la verse surtout lors des vents violents. Ce qui peut entraîner une diminution du rendement si des précautions ne sont pas prises. Pour ces variétés, le potentiel de rendement reste faible à cause de l'accumulation des assimilats surtout dans les parties végétatives.

La hauteur de la plante est un caractère qui semble être gouverné par un nombre important de gènes (26 paires d'allèles) comprenant des gènes majeurs (gène de nanisme par exemple) et des gènes mineurs à action discrète agissant plutôt de façon arithmétique.

d) Les entre-noeuds et les noeuds

Le noeud est le point d'insertion de la feuille sur la tige par l'intermédiaire de la gaine. Il peut être vert ou coloré par d'autres pigments. Le nombre de noeuds est égale au nombre d'entre-noeuds et varie de 6 à 20 (ZONGO J.D., 1988). L'entre-noeud est non creux et peut aussi être coloré par d'autres pigments que la chlorophylle ; il est glabre ou pubescent.

Le degré d'héritabilité de la longueur des entre-noeuds est assez élevé. Des croisements diallèles ont montré qu'il y a une dominance des entre-noeuds les plus longs sur les entre-noeuds les plus courts. Mais quant au nombre d'entre-noeuds, son mode d'héritabilité est complexe.

e) Les feuilles

La feuille est fixée à la gaine par l'intermédiaire de la ligule, un rythme d'émission foliaire lent et l'étroitesse de la dernière feuille ou drapeau sont les caractères d'un mil sauvage (REY-HERME C., 1982). Pour RACHIE K.O. et MAJMOUDAR J.V. (1980) la longueur de drapeau varie de 90 à plus de 100 cm et la largeur de 5 à 8 cm. Les feuilles sont glabres ou pubescentes. Elles donnent avec le tallage, l'architecture de la plante. On recherche des plantes qui couvrent le sol de manière à diminuer l'évaporation avec des feuilles exposées pour rendre optimum la photosynthèse.

Il y a une dominance des feuilles les plus longues sur les feuilles les plus courtes. Le caractère pubescence est gouverné par un gène simple et récessif (RACHIE K.O. et MAJMOUDAR J.V., 1980). Quant à la largeur de la feuille son mode d'héritabilité est complexe.

f) La précocité

Il existe deux groupes de mil en Afrique occidentale

- les mils précoces ou hatifs dont le cycle se situe entre 85 et 95 jours
- les mils tardifs qui sont nyctipériodiques et dont le cycle se situe entre 130 et 150 jours (classification de BOURKE en 1963).

Entre les 2 groupes il y a les mils demi-tardifs ou demi hatifs.

La grande majorité des mils du Burkina appartient au groupe des tardifs et demi-tardifs (IRAT, 1982. CLEMENT J.C., 1985, ICRISAT, 1978).

La précocité est un caractère d'adaptation au milieu, gouverné par deux systèmes de gènes indépendants à effet additifs.

- le premier système serait formé de gènes à dominance partielle ou sans dominance, agissant de façon arithmétique.
- le deuxième système serait formé de gènes dominants, cumulatifs dont l'action s'exercerait indépendamment des conditions d'éclairement.

.../...

La barrière reproductive naturelle qui isole les différentes populations de mil dans une même zone est liée à ce caractère. BELLIARD J. et PERNES J. (1977) écrivent à ce propos que l'organisation d'une plante allogame telle que le mil semble s'être faite à partir d'un système jouant sur le contrôle des dates de floraison.

g. La chandelle

Il y a plusieurs caractères relatifs à la chandelle.

La forme : Neuf formes sont actuellement décrites par l'IBPGR et l'ICRISAT (1981) cf fig. n. 3. Les formes suivantes : forme chandelle, cylindrique lanceolée, quenouille ou fusiforme, conique, oblanceolée sont les plus rencontrées au Burkina Faso avec une prédominance de la forme chandelle et lanceolée (CLEMENT J.C., 1985 ; ZONGO J.D. et al, 1988). On observe quelque fois une excroissance des épillets de la base de l'épi. Ce caractère est décrit par CLEMENT J.C. (1985) comme propre aux mils de la région des lacs et du gourma malien.

La longueur et la largeur : Ce sont des caractères liés à la production de grains. La longueur va de 4 cm à plus de 200 cm pour la variété Zongo du Niger. C'est un caractère à très forte héritabilité et de nature polygénique (1 à 7 ou 1 à 4 selon les auteurs) ; la part due aux effets additifs dans la variance F2 apparaît prédominant dans tous les croisements où on a fait une analyse de celle-ci.

La largeur de l'épi varie de 1 à 5 cm. C'est aussi un caractère à très forte héritabilité. Dans les croisements, l'analyse de la variance de la F2 montre des variations dues à des effets additifs et d'épistasie dans des proportions variables suivant les auteurs.

L'aristation : L'épi est dit aristé si les soies involucales sont plus longues que la graine. Sing et al (1967) ainsi que Gill et Athwal tous cités par JOLY-ICHENAUER H. (1984) indiquent un déterminisme monogénétique pour l'aristation de l'épi. Il peut être mono ou poly-aristé. L'aristation permet de lutter contre les oiseaux et les insectes.

.../...

- 1. Cylindrique
- 2. Conique
- 3. Quenouille ou fusiforme
- 4. Massue
- 5. Chandelle

- 6. Haltere
- 7. Lanolé
- 8. Oblancolé
- 9. Globuleux



Fig. 3 : Les différentes formes d'ŷps
 IBPGE-ICRISAT (1981)

h. le nombre d'épillets fertiles par involucre :

Le nombre d'épillets par involucre est extrêmement variable, même entre involucre d'une même chandelle, et peut aller jusqu'à 5 (FRALEIGH B., 1981) ; et le nombre d'épillets fertiles par involucre va de 2 à 3 (ZANGRE R., 1979)

i. Poids, forme et couleur des grains

Le poids et la couleur des graines sont influencés par les conditions du milieu ; sur une même chandelle, on peut trouver des graines deux fois plus grosses que d'autres et des graines de différentes couleurs (JOLY-ICHENAUER H., 1984). Les formes cultivées se caractérisent par des graines nues et assez grosses. Le poids de 1000 grains se situe entre 4 et 8 g (Memento de l'agronome, 1984) et varie de 3 à plus de 15 g selon RACHIE K.O. et MJMOUDAR J.V. (1980).

Les croisements entre mils cultivés et mils spontanés à très petites graines appartenant à la sous espèce violaceum montrent que les différences de grosseur qui existent entre ces deux groupes sont contrôlées essentiellement par des gènes additifs sans dominance. L'étude des différences de grosseur de graine qui existent entre mils cultivés fait apparaître dans tous les cas des relations complexes d'épistasie.

Les formes de graines décrites par l'IBPGR et l'ICRISAT en 1981 sont au nombre de 5 : forme globulaire, elliptique, hexagonale, obovée et lanceolée.

.../...

4. Importance du mil

Sixième céréale cultivée dans le monde après le blé, le riz, le maïs, le sorgho et l'orge, le mil occupe une place importante dans l'alimentation des populations des zones sahéliennes et soudano-sahéliennes d'Afrique et de l'Inde (TARDIEU M., 1985). SPENCER D.C. et SIVAKUMAR M.V. K (1987) citent les superficies emblavées par le mil et les rendements, estimés par la FAO en 1982 :

Inde	18.000.000 d'ha	500 kg/ha
Afrique	16.000.000 d'ha	600 kg/ha

En Afrique, les principaux pays producteurs sont : le Nigéria, le Niger, le Soudan, le Mali, le Burkina Faso et le Sénégal.

Au Burkina Faso, la culture du mil est pratiquée dans toutes les zones climatiques, surtout dans les régions septentrionales à pluviosité faible et à sols sableux. Elle a occupé une superficie totale de 1.286.500 ha avec un rendement de 630 kg/ha en 1988 (MAE 1989). La production est assurée par les variétés traditionnelles et reste insuffisante. Elle est utilisée sous forme de semoule (couscous), de pâte (exemple : "tô", "foura"), de bouillie, de boissons alcoolisées et non alcoolisées (zôm-kom), etc... Hormis l'alimentation de l'homme, le grain est utilisé dans l'alimentation des volailles. La paille sert d'aliment aux animaux domestiques, de combustible, de matière première pour la fabrication de chaume et de clôture (Secco). La plante verte est utilisée comme fourrage aux USA et en Australie (PERNES J. 1984)

Les teneurs en protéines et en lipides du mil sont élevées. ROONEY L.W. et Mc DONOUGH C.M., 1987 donnent la composition approximative suivante :

éléments	teneur en %
protéines	12,1
carbohydrates	69,4
lipides	5,0
fibres	2,4
cendre	2,3

.../...

Le grain est riche en tryptophane mais déficient en lysine. La valeur énergétique est d'environ 784 cal/kg (Mémento de l'agronome, 1984). La valeur nutritive peut être souvent réduite à cause de la perte de l'embryon, suite à la destruction des enveloppes de la graine lors de son utilisation dans l'alimentation de l'homme.

.../...

5. Importance des ressources phylogénétiques

La diminution de la variabilité génétique des plantes cultivées est préoccupante. Des 5000 plantes cultivées dont l'homme se servait pour son alimentation il y a 10.000 ans, on en cultive aujourd'hui que quelques centaines dont environ 150 à grande échelle. Cette diminution qui nuit à l'équilibre écologique nous conduit vers une insécurité alimentaire, car, plus de 90 % de nos aliments proviennent du monde végétal (SASSON A., 1986). En cultivant à grande échelle des plantes uniformes génétiquement, on risque de voir les récoltes entièrement détruites par un changement climatique soudain ou une maladie inhabituelle. SASSON A. (1986) rapporte que l'hiver rigoureux de l'année 1972 en URSS a entraîné la perte de millions de tonnes de blé parce que la seule variété de blé cultivée, Bezostaja, s'est montrée très sensible. Pour minimiser ces risques, les paysans maintiennent souvent dans leurs champs, plusieurs variétés ayant des caractéristiques différentes et n'hésitent pas à faire des associations de cultures.

La variabilité constitue la base essentielle de l'amélioration des plantes. Au niveau du maïs, la recherche de la variabilité était devenue nécessaire à cause de la faiblesse des lignées parentales obtenues par consanguinisation (BEADLE G., 1980). La découverte de la téosinte, ancêtre de cette plante a permis d'assurer sa variabilité génétique. Il en est de même pour d'autres cultures. En ce qui concerne le mil en Afrique, compte tenu de l'existence des formes spontanées et de la présence d'une grande diversité de formes cultivées, la variabilité génétique est assurée. Le potentiel et l'adaptation des nouvelles variétés sont déterminés par cette variabilité, ainsi qu'à l'efficacité de l'utilisation de celle-ci (ANAND KUMAR K. et APPA RAO S., 1987). Les ressources génétiques constituent donc la matière première pour le sélectionneur. C'est ce qui explique les prospections et les collectes de mils cultivés et sauvages. Au Burkina Faso, de 1980 à 1987, environ 850 écotypes de mils ont été collectés sur l'ensemble du territoire et évalués par l'IRAT, l'ICRISAT, l'INERA, l'U.O. et l'IBPGR (ZONGO J.D. et al, 1988).

En 1985, compte tenu de l'intérêt que revêt les formes spontanées, l'ORSTOM a organisé leur prospection et leur collecte dans le nord du Burkina Faso (MARCHAIS L. et TOSTAIN S., 1985). Les formes spontanées présentent de nombreux caractères qui peuvent être introduit dans les variétés cultivées : la résistance aux maladies et aux ravageurs, les gènes permettant de restaurer la fertilité du cytoplasme A1, la diversité

.../...

cytoplasmique, les gènes associés au rendement, l'apomixie, le cycle, et les caractéristiques liées à l'inflorescence et à la morphologie de la plante. (HANNA W., 1987). L'adaptation large des variétés traditionnelles de mil est due aux échanges de gènes entre formes cultivées et formes sauvages. (PERNES J., 1984).

Il convient, dans l'amélioration du mil, de tenir compte de toutes les espèces et de les protéger ; car, on constate actuellement une diminution de leur aire de répartition, surtout en ce qui concerne les formes spontanées en Afrique sahélienne.

.../...

6. Amélioration du mil

L'importante variabilité génétique du mil, sa protogynie avec une allogamie préférentielle, l'absence de système d'auto-incompatibilité, le nombre peu élevé de ses chromosomes ($2N=14$) et l'existence de lignées mâle-stériles sont des propriétés qui offrent beaucoup de possibilités pour son amélioration.

a) Les objectifs visés par l'amélioration

Les objectifs généraux visés sont : l'augmentation et la stabilité du rendement, l'amélioration de la qualité du grain. En vue de parvenir au premier objectif, augmentation et stabilité du rendement, les sélectionneurs ont entrepris :

- d'améliorer le rapport $\frac{\text{Paille}}{\text{Grain}}$ de l'ordre de 2 contre 3,5 à 5 pour les types traditionnels (Mémento de l'agronome 1984). Il existe cinq gènes de nanisme que l'on peut exploiter : D1, D2, D3, D4, D5, le gène le moins utilisé est D5 et le plus utilisé D2. Le nanisme est dû au raccourcissement des entre-nœuds. L'IRAT a mis au point un certain nombre de variétés naines dans le but d'intensifier la culture, (IRAT 172 et IRAT 173). Les variétés traditionnelles qui sont de grande taille (taille >200 cm) (IRAT, 1982) et caractérisées par un développement végétatif exubérant ne permettent qu'une culture à faible densité

- de créer des variétés résistantes à la sécheresse. Plusieurs approches sont tentées :

* réduction de la durée du cycle dans les zones où la saison des pluies est courte, pour que le remplissage des grains se fasse pendant la période humide.

* sélection de variétés ayant une bonne vigueur à la levée, une aptitude à supporter les hautes températures et le stress hydrique, et une résistance à l'encroûtement et à la compacité du sol, à cause du caractère aléatoire de la saison des pluies en début et en fin de culture.

* utilisation de variétés ayant un bon système racinaire assure une meilleure exploitation des horizons vers la fin de la campagne.

.. / ...

- de créer des variétés résistantes aux maladies. Dans la zone de culture du mil, trois maladies demeurent fréquentes ; il s'agit du mildiou (Sclerospora graminicola), du charbon (Tolyposporum penicillariae) et l'ergot (Claviceps fusiformis). Ces maladies occasionnent des pertes considérables de rendement.

Un accent est mis également dans l'amélioration de la qualité du grain.

b) Les méthodes d'amélioration

Les méthodes d'amélioration du mil sont très variées. Il y a celles relatives à l'amélioration des populations et celles relatives à la création d'hybrides et de variétés synthétiques.

b.1.) Les méthodes d'amélioration des populations

- Sélection massale : la plus vieille méthode est la sélection massale à l'intérieur de populations très hétérozygotes, utilisée empiriquement par les agriculteurs. Elle n'a pas souvent donné de bons résultats car les caractères pour lesquels la sélection s'est faite, n'étaient pas suffisamment héréditaires. Les études ont montré une large part d'effets non additifs (66 %) surtout de dominance et d'épistasie. (ZANGRE R., 1979). Néanmoins, cette méthode a permis la mise au point de trois populations très précoces de mil au Mali M2D2, M9D9, M12D1 (NIANGADO O. et BOTOUROU O., 1987).

- Méthodes de sélection récurrente : la sélection récurrente simple pour l'aptitude générale à la combinaison est aussi utilisée pour améliorer les populations de mil. Dans ce cas, il faut que les effets de l'hétérosis soient dus à des effets de dominance et d'épistasie. C'est la sélection récurrente cumulative qui permet de concentrer les caractères à effet de dominance et d'épistasie.

b.2) Les méthodes de création d'hybrides et de variétés synthétiques

- la sélection pédigrée généalogique dans la descendance de certains croisements : elle a pour objectif dans le cas du mil de mettre au point des lignées

.../...

homogènes en stabilisant les gènes vers l'homozygotie. Ces lignées sont destinées à être utilisées dans la constitution d'hybrides, ou de variétés synthétiques afin d'exploiter l'hétérosis. Cette vigueur hybride se manifeste chez le mil, plus au niveau de la production de paille, qu'au niveau de la production de grain. Toutefois, des études faites sur le déterminisme de l'hétérosis lié à la production de grain ont montré une part importante d'effets non additifs dans la variance liée à ce caractère.

L'utilisation directe de la lignée dans le cas où il y a un progrès net dans le rendement en grain peut être envisagée. C'est le cas de la lignée D 174 obtenue en Inde dans la descendance du croisement D2 x IP 81 (Bilquez, 1970).

- Méthode de back-cross : l'objectif de la méthode est de pouvoir corriger un matériel performant pour un caractère ou un groupe de caractères intéressants contrôlés par un petit nombre de gènes. L'IRAT a utilisé le back-cross pour introduire le gène du nanisme dans des variétés traditionnelles (DIASSO M.C., 1980). De même, la stérilité mâle peut être intrduite par back-cross dans ce matériel qui en fait défaut.

- Utilisation de la lignée mâle stérile : il existe plusieurs souches différentes de cytoplasme mâle stérile de mil, parmi lesquelles Tif 23 A découverte à Tifton en Georgie (USA), L 66 A et L 67 A découvertes en Inde. La stérilité mâle cytoplasmique est due à l'interaction d'un gène homozygote récessif ms avec un cytoplasme mâle stérile (Bilquez, 1970). La souche la plus ancienne et la plus utilisée est Tif 23A.

Les lignées mâles stériles permettent la production d'hybrides à grande échelle. Actuellement, des semences hybrides de mil ne sont pas vulgarisées au Burkina Faso.

c) Point sur l'amélioration du mil au B.F.

Au Burkina Faso, les activités de recherche sur le mil ont été menées par l'IRAT de 1962 à 1982 et par l'ICRISAT de 1976 à 1987.

Les travaux de l'IRAT ont permis de sélectionner du matériel local destinés à différentes zones de culture (voir tableau n.1) : SRM Dori, IRAT 172, IRAT 173, ZALLA. Ces variétés ont des rendements de 2500 à 3000 kg/ha dans les conditions expérimentales (SEYNOU A., 1987).

.../...

TABLEAU. 1 : VARIETES VULGARISABLES AU BURKINA ISSUES DES ECOTYPES LOCAUX (MIL)

VARIETE	ORIGINE	CYCLE	ZONE DE CULTURE
ZALLA	Région de TOUGAN	110-120 jours	700 - 850 mm
SYNTHETIQUE 77=P8	Population Zalla	110-120 jours	700 - 850 mm
SRM DORI	Région de DORI	85-95 jours	450 - 650 mm
IRAT 172	7/8 locale Zalla x matériel nain	110 jours	700 - 850 mm
IRAT 173	7/8 locale Zalla x matériel nain	120 jours	700 - 850 mm
IKMP1	Ecotypes Plateau mossi	110-120 jours	700 - 900 mm
IKMP2	Ecotypes Plateau mossi	110-120 jours	500 - 800 mm
IKMP5	Région de OUAHIGOUYA	110 jours	500 - 800 mm
IKMP3	Région de TOUGAN	120-140 jours	700 - 1100 mm

B. LES CONDITIONS EXPERIMENTALES

1. Le milieu naturel

a) Le climat

La station expérimentale de Gampéla est située à 12° 26' de latitude nord et 1° 21' de longitude ouest, entre les isohyètes 700 et 800 mm (SIVAKUMAR M.V.K. et GNOUMOU F., 1987). Elle est à 20 km à l'est de Ouagadougou. Le climat est du type soudano-sahélien. La saison des pluies débute en fin Mai et se termine en début Octobre.

La campagne 1988-1989 a reçu 711,4 mm de pluie régulièrement répartie pendant la durée de la culture (voir fig. n.4). Les autres données climatologiques de Gampéla n'étant pas disponibles, nous nous sommes référés à celles de Ouagadougou (tableau n.2).

Les températures moyennes de l'air variaient d'environ 30 C à 22 C pendant la période de croissance. Au sol, les températures maximum et minimum étaient respectivement de 37 C et 22 C. L'humidité maximum de l'air se situe en Août. (voir tableau N. 2).

b.) Le sol

Le sol sur lequel a été implanté l'essai a fait l'objet d'une étude (BUNASOLS, 1988). C'est un sol peu évolué d'apport alluvial, hydromorphe à matériaux limoneux à limono-argilo-salbeux. La profondeur se situe entre 105 et 157 cm et la structure massive à faiblement développée.

Le sol est pauvre en matière organique (inférieure à 0,5 %) et en azote total, avec une mauvaise minéralisation de la matière organique. Le drainage est modéré et la disponibilité en eau moyenne.

Le pH du sol est compris entre 5 et 6,8. La capacité totale d'échange du complexe absorbant est faible, de 1 à 13,6 meq/100 g. Comme tous les sols du Burkina Faso, il est carencé en phosphore.

Le milieu naturel, tel qu'il se présente est favorable à la culture du mil.

.../...

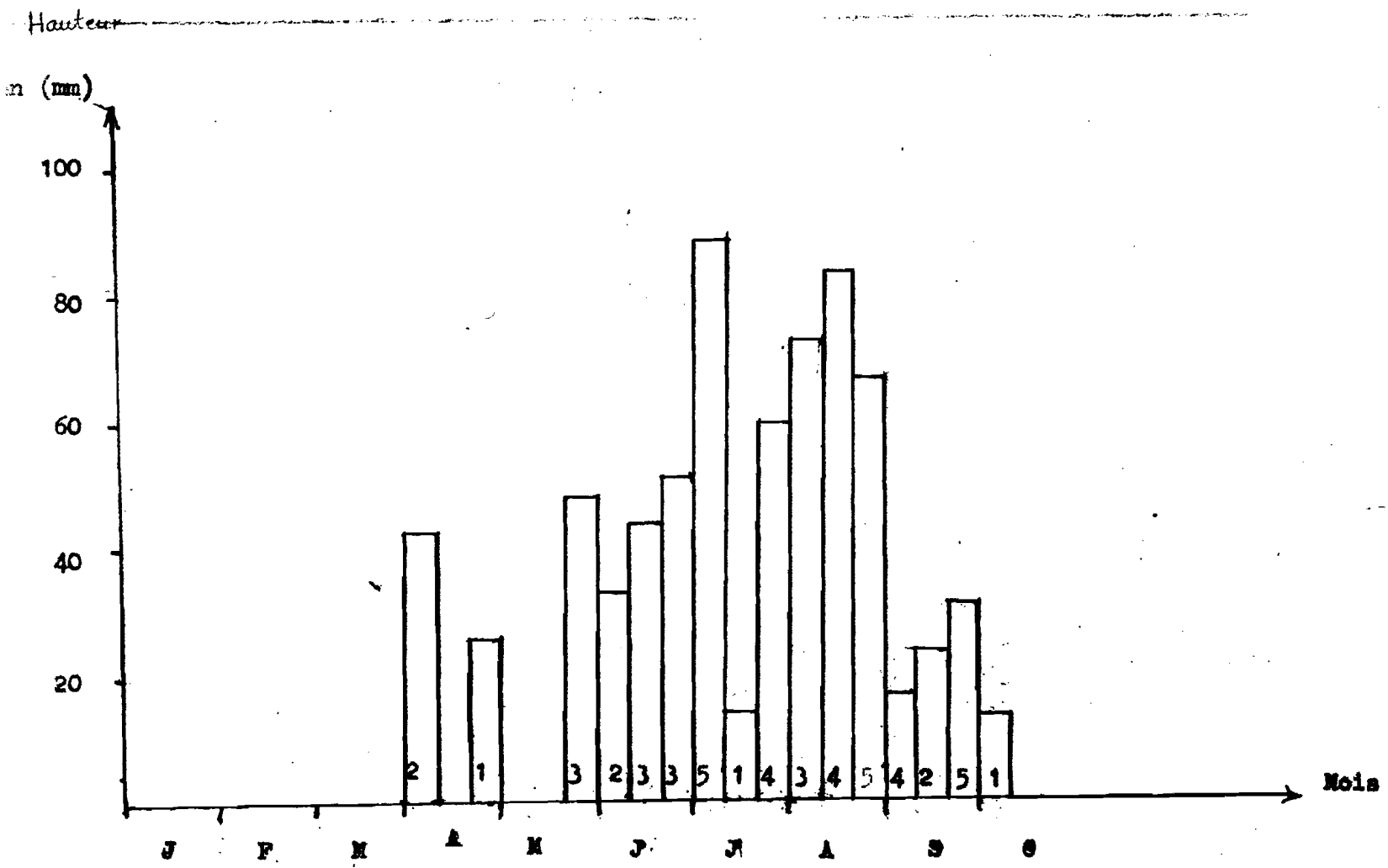


Fig n°4 Répartition décadaire de la pluviométrie annuelle de Gampéla pour l'année 1988 (avec le nombre de jours de pluies par décade).

TABLEAU N° 2

DONNEES METEOROLOGIQUES DE OUAGADOUGOU

	A	M	J	Jt	At	S	O
Température maximale absolue	42,5	41,4	37,8	34	32,8	34,8	38,0
Température minimale absolue	20,6	21,0	18,6	20,1	20,1	18,8	20,0
Température la plus (moyenne) élevées	25,8	32,7	33,9	30,9	30,4	31,9	36,1
Température la plus (moyenne) basse	23,6	25,8	23,8	23,0	22,2	22,7	22,7
Humidité relative %							
Maximum	66,8	72,4	85,0	92,5	96,0	94,4	80,3
Minimum	25,5	28,1	47,2	58,1	60,0	53,7	27,2
Insolation moyenne	7,4	9,4	7,7	6,9	6,7	6,9	9,7
Insolation totale (en heure)	222,4	294,0	223,8	213,8	207,4	207,0	300,6
Température à 10 cm au dessus du sol							
Maximum	46,0	45,8	40,2	37,7	37,1	39,9	43,5
Minimum	24,0	24,6	24,6	23,4	21,6	22,0	21,1

SOURCE : DIRECTION DE LA METEOROLOGIE

2. Matériel et Méthodes

a) Matériel

Le matériel végétal se compose de 121 écotypes répartis comme suit :

100 écotypes du Burkina dont les régions d'origine sont le nord, le centre et l'est.

21 écotypes originaires de 7 pays africains : Bénin, Cameroun, Mali, Niger, Nigeria, Sénégal, Togo.

L'évaluation a concerné 107 écotypes dont 18 étrangers; les autres ont été tardifs ou dévastés par des maladies (cf matériel évalué en annexe tableau n. 2).

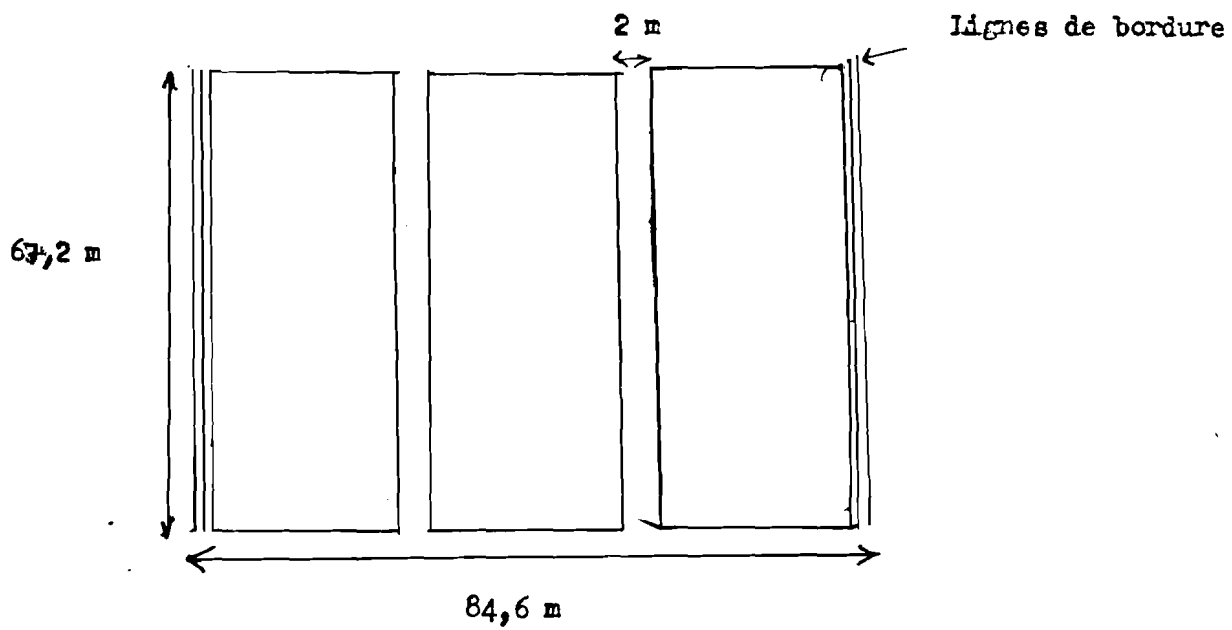
b) Méthodes

- Le dispositif expérimental

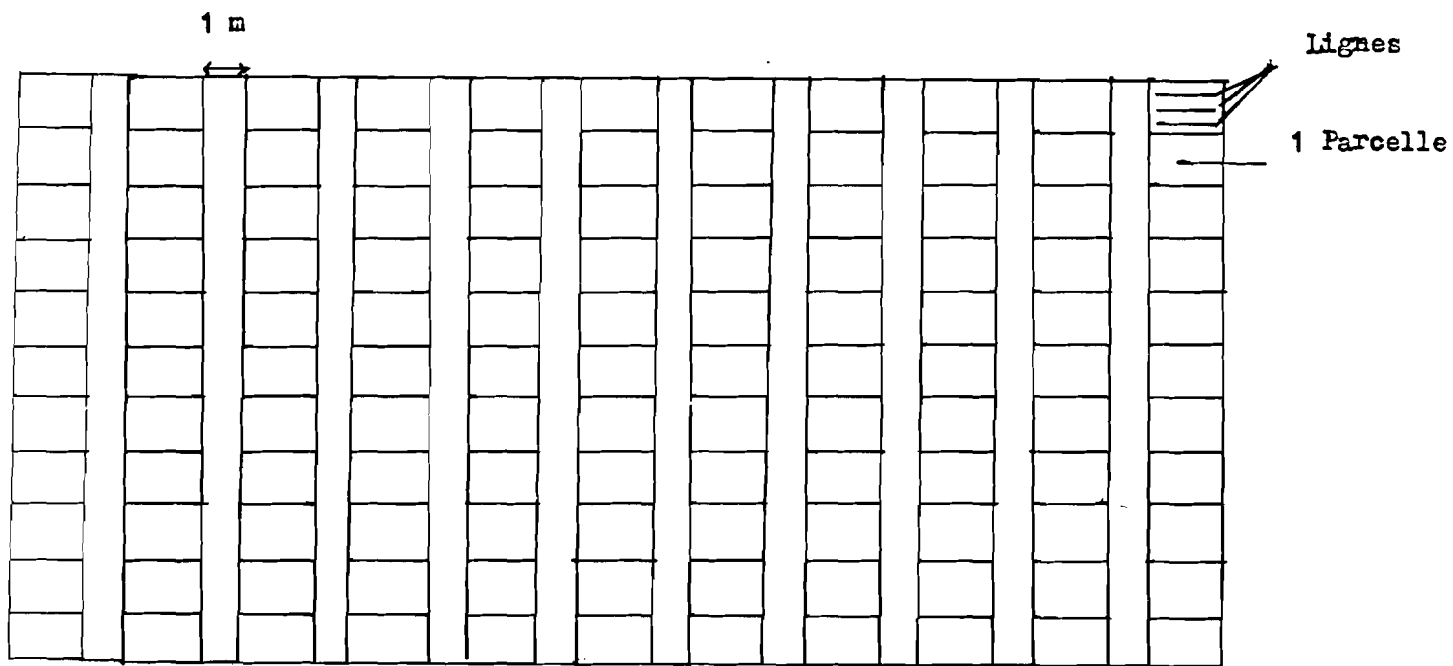
Le dispositif utilisé est le triple lattice (11 x 11, voir figure n.5) chaque répétition comporte 121 parcelles élémentaires constituées chacune de 3 lignes espacées de 80 cm et de 13 poquets par ligne espacés de 40 cm (voir fig n.5). Dans une parcelle, 25 plantes sont individuellement suivies. Le choix des plantes s'est fait au hasard, excluant celles des bordures. Dans quelques parcelles, compte tenu de la mortalité élevée des plantules nous avons eu moins de 25 plantes à suivre.

- Semis

La plupart des graines des écotypes avait un pourcentage de germination supérieur à 80 %. Le semis a été effectué dans des pots remplis de terre le 21 Juin. Le sol de l'essai a été ameubli, le terrain aplani et piqueté, et le repiquage s'est déroulé le 6 Juillet pour la première répétition après une pluie de 56,8 mm et le 7 Juillet pour les deuxième et 3ème répétitions. Nous avons mis une plantule par poquet. La fumure de fond a été le NPK 14-23-14 à la dose de 100 kg/ha et le précédent cultural du maïs.



Plan d'ensemble de l'essai .



Détail d'une répétition

Fig n° 5 ; Plans de l'essai

Après le repiquage est intervenue respectivement les 8 et 10 Juillet une pluie de 7,7 mm et de 15,6 mm, des quantités justes suffisantes pour ne pas causer des dégats. Ce qui a considérablement diminué la mortalité des plantules.

- Entretien

L'entretien a consisté en :

- * un sarclage le 20 Juillet pour la première répétition et le 21 Juillet pour les deuxième et troisième répétitions
- * une fumure d'entretien le 29 Juillet ; l'urée à la dose de 50 kg/ha.
- * un buttage le 18 Août.

Pour lutter contre les insectes de l'épi trois traitements au décis, à la dose de 1 litre par ha soit 12 g de matière active par ha, se sont avérés nécessaires : le 14 Août, le 23 Août et le 06 Septembre.

- Collectes des données

Un ensemble de 21 caractères a été observé en tenant compte du fascicule IBPGR-ICRISAT (1981) (cf tableau n.3). 25 plantes ont été suivies par écotype et par répétition.

* Caractères quantitatifs

. L'I.S.E.

L'émergence de 50 % de l'épi est considérée comme une épiaison. La date d'épiaison de la talle principale de chaque plante est notée. L'intervalle semis-épiaison d'un écotype c'est le temps mis par cet écotype depuis le semis pour arriver à épiaison. Pour un écotype donné l'épiaison est notée lorsque 13 plantes ont épié. Les dates de floraison ont été difficiles à noter. La floraison mâle a fait l'objet d'observation mais n'a pas été considéré dans l'étude.

.../...

Tableau n.3 Caractères observés

* Caractères quantitatifs

<u>Caractères</u>	<u>Sigles</u>
1. Intervalle semis-épiaison	I.S.E.
2. Hauteur à maturité	H.A.M.
3. Nombre d'entre-noeuds	N.E.N.
4. Nombre de talles basales	N.T.B.
5. Nombre d'épis utiles	N.E.U.
6. Longueur du drapeau	L.O.D.
7. Largeur du drapeau	L.A.D.
8. Longueur de la chandelle	L.O.C.
9. Largeur de la chandelle	L.A.C.
10. poids de la chandelle	P.O.C.
11. Exertion	EX.
12. Poids total des grains de la chandelle	PTG/C ou PST/C
13. Poids de cent grains	P.C.G.
14. Nombre d'épillets fertiles par involucre	N.E.F.

* Caractères qualitatifs

1. Coloration des noeuds	C.O.N.
2. Coloration des entre-noeuds	C.O.E.N.
3. Pubescence des feuilles	Pub. F.
4. Pubescence des entre-noeuds	Pub. E.
5. Forme ou aspect de la chandelle	A.S.P.
6. Aristation de l'épi	LSL+
7. Couleur des graines	C.O.G.

. H.A.M. et N.E.N

La hauteur à maturité est la hauteur de la talle principale mesurée à partir du niveau du sol jusqu'au sommet de l'épi : ce caractère est mesuré lorsque les graines sont arrivées à maturité. Le nombre d'entre-noeud qui est égale au nombre de feuilles est compté peu avant la récolte.

. N.T.B. et N.E.U.

Le nombre total de talles basales est compté au moment de l'épiaison. A la récolte, les talles basales portant des graines sont comptées, c'est le nombre d'épis utiles. Ces épis comptés donnent le tallage basal utile.

. L.O.C. L.A.C. E.X.

+ La longueur et la largeur de la chandelle ont été mesurées sur la talle principale en utilisant pour la largeur un pied à coulisse.

+ L'exertion traduit un état d'un épi à se dégager de la gaine du drapeau. Ce caractère est mesuré en faisant la différence entre la longueur du pédoncule et celle de la gaine du drapeau.

. P.O.C. - P.T.G./C P.C.G.

Compte tenu d'autres observations sur l'épi principal, le poids de chandelle, le poids total de grain par chandelle ont été observés sur le deuxième meilleur épi. Au lieu du poids de 1000 grains nous avons considéré le poids de 100 grains en l'absence d'un compteur.

. LOD et LAD

La longueur du drapeau ou dernière feuille est mesurée de la ligule au point terminal de la feuille et la largeur au point le plus large de la feuille. Ces caractères sont observés à épiaison.

. N.E.F.

Les observations ont été faites sur 5 épis par parcelle et sur 5 involucre par épi.

.../...

* Caractères qualitatifs

Les observations ont porté sur 7 caractères qualitatifs (tableau n.3, cité ci-dessus) aux stades suivants :

+ A l'épiaison

- . Couleur des noeuds et des entre-noeuds
- . Pubescence des feuilles et des entre-noeuds avec deux états : présence ou absence

+ A maturité

- . Couleur des graines
- . Aristation de l'épi
- . Forme de l'épi

- Méthodes d'analyse des données

Les données relatives aux caractères quantitatifs ont fait l'objet de deux types d'analyse :

- une analyse des caractères pris individuellement dans le but de décrire les variabilités inter et intra-écotypes. Cette analyse intègre l'analyse de variance et l'étude des histogrammes de distribution.

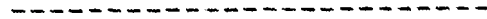
- une analyse globale des caractères comportant :

. une analyse en composantes principales (ACP) ayant pour objet de décrire le comportement des écotypes par région.

. une étude de corrélation.

Les données relatives aux caractères qualitatifs ainsi que l'exertion et le nombre d'épillets fertiles par involucre ont été directement exploités en calculant les fréquences ou les pourcentages d'individus par écotypes ou d'écotypes sur l'ensemble, portant le caractère considéré.

RESULTATS ET DISCUSSION



1. Analyse inter et intra-écotype

Les résultats brutes des caractères quantitatifs sont consignés dans des tableaux en annexe (tableau n.1 de l'annexe). Un certain nombre de ces caractères quantitatifs, d'intérêt agronomique, a fait l'objet d'une analyse de variance et d'une étude d'histogramme de distribution.

a) Analyse inter-écotypes

Les résultats de l'analyse de variance consignés dans les différents tableaux (tableau n.4 à 15) donnent les informations suivantes :

- des différences statistiquement significatives entre écotypes pour l'ensemble des caractères étudiés.

- des variations entre blocs également significatives pour les caractères : largeur de la chandelle, nombre d'entre-noeuds, hauteur à maturité, poids total de grains par chandelle, poids de la chandelle, poids de cent grains (tableau N. 5, 6, 12, 14, 13 et 15)

- des coefficients de variation faibles (inférieur à 12 %) dans l'ensemble, mais élevés (supérieur à 19 %) pour les caractères nombre d'épis utiles, poids de la chandelle, poids total de grain par chandelle, tous liés à la production de grains (tableau n.10, 13 et 14)

Ces résultats montrent une grande variabilité inter-écotypes pour la collection étudiée.

Les coefficients de variation relativement élevés pour les caractères liés au rendement pourraient s'expliquer par des causes d'ordre environnementaux, surtout parasitaires :

- attaques de styles des fleurs par les insectes (cantharides : Psalydollyta sp, etc...) ayant entraîné la non fécondation.

TABLEAUX: LES RESULTATS D'ANALYSE DE VARIANCE.

* DIFFERENCE SIGNIFICATIVE A 5 %
 ** " " " " A 1 %
 N S " NON SIGNIFICATIVE.

— Cart type (traitement)
 CV- Coefficient de variation

TABLEAU 4.. I S E : Intervalle Scmis - epiaison

SDV	DDL	SCE	VARIANCE	F CALCULE	F THEORIQUE 5%	F THEORIQUE 1%
BLOCS	2	35,63	17,81	2,14 NS	3,04	
TRAITEMENTS	106	69025,80	651,19	78,22 **	1,32	1,48
ERREUR	212	1765,00	8,33			
TOTAL	320	70826,40				

$\sigma = 2,89$
 $CV = 3,66$

TABLEAU 5. H A M : HAUTEUR A MATURITE

SDV	DDL	SCE	VARIANCE	F CALCULE	F THEORIQUE 5%	F THEORIQUE 1%
BLOCS	2	5376,00	2688,00	7,82 **	3,04	4,77
TRAITEMENTS	106	830038,00	7830,35	22,78 **	1,32	1,48
ERREUR	212	908286,00	343,74			
TOTAL	320					

$\sigma = 18,54$
 $CV = 5,81 \%$

TABLEAU 6. N E N : NOMBRE D'ENTRE-NOEUDS

SDV	DDL	SCE	VARIANCE	F CALCULE	F THEORIQUE 5%	F THEORIQUE 1%
BLOCS	2	2,25	1,13	6,97 **	3,04	4,77
TRAITEMENTS	106	2619,61	24,71	153,13 **	1,32	1,48
ERREUR	212	34,21	0,16			
TOTAL	320	2656,07				

$\sigma = 0,40$
 $CV = 3,23$

TABLEAU 7. L O D = LONGUEUR DU DRAPEAU

SDV	DDL	SCE	VARIANCE	F CALCULE	F THEORIQUE 5%	F THEORIQUE 1%
BLOCS	2	4,13	2,06	0,18 NS	3,04	
TRAITEMENTS	106	13682,30	129,08	11,42 **	1,32	1,48
ERREUR	212	2395,56	11,30			
TOTAL	320	16082,00				

$$s = 3,36$$

$$cv = 7,20$$

TABLEAU 8. L A D = LONGUEUR DU DRAPEAU

S D V	! D D L !	S C E	VARIANCE	F. CALCULE	5%	F. THEORIQUE	1%
BLOCS	! 2 !	0,23	0,12	1,19 NS	3,04		
TRAITEMENTS	! 106 !	191,10	1,80	22,98 **	1,32	1,48	
ERREUR	! 212 !	16,70	0,08				
TOTAL	! 320 !	208,03					

$$s = 0,28$$

$$cv = 6,49$$

TABLEAU 9. N T B NOMBRE DE TALLES BASALES

S D V	! D D L !	S C E	VARIANCE	F. CALCULE	5%	F. THEORIQUE	1%
BLOCS	! 2 !	2,83	1,41	1,19 NS	3,04		
TRAITEMENTS	! 106 !	458,52	4,133	3,64 **	1,32	1,48	
ERREUR	! 212 !	252,22	1,19	||			
TOTAL	! 320 !	713,57					

$$s = 1,09$$

$$cv = 10,56$$

TABLEAU 10. N E U : NOMBRE D'EGES VEILLES

S D V	! D D L !	S C E	VARIANCE	F. CALCULE	5%	F. THEORIQUE	1%
BLOCS	! 2 !	3,39	1,70	2,24 NS	3,04		
TRAITEMENTS	! 106 !	1497,72	4,70	6,30 **	1,32	1,48	
ERREUR	! 212 !	1160,50	0,76				
TOTAL	! 320 !	66,61					

$$s = 0,87$$

$$cv = 19,32$$

TABLEAU 11. L O C : LONGUEUR DE LA CHANDELLE

S D V	! D D L !	S C E	VARIANCE	F. CALCULE	5%	F. THEORIQUE	1%
BLOCS	! 2 !	14,06	7,03	1,45 NS	3,04		
TRAITEMENTS	! 106 !	59060,00	557,17	114,52 **	1,32	1,48	
ERREUR	! 212 !	11031,41	4,87				
TOTAL	! 320 !	60105,50					

$$s = 2,21$$

$$cv = 6,05$$

TABLEAU 12. L A C - LARGEUR DE LA CHANDELLE

S D V	D D L	S C E	VARIANCE	F. CALCULE	F. THEORIQUE	
					5%	1%
BLOCS	2	1,03	0,51	17,89 **	3,04	4,71
TRAITEMENTS	106	42,55	0,40	13,98 **	1,32	1,48
ERREUR	212	6,09	0,03			
TOTAL	320	49,67				

$\sigma = 0,17$

$CV = 7,67$

TABLEAU 13. P O C : POIDS DE LA CHANDELLE

S D V	D D L	S C E	VARIANCE	F. CALCULE	F. THEORIQUE	
					5%	1%
BLOCS	2	1087,12	542,02	9,50**	3,04	4,71
TRAITEMENTS	106	18752,00	171,91	3,10**	1,32	1,48
ERREUR	212	12100,20	57,08			
TOTAL	320	131936,40				

$\sigma = 7,55 \%$

$CV = 27,45 \%$

TABLEAU 14. P T G L / C : POIDS TOTAL DES GRAINS DE LA CHANDELLE

S D V	D D L	S C E	VARIANCE	F. CALCULE	F. THEORIQUE	
					5%	1%
BLOCS	2	669,60	334,80	8,94 **	3,04	4,71
TRAITEMENTS	106	5585,64	52,69	1,41*	1,32	1,48
ERREUR	212	7936,70	37,44			
TOTAL	320	14191,90				

= 6,12

= 38,58

TABLEAU 15. P C G POIDS DE CENT GRAINS

S D V	D D L	S C E	VARIANCE	F. CALCULE	F. THEORIQUE	
					5%	1%
BLOCS	2	0,13	0,006	5,62 **	3,04	4,71
TRAITEMENTS	106	4,64	0,04	3,88 **	1,32	1,48
ERREUR	212	2,37	0,01			
TOTAL	320	7,11				

= 0,11

= 11,15

- attaques des grains laitoux par les insectes (punaises : Dysdercus volkeri, etc...)

- quelques dégats d'oiseaux sur les epis, surtout ceux des variétés natives.

L'étude des histogrammes de distribution a concerné les caractères à faible coefficient de variation. Les résultats sont présentés dans les figures 6 à 15.

- Intervalle semis-épiaison

L'écart type ($\sigma = 25,62$) montre une grande dispersion des écotypes autour de la moyenne qui est de 78,89 jours. Les deux modes observés sur l'histogramme (Fig. 6), [75 82] et [96. 103] indiquent la présence de deux groupes d'écotypes. Le groupe dont l'intervalle semis-épiaison est entre 47 et 82 jours et celui dont l'intervalle semis-épiaison se situe entre 82 et 110 jours. L'intervalle entre l'épiaison et la floraison mâle étant de 9 jours au maximum et celui entre la floraison mâle et la maturité de 25 à 26 jours (BONO M. 1959), on peut estimer la longueur du cycle de ces deux groupes : elle se situe entre 71 et 116 jours pour le premier et entre 116 et 144 jours pour le second.

Selon la classification de BOURKE D.O.D. en 1967 pour les mils ouest-africains et celui de CLEMENT J.C. en 1985 pour les mils du Burkina Faso, le premier groupe correspond approximativement aux mils précoces et demi-précoces et le second aux mils tardifs et demi-tardifs.

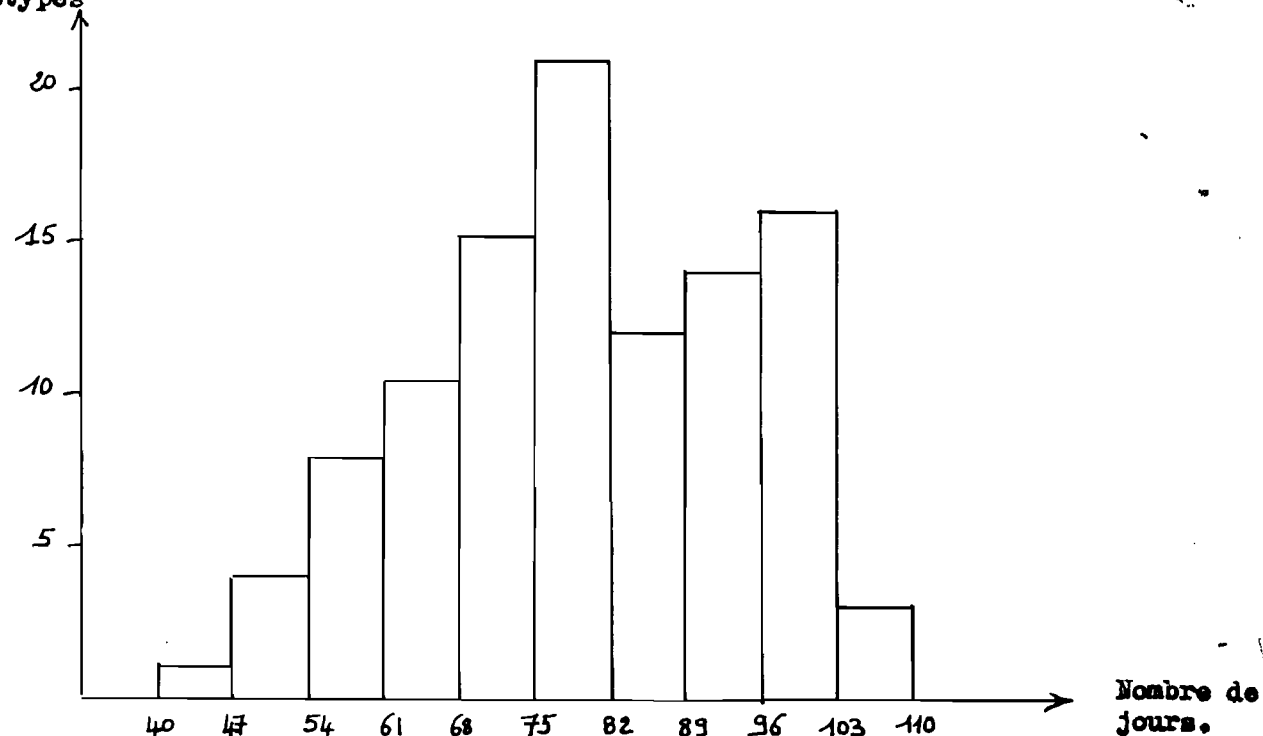
Les écotypes étrangers font parti des mils précoces et demi-précoces qui regroupent 69,16 % de l'ensemble de la collection. La moyenne de leur intervalle semis-épiaison est de 59,94 jours avec un minimum de 47 jours et un maximum de 75 jours.

- La hauteur à maturité et le nombre d'entre-noeuds.

La hauteur des écotypes évalués se situe entre 174 et 399 cm. Ce qui est hors de l'intervalle 124 à 386 cm trouvé pour les mils burkinabé (ZONGO J.D., 1988), mais se situe dans celui de 68 à 500 cm indiqué par RACHIE K.O. et MAJMOUDAR J.V. (1980).

Nombre d'ecotypes

Limites des classes	effectif	pourcentage
[40,00	47,00 [1	0,93
[47,00	54,00 [4	3,74
[54,00	61,00 [8	7,48
[61,00	68,00 [13	12,15
[68,00	75,00 [15	14,02
[75,00	82,00 [21	19,63
[82,00	89,00 [12	11,21
[89,00	96,00 [14	13,08
[96,00	103,00 [16	14,95
[103,00	110,00 [3	2,80
Total	107	100,00



Paramètres Statistiques

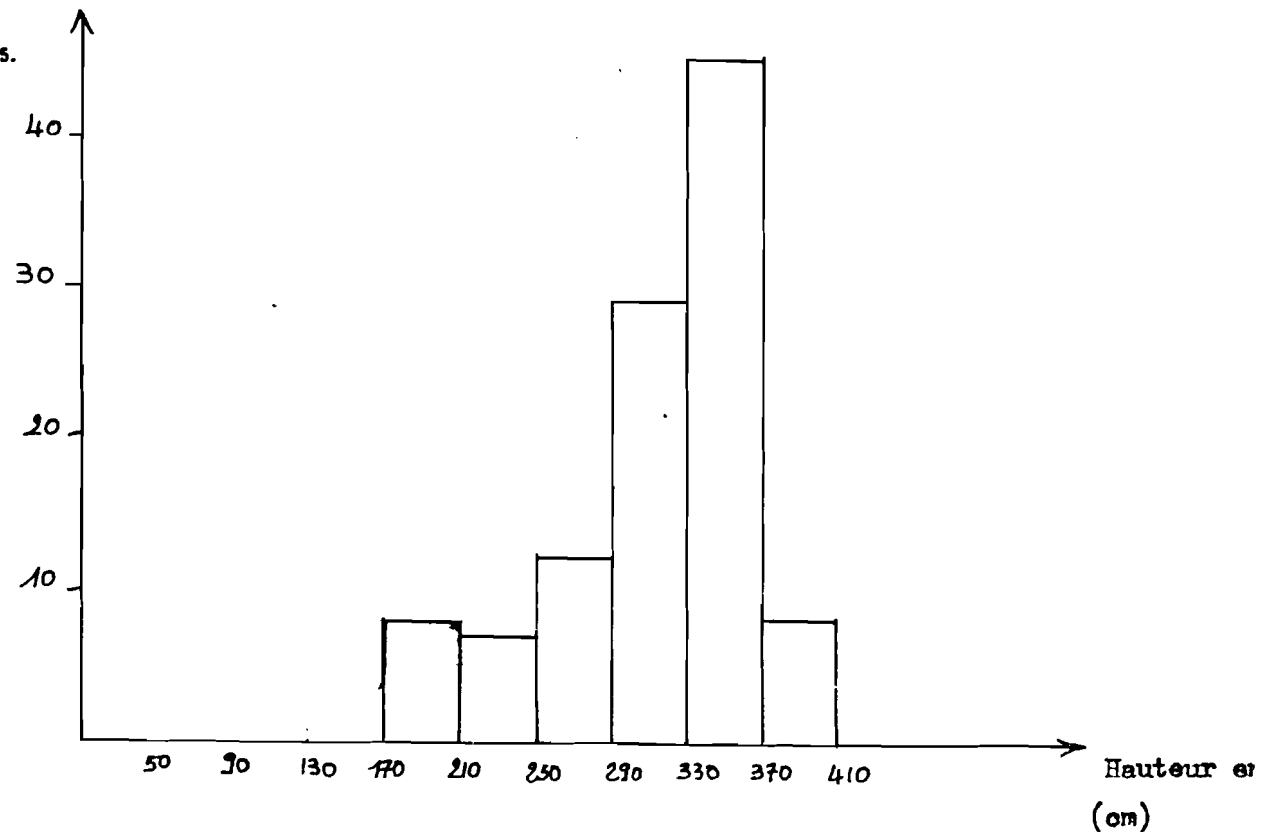
Total	107
Minimum	46,67
Maximum	104
Moyenne	78,89
Ecart type	25,62

Ecotypes étrangers	18
Minimum	46,67
Maximum	75
Moyenne	59,94
Ecart type	9,00

Fig n° 6 : Histogramme de distribution relatif au caractère intervalle semis-épiaison.

Limites des classes	effectif	pourcentage
170,00 - 210,00	7	6,54
210,00 - 250,00	6	5,61
250,00 - 290,00	12	11,21
290,00 - 330,00	29	27,10
330,00 - 370,00	45	42,06
370,00 - 410,00	8	7,48
Total ..	107	100,00

Nombre
d'écotypes.



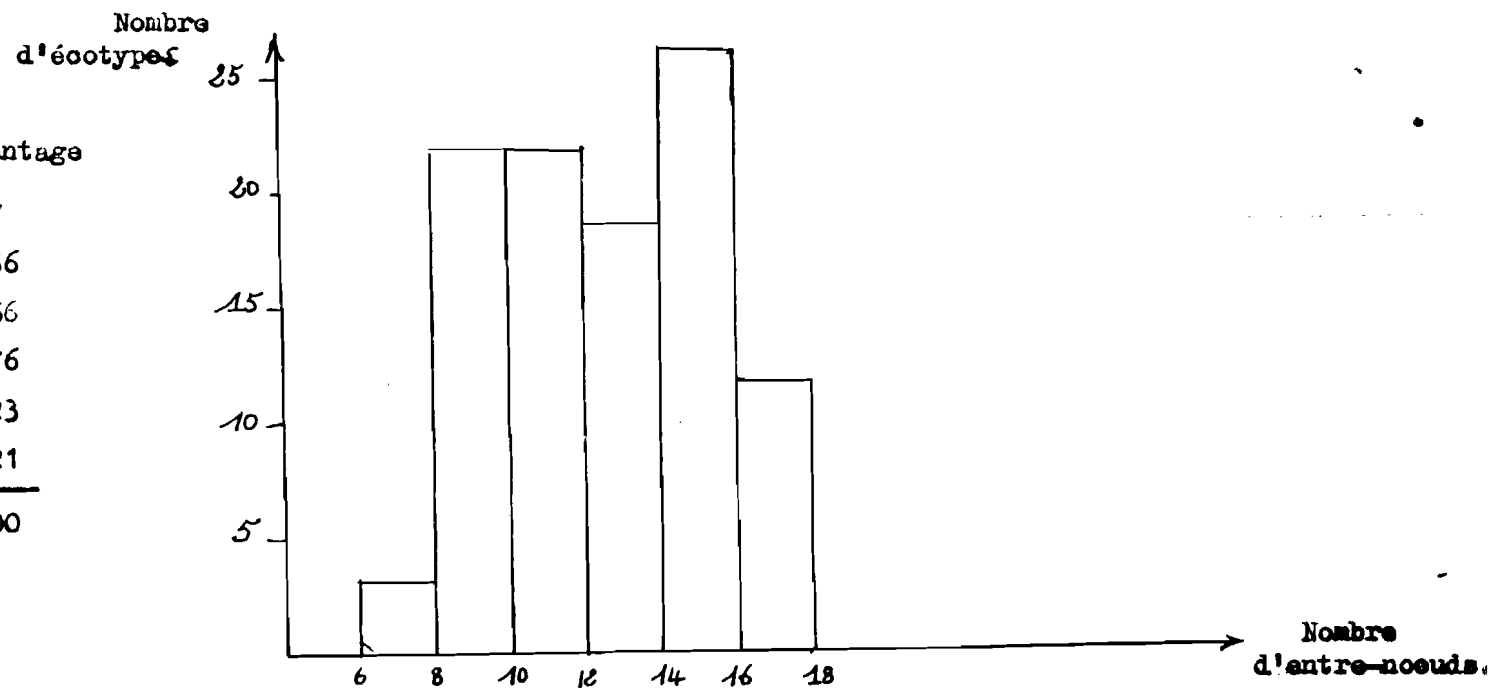
Paramètre Statistiques.

Total	107
Minimum	174,03
Maximum	399,43
Moyenne	319,06
Ecart type	88,30

Écotypes étrangers	18
Minimum	174,03
Maximum	334,67
Moyenne	244,46
Ecart type	52,24

Fig n° 7 : Histogramme de distribution relatif au caractère hauteur à maturité.

Limites des classes	effectif	pourcentage
6,00 [8,00 [	5	4,67
8,00 [10,00 [	22	20,56
10,00 [12,00 [	22	20,56
12,00 [14,00 [	19	17,76
14,00 [16,00 [	27	25,23
16,00 [18,00 [	12	11,21
Total	107	100,00



Paramètres Statistiques.

Total	107	Eotypes étrangers	18
Minimum	6	Minimum	6
Maximum	17	Maximum	12
Moyenne	12,44	Moyenne	8,69
Ecart type	4,97	Ecart type	1,58

Fig n° 8 : Histogramme de distribution relatif au caractère nombre d'entre-noeuds.

La plupart des écotypes ont une hauteur supérieure à 250 cm. L'intervalle [250 410[contient 87,85 % de la collection (fig. 7). Ces résultats montrent que les écotypes de grande taille sont prédominants dans la collection confirmant ainsi le rapport de l'IRAT en 1982. Les écotypes étrangers sont de petites tailles avec une hauteur inférieure ou égale à 250 cm. La moyenne est de 244,46 cm.

La répartition du nombre des entre-noeuds montre d'une part les écotypes à nombre d'entre-noeuds inférieur ou égal à 12 avec un minimum de 6 et d'autre part, ceux à nombre d'entre-noeuds supérieur à 12 (fig. 8) avec un maximum de 17. Ces derniers représentent 54 % du total. Les écotypes étrangers se trouvent dans le premier groupe avec un minimum de 6, un maximum de 12 et une moyenne de 8,69.

- Longueur du drapeau, largeur du drapeau

D'une manière générale, les dimensions des drapeaux des écotypes sont de 3 à 6 cm pour la largeur et de 36 à 60 cm pour la longueur. Ces dimensions sont petites par rapport à, 5 à 8 cm et 90 à 100 cm indiquées en 1980 par RACHIE K.O. et MAJMOUDAR J.V. respectivement pour la largeur et la longueur. Les histogrammes de la longueur et de la largeur (fig. 9 et 10) indiquent deux modes : pour la longueur [38,00 41,00[et 50,00 53,00[; pour la largeur : [3,00 4,50[et [4,50 5,00[. On distingue donc deux groupes d'écotypes pour chacun de ces deux caractères. Les drapeaux du premier groupe possèdent une longueur comprise entre 35 et 47 cm ; et le second groupe 47 à 62 cm. Pour la largeur ce sont les écotypes dont la largeur du drapeau se situe entre 3 et 4,50 cm d'une part, 4,5 à 6 cm d'autre part, qui sont représentés.

Par rapport aux valeurs trouvées, les écotypes étrangers ont des drapeaux longs et larges. Les moyennes sont respectivement de 5 cm et 50 cm pour la largeur et la longueur contre respectivement 4 cm et 47 cm pour l'ensemble des 107 écotypes.

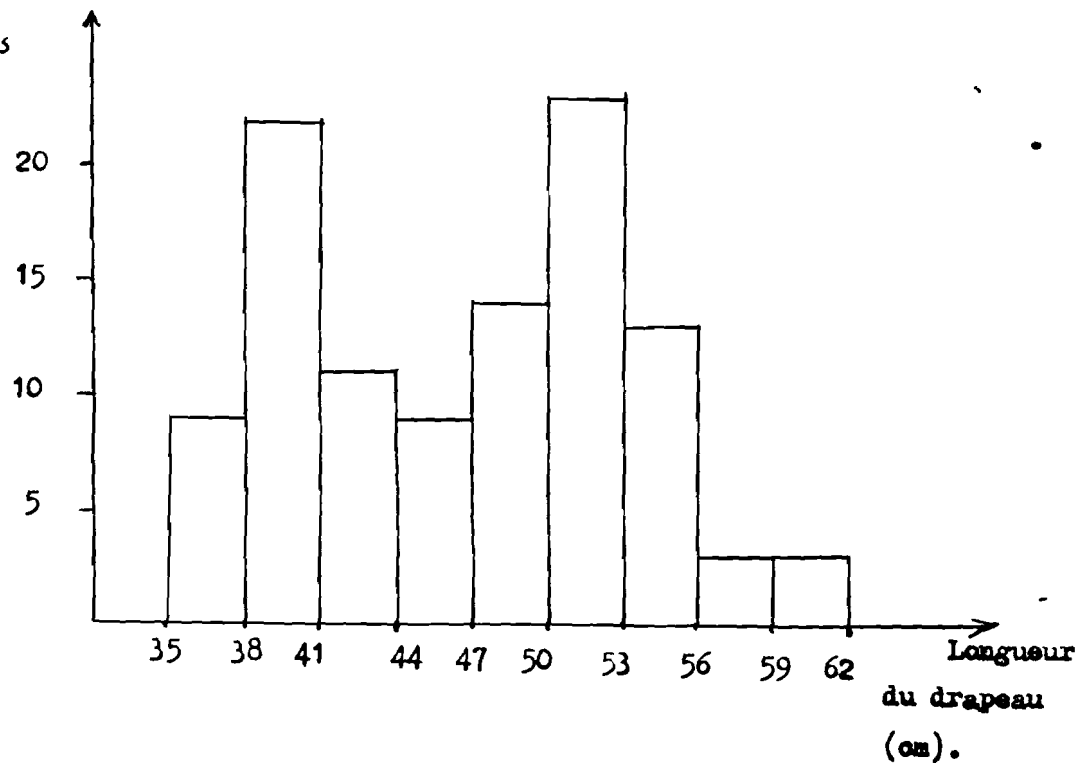
- Nombre de talles basales, nombre d'épis utiles.

La plupart des écotypes, 79,44 % ont un nombre de talle compris dans l'intervalle [9,00 12,00[(fig.11) Quant aux épis utiles, 82,24 % des écotypes un nombre compris dans l'intervalle [3,00 6,00[(fig.12). Environ la moitié des talles végétatives donnent des épis. La comparaison des moyennes aboutit à la même conclusion : 10,32 pour le nombre de talles basales et 4,50 pour le nombre d'épis utiles.

Limites des classes

Limites des classes	effectif	pourcentage
35,00 [38,00 [	9	8,41
38,00 [41,00 [	22	20,56
41,00 [44,00 [	11	10,28
44,00 [47,00 [	9	8,41
47,00 [50,00 [	14	13,08
50,00 [53,00 [	23	21,50
53,00 [56,00 [	13	12,15
56,00 [59,00 [	3	2,80
59,00 [62,00 [	3	2,80
Total ...	107	100,00

Nombre d'éotypes



Paramètres Statistiques

Total	=	107
Minimum	=	36,12
Maximum	=	60,31
Moyenne	=	46,67
Ecart type	=	11,36

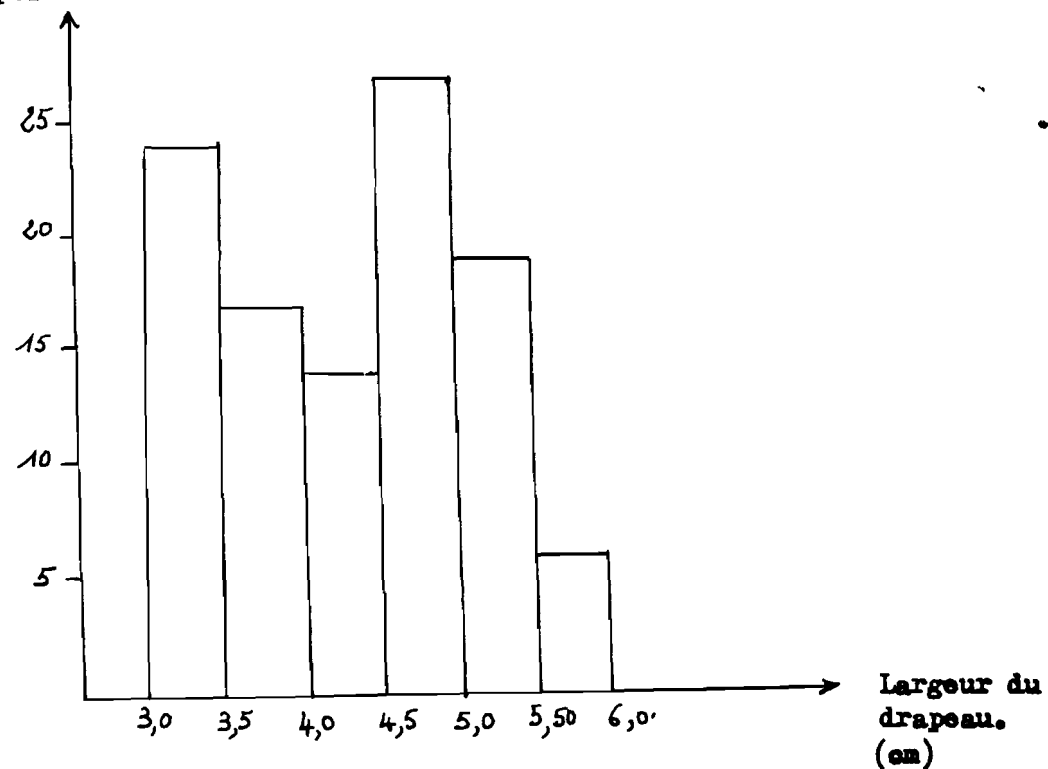
Eotypes étrangers	=	18
Minimum	=	36,48
Maximum	=	60,31
Moyenne	=	49,94
Ecart type	=	6,93

Fig n° 9 : Histogramme de distribution relatif au caractère longueur du drapeau.

Limites des classes effectif Pourcentage

[3,00	3,50[	24	22,43
[3,50	4,00[	17	15,89
[4,00	4,50[	14	13,08
[4,50	5,00[	27	25,23
[5,00	5,50[	19	17,76
[5,50	6,00[	6	5,61
Total...107			100,00

Nombre d'éotypes



Paramètres Statistiques

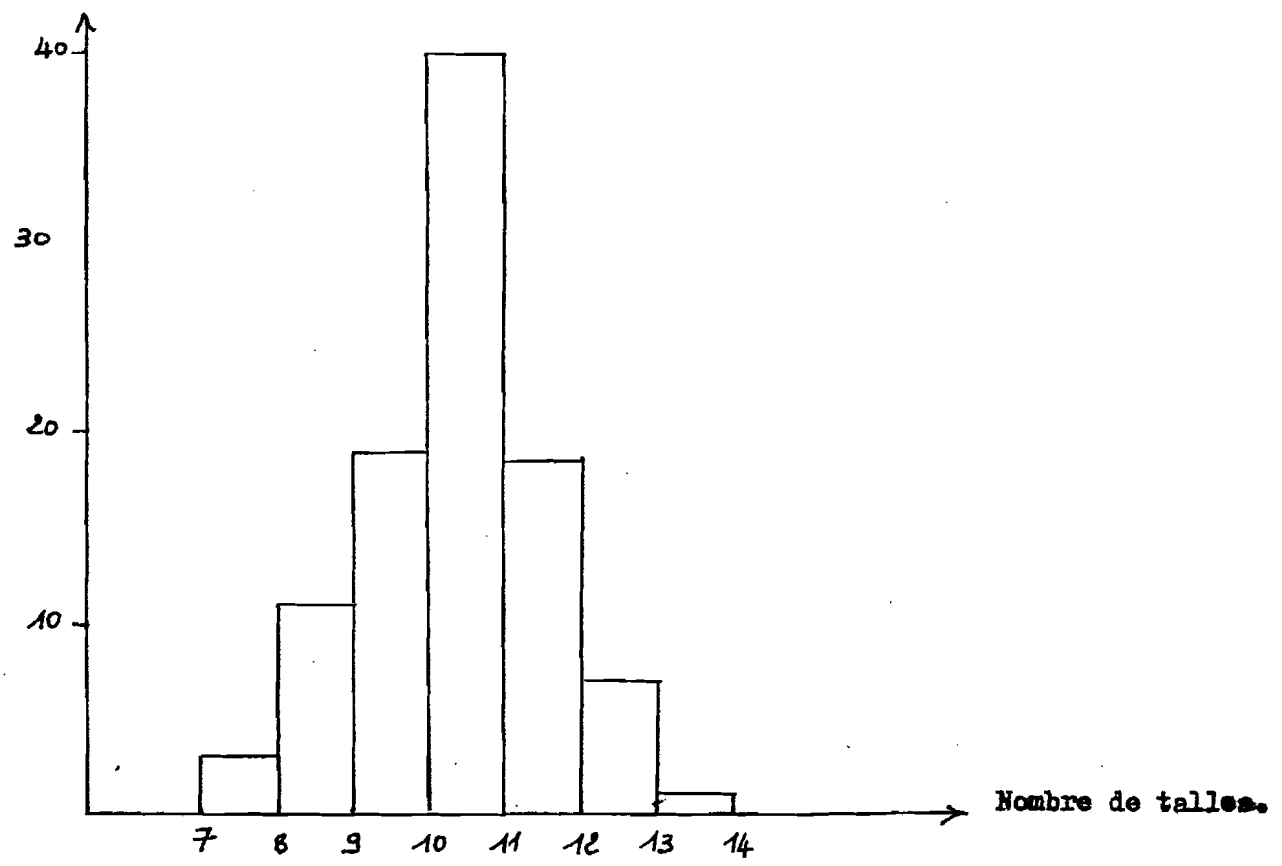
Total	107
Minimum	3,13
Maximum	5,95
Moyenne	4,32
Ecart type	1,34

Eotypes Etrangers	18
Minimum	4,01
Maximum	5,95
Moyenne	4,95
Ecart Type	0,47

Fig n° 10 : Histogramme de distribution relatif au caractère
Largeur du drapeau.

Limites des classes		effectif	pourcentage
[7	8 [	3	2,80
[8	9 [	11	10,28
[9	10 [	23	21,51
[10	11 [	40	37,38
[11	12 [	22	20,56
[12	13 [	7	6,54
[13	14 [	1	0,93

Nombre
d'ecotypes



Paramètres Statistiques

Total	107
Minimum	7
Maximum	13
Moyenne	10,32
Ecart type	2,03

Ecotypes étrangers	18
Minimum	7
Maximum	12
Moyenne	9,83
Ecart type	1,47

Fig n° 11 : Histogramme de distribution relatif au caractère nombre de talles basales.

Les écotypes étrangers produisent un peu moins de talles végétatives 9,83 et légèrement plus de chandelles (5,51) par rapport aux écotypes burkinabé.

Les écarts types pour le caractère "nombre d'épis utiles" : 2,16 pour l'ensemble et 2,15 pour les écotypes étrangers par rapport aux moyennes qui sont respectivement de 4,50 et 5,51 montrent la grande variabilité des écotypes quant à ce caractère.

Les valeurs enregistrées pour les deux caractères sont moyennes par rapport à celles trouvées par ZONGO J.D. en 1988 et qui sont de 4 à 26 talles basales et de 3 à 14 épis utiles.

- Longueur de la chandelle, largeur de la chandelle
Exertion

La longueur moyenne de l'ensemble des chandelles est de 36,48 cm avec 87,85 % des valeurs comprises entre 20 et 50 cm (fig.13). Les écarts types de 23,60 cm pour le total et 22,41 cm pour les écotypes étrangers montrent la grande variabilité des écotypes pour la longueur de l'épi. Un écototype le n.102 du Niger se caractérise par la longueur de la chandelle : 104 cm.

La largeur oscille entre 1,65 et 3 cm ; 81,31 % du total des chandelles ont des largeurs inférieures à 2,50 cm (fig.14). Ce sont des chandelles minces par rapport aux deux valeurs extrêmes 1 cm et 5 cm indiquées dans la littérature (ZANGRE R., 1979). Les écotypes étrangers présentent des chandelles plus larges que celles burkinabé.

Les valeurs moyennes de l'exertion montrent qu'il y a 39 écotypes à exertion négative soit 36,45 % contre 17,75 % à exertion nulle et 42,05 % à exertion positive. Sur les 18 écotypes, seulement deux, les n.102 du Niger et 90 du Nigéria, ont une exertion négative. Ces écotypes ont les chandelles les plus longues.

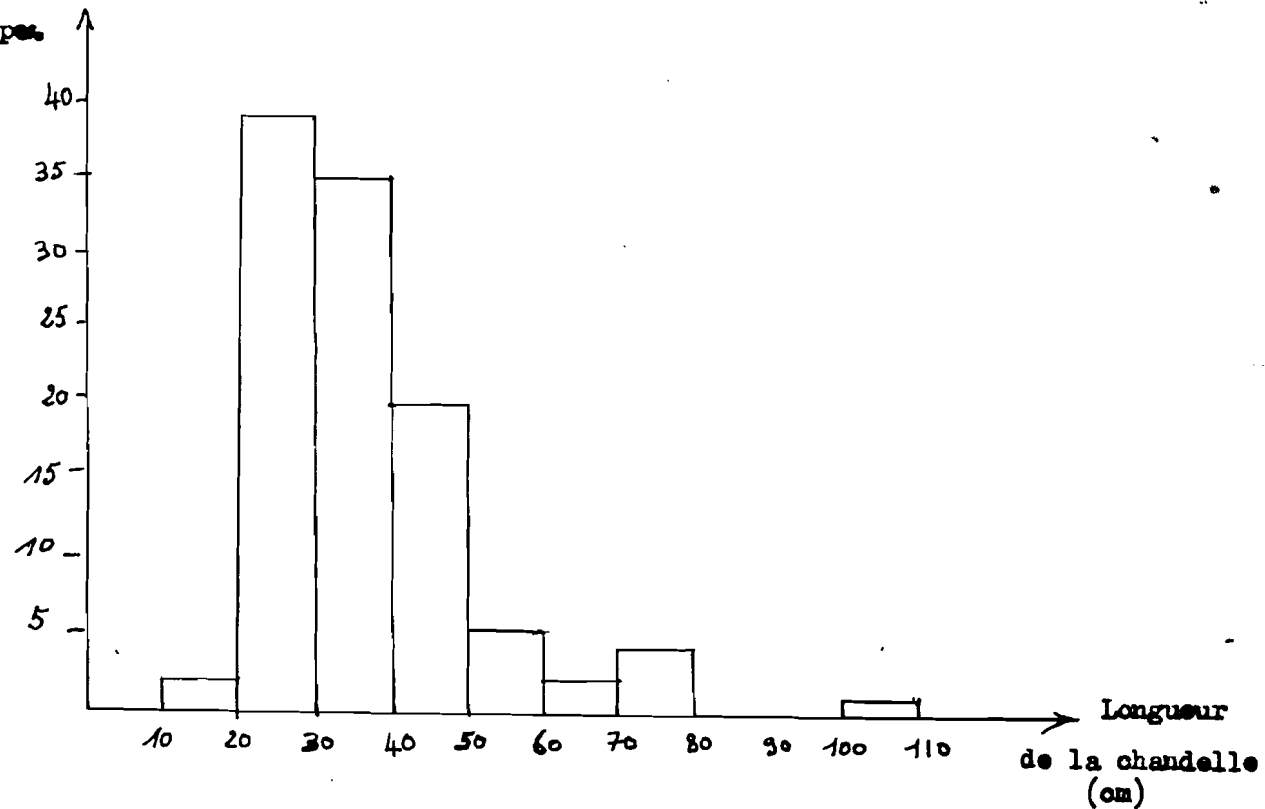
- Le poids de cent grains

Les écarts types 0,20 g pour le total et 0,17 g pour les écotypes étrangers traduisent le regroupement des valeurs autour des moyennes. Le mode [0,80 1,00[contient 60,75 % des écotypes (fig.15).

Le poids de cent grains est élevé par rapport aux valeurs extrêmes de 0,40 g à 0,80 g pour les mils d'Afrique tropicale (Mémento de l'agronome, 1984) et 0,3 à plus de 1,5 g constatées par RACHIE K.O. et MAJMOUDAR J.V. en 1980.

Limites des classes	effectif	pourcentage	
[10	20	2	1,87
[20	30	39	36,45
[30	40	35	32,71
[40	50	20	18,69
[50	60	5	4,67
[60	70	2	3,74
[70	80	4	0
[80	90	0	0
[90	100	0	0,93
[100	110	1	
Total	107	100,00	

Nombre
d'écotypes.



Paramètres Statistiques

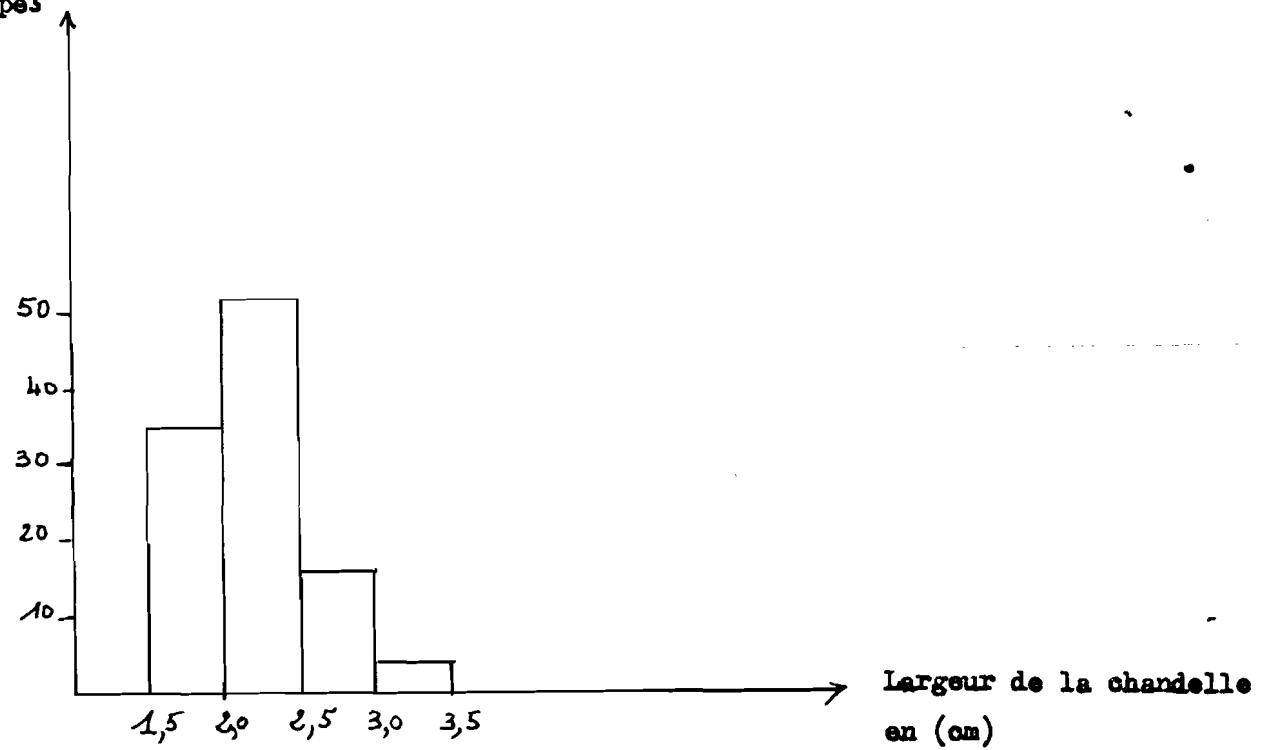
Total	107
Minimum	19,47
Maximum	104
Moyenne	36,48
Ecart type	23,60

Écotypes étrangers	18
Minimum	19,47
Maximum	104
Moyenne	39,49
Ecart type	22,41

Fig n° 13 : Histogramme de distribution relatif au caractère longueur de la chandelle.

Nombre d'écotypes

Limites des classes	effectif	pourcentage	
[1,50	2,00 [	35	32,71
[2,00	2,50 [	52	48,60
[2,50	3,00 [	16	14,95
[3,00	3,50 [	6	3,74
Total		107	100,00



Paramètres Statistiques.

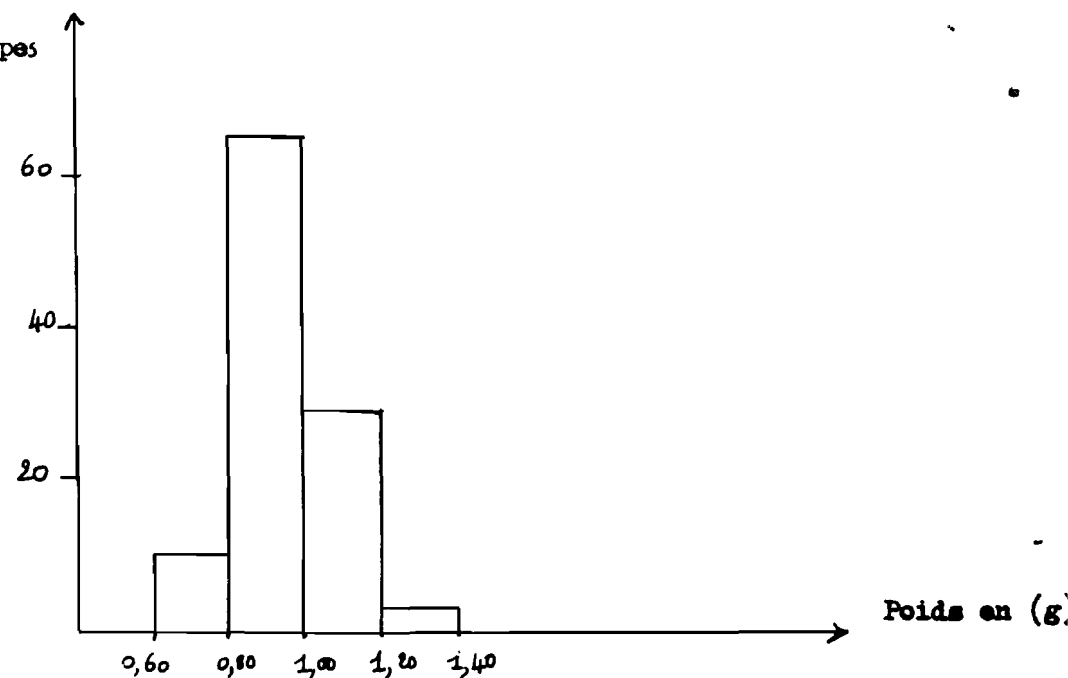
Total	107
Minimum	1,65
Maximum	3,22
Moyenne	2,21
Ecart type	2,47

Écotypes étrangers	18
Minimum	1,75
Maximum	3,00
Moyenne	2,45
Ecart type	0,42

Fig n° 14 : Histogramme de distribution relative au caractère largeur de la chandelle.

Nombre d'ecotypes

Limites des classes	effectif	pourcentage
[0,60	10	9,35
[0,80	65	60,75
[1,00	29	27,10
[1,20	3	2,80
Total	107	100,00



Paramètres Statistiques.

Total	107	Ecotypes étrangers	18
Minimum	0,65	Minimum	0,74
Maximum	1,38	Maximum	1,38
Moyenne	0,95	Moyenne	0,98
Ecart type	0,20	Ecart type	0,17

Fig n° 15 : Histogramme de distribution relatif au caractère poids de cent grains.

Les écotypes étrangers montrent un poids moyen de cent grains (0,98 g) plus élevé que celui de l'ensemble des écotypes (0,95 g).

. Le nombre d'épillets fertiles par involucre

Le nombre d'épillets fertiles par involucre varie de 1 à 2, et se situe dans l'intervalle 1 à 3 indiqué par CLEMENT J.C. (1985). 57 % des écotypes ont deux épillets fertiles par involucre ; sur les 18 écotypes étrangers 6 ont deux épillets fertiles par involucre.

- Evolution des caractères qualitatifs

Pour un écotype donné, on a considéré sa tendance générale pour les caractères qualitatifs dans les trois répétitions.

* La forme de l'épi donne les résultats suivants :

Forme	Effectifs	Pourcentage
Forme chandelle	42	39,25
Cylindrique	24	22,43
Lanceolée	14	13,08
Conique	2	1,87
Oblanceolée	1	0,93
Chandelle + cylindrique	14	13,08
Cylindrique + lanceolée	6	5,60
Chandelle + lanceolée	4	3,79

Parfois dans un même écotype on trouve 2 formes d'épi en pourcentage égale ; c'est ce qui explique les dernières formes chandelle + cylindrique, cylindrique + lanceolée et chandelle + lanceolée.

A travers ces résultats, les formes chandelle, cylindrique et lanceolée sont dominantes. Cela confirme en partie les résultats de CLEMENT (1985) et ZONGO (1988) qui ont trouvé les formes chandelles et coniques comme dominante au Burkina Faso.

*** La pubescence des feuilles et des entre-noeuds**

Sur l'ensemble de 107 écotypes, 49 possèdent des feuilles pubescentes soit 45,49 %. Parmi ces 49 écotypes 38 ont les entre-noeuds pileux. Le reste, 54,20 % ont des feuilles et des entre-noeuds glabres.

*** Pigmentation**

Deux écotypes (les n. 12 et 22) se distinguent du reste par la coloration rouge-violacée des entre-noeuds, des noeuds, des graines et de nervure centrale des feuilles. Trois (016, 021, 057) ont les noeuds rouge-violacés et les graines de couleur rouge et jaune en mélange (xénie). Les écotypes comportant des pigmentations ont en générale les feuilles et les entre-noeuds glabres. Les autres ont des noeuds et des entre-noeuds verts avec des graines de couleur grise (52,34 %) jaune (21,50 %), blanche (3,74 %), gris-jaune (16,83 %), gris-blanche (0,93 %).

*** Aristation**

Des épis aristés ont été observés dans 11 écotypes soit 10,28 % du total.

La collection renferme 4,22 % de shibras répartis dans 58 écotypes. Les shibras constituent une cause de la diminution de rendement en champs paysans lorsque leur pourcentage est élevé. Leur élimination avant le stade de l'épiaison est souhaitable.

b) Analyse intra-écotype

Il existe une variation à l'intérieur des écotypes aussi bien pour les caractères quantitatifs que qualitatifs étudiés.

*** Caractères qualitatifs**

Dans une même parcelle on peut trouver des plantes d'aspect très différents ; un même écotype peut comporter des plantes aux feuilles pubescentes aux feuilles non pubescentes, (exemple : n.023, 027, 030) aux entre-noeuds et aux noeuds violets, aux entre-noeuds et aux noeuds verts (exemple : 093, 021, 078).

* Caractères quantitatifs

L'épiaison des plantes d'une même parcelle est souvent très étalée dans le temps. Le tableau n. 2 de l'annexe donne à titre indicatif, les moyennes et les variances pour l'intervalle semis-épiaison, la hauteur à maturité et la longueur de la chandelle. Pour la hauteur, quelques écotypes comme le n. 014 ont une faible variabilité. La plus grande diversité pour la longueur des épis est observée dans les écotypes à longs épis.

La diversité phénotypique à l'intérieur des écotypes est due aux effets du milieu, mais aussi à la variabilité génétique des écotypes eux-mêmes.

2. Analyse globale des caractères

a) Etude des corrélations entre les caractères

a.1) Expression théorique

La corrélation r qui existe entre deux variables x et y est obtenue par la formule :

$$r = \frac{\text{Covariance } (x, y)}{\sqrt{\text{Variance } x \cdot \text{variance } y}}$$

$$= \frac{\frac{\sum n_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}}{\sqrt{\text{Variance } x \cdot \text{variance } y}}$$

Un test de signification proposé par Dagnelie en 1975 permet de savoir si la liaison qui existe entre x et y est significative. Le rapport :

$$\frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

possède une distribution t de student à $n-2$ degré de liberté (ddl). Le test de signification peut être fait en calculant une valeur t observé (t_{obs}) définie comme suit :

$$t_{obs} = \frac{|r| \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

en comparant cette valeur à la valeur théorique $t_{1-\frac{\alpha}{2}}$ à $n-2$ ddl pour un niveau de signification α

exemples : test de signification de la corrélation r entre la largeur du drapeau (LAD) et l'intervalle semi-épaisseur (ISE)

$r = -0,821$

$n = \text{nombre d'écotypes} = 107$

$\alpha = \text{niveau de signification} = 1\%$

$$t_{obs} = \frac{1-0,821 \sqrt{107-2}}{\sqrt{1-(-0,821)^2}}$$

$$= 14,735$$

.../...

La valeur limite de t indiquée sur la table de student
 $0,995 = 2,626$ à 105 ddl.

$t_{obs} > t_{théorique}$

Il existe une corrélation négative et hautement significative entre ISE et LAD.

La plus faible corrélation significative à 5 % est de 0,199 et à 1 % de 0,249.

a.2) Résultats

L'examen de la matrice de corrélation (tableau n.16) montre qu'il existe une corrélation significative entre la plupart des caractères pris deux à deux. Quand deux caractères sont fortement corrélés, il est difficile de sélectionner pour un des caractères sans faire intervenir l'autre.

Les caractères contribuant à la production de grain, longueur de la chandelle, largeur de la chandelle, nombre d'épis utiles, poids de la chandelle, sont corrélés significativement et négativement à l'intervalle semis-épiaison. La longueur du cycle n'a pas été favorable à la production de grain, mais plutôt au développement de la partie végétative. En effet, il y a une corrélation positive et significative entre les caractères hauteur à maturité et intervalle semis-épiaison, nombre d'entre-nœuds et intervalle semis-épiaison et enfin nombre de talles basales et intervalle semis-épiaison.

Les corrélations positives et significatives entre les caractères suivants :

longueur de la chandelle et longueur du drapeau (0,719)

longueur de la chandelle et largeur du drapeau (0,535)

largeur de la chandelle et longueur du drapeau (0,544)

poids de la chandelle et longueur du drapeau (0,701)

poids de la chandelle et largeur du drapeau (0,649)

montrent l'importance des feuilles dans l'élaboration du rendement. L'exertion et la longueur de la chandelle sont négativement corrélés (-0,623) : les longs épis ont en générale une mauvaise exertion. Le poids de cent grains n'est corrélé à aucun des autres caractères étudiés. C'est un caractère très influencé par les conditions du milieu, souligné par Bilquez en 1970 et Joly-ICHENAUER. en 1984.

TABEAU 16 MATRICE DE CORRELATION

* Correlation : Significative au seuil de 5 %

** Correlation : Significative au seuil de 1 %

	ISE	HAM	MBN	LOD	LAD	MEB	MEU	LOC	LAC	EX	POC	PGT/c	PCG
ISE	1,000												
HAM	0,745 **	1,000											
MBN	0,069 **	0,758 **	1,000										
LOD	-0,622 **	-0,243 *	-0,631 **	1,000									
LAD	-0,021 **	-0,522 **	-0,832 **	0,840 **	1,000								
MEB	0,484 **	0,379 **	0,483 **	-0,408 **	-0,512 **	1,000							
MEU	-0,199 *	-0,330 **	-0,145	-0,395 **	-0,217 *	0,312 **	1,000						
LOC	-0,323 **	-0,043	-0,358 **	0,719 **	0,535 **	-0,318 **	-0,537 **	1,000					
LAC	-0,638 **	-0,454 **	-0,652 **	0,544 **	0,780 **	0,447 **	-0,224 *	0,249 **	1,000				
EX	-0,097	-0,267 **	-0,070	-0,333 **	0,105	0,179	0,540 **	-0,583 **	0,020	1,000			
POC	-0,304 **	-0,039	-0,321 **	-0,701 **	0,649 **	-0,286 **	-0,557 **	0,596 **	0,551 **	-0,426 **	1,000		
PGT/c	-0,290 **	-0,096	-0,290 **	0,545 **	0,563 **	-0,284 **	-0,429 **	0,388 **	0,495 **	-0,221 *	0,895 **	1,000	
PCG	-0,101	-0,123	-0,076	0,028	0,076	0,050	0,171	-0,034	0,152	0,136	0,056	0,058	1,000

b) Analyse en composantes principales

C'est une analyse multivariable qui permet de considérer en même temps tous les caractères étudiés. Les écotypes sont représentés dans un espace suivant des axes qui sont les composantes principales. Il y a une corrélation entre les variables et les composantes principales. Chaque axe a sa valeur propre dans l'espace considéré et décrit un certain pourcentage de la variabilité totale (voir tableau ci-dessous)

	Valeur propre	Contribution à la variabilité
Axe 1	5,82	44,8 %
Axe 2	2,91	22,4 %
Axe 3	1,10	8,5 %
	Total	75,7 %

Le nouvel espace représenté par les 3 premiers axes fait perdre 24,3 % de la variabilité.

Signification des axes (cercles de corrélation)

. Axe 1 : Il oppose les caractères nombre d'entre-noeuds, intervalle semis-épiaison, nombre de talles basales, hauteur à maturité, nombre d'épis utiles, tous dans le sens positif aux caractères largeur du drapeau, longueur de la chandelle, poids total des grains de la chandelle longueur de la chandelle, dans le sens négatif. C'est un axe lié à la productivité et au cycle . (cf fig. n.16).

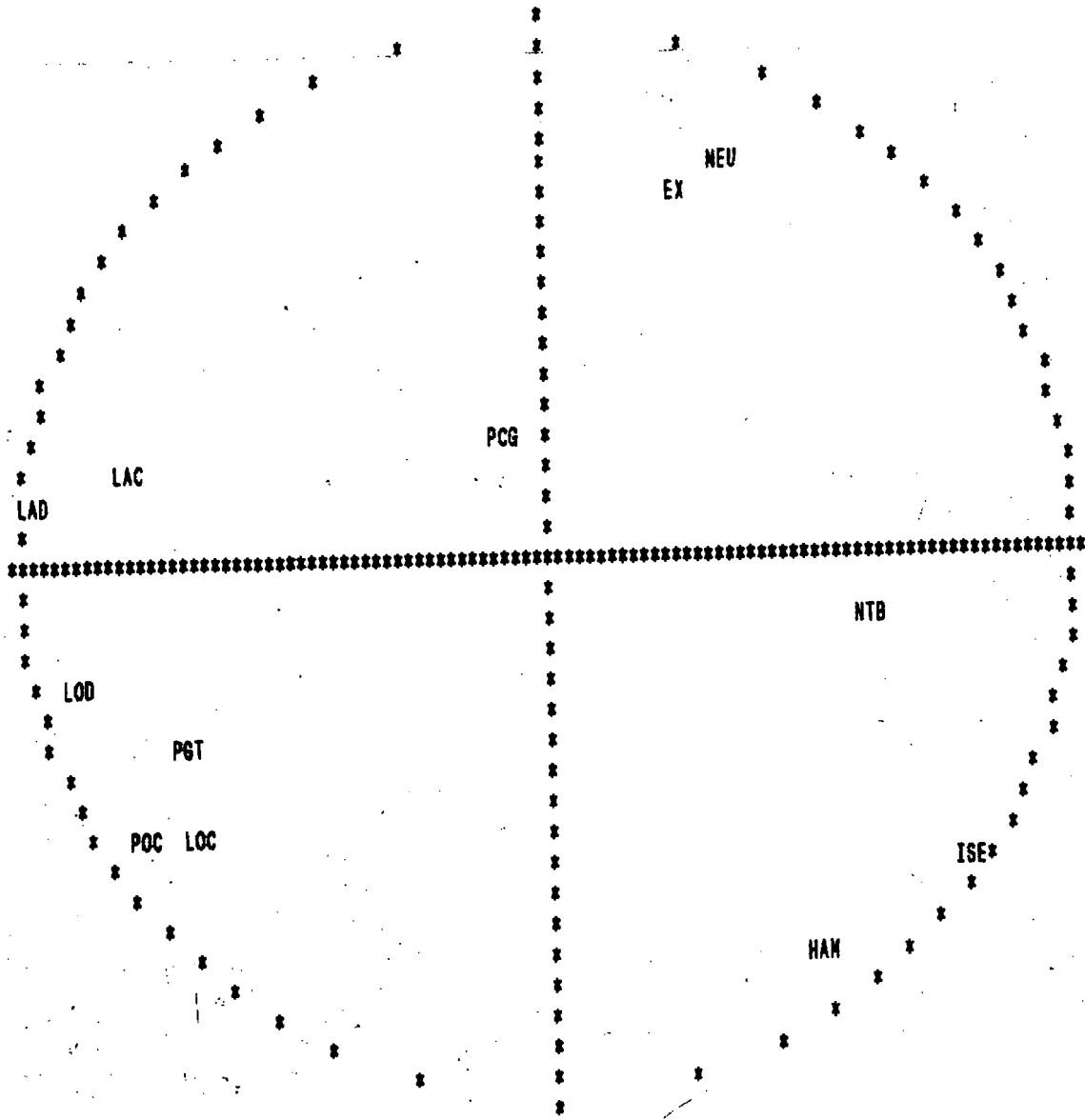
. Axe 2 : Les caractères les plus liés à cet axe sont : nombre d'épis utiles et exertion dans le sens positif et hauteur à maturité, nombre d'entre-noeuds, intervalle semis-épiaison et longueur de la chandelle dans le sens négatif. L'axe 2 est un axe de productivité. (cf fig. n.17).

. Axe 3 : C'est un axe qui oppose le poids de cent grains, le poids total des grains de la chandelle, l'exertion, la largeur de la chandelle dans le sens négatif à la variable l'ongueur de la chandelle. C'est un axe de productivité. (cf fig. n. 18).

.../...

PLAN 1 2 AXE 1 HORIZONTAL

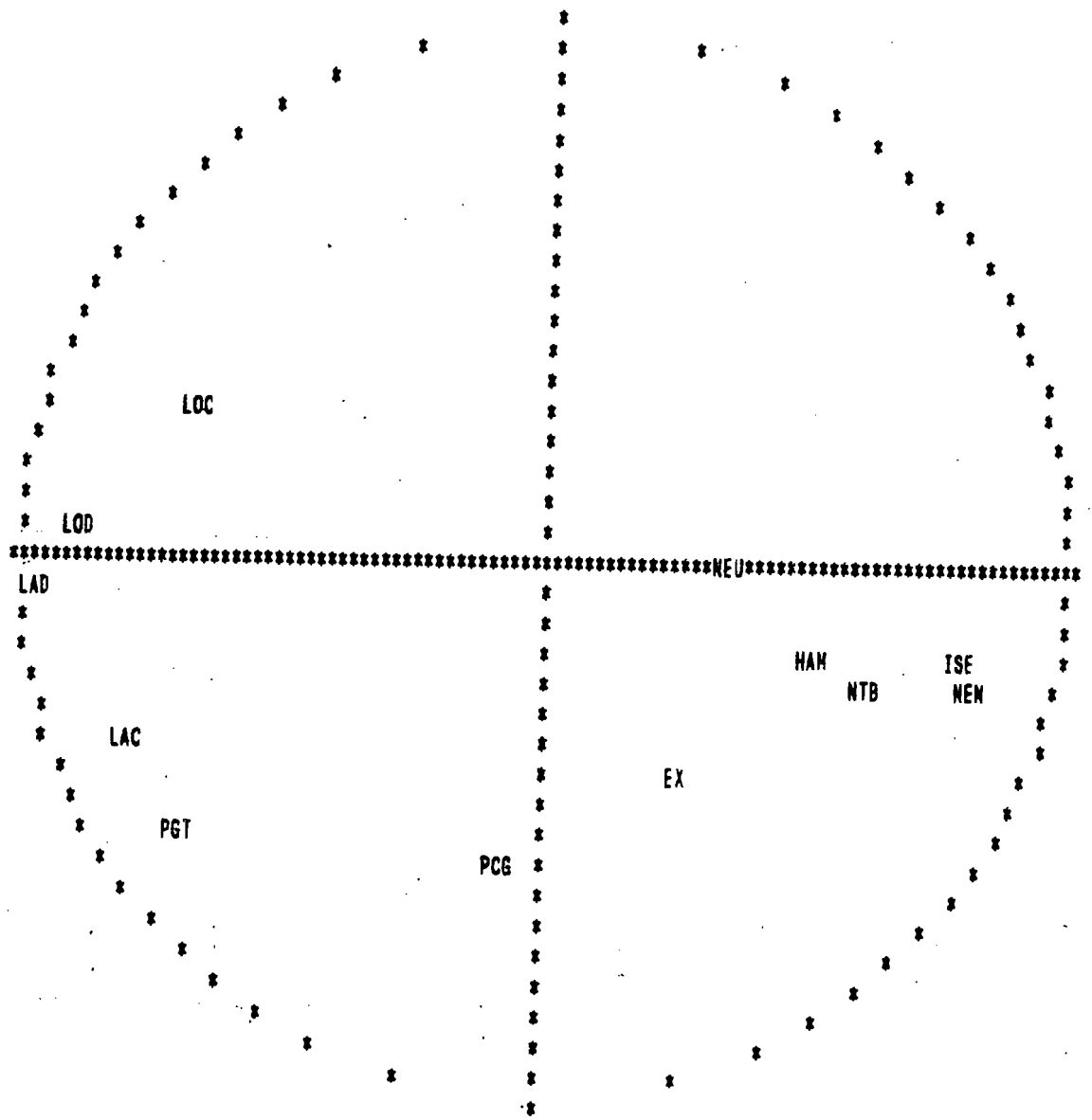
AXE 2 VERTICAL



POINT VU : ISE

POINT CACHE : NEN

Fig16: Cercle des correlations relatif au plan 1 2



POINT VU : LAC

POINT CACHE : PCG

Fig17 : Cercle des correlations relatif au plan 1 3

CERCLE DES CORRELATIONS

PLAN 2 3 AXE 2 HORIZONTAL

AXE 3 VERTICAL

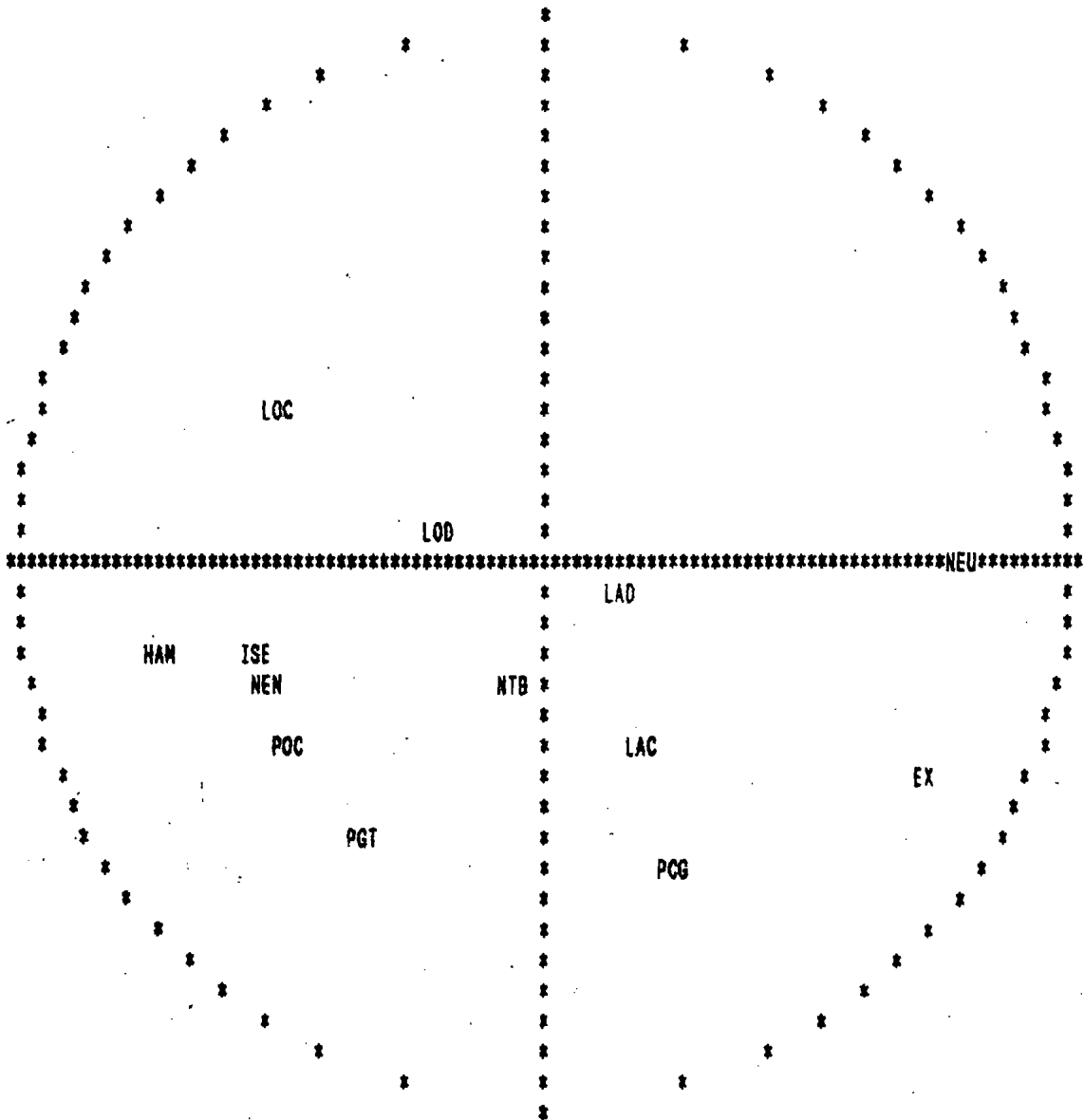


Fig 18: Cercle des correlations relatif au plan 2 3

- Interprétation suivant les axes principaux

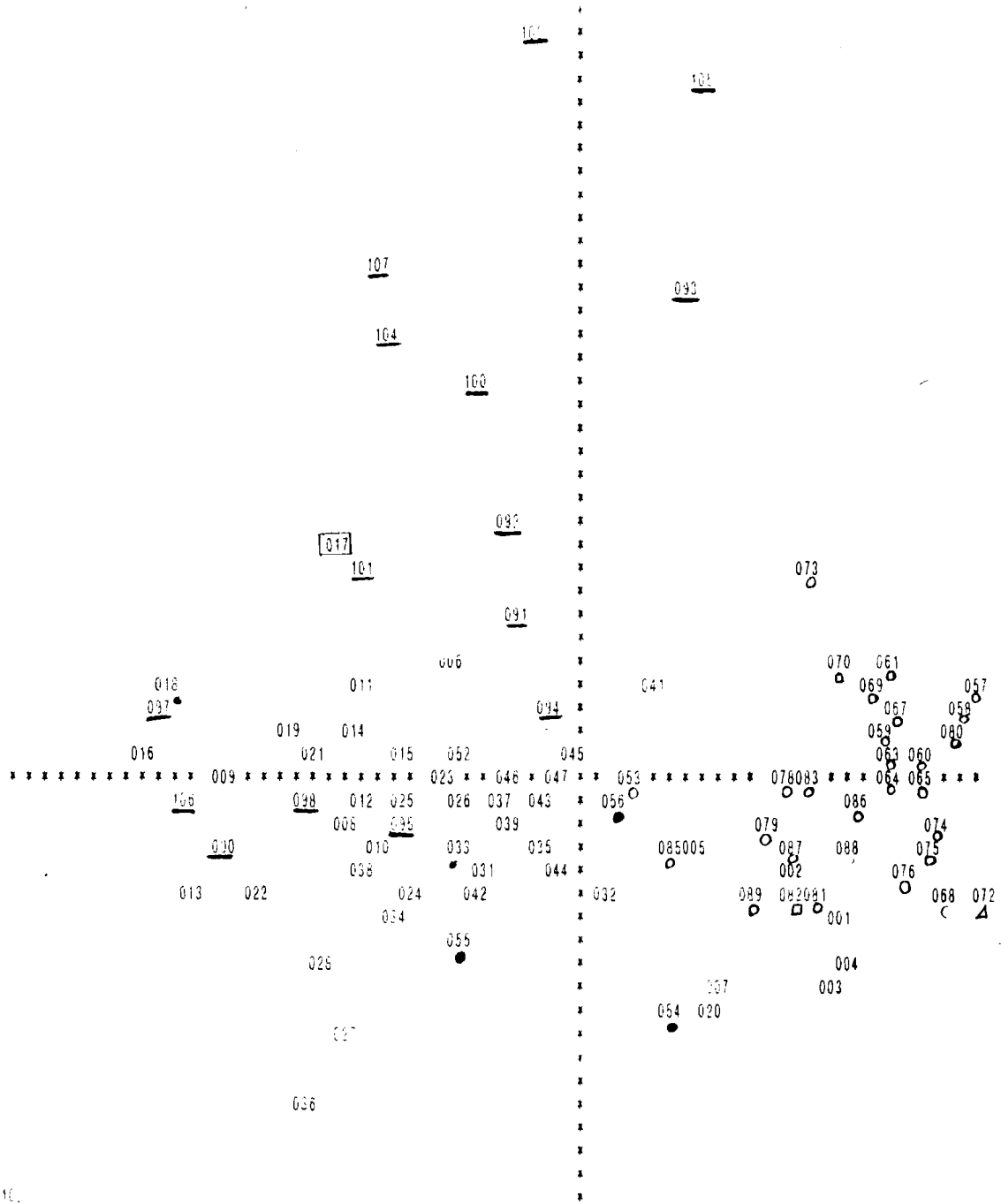
Dans le système d'axe 1, 2, on observe deux principaux groupes d'écotypes. (cf. n.19).

Le groupe situé dans le sens positif suivant l'axe 1 est celui à plus long intervalle semis-épiaison, à nombre élevé d'entre-noeuds et à plus grande taille. Ce groupe est aussi caractérisé par des chandelles et des drapeaux de petites dimensions. On y trouve les écotypes du centre (Plateau Mossi), du nord-ouest (Tougan) et quelques uns du Centre Sud. Ils sont en majorité semis-hatifs. Les résultats observés pour quelques caractères qualitatifs donnent les informations suivantes : le groupe est à noeuds et à entre-noeuds verts. Sur un effectif de 43 écotypes que compte le groupe, 37 ont les feuilles pubescentes et 34 les entre-noeuds pileux ; quatre écotypes (002, 003, 077, 087) sont aristés dont un (002) possède des feuilles et des entre-noeuds totalement glabres.

Dans le sens négatif suivant l'axe 1, on trouve les écotypes les plus précoces avec des drapeaux plus longs et larges, les épis également plus longs, mais en petit nombre et un tallage végétatif plus réduit, on observe que ces écotypes ont en majorité les feuilles et les entre-noeuds glabres. Sur un effectif de 57, seulement 2 présentent une pilosité pour les parties considérées. Certains écotypes possèdent des noeuds et des entre-noeuds colorés. C'est dans ce groupe que l'on retrouve les écotypes à graines blanches et surtout à graines jaunes. Ces deux catégories de graine sont appréciées non seulement pour la couleur, mais aussi pour leurs qualités gustatives. La région d'origine des écotypes de ce groupe est probablement le nord, région du Liptako et de l'Oudalan où la saison pluvieuse est plus courte. Le n. 018, 033 du Burkina Faso et 106 du Bénin présentant des excroissances à la base de leurs épis se retrouvent dans ce groupe. Selon CLEMENT en 1985, leur région d'origine au Burkina Faso est le nord-ouest (axe Djibo, Titao, Tougan). Il émet l'hypothèse que les migrations des Dogons sont à l'origine de la dispersion de ces écotypes depuis les régions des lacs et du Gourma malien.

Les n. 093 du Cameroun, 100 du Niger, 103 et 104 du Togo et les 105 et 107 du Bénin se distinguent de l'ensemble par rapport à l'axe 2 (fig n.19). Ils sont très précoces et ont de courtes chandelles (20 à 30 cm). Ils tendent à se confondre par leur caractères aux mils très précoces de l'est appelés "Iniadi" en Gourmantché et "Tiara" en Gourounsi décrit par CLEMENT en

.../...



- | | |
|------------------|---------------------|
| POINT VU : 002 | POINT CACHE : 029 |
| POINT VU : 005 | POINT CACHE : 030 |
| POINT VU : 025 | POINT CACHE : 040 |
| POINT VU : 057 | POINT CACHE : 048 |
| POINT VU : 046 | POINT CACHE : 049 |
| POINT VU : 026 | POINT CACHE : 050 |
| POINT VU : 024 | POINT CACHE : 051 |
| POINT VU : 032 | POINT CACHE : 062 0 |
| POINT VU : 060 0 | POINT CACHE : 066 0 |
| POINT VU : 068 0 | POINT CACHE : 071 0 |
| POINT VU : 074 0 | POINT CACHE : 077 0 |
| POINT VU : 081 0 | POINT CACHE : 084 0 |
| POINT VU : 095 | POINT CACHE : 096 |
| POINT VU : 019 | POINT CACHE : 098 |

□ Ecotypes de l est
 ○ " " du centre
 △ " " centre-sud
 ● " " entre-ouest
 — " " étrangers
 017 : Variété améliorée

Fig 19 :Representation suivant le plan 1 2

1985, celui-ci les considère comme particulièrement adaptés aux régions à pluviométrie annuelle supérieure à 1100 mm. Ils se distinguent aussi de la collection par leur poids de cent grains élevé de 0,81 à 1,38. Le nombre de tiges végétatives est peu élevé de 8 pour le n. 100 à 11 pour le n. 105, et le nombre d'épis utiles important par rapport à celui des deux groupes précédents, de 6 pour le n. 104 à 10 pour le n. 105. Les grains sont de couleur grise et les épis ont une bonne exsertion. Il y a aussi le n. 102 du Niger qui, grâce à la longueur exceptionnelle de son épi se distingue de l'ensemble. Il ressemble au "Hainikiré" du Niger et au "Haini" du nord du Burkina Faso décrit par PERNES en 1984. Le mil "Zongo" du Niger a un épi semblable mais plus tardif. Le poids de cent grains du n. 102 est élevé 1,18 ; mais l'exsertion est négative.

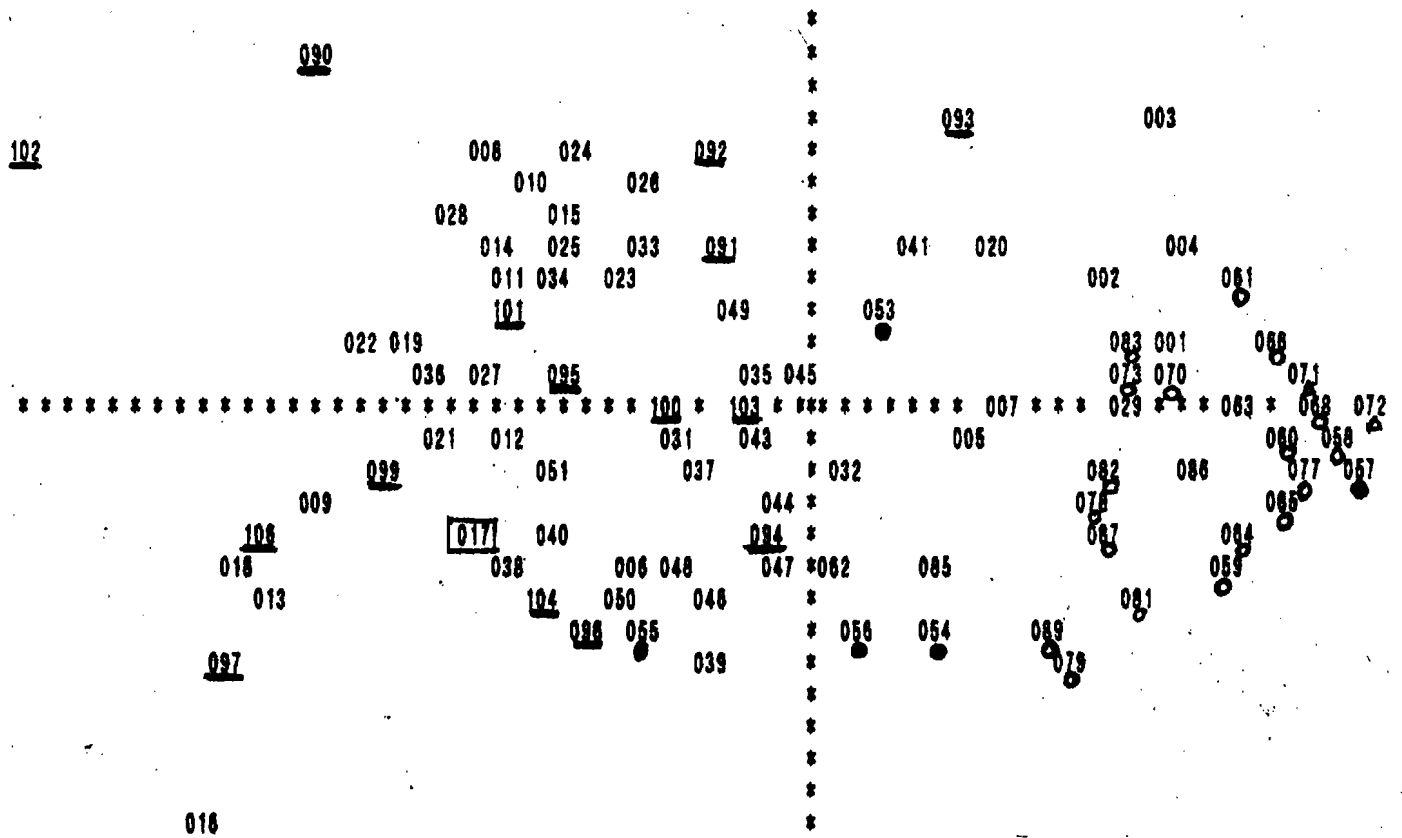
Quand on compare les écotypes par rapport aux caractères de domestication définis REY-HERME en 1982, on remarque que les sept écotypes étrangers 093, 100, 102, 103, 104, 105 et 107 ont une domestication plus poussée. La variété améliorée IKMV 8201 qui est le n. 17 est proche de ces écotypes. Ils ont peut-être subi l'action poussée de plusieurs générations de sélection ; ce sont peut-être de variétés améliorées.

Dans la représentation suivant le système d'axes 1, 3 (fig n. 20) il y a d'une part les écotypes les plus précoces du côté négatif de l'axe 1 et d'autre part du côté positif de l'axe 1 ceux à cycle plus long. Ce sont les deux principaux groupes précédemment observés dans le système d'axe 1, 2. L'axe 3 ne fait pas de grande discrimination entre les écotypes des différentes régions. Seule le n. 016 s'est distingué de l'ensemble par cet axe, il est meilleur en poids de chandelle. Les n. 102 du Niger et 090 du Nigeria se différencient de l'ensemble par rapport à l'axe 1 à cause de la longueur de leurs épis. Les autres écotypes étrangers se confondent aux écotypes précoces burkinabé (fig. n.21).

Le système d'axe 2,3 regroupe tous les écotypes au centre à l'exception de ceux déjà différenciés par l'axe 2.

Ce sont les axes 1 et 2 qui révèlent la variabilité de la collection. Les deux modes observés dans la distribution des fréquences relatives aux caractères Intervalle Semis-Epiaison, longueur du drapeau, largeur du drapeau sont dus à la présence des deux groupes de mils révélés par l'axe 1.

REPRESENTATION PLAN 1 3 AXE 1 HORIZONTAL AXE 3 VERTICAL



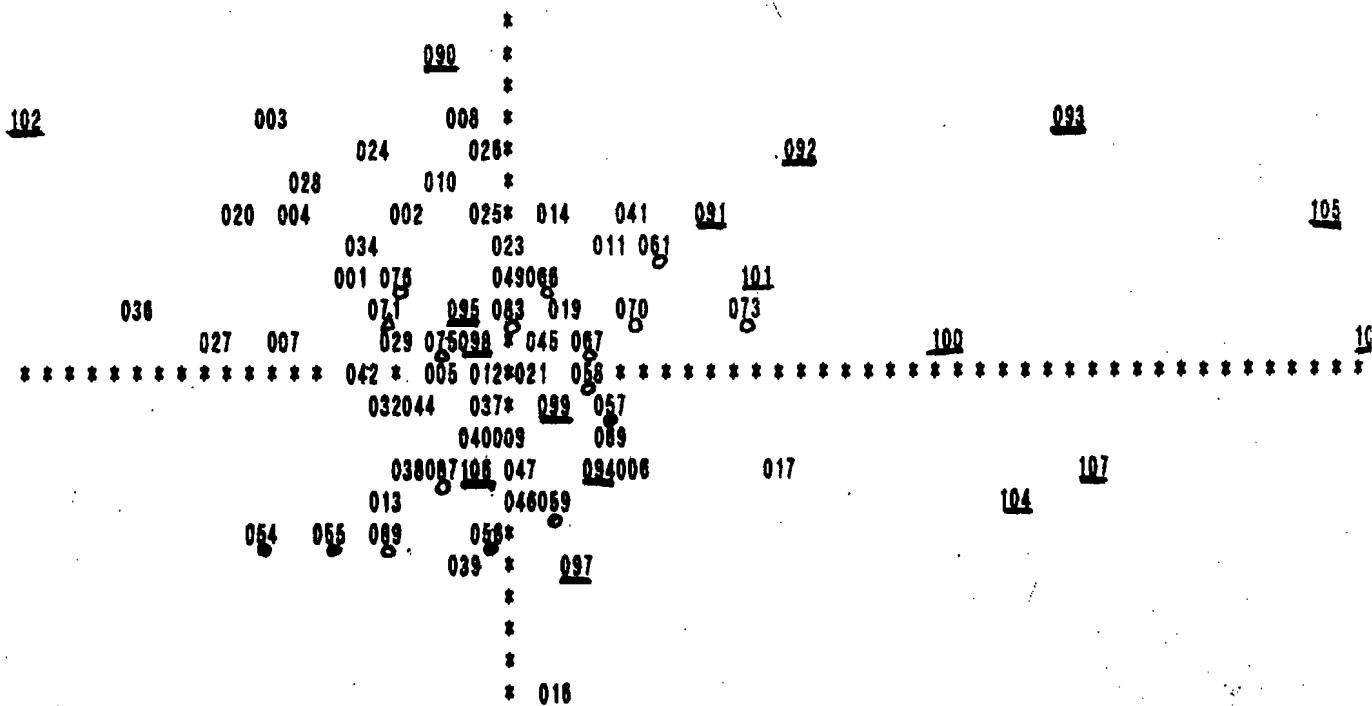
POINT VU : 005	POINT CACHE : 030
POINT VU : 031	POINT CACHE : 042
POINT VU : 050	POINT CACHE : 052
POINT VU : 063○	POINT CACHE : 067○
POINT VU : 064○	POINT CACHE : 069○
POINT VU : 060○	POINT CACHE : 074○
POINT VU : 066○	POINT CACHE : 075○
POINT VU : 068○	POINT CACHE : 078○
POINT VU : 058○	POINT CACHE : 080○
POINT VU : 083○	POINT CACHE : 084○
POINT VU : 088○	POINT CACHE : 088○
POINT VU : 038	POINT CACHE : 098—
POINT VU : 020	POINT CACHE : 105—
POINT VU : 040	POINT CACHE : 107—

□ **Types de l'est du centre**
 ○ " " **centre-sud**
 △ " " **centre-ouest**
 ● " " **étrangers**

017: **Variété améliorée**

Fig20 Représentation suivant le plan 1 3

REPRESENTATION PLAN 2 3 AXE 2 HORIZONTAL AXE 3 VERTICAL



POINT VU : 014	POINT CACHE : 015
POINT VU : 006	POINT CACHE : 018
POINT VU : 001	POINT CACHE : 022
POINT VU : 005	POINT CACHE : 030
POINT VU : 005	POINT CACHE : 031
POINT VU : 002	POINT CACHE : 033
POINT VU : 029	POINT CACHE : 035
POINT VU : 012	POINT CACHE : 043
POINT VU : 048	POINT CACHE : 048
POINT VU : 046	POINT CACHE : 050
POINT VU : 044	POINT CACHE : 051
POINT VU : 048	POINT CACHE : 052
POINT VU : 049	POINT CACHE : 053 ●
POINT VU : 021	POINT CACHE : 060 ○
POINT VU : 038	POINT CACHE : 062 ○
POINT VU : 045	POINT CACHE : 063 ○
POINT VU : 009	POINT CACHE : 064 ○
POINT VU : 009	POINT CACHE : 065 ○
POINT VU : 029	POINT CACHE : 068 ○
POINT VU : 029	POINT CACHE : 072 △
POINT VU : 005	POINT CACHE : 074 ○
POINT VU : 037	POINT CACHE : 077 ○
POINT VU : 009	POINT CACHE : 078 ○
POINT VU : 039	POINT CACHE : 079 ○
POINT VU : 058 ○	POINT CACHE : 080 ○
POINT VU : 013	POINT CACHE : 081 ○
POINT VU : 032	POINT CACHE : 082 ▣
POINT VU : 071 △	POINT CACHE : 084 ○
POINT VU : 038	POINT CACHE : 085 ○
POINT VU : 037	POINT CACHE : 086 ○
POINT VU : 005	POINT CACHE : 088 ○
POINT VU : 056 ●	POINT CACHE : 096 —

□ Rectypes de l est
 ○ Rectypes du centre
 △ " " centre-sud
 ● " " centre-ouest
 — " étrangers
 017: variété améliorée

Fig 21: Representation suivant le plan 2 3

CONCLUSION GENERALE

De toutes les analyses, il ressort que les caractères suivants : intervalle semis-épiaison, nombre d'entre-noeuds, hauteur à maturité, nombre de talles basales, longueur du drapeau, largeur du drapeau, nombre d'épis utiles, pubescence des feuilles et des entre-noeuds discriminent mieux les écotypes.

L'intervalle semis-épiaison varie de 47 à 104 jours avec une moyenne de 78,89 jours.

Les valeurs extrêmes pour le nombre d'entre-noeuds sont de 6 et de 17 et la moyenne est 12,44.

La hauteur à maturité se situe entre 174 et 399 cm avec une moyenne 319,06 cm.

Le nombre d'épis utiles et le nombre de talles basales varient respectivement de 2 à 10, et de 7 à 13 et les moyennes respectivement de 4,50 et de 10,32.

La longueur du drapeau se situe entre 36 et 60 cm et la largeur entre 3 et 6 cm ; les moyennes sont respectivement de 46,67 et 4,32 cm pour la longueur et la largeur.

Beaucoup de ces résultats confirment ceux déjà observés lors des travaux antérieurs d'évaluation sur le mil.

Les caractères ont permis de scinder la collection en trois groupes.

Les mils du centre et du centre-sud et une partie de l'est sont en majorité demi-tardifs et tardifs. Ils produisent les plus grands nombres de talles végétatives et ont les plus grandes hauteurs de tige de la collection. Le nombre d'entre-noeuds est aussi élevé. La petitesse des chandelles est compensée par leur nombre élevé. Ils ont les feuilles et les entre-noeuds pubescents.

Les mils du nord et quelques uns de l'est sont précoces et demi-précoces. Ils possèdent peu d'épis mais de grande taille. Le tallage végétatif est réduit, les feuilles et les entre-noeuds sont glabres. Les feuilles sont de plus grandes dimensions.

Le dernier groupe, composé d'écotypes étrangers a subi sans doute une action de sélection plus poussée que les autres. Il possède beaucoup de caractères intéressants pour la production de grains. De hauteur peu élevée, avec de petits épis en grand nombre leurs poids de cent grains est élevé et ils sont très précoces.

Les résultats obtenus ne sont valables que dans les conditions particulières de notre évaluation. D'autres évaluations, dans d'autres conditions sont nécessaires pour prendre en compte tous les écotypes, et donner plus de précision dans leur caractérisation. Le travail se poursuit dans le cadre de la préparation d'un P H D et fournira sans doute des éléments de réponse beaucoup plus approfondis dans la connaissance, et des propositions d'exploitations des écotypes locaux et des introductions dans le cadre de l'amélioration variétale ; toutefois, les résultats présentement disponibles, peuvent être exploités pour cette amélioration.

BIBLIOGRAPHIE

- ANAND K. et APPA RAO S., 1987 : Diversité du matériel génétique du mil et son exploitation.
 Proceedings international pearl millet Workshop
 7.11 April 1986. ICRISAT Center, India p-p. 69-82.
- BEADLE G., 1980 : L'origine du maïs. Pour la science
 n. 29 p-p 59.71.
- BELLIARD J. et PERNES J., 1977 : Etude de l'organisation génétique et physiologique d'une barrière reproductive particulière chez le mil : contrôle photopériodique de la floraison. Physiologie végétale 15 (3) p-p. 551-565.
- BILQUEZ, 1970 : Méthodes d'amélioration des mils. p-p 1-24.
 IRAT.
- BONO M., 1959 : Etude et évolution sur deux campagnes 1957-1958 des caractères utilisés dans la sélection des mils Pennisetum par la méthode dite des «Fiches perforées» pratiquée au C.R.A. BAMBEY IRAT
- BONO M., 1973 : Contribution à la morpho-systématique des Pennisetum annuels cultivés pour leur grain en Afrique occidentale francophone. Agronomie tropicale 28 (3) p-p 229-335.
- BOURKE D. O'D, 1963 : The west Africa millet crop and its improvement. Soils Africains 8 p-p 121-132.
- BUNASOLS, 1988 : Etude pédologique de la station de Gampéla Echelle 1/5000. Rapport technique n. 59.
- CLEMENT J.C., 1985 : Les mils penicillaires de l'Afrique de l'Ouest : prospection et collectes IBPGR-ORSTOM 231 p.
- CNRST, 1986 : Lignes directrices d'organisation et d'administration des recherches agricoles 127 p.
- DAGNELIE P., 1975 : Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Gembloux Vol. 2.

- DEWET J.M., 1987 : Pearl millet (Pennisetum glaucum) in Africa and India. Proceeding international pearl millet workshop 7-11 April 1986 ICRISAT Center, India p-p 3-4.
- DIASSO M.C., 1980 : Stabilisation et évaluation des populations naines de mil (Pennisetum typhoides) Stapf. Mémoire de fin d'étude Université Ouagadougou.
- FRALEIGH B., 1981 : Le pollen du mil : Description et étude de la conservation et de sa fertilité. Mémoire DEA Université de Paris-Sud Centre d'Orsay. p-p. 1-13
- HANNA W.W., 1987 : Utilization of wild relatives of pearl millet Proceedings international pearl millet workshop 7-11 April 1986 ICRISAT Center. India p-p 33-42.
- HARINARAYANA G., 1987 : Pearl millet in India agriculture Proceedings international pearl millet workshop 7-11 april 1986 ICRISAT Center, India p-p 5-17.
- IBPGR - ORSTOM, 1981 : Descriptor for pearl millet. AGP : IBPGR/80/31 41p.
- ICRISAT, 1978 : Rapport de synthèse. Haute-Volta. Srogbo, maïs, mils.
- ICRISAT, 1986 : Rapport annuel
- IRAT, 1982 : Rapport annuel
- JOLY-ICHENAUER, 1984 : Hérité du syndrome de domestication chez le mil Pennisetum typhoides (Burm) Stapf et Hbb. Etude comparée de descendance (F2 et retrocroisement) issues de croisements entre plusieurs géniteurs cultivés et spontanés Thèse 3ème cycle ORSAY 121 p.

- KONATE M., 1984 : Etude de l'environnement avec référence spéciale au climat des zones de culture du sorgho et du mil des régions tropicales et semi-arides d'Afrique occidentale
Agrométéorologie of sorghum and millet in the semi-arid tropics ICRISAT p-p. 85-100.
- LOYNET G., KERE A. et SIDIBE O., 1987 : Essais régionaux du mil conduits par le CILSS, 1981-1984. Proceedings international pearl millet workshop 7-11 April 1986 ICRISAT Center India 293 p.
- MAE, 1989 : Document de production végétale présenté lors des journées de programmation 6-7 Avril 1989 Bobo-Dioulasso
- Ministère Français des Relations Extérieures; 1984 : Mémento de l'agronome 3ème édition p-p 512-518.
- MARCHAIS L. et TOSTAIN S., 1985 : Prospection de mils spontanés au Burkina Faso. 3-11 Octobre 1985. ORSTOM 9p.
- NIANGADO O. et OUENDEBA B., 1987 : Amélioration variétale du mil en Afrique de l'ouest. Proceedings international pearl millet workshop 7-11 April 1986. ICRISAT Center, India p-p 83-94.
- PERNES J., 1984 : Gestion des ressources génétiques des plantes Tome 1. Monographie p-p 159-199.
- PERNES J., 1984 : Gestion des ressources génétiques des plantes. Tome 2 Manuel 346 p.
- PURSEGLOVE J.W., 1972 : Tropical crop Monocotyledons. Longman London p-p
- RACHNIE K.O. et MAJMOUDAR J.V., 1980 : Pearl millet University Park, Pennsylvania, USA : Pennsylvania State University press 307 p.

- REY-HERME C., 1982 : Les relations génétiques entre les formes spontanées et les formes cultivées chez le mil (Pennisetum sp.). Thèse 3ème cycle, Orsay 112 P.
- ROONEY L.W. et Mc DONOUGH M.C., 1984 : Food quality and consumer acceptance of pearl millet. Proceedings international pearl millet workshop 7-11 April 1986. ICRISAT Center India p-p 43-62.
- SASSON A., 1986 : La conservation des ressources végétales. La recherche n° 181 Volume 17 p-p 1282-1293.
- SEYNOU A., 1988 : Etude de la résistance au mildiou et de quelques caractères agronomiques d'une collection de mils du Burkina. Rapport de fin de stage. Centre polyvalent de Matourkou. 44 p.
- SIVAKUMAR M.V.K. et GNOUMOU F., 1987 : Agroclimatologie de l'Afrique de l'ouest : le Burkina Faso. Bulletin d'information n° 23, Patancheru A.P. 502-324 Inde ICRISAT 192 p.
- SPENCER D.C. et SIVAKUMAR M.V.K., 1987 : Pearl millet in African agriculture. Proceedings international pearl millet workshop 7-11 April 1986 ICRISAT Center, India Patancheru A.P. 502-324.
- TARDIEU M., 1985 : Introduction à l'atelier régional sur l'amélioration du mil. Communication de l'atelier régional sur l'amélioration du mil 31 Août-04 Septembre 1984. Centre Sahélien de l'ICRISAT Niamey Niger. p-p 3-13.
- ZANGRE R., 1979 : Recherche de critère de sélection pour la tolérance à la sécheresse chez le mil. Mémoire de fin d'Etude de D.A.A. ENSA 103 p.
- Etude de la résistance à la diffusion de vapeur d'eau à travers l'épiderme, et de la dynamique de la reccupération hydrique. Mémoire de fin d'étude D.A.A. option Amélioration des plantes ENSA^{RENNE} 103 p.
- ZONGO J.D., 1988 : Prospection et évaluation des mils burkinabé.
- ZONGO J.D., SEDOGO M.C., SEREME P. et ZANGRE G.R., 1988 : Synthèse des prospections du mil (Pennisetum typhoides Stapf et Hubbard) au Burkina Faso.

A N N E X E

INDEXE DES SIGLES

C.N.R.S.T.	:	Centre National de Recherche Scientifique et Technologique
F.A.O.	:	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
IBPGR	:	Conseil des Ressources phytogénétiques international
ICRISAT	:	Centre International de Recherche sur la culture des zones tropicales et semi-aride
IN.E.R.A.	:	Institut d'Etude et de Recherche Agricole
IRAT	:	Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières
MAE	:	Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage
ORSTOM	:	Office de la Recherche Scientifique et Technique outre-mer
U.O.	:	Université de Ouagadougou

TABLEAU N° 1 : RESULTATS BRUTES DES CARACTERES QUANTITATIFS
(MOYENNES SUR LES TROIS REPETITIONS)

<u>SIGLES</u>	<u>SIGNIFICATIONS</u>
I.S.E.	Intervalle semis-épiaison
H.A.M.	Hauteur à maturité
N.E.N.	Nombre d'entre-nœuds
L.O.D.	Longueur du drapeau
L.A.D.	Largeur du drapeau
N.T.B.	Nombre de talles basales
N.E.V.	Nombre d'épis utiles
L.O.C.	Longueur de la chandelle
L.A.C.	Largeur de la chandelle
EX.	Exertion
PO.C.	Poids de la chandelle
F.G.T./C	Poids total des grains de la chandelle
P.C.G.	Poids de cent grains.

No d'entree	No ICRISAT- IBPGR	ISE	HAM	NEN	LOD	LAD	NTB	NEU	LOC	LAC	EX	POC	PGT/C	PCG	I
1	2816	I	97.67	352.40	16.38	38.57	3.51	10.48	4.00	27.95	1.79	0.01	26.54	14.53	0.73
2	2821	I	96.33	340.60	14.69	40.47	3.69	10.47	4.25	36.90	1.90	2.03	24.23	13.38	0.70
3	2823	I	92.67	358.97	16.13	38.28	3.26	9.87	4.07	30.72	1.77	-8.20	24.10	12.92	0.65
4	2824	I	98.00	361.83	15.81	38.26	3.32	10.70	4.01	34.50	1.74	-3.69	25.49	13.56	0.70
5	2828	I	84.67	338.30	14.63	39.14	3.63	10.63	3.76	24.03	2.72	0.02	29.19	14.02	0.76
6	2829	I	70.33	297.53	11.23	46.57	4.53	9.28	4.91	22.13	2.96	2.42	30.45	18.92	0.93
7	2830	I	90.33	364.80	16.10	37.83	3.28	9.22	3.71	24.43	2.24	-4.66	31.99	18.27	0.72
8	2834	I	63.67	300.53	9.71	54.43	5.12	8.96	3.23	58.95	2.33	-0.67	27.71	13.73	0.81
9	2836	I	64.67	257.07	8.94	51.17	5.20	8.53	3.12	33.44	2.82	-1.51	38.19	22.89	0.89
10	2844	I	70.00	311.00	10.98	49.59	5.15	7.96	2.80	47.75	2.59	-4.13	25.34	13.24	0.85
11	2846	I	64.00	282.17	10.14	53.59	5.29	8.32	3.59	45.09	2.53	4.00	24.69	14.20	0.86
12	2847	I	68.00	278.47	9.73	47.14	5.10	10.98	4.06	43.81	2.63	-2.73	36.32	19.73	0.87
13	2848	I	65.67	277.80	8.80	53.20	5.05	9.22	3.10	46.94	2.44	-2.36	44.20	27.74	0.98
14	2849	I	63.33	268.30	9.07	51.31	5.18	8.72	3.70	43.63	2.22	0.60	28.91	16.90	0.83
15	2851	I	67.67	296.30	9.69	54.59	4.89	9.33	3.68	44.62	2.40	-0.44	25.57	13.92	0.85
16	2853	I	60.00	248.13	9.47	53.06	5.71	10.28	3.49	37.33	3.00	3.88	42.96	29.70	1.07
17	8201	I	56.67	238.67	8.80	49.43	5.04	9.20	4.83	31.38	2.76	7.46	28.68	19.50	1.00
18	2854	I	54.67	242.40	8.07	54.45	5.87	8.41	3.97	37.89	2.41	1.28	36.40	24.90	1.07
19	2856	I	64.67	276.97	9.73	51.13	5.17	7.07	2.81	46.56	2.63	4.87	30.50	16.22	0.91
20	2861	I	97.00	340.67	15.75	42.90	3.31	9.12	3.38	44.13	1.80	-3.51	24.55	19.81	0.71
21	2864	I	66.33	293.30	9.69	52.09	5.62	9.64	2.69	44.99	2.67	2.71	29.33	17.68	0.96
22	2865	I	66.67	325.13	10.67	53.50	5.56	8.35	2.64	54.26	2.56	-3.08	36.45	16.76	0.93
23	3141	I	71.67	304.60	10.00	51.81	4.96	10.36	4.05	45.60	2.39	0.18	28.73	15.01	0.80
24	3142	I	68.33	318.60	10.75	55.67	4.70	10.85	4.10	64.55	2.27	-7.17	28.58	13.47	0.90
25	3143	I	70.00	283.57	9.77	51.58	4.93	10.25	3.76	50.22	2.43	-2.16	29.92	14.59	0.86
26	3144	I	68.33	296.73	10.13	52.76	4.53	10.05	3.83	49.96	2.30	-5.08	25.39	11.98	0.91
27	3145	I	74.00	338.20	10.97	53.62	4.47	10.36	3.09	61.71	2.20	-8.12	39.98	21.00	0.96
28	3145	I	38.33	305.57	10.17	56.70	4.61	10.40	3.99	70.17	2.22	-10.48	34.40	17.65	0.97
29	3152	I	33.33	376.07	16.21	42.80	3.65	10.82	4.59	28.51	2.09	-0.23	23.11	14.57	0.85
30	3153	I	83.67	349.90	14.71	45.77	3.97	10.56	4.91	32.95	2.06	-0.78	26.78	16.91	0.93
31	3156	I	74.00	334.50	12.33	53.27	4.71	11.75	4.32	45.63	2.49	-2.28	33.65	15.52	0.92
32	3157	I	86.67	362.43	13.14	45.17	4.27	11.21	4.27	39.82	2.39	-1.65	31.07	16.50	0.92
33	3162	I	71.00	306.77	10.33	52.81	4.81	10.81	3.85	45.20	2.14	-4.61	29.76	15.32	0.84
34	3165	I	75.67	331.47	11.14	54.34	5.07	9.85	3.49	55.83	2.25	-2.77	33.40	15.59	0.87
35	3167	I	76.67	352.17	12.57	51.42	4.49	9.87	3.92	39.75	2.16	-4.06	26.87	14.17	1.05
36	3168	I	76.67	350.78	12.48	54.79	4.81	9.65	3.16	71.41	2.22	-11.51	39.29	21.51	1.03

d'entree	No															
	ICRISAT	IBPGR	ISE	HAM	NEN	LOD	LAD	NFB	NEU	LOC	LAC	EX	POC	PGT/C	PCG	
37	3170	I	75.67	329.53	11.96	50.20	4.63	10.59	5.28	33.44	2.39	-2.02	32.99	18.73	0.91	
38	3175	I	73.67	308.87	10.71	51.87	4.92	10.59	4.17	36.30	2.48	-2.22	41.33	23.21	0.88	
39	3176	I	83.67	317.80	13.39	46.27	4.48	10.12	5.02	34.59	2.33	0.65	40.05	20.72	1.08	
40	3178	I	82.67	310.67	11.76	49.63	5.06	8.77	3.77	21.83	2.87	0.57	36.01	18.02	0.90	
41	3180	I	73.00	315.03	11.81	50.15	4.42	10.38	4.75	33.29	2.00	2.88	19.25	9.62	0.92	
42	3183	I	79.33	326.13	12.92	50.19	4.92	10.45	4.47	42.59	2.11	-3.65	36.02	20.01	0.90	
43	3187	I	81.00	312.23	12.64	49.91	4.55	10.56	4.76	34.50	2.29	-2.39	32.07	15.81	0.98	
44	3190	I	82.00	338.37	12.88	45.23	4.10	9.08	3.95	35.03	2.19	-2.37	31.39	17.87	1.08	
45	3193	I	75.33	322.10	11.80	48.96	4.64	10.43	4.65	34.76	2.09	1.15	27.07	14.95	0.94	
46	3194	I	81.00	335.53	12.67	49.88	4.62	9.30	4.83	34.88	2.33	3.64	32.11	19.08	1.07	
47	3201	I	78.67	323.07	12.23	50.82	4.62	12.01	5.23	36.09	2.29	-1.54	29.95	16.57	1.12	
48	3204	I	81.00	328.67	12.62	50.56	4.79	9.57	4.32	40.32	2.30	4.21	30.41	20.06	1.03	
49	3204	I	77.00	308.20	11.83	50.54	4.63	9.34	3.93	32.98	2.32	-3.27	25.46	12.78	0.95	
50	3206	I	77.67	311.00	12.27	52.52	4.88	10.16	4.47	29.27	2.42	2.66	37.42	20.35	0.92	
51	3207	I	77.33	309.13	11.86	58.98	5.10	11.76	4.01	43.96	2.41	-2.15	36.11	19.19	0.92	
52	3209	I	75.67	305.07	12.41	51.72	4.71	9.96	4.73	31.50	2.37	3.97	34.95	20.65	0.95	
53	3654	I	79.33	332.57	11.82	46.79	4.20	10.36	4.75	35.29	2.10	-2.96	22.92	13.39	0.96	
54	3659	I	95.33	386.97	15.89	45.91	3.97	11.29	4.16	42.84	1.94	-1.64	33.71	21.09	1.05	
55	3664	I	80.33	354.07	14.70	47.43	4.67	9.35	3.70	39.57	2.43	-1.83	37.49	22.44	1.01	
56	3669	I	80.33	354.10	14.13	48.89	4.37	10.84	4.60	36.31	2.12	3.93	30.44	17.37	1.10	
57	3671	I	94.00	361.93	15.20	38.89	3.25	12.11	5.61	24.20	1.77	7.07	16.18	10.37	1.00	
58	3672	I	92.00	362.67	15.46	38.21	3.18	11.19	6.10	26.14	1.66	4.33	17.40	11.35	1.00	
59	3674	I	91.00	366.20	15.44	39.18	3.53	11.74	5.44	25.47	1.89	4.31	21.47	13.86	1.08	
60	3676	I	85.33	362.93	15.10	39.18	3.28	12.79	5.30	27.22	1.81	1.98	19.40	12.09	0.97	
61	3677	I	81.00	349.37	13.78	42.94	3.72	11.88	6.69	26.64	1.67	1.64	15.41	9.28	0.94	
62	3679	I	83.00	368.10	13.93	42.90	4.25	10.16	4.16	38.45	1.96	-2.00	30.81	17.84	1.14	
63	3681	I	90.00	345.90	13.90	36.15	3.28	11.48	4.80	24.23	1.76	2.33	18.44	14.50	0.90	
64	3683	I	93.33	366.43	15.76	40.22	3.24	11.23	4.94	24.83	1.87	4.11	20.49	14.88	1.00	
65	3685	I	97.00	382.40	15.59	40.59	3.38	11.28	5.32	28.71	1.73	3.85	17.83	12.37	1.08	
66	3687	I	89.33	348.43	15.29	40.44	3.22	11.38	5.79	25.24	1.71	1.21	18.80	11.73	0.88	
67	3689	I	86.00	361.10	13.87	43.69	3.48	13.24	6.34	27.99	1.79	1.88	18.54	11.94	0.94	
68	3690	I	104.33	362.83	16.27	35.45	3.31	11.15	4.16	29.25	1.80	-0.85	21.0	11.30	0.92	
69	3693	I	84.33	365.13	14.43	38.30	3.44	12.11	6.20	25.95	2.00	4.64	20.11	14.43	0.99	
70	3698	I	80.67	328.30	13.72	44.93	3.59	11.75	5.43	25.72	1.87	3.08	17.44	9.51	0.99	
71	3699	I	103.67	359.33	16.80	38.63	3.41	11.54	3.97	30.56	1.76	-0.068	18.78	11.09	0.94	
72	3702	I	104.00	373.53	16.79	35.48	3.16	11.28	3.77	27.34	1.69	2.03	18.47	11.74	0.89	

No d'entree	No ICRISAT		ISE	HAM	NEN	LOD	LAD	NTB	NEU	LOC	LAC	EX	POC	PGT/C	PCG
	IBPGR	I													
73	3705	I	98.33	358.37	15.12	37.28	3.38	11.05	4.93	24.34	1.74	1.26	19.41	12.79	1.04
74	3708	I	98.67	349.03	16.83	38.06	3.34	11.19	3.85	24.62	1.72	2.70	18.61	11.36	0.99
75	3710	I	99.33	350.93	15.53	36.28	3.10	11.06	4.36	25.85	1.77	-0.39	19.91	12.4	0.95
76	3713	I	100.00	368.27	15.42	38.50	3.13	10.00	3.53	25.77	1.74	-0.51	18.24	11.22	0.93
77	3716	I	100.00	353.60	16.27	36.12	3.18	10.98	3.68	24.91	1.84	5.15	19.41	11.79	0.94
78	3720	I	90.67	343.33	14.99	40.27	3.88	10.71	5.05	24.63	2.15	2.82	25.86	13.86	0.96
79	3722	I	92.67	369.77	14.89	40.68	3.65	11.39	4.94	26.38	2.06	3.52	28.22	19.58	1.04
80	3726	I	89.67	366.40	15.32	38.79	3.37	12.53	6.23	24.48	1.73	1.11	18.71	11.90	0.99
81	3733	I	97.33	399.93	16.83	42.76	3.81	10.94	3.95	36.19	1.92	-0.58	23.29	13.09	1.24
82	3740	I	98.67	388.93	14.81	42.02	3.60	10.41	4.13	34.01	1.83	1.80	26.05	15.53	0.95
83	3744	I	87.33	353.63	13.48	41.28	3.58	10.44	4.61	33.07	1.78	1.34	20.36	11.80	0.99
84	3748	I	92.67	362.63	15.01	43.02	3.53	10.56	4.02	31.48	1.79	-3.49	21.43	13.25	0.97
85	3751	I	87.00	364.20	14.48	47.40	4.13	11.15	4.31	36.62	2.03	-0.05	28.51	15.73	1.13
86	3756	I	100.67	343.00	16.19	39.69	3.52	11.26	4.23	25.01	2.30	2.19	21.76	11.16	0.95
87	3760	I	98.00	376.40	14.97	40.25	3.49	10.25	4.12	24.97	2.36	1.24	23.72	14.35	0.98
88	3763	I	98.67	358.80	15.41	39.69	3.42	10.89	4.00	24.91	2.17	-0.68	20.46	12.56	0.97
89	3769	I	101.33	370.43	16.54	42.34	3.67	10.13	4.02	24.66	2.43	-1.31	26.33	15.73	1.10
90	50	I	57.67	254.43	8.34	56.48	5.29	9.31	5.03	72.97	2.22	-12.75	29.42	17.18	0.93
91	87	I	65.33	268.30	8.99	49.82	4.47	9.17	5.12	31.15	2.13	2.81	23.05	13.28	0.88
92	719	I	58.00	230.83	8.63	52.17	4.42	8.64	5.55	28.14	1.95	3.31	20.28	11.84	0.87
93	724	I	54.33	189.37	7.79	43.15	4.01	9.93	8.25	21.44	1.75	8.92	14.87	9.90	0.81
94	733	I	74.67	320.87	11.16	50.74	4.55	11.65	6.00	24.09	2.35	5.36	36.31	18.73	0.80
95	1035	I	74.33	334.67	11.73	6.031	5.48	10.84	3.92	37.14	2.67	0.66	30.60	14.80	0.78
96	1068	I	75.00	325.07	11.13	55.31	4.85	10.97	4.21	40.63	2.24	2.46	34.23	22.18	1.05
97	1114	I	61.67	268.47	9.30	51.20	5.95	8.09	2.84	32.33	3.18	1.46	35.04	23.44	1.08
98	1273	I	61.67	250.87	8.23	49.49	5.17	12.23	4.36	50.77	2.50	-3.32	40.28	21.51	0.78
99	1309	I	59.00	251.97	8.21	50.56	5.56	12.41	4.56	48.38	2.65	2.49	41.57	22.15	0.74
100	1501	I	51.00	197.77	8.81	44.83	4.41	8.24	7.11	20.96	1.98	8.25	26.78	18.86	0.95
101	1510	I	56.33	233.27	8.18	51.61	5.10	8.19	6.06	40.39	1.99	0.15	26.76	16.82	1.08
102	1529	I	68.67	307.97	9.94	59.51	5.18	7.08	2.19	103.92	2.47	-22.50	43.63	19.38	1.18
103	1883	I	46.67	174.03	6.02	37.34	4.67	9.24	9.03	19.47	2.82	9.62	11.16	8.91	1.22
104	1915	I	51.00	198.00	6.90	48.68	4.72	9.33	5.57	23.32	3.00	4.75	19.37	12.05	1.38
105	2001	I	49.67	181.23	7.02	36.48	4.95	10.92	10.59	19.88	2.24	11.32	10.14	7.07	0.95
106	2034	I	66.67	249.87	9.74	59.73	5.27	10.51	2.56	72.56	2.68	8.60	39.89	20.75	1.00
107	2083		47.67	174.33	6.32	41.48	5.20	9.80	6.23	23.35	3.22	7.74	20.65	13.41	1.17

Tableau 2 a: Liste des ecotypes etrangers

No d'identite	No ICRISAT & IBPGR	Origine
90	50	Nigeria
91	87	Nigeria
92	719	Cameroun
93	724	Cameroun
94	733	Cameroun
95	1035	Mali
96	1068	Mali
97	1114	Mali
98	1273	Senegal
99	1309	Senegal
100	1501	Niger
101	1510	Niger
102	1529	Niger
103	1883	Togo
104	1915	Togo
105	2001	Benin
106	2034	Benin
107	2083	Benin

Tableau de Variance

I S E : Intervalle semis épaisseur
 H A M : Hauteur à maturité
 L O C : Longueur de la chandelle
 σ : Ecart type
 σ^2 : Variance
 M : Moyenne

N° D'Entrée	N° ICHISAP	I S E			H A M			L O C		
		M	σ^2	σ	M	σ^2	σ	M	σ^2	σ
001	2816	57,57	10,50	4,42	347,00	842,00	29,02	28,12	10,54	4,40
002	2821	95,14	118,40	10,88	240,01	1520,10	67,30	29,06	121,67	11,07
003	2823	94,08	36,54	10,90	300,42	990,72	31,32	32,28	26,89	5,18
004	2824	27,72	17,88	4,23	375,95	1050,00	32,54	37,63	50,39	7,10
005	2828	79,79	21,58	4,95	330,97	813,73	28,53	23,76	9,53	3,09
006	2829	69,20	17,92	4,23	298,28	1522,12	39,01	24,36	9,00	3,00
007	2830	88,04	25,37	5,13	381,60	2160,60	46,58	24,08	17,36	4,16
008	2834	65,96	7,40	2,72	319,00	1050,64	32,41	61,02	1204,96	14,32
009	2836	67,44	94,41	9,72	250,64	1107,35	34,11	30,34	20,07	4,80
010	2844	68,16	16,37	4,04	331,58	841,34	29,00	48,18	61,88	7,87
011	2846	64,52	15,77	3,97	289,22	1263,39	35,54	46,12	41,96	6,48
012	2847	69,50	8,49	2,91	292,08	1200,00	34,64	41,94	38,50	6,21
013	2848	67,44	14,73	3,84	1310,80	1409,12	20,23	46,30	48,14	6,94
014	2849	61,72	19,80	4,45	257,14	1030,59	32,10	41,06	105,43	10,27
015	2851	72,08	2,87	1,70	298,38	986,86	31,41	42,15	55,07	7,42
016	2853	61,33	36,47	6,09	257,96	1412,91	37,58	34,28	52,64	7,26
017	2854 2201	58,06	42,81	6,54	237,91	1507,23	38,82	30,41	32,29	5,68
018	2854	56,82	32,42	5,69	245,87	752,72	27,43	42,33	61,28	7,83
019	2856	73,08	5,67	2,38	295,84	1052,53	32,44	40,29	47,06	6,86
020	2861	80,72	15,56	3,94	358,63	648,01	25,45	45,27	60,24	8,32
021	2864	65,78	35,87	6,07	268,38	1268,75	35,62	40,14	70,03	8,37
022	2865	68,36	16,31	4,04	327,08	1237,35	32,15	54,00	108,32	10,41

.../...

№	№ ИЗМЕН ИЗМЕН	I S E			H A M			L O C		
		M	Г ²	Г	M	Г ²	Г	M	Г ²	Г
53	3654	79,40	16,64	14,08	357,84	2512,45	50,12	37,24	17,52	6,82
54	3659	94,56	30,25	15,50	418,24	1758,47	41,93	45,98	138,37	11,76
55	3664	79,68	10,86	3,30	356,12	5330,55	74,37	40,10	39,91	6,32
56	3669	80,20	26,48	15,15	347,32	1481,25	38,49	40,80	65,72	8,11
57	3671	92,94	17,35	4,17	365,94	2243,23	47,36	25,52	20,83	4,56
58	3672	90,12	38,75	6,22	378,80	1432,56	37,84	26,72	18,04	4,24
59	3674	91,04	96,92	9,84	379,60	1651,64	40,64	25,84	12,19	3,49
60	3676	88,80	35,28	5,93	380,39	910,67	30,18	29,66	28,06	5,30
61	3677	82,64	28,47	5,34	341,92	1213,35	34,83	26,52	71,37	3,37
62	3679	84,4	38,80	6,23	384,33	2787,84	52,80	37,14	33,84	5,81
63	3681	92,04	23,88	4,89	362,80	1262,69	35,53	25,12	7,56	2,75
64	3683	100,00	7,68	12,77	342,70	1508,47	38,84	23,83	22,14	4,71
65	3685	87,76	51,94	17,21	384,64	919,32	30,32	25,06	18,30	4,27
66	3687	85,88	15,15	3,89	345,38	1203,53	34,69	25,30	17,67	4,00
67	3689	101,12	12,81	3,58	377,13	1007,25	31,94	30,19	13,94	3,73
68	3690	87,36	8,1	1,07	365,50	1177,18	34,31	28,40	18,17	4,26
69	3693	81,60	8,16	2,86	383,24	11928,18	43,91	25,24	12,23	3,49
70	3698	100,33	116,76	14,09	365,63	2638,90	51,37	28,56	22,56	4,75
71	3699	102,08	21,75	4,66	344,50	2289,95	47,84	30,22	26,45	5,14
72	3702	100,26	12,80	13,58	404,00	1014,18	31,85	28,25	14,23	3,77
73	3705	97,45	134,70	5,89	362,20	2172,17	46,60	25,36	18,08	4,25
74	3708	98,03	18,34	14,28	369,91	3056,24	55,28	26,72	12,02	3,46
75	3710	100,32	8,46	2,91	370,40	1193,72	34,55	25,82	13,56	3,68
76	3713	98,32	34,88	5,90	349,82	2014,66	44,88	26,37	14,37	3,79
77	3716	88,17	119,88	4,46	351,64	2466,05	49,66	25,68	10,67	3,26
78	3720	91,30	18,81	2,97	340,64	2242,50	47,36	24,43	41,19	6,42
79	3722	89,28	23,16	4,81	369,10	864,42	29,40	27,25	8,76	2,96
80	3726	96,42	20,74	4,55	375,56	761,02	27,57	24,70	26,15	5,11

.../...

023	3141	71,95	14,24	3,77	302,35	1290,68	35,93	44,57	52,18	7,22
024	3142	70,16	21,47	4,63	317,95	998,20	31,59	66,70	118,90	10,90
025	3143	72,60	20,48	4,52	295,02	1467,93	38,31	48,25	82,09	9,06
026	3144	71,85	26,79	5,18	310,00	1537,28	40,46	50,38	444,83	21,09
027	3145	76,66	14,81	3,85	333,42	1635,58	40,44	55,54	162,16	12,73
028	3149	68,35	18,92	4,35	316,00	1233,41	35,12	74,02	234,70	15,32
029	3152	90,12	16,42	4,05	381,32	1071,02	32,73	29,28	25,96	5,10
030	3153	83,17	24,89	4,99	363,75	736,35	27,13	34,14	52,90	7,27
031	3155	75,56	13,73	3,57	335,42	1714,54	41,40	42,00	90,92	9,54
032	3157	88,68	208,13	14,42	339,04	5452,28	73,84	41,18	135,40	11,64
033	3162	68,48	35,77	5,98	292,96	3275,48	57,23	46,36	232,55	15,25
034	3165	74,76	43,85	6,59	321,25	1836,77	42,85	52,84	98,85	9,94
035	3167	78,52	23,37	4,83	371,20	1562,24	39,53	42,96	218,84	14,79
036	3168	78,20	15,28	3,91	342,40	1992,24	44,63	69,50	136,80	11,70
037	3170	76,32	20,94	4,58	339,84	1774,61	42,13	32,32	38,29	6,19
038	3175	74,32	251,90	15,87	326,50	826,17	28,74	35,09	139,68	6,30
039	3176	83,88	27,47	5,24	495,26	3698,52	60,81	33,46	92,36	9,61
040	3178	106,14	37,64	6,13	291,23	2300,90	47,97	34,50	57,16	7,56
041	3180	74,29	10,29	3,21	308,96	1504,92	38,79	34,96	47,08	6,86
042	3183	78,84	13,17	3,62	312,82	1879,08	43,35	43,88	85,30	9,24
043	3187	78,57	25,90	5,09	320,00	1982,61	44,53	34,96	48,46	6,96
044	3190	80,52	17,21	4,15	339,36	2627,03	51,25	33,94	51,01	7,14
045	3193	77,60	10,41	3,23	330,25	659,27	25,67	35,42	132,18	5,67
046	3194	79,68	7,82	2,79	356,83	1570,14	39,62	36,24	18,42	4,29
047	3201	78,20	10,56	3,25	332,79	1954,83	44,21	35,98	73,43	8,27
048	3202	81,32	5,18	2,27	348,48	1953,85	44,20	42,85	71,91	8,48
049	3204	77,88	6,35	2,52	310,00	1586,11	39,83	32,58	32,55	5,71
050	3206	76,04	5,24	2,29	304,12	1832,83	28,96	30,32	135,87	5,99
051	3207	30,12	32,43	5,69	317,88	1127,03	33,87	46,56	105,51	10,27
052	3209	76,21	15,00	3,87	304,60	968,97	31,13	30,74	41,24	6,42

.../...

X

D	N°	ICRISAT IDPCR	I S E			H A M			L O C		
			M	∇ ²	∇	M	∇ ²	∇	M	∇ ²	∇
001	3733		95,48	33,77	5,81	431,39	1056,44	32,65	38,63	27,00	5,20
002	3740		87,52	15,73	3,96	415,96	1589,75	39,87	36,77	38,69	6,22
003	3744		94,32	18,78	4,33	348,90	964,16	31,05	32,03	22,29	4,72
004	3748		84,4	46,72	6,83	353,25	974,45	31,22	31,04	31,69	5,63
005	3751		99,29	14,06	3,75	354,84	447,58	21,16	35,82	9,89	3,14
006	3756		98,64	26,55	5,15	347,53	897,50	29,96	26,26	11,20	3,34
007	3760		95,56	25,72	5,07	386,00	1162,34	34,09	25,69	13,96	3,74
008	3753		98,75	7,94	2,82	387,00	458,20	21,41	26,72	31,99	5,66
009	3769		62,55	43,85	6,62	389,05	968,69	31,12	23,76	228,63	15,12
010	50		65,96	4,44	2,10	259,75	773,79	27,82	68,23	33,25	5,76
011	87		59,60	32,16	5,67	271,28	1325,16	35,40	30,41	22,83	4,78
012	719		56,21	25,85	5,00	227,88	1048,31	32,38	28,63	14,72	3,83
013	724		74,58	8,16	2,86	205,34	1101,37	33,18	20,12	10,68	3,27
014	732		75,4	15,12	3,89	321,06	1365,88	36,96	24,30	72,34	8,50
015	1035		75,29	18,79	4,33	313,72	1102,88	33,21	36,18	38,50	6,20
016	1068		64,76	10,02	3,16	309,16	610,83	24,71	41,23	14,08	3,71
017	1114		72,08	200,15	14,15	275,91	1379,78	37,15	32,64	194,92	13,96
018	1273		59,76	26,82	5,13	239,34	893,72	29,90	47,28	114,17	10,68
019	1309		53,15	11,13	3,34	250,96	468,33	21,64	49,42	31,80	5,64
100	1501		55,80	6,64	2,58	191,08	939,92	30,66	21,00	98,54	9,93
101	1510		55,80	6,64	2,58	235,54	735,49	27,12	37,59	91,08	9,54
102	1529		71,76	21,54	4,64	325,58	1713,11	41,39	105,42	241,13	15,53
103	1883		51,04	14,45	3,80	166,27	629,01	25,08	19,98	6,00	2,45
104	1915		54,27	33,83	5,82	214,34	386,70	19,66	24,27	7,80	2,79
105	2001		51,45	12,65	3,55	188,26	1154,17	33,97	19,12	4,86	2,20
106	2034		69,82	10,79	3,28	287,56	1654,65	40,68	70,58	199,89	14,12
107	2083		49,50	5,64	2,37	173,60	336,43	18,34	23,38	4,45	2,11