



INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

CTION, DE RECHERCHES
SUR
PRODUCTIONS VEGETALES

Bambey, le 30 Novembre 1989 - -

N° _____ /D/AGRO

Je soussigné J.C. MORTREUIL, coordonnateur du Programme
Arachide, certifie que Mademoiselle A. PERRIN a effectué un stage de
4 mois (15/07/89 au 15/11/89) dans le service sélection.

Mortreuil S

J.C. MORTREUIL

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier

- Mr BOCKELEE Morvan pour m'avoir permis d'effectuer mon stage.
- Mr SONKO, Directeur du **C.N.R.A**, pour m'avoir **acceptée** au Centre,
- Mr **MORTREUIL**, pour m'avoir **accueillie** au Centre,
- MM. KHALFAOUI et **ANNEROSE** pour m'avoir permis de travailler dans le Service Arachide en sélection et en physiologie
- Mr **HEMA**, pour avoir accepté ma participation dans son **programme**
Mais,
- MM. **EVAIN** et GRANES sans lesquels je ne serai sans doute pas arrivée au bout du périple . . .

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	1
1. PRESENTATION de l'AMELIORATION de l'ADAPTATION à la SECHERESSE en ZONE SOUDANO-SAHELIENNE	2
1.1. Données pluviométriques	2
1.2. Caractérisation de la sécheresse	a
Stades critiques	9
1.3. Physiologie et génétique de l'adaptation à la sécheresse	13
1.3.1. Mécanismes de résistance à la sécheresse	13
1.3.1.1. L'arachide	15
1.3.1.2. Lemals	18
1.3.2. Intérêts de l'étude physiologique	19
1.4. Tests physiologiques utilisés	20
1.4.1. Transpiration sur feuilles détachées	20
1.4.2. Croissance racinaire	21
1.4.3. Résistance protoplasmique	21
1.4.4. Porométrie	22
1.4.5. Potentiel hydrique foliaire	22
1.5. Méthodes de sélection	24
1.5.1. Méthodes possibles	24
1.5.2. Cas de la sélection récurrente sur arachide	28
2. L'ARACHIDE	31
2.1. Présentation de la plante	31
2.1.1. Botanique	31
2.1.1.1. L'Appareil Aérien	31
2.1.1.2. L'Appareil racinaire	33
2.1.2. Croissance et développement	36

2.1.2.1. Floraison et Fécondation	36
2.1.2.2. Germination	37
2.1.2.3. Caractéristiques des arachides cultivées	41
2.1.3. Ecologie	43
2.1.3.1. Influence des facteurs édaphiques	43
2.1.3.2. Influence des facteurs climatiques	44
2.2. Matériels et Méthodes	44
2.2.1. Matériel génétique	44
2.2.2. Dispositif expérimental	46
2.2.3. Tests physiologiques et paramètres étudiés	48
2.2.3.1. Transpiration sur feuilles détachées	48
2.2.3.2. Croissance racinaire	50
2.2.3.3. Résistance protoplasmique	51
2.3. Résultats et discussion	52
2.3.1. Transpiration sur feuilles détachées	52
2.3.2. Croissance racinaire	56
2.3.3. Résistance protoplasmique	58
2.3.4. Corrélations entre les paramètres	59
3. LE MAIS	68
3.1. Présentation de la plante	68
3.1.1. Botanique	6a
3.1.1.1. L'appareil aérien	68
3.1.1.2. L'appareil racinaire	70
3.1.2. Croissance et développement	a0
3.1.2.1. Période Semis-Floraison	a0
3.1.2.2. Période Fécondation-Maturation	81
3.1.3. Ecologie	a3
3.1.3.1. Influence des facteurs édaphiques	a3
3.1.3.2. Influence des facteurs climatiques	a3
3.2. Matériels et Méthodes	a4
3.2.1. Matériel génétique	a4
3.2.2. Dispositif expérimental	a6
3.2.3. Tests physiologiques et paramètres étudiés :	
agronomiques et physiologiques	98
3.2.3.1. Paramètres agronomiques	98

3.2.3.2. Tests physiologiques

3.3. Résultats et discussion	105
3.3.1. Caractères agronomiques	105
3.3.2. Caractères physiologiques	113
3.4. Conclusions	126
 4. CONCLUSION GENERALE	 127
 ANNEXES	
 BIBLIOGRAPHIE	

TABLE des ANNEXES

Annexe n° 1

Analyses de variance des paramètres physiologiques
de l'arachide ▪ Série 1

Annexe n° 2

Analyses de variance des paramètres physiologiques
de l'arachide ▪ Série 2

Annexe n° 3

Analyses de variance des paramètres physiologiques
de l'arachide ▪ Série 3

Annexe n° 4

Analyses de variance des paramètres physiologiques
de l'arachide ▪ Série 4

Annexe n° 5

Analyses de variance des paramètres agronomiques
du maïs

Annexe n° 6

Développement de l'arachide

Annexe n° 7

Le marché de l'arachide de bouche et de confiserie

Annexe n° 8

Données chiffrées sur le commerce de l'arachide dans
le monde.

Données sur l'arachide au Sénégal

Annexe n° 9

Le Maïs ▪ la production et les échanges

RESUME

Ce mémoire présente les tests agronomiques et physiologiques effectués sur différents génotypes d'arachide (*Arachis hypogea* L.) et de maïs (*Zea mays*) dans le cadre de l'amélioration de l'adaptation de ces espèces à la sécheresse en zone soudano-sahélienne.

L'étude fait partie des programmes de sélection entrepris par I.R.H.O (Institut de Recherche pour les Huiles et Oléagineux) pour l'arachide et par I.I.T.A (International Institute of Tropical Agronomy) pour le maïs. Elle a permis de mettre en évidence les conditions nécessaires à la réalisation d'un essai physiologique et les difficultés de l'exploitation des résultats en situation de culture en plein champ.

Mots clefs :

Arachide (*Arachis hypogea* L.)

Maïs (*Zeamays*)

Adaptation à la sécheresse

Stress hydrique

Génotype

Famille

Sélection récurrente

Sénégal

Variété

ABSTRACTS

This report presents agronomical and physiological tests made on several genotypes of groundnut (*Arachis hypogea* L.) and corn (*Zea mays*) as part of an improvement of drought adaptation of these species in the Sahelian area.

The study is part of the program of selection undertaken by I.R.H.O (Research Institute for Oils and Oleaginous) for groundnut and I.I.T.A (International Institute for Tropical Agronomy) for corn. It has allowed to bring to the fore the necessary conditions to realize a physiological test and the difficulties to exploit the results in field conditions.

Key words :

Groundnut (*Arachis hypogea* L.)

Corn (*Zea mays*)

Drought adaptation

Hydraulic stress

Genotype

Family

Recurrent selection

Senegal

Variety

INTRODUCTION

Ce mémoire se rapporte au stage effectué au C.N.R.A de Bambey (Centre National de Recherche Agronomique) dans le cadre d'un programme de recherche établi par I.R.H.O (Institut de Recherche sur les Huiles et Oléagineux).

L'étude au Centre a consisté en l'amélioration génétique des mécanismes physiologiques de l'adaptation à la sécheresse de génotypes d'arachide et de maïs.

La persistance des déficits pluviométriques au Sénégal depuis le début des années 1970 a conduit à la création d'un programme spécialement orienté vers l'obtention de variétés adaptées aux conditions de sécheresse des zones centre et nord du bassin arachidier. L'étude sur l'arachide s'est donc effectuée dans le cadre de ce programme.

En ce qui concerne le maïs, un programme d'amélioration variétale, initié en 1984, est mené par Mr Hema, chercheur à l'I.I.T.A (International Institute of Tropical Agronomy). L'étude physiologique des génotypes de maïs a été effectuée en collaboration avec celui-ci dans le cadre du C.E.R.A.A.S (Centre d'Etudes Régionales pour l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse).

Le travail mené conjointement sur les deux cultures a permis une comparaison des systèmes expérimentaux utilisés. Après une première partie traitant de l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse, les études sur l'arachide et le maïs seront présentées, les résultats commentés et les expériences comparées.

1 • PRESENTATION DE L'AMELIORATION de l'ADAPTATION à la SECHERESSE en ZONE SOUDANO-SAHELIENNE

1.1. • Données pluviométriques

La carte du Sénégal comparant les isohyètes de la période 1951-1967 et ceux de la période 1968-1985 montre qu'un glissement s'est produit du nord au sud. Il correspond à une baisse générale de la pluviométrie de l'ordre de 200 mm. Cette régression se traduit par :

- la réduction de la durée de la saison des pluies,
- l'accroissement des périodes d'absence de précipitations en cours de culture.

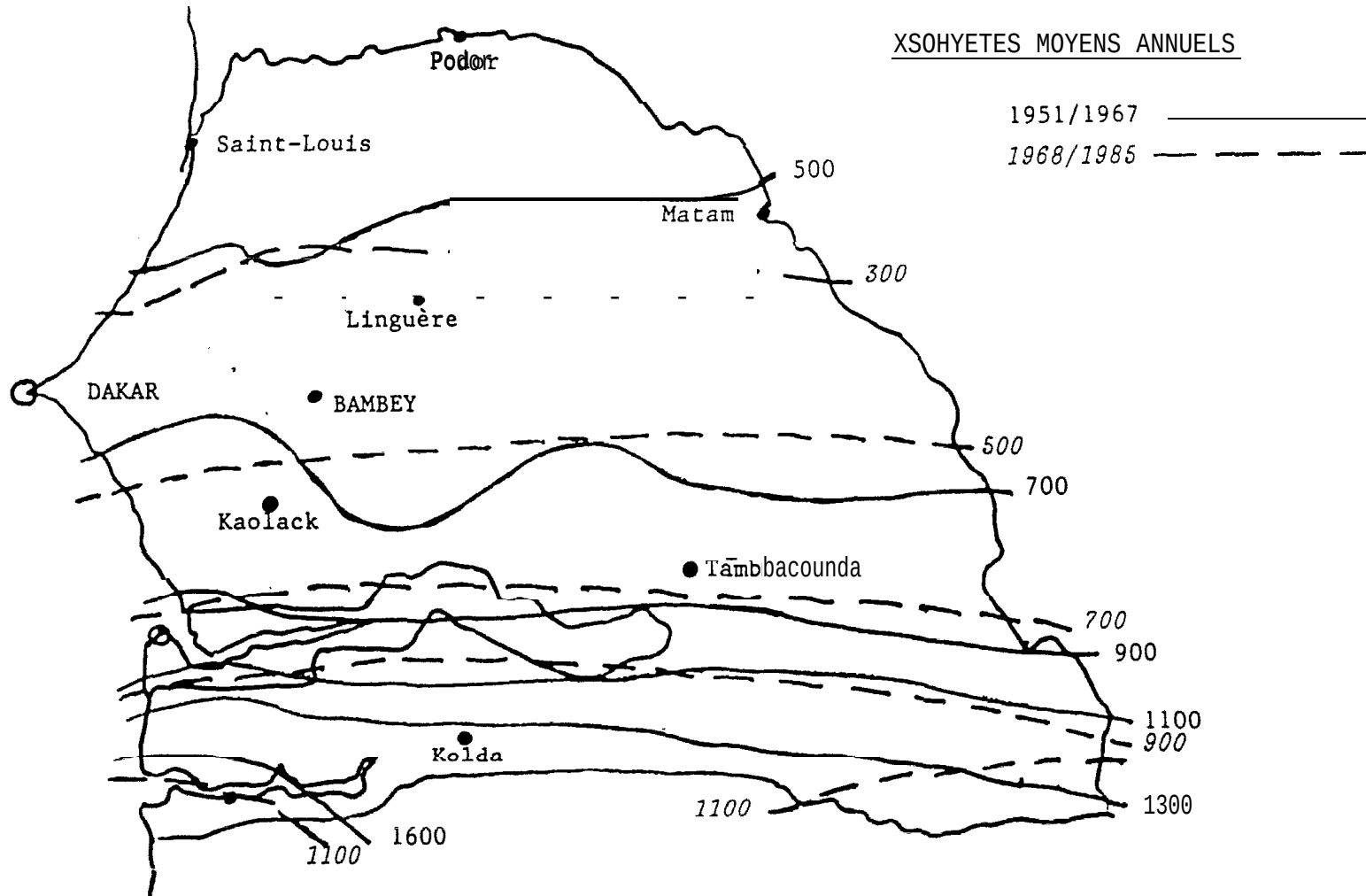
La durée utile de l'hivernage, étudiée pour trois localités sur une période de 34 ans - 1953-1986 - (Khalfaoui et Annerose, 1986), montre qu'un raccourcissement de l'hivernage se produit en 1970. Il est en moyenne de 25 jours à Louga, 10 jours à Bambey et de 12 jours à Nioro. Pour ces trois localités, il n'est pas noté de modification significative dans la régularité des pluies dans la saison. Cette étude a permis l'établissement d'une carte des isocycles de l'arachide satisfaits dans 80 % des années (Khalfaoui et Annerose, 1987).

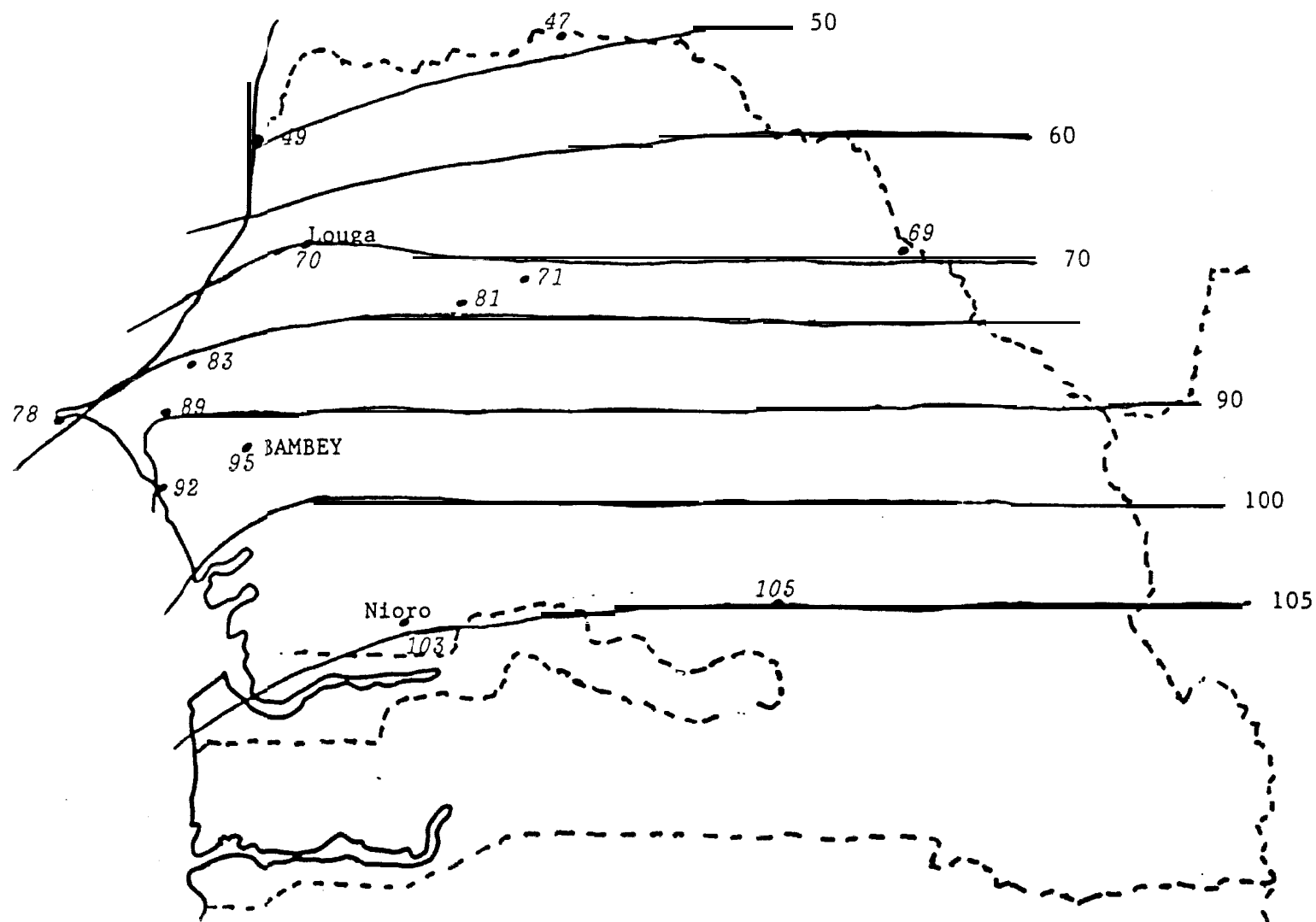
La pluviométrie en 1984 à Bambey est un exemple type de l'apparition de périodes de sécheresse en cours de cycle. La longueur de l'hivernage aurait permis à une variété de 120 jours (arachide) de terminer son cycle; mais deux périodes de sécheresse ont eu lieu en cours de culture : la première de 15 jours entre le 45^e et le 60^e jour, la deuxième de 13 jours entre le 68^e et le 81^e jour.

Les zones arides et semi-arides se caractérisent par une variabilité interannuelle très forte. Dans ces conditions, l'analyse de la pluviométrie doit se faire non pas en termes de moyenne mais en termes de fréquences ou de probabilité d'occurrence. C'est ce qui a été effectué pour comparer la pluviométrie de Bambey de 1989 avec celle des 13 dernières années.

On remarque que la pluviométrie en 1989 a été excellente pour les mois de Juin, Juillet, Août et Octobre. Elle a été cependant marquée par un déficit important en Septembre.

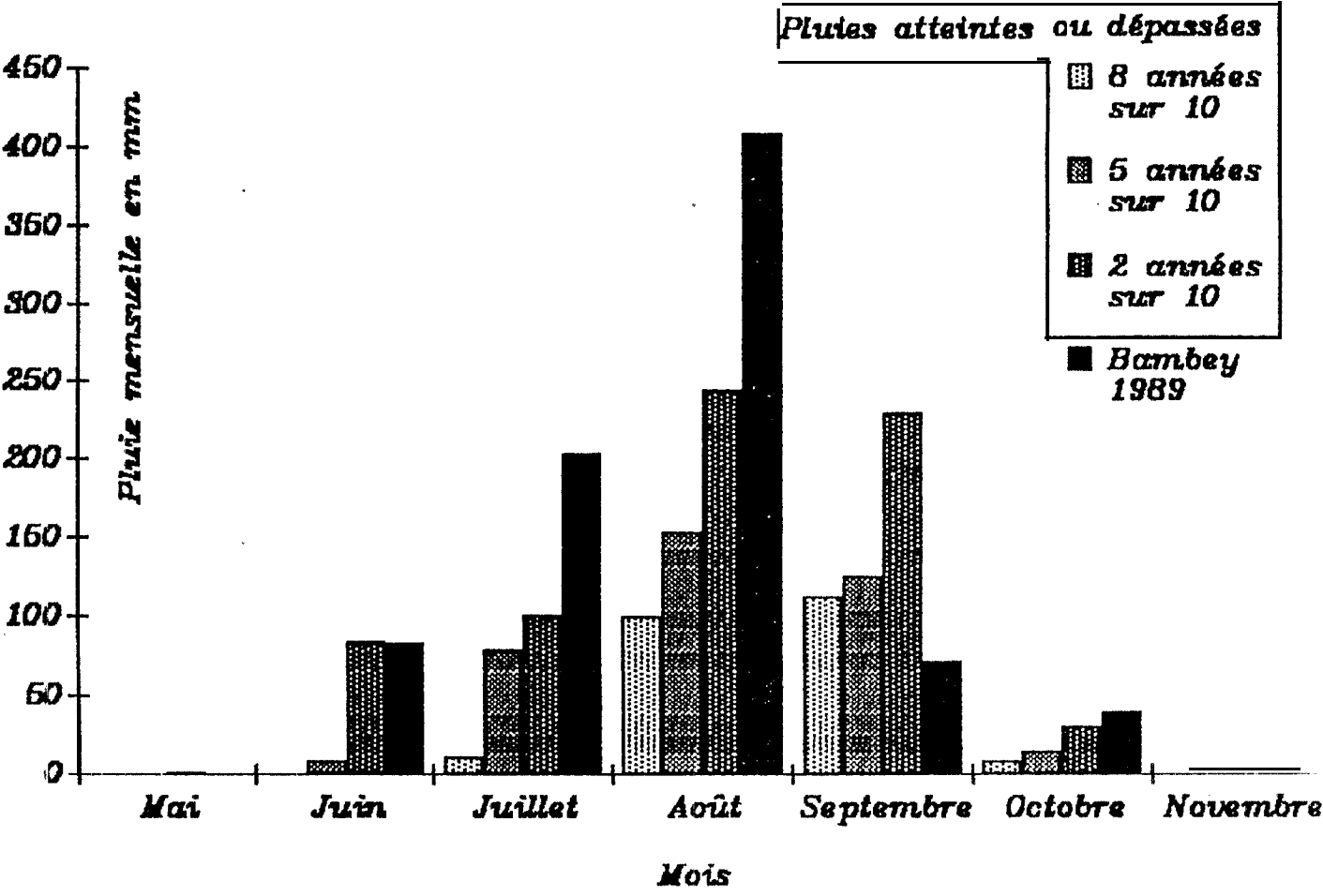
PRECIPITATIONS . MOYENNES . ANNUELLES





Carte des cycles satisfaits dans au moins 80 % des années

[*Parc météo. du CNRA de Bambeu*]



ANALYSE COMPARATIVE INTERANNUELLE DES PLUIES
DU 1 MAI AU 31 MAI

ATION : BAMBEY 13 ANNEES DE 1976 A 1988

PLUIES ATTEINTES OU DEPASSEES EN MM

MINIMUM	8 ANNEES/10	5 ANNEES/10	2 ANNEES/10	MAXIMUM
0.0	0.0	0.0	1.2	2.2

ENNE SUR LES 13 ANNEES = .4

ANALYSE COMPARATIVE INTERANNUELLE DES PLUIES
DU 1 JUIN AU 30 JUIN

ATION : BAMBEY 13 ANNEES DE 1976 A 1988

PLUIES ATTEINTES OU DEPASSEES EN MM

MINIMUM	8 ANNEES/10	5 ANNEES/10	2 ANNEES/10	MAXIMUM
0.0	0.2	9.1	83.7	120.3

ENNE SUR LES 13 ANNEES = 30.7

ANALYSE COMPARATIVE INTERANNUELLE DES PLUIES
DU 1 JUILLET AU 31 JUILLET

ATION : BAMBEY 13 ANNEES DE 1976 A 1988

PLUIES ATTEINTES OU DEPASSEES EN MM

MINIMUM	8 ANNEES/10	5 ANNEES/10	2 ANNEES/10	MAXIMUM
7.5	12.1	78.6	101.1	169.1

ENNE SUR LES 13 ANNEES = 69.2

ANALYSE COMPARATIVE INTERANNUELLE DES PLUIES
DU 1 AOUT AU 31 AOUT

ATION : BAMBEY 13 ANNEES DE 1976 A 1988

PLUIES ATTEINTES OU DEPASSEES EN MM

MINIMUM	8 ANNEES/10	5 ANNEES/10	2 ANNEES/10	MAXIMUM
55.0	100.2	153.7	244.2	140.1

ENNE SUR LES 13 ANNEES = 169.6

ANALYSE COMPARATIVE INTERANNUELLE DES PLUIES *****
DU 1 SEPTEMBR AU 30 SEPTEMBR *

STATION : BAMBEY 13 ANNEES DE 1976 A 1988 *

PLUIES ATTEINTES OU DEPASSEES EN MM *

MINIMUM : 8 ANNEES/10 : 5 ANNEES/10 : 2 ANNEES/10 : MAXIMUM *

74.5 : 112.2 : 125.6 : 229.4 : 330.4 *

MOYENNE SUR LES 13 ANNEES = 164.3 *

ANALYSE COMPARATIVE INTERANNUELLE DES PLUIES *

DU 1 OCTOBRE AU 31 OCTOBRE *

STATION : BAMBEY 13 ANNEES DE 1976 A 1988 *

PLUIES ATTEINTES OU DEPASSEES EN MM *

MINIMUM : 8 ANNEES/10 : 5 ANNEES/10 : 2 ANNEES/10 : MAXIMUM *

.0 : 9.4 : 14.9 : 30.3 : 46.3 *

MOYENNE SUR LES 13 ANNEES = 19.9 *

ANALYSE COMPARATIVE INTERANNUELLE DES PLUIES *

DU 1 NOVEMBRE AU 30 NOVEMBRE *

STATION : BAMBEY 13 ANNEES DE 1976 A 1988 *

PLUIES ATTEINTES OU DEPASSEES EN MM *

MINIMUM : 8 ANNEES/10 : 5 ANNEES/10 : 2 ANNEES/10 : MAXIMUM *

.0 : .0 : .0 : .2 : 25.1 *

MOYENNE SUR LES 13 ANNEES = 2.0 *

1.2. Caractérisation de la sécheresse

Stades critiques

Le problème le plus important rencontré par la recherche en physiologie végétale est celui de la définition du type de sécheresse, laquelle peut être extrêmement différente, ce qui conditionne les réponses du végétal. En effet, les réactions des plantes à une sécheresse caractérisée par une période courte de pluies, ou par une période plus longue avec des irrégularités de précipitations, sont bien distinctes. Aussi, l'approche de la recherche doit être différente et être concernée par la réponse au type de sécheresse en question (Viera da Silva).

Les contraintes climatiques des zones exposées à la sécheresse sont traduites par plusieurs paramètres :

- * La demande évaporative, exprimée par l'évapotranspiration potentielle ETP ou par l'évaporation d'eau libre en bac normalisé, est plus élevée pendant les années à faible pluviométrie (Dancette, 1976) d'où des besoins majorés d'autant.
- * Les totaux pluviométriques sont bien sûr réduits. Ainsi au Sénégal, le déficit moyen sur les 15 dernières années est compris entre 26 et 36 % par rapport à la moyenne antérieure à 1968.
- * Les dates de première pluie (utile pour semer) ou de dernière pluie appréciable sont très variables. Ainsi à Bambey, la première pluie de semis en humide est en moyenne le 6 Juillet entre 1940 et 1967 et le 10 Juillet entre 1968 et 1982. Il faut attendre le 21 Juillet pour avoir pu semer dans 80 % des années.
- * Les durées de saison des pluies : entre la première pluie permettant le semis et la fin de la période d'utilisation des réserves en eau du sol après la dernière pluie notable.
- * Les séquences sèches : peuvent survenir aussi bien en début, en milieu ou en fin de saison des pluies.

Stades Critiques

Pour l'arachide, la sécheresse a un effet dépressif sur la production du même ordre de grandeur lorsqu'elle intervient entre la levée et la floraison, au début de la floraison ou en fin de cycle. Elle est beaucoup plus grave lorsqu'elle se situe pendant la floraison utile. La phase végétative a une sensibilité limitée pour deux raisons :

- à ce stade la production n'étant pas en place ou en cours de mise en place, elle n'est pas directement menacée,
- les mécanismes qui interviennent sont très efficaces : réduction du développement végétatif, endurcissement...

Ce potentiel d'adaptation important tient au faible degré de différenciation qui caractérise ce stade de développement. Le stress hydrique est alors compensé par une récolte un peu plus tardive due à un allongement de la phase végétative.

Pour les raisons inverses, le stade reproducteur est particulièrement sensible, la phase critique étant au moment du pic de floraison utile et du remplissage des gousses, c'est-à-dire pendant la mise en place de la production. Cette phase correspond au pic de consommation d'eau durant le cycle.

Les phénomènes d'adaptation à la sécheresse ont toutefois un effet limité chez l'arachide en raison de son mode particulier de fructification, par rapport à d'autres plantes à floraison indéterminée chez lesquelles la fructification aérienne permet des récoltes échelonnées.

En ce qui concerne le maïs, la plante adapte la capacité de production tout au long du cycle. Si elle souffre,

- un mois et demi avant la floraison, les ramifications de la **panicule mâle** seront moins nombreuses,
- un mois avant, le **nombre** de rangs sur l'épi sera diminué,
- une semaine avant, la longueur de l'épi sera réduite,
- à la floraison, la plante détermine le nombre d'épis par pied,

- pendant les trois semaines qui suivent la floraison, les grains fécondés peuvent encore avorter,
- ensuite la plante régule par le poids de 1000 grains.

Moss et Downy (1971) ont montré qu'un stress hydrique au moment de la floraison mâle diminuait le rendement en perturbant la sporogénèse. La perte de production serait due en outre à une asynchronisation dans le développement des fleurs femelles et la formation du pollen (Herrero et Johnson, 1981). Westgate et Boye (1986) ont montré qu'un stress hydrique au moment de l'émergence des soies réduisait le rendement plus qu'aux périodes suivantes. Un stress pendant la floraison femelle peut causer un arrêt irréversible du développement des grains (Glaasen et Shaw, 1970) et entraîner un manque d'hydrates de carbone au niveau des embryons (Westgate et Boyer, 1986). Cependant le stress hydrique affecterait plus la photosynthèse que la translocation des hydrates de carbone lors de la formation des grains.

Le développement des grains, qui s'effectue grâce aux réserves des tissus foliaires et des tiges, se divise en trois phases.

La première est caractérisée par les divisions cellulaires de l'endosperme; la seconde est une période d'augmentation rapide du poids sec due à une conversion des sucres en amidon dans l'endosperme. Pendant cette phase, plus de 90 % de la matière sèche du grain est accumulée (Johnson et Tanner, 1972; Tollenaar, 1977). Durant la troisième phase, le taux d'accumulation diminue et se termine par la maturité physiologique. La croissance des grains est plus sensible à un déficit hydrique durant la période de division cellulaire de l'endosperme (Quattar, Jones, Grookston, 1980). La forte sensibilité pendant cette phase n'est pas une conséquence d'un manque de disponibilité d'hydrates de carbone pour le grain ou d'une faiblesse de la synthèse d'amidon mais elle serait due à une inhibition de la division cellulaire de l'endosperme.

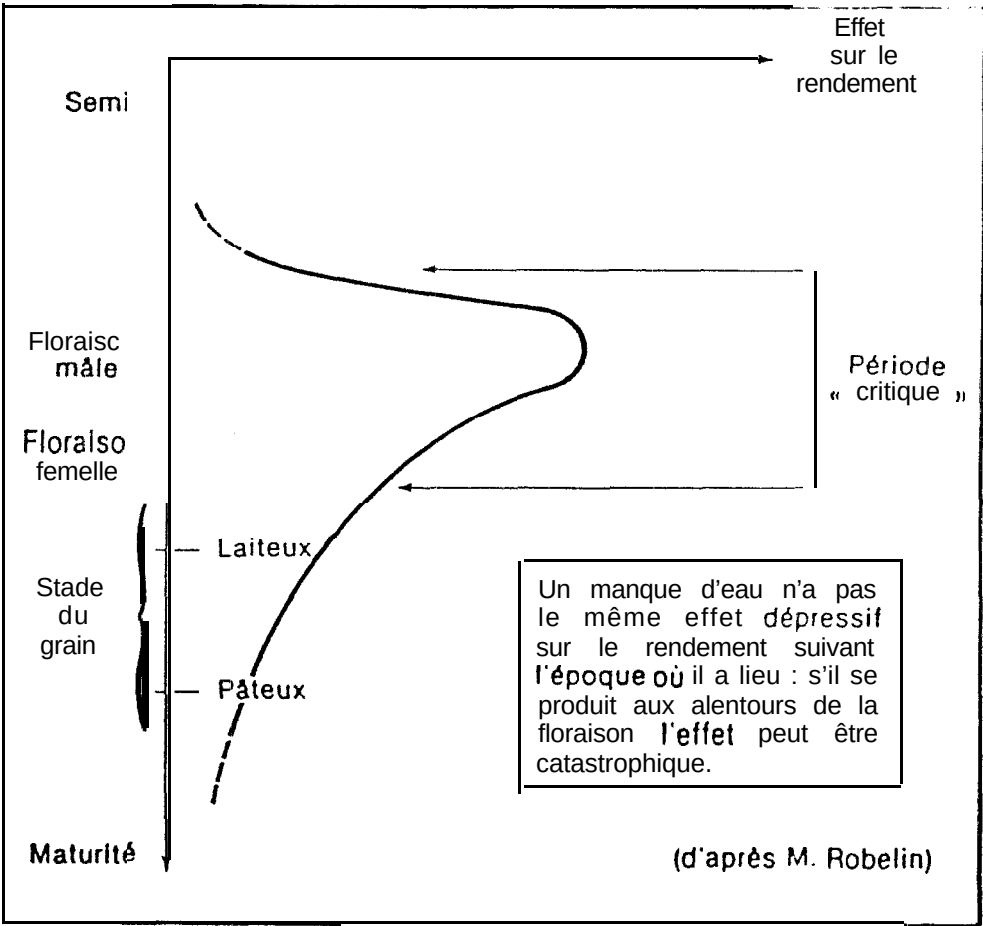
Avec un long stress hydrique débutant pendant cette période de forte sensibilité, le remplissage des grains s'arrête prématurément et provoque une diminution de 50 % du poids final des grains. Il a été observé que le maïs conservait un taux normal de croissance du grain en dépit d'un sévère stress hydrique pendant la phase de remplissage des grains. L'état hydrique des grains est indépendant de celui de la plante entière et particulièrement de celui des feuilles (Johnson et Geadelmann, 1989). La photosynthèse diminue à en juger par le potentiel hydrique foliaire, la résistance stomatique, la sénescence des feuilles et

le poids sec de la plante. La croissance des grains est cependant relativement peu affectée par le stress qui inhibe totalement la production photosynthétique.

Le développement des grains est maintenu par une remobilisation des réserves assimilables des parties aériennes. La principale source de nutriments est la tige signalée par la perte de poids sec et du contenu en sucres solubles.

Le maintien d'un haut pourcentage d'humidité de la tige en dépit d'une déshydratation foliaire importante faciliterait la migration des composés de la tige vers les grains.

Effets sur le rendement d'un déficit en eau à diverses phases de croissance



1.3. - Physiologie et génétique de l'adaptation à la sécheresse

1.3.1. Mécanismes de résistance à la sécheresse

Face à l'évolution des précipitations, les plantes ont développé des mécanismes d'adaptation à la sécheresse. Ceci apparaît comme le résultat de nombreuses caractéristiques anatomiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques constitutives ou **inductibles** qui interagissent pour permettre le maintien des processus de croissance et de développement dans des conditions climatiques défavorables (Ahmadi, 1982). La classification de ces phénomènes selon LEVITT (1981) décompose l'adaptation à la sécheresse en trois facteurs : l'esquive, l'évitement et la tolérance, les deux derniers constituant la résistance proprement dite.

Les mécanismes **d'esquive** tendent à permettre à la plante de ne pas subir les périodes de déficit hydrique, c'est-à-dire de pouvoir réaliser l'ensemble de son cycle, ou tout au moins les phases essentielles pour la production, pendant les périodes d'alimentation hydrique favorables.

Les mécanismes **d'évitement** tendent à diminuer la portée du stress en assurant principalement une bonne gestion de l'eau : économie et utilisation maximales de l'eau disponible.

Les mécanismes de **tolérance** tendent à permettre à la plante de supporter les effets directs et indirects des stress hydriques.

Le tableau suivant **présente** les (différents mécanismes d'adaptation à la sécheresse :

ESQUIVE	EVITEMENT	TOLERANCE
1 Développement phénologique rapide : précocité 2 Décalage de la phase sensible dans le cycle 3 Plasticité de développement	1 Limitation des pertes d'eau : a) Surface foliaire réduite ▪ constitutif ▪ inductible : taille feuilles sénescence foliaire b) Conductance stomatique faible c) Résistance cuticulaire importante d) Pubescence foliaire e) Limitation des radiations absorbées 2 Absorption de l'eau a) Développement racinaire b) Conductance racinaire ▪ diamètre des vaisseaux du xylème ▪ Nombre de vaisseaux du xylème	1 Germination à pression osmotique élevée 2 Tolérance à la dessica-tion et à la chaleur : a) membranes proto-plasmiques résistantes b) Résistance des protéines enzymati-ques (dont celles de la photosynthèse) 3 Maintien de la turges-cence a) Ajustement osmo-tique b) Elasticité des tissus 4 Maintien de la photosyn-thèse a) Quantité protéines/ unité de surface b) Barbes 5 Maintien de la Production a) Modification de la partition des assimilats b) Compensation des fac-teurs de production 6 Modification du méta-bolisme (Actions hormonales)

1.3.1.1. ▪ L'Arachide

Du fait de sa taille importante, la graine d'arachide demande une disponibilité en eau importante lors de la germination. L'arachide présente une variabilité génétique pour la capacité à germer à pression osmotique élevée (Gautreau, 1966), qui n'est pas uniquement déterminée par la taille de la graine, et en corrélation négative avec elle.

La germination à pression osmotique élevée provoque un endurcissement, c'est-à-dire une meilleure adaptation ultérieure à la sécheresse. Par contre, en conditions d'alimentation hydrique normale, cet endurcissement est défavorable pour la production.

Une période de déficit hydrique pendant le stade végétatif a pour conséquence de retarder le début de la phase reproductive. Elle induit un endurcissement favorable vis-à-vis de l'adaptation à la sécheresse, mais défavorable vis-à-vis du potentiel de production (Annerose, 1986). Durant la croissance de la plante, une sécheresse provoque une diminution de la taille de l'appareil végétatif : feuilles moins nombreuses, plus petites, entre-nœuds plus courts . . . Ce phénomène, bien qu'essentiel pour l'adaptation à la sécheresse puisqu'il diminue les surfaces transpirantes et les besoins en assimilats, n'est pas à proprement parler un phénomène adaptatif. Il est directement impliqué par le processus physiologique de la croissance et de la division cellulaire qui nécessite le maintien de la turgescence. Lorsque les sécheresses sont modérées et précoces dans le cycle, la réduction de la croissance végétative s'accompagne d'une augmentation du ratio :

$$\frac{\text{poids des gousses}}{\text{poids de l'appareil aérien}}$$

Ce mécanisme est un caractère adaptatif très important pour le maintien de la production.

En cas de sécheresse et de forte intensité radiative, les folioles se replient les unes contre les autres et se mettent parallèlement aux rayons incidents du soleil. Cette esquivé permet de réduire la quantité de radiations directes interceptées, donc de diminuer la température du feuillage. Ce caractère d'évitement de la

chaleur se maintient jusqu'à la sénescence de la plante qui a lieu durant la maturation des gousses.

Durant la floraison, une période de déficit hydrique provoque une baisse très rapide et importante du nombre de fleurs produites par jour. Sa relative indétermination permet à la floraison de reprendre de façon intensive lorsque le stress est levé.

Le retard enregistré se répercute sur la date de maturité bien que les gousses se forment et mûrissent plus rapidement. Cette capacité de "récupération" est un phénomène adaptatif important.

Durant la fructification, un déficit hydrique entraîne une diminution du nombre de gousses et de leur poids. Ceci est essentiellement dû à une mauvaise transformation des gynophores en gousses. En effet, la pression osmotique élevée, l'excès de compaction et de température d'un sol sec, gênent la croissance et la pénétration dans le sol des gynophores et le développement des gousses. Dans un même temps, la disponibilité en assimilats est réduite du fait de la baisse d'activité photosynthétique liée à la fermeture des stomates. La réduction des flux xylémiens dans la plante diminue l'assimilation et le transport du calcium vers les gousses, ce qui entraîne des défauts de développement de l'embryon pouvant aller jusqu'à l'avortement. La réduction du nombre de gousses s'accompagne d'une moindre qualité des graines. En effet, elles présentent un taux de germination et une vigueur à la levée inférieurs, ce qui grève la production de l'année suivante.

Certains auteurs ont trouvé une réponse de la photosynthèse aux stress hydriques et une relation entre : photosynthèse, résistance foliaire à la transpiration et pourcentage relatif en eau des feuilles, similaires pour l'arachide, le soja, le coton, la patate douce et le riz (Tsumo, 1975 ; Bhagsari et al., 1976). L'arachide et le soja semblent recouvrer plus rapidement que d'autres espèces l'intégrité du fonctionnement stomatique, ce qui constitue un caractère adaptatif important (Boote et al., 1981).

En ce qui concerne les mécanismes d'adaptation à la sécheresse du système racinaire, il est largement admis qu'un des facteurs de résistance des plantes est un enracinement

aussi développé que possible, de façon à prospecter un volume de sol important.

C'est l'évolution de la colonisation du sol par le système racinaire qui détermine le volume d'eau potentiellement disponible pour la culture au cours de sa croissance. Chopart (1984) a comparé les **systèmes** racinaires du mil, de l'arachide, du sorgho, du riz pluvial et du maïs. L'étude montre que l'arachide et le mil ont la plus grande vitesse de progression du front racinaire. En **dessous** de 60 cm, ce sont les seules espèces à avoir un poids de racines non négligeable. Chez ces deux espèces, le diamètre moyen diminue et l'indice de ramification augmente au cours du cycle végétatif.

La plupart des sols exondés de l'Afrique de l'Ouest sont relativement perméables ; ils ont des réserves hydriques généralement faibles. En cas d'apports en eau insuffisants ou irréguliers, il paraît d'abord important que le système racinaire puisse dépasser rapidement la couche du sol la plus soumise au dessèchement. Le pouvoir réel d'extraction de l'eau à différents niveaux dans le sol dépend étroitement de la colonisation du milieu par les racines. Celles-ci ne constituant pas un organe de réserve, il est préférable que la colonisation du sol ne se traduise pas par une masse de matière sèche trop importante qui pourrait concurrencer la production des organes aériens. Des racines de faible diamètre sont donc, à priori, plus intéressantes que des grosses racines. **Toutefois** le nombre et le diamètre des vaisseaux du xylème jouent un rôle important dans les capacités de transfert de l'eau des sites d'absorption vers les parties aériennes (Passioura, **1982**). Or il semble exister chez certaines espèces une liaison entre ces paramètres et le diamètre des racines (Mori, 1972). Les relations entre la résistance à la sécheresse et le diamètre des racines sont donc complexes.

La profondeur du système racinaire et son degré de colonisation du sol paraissent être des facteurs majeurs de résistance à la sécheresse (Chopart, 1960). L'arachide et le mil sont deux espèces qui répondent bien à ces critères. Ceci explique en partie leur bonne résistance à la sécheresse.

1.3.1.2. - L E M A I S

La comparaison de deux hybrides de maïs soumis à un stress hydrique à différents stades ontogéniques a mis en évidence les caractères physiologiques permettant à la plante une certaine résistance à la déshydratation (Ackerson, 1989). L'étude des relations potentiel de turgescence/potentiel hydrique foliaire, révèle que l'hybride résistant maintient une turgescence à des potentiels hydriques foliaires plus bas que l'hybride sensible, ceci au stade d'émergence des fleurs mâles. Aucune différence entre les hybrides n'est mise en évidence lorsque le stress est appliqué pendant la phase de remplissage des grains. Johnson et Brown (198-i) ont montré que le potentiel de turgescence était une méthode d'évaluation de la résistance à la sécheresse.

De plus, l'activité photosynthétique apparaît plus importante en condition de stress pour les variétés résistantes. Lorsque les plantes sont en condition défavorable, leur transpiration diminue, la résistance stomatique augmente. Ce qui a pour conséquence une diminution du potentiel hydrique foliaire. Ceci entraîne une diminution de l'activité photosynthétique et donc de la production. C'est pourquoi les variétés dites résistantes sont celles qui ont une sensibilité stomatique faible, c'est-à-dire qui maintient les stomates ouverts pour des potentiels hydriques foliaires faibles.

En effet, au fur et à mesure que se développe le stress hydrique, nous assistons à une chute du potentiel hydrique foliaire, chute qui traduit la déshydratation progressive au niveau de la plante. L'eau s'écoule dans le sens des potentiels décroissants ; ainsi plus le déficit hydrique est sévère et plus le potentiel est faible.

Toutefois la non fermeture des stomates ne suffit pas à caractériser une variété résistante au stress. Il est nécessaire d'obtenir un fonctionnement chloroplastique satisfaisant qui dépend pour une grande part de l'intégrité des membranes. C'est alors qu'intervient la résistance protoplasmique. En effet, la diminution relative de la transpiration en cas de stress empêche la régulation thermique et provoque une augmentation de température des tissus. Ceci peut entraîner la détérioration des membranes et en particulier de certaines enzymes perturbant

ainsi le fonctionnement chloroplastique et donc l'activité photosynthétique.

Ainsi les génotypes ayant une sensibilité stomatique faible et une résistance protoplasmique forte sont intéressants pour le maintien d'une photosynthèse active pendant la période de stress, avantage qui peut être déterminant s'il est parallèlement associé à une forte capacité d'absorption de l'eau par les racines. Quant aux génotypes présentant une forte sensibilité stomatique, assurant ainsi la survie de la plante, leur intérêt se trouve limité en raison de la réduction de la productivité.

Les génotypes les plus performants sont donc ceux qui combinent le maximum de caractères favorables. La résistance à la sécheresse semble pourtant très liée à la capacité du maintien de l'ouverture stomatique pour des potentiels hydriques foliaires bas. Cette caractéristique a malgré tout des limites compte tenu de l'incapacité des génotypes du maïs à compenser les pertes d'eau par transpiration par une meilleure absorption racinaire contrairement au blé (Séropian et Planchon 1984) et au soja (Vignes et al., 1985).

1.3.2. ■ Intérêts de l'étude physiologique

Jusqu'à ces dernières années, la sélection pour l'adaptation à la sécheresse s'effectuait de façon indirecte, c'est-à-dire en mesurant l'influence du degré d'adaptation des variétés sur la productivité en condition de sécheresse. Cette méthode qui s'apparente à la sélection naturelle a l'inconvénient d'éliminer des variétés possédant un caractère physiologique favorable à l'adaptation à la sécheresse mais dont l'expression s'avère médiocre en cas de stress hydrique.

L'étude physiologique permet ainsi à l'amélioration génétique de dépasser le niveau qu'elle a atteint par sélection indirecte. Elle offre de nouvelles possibilités basées sur une sélection portant directement sur les caractères physiologiques d'adaptation à la sécheresse, à présent mieux connus.

1.4. ■ Tests Physiologiques utilisés

1.4.1. ■ Transpiration sur feuilles détachées

Cette technique consiste à suivre l'évolution de la contenance relative en eau de feuilles d'arachide **détachées** au cours de leur déshydratation. Après 10 heures en condition de stress, les feuilles sont mises à réhydrater afin d'observer les facultés de récupération des différentes variétés étudiées.

Les feuilles sont pesées après une nuit passée dans l'eau distillée. On les considère alors au niveau maximum de rétention en eau. La première pesée correspond donc au poids à saturation en eau. La contenance relative en eau (C R E) ou Relative Water Content (RWC) des tissus est égale à :

$$\text{C R E} = \frac{\text{Poids frais au temps } t - \text{Poids sec}}{\text{Poids à saturation} - \text{Poids sec}} \times 100$$

en %

RWC -2 h = chute de la CRE en 2 heures

% ES = % d'eau à la saturation en eau

Trans.Sto = transpiration stomatique (mg/mn/dm²)

Trans.Cut = transpiration cuticulaire (mg/mn/dm²)

L'évolution de la CRE est suivie une heure, deux heures puis 10 heures après la mise à l'air ambiant des feuilles. Après une chute initiale linéaire rapide, qui correspond à la transpiration stomatique et à la transpiration cuticulaire, la baisse de la CRE ralentit rapidement lors de la fermeture des stomates.

L'intersection des deux tangentes aux deux parties de la courbe donne le P F S : point moyen de fermeture des stomates. Après ce point la courbe redevient linéaire avec une pente plus faible que la première partie. Les pertes en eau sont alors essentiellement limitées à la transpiration cuticulaire.

La contenance relative en eau au point de fermeture des stomates varie selon l'intensité de la transpiration. Cette méthode qui permet d'observer les comportements variétaux de transpiration et de réhydratation est un moyen de tester les individus en condition de stress hydrique.

1.4.2. - Croissance Racinaire

Comme nous l'avons vu lors des mécanismes de résistance à la sécheresse (paragraphe 1.3.1), la profondeur du système racinaire et son degré de colonisation du sol sont des caractères essentiels pour une plante en situation de déficit hydrique. Il ne faut toutefois pas perdre de vue qu'il existe des corrélations étroites entre la croissance et le développement du système racinaire d'une plante et ceux du système aérien; ces corrélations étant dues à l'existence de régulations à la fois nutritionnelles et hormonales.

Les caractères mettant en évidence les performances de la croissance racinaire sont la profondeur de l'enracinement et la repartition des racines dans le profil. Les paramètres utilisés permettent d'observer des différences significatives entre les variétés selon leurs capacités de résistance à la sécheresse.

1.4.3. - Résistance protoplasmique

Lorsque le déficit hydrique de la plante atteint un certain seuil, les stomates se ferment, limitant la transpiration, donc les pertes d'eau. La réduction de l'échange de vapeur d'eau avec l'extérieur empêche le mécanisme de thermorégulation des tissus foliaires. L'échauffement provoque la dénaturation des protéines, notamment enzymatiques, et la rupture des membranes. Ceci entraîne une libération d'enzymes lytiques et une perturbation dans le maintien des différences de potentiel transmembranaire qui conditionnent de nombreux processus métaboliques. Cette décompartmentation cellulaire est également provoquée par le choc osmotique lors de la baisse du potentiel hydrique foliaire.

La composition chimique des membranes protoplasmiques, notamment le niveau d'insaturation des acides gras qui la composent, peut leur permettre de résister aux chocs thermiques et osmotiques. En effet, la stabilité des membranes cellulaires dépend de leur composition en acides gras. Plus ceux-ci sont saturés plus leur édifice est stable et la membrane capable de supporter des stress d'intensité élevée.

De plus, un stress précoce provoque l'inhibition d'une enzyme de la chaîne de biosynthèse :

AG saturé ----- > AG mono-insaturé ----- > AG poly-insaturé
Ceci entraîne le blocage de la biosynthèse et donne ainsi naissance à des acides gras davantage saturés, donc à un édifice

membranaire plus stable. On assiste à un phénomène d'endurcissement.

1.4.4. - Porométrie

Les mesures effectuées au poromètre et utilisées dans l'étude des variétés de maïs sont les suivantes :

- Résistance à la diffusion
- Transpiration
- Température foliaire

Le système racinaire assure à la plante son approvisionnement en eau alors que le contrôle de la transpiration permet de gérer cette eau et d'adapter sa consommation hydrique. Surface foliaire et régulation stomatique sont les caractères les plus importants responsables de la différence de comportement des variétés vis-à-vis de la transpiration. Pour déterminer cette variabilité, il est donc nécessaire de quantifier la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau et du CO_2 des stomates. En effet, le degré d'ouverture des stomates est un indicateur de stress hydrique ; la lumière et l'eau étant les deux facteurs prédominants affectant cette ouverture.

Toutefois, il faut noter que la relation entre la résistance stomatique et l'état hydrique foliaire n'est pas linéaire et peut être complexe.

En effet, l'activité photosynthétique et donc les besoins de la plante en hydrates de carbone influe aussi sur l'ouverture des stomates. Ce phénomène interfère alors dans la relation entre résistance stomatique et état hydrique de la plante.

1.4.5. - Potentiel hydrique foliaire

Le système racinaire assure l'essentiel de la couverture des besoins en eau. Il en résulte d'importantes variations du contenu en eau des plantes selon qu'elle est largement disponible quand le sol est saturé ou à la capacité au champ, ou plus **difficile** à extraire lorsque le sol se dessèche. Aussi, afin de comprendre le comportement des plantes face à la carence hydrique, la connaissance des paramètres hydriques est-elle indispensable. L'objectif est de déterminer l'état d'hydratation de la plante. Le potentiel hydrique foliaire permet de

prévoir le sens des échanges d'eau entre le sol et la plante et entre les différentes parties de la plante.

Le potentiel hydrique du système sol-plante-atmosphère ou d'une partie du système est équivalent au potentiel chimique de l'eau en prenant pour référence l'eau pure.

Il correspond à l'énergie à fournir pour extraire l'eau du système rapportée au volume. Ceci est donc équivalent à une pression exprimée en bars.

Le potentiel hydrique est la somme algébrique des potentiels osmotique et de turgescence :

$$\Psi_h = \Psi_o + \Psi_t \text{ avec } \Psi_h \text{ et } \Psi_o \text{ négatifs et } \Psi_t > 0$$

L'eau se déplace du compartiment extracellulaire vers le compartiment intracellulaire qui possède un potentiel osmotique inférieur. Lorsque l'eau pénètre dans la vacuole, le potentiel osmotique augmente sous l'effet de la dilution des solutés. La pression exercée sur la paroi augmente progressivement. Cette dernière se tend, exerçant une "contre-pression" qui s'oppose à l'entrée de l'eau dans le système. Lorsqu'elle atteint la valeur de la pression osmotique (au signe près) selon la relation $\Psi_h = \Psi_o + \Psi_t$, Ψ_h s'annule et le bilan de l'influx et de l'efflux de l'eau à travers la paroi s'annule également. La turgescence est alors maximale.

Il est actuellement largement admis que les variations du potentiel de turgescence sont responsables du déclenchement des modifications métaboliques sous l'effet de la contrainte hydrique (Pierce et Raschke, 1980).

L'augmentation régulière et modérée de la sécheresse édaphique pendant la croissance permet aux plantes de procéder à un ajustement osmotique qui se traduit par une accumulation nette de solutés dans les cellules ; celle-ci entraîne le maintien d'un potentiel de turgescence positif pour des potentiels hydriques foliaires inférieurs à ceux observés en l'absence de contrainte. L'ampleur de cet ajustement est caractéristique des variétés mieux adaptées à la **sécheresse**. Il se traduit par un abaissement du potentiel hydrique seuil entraînant la fermeture des stomates (Louguet, 1984).

1.5. ■ Méthodes de sélection

1.5.1. ■ Méthodes possibles

L'amélioration génétique ne peut jouer au mieux son rôle, donc être efficace, que dans la mesure où elle peut être intégrée aux autres méthodes de lutte (techniques culturales, amélioration et gestion des terroirs, irrigation, systèmes agraires) en un ensemble cohérent. Son avantage fondamental est de faire porter l'essentiel de l'effort de changement non pas sur l'agriculteur mais sur les organismes de recherche et semenciers. En effet, dans la mesure où la sélection a été menée de manière à ne provoquer que peu ou pas de modification des habitudes et de surcoûts techniques et financiers, la vulgarisation d'une nouvelle variété présentant une plus-value se fait aisément auprès des agriculteurs.

L'une des questions préalables à l'élaboration d'un programme d'amélioration est la forme de sécheresse à laquelle on a affaire. En effet, en fonction du type de sécheresse, les caractères physiologiques favorables diffèrent. L'idéotype à rechercher n'est donc pas le même. Par exemple, la capacité à constituer des réserves en amidon sera inutile dans le cas de petites précipitations régulières, alors qu'elle permettra aux plantes de survivre durant les périodes de stress hydrique séparant des pluies importantes. De même, pour un caractère adaptatif donné, l'expression favorable pourra être différente. Un système racinaire très profond sera avantageux pour aller puiser les réserves en eau du sol dans le cas de pluies importantes espacées, alors qu'un système superficiel très dense et bien développé latéralement sera adapté à de petites pluies régulières.

L'adaptation doit pour être efficace porter sur un certain nombre de caractères complémentaires parmi les mécanismes adaptatifs. Une fois définis, l'une des difficultés majeures est de fixer le niveau optimal de chacun des caractères afin d'obtenir une réponse la mieux balancée possible, compatible avec un comportement agronomique correct. Il importe d'autre part de déterminer si les caractères choisis disposent d'une variabilité génétique suffisante au niveau de l'espèce, indispensable à la sélection.

Au niveau génétique, deux informations sont déterminantes : l'existence de corrélations entre caractères et l'hérédité de ceux assurant l'adaptation à la sécheresse. L'existence et la nature des relations éventuelles liant les caractères d'adaptation et entre ceux-ci et certains caractères agronomiques vont conditionner la conduite du programme d'amélioration. Ces dépendances, mesurées par l'étude de corrélations vont soit faciliter la sélection lorsqu'elles sont positives, soit la compliquer lorsqu'elles sont négatives. Dans ce cas on déterminera si cette dépendance est d'ordre génétique ou physiologique.

Dans le premier cas, on peut espérer rompre la liaison par recombinaison génétique. Dans le deuxième cas, la rupture est impossible. Le seul recours devient la recherche du meilleur équilibre possible entre les facteurs de l'antagonisme. C'est le cas dans l'opposition entre la limitation de la transpiration par fermeture des stomates et la baisse de l'activité photosynthétique (Cowan, 1977).

L'utilisation des tests physiologiques de criblage dans l'amélioration génétique peut prendre deux voies. Dans les deux, ils serviront tout d'abord à choisir les géniteurs de départ pour un certain nombre de caractères adaptatifs jugés fondamentaux. Ensuite, deux options sont possibles. Dans la première, l'amélioration est conduite par sélection indirecte en condition de stress hydrique (c'est-à-dire en mesurant l'influence du degré d'adaptation sur la productivité) et les lignées stabilisées obtenues sont criblées à l'aide des tests physiologiques. Cette démarche s'impose lorsque les tests sont trop "lourds" pour pouvoir être appliqués à grande échelle ou lorsqu'ils ne sont pas assez **sélectifs** pour pouvoir juger un génotype sur un seul exemplaire comme c'est le cas en début de ségrégation où chaque individu est génotypiquement unique. De plus, l'inconvénient majeur de cette première voie est de faire intervenir les tests physiologiques lorsque tout est déjà génétiquement joué. Ils ne participent pas au "façonnement" des génotypes.

Dans la deuxième option, la sélection est menée à l'aide de tests physiologiques. Son avantage est de maintenir la pression de sélection sur chacun des caractères tout au long du programme de sélection. Les méthodes de sélection applicables à cette deuxième voie sont ainsi beaucoup plus potentielles pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse.

Les méthodes classiques de création variétale (généalogique, Bulk, SSD . . .) chez les espèces autogames et allogames ont une portée limitée sur un caractère aussi polygénique que l'adaptation à la sécheresse. Elles présentent en effet deux inconvénients majeurs : elles font intervenir un nombre limité de géniteurs, le plus souvent deux, rarement plus de trois, ce qui limite le nombre de gènes favorables disponibles, et le nombre de recombinaisons efficaces puisque l'on tend rapidement vers l'homozygotie. Ceci limite les chances de réunir dans un même génotype les gènes favorables en une bonne balance interne. Ces méthodes sont alors réservées au cas où un très petit nombre de caractères ont été définis comme déterminants pour l'adaptation à la sécheresse.

La sélection récurrente (Gallais, 1981) consiste à partir d'une population de départ à variabilité génétique large. Une succession de cycles de sélection comprend pour chacun une phase de choix des meilleurs individus et une phase de brassage génétique où ils sont intercroisés. La sélection récurrente comprend trois avantages majeurs :

- elle assure un progrès constant et prolongé en évitant les pertes de variabilité intéressante,
- elle augmente la fréquence des gènes favorables dans la population,
- elle multiplie les recombinaisons, ce qui augmente la probabilité de réunir ces gènes dans le même génotype.

Lorsque le niveau atteint est jugé suffisant, chaque population est le point de départ d'une méthode classique de création variétale (sélection généalogique). La sélection récurrente est une voie d'amélioration exigeante en temps et en moyens mais souple d'utilisation. Elle permet notamment de concilier l'amélioration à long et à moyen terme, d'être entretenue par des apports contrôlés de variabilité génétique nouvelle et enfin d'être "gelée" momentanément si la priorité est mise sur l'extraction de variétés à partir de la population améliorée.

La création de la population de départ à base génétique large est déterminante pour la réussite du programme.

Les géniteurs retenus servent de parents initiaux à un schéma de croisements en pyramide. L'avantage de celui-ci par rapport à des croisements au hasard est de multiplier le nombre de recombinaisons efficaces et de créer une population constituée d'individus aux génotypes équilibrés entre les différents parents de départ.

L'inconvénient majeur d'un programme d'amélioration variétale basé sur la sélection récurrente est l'obtention du progrès maximum à long terme. Mais cette contrainte s'impose **d'elle-même** lorsque l'objectif est l'amélioration d'un caractère faisant intervenir de façon aussi globale et intégrée la physiologie de la plante.

1.5.2. - Cas de la sélection récurrente sur arachide

La population de départ de la sélection récurrente (P_0) a été obtenue par intercroisements des génotypes à l'aide d'un schéma de croisement en pyramide réalisé manuellement :

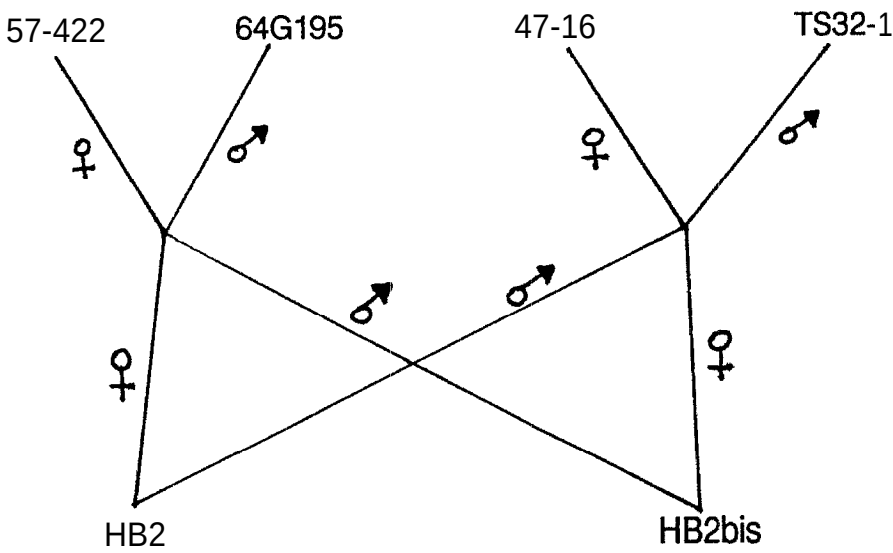
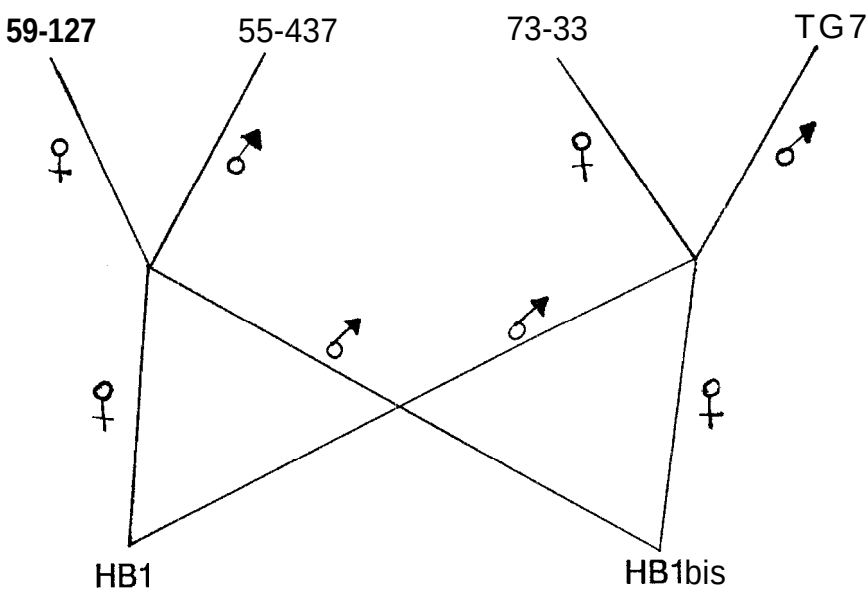


Schéma d'obtention des Hybrides doubles

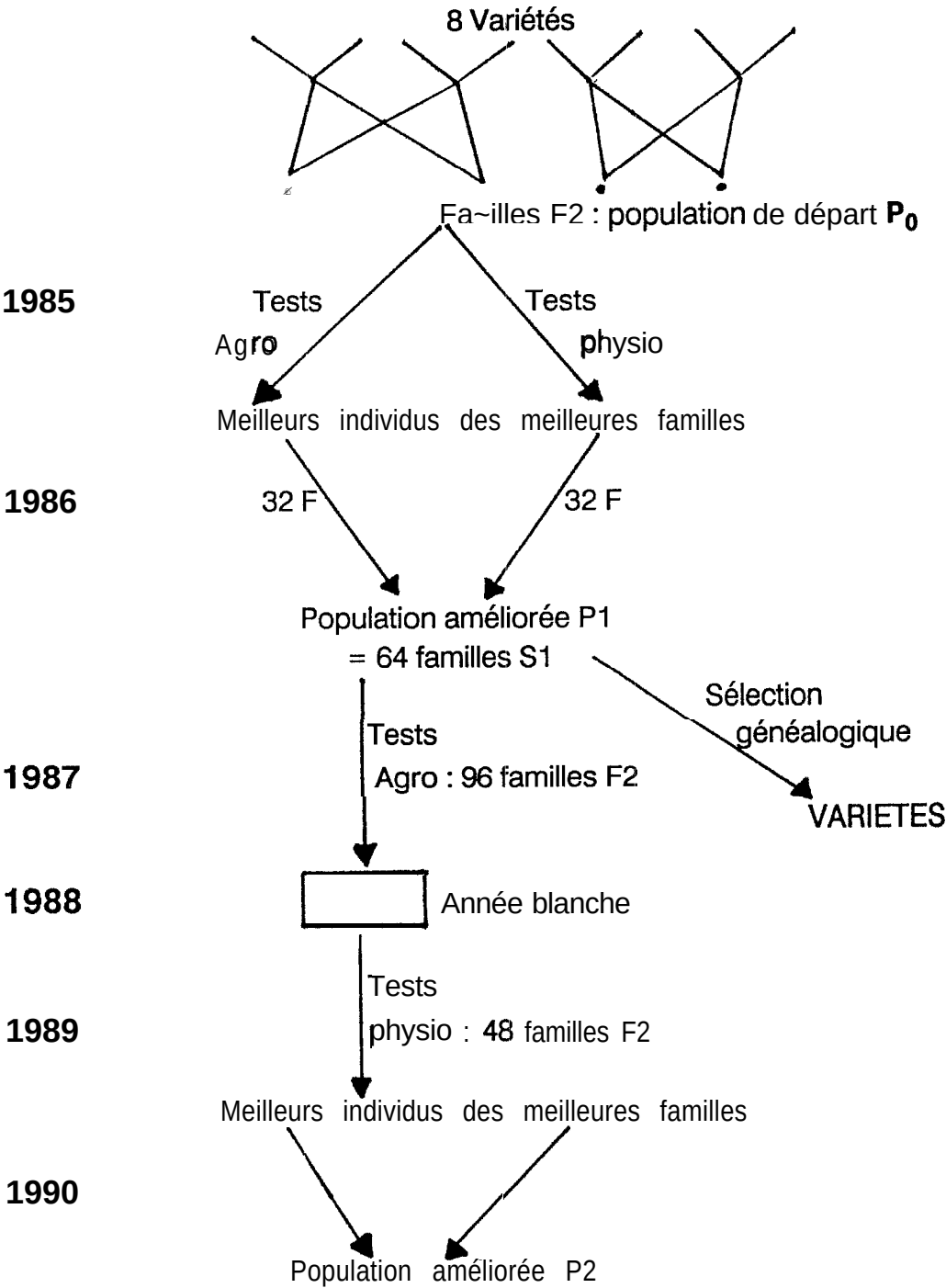
A partir des F1, les croisements ont été réalisés dans les deux sens afin de conserver les quatre cytoplasmes des variétés tardives (59-127 ; 73-33 ; 57-422 ; 47-16). Elles sont potentiellement plus productives que les variétés hâtives. En effet, une nette intervention de l'hérédité cytoplasmique a été démontrée pour les paramètres de production (Garet, 1976). D'autre part, la résistance protoplasmique semble en partie déterminée par une hérédité cytoplasmique (Khalifaoui, 1988). La diversité cytoplasmique apparaît donc favorable à l'amélioration de ce caractère.

En 1986, les meilleurs individus des meilleures familles Si, sélectionnés à partir des tests physiologiques et de productivité de la population initiale P_0 , ont été intercroisés afin de créer la première population améliorée P1.

Celle-ci constituée de familles F2 aurait dû être testée en plein champ en 1988 pour le comportement physiologique. Cela n'a pu se faire pour des raisons climatiques. Les tests ont été reportés pour 1989. Les meilleurs individus des meilleures familles issus des tests physiologiques seront intercroisés en 1990 avec les descendances des individus des meilleures familles issus de l'essai agronomique (les conditions de sécheresse sont différentes pour les deux types d'essai).

Le produit de ces croisements constitue la population améliorée P2 qui sera à son tour testée en 1991.

Schéma Récapitulatif de la sélection
récurrente sur arachide
(C.N.R.A Bambey)



2 - L' ARACHIDE

2.1. - Présentation de la plante

2.1 .1. - Botanique

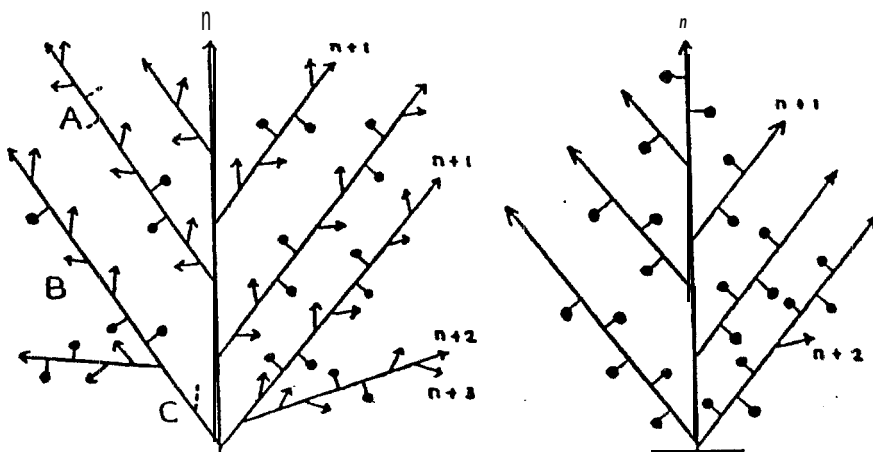
L'arachide appartient au sous-embranchement des angiospermes, à la classe des dicotylédones, à la famille des légumineuses, à la (sous)-famille des papilionacées. L'espèce cultivée est **Arachis hypogea** L.

2.1 .1.1. - L'appareil aérien

Les arachides cultivées sont Érigées ou rampantes. La tige principale d'ordre n , née du bourgeon terminal de l'épicotyle est toujours érigée ; les ramifications suivantes d'ordre $n + 1$, $n + 2 \dots$ sont ascendantes, dans les formes érigées, ou courent sur le sol sur une partie au moins de leur longueur chez les formes rampantes.

Les arachides cultivées forment deux groupes :

- à ramifications séquentielles
- à ramifications alternées



A gauche : ramifications alternées; à droite : ramifications séquentielles. Le trait horizontal à la base de chaque diagramme représente la place des cotylédons de manière à faire apparaître la position relative, qui a été exagérée, des rameaux cotylédonaux. Les flèches représentent les axes végétatifs, les ronds les axes reproducteurs. Les feuilles à l'aisselle desquelles se développent ces rameaux n'ont pas été représentées.

A : exemple de rameaux reproducteurs ~~de~~ vorlk. -- B : exemple de remplacement de l'alternance 2,2 par l'alternance 3,1. — C : exemple de rameaux végétatifs basal avorté.

Schémas des formes alterne et séquentielle
de l'arachide

Dans le type séquentiel, les inflorescences apparaissent à plusieurs noeuds successifs des ramifications, et en général les rameaux végétatifs ne se forment plus lorsque les rameaux reproducteurs apparaissent .

Ainsi les arachides de ce type qui ont toujours un port érigé présentent un axe central, quatre à six ramifications d'ordre $n + 1$, rarement plus et très peu de rameaux d'ordre supérieur.

Dans le type alterné, les ramifications d'ordre $n + 1$ sont également au nombre de 4 à 6, parfois davantage ; elles donnent successivement deux rameaux végétatifs et deux rameaux reproducteurs ; les ramifications suivantes atteignent un ordre élevé et reproduisent toutes la même alternance. Les arachides de ce type peuvent être rampantes ou érigées ; dans ce dernier cas, une ramification plus abondante que celle du type séquentiel leur donne une allure buissonnante.

* Les feuilles

Elles sont normalement pennées avec deux paires de folioles portées sur un pétiole de 4 à 9 cm de long environ. Les pétioles sont enserrés à leur base par deux stipules.

Les folioles sont subsessiles opposées. Elles comportent des stomates sur leurs deux faces et un mésophylle spongieux qui se présente comme un tissu susceptible de stocker l'eau.

* Inflorescences

Elles se présentent comme des épis de 3 à 5 fleurs.

* Fleurs

Elles sont de type papilionacées, jaunes et sessiles. Le calice est composé de 5 sépales soudés à leur base en un tube calicinal pubescent.

Quatre sépales demeurent soudés presque jusqu'à leur extrémité pour former une lèvre supérieure derrière l'étendard, le cinquième forme un éperon.

Les étamines sont au nombre de dix. Deux d'entre elles sont réduites à l'état de filament.

Le pistil comprend un carpelle simple sessile de 0,5 à 1,5 mm de long surmonté d'un très long style terminé par un stigmate enmassue.

*** Graines**

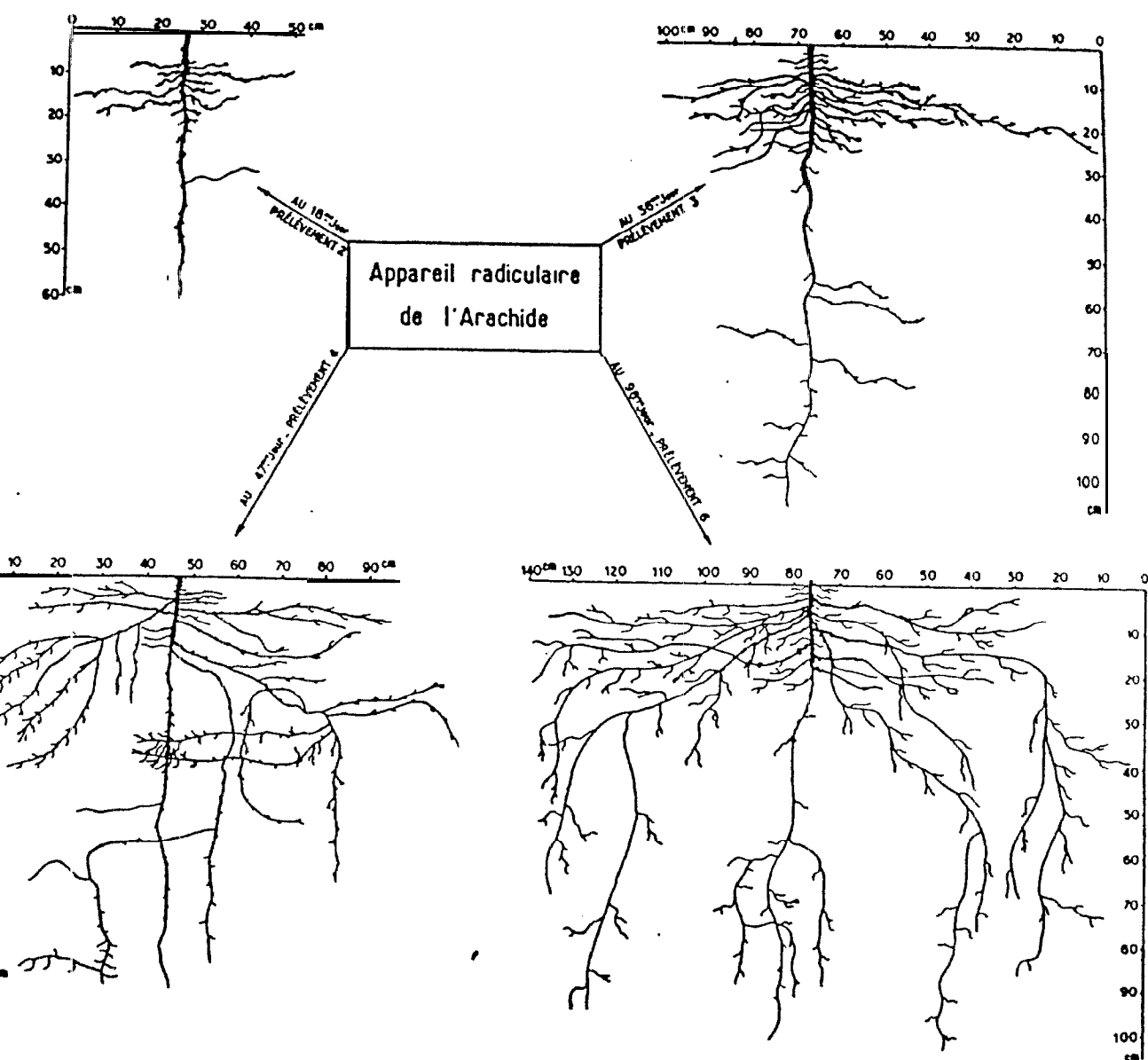
Les graines sont formées d'un tégument séminal mince, d'un embryon composé de deux cotylédons et d'un axe droit.

Elles sont de dimension, forme et couleur différentes selon les variétés. La proportion des graines par rapport à la gousse entière varie de 68 à 80 %.

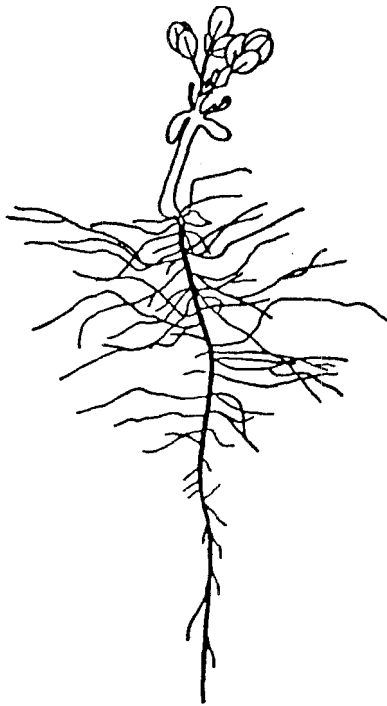
2.1.1.2. - L'Appareil racinaire

Le système racinaire est formé d'un pivot central qui peut s'enfoncer à plus de 1,30 m et de racines latérales qui constituent un chevelu dense. L'hypocotyle et, à un moindre degré, les ramifications aériennes au contact du sol, donnent naissance à des racines adventives.

Les racines portent des nodules provenant de l'association symbiotique de la plante et de bactéries (rhizobium) fixatrices d'azote. Ces nodules apparaissent environ 15 jours après la levée. Sur la plante développée, ils se rencontrent sur le pivot ainsi que sur les racines primaires et secondaires, essentiellement dans les 15 premiers centimètres du sol.



**Schémas de l'appareil racinaire de l'arachide
aux 18^e, 36^e, 47^e et 98^e jours après semis**



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

2.1.2. - Croissance et développement

2.1.2.1. - Floraison et fécondation

Le rythme de croissance de l'**arachide** présente deux points intéressants où les courbes changent de pente : un premier point correspond à l'apparition des fleurs, un second se situe au moment où les plantes ont de nombreux gynophores. Jusqu'à l'apparition des fleurs, la plante a un développement végétatif restreint.

Selon les types d'arachide, le nombre de fleurs émises passe par un maximum entre le 40^e et le 60^e jour après semis et décroît régulièrement. La quantité de fleurs est variable selon les groupes :

Spanish : 600 à 700 fleurs

Virginia : jusqu'à 1 000 fleurs

Les fleurs apparaissent l'après-midi vers 16 heures ; le bouton grossit pour atteindre sa taille normale vers 21 heures en même temps que s'allonge le tube calicinal. La fécondation a lieu avant l'épanouissement de la fleur, à partir de 4 heures du matin. La fleur épanouie dans la nuit se fane et reste souvent adhérente à l'extrémité de l'ovaire durant la phase d'élongation du gynophore. L'arachide est une plante presque strictement autogame ; ce comportement est dû à la fécondation nocturne et à la non-ouverture des fleurs avant fécondation. Le taux d'allogamie n'est cependant pas nul. Il varie de 0,2 à 6,6 %. Il est toujours plus élevé pour les variétés des groupes Spanish et Valencia que pour Virginia. Ce sont en général les fleurs formées pendant les deux ou trois premières semaines de floraison qui ont le meilleur coefficient d'utilisation. Les fleurs écloses en fin de cycle n'ont pas le temps de donner des fruits mûrs avant la récolte. En grande culture, le coefficient d'utilisation des fleurs est relativement faible. Il faut en moyenne 5 à 10 fleurs pour donner une gousse.

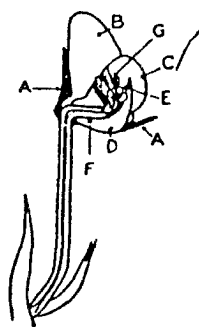
Le développement des fruits entraîne un ralentissement du rythme de floraison. Après la fécondation, la base de l'ovaire s'allonge pour donner naissance à un gynophore, à l'extrémité duquel se développe, après sa pénétration dans le sol, la gousse, constituée d'une coque et de une à quatre graines.

2.1.2.2. - Germination

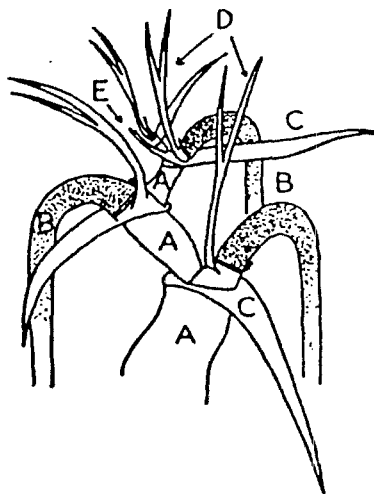
La conservation de la faculté germinative des graines exige que leur taux d'humidité soit inférieur à 8 % dans le cas d'un stockage. Pour que la graine puisse germer, il faut donc lui apporter une quantité d'eau importante ; le taux d'imbibition des graines mises en place dans un sol humide, la graine gonfle et la radicule apparaît très vite (24 à 48 heures). Après 4 jours on distingue la présence d'un axe hypocotylé, à l'aspect d'une tige lisse et blanche. La racine est plus mate et plus fine et ne possède pas d'épiderme et par conséquent pas de poils absorbants.

Le développement de nombreuses racines latérales sur la racine principale permet à la plantule de bien s'ancrer dans le sol. La croissance de l'hypocotyle a pour effet de pousser la graine en direction de la surface du sol. Arrivés à ce niveau les cotylédons s'ouvrent et laissent sortir la tige principale puis les deux rameaux cotylédonnaires.

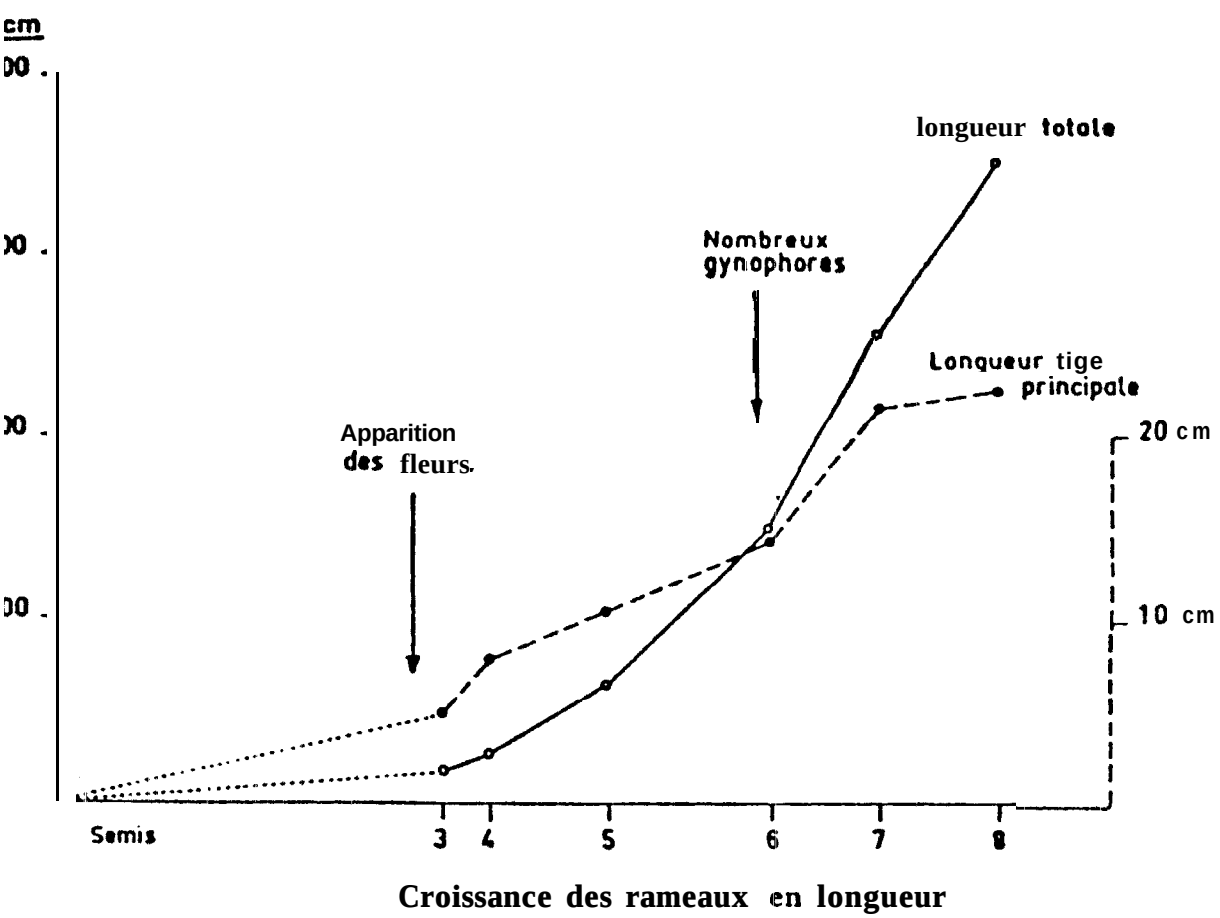
Pour rompre la **dormance** des graines, elles sont extraites des gousses et exposées à une température de 40° C pendant 14 jours. Après rupture de la **dormance**, les graines peuvent germer durant une assez longue période qui dépend essentiellement des conditions de conservation.



Fleur d'arachide
coupée longitudinalement
A : calice. — B : étendard. — C : aile.
D : carène. — E : anthères. — F : colonne
staminale. — G : stigmate..



A : axe de l'inflorescence.
— B : gynophores. — C :
bractées situées à la base
de chaque branche florale.
— D : bractées bifides
situées à la base de cha-
que fleur. — E : bourgeon
terminal de l'inflorescence.



SYSTEMES DE REPRODUCTION DES PRINCIPALES ESPECES CULTIVEES

AUTOGAMES		ALLOGAMES	
<u>Arbres fruitiers</u>	Abricotier citronnier pêcher	<u>Arbres fruitiers</u>	Avocatier bananier (i) cerisier (i) palmier (dattier, (i)) poirier (i) pommier (i) prunier (c) olivier (d) vigne (d)
<u>Graminées</u>	Céréales : Avoine blé orge riz sorgho *	<u>Crucifères</u>	Choux (i) moutarde (i) navette (i) radis (i)
<u>Légumineuses</u>	à graines : Arachide Pois d'Angole Haricot Haricot d'Espagne Lentille Lupin Pois Soja Vesce Vigna	<u>Graminées</u>	Céréales : Maïs (m) seigle (i) Fourrage : Dactyle (c) fétuque élevée (c) fétuque des prés (c) fléole (c) ray grass (c)
Fourrage :	Coronille Trèfle souterrain	<u>Légumineuses fourragères</u>	Luzerne (c) trèfle blanc (i) trèfle violet (i)
<u>Solanacées</u>	Aubergine Poivron Tomate	<u>Autres espèces</u>	Ananas artichaut asperge (d) betterave (i) carotte céleri (d) chanvre (i) chicorée (i) chrysanthème (m) citronnelle ** (m) concombre (d) épinard fraisier (d) houblon manioc (m) melon
<u>Autres espèces</u>	Caféier (Arabica) carthame colza *, coton laitue lin		oignon patate douce (d) peuplier pomme de terre poireau rutabaga salsifis théier topinambour tournesol

(m) plantes monoïques

(d) plantes dioïques

* tendance autogame

(i) auto-incompatibilité plus ou moins forte

(c) compétition pollinique

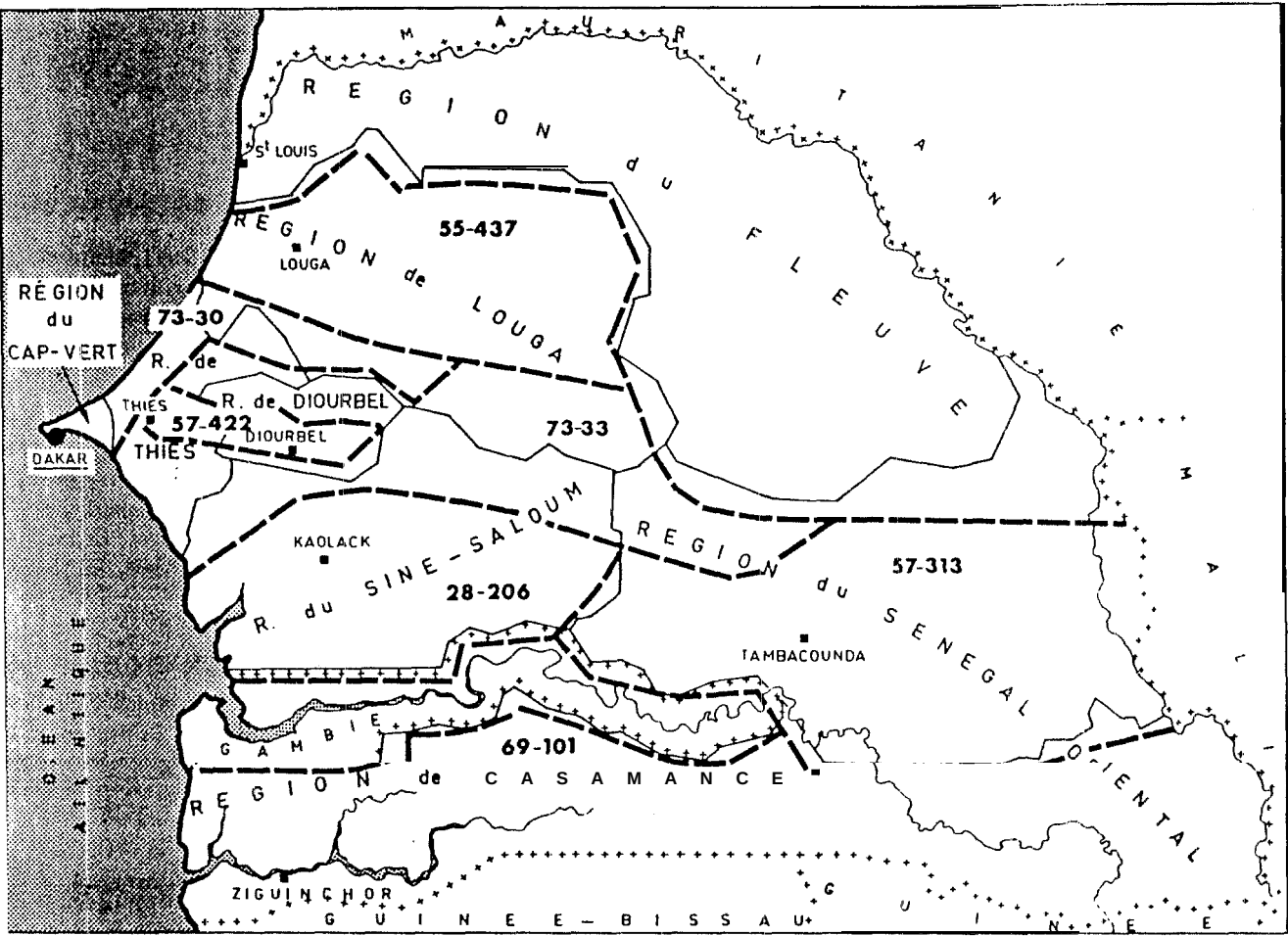
** tendance allogame

2.1.2.3. - Caractéristiques des arachides cultivées

Les variétés des types Spanish et Valencia sont hâtives ;
celles du type Virginia sont tardives.

	SPANISH	VALENCIA	VIRGINIA
Port	érigé peu ramifié	érigé peu ramifié	rampant ou érigé très ramifié
Floraison	tige principale irrégulièrement fertile	tige principale irrégulièrement fertile	tige principale stérile
Cycle en jours	90 - 100	90-100	120 - 150
Gousse	bigraine	tri-quadrigraine	bigraine
Graines	petites, non dormantes	petites, non dormantes	grosses ou petites dormantes

République du Sénégal, carte des variétés d'arachide
(Republic of Senegal, map of groundnut varieties — República de Senegal, mapa de variedades de maní).



-- limites de variétés (limits of varieties — límites de variedades) ; ——— limites de Régions (regional boundaries — límites de regiones) ;
+++ frontières (frontiers — fronteras).

2.1.3. ■ Ecologie

2.1.3.1. ■ Influence des facteurs édaphiques

Les facteurs physiques du sol interviennent dans l'adaptation de l'arachide au milieu, surtout par leur rôle dans l'alimentation hydrique et minérale et leur effet sur la pénétration et le développement des racines. Ils influent aussi sur la maturation, la qualité des gousses et la réalisation de la récolte du fait du mode particulier de fructification de l'arachide. Il importe que texture et structure. concourent à réaliser:

- un bon drainage et de bonnes conditions d'aération du sol. Celles-ci sont importantes au moment de la fructification, époque à laquelle les échanges respiratoires des gousses en formation sont très élevés.
- une pénétration facile des gynophores dans le sol,
- un arrachage aisé de la récolte.

En ce qui concerne le pH, l'arachide paraît très tolérante à ce facteur. Elle est en effet cultivée sur des sols à pH allant de 4 à 8. Les pH faibles caractérisent souvent des sols déficients en CaO et sont défavorables sans amendement calcique aux variétés à grosses gousses ; de plus, ils peuvent conduire à un blocage du molybdène nécessaire à la symbiose bactérienne. Les pH élevés, lorsqu'ils sont dus à la présence de calcaire, jouent un rôle favorable sur la formation d'agrégats stables, et par conséquent sur l'adaptation de l'arachide aux sols argileux.

2.1.3.2. ■ Influence des facteurs climatiques

Température

La température a un effet important sur la vitesse des processus physiologiques et donc sur la durée des différentes phases de développement. Les températures favorables se situent entre 25 et 35° C, 15 et 45°C étant les extrêmes.

Régime hydrique

L'arachide est souvent considérée comme une plante relativement résistante à la sécheresse. En fait, les aléas du régime hydrique se répercutent différemment sur le développement végétatif, la floraison, la maturation et sur les rendements selon l'époque à laquelle ils se manifestent (cf paragraphe 2).

Les besoins en eau apparaissent maximum à l'époque de la floraison et de la formation des fruits. L'époque où la plante résiste le mieux à un déficit hydrique se situe pendant la période végétative.

2.2. ■ Matériels et Méthodes

2.2.1. ■ Matériel génétique

Pour le départ de la sélection récurrente, huit variétés ont été choisies d'une part pour leurs bons comportements aux tests physiologiques d'adaptation à la sécheresse et leur bonne production sur le terrain en condition de stress hydrique, d'autre part pour la large variabilité génétique qu'elles couvrent. Les génotypes étudiés présentent en effet une variabilité importante pour la rapidité du contrôle stomatique de la transpiration. Parmi ces **variétés** se trouve la **57-422** qui présente une capacité à maintenir ses stomates ouverts plus longtemps en condition de stress associée à un système racinaire très développé, ce qui lui procure un potentiel de production élevé.

La 55-437 présente une hérédité favorable vis-à-vis du nombre de racines secondaires et est le **généteur** le plus favorable vis-à-vis du maintien des stomates ouverts.

La 47-16 présente quant à elle une hérédité favorable vis-à-vis de la profondeur d'enracinement.

Variétés	Cycles (Jours)	Variétés botaniques	Origines Géographiques
47-16	120	Virginia	Inde
59-127	120	Virginia	Burkina
57-422	105/110	Virginia	U.S.A
73-33	105	Virginia	USA t Australie
55-437	90	Spanish	Argentine
TS32-1	90	S p a n i s h	Burkina
TG7	90	Spanish	Inde
64 G 195	90	Spanish	Afrique du Sud

Pour les tests physiologiques effectués pendant la saison des pluies de 1989, 48 familles en ségrégation (non stabilisées) sont utilisées ainsi que trois variétés témoins

- * 57-422
- * KH-149A
- * 69-101

2.2.2. ▀ Dispositif expérimental

Le dispositif statistique consiste en 4 séries. Chaque série comprend, pour chacun des 15 génotypes (12 variétés + 3 témoins), 8 répétitions d'une famille en randomisation totale par série. Soit au total 120 plantes par série et donc 480 plantes en expérimentation.

4e Série		2 Ser 4 (D)		2 Ser 3 (D)		3e Série
		2 Ser 4 (C)		2 Ser 3 (C)		
		1 Ser 4 (B)		1 Ser 3 (B)		
		1 Ser 4 (A)		1 Ser 3 (A)		
2e Série		2 Ser 2 (D)		2 Ser 1 (D)		1 ère Série
		2 Ser 2 (C)		2 Ser 1 (C)		
		1 Ser 2 (B)		1 Ser 1 (B)		
		1 Ser 2 (A)		1 Ser 1 (A)		

Dispositif expérimental des tests physiologiques de
48 familles F2

Arachide 1989



PHOTO n°1 : Dispositif expérimental de l'arachide .
Rhizotrons .



PHOTO n°2 : Détail d'un rhizotron .

2.2.3. ▀ Tests physiologiques et paramètres étudiés

2.2.3.1 ▀ Transpiration sur feuilles détachées

Pendant l'hivernage de 1989, les plantes sont cultivées dans des tubes en plastique (rhizotrons) d'une hauteur d'un mètre, remplis par de la terre tamisée de type Dior (sol sableux pauvre en argile et en matière organique). La première feuille du rameau secondaire parfaitement développée est prélevée et mise immédiatement à tremper dans l'eau distillée pendant 16 heures à l'intérieur de boîtes de Pétri fermées. La feuille est alors essuyée et coupée à la base des deux folioles inférieures. La section est immédiatement recouverte d'une couche de vernis imperméable. Les feuilles sont ensuite pesées et suspendues afin d'être exposées à la lumière naturelle.

t_0	Feuilles essuyées	
	Pesée (poids frais) temps 0 (M_{t_0})	
	Exposition à la lumière	
t_1	Pesée après 1 heure (M_{t_1})	
t_2	Pesée à 2 heures (M_{t_2})	
t_{10}	Pesée à 10 heures ($M_{t_{10}}$)	
	Réhydratation dans l'eau distillée	
	pendant 19 heures	
t_{29}	• Pesée (masse réhydratée) ($M_{R\acute{e}h}$)	
	• Mesure de la surface foliaire	
	• Mise à l'étuve à 80°C pendant 12 heures	
	Pesée (poids sec) (M_s)	

PARAMETRES DE LA TRANSPIRATION ETUDIES		
CRE1 OU RWC1	Conenance relative en eau après 1 heure de transpiration dans les conditions de l'experience	$RWC1 = \frac{(Mt_1 - Ms)}{(Mt_0 - Ms)} \times 100$
CRE2 OU RWC2	Conenance relative en eau après 2 heures	$RWC2 = \frac{(Mt_2 - Ms)}{(Mt_0 - Ms)} \times 100$
CRE10 OU RWC10	Conenance relative en eau après 10 heures	$RWC10 = \frac{(Mt_{10} - Ms)}{(Mt_0 - Ms)} \times 100$
CRE 2-10 ou RWC2-10	CRE à 2 heures - CRE à 10 heures	$RWC2-10 = RWC2 - RWC-10$
CRE Réh ou RWC Réh	Conenance relative en eau après réhydratation	$RWC Réh = \frac{(M_{Réh} - Ms)}{(N_0 - Ms)} \times 100$
Masse surfacique	Masse sèche par unité de surface	$MSSURF = \frac{Ms}{Surf.} \times 1000 \text{ en mg/cm}^2$
Transpiration cuticulaire		$TRANS-CUT = \frac{(Mt_2 - Mt_{10}) \times 1000}{(en \text{ mg/min/dm}^2) \quad surf. \times 480}$
Surface foliaire		en cm ²

2.2.3.2. ■ Croissance racinaire

Le test sur la croissance racinaire consiste en des mesures de longueur des racines, du profil racinaire qui permet d'évaluer le degré de colonisation de l'appareil racinaire, et de précocité de levée.

Ces mesures s'effectuent facilement à travers la plaque de plexiglass du rhizotron.

PARAMETRES de la CROISSANCE RACINAIRE ETUDIES	
Moy 2 levée	Moyenne des dates de levée du 1 er pied et du deuxième
Levée P.C	Date de levée du pied choisi
LMR 14j	Longueur maximale racinaire 14 jours après semis
LMR 14 j P.C	Longueur maximale racinaire du pied choisi 14 jours après semis
LMR 28 j P.C	Longueur maximale racinaire du pied choisi 28 jours après semis
Larg. Rac. 28 j.	Largeur racinaire 28 jours après semis

La largeur racinaire à 28 jours est mesurée en estimant la largeur moyenne du système racinaire. Cette évaluation permet de mettre en évidence le degré de colonisation du profil par les racines. Toutefois, ce paramètre n'apprécie pas qualitativement l'exploration du milieu par les racines. Elle est évaluée par une note de densité des racines secondaires

attribuée de manière visuelle et donc soumise à l'effet observateur.

2.2.3.3. - Résistance protoplasmique

Au 29e et au 50e jours de culture (selon les séries), les deuxième, troisième et quatrième feuilles parfaitement développées du rameau principal sont prélevées sur chaque plante. Dans chacune des quatre folioles, un disque de 1 cm de diamètre est découpé à l'aide d'un emporte-pièce. Les douze disques foliaires de chaque plante sont rincés trois fois à l'eau distillée, puis placés dans une solution de polyéthylène glycol (PEG). Par la suite, les disques sont disposés dans l'eau distillée durant 24 heures. La conductimétrie est alors mesurée sur la solution de trempage de chaque tube qui a été prélevée.

Le choc osmotique provoqué par le PEG entraîne une fuite d'électrolytes dans la solution de trempage. La conductimétrie est donc directement proportionnelle à la quantité d'électrolytes libérés par les tissus foliaires. Les disques sont ensuite rincés et immergés dans de l'eau distillée. Les tubes sont placés au bain-marie à 100°C afin de détruire totalement les tissus. Après refroidissement, la conductimétrie de la solution de trempage est mesurée. Elle est directement proportionnelle à la quantité totale d'électrolytes contenus dans les tissus foliaires.

Paramètres de la Résistance Protoplasmique étudiés

A partir de la conductimétrie libre (obtenue après choc osmotique) et de la conductimétrie totale (obtenue après choc thermique), on obtient le pourcentage d'intégrité absolue par le rapport suivant :

$$\% \text{ intégrité absolue} = 100 \times \frac{\text{Conductimétrie totale} - \text{Conductimétrie libre}}{\text{Conductimétrie totale}}$$

Le pourcentage de dégâts absolus est le complément de l'intégrité absolue

$$\% \text{ dégâts absolus} = 100 - \% \text{ intégrité absolue}$$

2.3. - Résultats et Discussion

2.3.1 - Transpiration sur feuilles détachées

Les comportements des 48 familles et leurs comparaisons pour les différents paramètres de transpiration sont présentés dans les tableaux n° 1 et n° 2.

Les différences entre les génotypes des 12 premières familles sont hautement significatives ($\alpha \leq 1\%$) pour la contenance relative en eau au point de fermeture des stomates (RWC2). La précision des mesures est bonne (CV = 7 %). Ce paramètre permet de caractériser la rapidité du contrôle stomatique. Les résultats sont similaires pour les 12 familles de la 2e série. Les différences entre les génotypes des 12 familles de la 3e série sont très hautement significatives ($\alpha \leq 1\%$); celles entre les familles de la 4e série sont significatives ($\alpha \leq 5\%$).

Pour la contenance relative en eau après 10 heures, paramètre mettant en évidence la capacité de rétention en eau des feuilles, nous n'observons pas de différence significative entre les génotypes de la 1ère série. Par contre, les différences sont hautement significatives ($\alpha \leq 1\%$) entre les génotypes de la 2e série et très hautement significatives ($\alpha \leq 1\%$) entre les génotypes de la 3e série. Les génotypes de la 4e série présentent des différences significatives ($\alpha \leq 5\%$).

Les coefficients de variation allant de 13 à 20 %, la précision des mesures est correcte.

La "CRE" après 10 heures est souvent rapprochée du paramètre "TRANS-CUT" pour caractériser la transpiration cuticulaire. Or nous remarquons que "RWC 2-10" et "TRANS-CM" évoluent similairement pour toutes les familles ; ce qui n'est pas le cas de "RWC10" et "TRANS-CUT". En effet dans le paramètre "RWC 2-10", les premières heures pendant lesquelles s'effectue la transpiration stomatique sont soustraites. Il ne reste donc que la transpiration cuticulaire. "RWC 2-10" et "TRANS-CUT" apparaissent ainsi comme deux paramètres fiables pour caractériser la transpiration cuticulaire. Toutefois les

analyses de variance pour "RWC 2-10" montrent des coefficients de variation systématiquement plus faibles. Nous considérerons donc ce paramètre comme le plus discriminant.

Le paramètre "RWC Réh" caractérise d'une part la capacité de récupération des génotypes et d'autre part celle à maintenir l'intégrité cellulaire des membranes pendant un stress hydrique. La variabilité génétique pour ce caractère apparaît limitée (les différences entre les génotypes sont "non significatives" pour 3 séries sur les 4 étudiées). Il procure donc un potentiel limité de progrès du matériel et représente alors un caractère peu intéressant pour la sélection. Ceci est confirmé par l'analyse de variance des témoins des 4 séries. Ces résultats permettent de constater que l'existence d'un caractère de l'adaptation à la sécheresse n'implique pas toujours une variabilité génétique pour ce caractère. Ceci peut être rapproché de l'utilisation d'amidon qui a été mise en évidence en cas de stress hydrique, mais pour laquelle aucune variabilité génétique n'est constatée (Khalifaoui, 1988). Ce caractère ne peut donc être utilisé pour la sélection.

Pour le paramètre "MSSURF" (Masse par Unité de Surface), nous observons une variabilité génétique entre les familles des quatre séries. Elle pourrait être vérifiée par une analyse physiologique en mesurant le potentiel photosynthétique. De plus ce caractère représente un facteur d'adaptation à la sécheresse. En effet, plus l'épaisseur d'une feuille est importante, plus les protéines sont protégées. Il serait donc intéressant de vérifier cette hypothèse par une étude physiologique d'autant plus que ce caractère est facile à sélectionner pour un test de criblage.

TABLEAU N° 1 • PARAMETRES de TRANSPIRATION et RESISTANCE PROTOPLASMIQUE

		RWC 1	RWC 2	RWC 10	RWC 2 - 10	TRANS-CUT	RWC R6h	MSSURF	% INT
1 SR	15 Vts	6,74 ***	7,04 ***	13,16 NS	23,41 NS	27,5 %	9,3 %	19,82 %	29,18 ***
	2 Vts	6,94 %	6,96 **	NS 12,53 %	NS 22,94 %	NS 26,52 %	** 9,76 %	NS 21,2 %	** 28,3 %
2SR	16 Vtés	NS 6,25 %	** 6,67 %	** 15%	NS 19,42 %	NS 25,55 %	NS 5,17 %	** 11,05 %	NS 34,83 %
	2 Vtés	* 6,40 %	** 6,83 %	** 15,31 %	NS 19,92 %	NS 26,11 %	NS 5,58 %	* 11,19 %	NS 32,78 %
3SR	15 Vtés	*** 41,62 %	*** 7,41 %	*** 16,03 %	** 20,19 %	NS 27,65 %	*** 7,57 %	NS 11,76 %	** 34,31 %
	12 Vtés	7,05 ***	7,80 ***	17,35 ***	** 21,60 %	NS 29,94 %	*** 8,22 %	NS 12,67 %	* 31,49 %
4SR	15 Vté	*** 7,66 %	* 9,84 %	* 19,90 %	** 17,04 %	*** 20,61 %	NS 7,99 %	*** 7,42 %	*** 32,35 %
	12 Vtés	NS 7,88 %	NS 10,32 %	** 21,56 %	*** 17,36 %	NS 20,99 %	*** 8,64 %	** 7,38 %	** 34,67 %

TABLEAU N° 2 ■ ANALYSE de **VARIANCE** des TEMOINS des 4 SERIES

PARAMETRES	EFFET VARIETAL	COEFFICIENT de VARIATION
Moy 2 Levée	*	21,20
LMR 14j.	***	32,01
Levée P.C	*	22,94
LMR 14j.P.C	***	38,22
LMR 28j.P.C	***	18,70
Larg. Rac. 28 j.	NS	53,98
Surface foliaire	NS	38,53
M.S	*	39,09
RWC1	*	5,79
RWC2	*	6,45
RWC 10	**	12,96
RWC2-10	*	18,10
MSSURF	***	10,84
TRANS-CUT	**	21,64
RWC Réh	NS	4,88
% INT	NS	39,65

2.3.2. ■ Croissance Racinaire

La plupart des paramètres de la croissance racinaire présentent une variabilité importante entre les génotypes. En effet, les différences sont très hautement significatives pour la moyenne des deux levées, la longueur maximale racinaire à 14 jours, la levée du pied choisi, la longueur maximale racinaire du pied choisi à 14 jours, à 28 jours et ce pour les séries 1 et 2. Les différences entre les génotypes des familles des séries 3 et 4 sont hautement ou très hautement significatives pour ces mêmes paramètres. En ce qui concerne la largeur racinaire à 28 jours, paramètre qui caractérise le degré de colonisation du sol par le système racinaire, les différences ne sont hautement significatives que pour les séries 1 et 4 avec des coefficients de variation assez élevés. Il est possible que les différences entre les génotypes s'expriment difficilement pour ce caractère en raison même du processus expérimental.

En effet, les systèmes racinaires n'ont que peu de possibilité de s'étendre en largeur dans les rhizotrons. Les différences doivent être d'autant plus importantes entre les génotypes pour pouvoir s'exprimer dans ces conditions. Il Serait donc intéressant d'utiliser un autre paramètre pour caractériser le degré de colonisation du sol par le système racinaire. On pourrait par exemple effectuer des mesures de masse sèche des parties souterraines à la fin du cycle des plantes.

TABLEAU N° 3 ■ PARAMETRES de CROISSANCE RACINAIRE

		Moy. 2 Levée	LMR 14 j.	Levée P.C	LMR 14 j. P.C	LMR 28 j. P.C	Larg. Rao. 28 j.	Note Densité Racines II ^R
1 SR	15Vtés	*** 12,41 %	*** 25,62 %	*** 15,44 %	*** 24,76 %	*** 15,41 %	** 47,07 %	** 61,89 %
	2Vtés	** 12,57 %	* 25,62 %	*** 14,85 %	** 24,32 %	*** 13,96 %	** 43,82 %	*** 57,43 %
2SR	15Vtés	*** 14,23 %	*** 29,06 %	*** 14,89 %	*** 27,05 %	*** 15,34 %	NS 45,42 %	* 84,92 %
	12Vtés	** 14,26 %	* 29,26 %	** 14,95 %	** 26,9 %	* 15,89 %	NS 46,65 %	* 81,38 %
3SR	15Vtés	** 15,51 %	*** 18,5 %	** 14,85 %	* 20,21 %	*** 9,69 %	NS 47,86 %	* 71,09 %
	12Vtés	* 14,33 %	*** 17,60 %	* 13,56 %	** 15,2 %	*** 9,45 %	NS 46,39 %	** 65,59 %
4 SR	15Vtés	** 23,97 %	*** 26,62 %	** 24,9 %	*** 25,03 %	*** 13,12 %	** 43,94 %	*** 80,40 %
	2Vtés	NS 24,54 %	NS 25,03 %	* 25,42 %	* 24,33 %	** 12,58 %	** 42,7 %	** 80,49 %

2.3.3. ■ Résistance protoplasmique

La résistance protoplasmique caractérise la stabilité des membranes cellulaires vis-a-vis des chocs osmotiques et thermiques. En ce qui concerne les paramètres utilisés (% intégrité absolue, % dégâts absolus), nous observons une variabilité génétique pour les séries 1 et 4. De plus, les coefficients de variation sont assez élevés ($CV \simeq 30\%$), ce qui dénote une précision des mesures très moyenne.

L'objectif de l'étude physiologique des caractères d'adaptation à la sécheresse est la recherche du maximum de variabilité génétique entre les familles et ce pour un nombre suffisant de paramètres. En effet, les différents types de sécheresse existant en zone soudano-sahélienne et particulièrement au Sénégal, imposent de définir des idéotypes caractéristiques pour chaque zone, et par la suite une combinaison des différents caractères. Le rapprochement des comportements de la régulation stomatique et racinaire permet de distinguer deux idéotypes d'adaptation à la sécheresse (Khalfaoui, 1988). Le premier, représenté par la variété 73-33, économise l'eau disponible dans le sol grâce à un système racinaire moyennement développé et à une fermeture très rapide de ses stomates dès que les conditions d'alimentation hydrique deviennent limitantes. Le 2^e idéotype, représenté par la variété 57-422, maintient ses stomates ouverts plus longtemps en condition de sécheresse, donc son assimilation chlorophyllienne.

Cette transpiration soutenue lui est rendue possible grâce à un système racinaire très développé qui lui assure un bon approvisionnement en eau. Ceci est favorable à la production, comme l'atteste la comparaison des rendements de la variété **57-422** par rapport à ceux de la variété 73-33, lors d'années pluvieuses

Bambey	57-422	73-33
----- -----	-----	-----
1979 (539 mm)	2210 kg gousses/ha	1780 kg gousses/ha
-----	-----	-----
1983 (315 mm)	750 kg gousses/ha 660 kg gousses/ha	1000 kg gousses/ha 880 kg gousses/ha

Le croisement des familles présentant des caractères intéressants pour l'adaptation à la sécheresse permet ainsi de se rapprocher des idéotypes définis. La variabilité génétique apparaît donc **comme** un facteur essentiel du programme de sélection.

2.3.4. - **Corrélations entre les paramètres**

Les corrélations effectuées entre les caractères pour lesquels il existe une variabilité génétique sont présentées dans les tableaux 4 à 9.

Le premier tableau montre les corrélations pour les témoins : les variétés 57-422, KH-149A et **69-101**. Ces variétés étant des lignées (formées d'un seul génotype et maintenues par autofécondation. Elles donnent des descendants tous identiques entre eux et à leur parent) ; le tableau présente la corrélation environnementale.

En effet, les plans étant identiques génétiquement, c'est le milieu qui impose la variation d'un paramètre d'un pied à l'autre de la même variété témoin. De même, le milieu

impose la corrélation entre les variations de deux paramètres.

Pour les corrélations des paramètres de la transpiration entre eux et les corrélations entre ces derniers et les paramètres de la croissance racinaire, les estimations des coefficients de corrélation montrent des valeurs faibles. Cela implique que la corrélation génétique est élevée. En effet, la corrélation phénotypique est la résultante des corrélations environnementale et génétique.

D'autre part, le tableau 5 qui sépare pour chaque corrélation les coefficients des 3 témoins, montre pour certains paramètres une corrélation différente pour un des témoins par rapport aux deux autres. Cela met en évidence une interaction milieu/génotype. Les témoins ayant été choisis pour leur comportement vis-à-vis d'un stress hydrique, les corrélations entre deux paramètres devraient être du même signe pour les trois témoins.

Les tableaux 6, 7, 8 et 9 présentent les estimations des coefficients de corrélation phénotypique pour chaque série de 12 familles. Pour les 4 séries, nous observons des corrélations faibles et très souvent non significatives pour les paramètres de la transpiration reliés entre eux d'une part et avec les paramètres de la croissance racinaire d'autre part.

Or, nous avons noté auparavant une corrélation environnementale faible. La corrélation génétique se trouve donc avec des valeurs faibles. Ceci implique que les caractères mis en évidence par tous ces paramètres se situent sur des chromosomes différents. Cette observation confirme la nécessité de maintenir la pression de sélection sur tous les caractères.

En ce qui concerne les corrélations des paramètres de la croissance racinaire entre eux, les coefficients sont pour la plupart élevés et les corrélations souvent très hautement significatives. Les mêmes observations ont été faites pour la corrélation environnementale.

Des corrélations phénotypique et environnementale élevées entraînent une corrélation **génétique** faible. Nous arrivons donc à la conclusion que tous les caractères choisis pour la sélection de l'adaptation des variétés à la sécheresse sont nécessaires même si les expérimentations se trouvent multipliées du fait du nombre de paramètres.

[illegible]

TABLEAU N° 5 • ESTIMATION des COEFFICIENTS de CORRELATION ENVIRONNEMENTALE de chaque TEMOIN • SRPHY 89

	% INT	RWC Réh	RWC2	RWC2 - 10	MSSURF	Moy 2 levée	LMR 14 j.	Levée P.C	LMR 14 j. PC	LMR 28 j. PC	Larg. Rac. 28 j
% INT		- 0,065 - 0,198 0,211	- 0,427 - 0,295 - 0,217	- 0,156 0,046 - 0,239	- 0,215 0,228 0,037	0,209 - 0,358 - 0,129	- 0,01 0,272 0,225	0,188 - 0,33 - 0,206	- 0,033 0,413 0,278	0,082 0,289 - 0,019	0,065 0,087 0,001
RWC Réh			- 0,063	0,487	- 0,134 0,294	- 0,014 - 0,085	- 0,083 0,116	- 0,015 - 0,031	- 0,083	- 0,094	0,165 0,069 0,097
			0,067	- 0,319	0,009	0,165	0,025	0,034	- 0,04	0,247	
RWC2				0,163 - 0,137 - 0,489	0,478 0,275 0,111	- 0,29 0,09 0,027	- 0,143 - 0,076 - 0,124	- 0,307 0,004 0,064	- 0,025 - 0,086 - 0,004	- 0,018 - 0,098 0,06	0,169 0,016 0,256
RWC2-10					0,493	- 0,23	0,257	- 0,205	0,261	0,003	- 0,015
					- 0,036	- 0,424 0,253	- 0,049 0,166	- 0,492 0,035	- 0,181	- 0,292	- 0,013 0,01
MSSURF						- 0,289 - 0,165 - 0,581	0,436 0,304 0,628	- 0,306 - 0,106 - 0,764	0,479 0,427 0,528	0,103 0,798	- 0,106 0,281 0,555
Moy 2 levée							- 0,713 - 0,608 - 0,716		- 0,618 - 0,678 - 0,542	- 0,802 - 0,363 - 0,588	- 0,412 - 0,013 - 0,322
LMR 14 j.								- 0,705 - 0,617 0,738		0,63 0,367 0,712	0,277 0,387 0,657
Levée PC									- 0,612 - 0,703 - 0,581	- 0,627 - 0,402	- 0,486 - 0,096 - 0,256
LMR 14 j. PC										0,717 0,444 0,656	0,229 0,43 0,586
LMR 28 j. PC											0,305 - 0,161 0,458

TABLEAU N° 6 - ESTIMATION des COEFFICIENTS de CORRELATION PHENOTYPIQUE- 1SRPHY 89

[illegible]

TABLEAU N° 7 • ESTIMATION des COEFFICIENTS de CORRELATION PHENOTYPIQUE • 2SRPHY 89

[illegible]

[illegible]

	% INT	RWC Réh	RWC2	RWC2 - 10	MSSURF	Moy 2 levée	LMR 14 j.	Levée P.C	LMR 14 j. P C	LMR28 j. P C	Larg. Rac. 28 j
% INT		-0,067 NS	- 0,01 NS	- 0,294 **	- 0,065 NS	-0,169 NS	0,153 NS	-0,132 NS	0,169 NS	0,1 NS	0,083 NS
RWC Réh			0,468 ***	-0,263 **	-0,167 NS	0,052 NS	- 0,033 NS	0,036 NS	0,016 NS	0,118 NS	0,069 NS
RWC2				-0,212 *	0,27 **	-0,069 NS	-0,057 NS	- 0,1 NS	-0,025 NS	0,044 NS	0,212 *
RWC2-10					0,008 NS	0,087 NS	- 0,175 NS	0,033 NS	-0,223 *	-0,223 *	- 0,285 **
MSSURF						- 0,303 **	0,23 *	- 0,39 ***	0,313 **	0,203 *	0,34 ***
Moy 2 levée							- 0,701 ***		-0,706 ***	-0,496 ***	-0,421 ***
LMR 14 j.								- 0,685 ***		0,655 ***	0,501 ***
Levée PC									-0,742 ***	- 0,536 ***	- 0,392 ***
LMR 14 j. PC										0,742 ***	0,582 ***
LMR 28 j. PC										/	- ***

3 - LE MAIS

3.1 - Présentation de la plante

3.1 .1. - Botanique

Le maïs appartient au sous-embranchement des angiospermes, à la classe des monocotylédones, à la famille des graminées ou **poacées**. L'espèce cultivée est *Zea mays*, la seule du genre *Zea*. Le maïs est originaire d'Amérique Centrale.

3.1 .1.1. - L'Appareil aérien

* La tige et les feuilles

La taille de la tige est d'autant plus grande que la variété est tardive : 1,50 à 3,50 m. Elle a un diamètre de 3 à 4 cm. Les premiers entre-nœuds sont courts. La tige est d'un tissu parenchymateux dans lequel se trouvent de nombreux vaisseaux ligneux. Le tallage est souvent nul. La tige porte de grandes feuilles (9 à 15 par plante), engainantes, les plus larges proches de l'épi. Chaque limbe étant très développé, la surface foliaire est importante. Des bourgeons axillaires peuvent donner naissance à des tiges courtes, vers le milieu de la plante. Chacune d'elles se termine par un épi.

* Inflorescences

L'inflorescence mâle est constituée d'une **panicule** terminale plus ou moins ramifiée : une grappe d'épis porte des épillets par groupe de deux : l'un avec un pédicelle, l'autre sessile. Chaque épillet est constitué de deux fleurs.

L'inflorescence femelle se trouve vers le milieu de la tige, à l'aisselle d'une feuille. Elle est portée par un pédoncule de 10 à 30 cm de longueur et elle est enveloppée de bractées ou **spathes**. L'épi est constitué d'une rafle qui porte de nombreux épillets par groupe de deux.. La rafle comprend une moelle

axiale entourée d'une zone ligneuse parcourue de vaisseaux alimentant les épillets. Ceux-ci sont constitués de deux fleurs mais une seule est généralement fonctionnelle.

* Fleurs

La fleur mâle comprend deux glumelles, deux glumes modifiées, un pistil avorté et trois étamines. Les fleurs arrivent à maturité avant les fleurs femelles de la même plante. C'est pourquoi l'auto-fécondation naturelle est faible (2 à 5 %).

Chaque panicule émet 2 à 115 millions de grains de pollen pendant 5 à 12 jours. La durée de vie d'un grain de pollen varie de 6 à 36 heures.

La fleur femelle comprend des glumelles très réduites, un reste d'étamine avorté, un ovaire avec un long style appelé soie. L'ensemble des soies dépasse les spathes de 10 à 20 cm. Elles sont réceptives sur toute leur longueur.

* Les Grains

Le grain comporte :

- un embryon qui représente 10 à 13 % du grain entier. Il est formé d'un seul cotylédon qui entoure la jeune plantule. C'est le scutellum. L'embryon contient 12 % de matières grasses, 20 % de protéines et est riche en vitamines E et B.
- l'amande ou albumen : composée surtout d'amidon. Celui-ci contient, pour la plupart des variétés cultivées, 25 % d'amylose et 75 % d'amylopectines.
- la couche d'aleurone riche **en protéines**.
- la couche tégumentaire, constituée des anciennes assises extérieures de l'ovaire. Elle est riche en cellulose.

La répartition est la suivante :

amande 77 à 84 %
 enveloppes 5 à 8 %
 embryon 10 à 13 %

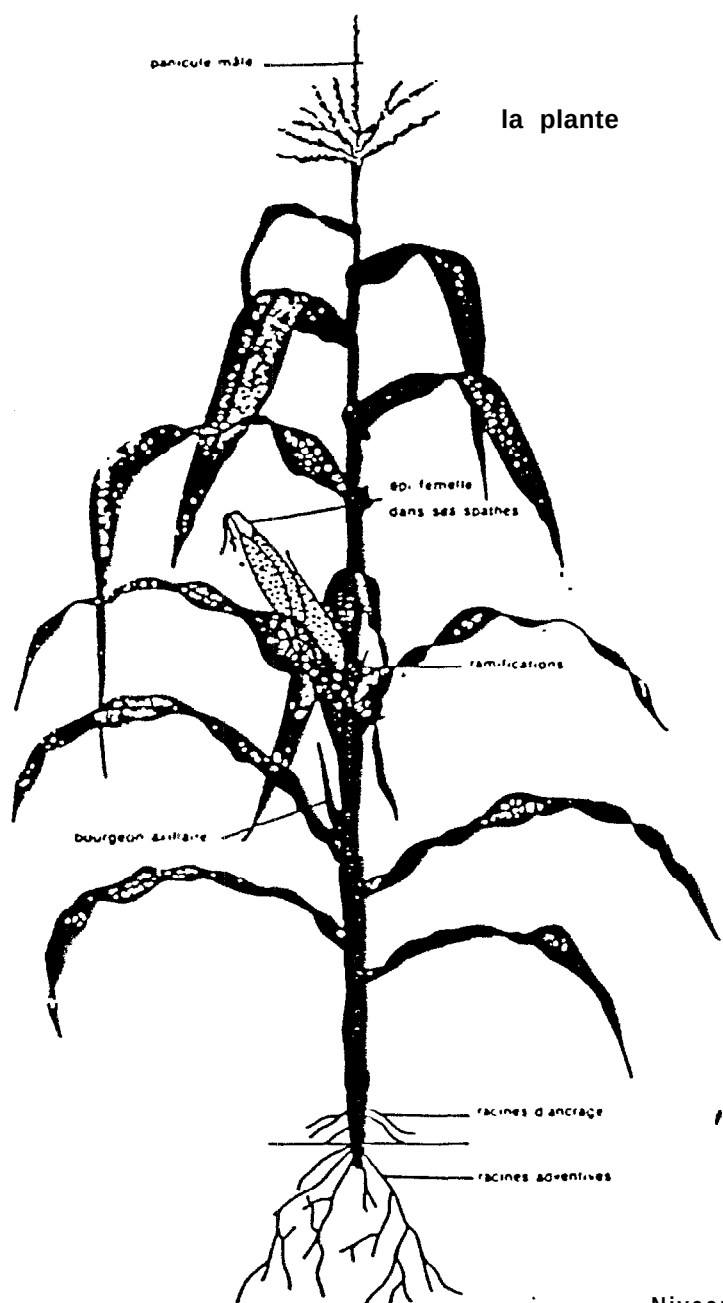
3.1 .1.2. - Appareil racinaire

Le système racinaire comprend trois types de racines :

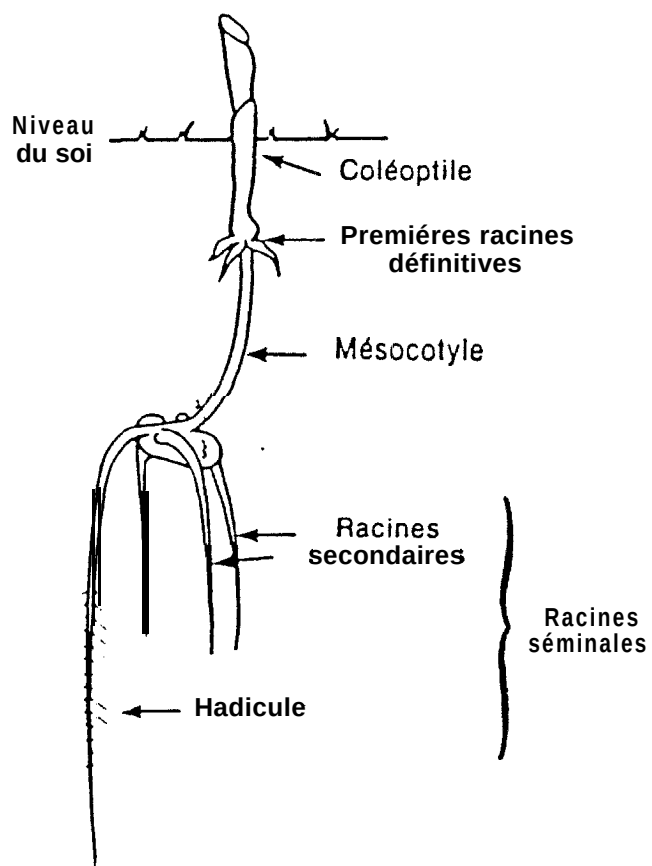
- . . les racines séminales : présentes dans l'embryon, elles sont formées à partir de la **radicule** ; elles sont peu ramifiées et disparaissent dès la formation des racines adventives,
- les racines secondaires ou adventives apparaissent deux semaines après la levée, à la base des entre-nœuds de la jeune tige. Elles constituent très vite l'essentiel de l'enracinement,
- les racines d'ancrage se trouvent au niveau des premiers nœuds situés au-dessus du sol. Elles améliorent, pour certaines variétés seulement, la fixation de la plante.



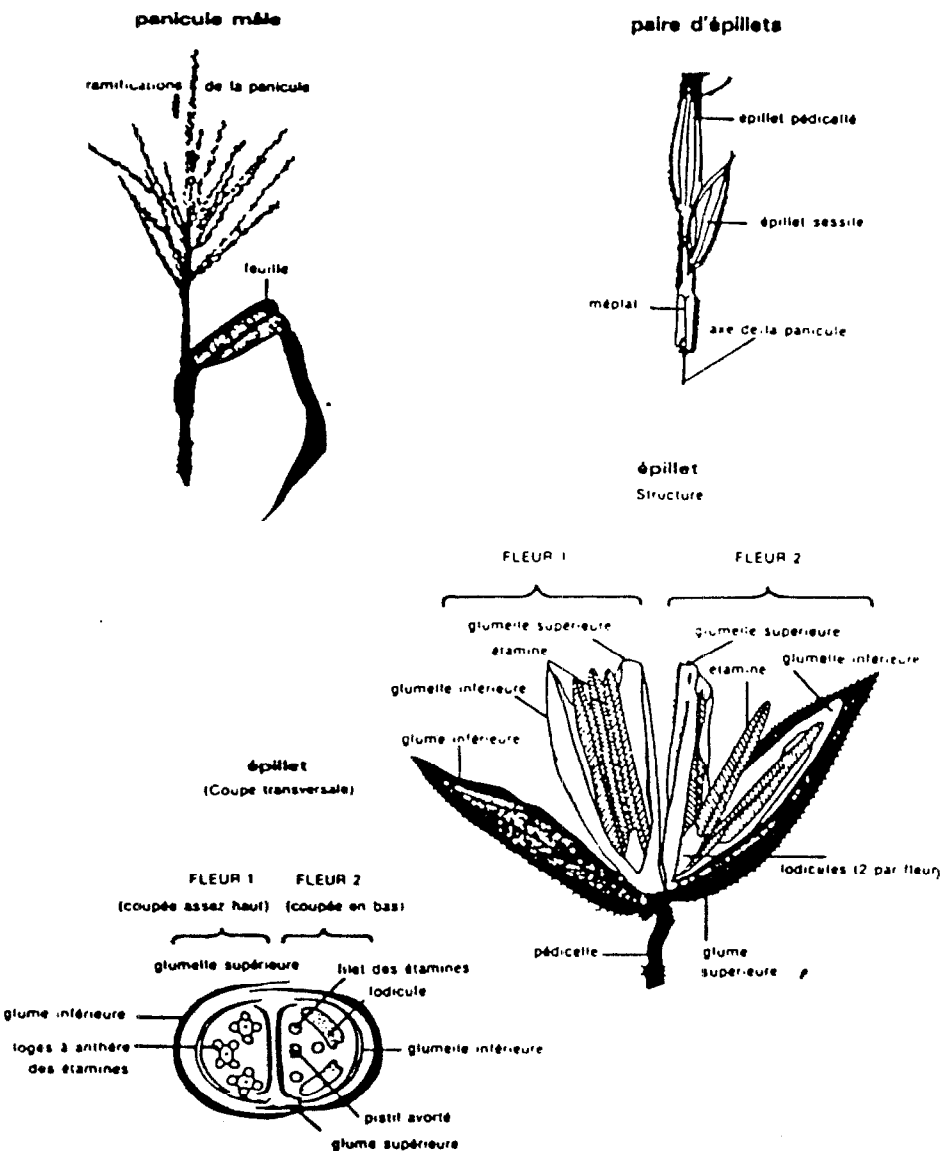
PHOTO n°3 : MAIS . Inflorescences mâle et femelle .

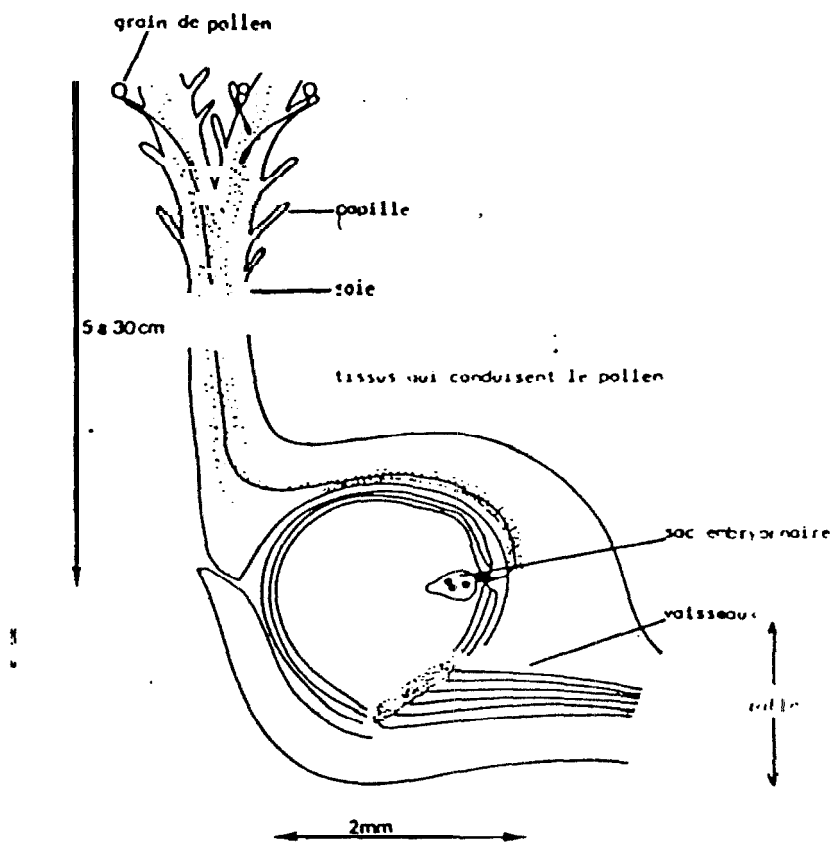


Jeune plante de maïs au stade « levée »

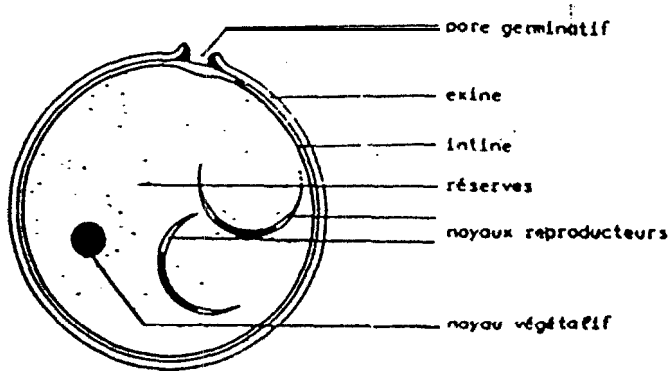


. inflorescence mâle



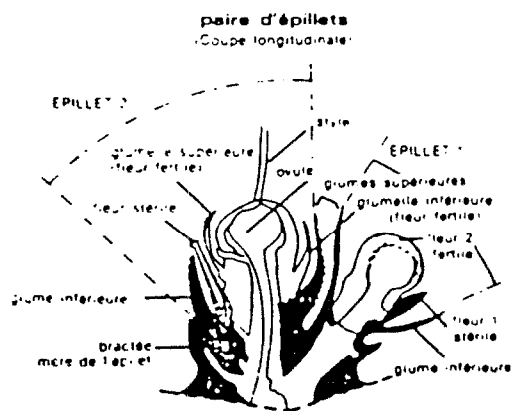
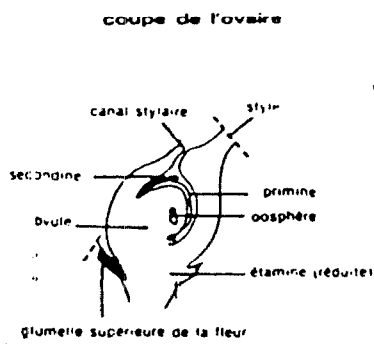
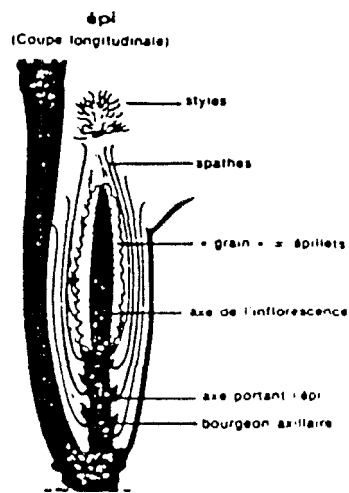
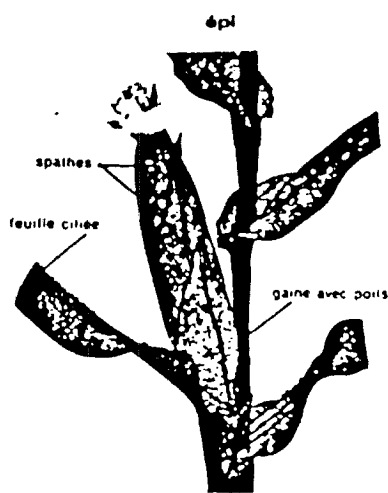


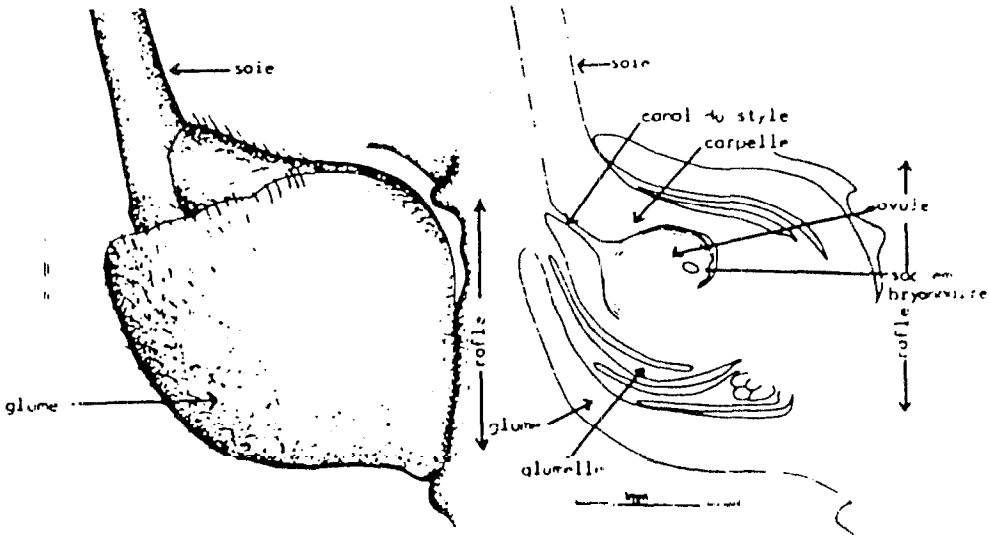
Progression du tube pollinique dans la soie



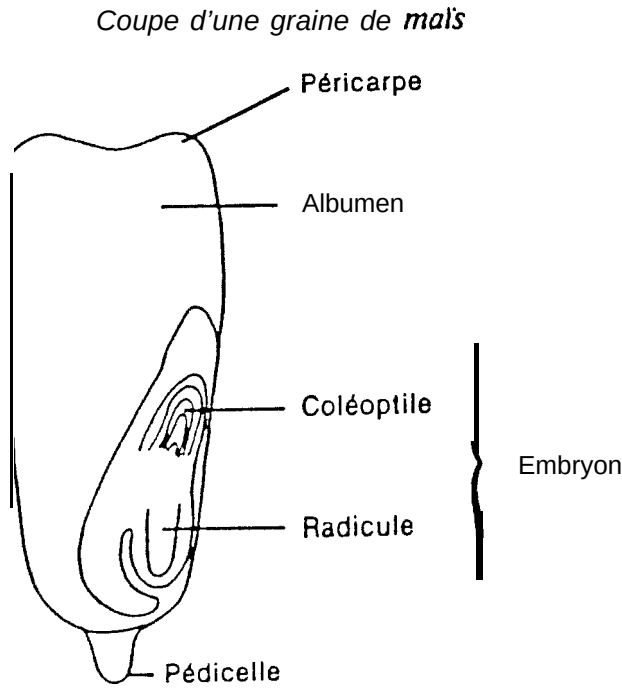
Structure d'un grain de pollen

inflorescence femelle

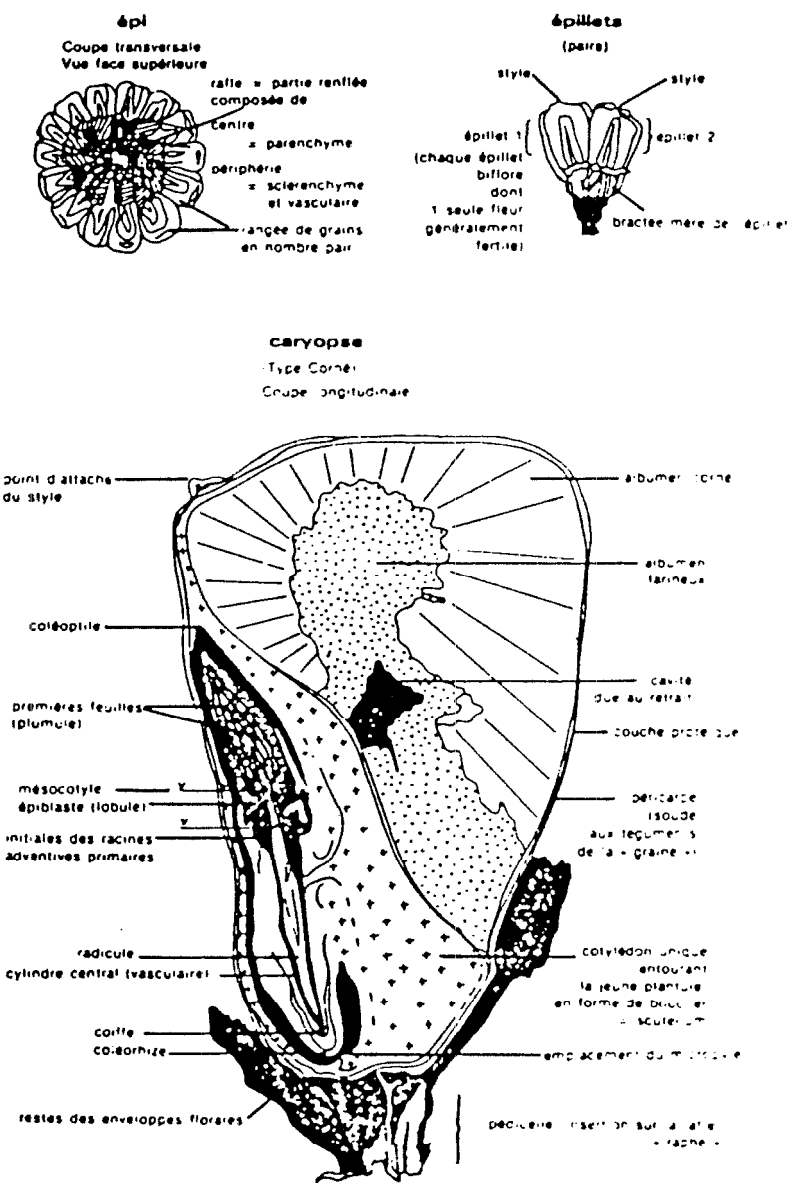


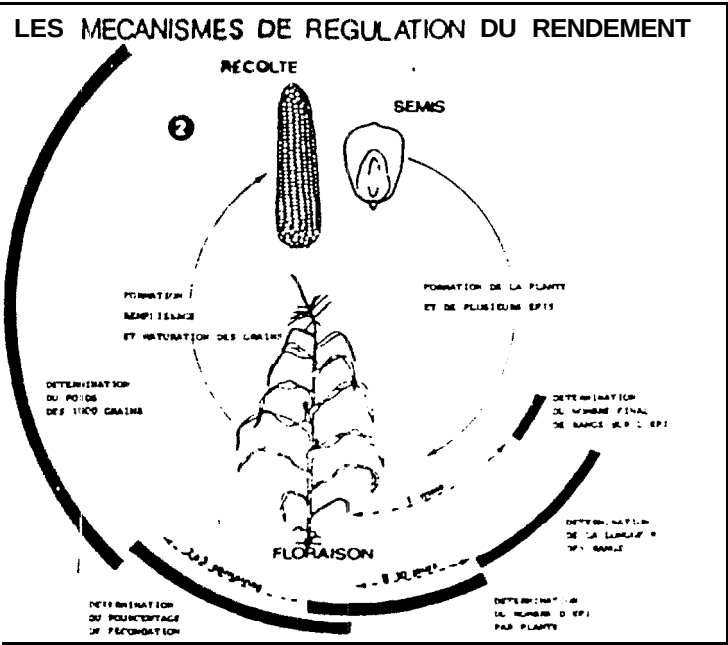
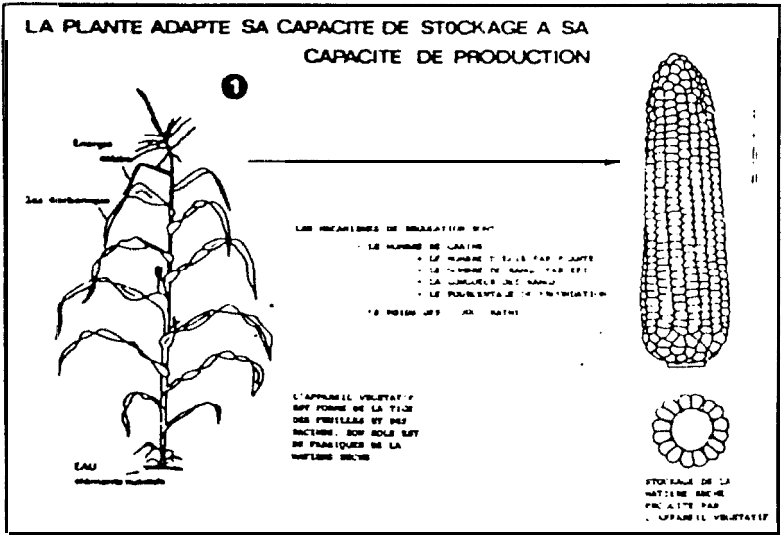


Structure d'une fleur femelle

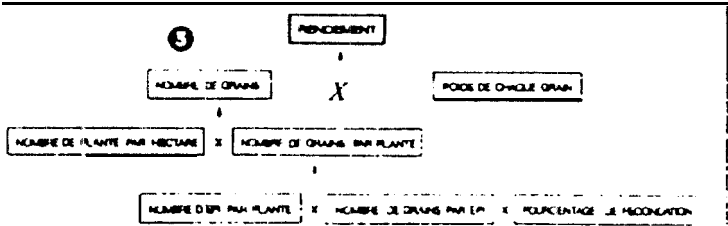
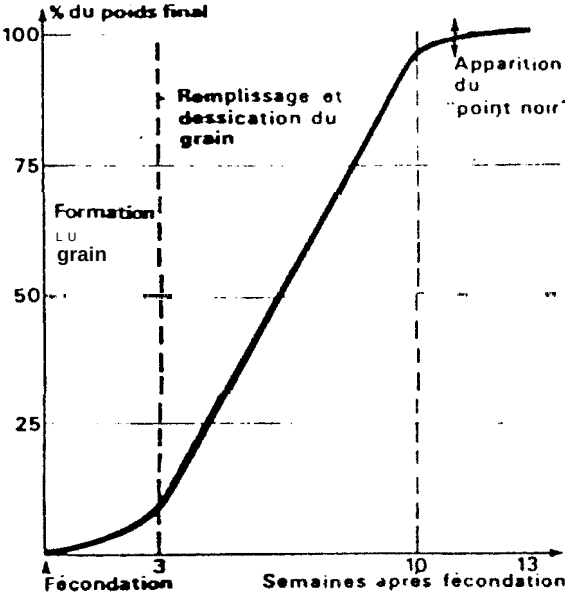


le fruit





ÉVOLUTION DU POIDS SEC DES GRAINS



COMPOSANTES DU RENDEMENT CHEZ LE MAÏS

3.1.2. ▪ Croissance et développement

Le maïs est une plante annuelle. Son cycle de développement se décompose de la façon suivante :

- mise en place de l'appareil végétatif,
- apparition des organes reproducteurs, floraison, fécondation,
- remplissage puis maturation des grains.

3.1.2.1. ▪ Période semis-floraison

Lors de la phase végétative, le bourgeon terminal émet les feuilles et les bourgeons axillaires. Au niveau des entre-nœuds de la base se différencient les racines adventives. Cette phase dure de 3 à 10 semaines selon les variétés et les conditions de milieu. Il a été montré que la précocité d'une variété dépend essentiellement de la durée de cette phase (Gay, 1976).

Pendant la phase de transition, le bourgeon cesse d'émettre des feuilles et s'allonge pour donner naissance à la panicule. Elle ne dure que de 2 à 3 jours.

La phase de reproduction dure 6 à 7 semaines et se termine à la floraison mâle. Les organes reproducteurs se forment, d'abord sur l'apex du bourgeon apical puis l'épi principal femelle se développe avec un décalage d'environ deux semaines. Celui-ci n'est plus que de 1 à 2 jours à la floraison car le pollen a besoin de 15 jours pour accumuler les réserves nécessaires à sa germination, alors que l'ovule peut être fécondé quelques jours seulement après la méiose.

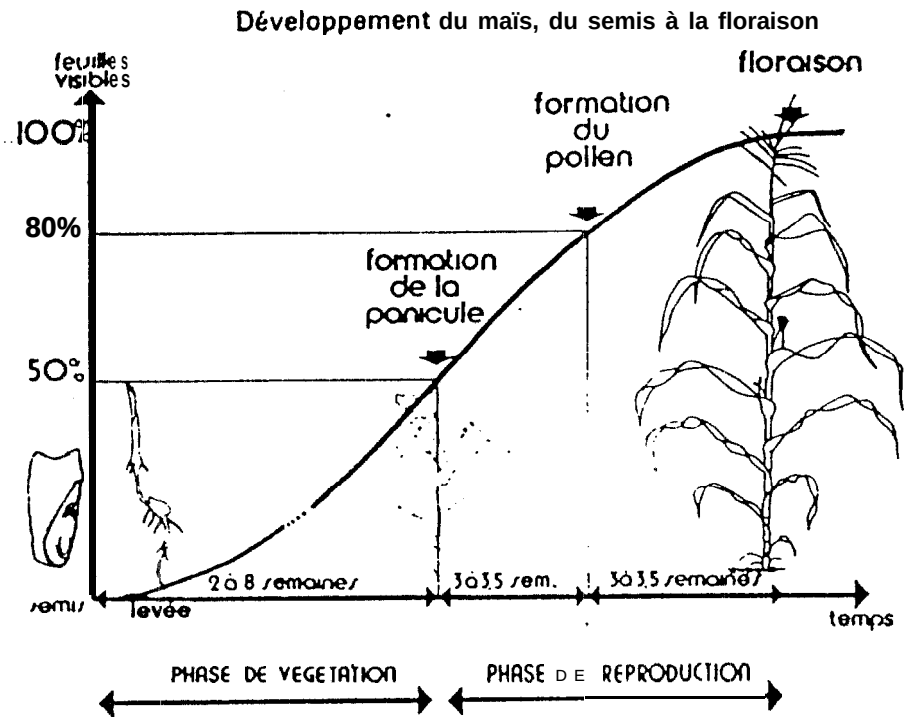
Cette phase de reproduction comprend plusieurs stades dont le plus important est la méiose. Il s'agit d'un stade critique pour la plante qui intervient trois semaines avant la floraison. C'est une période de grande sensibilité à la sécheresse.

3.1.2.2. ■ Période Fécondation-Maturation

Les soies de l'épi sont poilues, couvertes de papilles imprégnées d'acides gras gluants, piégeant ainsi le pollen. Dès qu'il a germé, le tube pollinique pénètre dans la soie. Il parvient au sac embryonnaire, y déverse les deux spermatozoïdes. L'un s'accole à l'oosphère pour donner l'oeuf vrai diploïde. L'autre fusionne avec les deux noyaux polaires pour donner l'oeuf à albumen à $3n$ chromosomes.

Le grain atteint sa taille définitive deux à trois semaines après la fécondation mais il contient plus de 90 % d'eau et il lui reste à accumuler la matière sèche.

Pendant la phase de remplissage, les sucres solubles se condensent sous forme d'amidon. L'humidité du grain diminue pour atteindre 33 à 38 %. Les variétés tardives terminent leur remplissage à une humidité plus basse que les variétés précoces. A la fin de cette phase, les vaisseaux qui alimentent le grain s'obstruent. A l'insertion du grain sur la rafle, on observe un "point noir". Celui-ci indique que le stade pâteux est terminé. La récolte peut être effectuée. La durée de la phase floraison ■ maturité dépend peu de la variété.



3.1.3. - Ecologie

3.1.3.1. - Influence des facteurs édaphiques

Le maïs n'est pas trop exigeant au point de vue du sol grâce à son système racinaire puissant.

Le pH optimum est situé entre 6,5 et 7.

3.1.3.2. - Influence des facteurs climatiques

Température

La date de floraison et l'évolution de la teneur en matière sèche dans le grain dépendent de la somme de température reçue par la plante.

Les températures supérieures à 35°C et une hygrométrie faible nuisent à la vitalité du pollen, et les soies peuvent se dessécher.

Régime hydrique

Le cycle du maïs présente quatre périodes en fonction de ses besoins en eau :

- la plante n'est pas sensible à la sécheresse avant que l'apex ne soit à 20 cm du sol. Toutefois un stress hydrique sévère pendant cette période a des répercussions sur le nombre de rangées de grains sur l'épi.

Pendant cette phase, le K' , est de 0,6 (Clermont-Ferrand).

On a $ETM = 0,6 ETP$.

- pendant le mois qui suit (20 jours avant la floraison mâle et 10 jours après), c'est une période de grande sensibilité : 50 % des besoins en eau se situent pendant ces 30 à 40 jours. Denmead et Shaw (1960) ont montré que le stress hydrique réduit le rendement grain de 25 %, 50 %, 21 % selon que ce stress intervient avant, pendant ou après la floraison femelle. Durant les 40 jours les plus sensibles, le K' , est de 1 - $ETM = ETP$.

- pendant le mois qui suit, le manque d'eau a encore une influence mais c'est une période de moindre sensibilité.
- à partir du stade pâteux, l'irrigation est rarement nécessaire.
ETM = 0,5 ETP.

3.2. ▪ Matériels et Méthodes

3.2.1. ▪ Matériel génétique

L'objectif de l'étude est l'évaluation en plein champ pendant la saison pluvieuse des différentes réponses physiologiques de 13 variétés et leurs conséquences sur la productivité.

Treize génotypes dont 12 issus de la population Pool16 et correspondant à une gamme de sensibilité à la sécheresse ont été développés à l'I.I.T.A (International Institute of Tropical Agronomy)

- 1 . Pool16 DR C₀
- 2 . Pool 16 DR C₁
- 3 . Pool 16 DR C₂
- 4 . Kbsé 84 Pool 16 DR
- 5 . Kbsé 84 Pool 16 DS
- 6 . Kbsé 86 Pool 16 DR
- 7 . Kbsé 86 Pool 16 DS
- 8 . Fba 86 Pool 16 HD
- 9 . Early Pool 16 DR
- 10 . Across 86 Pool 16 DR
- 11 . SAFITA 2
- 12 . MAK A C1
- 13 . JFS C1

TRAITEMENT

N°	Variétés	N° Parcelles			
		R I	R II	R III	R IV " " "
1.	Pool 16 DR C ₀	4	23	36	49
2.	Pool 16 DR C ₁	3	25	39	41
3.	Pool 16 DR C ₂	12	22	28	51
4.	Kbsé 84 Pool 16 DR	7	15	29	52
5.	Kbsé 84 Pool 16 DS	11	19	30	42
6.	Kbsé 86 Pool 16 DR	13	24	37	45
7.	Kbsé 86 Pool 16 DS	10	20	34	44
8.	Fba 86 Pool 16 HD	9	21	38	40
9.	Early Pool 16 DR	6	14	27	47
10.	Across 86 Pool 16 DR	2	17	33	48
11.	SAFITA 2	8	26	35	43
12.	MAKA C ₁	1	18	31	50
13.	J F S C ₁	5	16	32	46

L'amélioration de la population de départ C_0 a été effectuée par sélection récurrente et **full-seeb**, et testée selon des critères agonomiques à la récolte.

3.2.2. ■ Dispositif expérimental

Le dispositif statistique (RCBD : Randomized Complete Bloc Design) est constitué de 4 blocs de Fisher. Chacun d'eux comprend, pour chaque génotype, une parcelle par traitement. Ceux-ci sont au nombre de 3 : irrigué ■ pluvial ■ semis décalé.

On obtient donc $13 \times 3 = 39$ parcelles par bloc, soit au total $39 \times 4 = 156$ parcelles en expérimentation.

Les traitements et génotypes sont répartis dans chaque bloc par une randomisation totale.

ESSAIS M A I S

3S	5s	7I	2I	3D	12D	8S	9I	4s	4 S	11I	2 D
3D	13D	6D	13D	I D	9D	5S	9D	6S	9I	10I	4 I
9I	7s	2s	12I	13I	10s	11 I	6I	13D	11D	8S	7D
8S	1S	11D	8I	8S	11D	13I	12I	10I	13S	10D	5D
6S	9D	12I	10I	11s	3s	8D	9S	8 I	11S	8D	1I
13S	13 I	1 I	9I	2D	2s	ID	3D	3S	5I	3D	6D
4S	4I	6I	7I	6I	7D	2s	12s	11s	13I	ID	5S
7D	4D	10S	1D	9S	3I	1S	7D	11D	12I	6I	6S
3I	10D	11I	6D	5D	5I	2D	6D	5I	4D	9S	3I
2D	5I	8D	13s	11I	7s	4I	7I	7s	2I	12s	3s
9S	11S	2I	5S	4D	10D	II	10D	4D	13D	2S	1S
5D	12S	10I	6S	8D	4I	10s	2I	13s	9D	8I	7I
8I	12D	ID	1s	4s	12s	12D	5D	3I	12D	7s	10S
BLOC I			BLOC II			BLOC III			BLOC IV		



PHOTO n°4: Problèmes de chlorose sur des parcelles
de maïs .

En cours d'expérimentation, les parcelles en semis décalé et celles contenant la variété JFS CI ont dû être abandonnées. Les premières pour des raisons d'incompatibilité entre la taille du dispositif expérimental et les tests physiologiques ; les deuxièmes pour des problèmes d'hétérogénéité du terrain. Le dispositif s'est donc réduit à 96 parcelles en expérimentation : 12 variétés x 2 traitements x 4 blocs.

Les parcelles sont indiquées sur le schéma ci-contre. Chaque parcelle comprend, pour chacun des 12 géotypes, 30 plantes. La longueur des lignes est de 3,5 m. La parcelle est constituée de trois lignes distantes de 0,80 m. La ligne utile est celle du milieu. La distance entre les poquets est de 0,50 m. Trois graines sont semées par poquet. Un démariage permet de laisser deux plants par poquet. Le calendrier de culture est le suivant :

'RAITEMENT	IRRIGUE et PLUVIAL	SEMIS DECALE
Semis	8/08	23/08
Resemis	5 jours après semis • 13/08	5 j. après semis 28/08
Démarrage + Sarclage	14 jours après semis • 22/08	14 j. après semis 6/09
Engrais	22 j. après semis 30/08 100 N - 40 P - 20 K	22 jours après semis 14/09 100 N - 40 P - 20K
Sarclage	29 jours après semis 6/09	33 j. après semis 25/09
Irrigation roir planning)	10 mm le 8/08 15 mm le 11/08	Abandon des parcelles
Récolte	91 jours après semis le 7/11	

PLANNING d'IRRIGATION

Les parcelles en traitement irrigué sont arrosées à partir de 80 % de satisfaction des besoins en eau, et les parcelles en traitement pluvial à partir de 40 %.

La satisfaction des besoins en eau, donnée par le programme “bipode”, est égale au rapport ETR/ETM ramené à la base 100.

L'ETM ou évapotranspiration maximale est exprimée en mm/jour ; c'est la quantité d'eau maximale évaporée journalièrement par une variété de plante donnée à un stade donné et sous un climat donné. Sa valeur dérive donc de deux paramètres :

* Le premier est l'ETP ou évapotranspiration potentielle qui mesure la demande climatique.

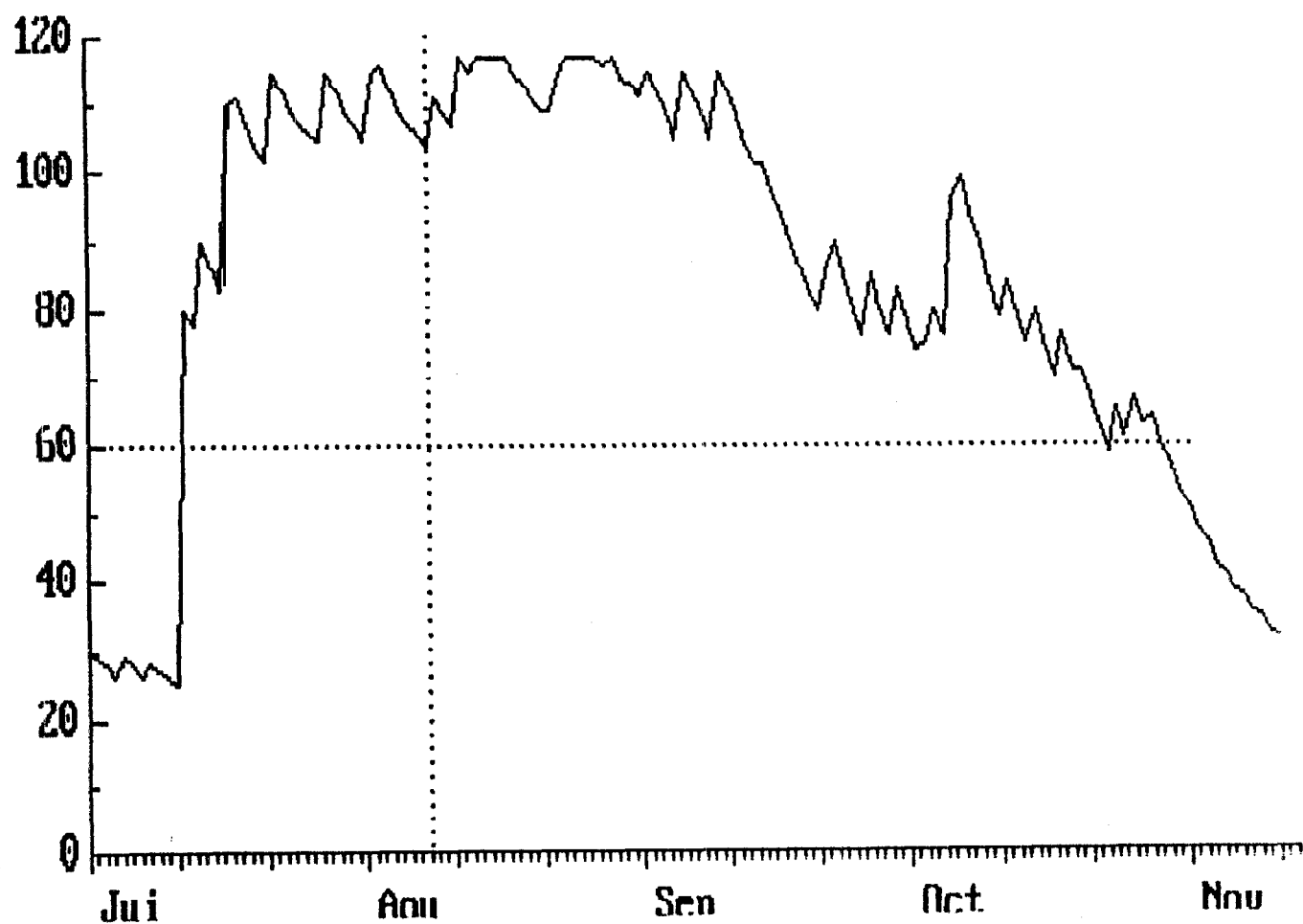
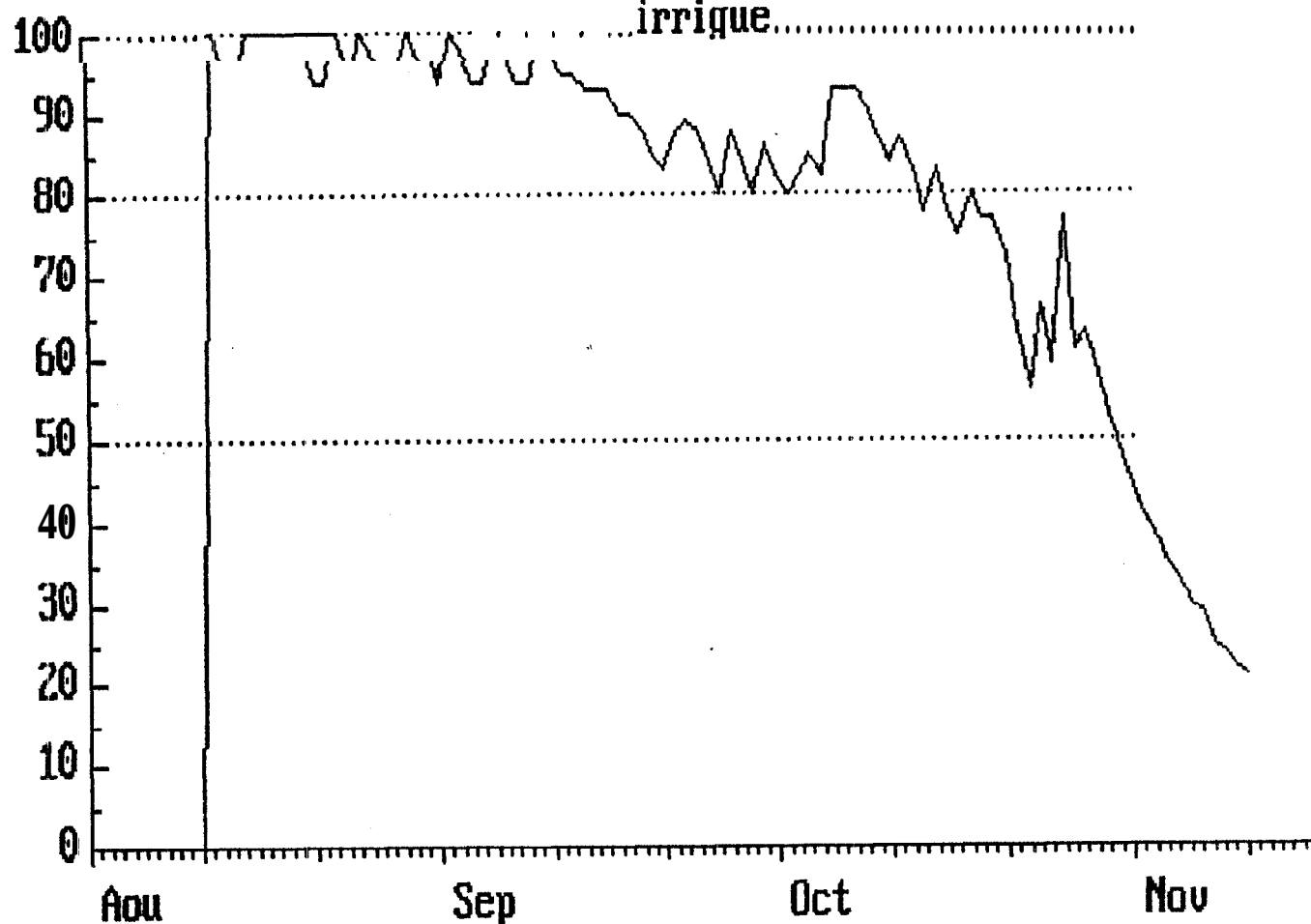
* La deuxième est le coefficient cultural ou K_c qui est déterminé pour une variété donnée et pour un stade de développement donné. K_c varie au cours du cycle similairement à la courbe de croissance.

L'ETM est égale au produit $K_c \times ETP$ ce qui signifie que la culture considérée à un moment précis du cycle est susceptible de “fournir” à l'atmosphère une partie de l'eau demandée. Si une plante est parfaitement alimentée en eau, elle évapotranspirera une quantité d'eau égale à l'ETM. Ceci est loin d'être le cas général, surtout en agriculture pluviale. La plante n'ayant pas suffisamment d'eau à sa disposition, elle n'évapotranspire pas une quantité d'eau égale à l'ETM. La quantité effectivement évapotranspirée est appelée ETR ou évapotranspiration réelle. L'ETM est donc la limite supérieure de l'ETR. Elle mesure les besoins en eau de la plante à un stade de développement donné (K_c) pour une demande évaporative donnée (ETP). Le rapport ETR/ETM mesure alors la satisfaction des besoins en eau de la plante.

DATES	IRRIGUE	PLUVIAL
21 / 09	10 mm	
22 / 09	10 mm	
26 / 09	7mm	
27 / 09	7mm	
28 / 09	5mm	
29 / 09	7mm	
30 / 09		7 mm
03 / 10	10 mm	
05 / 10		5 mm
11 / 10	10 mm	
12 / 10		5mm
14 / 10	10 mm	
16 / 10		5mm
17 / 10	10 mm	
18 / 10		5mm
19 / 10	5mm	
20 / 10		5mm
23 / 10	10 mm	
24 / 10		5mm
25 / 10	10 mm	
26 / 10		5mm
27 / 10	5mm	5mm

Mais de 90 jours, semé le 08/08/89

irrigue.....



ISFACTION JOURNALIERE (%)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	D
	ANNEE 89											
0	/	/	/	/	/	/	/	/	100	80	41	
1	/	/	/	/	/	/	/	/	97	82	38	
2	/	/	/	/	/	/	/	/	94	85	35	
3	/	/	/	/	/	/	/	/	94	82	33	
4	/	/	/	/	/	/	/	/	100	93	30	
5	/	/	/	/	/	/	/	/	97	93	29	
6	/	/	/	/	/	/	/	/	94	93	25	
7	/	/	/	/	/	/	/	/	94	91	24	
8	/	/	/	/	/	/	/	/	100	87	22	
9	/	/	/	/	/	/	/	/	97	84	21	
0	/	/	/	/	/	/	/	100	95	87	/	
1	/	/	/	/	/	/	/	100	95	83	/	
2	/	/	/	/	/	/	/	100	93	78	/	
3	/	/	/	/	/	/	/	100	93	83	/	
4	/	/	/	/	/	/	/	100	93	78	/	
5	/	/	/	/	/	/	/	100	90	75	/	
6	/	/	/	/	/	/	/	100	90	80	/	
7	/	/	/	/	/	/	/	100	88	77	/	
8	/	/	/	/	/	/	/	100	85	77	/	
9	/	/	/	/	/	/	/	34	83	72	/	
0	/	/	/	/	/	/	/	94	88	63	/	
1	/	/	/	/	/	/	/	100	89	56	/	
2	/	/	/	/	/	/	/	100	88	66	/	
3	/	/	/	/	/	/	/	100	84	59	/	
4	/	/	/	/	/	/	/	100	80	77	/	
5	/	/	/	/	/	/	/	100	88	61	/	
6	/	/	/	/	/	/	/	100	84	63	/	
7	/	/	/	/	/	/	/	100	80	58	/	
8	/	/	/	/	/	/	/	100	86	53	/	
9	/	/	/	/	/	/	/	100	82	48	/	
0	/	/	/	/	/	/	/	94		44	/	

RCELLE : MAISCERS CULTURE : MAIS90 irrigué SIMULATION DU
 TE PLUVIO. : bambey SITE ETP: bambey89 01/06/89 AU 10/11/89

KS HYDRIQUES JOURNALIERS (mm)

Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
ANNEE 89											
/	/	/	/	/	0	29	115	115	74	48	
/	/	/	/	/	0	28	116	112	75	46	
/	/	/	/	/	0	26	112	109	80	43	
/	/	/	/	/	0	29	109	105	76	41	
/	/	/	/	/	0	26	107	115	96	39	
/	/	/	/	/	0	26	106	112	99	38	
/	/	/	/	/	0	28	104	109	94	36	
/	/	/	/	/	0	27	111	105	89	35	
/	/	/	/	/	0	26	109	115	84	33	
/	/	/	/	/	0	25	107	112	79	32	
/	/	/	/	/	0	30	117	108	84	/	
/	/	/	/	/	0	78	115	104	79	/	
/	/	/	/	/	5	90	117	101	75	/	
/	/	/	/	/	3	86	117	101	80	/	
/	/	/	/	/	2	83	117	97	75	/	
/	/	/	/	/	12	110	117	94	70	/	
/	/	/	/	/	13	111	115	90	76	/	
/	/	/	/	/	9	107	113	86	71	/	
/	/	/	/	/	6	104	111	83	71	/	
/	/	/	/	/	4	102	109	80	67	/	
/	/	/	/	/	3	115	109	85	63	/	
/	/	/	/	/	2	112	115	90	59	/	
/	/	/	/	/	2	109	117	85	65	/	
/	/	/	/	/	9	107	117	80	61	/	
/	/	/	/	/	7	106	117	76	67	/	
/	/	/	/	/	5	105	117	85	63	/	
/	/	/	/	/	36	115	116	80	64	/	
/	/	/	/	/	32	112	117	76	60	/	
/	/	/	/	/	29	109	114	83	57	/	
/	/	/	/	/	30	107	113	78	53	/	
/	/	/	/	/		105	111		51	/	

ELLE

PLUVIO.

:

:

MAISCERS

bambey

CULTURE :

SITE ETP:

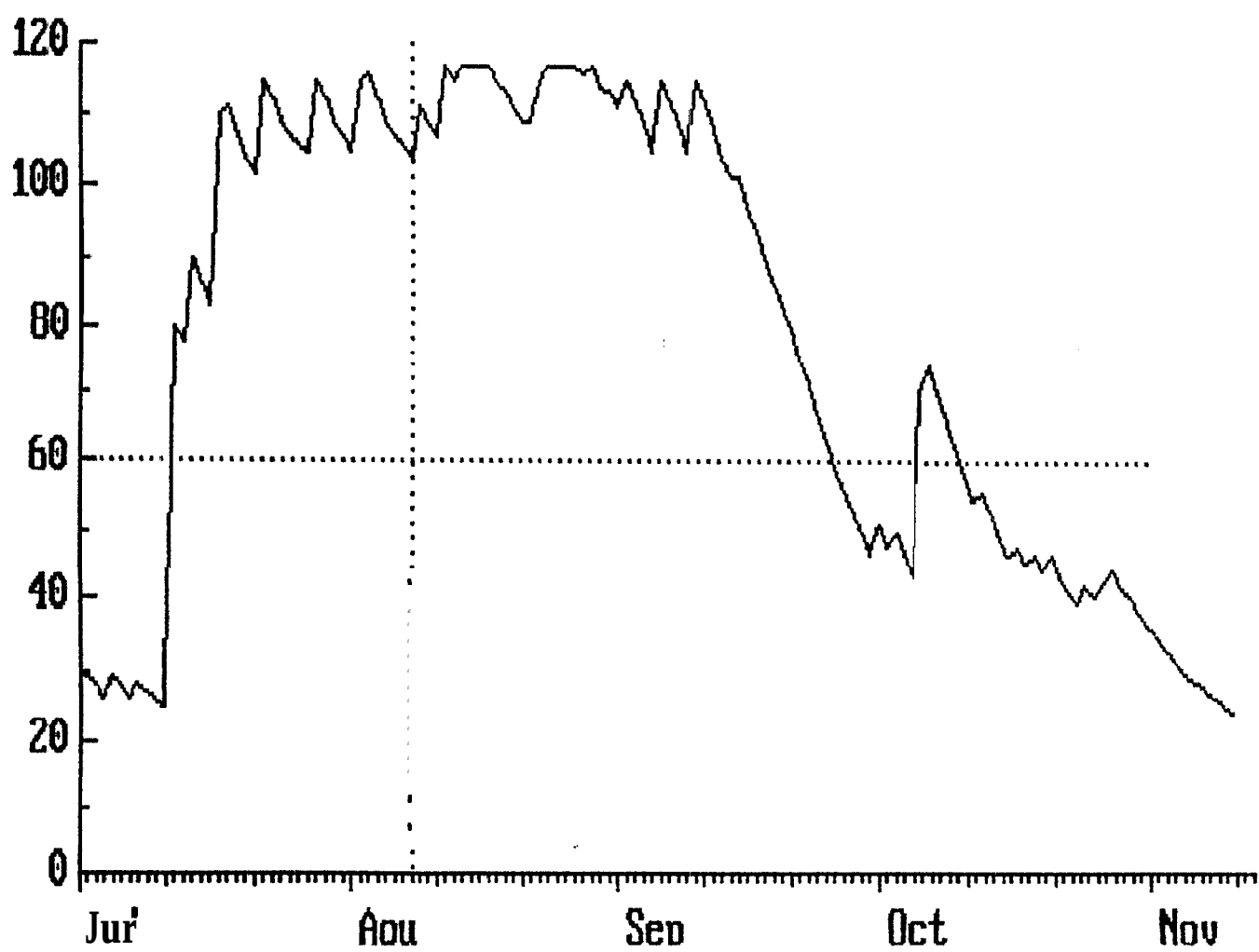
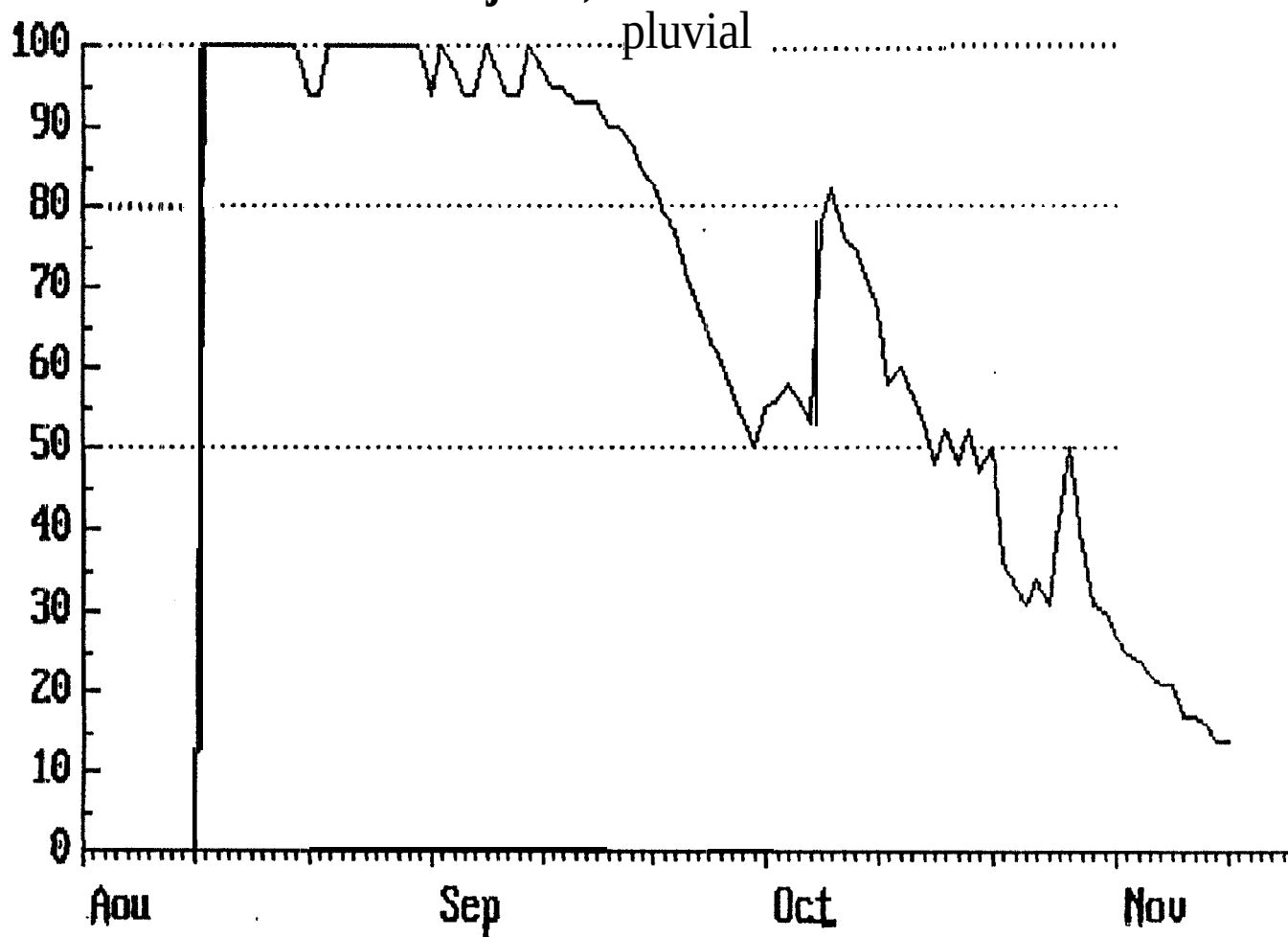
MAIS90 irrigué

bambey89

SIMULATION DU

01/06/89 AU 10/11/89

Nais de 90 jours; semé le 08/08/89



ISFACTION JOURNALIERE (%)

Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
ANNEE 89											
/	/	/	/	/	/	/	/	100	56	25	/
/	/	/	/	/	/	/	/	97	58	24	/
/	/	/	/	/	/	/	/	94	56	22	/
/	/	/	/	/	/	/	/	94	53	21	/
/	/	/	/	/	/	/	/	100	78	21	/
/	/	/	/	/	/	/	/	97	82	17	/
/	/	/	/	/	/	/	/	94	76	17	/
/	/	/	/	/	/	/	/	94	75	16	/
/	/	/	/	/	/	/	/	100	71	14	/
/	/	/	/	/	/	/	/	97	67	14	/
/	/	/	/	/	/	/	100	95	58	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	95	60	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	93	57	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	93	53	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	93	48	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	90	52	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	90	48	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	88	52	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	85	47	/	/
/	/	/	/	/	/	/	94	83	50	/	/
/	/	/	/	/	/	/	94	79	36	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	77	33	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	71	31	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	68	34	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	64	31	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	61	41	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	57	50	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	54	38	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	50	31	/	/
/	/	/	/	/	/	/	100	55	30	/	/
/	/	/	/	/	/	/	34		27	/	/

CELLE : MAISPSCS CULTURE : MAIS90 pluvial SIMULATION DU
 E PLUVIO. : bambey SITE ETP: bambey89 01/06/89 AU 10/11/89

KS HYDRIQUES JOURNALIERS (mm)

Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
ANNEE 89											
/	/	/	/	/	0	29	1.15	115	48	36	
/	/	/	/	/	0	23	116	112	50	34	
/	/	/	/	/		26	112	109	47	33	
/	/	/	/	/	01	29	109	105	44	31	
/	/	/	/	/	0	28	107	115	70	30	
/	/	/	/	/	0	26	106	112	74	29	
/	/	/	/	/		28	104	109	70	28	
/	/	/	/	/	00	27	111	105	66	27	
/	/	/	/	/	0	26	109	115	62	26	
/	/	/	/	/	00	25	107	112	58	2.5	
/	/	/	/			80	117	108	55	/	
/	/	/	/	/		78	115	104	56	/	
/	/	/	/	/	05	90	117	101	53	/	
/	/	/	/	/		86	117	101	49	/	
/	/	/	/	/	32	83	1.17	97	47	/	
/	/	/	/	/	12	110	1.17	94	48	/	
/	/	/	/	/		111	1.15	90	46	/	
/	/	/	/	/	13.9	107	113	86	47	/	
/	/	/	/	/		104	111	83	45	/	
/	/	/	/	/	64	102	109	80	47	/	
/	/	/	/	/	3	115	109	75	44	/	
/	/	/	/	/		112	115	71	42	/	
/	/	/	/	/	2	109	1.17	67	40	/	
/	/	/	/	/		107	117	63	43	/	
/	/	/	/	/	97	106	117	59	41	/	
/	/	/	/	/	5	105	1.17	56	43	/	
/	/	/	/	/	36	115	1.16	53	45	/	
/	/	/	/	/		112	117	50	43	/	
/	/	/	/	/	32.29	109	114	47	41	/	
/	/	/	/	/	30	107	113	51	39	/	
/	/	/	/			105	111		37	/	

ELLE

:

MAIS

PSCS

CULTURE :

MAIS90

pluvial

SIMULATI

ON DU

PLUVIO.

:

bambey

SITE

ETP:

bambey89

01/06/89

AU

10/11/89

3.2.3. ■ Tests physiologiques et paramètres étudiés : agronomiques et physiologiques

3.2.3.1. ■ Paramètres agronomiques

- Hauteur des plants à 30 jours
à 45 jours
à 60 jours
à 60 jours $\times$ ¹
à 70 jours
- Floraison mâle : jour où 50 % des panicules de la parcelle sont en fleur.
- Floraison femelle : jour où 50 % des soies sont sorties.
- Ecart entre floraison mâle et femelle
- Hauteur des épis
- Nombre d'épis récoltés
- Pourcentage d'humidité des grains
- Nombre de grains par m²
- Poids de 1000 grains
- Rendement
- Rapport grains/rafles
- Ecart maturité physiologique - floraison femelle.

Tous ces paramètres doivent nous permettre d'observer les comportements des différents génotypes dans les conditions de Bambey d'une part, et en situation de stress hydrique d'autre part (traitement pluvial).

3.2.3.2. ■ Tests physiologiques

* Porométrie

La méthode de porométrie effectuée à l'aide du II-COR 1600 permet l'étude de la transpiration et de la résistance stomatique.

La feuille de l'épi jouant un rôle très important lors de la mise en place de la production, c'est elle que l'on choisit pour les mesures. En effet, c'est par elle que transitent tous les assimilats permettant le remplissage des grains.

La technique de mesure par le LI-COR est la suivante : une chambre renferme le matériel végétal d'une surface de 2 cm² à travers laquelle passe un gaz. Celui-ci a au préalable traversé une colonne de silicagel (dessicant) à un flux F (cm³/sec.) afin de maintenir l'humidité h dans la chambre. Si la densité de vapeur dans l'air est Ca et la densité de vapeur sur les surfaces d'évaporation de la feuille Ce, alors le taux de perte d'eau par unité de surface de la feuille est donné par l'équation : $T = (Ce - Ca) / r$

avec T = taux de transpiration (g. cm⁻², sec-t)

r = résistance stomatique (S.cm⁻¹)

r varie en fonction du potentiel hydrique foliaire, de la lumière et de la concentration en CO₂. Le taux de perte d'eau de la feuille dans la chambre est :

$$T = FCa/A$$

avec A = 2 cm²

F en cm³/sec

La résistance à la diffusion (ou résistance stomatique) est :

$$r = \frac{Ce - Ca}{F}$$

$$\frac{Ce}{Ca} = \frac{1}{h} \quad h = \text{humidité relative}$$

$r = \frac{1}{h - 1} \cdot \frac{2}{F}$

La résistance stomatique est ainsi définie par :
gradient de densité de vapeur d'eau

$$r = \frac{\text{gradient de densité de vapeur d'eau}}{\text{transpiration}}$$

Le gradient de densité est déterminé par la température de la feuille, la température de la cuve et son humidité relative (mesurées par le LI-COR).

Le LI-COR permet de minimiser les perturbations de l'environnement de la feuille (lumière, humidité relative, température ambiante, température de la feuille) afin d'effectuer des mesures de la transpiration et de la résistance stomatique les plus fiables possible. Plus les mesures se font rapidement et moins la feuille a le temps de répondre à une perturbation de son environnement par la fermeture de ses stomates (variation du taux de CO_2).

Le LI 1600 permet les mesures des paramètres suivants :

Résistance stomatique : $\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$

Transpiration : $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

Quantum : $\text{E} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$

Humidité relative : %

Température feuille : $^{\circ}\text{C}$

Température cuve : $^{\circ}\text{C}$

Flux : $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

Ouverture de la pince : cm^2

Pression : KPa

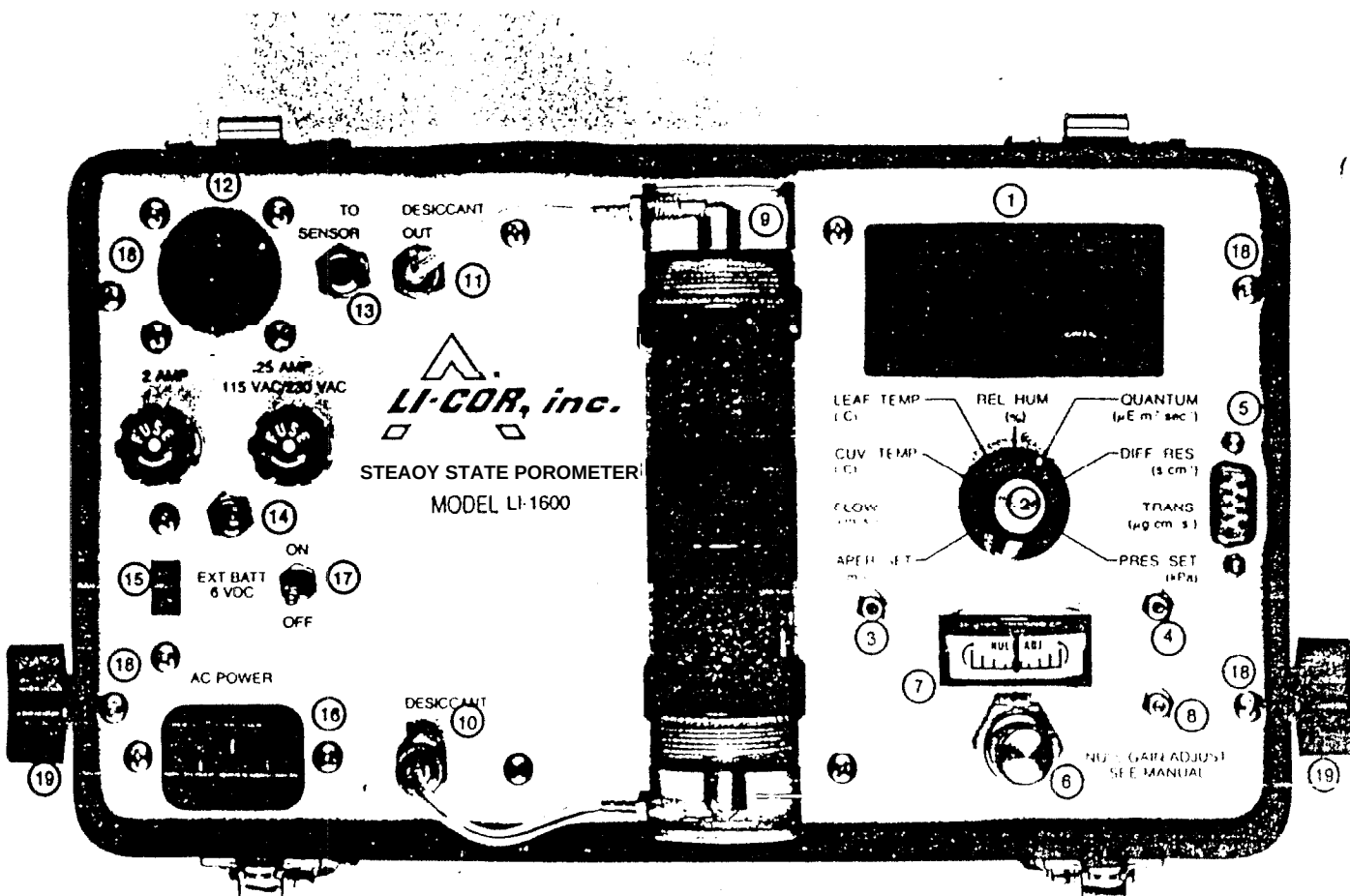


Figure Readout - Control Console

- | | | | |
|----|-----------------------------------|----|--------------------------------|
| 1 | Display | 11 | Desiccant Out |
| 2 | Readout - Control Function Switch | 12 | Sensor Head Cable Connector |
| 3 | Aperture Set Potentiometer | 13 | Sensor Head Hoseline Connector |
| 4 | Pressure Set Potentiometer | 14 | External Battery Jack |
| 5 | Data Output Connector | 15 | Voltage Selection Switch |
| 6 | Null Adjust Valve | 16 | AC Power Plug |
| 7 | Null Adjust Indicator | 17 | On - Off Switch |
| 8 | Null Gain Adjust Potentiometer | 18 | Panel - Connection Screws |
| 9 | Pre-Dryer Desiccant Park | 19 | Panel Strap Connections |
| 10 | Desiccant In | | |

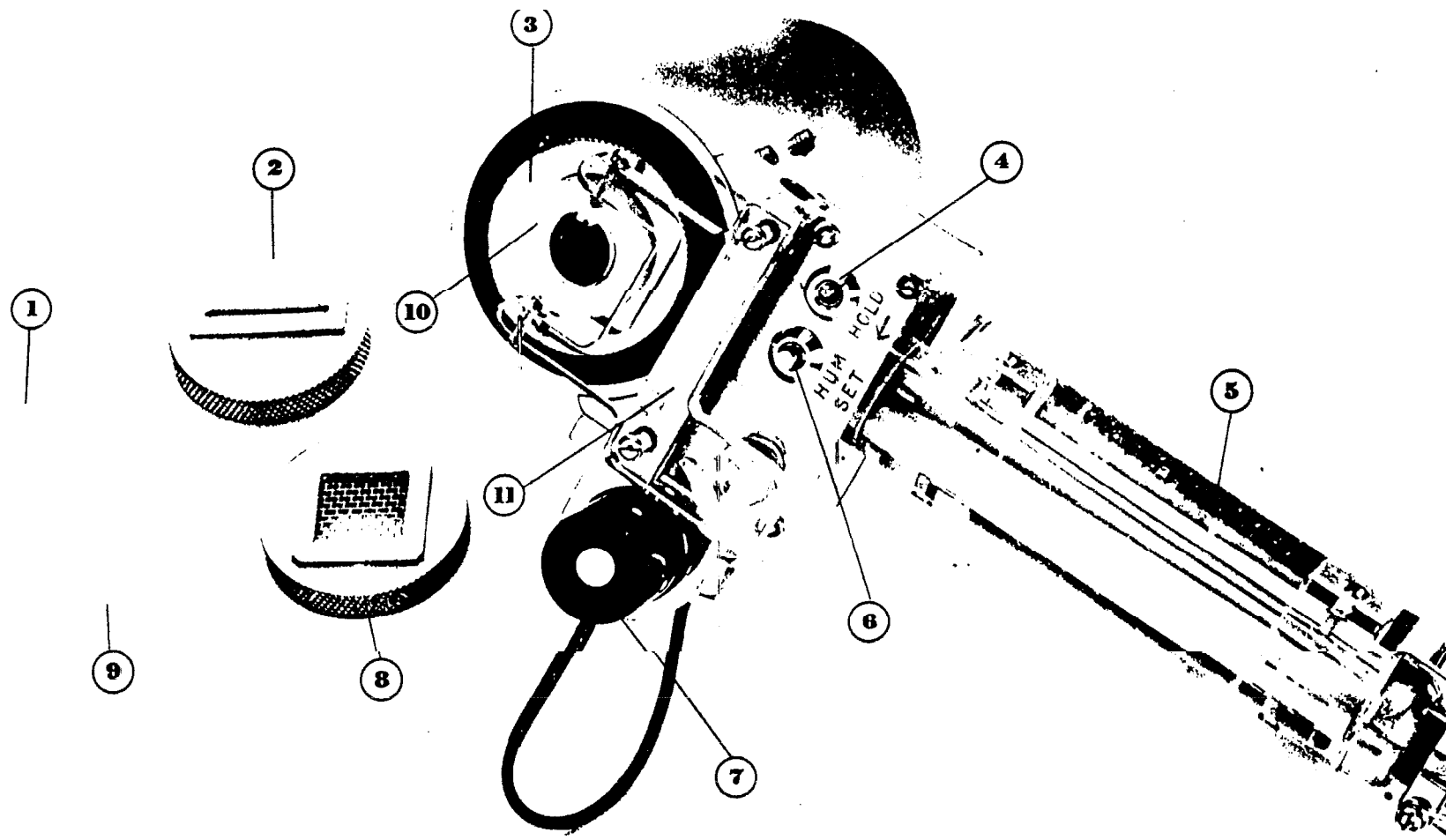


Figure Sensor Head, Narrowleaf and Conifer options.

① Narrowleaf Clamp

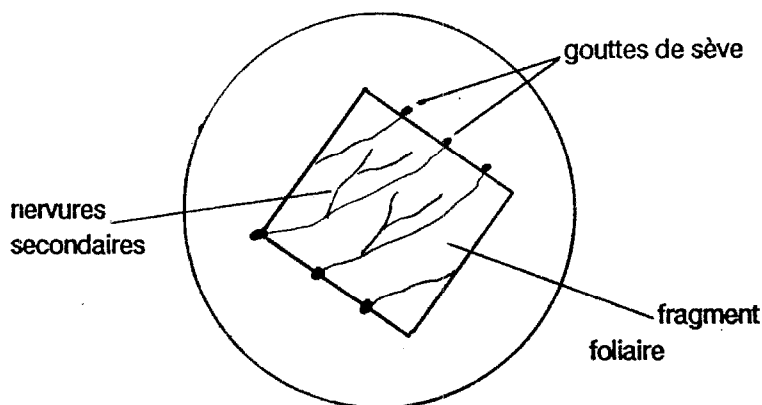
④ Hold Switch

⑧ Square Chamber Aperture Cap

* Potentiel hydrique foliaire

La mesure du potentiel hydrique foliaire au Ψ s'effectue à l'aide de la pressa hydraulique. Lorsque la feuille transpire à **régime** constant, la **quantité** d'eau perdue est estimée égale à la quantité de **sève** véhiculée par le xylème dans le pétiole, et le potentiel hydrique foliaire identique en tous points. La pression requise pour amener le potentiel du tissu à zéro est égale au signe près (•) à la valeur du potentiel hydrique de la feuille avant sa mise sous pression.

Cette pression est exercée par l'intermédiaire d'une membrane souple qui comprime la-feuille contre une plaque en plexiglass. Afin de mieux visualiser la sortie de la sève du xylème, le morceau de feuille est placé sous une rondelle de papier filtre. Celui-ci se trouve entre le fragment foliaire et la plaque en plexiglass. La pression appliquée est lue sur un manomètre. Lorsque l'on détecte l'apparition de gouttes de sève sur le papier filtre au niveau des sections des nervures secondaires, la pression appliquée est alors égale à la valeur absolue du potentiel hydrique foliaire.



* Résistance protoplasmique

La technique d'évaluation de la résistance des membranes à des chocs osmotiques et thermiques est identique à celle utilisée pour l'arachide (voir paragraphe 2.2.3.).

PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES ETUDIES	
Résistance stomatique	S. cm ⁻¹
Température foliaire	° C
Transpiration	g. cm ⁻² . sec-l
Potentiel hydrique foliaire	bars
Résistance protoplasmique	% intégrité absolue % dégâts absolus

3.3. ■ Résultats et Discussion

3.3.1. ■ Caractères Agronomiques

Concernant les paramètres de croissance végétative, des différences très hautement significatives sont mises en évidence entre les génotypes ($\alpha \leq 1\%$) à partir de 45 jours après le semis. Il en est de même pour les paramètres de floraison (voir tableau résultats agronomiques).

Pour les paramètres : maturité physiologique et écart maturité-floraison femelle, une variabilité génétique est mise en évidence. De plus, on observe un effet traitement significatif pour ces deux paramètres. Les variétés ont donc pour chaque traitement un comportement physiologique différent. D'autre part, la hiérarchie entre les génotypes est distincte en condition irriguée et stressée.

Les variétés ont donc pour chaque traitement un comportement physiologique différent. Par ailleurs, la hiérarchie entre les génotypes est distincte en condition irriguée et stressée. Ceci est un point intéressant puisqu'une variété qui raccourcit sa période floraison femelle: maturité physiologique en condition défavorable présente une sensibilité moindre. En effet, les périodes de pollinisation et de formation des grains (en particulier la phase de division cellulaire de l'endosperme) représentent des phases de besoins en eau importants. L'objectif de la sélection est donc d'obtenir des variétés capables de raccourcir cette période de sensibilité extrême.

Pour les paramètres du rendement, aucune différence significative n'est mise en évidence entre les génotypes. Par contre un effet traitement significatif est observé. Il est à noter que ces derniers résultats sont soumis à discussion. En effet, des problèmes d'hétérogénéité du terrain et de chlorose ont fortement compromis la production de certaines parcelles. Les résultats sont alors difficilement fiables.

Les corrélations entre les différents paramètres sont établies par traitement. En condition irriguée, la corrélation entre le poids des grains et le nombre de grains/m² est élevée et très hautement significative ($\alpha \leq 1\%$). D'autre part, la floraison femelle est reliée au poids des grains par une corrélation négative significative ($\alpha \leq 5\%$)

En condition de stress hydrique, six corrélations apparaissent intéressantes. La première relie la maturité physiologique au poids des grains. La corrélation est négative et hautement significative. La même relation lie la maturité physiologique au nombre de grains/m². Ces deux corrélations nous montrent que plus la maturité physiologique est tardive en condition de stress hydrique, et plus la production est faible. D'autre part, la floraison femelle est corrélée négativement avec le poids des grains et le nombre de grains/m² de façon significative. La floraison mâle est reliée avec le nombre de grains/m² toujours de façon négative. Ceci met en évidence l'importance de la date de floraison par rapport au cycle de la plante et de la date de maturité physiologique. En effet, les plantes, en condition défavorable, ont une meilleure productivité lorsqu'elles ont la capacité d'avancer la date de la floraison et celle de la maturité physiologique. La période de forte sensibilité se trouve alors réduite et les conséquences d'un stress hydrique sur la production sont moindres.

Les trois corrélations négatives de l'écart MP/Floraison femelle avec: les paramètres du rendement confirment cette constatation même si elles ne sont pas significatives à 5 %.

RESULTATS AGRONOMIQUES

Hauteur Plants 30 j.	Hauteur Plants 45 j.	Hauteur Plants 60 j.	Hauteur Plants 70 j.	Hauteur Epis à 60 j.	Floraison ♂	Floraison ♀	M P	Ecart MP / Flo ♀
NS 14'47%	** 8,01 %	*** 8,76 %	** 8,01 %	*** 9,81 %	*** 3,03 %	**** 2,41 %	*** 3,08 %	*** 6,18 %
Effet Traitement ***							Effet Traitement ***	Effet Traltement ***

PARAMETRES de RENDEMENT

Nombre Epis récoltés	Poids grains	Poids grains t rafles	Poids des 1000 grains	% grains	Nb grains au m²	% Hum	
N S	NS	N S	N S	N S	NS	NS	Effet Variétal
*	***	***	***	N S	***	*	Effet Traitement
10,26	24,47	20,86	12,76	7,76	22,97	17,97	CV en %

ESTIMATION des COEFFICIENTS de CORRELATION

[illegible]

ESTIMATION des COEFFICIENTS de CORRELATION ■ TRAITEMENT IRRIGUE

	Poids des Grains	Poids 1000 grains	Nb grains /m ²	Floraison ♂	Floraison ♀	Ecart MP-FI ♀
MP	0,049 NS	0,176 NS	0,013 NS	0,456 NS	0,352 NS	0,955 ***
Poids des Grains		0,046 NS	0,906 ***	- 0,433 NS	- 0,58 *	0,235 NS
Poids 1000 grains			0,048 NS	-0,396 NS	-0,432 NS	0,324 NS
Nb de grains/m ²				-0,274 NS	■ 0,428 NS	0,146 NS
Floraison ♂					0,933 ***	0,192 NS
Floraison ♀						0,06 NS

ESTIMATION des COEFFICIENTS de CORRELATION • TRAITEMENT STRESSE

	Poids des Grains	Poids 1000 grains	Nb grains /m ²	Floraison ♂	Floraison ♀	Ecart MP-FI ♀
MP	-0,713 **	• 0,483 NS	• 0,7 *	0,46 NS	0,518 NS	0,924 ***
Poids des Grains		0,662 *	0,897 ***	• 0,491 NS	• 0,851 *	• 0,532 NS
Poids 1000 grains			0,289 NS	0,021 NS	• 0,145 NS	• 0,493 NS
Nb de grains/m ²				• 0,578 *	• 0,888 *	-0,501 NS
Floraison ♂					0,952 ***	0,105 NS
Floraison ♀						0,151 NS

ESTIMATION des COEFFICIENTS de CORRELATION - TRAITEMENT IRRIGUE

	Nb épis	Poids grains	Poids épis	Poids 1000 grains	% grains	Nb grains/m2
M P	0,35 NS	0,049 NS	0,232 NS	0,176 NS	-0,418 NS	0,013 NS
Nb épis		0,462 NS	0,524 NS	0,006 NS	0,176 NS	0,547 NS
Poids grains			0,964 ***	0,46 NS	0,637 *	0,906 ***
Poids épis				0,422 NS	0,423 NS	0,894 ***
Poids 1000 Grains					0,355 NS	0,048 NS
% grains						0,535 NS

ESTIMATION des COEFFICIENTS de CORRELATION - TRAITEMENT STRESSE

	Nb épis	Poids grains	Poids épis	Poids 1000 grains	% grains	Nb grains/m2
M P	- 0,271 NS	- 0,769 **	- 0,703 **	- 0,524 NS	- 0,886 NS	- 0,737 **
Nb Epis		0,445 NS	0,553 NS	0,362 NS	- 0,047 NS	0,34 NS
Poids grains			0,936 ***	0,662 *	0,519 NS	0,897 ***
Poids épis				0,616 *	0,194 NS	0,856 ***
Poids 1000 Grains					0,45 NS	0,289 NS
% grains						0,88 NS

3.32. ■ Caractères Physiologiques

Les résultats des mesures de trois blocs (le quatrième étant trop affecté par l'hétérogénéité du terrain) ont été rassemblés en une analyse factorielle à 4 facteurs :

- Echantillon
- Bloc
- Traitement
- Variété

Pour les mesures effectuées la première semaine des tests (du 9/10 au 13/10), aucune différence significative entre les génotypes n'est mise en évidence au niveau de la transpiration, de la résistance stomatique et de la température foliaire. En ce qui concerne la conductance et la pression mesurée à la presse hydraulique (le potentiel hydrique foliaire est relié à cette pression par : $(\Psi_F = -0,69 P_{PH})$, il existe une différence entre les génotypes hautement significative ($\alpha \leq 1\%$). De plus, un effet bloc et un effet traitement sont observés.

Lorsque l'on examine le comportement des variétés en conditions irriguée d'une part et stressée d'autre part, la variété SAFITA 2 apparaît la moins sensible à la sécheresse puisque sa conductance diminue peu en condition de stress.

Ceci lui permet de conserver une activité photosynthétique compatible avec une bonne production en situation défavorable. Les variétés Kbsé 84 Pool 16 DS et Early Pool 16 DR réagissent toutes les deux de façon semblable : par une diminution importante de la conductance en condition de stress.

Pour le paramètre du potentiel hydrique foliaire, les trois variétés subissent une baisse du potentiel d'amplitude semblable en situation défavorable. Toutefois la variété Early Pool 16 DR conserve un potentiel hydrique foliaire plus élevé que les deux autres variétés.

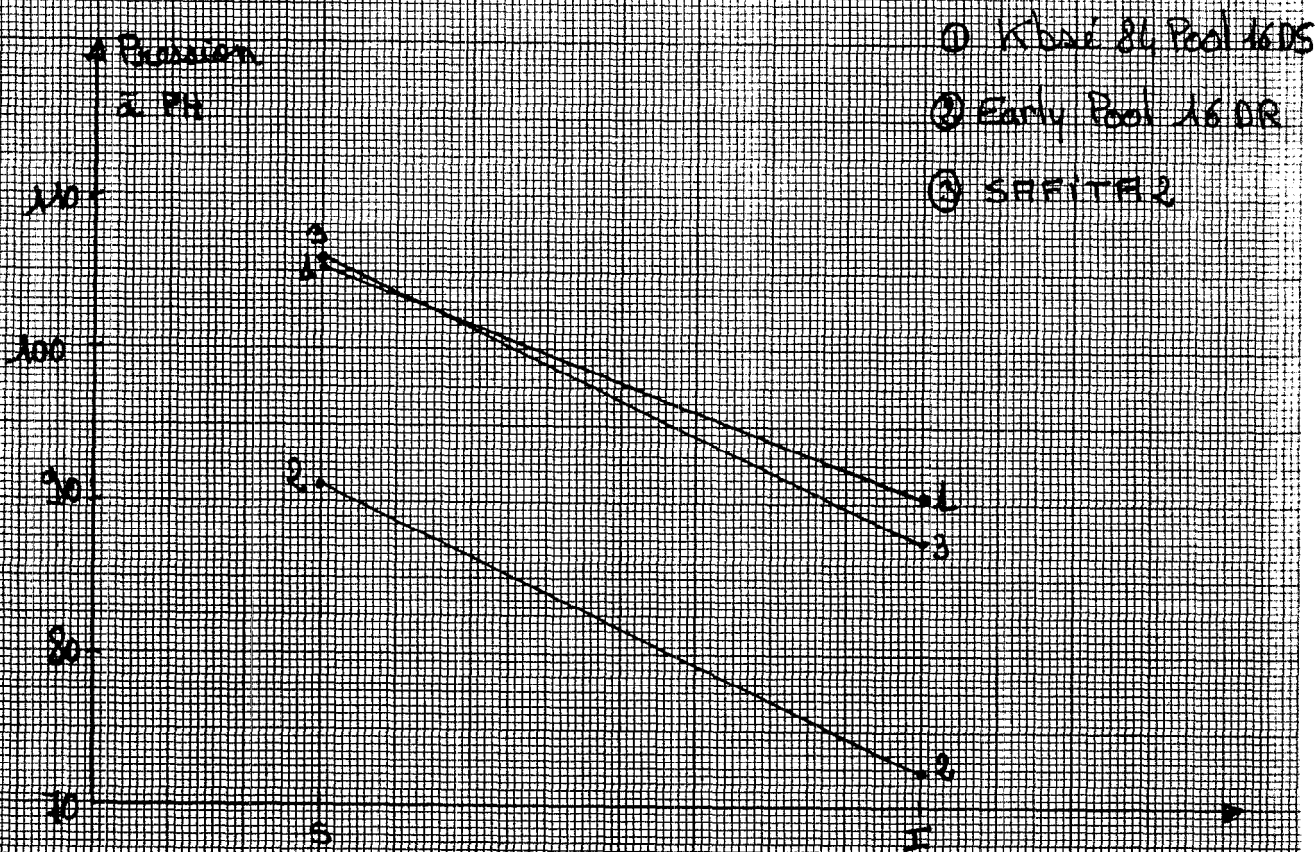
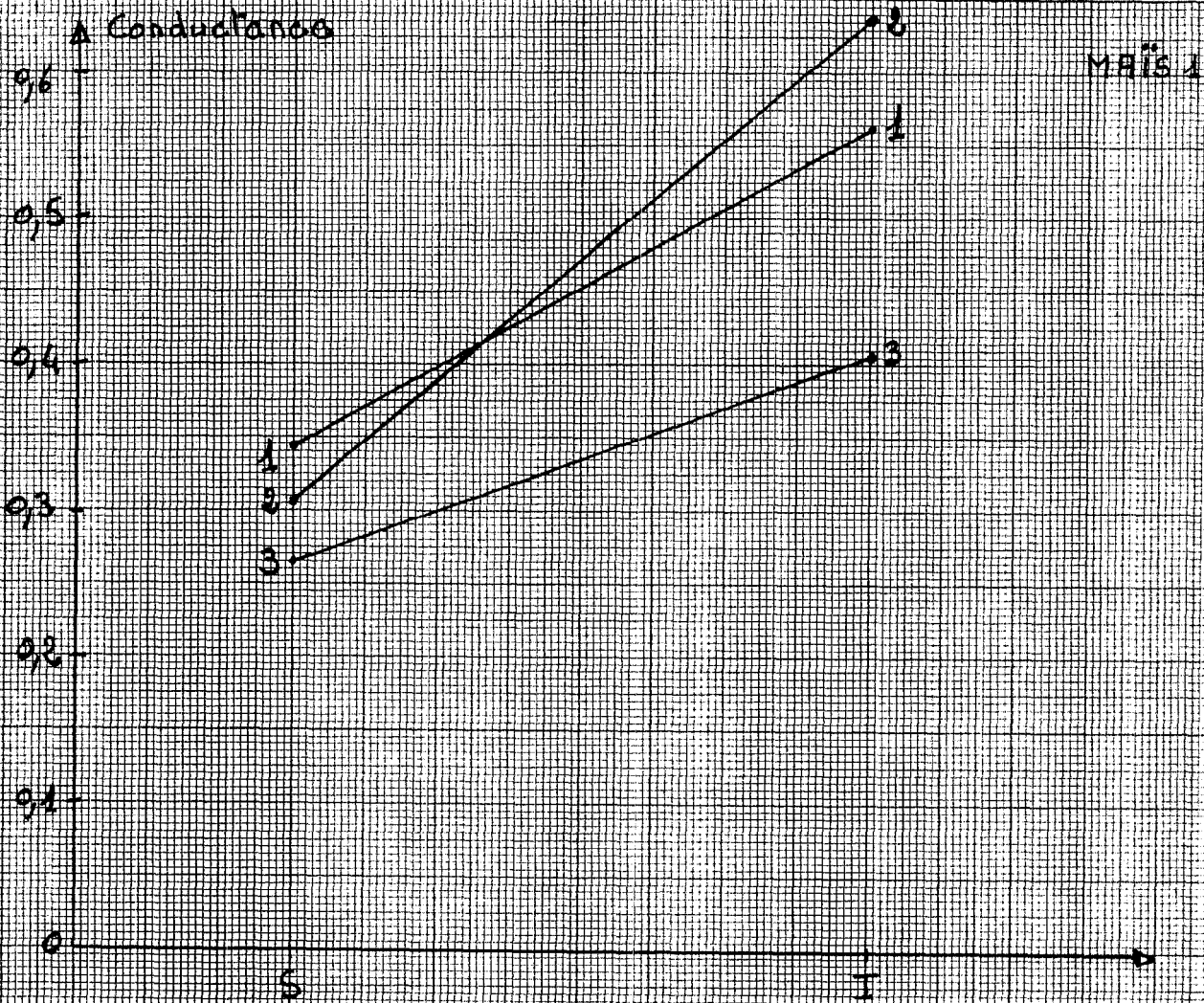
L'association des deux analyses fait apparaître les qualités de la variété SAFITA 2 qui diminue peu sa conductance pour un potentiel hydrique foliaire faible.

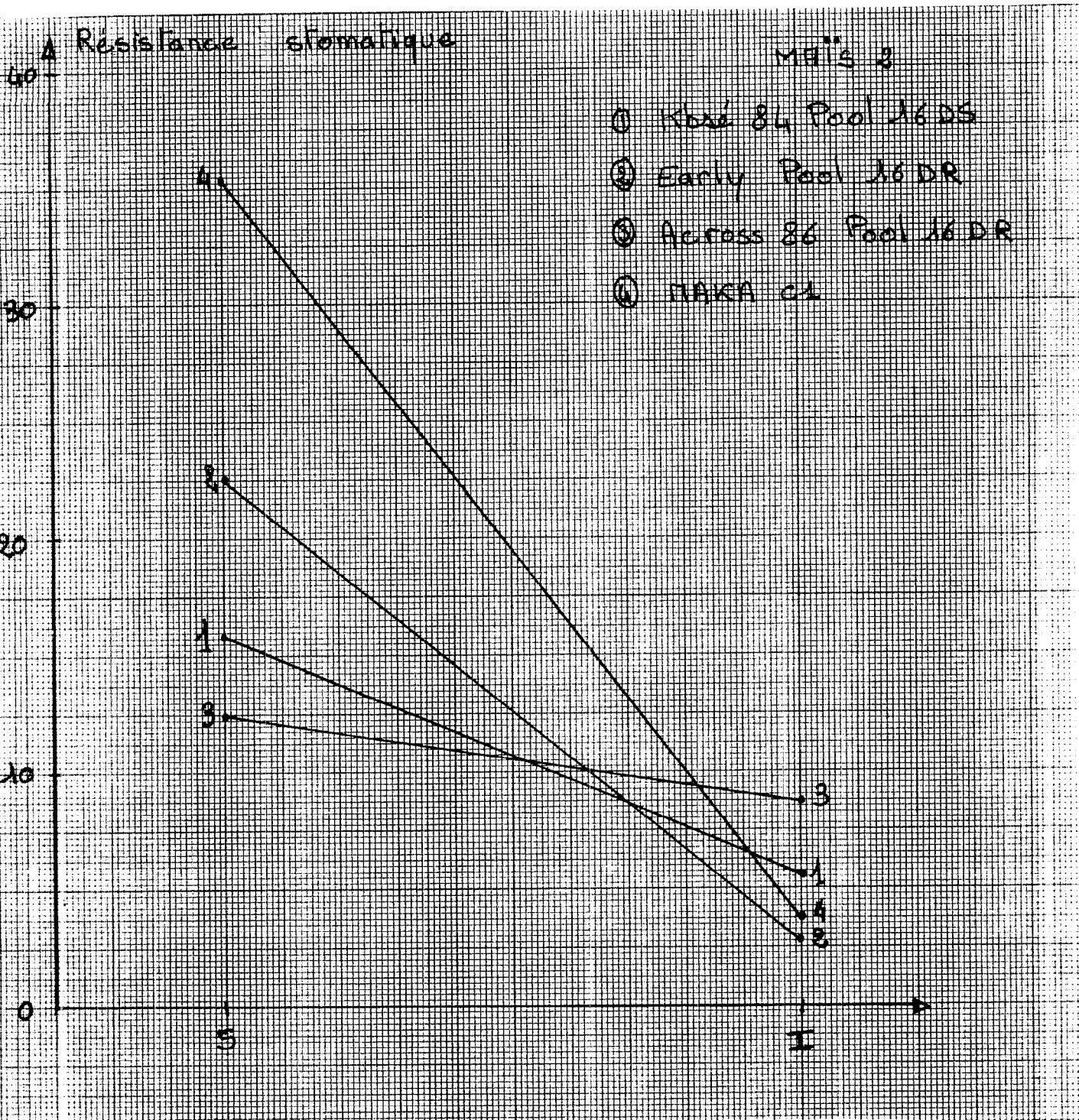
Les analyses des résultats physiologiques de la 2e semaine de tests (du 16/10 au 20/10) mettent en évidence une différence entre les génotypes hautement significative uniquement pour la résistance stomatique. Toutefois une interaction Bloc * Traitement nous oblige à considérer cette analyse avec réserve. En ce qui concerne la conductance, la présence d'une interaction Bloc * Variété rend les résultats inutilisables.

Le tracé du comportement des variétés selon les traitements, pour la résistance stomatique fait apparaître la stabilité de la variété Across 86 Pool 16 DR en condition de stress. Les qualités de cette variété sont confirmées par l'analyse de la résistance protoplasmique qui varie peu d'un traitement à l'autre. Ceci renforce les résultats du sélectionneur. En effet, la sélection a été effectuée de façon indirecte (par analyse des performances agronomiques des différents génotypes). Ainsi la variété Across 86 POOL 16 DR confirme par les caractères physiologiques ses qualités de résistance à la sécheresse..

La variété MAKI CI apparaît la plus sensible en situation défavorable. Les variétés Early Pool 16 DR et Kbsé 84 Pool 16 DS réagissent de façon intermédiaire.

Il est à noter que les tests physiologiques n'ayant pas été effectués dans des conditions rigoureuses, les résultats sont à interpréter avec beaucoup de précaution.





a file **MAIS1**
 le: Etude physiologique sur 3 variétés
 action: FACTOR
 a case no. 1 to 180
 hout selection

- ① Kbaé 84 Pool 16 DS
- ② Early Pool 16 DR
- ③ SAFITA 2

torial ANOVA for the factors:
 iable 4 with values from 1 to 10
 antillon
 iable 2 with values from 1 to 3
 oc
 iable 3 with values from 1 to 2
 itement
 iable 1 with values from 1 to 3
 iété

iable 5
 rnspiration

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

le	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	9	179.66	19.962	1.21	.291
2	A	2	1.36	0.682	0.04	
4	B	1	544.06	544.064	33.04	.000 ✓
6	AB	2	20.40	10.199	0.62	
8	C	2	85.80	42.898	2.61	.077
10	AC	4	122.27	30.569	1.86	.120
2	BC	2	20.71	10.355	0.63	
4	ABC	4	528.80	132.199	8.03	.000 ✓
5	Error	153	2519.15	16.465		

efficient of Variation= 52.36 %

iable 6
 distance stomatique

ANALYSIS OF VARIANCE , TABLE

e	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	9	1105.81	122.867	1.66	.103
2	A	2	228.46	114.232	1.54	.216
4	B	1	621.91	621.910	8.40	.004
6	AB	2	6.15	3.076	0.04	
8	c	2	293.77	146.887	1.98	.140
10	AC	4	320.12	80.030	1.08	.367
2	BC	2	288.57	144.284	1.95	.145
4	ABC	4	1383.96	345.991	4.67	.001
5	Error	153	11325.28	74.021		

efficient of Variation= 153.58%

Table 7
Température foliaire

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE					
Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
Rep	9	11.65	1.295	0.91	
A	1	117.07	58.536	41.36	.000
		18.95	18.948	13.39	.000
AB	2	15.39	7.695	5.44	.005
C	2	35.66	17.830	12.60	.000
AC	4	20.86	5.215	3.68	.006
ABC	4	22.43	11.217	7.93	.000
		78.97	19.742	13.95	.000
Error	153	216.56	1.415		
Coefficient of Variation=		3.40%			

Table 8
Potentiel hydrique

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE					
Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
Rep	9	7022.36	780.262	1.58	.126
A	2	38926.94	19463.472	39.37	.000
B	1	13606.81	13606.806	27.52	.000
AB	2	1085.28	542.639	1.10	.336
C	2	9560.28	4780.139	9.67	.000
AC	4	4558.89	1139.722	2.31	.060
BC	2	138.61	69.306	0.14	
ABC	4	20050.56	5012.639	10.14	.000
Error	153	75635.14	494.347		
Coefficient of Variation=		24.16%			

Table 9
ductance

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Probability	
Rep	9	0.74	0.082	11.54	.139	
A	2	0.37	0.183	3.43	.035	
B	1	2.39	2.386	44.66	.000	
AB	2	0.13	0.063	1.17	.312	
C	2	0.68	0.338	6.33	.002	
AC	4	0.52	0.129	2.42	.050	
BC	2	0.28	0.139	2.60	.077	
ABC	4	1.92	0.479	8.97	.000	
Error	153	8.17	0.053			

Coefficient of Variation = 55.08%

afile **MAIS2**
 le: mesures physiologiques deuxième semaine

ction: FACYQR
 a case no. 1 to 192
 hout selection

- ① Kbae' 84 Pool 16 DS
- ② Early Pool 16 DR
- ③ Across 86 Pool 16 DR
- ④ MAKA C1

torial ANOVA for the factors:
 iable 4 with values from 1 to 8
 antillon
 iable 2 with values from 1 to 3
 c
 iable 3 with values from 1 to 2
 itement
 iable 1 with values from 1 to 4
 iété

iable 5
 Inspiration

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

de	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	7	69.45	9.921	0.70	
2	A	2	132.88	66.439	4.71	.010 *
4	a	1	1308.03	1308.028	92.77	.000 ***
6	AB	2	46.45	23.223	1.65	.195
8	C	3	132.56	44.188	3.13	.027 *
10	AC	6	187.69	31.282	2.22	.043 *
12	BC	3	351.27	117.090	8.30	.000 ***
14	ABC	6	285.32	47.554	3.37	.003 **
15	Error	161	2270.00	14.099		

Coefficient of Variation= 69.14%

riable 6
 sistance stomatique

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

de	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep Echant	7	780.16	111.451	0.63	
2	A Bloc	2	1488.54	744.268	4.23	.016 *
4	B Trait ^r	1	12745.95	12745.949	72.38	.000 ***
6	AB Bloc * Trait ^r	2	1950.05	975.027	5.54	.004 **
8	C Variété	3	2519.68	839.893	4.77	.003 **
10	AC Bloc * Var.	6	2142.56	357.093	2.03	.064
12	BC Trait * Var.	3	5222.70	1740.898	9.89	.000 ***
14	ABC	6	2158.31	359.719	2.04	.062
15	Error	161	28353.33	176.108		

Coefficient of Variation= 98.68%

Variable 7
température foliaire

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob	
1 Rep	7	2.86	0.409	0.43		
2 FI	2	31.64	15.820	16.73	.000	
4 E	1	126.59	126.588	133.84	.000	
6 AB	2	12.98	6.488	6.86	.001	
8 C	3	35.08	11.692	12.36	.000	
10 AC	6	54.57	9.096	9.62	.000	
12 EC	3	149.65	49.884	52.74	.000	
14 ABC	6	86.50	14.416	15.24	.000	
15 Error	161	152.27	0.946			

Coefficient of Variation= 2.74%

Variable 8
potential hydrique

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob	
1 Rep	7	9455.73	1350.818	1.84	.083	
2 fi	2	2953.91	1476.953	2.01	.137	
4 E	1	91438.02	91438.021	124.34	.000***	
6 AB	2	2948.70	1474.349	2.00	.138	
8 C	3	2729.69	909.896	1.24	.298	
10 AC	6	24361.72	4060.286	5.52	.000***	
12 BC	3	59319.27	19773.090	26.89	.000***	
14 ABC	6	11650.26	1941.710	2.64	.018 *	
15 Error	161	118400.52	735.407			

Coefficient of Variation= 22.99%

Variable 9
Inductance

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
Rep	7	0.22	0.031	0.89	
A	2	0.04	0.022	0.64	
B	1	3.30	3.296	94.47	.000 ***
AB	2	0.06	0.028	0.79	
C	3	0.37	0.124	3.55	.015 *
AC	6	0.53	0.088	2.53	.023 *
BC	3	0.91	0.304	8.72	.000 ***
ABC	6	0.70	0.116	3.33	.004 **
Error	161	5.62	0.035		

Coefficient of Variation= 77.81%

t a file **MAISPRO2**
le: Résistance protoplasmique PEG 330 g/l. 78 jas. BBY 1989.

nc tion: **FACTOR**
ta case no. 176 to 199
thou t selection

- ① Kbaé 84 Pool 16 DS
- ② Early Pool 16 DR
- ③ Across 86 Pool 16 DR
- ④ NAKA C1

ctorial ANOVA for the factors:
riable 4 with values from 1 to 3
Bloc
riable 3 with values from 1 to 2
aitement (Irrigué : 1 Stressé : 2)
riable 2 with values from 1 to 4
Variété

riable 11
d'intégrité relative

RCBD, '2 Factor factorial

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

Code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P rob
1	Rep	2	116.80	58.401	1.76	.208
2	A	1	89.77	89.766	2.70	.122
4	B	3	697.93	232.645	7.00	.004 **
6	AB	3	233.39	77.797	2.34	.117
-7	Error	14	465.28	33.234		

Coefficient of Variation= 8.47%

ta file MAI SPRO2

tle: Résistance protoplasmique PEG 330 g/l.78 jas. BBY 1989.

nction: FACTOR

ta case no. 1 to 120

t hour selection

ctorial ANOVA for the factors:

riable 5 with values from 1 to 5

Echantillon

riable 4 with values f rom 1 to 3

Bloc

riable 3 with values f rom 1 to 2

aitement (Irrigué : 1 Stressé : 2)

riable 2 with values from 1 to 4

Variété

- ① Kbsé 84 Pool 16 DS
- ② Early Pool 16 DR
- ③ Across 86 Pool 16 DR
- ④ NAKA C1

riable 11

d'intégrité relative

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

de	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	4	40.58	10.144	0.57	
2	A	2	584.01	292.004	16.44	.000
4	B	1	448.83	448.832	25.26	.000
6	A8	2	86.39	43.193	2.43	.093
8	C	3	3489.67	1163.224	65.47	.000
10	AC	6	886.61	147.769	8.32	.000
12	BC	3	1166.95	388.984	21.89	.000
14	ABC	6	1353.38	225.563	12.70	.000
15	Error	92	1634.56	17.767		

Coef f icient of Variation= 6.19%

3.4. ■ Conclusions

Cette étude simultanée sur l'arachide et le maïs à partir de tests physiologiques a permis de constater ce qui est déjà bien connu mais encore souvent oublié.

En effet, le rapprochement des deux études met en exergue le fait qu'un essai ne peut être conduit correctement et fournir des résultats exploitables que si le protocole expérimental est adapté au type de tests envisagés.

Ainsi la taille importante de l'essai maïs, si elle a permis d'effectuer les tests agronomiques sans difficulté, a par contre compromis toute la fiabilité des résultats physiologiques obtenus.

Pour le programme Arachide, l'étape suivant les tests agronomiques et physiologiques est primordiale pour la suite et la réussite du programme de sélection. En effet, il s'agit de comparer les génotypes étudiés et ce pour chaque caractère afin d'établir un classement. L'objectif est d'effectuer un choix des meilleures familles et parmi celles-ci le choix des meilleurs individus. Ceux-ci, après intercroisements, vont constituer la population améliorée P_2 , laquelle donnera lieu à une autre série de tests, et éventuellement à une sélection généalogique d'une création variétale.

4 - CONCLUSION GENERALE

La meilleure connaissance des processus physiologiques de la plante en réponse à un stress hydrique a permis aux sélectionneurs d'augmenter l'efficacité de leur programme d'amélioration des variétés vis-à-vis de l'adaptation à la sécheresse. En effet, la sélection indirecte par analyse des performances agronomiques en condition de déficit hydrique a pu être remplacée par une sélection récurrente utilisant l'analyse des réactions physiologiques de la plante.

Alors que certains génotypes étaient écartés par sélection indirecte du fait de leurs mauvaises qualités agronomiques, la sélection récurrente permet de conserver ceux qui possèdent un caractère d'adaptation à la sécheresse intéressant mais qui ne s'exprime pas à travers les tests agronomiques.

De plus, cette méthode de sélection permet, grâce à une succession de cycles de brassages génétiques des meilleurs individus, d'augmenter la fréquence des allèles favorables dans la population et de multiplier les recombinaisons génétiques. Ceci accroît la probabilité de réunir les allèles favorables dans un même génotype.

ANNEXE N° 1

**Analyses de variance des paramètres
physiologiques de l'arachide**

Série 1

Data file 1SRPHY89
Title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
Data case no. 1 to 120
Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
Code Géno.
with values from 1 to 15

Variable 20
FWCI/RWC. Temps 1

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	1437.9731	102.71	3.06	.000
Within	94	5153.2349	33.55		
Total	108	4531.2079			

Coefficient of Variation= 6.74%

Var. 3	V A R I A B L E No. 20	Number	S u m	Average	SD	SE
1	8.00	620.101	77.51	4.17	2.05	
2	7.00	627.042	89.58	5.07	2.19	
3	7.00	610.587	87.23	5.23	2.19	
4	7.00	598.495	85.50	3.87	2.19	
5	8.00	680.183	85.02	6.913	2.05	
6	8.00	708.473	88.56	4.30	2.05	
7	8.00	682.097	85.26	6.24	2.05	
8	5.00	434.533	86.91	5.30	2.59	
9	8.00	656.002	82.00	7.10	2.05	
10	8.00	666.202	83.28	5.42	2.05	
11	8.00	680.779	85.10	7.49	2.05	
12	8.00	699.966	87.50	7.44	2.05	
13	6.00	506.036	84.34	3.16	2.36	
14	8.00	740.721	92.59	5.22	2.05	
15	5.00	454.108	90.82	6.88	2.59	
Total	109.00	9365.326	85.92	6.52	0.62	
Within				5.79		

Variable 24
RWC2/RWC.Temps.2

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Dégreés of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	1150.9508	82.21	2.66	.002
Within	94	2910.3297	30.96		
Total	108	4061.2804			

Coefficient of Variation= 7.047,

Variable 24
RWC10/RWC.Temps.10

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F--value	Prob.
Between	14	1405.6870	100.41	1.69	.070
Within	94	5579.1582	59.35		
Total	108	6914.8453			

Coefficient of Variation= 13.46%

Variable 25
rwc2-10/rwc2-10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	600.2187	42.87	1.64	.082
Within	94	2459.2474	26.16		
Total	108	3059.4661			

Coefficient of Variation= 23.432

Variable 26
TRANS-CUT/TRANS-CUT(mg/mn/dm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prpb.
Between	14	1.5893	0.11	1.67	.076
Within	94	6.4076	0.07		
Total	108	7.9949			

Coefficient of Variation= 27.41%

Variable 28
RWC.REHYD/RWC.Réhydratée(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	2581.9724	184.43	2.31	.00%
Within	94	7499.2347	79.78		
Total	108	10081.2070			

Coefficient of Variation= 9.42%

Variable 29.
M.SURF.FEUILLE/MASSE.SURFACIQUE.FEUILLE(mg/cm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	PI-Ob.
Between	14	40.0597	2.86	2.40	.006
Within	94	111.9463	1.19		
Total	108	152.0059			

Coefficient of Variation= 19.62%

Variable 30
% INTEGRITE RELATIVE

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	8172.9355	583.78	2.48	.004
Within	99	23285.7210	235.21		
Total	113	31458.6566			

Coefficient of Variation= 29.18%

15R PHY 89

values from 1 to 12

Variable 20
RWC1/RWC.Temps1

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	895.0417	81.37	2.33	.015
Within	78	2723.4178	34.92		
Total	89	3618.4595			

Variable 22
RWC2/RWC.Temps.2

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	923.2724	74.84	2.50	.009
Within	78	2331.6385	29.89		
Total	89	3154.9109			

Coefficient of Variation= 6.96%

rwc2-10/rwc2-10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of squares	Error Mean Square	F--value	Prob.
Between	11	409.4143	37.22	1.52	.139
Within	78	1903.8517	24.41		
Total	89	2313.2600			

Coefficient of Variation= 22.94%

Variable 28
RWC.REHYD/RWC.Réhydratée(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	2360.4441	216.40	2.53	.008
Within	78	6677.0170	85.61		
Total	89	9058.0611			

Coefficient of Variation= 9.76%

Variable 26
TRANS-CUT/TRANS-CUT(mg/mn/dm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	1.0700	0.10	1.59	.117
Within	78	4.7609	0.06		
Total	84	5.8309			

Coefficient of Variation= 26.52%

Variable 29
M.SURF.FEUILLE/MASSE.SURFACIQUE.FEUILLE(mg/cm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean square	F-value	Prob.
Between	11	23.5484	2.14	1.64	.104
Within	78	101.9442	1.31		
Total	89	125.4926			

Coefficient of Variation= 21.2070

variable 30
% INTEGR I TE RELATIVE

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	6419.2787	583.57	2.52	.008
Within	82	19008.1140	231.81		
Total	93	25427.3927			

Coefficient of Variation= 28.302

Data file 1 SRPHY89
 Title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
 Data case no. 1 to 120
 Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
 Code Géno.
 With values from 1 to 15

Variable 7
 Moy. 2 levée.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	76.5340	5.47	3	.000
Within	94	168.1815	1.77		
Total	108	244.7156			

Coefficient of Variation= 12.41%

Variable 10
 LMR 14jrs: Moy. 2 Flacs.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	2386.7064	170.48	3.60	.000
Within	99	4685.1980	47.33		
Total	113	7071.9044			

Coefficient of Variation= 25.62%

Variable 11
 Levée P.C.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	134.8786	9.99	3.60	.000
Within	97	268.9786	2.77		
Total	111	408.8571			

Coefficient of Variation= 15.44%

Variable 12
LMR 14j F.C.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	3021.4741	215.82	4.26	.000
Within	98	4967.6686	50.69		
Total	112	7989.1427			

Coefficient of Variation= 24.76%

Variable 13
LMR 28j F.C.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	9293.6182	663.83	5.19	.000
Within	97	12414.6668	127.99		
Total	111	21708.2850			

Coefficient of Variation= 15.41%

Variable 14
Lang.Rac. 28j

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	20.7908	1.43	2.25	.010
Within	97	64.0888	0.66		
Total	111	84.8796			

Coefficient of Variation= 47.07%

Variable 15
Note Dens.Rac.Secondaires.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	36.7524	2.63	2.65	.002
Within	97	95.9619	0.99		
Total	111	132.7143			

Coefficient of Variation = 61.89 %

Data file 1SRPHY89
Title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
Data case no. 1 to 120
Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
Code Gén. 0.
with values from 1 to 12

Variable 7
Moy. 2 levée.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	65.9420	5.99	3.26	.001
Within	79	145.1295	1.84		
Total	90	211.0714			

Coefficient of Variation= 12.57%

Variable 8
ler Pied: LMR 14jrs

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	1427.4159	-129.77	2.91	,002
Within	76	3389.2112	44.59		
Total	a7	4816.6272			

Coefficient of Variation= 24.713

Variable 9
2e Pied: LMR 14jrs

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom		Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	1	1	1772.5116	161.14	2.49	.009
Within		80	5170.1619	64.63		
Total		81	6942.6735			

Variable 10
LMR 14jrs: Moy. 2 Pieds.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom		Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11		1203.4178	109.40	2.27	.017
Within		83	3993.9181	48.12		
Total		94	5197.3359			

Coefficient of Variation= 25.62%

Variable 11
Levée P.C.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom		Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11		122.9545	11.18	4.37	.000
Within		81	207.3036	2.56		
Total		92	330.2581			

Coefficient of Variation= 14.85%

Variable 12
LMR 14j P.C.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom		Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11		1573.7552	143.07	2.84	.003
Within		82	4125.9816	50.32		
Total		93	5699.7368			

Coefficient of Variation = 24.32 %

Variable 13
LMR 28j P.C.

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	59780.00006358	543.51	5.02	.000
Within	81	8766.1557	108.22		
Total	92	14744.7915			

Coefficient of Variation= 13.96%

Larg.Rac. 28j

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	15.9808	1.82	3.13	.001
Within	81	46.9575	0.58		
Total	92	66.9383			

Coefficient of Variation= 43.82%

Variable 15
Note Dens.Rac.Secondaires.

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	35.3994	3.22	3.70	.000
Within	81	70.4286	0.87		
Total	92	105.8280			

Coefficient of Variation= 57.43%

ANNEXE N° 2

Analyses de variance des paramètres

physiologiques de l'arachide

Série 2

Data file 2SRPHY89
Title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
Data case no. 1 to 120
Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
Code Génó.
witt values from 1 to 15

Variable 20
RWC1/RWC1(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Square5	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	773.7986	55.27	1.80	.052
Within	81	2487.5620	30.71		
Total	95	1361.3614			

Coefficient of Variation= 6.25%

Variable 22
RWC2/RWC2(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	1015.5636	72.54	2.42	.007
Within	81	2432.7546	30.03		
Total	45	3448.3183			

Coefficient of Variation= 6.67%

Variable 24
RWC10/RWC10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between Wj	14	2470.5560	176.47	2.31	.009
thin	81	6175.8649	76.25		
Total	95	8646.4210			

Coefficient of Variation= 15.007%

Variable 25
RWC2-10/RWC2-10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	500.8084	35.70	1.66	.081
Within	81	1747.2318	21.57		
Total	95	2248.1202			

Coefficient of Variation= 19.42%

Variable 26
TRANS-CUT/TRANS-CUT(mg /mn /dm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	1.9232	0.14	1.70	.070
Within	81	6.5314	0.08		
Total	95	8.4546			

Coefficient of Variation= 25.55%

Variable 23
RWC.REHYD/RWC.Réhydratée(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	513.1458	36.65	1.45	.149
Within	81	2047.8757	25.223		
Total	95	2561.0215			

Coefficient of Variation= 5.17%

Variable 2 9

MASSE. SURF. FEUILLE /Masse.Surfacique.Feuille(mg/cm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

		Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	14	13.4607	0.96	2.68	.002
Within	81	81	29.0339	0.36		
Total	95	95	42.4946			

Coefficient of Variation= 11.05%

Variable 30

% INTEGRATE. RELATIVE

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

		Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	14	4885.6607	348.98	0.95	
Within	91	91	33595.2397	369.18		
Total	105	105	38480.9005			

Coefficient of Variation= 34.83%

ata file 2SR PHY89
 itle: S.R. Tests physio 1989.

unction: ANOVA-1
 ata case no. 1 to 120
 without selection

ne way ANOVA grouped over variable 3
 ode Génop.
 ith values from 1 to 12

variable 2 0
 WC1/RWC1(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	sum of Squares	Error Mean Square	F-value	P r o b .
etween	11	746.2381	67.84	2.12	.030 *
ithin	66	2115.6224	32.05		
total	77	2061.8605			

oefficient of Variation= 6.40%

Var.	V	A	R	I	A	B	L	E	No.	20	
3	Number				Sum		Average			SD	SE
1	7.00				643.535		91.93			5.48	12.14
2	5.00				418.997		83.80			7.26	2.53
3	7.00				614.667		87.81			3.39	2.14
4	6.00				561.786		93.63			2.72	2.31
5	7.00				623.929		89.13			6.07	2.14
6	8.00				684.644		85.58			7.57	2.00
7	6.00				559.161		93.19			4.60	2.31
8	5.00				445.298		80.06			3.03	2.53
9	8.00				675.023		84.38			4.35	2.00
10	7.00				631.186		90.17			4.26	2.14
11	7.00				608.012		86.86			6.52	2.14
12	5.00				434.447		86.89			5.84	2.53
total	78.00				6900.683		88.47			6.10	0.69
within										5.66	

variable 22
 WC2/RWC2(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
etween	11	880.9745	80.04	2.58	.008
ithin	66	2051.3436	31.08		
total	77	2932.3181			

oefficient of Variation= 6.83%

Variable 24
RWC10/RWC10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	2153.3373	195.76	2.50	.010
Within	66	5160.3809	78.14		
Total	77	7313.7182			

Coefficient of Variation= 15.31%

Variable 26
TRANS-CUT/TRANS-CUT(mg/mn/dm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Pr-ob.
Between	11	1.6063	0.15	1.72	.088
Within	66	5.6079	0.08		
Total	77	7.2142			

Coefficient of Variation= 26.11%

Variable 28
RWC.REHYD/RWC.Réhydratée(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	485.5615	44.14	1.50	.153
Within	66	1944.3938	29.46		
Total	77	2429.9553			

Coefficient of Variation= 5.58%

Variable 24
MASSE .SURF.FEUILLE/Masse.Surfacique.Feuille(mg/cm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	9.2243	0.84	2.35	.016
Within	66	23.5549	0.36		
Total	77	32.7792			

Coefficient of Variation= 11.19%

Variable 30
%INTEGRITY.RELATIVE

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom		sum of Squares	Error Mean Square	F value	Prob.
Between	11	4266	.0324	387.83	1.14	.343
Within	73		24828.9573	340.12		
Total	84		29095.0497			

Coefficient of Variation= 32.78%

data file 2SRPHY89
 title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
 Data case no. 1 to 120
 Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
 Code Gén.
 with values from 1 to 15

Variable 7
 Moy. 2 levée.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	91.9549	6.57	3.03	.000
Within	85	183.9851	2.16		
Total	99	275.9400			

Coefficient of Variation= 14.23%

Variable 10
 LNR 14jrs: Moy. 2 Pjeds.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	2847.1495	203.37	5.53	.000
Within	91	5069.4423	55.71		
Total	105	7916.5918			

Coefficient of Variation= 29.06%

Variable 11
 Levée P.C. (Nbr. jrs).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	96.4852	6.93	3.09	.000
Within	85	190.6548	2.24		
Total	99	287.6400			

Coefficient of Variation= 14.89%

Variable 12
LMR 14jrs P.C. (cm).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	3015.2712	215.38	3.81	.000
Within	90	5081.1996	56.46		
Total	104	8096.4707			

Coefficient of Variation= 27.05%

Variable 13
LMR 28jrs (cm)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	6195.5799	442.54	3.50	.000
Within	84	10625.2205	126.49		
Total	98	16820.8004			

Coefficient of Variation= 15.34%

Variable 14
Largeur Rac.Sec. (cm).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	7.2483	0.52	0.31	
Within	84	47.9266	0.57		
Total	98	55.1769			

Coefficient of Variation= 45.42%

Variable 15
Note Dens.Rac.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	34.1631	2.44	2.07	.020
Within	93	109.5036	1.18		
Total	107	143.6667			

Coefficient of Variation = 84.92 %

Data file 2SRPHY89
Title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
Data case no. 1 to 120
Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
Code Géno ,
with values from 1 to 12

Variable 7
Moy. 2 levée.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	72.5208	6.59	3.10	.001
Within	72	153.1815	2.13		
Total	83	225.7024			

Coefficient of Variation= 14.26%

Variable 10
LMR 14jrs: Moy. 2 Pieds.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	1548.4894	140.77	23.4	0.000
Within	75	4508.7191	60.12		
Total	86	6057.2085			

Coefficient of Variation= 29.26%

Variable 11
Levée P.C. (Nbr. jrs).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	72.9167	6.63	3.01	.002
Within	72	158.6548	2.20		
Total	83	231.5714			

Coefficient of Variation=, 14.95%

Variable 12
 LMR 14jrs P.O. (cm).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob. > F
Between	11	1921.3905	174.07	2.97	.002
Within	75	4408.2293	58.78		
Total	86	6329.6198			

Coefficient of Variation= 26.90%

Variable 13
 LMR 20jrs (cm)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob. > F
Between	11	3399.9458	309.09	2.23	.021
Within	71	9852.7523	138.77		
Total	82	13252.6981			

Coefficient of Variation= 15.89%

Variable 14
 Largeur Rac.Sec. (cm).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob. > F
Between	11	6.1666	0.56	0.91	
Within	71	43.7202	0.92		
Total	82	49.8869			

Coefficient of Variation= 46.65%

Variable 15
 Note Dens.Rac.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE:

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob. > F
Between	11	29.0298	2.64	2.24	.020
Within	75	88.3036	1.18		
Total	86	117.3333			

Coefficient of Variation = 81,38 %

ANNEXE N° 3

Analyses de variance des paramètres physiologiques de l'arachide

Série 3

Data file **3SR**
Title: S.R. Tests physio 1989.

Function : ANOVA-1
Data case no. 1 to 120
Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
Rep.
with values from 1 to 15

Variable 20
RWC1/RWC1(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	1195.6355	85.40	2.58	.003
Within	101	3340.1232	33.07		
Total	115	4535.7587			

Coefficient of Variation= 6.78%

Variable 22
RWC2/RWC2(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	1845.5448	131.82	3.88	.000
Within	101	3427.1809	33.93		
Total	115	5272.7256			

Coefficient of Variation= 7.411

Variable 24
RWC10/RWC10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	3988.5108	284.89	3.88	.000
Within	101	7415.2106	73.42		
Total	115	11403.7215			

Coefficient of Variation= 16.031.

Variable 25
RWC2-10/RWC2-10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	1260.0047	90.00	3.48	.000
Within	101	2615.2104	25.89		
Total	115	3875.2152			

Coefficient of Variation= 20.19%

Variable 26
TRANS-CUT/Trans-Cut(mg/mm/dm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	3.6162	0.26	2.43	.005
Within	101	10.7232	0.11		
Total	115	14.3395			

Coefficient of Variation= 27.65%

Variable 28
RWC.REHYD/RWC.Réhydratée(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	1017.9855	77.71	1.50	.125
Within	101	5241.8042	51.90		
Total	115	6259.7897			

Coefficient of Variation= 7.57%

Variable 29
MSSURF/Masse.surfacique.feuille(mg/cm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	37.6161	2.69	5.19	.000
Within	101	52.3318	0.52		
Total	115	89.9479			

Coefficient of Variation= 11.769.

Variable 30
7. INTEGRITE RELATIVE

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Pr o cb.
Between	14	9304.9236	664.64	1.54	.110
Within	105	45434.4935	432.71		
Total	119	54739.4171			

Coefficient of Variation= 34.31x

Data file 3SR
Title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
Data case no. 1 to 120
Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
Rep.
With values from 1 to 12

Variable 20
RWC1/RWC1(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	893.6424	81.24	2.32	.015
Within	82	2875.7559	35.07		
Total	93	3769.3982			

Coefficient of Variation= 7.05%

Variable 22
RWC2/RWC2(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	1383.2942	125.75	3.43	.000
Within	82	3008.7018	36.69		
Total	93	4391.9960			

Coefficient of Variation= 7.80%

Variable 24
RWC10/RWC10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	3516.8907	319.72	3.84	.000
Within	82	6832.4692	83.32		
Total	93	10349.3599			

Coefficient of Variation = 17,35 %

Variable 25
FWC2-10/RWC2-10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Deg t-ees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	1200.0137	109.09	3.71	.000
Within	82	2408.7146	29.37		
Total	93	3608.7284			

Coefficient of Variation= 21.60%

Variable 26
TRANS-CUT/Trans-Cut(mg/mh/dm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	3.3650	0.31	2.48	.009
Within	82	10.1280	0.12		
Total	53	13.4931			

Coefficient of Variat on= 29.94%

Variable 28
RNC.REHYD/RWC.Réhydratée(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	921.8266	83.80	1.38	.196
Within	82	4965.9031	60.56		
Total	93	5887.7297			

Coefficient of Variation= 8.22%

Variable 29
HSSURF/Masse.surfacique.feuille(mg/cm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	34.3197	3.12	5.23	.000
Within	82	48.8803	0.60		
Total	33	83.2000			

Coefficient of Variation= 1". 67%

Variable 30
% INTEGRITE RELATIVE

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	6362.6455	578.42	1.46	.100
Within	84	32737.5343	389.73		
Total	95	39100.1798			

Coefficient of Variation= 31.49%

Date file 3SR
Title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
Data case no. 1 to 120
Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
Rep.*
with values from 1 to 15

Variable 7
Moy. 21 évée.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	54.2514	3.88	2.60	.002
Within	104	154.9797	3.49		
Total	118	209.2311			

Coefficient of Variation= 15.51%

Variable 10
LMR 14jrs: Moy. 2 Pieds.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	3595.6358	256.83	5.37	.000
Within	104	4975.5597	47.85		
Total	118	8571.5956			

Coefficient of Variation= 18.50%

Variable 11
Lévée P.C.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	41.9422	3.00	2.30	.008
Within	104	135.5536	1.30		
Total	118	177.4958			

Coefficient of Variation = 14,85 %

Variable 12
LNR 14j P.C.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	1668.1107	119.15	1	.81
Within	104	6860.0349	65.96		
Total	118	8528.1456			

Coefficient of Variation= 20.21%

Variable 13
LNR 28j P.C.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	3640.2594	260.02	3.65	.000
Within	104	7402.0726	71.17		
Total	118	11042.3320			

Coefficient of Variation= 9.69%

Variable 14
Larg.Rac. 28j.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	18.3342	1.31	1.75	.056
Within	105	78.6575	0.75		
Total	119	96.9917			

Coefficient of Variation= 47.86%

Variable 15
Note Dens.Rac.Secondaires.

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

	Degrees of Freedom		Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	1	14	33.9024	2.42	2.15	.014
Within		105	118.0893	1.12		
Total	1	19	151.9917			

Coefficient of Variation= 71.097,

data file : SSR
Title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
Data case no. 1 to 120
Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
Rep.
with values from 1 to 12

Variable 7
Moy. 2 levée.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	28.3760	2.58	2.10	.020
Within	84	103.0923	1.23		
Total	95	131.4583			

Coefficient of Variation= 14.33%

Variable 10
LMR 14jrs: Moy. 2 Pieds.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	1908.5614	173.51	37.3	.000
Within	84	3912.0903	46.57		
Total	95	5820.6517			

Coefficient of Variation= 17.60%

Variable 11
Levée P.C.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	11.0298	1.37	2.26	.018
Within	84	37.8036	1.05		
Total	95	113.8333			

Coefficient of Variation = 13,56 %

Variable 12
LMR 14j P.C.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	1129.9235	102.72	2.63	.006
Within	84	3281.8428	39.07		
Total	95	4411.7663			

Coefficient of Variation= 15.20%

Variable 13
LMR 28j P.C.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	2523.2469	229.39	3.29	.000
Within	84	5856.6708	69.72		
Total	95	8379.9177			

Coefficient of Variation= 9.45%

Variable 14
Larg.Pac. 28j.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	15.0279	1.37	17.9	.068
Within	84	64.1787	0.76		
Total	95	79.2066			

Coefficient of Variation= 46.39%

Variable 15
Note Dens.Rac.Secondaires.

A N A L Y S I S O F V A R I A N C E T A B L E

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	29.4107	2.67	2.55	.007
Within	84	88.2143	1.05		
Total	95	117.6250			

Coefficient of Variation= 65.597,

ANNEXE N° 4

**Analyses de variance des paramètres
physiologiques de l'arachide**

Série 4

Data file 4SR
Title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
Data case no. 1 to 120
Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
Rep.
with values from 1 to 15

Variable 20
RWC1/EWC1(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	1779.0416	127.07	2.98	.001
Within	80	3408.4151	42.61		
Total	94	5187.4567			

Coefficient of Variation= 7.66%

Variable 22
RWC2/RWC2(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	1501.4669	107.25	1.92	.035
Within	80	4457.1832	55.71		
Total	94	5958.6501			

Coefficient of Variation= 9.84%

Variable 24
RWC10/RWC10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.	
Between	14	2782.4192	198.74	2.16	.016	*
Within	80	7364.3989	92.05			
Total	94	10146.8181				

Coefficient of Variation= 19.509.

Variable 25
RWC2-10/RWC2-10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	761.6584	54.40	2.45	.006
Within	80	1780.0797	22.25		
Total	94	2541.7381			

Coefficient of Variation= 17.04%

Variable 26
TRANS-CUT/Trans-Cut(mg/mn/dm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	3.4161	0.24	3.37	.000
Within	80	5.7995	0.07		
Total	94	9.2156			

Coefficient of Variation= 20.61%

Variable 28
RWC.REHYD/RWC.Réhydratée(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Pr-ob.
Between	14	305.1947	21.80	0.37	
Within	80	4764.4530	59.56		
Total	94	5069.6477			

Coefficient of Variation= 7.99%

Variable 29
MSSURF/Masse.Surfacique.Feuille(mg/cm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	15.9284	1.14	6.23	.000
Within	80	14.6147	0.18		
Total	94	30.5432			

Coefficient of Variation= 7.427.

Variable 30
% INTEGRITE RELATIVE

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	10523.1912	751.66	3.06	.000
Within	89	21848.3839	245.49		
Total	103	32371.5751			

Coefficient of Variation= 22.35%

data file 4SR
Title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
Data case no. 1 to 120
Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
Rep.
with values from 1 to 12

Variable 20
FWC1/RWC1(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	1215.8198	110.57	2.63	.002
Within	67	2956.9409	44.13		
Total	78	4232.5607			

Coefficient of Variation= 7.88%

Variable 22
RWC2/RWC2(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	936.8067	85.16	1.43	.160
Within	67	3992.3303	59.59		
Total	78	4929.1369			

Coefficient of Variation= 10.32%

Variable 24
RWC10/RWC10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	1703.3262	154.30	1.52	.143
Within	67	6806.0311	101.58		
Total	78	8509.9573			

Coefficient of Variation= 21.56%

Variable 25
RWC2-10/RWC2-10(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	608.7854	60.80	2.56	.003
Within	67	1591.3758	23.75		
Total	78	2260.1612			

Coefficient of Variation= 17.36%

Variable 26
TRANS-CUT/Tians-Cut(mg/mn/dm2

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	3.1346	0.28	3.68	.000
Within	67	5.1903	0.08		
Total	78	8.3249			

Coefficient of Variation= 20.99%

Variable 28
RWC.REHYD/RWC.Réhydratée(%)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	298.3634	27.12	0.39	
Within	67	4654.1939	69.47		
Total	78	4952.5573			

Coefficient of Variation= 8.64%

Variable 29
MSSURF/Masse.Surfacique.Feuille(mg/cm2)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	31	13.5703	1.23	6.88	.000
Within	67	12.0157	0.18		
Total	78	25.5859			

Coefficient of Variation= 7.38%

Variable 30
% INTEGRITE RELATIVE

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	6045.0897	549.55	2.04	0.0
Within	72	19420.4658	269.73		
Total	83	25465.5556			

Coefficient of Variation= 34.67%

Data file 4SR
 Title: S.R. Tests physio 1989.

Function: ANOVA-1
 Data case no. 1 to 120
 Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
 Rep. =
 with values from 1 to 15

Variable 7
 Moy. 2 levée.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	156.1746	11.16	4.47	.005
Within	97	445.6982	4.59		
Total	111	601.8728			

Coefficient of Variation= 23.97%

Variable 10
 LMR 14jrs: Moy. 2 Pieds.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	3627.2964	259.09	4.24	.000
Within	102	6236.7353	61.14		
Total	116	9864.0317			

Coefficient of Variation= 26.62%

Variable 11
 Levee P.C. (jrs).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	176.3214	12.59	2.72	.002
Within	97	444.3929	4.03		
Total	111	625.7143			

Coefficient of Variation= 24.90%

Variable 12
LMR 14 j p . c . (cm).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	4378.3818	912.74	5.00	.000
Within	102	6374.0034	62.49		
Total	116	10752.3852			

Coefficient of Variation= 25.03%

Variable 13
LMR 28 j p.c. (cm).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	8294.0379	592.43	5.84	.000
Within	90	9123.9383	101.38		
Total	104	17417.9762			

Coefficient of Variation= 13.12%

Variable 14
Larg.Rac . 28j (cm).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	11.6067	0.83	2.17	.002
Within	90	27.9232	0.31		
Total	104	39.5299			

Coefficient of Variation= 43.94%

Variable 15
Note Dens.Rac.Secondaires.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	14	28.1078	2.01	3.35	.000
Within	93	55.7440	0.60		
Total	107	83.8519			

Coefficient of Variation = 80.40 %

data file 4SR
Title: S.R. Tests physi o 1989.

Function: ANOVA-1
Data case no. 1 to 120
Without selection

One way ANOVA grouped over variable 3
Rep.
with Values from 1 to 12

Variable 7
Moy. 2 levée.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom		Sum of Squares		Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	1	1	95.3699	8.14	14	.783	.00041
Within	83	388	5982	4.74			
Total	93		483.9681				

Coefficient of Variation= 24.54%

Variable 10
LRR 14jrs: Moy. 2 Prieds.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom		Sum of Squares		Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11		1119.8803	101.81		1.82	.064
Within	83		4 654.6890	56.08			
Total	94		5774 . 5693				

Coefficient of Variation= 25.03%

Variable 11
Levee P.C. (jrs).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom		Sum of Squares		Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11		104.5992	9.51		2.01	.037
Within	82		388.5179	4.74			
Total	93		493.1170				

Coefficient of Variation= 25.42%

Variable 12
LMR 14j P.C. (cm).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	1232.6011~	116.60	1.91	.049
Within	83	5070.7920	61.09		
Total	94	6353.3931			

Coefficient of Variation= 24.33%

Variable 13
LMR 28j P.C. (cm).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	3310.8579	300.99	3.20	.001
Within	75	7063.0599	92.17		
Total	86	10373.9178			

Coefficient of Variation= 12.58%

Variable 14
Larg.Rac. 28j (cm).

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	9.0314	0.82	2.76	.004
Within	75	22.3027	0.30		
Total	86	31.3340			

Coefficient of Variation= 42.70%

Variable 15
Note Dens.Rac.Secondaires.

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Error Mean Square	F-value	Prob.
Between	11	19.5064	1.77	2.80	.004
Within	75	47.4821	0.63		
Total	86	66.9885			

Coefficient of Variation = 80.49 %

ANNEXE N° 5

Analyses de variance des paramètres agronomiques du maïs

Data file M A I S
Title: observations agronomiques
Function: FACTOR
Data case no. 417 to 520
Without selection

Factorial ANOVA for the factors:
Variable 2 with values from 1 to 4
Blocs
Variable 3 with values from 1 to 2
Traitement 1=irrigué référence 2=irrigué 50% référence
Variable 1 with values from 1 to 13
Variétés

Variable 5
Hauteur des plants à 30 jours

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE:						
Code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep Blo	3	471.12	157.041	1.70	.174 NS
2	A	1	0.14	0.135	0.00	
4	B	12	2045.79	170.482	1.84	.055 NS
6	AB	12	842.62	70.219	0.76	
-7	Error	75	6933.64	92.449		

Coefficient of Variation= 14.47%

Variable 6
Hauteur des plants à 45 jours

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
Code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep Blo	3	474.61	158.203	0.82	NS
2	A	1	6.88	6.880	0.04	NS
4	B	12	5500.68	465.890	2.40	.010 NS
6	AB	12	2567.25	213.938	1.10	.370 NS
-7	Error	75	14544.72	193.930		

Coefficient of Variation= 8.01%

Variable 7
 Hauteur des plants à 60 jours

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep Blocc	3	494.41	164.804	0.62	NS
2	A Traitement	1	21.69	21.695	0.08	NS
4	B Variet	12	9328.76	777.396	2.92	.002 HS
6	AB Traitement * Variet	12	3702.13	308.511	1.16	.326 NS
-7	Error	75	19933.71	265.733		

Coefficient of Variation= 8.76%

Variable 8
 Hauteur des Epis (cm)

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep Blocc	3	195.82	65.273	1.19	.321 NS
4	B Variet	12	2697.12	224.76	0.08	.000 NS
6	AB Traitement * Variet	12	443.70	36.975	0.67	NS
-7	Error	75	4129.68	55.062		

Coefficient of Variation= 9.81%

ata file MAISFLEU
itle: fleur mais

unction: FACTOR
ata case no. 1 to 104
ithout selection

actor: al ANOVA for the factors:
variable 2 with values from 1 to 4
améro du Bloc
variable 3 with values from 1 to 2
traitement 1=Irrigué Référence 2=50% Référence
variable 1 with values from 1 to 13
améro de la Variété

variable 4
loraision Male en Nombre de Jours après Semis

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob	
1	Rep Bloc	3	118.5	3.949	2.13	.103	NS
2	A Trait	1	0.15	0.154	0.08		
4	E Variété	12	194.60	16.216	8.74	.000	HS
6	FE Trait*Var	12	34.10	2.841	1.53	.131	NS
-7	Error	75	139.15	1.855			

Coefficient of Variation= 3.03%

variable 5
loraision Femelle en Nombre de Jours après Semis

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob	
1	Rep Bloc	3	5.42	1.808	1.50	.222	NS
2	A Trait	1	0.04	0.030	0.03		
4	E Variété	12	117.21	9.768	8.05	.000	HS
6	AB Trait*Var	12	14.71	1.226	1.02	.444	NS
-7	Error	75	90.58	1.208			

Coefficient of Variation= 2.41%

variable 6
cart Floraison male-Floraison femelle en jours

~

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
Code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep Bloc	3	3.92	1.308	3.37	.022 S
2	A Trait	1	0.00	0.000	0.00	
4	B Variable	12	9.60	0.600	2.06	.029 S
6	AB Trait x Var	12	7.25	0.604	1.56	.122 NS
7	Error	75	29.08	0.388		
Coefficient of Variation=			15.63%			

ata file MAISAGRO
itle: DONNEES AGRONOMIQUES

unction: FACTOR
ata case no, 1 to 72
ithout selection

actorial ANOVA for the factors:
variable 2 with values from 1 to 3
loc
variable 3 with values from 1 to 2
raitement
variable 1 with values from 1 to 12
ariété

sriable 4
aturité Physiologique

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
code	source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	2	7.58	3.792	0.65	
2	A	1	64.22	64.222	11.03	.001
4	B	11	275.83	25.076	4.31	.000
6	AB	11	62.11	5.646	0.97	
7	Error	46	267.75	5.821		

Coefficient of Variation= 3.08%

variable 5
mbre d'épis récoltes

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	2	0.86	0.431	0.40	
2	A	1	5.01	5.014	4.69	.035
4	B	11	7.82	0.711	0.67	
6	AB	11	13.82	1.256	1.18	.329
7	Error	46	49.14	1.068		

Coefficient of Variation = 10,26 %

Variable b
oids des grains

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
ode	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	2	19652.78	9826.389	0.34	
2	A	1	1100138.89	1100138.889	38.09	.000
4	B	11	375277.78	34116.162	1.18	.326
6	AB	11	374027.78	34002.525	1.18	.328
-7	Error	46	1328680.56	28684.360		

Coefficient of Variation= 24.47%

Variable 7
oids des Epis

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
ode	source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	2	16736.11	8368.056	0.19	
2	4	1	2135555.56	2135555.556	49.20	.000
4	B	11	471527.78	42866.162	0.99	
6	AB	11	684444.44	62222.222	1.43	.190
-7	Error	46	1996597.22	43404.287		

Coefficient of Variation= 20.86%

Variable 8
oids des 1000 grains

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
ode	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	2	1568.56	784.281	0.65	
2	A	1	36086.41	36086.412	29.91	.000
4	B	11	21226.66	1929.696	1.60	.130
6	AB	11	5791.33	526.484	0.44	
-7	Error	46	55500.05	1206.523		

Coefficient of Variation = 12,76 %

variable 9
GRAINS

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
Code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	2	157.03	78.514	2.75	.074
2	A	1	12.50	12.500	0.44	
4	B	11	449.11	40.828	1.43	.193
6	AB	11	357.50	32.500	1.14	.356
-7	Error	46	1315.64	28.601		

Coefficient of Variation= 7,769.

variable 10
nombre de grains/m2

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE						
Code	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Rep	2	55493.27	27746.635	0.33	
2	A	1	1092494.41	1092494.407	12.96	.000
4	B	11	703334.13	63939.471	0.76	
6	AB	11	1047660.10	95241.828	1.13	.360
-7	Error	46	3876543.19	34272.787		

Coefficient of Variation= 22.97%

File MAISAGRO
Données Agronomiques Bambey89

tion: FACTOR
case no. 1 to 72
out selection

trial ANOVA for the factors:
table 2 with values from 1 to 3
table 3 with values from 1 to 2
ement
table 1 with values from 1 to 12
no variété

table 20
t MP-floraison femelle en nombre de jours

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
Rep	2	1.08	0.542	0.13	
A	1	66.13	66.125	16.10	.000
B	11	200.71	18.246	4.44	.000
AB	11	77.04	7.004	1.71	.102
Error	46	188.92	4.107		

Coefficient of Variation= 6.18%

ANNEXE N° 6

Perspectives de développement de l'arachide

La F A O estime peu probable qu'à moyen terme l'arachide retrouve la place qu'elle avait dans le commerce en 1970 (augmentation de la consommation dans les pays producteurs et stagnation de la production). Cela ne serait possible que si des efforts suffisants étaient faits pour augmenter la production afin de **Wibérer** des quantités **suffisantes** à l'exportation pour l'approvisionnement des consommateurs à un prix raisonnable.

L'Inde a fourni un effort considérable dans le 6e plan (1980 - 85) pour porter sa production de 6 à 7 millions de tonnes (prix de soutien élevé, irrigation, engrais) mais le surplus est absorbé par le marché intérieur, à l'exception du tourteau. La Chine qui a beaucoup progressé ces dernières années, semble maintenant mettre l'accent sur d'autres cultures et limite ses exportations à l'arachide de bouche.

Les U.S.A qui produisent uniquement de l'arachide de bouche à des prix élevés, ont mis en place un système de quotas très restrictif (diminution des surfaces et des productions). L'Argentine et le Brésil semblent devoir continuer à diminuer leur production d'arachide au profit du soja. L'arachide est le fait de petits exploitants qui semblent profiter bien moins des aides gouvernementales que les grands exploitants qui cultivent le soja.

Les perspectives en Afrique et plus spécialement en Afrique de l'Ouest qui représentait dans les années 60/70 un potentiel de **plus** de 4 millions de tonnes ne sont pas **brillantes** tellement la régression a été importante au cours des dernières années pour atteindre un niveau extrêmement faible en 1980/81, année de grande sécheresse. Le Nigéria a dû importer en 1981, 300 000 tonnes d'oléagineux et d'huile, et plusieurs autres pays ne peuvent **satisfaire** leurs besoins intérieurs.

La plupart des pays et notamment ceux regroupés dans le Conseil Africain de l'**Arachide**, mettent en oeuvre des plans de relance de la production arachidière basée sur des mesures techniques, **socio-**économiques et économiques. Ces politiques peuvent donner des résultats positifs à court terme. Le **Sénégal** a retrouvé un niveau normal de production en 1981/82 grâce à une revalorisation du prix producteur, un effort sur les semences sélectionnées, une réforme des circuits de commercialisation.

Dans d'autres pays où la production ne suffit plus à la consommation locale, la pénurie se traduit par des cours élevés sur le marché parallèle intérieur et le circuit de commercialisation officiel vers les huileries n'est plus approvisionné. L'augmentation de la production jusqu'à un niveau dégagant des excédents à l'exportation est nécessaire pour l'approvisionnement en corps gras des populations à un prix normal.

Cette politique assurerait une augmentation des revenus des pays producteurs, des effets indirects importants au niveau de l'emploi (huilerie, transports . ..) tout en assurant un approvisionnement des pays consommateurs (C.E.E, France notamment). Les importations extra-communautaires d'huile ont représenté en 1980 un milliard d'ECU, les graines oléagineuses 3 milliards d'ECU, et compte tenu de la valeur de l'huile de ces graines, la valeur totale des huiles extra-communautaires représente une sortie de devises de 2,3 milliards d'ECU dont les U.S.A sont les grands bénéficiaires avec environ 50 % du total.

Il serait bénéfique pour la C.E.E et pour les P.V.D de développer le commerce des produits arachidiers huilerie. C'est encore plus évident pour l'arachide de bouche où l'importante consommation européenne est assurée à 60 % par les U.S.A.

Le redressement de la production africaine est possible à condition de sensibiliser les organisations nationales et internationales sur la nécessité d'une stabilisation des cours à un juste niveau. Une rémunération suffisante du cultivateur devrait être recherchée par une meilleure valorisation des produits et une amélioration de la productivité. Ceci implique également de promouvoir l'arachide culture vivrière et non seulement culture de rente qu'on a eu tendance à pénaliser fortement comme telle au niveau des intrants, de la recherche et de la vulgarisation des techniques améliorées, des charges fiscales et autres (subventions à d'autres cultures sur le barème), enlevant ainsi toute motivation au cultivateur.

Source:

Arachide INFOS n° 2 - Juin 1989

ANNEXE N° 7

Le marché de l'arachide de bouche et de confiserie

Les arachides de bouche sont des arachides destinées à la consommation humaine, sans extraction d'huile. Les échanges d'arachide sur le marché mondial sont faits soit en coques soit en décortiquées (amandes).

Les arachides décortiquées constituent déjà un premier stade de la transformation. Elles représentent la plus grande partie des transactions effectuées. Les arachides coques vont presque directement à la consommation humaine après, en général, un salage et un grillage des coques.

En revanche les arachides décortiquées sont: le résultat d'un triage propre à l'arachide de bouche et effectué après décorticage. Le produit trié est la matière première de la filière de transformation de l'arachide de bouche qui conduit aux différents produits de consommation humaine (graine rôties et enrobées, nougats, farine, pâte, beurre . ..).

*** Arachide de bouche :**

Variétés Virginia à très grosses graines pouvant être vendues tant en coques triées qu'en graines triées.

*** Arachide de confiserie :**

Virginia, Valencia ou Spanish à graines plus petites

Intérêt d'une exportation d'arachide de bouche

L'arachide de consommation représente une diversification des cultures qui procure des revenus plus élevés et plus précoces aux producteurs, apporte une valeur ajoutée importante au niveau des industries de transformation et est une source de devises.

Le marché international (640 000 t) est dominé par quelques pays (1985) :
44 % U.S.A - 33 % Chine - 17 % Argentine - Inde (3 %) - Malawi (1,5 %) -
Brésil (0,26 %).

Les cours de ces produits sont faits par les U.S.A qui ont des coûts de production élevés. Cette prédominance des U.S.A, en tant que pays exportateur, permet de maintenir les cours à un niveau élevé dont bénéficient les autres pays producteurs.

Les importateurs européens souhaitent, pour leur part, diversifier leurs sources d'approvisionnements sur la zone franc, pour des raisons commerciales évidentes et pour ne pas avoir à subir les fluctuations du dollar. En moyenne le cours mondial de la graine de consommation est d'environ le double de celui de l'arachide d'huilerie (plus de 300 % fin Juin 87).

L'arachide de consommation est une production de haute qualité qui doit être conduite avec beaucoup de rigueur au niveau de la production mais surtout de la transformation et du conditionnement des produits (qui exigent des **matériels** de décortilage et de tri spécifiques et très performants).

Il faut noter que l'arachide de bouche, en coque, a un beau marché (60 000 t en Europe et Afrique du Nord) et qu'elle se vend pratiquement le même prix, pour les belles qualités Virginia à grosses graines ou Valencia, que la graine de bouche (on vend de la coque au prix de la graine). Cette production nécessite pourtant moins d'investissements en matériel et la plus grande partie du triage peut être faite à la ferme par la main d'oeuvre familiale.

A l'heure où beaucoup de pays africains cherchent à diversifier leur agriculture, la culture d'arachides de type Virginia destinées à être valorisées en coques est fortement conseillée. Le marché des coques est d'accès plus facile et moins concurrentiel que celui des graines.

De plus la saveur des arachides africaines et indiennes est très appréciée par les acheteurs. Ceci tient au fait que les arachides sont cultivées sans excès d'eau et sont récoltées à maturation achevée, ce que ne peuvent se permettre les pays procédant à l'arrachage mécanisé tels les U.S.A.

L'arachide de bouche en tant que culture de diversification, s'inscrit parfaitement dans le cadre du développement de l'agriculture de beaucoup de paysafricains.

Les zones favorables à la culture le sont également pour l'arachide d'huilerie. Pour concurrencer celle-ci dans son milieu d'élection, l'arachide de bouche doit avoir une productivité élevée et être d'une qualité supérieure pour justifier un prix au producteur supérieur à celui de l'arachide d'huilerie.

Source :

P. Dimanche
Arachide INFOS n°1
Juillet88

ANNEXE N° 8

Données chiffrées sur le commerce de l'arachide dans le monde

Données sur l'arachide au Sénégal

MONDE : Production GRAINES

CAMPAGNES	85/86	86/87	87/88
Total GRAINES*	194.387	191.232	203.512
COLZA dont	18.659	19.689	22.972
CHINE	5.607	5.871	6.730
CANADA	3.508	3.787	3.852
C.E.E. (12)	3.682	3.775	5.857
TOURNESOL dont	19.612	18.896	20.951
U.R.S.S.	5.260	5.280	6.075
ARGENTINE	4.340	2.250	2.860
C.E.E. (12)	2.732	3.353	4.036
SOJA dont	97.359	97.517	102.004
U.S.A.	57.113	52.400	51.300
BRESIL	14.150	17.126	18.187
CHINE	10.521	11.610	12.180
ARGENTINE	7.100	6.600	9.500
ARACHIDE	14.165	14.057	13.387
COTON	31.050	27.599	31.316

MONDE : Commerce GRAINES

CAMPAGNES	IMPORTATIONS			EXPORTATIONS		
	85/86	86/87	87/88	85/86	86/87	87/88
Total GRAINES*	34.900	37.371	36.917	33.611	37.414	36.965
COLZA dont	3.634	4.907	4.417	3.568	4.888	4.417
C.E.E. (12)	2.042	2.489	2.317	1.558	2.094	2.137
JAPON	1.411	1.672	1.592	—	—	—
CANADA	—	—	—	1.462	2.047	1.707
TOURNESOL dont	1.922	1.920	2.301	1.939	1.858	2.332
C.E.E. (12)	1.268	1.347	1.774	929	1.189	1.643
MEXIQUE	353	414	365	—	—	—
U.S.A.	26	—	—	368	327	340
SOJA dont	27.509	28.735	28.466	26.242	28.889	28.393
C.E.E. (12)	13.236	14.362	13.678	131	229	314
U.S.A.	19	2	14	20.169	21.363	20.754
BRESIL	280	198	493	1.187	2.995	2.340
JAPON	4.796	4.866	4.752	—	—	—
ARACHIDE dont	898	898	949	909	921	935
C.E.E. (12)	411	402	433	27	39	41
COTON	281	266	280	290	258	279

* Toutes graines oléagineuses + coprah + palmiste
Source : OIL WORLD

Unité : 1000 tonnes

MONDE Production TOURTEAUX

CAMPAGNES	85/86	86/87	87/88
TOURTEAUX*	121.880	127.200	129.250
dont	62.107	67.939	67.843
IL	22.635	25.182	25.456
(12)	9.676	11.285	9.974
NTINE	10.436	11.033	10.734
	3.490	3.871	4.289
DE dont	4.977	4.942	4.413
E	2.416	2.035	2.024
	1.381	1.627	1.021
ont	10.321	11.551	12.355
(12)	2.555	2.543	3.255
	3.269	3.603	3.682
	1.733	1.601	1.633
	792	923	937
PE DE L'EST	916	955	922
SOL dont	8.176	8.236	9.016
	1.840	1.801	2.131
	1.504	1.766	2.150
NTINE	1.458	1.083	1.201
	14.163	12.009	13.224

MONDE Commerce TOURTEAUX

CAMPAGNES	IMPORTATIONS			EXPORTATIONS		
	85/86	86/87	87/88	85/86	86/87	87/88
TOURTEAUX*	41.071	45.940	44.470	41.128	45.240	44.420
ont	23.490	26.390	25.249	23.283	26.332	25.270
PL DE L'EST	3.548	3.862	3.500	—	—	—
S.	554	2.643	2.680	—	—	—
ZUELA	526	688	652	—	—	—
(12)	13.935	13.687	12.696	5.054	5.047	4.861
	—	—	—	5.476	6.598	6.010
	—	—	—	3.155	3.467	3.940
	—	—	—	7.384	8.323	7.850
	—	—	—	971	1.768	1.702
DE dont	487	722	737	473	731	729
(12)	204	239	370	15	12	17
PE DE L'EST	205	341	229	—	—	—
SAL	—	—	—	96	124	210
	—	—	—	191	347	202
ont	1.832	2.174	1.982	1.808	2.118	1.998
(12)	121	204	215	—	—	—
DA	1.151	1.356	1.062	571	679	818
	—	—	—	312	478	487
	—	—	—	595	792	530
SOL dont	1.932	1.679	1.770	1.962	1.599	1.795
(12)	1.673	1.466	1.456	415	391	452
NTINE	—	—	—	1.376	981	1.070
	1.016	904	861	1.007	887	831

s 12 principaux tourteaux
OIL WORLD

Unité : 1000 tonnes

MONDE Production HUILES

CAMPAGNES	85/86	86/87	87/88
Total HUILES*	46.692	47.997	49.780
SOJA dont	14.224	15.387	15.513
U.S.A.	5.270	5.798	5.833
BRESIL	2.348	2.723	2.522
ARGENTINE	735	832	938
C.E.E. (12)	2.350	2.464	2.457
ARACHIDE	3.351	3.366	3.042
COLZA dont	6.378	7.208	7.671
CHINE	1.745	1.914	1.951
INDE	948	924	943
C.E.E. (12)	1.553	1.777	2.210
TOURNESOL dont	6.903	7.105	7.692
U.R.S.S.	1.781	1.836	2.003
ARGENTINE	1.344	995	1.117
C.E.E. (12)	1.202	1.387	1.629
PALME dont	7.850	7.746	8.494
INDONESIE	1.373	1.350	1.571
MALAISIE	4.346	4.564	4.933

MONDE Commerce HUILES

CAMPAGNES	IMPORTATIONS			EXPORTATIONS		
	85/86	86/87	87/88	85/86	86/87	87/88
Total HUILES*	16.403	16.572	18.216	16.150	16.647	18.108
SOJA dont	3.155	3.762	4.025	3.096	3.869	3.931
U.S.A.	4	7	23	570	538	965
BRESIL	127	117	70	436	942	610
ARGENTINE	—	—	—	635	734	762
C.E.E. (12)	499	518	480	1.340	1.448	1.316
ARACHIDE	331	363	411	338	348	420
COLZA dont	1.390	1.642	1.880	1.361	1.646	1.872
C.E.E. (12)	497	416	452	1.010	1.085	1.366
INDE	98	249	332	—	—	—
CANADA	—	—	—	202	275	288
TOURNESOL dont	2.097	1.934	2.321	2.040	1.953	2.338
C.E.E. (12)	480	433	431	458	573	694
ARGENTINE	—	—	—	941	750	815
U.S.A.	—	—	—	205	150	335
PALME dont	6.784	6.467	7.086	6.854	6.438	7.054
C.E.E. (12)	1.080	1.073	1.040	160	154	144
MALAISIE	641	324	472	4.648	4.466	4.820
SINGAPOUR	930	677	640	780	619	589
INDE	817	902	1.229	3	—	—

* Toutes huiles végétales, fluides ou concrètes
Source : OIL WORLD

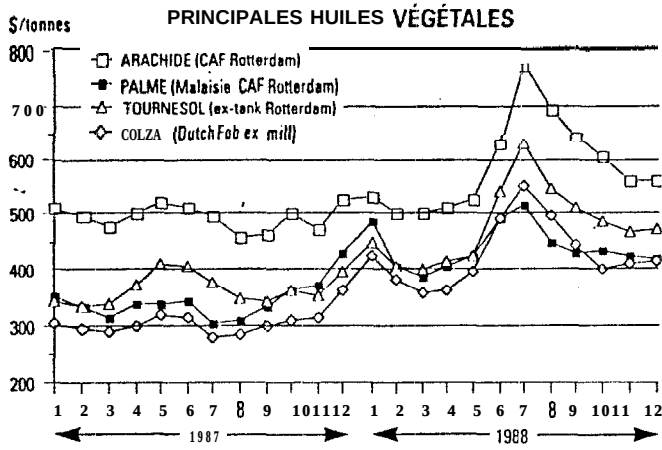
Unité : 1000 tonnes

CONSOMMATION MONDIALE ARACHIDE EN MILLIERS DE TONNES
BASE GRAINES (SOURCE OIL WORD)

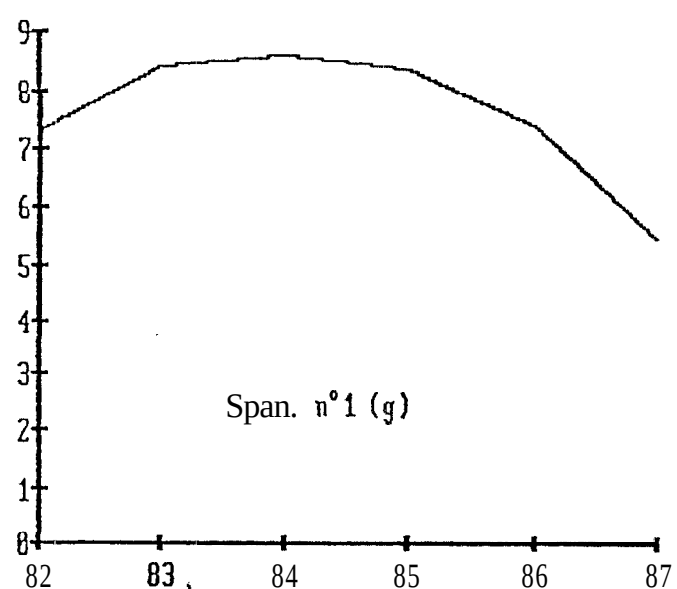
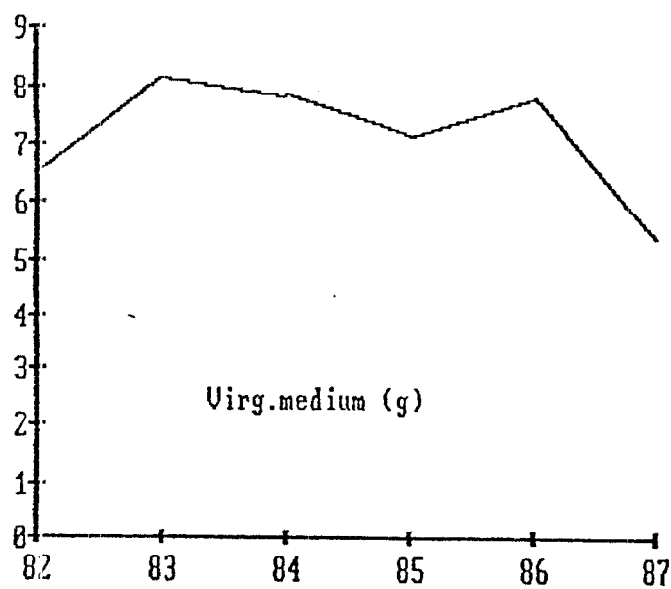
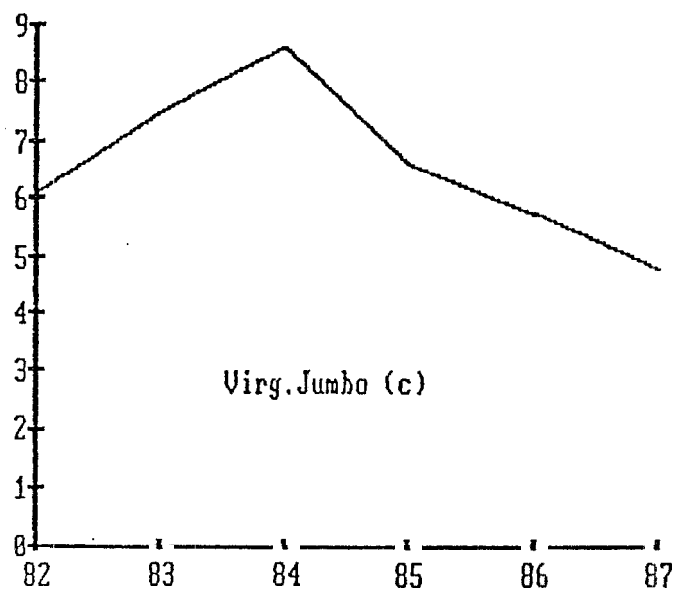
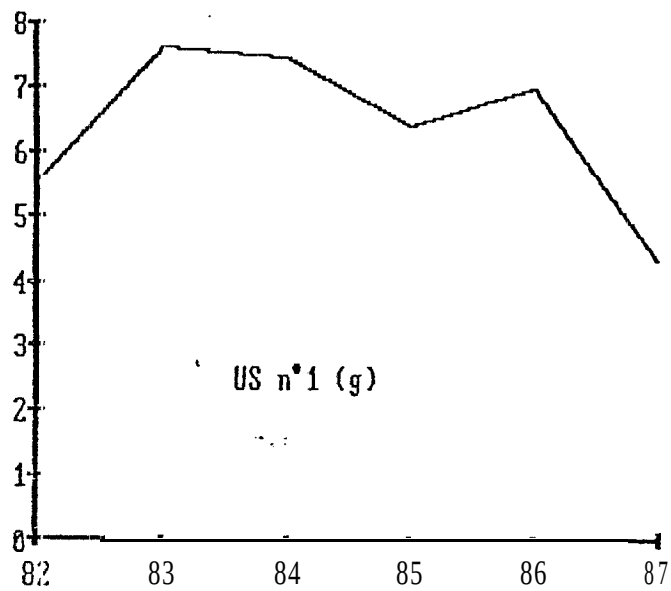
PAYS	1983	1984	1985	1986
FRANCE	29,1	13,4	28,1	25,0
ITALIE	9,1	6,2	5,6	5,8
PAYS BAS	69,5	79,3	85,5	85,2
ROYAUME UNI	76,9	93,0	115,4	122,6
ALLEMAGNE	48,2	62,6	69,7	70,4
ESPAGNE	9,5	10,3	*	*
AUTRES E.O.	12,8	18,3	30,5	29,8
EUROPEOUEST.	255,1	283,1	334,8	338,8
EUROPE EST	4,4	6,3	9,3	10,1
U.R.S.S.	54,3	57,3	61,7	63,7
CANADA	66,1	66,5	74,6	77,7
INDONESIE	20,2	8,6	33,6	33,2
JAPON	59,8	53,4	60,7	59,2
AUTRES	40,9	46,0	54,0	57,0
TOTAL MONDE	500,8	521,2	628,7	639,7

* : inclus dans autres E.O.

MONDE : PRIX



EVOLUTION DES COURS DE QUELQUES TYPES D'ARACHIDE DE
CONSUMMATION EN FRANCS FRANCAIS PAR KG



PRODUCTION D'ARACHIDES AU SENEGAL

Campagne	Surfaces ensemencées	Production globale	Rendements
	1000 Ha	1000 T-coque	Kg/Ha
1960-61	977	892	913
1961-62	1 026	995	969
1962-63	1 015	914	900
1963-64	1 004	952	878
1964-65	1 055	1 019	966
1965-66	1 114	1 121	1 007
1966-67	1 114	857	769
1967-68	1 164	1 005	064
1968-69	1 191	830	697
1969-70	953	789	828
1970-71	1 049	583	556
1971-72	1 060	989	932
1972-73	1 071	570	532
1973-74	1 026	675	656
1974-75	1 052	980	932
1975-76	1 203	1 412	1 174
1976-77	1 344	1 206	898
1977-78	1 415	519	466
1978-79	1 179	1 051	900
1979-80	1 069	676	632
1980-81	1 074	523	486
1981-82	1 016	872	059
1982-83	1 148	1 004	875
1983-84	1 108	549	496
1984-85	722	504	697
1985-86			
1986-87	807	825	1 020
1987-88	845	963	1 140

sources : Rapports annuels DGFA repris par Note d'information de la BCEAO
N° 277, Novembre 1979
N° 363, Août-Sept 1987

* Rapports annuels de la Direction de l'Agriculture 1986-1987
1987-1988

Variétés d'arachide vulgarisées au Sénégal

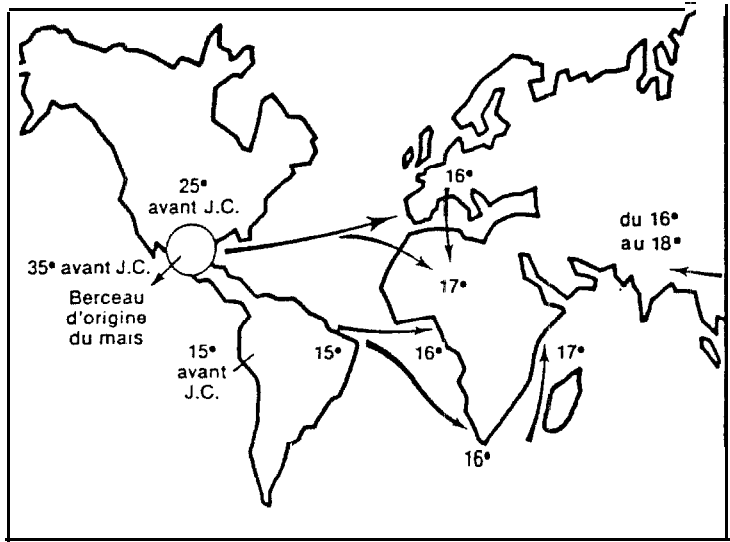
Variété	Cycle	Rendement Décorticage %	Poids 100 graines g	Densités Semis préconisées	Adaptation Sécheresse	Résistance		Dormance	Huile sur sec %	
						A. flavus	Rosette			
55-437	90	75	35-38	166 000	Bonne	Très bonne	Non	Faible	49	HPS
73-30	95	73	40	166 000	Bonne	Bonne	Non	Absolue	48	
73-33	105-110	73	50-52	135 000	Excellente	Moyenne	Non	Bonne	50	HPS
57-422	105-110	78	65-69	135 000	Bonne	Faible	Non	Bonne	50	HPS
28-206	120	73	45-49	110 000	Faible	Faible	Non	Absolue	50	
69-101	125	73	46-50	110 000	Faible	Faible	oui	Absolue	50	
57-313	125	75	48-52	110 000	Faible	Faible	Non	Absolue	50	

ANNEXE N° 9

Le **MAIS** - La Production et les échanges

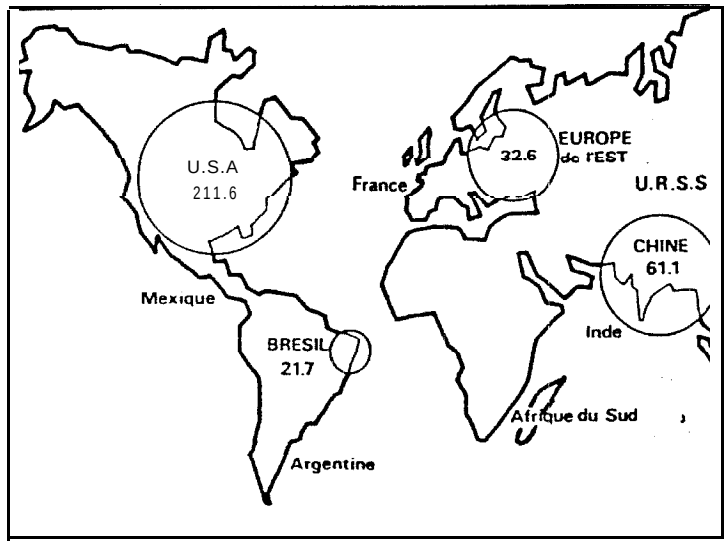
LA PRODUCTION ET LES ECHANGES

1 — Origine et diffusion du maïs dans le monde



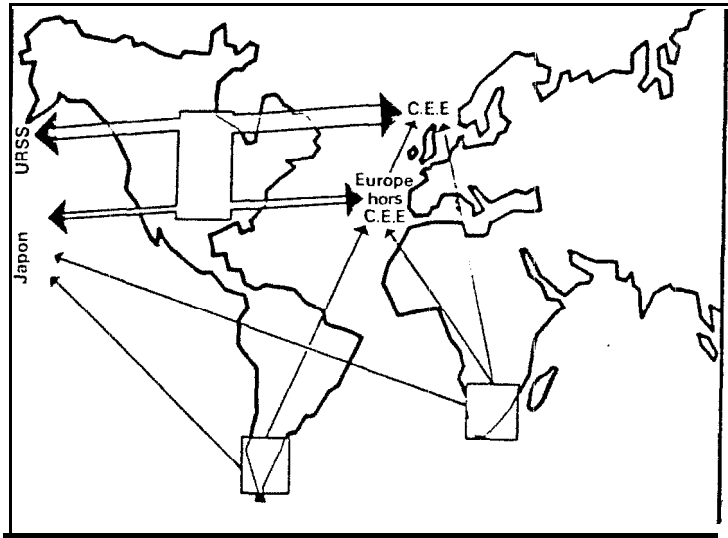
(Les chiffres indiquent le siècle au cours duquel le maïs aurait fait son apparition dans la région).

Fig. 2 — Les principaux pays producteurs de maïs



(Les chiffres indiquent la production en millions de tonnes pour 1962).
Source F.A.O.

Fig. 3 — Principaux courants d'échanges commerciaux



Caracteristiques générales de la zone		Rendements possibles	Caracteristiques générales de la zone		Rendements possibles
I Zone soudano- sahélienne	• Une courte saison des pluies. • Déficit hydrique possible. • Bonne luminosité. • Fertilité souvent médiocre.	de 2,5 t/ha à 3,5 t/ha	III Zone équatoriale de basse altitude	• Deux saisons des pluies de courte durée chacune. « Excès d'eau. « Radiation faible. « Température nocturne élevée. « Importance des parasites.	de 2,5 t/ha à 3,5 t/ha
II Zone de savane	« Le plus souvent, une seule saison de culture assez longue. « Risques de déficit hydrique faibles. « Bonne luminosité. « Fertilité moyenne.	de 4,5 t/ha à 5,5 t/ha	IV Zone guinéenne d'altitude À l'est de Madagascar	« Longue saison des pluies. « Climat frais. • Soils fertiles. « Forte radiation. « Risques d'érosion.	de 5 t/ha à 7 t/ha

Les rendements indiqués, pour chaque zone, sont ceux qu'il est possible d'obtenir dans une exploitation agricole, en culture pure.

La fourchette de rendement, indiquée dans chaque cas reflète dans chaque zone :

- les variations annuelles,
- les diverses situations, plus ou moins favorables,
- le niveau choisi d'intensification (variété ou hybride, fertilisation, techniques de labour).

BIBLIOGRAPHIE

- Ackerson RC
Comparative Physiology and water relations of two **corn** hybrids during water stress.
Crop Science - Vol. 23 n° 2 - 1983
- Ahmadi N.
Variabilité génétique et hérédité de mécanismes de tolérance à la sécheresse chez le riz *Oryza sativa* L :
II Sensibilité stomatique aux déficits hydriques.
Agronomie Tropicale - Vol. 38 n° 2
- Ahmadi N., Puard M.
Comportements hydriques de deux types variétaux de riz à l'égard des potentiels décroissants de l'eau dans le milieu nutritif.
Agronomie Tropicale - Vol. 39 n° 3
- Angladette A., Deschamps L.
Problèmes et perspectives de l'agriculture dans les pays tropicaux.
Edition Maisonneuve et Larose - 770 pages - 1974.
- Bockelée-Morvan - A.
Les différentes variétés d'arachide
Oléagineux - 1983 - Vol. 38 n° 2
- Centre National de Promotion Rurale - Clermont-Ferrand - Marmilhat
LeMais
146 pages
- Chopart J.L., Kone D.
Influence de différentes techniques de travail du sol sur l'alimentation hydrique du **maïs** et du cotonnier en **Côte d'Ivoire**
Agronomie Tropicale - Vol. 40 n° 3
- CIRAD - GERDAT
La sécheresse en zone intertropicale.
Pour une lutte intégrée
1984 - 591 pages

- **Dancette C.**
Estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales en zone soudano-sahélienne.
Agronomie Tropicale - Vol. 38 n° 4

- **Dancette C., Forest F.**
Simulation du bilan hydrique de l'arachide en vue d'une meilleure adaptation de cette culture aux conditions tropicales.
1982 - 34 pages

- **Demarly Y.**
Génétique et Amélioration des plantes.
Edition Masson. Collection Sciences Agronomiques
1977 - 284 pages

- **Forest F., Kalms J.M.**
Influence du régime d'alimentation en eau sur la production du riz pluvial.
Simulation du bilan hydrique.
Agronomie Tropicale - Vol. 39 n° 1

- **Gallais A.**
Cours de génétique et Amélioration des plantes
I N A Paris Grignon - 1985

- **Garet B.**
Hétérosis et aptitudes à la combinaison chez l'arachide (*Arachis hypogaea*)
Oléagineux - Vol. n° 10

- **Gautreau J.**
Etude comparative de la transpiration relative chez deux variétés d'arachide.
Oléagineux - 1970 n° 1

- **Gillier P., Silvestre P.**
L'arachide
Edition Maisonneuve et Larose
1969 - 292 pages

- **Gomez A., Gomez K.**
Statistical **procedures** for agriculture research
1976 - 680 pages

- **Gouet J.P.**
Les comparaisons de moyennes et **variances**. Application à l'agronomie
I T C F - 1974 - 55 pages

- Gouet J.P., Philippeau G.
Comment interpréter l'analyse statistique d'un essai ?
I T C F - 1982 - 32 pages

- Jacquinot L., Forget M., Edah K.A.
Résistance à la transpiration chez le riz pluvial • Etude d'un test de criblage variétal.
Agronomie Tropicale- 1931 n° 3

- Johnson SS, Geadelmann J.L.
Influence of water stress on grain yield **response to recurrent selection** in maize
Crop Science. Vol. 29 n° 3

- Khalfaoui J.L.
Approche de l'amélioration génétique de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées en zones semi-arides.
Application au cas de l'arachide destinée à la région sèche du Sénégal.
Thèse de doctorat. Université Paris-Sud • Centre Orsay
1988 • 272 pages

- Livingston N.J., de Jong E.
Use of unsaturated salt solutions to generate leaf tissue water. Release curves.
Agronomy Journal • Vol. 80 • 1988

- Louguet, Laffray
Techniques d'études de l'état hydrique des **plantes**.
1988 • 33 pages

- Lozet J., Mathieu C.
Dictionnaire de Science du Sol
1986 • 269 pages

- Mottreuil J.C.
L'arachide dans la nouvelle politique agricole sénégalaise.
I.S.R.A - 1988 - 11 pages

- Mot-treuil J.C., Khalfaoui J.L.
Amélioration génétique de l'arachide au **Sénégal** - Evolution, acquis et orientations de recherches.
I.S.R.A - 1936 - 34 pages

- Nautiyal P.C., Vaṣantha S., Suneṃa S.K., Thakkar A.N.
Physiological and biochemical attributes associated with the loss of seed
viability and vigour in groundnut.
Oléagineux - Vol. 43 n° 12

- Pelissier P.
Les paysans du Sénégal
1966 - 939 pages

- Rosenthal W.D., Arkin G.F., Shouse P.J., Jordan W.R.
Water deficit effects on transpiration and leaf growth
Agronomy Journal - Vol. 79 n° 6

- Rouanet G.
Le maïs.
'Le Technicien d'Agriculture Tropicale
Editions Maisonneuve et Larose - 1984 - 142 pages