

CN 01 01347

SCH/MS

UNIVERSITE DE DAKAR

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE VEGETALE

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

C.N.R.A. DE BAMBEY

LABORATOIRE DE PHYSIOLOGIE DE LA NUTRITION

 /) /) EMOIRE PRESENTE POUR L'OBTENTION
DU DIPLOME: DE BIOLOGIE VEGETALE APPROFOND: I [E

Par

Saradha COVINDASSAMY-HERNANDEZ

LA GERMINATION DU MIL :

- Standard de germination
- Etude de quelques facteurs de variabilité

Soutenu le 19 décembre 1980 devant le jury composé de :

- Madame le Professeur Y. PARES : Président
- Monsieur A. NONGOMERMA : Membre
- Monsieur G. KAHLEM : Membre

- P L A N -

| | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| INTRODUCTION | 1 |
| 1 - POSITIONS DU PROBLEME ET DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 2 |
| 1 - Le Mil | 2 |
| 11 -- La plante | 2 |
| 111 - Origine | |
| 112 - Description | |
| 113 - C u l t u r e . | |
| 12 - L'épi U..... | 4 |
| 121 - Morphologie | |
| 122 - Les gradients physiologiques | |
| 123 - Les grains | |
| 2 - La germination | 5 |
| 21 - Normes et définitions | 5 |
| 22 - Origines de la variabilité..... | 5 |
| 221 - Formation du grain; | |
| 222 - Conservation et maturation | |
| 223 - Causes de la variabilité | |
| 23 - La germination | 6 |
| 3 - La démarche expérimentale . . . a.....*.... | 7 |
| 31 - Choix raisonné des conditions d'expérience | 7 |
| 32 - Méthode d'étude de la variabilité | 7 |
| II - MATERIEL ET METHODES | 8 |
| 1 - Le matériel | 8 |
| 11 - Le matériel végétal | 8 |
| 111 - 3/4 HK | |
| 112 - Souna III | |
| 113 - Synthétique GAM 5 | |
| 12 - Le matériel de laboratoire | 8 |
| 121 - Les enceintes | |
| 122 - Le petit matériel. | |
| 2 - Les méthodes | 9 |
| 21 - Obtention du matériel végétal | |
| 211 - Le matériel de l'étude méthodologique | |
| 212 - Le matériel de l'étude de variabilité | |
| 22 - La germination | 10 |
| 23 - Les études..... | 10 |
| 231 - dise au point d'un "standard" de germination | |
| 232 - Application du standard | |
| 24 - Interprétation | 11 |

REMERCIEMENTS

Cette étude a été faite au C.N.R.A. de Bambey (Sénégal) dans le cadre de l'I.S.R.A. (Institut Sénégalais de Recherches Agricoles) au sein du laboratoire de physiologie de la nutrition.

Je tiens donc à remercier tout particulièrement :

- Monsieur MBODJ, Directeur du CNRA de Bambey ;
- Monsieur BEYE, Chef du département d'Agronomie de l'ISRA, de m'avoir autorisée à travailler dans un laboratoire de la Station.

Je prie Monsieur SIBAND qui a inspiré et guidé ce travail, de croire en ma profonde gratitude pour m'avoir fait découvrir la recherche en bénéficiant de son expérience, pour son entière disponibilité au cours de cette année de travail ainsi que pour ses encouragements lors de la rédaction.

Je prie Monsieur KAHLEM, Maître de conférences au Département de Biologie Végétale de l'Université de Dakar d'accepter ma reconnaissance pour les conseils qu'il m'a donnés tout au long de ce travail, pour ses critiques et la lecture de la rédaction provisoire du mémoire.

Je remercie Madame le Professeur PARES, Messieurs NOGONIERMA et KAHLEM d'avoir bien voulu participer au jury.

J'exprime mes remerciements à Messieurs GAUTREAU et DELAFOND pour leur aide et leur collaboration, à Monsieur OLIVER pour les analyses.

Enfin, je ne saurais terminer sans mentionner Monsieur DIOP ainsi que ses collaborateurs du secrétariat et du bureau de dessin pour la diligence et le soin qu'ils ont apportés à la réalisation de ce mémoire.

INTRODUCTION

1 - Importance du mil

Le Sénégal est un pays aride de la zone soudano-sahélienne où la pluie est le facteur limitant le plus important. Dans la zone sahélienne où les températures sont élevées, les pluies faibles et aléatoires et les sols pauvres, les espèces cultivées sont limitées à quelques plantes caractérisées par leur rusticité comme le mil.

2 - La zone de culture

La zone du mil a une pluviométrie inférieure à 700 mm répartie sur trois mois environ et de façon d'autant plus irrégulière que l'on va du Sud au Nord. Ce caractère aléatoire s'accroissant surtout au niveau du début et de la fin de la saison des pluies (CHAIER AU et NICOU 1971). Le sol, de type sableux, est très pauvre en argile (inférieur à 5 %) et en matière organique (inférieur à 0,5 %) ; sa capacité de rétention est de 6 à 7 % d'humidité pondérale, son pH acide. Dans cette région, le mil est la principale ressource alimentaire de la population qui est nombreuse, et il présente l'avantage de procurer des sous-produits très appréciés - (tiges pour la construction, pour l'alimentation du bétail...). Il est donc important de valoriser et de rentabiliser au mieux cette culture.

3 - Les caractéristiques du mil dans son milieu naturel

La pluie pour la germination du mil est inférieure à 15 mm dans 50 % des cas (inférieure à 10 mm dans 25 % des cas) et la pluie suivante n'arrive qu'une fois sur trois dans les cinq jours, la plante doit donc :

- utiliser au mieux l'eau disponible et donc germer très rapidement pour développer en profondeur ses racines et devancer le front d'assèchement du profil du sol ;

- supporter des aléas tels que la fertilité faible du sol, les températures élevées du sol et de l'air, etc... et surtout les aléas pluviométriques tout au long de son cycle de développement. La germination est la première phase du développement et le comportement de la plante à cette période est décisif pour l'ensemble de la culture. Or il a été observé par SIBAND et DELAFOND (communications personnelles), un pourcentage souvent voisin de 60 % à la levée ce qui est particulièrement faible. Nous nous sommes proposé d'étudier la vitesse de germination du mil sur différentes populations en fonction des caractéristiques des grains et du porte-graine (nous avons écarté le problème de la maturation "post-récolte" par des conditions identiques de stockage des grains et une latence suffisante entre la récolte et la germination) ainsi que les conséquences d'un stress.

Les caractéristiques du porte-graine utilisées dans cette étude sont d'ordre biométrique : taille, poids, nombre de tiges... etc., les caractéristiques des grains sont biométriques et biochimiques (dosage de l'azote pouvant donner une idée de l'importance des composés azotés dans la graine).

1 - POSITION DU PROBLEME ET DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

1 - L e Mil

11 - La plante

Elle est de première importance dans sa zone de culture, mais n'a guère été étudiée.

111 - Origine

Les mils penicillaires sont vraisemblablement originaires d'Afrique avec deux régions privilégiées à savoir : le "berceau Ouest africain" et le "berceau Est africain" (Portères 1950) ayant sans doute eu des répercussions sur le foyer Abyssin. (Vavilov 1949). Les types de mil du Sénégal proviennent sans doute de la zone Ouest africaine dont les plantes n'ont quasiment pas quitté la région ni eu de répercussions sur l'agriculture mondiale. Les variétés se sont constituées au cours du développement de l'agriculture steppique du type céréalière comme le montre la diversification des 2 souches probables de mil penicillaire.

Dans la zone sahélienne les cultures de mil actuelles sont sans doute en place depuis très longtemps. Cette plante qui est à peu près la seule céréale cultivable de la région fut appréciée de tous temps pour ses grains et par les sous-produits qu'elle procurait. Toute la plante est en effet utilisée : les grains constituent la base de l'alimentation de ces zones où le riz ne peut être cultivé ; ils servent à la préparation de semoules, de bouillies et de bière ; les tiges sont données en aliments au bétail. ou utilisées pour faire des enclos, les feuilles peuvent trouver leur utilité pour les toitures. On comprend donc que cette culture, mal, @ ses faibles rendements en conditions traditionnelles (variétés et techniques peu évoluées) se soit poursuivie jusqu'à nos jours.

112 - Description : le mil Pennisetum

Il correspond à de très nombreux synonymes scientifiques (FERRARIS 1963) et noms communs. En fait l'appellation de mil recouvre différents types de plantes mais il s'agit en général de ce que l'on appelle le "mil pennicillaire", "mil à chandelle" ou "petit mil" en français par opposition au gros mil ou sorgho.

La plante a été décrite par de nombreux auteurs ; HUTCHINSON et DALZIEL (1962) ; Jacques FELIX (1962) ; CABLEY (1956) ; FERRARIS (1973) ; BONO (1973) ; BRUNKEN (1977) ; c'est une graminée herbacée annuelle mais qui peut être d'après CURSON (1940) Pluriannuelle en Afrique du Sud, à port dressé présentant l'aspect d'une touffe qui peut atteindre 4 à 5 m de haut ; elle appartient aux Pennicillaria de STAPF et HUBBARD du genre Pennisetum L. Rich.

La tige est épaisse (10 à 20 mm à la base), sans lacune médullaire portant des noeuds saillants glabres ou pubescents. Les entre-noeuds s'allongent de la base vers le sommet de la tige et sont plus épais en leur milieu qu'à leurs extrémités, il peut y en avoir une vingtaine dont la longueur atteint 390 mm (en moyenne 23 cm). Chaque noeud porte un sillon discret où s'insère un bourgeon axillaire susceptible, dans certaines conditions, de donner naissance à une talle aérienne. Les noeuds de la base sont légèrement renflés et portent une couronne de primordia de racines adventives. Le nombre de talles peut être élevé et atteindre 40 (RAMOND 1968) :

- les talles d'après RAMOND (1969) démarrent du douzième ou troisième jour après le semis sous forme de :

- . talles d'ordre 1 à l'aisselle des feuilles principalel ;
- . talles d'ordre 2 à l'aisselle des feuilles des talles d'ordre 1 ;
- . talles d'ordre 3 à l'aisselle des feuilles des talles d'ordre 2.

Chaque ordre de talle étant situé dans un plan perpendiculaire au précédent et les dernières talles repoussant les premières vers la périphérie. La fin du tallage a lieu vers le trente-cinquième jour pour tous les ordres de talles. Après la floraison, des tiges axillaires peuvent apparaître à partir des noeuds des tiges ayant fleuri et porter des épis plus petits que ceux des premières talles.

- les racines : après la racine séminale à la germination du grain, les racines nodales apparaissent à raison de 2 à 3 paires par noeud, en moyenne une talle porte une vingtaine de racines (BONO 1973). Les racines adventives se développent à partir du stade 3 feuilles et le système racinaire de type fasciculé est le plus dense dans les 30 premiers centimètres du sol mais atteint 1,8 m de profondeur (CHOPART 1980).

- les feuilles sont constituées de 2 parties : la gaine enserme la tige et s'ouvre en un limbe à partir du col. Le col se distingue par son aspect et porte souvent une frange ou ligule de cils blanchâtres de 2 à 10 mm. Le limbe est ouvert et étalé, linéaire du lancéolé avec un bord souvent ondulé, il mesure 30 à 75 mm de large et 60 à 100 cm de long, il est auriculé et porte une nervure plus ou moins saillante. Les deux faces de la feuille sont assez rigides et la face supérieure est, souvent rugueuse et pubescente.

- l'inflorescence est un faux épi (ou une panicule compacte) de 5 à 150 cm de long, de 1,5 à 5 cm de large qui place donc le rapport moyen longueur sur largeur entre 4,6 et 66,0. La forme générale est cylindrique \ rappelant l'épi de Thypha d'où le nom de P. typhoides.

113 - Culture

Le mil est cultivé dans la partie Nord du Sénégal où les conditions sont difficiles et les techniques rudimentaires, les meilleurs rendements sont obtenus là où il y a le plus d'eau, mais les surfaces les plus importantes se trouvent à l'extrême Nord où d'autres cultures ne sont pas possibles. Une production moyenne de 500 à 600 kg par hectare est obtenue dans les conditions suivantes : de petite dimension, les grains sont semés en poquet avant l'arrivée des premières pluies dans un sol sec (le semis en sol humide étant réservé à l'arachide lorsqu'elle peut être cultivée).

Le démarrage est nécessaire car plusieurs grains germent dans chaque poquet et ils sont trop nombreux pour que chacun puisse donner naissance à une plante bien développée. C'est une opération longue qui se déroule au moment où le paysan doit se consacrer à l'arachide, elle est donc souvent différée de qui porte préjudice aux plantes. Les opérations ultérieures de la culture ne présentent pas de difficultés particulières car, une fois établi, le mil s'adapte bien aux conditions qui lui sont offertes. La difficulté principale se situe donc au niveau du semis qui se fait dans un sol sec (qui ne peut généralement pas subir de façons culturales préalables) et au niveau de la levée du grain après les premières pluies généralement faibles et irrégulières.

12 - L'épi

L'épi est la partie productive de la plante. Sa structure est complexe.

121 - Morphologie

De forme généralement cylindrique il est en fait conique, fusiforme ou cylindrique avec un rachis légèrement conique ou cylindrique et des **pedicelles** des involucre plus ou moins développés. La couleur dépend de celle du sommet des grains dans une large gamme allant du jaune vert au gris et au marron (RAMOND 1973:).

1211 - L'épillet, qui est l'unité de base de l'épi, est enveloppé dans un involucre de soies du pédicelle. Celui-ci détermine en partie la largeur du faux épi par sa propre longueur qui varie de 0 à 11 mm avec des dimensions fréquentes de 3,0 à 9,4 mm (BONO 1973), les soies ont une longueur et une forme variables qui permettent de distinguer les variétés aristées des variétés mutiques. Dans les variétés aristées, l'aristation peut provenir d'une seule **soie**, de plusieurs soies de même taille ou de deux groupes de soies de taille différente et se présenter sous forme de soies simples, ciliées ou plumeuses.

1212 - Les épillets proprement dits sont souvent groupés par 6 ou plus et chacun est porté par un pédicelle de 0,5 à 3 mm (souvent 0,9 à 1,7 mm), la glume supérieure est nervée et colorée (du violet au jaune blanchâtre) généralement ciliée (BONO 1973). Chaque épillet est composé de deux fleurs : une fleur complète et une fleur staminée généralement en position inférieure. Les étamines sont au nombre de 3 et les anthères dont la couleur est variable sont munies d'une touffe de soies. L'ovaire monocarpique est surmonté de 2 styles dont la base est soudée.

122 - Gradients physiologiques

Il a été observé dans le phénomène de floraison un gradient tel qu'il commence juste au dessus du milieu de la panicule pour se propager simultanément vers le haut et vers le bas (ORIOLES 1950). Par ailleurs, selon le même auteur, les fleurs fertiles arrivent à maturité avant les fleurs staminées, une protogynie de 2 à 3 jours caractérise le mil. Les stigmates ne restent réceptifs qu'un jour en général, l'allogamie est donc de rigueur.

De même, d'après SIBAND (communication personnelle) suivant le schéma de la floraison on retrouve sur la panicule plusieurs gradients s'appliquant à la prolificité des croupes d'épillets, au poids du grain et à la germination. En effet, il semble que les grains des secteurs médians soient plus nombreux, plus gros et germent mieux que les grains des parties distales.

123 - Les grains

Ce sont de petits caryopses produits en très grand nombre 800 à 3000 par panicule d'après FERRARIS (1973), d'où le nom de millet. De forme très variable, leur section peut être triangulaire, elliptique ou circulaire avec des intermédiaires. Le grain est plat, arrondi ou pointu ; lisse, plissé ou légèrement déprimé, muni d'une excroissance ; mucroné ou non (BONO 1973). Le poids moyen est de 0,14 à 15 mg selon RACHIS (1975), les dimensions 2,2 à 5,6 mm de longueur sur 1,6 à 3,7 mm de largeur (BONO 1973). La couleur des grains est, elle aussi, variée comme nous l'avons indiqué au sujet de la couleur de l'épi, et cette coloration n'est pas forcément homogène sur l'ensemble du grain.

II - LA GERMINATION :

21 - Normes - Définitions

Il semble utile de donner ici la définition de certains termes usuels (Corne 1970) :

- le pouvoir germinatif est le pourcentage de semences capables de germer dans les conditions les plus favorables ;

- la capacité de germination correspond au pourcentage de semences qui germent dans des conditions données ;

- la vitesse de germination peut être exprimée de différentes façons par :

. le taux de germination au bout d'un certain temps après l'ensemencement ;

. le temps nécessaire pour atteindre 50 % de la capacité de germination ;

. le temps moyen (T_m) nécessaire à la germination des semences étudiées qui représente l'inverse x 100 du "coefficient de vélocité" de KOTOWSKI (1926).

$$T_m = \frac{N_1 T_1 + N_2 T_2 + \dots + N_n T_n}{N_1 + N_2 + \dots + N_n} \quad \text{ou } N_1 \text{ est le nombre de semences germées au temps } T_1 \text{ et ainsi de suite}$$

et d'autres indices plus ou moins faciles à employer ;

- la vigueur est un terme souvent employé pour désigner la propriété d'une semence à lever de façon satisfaisante dans des conditions suboptimales mais sa définition n'est pas encore unique ce qui rend son emploi difficile (Bibliographie IRAT 1975).

22 - Origines de la variabilité

221 - Formation du grain

Chaque partie du végétal pouvant avoir une incidence sur la formation du grain, celui-ci est un reflet des modalités du développement de l'ensemble de la plante (NOZERAN et BANCILHON 1972). L'hétérogénéité de la germination sur une même plante peut être liée aux conditions naturelles de formation des grains (CHAUSSAT et le DEUNFF 1975) et aux gradients de propriétés germinatives (DO CAO 1976). Il a ainsi été observé des gradients le long de l'axe de l'inflorescence (MAUN et CAVERS 1971, CHAUSSAT et BOUINOT 1975) correspondant à des corrélations sur des céréales ainsi qu'une hiérarchie de faculté germinative entre les Trains provenant d'un même niveau de l'inflorescence (DATTA 1972) pouvant être liée au poids des grains (BLACK 1958, CLARK et KLINE 1965). Ces variations sont vraisemblablement partiellement liées à la concurrence alimentaire entre les grains lors de leur formation.

222 - Conservation et maturation

Comme la semence ne peut germer que si un certain nombre de conditions favorables sont réunies (il s'agit de la disponibilité de l'eau, de la température ambiante, de la lumière éventuellement et aussi de la faculté propre à la graine de germer au moment où on la met dans les conditions favorables), la faculté de germination correspond à l'élimination des inhibitions ou maturité physiologiques et à la maturité morphologique acquise à la récolte

La maturité morphologique est acquise quand le grain a atteint la déshydratation naturelle maximale sur pied (de l'ordre de 12 % en général), la maturité physiologique ne se mesure que sur la germination car elle est relative à des processus internes multiples et complexes. Dans le cas du mil où cette maturité physiologique apparaît au bout d'un certain temps sans l'application d'un traitement chimique ou thermique ou d'un choc physiologique, on peut penser qu'il s'agit d'une "post maturation en sec" très fréquente chez de nombreuses graminées (CROCKER et BARTON 1953).

La période de latence entre la récolte et la maturité physiologique se passant à température ambiante au sec, les inhibitions internes qui sont levées peuvent être la privation d'oxygène de l'embryon par la présence de cellules vivantes ou de phénols tégumentaires (CHAUSSAT et le DEUNFF 1975).

223 - Les causes de la variabilité

Les conditions de germination induisent une variabilité dans la mesure où plusieurs facteurs interviennent :

- l'eau suivant CHAMPAGNAT et COLL (1969) imbibe les téguments, réhydrate le cytoplasme et rehydrate les réserves, la quantité nécessaire varie de 40 à 150 % du poids sec suivant les plantes. La quantité d'eau disponible a donc des conséquences immédiates sur la germination ;

- l'aération est nécessaire à la reprise de l'activité respiratoire et donc des phénomènes métaboliques pour l'ensemble des plantes non aquatiques, une diminution du taux d'oxygène entrave la germination ;

- la température joue sur la vitesse de germination dans la limite des températures compatibles avec celle-ci (DORNE 1968). En général, il y a une température minimale et une température maximale entre lesquelles se situe un optimum. En dehors de cet intervalle la germination n'a pas lieu ;

- la lumière est importante puisqu'on peut avoir des graines indifférentes, exigeant la lumière ou exigeant l'obscurité. Les céréales et les légumineuses appartiennent au premier groupe, ce qui permet d'opérer de façon simple pour le mil.

- les facteurs biologiques ne sont pas négligeables et sont principalement pour les céréales de deux types : les inhibiteurs de germination diffusibles et les stimulateurs, leurs conséquences varient en fonction du nombre de grains mis à germer (FROMANTIN 1969).

23 - La germination

En ce qui concerne le mil un certain nombre d'études spécifiques ont été faites apportant des informations de divers ordres sur le comportement germinatif de cette graminée.

SIBAND (1980) dans une étude comparée de la germination des mils, maïs et sorgho établit une relation entre la vitesse de germination du grain et la taille de celui-ci. Il semble que la germination, liée à l'imbibition des grains par l'eau, soit d'autant plus rapide que ceux-ci sont plus petits. Le mil a des grains très petits qui germent, en quelques heures.

ROUSSEL (1978) montre que le mil germe de façon extrêmement irrégulière lorsqu'on a à faire à un mélange de semences mais aussi quand on a des grains d'une même chandelle, indépendamment de la question de maturité physiologique. Sur ce dernier sujet, il montre que l'inhibition de la germination se poursuit pour des durées variables suivant les conditions de conservation des semences comme cela ~~il~~ a été /en évidence sur d'autres plantes (ABBO ^{mis} 1955). Mais il faut aussi tenir compte des conditions de germination des grains qui ont de grandes conséquences sur les résultats. FROMANTIN (1969) a mené des expériences en laboratoires dans lesquelles la densité de semis a un effet très net sur le pourcentage de germination du mil.

III - LA DEMARCHE EXPERIMENTALE

31 - Choix raisonné des conditions d'expérience

Nous avons voulu tester deux aspects du comportement germinatif du mil : la vitesse de germination, qui est primordiale dans les conditions aléatoires où le mil est cultivé et la réponse à un stress. Les irrégularités pluviométriques étant les plus fréquentes, le stress hydrique, qui a l'avantage d'être facile à reproduire, a été utilisé comme référence.

32 - La méthode d'étude de la variabilité

D'après ce qui a été dit notre travail comprend donc deux parties qui sont :

- l'établissement d'une méthode standard de germination isolant la variabilité propre au grain ;

- l'application des standards ainsi définis dans la première partie à des grains issus de populations différentes ou de même population mais de plantes différentes ou de zones différentes d'une même plante.

MATERIEL ET METHODES

1 - LE MATERIEL

11 - Matériel végétal

3 variétés ont été utilisées : 3/4 HK, Souna III, Synthétiques GAM 5 qui sont des mils de taille différente.

111 - 3/4 HK

C'est une variété composite faite par le croisement de 3/4 Souna (obtenu à partir de matériel indien et américain donneur de nanisme croisé à une population grande améliorée du Sénégal appelée Souna III) avec une population grande améliorée du Niger HKN qui a servi de parent récurrent pour un back-cross.

112 - Souna III

C'est une variété composite créée en 1970 et formée de 7 lignées. C'est un modèle de structure "traditionnelle améliorée" proposé actuellement à la vulgarisation, l'appareil végétatif est très développé, les tiges atteignent 2 m et les épis peuvent atteindre 80 cm. Le cycle est de 90 jours en saison des pluies.

113 - Synthétique GAM 5

C'est une variété composite naine obtenue par croisement de matériel africain avec un parent nain sélectionné aux Etats-Unis pour le fourrage. La plante est petite, l'appareil végétatif pouvant atteindre 80 cm à 1 m environ et l'épi une vingtaine de centimètres. Le cycle est de 75 jours en saison des pluies.

12 - Matériel de laboratoires

Il est composé des enceintes et de petit matériel.

121 - Les enceintes

2 armoires de germination ont été utilisées :

- une armoire CONVAIR à température, lumière et humidité contrôlées, pouvant contenir 29 plateaux de 60 x 60 cm, permettant de travailler avec précision entre 15°C et 60°C, dans laquelle la circulation d'air est assurée de façon régulière dans tout l'espace disponible.

- une armoire de fabrication artisanale où seule la température pouvait être réglée. Sans système de refroidissement, on ne peut obtenir que des températures supérieures à la température ambiante. Le chauffage est assuré par des lampes, l'air chaud est réparti dans l'enceinte par l'action d'un petit ventilateur et la partie utilisable de 1,00m x 1,00 m est aménagée avec des clayettes amovibles de grillage métallique espacées de 5 cm.

122 - Petit matériel

Les germinations ont été obtenues dans des boîtes de Pétri de verre de 10 cm de diamètre et 1 cm de hauteur,

II - LES METHODES

Les méthodes s'appliquent à la culture des plantes, à la récolte et la conservation des semences, aux techniques d'étude de la germination et à leurs applications, aux méthodes d'interprétation statistique.

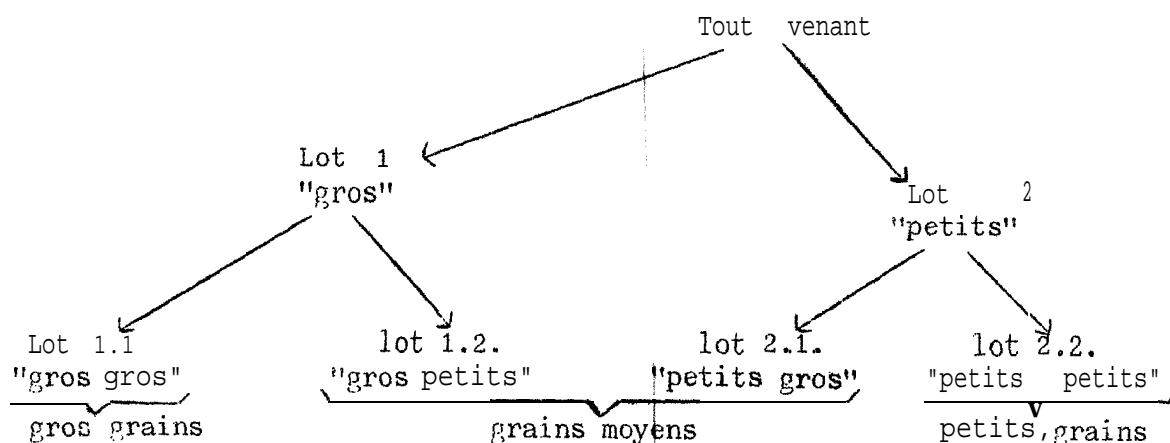
21 - Obtention du matériel végétal.

211 - Matériel végétal utilisé pour l'étude méthodologique

Deux variétés ont été utilisées le mil Souna III et 3/4 HIC.

Il s'agit de grains obtenus en saison des pluies. Le mil Souna III provient d'un lot de semences "tout venant" qui a été trié en petits, moyens et gros grains par une appréciation visuelle dichotomique. Des grains sont observés deux par deux et répartis entre groupe noté: "gros" et le groupe noté "petit". Chaque lot ainsi formé est à nouveau trié suivant le même critère ce qui aboutit à l'obtention de 4 lots. Les deux lots extrêmes sont les "petits" et les "gros", les 2 lots intermédiaires les "moyens".

Schéma :



Le mil 3/4 HK est très homogène car il provient de la partie médiane de chaque étage d'un nombre limité d'épis,

212 - Le matériel végétal utilisé pour l'étude de la variabilité

Les deux variétés de mil ont été cultivées simultanément en bacs de végétation bien drainés avec les caractéristiques données dans le tableau ci-après.

| | Dimension des bacs | Date de semis | Première date de | | Début de récolte |
|-------------|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| | | | Epiaison | Fécondation | |
| ! GAM 5 | ! 60 cm x 60 cm! | ! 4 décemb. 79! | ! 12 janv. 80 | ! 3 18 janv. 80 | ! 3 mars 1980! |
| ! SOUNA III | ! 100cm x 100cm! | ! 4 décemb. 79! | ! 27 janv, 80 | ! 3 fév. 80 | ! 6 mai 1980 |

Le démariage à 3 pieds a été fait au 10ème jour et à 1 pied 1 mois après le semis. L'irrigation est faite à la main tous les deux jours et deux apports de sulfate d'ammoniaque ont complété la fumure de fond composée de sulfate d'ammoniaque, de phosphate supertriple et de chlorure de potassium. Des observations quotidiennes au champ ont permis de noter le moment de sortie de l'extrémité de l'épi appelé "début d'épiaison" et la date de flétrissement des stigmates indiquant que la fécondation avait commencé la veille d'où la date de "début de fécondation".

Il y avait 3 poquets par vase qui ont été démariés à 1 pied par poquet puis 1 pied par vase, l'espacement entre les poquets évitant la lésion des plants à la deuxième opération.

- la récolte des épis d'un pied a été réalisée 30 jours après l'épiaison de l'épi le plus tardif de ce pied. Les caractères de talles et d'épis de chaque plante ont été décrits. Chaque épi a été numéroté et découpé en tronçons (5 pour le GAM 5 et 10 pour le SOUNA III) dont des caractéristiques biométriques ont été relevées. Les diamètres de l'épi et du rachis ont été mesurés au pied à coulisse ; la longueur de l'épi à la règle graduée ; les épis, les pédoncules, les fleurs ont été dénombrés ; le nombre de grains a été obtenu par comptage manuel ou comptage au Numigral, le poids des grains a été obtenu par double pesée sur une balance électrique Mettler au mg sur des grains séchés à température ambiante, le poids de talle a été mesuré sur les tiges séchées 48 h à l'étude à 90°C. Les grains de chaque étage ont été conservés au laboratoire dans des récipients fermés à température ambiante en attendant d'être soumis à expérimentation.

22 - La germination

Toutes les expériences ont porté sur la germination du mil et les grains ont été considérés comme ayant germé quand la radicule avait percé les téguments, ils étaient alors éliminés après dénombrement.

Les expériences ont été faites dans les boîtes de pétri dont le fond était tapissé de 3 épaisseurs de papier filtre, imbibé de 10 cm³ d'eau ou de solution de P.E.G. Ces boîtes étaient maintenues fermées entre les lectures et placées à l'obscurité dans l'armoire CONVAIR ou recouvertes de papier buvard pour limiter l'effet de la lumière des lampes de chauffage dans l'autre enceinte.

La germination a lieu soit avec de l'eau soit avec une solution de Polyéthylène glycol 600 (PEG 600). Le PEG 600 industriel a été purifié par le passage successif sur 2 colonnes DOWEX 4 et DOWEX 1 et DOWEX 50 pour éliminer les impuretés, en particulier les anions et les cations métalliques et, des éléments toxiques non identifiés (DA SYLVA, 1970). Il permet de simuler un stress car les concentrations croissantes de PEG augmentent le potentiel osmotique (fig. 1-4-b), l'eau est donc moins disponible pour la plante car elle est liée aux molécules de PEG.

23 - Les études

231 - Mise au point d'un "standard" de germination

Nous avons cherché à établir des normes de germination permettant de comparer différents matériels entre eux et les caractéristiques à définir étaient le nombre de grains par boîte, la température optimum et les périodes d'observation.

Nous avons comparé sur 6 répétitions la germination du mil en fonction du nombre de grains par boîte sur les densités 1, 5, 25, 50 et 100 en faisant différentes classes de grains suivant leur taille : petits, moyens, gros et un lot appelé "tout venant".

en 5°C/ - l'étude des températures a porté sur une gamme de 25 à 40°C de 5°C/avec 4 répétitions par expérience/. L'élimination des grains germés a été faite toutes les 4 heures après dénombrement.

232 - Application du standard.

à l'étude de la variabilité de la germination. Deux types de variabilités ont été étudiées sur chaque population : la variabilité sur un même épi et la variabilité entre les épis d'une population. Les modalités d'expérience retenues sont définies par la première partie et les épis répondaient principalement au critère d'un nombre suffisant de grains sur chaque étage pour effectuer le nombre de répétitions désiré et les analyses d'azote ; pour le Souma III le choix a été guidé par le souci de disposer pour chaque pied d'une large gamme de dates de fécondation.

- variabilité sur l'épi \pm 4 ou 6 répétitions de la germination de 5 étages de 45 épis de mil GAM 5 et de 10 étages de 5 épis de Souma III ont été réalisées avec une observation à 8h (environ 50 % de germination indiquant la vigueur des grains) et une à 48h pour la capacité de germination.

- variabilité entre épis \pm 4 ou 2 répétitions de la germination de l'étage médian de 192 épis de mil GAM 5 et 54 épis de Souma III ont été observés à 8h et à 48h.

Pour chaque étude la comparaison a été faite entre la germination avec de l'eau et du PEG 600 purifié pour déterminer la distorsion induite par un stress.

Le dosage de l'azote contenu dans les grains est fait par minéralisation Kjeldahl. Les opérations sont les suivantes :

Les grains sont broyés au mortier : 100 mg de broyat sont minéralisés par la méthode Kjeldahl (broyat additionné de quelques gouttes d'acide sulfurique ordinaire 36 N et du catalyseur à base de sulfate de potassium, sulfate de cuivre et sélénium), l'attaque se fait sur une rampe électrique durant environ 2h 30, le dosage de l'échantillon se fait par distillation directe de l'ammoniaque en milieu rendu très basique par de la soude 10N. L'ammoniaque est recueilli en présence du réactif de Tashiro (qui passe du violet au vert) dans l'acide borique et le dosage est réalisé par l'acide sulfurique $\frac{N}{100}$.

24 - L'interprétation

L'interprétation statistique des résultats a nécessité deux méthodes différentes : l'analyse bloc pour l'étude de la variabilité en fonction de l'étage. Chaque étage est considéré comme un bloc et chaque épi comme un traitement. On compare le F traitement et le F bloc aux valeurs limites de F en fonction du nombre de degrés de liberté pour le risque 5 % (SCHWARTZ, 1977).

Les corrélations simples pour l'étude de la variabilité entre épis, en comparant la germination aux différents caractères biométriques relevés et notés pour chaque tronçon comme l'indique le schéma n°1 et au taux d'azote obtenu par analyse.

RESULTATS
=====

1 - ETUDE METHODOLOGIQUE

11 - Etude des principaux facteurs susceptibles de faire varier les caractères de germination

111 - Les enceintes (fig. 11)

Description des résultats. On a comparé les deux enceintes par la germination de grains de mil souba "tout venant" ou de petite et grande taille. La figure 11 représente la cinétique de germination sur 4 répétitions. La courbe fréquentielle de germination est de type sigmoïdal présentant trois phases :

- Quelques germinations apparaissent dès les premières heures, puis on note
- une accélération de la germination entre 4h et 12h pour arriver à
- un maximum vers 24h.

A 48h la fréquence n'est guère différente de celle des 24h qui correspondait au maximum, au-delà de 48h apparaissent des moisissures sur les grains non encore germés.

Le tableau suivant donne les résultats moyens obtenus à 48h et les coefficients de variation.

| | Enceinte artisanale | | Enceinte CONVAIR | |
|----------------------------|---------------------|------|------------------|------|
| | 30°C | 35°C | 30°C | 35°C |
| Pourcentage de germination | 85,6 | 84,3 | 89 | 86,5 |
| Coefficient de variation | 0,09 | 0,11 | 0,05 | 0,08 |

Les coefficients de variation sont voisins mais plus faibles dans l'enceinte "CONVAIR"

Interprétation

Les deux enceintes donnant d'une part des cinétiques qui se recouvrent complètement sans que soient affectés ni l'allure de la courbe ni le maximum, sans différence significative entre les capacités de germination, d'autre part le coefficient étant plus faible avec l'enceinte CONVAIR, on obtient donc une meilleure reproductibilité des résultats dans cette dernière enceinte que dans la première.

112 - Densité de grains par boîte (fig. 12)

La cinétique de germination des grains isolés ou mis par 5, 25, 50 ou 100 dans chaque boîte a été comparée après 6 répétitions.

. description des résultats

Les courbes de germination fig. 1.2 en fonction du temps de type sigmoïde présentent deux phases :

- la première correspond à une germination intense des grains de 0h à 12h.
- la seconde pendant laquelle est atteint un maximum qui se situe vers 24h et qui est suivi d'un palier.

Les différentes densités donnent des courbes de même allure mais dont les différentes phases correspondent à des pourcentages différents de grains germés.

Les tableaux I, II A et B montrent qu'à 8h comme à 48h le pourcentage de germination est plus élevé dans les boîtes de 5 grains et que l'écart type est plus faible.

. interprétation

La figure 1.2 qui est confirmée par l'analyse statistique en particulier à 48h montre que la vitesse de germination est liée à la densité, de même pour la capacité de germination. Bien que la précision obtenue avec les boîtes à 1 grain soit faible, la densité optimum correspond à 5 grains par boîte. En deçà il y a un effet bénéfique (synergie) de l'augmentation de la densité, au delà un effet dépressif (antagonisme) ; ces études confirment les résultats de J. FROMANTIN (1970).

113 - La température

Les effets de la température sur la germination du Souma III ont été étudiés en prenant de 5 en 5°C une gamme de valeurs allant de 25 à 40°C sur 8 répétitions de 25 grains par boîte.

. description des résultats

La cinétique de la germination du Souma III pour chaque température correspond à des courbes de type sigmoïdal avec des germinations faibles puis une accélération considérable du phénomène (entre 4h et 12h) pour approcher du maximum vers 24h. Les différentes températures donnent des cinétiques décalées les unes par rapport aux autres, l'allure des courbes est la même mais les maximums sont différents. Le maximum de germination augmente en passant de 25 à 30°C puis diminue en passant de 30 à 35°C puis 40°C.

Le tableau III donne les cinétiques en fonction des températures et de la taille du grain. Bien que les petits grains germent théoriquement plus vite que les gros par une imbibition plus rapide (SIBAND 1980) le lot utilisé a donné une meilleure germination des gros grains en général.

interprétation

On peut penser en ce qui concerne la taille des grains que le type de tri aura regroupé dans le lot des petits grains des individus, appartenant à ce groupe par des défauts lors de leur formation et germant donc moins bien que les gros grains qui sont généralement bien constitués. Ce qui expliquerait les maximum parfois plus faibles sur les petits grains par rapport aux gros.

Le tableau IV présente les valeurs des caractéristiques des courbes obtenues pour chaque température. La moyenne de germination à 48h (donc la capacité de germination) à 30°C est maximum alors que la vitesse de germination est maximum à 35°C. Les différences enregistrées entre ces deux températures sont faibles donc on pourra choisir entre 30°C et 35°C pour être dans les conditions optimum de germination du mil.

114 - Le nombre de répétitions

Il détermine la fiabilité des résultats, on a étudié le coefficient de variation en fonction du nombre de répétitions du mil 3/4 HK en boîtes de 25 grains.

Le tableau V montre que l'écart type et le coefficient de variation à 48h diminuent avec un nombre croissant de répétitions ce qui est bien connu. Dès que l'on atteint 6 répétitions les écarts type et coefficients de variation sont assez proches de ceux obtenus avec 15 répétitions. Mais le mil utilisé n'a pas la variabilité du souma III ce qui implique que l'étude n'est pas vraiment généralisable.

12 - Conclusions pratiques de l'étude méthodologique

A partir de l'étude de quelques facteurs susceptibles de faire varier les caractéristiques de la germination du mil nous avons déterminé des conditions standard de germination ainsi définies.

L'enceinte automatique CONVAIR donnant le coefficient de variation le plus faible a été utilisée pour toutes les germinations.

La densité de 5 grains par boîte, bien que donnant les meilleurs résultats n'a pas été retenue car ce faible effectif obligeait à faire un très grand nombre de répétitions difficilement compatibles avec la capacité de l'enceinte et les moyens matériels mis à notre disposition. Nous avons retenu la densité de 25 grains qui donne de bons résultats dans l'étude en boîte de pétri et se rapproche plus de la réalité du semis en poquet.

La température de 30°C très proche de la température ambiante et plaçant 50 % de germination vers 8h est la plus favorable car elle évite les variations thermiques au cours de l'expérience et permet de faire les lectures à 8h, 24h et 48h dans les heures de travail de l'établissement.

Le nombre de répétitions est 6, il a été réalisé dans la mesure d'un nombre suffisant de grains sur chaque étage de chaque épi mais parfois 2 ou 4 répétitions seulement ont pu être faites.

Les boîtes de pétri en verre, tapissées de 3 épaisseurs de papier filtre, recevant 10 cc d'eau ou de solution de PEG et 25 grains sont placées, fermées dans l'armoire réglée à une température constante de 30°C, sans lumière ni humidification et observées au bout de 8h, 24h et 48h pour le dénombrement et l'élimination des grains germes.

13 - Utilisation du stress hydrique pour l'étude de la variabilité de la germination

Le comportement germinatif des grains en conditions normales et en conditions de stress hydrique, provoquées par l'utilisation du PEG 600, a pour but de mettre en évidence une éventuelle tolérance des grains à la sécheresse au moment de la germination,

. description des résultats obtenus sur 6 répétitions

La figure 1.4 b montre l'effet de différentes concentrations en PEG 600 sur la germination sachant que chacune correspond à un potentiel osmotique déterminé (fig. 1.4 a). On observe donc des courbes constamment décroissantes à 8h et à 48h sur les 2 matériels utilisés. La pente des courbes à 8h est d'abord forte puis faible à partir de 50 g/l. A 48h la pente est faible jusqu'à 50 g/l environ puis forte.

. interprétation

Les résultats sont comparables sur les 2 matériels mais les courbes ne se superposent pas, elles sont décalées. L'effet du PEG quelque soit la concentration est plus marqué à 8h qu'à 48h, il semble qu'il y ait une faculté de "récupération" des grains. Les faibles concentrations entraînent une baisse considérable de la vitesse de germination mais n'affectent que très légèrement la capacité de germination. Aux concentrations élevées les deux grandeurs sont affectées. Pour avoir un effet sur la germination sans pour autant la rendre nulle dans tous les cas, une concentration de 60 g/l qui diminue d'environ 50 % la vitesse de germination sans affecter la capacité semble bien discriminante et sera utilisée dans l'étude de la germination des 2 populations.

II - ETUDE DE LA VARIABILITE des caractères de germination entre épis et sur l'épi.

21 - Les sources de variabilité et leur niveau de manifestation

211 - Les diverses variabilités

Les variations enregistrées au niveau des plantes sont liées à deux causes distinctes : le patrimoine génétique et les conditions de milieu. Ces deux sources de variabilité ont des modalités différentes représentées avec le niveau auquel elles s'expriment (et les méthodes d'études) dans le schéma de la page suivante (les pieds sont considérés comme isolés; car ils sont cultivés en bacs de végétation cloisonnés suffisamment espacés). Les manifestations des modalités ne sont pas toujours indépendantes ainsi nous devons noter que l'effet "bac" et l'effet "plante" sont confondus puisqu'il n'y a qu'une plante par bac, d'autre part les rangs des talles s'ordonnent comme les dates de fécondation et la précocité est sous dépendance génétique, enfin les interactions à un niveau (entre organes, entre talles) dépendent des conditions au niveau supérieur.

212 - Analyse des données climatiques (fig. 2 - 0)

Les valeurs moyennes des températures et des humidités indiquent les conditions moyennes qu'ont subi les mils. Les valeurs minimales enregistrées dans chaque période pour chacune de ces grandeurs est importante car elles peuvent être des facteurs limitants, elles ont parfois été les valeurs les plus faibles de la saison sèche. Au contraire les maxima étaient de toute façon relativement faibles par rapport aux valeurs enregistrées en saison normale de culture. Pendant la culture les grandeurs ont été très variables montrant pour la température, l'insolation et l'évaporation une tendance à

ANALYSE DE LA VARIABILITE D'UNE POPULATION DE MIL

1 - Conditions particulières : Les pieds sont considérés comme isolés

2 - Analyse

| ! Sources de variabilité ! | ! Modalité possible ! | ! Niveau de manifestation ! | ! Méthodes d'études ! |
|---------------------------------|---|---|--|
| <u>Patrimoine génétique</u> | (du pollen (du grain mère | grain - Aléatoire - F % Variances interplantés | 1 - Comparaison entre plantes de même nombre de talles |
| | { Variation dans le temps (des conditions générales (ex. climatiques) | Variations intertalles selon date de fécondation | 2 - Comparaison sur toutes les populations selon la date, |
| | { Variation ordonnée dans (l'espace sur l'ensemble (de l'essai (ex. exposition) | Gradients sur le dispositif | 3 -- Comparaison entre pieds sur le plan du dispositif. |
| <u>Conditions de Milieu</u> | { Variation au niveau de la (case (Sol, Conditions de culture, etc.). | Variations interplantés | 4 - idem 1 |
| | { Variation due à la situation (d'une talle sur la touffe | Variance interrangs sur le pied | 5 - Comparaison entre talles selon le rang, pour les mêmes pieds (donc même approche que 1) |
| | { Variation au niveau d'une (organe due à des contraintes (internes | Covariance entre paramètres | 6 - Etudes de corrélations |
| | | | Pour l'ensemble = analyses multivariantes. |

| | Température en °C | | | Humidité relative en % | | | Evapora- tion en mm | Insola- tion en R |
|----------|-------------------|---------|---------|------------------------|---------|---------|---------------------------|-------------------------|
| | Maximum | Minimum | Moyenne | Maximum | Minimum | Moyenne | | |
| Décembre | 34,4 | 17,5 | 26,0 | 57 | 26 | 38 | 7,84 | 7,6 |
| Janvier | 33,0 | 15,6 | 24,3 | 78 | 27 | 47 | 7,22 | 9,3 |
| Février | 35,1 | 18,3 | 26,7 | 53 | 19 | 32 | 9,84 | 8,5 |
| Mars | 36,6 | 18,9 | 27,4 | 73 | 30 | 44 | 10,65 | 9,3 |
| Avril | 39,4 | 19,7 | 29,5 | 73 | 30 | 46 | 11,83 | 9,7 |
| Mai | 38,5 | 19,9 | 29,2 | 77 | 34 | 50 | 10,85 | 9,5 |

22 - Etude exhaustive sur une population de mil synthétique GAM 5.

221 - Caractères mesurés sur la population

2211 - Description de la culture et ses caractères généraux

Le mil GAM 5 s'est développé dans une période de température moyenne assez régulière où les minima étaient très bas. L'humidité a été très variable mais assez faible dans l'ensemble avec les minima les plus basses de l'année. L'évaporation a été croissante tout au long du cycle et l'insolation en moyenne faible et surtout; variable. Ces conditions écologiques ont entraîné les conséquences suivantes :

- un allongement caractérisé du cycle qui a duré plus de 90 jours alors qu'il ne dure que 75 jours en saison des pluies. Toutes les phases ont été allongées en particulier la période d'épiaison qui a duré 32 jours.

- une diminution du développement végétatif des plantes qui étaient très petites et dont le poids de tiges n'était que le quart du poids enregistré en période normale de culture.

- un nombre d'épis apicaux qui n'a pas dépassé 12 par pied et un taux très faible d'apparition de tiges aériennes (5 au total).

221.2 - Analyse de la structure de la population obtenue

. Niveau et variabilité des principaux caractères

Les différents paramètres mesurés sur l'ensemble de la population composée de 192 tiges montrent une grande variabilité que l'on peut caractériser par les valeurs extrêmes enregistrées.

Les gammes les plus étalées de valeurs se trouvent pour le poids de tige, le nombre de pédoncules floraux et le nombre de grains.

| | PT | LC | DE | DR | NP | NF/NP | F | NG | MG |
|---------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|------|
| Minimum | 0,52 | 0,62 | 1,06 | 0,17 | 143 | 1,06 | 22,8 | 123 | 1,63 |
| Maximum | 3,90 | 20,50 | 1,83 | 0,42 | 1777 | 2,44 | 90,4 | 231,7 | 8,90 |

L'étude de la population montre que l'ensemble des talles d'un même pied ont un cycle de durée différente et des épiaisons étalées dans le temps, il en est de même à fortiori des différents pieds. La population présente une grande variabilité de précocité expliquée en partie par la variabilité entre pieds et par la variabilité sur un même pied en fonction du rang de la talle. L'analyse a donc été faite sous chacun de ses deux aspects et le tableau VI donne les résultats d'analyse "bloc" sur les différents paramètres étudiés. On en déduit que l'effet rang est très fort sur la plupart des grandeurs mesurées et d'autant plus fort que le rang est élevé. La comparaison entre les plantes ayant le même nombre d'épis ne révèle pas une structure de la population en liaison avec le caractère "rang".

Comparaison entre tailles sur la population fig. 21

Les talles ont été ordonnées suivant la date de fécondation ce qui a permis de prendre en compte toute la population en sachant que la variance aléatoire serait élevée car elle comprendrait en partie la variance due à la structure de pied et aux différences entre pied.

Comparaison entre plantes. Cette comparaison est délicate vu l'ensemble des facteurs concomitants lors de la formation de la plante. Il a donc semblé nécessaire de comparer des plantes ayant une certaine unité à savoir le même nombre de talles.

La population a été organisée en sous populations homogènes où les talles sont ordonnées par rang au niveau des pieds. Cette étude n'a donc porté que sur une partie de la population car les pieds particuliers, peu représentés n'ont pas été pris en compte.

Il y a là deux approches imparfaites menées de front et dont la comparaison devrait permettre de cerner les causes de variabilité. L'analyse des corrélations simples et multiples entre paramètres, l'étude multivariante analysant les agrégats et les variations simultanées vont donc être réalisées.

En conclusion, la population de mil synthétique GAM 5 présente une grande variabilité sur l'ensemble des caractères étudiés qui a peut être été accentuée par les conditions bioclimatiques qui ont présidé au cycle de la plante.

Variation moyenne des caractères sur l'épi

Les caractères relatifs à l'épi mesurés sur les 192 chandelles de la population ont été repris sur les 5 étages d'un échantillon de 45 épis. Cette sous population a donné les résultats présentés dans le tableau ci-dessous.

| Étage | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| Taille moyenne du grain | 466,84 | 465,42 | 452,31 | 443,04 | 379,96 |
| Profundité moyenne (P.R.) | 185,33 | 192,17 | 196,74 | 185,63 | 165,09 |
| Azote total | 2012,09 | 1971,12 | 2024,59 | 2022,12 | 2022 |

L'analyse par la méthode des blocs, en utilisant les étages comme "blocs" et les plantes comme "traitement"

Il apparaît donc des variations régulières que l'on peut appeler gradients dont le type dépend de la grandeur mesurée (la taille du grain correspond à un gradient négatif, la prolificité à un gradient passant par un maximum l'azote à une variation différentielle suivant l'étage).

Les types de gradients

Les différents caractères mesurés sur un même épi n'étant pas constants mais variant selon l'étage on observe trois grands types de variation et donc de schéma (courbe décroissante, courbe croissante ou courbes présentant un maximum) que l'on trouve simultanément sur une chandelle pour les divers caractères.

222 - Etude de la germination

2221 - Caractères moyens de la germination fig. 22

Deux grandeurs ont été étudiées pour deux durées différentes, on a donc quatre variables liées entre elles. Il s'agit de la germination dans l'eau ou dans une solution de PEG 600 lue à 8h ou à 48h. Pour mesurer la tolérance au stress hydrique on a fait le rapport des 2 mesures effectuées à 8h. Le taux de germination a été reparté en classes de 10 % et les fréquences des effectifs de chaque classe a été notée.

La figure 22 A montre que :

- 1/ - à 8h, dans l'eau, on obtient une courbe reflétant un taux de germination élevé alors que dans la solution de PEG les effectifs les plus grands correspondent aux taux les plus faibles de germination. Les valeurs moyennes sont de 67 % dans l'eau contre 25,4 % dans le PEG, l'écart type est de 1,6 % contre 1,0 %. On a donc, pour une précision équivalente, un effet très dépressif du stress hydrique sans toutefois exclure des cas de germination intense dans le PEG ;

2/ - à 48h les taux de germination sont compris entre 80 % et 100 % dans l'eau comme dans la solution de PEG. Les grains qui avaient accusé le choc du stress hydrique à 8h "récupèrent" par rapport à cet aléa et à 48h la différence entre la germination dans l'un et l'autre des deux milieux est très faible. Les valeurs moyennes sont de 95,6 % et 92,8 % avec des écarts types de 0,6 % et 0,5 %.

La figure 22 B montre le rapport des 2 mesures à 8h. Les épis ne réagissent pas tous de la même manière au stress provoqué. La courbe en cloche signifie qu'une majorité d'entre eux enregistre le choc par une baisse d'environ 50 % de la germination. Mais il y a des grains qui enregistrent une variation nettement supérieure ou nettement moindre dans les parties extrêmes de la courbe.

Mise en évidence des différences entre épis

Pour étudier les différences entre épis de façon globale on a fait une analyse suivant le schéma des blocs en prenant les cinq étages d'un même épi comme des répétitions. Comme il y a des variations sur l'épi on a obtenu des coefficients de variation élevée mais cela n'empêche pas d'appliquer pour les épis et pour les étages le test de significativité de SNEDECOR (F.). A 8h les résultats sont les suivants :

| | ! eau (E08) ! | ! PEG (P08) ! | ! $\frac{PEG}{eau} = \frac{P08}{E08}$! | ! T.H.S. très hautement significatif. |
|----------------------|---------------|---------------|---|---------------------------------------|
| Moyenne | 37,66 | 14,62 | 36,83 | H.S. hautement significatif |
| C-V en % | 16,16 | 34,65 | 35953 | S. significatif |
| F épis | 1,57 | 6,34 | 3,17 | N.S. non significatif |
| Significativité à 5% | H.S. | H.S. | H.S. | |

Mais au-delà, de ces simples comparaisons de vitesse de germination nous avons essayé d'analyser la variabilité avec les mesures biométriques et biochimiques qui ont été faites dans la population ce qui nous a conduit à étudier la variabilité en fonction de la structure de la population et en fonction du grain lui-même.

Variabilité en fonction de la structure de la population : cette population est caractérisée principalement par les effets "pied", "rang" et "date de fécondation". Le premier n'a pas donné d'informations intéressantes mais les deux autres se sont révélés riches. L'effet "date de fécondation" montre que le taux de germination est d'autant plus élevé que les épis sont plus tardifs. En considérant cinq classes consécutives de fécondation la relation obtenue est $E08 = 10,55 + 22,17 Epi$! $E08 =$ germination dans 1'eau à 8h avec $r = 0,925$ et donc $r^2 = 0,856$! cette approche explique donc 85,6 % ! $Epi =$ classe de date de fécondation de la variation.

L'effet "rang" a été apprécié sur des plantes ayant au moins 5 tiges, les autres plantes ayant été négligées. Dans ces conditions, à 8h les résultats sont les suivants :

| | Eau | PEG | $\frac{PEG}{eau}$ |
|-----------------|------|------|-------------------|
| C.V. | 27 % | 51 % | 43 % |
| F rang | 396 | 1,5 | 0,6 |
| significativité | H.S. | N.S. | N.S. |
| F pied | 5,9 | 1,57 | 2,1 |
| significativité | H.S. | N.S. | N.S. |

Dans l'eau, l'analyse confirme l'effet "rang" qui explique l'effet "précocité" ou "date d'épiaison". Il est à noter de plus que l'effet pied est très important. Dans le PEG il n'y a pas d'effet décelé. Le rapport $\frac{PEG}{eau}$ ne donne pas de résultats, nous avons essayé de préciser l'analyse en faisant des classes de rapports (faible, moyen, fort/) mais cela n'a pas amélioré les résultats. Mais entre la vitesse de germination dans l'eau et le rang la corrélation est déjà importante puisqu'on a $r = 0,899$, on explique donc déjà 81 % environ de la variation.

, Variabilité en fonction des caractères du grain. Les deux principaux caractères du grain sont sa taille et son taux d'azote. L'analyse bloc a donné le tableau suivant :

| | Taille | Taux d'azote |
|-----------------|--------|--------------|
| Moyenne | 439,17 | 2010,38 |
| C-V | 7 % | 6 % |
| F taille | 65,93 | 60,93 |
| significativité | T.H.S. | T.H.S. |

Le classement des épis en fonction du rang pour la sous population de plantes ayant au moins 5 talles permet de préciser les résultats.

| | Taille | Taux d'azote |
|-------------------|--------|--------------|
| $\bar{c}-\bar{v}$ | 21 % | 12 % |
| F rang | 1,4 | 12,8 |
| Significativité | N.S. | T.H.S. |
| F pied | 4,2 | 5,6 |
| Significativité | H.S. | H.S. |

Il n'existe donc pas de liaison entre la taille et la germination en fonction du rang par contre il y a une liaison entre le taux d'azote et la germination en fonction du rang. On a en effet suivant ce critère:

| Rang | 1 | 3 | 3 | 4 | 5 |
|--------------|------|------|------|------|------|
| Taux d'azote | 2,38 | 2,26 | 2,12 | 2,10 | 1,99 |

L'effet est particulièrement marqué entre le 1^{er} et le 2^e rang de taille. La liaison entre la germination à 0h et le taux d'azote a donné une valeur de 0,99 pour r ($V = 5$). Comme précédemment on remarque le niveau élevé de l'effet "pied".

En conclusion de ces différentes liaisons on peut dire que :

- l'effet "taux d'azote" du grain explique l'effet "rang" dans l'eau
- l'interdépendance des facteurs permet d'établir une succession : l'effet "azoté" donne un effet "rang" qui donne un effet "date d'épiaison".
- entre les pieds, la liaison étant $r = - 0,587$ et non significative on peut en déduire que s'il y a la même tendance qu'entre les rangs elle est masquée par un ou plusieurs autres effets.

La figure 2-V est une représentation de la germination dans l'eau à 3h (E03) et du taux d'azote (N %) sur 45 épis, elle montre trois sous populations d'épis qui se distinguent au niveau des caractères étudiés par la taille des grains. (Celle-ci est croissante du groupe 1 au groupe 3).

2222- Analyse de la germination sur 1 'épi

La figure 24 montre que la variation du taux de germination en fonction de 7 'étage correspond à une courbe en cloche présentant 2 phases :

- à 3h le taux de germination croît de l'étage 1 à l'étage 2 puis décroît jusqu'à l'extrémité de l'épi.

- à 48h le taux de germination est élevé pour tous les étages enregistrant une légère dépression aux extrémités.

Le rapport à 8h des germinations dans l'eau et dans le PEG se traduit par une courbe en cloche sur laquelle la valeur relative croît de l'étage 1 à l'étage 3 puis décroît jusqu'à l'étage 5.

L'analyse "bloc" de la germination des épis en fonction de 1 'étage donne les résultats suivants :

| Etage | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | F étage | signific. | |
|-------|-----|-------|-------|-------|-------|---------|-----------|------|
| à 8h | eau | 34,87 | 40,33 | 40,29 | 38,78 | 34,07 | 10,93 | H.S. |
| | PEG | 12,31 | 16,11 | 17,64 | 14,36 | 12,67 | 9,03 | H.S. |
| | PEG | 31,62 | 39,51 | 43,22 | 36,09 | 33,71 | 5,61 | H.S. |
| | eau | | | | | | | |

Il y a donc un effet "étage" sur l'épi qui est très marqué et selon lequel le tronçon médian germe plus vite dans l'eau comme dans le PEG. A ce niveau le rapport $\frac{\text{PEG}}{\text{eau}}$ est le plus élevé ce qui veut dire que les grains réagissent moins au stress que sur les autres étages.

L'analyse du gradient et les causes possibles. Les principaux caractères de grain étudiés étant la taille et la teneur en azote nous les avons analysés en fonction de l'étage :

| Etage | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | F étage | signific. |
|--------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|-----------|
| Taille | 456,84 | 465,42 | 452,31 | 443,04 | 379,35 | 175,90 | T.H.S. |
| Taux d'azote | 2012,09 | 1971,12 | 2024,59 | 2022,12 | 2022 | 1,32 | N.S. |

La taille du grain se montre très liée à l'étage contrairement au taux d'azote. Mais cette liaison ne correspond pas à celle que l'on avait obtenue entre l'étage et la germination (il y a là une courbe décroissante de la taille en fonction de 1 'étage et non une courbe avec un maximum). Les caractères germinatifs ne sont donc pas liés plus particulièrement avec l'un ou l'autre de ces 2 caractères de grain.

23 - Etude du mil souma III par échantillonnage

231 - Caractères mesurés sur la population

2311 - Données climatiques

Le souma TII dont le cycle a été très long a subi des températures moyennes et minima croissantes. L'humidité a été variable enregistrant des minima particulièrement faibles au début de la seconde moitié du cycle qui correspondaient aux périodes d'épiaison et de fécondation. Au même moment; l'avancement "ha" est d'une très grande importance.

En conséquence il y a eu :

- un cycle durant plus de 150 jours; quand la durée normale est de 90 jours avec un allongement de chaque phase de développement et en particulier l'épiaison s'étalant sur 70 jours ;
- une diminution du développement de l'appareil végétatif dont le poids était en moyenne inférieur d'1/3 au poids obtenu en saison des pluies;
- un nombre d'épis apicaux compris entre 10 et 23 avec de nombreuses talles aériennes donnant jusqu'à 19 épis aériens par pied.

La récolte était très importante; le développement végétatif de cette variété étant supérieur à celui des variétés naines et le nombre d'épis était considérable, donc nous avons essayé de vérifier sur un échantillon de souna III les hypothèses émises sur le synthétique GAM 5 afin de trouver les points communs des deux variétés quant à leur germination.

23 12 - Structure de la population

Les mêmes caractères ont été mesurés sur GAM 5 et Souna III à la seule différence que la chandelle de souna III est divisée en 10 tronçons et non plus 5. L'échantillon prélevé a donné les valeurs suivantes :

| | DE | DR | LR | NP | NF | NG | MG | N % |
|---------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|------|
| Minimum | 1,550 | 0,380 | 3,730 | 112 | 287 | 259 | 4,07 | 1,82 |
| Maximum | 2,955 | 1,075 | 4,685 | 664 | 1232 | 1218 | 9,85 | 2,35 |

La variabilité est importante comme chez les mils nains mais elle est accrue pour le souna III. Peut être est-ce lié aux très grandes dimensions de la plante qui permettraient une importante fluctuation de chaque caractère.

L'étude plus précise montre de grandes variations entre les pieds comme entre les épis, considérés tous ensemble. Il s'est donc avéré nécessaire d'organiser cette population suivant un critère naturel et efficace qui est la date d'épiaison. On a ainsi obtenu des classes d'épis comparables par leurs conditions de culture, la durée du cycle jusqu'à l'épiaison et les chances de fécondation. La comparaison du poids de grains a conduit aux résultats suivants :

| Date de fécondation (en jours) | 1 à 10 | 11 à 20 | 21 à 30 | 31 et au-delà |
|-----------------------------------|--------|---------|---------|---------------|
| Poids d'un grain (mg) | 8,86 | 7,83 | 7,18 | 6,81 |
| Ecart-type (σ) | 1,73 | 1,35 | 1,92 | 1,92 |
| C.V. | 20,1 % | 17,2 % | 26,7 % | 28,1 % |

Le poids d'un grain semble lié à la date de fécondation et diminue avec l'augmentation du nombre de pains à nourrir.

2313 - Structure de l'épi

Les caractères Sucres que la germination montrent le même type de variation en fonction de l'étage que celles qui avaient été déterminées sur le GAM 5. On retrouve différents types de gradients suivant le caractère étudié.

232 - Etude de la germination2321 - Germination entre épis

La vitesse de germination dans l'eau (nombre de grains pennés au bout de 8h) montre qu'il y a des différences entre les épis.

| Date d'épiaison | | | 0 à 10 | 11 à 20 | 21 à 30 | 31 et au-delà | | | |
|---------------------------------|---|-----|--------|---------|---------|---------------|------|------|---|
| Taux de germination à 0h (en %) | | | | | | | | | |
| 0 | a | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 21 | à | 40 | 0 | 0 | 0 | 6 | | | |
| 41 | à | 60 | 0 | 10 | 7 | 44 | | | |
| 61 | à | 80 | 7 | 60 | 5 | 7 | | | |
| 81 | à | 100 | 93 | 50 | 3 | 7 | | | |
| Effectif | | | 1 | 4 | 10 | 1 | 4 | 16 | |
| Taux moyen | | | 94,0 | 80,2 | 7 | 6 | 4 | 63,7 | |
| Ecart-type | | | | 7,5 | 12,3 | 6 | 16,0 | 21,6 | |
| c-v | 8 | % | | 15 | % | 2 | % | 34 | % |

On en déduit donc que la vitesse de germination est d'autant plus rapide que les épis sont plus précoces.

L'étude de la vitesse de germination en liaison avec le taux d'azote des grains n'explique qu'une faible part des variations puisqu'on a obtenu :

$$Y = 3199 - 3,13 N \text{ sur 45 épis et } r = -0,658, r^2 = 0,433.$$

En essayant de lier la vitesse de germination au poids et au taux d'azote du grain la liaison n'est pas améliorée puisqu'on a :

$$Y = 2727 - 2,63 N + 0,07 M \text{ avec } r^2 = 0,335.$$

Il n'y a donc que 33,5 % de la variation qui peuvent être expliqués en conjuguant à la germination les 2 caractères du grain (le passage au logarithme donne une corrélation de $r^2 = 0,292$).

Mais comme la liaison simple entre le poids du grain et le taux d'azote n'était que de $r = -0,028$ sans faire intervenir la germination, l'introduction de la vitesse de germination a donné des indications intéressantes.

2322 - Germination sur l'épi

La fig. 31 représente la vitesse et le taux de germination en fonction de l'étage dont proviennent les grains. On s'aperçoit que les courbes présentent un maximum au niveau des tronçons distaux. Bar contre le rapport des vitesses de germination dans le PEG et dans l'eau souligne une sensibilité plus grande des grains provenant des parties extrêmes de l'épi. La zone médiane tolère mieux le stress hydrique choisi dans le standard de germination.

La fig. 3.2 présente la liaison entre la vitesse de germination et respectivement le poids du grain et le tauy d'azote en fonction de l'étage. Ces deux caractéristiques varient en sens contraire et les corrélations sont les suivantes :

$$E08 = 141 - 11,9 G \quad (r^2 = 0,657)$$

$$E08 = 156 + 97,8 N\% \quad (r^2 = 0,548).$$

Il semble intéressant puisque chaque caractère de grain expliquait plus de 50 % de la variabilité de voir les résultats correspondants à la combinaison de ces caractères. L'équation obtenue est :

$$E08 = - 3,326 + 8,3 G + 54,0 N \% \quad (r^2 = 0,77).$$

Plus de 75 % de la variation enregistrée et de la vitesse de germination est donc liée à la combinaison de ces deux caractères de grain.

Le reste relève donc d'autres facteurs qui ne sont pas apparus dans notre étude.

CONCLUSIONS

1 - RESULTATS

11 - Les standards' de germination

Nous avons mis au point une méthode standard de germination permettant d'apprécier la vitesse et la capacité de germination du mil. Les conditions de température (30°C) et de densité de graines (25 graines par boîte) correspondent, avec une photopériode nulle, aux conditions optimales pour les variétés 3/4 HK et Souna III. Ces deux variétés présentaient l'avantage d'être, pour le Souna III, le matériel actuellement en culture et pour le 3/4 HK une variété plus homogène que le Souna III dont les grains ne provenant que de la partie médiane de plusieurs épis ont conféré une certaine stabilité au test. Rappelons toutefois que le mode de fécondation allogame du mil entraîne une hétérogénéité génétique qui est responsable d'une partie de la variabilité de la germination des semences. Cette variabilité a imposé un traitement statistique des résultats.

Les conditions expérimentales s'éloignant des conditions naturelles nous avons soumis les grains à un stress hydrique fréquemment rencontré en conditions de culture dans la mesure où le sol est rarement saturé en eau pendant toute la phase de germination.

Le PEG 600 permet de soumettre les grains en germination à un stress hydrique et nous avons retenu la concentration de 60 g/l qui entraîne une baisse maximale de la vitesse de germination sans en affecter la capacité. Nous avons considéré que la vitesse de germination, dans ces conditions, est une mesure de la tolérance des grains à la sécheresse au moment de la germination.

12 - Les méthodes statistiques

Nous avons exploité les résultats suivant le schéma des blocs de Fisher, c'est une approche qui n'est pas rigoureuse dans la mesure où il n'y a pas de randomisation des épis sur la plante et où certaines variables ne sont pas "normales". Nous avons quand même utilisé cette démarche pour sa simplicité dans notre étude qui n'est qu'une approche de l'analyse de la variabilité de la germination du "mil".

Les blocs de Fisher ne confirment pas les hypothèses car l'outil est trop faible mais nous avons suggéré des hypothèses susceptibles d'orienter de nouvelles recherches.

La méthode informatique qui va être appliquée à l'ensemble des données collectées sera mieux adaptée à la masse d'informations et permettra une analyse caractère par caractère et la mise en évidence de liaisons entre les caractères de germination et les autres caractères mesurés. Ces éléments devant aider à aborder les problèmes d'organisation générale de la plante.

13 - L'application du standard de germination

La définition du standard de germination a permis de comparer différents échantillons de semences provenant de variétés différentes, de pieds différents, d'épis différents sur un même pied ou enfin de différentes zones

d'un même épi. Par ailleurs on pouvait comparer la germination de grains de taille variée ou ayant des taux d'azote particuliers. Enfin, l'analyse concomitante des conditions de culture des plantes mères permettait d'établir des corrélations entre les conditions de formation des graines et leur germination.

131 - Etude du mil GAM 5

1311 - La vitesse de germination et la structure de la population. L'étude statistique a permis de mettre en évidence des corrélations entre la vitesse de germination et les paramètres étudiés. En particulier la vitesse de germination est d'autant plus élevée que la fécondation des fleurs des chandelles est tardive? ou que les grains proviennent de chandelles de rang élevé.

Le rang de l'épi déterminant dans une large mesure la date de fécondation des fleurs, on peut considérer que : le type particulier de développement de la plante qui est responsable de la croissance échelonnée dans le temps des épis, entraîne de ce fait une variabilité importante au niveau des semences. Les grains provenant des dernières chandelles d'un seul pied ayant un taux de germination plus élevé.

Lorsque les grains sont soumis au stress hydrique on n'observe pas de différence significative sur la vitesse de germination des grains des épis d'un même pied.

1312 - La vitesse de germination et la structure d'épi

La vitesse de germination croît de l'étage 1 à l'étage 2 puis décroît jusqu'à l'extrémité de l'épi. D'autre part les grains provenant des zones dont la vitesse de germination est la meilleure présente une meilleure vitesse de germination dans le PEG et tolèrent donc mieux le stress hydrique,

1313 - La vitesse de germination et les caractéristiques des grains

Nous avons essayé de déterminer quels caractères des grains pouvaient expliquer les différences constatées lors de la germination. Deux caractères ont été analysés : la taille et le taux d'azote qui sont les principales mesures biométriques et biochimiques faisables. L'analyse du taux d'azote des grains en fonction de l'étage de provenance n'indique aucune différence significative. Les différences enregistrées au niveau de la vitesse de germination ne peuvent donc être expliquées par la variation du taux d'azote des grains. L'analyse de la taille des grains montre qu'elle décroît régulièrement quand le rang de l'étage augmente tandis que la vitesse de germination présente un maximum vers les étages médians. Ces deux variations n'étant pas synchrones, il n'y a pas de liaison entre ces deux variables.

132 - Etude du Souma III

Contrairement au mil GAM 5 ce sont les grains des tronçons distaux des épis qui ont la meilleure vitesse de germination mais par ailleurs ce sont les plus sensibles au stress hydrique.

Sur l'épi, en fonction de l'étage, le poids des grains et leur taux d'azote présente respectivement une corrélation de 65 % et 54 % avec la vitesse de germination. La combinaison de ces 2 caractères donnant une corrélation de 75 % avec la vitesse de germination ce qui est une bonne corrélation.

Ces résultats soulignent néanmoins que la relation physiologique entre la taille et la vitesse de germination, ou le taux d'azote et la vitesse de germination reste une hypothèse de travail mais que d'autres facteurs non étudiés ici doivent jouer un rôle plus déterminant.

II - LES PERSPECTIVES

Les conditions standard définies au début de ce travail permettent une comparaison facile des vitesses et capacité de germination de différentes variétés de mil. C'est donc une méthode rapide (48h) pour estimer la vitalité et la qualité des semences. L'introduction dans cette méthode du stress hydrique permet de comparer des variétés proposées par les sélectionneurs et d'évaluer un aspect de leur tolérance à la sécheresse. Il est en effet très important d'avoir des variétés capables de germer même si le sol n'est pas saturé en eau. Toutefois cette tolérance précoce doit s'accompagner d'une résistance de la plantule puis de la plante.

La variabilité enregistrée au niveau du rang des épis et du niveau sur la chandelle explique une partie de la variabilité observée dans la germination au champ des semences de mil. Elle souligne la nécessité de choisir des grains provenant de l'ensemble des épis dans la comparaison de variétés. Toute sélection préalable risquant de donner une image fautive de la vitesse de germination de la population.

Les différences enregistrées entre les variétés souma III et GAM 5 montrent que la vitesse de germination de chaque grain ne peut être expliquée entièrement par sa taille ou son taux d'azote. D'autres facteurs interviennent aussi. Cette étude ouvre donc des perspectives intéressantes dans le domaine de la physiologie de la germination du mil et les résultats montrent que le développement de chaque variété est original et que toute généralisation hâtive risque d'être abusive.

Dans l'expérience agricole courante, on constate un taux élevé de germination défectueuse (40 %). L'analyse des facteurs qui contrôlent la germination est donc primordiale pour assurer de meilleures densités de cultures et donc de meilleures récoltes aux paysans. L'utilisation du standard de germination mis au point doit permettre l'étude de corrélations précises entre la vitesse, la capacité de germination et quelques caractères du mil comme nous l'avons présenté dans ce mémoire et aboutir à mieux connaître les facteurs qui contrôlent la germination, en conséquence on pourra améliorer la qualité des semences et diminuer le déficit céréalier.

ABREVIATIONS UTILISEES

| | |
|---------|--|
| NE | nombre d'épis de la plante |
| GP | date d'épiaison (en nombre de jours après la première épiaison) |
| PT | pois de la tige avec les gaines foliaires (en g) |
| LE | longueur de l'épi (en cm) |
| DR3 | diamètre du rachis à la base de l'épi (en cm) |
| NP = NE | nombre de pédoncules floraux de l'épi |
| FE | taux de fécondation moyen de l'épi |
| D.E 3 | diamètre extérieur de l'épi sur le tronçon 3 (en cm) (tronçon médian d'où proviennent les grains testés) |
| F3 | taux de fécondation du tronçon 3 |
| PR 3 | prolificité des épillets du tronçon 3 (nombre de fleurs par épillet) |
| (M) G3 | pois d'un grain du tronçon 3 (en mg) |
| E08 | nombre de grains germés sur eau à 8h |
| E48 | "- "- "- à 48h |
| P08 | -II- -I*, "- PEG à 8h |
| P48 | "- "- "- à 48h |
| DR3 | diamètre du rachis de l'épi sur le tronçon 3 |
| NG | nombre de grains. |
| Test F | <p>c'est le rapport de la variance estimée du traitement à la variance estimée de l'erreur, il permet de s'assurer que les variances du traitement ont apporté quelque chose qui se distingue de façon significative de ce qu'apporte l'ensemble des facteurs aléatoires.</p> <p>On l'appelle test de Snedecor.</p> <p>Si F est la valeur limite lue dans la table de F pour un nombre de degrés de liberté égal à (p-1) pour le numérateur (p traitements appliqués) et à (p-1) (r-1) pour le dénominateur (erreur résiduelle sur p traitements et r répétitions) et une probabilité que le traitement A a un effet significatif quand $FA > F$</p> |
| C-V = | coefficient de variation = c'est l'erreur exprimée en pourcentage de la moyenne. |

Tableau 1 -- TEST PRELIMINAIRE SUR LA DENSITE

Germination en fonction de la densité de grains par boîtes

| Heures | Répétition | | | | P. | \bar{x} | s | |
|--------|----------------|----|----|----|----|-----------|-------|-------|
| | Nbr de graines | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | |
| 3 h | 1 (5 boîtes) | 3 | 5 | 0 | 1 | 45 | 2,25 | 2,22 |
| | 5 | 3 | 3 | 2 | 5 | 65 | 3,25 | 1,26 |
| | 25 | 7 | 14 | 14 | 10 | 45 | 11,25 | 3 |
| | 50 | 22 | 24 | 23 | 21 | 45 | 23 | 2,16 |
| | 100 | 54 | 30 | 42 | 36 | 40,5 | 40,5 | 10,25 |
| 48 h | 1 (5 boîtes) | 4 | 5 | 3 | 4 | 80 | 4 | 0,82 |
| | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 90 | 4,5 | 0,58 |
| | 25 | 18 | 19 | 18 | 16 | 71 | 17,75 | 1,26 |
| | 50 | 35 | 32 | 31 | 34 | 66 | 33 | 1,83 |
| | 100 | 69 | 51 | 56 | 51 | 55,25 | 56,75 | 8,5 |

Tableau II A - TEST DE DENSITE

Germination en fonction de la densité de grains par boîte

| Heure | Répétition | | | | | | | | P. | \bar{x} | s |
|-------|---------------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|------|--------------------|------|
| | nombre de graines germées | | | | | | | | | | |
| 8 h | 5 (boîtes) | 16 | 15 | 15 | 12 | 11 | 19 | 19 | 58,6 | 14,6 | 2,87 |
| | 25 | 13 | 7 | 12 | 7 | 10 | 15 | 15 | 42,6 | 10,6 | 3,27 |
| | 100 | 36 | 30 | 35 | 23 | 40 | 38 | 38 | 34,6 | 34,6 | 5,99 |
| 24 h | 5 (boîtes) | 2 | 1 | 20 | 24 | 19 | 23 | 20 | 84,6 | 21,1 | |
| | 25 | 19 | 16 | 19 | 17 | 20 | 20 | 20 | 74, | 18,5 | |
| | 100 | 49 | 69 | 61 | 56 | 56 | 72, | 72, | 60,5 | 60,5 | |
| 48 h | 5 (5 boîtes) | 23 | 23 | 25 | 21 | 23 | 23 | 23 | 93,3 | 23,3 ²⁸ | 1,51 |
| | 25 | 19 | 17 | 20 | 19 | 21 | 22; | 22; | 78,6 | 19,6 | 1,75 |
| | 100 | 51 | 73 | 65 | 58 | 60 | 74; | 74; | 63,5 | 63,5 | 8,9 |

Tableau II B - CAPACITE ET VITESSE DE GERMINATION EN FONCTION DE LA DENSITE

| Norme | Densité | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|
| | a | 25 | 100 | |
| Capacité de germination | 93,3 | 78,6 | 63,5 | |
| Vitesse de Germination. | Taux à 8h | 58,6 | 42,6 | 34,6 |
| | Temps pour atteindre 50 % | 7h | 12h | 18h |
| | Tm | 29,50 | 30,17 | 30,11 |

Tableau III - TESTS PRELIMINAIRES SUR SOUNA III

Pourcentage de germination en fonction de la température et de la taille des grains.

| | | Température en degrés | | | | |
|-----------------------|-------|-----------------------|-------|--------|------|-------------------------------|
| | | 25 | 30 | 35 | 40 | |
| T E M P S | 4h P | 5 | 16,5 | 8 | 20,5 | Poids moyens de 100 grains |
| | G | 22 | 17 | 10,5 | 3,2 | |
| | 8h P | 29 | 50,5 | 48,5 | 46 | gros grains G = 1,026 g |
| | G | 31 | 53,5 | 56,5 | 42 | |
| | 12h P | 47 | 57 | 60,5 | 49,5 | petits grains P = 0,522 g |
| | G | 37 | 67,5 | 71 | 47 | |
| | 16h P | 54 | 60,75 | 65 | 56 | |
| | G | 67,5 | 78 | 70,25 | 54 | |
| | 20h P | 65 | 69 | 73,75 | 60,5 | |
| | G | 75 | 82,25 | 78,25 | 59 | |
| | 24h P | 68,67 | 76,5 | 75,457 | 61 | |
| | G | 77,67 | 82,95 | 77,45 | 64,6 | |
| | 48h P | 72,67 | 80,65 | 82,95 | 75,6 | |
| | G | 82,33 | 87,3 | 82,65 | 76,6 | |

Tableau Iv - EFFET DE LA TEMPERATURE SUR LA GERMINATION DU SOUNA III

| Heure | Nombre de répétitions | T1 = 25°C | | T2 = 30°C | | T3 = 35°C | | T4 = 40°C | |
|-------------------------|-----------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| | | Total | \bar{x}_1 | Total | \bar{x}_2 | Total | \bar{x}_3 | Total | \bar{x}_4 |
| 4 h | 4 | 2 | 2 | 16 | 16 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 8 h | 4 | 31 | 31 | 54 | 54 | 55 | 55 | 42 | 42 |
| 12 h | 4 | 37 | 37 | 69 | 69 | 64 | 64 | 47 | 47 |
| 16 h | 8 | 135 | 67,5 | 156 | 78 | 132 | 66 | 108 | 54 |
| 20 h | 8 | 150 | 75 | 162 | 81 | 151 | 75,5 | 118 | 59 |
| 24 h | 12 | 233 | 77,6 | 251 | 83,6 | 241 | 80,3 | 194 | 64,6 |
| 48 h | 12 | 247 | 82,6 | 267 | 89 | 253 | 84,3 | 230 | 76,6 |
| Moyenne | | 20,66 | | 22,25 | | 21,08 | | 19,16 | |
| Coef. de variation | | 0,082 | | 0,095 | | 0,084 | | 0,064 | |
| Capacité de germination | | 2,6 | | 89 | | 84,3 | | 76,6 | |
| Vitesse de germination | Taux à 8 h | 31 | | 54 | | 55 | | 42 | |
| | Temps pour 50 % | 13h45 | | 7h30 | | 7h30 | | 14 h | |

Tableau V - ETUDE DU COEFFICIENT DE VARIATION EN FONCTION DU NOMBRE DE REPETITIONS A 8h ET A 48h

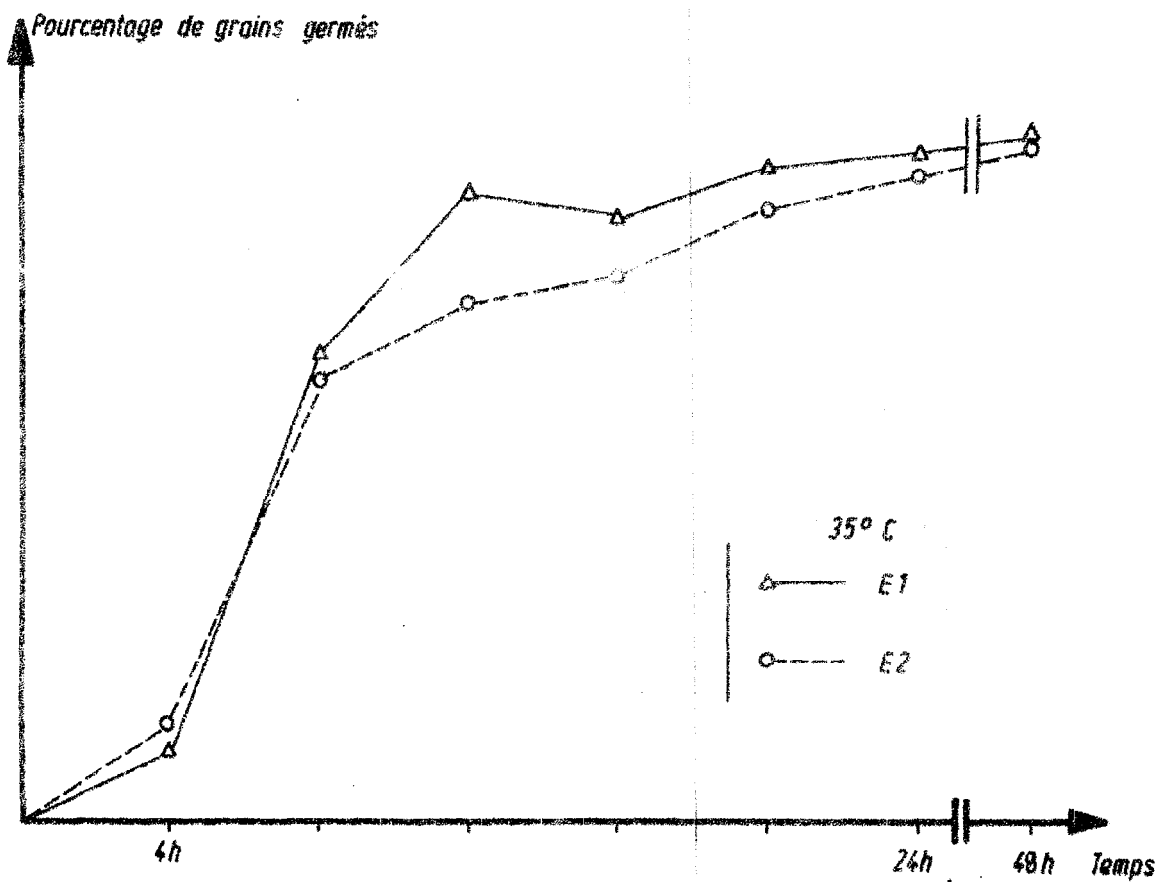
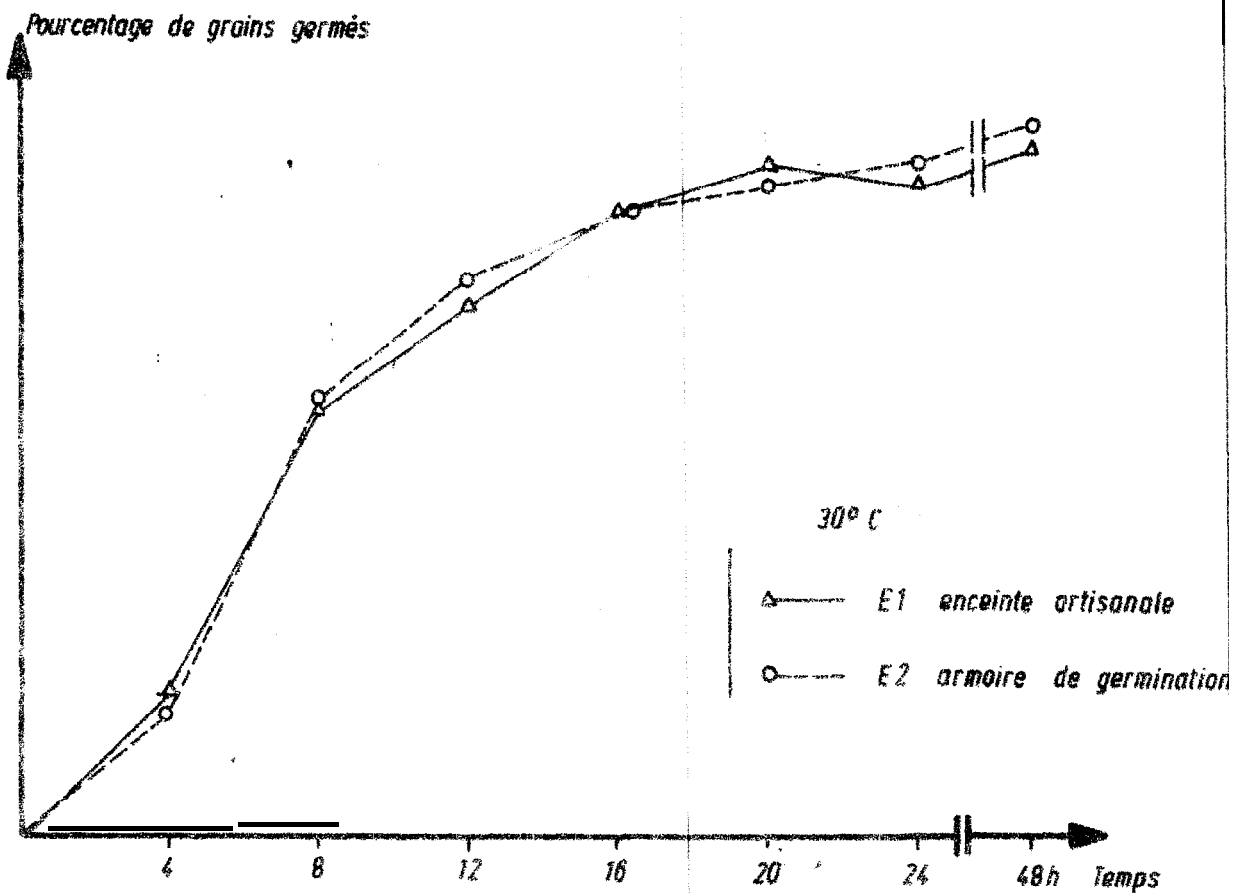
(Résultats exprimés pour 100 grains)
sur mil 3/4 HK

| N° de la répétition | Nbre de grains germés | | N° de la répétition | Nbre de grains germés | | N° de la répétition | Nbre de grains germés | |
|---------------------|-----------------------|-----|---------------------|-----------------------|-----|---------------------|-----------------------|-----|
| | 8h | 48h | | 8h | 48h | | 8h | 48h |
| 1 | 84 | 100 | 6 | 30 | 96 | 11 | 80 | 96 |
| 2 | 84 | 96 | 7 | 84 | 100 | 12 | 68 | 96 |
| 3 | 84 | 96 | 8 | 84 | 100 | 13 | 80 | 100 |
| 4 | 84 | 100 | 9 | 84 | 96 | 14 | 72 | 100 |
| 5 | 80 | 96 | 10 | 80 | 100 | 15 | 64 | 96 |

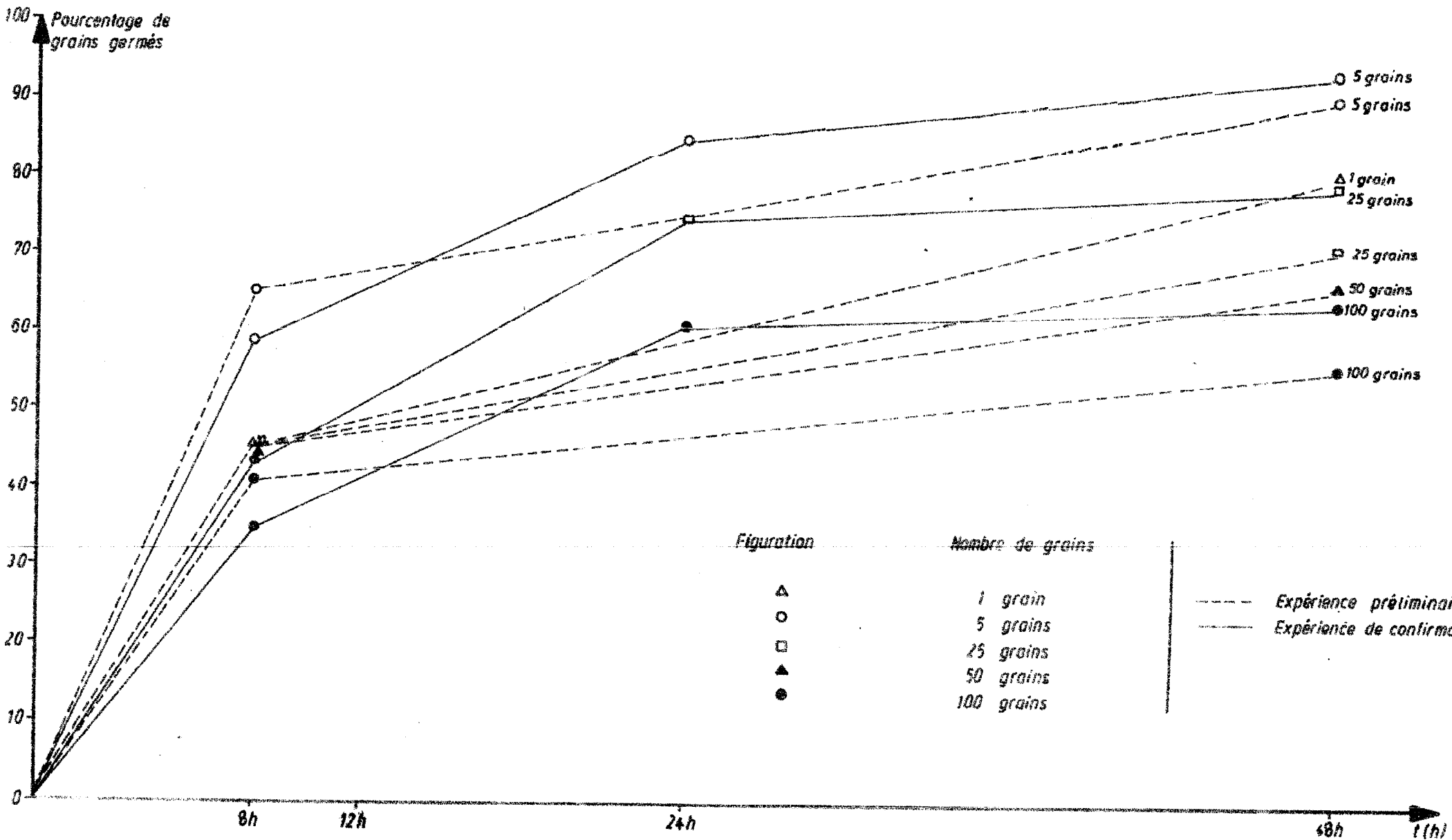
| Nbre de répétitions | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 |
|--------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Moyenne \bar{x} | 8h | 84 | 84 | 82,67 | 83 | 82,8 | 81,33 | 89,47 |
| | 48h | 98 | 98 | 97,33 | 98 | 98 | 97,67 | 97,89 |
| Ecart | 8h | 0 | 0 | 2,07 | 1,86 | 1,93 | 4,62 | 6,39 |
| | 48h | 2,83 | 2,31 | 2,07 | 2,07 | 1,11 | 2,06 | 2,07 |
| Coefficient de variation | 8h | 0 | 0 | 0,025 | 0,022 | 0,023 | 0,057 | 0,08 |
| | 48h | 0,029 | 0,024 | 0,022 | 0,022 | 0,022 | 0,021 | 0,021 |

Tableau V

| | NE | PT | LE | DE | DR | NP | PR= NF/NP | FE | NG | MG |
|----------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|----|----|-----|
| Effet Plante | 3 | S | S | NS | THS | S | NS | NS | - | - |
| | 4 | S | NS | S | HS | THS | THS | HS | NS | NS |
| | 5 | THS | HS | NS | HS | THS | HS | NS | S | THS |
| | 6 | THS | THS | NS | THS | HS | THS | S | NS | THS |
| | 7 | THS | THS | THS | THS | NS | THS | NS | NS | HS |
| | 8 | HS | THS | HS | HS | HS | THS | NS | NS | S |
| //////////////////// | | | | | | | | | | |
| Effet Rang | 3 | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | - | - |
| | 4 | NS | NS | NS | NS | HS | HS | NS | NS | NS |
| | 5 | HS | NS | HS | HS | S | S | NS | NS | NS |
| | 6 | HS | NS | S | HS | NS | HS | S | NS | S |
| | 7 | THS | HS | HS | THS | NS | THS | NS | NS | NS |
| | 8 | THS | S | HS | HS | NS | S | NS | NS | S |



**FIG. N° 1-1 : COMPARAISON DE LA CINETIQUE DE GERMINATION
DU SOUNA III DANS DEUX ENCEINTES**



16. N° 1-2 : INFLUENCE DU NOMBRE DE GRAINS PAR BOITE SUR LA CINÉTIQUE ET LE TAUX DE GERMINATION DU SOUNA III

pourcentage de
grains germés

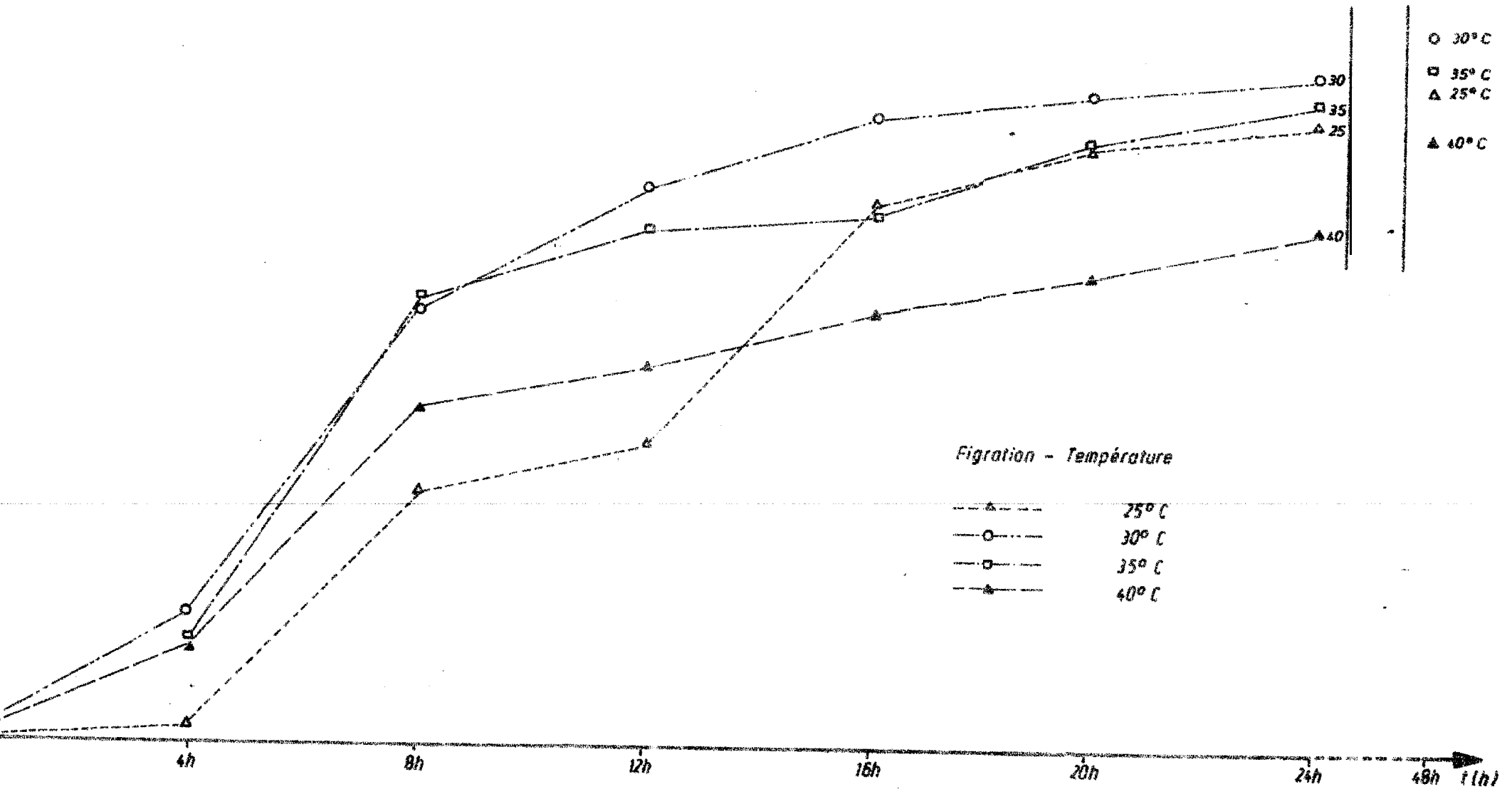
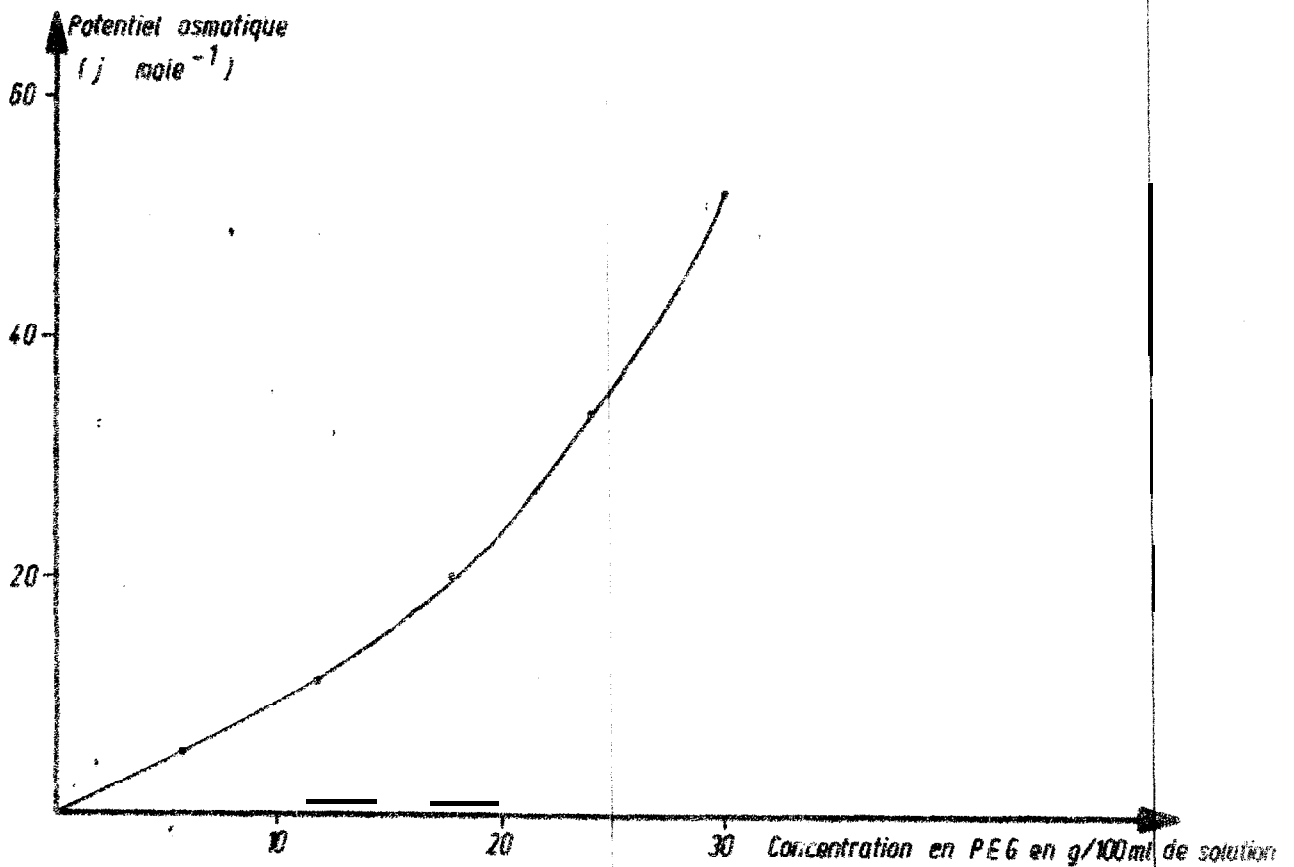


FIG. N° 1-3 : CINÉTIQUE DE GERMINATION DU SORGHUM III EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE



(d'après J. B. Vieira DASILVA 1970)

FIG. N° 1-4a : RELATION ENTRE LA CONCENTRATION DE LA SOLUTION DE PEG 600 ET LE POTENTIEL OSMOTIQUE DE LA SOLUTION (METHODE DE TENSION DE VAPEUR)

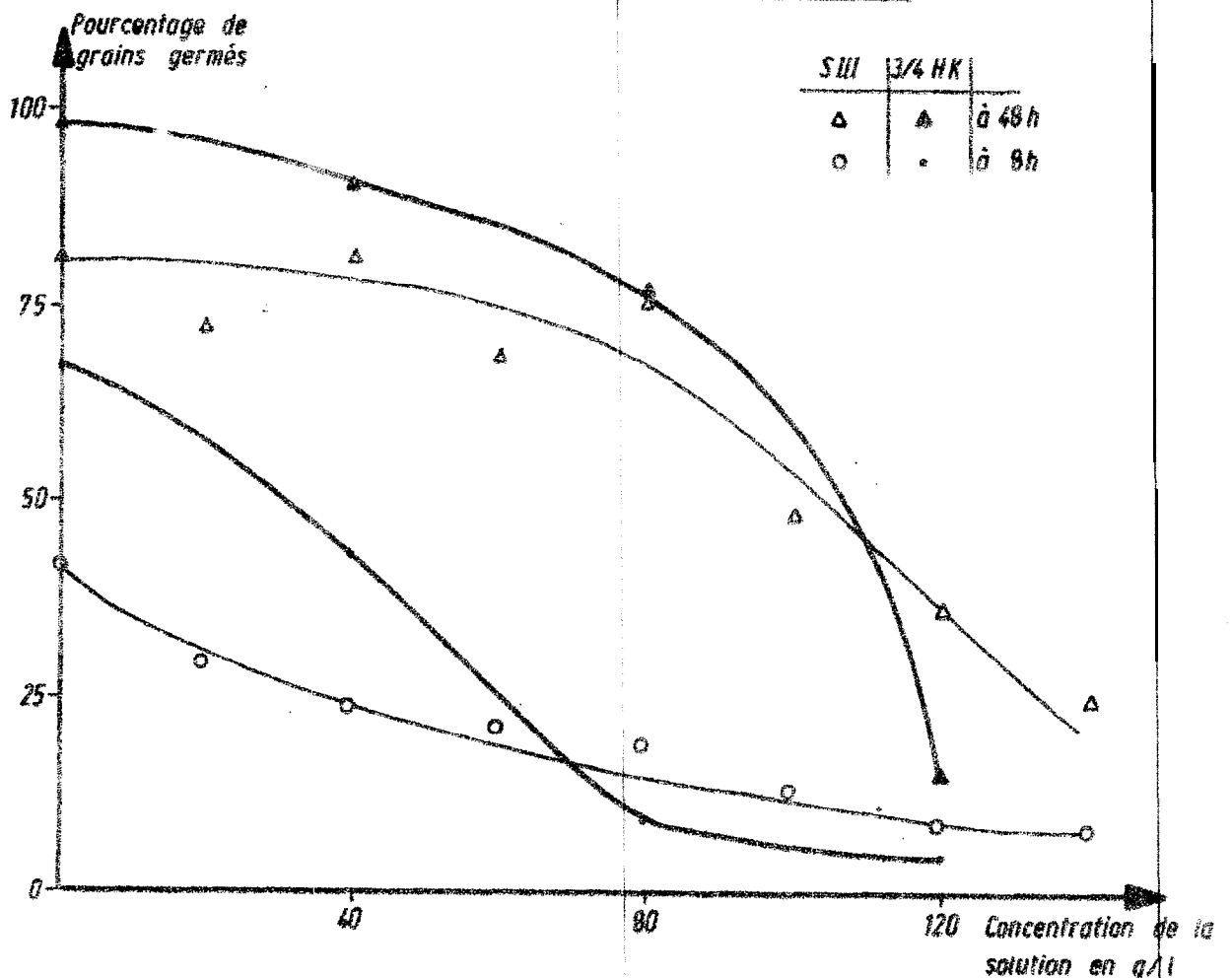


FIG. N° 1-4b : TAUX DE GERMINATION DES GRAINS DE MIL 3/4HK

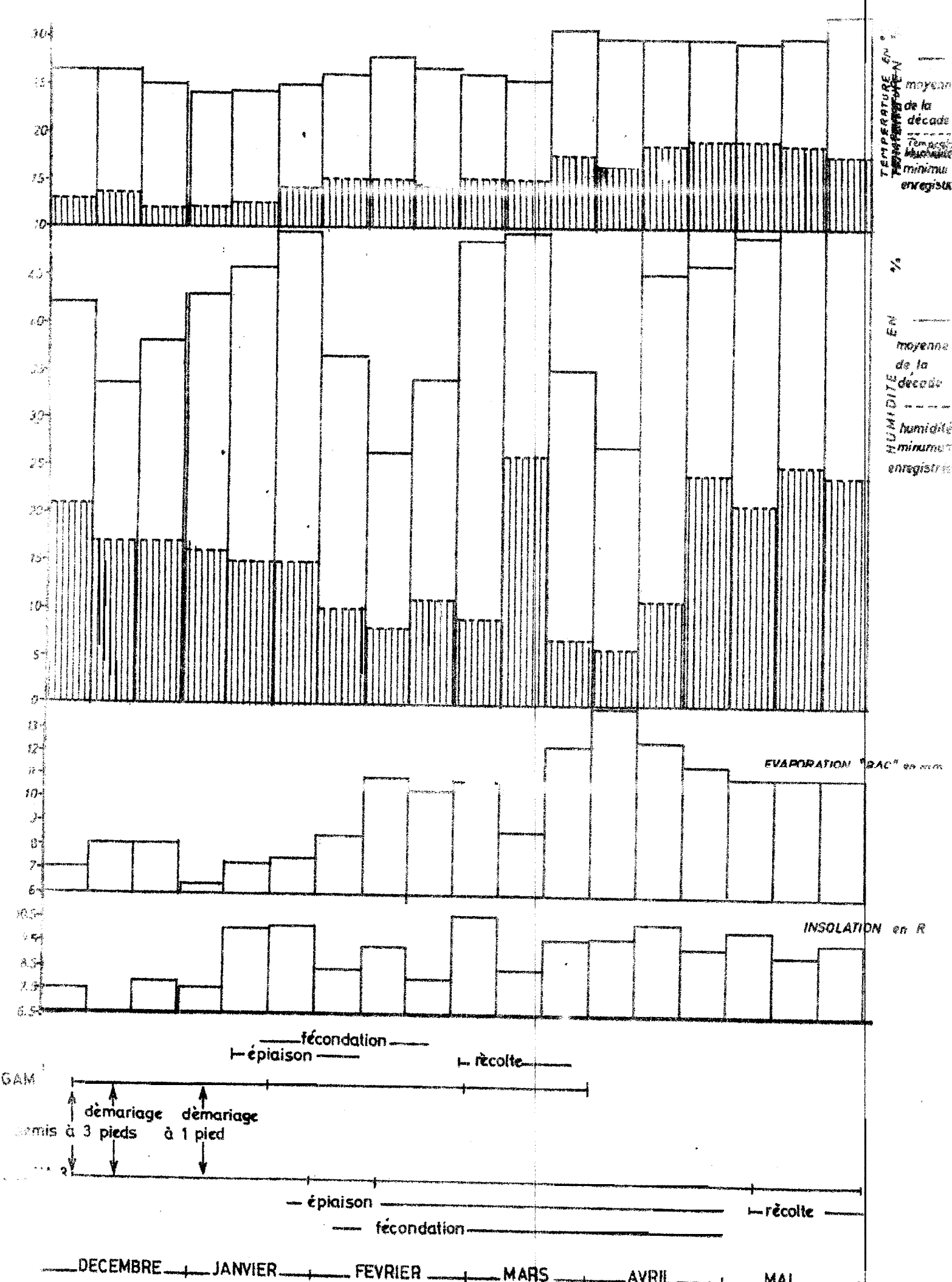
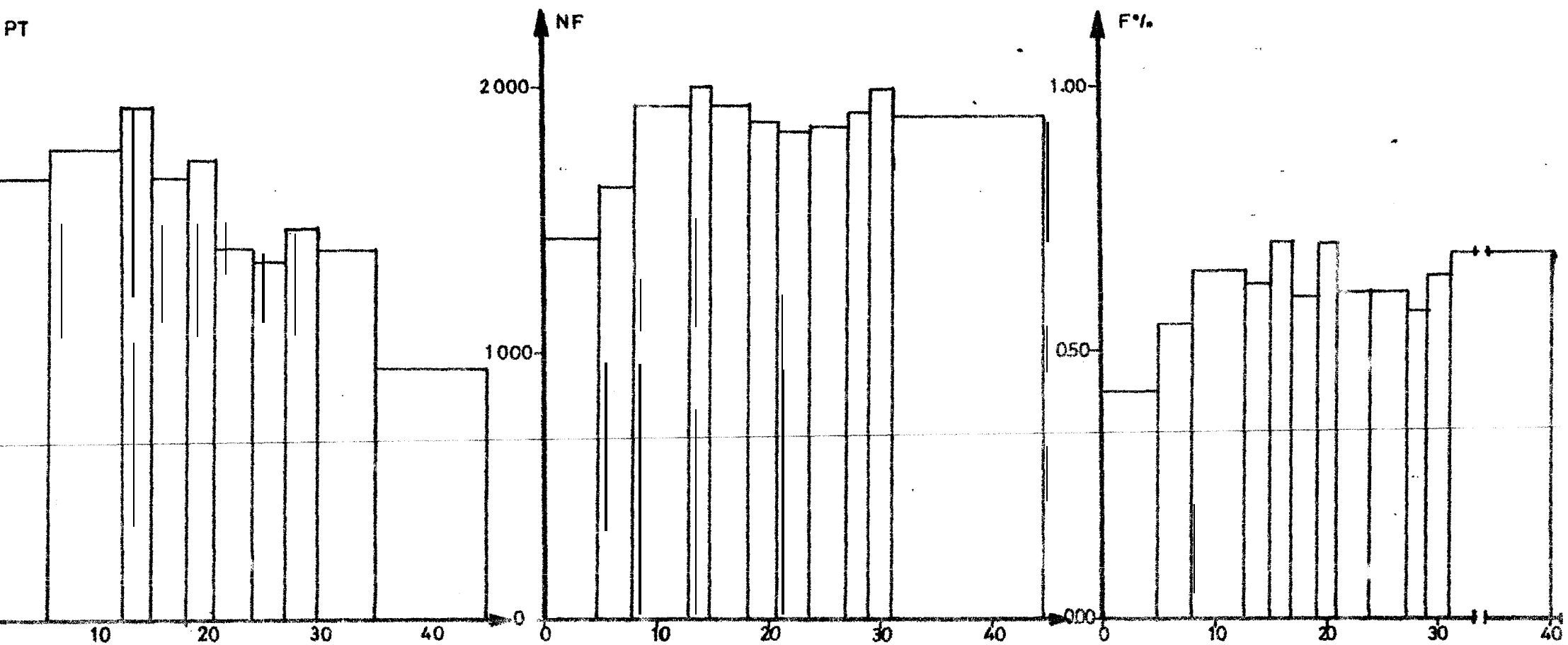


FIG. N° 2-0 TABLEAU DES DONNEES CLIMATIQUES PAR DECADE PENDANT



**FIG. N° 2-1: REPARTITION DES POIDS DE TALLE, NOMBRE DE FLEUR ET TAUX DE FECON-
DATION EN FONCTION DE LA PRECOCITE SUR MIL G A M 5**

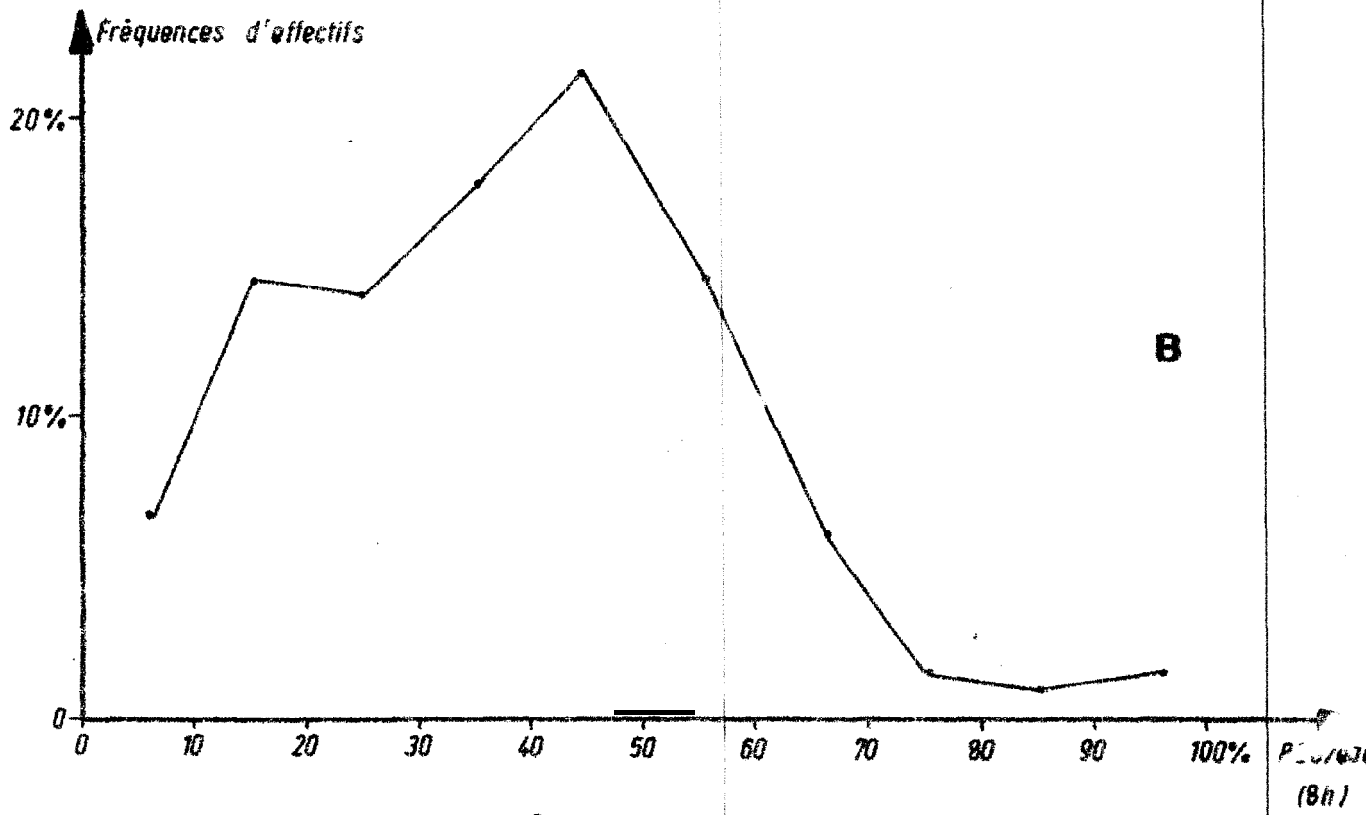
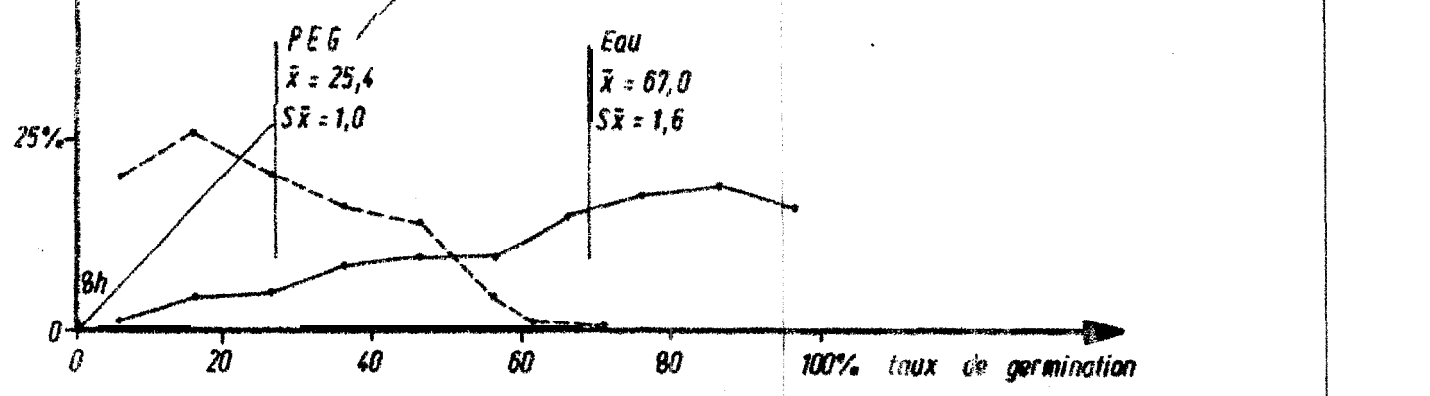
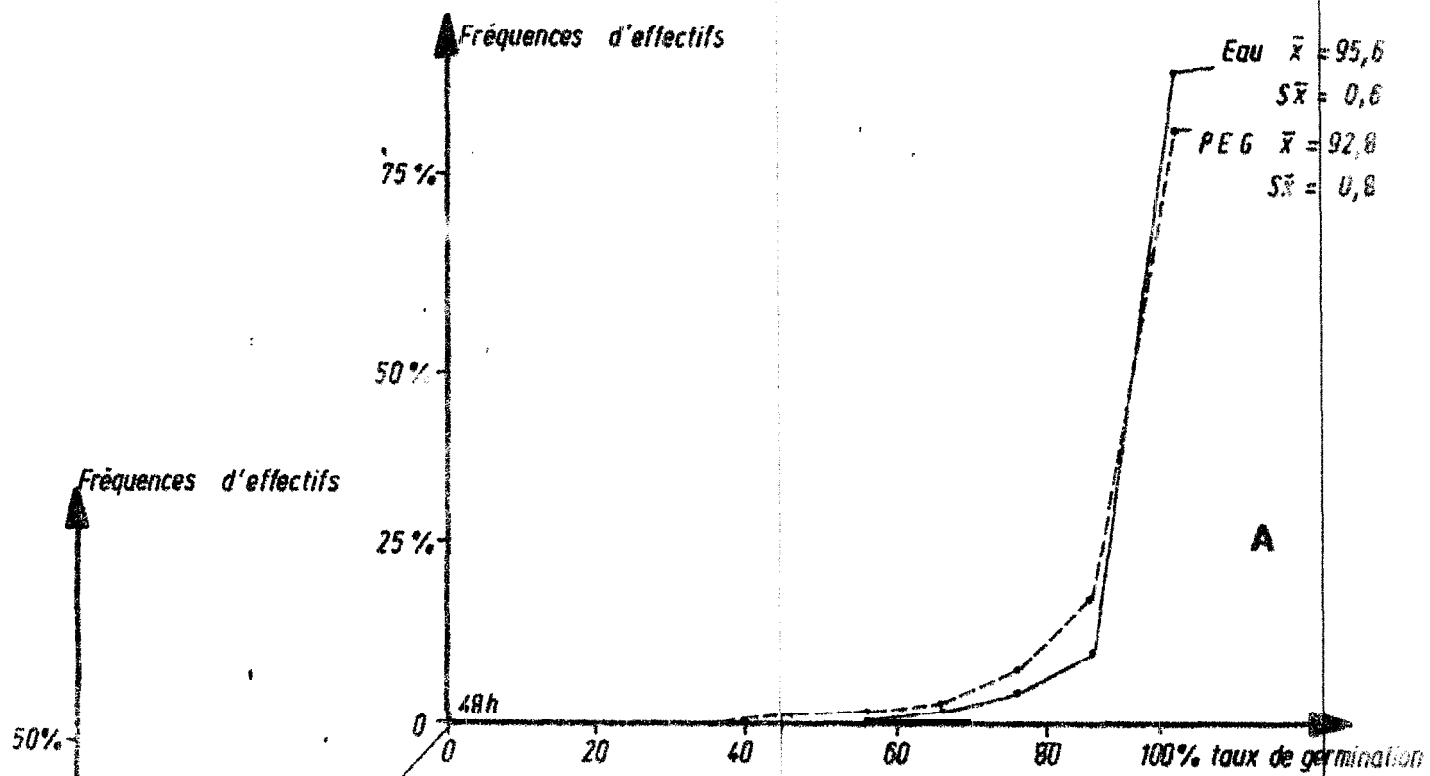


FIG. N° 2-2 : ETUDE DE L'ENSEMBLE DE LA POPULATION DE MIL GAM 5 PAR LE TAUX DE GERMINATION SUR EAU ET SUR

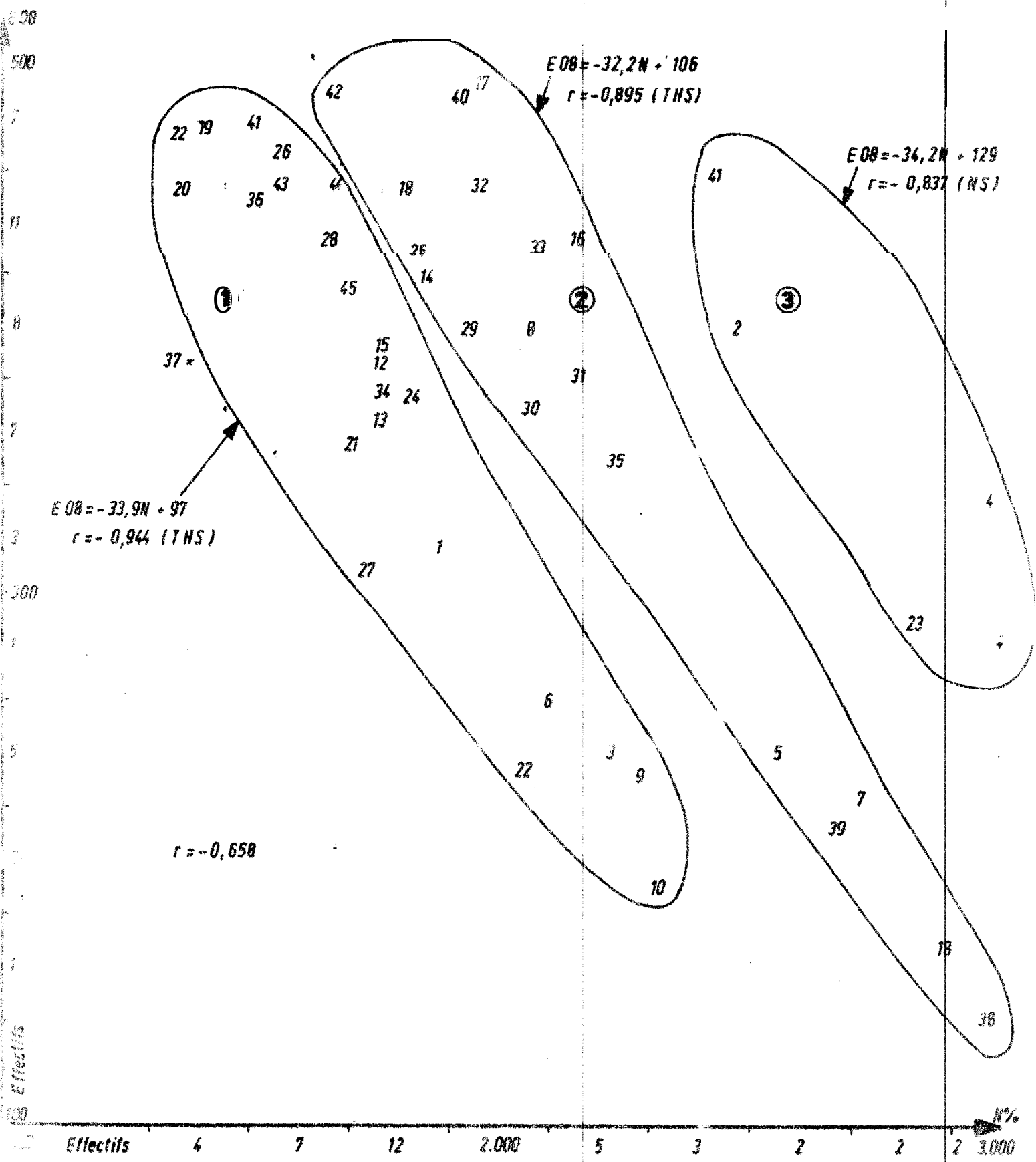


FIG. N° 2-3 : ETUDE DE LA LIAISON ENTRE LE TAUX D'AZOTE ET

LA GERMINATION DANS L'EAU SUR 45 EPIS DE MIL GAM 5

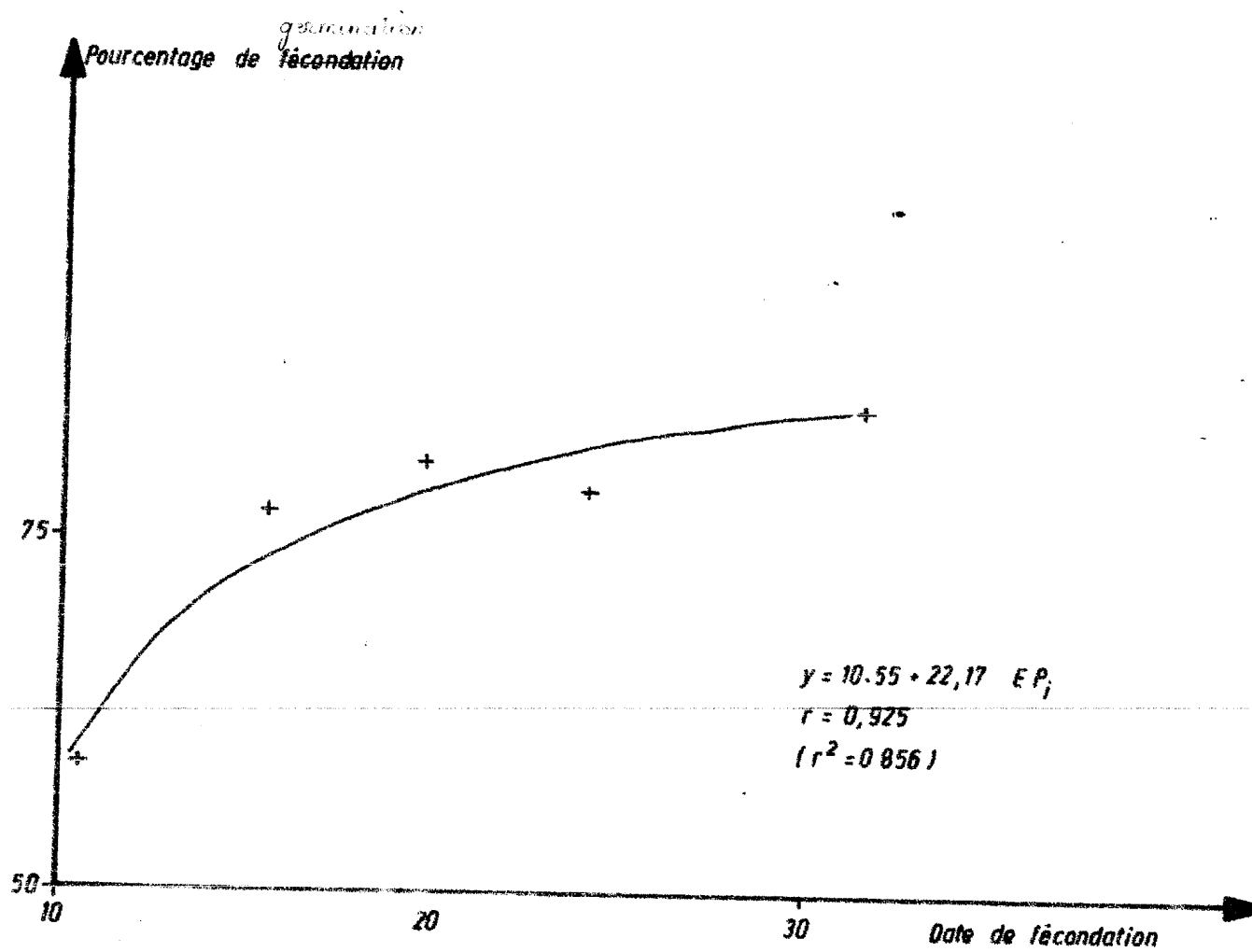


FIG. N° 2-4 POURCENTAGE DE GERMINATION DU MIL GAM 5 EN FONCTION DE LA DATE DE FECONDATION DES EPIS (5 CLASSES)

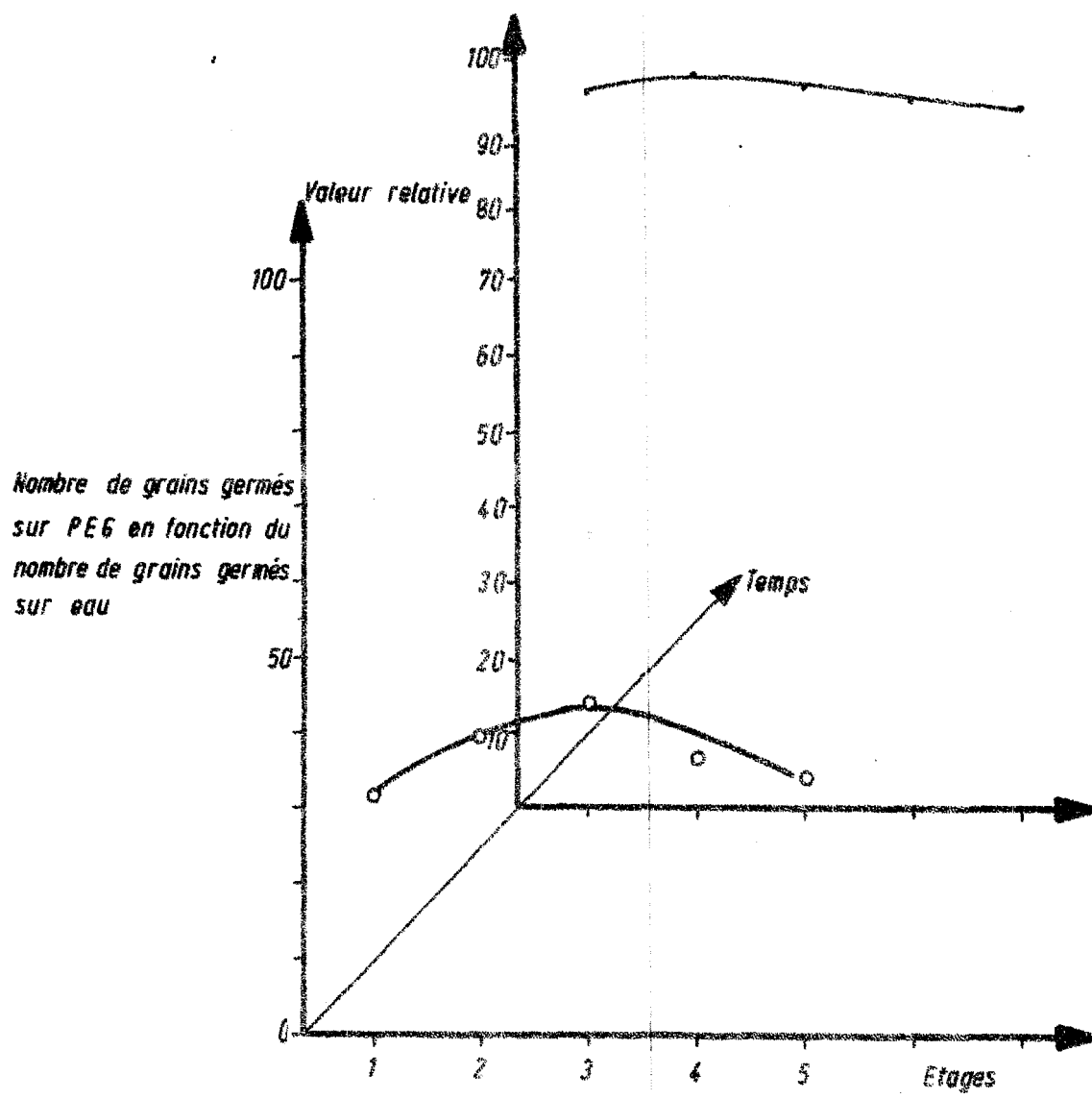
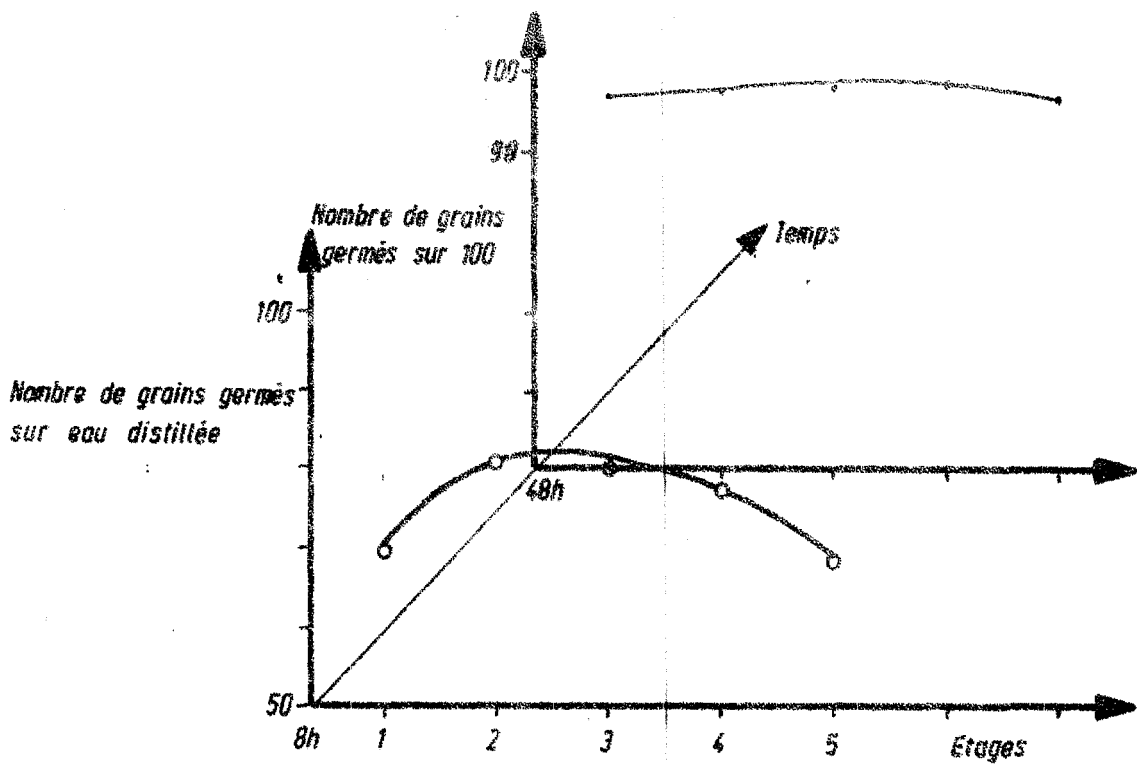


FIG. N° 2 - 5 : CARACTERES DE LA GERMINATION DES GRAINS DE MIL GAM S5 EN FONCTION DE LEUR SITUATION SUR L'ÉPI

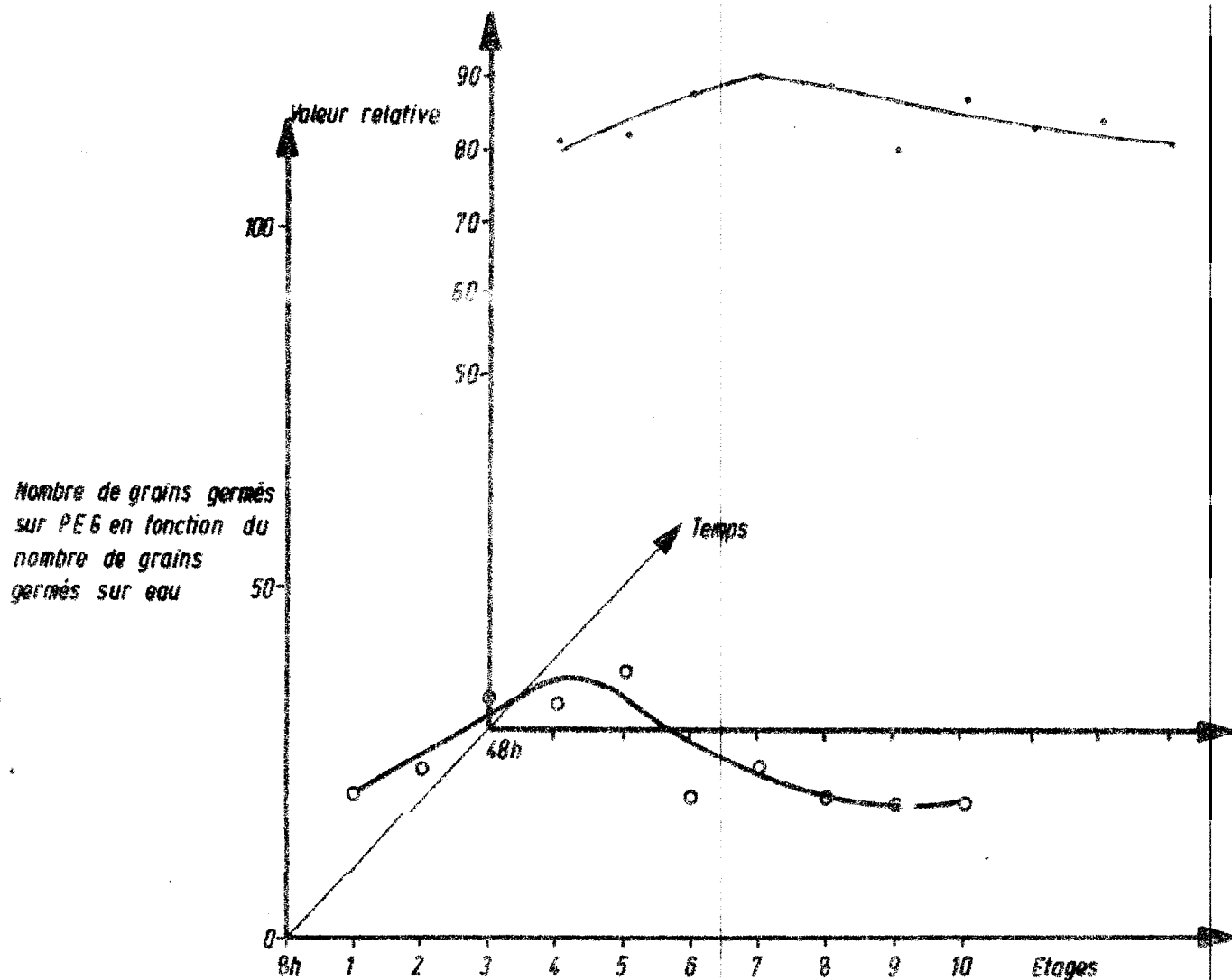
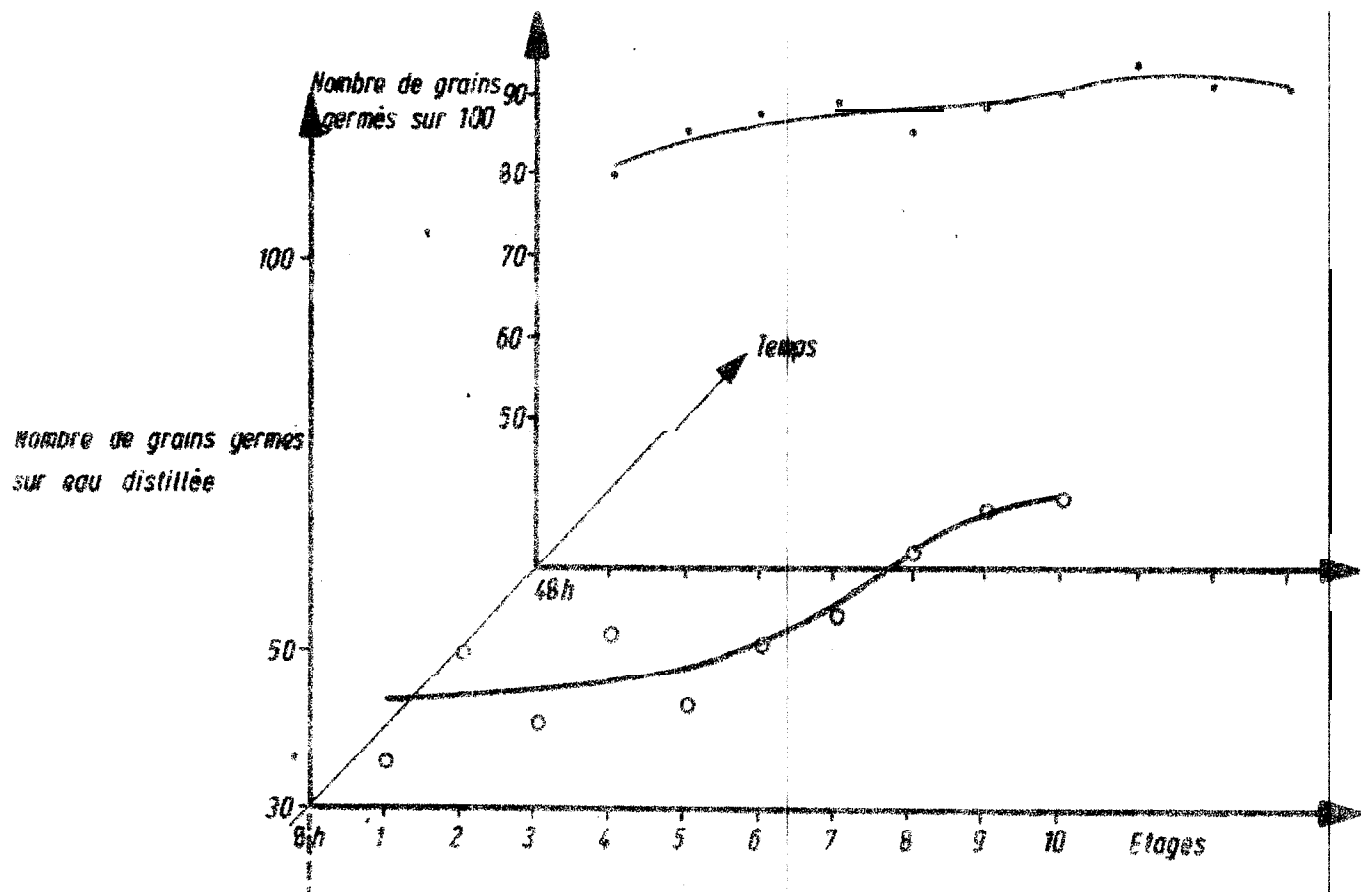


FIG. N° 3-1 : CARACTERES DE LA GERMINATION DES GRAINS

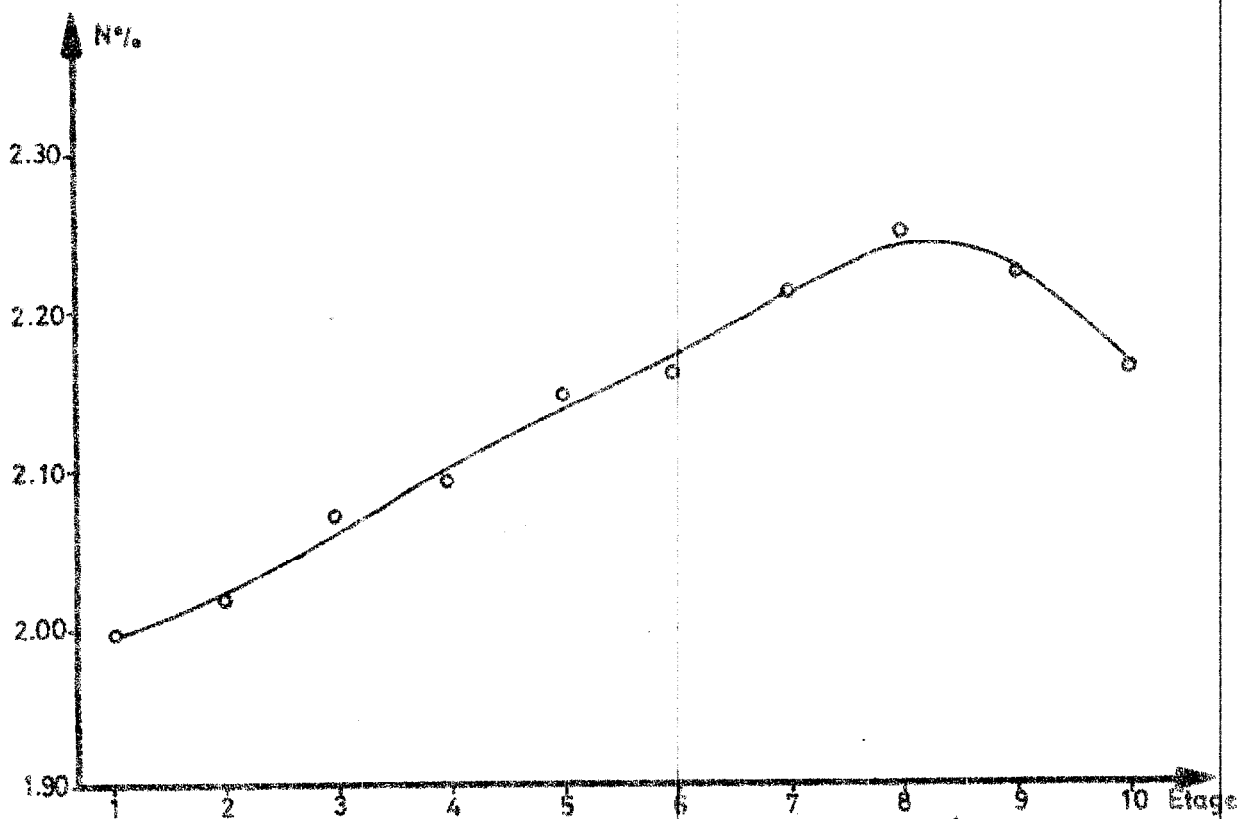
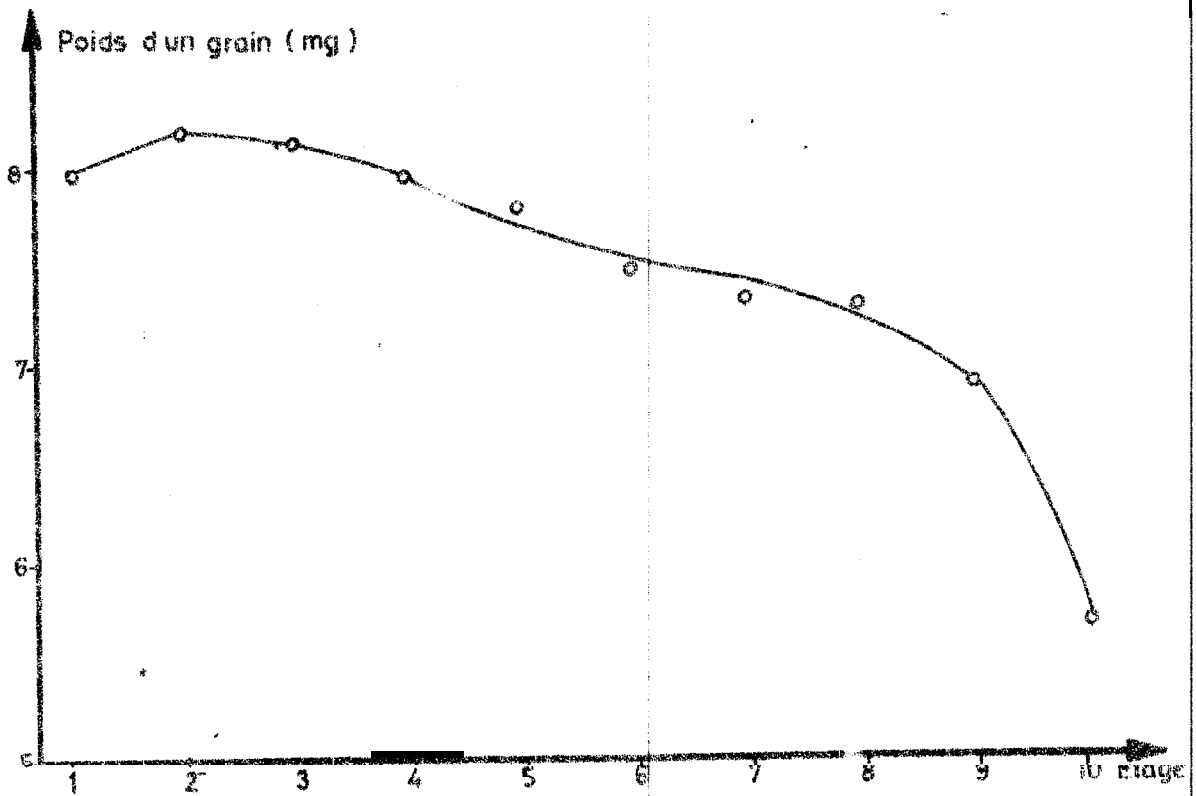


FIG. N° 3-2 : INFLUENCE DE L'ÉTAGE SUR LE POIDS D'UN GRAIN ET LE TAUX D'AZOTE DE CELUI-CI A PARTIR DE 5 EPIS DE SOUNA III ETUDIÉES POUR LEUR GERMINATION

B I B L I O G R A P H I E

- 1 - ABBOTT D.L. (1955)
Temperature and the dormancy of apple seeds.
XIV th Int. Horticult. Cong. (La Haye-Scheveningen) 1, 745-753.
- 2 - BLACK J.N. (1958)
Competition between plants of different initial seed size in swards of subterranean clover (Trifolium subterraneum L) with particular reference to leaf area and the light microclimate.
Aust. - J. Agr Res, 9, 299
- 3 - BONO M. (1973)
Contribution à la morpho systématique des Pennisetum annuels cultivés pour leurs grains en Afrique occidentale francophone.
L'Agronomie tropicale - IRAT Vol XX XVIII - 1973 n° 3 p 229 et suiv.
- 4 - BRUNKEN J.N. (1977)
A systematic study of Pennisetum section Pennisetum (gramineae)
Amer. J. Bot. 64 (2). 164-176.
- 5 - CHAMPAGNAT P., OZENDA P., BAILLAUD D.,
Biologie végétale tome III Masson et Cie ed. p 445 et suivantes.
- 6 - CHARREAU C., NICOU R. (1971)
L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sable argileux de la zone tropicale sèche Ouest africaine et ses incidences agronomiques
IRAT. Agronomie tropicale. 254 p.
- 7 - CHAUSSAT R., BOUINOT D. (1975)
Hétérogénéité de la germination des grains de l'épi de blé C.R.
Acad. Sci. 281 p. 527.
- 8 - CHAUSSAT R., LE DEUNFF Y. (1975)
Dans "la germination des semences"
P. 220 Gauthier Willars.
- 9 - CHOPART J.L. (1930)
Thèse à paraître.
- 10 - CLARK B.E. and KLINE D.B. (1965)
Relationship between the vitality and the performance of fireball tomato seed
N.Y. ; Ag. - Exp. Geneva, Seed Res. Cidc-, 1.
- 11 - COBLEY L.S. (1956)
An introduction to the botany of tropical crops London U.K. , Longman green & Co Ltd, 26-28.
- 12 - COME D. (1970)
Les obstacles à la germination Masson et Cie ed Paris 162 p.
- 13 - CORRIOLS J. (1950)
Quelques observations sur la biologie florale du mil et du sorgho au Sénégal Ann. CNRA Bambey n°6.

- 14 - CROCKER W., BARTON L.V. (1955)
 Physiology of seeds and introduction to the experimental study
 of seed and germination problems
 Chronica Botanica Co-waltham, Mass. USA, 267 p.
- 15 - CURSON H.H. (1940)
 Millet grasses in native areas
 Farming in South Africa 15, 157-188.
- 16 - DATTA S.C., EVENARI M., GUTTERMAN 7. (1972)
 The influence of the origine of the mother plant on yield and germination of their caryopca in *Aegilops ovata* L. Plante, 105, 155-164.
- 17 - DO CAO T. (1976)
 Aptitude ii la germination des grains d'*Oldenlandia corymbosa* L. leur localisation sur la plante et les conditions de culture de celle-ci
 D.F.A. Paris 32 p.
- 18 - DORNE A.J. (1976)
 Influence de la température sur la germination des graines de *Silène inflata* Gaudinet *Alysioides utriculatum*, L. Madikus, récoltées à différentes altitudes.
 Bull. Soc.: Bot F₂ 115, 489-500.
- 19 - FERRARIS R. (1973)
 Pearl Millets (*Pennisetum typhoïdes*) Commonwealth Bureau of Pastures and field crops
 Hurley Maidenhead, Berks SL 65 LR, U.K.
- 20 - FROMANTIN J. (1969)
 Etude sur la germination et la croissance en laboratoire des plantules de *Pennisetum typhoïdes*, I. = variations des pourcentages de germination de *Pennisetum typhoïdes* en fonction de la densité de semis.
 Ann. Uni. Abidjan Ser EE, II (1), Ecologie :51-59.
- 21 - MUTCHINSON I., DALZIEL J.M. (Reprint 1962)
 Fibre of West tropical africa London, Crown agents for oversea govts and adm.
 Vol. II, fait 2, 579-6.
- 22 - I.R.A.T. (1975)
 Germination, emergence et Croissance au stade précoce de quelques céréales (riz-sorgho, blé, maïs) en vue d'une définition de leur vigueur au départ. Bibliographie 220 p.
- 23 - JACQUESFELIX H. (1962)
 Les graminées d'Afrique tropicale I. Généralités, classification, description des genres
 IRAT, Paris 345 p.
- 24 - MAUN (M.A.), CAVERS (P.B.) (1971)
 Seed Production and dormancy in *Rumex crispus* L. II - The effect of removal of various proportions/ of flowers at anthesis.
 Can. Jouin-.of Botany, 49, 10, 1841-48.
- 25 - NOZERAN R., BANCILHON L. (1972)
 Les cultures "in vitro" en tant que techniques pour l'approche des problèmes posés par l'amélioration des plantes.
 Ann - Amelio. Plants, 22,2 107-185.

- 26 - NOZERAN R., CHAUSSAT R. (1975)
 Dans la germination des semences P. 2
 Gauthier Willars.
- 27 - PORTERES R. (1950)
 Vieilles agricultures de l'Afrique intertropicale Centre d'origine
 et de diversification variétale primaire et berceaux d'agriculture anté-
 rieurs au XVIe siècle.
 Agro Trop., Vol V, n°910.
- 28 - RACHIE K.O. (1974)
 The millets and minor cereals. A bibliography of the world literature
 on millets from 1930 and 1964-1969 and of all literature on the other
 minor cereals.
- 29 - RACHIE K.O. (1975)
 The millets ICRIERT. Hyderabad India.
- 30 - RAMOND C. (1968)
 Pour une meilleure connaissance de la croissance et du développement
 des mils Pennisetum.
 L'Agronomie Tropicale IRAT (1968) 23, 844 - 863.
- 31 - ROUSSEL D. (1978)
 Recherches sur l'hétérogénéité de la germination de semences du
 petit mil? (Pennisetum americanum (L.) K. Sohum (L)).
 D.E.A. ORSTOM Paris 56 p.
- 32 - SCHWARTZ D. (1969)
 Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes
 Flammarion sciences et médecins.
 3e édition.
- 33 - SIBAND P. (1968)
 Thèse à paraître.
- 34 - VAVILOV N.T. (1949)
 The origin variation immunity and breeding of cultivated plants
 Chronica Botanica (1949-50) 13, 366 p.