

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUIRE-MER
47, Bld des Invalides
PARIS VI^o

COTE DE CLASSEMENT n° 3746

PEDOLOGIE

ETUDE EXPERIMENTALE DES FACTEURS NATURELS INFLUANT SUR LES CULTURES
DE DECRUE (Les ESSAIS de GUEDE 1956-1957) - Fasc. A -

par

J. MAYMARD

ETUDE EXPERIMENTALE DES FACTEURS NATURELS
INFLUANT SUR LES CULTURES DE
DECRUE

(Les essais de GUEDE - Campagne 1956-1957)

	<u>Pages</u>
I - INTRODUCTION	1
II - LIMITATION DES OBJECTIFS ET PROTOCOLE D'ESSAI	3
III - LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL	7
IV - RESULTATS OBTENUS : LES RENDEMENTS ; DISCUSSION ET COMMENTAIRES.....	9
V - LES RELATIONS BIO-CLIMATIQUES.....	14
VI - LES SOLS - VARIATION DU NIVEAU DE FERTILITE.....	18
VII - L'EAU DANS SES RAPPORTS AVEC LE SOL ET LA PLANTE...	35
VIII - CONCLUSION.	45

I - INTRODUCTION

On s'est toujours accordé pour reconnaître à la vallée du Sénégal des possibilités de mise en valeur agricole par l'eau. Les premières études étaient d'abord orientées vers un aménagement par irrigation générale et vers l'application des principes de l'agriculture du type européen. Mais il est alors apparu que trop d'obstacles, d'ordre financier, technique et humain, s'opposaient au développement rapide et généralisé des cultures irriguées. On a jugé préférable, en première étape, de partir des structures existantes, et de développer l'agriculture locale qui a le mérite d'avoir construit, grâce à une expérience archiséculaire, un système en accord avec les conditions naturelles.

L'agriculture indigène est pratiquée sur les terres inondables et la végétation du sorgho se fait entièrement à l'aide de l'eau emmagasinée par le sol. Soumise aux caprices de la crue, la production est irrégulière, la disette règne parfois. Aussi les projets actuels d'aménagement, visent-ils essentiellement à affranchir le cultivateur de ces aléas. Au moyen de barrages-digues qui tendront le plan d'eau à une cote définie, ou établira une succession de bassins étagés assurant une submersion minima constante quel que soit le volume de la crue.

Les problèmes à résoudre ne sont pas seulement d'ordre hydraulique. Si la hauteur des eaux conditionne sans aucun doute l'extension des superficies théoriquement cultivables, il importe autant du point de vue agricole de connaître avec précision le rôle particulier des différentes caractéristiques de la crue sur les cultures et les rendements. Ces connaissances sont indispensables pour établir les consignes d'exploitation des barrages, car le jeu des vannes permettra dans une certaine mesure d'agir sur la durée de submersion, la date et la vitesse de retrait.

L'aménagement proposé, exclut dans son principe tout bouleversement. Il transforme une crue faible en bonne crue moyenne, une crue moyenne en crue forte. Les conditions qu'il crée ne sont pas artificielles et il serait possible de les observer au cours d'un nombre suffisant d'années. Les recherches agronomiques pourraient donc emprunter deux voies :

- soit rassembler des faits d'observation étayés par des mesures précises, et remonter du rendement qui somme tous les facteurs agissant sur la plante, à chacune de ses composantes ;

- soit recourir à l'étude des faits provoqués en vue d'établir les relations entre causes contrôlées et production.

.../...

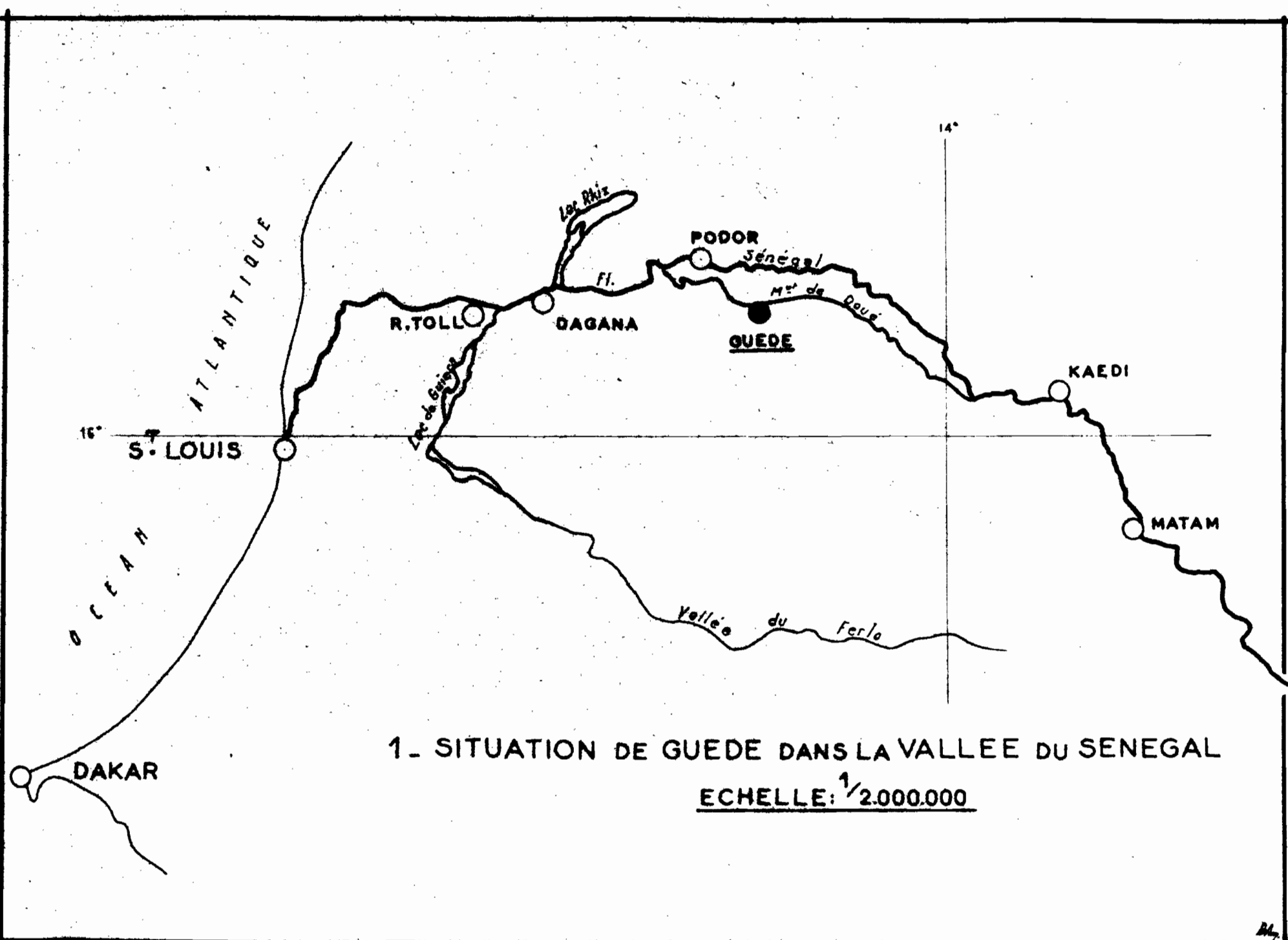
La première méthode exige la mise en place d'un organisme d'enquête efficace et sûr opérant dans le milieu naturel. Elle nécessite d'abord l'accumulation d'un grand nombre de résultats partiels échelonnés dans le temps et dans l'espace. Le dépouillement de telles données n'est pas aisé et des résultats valables ne peuvent être obtenus qu'à très longue échéance. Par contre, l'ampleur de l'information assure à ces mêmes résultats une haute valeur de généralisation.

La deuxième méthode aboutit à la création d'un dispositif expérimental approprié. Le contrôle est plus facile, l'interprétation des résultats plus aisée. On peut opérer, soit en cases de végétation, c'est à dire dans des conditions plus ou moins artificielles qui facilitent les études et leur confèrent un certain degré de précision parce qu'elles permettent d'éliminer au maximum les causes de variabilité, soit dans des conditions presque naturelles en plein terrain de culture. L'expérience gagne en possibilité de généralisation ce qu'elle perd en précision. C'est cette solution qui a été choisie ; elle constitue en quelque sorte un moyen terme entre l'étude en milieu naturel et en milieu artificiel.

Le principe même des essais nécessite une maîtrise totale des eaux. Afin de réduire les dépenses initiales d'investissement, on a utilisé le casier de Guédé où l'on dispose de place et d'installations existantes et où l'on a toute possibilité de réaliser artificiellement différentes conditions de submersion dans la cuvette soustraite à l'influence des crues depuis 1940.

Le bassin de Guédé (planche I et 2) se trouve sur la rive gauche du marigot de Doué à environ 300 km en amont de Saint-Louis. Il est protégé des eaux de crue par une digue isolant 1000 hectares donc 75 seulement étaient utilisés en rizières en 1955 (I). Bien situé, au cœur de la vallée, avec des communications relativement faciles et des terrains variés, le casier de Guédé convient remarquablement pour certaines recherches agronomiques : celles qui concernent l'écologie végétale et celles qui se rapportent aux cultures irriguées.

(I) Dans l'esprit des promoteurs l'aménagement devait aboutir à la mise en culture de 400 Ha de cotonniers et 200 Ha de rizières grâce à l'irrigation par pompage et gravité, et à la formation professionnelle de cultivateurs indigènes initiés aux techniques de l'eau. On peut dire maintenant que l'échec est complet. Cette expérience malheureuse souligne les difficultés d'une telle entreprise.



1. SITUATION DE GUEDE DANS LA VALLEE DU SENEGAL
ECHELLE: $\frac{1}{2.000.000}$

2 - BASSIN D'IRRIGATION DE GUEDE

ECHELLE: $\frac{1}{25000}$

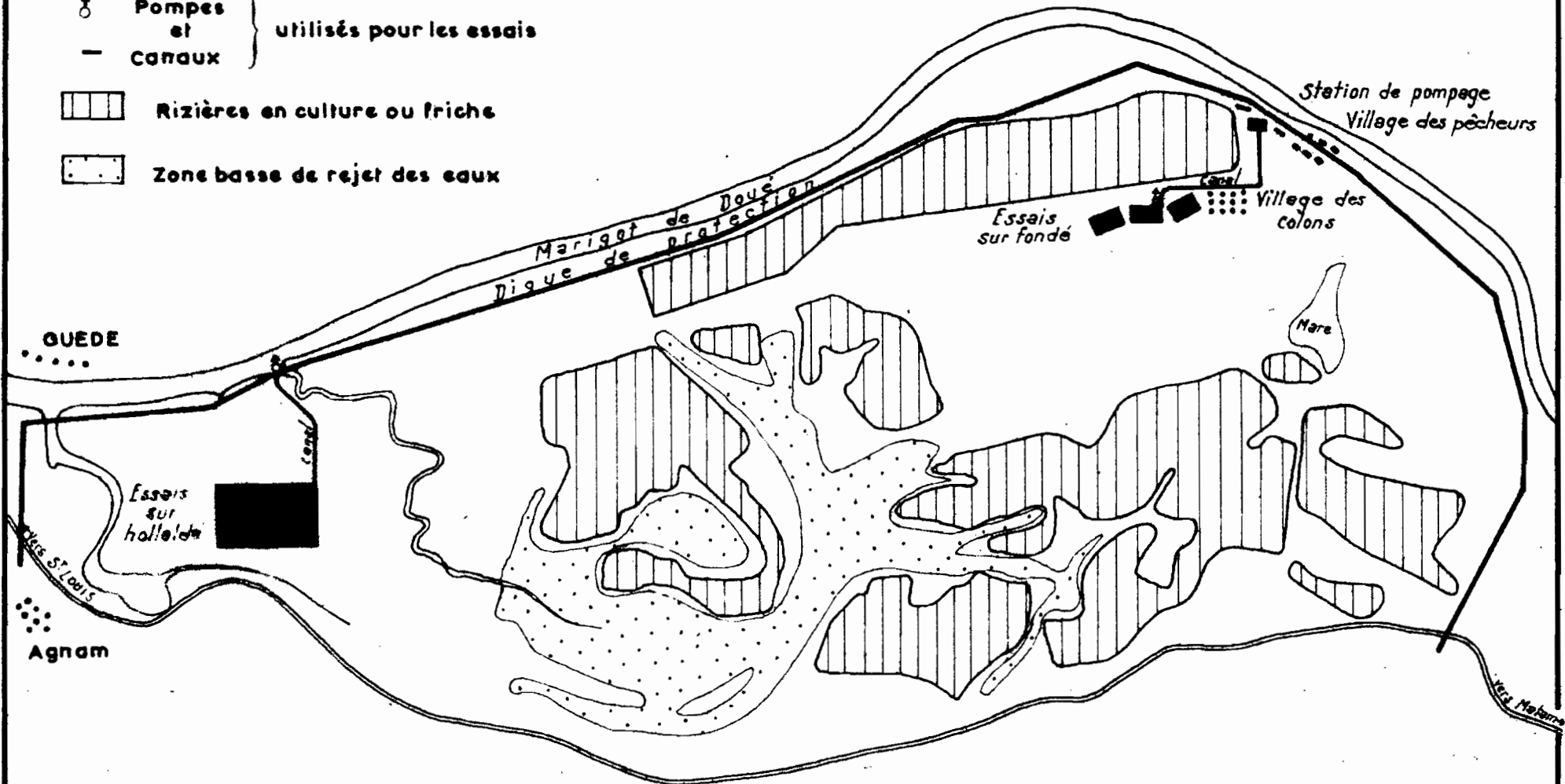
LEGENDE

■ Parcelles d'essai pour les cultures de décrue

♂ Pompes
— et canaux } utilisés pour les essais

▨ Rizières en culture ou friches

▤ Zone basse de rejet des eaux



II - LIMITATION DES OBJECTIFS ET PROTOCOLE D'ESSAI

Tout reste à faire ou presque dans le domaine très particulier qu'est la culture de décrue. Mais il est évidemment nécessaire de faire un choix parmi les nombreuses causes contrôlées qui peuvent exercer une influence déterminante. Parce qu'ils peuvent être étudiés, et le sont déjà (I), en dehors d'un dispositif spécial et coûteux, on a laissé de côté tout ce qui concerne la sélection du matériel végétal, l'amélioration des techniques culturales, le problème de la fertilisation. Le milieu sol passe au second plan et fait l'objet d'études connexes ; si une distinction est établie au niveau du protocole, c'est qu'elle répond à une préoccupation d'ordre hydraulique : les conditions de submersion sont en effet différentes selon qu'il s'agit de sol "fondé" situé à une cote élevée ou de sol "hollaldé" occupant le fond des cuvettes.

La priorité revient donc aux facteurs agricoles de la crue qui sont dans l'ordre logique : la hauteur des eaux, la durée de submersion, la date de semis, la vitesse de retrait. Là encore il faut se limiter :

Il n'a pas été possible de tenir compte de l'épaisseur de la lame d'eau car essayer de réaliser des hauteurs de submersion de l'ordre de celles qu'entraînent les crues naturelles, eût été d'un coût prohibitif. Ce facteur n'a sans doute pas une importance considérable, d'autant plus qu'il doit jouer dans le même sens que la durée de submersion.

La vitesse de retrait conditionne dans une certaine mesure l'extension des emblavures et si elle doit être modifiée par les aménagements c'est en fonction des possibilités de semis des cultivateurs. Le problème est à étudier en dehors d'une expérimentation purement agronomique, car il ne concerne que des observations relatives à l'organisation et au rendement du travail.

Durée de submersion et date de retrait sont donc finalement retenus comme seuls facteurs de variation et on superpose leurs actions dans les limites compatibles avec les conditions naturelles. Ces limites doivent faire l'objet d'une étude critique :

(I) Y. DUPICHAUD - Expérimentation sur mil de décrue - Campagne 1956 - 1957 - Rapport du Service de l'Agriculture -

- Soumettre à des durées de submersion identiques sol "fondé" et sol "hollaldé" n'aurait qu'un intérêt théorique ; la préoccupation de durée minimum doit s'appliquer au premier, celle de la durée maximum au second.

- La date de retrait dont dépend la date de semis, est nécessairement précoce sur "fondé", donc à priori favorable et il n'est pas absolument nécessaire de la faire varier.

- Sur "hollaldé", durée de submersion et date de retrait sont en partie liés et un graphique de corrélation (n° 3) a été établi au préalable entre ces deux paramètres pour choisir au mieux les différentes combinaisons (graphique n° 4)

Ce choix raisonné, permet avec des moyens limités de bien circonscrire les problèmes en suspens. Il présente cependant un inconvénient théorique : l'expérience n'est plus du type factoriel ; elle permet en principe de déterminer la combinaison particulière des facteurs donnant le résultat optimum, mais non le cas le plus favorable pour chacun d'eux.

La diversification du matériel végétal est enfin indispensable pour donner à l'expérience une efficacité plus grande et surtout une valeur plus certaine. Il s'agit bien moins en effet de mettre en compétition espèces et variétés que d'obtenir des conclusions plus sûres parce que basées sur une connaissance plus étendue des phénomènes étudiés. On remarquera d'ailleurs que l'étude des facteurs hydrauliques exige des travaux d'endiguement onéreux, mais que la subdivision d'unités endiguées en parcelles élémentaires n'augmente pas beaucoup le coût de l'expérience. Il y a cependant des limites et l'unité endiguée ne peut être agrandie démesurément parce que l'hétérogénéité du terrain croît avec son étendue et que l'exécution des travaux culturaux devient difficile lorsque des plantes trop différentes voisinent. C'est ainsi qu'on a été conduit à expérimenter séparément sorgho et cotonnier.

L'expérimentation se présente donc ainsi : (I)

-
- (I) L'importance respective des essais est proportionnelle à l'intérêt qu'ils présentent : les expériences sur "hollaldé" sont beaucoup plus étendues parce que ce terrain occupe des superficies beaucoup plus grandes ; de même le sorgho est mieux étudié parce qu'il constitue la production de base, le coton n'étant encore qu'au stade des possibilités.

A - Essai sorgho sur "fondé"

Bases de l'expérimentation 4 durées de submersion : 2 semaines
3 semaines
4 semaines
5 semaines

I seule date de retrait: 1er novembre

3 variétés de sorgho : Fellah blanc
Fellah rouge
Samba-Souki

Dispositif expérimental blocs de Fisher subdivisés, **6 répétitions**
parcelles élémentaires : variété de sorgho
unités endiguées : durée de submersion
L'ensemble comprend donc 24 unités endiguées et 72 parcelles élémentaires.

B - Essai sorgho sur "hollaldé"

Bases de l'expérimentation 3 durées de submersion : 60 jours = A
90 jours = B
120 jours = C

avec pour chaque durée 3 dates de retrait:
60 jrs. 15/10 1/11 15/11
90 - 1/11 15/11 1/12
120 - 15/11 1/12 15/12

3 variétés de sorgho : Samba-Souki
Pourdi N'Daneri
Sevil N'Daneri

Dispositif expérimental Blocs de Fisher subdivisés - 6 répétitions
L'ensemble comprend donc 54 unités endiguées et 162 parcelles élémentaires.

C - Essai cotonnier sur "hollaldé"

Bases de l'expérimentation 2 durées de submersion 90 jours
I20 -
avec pour chaque durée 3 dates de retrait
90 jrs. I/II I5/II I/I2
I20 - I5/II I/I2 I5/I2
3 variétés de cotonniers : Lightning Ex-
press
Paymaster
Acala

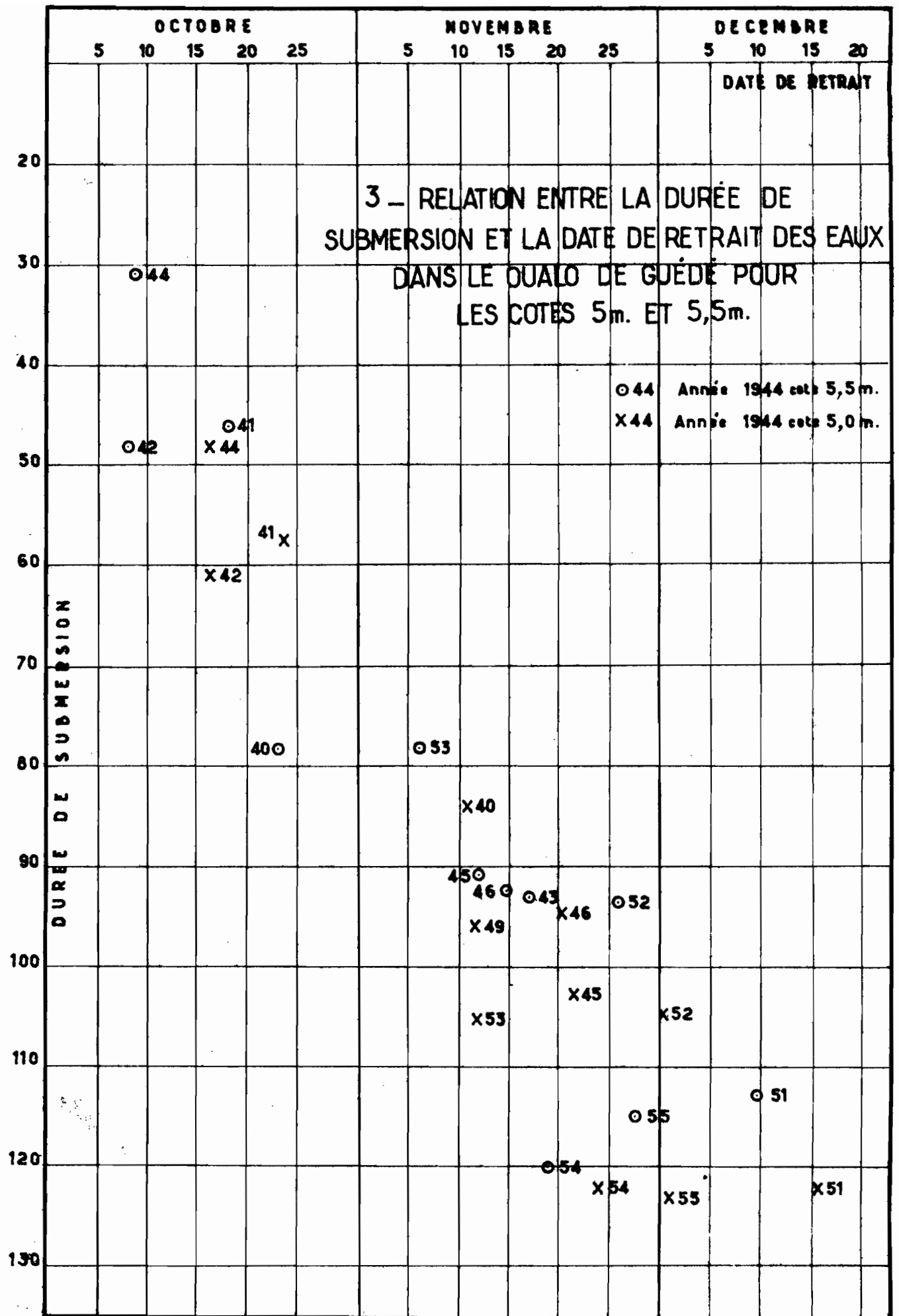
Dispositif expérimental Blocs de Fisher subdivisés-6 répétitions
L'ensemble comprend donc 36 unités endi-
guées et 108 parcelles élémentaires.

Semis : les lignes de sorgho sont espacées de 1m,25 ; celles de co-
tonnier de 0m,60. Sur la ligne l'écartement est de 1m,20 pour le
sorgho, de 0m,40 pour le cotonnier. Ce qui correspond à une densité
de poquets à l'hectare de 6.667 pour le sorgho et de 41.667 pour le
cotonnier ; par poquet 4 à 6 graines.

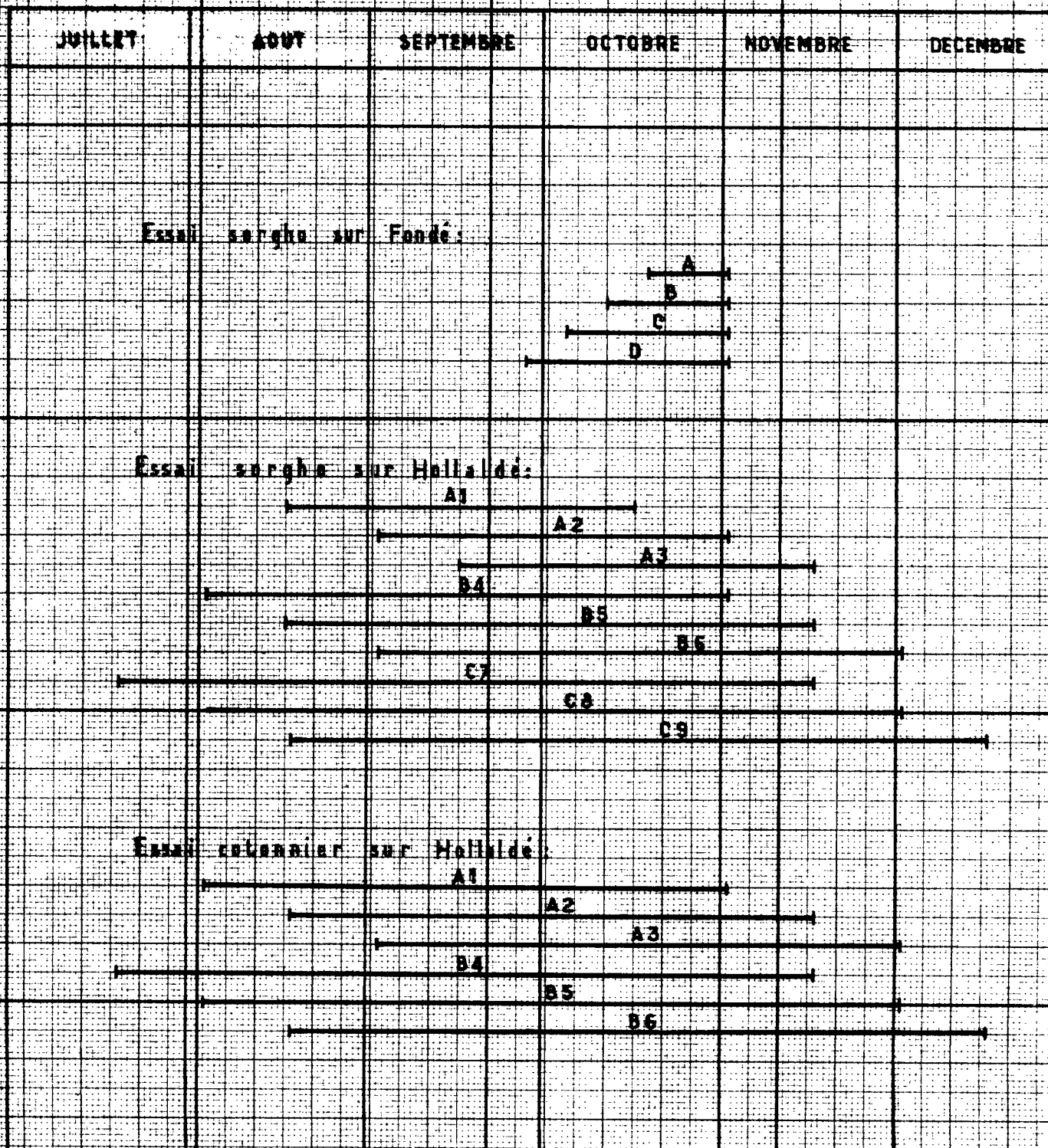
Opérations culturales : traditionnelles (I) ou de vulgarisation très
aisée (fungicides - insecticides) effectuées aux époques jugées les
plus favorables par le responsable des essais. Elles doivent être
strictement identiques pour toutes les parcelles.

Récolte : se fera par parcelle élémentaire après élimination des
lignes de bordure encadrant chacune d'elle.

(I) - Voir en annexe les méthodes traditionnelles de culture.



4. REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DES DIFFERENTES CONDITIONS DE SUBMERSION RETENUES POUR L'EXPERIMENTATION



III - LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Il est constitué par un grand nombre de parcelles endiguées (dimensions intérieures 16m,50 x 18m,00) pouvant être remplies et vidées individuellement. La répartition des traitements doit se faire au hasard pour permettre une analyse statistique correcte. On trouvera donc côte à côte une parcelle en eau et une parcelle en culture et l'isolement entre les deux doit être excellent.

On voit ainsi les sérieuses difficultés que présente cette expérimentation très particulière dans un milieu encore mal connu. Il n'est pas possible d'avancer à priori des chiffres certains sur la distance devant séparer deux parcelles de régime hydraulique différent, sur la dimension à donner aux diguettes séparant ces parcelles, sur la largeur des bandes de bordure à prévoir.

Pour réaliser les unités endiguées plusieurs solutions venaient à l'esprit :

- séparer les parcelles par une distance importante. Le procédé présente l'avantage d'assurer un isolement hydraulique parfait mais nécessite la mobilisation de grandes surfaces, allonge considérablement la longueur des canaux, accentue les dissemblances entre des parcelles qui ne sont plus contigües.

- séparer les parcelles par des murs ce qui réduit la longueur des blocs donc permet leur mise en place sur des terrains plus homogènes ; mais coût prohibitif et délai d'exécution trop long.

- séparer par une tranchée (zone d'emprunt) les diguettes respectives de deux parcelles voisines, Avantages : efficacité d'isolement certaine et contrôlable ; inconvénients : difficultés d'exécution et d'entretien.

- On s'est donc arrêté à la solution classique de diguettes en terre largement dimensionnées : emprise : 5m,30 - couronnement : 3m,50, hauteur ~~4~~ 0m,70, talus 2/1.

Le matériau constituant le remblai provient de zones d'emprunts à la périphérie du champ d'essai. Après passage d'un roter pour assurer la liaison avec le terrain naturel, il a été mis en place par couches successives au moyen de scrapers et compacté par le roulage dû au trafic des engins de terrassement.

Il est maintenant facile de faire la critique de cette opération :

- Le matériau trop argileux a été mis en place trop sec et insuffisamment compacté. Le remblai a montré une tendance prononcée à se transformer en boue qui envahissait les parcelles et en modifiait les dimensions. En de nombreux endroits, des apports complémentaires de terre ont été indispensables pour maintenir la cote d'arasement fixée.

- La concentration des eaux de pluie sur la large surface de couronnement entraîne une érosion en rigole sévère et la formation corrélative de petits cônes de déjection très préjudiciable à l'homogénéité des parcelles.

- En terrain sableux (certains passages du "fondé ranéré" il peut y avoir des infiltrations à partir des canaux d'irrigation.

- Si les digues ont été parfaitement étanches à la première mise en eau, il n'en sera pas de même dans la suite. Le matériau utilisé (terrain holaldé) est soumis au retrait par dessiccation et se révèle tout à fait impropre à l'usage qui en a été fait.

Il aurait donc fallu :

- établir en fouilles un voile étanche dans les passages sableux et les argiles crevassées.

- dimensionner moins largement les digues et laisser à la périphérie des unités endiguées de larges bandes de bordure.

- choisir un matériau mieux approprié (certains "fondés" conviennent très bien) et établir les remblais avec beaucoup de soin (compactage au taux d'humidité voulu, parements bien dressés).

.../...

5. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

SUR HOLLALDE

— ECHELLE : $\frac{1}{2.000}$ —

— LEGENDE —

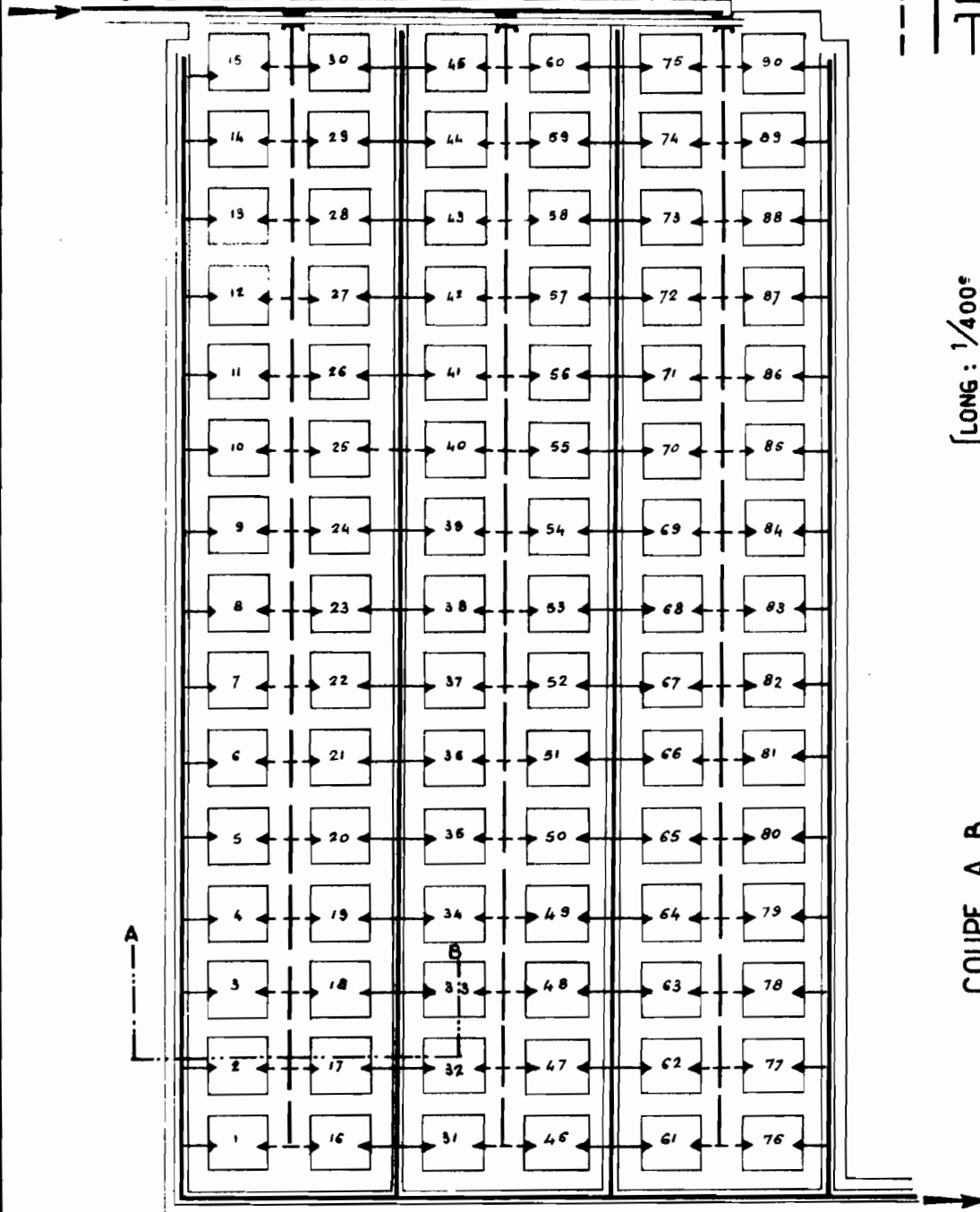
CANAL.

DRAIN.

OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT -
AVEC VANNE.

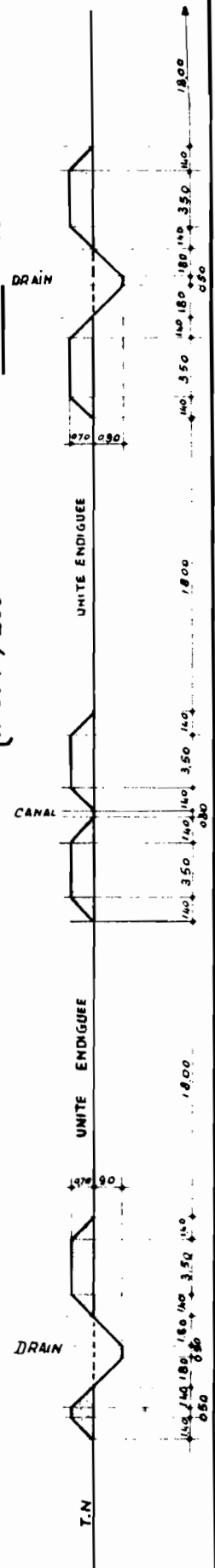
ROUTE.

— PLAN —



ECHELLES: LONG : $\frac{1}{400}$
HAUT : $\frac{1}{200}$

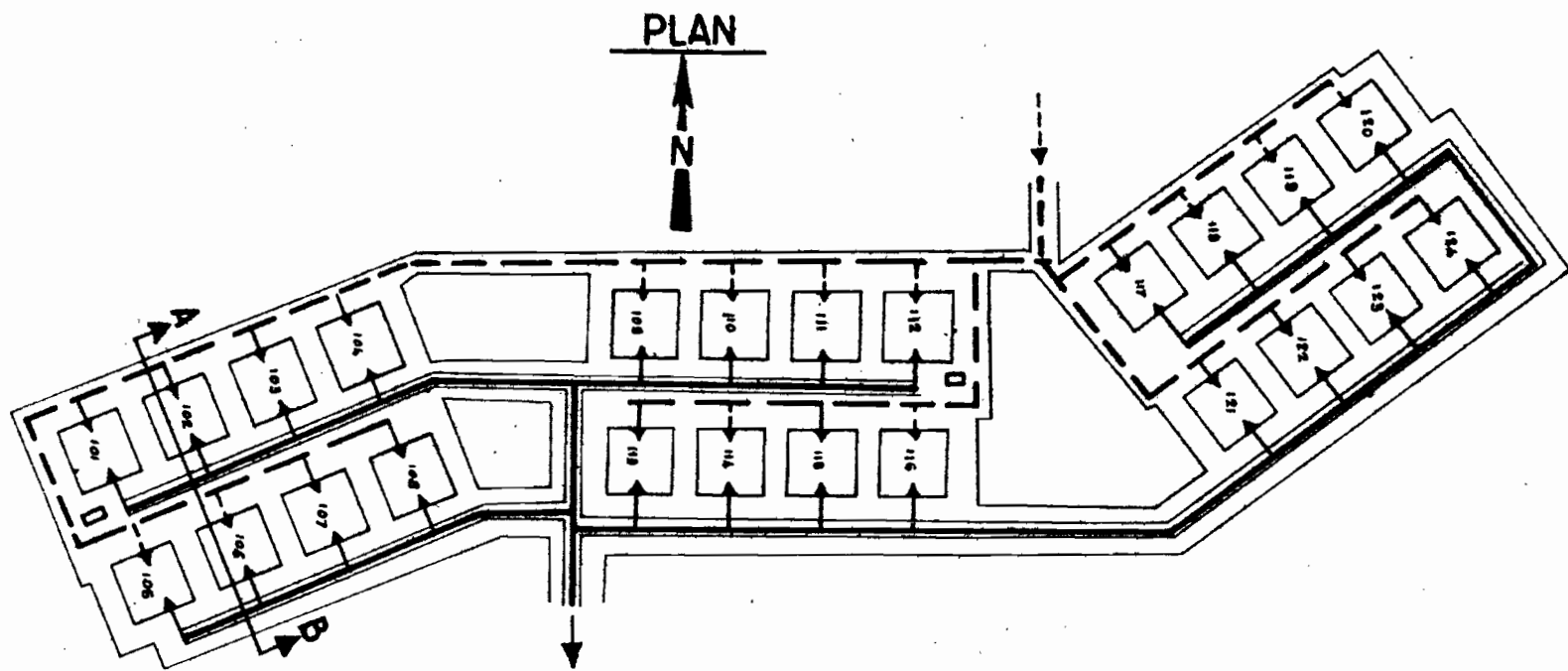
— COUPE A-B —



6. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

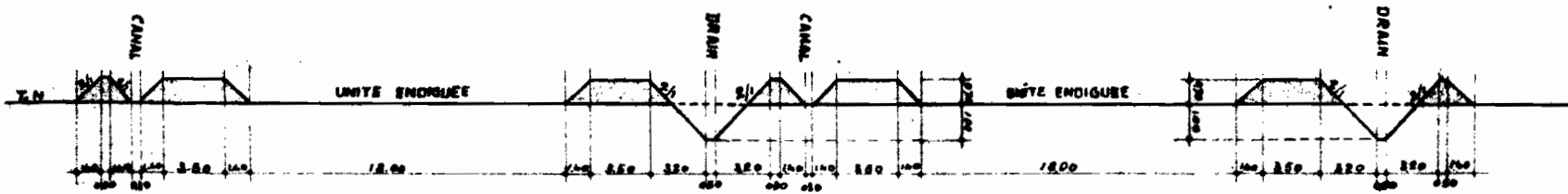
SUR FONDE

— ECHELLE 1/2000° —



ECHELLES: { LONG: 1/400°
HAUT: 1/200°

— COUPE A.B —

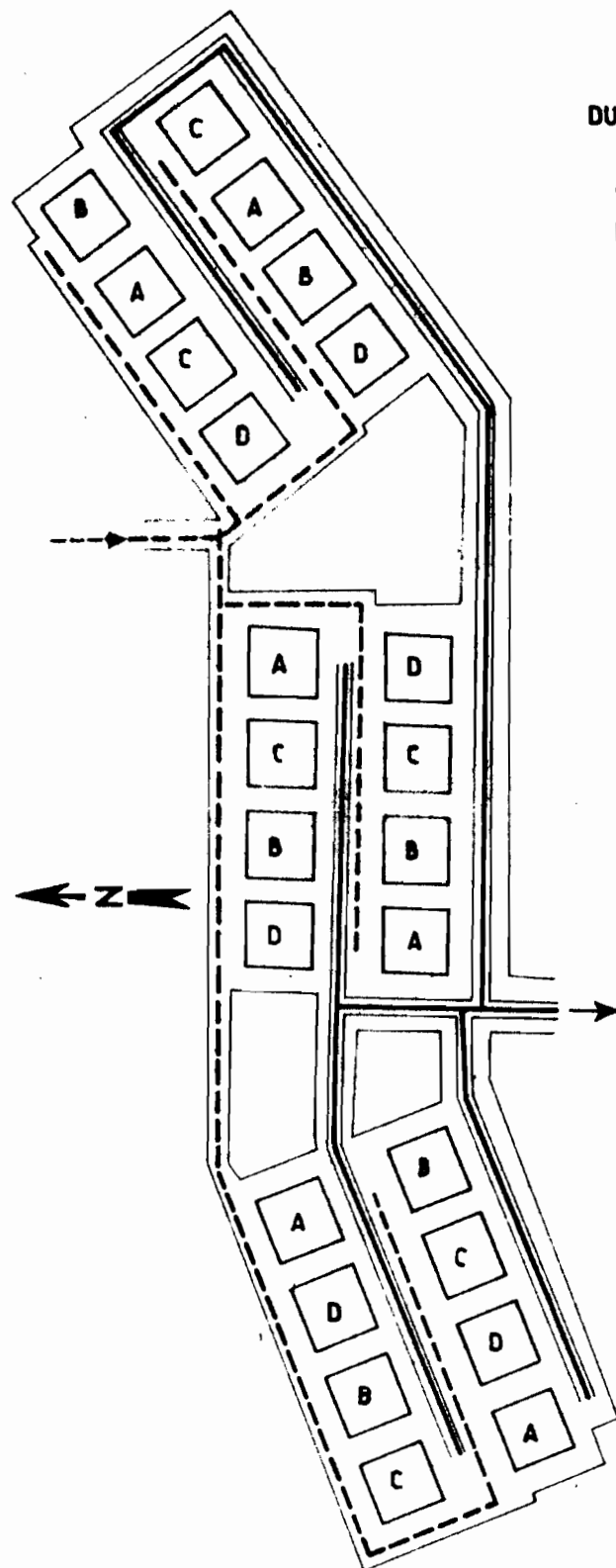


7. RÉPARTITION DES TRAITEMENTS ENTRE LES UNITÉS ENDIGUÉES SUR HOLLALDÉ

N° DES BLOCS

I	II	III	IV	V	VI	
A3	A1	A1	B5	B5	B6	ESSAI SORGNO A = 60 jours B = 90 jours C = 120 jours 1 = 15 Octobre 2 = 1 Novembre 3 = 15 Novembre 4 = 1 Novembre 5 = 15 Novembre 6 = 1 Décembre 7 = 15 Novembre 8 = 1 Décembre 9 = 15 Décembre
B5	C7	C8	A3	A1	C7	
C7	B5	A2	C8	B6	B5	
B6	C9	B6	B6	A3	B4	
A2	C8	C9	A1	C8	A2	
A1	A3	B4	A2	C7	C8	
C8	B4	A3	B4	B4	A1	
B4	B6	C7	C9	A2	C9	
C9	A2	B5	C7	C9	A3	
A1	A3	A3	A2	B6	B5	ESSAI COTONNIER A = 90 jours B = 120 jours 1 = 1 Novembre 2 = 15 Novembre 3 = 1 Décembre 4 = 15 Novembre 5 = 1 Décembre 6 = 15 Décembre
A3	B4	A2	A3	B4	A1	
B4	B5	B6	B5	B5	A2	
A2	A1	A1	B6	A2	A3	
B6	B6	B5	B4	A1	B6	
B5	A2	B4	A1	A3	B4	

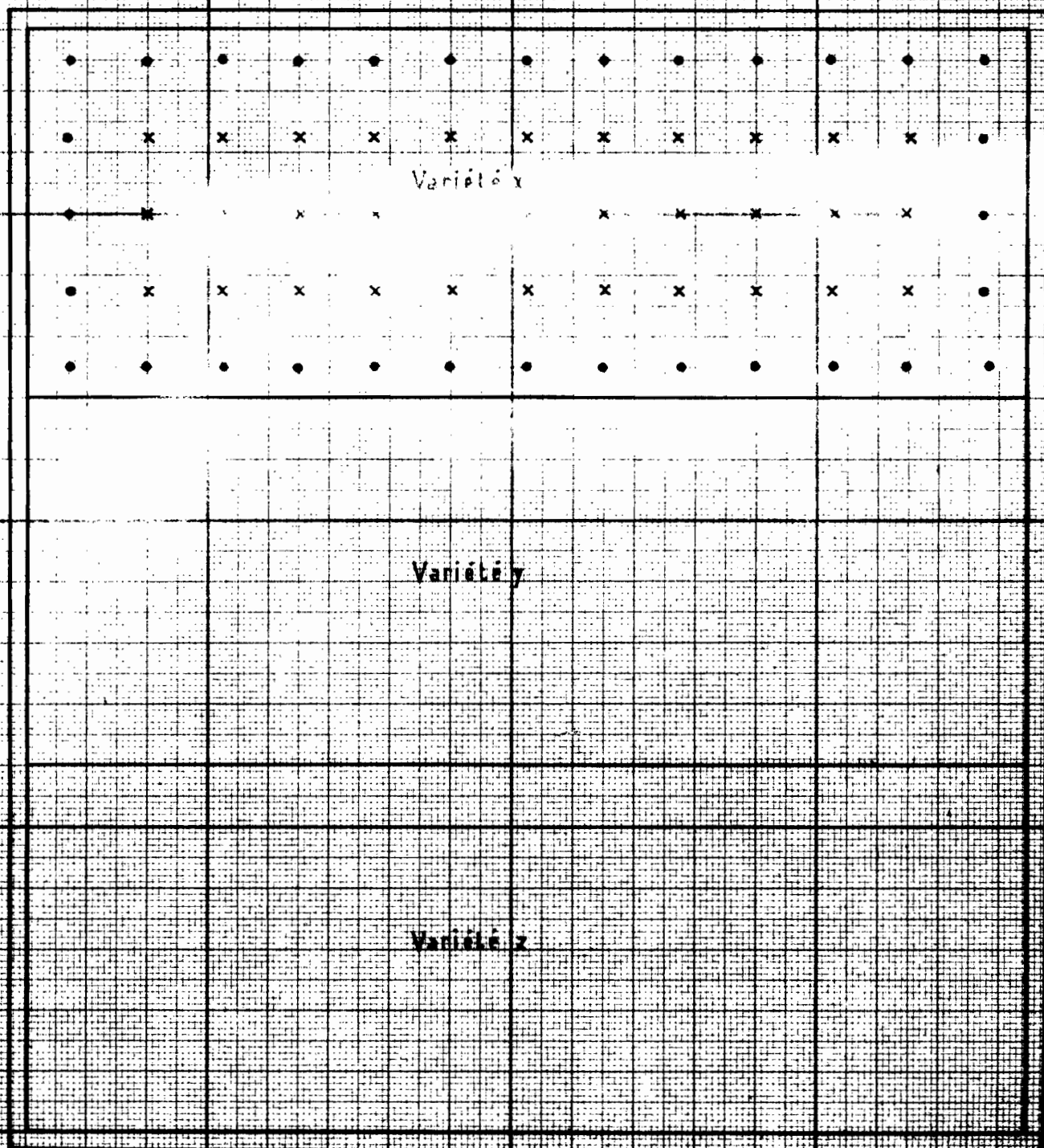
8. RÉPARTITION DES TRAITEMENTS ENTRE LES UNITÉS ENDIGUÉES SUR FONDÉ



DURÉE DE SUBMERSION :

- A = 2 Semaines
- B = 3 —
- C = 4 —
- D = 5 —

9. RÉPARTITION DES PARCELLES ÉLÉMENTAIRES ET DES POQUETS DE SORGHO DANS L'UNITÉ ENDIGUÉE



16° 50'

Echelle : 1/100°

x Lignes repères

• Lignes de barrières

06.591

IV - RESULTATS OBTENUS : LES RENDEMENTS ; DISCUSSION ET COMMENTAIRES

L'expérimentation agricole poursuit des fins économiques et conduit par conséquent à des comparaisons du rendement. Ce dernier est d'ailleurs une donnée synthétique qui tient compte de tous les facteurs de développement de la plante et exprime son adaptation aux conditions du milieu. Deux raisons valables pour exposer d'abord les résultats sous forme de tableaux où les rendements sont exprimés en kg/ha.

A) - Essai sorgho sur fondé : grain (I) en kg/ha

Variétés	Durée de submersion				Moyenne par variété
	2 semaines	3 semaines	4 semaines	5 semaines	
Fellah blanc	753	554	871	846	756
Fellah rouge	610	629	673	781	673
Samba-Souki	987	991	1025	1094	1024

L'analyse statistique (2) indique que les différences provenant des durées de submersion ne sont pas significatives. Pour être prises en considération il faudrait qu'elles dépassent 30 % de la moyenne ce qui indique que la qualité de l'expérience est mauvaise et qu'une erreur expérimentale plus faible laisserait peut être apparaître le rôle favorable joué par les plus longues submersions. Entre les variétés, la plus petite différence doit être supérieure à 18 % de la moyenne par conséquent la variété Samba-Souki est nettement supérieure aux deux autres.

(1) Le taux d'humidité du grain est à peu près constant et compris entre 9,2 et 9,4 %.

(2) Voir en annexe.

B/ - Essai sorgho sur hollaldé : grain en kg/ha

Durée submersion:	A = 60 jours			B = 90 jours			C = 120 jours		
Date de retrait:	1 15/10	2 1/11	3 15/11	4 1/11	5 15/11	6 1/12	7 15/11	8 1/12	9 15/12
Sevil N'Daneri	835	1088	996	973	945	471	1128	523	252
Pourdi N'Daneri	766	1100	1143	1054	783	386	1100	516	315
Samba-Souki	1214	1230	1068	1058	921	511	1037	495	305

La précision de l'expérience est médiocre : la plus petite différence entre traitements à prendre en considération doit être supérieure à 21 % du rendement moyen. Mais la variation traitement est forte et l'on a :

$$A2. C7. A3. B4 > A1. B5 > C8. B6 > C9$$

Toutes les durées de submersion sont donc représentées dans les rendements supérieurs. En considérant seulement les dates de retrait on peut dresser le tableau suivant :

Date de retrait :	15/10	1/11	15/11	1/12	15/12
Rendement moyen :	938	1084	1013	483	291

La date de retrait a donc une très grande importance et la durée de submersion n'en a pas.

Pour la comparaison entre variétés l'expérience est excellente puisque l'analyse statistique montre que la plus petite différence significative représente 5,5 % du rendement moyen. D'où l'on peut conclure que la variété Samba-Souki est supérieure aux deux autres bien que la différence soit légère. L'étude de l'interaction variétés x traitements ne conduit pas à des résultats dignes d'attention.

C/ - Essai cotonnier sur "hollaldé" : coton - graine en kg/ha

Durée de submersion :	A = 90 jours			B = 120 jours		
Date de retrait :	I	2	3	4	5	6
	I/II	15/II	I/12	15/II	I/12	15/12
Lightning Express	-	291	133	255	171	157
Paymaster	324	288	159	280	124	105
Acala	282	258	147	259	108	85

La qualité de l'essai est mauvaise : de nombreuses données manquantes sont à déplorer : le Lightning Express n'a pas levé dans les 6 blocs de traitement A1 et dans 2 blocs du traitement B4 ; l'erreur expérimentale est forte. Cependant on peut conclure que :

A1. A2. B4. > A3. B5. B6

Donc les deux durées de submersion sont représentées dans chaque membre de l'inégalité. En ne tenant compte que des dates de retrait, on peut dresser le tableau suivant :

Date de retrait :	I/II	15/II	I/12	15/12
Rendement moyen :	303	272	140	116

On aboutit donc aux mêmes conclusions que pour l'essai sorgho. Les différences entre variétés ne sont pas significatives et il n'y a pas d'interaction traitements x variétés.

La similitude de l'action respective de durées de submersion différentes dans l'intervalle choisi pour l'expérimentation (2 semaines à 3 mois) constitue sans doute le résultat le plus inattendu.

- D'une part la quantité d'eau emmagasinée a toujours été suffisante et ceci s'explique par le mode d'approvisionnement qui schématiquement comporte deux étapes : la première permet l'imprégnation rapide des couches de surface grâce à la forte porosité consécutive au pouvoir de retrait de l'argile ; la seconde devrait conduire

l'eau en excès dans les couches profondes, mais la percolation est très faible en saison du gonflement des colloïdes et du blocage capillaire. En bref, le sol est très perméable au début de la submersion et très imperméable dès qu'il atteint sa capacité de saturation. Ce comportement est extrêmement intéressant pour les cultures de décrue : il permet l'utilisation de terres soumises à de faibles durées de submersion puisque toute la surface exploitable par les racines est imprégnée dès le début ; à l'opposé, il réduit le lessivage et l'appauvrissement des sols dans le cas d'inondation prolongée.

- D'autre part il ne semble pas que les longues durées de submersion aient un effet néfaste. Si l'on pensait autrement jusqu'ici, c'est sans doute que faute d'expérimentation appropriée, il n'était pas possible de dissocier de ce phénomène le rôle particulier de facteurs corrélatifs tels que mauvais drainage local ou retrait tardif des eaux. De bons rendements ont été obtenus avec 120 jours de submersion et il en a été de même dans une petite expérience annexe dont nous parlerons plus loin où la durée de submersion avait été portée à 10 mois.

Par contre, l'expérience a confirmé de façon éclatante l'importance de la date de décrue qui conditionne celle des semis et celle des différentes phases du développement et met la plante sous la dépendance des facteurs du milieu atmosphérique. Pour la campagne 1956-1957, on peut dire qu'au delà du 15 Novembre (date de retrait), les facteurs adverses ont atteint une intensité telle qu'ils ont abaissé le rendement au dessous des limites convenables). D'où l'importance des relations bioclimatiques que nous étudierons en détail au chapitre suivant. Une remarque enfin à propos du premier semis de sorgho : malgré un gardiennage très sérieux, les oiseaux (tourterelles et travailleurs à bec rouge) ont attaqué les grains à l'état laiteux, causant des dégâts importants parce qu'ils exerçaient leurs ravages tous en même temps sur une surface réduite. On a là un facteur qui, dans un essai agit avec une plus grande intensité que dans la nature à cause du changement d'échelle. Nous ne pensons donc pas qu'il faille prendre les chiffres en valeur absolue et considérer que la première date soit en elle même un peu moins favorable que les deux autres.

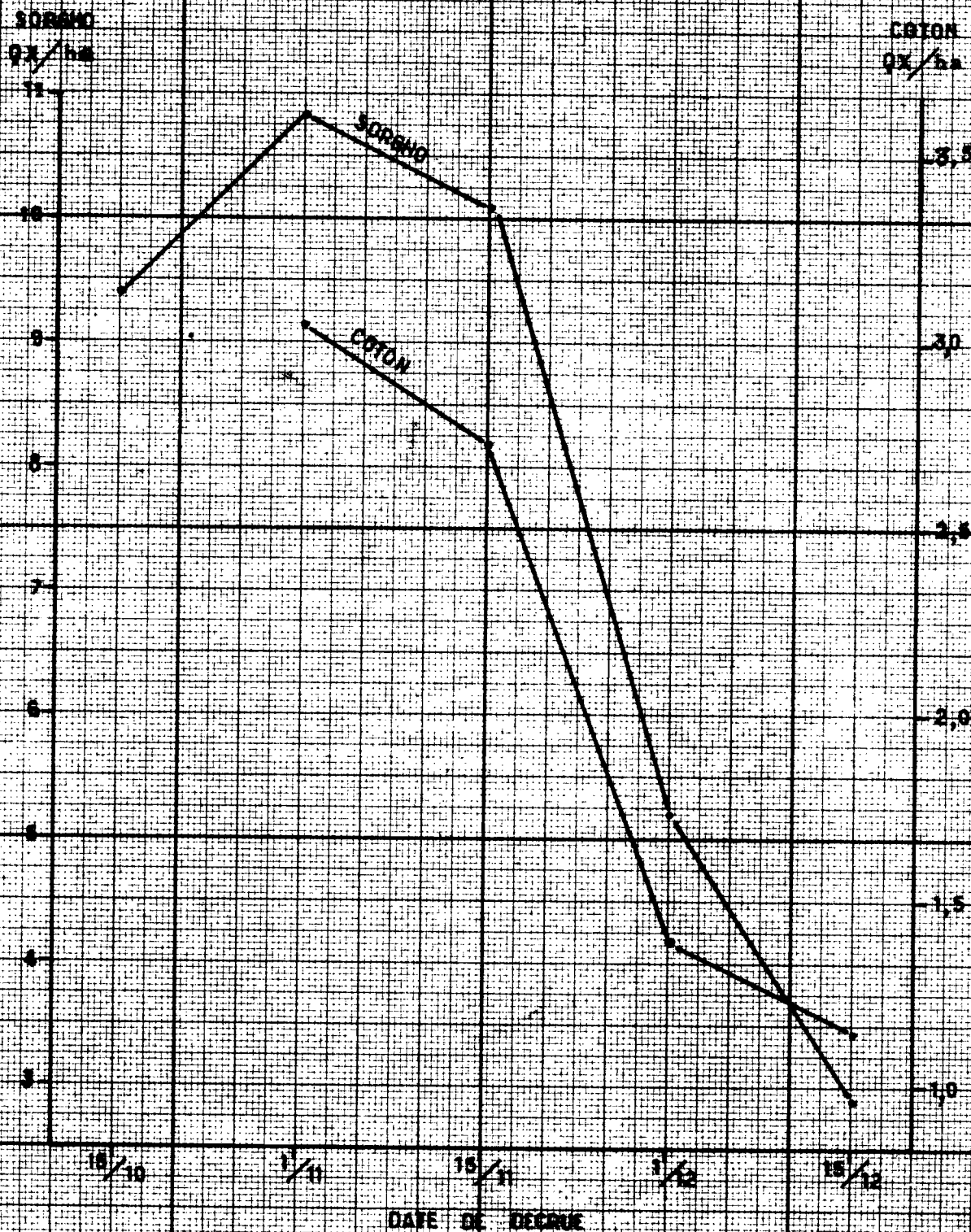
L'étude des variétés n'aboutit pas à des résultats intéressants : ou bien elles donnent des rendements équivalents, ou bien le classement quantitatif est à l'opposé du classement qualitatif (I).

(I) Les grains légèrement cornés à la périphérie sont plus estimés que ceux à cassure entièrement farineuse. Le classement du point de vue gustatif du meilleur au moins apprécié, s'établit ainsi : Fellahs, Sevil, Pourdi, Samba-Souki.

Le cotonnier ne supporte pas la comparaison avec le mil, ce dernier assurant un revenu à l'hectare supérieur (graphique n° 10). Un choix sérieux dans les variétés reste à faire. On ne peut en effet mettre en parallèle des populations de sorgho qui, du fait d'une sélection naturelle ou plus ou moins dirigée, sont parfaitement adaptées au milieu, avec des variétés américaines de cotonniers sélectionnées en fonction de conditions écologiques tout à fait différentes.

10 - VARIATION DES RENDEMENTS EN FONCTION DE LA DATE DE DECRUE SUR HOLLAIDE

(un point donné représente un sarage ou un coton à une même culture de produit : sarage 10⁶ le kg, coton - gramme 20⁶ le kg)



V - LES RELATIONS BIO-CLIMATIQUES

En faisant coïncider les périodes critiques du développement de la plante avec les périodes les plus favorables au point de vue météorologique, on peut améliorer l'adaptation des cultures au milieu. C'est dans cette intention qu'on a effectué des enregistrements phénologiques (date de semis, de floraison, de maturation) et biométriques (courbes de croissance et de floraison) et qu'on les a confrontés avec les relevés climatiques.

Les semis ont été faits 12 jours en moyenne après le retrait des eaux, l'intervalle de variation étant de 7 à 16 jours. Il a paru préférable en effet de semer dans les mêmes conditions d'humidité plutôt qu'à délai fixe. La levée s'effectue 4 à 5 jours après, pour les semis précoces, et 7 à 10 jours pour les semis tardifs (température au sol : 18 - 28° C dans le premier cas et 20 - 33° C dans le second). Le pourcentage de manquants (1) est habituellement faible : 1,7 %, mais devient extraordinairement élevé pour les semis du 8 au 10 Décembre effectués juste avant la pluie (2) : 80 %. Enfin certains sacs de semence de Lightning Express ont subi quelque avarie annulant totalement le pouvoir germinatif (3).

Pour apprécier le taux d'accroissement des végétaux on ne peut, dans une expérience comme celle-ci, effectuer des pesées de la matière sèche formée. Il faut se contenter d'une estimation basée sur la mesure de l'élongation du système végétatif. Les courbes ainsi obtenues pour le sorgho (graphique n° II) à partir de moyennes établies sur au moins 54 individus sont remarquables par leur régularité. Elles se déduisent les unes des autres par translation de l'origine sur l'abscisse (temps) et changement d'échelle en ordonnée (taille). Il n'est donc pas possible de déceler des zéros de végétation et de définir des seuils écologiques.

-
- (1) Il s'agit de poquets et non de plants.
 - (2) Pluies anormales du mois de décembre : 5,2 % le 13, 10,2 % le 14 13 % le 15, 6,3 % le 16 et 2,4 % le 17. Avec la méthode de semis utilisé, l'eau de pluie s'accumule au fond des trous et asphyxie la plante. Les semis ont été refaits dans les parcelles intéressées du 24 au 30 décembre.
 - (3) Cet accident est à l'origine des données manquantes concernant l'essai cotonnier.

Par conséquent :

- ou bien les conditions qui règnent pendant le première partie du développement ont une influence déterminante sur le développement ultérieur ;

- ou bien le facteur ou la résultante des différents facteurs efficaces évolue régulièrement dans le temps, et dans un sens toujours plus défavorable à l'accroissement végétatif.

La réaction du sorgho à l'action du milieu physique se traduit par une certaine variabilité morphologique : les semis précoces donnent des plants élancés, les semis tardifs des plants trapus, à entre noeuds courts et de fort diamètre. Par contre la durée totale du cycle (du semis à la récolte) est à peu près constante et indépendante de la période de végétation. Il semble (I) cependant qu'avec les semis tardifs la phase de développement végétatif s'allonge au détriment de la phase de reproduction. Le tableau suivant résume les observations concernant les phénomènes périodiques pour les "Samés", dont les trois sous-variétés Samba-Souki, Pourdi N'Danéri et Sévil N'Danéri ont un comportement identique.

Nombre de jours	Moyenne	intervalle de variation
du semis à la levée	6	4 à 10
- au début de la floraison	72	53 à 77
- au début de la maturation	105	92 à 111
- à la récolte	128	122 à 135

Les Fellahs ont un cycle un peu plus court (120 jours) avec une maturité plus échelonnée en raison du tallage abondant. Chez cette variété les repousses sont nombreuses après la récolte et certaines portent un épi qui arrive à maturité ; mais le rendement est alors absolument dérisoire.

(I) Les observations phénologiques manquent malheureusement pour les semis postérieurs au 24 Décembre.

Les courbes de croissance des cotonniers (graphique n°12) toujours établies à partir de moyennes sont assez peu satisfaisantes. Il semble que les semis tardifs aient vu leur développement retardé en Janvier, mais que la croissance ultérieure n'en ait pas été affectée, de sorte que la taille moyenne est la même pour toutes les parcelles ; il y a là une différence fondamentale avec le sorgho. D'autre part le développement végétatif est extrêmement variable en des points très voisins ce qui indique une grande sensibilité aux faibles variations des conditions édaphiques. Une bonne aération du sol étant vraisemblablement un facteur essentiel de réussite, on entrevoit une possibilité d'amélioration soit par le choix judicieux des terrains soit par des pratiques culturales appropriées.

La floraison est sérieusement affectée par la date de semis (graphique n°13). Plus ce dernier est précoce et plus est étalée la courbe de floraison. Les semis tardifs fleurissent d'un seul coup et le maximum est voisin de la date limite au moment même où le shedding devient très abondant. Dans tous les cas, la récolte se situe à peu près à la même date au milieu du mois de Mai, de sorte que la durée du cycle n'est pas constante.

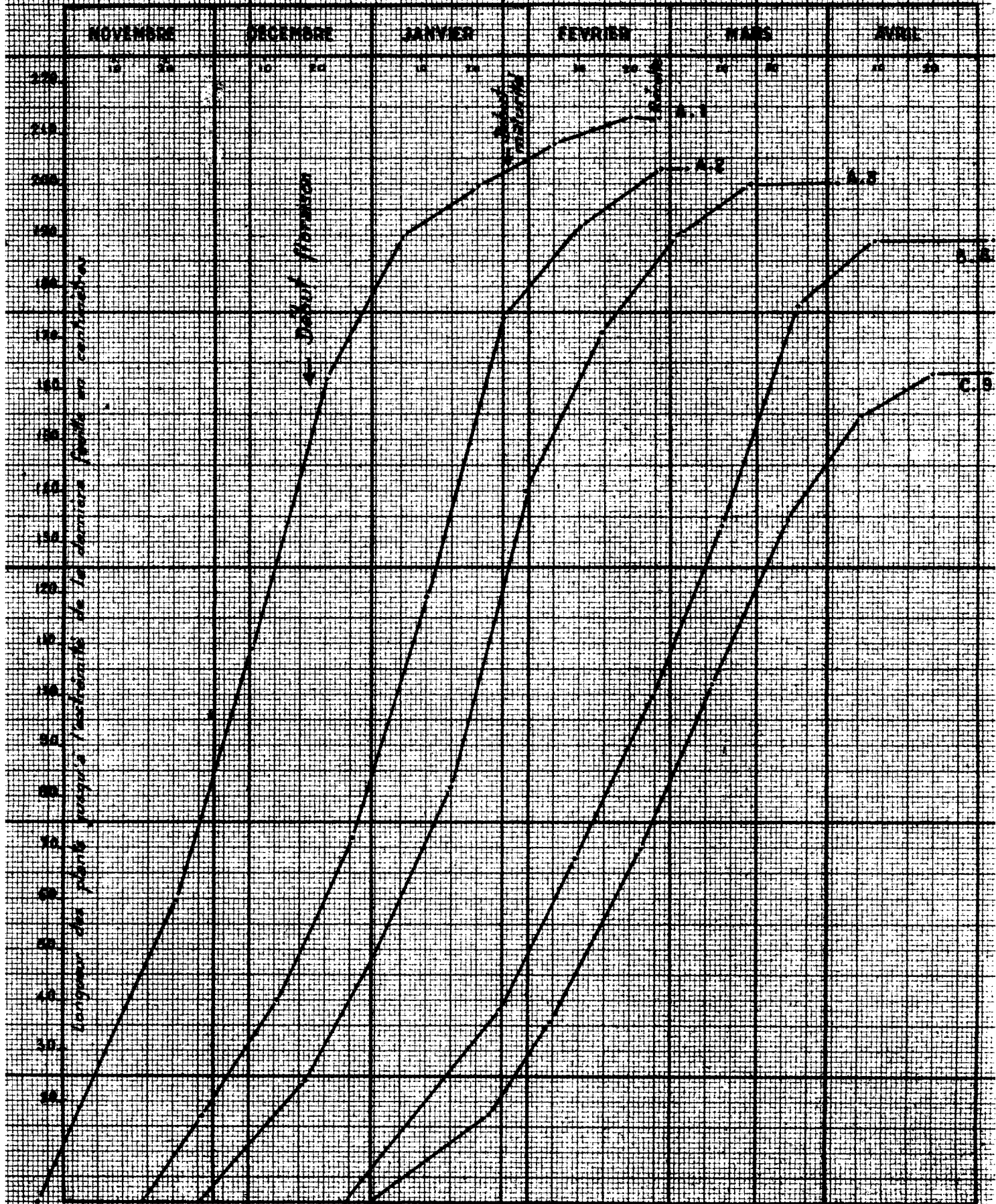
Une seule année d'observations ne permet pas de pousser très loin la confrontation des observations biologiques et météorologiques. Il a été impossible de mettre en évidence des moments où la plante a été particulièrement sensible à certains facteurs et par conséquent de définir les limites critiques des éléments météorologiques. Les températures relativement basses au moment des semis et les chaleurs excessives en Mars Avril (graphique n° 16) paraissent particulièrement néfastes. En 1956-57, le temps plus couvert et plus froid que d'ordinaire en décembre et janvier a eu sans doute un rôle plus important que d'habitude puisque d'une façon générale, la campagne n'a pas été bonne dans la vallée (I) alors que pourtant l'évaporation a été faible par rapport à l'année moyenne (graphiques n° 14 et 15).

Le fait certain est que les cultures de décrue se déroulent à un moment où les facteurs climatiques leur sont contraires. Ceci est confirmé par un petit essai annexe, simple coup de sonde, qui a fourni des résultats allant au delà de toute espérance. On a cherché à savoir ce que pourrait donner sur les mêmes sols (hollaldé) une culture de décrue en saison chaude et humide. Pour reproduire les conditions qui seraient sans doute réalisables au moins pour certaines cuvettes, l'eau d'inondation a été maintenue sur une parcelle pendant toute la durée

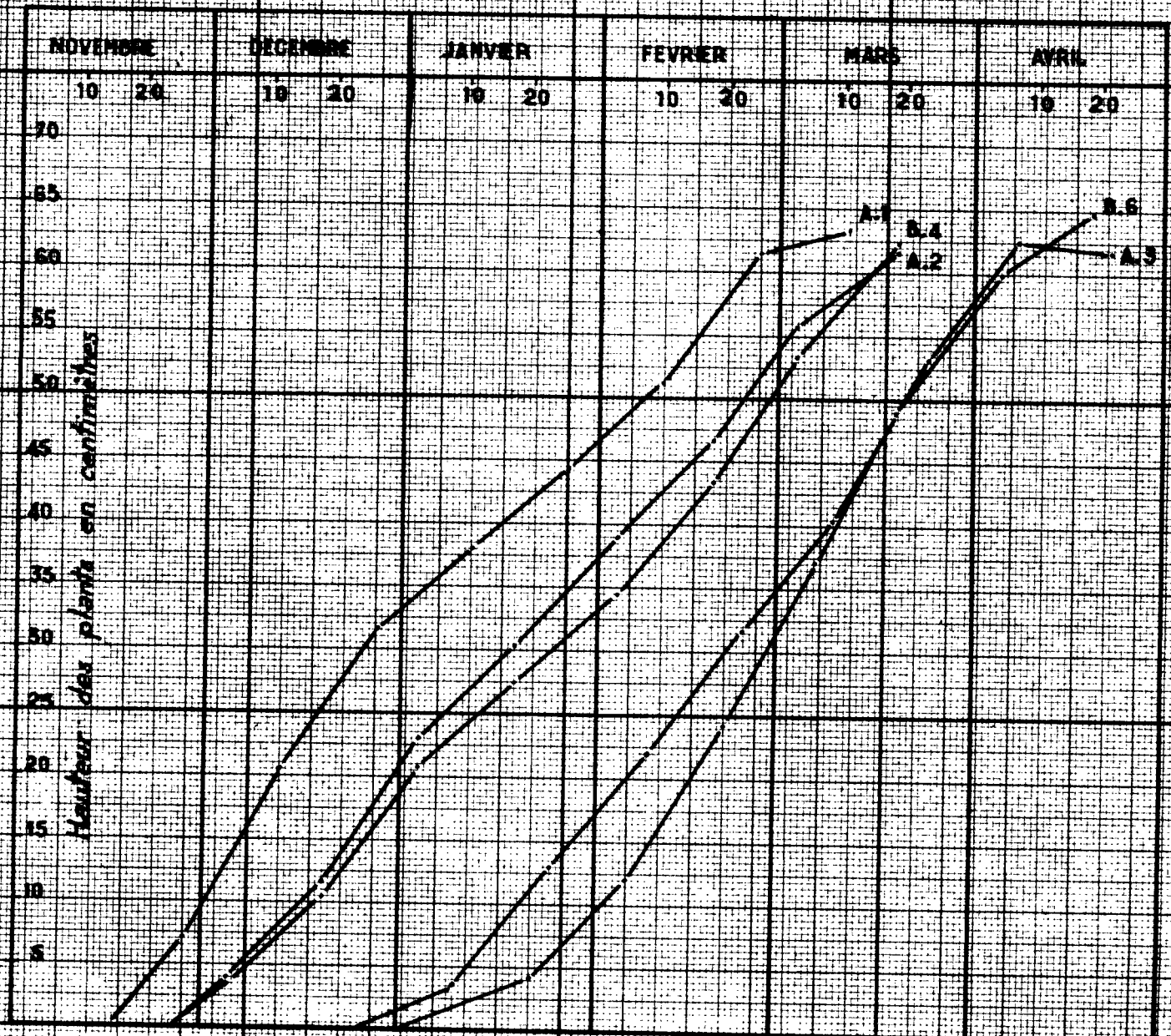
de la saison sèche, puis cette parcelle a été vidangée en Juin et semée suivant la méthode indigène, le maïs qui ne pousse pas normalement sur ces terrains a donné en 60 jours 1500 kg de grains à l'Ha, et le coton 1000 kg de coton graine à la première récolte au début d'Octobre.

En décrue ordinaire, au contraire, les semis s'effectuant dans un sol de plus en plus froid, la reproduction dans une atmosphère de plus en plus chaude, il semble que le froid limite le développement végétatif et la chaleur le développement génératif d'où conjonction de phénomènes adverses, particulièrement sur les derniers semis. Le fait important et regrettable c'est que ce déroulement des facteurs météorologiques soit normal et qu'il agisse dans le même sens, sur le résultat final, pour toutes les espèces et variétés.

II COURBES DE CROISSANCE DU SORGHO

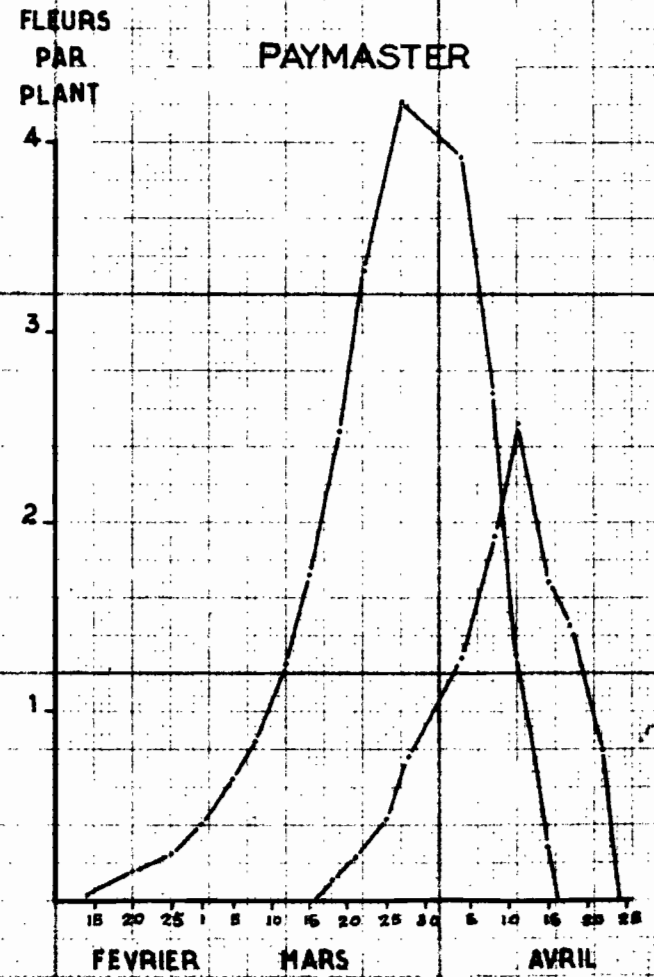
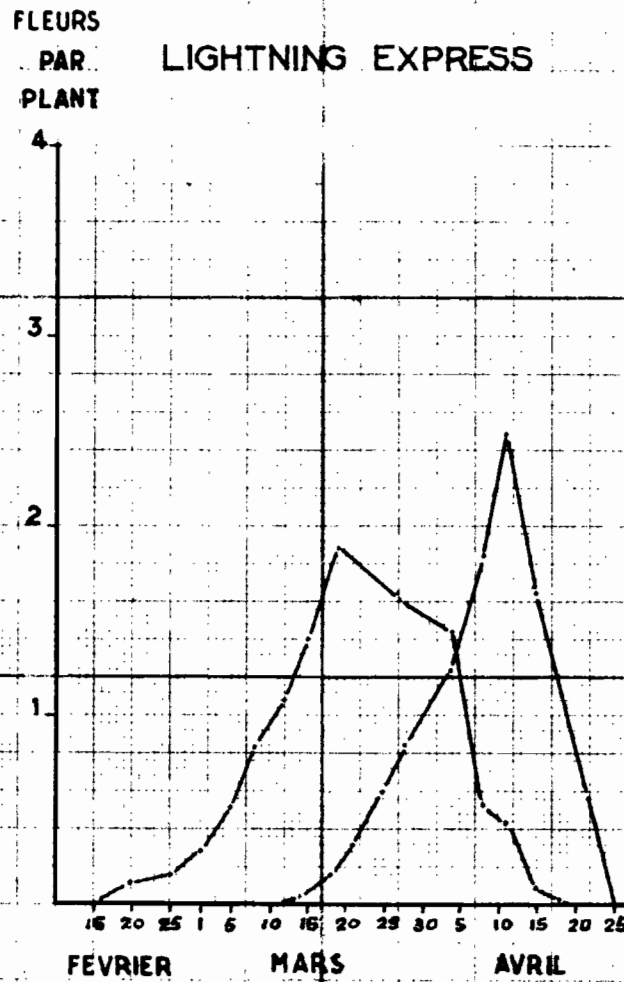
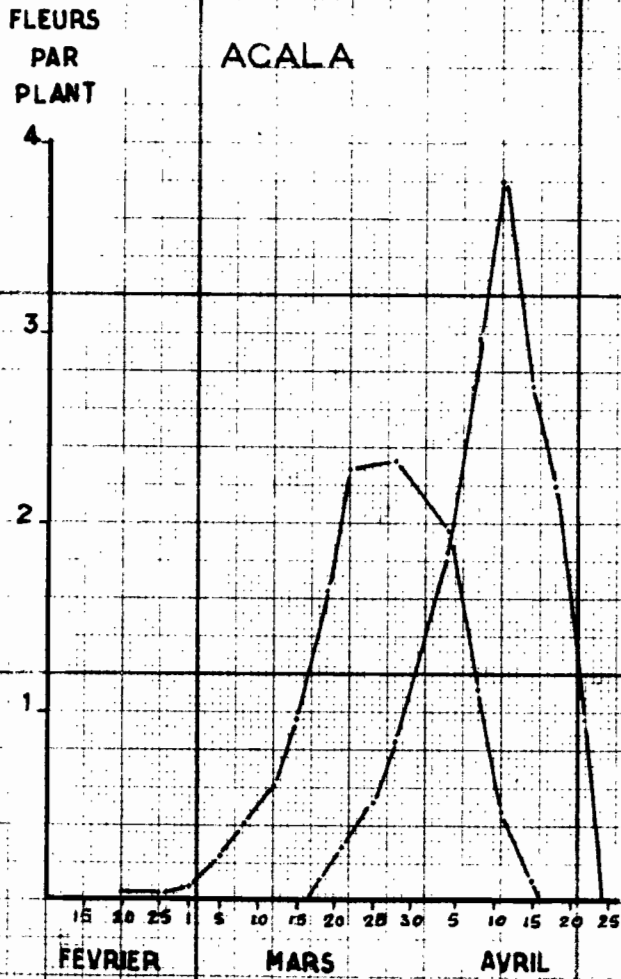


12 COURBES DE CROISSANCE DU COTONNIER



13_ COURBES DE FLORAISON DU COTONNIER

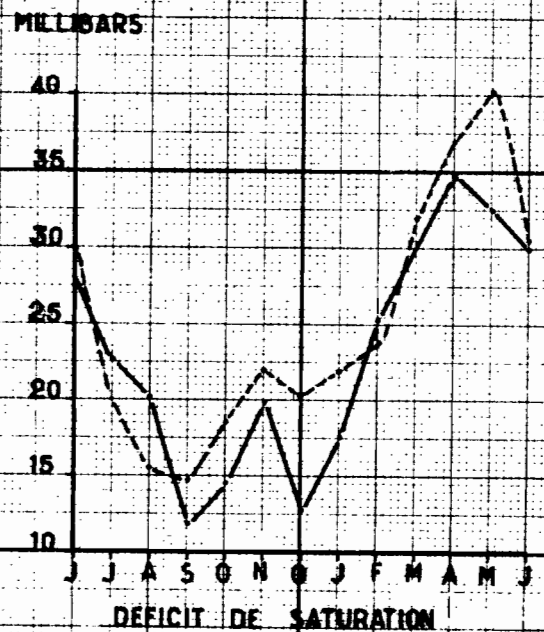
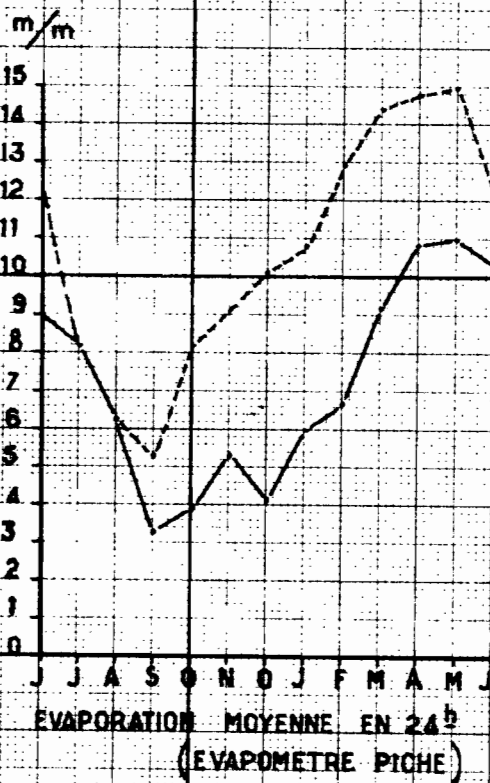
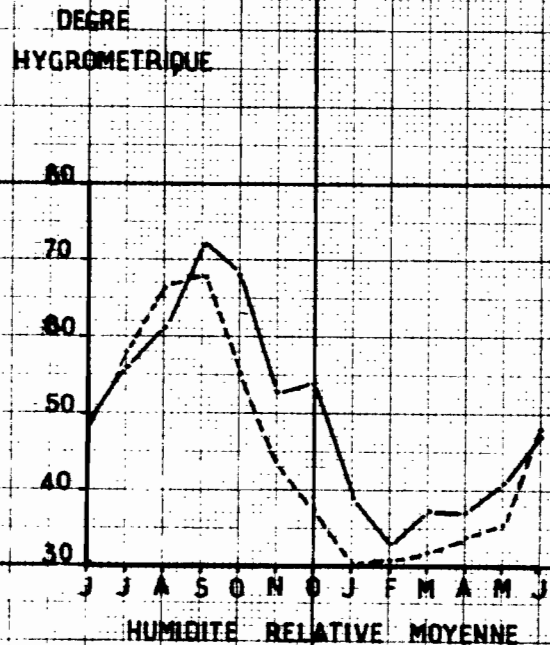
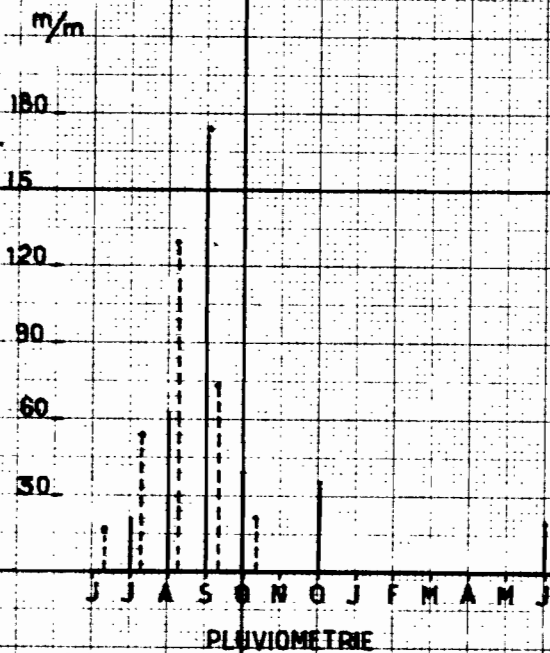
POUR SEMIS PRECOCE 15 -11 -56 ET SEMIS TARDIF 31 -12 - 56



14 COMPARAISON DE L'ANNEE 1956 - 1957 AVEC L'ANNEE MOYENNE

— ANNEE 1956 - 1957
- - - ANNEE MOYENNE

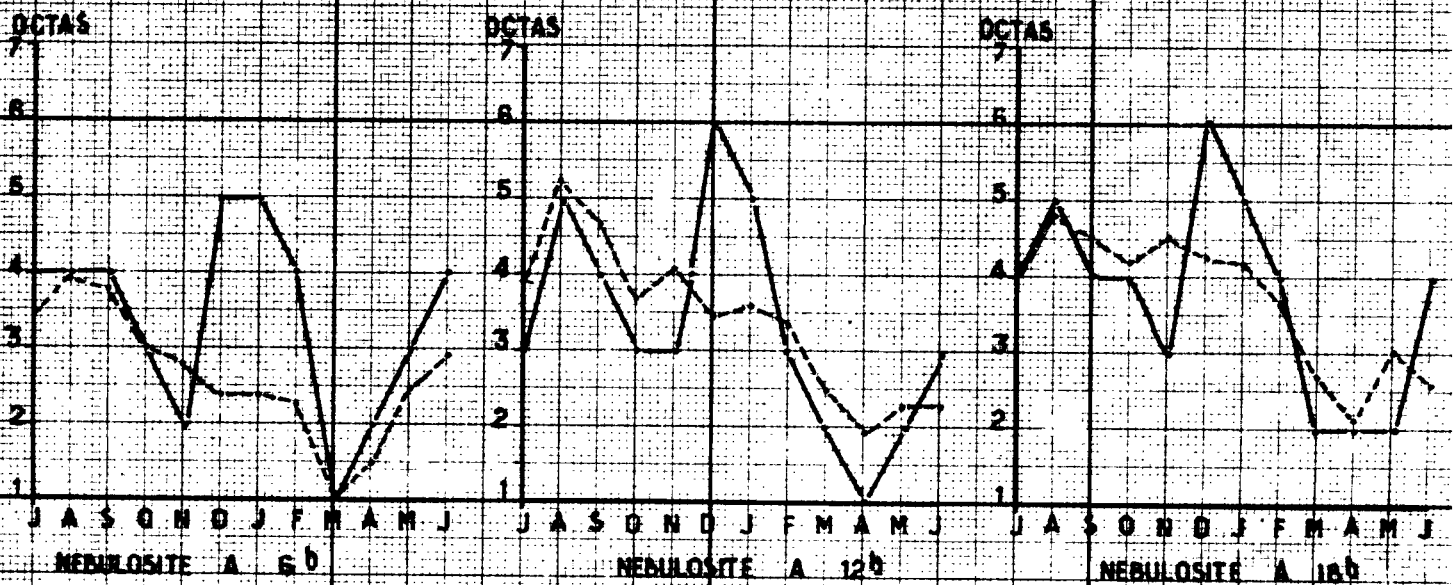
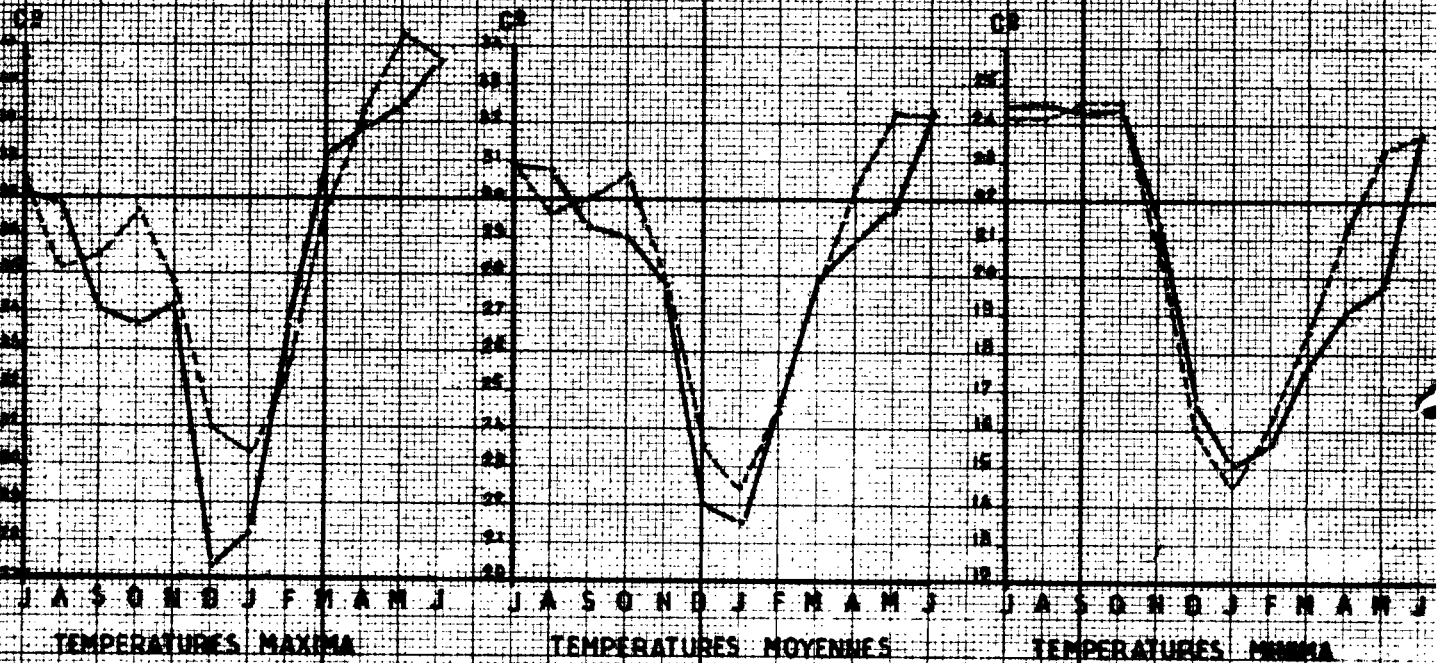
D'APRES LES RELEVES DE LA STATION
METEOROLOGIQUE DE PODOR



15 COMPARAISON DE L'ANNEE 1956-1957 AVEC L'ANNEE MOYENNE

— ANNEE 1956-1957
- - - ANNEE MOYENNE

D'APRES LES RELEVES DE LA STATION
METEOROLOGIQUE DE PODOR



16 - GRAPHIQUE DU TEMPS (ANNEES : 1956 - 1957)

— ETABLI D'APRES LES RELEVES DE LA STATION METEOROLOGIQUE DE PODOR

OCTOBRE

NOVEMBRE

DECEMBRE

JANVIER

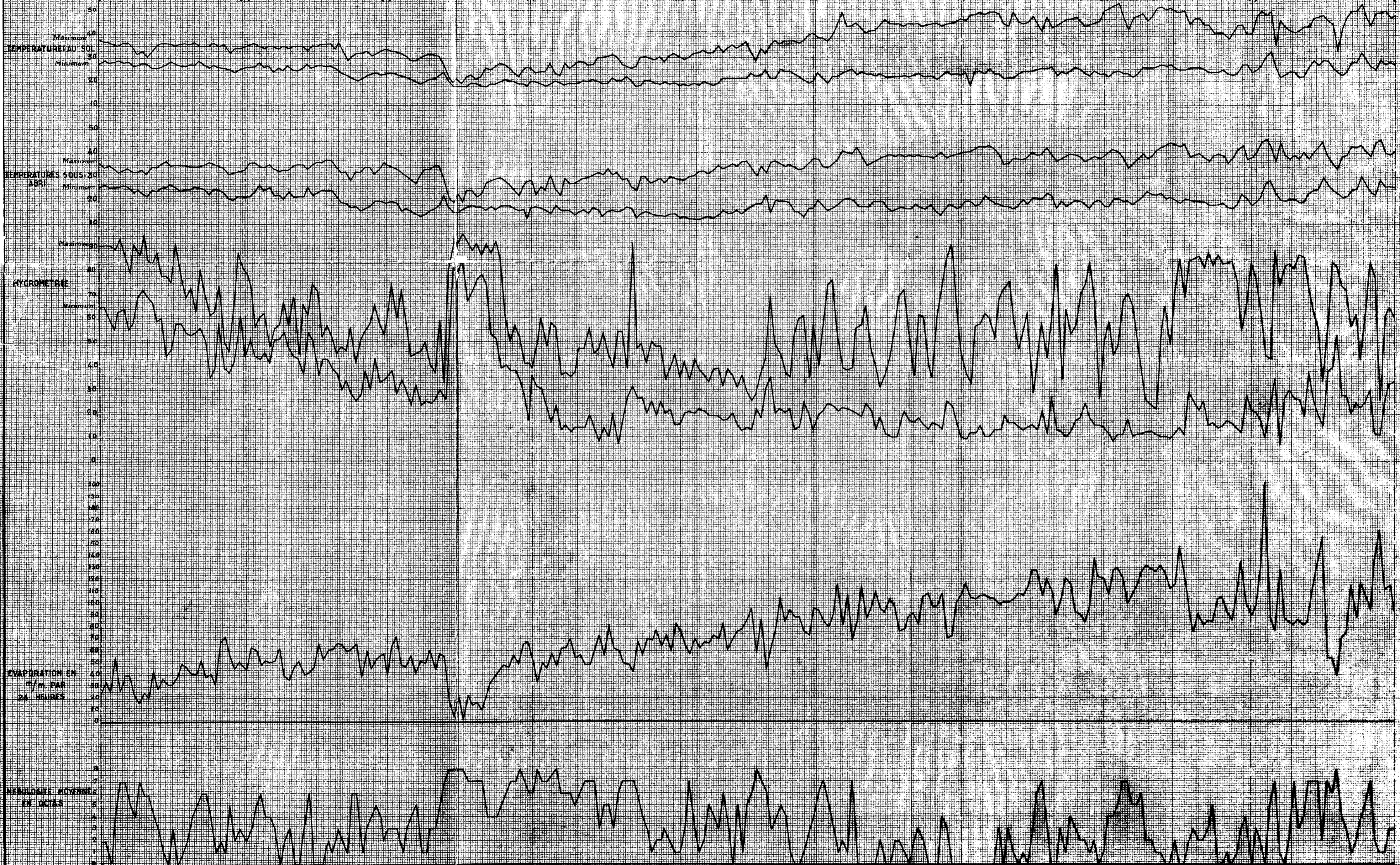
FEVRIER

MARS

AVRIL

MAI

JUIN



VI - LES SOLS - VARIATION DU NIVEAU DE FERTILITE

Aspects sédimentologiques

La basse vallée du Sénégal constitue un bassin de sédimentation qui possède ses caractéristiques propres. La mise en place des sédiments a été commandée par les variations paléoclimatiques et les oscillations glacioeustatiques du niveau marin. Ainsi deux milieux de sédimentation ont pu se relayer : un milieu lagunaire responsable de dépôts à faciès saumâtre, un milieu fluvial quand l'action de la crue était prédominante.

L'apport d'éléments fins en provenance du haut bassin, la proximité d'un stock important de sables éoliens, repris par le fleuve et épandu dans toute sa vallée alluviale, le remaniement des formations lagunaires, expliquent les divers aspects sédimentologiques. Mais l'identification des différents strates des séries alluvionnaires récentes est délicate, car dans une succession rapide de couches de faible épaisseur, il est souvent difficile de trouver un indice sûr (I). Leur étude relève plus de considérations géomorphologiques que de la pétrographie sédimentaire.

A Guédé (2) la succession des couches comporte habituellement de haut en bas :

- sable fin limoneux de débordement ou argile de décantation (0,50 à 3 m.)
- sable moyen siliceux de teinte claire à passées argileuses (1 à 3m)
- argile gris foncé un peu bleuté (la couche débute à une cote voisine de 0, puissance inconnue).

Caractères agrologiques

Les dénominations vernaculaires sont très pratiques pour désigner les grands ensembles. Nous trouvons à Guédé les deux principaux genres de terrain tels qu'ils se présentent dans la basse vallée du Sénégal, à savoir :

-
- (I) Les sels figurés en particulier sont des éléments trop mobiles pour que leur présence ait une signification stratigraphique.
 - (2) Voir en annexe la description de quelques coupes.

- Une longue bande de "fondé" qui résulte d'apports solides importants libérés jadis par les eaux courantes en un système de puissantes levées ; le "fondé" bien caractérisé est un sol battant, brun jaune pâle, à fort pourcentage de sable fin (les valeurs de la médiane se situent entre 20 et 50 microns), sans structure nette, fluide lorsqu'il est humide, durci lorsqu'il est sec, pulvérisent lorsqu'il est travaillé et de ce fait assez sensible à l'érosion éolienne ; on distingue le "fondé ranéré" (= blanc) situé à une cote assez élevée, souvent au dessus du niveau des plus fortes cotes actuelles, et le "fondé balléré" (= noir) plus argileux.

- Une large étendue de terrain "hollaldé", dépôt de décanation dans les cuvettes qui ont constitué des angles morts de la sédimentation fluviale ; c'est un sol argileux (souvent plus de 50 % d'éléments inférieurs à 2 microns) brun rouge, brun gris ou brun noir, qui se fissure profondément et se divise en agrégats très nets.

Evolution pédogénétique

On peut souvent se demander si l'on doit considérer les diverses couches du sol comme les différentes parties d'un même ensemble. Les sols sont en effet complexes car plusieurs processus élémentaires participent ou ont participé à leur formation ; ce sont : l'alluvionnement, l'hydromorphie, le lessivage, la salinisation. Localement, et sur une faible étendue, l'un des processus peut nettement prédominer, mais généralement le profil porte l'empreinte de chacun d'eux.

L'alluvionnement a joué un rôle très important, car beaucoup de propriétés sont conditionnées par la nature du sédiment. Mais en dehors des secteurs affectés par la migration des méandres, son rôle est actuellement très réduit : la charge solide est très faible et les troubles de nature colloïdale forment une suspension stable. Il faut pour qu'ils se déposent en quantité appréciable ou bien une cuvette fermée dépourvue d'écoulement ou bien une végétation herbacée dense qui filtre le courant et augmente la surface de dépôt (I).

(I) Ces conclusions ont été suggérées par diverses observations et expériences de laboratoire. Elles sont confirmées par le dépouillement sommaire des mesures de débit solide effectuées depuis plusieurs années par la subdivision du fleuve de la M.A.S. Il semble en effet d'après ces résultats qu'il sort plus de matériaux de la vallée alluviale qu'il n'en entre.

L'hydromorphie est liée au régime de crue du Sénégal et à l'inondation du lit majeur. L'engorgement est donc temporaire et affecte principalement la partie supérieure du profil. La nappe phréatique à Guédé est relativement profonde (6 mètres) et ne s'élève que de 60 % du fait de la crue. On peut donc schématiquement distinguer :

- 1/ - une zone superficielle d'engorgement - assèchement
- 2/ - une zone intermédiaire de diffusion - aération
- 3/ - une zone profonde de saturation permanente.

L'engorgement temporaire se traduit de deux façons :

- en sol léger par la ségrégation du fer en plages ocre(I) ou en petites concrétions ferromanganésiques ; en effet dans ces sols, les suspensions colloïdales de l'oxyde de fer peuvent se déplacer librement avec l'eau de gravité et se déposer en des points privilégiés sans être énergiquement retenues par l'eau pelliculaire qui entoure les particules élémentaires ;

- en sol argileux (2) par l'apparition d'une structure très grossière indubitablement liée au séjour prolongé de l'eau sur les terres.

Lessivage et salinisation sont deux processus qui au premier abord paraissent devoir s'exclure. Ils peuvent cependant co-exister soit parce qu'ils intéressent une portion différente du profil soit parce qu'ils ne s'exercent pas sur les mêmes éléments translocables : ainsi l'argile migre en profondeur où elle s'accumule ne pouvant remonter, tandis que les sels solubles peuvent se déplacer dans un sens puis dans l'autre au cours du cycle annuel d'humidification et de dessèchement. Ni l'un, ni l'autre des processus n'est actuellement très intense. Mais ils se manifestent :

-
- (1) La couleur brun jaune des sols "fondé" résulte le plus souvent d'un mélange de brun, de gris et d'ocre ; c'est donc un horizon marbré mais à contraste faible.
 - (2) Les terrains argileux cultivés en décrue ont habituellement une couleur homogène de nuance chaude. Seuls les fonds de cuvettes mal drainés, où le milieu reste asphyxiant pendant une longue période de l'année ont un sol bigarré. Ils ne sont d'ailleurs pas cultivés.

- par la présence d'un horizon induré et compact souvent visible sur terrain "fondé"

- par une teneur en sels solubles appréciable et l'existence d'un horizon gypseux situé à Guédé entre 90 et 200 % de profondeur sur "fondé" et 45 à 175 % sur "hollaldé".

La présence de sels figurés pose toujours un problème difficile à résoudre ; c'est une présomption en faveur d'un milieu lagunaire sursalé, mais le résidu d'évaporation peut être d'origine continentale ou marine, contemporain ou postérieur à la mise en place des éléments clastiques ; nous pensons qu'il est lié aux transgressions marines du quaternaire et mis en place par action de nappe phréatique. En effet si le gypse était d'origine continentale, on comprendrait mal qu'il soit abondant dans la portion inférieure de la vallée et inexistant dans la région de Matam et Kaédi, Par ailleurs, des considérations d'ordre géomorphologique ont fixé à la cote 5 le maximum de la transgression ouljienne (I) ; donc si le gypse se trouve au dessus de cette cote, on peut être assuré que l'accumulation saline est postérieure au dépôt des sédiments principaux. Malheureusement à Guédé, le sommet de l'horizon gypseux correspond justement à cette cote limite et la démonstration se trouve en défaut. Toutefois si l'on admettait l'origine géologique du gypse, il faudrait aussi admettre que la sédimentation fluviatile n'a remblayé au cours d'une période de 150.000 ans que de 50 % les cuvettes et 1 mètre les levées, ce qui est peu probable.

Propriétés physiques et chimiques

Le "hollaldé" qui résulte d'une sédimentation en eau calme est un sol lourd et assez homogène. A Guédé, sur les premiers 75 centimètres les caractéristiques granulométriques sont les suivantes :

Granulométrie du "hollaldé"

	Valeurs moyennes	Valeurs extrêmes
argile < 2 microns	50 %	45 à 60 %
limon 2 à 20 microns	13 %	10 à 17 %
sable fin 20 à 200 mic.	34 %	25 à 40 %
sable grossier 0,2 à 2 mm	2 %	0,5 à 3,5 %

Ensuite la texture est variable : tantôt plus argileuse (parcelle 80 : 64 % d'argile) tantôt beaucoup plus sableuse (parcelle 10 : 72 % de sable et 8 % d'argile).

La structure est meuble en surface et du type stratifié : squameuse, en plaquette ou en brique. En profondeur elle devient très grossière, irrégulière, cohérente, puis fondue et à très grande cohésion.

La granulométrie du "fondé" est beaucoup plus variable et on observe des changements rapides sur de courtes distances tant sur le plan horizontal qu'en coupe. La composition moyenne est la suivante :

Granulométrie du "Fondé"

	"Fondé ranéré"	"Fondé balléré"
Argile	29 %	43 %
Limon	5 %	10 %
Sable fin	54 %	45 %
Sable grossier	2 %	0,5 %

La surface est moyennement agrégée cohérente, à éléments structuraux du type cubique ou prismatique. En profondeur, la structure devient ou amorphe fondue ou prismatique cohérente.

Au cours de la dessiccation, le "hollaldé" est soumis au retrait tandis que le "fondé" l'est peu ou pas. L'intensité du phénomène est parfaitement définie par le rapport du volume des vides au volume total. Pratiquement, et pour faire des mesures comparatives il suffit d'établir le rapport linéaire : largeur des fentes / unité de longueur (I). Ceci définit un coefficient de retrait qui est en moyenne de 0,84 % pour le "fondé" et 8,12 pour le "hollaldé".

- (I) Si l'on assimile le volume de terre à des troncs de pyramides à base jointive, le calcul montre que le rapport linéaire est égal au rapport de volume à condition que la profondeur des fentes de dessiccation soit constante et indépendante de leur largeur.

Les caractéristiques minéralogiques des argiles (1) étant à peu près les mêmes dans les deux cas, la différence est d'abord liée à la teneur en colloïdes minéraux. De plus, des mesures effectuées par couples (2) sur des parcelles contigües à durées de submersion différentes ont montré que le coefficient de retrait qui est à peu près nul sur un sol non soumis à l'engorgement, est d'autant plus élevé que la durée de l'inondation est plus longue, jusqu'à un palier atteint pour une durée de submersion de l'ordre de deux mois.

Les propriétés particulières aux sols inondés conduisent donc à distinguer et à mesurer séparément deux types de porosité (3) :

- une porosité grossière ou volume des vides entre les assemblages terreux dont le coefficient de retrait précédemment défini est une estimation ;

- une porosité fine ou porosité mottière qui se rapporte au volume des vides à l'intérieur des unités structurales du sol. Elle peut être déterminée par calcul (4) à partir de la densité réelle et de la densité apparente, cette dernière étant obtenue par introduction d'une motte de terre préalablement enrobée de paraffine dans un volumètre à eau.

(1) Caractéristiques minéralogiques des argiles pour deux échantillons de la vallée :

Fondé : kaolinite 50 % environ
hydromica avec montmorillonite interstratifiée
quartz

Hollandé : kaolinite 46 % environ
hydromica avec montmorillonite interstratifiée
goethite : environ 10 %

(2) pour garantir l'homogénéité de texture

(3) Les termes de macroporosité et de microporosité ne sont pas repris à dessein : généralement utilisés pour les sols cultivés des zones tempérées, ils ne désignent pas exactement les mêmes caractéristiques, qui trouvent d'ailleurs leur origine dans des processus tout à fait différents.

(4) Par définition, la porosité n est le rapport du volume des vides au volume total :

$$n = \frac{V_t - V_s}{V_t} \times 100 \quad \left\{ \begin{array}{l} V_t = \text{Volume total} \\ V_s = \text{Volume de la partie solide} \end{array} \right.$$

$$\text{Comme } V_t = \frac{P}{d} \text{ et } V_s = \frac{P}{D} \quad \left\{ \begin{array}{l} P = \text{poids de terre} \\ d = \text{densité apparente} \\ D = \text{densité réelle} \end{array} \right.$$

$$\text{Il vient : } n = \frac{D - d}{D} \times 100$$

Les déterminations effectuées jusqu'ici mettent en lumière :

- La porosité très faible du sol sec : 34,5 % pour le hollaldé, 38 % pour le fondé (différence statistiquement significative au seuil de probabilité 0,05).
- Un désaccord apparent entre les valeurs de porosité du sol sec et les valeurs de capacité de rétention au champ, lequel peut s'expliquer par le foisonnement consécutif à l'humidification qui entraîne un accroissement de la porosité ;
- Un balancement compensé entre les deux types d'espaces lacunaires ; l'augmentation des vides de retrait s'effectuant en partie au détriment de la porosité mottière.

En résumé, les cycles passés d'humidification et de dessiccation ont une influence capitale sur la structure. Il convient donc de suivre attentivement les variations de porosité au cours de l'année en raison de son incidence sur le régime de l'eau et la nutrition des plantes.

La réaction du sol revêt d'ordinaire un intérêt particulier dans les études et les classifications, en partie à cause de son influence directe sur les plantes, mais surtout en raison des autres propriétés du sol qui lui sont liées et qui sont moins facilement déterminables. Les valeurs du pH obtenues au laboratoire pour les sols de Guédé sont des plus variables et l'interprétation en est très délicate. Il ne reflète en rien l'état de saturation du sol, mais il paraît influencé de manière décisive par l'action des sels. Il est de plus vraisemblable, que les phénomènes consécutifs aux différences d'aération (changement de valence de certains ions) entraînent de profondes modifications. Une étude en cours permettra sans doute de préciser ce dernier point.

Les valeurs moyennes obtenues sont les suivantes :

"hollaldé"	: pH	= 5,8
"fondé balléré"	: pH	= 6,2
"fondé ranéré"	: pH	= 7,3

La capacité d'échange de bases est en moyenne pour 100 g			
de sol :	de 25,9 meq pour le hollaldé	soit 59 meq pour 100 g d'argi-	
le	- 20,5	"fondé bas"	47
	12,6	"fondé haut"	43

La participation du limon au pouvoir d'échange n'est pas négligeable (cf parcelle n°55 échantillons de 75 à 120 et de 150 à 200), celle de la matière organique est très faible en raison des teneurs extrêmement basses en cet élément.

La répartition des cations dans le complexe absorbant attire particulièrement l'attention. On sait que dans un sol normal le taux de calcium est de 60 à 85 %, celui de magnésium de 10 à 25 %, ceux de potassium et de sodium de 1 à 10 %, Dans les sols de Guédé les chiffres moyens sont les suivants :

Répartition des cations dans le complexe absorbant

	Ca	Mg	K	Na	H
"Hollaldé"	41 %	39 %	1,3 %	7 %	11 %
"Fondé balléré"	28 %	41 %	1,2 %	21 %	8 %
"Fondé ranéré"	38 %	44 %	1,4 %	12 %	4,6 %

On note donc un déséquilibre très net : déficit de calcium et excès de magnésium, parfois de sodium. Ceci n'est pas particulier aux sols de Guédé mais peut être étendu à tous les sols de la basse vallée. En effet, la composition moyenne (I) du complexe absorbant est pour le Chemama : Ca = 42 %, Mg = 36 %, K = 2,5 %, Na = 10 %, H = 9 %.

C'est peut être à l'excès de magnésium qu'on doit une minéralisation rapide de la matière organique qui maintient le taux de cette dernière à des valeurs très basses.

(I) Etablie à partir de 49 analyses de sols.

Le tableau suivant permet d'apprécier les réserves en éléments nutritifs (bases exprimées en milliéquivalents pour 100 g de sol) :

	Milliéquivalent pour 100g :	Ca	Mg	K	Na
"Hollaldé"	Bases totales (I)	17,3	24,5	4,4	3,8
	Bases échangeables	13,0	12,3	0,4	2,3
	<u>Réserve en éléments</u> (2) = fraction assimilable	1,33	2,0	11,00	1,65
"Fondé balléré"	Bases totales	10,4	16,9	3,5	8,7
	Bases échangeables	6,8	9,9	0,28	5,2
	<u>Réserve en éléments</u> = fraction assimilable	1,52	1,7	12,5	1,67
"Fondé ranéré"	Bases totales	7,4	15,6	3,5	3,9
	Bases échangeables	4,9	5,7	0,18	1,5
	<u>Réserve en éléments</u> = fraction assimilable	1,51	2,7	19,4	2,6

En valeur absolue, les quantités peuvent être considérées comme suffisantes. En valeur relative, la loi du minimum peut jouer du fait de la carence en calcium ; on sait en effet que cet élément peut être actif s'il représente 39 à 59 % de la capacité d'échange pour la kaolinite, mais qu'avec la montmorillonite le taux doit dépasser 70 à 80 % (3). Rappelons que l'argile de nos sols est constituée pour moitié de kaolinite et pour moitié d'hydromicas avec montmorillonite interstratifiée.

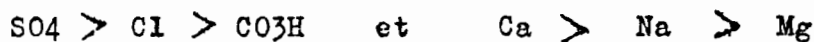
-
- (1) Au sens agronomique, c'est à dire solubles dans l'acide nitrique concentré à chaud.
- (2) Les bases totales sont considérées comme réserve en éléments, les bases échangeables comme la fraction assimilable.
- (3) D'après MARSHALL rapporté par C.E. MILLAR dans "Soil fertility" - John Wiley and Sons - éditeurs.

Les rapports bases totales/bases échangeables sont bas ce qui indique que les réserves ultimes sont faibles. Le fait est fréquent dans les sols tropicaux en raison du haut degré d'altération des minéraux primaires.

Enfin les sols sont extrêmement pauvres en azote, acide phosphorique total et matière organique, les valeurs moyennes étant :

	N %	P ² O ⁵ %	Mat.org. %
Hollaldé	0,059	0,037	0,68
Fondé balléré	0,049	0,027	0,40
Fondé ranéré	0,034	0,028	0,24

La composition de la solution extraite du sol fait apparaître en général la répartition suivante des ions :



On notera que la répartition des cations n'est pas du tout la même que dans le complexe absorbant où l'on a : $\text{Mg} > \text{Ca} > \text{Na}$.

Il faut donc admettre l'absorption préférentielle du Mg par les complexes responsables de l'échange d'ions.

La solution saline est toutefois loin d'avoir une composition constante ainsi que le montre les tableaux établis pourtant à partir de moyennes:

.../...

Composition moyenne des solutions du sol en mg pour 100g de sol

	Anions				Cations			Somme des anions
	Cl	CO ₃	CO ₃ H	SO ₄	Ca	Mg	Na	
Hollaldé								
de 0 à 75 %	0,94	0	1,99	0,97	1,21	1,15	1,48	3,90
75 à 200	1,42	0	0,94	12,72	7,24	4,22	4,20	15,08
0 à 200	1,18	0	1,46	6,85	4,23	2,49	2,54	9,49
Fondé balléré								
de 0 à 75 %	1,89	0	1,34	1,17	1,21	0,81	2,40	4,40
75 à 200	7,06	0	0,91	10,73	6,67	2,92	8,94	18,70
0 à 200	4,48	0	1,12	5,95	3,94	1,86	5,67	11,55
Fondé ranéré								
de 0 à 75 %	0,94	0	0,86	1,22	1,40	0,19	1,42	3,02
75 à 200	1,81	0	0,87	3,24	1,69	0,99	3,26	5,92
0 à 200	1,38	0	0,86	2,23	1,54	0,59	2,34	4,47

Les sulfates sont plus abondants en profondeur (zone d'accumulation saline) qu'en surface, ce qui est en accord avec les expériences de Polynov et Bystrov (1) qui ont trouvé que Cl montait plus haut que SO₄ dans une colonne de terre ou de sable.

(1) Rapporté par J. S. Joffe dans Pedology.

Composition moyenne des solutions du sol en % de la
somme des anions ou des cations

	Anions				Cations		
	Cl	CO ₃	CO ₃ H	SO ₄	Ca	Mg	Na
Hollaldé							
de 0 à 75 %	24	0	51	25	31	30	39
75 à 200	9	0	6	84	46	27	27
0 à 200	12	0	15	72	45	28	27
Fondé balléré							
de 0 à 75 %	43	0	30	26	27	18	54
75 à 200	38	0	5	57	36	16	48
0 à 200	39	0	10	51	34	16	49
Fondé ranéré							
de 0 à 75 %	31	0	28	41	47	6	47
75 à 200	30	0	15	55	28	17	55
0 à 200	31	0	19	50	34	13	52

Remarquons enfin l'analogie de ces sols avec les solonchaks internes du type sulfate chlorure.

Dans, d'un point de vue très général, les sols étudiés paraissent médiocres ; leur réputation de fertilité n'a pu s'acquérir que grâce au contraste des terres quasi désertiques qui les environnent, tandis que seule une sous exploitation réelle doit permettre le maintien d'une productivité constante.

Essai d'estimation du niveau de fertilité

L'expérience n'a pas été conçue pour tester la valeur intrinsèque du sol. Une tentative peut cependant être faite dans ce sens, en supposant, ce qui n'est pas rigoureusement exact, que les différences de rendement constatées entre les unités endiguées ayant subi le même traitement sont attribuables au comportement du sol (1). Pour éliminer l'action propre aux divers traitements, nous estimons le niveau de fertilité en pour cent du rendement par rapport aux moyennes partielles afférentes à chaque traitement (2).

Les résultats sont donnés dans les tableaux suivants et reportés sur les plans n°s I7 et I9 :

Essai cotonnier sur hollaldé :

parcelle n°	I = I99	parcelle n°	3I = 94	parcelle n°	6I = 58
	2 = I7I		32 = 9I		62 = 80
	3 = I40		33 = IO9		63 = 57
	4 = I47		34 = 78		64 = 7I
	5 = I88		35 = IO3		65 = 49
	6 = 94		36 = 92		66 = 7I
	I6 = I55		46 = II2		76 = 82
	I7 = I2I		47 = II2		77 = 67
	I8 = II7		48 = 92		78 = 62
	I9 = II6		49 = 7I		79 = 45
	20 = II4		50 = 72		80 = 88
	2I = I28		5I = 98		8I = 5I

-
- (1) Il est quelque peu illusoire de vouloir tirer d'une seule année culturale des conclusions relatives à la distribution de fertilité. En effet, les causes qui déterminent les écarts entre les rendements d'un même traitement sont nombreuses : en plus de la variation du niveau de fertilité, citons les irrégularités inhérentes aux plantes et aux conditions culturales, les erreurs accidentelles de mesure, etc...
- (2) Le procédé implique de plus que l'on tient pour négligeable l'interaction sol x traitement.

Essai sorgho sur hollaldé

parcelle n° 7 = 42	parcelle n° 37 = 127	parcelle n° 67 = 81
8 = 68	38 = 95	68 = 110
9 = 25	39 = 106	69 = 126
10 = 74	40 = 102	70 = 114
11 = 82	41 = 99	71 = 136
12 = 17	42 = 150	72 = 112
13 = 78	43 = 98	73 = 130
14 = 67	44 = 128	74 = 97
15 = 81	45 = 109	75 = 92
22 = 101	52 = 137	82 = 97
23 = 103	53 = 118	83 = 162
24 = 84	54 = 114	84 = 62
25 = 97	55 = 103	85 = 132
26 = 116	56 = 120	86 = 101
27 = 98	57 = 48	87 = 102
28 = 131	58 = 71	88 = 100
29 = 114	59 = 108	89 = 64
30 = 142	60 = 86	90 = 130

Essai sorgho sur fondé

parcelle 101 = 83	parcelle 109 = 36	parcelle 117 = 87
102 = 110	110 = 61	118 = 61
103 = 126	111 = 108	119 = 81
104 = 52	112 = 112	120 = 59
105 = 108	113 = 104	121 = 100
106 = 131	114 = 125	122 = 119
107 = 125	115 = 140	123 = 142
108 = 126	116 = 118	124 = 81

Il est possible à partir de ces données d'effectuer un certain nombre de comparaisons :

1) - Justification du mode d'agencement des parcelles
constituant un bloc -

Dans la méthode des blocs, il n'est pas indispensable que ces derniers soient identiques au point de vue fertilité, puisqu'il est possible de calculer la variance bloc et de l'exclure de l'erreur expérimentale. Mais il importe par contre pour la précision de l'expérience, que chaque bloc soit aussi homogène que possible sur toute son étendue. Dans ce but nous avons disposé les parcelles de

façon à allonger les blocs perpendiculairement au sens de la pente qui est le sens présumé de la plus grande variation de fertilité. Sur le terrain "hollaldé" retenu, la déclivité n'est pas très nette, et l'on est en droit de se demander s'il n'eut pas été préférable de donner aux blocs une forme aussi voisine que possible de celle d'un carré. Il suffit pour en juger de calculer l'erreur expérimentale qui affecte les résultats dans les deux modes d'agencement (I).

Les résultats obtenus, résumés dans le tableau suivant montrent que la disposition qui a été choisie est la meilleure :

Erreur expérimentale affectant les divers modes d'agencement des parcelles en blocs

Essai	Disposition des parcelles	Coefficient de variation
Sorgho	1 rang de 9 parcelles, perpendiculaire à la pente	23,8
	3 rangs de 3 parcelles (bloc peu différent d'un carré)	29,3
Coton	1 rang de 6 parcelles, perpendiculaire à la pente	19,8
	2 rangs de 3 parcelles, perpendiculaires à la pente	20,2
	2 rangs de 3 parcelles, parallèles à la pente	28,7

(I) Voir les calculs en annexe

2) - Exigences édaphiques du cotonnier et du sorgho -

En examinant le plan n° I7 qui permet d'étudier la variation du niveau de fertilité dans les parcelles, on voit que les rendements en coton sont plus élevés dans la partie haute du champ d'expérience et décroissent régulièrement en allant vers la partie basse. Pour le sorgho, c'est presque l'inverse qui se produit bien que les résultats soient dans ce cas beaucoup moins nets. Nous ne voyons pas actuellement les raisons profondes de cet état de fait. S'il est confirmé par les expériences ultérieures, il présente un intérêt pratique considérable, car des exigences édaphiques en partie opposées offrent la possibilité d'accroître la production par une meilleure utilisation des terrains de culture. De plus, il permet d'envisager avec plus de chances de succès l'introduction du cotonnier sur les terres hautes, puisque dans ce cas, la comparaison du revenu à l'unité de surface est en faveur de cette production (graphique n° I8)

3) - Relation entre la teneur en argile et le rendement en sorgho -

En fonction des rendements obtenus cette année pour le sorgho, il est possible de dresser l'échelle de fertilité suivante :

genre de terrain	Rendement en grain
"Fondé ranéré"	640 kg/Ha
"Fondé balléré"	970 kg/Ha
"Hollaldé"	1080 kg/Ha

Il vient donc tout de suite à l'idée d'étudier plus en détail la relation : taux d'argile - rendement. On se rend compte alors, qu'au dessous d'un taux, peut être optimum, voisin de 40 %, le rendement est d'autant plus bas que la teneur en argile est plus faible (graphique n° 20). Dans l'intervalle de variation 9 % à 40 % d'argile la relation qui lie les deux éléments peut être représentée par une ligne de régression rectilinéaire d'équation :

$$Y = 135 + 21,8 x$$

Y = Rendement en Kg/ha (I)
x = Taux d'argile en %

Le coefficient de corrélation est 0,96 et la régression est hautement significative (2).

4) - Autres confrontations -

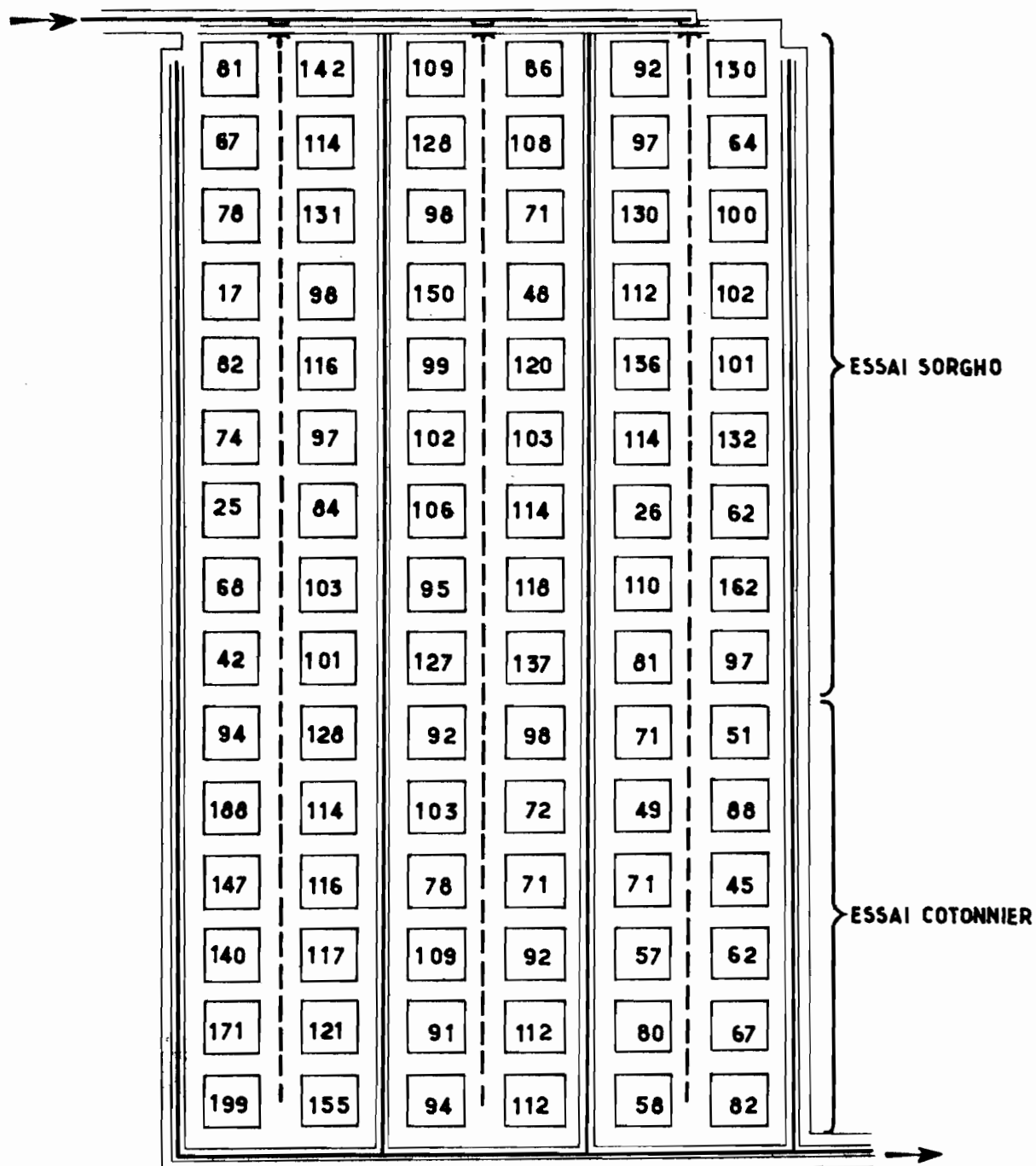
Il n'est guère possible pour l'instant de pousser plus loin l'analyse des facteurs qui déterminent le comportement spécial du sol vis à vis des plantes de culture, soit que l'amplitude de variation de la composante ne soit pas assez grande, soit qu'elle n'ait pas une importance suffisante pour que son action puisse être mise en évidence avec un nombre restreint de déterminations analytiques - Tel est le cas de la réaction du sol, puisqu'une acidité à priori excessive (PH = 4,8, parcelle n° 30) ne paraît pas avoir sur le rendement une influence déprimante. Tel est encore le cas des sels solubles ; mais c'est là un problème dont la discussion trouve mieux sa place à côté de celui que pose les relations entre le sol, l'eau et la plante.

(I) Le rendement a pu être exprimé ici en Kg/ha parce que, seules ont été prises en considération, les données relatives à l'expérience sur fondé et que pour cet essai les différences entre traitements ne sont pas significatives.

(2) Voir en annexe les calculs.

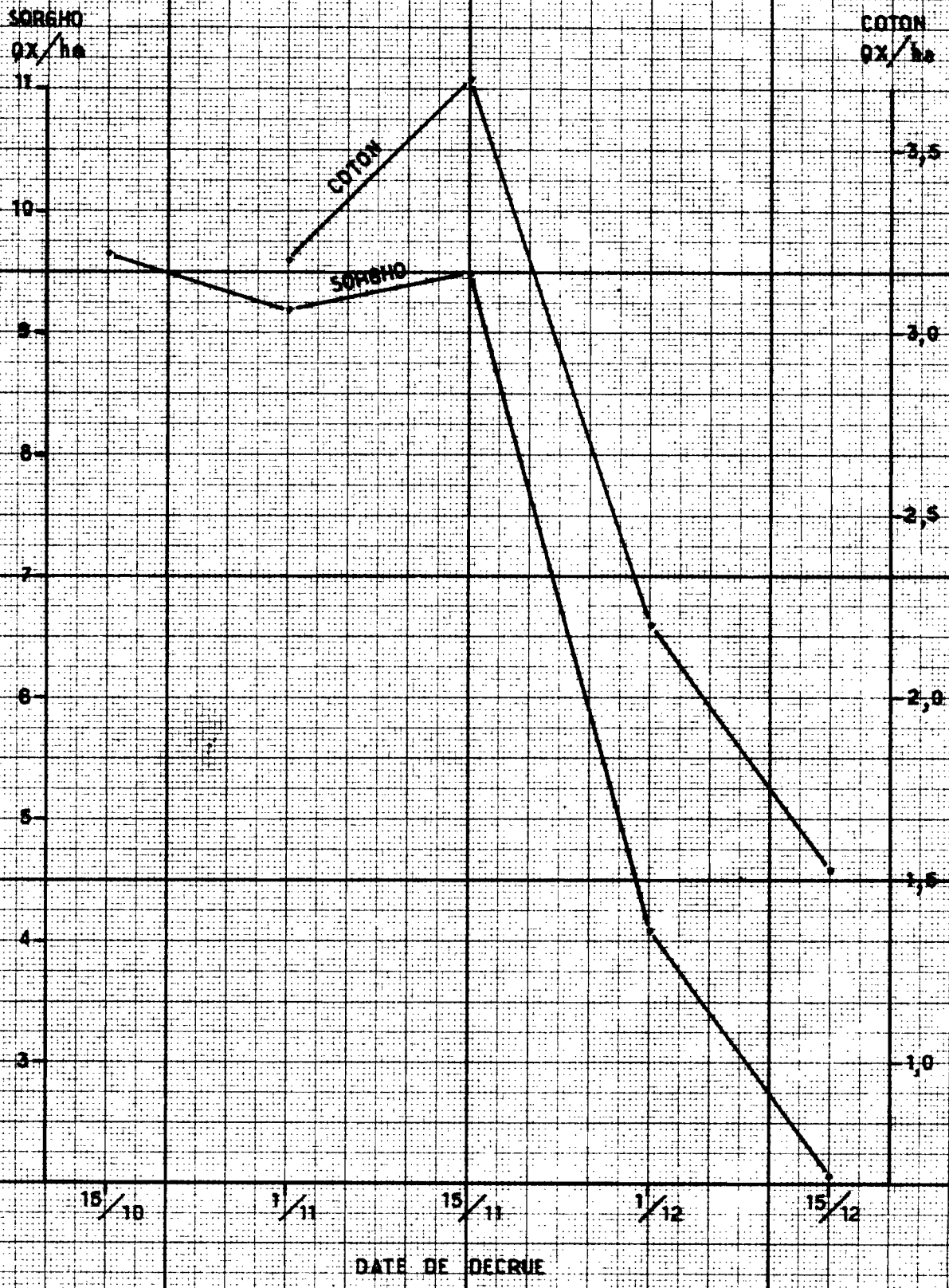
17- VARIATION DE LA FERTILITÉ DU SOL

Le niveau de fertilité de chaque parcelle est exprimé en % du rendement par rapport aux moyennes partielles afférentes à chaque traitement.



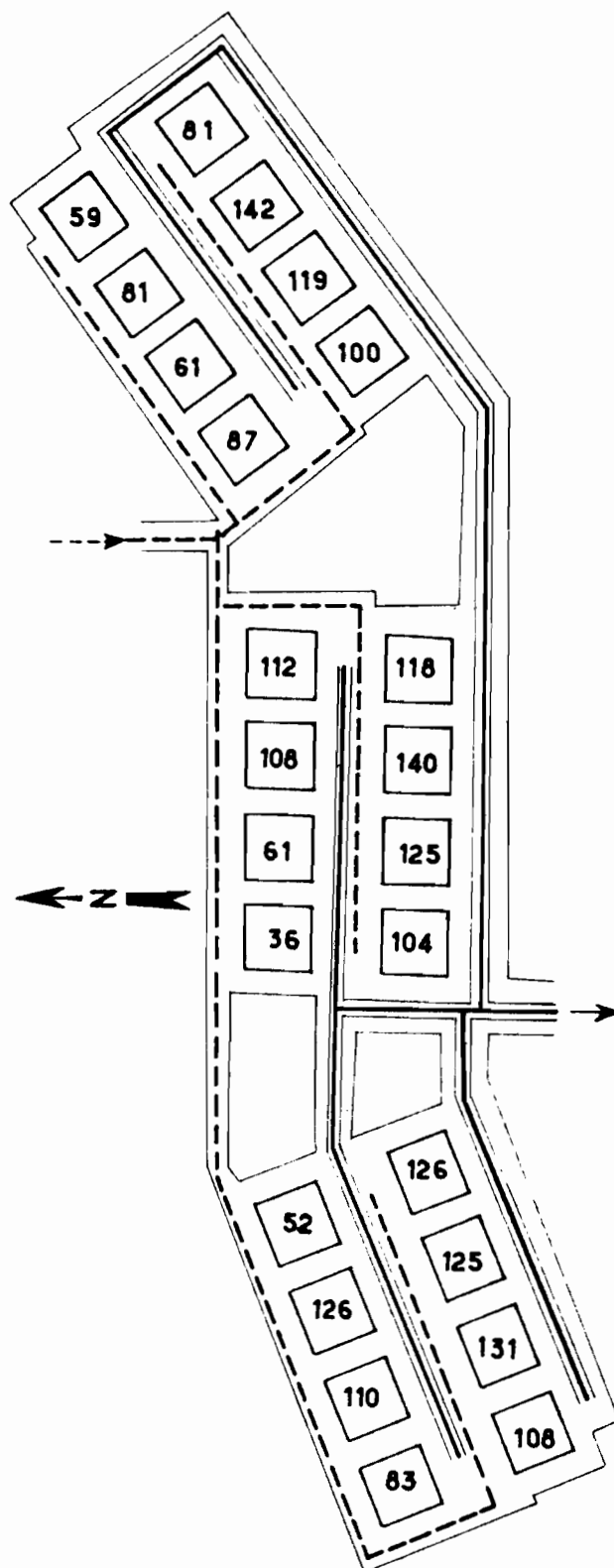
18 - VARIATION DES RENDEMENTS EN FONCTION DE LA DATE DE DECRUE SUR LA LISIERE HAUTE DU HOLLALDE

(un point donné représente en sorgho ou en coton la même valeur de produit, sorgho 10 f le kg, coton-graine 20 f le kg)

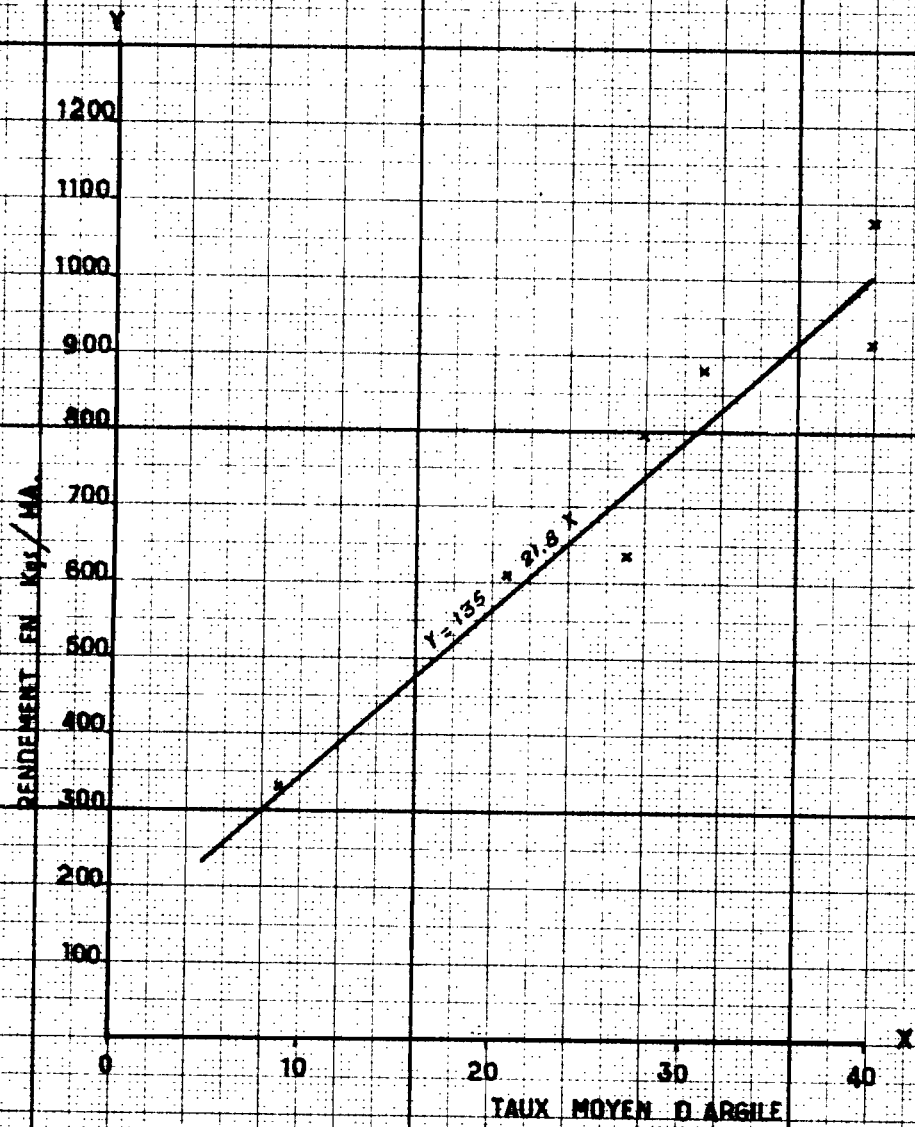


19_ VARIATION DE LA FERTILITÉ DU SOL

Le niveau de fertilité de chaque parcelle est exprimé en % du rendement par rapport aux moyennes partielles afférentes à chaque traitement.



20 RELATION ENTRE LA TENEUR EN ARGILE (TAUX $\leq 40\%$)
ET LE RENDEMENT DU SORGHO



VII - L'EAU DANS SES RAPPORTS AVEC LE SOL ET LA PLANTE

L'eau est assurément le facteur qui intervient le plus manifestement dans la production végétale. Pour les cultures de dé-cruce, qui s'inscrivent entièrement dans une saison rigoureusement sèche, le problème de l'eau revêt un aspect particulier et il est bien évident que ce sont les propriétés hydriques du sol qui jouent un rôle tout à fait déterminant. Pour que les besoins soient satis-faits, il faut :

- 1/ - que la terre emmagasine une quantité d'eau suffisante
- 2/ - que cette réserve soit disponible pour la plante pen-dant toute la durée de son cycle végétatif.

La pénétration de l'eau dans le sol

Les essais en laboratoire sont inadéquats en raison des perturbations apportées par l'échantillonnage qui modifie générale-ment l'architecture interne du sol. Pour étudier le phénomène dans des conditions aussi voisines que possible des conditions naturelles le procédé suivant a été utilisé : des cylindres métalliques (fûts d'essence défoncés) sont mis en place sur le sol naturel et étanchés à la base par l'apport d'un épais bourrelet de terre humide compactée. Ils sont emplis d'eau jusqu'à un niveau donné qui est maintenu pen-dant le temps de l'expérience. Les quantités apportées pour maintenir la charge constante, permettent d'apprécier grossièrement la varia-tion du débit d'infiltration en fonction du temps, ou d'effectuer des mesures comparatives, mais non d'évaluer avec précision la propaga-tion de l'eau en profondeur en raison surtout des fuites latérales. Dans ce but, des profils hydriques ont été exécutés qui permettent de calculer la quantité réelle d'eau dont a bénéficié le volume de terre sous-jacent. Les résultats suivants ont été obtenus sur terrain fondé pour une durée de submersion de 24 heures :

! Charge hydrau- ! lique par rap- ! port à la sur- ! face du sol	! Profondeur mo- ! yenne de péné- ! tration de l'eau	! Tranche d'eau ! infiltrée en % ! calculés à partir des profils hy- ! driques	! Débit de régime ! en % / heure
! 30 %	! 44 %	! 85,8	! 3,6
! 45 %	! 55 %	! 122,9	! 5,1
! 80 %	! 58 %	! 120,9	! 5,0

Dans les sols à larges crevasses, l'infiltration est beaucoup plus difficile à étudier et la méthode précédente n'est pas utilisable. Le problème est complexe du fait de l'existence des deux types de porosité :

- la porosité à l'intérieur des unités structurales, ou porosité mottière qui conditionne la perméabilité en petit

- la porosité entre les mottes qui détermine la perméabilité en grand.

Au début de la submersion, l'eau circule abondamment dans les larges fissures et humidifie les horizons profonds avant même d'humecter la surface. On a pu alors constater, grâce aux parcelles endiguées, qu'il faut fournir en 10 heures une tranche d'eau de 100 à 150 % avant qu'elle commence à stagner en surface, ce qui correspond à un débit de 10 à 15 %/heure pour une charge hydraulique nulle au niveau du sol.

Nous manquons actuellement d'éléments d'appréciation pour évaluer la décroissance de la perméabilité en fonction du temps. Ce qui est certain, c'est qu'au bout de quelques semaines de submersion la percolation devient presque nulle dans la plupart des cas puisque la baisse du niveau de l'eau dans les parcelles est de l'ordre de 10 % par jour lorsque l'évaporation en bac flottant atteint 8 à 9 % (1).

L'examen des profils hydriques successifs apporte quelques renseignements sur la mise en réserve de l'eau dans le sol. Des parcelles vidangées depuis plus de trois mois (N°s 30 et 80) paraissent s'enrichir encore en eau dans les couches profondes. On peut interpréter ce fait comme une manifestation de drainage différé mais il vaut mieux considérer qu'il s'agit de blocs isolés à très faible porosité où l'eau ne diffuse qu'avec une lenteur extrême (2).

C'est à partir des profils hydriques qu'on peut donner la meilleure estimation de la capacité de rétention au champ.

(1) D'après les relevés de la M.A.S. à Dagana -

(2) En effet le calcul de la quantité d'eau que renferme toute la partie contrôlée du profil donne dans ce cas des chiffres plus élevés pour le second sondage que pour le premier.

Nous la définirons comme la teneur en eau stable au niveau où l'évaporation ne s'est pas encore manifestée. La mesure au laboratoire de l'humidité équivalente (I) donne des chiffres beaucoup plus élevés comme il arrive généralement dans le cas des sols compacts. Les caractéristiques hydriques sont liées au taux d'argile x par les relations suivantes (2) :

- Capacité de rétention au champ : (graphique n° 21)

$$C_r = 7,77 + 0,32 x$$

- Humidité équivalente : (graphique n° 22)

$$H_e = 19,64 + 0,47 x$$

Il n'est pas possible d'envisager la notion de capacité utile car l'estimation du point de flétrissement à partir de mesures physiques est sans valeur dans le cas des sols salins.

L'utilisation de l'eau par la plante -

C'est encore les profils hydriques qui fournissent toute la documentation de base. Ils ont été obtenus par la méthode classique : prélèvement d'un échantillon à la sonde et dessiccation à l'étuve. Le procédé est long mais très sûr et l'erreur de dosage est inférieure à 5 %.

Malheureusement, il n'est pas possible d'effectuer des sondages successifs au même point (3) en raison des perturbations apportées au sol. Aussi lorsqu'on envisage l'évolution de l'humidité dans le temps, il s'ajoute à l'erreur précédente une erreur d'échantillonnage (4) beaucoup plus importante (5) inhérente à l'hétérogénéité du milieu. Il est par conséquent inutile de trop rapprocher dans le temps les déterminations successives et de chercher une interprétation trop fine.

-
- (1) Méthode Bouyoucos
 - (2) Voir les calculs en annexe
 - (3) Les sondages successifs ont été exécutés à 1m,25 environ les uns des autres et toujours à égale distance de deux poquets.
 - (4) Il faut réduire au maximum les manipulations d'échantillon en raison des pertes en eau très rapides à la saison où l'on opère. Il est donc pratiquement impossible de préparer un échantillon moyen.
 - (5) De l'ordre de 30 %.

Ces réserves étant faites, il est tout de même possible de tirer des conclusions intéressantes :

a) - L'évapotranspiration

Les pertes en eau du sol dans l'atmosphère, qu'elles se fassent par le sol lui même ou par l'intermédiaire des racines et des feuilles de végétaux, constituent l'évapotranspiration. Plusieurs auteurs ont établi des équations reliant le taux d'évapotranspiration aux données obtenues par les observations météorologiques. Mais la question se pose encore de savoir si les formules sont applicables en région tropicale et à plus forte raison aux cultures de décrue.

Un procédé qui a l'avantage d'être une méthode directe d'évaluation consiste à calculer l'évapotranspiration réelle à partir des profils hydriques et des mesures de densité apparente. Les résultats obtenus à Guédé sont résumés dans les graphiques 23, 24 et 25.

La première partie de la courbe est théoriquement la plus contestable : à défaut de connaître la teneur réelle en eau du sol au moment du semis, on a admis qu'elle correspondait à la capacité de rétention au champ. Ceci conduit donc à surestimer la quantité d'eau présente dans la couche supérieure et à sous estimer celle des couches profondes. L'écart ne peut être considérable, parce que dans le premier cas la teneur de sol intéressée est mince et que dans le second la capacité maximum est très voisine de la capacité de rétention.

Ce qui frappera tout d'abord, c'est qu'on aboutit à des chiffres faibles, en rien comparables aux estimations fournies par les formules de Blaney et Criddle (I). Le sorgho va du semis à la récolte en consommant 90 à 150 % d'eau, le cotonnier 210 % en raison de son cycle végétatif plus long. On peut éventuellement ajouter les 37 % de pluie tombés en 5 jours de décembre, d'ailleurs sans résultat pour l'approvisionnement en eau du sol, mais qui ont contribué à limiter l'évapotranspiration. De toute façon la culture de décrue paraît un moyen très économique d'utiliser l'eau du sol.

(I) Plus de 400 % d'après le calcul de M. Guillaume - Rapport de Mission sur l'aménagement du fleuve Sénégal - Décembre 1956 - Février 1957 -

Ce résultat est prévisible dans une certaine mesure. On sait en effet qu'un sol humide évapore beaucoup, presque autant qu'une nappe d'eau libre. Par contre dès l'apparition en surface d'une couche sèche l'évaporation diminue dans des proportions importantes parce que l'eau ne peut alors traverser la croûte superficielle qu'en diffusant à l'état de vapeur. En culture de décrue, la période de forte évaporation ne sévit qu'une fois, en culture sous pluie ou sous irrigation elle a lieu après chaque réhumectation de la couche superficielle. D'autre part, les plantes sont des êtres vivants qui s'adaptent plus ou moins aux conditions de milieu, consommant beaucoup d'eau si elle est abondante, limitant leurs dépenses dans le cas contraire. A cet égard les sorghos sont particulièrement bien partagés puisque leurs feuilles passent à l'état dormant dans les périodes d'évaporation excessive.

On doit évidemment se demander si une partie de l'eau évaporée n'échappe pas à l'investigation parce qu'elle est remplacée par diffusion capillaire à partir des couches profondes non contrôlées. Pour trancher ce problème, il faudrait établir des cases lysimétriques qui permettent seules d'établir un bilan hydrologique rigoureux. Toutefois, à en juger par les observations effectuées lors de la mise en place de sondes électriques, il semble que les mouvements d'eau par diffusion capillaire (entre $pF = 3$ et $pF = 4,2$) sont extrêmement lents et pratiquement négligeables dans les sols argileux. D'autre part, le décrochement (I) que présente souvent le profil hydrique ou niveau où les jeunes radicelles sont particulièrement abondantes, indique que l'assèchement s'effectue par tranches, c'est à dire que la diffusion capillaire n'est pas assez rapide pour éviter une discontinuité dans le profil. Il n'en serait pas de même là où le sous sol est sableux, s'il n'y avait presque toujours en même temps une strate plus argileuse qui limite le débit de tout le profil à celui de la couche qui présente le plus faible coefficient de conductivité capillaire.

(I) Voir parcelle n° 3 profil du 17 Mars ; n° 29 du 16 Mars, n° 30 du 3 Février et du 16 Mars, n° 105 du 31 Janvier et 15 Mars, n° 106 du 31 Janvier etc...

Quoiqu'il en soit, le sol était encore bien pourvu en eau, après la récolte, dans la zone exploitable par les racines. Ceci est attesté par le calcul de l'eau théoriquement (I) disponible dans l'intervalle point de flétrissement - eau existante et mieux encore par l'observation directe de la végétation capable de manifester parfois, en fin de cycle, une **repousse vigoureuse**.

Il ne faut pas pour cela conclure que l'existence de toute plante est aisée. Le sorgho est d'abord favorisé par un système racinaire (2) très développé qui exploite tout le sol entre les poquets et jusqu'à une profondeur de 1m,20 environ. Les racines peuvent pénétrer au moins jusqu'à deux mètres (3) et doivent probablement atteindre couramment ce niveau lorsque les couches superficielles s'assèchent plus vite qu'il n'a été observé. Il semble en effet que l'approfondissement du système racinaire s'adopte exactement aux conditions d'humidité.

D'autre part, la consommation en eau des plantes qui s'accoutument des conditions offertes par la culture de décrue est faible. A l'appui de cette affirmation nous rapporterons ici des observations effectuées à Matam où différentes parcelles d'essais, de sorgho et de cotonnier étaient séparées entre elles par des bandes de terrain incultes mais binées, ce qui n'avait pas toutefois empêché le développement de quelques mauvaises herbes (4). Des profils hydriques effectués par couples à la fin du mois de Mars ont montré, contre toute attente, que la réserve en eau était toujours légèrement supérieure dans les parcelles cultivées (5). Comme il n'y a pas de commune mesure entre le développement végétatif du sorgho et celui des mauvaises herbes, on voit combien serait erroné un calcul d'évapotranspiration basé sur le taux de matière sèche produite. De plus, ces chiffres soulignent le rôle compétitif des plantes messicoles et par conséquent l'importance du sarclage.

-
- (1) A condition que la pression osmotique de la solution du sol ne soit pas excessive.
 - (2) Il est possible d'avoir à tout moment une idée de l'extension verticale et horizontale du système racinaire en examinant les carottes de sondage. Les fines radicelles du sorgho se distinguent très aisément lorsqu'on brise la terre entre les maïs.
 - (3) Observation en Mai, donc après la récolte, dans les parcelles II7 et II9
 - (4) **Iponosa** cairica, **Glinus** lotoïdes, **Bergia** suffruticosa -
 - (5) La différence est comprise entre 24 et 36 % d'eau.

L'interprétation des courbes d'évapotranspiration pour l'estimation des besoins en eau de la plante en fonction des étapes de son développement est très délicate. D'une façon générale, on voit que la consommation est particulièrement importante en février et au début de mars, d'où l'on pourrait être tenté de conclure que la phase de reproduction est plus exigeante que la phase de développement végétatif. Ceci n'est peut être dû qu'à l'augmentation du pouvoir évaporant de l'air à cette époque. En effet, lorsqu'après la récolte, les repousses sont assez nombreuses pour qu'on puisse parler d'une nouvelle phase de croissance (graphique n° 23, parcelles II7 et II9) la consommation est aussi très forte.

Il ne semble pas possible d'approfondir ces questions par la simple méthode d'observation en plein champ. Trop de facteurs, qu'on ne peut dissocier, entrent en jeu. En dehors de l'activité fonctionnelle des plantes (I), les paramètres les plus importants sont :

- les facteurs météorologiques : déficit de saturation et vent -

- les propriétés structurales du sol et en premier lieu la fissuration qui facilite les échanges à l'état de vapeur et accroît la surface d'évaporation -

- l'état de dessiccation du sol qui, lié au taux de diffusion de l'eau dans l'atmosphère, le commande et en dépend à la fois.

b) - Teneur en sels solubles et rendement du sorgho

La plante ne peut utiliser en sol salin toute la quantité d'eau qui serait utilisable en sol normal car la pression osmotique de la solution du sol conditionne dans une large mesure le taux d'absorption d'eau des végétaux.

-
- (I) A conditions égales, cotonniers américains et sorghos réagissent différemment : après quelques journées excessivement chaudes, les premiers flétrissent temporairement et pas les seconds. Le flétrissement apparaît même en sol humide chez les espèces insuffisamment adaptées aux conditions atmosphériques rigoureuses parce que les échanges d'eau dans la plante sont trop lents pour compenser les pertes.

L'estimation de la teneur en sels solubles de la solution du sol n'est pas aisée. Les dosages devraient être effectués sur des solutions extraites du sol humidifié à des taux compris dans l'intervalle de variation de l'humidité au champ. Mais comme l'extraction dans ces conditions présente de très sérieuses difficultés, on l'effectue sur des dispersions de rapport sol/eau = 1/10. A partir du dosage des solutions ainsi obtenues, on peut calculer la concentration de la solution saline du sol au taux d'humidité correspondant aux conditions d'utilisation par la plante. Le résultat est valable lorsqu'on se trouve en présence de sels très solubles, car la concentration de l'extrait est alors inversement proportionnelle à la quantité d'eau. Par contre, si l'on a affaire à des sels peu solubles, la quantité de substances extraite par unité de poids de sol étant directement proportionnelle aux quantités d'eau utilisées, le calcul conduit à surestimer la concentration de la solution du sol.

C'est pour cette raison qu'on a jugé préférable de ne pas tenir compte des données concernant l'horizon gypseux (75 - 120 %) bien qu'il soit exploité par les racines durant la phase de maturation. Par ailleurs, il est inutile d'effectuer les calculs en fonction des caractéristiques hydriques déterminées au laboratoire (humidité équivalente, point de flétrissement). Mieux vaut délimiter l'intervalle réel d'utilisation de l'eau du sol par des observations au champ, la limite inférieure prise en considération étant le taux d'humidité minimum constaté au niveau des jeunes radicelles (I).

-
- (I) On se fonde sur le fait bien établi que seules les jeunes radicelles sont actives et qu'elles le sont d'autant plus que les conditions locales leurs sont plus favorables, puisque la plante peut réaliser l'absorption nécessaire par le jeu d'une partie seulement de ses racines.

Les résultats obtenus sont les suivants :

Numéros des parcelles	Sels solubles en meq. pour 100 g de sol de 0 à 75 %	Teneur en eau % de terre sèche		Concentration de la solution du sol en meq par litre	
		à la capacité de rétention au champ	à la teneur minimum de la couche exploitée par les racines	à la capacité de rétention au champ	à la teneur minimum de la couche exploitée par les racines
3	3,03	23	18	132	168
10	4,52	21	18	215	251
29	4,42	25	22	177	201
30	4,97	24	19	207	262
55	3,61	21	18	172	200
80	3,54	24	16	147	221
89	3,26	23	20	142	163
105	5,68	21	18	270	315
106	4,84	21	18	230	269
109	0,55	10	5	55	110
112	1,36	17	10	80	136
116	1,11	20	12	55	92
117	1,80	17	12	106	150
119	1,98	16	12	124	165

Si l'on met en parallèle les concentrations de la solution saline et les rendements parcellaires (graphique n° 26) il semble n'y avoir aucune relation. Pourtant, dans les cas extrêmes (parcelle 105) la pression **osmotique** doit atteindre près de onze atmosphères (1).

(1) Calculée à l'aide des formules de conversion proposées par l'U.S. Regional Salinity Laboratory - Riverside :

Pression osmotique (en atmosphères) = 0,36 x conductivité électrique (milliohms/%)

Milliéquivalents par litre = 10 x conductivité électrique (milliohms/%)

Or Webster et Visvanath (I) pensent qu'un sol est trop salé pour la culture du sorgho quand la pression osmotique de la solution du sol déterminée à la capacité capillaire minimum dépasse six atmosphères. Donc, le sorgho dans la vallée, de même que le riz dans le delta, paraissent supporter au Sénégal des teneurs en sel considérées ailleurs comme prohibitives.

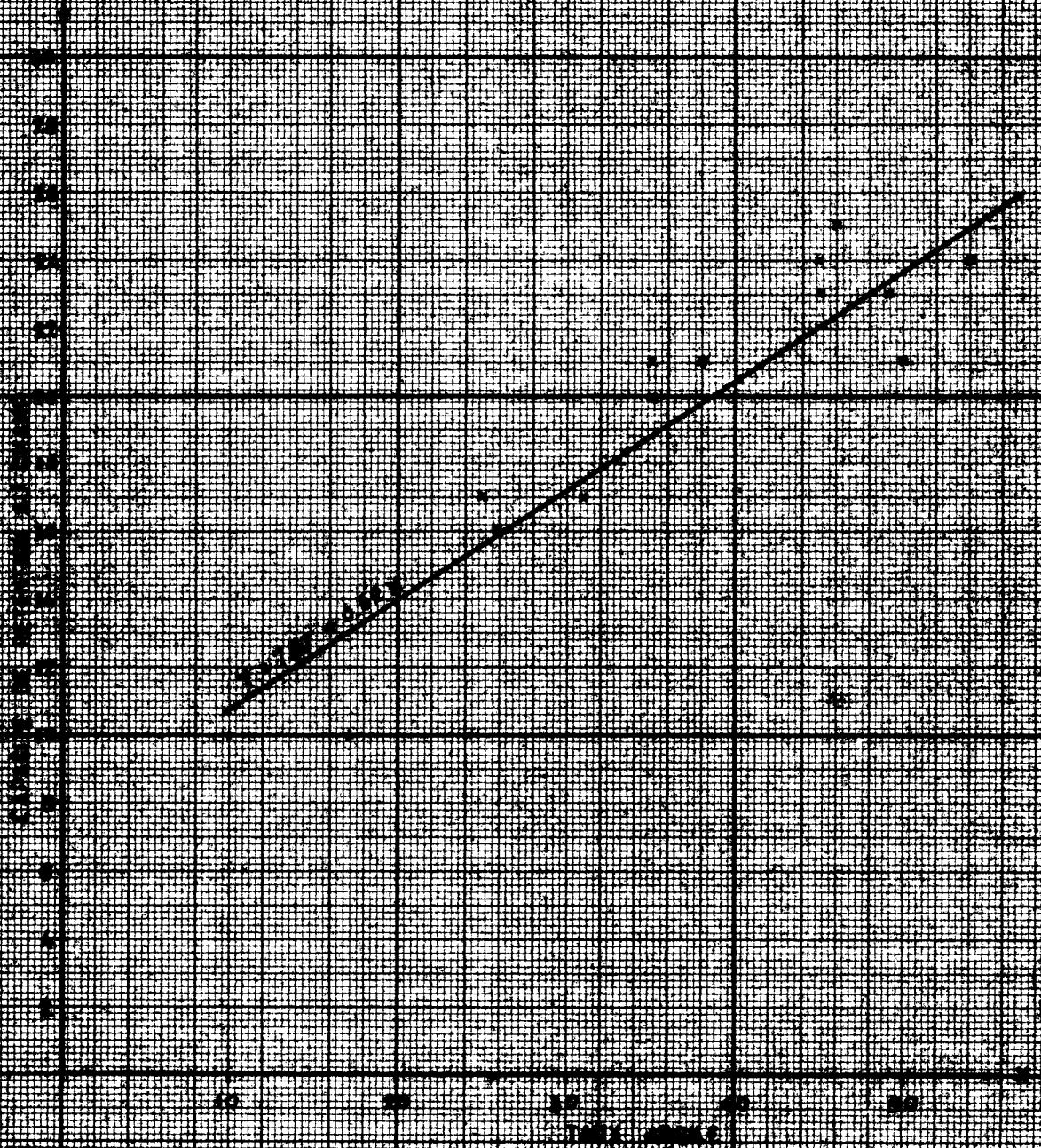
A Guédé, la teneur limite en sels solubles compatible avec le développement végétatif du sorgho semble être de l'ordre de 10 milliéquivalents pour 100 grammes de sol. En effet, seules les parcelles qui ont manifesté après la récolte un regain de végétation montrent :

- 1/ - que le système racinaire a pu se développer dans les horizons profonds -
- 2/ - qu'à ce niveau, la teneur en sel est inférieure à la limite ci-dessus fixée. Pendant la phase de maturation, le sorgho doit supporter par contre une salinité bien supérieure.

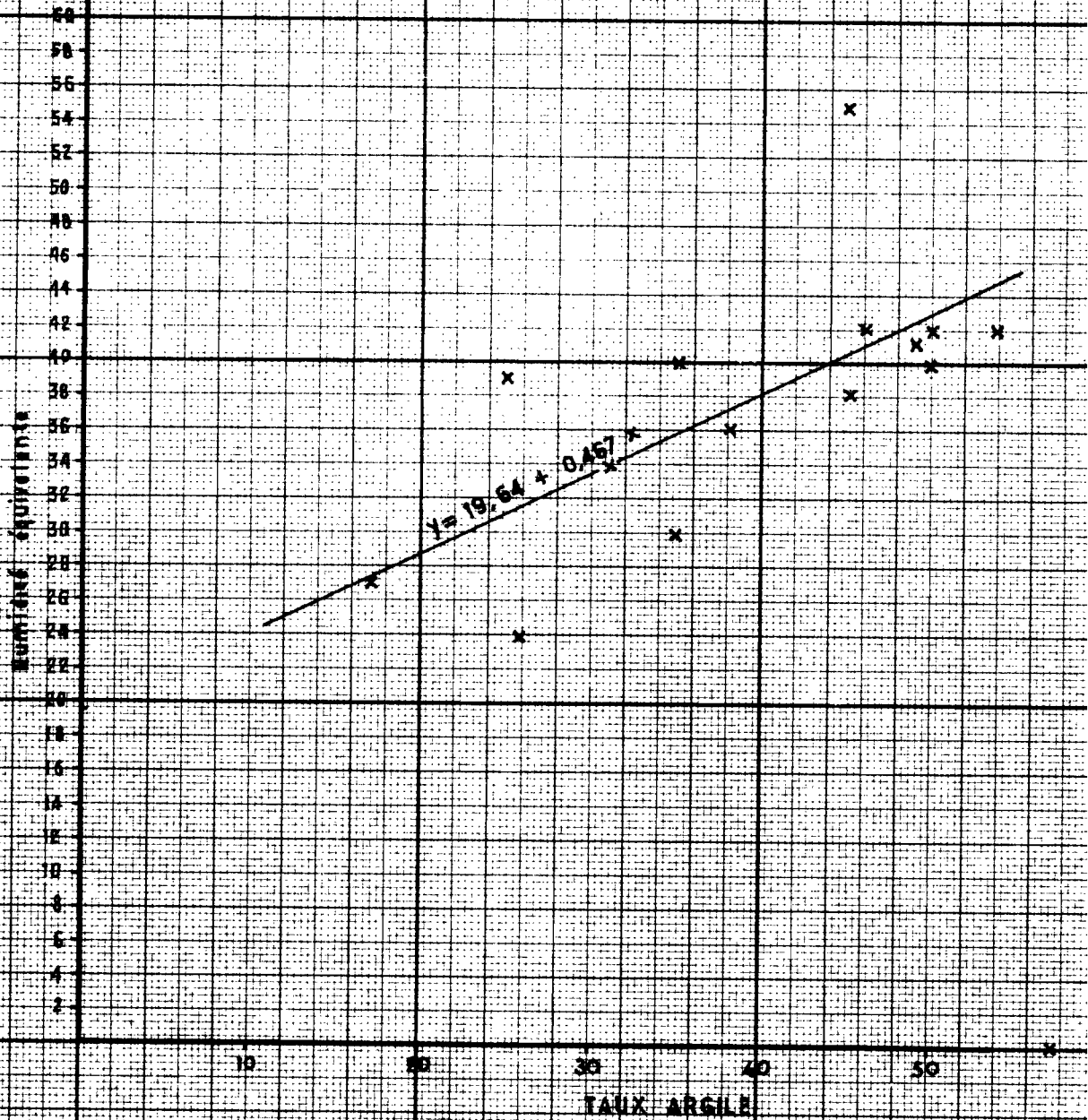
En résumé, nous pensons, que lorsque les cultures de décrue de la vallée du Sénégal paraissent souffrir du manque d'eau, ce n'est pas la réserve hydrique du sol qui est directement en cause mais, soit une trop forte concentration de la solution saline, soit des conditions météorologiques excessives.

(I) Cités par O.C. Magistad - Plant growth relations on saline and alkali soils - The Botanical Review, April 1945, pp 181 - 230 -

2) RELATION ENTRE LA TENEUR EN ARGENT ET LA CAPACITE DE RETENTION AU CAMEL

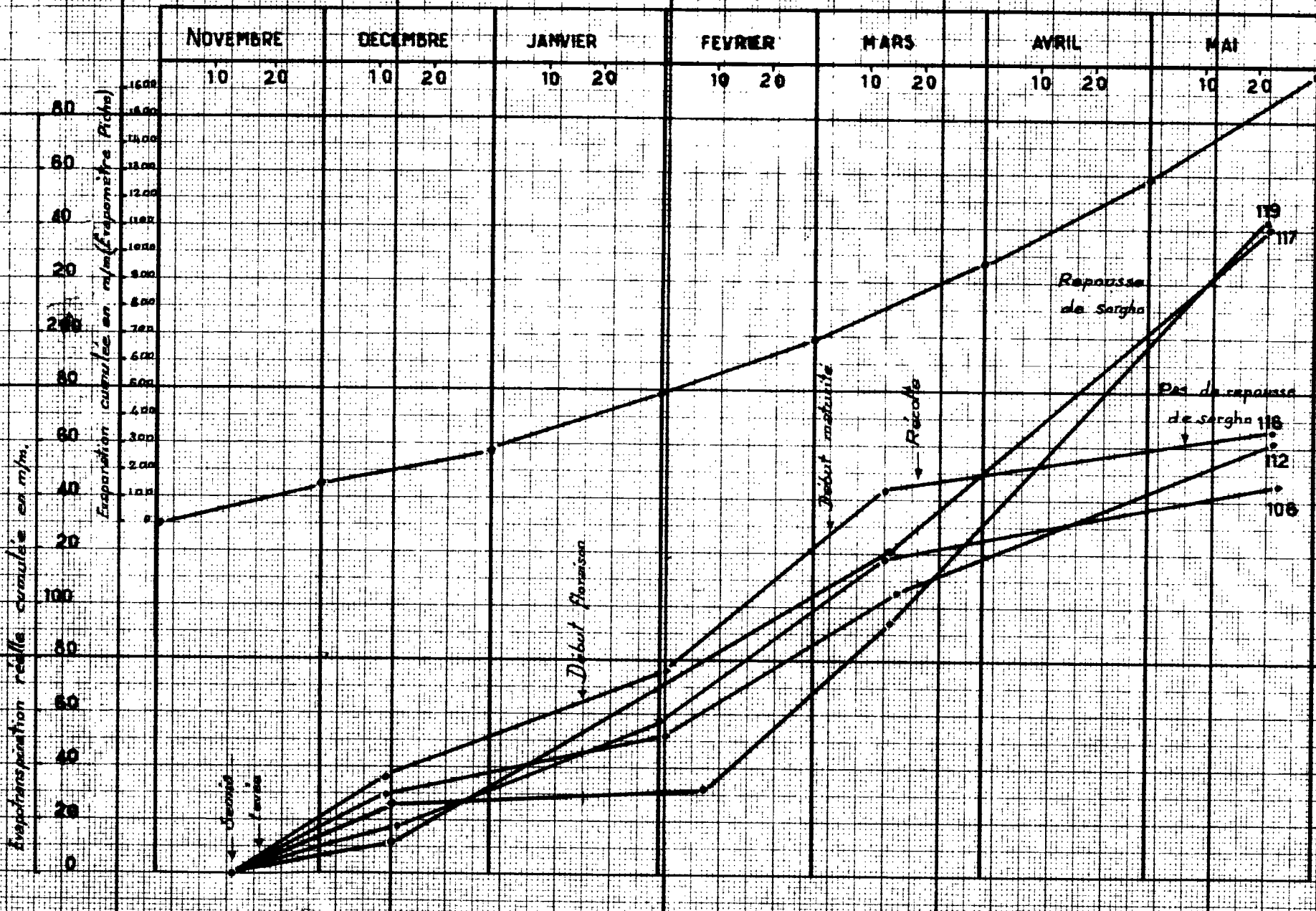


22. RELATION ENTRE LA TENEUR EN ARGILE ET L'HUMIDITÉ ÉQUIVALENTE



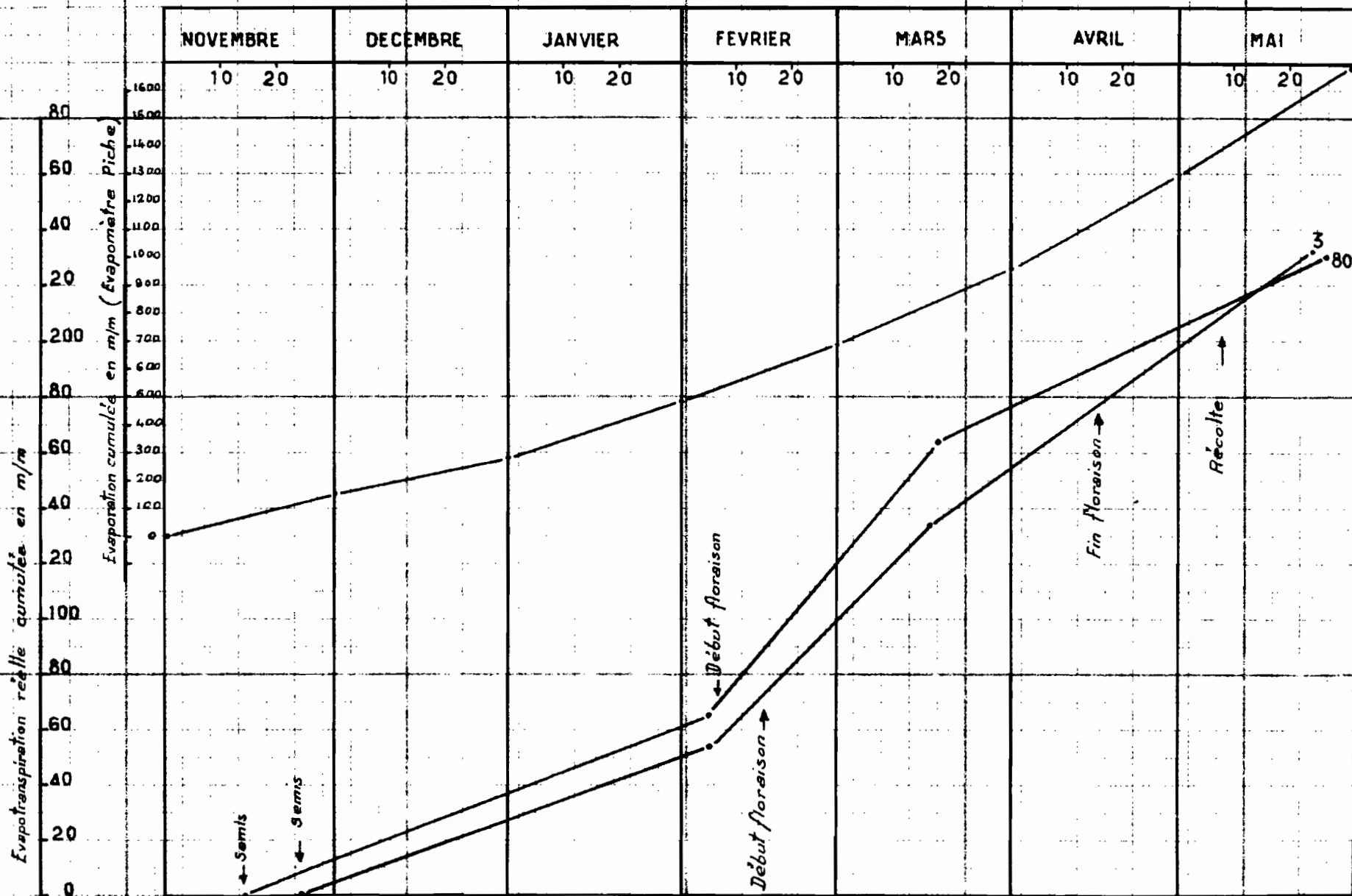
23 EVAPOTRANSPIRATION RÉELLE EN TERRAIN FONDÉ

CULTURES DE DECRUE : SORGHO - ANNEES : 1956 - 1957

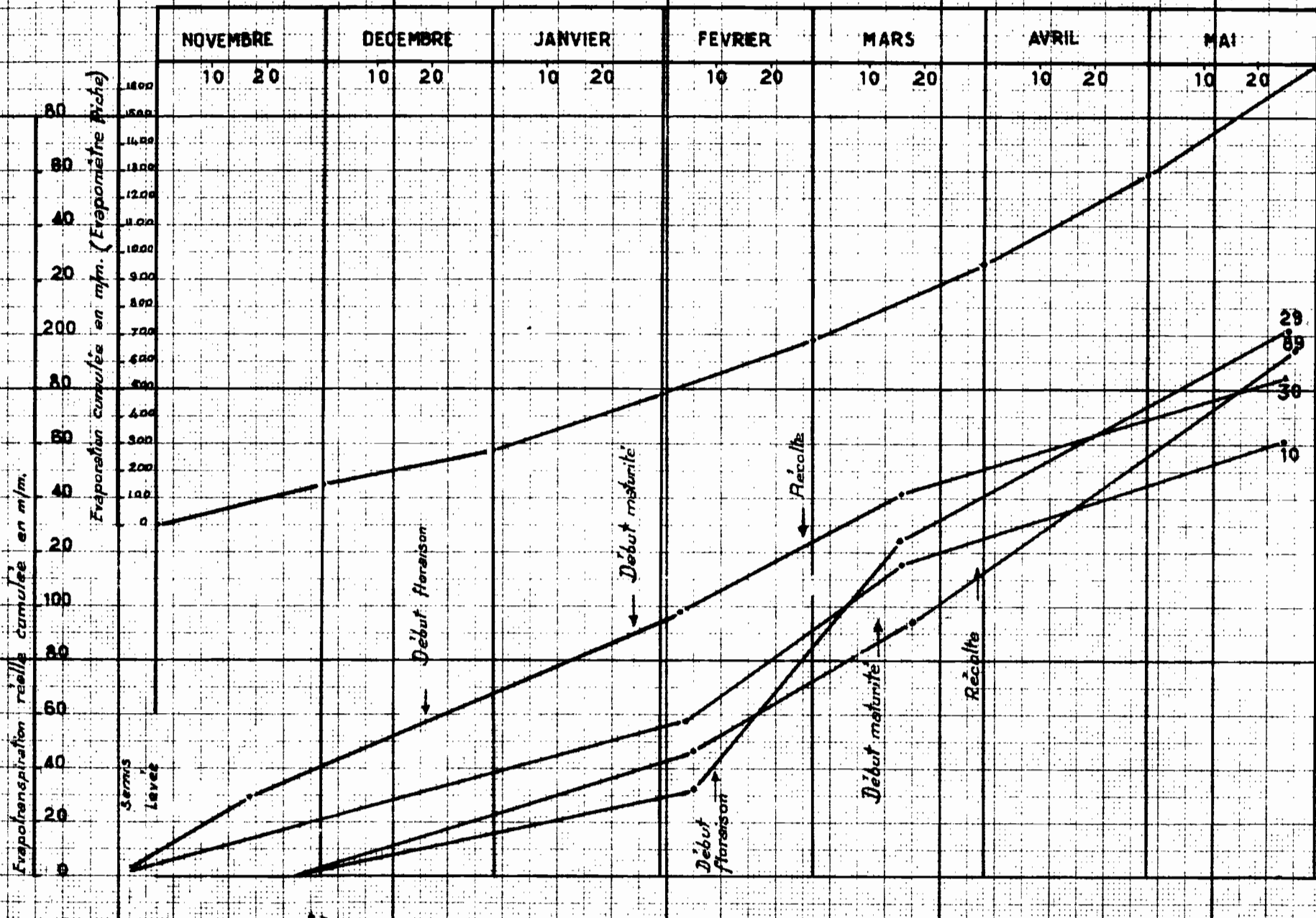


24 - EVAPOTRANSPIRATION REELLE EN TERRAIN "HOLLALDE"

CULTURES DE DECRUE: COTONNIER - ANNEES 1956-57

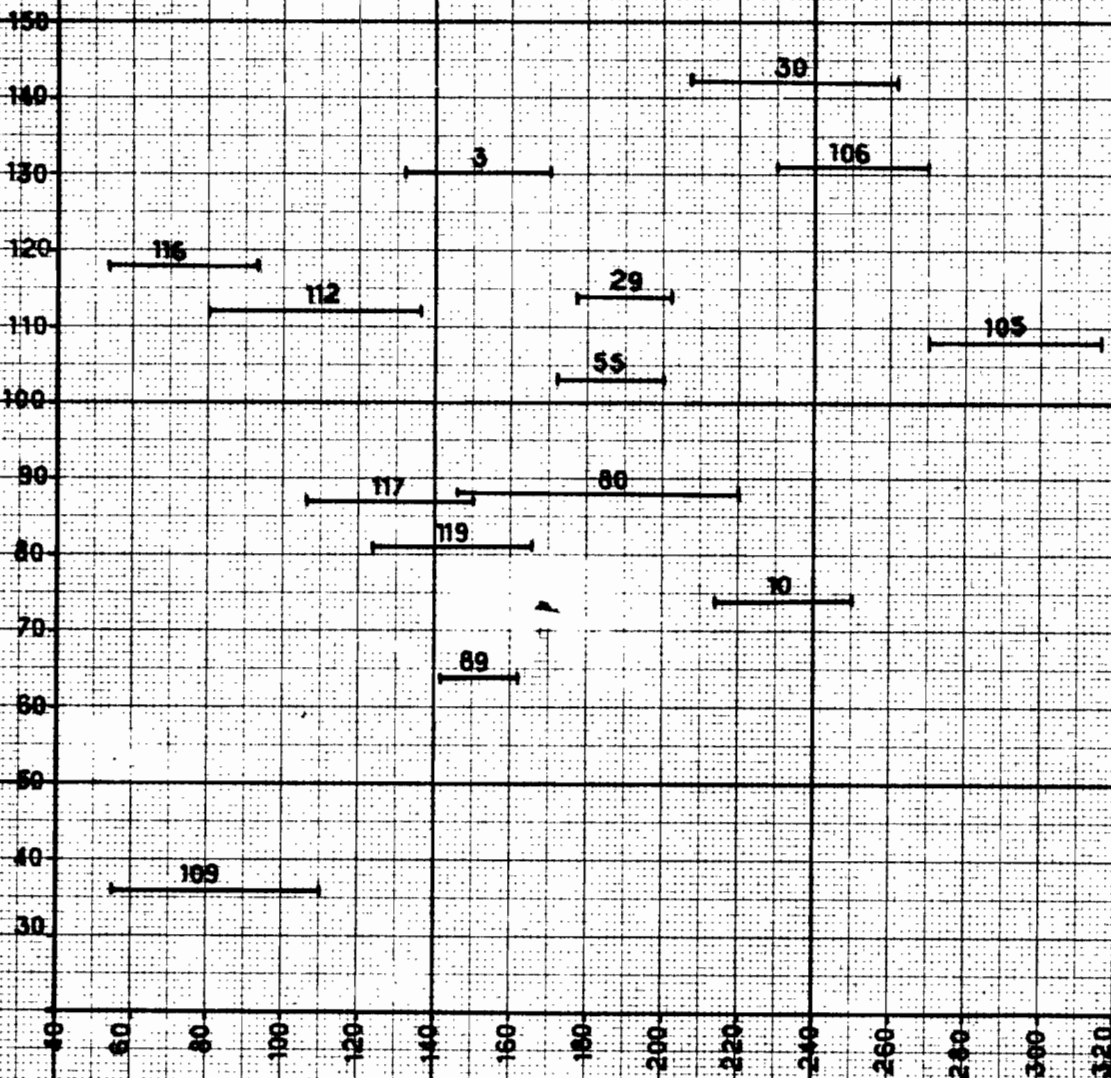


25 - EVAPOTRANSPIRATION REELLE EN TERRAIN "HOLLALDE" CULTURES DE DECRIE : SORGHO - ANNEES 1956 - 57



26 ABSENCE DE RELATION ENTRE LE RENDEMENT ET LA CONCENTRATION SALINE DE LA SOLUTION DU SOL

RENDEMENT EN %
DE LA MOYENNE
AFFERENTE A CHAQUE
TRAITEMENT



CONCENTRATION DE LA SOLUTION DU SOL EN M.EQ./L
DANS L'INTERVALLE D'UTILISATION PAR LA PLANTE

VIII - C O N C L U S I O N

Bien qu'il ait fallu concevoir et créer le dispositif de toute pièce, la campagne s'est déroulée de façon satisfaisante et aucun accident sérieux n'est venu perturber les données essentielles de l'expérience. Les résultats obtenus permettent de répondre aux principales questions posées et apportent une contribution appréciable à l'écologie de la vallée. On s'est efforcé d'obtenir dans tous les domaines d'investigation de nombreux résultats chiffrés et d'interpréter la masse de renseignements obtenus à l'aide de méthodes rigoureuses qui laissent peu de chances au hasard.

Il ne faut pas cependant attacher à ces résultats plus d'importance qu'ils n'en méritent. On sait que l'expérimentation agricole est semée d'embûches et qu'au terme d'une seule campagne il faut se montrer très prudent. C'est déjà une raison suffisante pour répéter ces mêmes essais, en s'efforçant chaque fois de les rendre plus précis grâce à l'expérience acquise. De plus, on a utilisé cette année des sols vierges soustraits depuis longtemps à l'influence de la crue ; il faut suivre l'évolution de ces sols, s'assurer qu'un traitement donné n'a pas une action cumulative dont les effets ne peuvent être perçus qu'à longue échéance, estimer la baisse de fertilité inhérente à la succession répétée d'une même production. Il faudra ensuite renouveler le matériel végétal en recherchant la diversité des aptitudes écologiques afin d'être en mesure d'offrir à chaque condition de culture la plante la mieux adaptée.

Ces premiers essais n'ouvrent pas de perspectives très encourageantes. Les inconvénients majeurs de la culture de décrue y sont parfaitement mis en évidence mais pas le moyen d'y remédier à une échelle suffisante. Le fait certain est qu'à l'époque imposée par le régime hydraulique du Sénégal, la probabilité de conditions météorologiques adverses est forte et devient d'autant plus grande que le retrait des eaux est plus tardif. Aussi dans les détails d'exploitation des barrages digues, la préoccupation qui doit primer toutes les autres sera de retarder le moins possible la décrue. En effet, ce facteur ayant une influence décisive sur la production, il ne servirait à rien d'augmenter les superficies au détriment du rendement.