

(26)

I.S.R.A.

G.E.R.D.A.T.

I.N.A.-P.U.

CI000231

ESF 524

ESF E170/JAN/G

**DIAGNOSTIC SUR LES SYSTEMES DE CULTURE PRATIQUES DANS LE CADRE
DE LA SAED SUR LA RIVE GAUCHE DU FLEUVE SENEGAL.**

SYNTHESE D'UNE OPERATION DE RECHERCHE.

**TOME 2 : Le milieu naturel et transformé.
Conséquences sur le développement et la recherche.**

J.Y. JAMIN, J. CANEILL.

Richard-Toll - Paris

septembre 1983

VERSION PROVISOIRE

1. LE MILIEU NATUREL ET SES CONSEQUENCES POUR L'AGRICULTURE

1.1. FACTEURS ET CONDITIONS DU MILIEU

La zone d'intervention de la SAED correspond essentiellement à la plaine alluviale du Fleuve Sénégal, qui débute à la jonction de la Falémé en amont de Bakel. Cette plaine de 10 à 25 km de large, s'étire sur 600 km de long ; à partir de Richard-Toll se développe une vaste zone deltaïque. Ce milieu se caractérise par une forte variabilité spatiale, qui affecte le climat, le régime des eaux du Fleuve, et la répartition des types de terrains. Cette variabilité spatiale est doublée pour le climat et les crues d'une variabilité temporelle importante. (On trouvera en annexe 1.1. une carte du Fleuve avec les principaux lieux cités dans le texte).

1.1.1. LE CLIMAT

Le climat de la région du Fleuve est gouverné par l'influence de trois grands anticyclones : Açores, Libye, Ste Hélène. Le Front Inter-Tropical (FIT), zone frontière entre les masses d'air des hémisphères Nord et Sud, a une partie continentale (Ste Hélène-Libye) et une partie semi-continentale ou maritime (Ste Hélène-Açores). La troisième zone frontière (Libye-Açores) constitue le Front des Alizées, et intéresse surtout la zone côtière.

Le FIT est soumis à des mouvements saisonniers :

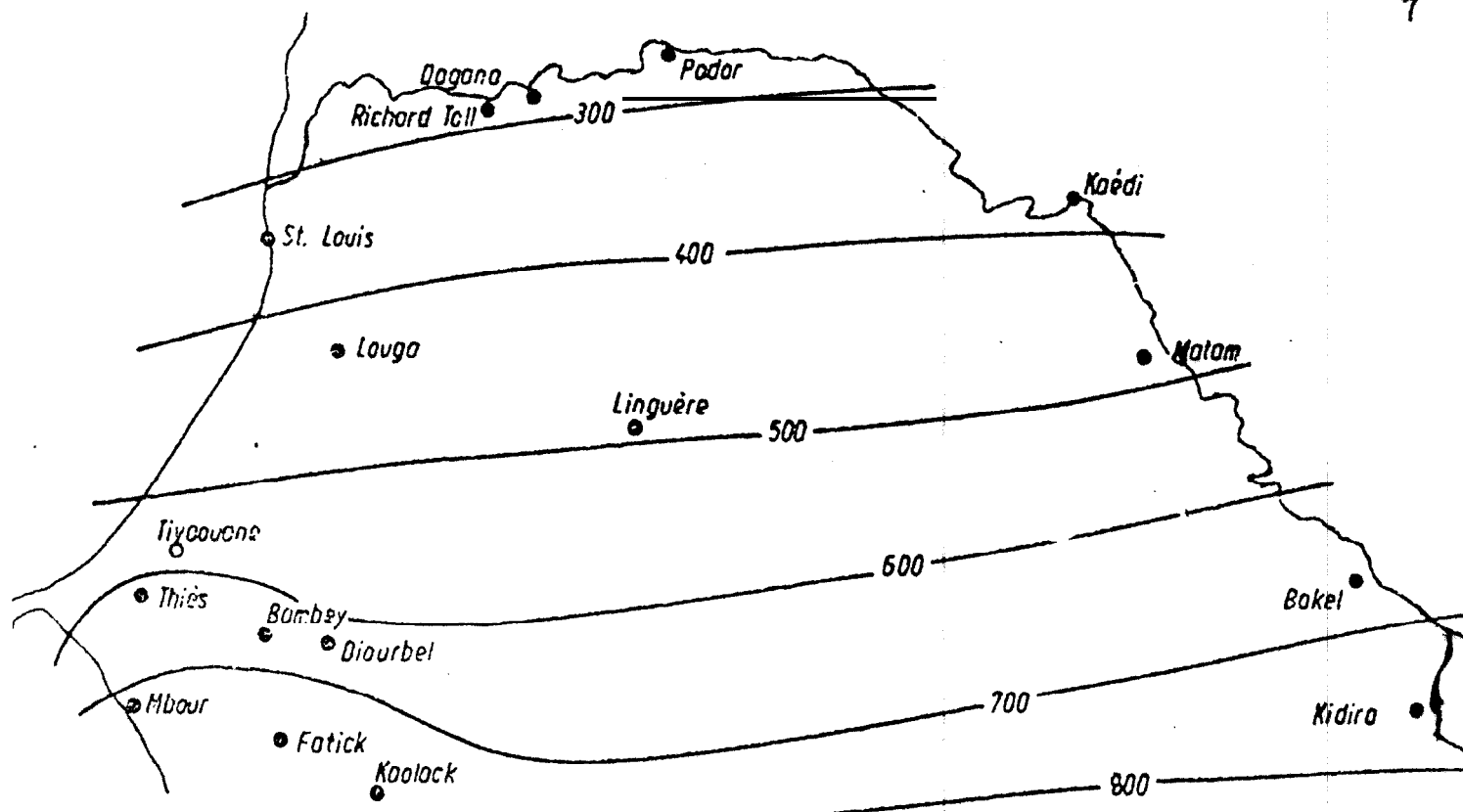
En saison sèche, il se trouve très au Sud, et le Sénégal est soumis au régime des Alizées ; la côte subit l'influence fraîche de l'Alizée Maritime, alors la majeure partie de la Vallée est soumise à l'Alizée continentale et sec et à l'Harmattan.

En saison des pluies, le FIT remonte, l'air chaud et humide (15-20 g de vapeur d'eau par m³) de Ste Hélène est attiré par les basses pressions sahélo-sahariennes, et devient instable par réchauffement à la surface de la terre ; il en résulte des orages violents, surtout lors du passage du FIT.

LA PLUVIOMETRIE

L'essentiel des pluies est dû à cette mousson, et tombe donc en hivernage ; (Cf annexe 1.2.)

Les pluies augmentent en quantité et en durée quand on descend vers le Sud : 330 mm à Podor et Dagana, 370 à SO-Louis, 410 à Kaédi, 530 à Matam, et 710 à Bakel, pour la période 1931-1960, qui n'est pas la plus



PLUVIOMETRIE MOYENNE EN MM, DE JUIN A OCTOBRE COMPRIS.

PERIODE 1931-1975

(d'après Dancette, 1980)

VARIATIONS DANS LA PLUVIOMETRIE DES DERNIERES ANNEES POUR QUELQUES

STATIONS (Source : Météo nat,, I.S.R.A., OMYS, CSS)

Année	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	Période ⁺
St-Louis	233				152	190	197	395	156	102	222					369 (A)
Rd-Toll	156	303	123	156.84	175		381	309	302	154	407	325	303	311	160	311 (B) 230(C)
Podor	210				110	148	151	225	264	132	304					336 (A) 245(E)
Guédié	224	494	191	151	94	124	235	271	244	304	-	233	228	119	129	204 (c)
Kaédi	175		418	267	108	255	446		235							430 (A)
Matam	309				176	220	328	408	335	194	319	258	235	360		537 (A) 463(F)
Bakel	484				395	396	682	667	323	391	563					712 (A)

+ Période utilisée : A 31/60

B 53/67

C 68/82

E 49/78

F 38/81

adaptée, mais qui est souvent la seule disponible pour des comparaisons. Avec des périodes plus récentes les différences peuvent être importantes (voir page 7)

Les pluies arrivent début juin à Bakel, fin juin à Matam, en juillet à Podor et St-Louis. Elles cessent en général fin septembre-début octobre. Les moyennes masquent une très forte variabilité inter-annuelle : pour la période considérée (31/60) on a les intervalles et coefficients de variation suivants :

	Podor	St-Louis	Kaédi	Matam
Intervalle (mm)	98-783	174-593	265-762	255-1112
COEF. Variation	39,2	31	27,9	29,4
Moyenne	336	369	410	537

En particulier, les 15 dernières années ont été très irrégulières, et pratiquement toutes inférieures à la normale (voir page 7)

Répartition : Ces pluies sont très irrégulières, laissant entre elles de longues périodes sèches, en particulier en début et en fin d'hivernage,

Nombre de jours de pluie : Il est également assez variable, moins toutefois que les quantités. On note en moyenne 28 jours de pluie ($\geq 0,1\text{mm}$) à Podor, 33 à St-Louis, 44 à Matam.

LES TEMPERATURES

Quelques données Annuelles (31-60)

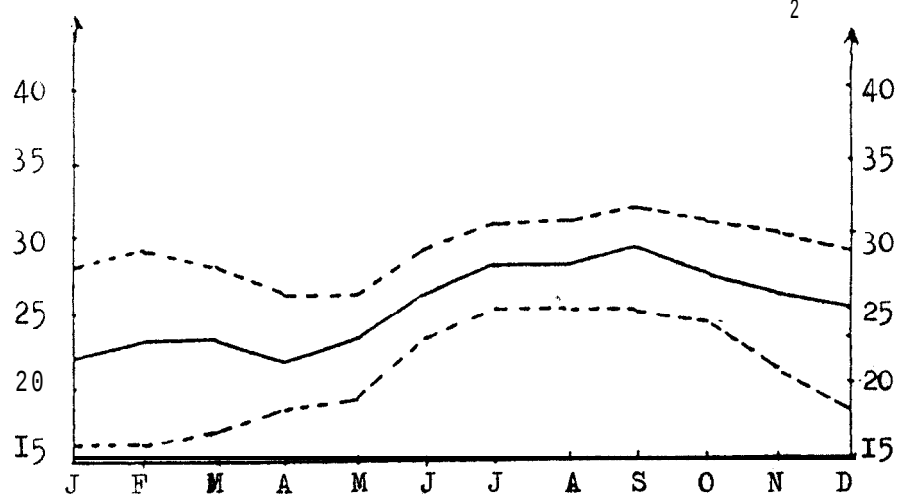
station	St-Louis	Rosso	Podor	Matam
T. moyenne annuelle	25,0	27,4	28,6	29,3
Amplitude diurne moy.	8,6	15,8	15,3	15,3
Maxima et date	32 (Sept)	40 (Jn)	43 (av.mai)	43 (av.mai)
Minima et date	16 (Jv.Fév)	14 (Jv)	14 (Jv)	14 (Jv.)
Amplitude diurne maxi	13 (Fev.)	20 (Fev.)	22 (av.)	20 (mars)
" mini	6 (jn.jt)	7 (spt.)	10 (Sept.)	10 (Sept)

Moyennes mensuelles

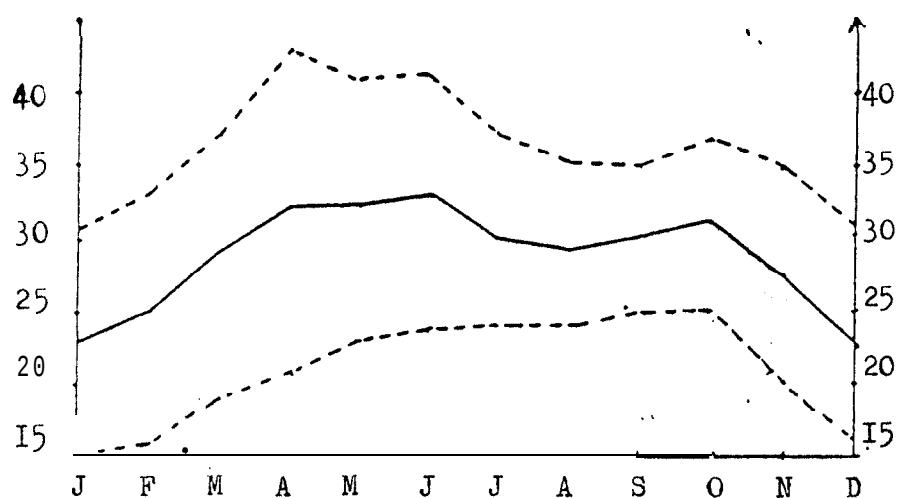
station et période	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année	mini. abs.	maxi. abs.
MATAM 1939-57	23,5	26,4	29,2	32,0	34,3	33,3	30,7	28,8	29,0	30,2	28,2	24,4	29,1	6,8	48,0
PODOR 1939-57	22,8	24,3	27,6	29,9	32,2	32,1	30,8	29,7	29,9	30,4	27,4	23,5	28,4	6,1	46,5
ROSSO 1942-57	22,3	24,2	26,9	28,5	29,9	30,1	29,7	28,9	29,2	29,1	26,9	23,1	27,4	5,5	47,0
SAINT-LOUIS 1926-57	22,0	22,1	22,0	21,5	22,1	23,9	27,5	27,9	28,3	27,8	25,4	23,1	24,6	10,0	42,5

(Voir aussi figures page Y)

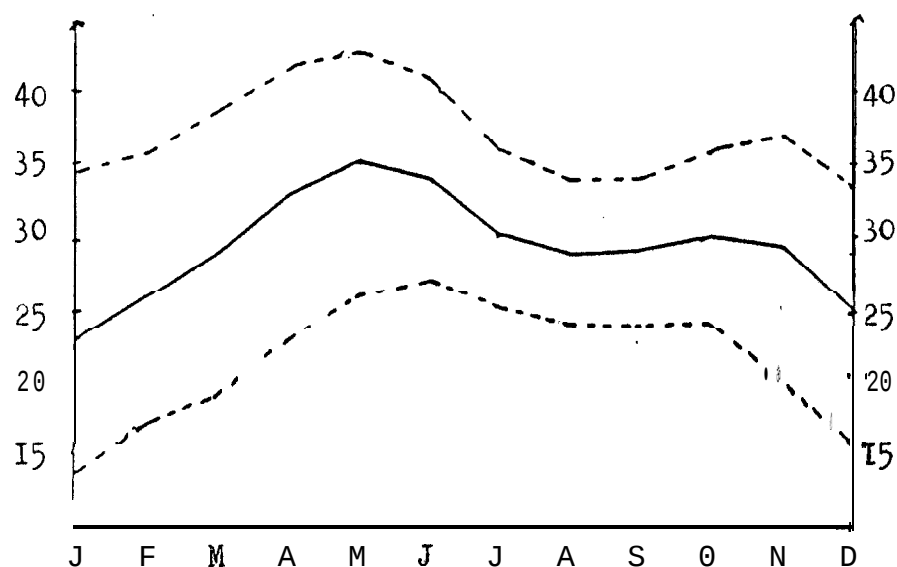
MOYENNES JOURNALIERES DES MAXIMA (T_x) ET DES MINIMA (T_y) et $\frac{T_x + T_y}{2}$ (1931 à 1960)



Températures à SAINT-LOUIS - Moyenne annuelle $25,0^{\circ}\text{C}$



Températures à PODOR - Moyenne annuelle $27,4^{\circ}\text{C}$



Températures à MATAM - Moyenne annuelle $28,6^{\circ}\text{C}$

Les températures

Elles passent par un maximum principal en fin de saison sèche, et un maximum secondaire en fin d'hivernage. On assiste à une hausse des maxima de février à avril-mai (où ils sont toujours supérieurs à 40°C et peuvent atteindre 47°C); les minima suivent cette tendance. En hivernage les maxima baissent tandis que les minima conservent les mêmes valeurs. Après les dernières pluies, les maxima remontent en septembre-octobre, avant de baisser de décembre à février (28 à 30°C); les minima sont souvent inférieurs à 18°C et descendent à 13°C pendant cette saison froide.

On distingue en général trois saisons sur le fleuve : la saison chaude, de mars à mai, l'hivernage de juin-juillet à octobre, et la saison froide de novembre à février; leur durée respective varie suivant les années. Les Toucouleurs distinguent en plus deux saisons intermédiaires, en début d'hivernage (déclenchement des premières bourrasques) et en fin d'hivernage (remontée des températures avant la saison froide).

Le Delta, soumis aux influences océaniques, se différencie un peu du reste de la vallée : les températures moyennes sont plus modérées, et les maxima sont atteints en hivernage. De novembre à mai les températures moyennes restent inférieures à 20°C et l'amplitude thermique est plus faible qu'ailleurs.

Variations : le régime des températures est assez variable d'une année à l'autre, mais beaucoup moins que celui des précipitations.

Localement, des particularités géographiques peuvent influencer sur les températures. En particulier, l'évaporation intense dans l'île à Morphil serait responsable de minima plus bas qu'ailleurs à Guédé; de même, on note une différence de 0,7-0,8°C avec l'extérieur dans les périmètres irrigués, les minima et les maxima y étant plus bas, et l'air plus humide. (Rijks, 1976)

LES VENTS : En saison sèche les vents Nord-Est, Alizée Continental et Harmattan dominant sur la vallée; l'Harmattan, qui souffle de mars à mai, est chaud et très sec; il accentue fortement l'évaporation; ces vents sont le plus souvent peu rapides (< 20 km/h). A St-Louis, l'Alizée Maritime (Nord-Ouest) domine. En fin de saison sèche, lors de l'arrivée des premiers grains orageux, des vents violents soufflent en rafales.

En hivernage, sous le régime de mousson, souffle un vent d'Ouest à faible vitesse.

A ces vents principaux, il faut ajouter les vents plus localisés comme la brise de mer qui souffle sur le delta en fin de saison sèche, ou les vents de sable qui affectent la moyenne vallée en saison chaude.

L'HUMIDITE RELATIVE : (cf Annexe 1.3.) Elle est très variable selon la position du FIT : de 5 % en saison sèche, à 100 % en hivernage.

En moyenne, dans la vallée, elle est inférieure à 20 % de janvier à mai, et supérieure à 50 % en Août-Septembre (où la moyenne des maxima est supérieure à 90%). Le déficit de saturation augmente au cours de la saison sèche, et est plus élevé à Kaédi qu'à Richard-Toll (continentalité)

A St-Louis, l'humidité est beaucoup plus élevée toute l'année et passe de 35 % en janvier à plus de 70 % de mai à septembre ; la conjonction de fortes humidités et de minima encore bas y entraîne la formation de rosée en Avril-mai (21 jours en moyenne).

L'INSOLATION : Le rayonnement astronomique varie de 680 ± 30 Cal/cm-j en décembre (pour 11,2 heures) à 900 en juin (pour 13,1 heures).

Au nord du FIT, 90 % de l'ensoleillement est reçu, mais la présence fréquente de poussières (vents de sable, brumes sèches) fait que le rayonnement au sol en saison sèche est plus réduit. En hivernage, la nébulosité est plus élevée, mais le rayonnement astronomique est aussi plus fort. Au total, le rayonnement disponible est relativement stable, et permet des cultures toute l'année (120 à 300 cal/cm-j de rayonnement net pour un rayonnement global reçu de 400 à 600) (Rijks 1976)

VARIATIONS REGIONALES : à Matam, où on a 3325 heures/an (9 h/j), l'insolation est maximale en mars-avril-mai, et minimale en Août septembre ; à St-Louis, le total est plus faible, 2889 heures (8 h/j), l'insolation est maximale en mars-avril-mai, et minimale en juillet-août-septembre et en décembre-janvier. La différence s'explique Surtout par la différence de nébulosité.

L'EVAPORATION :

Elle dépend du rayonnement, du vent, de l'humidité et de la température. Selon les saisons, elle peut donc varier du simple au double.

Les variations saisonnières et géographiques sont données en annexe. 1.3 (Ces valeurs, mesurées au Piche, ne sont pas très fiables et difficiles à relier à l'ETR, mais sont les seules disponibles pour les comparaisons inter-stations ; les études plus précises menées sur le fleuve sont plutôt faites au bac "classe A")

Les minima sont atteints en hivernage, et l'évaporation est encore modérée de novembre à janvier ; à partir de février, elle subit une très forte augmentation, pour arriver aux maxima maximum en avril-mai ; de février-mars à

juin elle est supérieure à 10mm/j.

Les totaux annuels sont élevés : 3360 mm à **Matam**, 3740 à Podor, 2810 à **Kayes**. **St-Louis** présente la **particularité** d'avoir un total plus faible 2190 mm, avec un maximum en décembre, suivi d'une baisse jusqu'en Août septembre. (cf annexe 1.3.)

1.1.2. HYDROLOGIE

Le régime des crues dépend surtout de la **pluviométrie** sur le haut bassin, la pluviométrie globale n'a pratiquement aucune influence ; les apports en aval étant négligeables, le régime dans les différentes stations peut-être prévu à partir de celui de **Bakel**. L'eau y monte rapidement en juillet, et la crue se propage vers l'aval par une série de pulsations. Le maximum est atteint début septembre à **Bakel**, mi-octobre à **Dagana**. La décrue est ensuite régulière de novembre à mai-juin. (Voir page 13).

Crue et décrue sont **mortis** en aval par l'inondation puis la vidange du **Waal**. (en période de crue, le fleuve **déborde** du lit mineur, et envahit son lit majeur sur une surface variable selon la hauteur de la crue). Le **marnage** y est en particulier beaucoup plus **faible**. (Cf annexe 1.19).

En moyenne, (voir page 13) la date d'apparition de la crue à **Bakel** (100 m³/s) est le 21 juin, le maximum est **atteint** entre le 9 et le 18 septembre, et la décrue (au seuil de 300 m³/s) se produit à partir du 4 décembre. La crue met 5 jours pour atteindre **Matam**, 11 j pour **Kaédi**, 23 pour **Bogué**, 34 pour **Podor**, et 38 pour **Dagana**. Ces chiffres recouvrent une très forte variabilité inter-annuelle : les crues **précoces** commencent le 10 juin (probabilité de début avant cette date ; 10 %), les crues tardives le 3 juillet (10 % de probabilité après cette date). Les **décrues précoces** commencent le 14 novembre (10 % de probabilité avant) et les tardives le 25 décembre (10 % après.) Les dernières années se sont dans l'ensemble caractérisées par des crues tardives et des décrues précoces. L'intervalle 22 Août - 9 octobre englobe 80 % des hauteurs **maxima** (2/3 entre le 28 Août et le 21 septembre) à **Bakel**.

En aval, la date du maximum est moins variable : 80 % des **maxima** entre le 16 septembre et le 23 novembre à **Dagana** (et 2/3 entre le 3/10 et le 25/10). La hauteur atteinte est **également** moins variable (Cf annexe 1.20 & 1.21). Le temps de **propagation** de la crue est également très variable : de **Bakel**, 1 à 23 jours pour **Matam**, 4 à 27 pour **Kaédi**, 6 à 36 pour **Bogué**, 11 à 47 pour **Podor**, et 12 à 55 pour **Dagana**. En gros, les crues faibles se **propagent** plus vite, mais il y a peu de **corrélation** entre ampleur et vitesse de la crue (OMVS 1980). La répétition des irrégularités **annuelles** dans les débits fait ^{qu'il} **apparaître** des séquences plus **sèches**, sans possibilité de prévoir leur durée (voir les moyennes mobiles sur 5 ans en annexe 1.22). La séquence sèche

Débit m^3/s

Débits moyens
1903 - 1968

DAGANA

1600

1200

600

400

Is A M J J A S O N D

Hauteurs d'eau maximales et
minimales chaque mois à
l'échelle limnimétrique (cm)

ROSSO : moyenne des années
1974 à 1979.

Min.

200

150

100

50

0

J F M A M J J A S O ND

Hauteurs d'eau maximales et
minimales chaque-mois à
l'échelle limnimétrique (cm)

PODOR : moyenne des
années 1966 à 1979

450

400

350

300

250

200

150

100

50

0

J F M A M J J A S O N D

actuelle dure depuis 1968. **Lors** de la décrue, le **débit** du Fleuve tend vers zéro, **et il est presque à sec** dans son cours supérieur, tandis **que** la **faible** pente de son cours inférieur permet à l'eau marine de remonter assez loin, souvent jusqu'à Fanaye; et **même** parfois jusqu'à l'embouchure du Doué, un peu **en aval** de Podor, lors de la **conjonction de décrues précoces** et de crues **tardives**, **comme celà** a été le **cas ces dernières années**. Ce n'est que dans la portion comprise entre Thillé-Boubacar (la langue salée remonte **assez** rarement au delà) et le seuil de Bogué (où le fond du fleuve est au niveau zéro) que l'eau douce est disponible **toute l'année**.

1.1.3. LES SOLS

1.1.3.1. HISTOIRE GEOLOGIQUE:

Elle est **essentiellement** Quaternaire :

"La mise en **place** de la couverture quaternaire a été **commandée** Par les variations **paléoclimatiques** et les **oscillations glacio-eustatiques** du niveau marin (Tricart 1954, Michel 1957 et 1960). **Différents** milieux de **sédimentation** ont pu se relayer : par exemple dans la basse vallée, un milieu **lagunaire** responsable de **dépôts à faciès saumâtre** suivi d'un milieu **fluvial** quand l'action de la **crue** est devenue prédominante.

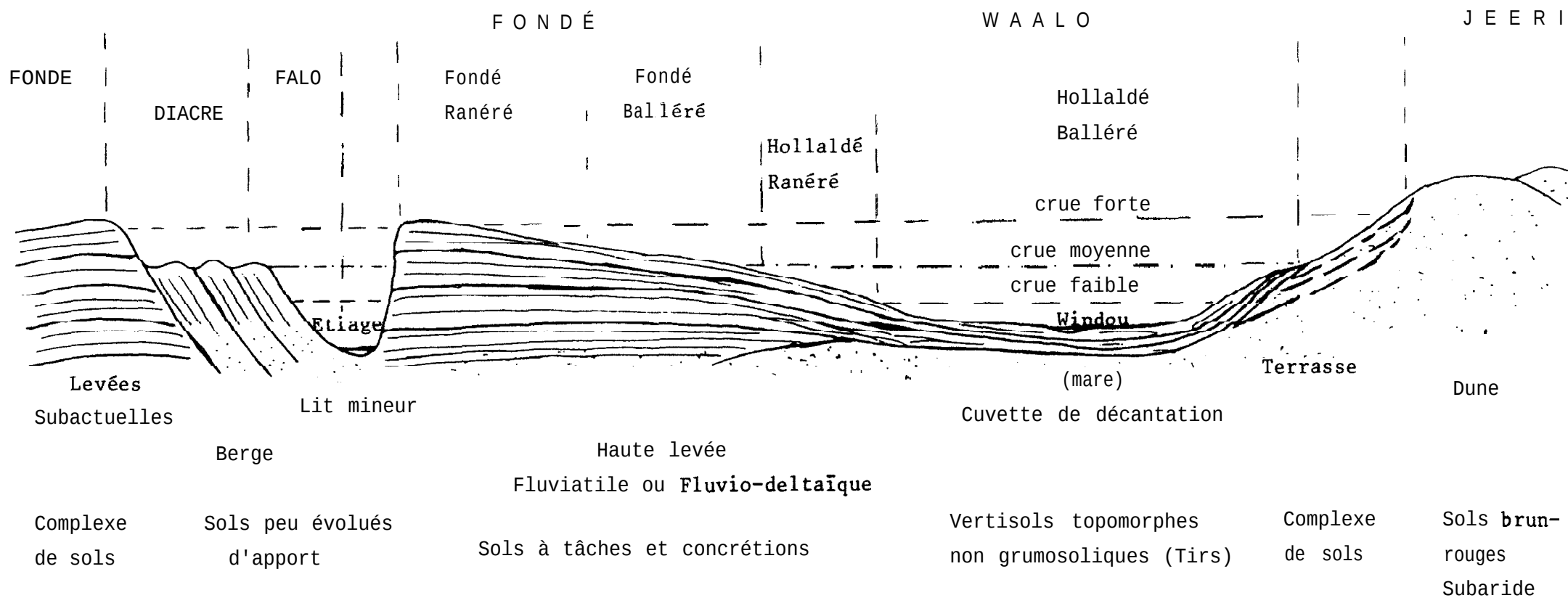
L'apport **d'éléments** fins en provenance du haut bassin, la **proximité** d'un stock important de sables **éoliens**, repris par le **fleuve** et **épandus** dans toute sa vallée alluviale, le remaniement des formations **lagunaires**, expliquent les **différents** aspects **sédimentologiques** et l'imbrication des diverses formations, D'où une succession rapide de couches variées, qui **atténue** l'effet de l'évolution **pédologique** et **multiplie** les pseudo profils". (Maynard, MAS, 1960) Au départ, le golfe qui **occupait** la **basse** vallée s'est **fermé** en une **vaste** lagune correspondant par intermittence **avec** la mer.

La mise en place des **hautes-levées** (Fondé) date de cette **époque** ; leur **côte** **diminue** d'amont en aval (15 m à Matam, 12 à Kaédi, 6 à Podor, 3 à Richard-Toll). Un relèvement des **terrains** et une période climatique plus sèche ont **entraîné** l'arrêt de leur formation ; **elles** sont actuellement sapées à leur base et les matériaux **arrachés** se **redéposent** non loin sous forme de petites **levées** actuelles (Falo). A l'intérieur de ce **système** de levées se sont **trouvées isolées des** **cuvettes** de **décantation** (Walo s.s.) communiquant avec le fleuve par des **ruptures** de levées, et qui retiennent l'eau des crues, qui s'y **décante** plus ou moins longtemps.

Enfin, bordant le lit majeur (Walo s.l.), le Jeeri est une formation le plus souvent sableuse **dunaire**, **témoin** des remblais initiaux traversés **par** le fleuve

COUPE SCHÉMATIQUE DE LA VALLÉE (Echelle Côtes dilatée/distances)

Avec les noms des principales unités :
 . de terroirs
 . morphologiques
 . pédologiques



(D'après Maynard 1960)

au cours de sa formation,

Une coupe transversale de la vallée permet donc de distinguer 4 grandes unités (voir schéma p. 15) :

- le Falo, faisceau de levées actuelles ou subactuelles.
- le Fondé, haute levée fluviale
- le Waalo, cuvette argileuse de décantation
- le Jeeri, formation sableuse dunaire,

Les blocs diagramme des pages suivantes illustrent les variations de l'importance relative de ces ensembles lorsque l'on parcourt la vallée : A Bakel, les sols alluviaux sont surtout des Fondé ; à Matam, des Fondé et des Hollaldé (argile des cuvettes du waalo) ; en aval de Kaédi, essentiellement des Hollaldé.

1-1.3.2, P E D O G E N E S E

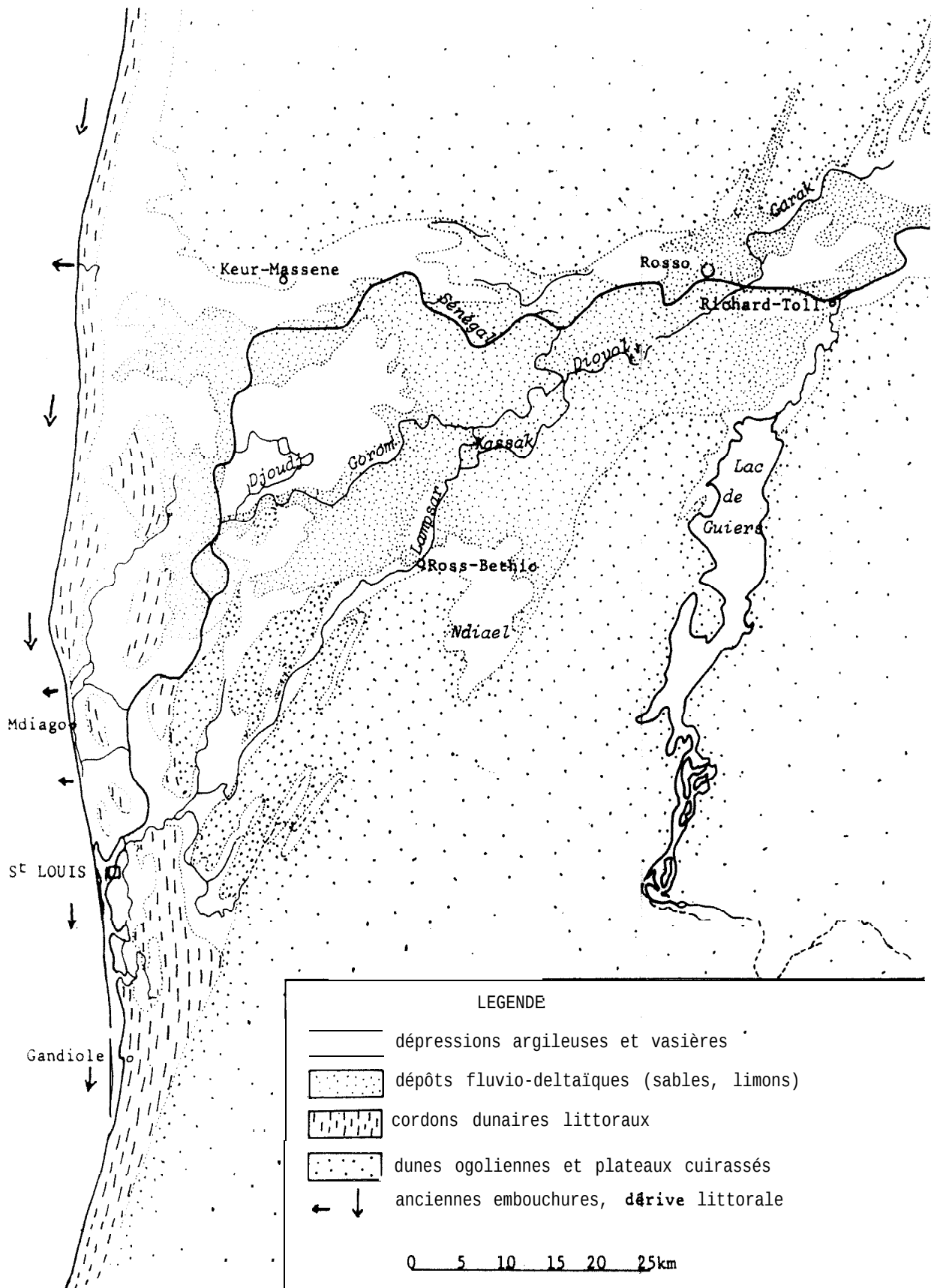
Le climat et la végétation n'ont eu qu'une influence limitée sur la formation des sols (pluviométrie réduite, faible biomasse) ; ce sont surtout les caractères de la roche mère et le régime hydrique (tous deux liés à la topographie) qui ont joué. Seul le Jeeri, exondé, n'a subi qu'une pédogénèse climatique,

Dans l'ensemble, il s'agit de sols jeunes, peu évolués, et soumis à l'hydromorphose.

Des études pédologiques ont différencié une quinzaine de types de sols (SEDAAGRI 1973 par ex.) La classification retenue se base surtout sur la pédogénèse et quelques caractères comme la présence de concrétions, de gleys, etc... Elle est peu maniable pour l'agronome de terrain, et recouvre souvent dans une même classe des sols très variés (Cf texture des sols peu évolués hydromorphes p.21). On la trouvera en annexe 1.27 et 1.28.

La terminologie locale est, elle, "très riche, mais un peu confuse : l'abondance du vocabulaire n'apporte qu'une précision illusoire (pour la vallée toute entière, les mêmes noms pouvant désigner des choses très différentes, ou des noms différents désigner les mêmes choses). Les critères distinctifs reposent à la fois ou séparément, sur la côte des terrains par rapport à la crue, sur la position géographique des lieux par rapport au lit fluvial ou à la bordure de la vallée, sur la nature des matériaux constitutifs, ou celle de la végétation naturelle, sur l'utilisation agricole et le niveau de fertilité." (Maymard 1960)

Avec quelques précautions, son emploi est toutefois assez pratique sur le terrain avec les paysans, et permet soit de retrouver facilement et de nommer les grandes unités morpho-pédologiques, soit au niveau d'un village de différencier assez finement les variations au sein d'une même unité,

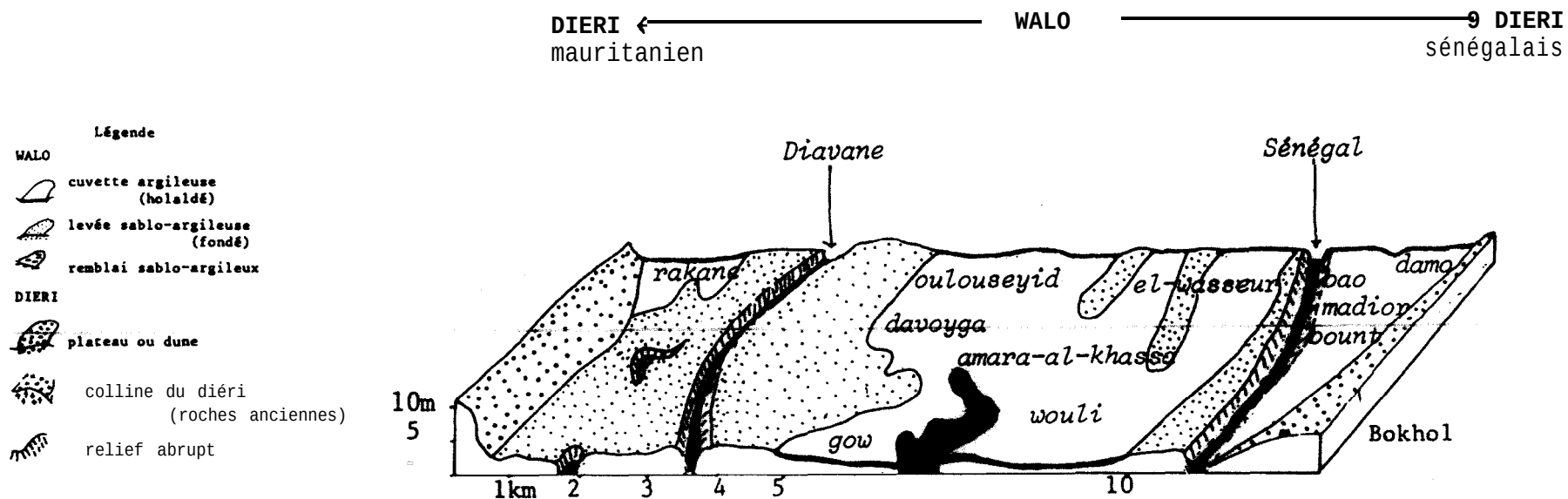


CROQUIS GEOMORPHOLOGIQUE DU DELTA (d'après P. Michel)

(in Lericollais-Diallo, 1980)

BLOC DIAGRAMME B3 (BOKHOL)

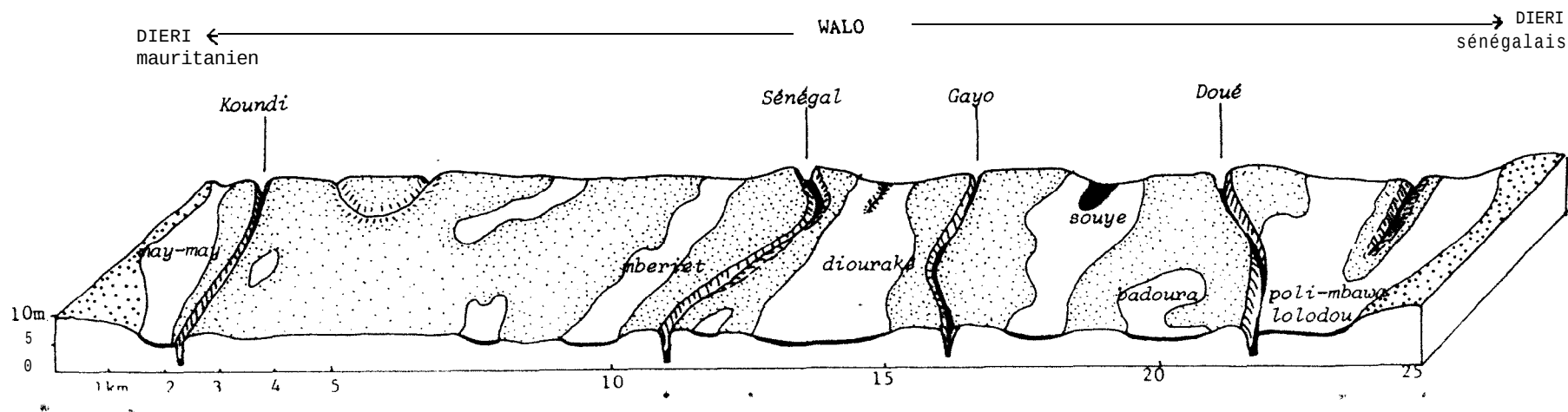
(zone de Dagana)

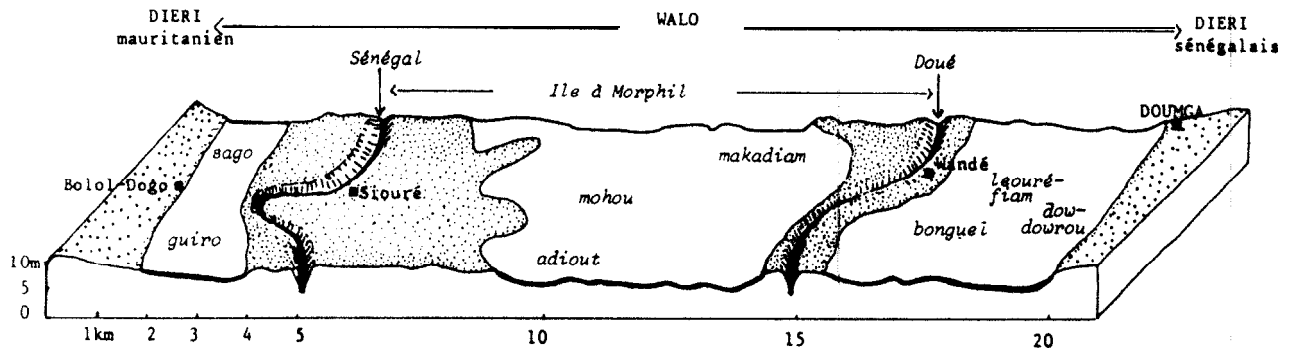


(d'après Lericollais et Diallo, 1980)

BLOC DIAGRAMME C2 (NDIOUM)

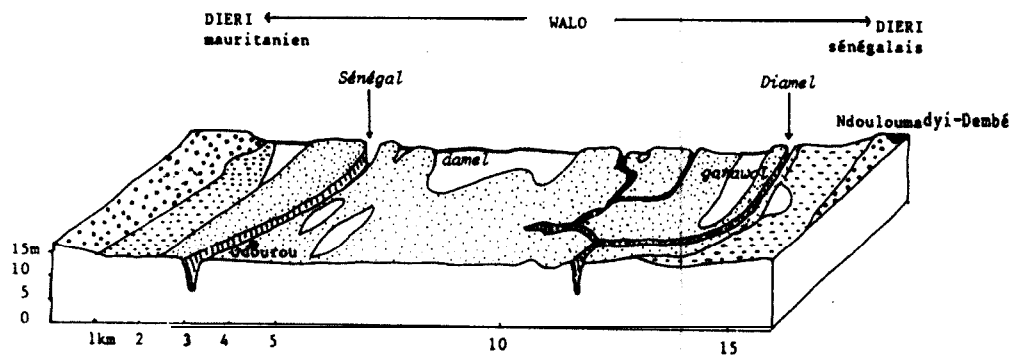
(zone de Podor)





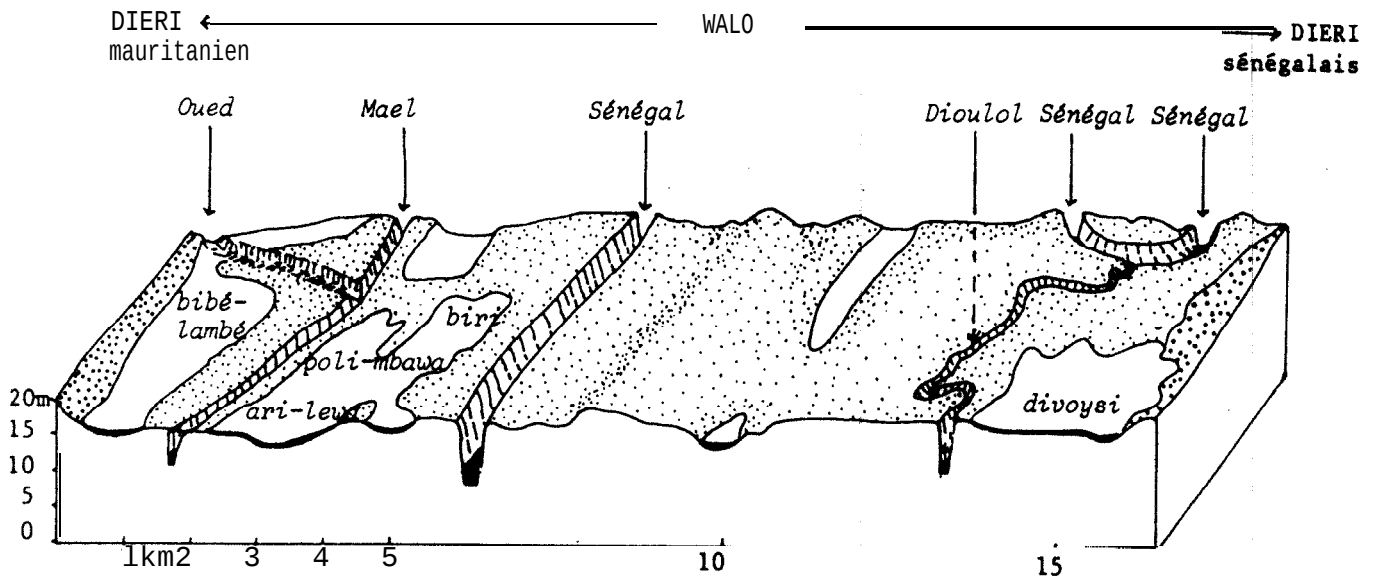
BLOC DIAGRAMME E2 (ODOUROU)

(zone aval de Matam)



BLOC DIAGRAMME F2 (WAOUNDE)

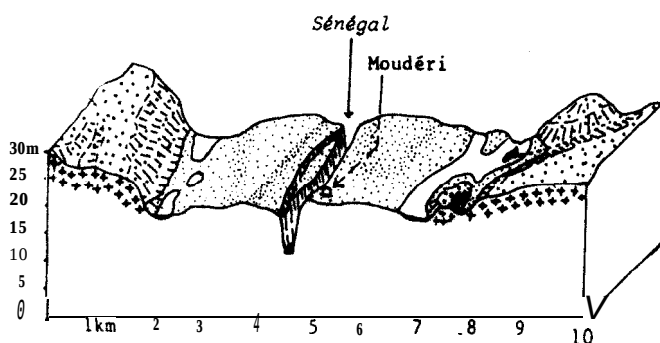
(zone amont de Matam)



BLOC DIAGRAMME G1 (MOUDERI)

DIERI ← WALO → DIERI
mauritanien sénégalais

(zone de Bakel)



(voir légende page précédente)

(d'après Lericollais et Diallo, 1980)

11.3.3. LES PRINCIPAUX TYPES DE SOL :

- LES SOLS DU LIT MAJEUR, OU WAALO (Sensu lato) :

Le régime d'inondation et de vidange annuel fait évoluer ces sols en conditions d'hydromorphose, ce qui se traduit par la présence fréquente de tâches d'oxydo-réduction, parfois accompagnées de concrétions. Dans la zone la plus basse, les sols ont subi une **vertisolisation** (évolution par mouvements internes homogénéisant le profil sous l'alternance des gonflements-retraits) induite par la composition de la roche mère (argiles minéralogiques, dont en particulier la Montmorillonite).

- les sols des cuvettes (ou waalo sensu stricto) : Hollaldés. Ces sols sont soumis à une submersion de longue durée, pratiquement **systématique**. (30 à 120 jours environ).

Ce sont des **vertisols** (cf supra) topomorphes non grumosoliques (pas d'horizon superficiel différencié), ou **tirs**, qui se développent sur des argiles de décantation correspondant à une **sédimentation** actuelle. La teneur en argile est variable, surtout en fonction de la **côte** (cf page 21 et annexe 1.2.4 les gammes de variations), mais elle est toujours **supérieure à 35 %**, et ces sols présentent des **fentes** de retrait importantes. En profondeur, 0,80 à 3 m, (plus profond en amont), on trouve souvent du sable.

Dans les parties basses, on trouve des argiles lourdes et compactes, les Hollaldé Balléré, de couleur noire. Plus haut, la texture est un peu plus légère, et la couleur plus claire, ce sont les Hollaldé Ranéré. Enfin sur le bord des cuvettes ces argiles deviennent sableuses (ou avec du sable à faible profondeur) ou sablo-ferrugineuses, de couleur rouge et grise avec des **concrétions** : ce sont les Hollaldé Waka, Waka Didjou, ou Kola Waka.

La nappe se trouve à une profondeur variable, 1 mètre à 1,5 mètre en aval, à 4-5 mètres en amont.

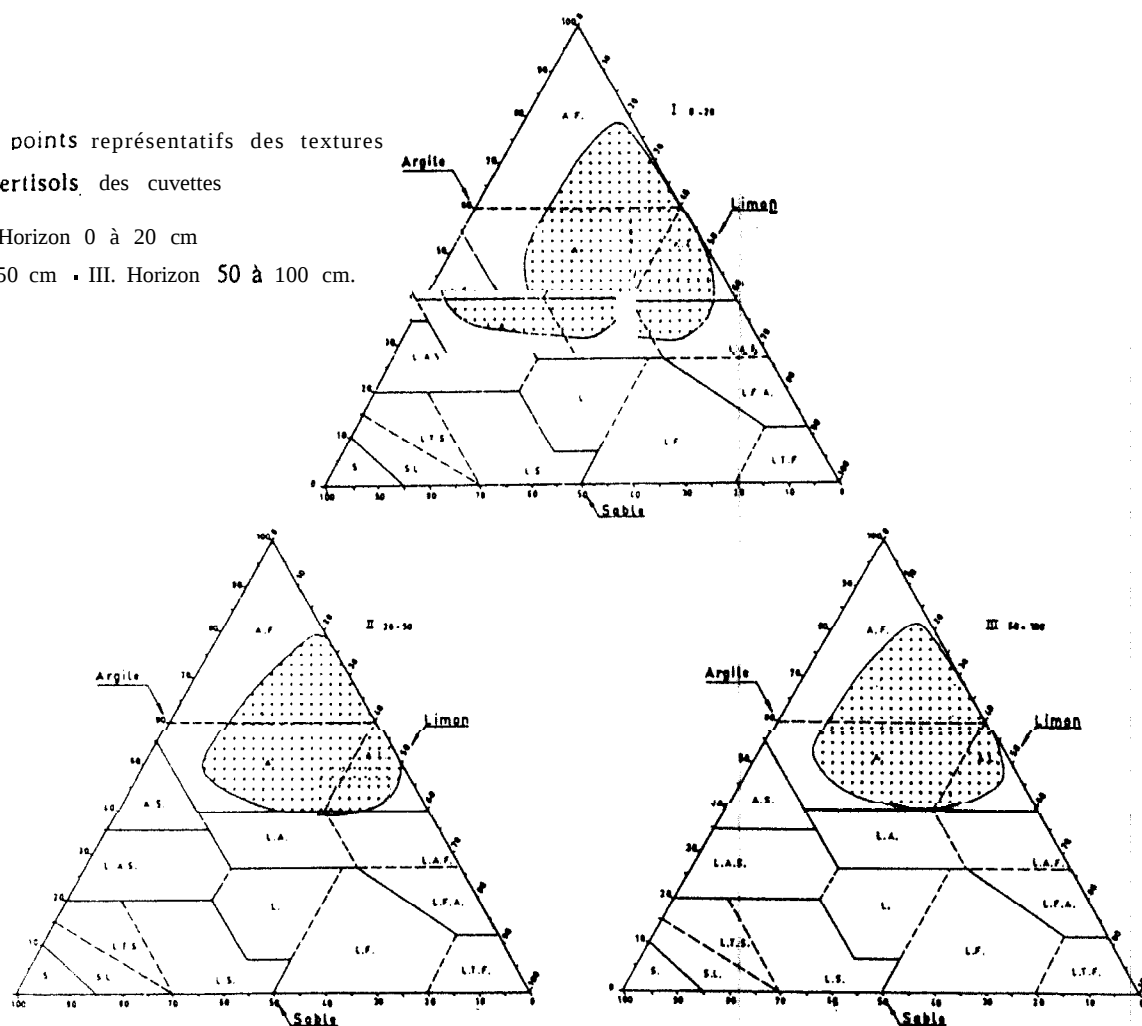
Les fonds de cuvette sans exutoire sont occupés par des mares (Vendou), et la submersion y dure plus de 150 jours. On y trouve des sols argileux hydromorphes à gley (présence de fer réduit à l'état ferreux donnant au profil une couleur gris bleuté à gris verdâtre). Des gleys de profondeur se rencontrent aussi sous les sols précédents.

Enfin, on trouve aussi des sols peu évolués, sur dépôts récents, très localisés, les Walléré. Ils sont proches des Balléré mais moins argileux et moins compacts, et bariolés de rouge et de jaune. Ces terres se présentent en bandes

Répartition des points représentatifs des textures
des **vertisols** des cuvettes

I. Horizon 0 à 20 cm

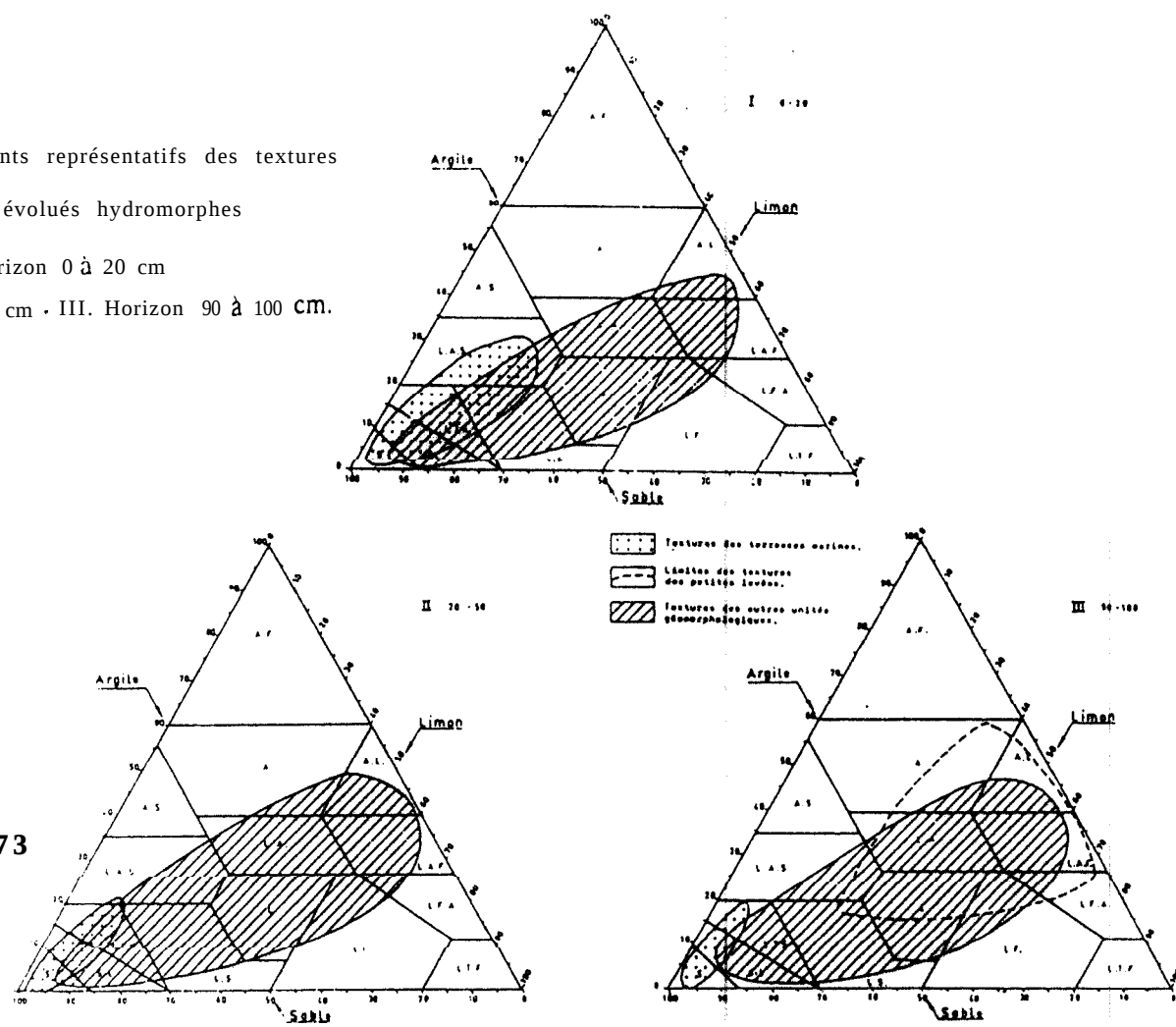
II Horizon 20 à 50 cm • III. Horizon 50 à 100 cm.



Répartition des points représentatifs des textures
des sols peu évolués hydromorphes

I. Horizon 0 à 20 cm

II Horizon 20 à 50 cm • III. Horizon 90 à 100 cm.



SEDAGRI 1973

allongées, mobiles dans le sens du courant, au débouché des chenaux (outre ces waalo Walléré, on trouve aussi des Fondé Walléré, terme qui désigne également des zones enrichies par le bétail), Les baïdés sont des "terres mortes", affleurement d'argile salée, ou zone humide (nappe proche de la surface), Le pH de ces sols de waalo est le plus souvent neutre à légèrement acide, mais il peut être franchement acide (pH4) ou franchement basique (pH9). (Cf annexe 1.25).

La teneur en Matière organique est faible, 0,5 à 7 %, elle décroît régulièrement en profondeur (descentes de débris végétaux dans les fentes de retrait),

→ les sols du système de grandes levées (fluviales ou fluvio-deltaïques) bordant le Fleuve et les principaux marigots : Les Fondé. Ils sont à l'abri des faibles crues, et la submersion y dure environ de 0 à 40 jours. Ce sont des sols peu évolués d'apport, hydromorphes, à taches et concrétions. Ces taches irrégulières de couleur variable (blanchâtre, grisâtre, jaunâtres ou brunâtres), et les concrétions ferro-manganésiques sont caractéristiques de ces sols. En surface, il présentent un aspect lisse; la granulométrie est très variable aussi bien en surface qu'en profondeur (cf page 21).

Dans les parties basses, inondables, on trouve des sols sable-argileux, assez foncés, les Fondé Balléré. Les parties hautes, rarement inondées, sont occupées par des sols sableux (sables fins) et plus clairs, les Fondé Panéré.

On trouve aussi des buttes plus sableuses sur ces levées, les Fondé Toguéré et Fondé Diéri, correspondant probablement à d'anciennes terrasses arasées. (on les trouve aussi dans le waalo ; par extension ces termes désignent les surfaces impropres à la culture de décrue, car trop sableuse, ou imperméables). Les Itité sont des sols intermédiaires entre waalo et Fondé.

En profondeur, on retrouve, comme sous les waalo, des sables, à une profondeur variable.

Les levées fluvio-deltaïques, présentes en aval de Bogué, sont du fait de leur formation en milieu lagunaire, imprégnées de sels résiduels qui n'ont été que partiellement lessivés par les eaux douces"

Les sols Fonde ont un pH variable, 5 à 9 (cf annexe 1.25) mais en général plutôt légèrement acide, Leur teneur en matière organique est faible (0,3 à 1,5 %)

→ les sols du système des petites levées : Falo (pluriel Pale), Ces sols situés sur les berges en pente douce correspondent à des dépôts actuels (à chaque crue) ils ont des textures sableuses à argilo-sableuses. A leurs côtés, on trouve, disposés en croissant entre Falo et Fondé (évolution des méandres), des sols peu évolués, sablo-argileux, hydromorphes, à pseudogley, les diacré (levées subactuelles), Ce terme peut aussi désigner des terres de mauvaise qualité.

- les sols de transition entre vallée et exondés : Le Jejegol correspond au glacis colluvial ou au liséré de terrasses (du Nouakchottien) formant le talus bordant le Jeeri.

Ces sols rarement touchés par la crue sont très hétérogènes : sols bruts d'apport éoliens peu évolués modaux (regosols), bruns-rouges subarides, hydromorphes à concrétions ou pseudo-gley. Dans l'ensemble leur texture est grossière, sableuse ou gravillonnaire, et l'hydromorphie fréquente. On trouve des gleys sous les Dopéré, zones d'épandage latéral des eaux de pluies, qui y stagnent longtemps.

- LES SOLS HALOMORPHES (plus de 0,2 % de sels sodiques).

Ces sols, qui se rencontrent surtout dans le Delta, et de façon sporadique jusqu'à Podor (cf annexe 1.26), sont marqués par la présence de sel, mais sont morphologiquement très proches des autres types de sols hydromorphes précédemment décrits.

On trouve des sols à encroûtement salin superficiel (ou solontchaks vifs), et des sols à horizon supérieur friable. Ces sont souvent des sols assez lourds (type Hollaldé), avec 70 à 80 % d'argile + limon, peu perméables. La nappe phréatique hyperchlorurée, et alcalinisante, est à faible profondeur (1-1,5 mètre). On trouve des gleys (salés) dans les zones submergées en quasi permanence.

On rencontre également, rarement des sols à structure dégradée, les sols salins à alcalis ($\text{pH} > 8,5$), qui se dispersent lors de submersion par l'eau douce.

Les solontchaks vifs sont abondants dans tout le delta (surtout dans la zone littorale), et ne dépassent pas Dagana. Les cryptosolontchaks se rencontrent jusqu'à Podor, en alternance avec les sols hydromorphes plus nombreux. On les trouve encore, plus rarement, jusqu'à Bogué. Cette salure foiesile concerne essentiellement dans la moyenne vallée les sols de bourrelet de berge et les bords de cuvette (levées fluvio deltaïques, cf supra).

- LES SOLS DU DIERI

Ces sols situés hors de la vallée se sont formés en conditions aride ou subaride, et ont été peu touchés par des phénomènes d'altération, d'hydrolyse ou de lessivage. Leurs horizons sont peu différenciés, la diminution régulière de la matière organique en profondeur étant le caractère le plus important, (elle provient essentiellement de la décomposition des racines).

Au nord de Thilogne (partie aval de la vallée), ce sont surtout des sols bruns-rouges isohumiques, se développant sur des zones à texture légère (sable des dunes rouges fixées, ou grès). Le taux d'argile est faible ($< 5\%$), de même que le taux de matière organique (0,3 à 0,6 % dans les 50 premiers cm).

Au Sud, on trouve également des **sols** bruns moins profonds, plus foncés, à **teneur** en matière organique plus **élevée** ($> 1 \%$) et bien **répartie** dans tous les **horizons**, les **sables** Dior.

Dans cette zone, et vers Bakel, on rencontre des sols gravillonnaires peu évolués, sur cuirasse ferrugineuse ou sur quartzite ; Ils sont peu épais, à texture grossière, et **présentent** souvent une hydromorphie temporaire en saison des pluies.

Les **sols** les plus fréquemment rencontrés, sont, outre les Jeeri sur le bord de la **vallée**, les Fondé et les Hollaldé. Les autres occupent des **surfaces** très réduites. (cf Superficies/type de **sol** en annexe 1.28)

1.2. FONCTIONNEMENT DES PEUPEMENTS VÉGÉTAUX DANS CE MILIEU

1.2.1. LES CONTRAINTES CLIMATIQUES

1.2.1.1. Les Températures

a) Pour les cultures de riz

. **Influence sur le cycle** : pour les **variétés** non ou peu **photopériodiques**, cette influence est primordiale (elle existe aussi pour les **variétés photopériodiques**) :

+ les **pourcentages de germination** sont **affectés** dès qwl'on descend en dessous de 19% (**indica**) et le blocage est total vers 13-16°C (selon **variétés**)

+ le **zéro de végétation** (variable selon les **variétés**) est d'environ 15°C pour les **indica**, et la **durée** des **différents** stades dépend des **sommes de température** en **degré-jour** au-dessus de ce zéro : ainsi pour la phase **semis-floraison**, il faut 70 jours environ à TN 1 avec des **températures** minima de 30°C un **moyenne**, et 170 jours si la **moyenne** descend à 18°C. (Lucido 1976). Il en **résulte** une **durée totale** de **cycle** variable selon les **époques** de **culture** : pour TN 1, le **cycle** est **bouclé** en 115-120 jours en hivernage (moins si les **températures** sont au-dessus de la **normale**), 130 j. avec des semis de **contre-saison** fin-février-début-mars, 145 j. avec ceux de la mi-janvier, 160 j. avec ceux de **début** janvier, et 170-180 j. avec les semis de **contre saison** froide en novembre-décembre (jusqu'à 195 j. en **année** très froide)

(Lucido 1976, Rijks 1976)

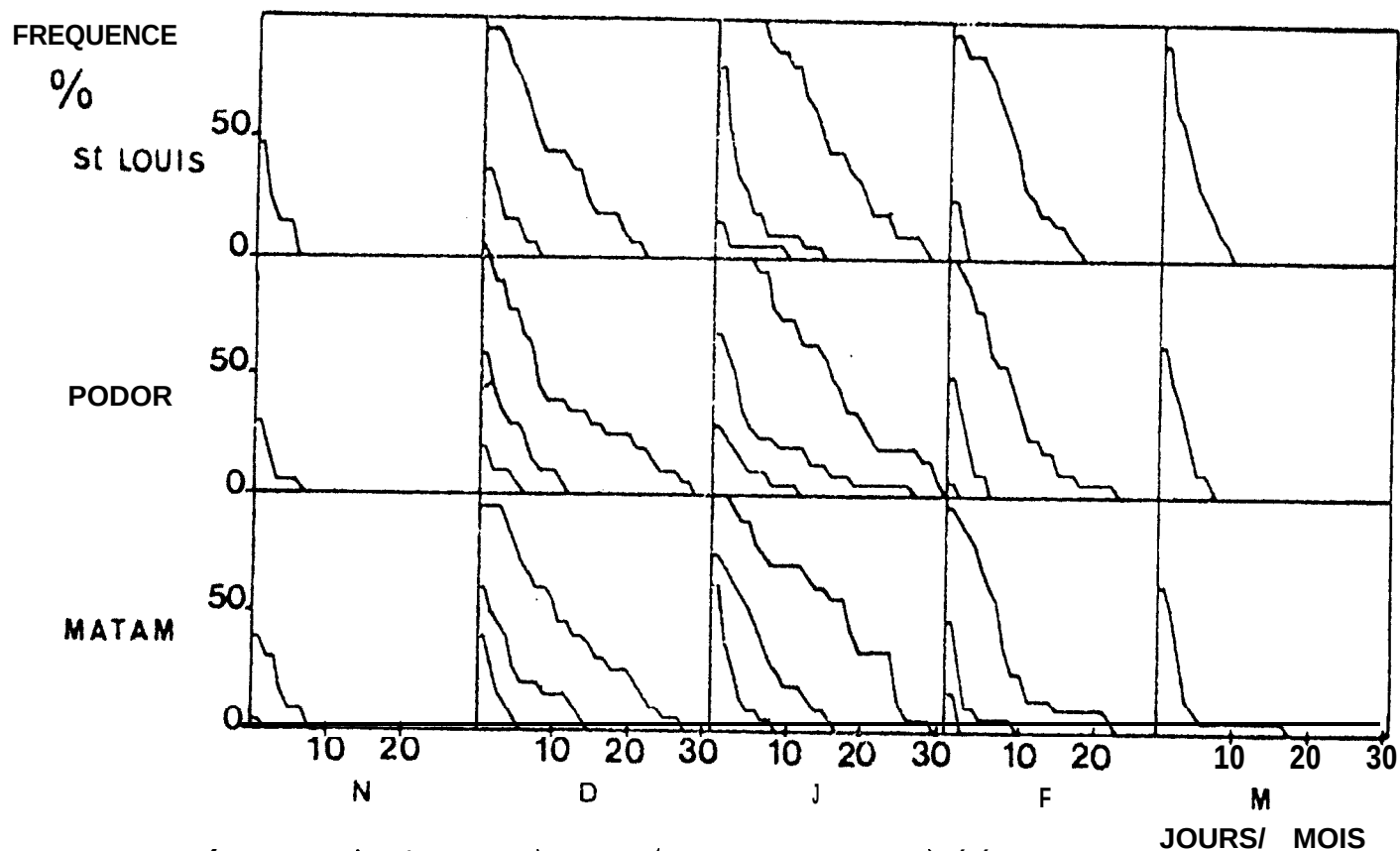
Il en est de **même** pour les autres **variétés** (voir en annexe 1.4. et 1.5. les **cycles** de IKP et IR8 selon les **saisons**)

En particulier, pour les semis de **contre-saison** chaude, les **températures** (eau, sol, air) ne remontent **systématiquement** au-dessus de 15°C que fin **février**, et les **semis** effectués **début** mars **arrivent** donc souvent à **maturité** en **même** temps que ceux de janvier et **février**.

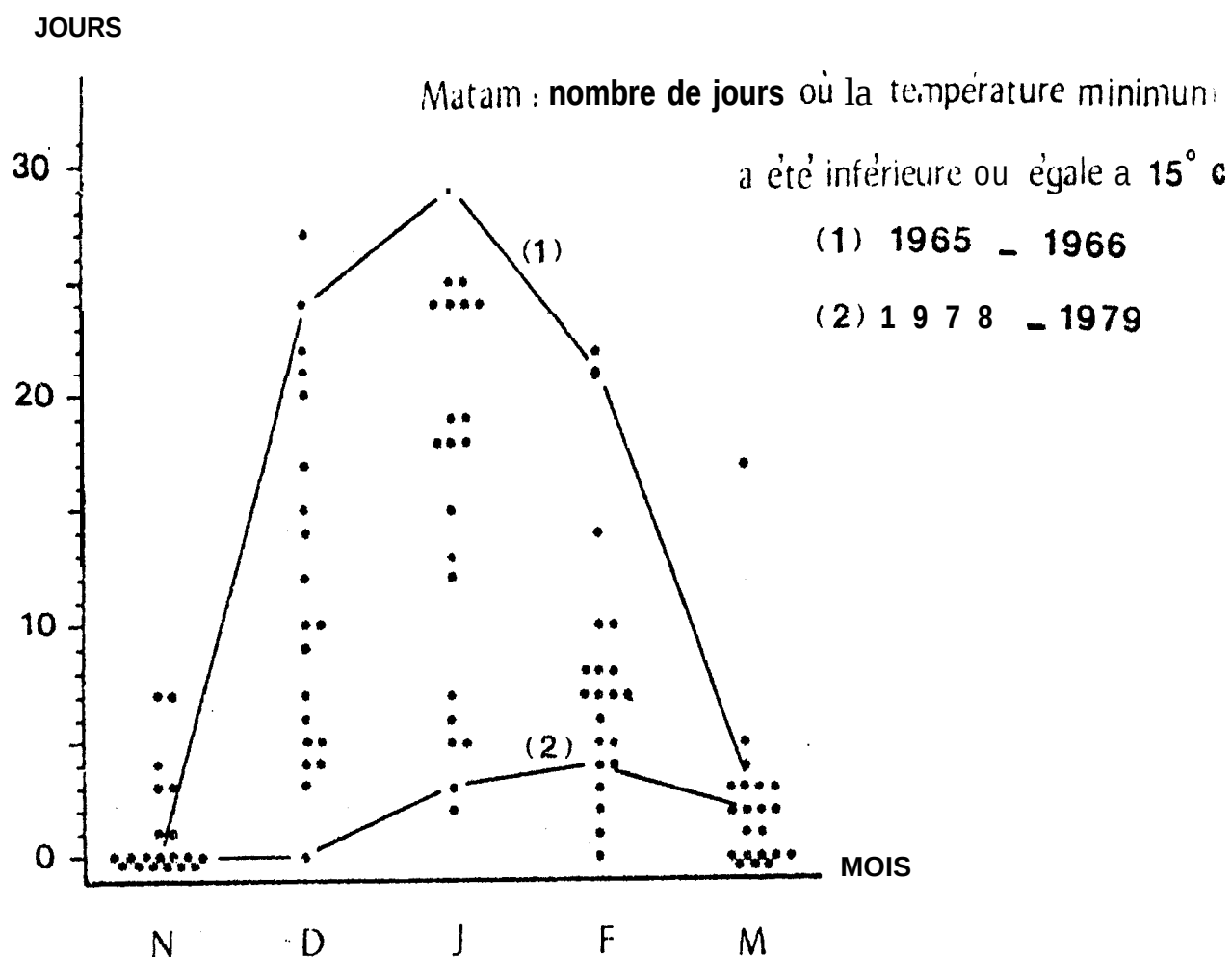
. **Influence sur le rendement** : Les **températures** minimales et maximales peuvent jouer sur les **rendements** ; les seuils de sensibilité à considérer **varient** selon les auteurs (Cf annexe 1.6)

Les **hautes températures** (fréquence en annexe 1.5.) provoquent des **troubles** de **fécondation**, dus surtout à la stérilité du pollen au-dessus de 42-43°C.

Pour Rijks (1976), la **floraison** du **riz** s'étalant sur 4-5 jours pour une **panicule**, on peut considérer que l'avortement est total si on a un vent fort (5m/s) soufflant pendant quatre jours avec une **humidité relative** inférieure à 10 % ou des



Fréquence des jours où la température minimum a été inférieure ou égale à 15°C., 12°C., 10°C. pour les **mois** de novembre, décembre, janvier, février et mars.



températures maxima supérieures à 40°C, ce qui se produit 1 année sur 3 à Podor (et dans un cas sur deux, c'est au mois de mai). A Kayes, la fréquence est plus élevée, et centrée plus tôt dans l'année (cf Annexe 1.7.)

Les risques sont bien sûr accentués si l'alimentation hydrique de la plante n'est pas optimale, ils sont également plus importants dans les PIV où l'énergie reçue par advection peut-être importante.

Dans la phase végétative, des problèmes de croissance se posent au dessus de 44°C, mais ces valeurs sont exceptionnelles sur le fleuve, Pour les semis précoces d'hivernage, il y a un risque de blocage de la germination-levée avec les fortes températures de mai, accentué par les fortes évaporations à cette époque.

Mais les effets de ces fortes températures restent en pratique mal connus ; ils semblent être limités : Lucido (1976) a trouvé une corrélation négative, mais faible (- 0,37) entre les températures maxima et. le rendement,

Les basses températures ont des incidences sur toute la végétation du riz, (cf annexe 1.6.) mais leur effet dans la région est surtout grave à la floraison :

En dessous de 15°C pour les 0. indica et 12°C pour les japonica, (environ), la croissance (aérienne et racinaire) est arrêtée.

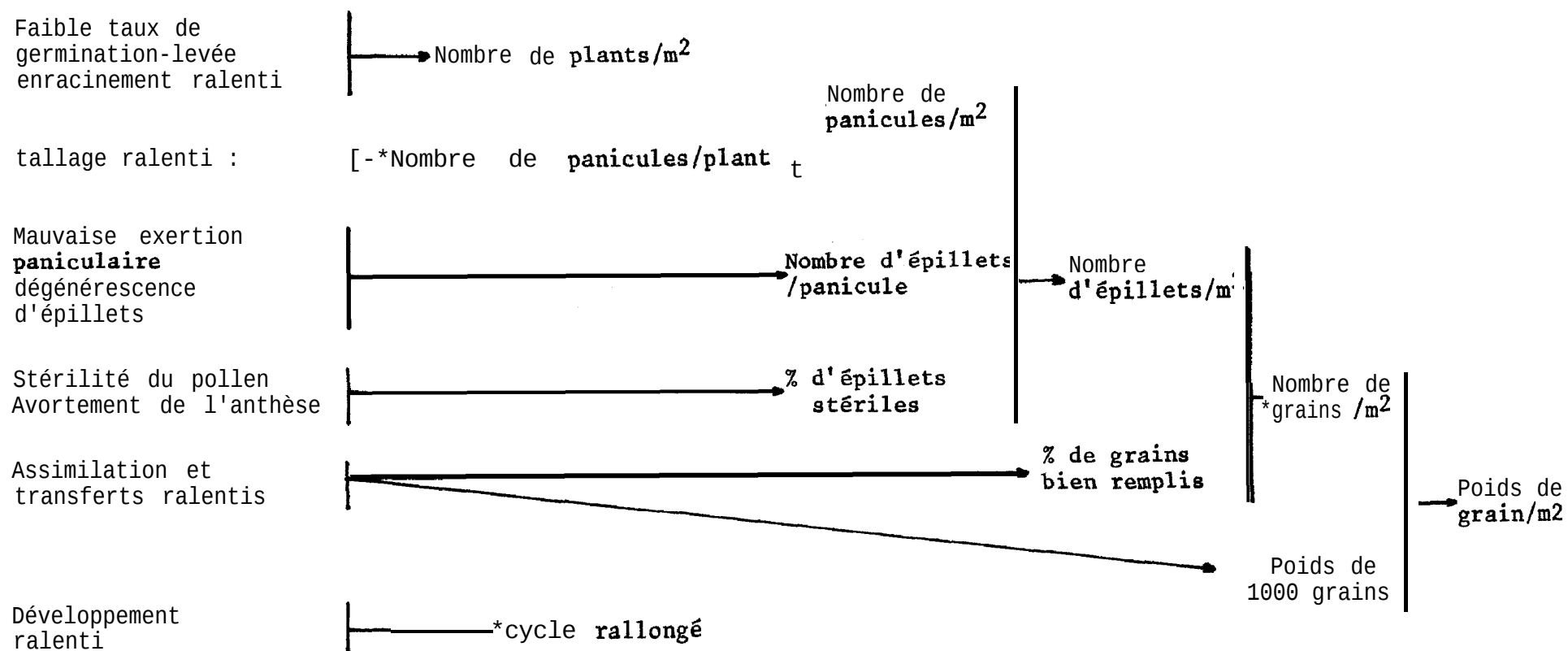
Les faibles températures de saison froide provoquent donc un allongement de la longueur des cycles (cf Supra), mais jouent peu sur le rendement si le riz n'est pas en phase reproductive, sauf pour des températures très basses, 10°C pendant 10 jours (IRRI 1979), ce qui ne se rencontre pas sur le fleuve.

En fin de culture d'hivernage l'occurrence de températures faibles entraîne un fort taux de stérilité des épillets (stade le plus sensible : de 15 à 5 jours avant épiaison, pendant la méiose du pollen et la fécondation) ; et des émergences incomplètes de panicules.

Pour le remplissage des grains, la durée de la phase de maturation est allongée, mais il n'y a pas de baisse de rendement si l'insolation est @levée ; les basses températures nocturnes auraient plutôt une influence favorable en réduisant la respiration (Thon That Trinh, 1976) ; ceci tant, qu'elles ne sont pas trop basses : en effet au-dessous d'un seuil (environ 15°C), et surtout pour le début de la maturation, ces températures basses peuvent entraîner un remplissage incomplet des panicules, la photosynthèse et les translocations étant très ralenties.

On peut retenir à peu près comme limite à partir de laquelle les rendements sont touchés des minima de 14-16°C (variable selon les variétés, les indica et les

PRINCIPAUX EFFETS DU FROID SUR UNE CULTURE DE RIZ DANS LA VALLEE DU FLEUVE
ET CONSEQUENCES SUR LES COMPOSANTES DU RENDEMENT



(d'après Kaneda, IRRI 1979)

indica x japonica étant plus sensible que les japonica pour lesquels ce seuil peut descendre à la 10°C) pendant 4 jours ou plus durant la période 15 jours avant - 15 jours après épiaison (IRRI 1979).

En contre-saison, les problèmes se posent surtout au moment de la germination-levée ; en dessous des seuils de 13-16°C (Cf Supra) les levées sont étalées, irrégulières (le niveau d'eau joue, en relation avec le plannage), et le peuplement pied/ha est faible, et hétérogène, Le tallage peut aussi être diminué.

Au moment de la maturation, les températures nocturnes fraîches (mais non limitantes) constituent plutôt un atout (amélioration du taux d'assimilation nette, Cf supra) pour ces saisons,

On a résumé page 28 les principaux effets du froid dans la Vallée.

Les fréquences des jours froids pour les seuils

de 15°C, 12°C et 10°C sont donnés page 26 .

La cas particulier de Matam illustre la grande variabilité interannuelle. Pour les cultures d'hivernage, les risques commencent environ au 15 novembre. On a noté partout sur le fleuve une décroissance des rendements avec les semis tardifs, pouvant aller jusqu'à l'annulation de la production (Boundoum 1980, Guédé-CUMA 1981,...)

Pour la germination-levée des contre-saisons, les risques sont importants de début décembre à mi -février.

Modifications du climat dans les rizières (Rijks 1976) : si au delà de 50 cm de profondeur l'amplitude thermique est négligeable, elle peut encore atteindre 32°C en mars-avril-mai jusqu'à 20 cm. Dans un sol nu non irrigué, la température descend rarement au dessous de 12°C, mais sous gazon, elle est inférieure de 2°C le matin, et de 8°C le soir ; l'irrigation accentue cette tendance ; on a ainsi mesuré dans les rizières du fleuve des températures de l'eau inférieures à 12°C en surface, et inférieur à 15°C au fond, Or l'apex se situe entre ces deux zones, le développement des indica est donc stoppé, On note aussi que plus la lame d'eau est épaisse, plus les différences de température à l'interface eau-sol sont atténuées, ce qui permet une meilleure activité apicale ; (encore faut-il que le riz supporte cette submersion), De plus on note de nets écarts de température selon l'importance de la végétation : entre une rizière de plantules et une rizière fin tallage, l'effet combiné de la lame d'eau et du peuplement végétal (réduction de la turbulence) induisent une différence de 3°C pour les mini, 8°C pour les maxis (la rizière la plus âgée étant la plus tempérée),

Enfin en cas d'harmattan précoce fin février; la température peut baisser fortement (3 à 4°C) par augmentation de l'évaporation, ce qui diminue l'activité racinaire à un moment où l'ETM augmente, d'où des risques accrus de déficit.

b/ Pour les cultures de blé : (d'après Lucide, 1976)

La durée du cycle est liée à la température ; ainsi pour la phase semis-épiaison, une somme de températures d'environ 800°C est nécessaire (somme des minima). Mais cette relation est assez lâche, car plus les températures maxima sont élevées, moins le total nécessaire est important : il faut une somme de températures maxima de 1450°C pour l'épiaison si la moyenne des maxi est de 29°C, 770 si elle est de 38°C.

L'influence sur le rendement est très importante : le blé a des exigences thermiques assez strictes, et sa culture sur le Fleuve est limité à la saison froide.

La précocité des semis est limitée par les températures encore élevées du mois d'octobre (maximum secondaire), car la formation du système racinaire et la croissance des talles demandent des températures inférieures à 27-28°C. Pour les dates de semis tardives, ce sont les risques d'échaudage et d'avortement en fin de cycle (retour des hautes températures et de l'harmattan) qui sont limitants. (ce d'autant plus que les semis tardifs ont souvent des cycles plus longs, les températures étant alors plus basses en début de végétation, cf supra).

L'échaudage est surtout lié aux ETP élevées mais la relation avec les températures est également assez nette : il débute pour des températures maxima supérieures à 30-31°C, et est total vers 38°C ; or sur la base des données météo (Cf annexe 1.7., ces données sont sur une période un peu courte pour que les chiffres donnés soient très fiables) les risques d'occurrence de températures 30°C sont de 13 % en janvier, et de 25 % en février ; même pour les semis précoces (début novembre) les risques d'échec ne sont donc pas absents (le cycle total dure environ 95-115 jours).

Avec un semis à la date optimum, première décade de novembre, (et un rendement moyen visé de 4 T) on peut espérer avoir un rendement supérieur à 4,5 T. une année sur cinq, à 4,2 T. une sur deux, à 3,7 T. trois sur quatre, et à 2,6 T. neuf années sur dix. Le décalage des dates de semis fait baisser sensiblement les rendements que l'on peut espérer :

Pour les dates de semis suivantes, en prenant une sécurité de trois années sur quatre, on aura des rendements supérieurs ou égaux à :

2 ^o décade	3 ^o décade	1 ^{re} décade	2 ^o décade	3 ^o décade	1 ^o décade
octobre	octobre	novembre	novembre	novembre	décembre
3,0 T.	3,3,4 T	3,7 T	3,3 T	3,1 T	2,3 T

En station, où les dates de semis sont assez bien **contrôlées**, les variations dans les rendements étaient **expliqués à 70 % par le climat**.

c/ pour le maïs :

- la durée de cycle est reliée aux sommes de **températures** moyennes de façon assez nette ; il faut au total 1450 à 1650° jours (selon les variétés) pour arriver à l'épiaison femelle. Les durées de cycle vont donc varier suivant les saisons, environ 80 jours en hivernage, 100 en saison chaude, et 120 en saison **froide** (durées variables selon le climat de l'année).

Les exigences en températures minima, 10°C au moins, sont pratiquement toujours **satisfaites** (Cf fréquences des températures froides page 26). Il n'y a donc pas de problème de date de semis de ce point de vue.

- Le rendement est très lié aux conditions climatiques en **général** ; les fortes températures et l'harmattan entraînent en particulier des avortements : des essais ont montré des corrélations étroites du rendement avec les paramètres température et vent (0,89), et évaporation (Cf infra). (Lucido 1976). Les rendements maxima seront donc atteints en plaçant la phase la plus sensible (floraison-début de maturation) dans **les creux thermiques** : décembre-janvier en contre saison (semis en octobre-novembre) où on peut espérer 4 T., août-septembre pour l'hivernage (semis fin juin) où on descend à 2,5 T.

Selon la saison de culture choisie, et pour les dates optimum à chaque fois, les rendements minima que l'on peut espérer (sur la base d'un rendement moyen de 4 T. en saison froide) pour divers seuils de **sécurité** sont les suivants : (Lucido 1976)

probabilité : 1 année sur 5 1 sur 2 3 sur 4 Y sur 10

S A I S O N :

froide (**semis 2e**

décade octobre)	4,6 T	4,2 T	3,9 T	3,6 T
-----------------	-------	-------	-------	-------

chaude (**semis 2e**

décade février)	2,1 T	1,6 T	1,3 T	1,0 T
-----------------	-------	-------	-------	-------

hivernage (**semis 3e**

décade juin)	3,1 T	2,7 T	2,5 T	2,1 T.
--------------	-------	-------	-------	--------

En contre saison chaudes, les rendements sont toujours très aléatoires, et très bas, En hivernage, ils restent modestes bien que plus **élevés**. En contre-saison froide, ils peuvent atteindre des valeurs importantes.

Des décalages dans les dates de semis entraînent à chaque fois des chutes de rendement : en contre saison froide, les retards à l'implantation font tendre les rendements vers ceux de **saison** chaude (il n'y a pas de limite entre les deux saisons de culture en pratique, et les semis de saison chaude correspondent plus souvent à un retard dans la saison froide qu'à un choix délibéré Pour cette saison) car les **risques d'avortement** (harmattan et hautes températures) sont accrus.

En hivernage, les maxima secondaires d'octobre, peu élevés, posent moins de problèmes (mais les pluies et les parasites imposent des contraintes au calendrier, cf infra)

a/ Pour le **sorgho** : cette plante a un comportement voisin de celui du maïs, mais elle supporte mieux les fortes températures. Sa culture est possible en toutes saisons, mais les rendements de contre-saison chaude sont faibles,

Les dates de semis donnant les meilleures **espérances** de rendements sont octobre-novembre pour la saison froide, fin juin pour l'hivernage, et fin janvier-&* février pour la contre **saison** chaude.

e/ Pour la tomate : sa culture est **limitée**, par les fortes températures, à la saison froide (en hivernage la culture n'est pas impossible, mais elle est très peu productive ; les maladies et les insectes font beaucoup chuter les rendements ; elle est donc peu pratiquée, et seulement en maraîchage avec des variétés **rustiques**)

Les températures minimales influent surtout sur la vitesse de développement ; en outre, la présence de minima inférieurs à $8-24^{\circ}\text{C}$ est nécessaire pour la phase de maturation (**formation du Lycopène**).

Les températures jouent beaucoup sur les rendements ; les meilleurs rendements sont obtenus pour des températures descendant à $15-16^{\circ}\text{C}$ pendant la phase végétative, et $< 35^{\circ}\text{C}$ pendant la phase de production (c'est surtout la nouaison qui est sensible). On estime que par chaque $^{\circ}\text{C}$ en plus (moyenne des maxima), le rendement chute de 8 T. (Lucido et Neumann 1977).

Selon la date de semis, les rendements que l'on peut espérer pour différents niveaux de risques sont donc très variable : (avec un repiquage à 30 jours, date optimum).

DATES DE SEMIS

MOIS	Août			Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	
DECADE	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°

RENDEMENT

1 année sur 2	15	18	25	29	33	38	41	45	46	46	50	46	45	42	39	36	32	26
3 années sur 4	11	13	17	21	27	32	35	37	43	43	42	38	37	36	38	30	25	17

(Lucido et Neumann 1977)

Le cycle moyen est de 210 jours, avec la floraison à 70 jours environ, et le début de production à 120 jours. La production dure 90 à 110 jours mais peut-être limitée à 60-70 jours en cas de culture implantée tardivement (remontée des températures avant la fin du cycle).

f/ Pour les autres légumes, les rendements sont également diminués par les fortes températures, même pour les légumes de type africain pour lesquels La culture est possible toute l'année.

Pour ceux de type européen, les exigences sont plus fortes, et la culture est en général limitée à la saison froide. (de plus, on retrouve insectes et maladies en hivernage).

La croissance et le développement peuvent être freinés par les températures les plus basses, qui coïncident avec le moment où la végétation est la plus active.

Pour la moyenne vallée, les époques de culture possibles pour différents légumes sont données en annexe 1.8.

La zone côtière, qui bénéficie de températures fraîches plus loin dans la saison sèche, permet des semis plus étalés.

1.2.1.2. L'INSOLATION :

Elle est plus importante en saison sèche, ce qui avec la présence de faibles températures nocturnes (respiration réduite) et de températures maxima élevées (forte activité diurne) donne à cette saison un potentiel de productivité supérieur à l'hivernage.

En décembre, le rayonnement réduit peut entraîner un mauvais remplissage des graines (la température restant le principal facteur limitant), mais il est toujours suffisant pour permettre une croissance normale des jeunes cultures mises en place en novembre. (Rijks 1976)

La différence de photopériode entre les saisons est suffisante pour induire la floraison des variétés photosensibles, qui fleurissent en jours décroissants.

La plupart des variétés actuelles sont toutefois aphotopériodiques ou peu photopériodiques, ce qui permet une utilisation en toute saison.

(Cf cycles de 1KP, IR 0 et D 52-37 en annexe 1.4 et 1.5.)

Pour une variété ~~lélèremment~~ photosensible comme ~~TN1~~, les exigences thermiques sont inférieures après le ~~solstice~~ d'été (jours ~~décroissants~~) et réaugmentent après le ~~solstice~~ d'hiver (Lucido 1976)

1.2.1.3. l'humidité : elle joue surtout par ses effets sur l'ETP, et par ses conséquences au niveau du parasitisme (Cf infra)

La dessiccation de l'air aurait un effet direct sur l'avortement des épillets à la floraison (Ton That, Trinh 1976)

1.2.1.4. Les vents ont des effets directs (verse) qui concernent surtout les bourrasques de début d'hivernage.

En général, ils agissent surtout comme ~~amplificateurs~~ des autres contraintes climatiques : Ils augmentent l'ETP, accentuent les baisses de température en saison fraîche (par augmentation de l'évaporation), et l'effet des fortes températures de saison chaude. (~~harmattan~~ entraînant des échaudages et des avortements par augmentation des températures et de l'évaporation (Cf fréquences en annexe 1.7.)

Que ce soit pour la protection contre l'effet refroidissant et ~~déssèchant~~ en saison froide, ou ~~brûlant~~ en saison chaude, l'effet des brise-vents est mal connu, Ils semblent être peu efficaces pour la protection du riz contre l'~~har-~~
~~mattan~~ ; l'effet de bordure est par contre plus important : lorsque l'on cultive des champs assez grands, ce sont surtout les bordures qui souffrent de l'harmattan, le centre étant protégé par ces bordures. Pour la culture de grandes étendues, on ~~estime~~ que grâce à cet effet d'oasis, l'évaporation peut-être réduite de 20 à 30 % (Rijks 1976)

1.2.1.5. LA PLUVIOMETRIE :

Ses effets sur la satisfaction des besoins en eau des plantes seront étudiés au paragraphe suivant.

Les pluies posent un problème pour le calendrier de travail, car elles ~~gê-~~
~~nent~~ deux opérations culturelles importantes, la récolte et le travail du sol, surtout quand on est dans des systèmes de double culture.

- la récolte : la violence des premières pluies peut entraîner une verse mécanique et de l'égrenage. Pour que la récolte ait lieu avant les premières pluies importantes (pluie de semis), avec une sécurité de 90 %, il faut que les cultures de contre-saison soient moissonnées en mai à Bakel, Matam et Kaédi, dans la première quinzaine de juin pour les périmètres plus en aval,

Les pluies ont également des effets défavorables en post-récolte, surtout quand, comme c'est souvent le cas en pratique, le battage est lent. Les périodes de récolte données ci-dessus ne prennent pas en compte le temps nécessaire au battage. En pratique, les cultures actuellement pratiquées en contre-saison pour le riz sont presque toujours battues après le début des pluies. (Bien que les dernières années aient été favorables de ce point de vue, avec des arrivées tardives des pluies).

Vous calendriers culturels actuellement pratiqués en hivernage, avec des semis au plus tôt en juin, (voir & sur les cycles infra) les pluies ont pour seules conséquences des excès d'eau temporaires pouvant nécessiter un drainage, sur maïs, ou même sur riz, dans les sols de type hollaldé. Elles pourront constituer un obstacle à des semis très précoces (en mai pour des riz derrière tomate par exemple), pour lesquels la maturation aurait lieu avant la fin probable de l'arrêt des pluies, en septembre. (Rappelons que les fortes températures et évaporations de mai ^{sont} peu favorables à une implantation précoce, à moins d'avoir la maîtrise réelle de l'eau au niveau des parcelles).

- le travail du sol :

Pour la succession contre-saison/hivernage, le travail du sol peut être fait avant les pluies dans le cas de récoltes précoces, comme en simple culture, mais le temps d'intervention beaucoup plus court si on veut terminer avant les premiers orages impose l'utilisation d'un matériel plus important, ou de façon culturales simplifiées. Dans la plupart des cas de double culture, ce travail aura toutefois lieu après leur début probable (cf supra, la récolte). Le nombre de jours de pluie pendant l'année est donné en annexe 1.9.; la période qui nous intéresse est celle de juin à octobre, où les précipitations sont significatives, plus particulièrement les mois de juin, juillet et août pour les implantations des cultures d'"hivernage". (septembre et octobre concernant les implantations de "saison froide"). Le nombre de jours de pluie varie pour ces mois de 16 à Podor, 18 à St-Louis et Kaédi, 24 à Matam, et 37 à Kayes et donnent une première idée des jours "interdits" pour le travail du sol. Mais il faudrait faire une analyse plus fine, tenant compte de :

- . la quantité d'eau tombée : en hivernage, les quantités par jour de pluie sont en moyenne de 5 à 18 mm selon les mois et les régions, mais sont très variables
- . l'évaporation à cette période (très faible, les sols vont donc sécher lentement après une pluie.
- . le type de sol : en particulier capacité au champ et perméabilité qui vont jouer sur la vitesse de ressuyage; mais aussi la texture,

qui va interagir avec l'humidité pour les conditions de travail des outils, et leurs conséquences sur la structure.

- . la possibilité de drainer parfaitement en cas de fortes pluies (>50 mm), en liaison avec le planage, sur sols lourds peu perméables, (Hollaldés)

- . la nature des pièces travaillantes, et de la force de traction : travail manuel à la Daba, labour en traction animale, labour au tracteur, fraisage...

- . l'objectif du travail du sol : quel état du milieu vise-t-on ? un travail en brousse est-il possible ?

Ces problèmes devront être pris en compte lors du choix des matériels pour la double culture.

Enfin des pluies tardives (fin septembre, début octobre) ont pour conséquences des excès d'eau ou de la battance sur les semis précoces de saison froide (tomate par exemple, ou même blé comme cela est arrivé à Guédé pour des pluies très tardives) l'étude fréquentielle de leur occurrence a été peu prise en compte pour la détermination des dates de semis, et l'extrapolation à d'autres zones des résultats d'essais effectués le plus souvent en années sèches, et, dans la zone nord (Fanaye et Guédé).

LA LEVEE SOUS PLUIE : Elle a été abandonnée en culture irriguée après des échecs sur l'ensemble du delta les années où la crue n'a pris que tardivement le relais de pluies peu abondantes ; une étude fréquentielle aurait d'emblée condamné cette pratique, trop risquée.

Les adventices, elles continuent à lever sous pluie. Or, en aval de Fanaye, on doit attendre la crue pour semer, alors que le travail du sol est souvent déjà effectué, et qu'une deuxième passe pour la destruction des adventices est impossible compte tenu du matériel disponible (le cas se présente aussi dans la zone amont, quand les terres sont prêtes, mais les semis retardés par des problèmes de pompage, ou un manque de semences ou de plants). En première approximation, on peut considérer que la date d'arrivée de la crue et celle des premières pluies sont indépendantes (la crue dépendant surtout des pluies sur le Fouta-Djallon, en Guinée, et du temps de propagation, cf supra le § 1.1.2. Hydrologie). En considérant que les adventices ont des exigences en pluviométrie voisines des cultures on peut reprendre le tableau en annexe 1.9 pour avoir le départ probable des levées d'adventices (adventices à germination dépendant aussi d'autres facteurs exceptées, voir § 1.2.1.7. Pour celles-ci). Pour une année où la crue arrive à une date moyenne, (100 m³/s à

Afin d'effectuer une comparaison rapide entre les grandes zones climatiques de la Vallée, nous avons tracé, sur la base des travaux de Dancette, les courbes des besoins en eau et de leur satisfaction, pour la pluviométrie de l'année moyenne (période 31-60) et la date de semis à probabilité 50 % (Cf annexes 1.10, 1.11., 1.12, et 1.13.) Leur utilisation a des fins autres que la comparaison entre stations doit être prudente compte tenu des imprécisions dans la connaissance des besoins en eau des cultures pluviales dans la Vallée (extrapolation de données de Bambey avec des coefficients de correction selon la zone, le plus souvent).

.Dans toute la zone Nord, à pluviométrie voisine de 300 mm, les besoins en eau d'un niébé, la plante la moins exigeante, ne sont qu'en partie couverts, mais cette plante à floraison échelonnée produit un peu, même en cas de déficit hydrique.

La région de St-Louis, un peu plus méridionale et sous influence littorale, a une pluviométrie presque aussi médiocre, mais bénéficie d'une demande évaporative plus faible (humidité atmosphérique élevée), d'où une meilleure couverture des besoins.

La nature des sols favorise l'infiltration et limite le ruissellement, mais la Réserve Utile (R.U.) est faible (env. 20-50 mm/m) ce qui ne permet guère aux cultures de s'alimenter pendant les longues périodes sèches entre deux pluies, fréquentes en début et fin d'hivernage (ce qui correspond à des stades où soit l'enracinement est peu développé, soit les besoins en eau sont importants). Avec la variabilité interannuelle des précipitations (Cf & 1.1.1. et annexe 1.14), les cultures pluviales ne constituent dans cette zone qu'une opportunité qu'il peut-être intéressant de saisir certaines années. Compte-tenu des faibles frais qu'elles entraînent, nombre de paysans continuent de les tenter, même si depuis 15 ans les résultats sont médiocres (production d'un peu de béréf et de niébé, et utilisation comme fourrages des résidus ou des cultures avortées).

.Dans la zone de Matam, autour de 500 mm de pluie, les besoins en eau du mil suuna de 90 jours sont en gros couverts. Les cultures pluviales prennent donc une importance plus forte dans le système de production des paysans. Mais avec les fluctuations interannuelles, leur succès reste très aléatoire. (avec une sécurité de 4 années sur 5 on ne peut être sûr que de 350 mm à Matam, cf annexe 1.14.)

De plus, la remarque faite pour la zone Nord sur l'irrégularité de la répartition des pluies à l'intérieur de l'hivernage resta valable ici. Ces périodes de sécheresse prolongée vont entraîner la mort des jeunes plantules (avec peu de possibilités de resemis vu la durée de l'hivernage et la longueur

des cycles), ou l'avortement généralisé à l'épiaison-début maturation, accidents fréquents ces dernières années.

A moins de constitution d'importants stocks de céréales inter-annuels, les systèmes de culture pluviale sont donc peu viables seuls dans cette zone.

. Dans la zone de Bakel, 700 mm environ, les besoins en eau d'une arachide de 105 jours sont largement couverts, ce qui laisse une bonne marge de sécurité pour les années en dessous de la moyenne. Pendant l'hivernage, les pluies sont aussi plus fréquentes qu'en amont, et les sols ont souvent des R.U. plus élevées (Fondé en particulier, cultivés ici en pluvial). La culture pluviale dans cette zone/^{est} donc beaucoup plus productive (quantités d'eau et durée de l'hivernage permettent d'utiliser des cycles plus longs), et beaucoup plus sûre.

. On a considéré pour établir ces courbes les années moyennes. Cela donne des indications comparatives, mais est insuffisant pour assurer la sécurité de la production. Si on prend comme seuil la réussite de la culture 4 années sur 5, les zones de culture sont largement décalées vers le Sud : avec cette sécurité, on ne peut compter que sur 200 mm environ pour la zone Richard-Toll/Podor, 300 pour celle de Kaédi, 350 pour Matam, et 500 pour l'amont de Bakel (Cf carte en annexe 1.14.) De même, les premières dates de semis possibles avec une probabilité du même ordre (3 années sur quatre) mettent en évidence la brièveté des cycles utilisables dans la partie nord : 18/08 à St-Louis (30/07 1 an sur 2), 8/08 à Kaédi (7/07), 16/07 à Matam (27/06), et 8/07 à Bakel (26/06) (Cf annexe 1.9.)

Si dans la partie nord, on peut considérer les cultures pluviales comme peu productives, et surtout très aléatoires, et par là-même marginales (mais présentes et toujours tentées par nombre d'agriculteurs), il n'en est plus de même quand on considère la zone de Matam, où bien que le caractère fortement aléatoire persiste, les chances d'obtenir un rendement intéressant pour un investissement en argent, et aussi en travail, réduit, en font une composante importante des systèmes de production paysans, qui n'est pas sans interagir avec le système irrigué. (Cf. & 3. L'analyse des systèmes de production).

Quant à la zone de Bakel, elle bénéficie d'un climat favorable aux cultures pluviales, et les possibilités d'aménagement y sont réduites. Sa vocation est donc essentiellement pluviale, et l'intérêt des cultures irriguées (sécurité alimentaire, diversification,...) ne doit pas faire négliger les possibilités d'améliorer le système pluvial, moins coûteux en investissements.

- BESOINS EN EAU DES CULTURES DE DECRUE :

L'alimentation de ces cultures est assurée par la R.U. des sols du Waalo après le retrait de l'inondation ; pour que cette R.U. soit suffisamment remplie, la submersion doit durer environ un mois. Suivant la hauteur et la persistance de la crue, les surfaces exploitables en décrue sont très variables, (de 180 000 ha au maximum d'après Sapin et Reynard, à 14 000 en 1972/73 d'après OMVS, 1980) (Cf 1.2.2.) et la quantité d'eau disponible par Ha cultivée beaucoup plus stable qu'en pluvial. (Dans le temps ; dans l'espace, elle varie selon les cuvettes, avec la nature des argiles).

Des mesures effectuées par Rijks en 1970/71 (cf annexe 1.15.) montrent que, un sol nu évaporant autant qu'un sorgho sans azote, on a intérêt à mettre en place la culture le plus tôt possible. (ce qui implique un nettoyage du terrain avant la crue). Ce résultat rejoint ceux obtenus par l'IRAT à Kaédi (Sapin et Reynard, 1968). L'évaporation du sol nu est variable selon les zones 220 mm à Kaédi où les argiles présentent des fentes de retrait importantes, plus faible (110 mm) à Richard-Toll.

Les densités de semis jouent nettement sur les consommations en eau ; à dose d'azote égale, un peuplement dense (60 x 60) épuise plus rapidement la R.U. qu'un peuplement plus lâche (120 x 120), ce qui le conduit à un déficit hydrique au moment de la floraison-maturation, à une époque où/de plus l'harmattan est probable (les vieux paysans disent que les jeunes ont tendance à semer plus dense qu'eux, mais qu'avec l'expérience ils reviennent à des densités plus faibles).

Un apport d'azote important (200 N), permet à la plante de mieux utiliser la R.U. (enracinement plus profond probable), et de satisfaire des besoins en eau plus élevés (développement végétatif plus important). (Sapin et Reynard, 1968, ont obtenu de bons résultats avec des doses de l'ordre de 35 unités/ha).

Au total, bien que l'eau ne soit pas maîtrisée, on peut jouer sur l'eau utilisable par le Peuplement (et donc sur les rendements) à travers la rapidité de mise en place, la densité, le sarco-binage et la fumure azotée.

- BESOINS EN EAU DES CULTURES IRRIGUEES :

Ils ont surtout été étudiés par Rijks, qui a fait des mesures pendant une à trois années selon les cultures (Le détail des chiffres est donné en annexe 1.16 à 1.18).

. Le rie : Cette plante a un système racinaire superficiel (surtout sous submersion), à faible pouvoir de succion. Elle est peu apte dès le stade tallage à surmonter des stress hydriques importants. Toutefois, en début de végétation, il semble que de 8 stress hydriques prolongés (un mois

sans irrigation) entraînent surtout un retard dans le cycle plus qu'une chute totale du rendement (Thon That Trinh, 1976 Courtessole, comm. privée).

Les besoins globaux sont élevés, 1100 à 1700 mm, et une alimentation régulière doit être prévue ; la submersion n'est pas indispensable (elle est difficile à maintenir sur sols Fondé), mais elle facilite le contrôle des adventices, et permet de lutter contre les remontées salines (surtout si elle est associée à un réseau de drainage) ; elle assure de plus un volant de sécurité, non négligeable vu la maîtrise actuelle de l'eau dans les périmètres. Les pluies assurent un apport intéressant dans les zones amont, lorsque les cycles coïncident avec elles. Ainsi à Matam, un semis fin Juillet assure une meilleure satisfaction des besoins en eau grâce aux pluies qu'un semis fin Juin, en moyenne, mais les probabilités d'avoir à apporter de l'eau sont plus fortes. Au total, c'est avec le semis le plus précoce, fin Juin, que l'on profite au maximum de la pluie (Ndiaye, 1982).

Suivant les systèmes de culture pratiques, les besoins en eau peuvent varier :

- Il y a peu de différence entre les besoins du Repiquage et du remis direct, mais il y a décalage dans l'apparition de ces besoins ; la pépinière (durée 3 semaines environ) demande peu d'eau, mais les besoins instantanés au repiquage sont très élevés ; de plus, le cycle est légèrement rallongé, 7 à 10 jours, on économise donc qu'environ la moitié du temps passé en pépinière. Au total, l'économie d'eau permise par le repiquage est faible ; 90 mm en moyenne, que ce soit en hivernage ou en contre-saison. (Rijks, 1976)

- En contre-saison froide, (remis en novembre), le cycle est allongé, d'autant plus que les températures de l'année sont basses, mais les coefficients culturaux $K' = ETM/Ev.A$ (cf supra) sont faibles, car du fait de ces températures, il y a peu d'activité physiologique, et la présence de végétation réduit la turbulence par rapport au bac "A" ; à cette époque les évaporations potentielles sont faibles (en liaison avec les valeurs des températures et de l'ensoleillement). Les totaux sont donc peu élevés.

- En contre-saison chaude, les cycles sont également rallongés par des semis précoces (cf supra) ; le K' est voisin de celui de contre-saison froide ; le cycle est moins long, mais l'ETP est plus forte.

- Il en résulte que, si l'hivernage est plus intéressant pour l'économie de l'eau, 1150 mm $\pm$ 150, les deux contre-saisons sont à peu près équivalentes : 1720 $\pm$ 200 en saison froide, 1700 $\pm$ 200 en saison chaude. En double culture, l'utilisation des trois cycles permet (entre autres) un étalement des besoins en eau. (avec les variations du niveau de l'eau, le pompage coûte moins cher en hivernage, puis en saison froide, qu'en saison chaude).

A ces besoins en eau, il faudrait ajouter toutes les pertes dans le **réseau**, le drainage **éventuel**, et la poursuite d'objectifs particuliers (lutte contre le sel, contre les adventices, volant de sécurité) nécessitant une **submersion**, qui peuvent **représenter** des postes **coûteux**, en sols légers.

Notons enfin que la **présence** d'eau dans la parcelle ne garantit pas une satisfaction totale des besoins pour autant : quand les besoins instantanés sont importants, la circulation de l'eau **peut-être** insuffisante : On peut le noter lors des vents de sable **très** secs de saison chaude en particulier (brûlure de la partie **supérieure** des feuilles). Lucido (1976) estime que le déficit commence pour des **évaporations supérieures à 6mm/jour** (sur la base d'un rendement de 5,5 T à 3 mm/jour, on aurait plus que 3 T à 18 mm/ jour).

. Les autres cultures : leurs besoins sont nettement plus faibles, en relation avec les **K'**, la **durée** des cycles, et les périodes de culture (contre-saison froide ou hivernage). De plus la submersion continue n'est pas **prati-**
quée (seul le riz la supporte).

ces besoins vont de 560 mm environ pour le sorgho, à 650-700 mm **pour le blé** et le **maïs**, et 870 pour le **niébé**, en saison froide. En hivernage, **les** besoins du **maïs** sont à peu **près** identiques (et il en est probablement de **même** pour le sorgho). Les besoins du **niébé**, 740 mm, sont plus faibles qu'en saison froide, mais restent les plus **élevés** (toutefois les modalités d'irrigation de cette plante sont mal connues). Le blé **n'est** pas cultivé en hivernage (cf **contrain-**
tes de températures).

Pour la tomate, qui a un **cycle** beaucoup plus long, 200 jours environ, nous ne disposons d'aucun chiffre.

Comme **pour** le riz, il **s'agit** de besoins nets, sans les pertes et **les** consommations annexes ; de plus, les besoins varient dans le temps, et sont donc probablement modifiés lors **de décalages** dans les cycles. On note aussi que pour les fortes évaporation, la disponibilité d'eau dans le sol ne garantit pas une satisfaction totale des besoins, Ainsi, pour le **maïs**, Lucido (1976) donne **13mm/jour** comme seuil à partir duquel les rendements chutent fortement dans la **phase** floraison-maturation (et donne une corrélation de 0,98 entre rendement et **évaporation** en contre-saison, 0,88 en hivernage).

1.2.1.7. Autres contraintes du milieu naturel en liaison avec le climat :

- **Déprédateurs et parasites :**

, les oiseaux : les **dégâts** avant **récoltes** se rencontrent **toute**
l'année, et le gardiennage des champs, **irrigués** ou traditionnels, est toujours

indispensable sous peine de voir les **récoltes** totalement **détruites** (voir temps de travaux au § 2., infra). Mais la pression est nettement **plus forte** en saison sèche **qu'en** hivernage, où les **graines** sont abondantes **dans** le **diéri**. Les principales **espèces** sont des moineaux, tisserins, Euplectes (et **Quéléa** au Sud). L'**effarouchement** avec des canons **à carbure** est peu efficace ; les destructions de dortoirs par traitements **aériens** le sont beaucoup plus, mais elles sont très onéreuses ; le gardiennage reste la **méthode** de lutte principale.

Pour le sorgho, les attaques sont **très importantes**, et on doit **protéger** les parcelles **avec** des filets en station de **recherche** ; (sorgho irrigué) ; cela est impossible en casiers paysans, et les **techniques** du **waalo** (protection **épis** par **épis** en les entourant de **paille** ou **avec la dernière feuille**) ne sont **guère** transposables en irrigation, où les **densités d'épis** sont 5 à 10 fois plus fortes.

Dans le **waalo**, Ruelle et Semaille, 1981, ont noté que les attaques, surtout dues aux moineaux **dorés**, sont **concentrées** sur le stade Laiteux, et **tou- chent** plus les **petits épis** que les **gros** (les sorghos de casier ont de petits épis), les **épis** blancs que les **épis** rouges, et les bordures que le centre des **parcelles**.

Les **dégâts** sont variables (15 à 80 % des **épis** **attaqués**, soit 1 à 30 % de **dégâts**, 10-11 % en moyenne), en particulier selon les zones. La protection par **emmail- lotage** **ramène** les **dégâts** à environ 5 % (contre 10 % en moyenne **générale**)

Les cultures de **maïs**, où l'**épis** est protégé par les **spathes**, sont peu **attaquées** (sauf **perroquets** en **saison sèche**).

Au **semis**, ce sont **surtout** les cultures de **riz** **semées en prégermé** que peuvent détruire, toute l'année, **certaines espèces** (chevaliers combattants ou canards et oies **suivant les saisons**). Les canons semblent plus efficaces **pur ces oiseaux**, mais les attaques nocturnes (canards) sont difficiles à **con- trôler**. Cela concerne surtout les **zones écologiquement** favorables (**autour du lac de Guiers**, et **dans** le delta).

. **les mammifères** : des **invasions spectaculaires** de rata ont eu lieu il y a quelques **années**, et l'état **général** des **périmètres** n'est pas **étranger** à ces **accidents**.

Dans la zone amont, on **note des** incursions de singes, phacochères voir **éléphants**, en saison **sèche** **principalement**. Cela reste **négligeable** par **rapport aux dégâts** des oiseaux.

. insectes et acariens :

Les cantharides et les sauteriaux sont relativement abondants en fin d'hivernage (septembre-octobre), et provoquent des dégâts sur les cultures pluviales (mil, sorgho et niébé), ou irriguées (maïs et sorgho semés en juillet) qui arrivent en maturation à cette époque. Les dégâts concernent aussi les pépinières de tomates, et à un degré moindre (car souvent semées plus tard), les jeunes cultures de sorgho et maïs de saison froide.

Les attaques de foreurs de tiges (genres *Maliarpha* et *Chilo* ; T. DIOP 1979), ou "borer", plus rarement de défoliateurs, ont lieu sur riz et maïs d'hivernage (et parfois en saison sèche). Ces attaques sont spectaculaires, mais doivent être replacées par rapport aux autres contraintes limitant les rendements (cf § 2. infra), beaucoup plus importantes sur l'ensemble de la SAED. Des moyens de lutte chimiques, préventifs ou curatifs, existent.

Des attaques de suceurs (*Aleurodes*) et d'acariens ont été notées dans la moyenne vallée en contre-saison chaude de riz.

Sur la tomate, *Héliothis armigera* fait des dégâts, parfois importants (dans l'ensemble la pression est moins forte que dans les autres régions du Sénégal). Des traitements efficaces existent.

-maladies : les maladies fongiques, bactériennes ou virales sont pratiquement absentes du Fleuve sur le riz, en liaison avec la faible hygrométrie. Quelques cas de stryure et de flétrissements bactériens, ont été notés par T. DIOP, 1979, dans la moyenne vallée.

Pour le maïs et le sorgho, le charbon et les pourritures diverses sont un peu plus abondant en hivernage (mais leur culture a surtout lieu en saison sèche) ce qui peut conduire à décaler les cycles pour éviter les maturations en août ; avec les cantharides et sauteriaux, cela conduit à un compromis avec des semis fin juin. (Lucido, 1976). En saison sèche, Ruelle et Semaille, 1981, ont noté le charbon à l'état endémique (2 % des épis touchés) dans les waalo.

- c'est surtout pour les légumes que la présence d'insectes et de maladies peut conduire à des modifications dans le calendrier en l'absence de traitements, les contraintes climatiques elles-mêmes n'étant alors plus seules à jouer (travaux de Van Damme à Nianga ; les calendriers sont donnés en annexe 1.8.). Sur sols sableux dunaires (cette culture est actuellement très peu répandue -NDiol et Savoigne-), les nématodes conduisent à l'introduction de plantes comme l'arachide dans les successions. (Reynard, 1981)

- Pour les cultures **céréalières** les oiseaux sont de loin le principal ennemi, et le niveau d'**infestation des autres prédateurs**, insectes en particulier, justifie peu l'adoption de méthodes de lutte **coûteuses** (chimiques, sauf fortes infestations **locales**), ou imposant des contraintes au système de culture (destruction **des résidus de récolte**, semis groupés, monoculture **à éviter**).

V. GERINI, 1983, signale que les **conditions** écologiques actuelles de la vallée sont **très peu** favorables à un **développement** des **dégâts** causés par les **insectes**, qui peuvent **être** présents, **mais** les populations restent faibles ; une modification de ces conditions sera **probablement** induit% par l'**extension des surfaces irriguées** (hygrométrie plus forte), mais **cela** concerne 1% long terme ; pour l'instant, seul un suivi de l'**évolution** des populations **apparaît** nécessaire.

- **Les adventices** : Beaucoup **présentent** des phénomènes de dormance en saison **sèche**, et ne **lèvent** qu'à partir de juillet. Les infestations d'hivernage sont **toujours supérieures** à celles de saison sèche.

L'**absence** de certaines adventices, difficiles à éliminer comme *Ischaemum rugosum* ou le riz sauvage, en saison **sèche**, peut **être** à la base de **méthodes** de lutte contre elles, **sion** dispos% de l'eau pour décaler les **cycles**.

Le **problème** plus **général** des adventices sera **analysé** plus loin au § 2 ; notons seulement ici que l'**enherbement des périmètres**, dans et hors les parcelles, ne constitue pas un facteur favorable à la **maîtrise** des oiseaux, des insectes et **des maladies**.

1.2.2. LES CONTRAINTES HYDROLOGIQUES

- **Cultures de décrue** : la **surface inondée** chaque année dans le waalo, et cultivable en **décru** (Un mois de submersion) est très variable : Sapin et Reynard (1968) donnent une surface maximum cultivable de 180 000 ha, l'OMVS (1980), 125 000 ha ; l'**année** 72/73 correspond au minimum des **surfaces**, avec 14 000 ha ; en année moyenne, Comme 70/71, elle est l'ordre de 100 000 ha. Pour quelques **années précédentes**, on dispose de chiffres (OMVS 1980) : 82000 ha en 73/74, 29 000 en 76/77, 15 000 en 77/78, 55000 en 78/79.

Les **caractéristiques** de la crue et la part **des** différentes unités morpho-pédologiques (Cf page 17, 18, 19) **déterminent** les surfaces **exploitables** par région. Pour la crue de 70/71, Lericollais et Diallo, 1980, donnent les chiffres suivants (arrondis à la **centaine d'hectares**) :

aval de Bakel :	1 200 ha ;	Bakel-Matam :	12 300 ha ;
Matam-Kaédi :	27 200 ha ;	Kaédi-Bogué :	25 700 ha ;
Bogué-Podor :	25 300 ha ;	Podor-Rosso :	15 600 ha ;

en aval de Rosso, la salinité des terrains, et la faible amplitude (et durée) de la crue, auxquels est venu s'ajouter l'endiguement, font que les superficies cultivées sont très faibles (sur berge de marigots)

- Autres ressources naturelles : la faiblesse persistante des crues des 15 dernières années entraîne une évolution notable de l'écosystème traditionnel : l'alimentation en eau de la forêt de gonakiers est insuffisante (évolution accentuée par l'homme), les surfaces des paturages de décrue sont réduites, les ressources piscicoles ont fortement diminuées,

- les conséquences pour l'agriculture irriguée sont nombreuses :

. le marnage, plus ou moins important selon les régions (il diminue en aval, cf 1.1.2.) induit des contraintes pour le positionnement des pompes (bac flottants en amont), et de grosses différences saisonnières dans la hauteur Manométrique. Totale (c'est en hivernage que le m³ d'eau pompé est le moins cher)

. En hivernage, l'eau douce est abondante partout.

, En contre-saison-froide, les cultures sont limitées, dans la haute-vallée et sur la Palémé, par les faibles débits de février-mars, Les quantités d'eau disponibles sur l'ensemble de la vallée, permettraient de cultiver 30 à 100 000 ha pour cette saison (OMVS 1980). On est encore loin de ces chiffres. En contre-saison chaude, les débits d'étiage très réduits limitent les surfaces irrigables entre 500 et 4000 ha (OMVS, 1980) (non comptées les réserves accumulées par barrage sur le lac de Guiers), chiffres qui peuvent être rapidement atteints.

. Dans le delta, et la partie aval de la vallée, la remontée saline limite fortement les possibilités de contre-saison, même la contre-saison froide à Dagana, pour laquelle les difficultés de pompage des dernières années étaient prévisibles si des seuils de risque plus bas, et non des moyennes, avaient été considérés.

, Dans cette même zone, ce n'est qu'après le départ de la langue salée avec le début de la crue que le pompage pour la mise en place de l'hivernage est possible (cf dates en annexe 1.2.1.) on a vu que les levées souspluies avant la crue étaient trop risquées pour permettre un semis de riz, mais avaient une fréquence assez élevée pour que l'envahissement des parcelles par les adventices ne soit pas rare.

De plus, ces mises en eau tardives augmentent pour les cultures de riz les risques d'avortements dus aux froids à la floraison.

. Le pompage est **indispensable** si on veut **maîtriser** la fourniture d'eau aux **parcelles**, **même** en plein **cru** (là aussi une étude **fréquentielle** aurait montré que les risques d'**échec** en irrigation gravitaire sans pompage n'étaient pas **négligeable**, avant les **accidents** du début de la dernière période **sèche**). Un exemple des zones **dominables** par la crue (et par pompage) en année **sèche** est donné en annexe 1.23, (1981 à Boundoum).

. les 15 **dernières années** ont conjuguées les **décrues précoces** et les crues **tardives**, ~~et les~~ des **remontées** lointaines de la langue **salée**, retardant les implantations, limitant les **contre-saisons**, augmentant les **HMT** et donc **14 coût** de l'irrigation.

La **répétition** de **telles années** est exceptionnelle, mais on a aussi probablement été **trop optimiste** en **basant** les aménagements sur les crues des **années 50** et **60**, alors que des **séquences sèches** avaient été **enregistrées** au **début** du **siècle** et dans les **années 40**. (cf annexe 1.22.)

. Le **eroiacmct** dce **diverses contraintes** hydrologiques conduit à un **zonage** de la **vallée** selon les **saisons** de culture actuellement possibles :

- + le **delta**, où une seule **culture** est possible, en **hivernage**, après l'**arrivée** (tardive) de la **crue** (saison froide possible sur de **faibles surfaces** où on peut garder de l'eau douce dans un **marigot**)
- + la zone en aval de **Nianga**, où sauf **piégeage** d'eau douce (Lac de **Guiera**, **Galenka**), la **saison chaude** est **impossible à réaliser** ; la saison froide **connait** des **problèmes** dus à l'**arrivée** de l'eau **salée** en fin de **campagne** (**Dagana**)
- + de **Nianga** à **Kaédi**, l'eau douce est **disponible** toute l'**année**, et permet donc **tous les calendriers** (mais **148 réserves** ne sont pas **inépuisables**, cf **surfaces irrigables** supra)
- + de **Kaédi** à **Bakel**, **hivernage** et **saison froide** sont possibles. Les cultures de **saison chaude** sont **limitées** par l'**étiage**, qui ne laisse que quelques **fosses** et **bras** de **marigots** ; ils permettent toutefois de **démarrer les cultures** avant l'**arrivée** de la **crue** (**pépinières**)
- + dans la **haute vallée**, en **amont** de **Bakel** et sur la **Falémé**, sauf **piégeage localisé**, les **niveaux d'eau** en saison **sèche** sont très réduits, et obligent parfois à **choisir** (pour le même terrain) entre l'**hivernage**, ou une **saison froide précoce**.

La **mise en oeuvre** des **barrages** **modifiera** progressivement ce **système** de **contrainte**, jusqu'à la **levée totale** (vers 1995 ?) des **contraintes** de **disponibilité** (mais le **pompage** **demeurera nécessaire**).

1.2.3. Contraintes et facteurs favorables liés à la nature des sols :

1.2.3.1. Pour les cultures traditionnelles:

Dans chaque type d'unité morpho-pédologique s'est différencié un (ou des) système particulier, dont la nature peut varier d'amont en aval. Cette différenciation des systèmes de culture s'est faite surtout à partir :

- + de la cote des terrains/crue (et géographiquement/pluie)
- + de leur réaction/eau : R.U., perméabilité, présence de gleys...
- + de leurs caractéristiques de "fertilité" : salinité, matière organique, autres éléments, niveau d'infestation par les adventices (en liaison avec Crues et pluies)
- + de l'importance relative de différents types de terrain dans la zone (Cf variations pages 17, 18, 19).

Schématiquement, les terroirs suivants peuvent être distingués : (voir plus loin les systèmes traditionnels également)

- . Le Jeeri, où les terres sont abondantes, faciles à travailler (sables) et perméables, est cultivé sous pluie (mil, niébé, béréf ; plus sorgho et maïs en amont) ou laissé en pâturages naturels (pour l'hivernage et le début de saison sèche)
- . le Waalo, dans lequel les Kolladé (sing. Kollengal), cuvettes défrichées, sont cultivées en décrue (sorgho et niébé ; maïs sur Walléré en amont) ; la R.U. forte (pour la vallée) et la crue annuelle garantissant à ces terres des rendements assez stables. Le reste du Waalo est laissé en friche (pâturage pour la saison sèche, et forêt d'Acacia).
- . les mares (Vindou) sont souvent laissées en pâturage ; en amont, elles peuvent porter du riz au centre, et des cultures de décrue sur les bords (sorgho et maïs)
- . Les Pale (sing. Falo), berge du fleuve, aux terres sablo-argileuses bien alimentées en eau, portent des jardins (maïs, patates, niébé, tomates,...)
- . les Diacré, sont cultivés en maïs et niébé, ou laissés en forêt quand l'hydromorphie est trop forte.
- . Les Poda (sing. Fodé), terre de texture moyenne, sont cultivés en décrue ou en pluvial selon l'importance de la crue et du ruissellement. Peu prisées en aval de Matam (où le Waalo est vaste et la pluviométrie réduite), elles sont alors souvent laissées en friche (surtout depuis 15 ans), où portent parfois maïs, sorgho et coton.

A Bakel ce sont les meilleurs sols de culture pluviale, grâce à leur R.U. (supérieure à celle de sols gravillonnaires du diéri), et aux apports d'eau par ruissellement.

. Le **Jejegol**, gravillonnaire, est peu utilisé (pseudo-steppe arbustive). parfois, il est **cultivé** comme le **Fondé**, en profitant de l'eau d'épandage du diéri (Dopéré).

1.2.3.2. Pour les **aménagements** :

. d'une façon **générale**, la topographie est assez plane, sauf dans les zones marginales, mais ne permet pas la **maîtrise** de l'eau sans travaux (**planage, diguettes**)

. En relation avec la crue, on a d'abord **aménagé** les sols des **cuvettes**, submersibles sans pompage, mais devant être **endigués**. (Grands **aménagements** du delta et de **Guédé**).

Avec la **généralisation** du pompage, on a pu leur adjoindre des zones de **Fondé** (**Nianga, Dagana**)

. les petits **périmètres** se sont d'abord développés sur les fondés les plus hauts, à l'abri des crues **actuelles**, et à proximité du fleuve (ou marigot), sur des terres qui de plus **n'étaient** plus très **cultivées** (cf supra). Ils descendent **actuellement** vers les sols de **faux-Hollaldé**, avec des endiguements sommaires. Ils ne sont pas à l'abri de fortes crues.

1.2.3.3. Pour les **cultures irriguées** :

La **maîtrise** de l'eau va faire apparaître des contraintes que les cultures traditionnelles n'ont que partiellement **révélées**. Les appellations vernaculaires ne rendront donc qu'imparfaitement compte des **différence** de comportement entre les types de sol vis à vis des **cultures irriguées**.

La **classification pédologique**, basée essentiellement sur la **pédogénèse**, est d'une utilisation **délicate** pour discuter des contraintes, car la relation avec les **caractères** physico-chimiques des sols est parfois **lâche** (cf gammes de texture par **classe** page 21).

La SEDAGRI (1973) a **réalisé** à partir des cartes **pédologiques** des cartes d'aptitude à l'irrigation au 1/50 000^e, basées sur la texture (grossière, **moyenne**, fine ou très fine), la salinité (seuils de 0,5 et 1 mmhos à l'extrait 1/10e), le **drainage** (nécessité et possibilité) et le relief (**difficultés d'aménagement**). 3 **classes** de sol ont été ainsi **définies** ; 1, sans contrainte ; 2, avec contraintes mineures ou modifiables ; 6, contraintes majeures rendant l'**aménagement** peu envisageable ; ces classes sont **doublées** à chaque fois, d'une classe **parallèle**, rizicultivable (1R comme 1 mais très argileuse, 2R comme 2 mais **légèrement salée** drainable, 6R **sols très salés** à drainage difficile où seul le riz serait cultivable

si on pouvait **déssaler**).

La **classification précise** et les **surfaces par classe** sont **données** en annexe 1.30 et 1.31.

Une telle **classification**, à cette **échelle**, concerne **surtout l'aménagiste**, qui **doit** choisir des sites et **fixer** des **priorités**.

Pour l'**agronome**, qui **doit ensuite** utiliser ces terrains, les **classes** ainsi **définies** sont trop vastes, et pour **certains critères**, la **variabilité intra** est aussi forte que la **variabilité inter-classe**.

Il est donc **nécessaire** de revenir **aux caractéristiques** de base **des** terrains pour discuter **des** contraintes propres à chaque type.

On **doit** tout d'abord **s'interroger** sur les **principales exigences** des cultures irriguées dans la **vallée** par rapport au sol.

- la R.U? : les **besoins en eau** des plantes sont **très différents** selon les espèces et les saisons (cf supra). La R.U. sera donc **plus ou moins vite épuisée**. Rappelons qu'un rierie consomme en moyenne 10 à 15 mm/jour, les autres cultures (maïs, blé, sorgho,...) 6 à 10 mm/jour.

- les **excès d'eau** : la **plupart** des plantes ne supportent pas la **submersion**, ou un **engorgement prolongé** du profil, que **celà** provoque la mort de 8 germes ou **des** jeunes plantules, l'**asphyxie racinaire**, ou un **développement** des maladies. Le blé et la tomate sont en particulier **très sensibles** à ces **excès** d'eau, le maïs et le sorgho un peu moins.

Le riz supporte bien la submersion (**sauf** prolongée à la levée).

Le **maintien** d'une lame d'eau peut-être recherché pour la lutte contre les adventices, contre le sel, ou comme volant de **sécurité** garantissant une **satisfaction** des besoins mieux que la seule R.U. Mais il n'est **nullement** indispensable.

- la **fertilité chimique** : elle peut constituer une contrainte majeure, comme les limites de pH critiques (**inférieur** à 4,5 ou **supérieur** à 8,5); ou la **salinité** (pour Le Brusq, 1980, on peut **considérer** que seule la riziculture est possible au delà de 0,5 mmhos à l'extrait 1/5. Les rendements en riz baissent de 10 % à partir de 0,6 mmhos, 25 % à partir de 0,95, et 50 % à partir de 1,1, la limite absolue considérée étant 2,5 pour Bernstein.) ou encore la **sulfate-réduction** ou la carence totale en un élément.

Plus fréquemment, il s'agit seulement de pouvoir satisfaire les besoins des plantes. pour le riz, Camara, 1978, donne les chiffres suivants (Jaya à Fanaye) en kg/ha :

Rendement	N fourni	Exportations grains			Paille		
		N	P	K	N	P	K
3400	100	37	15	23	50	12	120
7000	200	58	19	28	90	16	186

Pour N en quasi **totalité**, et pour P et K dans une mesure bien moindre, les **quantités** disponibles sont insuffisantes, **mais la fumure** peut corriger **facilement**.

- les **possibilités d'enracinement** :

le sol constitue d'abord un support physique ; la qualité de l'**enracinement** *conditionne* aussi l'**utilisation** de l'eau et des **éléments minéraux** ; on **recherche** donc un enracinement profond, **et** explorant tout le volume des **horizons**. Mais les cultures **irriguées** ont à ce sujet des exigences moins importantes car avec la **maîtrise** de l'eau, les apports peuvent **être réglés** de façon à **remplir** la R.u. avant qu'elle ne soit **épuisée**. Un **enracinement** superficiel obligera toutefois à recourir à des fréquences plus rapides (donc plus **coûteuses**) et **augmentera** les risques en cas d'**assec prolongé**.

Pour les **éléments minéraux**, un enracinement profond ^{de} permet/ **mieux tirer** partie des ressources du sol, **mais** là aussi, la pratique de fortes **fumures** (**apportées** dans l'horizon superficiel travaillé) permet de **relativiser** cette exigence.

La profondeur d'enracinement dépend :

- . de l'**espèce cultivée**
- . de la **structure**, **initiale** et modifiée par l'action des outils, de la submersion, et des **cultures précédentes**, plus ou moins selon sa **stabilité** (et plus **particulièrement**, ce sont la **porosité** interne et la **fissuration** qui vont jouer)
- . de la texture et de l'**humidité**, qui vont **permettre** ou non aux racines de **coloniser** les **éléments structuraux**. Les **tolérances** par rapport à l'**humidité** du sol **diffèrent selon les espèces**, les contraintes seront **moins** fortes pour un riz, qui supporte la submersion et pourra donc profiter de la plasticité induite par les fortes **humidités**, que pour un **maïs** ou une tomate pour lesquels les racines ne pourront se **développer** qu'à des **humidités** plus faibles, **correspondant** à des cohésions plus fortes.
- . de la **présence** en **profondeur** de couches à forte **compacité** asphyxiées (nappe) ou très salées.

- il faut ajouter, jouant indirectement sur le peuplement **végétal**, la **réaction** des sols aux travaux (**cohésion** aux différentes **humidités**, vitesse de **ressuyage**, **portance**).

Face à ces diverses exigences, quelles sont les contraintes et facteurs favorables des sols de la vallée ?

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES :

. la texture, dont dépendent la plupart des autres caractères, est surtout liée à la granulométrie ici, compte tenu des faibles taux de matière organique, Ces textures ont été présentées au §1.1.3.) Rappelons que sur le Diéri les textures sont grossières, sur les Waalo elles sont fines à très fines, et sur les Fondé la gamme est très large (textures moyennes)

. La R.U., en mm/m, augmente avec la teneur en argile + limon fin, (la matière organique est trop faible pour jouer un rôle)

Elle peut varier en profondeur, surtout en sols Fondé, la connaissance des horizons sous-jacents sera donc indispensable à la détermination de la R.U.

Nous donnons ci-après les RU de quelques sols pour 60 cm de profondeur (souvent atteint par les racines) et les fréquences d'irrigation qui en découlent :

(en mm et en jour)

sols	R.U. (1)	Riz		Maïs	
		Hivernage	C. saison	Hivernage	C. saison
Diéri et terrasses	10-30	2,0	1,3	3,3	2,0
Fondé	30-50	4,0	2,7	6,7	4
Vertisols	45-60	5 8	3,6	9,2	5,5

D'une façon générale, les sols de la vallée étant développés sur des dépôts alluviaux sans horizons indurés, il n'y a pas de limite physique à l'enracinement.

Sur les Fondé, la R.U. est très variable, selon la texture, et la nature des horizons profonds (sable, couche d'argile compacte, salure, nappe)

Sur Hollaldé, l'enracinement peut-être limité par l'apparition de gley, parfois salés, ceci surtout dans le delta où la nappe est peu profonde (La R.U. peut aussi chuter si le sable apparaît rapidement, ce qui se rencontre dans le delta).

La présence de la nappe à faible profondeur peut aussi, si elle n'est pas salée, contribuer à l'alimentation de la R. U. par capillarité.

. la perméabilité :

Bien que des recouvrements existent, les classes de perméabilité correspondent assez bien aux classes de texture : la perméabilité diminue quand la texture s'affine (voir chiffres en annexe 1.29)

La porosité structurale joue aussi. Et l'irrigation peut la modifier, en dégradant physiquement la structure, ou par dispersion des argiles sur certains sols

(1) D'après SEDAGRI 1973 et LE BRUSQ 1980

(Cf ~~stabilité~~ **infra**).

Comme pour la R.U., les **caractéristiques** des horizons sous-jacents **sont importantes** (consommation en eau **élevée** quand ils **sont** sableux ou formation de **nappes perchées** et drainage difficile si ils sont **argileux**). Les variations de la **perméabilité en profondeur pour quelques sols sont données** en annexe 1.28.

La **perméabilité** joue sur la vitesse de **ressuyage** (excès d'eau), la **possibilité** de drainer, de maintenir une lame d'eau, et sur le choix du mode d'irrigation (submersion ou aspersion).

Les variations entre les différents typer de sols de la vallée sont **importantes** : (vitesses d'infiltration d'après I.S.R.A., 1976, et Le Brusq, 1980).

Les sols de diéri sont **très perméables** (15 à 45 cm/heure) et drainent bien. Il en est à peu près de **même** pour les sols de terrasse (25 cm/h environ), qui peuvent **malgré tout présenter des engorgements** en profondeur.

Les sols **Fondé** ont des **comportements** très hétérogènes (tenture de surface, et de **profondeur**), avec la **formation** possible de nappes perchées et d'**écoulements latéraux** quand il y a une **argile** en profondeur. Les vitesses **varient** de 1 à 40 cm/h.

Les sols **hollaldé**, dits "à drainage externe nul", ont une **perméabilité** très faible, liée à leur texture fine à très fine. (0,6 cm/h) On note sur ces sols une **perméabilité fugace** en début de **submersion** (5cm/h), l'eau pénétrant par les **fentes de retrait**, qui se referment **rapidement**.

. **structura et porosité :**

En sols sableux **dunaires**, la **porosité est élevée** et la **cohésion** faible, malgré la **massivité** du profil.

L'**enracinement** est facile.

En sols plus lourds, la **cohésion augmente**, et la colonisation du profil à faible humidité devient difficile, surtout Sur **Hollaldé** (dans les horizons de surface, l'**enracinement** se **développe** surtout dans les **macrofissures**, et ce n'est que plus **profonds** que l'humidité permet la colonisation des **éléments structuraux eux-même**.) Les **possibilités** de modifier le **structure** sont **liées** à la **stabilité structurale**. Les **Xe** (Indice d'**Instabilité** structurale de **Hénin**) ont été **mesurés** par la **SEDAGRI** (1973). Ils sont toujours **élevés** (**supérieurs** à 4), et les sols de la vallée sont donc toujours instable ou **très** instables quelque soit leur nature. (**résultats détaillés** en annexe 1.28,)

Sous submersion, la structure se **dégrade** rapidement, et les structures massives **sont fréquentes**, d'où des densités apparentes (**da**) **élevées** : 1,65 pour les Fondés, 1,70 à 1,80 pour les Hollaldés en moyenne. (SEDAGRI 1973)

Les structures massives ne sont toutefois pas forcément défavorables, l'humidité pouvant Permettre quand même un bon enracinement.

PROPRIETES CHIMIQUES :

. pH : ils sont très variables, 4 à 9 (histogramme en annexe 1.25)
Dans l'ensemble, les valeurs extrêmes sont peu fréquentes (sols salés à alcalis ou sols sulfatés acides de mangrove) et les pH ne constituent pas un facteur limitant.

. la salinité : Elle peut affecter tous les types de sol. Elle est souvent élevée ou très élevée dans le Delta, et à un degré moindre, sous les levées en aval de Boghé (dépôts fluvio-deltaïques), atteignant fréquemment des valeurs contraignantes. (0,5 mmhos ou plus).

La salinité est modifiée par l'irrigation : elle est augmentée dans les zones insuffisamment irriguées, par où vont remonter les eaux salées de la nappe ; les terres peuvent être dessalées par lessivage si on peut drainer, c'est à dire dans des sols grossiers, au moins en profondeurs ; sinon, l'instabilité structurale et les faibles perméabilités interdisent cette pratique, Des essais menés à Boundoum entre 1970 et 1973 par l'IRAT et la FAO (G. Bèye, Mutsaers et Van der Velden) ont montré que le dessalement par lessivage et drainage profond était possible, si l'épaisseur de la couche argileuse ne dépasse pas environ 0,5 m. On a ainsi pu mettre en riziculture des sols où la salinité initiale était de 5 à 10 mmhos (au 1/5)

Sur les levées, l'emploi de cette technique est délicate, le dessalement pouvant entraîner une alcalinisation des horizons profonds, et une dispersion des argiles.

. principaux éléments minéraux : la SEDAGRI a réalisé des tests de fertilité (Méthode Chaminade, culture de Ray-grass en vase de végétation), afin de mettre en évidence les carences éventuelles des sols (les résultats en sont donnés en détail en annexe 1.29) D'autres reconnaissances pédologiques, et la réalisation d'essais de fumure ont été réalisés, par l'IRAT, puis l'ISRA et l'ADRAO.

Pour l'azote, les quantités disponibles sont très faibles : la teneur en matière organique est faible (souvent moins de 1 %) et on ne peut donc pas compter sur la minéralisation, sauf peut-être sur Hollaldé Balléré

nouvellement mis en culture (la teneur en m.O. y est souvent plus forte qu'ailleurs, et elle existe sur une profondeur importante, mais ne disposons pas de chiffres).

Notons que vu les faibles teneurs en m.O., son influence sur la structure et la R.U. est très faible.

Pour le phosphore, les teneurs sont moyennes sur les Hollaldé, et faible sur les autres sols (Fondé en particulier). Les essais SEDAGRI en vase de végétation ont donné de fortes réponses à la fumure P, mais les divers essais au chempé (IRAT, ISRA et ADRAO) ont montré des réponses faibles (ou absentes) pour le riz sur Hollaldé, plus marquées sur Fondé.

Pour le Potassium, la teneur est correcte partout, mais les Hollaldés sont mieux pourvus. Les tests de réponse à la fumure K ont toujours donné des réponses très faibles ; (parfois plus marquées sur Fondé)

la capacité d'échange de ces sols est très liée à la texture.

Le Brusq, 1980, donne la relation suivante :

$CEC \text{ (még/100 g)} = 0,39 \text{ Argile (\%)} + 1,16 \text{ en profondeur (peu de m.O. et + 7,6 en surface (si 2-3 \% de m.O.))}$ Voir aussi la courbe tracée par la SODAGRI en annexe.

SAR (absorption du Sodium) : le SAR est élevé sous les levées du delta, traduisant une alcalinisation probable en profondeur, et une imperméabilisation possible lors du dessalement même sur texture S-A, d'où des problèmes de drainage (Le Brusq, 1980).

présence d'une nappe : nous en avons déjà parlé plus haut. Rappelons que la profondeur varie selon le type de sol, et la position géographique (1 à 1,5 m sous les cuvettes et 2 à 3 sous les levées dans le delta ; plus profond en amont).

Ses principaux effets sont la présence de gleys de profondeur, et le salinisation par remontées en aval. (La nappe est souvent plus salée sous les Fondé que sous les fonds de cuvette en submersion prolongée).

CONSEQUENCES POUR LES TRAVAUX AGRICOLES :

la cohésion : elle est surtout liée à la texture et à l'humidité.

Pour les sols à texture grossière, elle est toujours faible, ce qui autorise le travail en sec même avec de faibles puissances de traction. (sols du Biéri). Certains sols grossiers -peuvent toutefois présenter une cimentation des éléments en sec.

Pour les sols à texture **moyenne**, comme les Fondé, le **travail** à faible **humidité** est **encore** possible pour les plus **légers** d'entre eux **avec** des **puissances** de traction limitées.

Les Hollaldé présentent en sec une **cohésion** très **élevée**. Pour les Hollaldé, mais aussi pour beaucoup de Fondé, si on veut travailler sans faire appel à des forces de traction **importantes**, le choix de l'**humidité** sera **capital**. Ce choix doit **tenir compte** de la **possibilité** d'obtenir l'**humidité** visée, en particulier sur les sols Hollaldé se **ressuyant** très **lentement** **après** irrigation, et du **but fixé** au **travail** du sol, Dans les cas où on **n'exigera** pas une structure très aérée, la **possibilité** de travailler sous eau (**avec** des **cohésions** minimales) ou de faire un travail simplifié, voir l'**impasse** sur le **travail** ne **devra** pas **être** négligée.

La **vitesse de ressuyage** : elle **est liée** à la **perméabilité**. Comme signalé plus haut, les **préirrigations** en vue de **faciliter** le **travail** du sol seront délicates à mener en sol **lourds**, sauf si on a la **maîtrise** totale de l'eau (**quantités**, **planage**, **drainage**), ou si on peut faire un **travail** sous eau, La **portance** : elle dépend surtout de la structure, de l'**humidité**, et de la texture.

En conditions **humides**, ou sous eau (conditions de travail qui concernent surtout les sols à **perméabilité** limitée, Fondé **lourds** et Hollaldé), le passage des engins (équipés en conséquence) sera **facilité** si on a une couche massive compacte en profondeur plutôt qu'un sol poreux (Les embourbements de **motoculteur** ou de tracteur sont par exemple beaucoup moins fréquents à Fanaye, où on est dans le premier cas, qu'à NDombo, où on est dans le **deuxième**), que cette **compacité** soit naturelle, ou induite par la **répétition** des submersions. Si on travaille **avant** que l'**humidité** n'ait pénétré trop profond, il en sera de **même** (le temps d'**intervention** disponible est dans ce cas plus important en sol peu perméables, Hollaldé).

Les cartes factorielles au 1/10 000^e, comme établies par l'ORSTOM pour quelques cuvettes de l'axe Lampsar, constituent un outil de travail très intéressant pour l'**agronome**, puisqu'elles comportent :

La texture des horizons (0/30, 30/60, 60/90, 90/120), la salinité (au 1/5 ; inférieure à 0,5 mmhos, 0,5/1, 1/3, plus de 3).

Le pH (3/5, 5/7, 7/8,5); la **perméabilité** (moins de 1,5 cm/h, 1,5/6, 6/40), et éventuellement des caractères particuliers (gypse, jarosite,...)

Elles permettent de disposer à l'échelle de la parcelle, des paramètres les plus importants des sols, donc de pouvoir avec les relations exposées plus haut, discuter des contraintes et facteurs favorables présentés par des ensembles de taille assez réduite pour être homogènes.

1.3. CONCLUSIONS

1.3.1. A u niveau du développement :

1.3.1.1. Importance relative des **différentes** contraintes :

- points **communs** à **toutes** les cultures :
 - . les **évaporations** sont **fortes**, et l'**essentiel** des **besoins** doit **être** couvert par l'**irrigation**.
 - . il **existe** **actuellement** des **contraintes** **hydrologiques** très strictes, pour lesquelles minimiser les **risques** est hasardeux. Ces contraintes **limitent** les **périodes** de **culture** **possibles** selon les zones.
 - . les **consommations** sont **moins élevées** en **hivernage**, et l'**apport** des **pluies** n'est **pas négligeable**, **surtout** en **amont**.
(peut **parfois** entraîner des **excès** d'eau).
 - . les **potentiels** de **rendement** sont en **général** plus **élevés** en **contre-saison**, mais l'eau est **moins chère** à **pomper** en **hivernage**.
 - . la **période** **pluvieuse** **impose** des contraintes au **niveau** de la **récolte** et du **battage**, ainsi que **pour** le **travail** du **sol**.
 - . l'**harmattan** et les **fortes évaporations** de **contre-raison** **chaude** constituent un **danger** pendant la **période** **reproductive**.
 - . les **problèmes** d'**oiseaux** **se posent** **toute l'année**, mais la **pression** est **plus** forte en **contre-saison**.
 - . il y a **très** peu de **problèmes** **entomologiques** ou **phytopathologiques** (il n'y a que sur **légumes** qu'ils **soient** **préoccupants**)
 - . les **consommations** en eau **annexes** (**percolation**, **pertes** dans les **canaux**...) ne sont pas connues, **mais** sont probablement très variables selon les **types** de **sol**.
 - . hormis la **salure**, qui **constitue** une **contrainte** **difficile** à **éliminer**, les **caractéristiques** des **sols** **interviennent** peu **directement**. Elles jouent **surtout** à **travers** leur **comportement** par rapport à l'eau : **R.U.** et **fréquence** des **irrigations**, **perméabilité** et **type** d'**irrigation** possible (et **économie** de l'eau), **perméabilité** et **vitesse** de **ressuyage** (**travail** du **sol**), **perméabilité** et **réaction** des **plantes** aux **excès** d'eau, **texture** et **possibilités** d'**enracinement** aux **différentes** **humidités**.
- La **fertilité** chimique est variable, **mais c'est** une **contrainte** facilement **modifiable**.
- . pour **toutes** les **contraintes**, les **variations** d'**amont** en **aval** sont **importantes**.

- pour le rit :

. **contraintes de cycle** : la **froid** a peu d'effets en phase **végétative**, autres que les **allongements de cycle**. L'**épiaison** est interdite entre la **mi-Novembre** et le début **mars**. Les **semis de mi-décembre à mi-février** sont **inintéressants**, car on a **aucun gain de temps** (cycle rallongé), et on risque de **mauvaises levées**, très étalées (**sauf techniques spéciales de protection**). Les **riz en végétation avancée** supportent mieux le **froid** que les **jeunes plantules** (**supportent la submersion, et réduisent la turbulence, d'où une meilleure régulation thermique**).

En **dehors de celà**, toutes les saisons de culture sont possibles, mais les **pluies d'hivernage** **constituent** un facteur **défavorable** pour la **récolte**, le **battage**, et le **travail du sol** (**surtout** en sols lourds pour ce dernier). Dans le **delta**, des **levées d'adventices** sous pluie avant semis sont **possibles**. Les **insectes** **représentent** une **très faible menace**, par **contre** la **pression** des oiseaux est **très sensible**, au semis, et **surtout pendant** la **maturation** (plus en **contresaison**).

. **besoins en eau** : ils **sont** toujours importants, mais varient suivant les saisons ; moins important% **en hivernage**, ils sont équivalents **en saison chaude** et **froide**. La pratique du **repiquage** ne permet qu'une **très faible économie**.

En cas d'**harmattan**, la **satisfaction totale des besoins** n'est pas **assurée** (**risques d'avortement à la floraison**)

. **types de sol** : **en dehors de la salinité** ou des **pH extrêmes**, il n'y a pas de **contrainte de sol**. Mais la **comportement par rapport à l'eau** sera **différent**, et la **submersion** (**pas indispensable**) sera **difficile et coûteuse** en sols **perméables**. Dans ces **mêmes sols**, les **allongements de cycle** (**saison froide, semis précoces de saison chaude, semis direct/repiquage**) **entraîneront des augmentations** de la **consommation en eau** si on dépasse la **capacité au champs** lors des **irrigations**.

- pour le maïs :

. les **épiaisons en saison chaude** (**avril, mai, juin**) **entraînent des rendements très faibles et très aléatoires**. Les **meilleurs rendements** sont obtenus pour des **floraison% dans le creux thermique de décembre-Janvier-février**. En **contre-saison froide** les **retards du semis** à partir de **novembre** **entraînent des risques importants de chute de rendement**. Les **résultats** de cette saison sont **meilleurs que ceux de l'hivernage**, et les **consommations en eau** sont **voisines**.

Le **comportement** du sorgho est **voisin**.

. les risques **phytosanitaires** sont plus importants en hivernage, mais restent **modérés**. Les oiseaux ne **constituent** pas une contrainte **importante** pour le **maïs**, mais ils attaquent **fortement** les cultures de **sorgho**. **Maïs** et sorgho ne supportent pas les **submersions prolongées** ou l'**engorgement du profil**.

- la tomate **industrielle** a

. les hautes **températures** et les risques **phytosanitaires** limitent sa culture. Si on veut **éviter** des **baisses** de rendement ou des **augmentations** de charges (produits **phytosanitaires**), le **calage du cycle** est très strict ;

. la tomate **est très sensible** aux **excès d'eau**; en fin d'hivernage les **pluies** sur **pépinières** peuvent **entraîner** de la battance, ou des **asphyxies**.

- tomate de table et **autres légumes** :

. l'**évolution** des prix **en fonction** des saisons compte autant que celle **des rendements**.

. la saison froide est la plus **favorable** ; l'application de traitements permet **une** extension des **cultures** vers l'**hivernage**. (repiquage en **Août** de la **tomate**)

. il **existe** quelques **espèces** pour lesquelles la culture est possible toute l'**année** (aubergines, **diakhatou**, patate douce, piment)

- le **blé**

. la **principale contrainte** est **représentée** par les risques d'**échecs** dus aux **avortements** et à l'**échaudage** en fin de période froide. La **précocité** des semis est **limitée** par les **températures d'octobre**. D'où un **calendrier** très strict, et des risques non totalement **éliminés** avec son respect (**harmattan précoce**).

. le **blé** est **très sensible** aux **excès d'eau**, surtout à la **levée**.

- pour les successions en **général**, l'influence du milieu se fait surtout sentir par la limitation des disponibilités en eau dans le temps, l'**existence** de périodes où la culture est interdite ou **peu recommandée** pour certaines **espèces**, et les **perturbations** dans le **déroulement** de certaines **opération** par les pluies.

- pour les cultures **pluviales**, l'eau limite les rendements, **sui-**vant les quantités **moyennes**, mais **aussi** l'**irrégularité** interannuelle, l'**existence** de périodes sèches pendant l'**hivernage**, ha R.U des sols.

La situation en fonction de ces différents paramètres, sera très différente suivant la position géographique, nettement plus favorable en amont, ce qui permettra l'expression d'autres contraintes plus facilement modifiables.

1.3.1.2. Conséquences pour le développement :

- points communs à toutes les cultures :

- . Vu l'importance des besoins en eau et leurs répercussions sur les rendements, la fourniture de l'eau aux parcelles doit être une priorité absolue et doit être totalement sécurisée. Il vaut mieux investir dans des pompes que dans des tracteurs, payer du combustible pour leur fonctionnement plutôt que pour celui des engins.

- . La plupart des cultures ne supportant pas la submersion, et les autres (riz) y étant très sensibles en début de culture, la maîtrise de l'eau passe avant tout par le planage (en gravitaire).

Il serait préférable d'affecter des engins à la réalisation du planage plutôt qu'à des façons culturales profondes, dont l'intérêt est discutable, et l'effet sur le planage souvent néfaste vu les conditions d'exécution.

- . les contraintes hydrologiques ne sont actuellement pas contour-nables. Se baser sur des moyennes ou sur l'expérience des seules années précédentes, sans recourir à une analyse fréquentielle permettant de raisonner en terme de risques admissibles équivalant à faire supporter ces risques d'échec par les paysans (manque d'eau, ou fortes crues)

- . le choix du matériel de travail du sol doit se faire d'abord en fonction du temps laissé libre par un calage optimum des cycles (qui a plus d'influence sur le rendement que la profondeur de travail), et de la possibilité de travailler le sol à l'humidité désirée. Dans le cas de cultures peu exigeantes quand à la structure du sol (riz, s'enracinant en conditions humides) on devra s'efforcer de gagner du temps en faisant appel au non travail du sol, aux façons simplifiées, ou au travail en boue sur les sols lourds à ressuyage lent en hivernage.

- . les apports d'azote sont indispensables vu la faible disponibilité dans le milieu. Pour P et K, les réserves existantes garantissent, surtout pour K, des disponibilités suffisantes pour les premières années de culture. Dans le cas de double culture avec hauts rendements, les non restitutions risquent d'hypothéquer l'avenir, mais des problèmes plus cruciaux existent actuellement (eau, adventices, azote, calage des cycles...)

. la maîtrise de l'eau qu'impose le dessalement des cuvettes du delta pour éviter leur ressalement est peu compatible avec les disponibilités actuelles dans cette zone. De plus c'est une technique coûteuse en investissements (drains profonds) et en fonctionnement (plus d'eau à pomper, pour irriguer et pour drainer). Un bon fonctionnement des cuvettes non touchées par le sel est un objectif plus intéressant en attendant Diama.

. Pour toutes les cultures, le pompage représente un porte moins important en hivernage qu'en contre-saison.

Les paysans pour lesquels la culture irriguée ne représente qu'un appoint auront donc toujours tendance à pratiquer la simple culture d'hivernage si ils ont assez de terre.

. la vulgarisation des brise-vent n'est pas justifiée pour l'instant par des résultats probants sur la diminution de la demande évaporative. Elle doit donc être prudente, et ne se faire que si elle est justifiée par ailleurs, car ses inconvénients ne sont pas négligeables (refuge pour oiseaux, nettoyage des drains difficile,...)

- Pour la culture du riz :

. la gamme des saisons de culture praticables est très large ; il n'y a aucune raison de se cantonner aux cultures d'hivernage et de contre saison chaude.

En particulier, la contre-saison froide devrait être plus utilisée ; (elle l'est couramment par la recherche, avec des rendements identiques à ceux de la saison chaude).

Cela permettrait de diversifier les cycles, et donc d'étaler les temps de travaux et les besoins en eau, sans que ces derniers soient augmentés. Cela est particulièrement important pour les périmètres à dominante riziicole, où une partie de la pointe de travail lors de la récolte de la contre-saison et de l'implantation de l'hivernage, pourrait être décalée dans le temps. En outre, ce décalage permettrait d'éviter les risques de pluie à la récolte et au battage de la contre-saison chaude, et les problèmes de travail des sols lourds imbibés par les pluies. On pourrait aussi utiliser deux cycles moyens, sans pour cela faire courir de risques d'avortement à la culture d'hivernage du fait des froids, comme c'est souvent le cas avec la succession saison chaude-hivernage.

Ce qui ne veut pas dire que la contre-saison froide doit remplacer la contre-saison chaude, car on aurait alors transféré la pointe de travail en octobre-novembre, surtout quand la polyculture (où les implantations à cette époque sont nombreuses) est associée à la riziculture. Il y a un équilibre à trouver, qui est différent pour chaque paysan.

Dans le cas où des perturbations dans le fonctionnement ne permettraient pas sa mise en place une année, l'utilisation de deux cycles courts en saison chaude et hivernage permettrait de retomber sur la succession saison froide - hivernage l'année suivante, sans perte de saison de culture.

C'est surtout sur sols lourds que cette saison intéressante, car en sols légers l'allongement de cycle risque de conduire à une augmentation de la consommation en eau du fait des pertes. De plus, on a vu que le maintien d'une lame d'eau constituait un facteur favorable pour une limitation des effets du froid. Il faut également noter que ce maintien n'est pas possible sur les semis précoces de saison chaude, pas assez développés, et qui seront donc plus sensibles aux basses températures.

Les semis précoces de saison chaude ne seront intéressants que si on peut les protéger du froid, ce qui implique la réalisation de pépinières, Dapog de préférence. Sinon, il vaut mieux attendre fin février début mars (remontée des températures).

La pratique de semis intermédiaires, de la fin avril au mois de juin permettrait, quand les disponibilités en eau l'autorise, de pratiquer de façon systématique la double culture riz/saison froide (tomate, maïs, légumes...) en laissant suffisamment de temps au moment critique des implantations de début de saison froide, pour lesquelles tout retard a des conséquences négatives sur les rendements.

Pour la succession riz de saison chaude/riz d'hivernage, dans le cas où les retards à l'implantation de la première sont importants, semer quand même quitte à sacrifier l'hivernage ensuite n'est pas toujours la solution la plus adaptée aux objectifs des paysans surtout dans les P. V. Le potentiel de rendement étant plus élevé en saison chaude, mais les charges en eau plus réduites en hivernage, les paysans pourront préférer privilégier celui-ci (la concurrence avec les autres cultures entre aussi en ligne de compte dans un tel choix).

• pour la production de semences, on aura tout intérêt à faire surtout des cultures de contre saison, ce qui permettra de limiter la pollution par des graines d'adventices, et plus spécialement évitera de diffuser le riz rouge, absent à cette époque.

• Le repiquage, qui présente par ailleurs d'autres avantages, a très peu d'influence sur la consommation en eau. Cela ne peut être donc un argument pour son développement. Il n'y a qu'en sols légers que l'occupation moins longue de la parcelle permettait de diminuer la consommation, par

réduction des pertes, mais dans ces sols l'impossibilité de maintenir une lame d'eau fait perdre beaucoup de son intérêt à la pratique du repiquage comme moyen de limiter l'enherbement.

. le maintien d'une lame d'eau n'est économique qu'en sols lourds peu perméables, sur les autres sols, la riziculture est tout à fait possible, mais il faut adapter l'irrigation si on veut éviter des pertes trop importantes, et limiter les risques de déficit, en augmentant les fréquences (R.U. faible, pas de volant de sécurité) et en n'apportant que les quantités nécessaires au remplissage de la R.U., comme pour les autres cultures.

. Dans le delta, les probabilités de levée d'adventices avant semis ne sont pas négligeables, et justifient la création d'un stock d'herbicide total non rémanent (gramoxone) pour y faire face, le temps disponible ne permettant pas de faire une intervention mécanique (dont le coût hors subvention serait par ailleurs à comparer à celui de l'herbicide, avec les enherbements ultérieurs en regard).

. la pression actuelle des insectes ne justifie pas l'adoption de moyens de lutte systématiques, parfois préconisés. Ces moyens sont trop coûteux (traitements chimiques) ou trop contraignants (groupement des serais, abandon de la monoculture, destruction des résidus,...) pour les risques actuels. Les attaques étant en général très localisées, la constitution de petits stocks de produits curatifs, choisis en fonction des risques les moins faibles, pourrait être entreprise au niveau des grands périmètres, ou des zones pour les R.U. Des stocks plus décentralisés coûteraient trop cher, et n'auraient qu'un renouvellement limité.

. la pression exercée par les oiseaux est elle beaucoup plus préoccupante, et devrait entraîner une relance des activités de l'OCLALAV sur le Fleuve, en vue de diminuer les populations.

Cette pression est plus importante sur les cycles décalés (contre-saison froide par exemple), Si on veut diversifier les cycles, cette diversification doit se faire sur une surface non marginale des périmètres pour éviter les attaques concentrées.

- pour la culture du maïs

Bien que la culture soit possible toute l'année, les faibles rendements que l'on peut espérer en saison chaude restreignent cette pratique à des débouchés spécifiques (épis grillés). En hivernage, les rendements sont modestes, et sauf débouchés intéressants, le maïs peut difficilement concurrencer le riz (ou paysans ayant des besoins limités et voulant diminuer les charges)

Les **meilleurs** rendements étant **obtenus** pour la saison froide avec des **implantations précoces**, c'est vers eux qu'il faut s'orienter, dans la mesure où les autres **éléments** de la **succession** le permettent. Du point de vue du **maïs**, on aurait **intérêt à Matam à utiliser** des **variétés** de riz à cycle **court**, autorisant une implantation précoce du **maïs** (Mais la priorité est souvent donnée au rendement du riz, pour lequel un cycle moyen est meilleur). On peut aussi, comme le font un certain **nombre** de paysans, préférer faire une implantation rapide **sur façon culturale simplifiée** plutôt qu'un travail **profond**, qui entraîne un décalage de **cycle**, **l'influence** de ces derniers sur le rendement **étant** primordial.

Quand on a de l'eau (marigots **pièges**), une avance du semis de riz en mai est la solution la **plus** intéressante pour les **rendements**.

Le **maïs** (ou le sorgho si on **résout** certains **problèmes**) pourraient ~~être~~ dans des rotations avec la tomate, **mais** compte tenu des **rendements modestes** d'hivernage, **cela** concernerait **surtout** des paysans donnant la priorité à la tomate, ~~et désirant~~ **limitant** les charges d'irrigation en hivernage.

Le **maïs** n'a pas d'exigences **particulières** pour le **scl**, en dehors de la **salinité**. Une bonne **maîtrise** de l'eau (**planage**, fréquence et quantité des apports) est nécessaire pour **éviter** les **excès** auquel le **maïs** est sensible, La conduite de l'irrigation sera plus **délicate** en sols lourds, mais la **culture** y est tout **à fait possible**.

Les **fréquences actuelles** d'irrigation à Matam sont trop faibles par **rapport** aux besoins en eau, et les quantités **apportées** à chaque fois trop importantes (**submers ion importants**).

Ces pratiques traduisent l'importance de cette culture, **qu'en** vient qu'en appoint au **système**, et pour laquelle on **recherche** à limiter les charges

- pour la tomate industrielle :

les paysans ont **intérêt à se situer** le **plus possible** dans la période de production maximum (implantation en octobre-novembre), Si la **tomate** est placée **dans** le cadre de la double culture, ce qui est **très rare actuellement**, son calendrier doit **être** prioritaire **vu** les forts produits bruts qu'elle peut **dégager** à l'hectare, et **aménager en** conséquence le calendrier de l'autre culture, avec des **marges suffisantes**.

Si on veut **étaler** le **fonctionnement** de l'usine, il faut adopter une politique de prix variables selon les mois **pour** encourager les productions **décalées**, sinon **les paysans n'y ont aucun intérêt**.

. les ventes sur le marché de frais s'apparentent à celles des autres légumes, et les contraintes de production sont différentes (avec le développement de la culture, on ne peut baser la production uniquement sur ces ventes, la Saturation risquant d'intervenir rapidement).

Comme pour le maïs, la culture en sol léger facilite la conduite de l'eau, en limitant les risques d'excès auxquels la tomate est très sensible, surtout en début de végétation.

- pour les légumes (et la tomate de tabla)

. les variations saisonnières de prix font qu'on ne peut se baser sur les seules espérances de rendement pour déterminer des époques de culture : malgré des rendements plus faibles, et des risques phytosanitaires plus importants (rendant les traitements plus nécessaires), les implantations peuvent se faire dès l'hivernage, en particulier pour la tomate (25 T, de potentiel pour des implantations en août, mais des prix plus élevés).

. le développement de ces cultures risque toutefois d'entraîner une saturation rapide des marchés, et il ne faut pas être trop optimiste sur les gains à attendre dans l'avenir des décalages de cycle.

- pour le blé :

. la période de semis optimale très étroite, une dizaine de jours à la mi-novembre (position variable selon les auteurs :

1^o décade pour Lucido, 1976 : 2^o décade, 2^o quinzaine ou 3^o décade pour Moscal selon les résultats de l'année précédente) et ne garantit pas une absence d'harmattan pendant la maturation. Comme on ne peut faire prendre à des paysans les risques importants d'échec en dehors de cette période, cette culture ne peut s'envisager que dans les situations où la maîtrise des calendriers culturels est parfaite, ce qui est très rare.

. les risques d'échec ne pouvant être totalement écartés, et d'autres plantes plus adaptées au climat étant cultivables en saison froide (céréales comme riz ou maïs, avec des rendements supérieurs à ceux du blé ; ou tomate et légumes) il faudrait une incitation très importante au niveau des prix pour que cette culture puisse intéresser certains paysans.

. au niveau des sols, la sensibilité aux excès d'eau, surtout dans les jeunes stades, impose un planage parfait, et rend l'irrigation plus facile sur sols légers.

- pour les successions de culture en général :

. certaines espèces ayant des exigences très strictes par rapport au climat, d'ores et déjà que d'autres sont beaucoup plus plastiques, il est nécessaire,

si on veut que la double culture devienne une **réalité**, d'exploiter toutes les **possibilités** de cycles **laissées** par le **climat**, que ce soit dans le cadre de la double **riziculture** ou du **développement** des cultures de saison froide à cycle assez **strict**.

. Le choix des dates **d'implantation** doit se raisonner non seulement en terme de rendement moyen que l'on peut **espérer**, mais aussi et surtout en terme de risques **d'échec**. Si on ne **minimise** pas ce risque quand on met en place des **successions**, la culture irriguée perd beaucoup de son **intérêt** pour le paysan (et on peut **être amené** à utiliser des cycles courts, moins productifs, **mais** permettant un meilleur **déroulement** des successions).

. Les problèmes de **calage des cycles/climats** sont suffisamment importants en double culture pour ~~l'on puisse considérer~~ comme utopique et sans **intérêt** pour le **développement** la pratique de la triple culture.

- pour les potentialités des **différents** types de sol :

. les **différents** types de **sols** se **distinguent** surtout par leur **comportement** vis à vis de l'eau. Une **irrigation** adaptée permet de **faire** pratiquement toutes les cultures sur un sol **donné** (non salé). La distinction automatique entre sols de riziculture et sols de polyculture doit **être** **relativisée** par rapport à la **maîtrise** du milieu dont on dispose.

. les **possibilités d'enracinement** en sols lourds sont **limitées** pour les plantes ne supportant pas de **fortes humidités**. C'est dans ce type de sols que l'on sera le plus exigeant sur la qualité de la structure, et sur la **fréquence** des **irrigations** permettant le maintien d'un sol frais favorable à l'enracinement (**mais pas au delà** de la **capacité** au champ).

. **sur** les 6016 à **perméabilité élevée**, l'utilisation de l'aspersion est possible, et **éviterait** les **problèmes rencontrés** avec les plantes sensibles aux **excès d'eau cultivées** en **semi-submersion** sur sols peu perméables.

1.3.2. Besoins de **recherche** :

a/ pour l'**ensemble** des cultures :

- On dispose de nombreuses **données** climatiques qui n'ont été que partiellement **exploitées**. Afin de faciliter leur traitement, le **premier** travail à faire est l'**inventaire** et la **collecte** de ces données auprès des différentes sources, et leur **stockage** informatique. Après un tri pour éliminer les **données aberrantes** (on a **relevé** une **pluviométrie** annuelle de 2 mm à Guédé !), il faudra faire une étude **fréquentielle** (**organisée** en fonction des principales **contraintes** pour les **espèces cultivées**), en utilisant la période 1950-1980 de **préférence** à la période classique 1931-1960, un peu dépassée.

Au vu du § 1.2., ces **études fréquentielles** pourraient porter sur les **températures mini et maxi** au delà de certains **seuils**, les **sommes de températures**, la **pluviométrie** (totale, par décade, **occurrence** de période sèche et **durée**, nombre de jours de pluie pour différents seuils, place par rapport à la crue,...), les vents (**froids, chauds, harmattan**, vents violents), les **évaporations**.

- La collecte des données doit **être** continuée parallèlement, et améliorée, en particulier en harmonisant les paramètres mesurés, et les **méthodes** de mesure. **Cela** pourrait se faire en montant un réseau **cohérent** de stations **météo** dépendant des organismes de **recherche** (nationaux ou **privés**), sur lesquels on **réaliserait** des enregistrements **complets**, en particulier sur les évaporations (avec les structures **existantes**, un tel réseau pourrait rapidement disposer de **données de qualité** à St-Louis, Ndiol, Richard-Tell, Fanaye, Guédi, Kaédi, et Matam). Il pourrait **être** doublé d'un réseau plus **dispersé**, organisé par la recherche développement, sur lequel on effectuerait des **mesures** restreintes (**maxi** et mini de **température, pluviométrie**, et éventuellement **vent** et évaporation).

- Afin que ces **données** puissent **être** pleinement utilisées, il est nécessaires de **disposer** d'un **complément** de **connaissance** sur le fonctionnement des **plantes**, et ses modifications en **fonction** du climat ; On extrapole souvent des résultats obtenus ailleurs, pour **lesquels** un minimum de **contrôle** sur leur adaptation au climat devrait **être** faite. Pour les évaporations Rijks a **mesuré** un certain nombre de coefficients K', mais ces mesures ont **été** faites sur une durée assez courte, et montrent une variabilité spatiale et temporelle importante, que l'on ne peut **expliquer**. D'où la nécessité de **compléter** ces travaux, en particulier en ajoutant aux mesures climatiques des mesures sur le fonctionnement du peuplement (profondeur d'enracinement, M.S. totale, **grain/paille** en **particulier**). Il serait **également intéressant** de connaître les variations de ces besoins quand il y a des **décalages** de cycle.

- On dispose de peu ou **pas d'informations** sur les consommations **réelles** d'eau dans les **périmètres**, incluant les pertes dans les canaux, le drainage, les vidanges **lors des assecs**,...

Or il semble que dans certaines conditions (**p.v** surtout) elles soient importantes, et inquiètent les paysans (sur les grands périmètres, le prix de l'eau **étant** forfaitaire par saison, les paysans se sentent moins concernés, ce qui ne veut **pas** dire **qu'il** n'y ait pas de problème). On **dispose** dans le milieu paysan d'une gamme **très variée** de **situation**, autorisant une recherche sur ces postes par suivi de **périmètres** existants, sans que l'on ait à créer d'**infrastructures coûteuses** (du secondaire **amélioré** à la **maîtrise**

t o t a l e, du petit au grand aménagement, des sols sableux aux très argileux, du gravitaire à l'aspersion en passant par la basse pression,...)

Après une préenquête visant à faire l'inventaire des situations, on pourrait en établir une typologie, et effectuer des mesures type par type afin de les caractériser (situation standard et variation intra-type) sur un échantillon des situations les plus intéressantes. Ce travail devra en particulier se pencher sur l'évolution dans le temps des situations, pour laquelle on ne peut émettre que des hypothèses (imperméabilisation renforcée par la dégradation de la structure en sols lourds, colmatage des canaux par les éléments fins de l'eau d'irrigation, création de réseaux accentuant les pertes par drainage sur Fondé,...)

- un travail de diagnostic est à mener concernant les conséquences des pratiques actuelles de fourniture d'eau sur la croissance et le développement des peuplements, et sur les répercussions au niveau du rendement (en milieu paysan, et concernant aussi bien les déficits que les excès).

- A chaque fois que l'on fait des essais sur les points dépendant de paramètres soumis à variation interannuelle, il est indispensable d'y associer une étude fréquentielle de ces paramètres et de caractériser les relations entre eux et le peuplement, si on veut faire une extrapolation valable dans l'espace et dans le temps. Trop de dates de semis par exemple ont été données après une ou deux campagnes d'essais, en prenant comme date optimum celle correspondant aux meilleurs résultats pour ces années. Il faut par ailleurs que de tels essais ne se limitent pas à fournir une période optimum, dans laquelle il est toujours difficile de se placer compte tenu des autres contraintes, mais fournissent, grâce à l'association de l'analyse fréquentielle, un tableau des rendements minima que l'on peut espérer une année sur deux, quatre sur cinq et neuf sur dix (par exemple) pour une gamme de dates de semis (par décade), sortant largement de part et d'autre de l'optimum (démarche entreprise dans les travaux de Lucido, qu'il faut compléter par des essais au champ ou des suivis de parcelles paysannes, et l'exploitation plus poussée des données climatiques disponibles)

- à partir de ces tableaux "rendement espéré pour un niveau de risque R avec un semis à la décade D et une longueur de cycle C", on pourra réétudier le problème des cycles en tenant compte des autres contraintes, et du seuil de rendement et de risque que l'on se fixe pour l'ensemble de la succession. (en ayant soin de proposer une gamme suffisamment souple pour répondre à la diversité des contraintes : pas d'exercices de style du genre triple-culture).

- On n'a jamais fait sur le Fleuve une analyse pluriannuelle des variations de rendement en interrelation avec les variations des principaux **paramètres** climatiques (sauf pour les cultures pluviales, en fonction de la **pluviométrie**, et encore s'agit-il surtout d'estimations de la production). Une telle étude permettrait une approche de l'origine de ces fluctuations, et **complèterait** essais et analyses fréquentielles dont on a parlé plus haut. Elle suppose la mise en place d'un suivi plus précis des rendements obtenus dans les **périmètres** (opération de recherche-développement).

- En **matière** de **recherches** sur les sols, l'idéal serait de pouvoir disposer pour tous les **aménagements** effectués et prévus de cartes **facto-rielles** complètes du genre de celles **réalisées** par les **équipes** ORSTOM (Loyer, Le Brusq,...) pour quelques cuvettes. Leur réalisation est malheureusement longue et **coûteuse**, et leur extension rapide à l'ensemble des **périmètres** (surtout les P.V) **semble donc utopique**.

Une **réflexion** associant agronomes (recherche et développement) et **pédologues**, **devrait** donc s'engager sur la possibilité de mettre au point une méthode d'évaluation plus rapide, en simplifiant la **démarche** quitte à sacrifier de l'information (et à violer quelque peu la rigueur des **pédologues**) donnant l'essentiel des informations **nécessaires** (Cf § 1.2.3.).

La carte pédologique **étant intéressante** mais peu opératoire pour le **développement**, on devrait **essayer** de s'en dispenser, et effectuer une cartographie simplifiée à partir **des** appellations vernaculaires (du village proprement dit vue la variabilité spatiale des appellations) et des **caractéristiques** que les **paysans** attribuent à chaque type (surtout dans **les P.V** où les paysans connaissent **mieux** leurs terres que dans les grandes cuvettes). C'est d'ailleurs pour l'instant ces informations qui sont souvent les seules disponibles et utilisables pour l'agronome de terrain.

La **cohérence** et la pertinence de ces **connaissances** paysannes par rapport aux comportements que l'on veut **caractériser** devra faire l'objet d'un **thème** de recherche préalable, mais on peut penser qu'elles sont suffisantes vu **l'utilisation** que l'on veut en faire, et la rapidité d'exécution que l'on demande.

A partir de **là**, on fera une **série** de mesures, portant avant tout **sur** **les** textures de surfaces (**diagnostic** manuel) ; les textures de profondeur ne seront **notées** que si il y a **des** variations importantes (limites à préciser) susceptibles de jouer **sur** le comportement par rapport à l'eau et la profondeur d'enracinement. L'apparition de la nappe sera notée.(profondeur à prospecter à définir suivant les zones en fonction des connaissances préalables

dont on dispose).

En y associant un **thème** de recherche **visant à** établir de8 relation8 **simples** entre texture et comportement **des sols** (dont le8 études **précédentes** ont montré l'**existence**, et qu'elles ont plu8 ou moins **caractérisées**), on pourra **limiter** le8 autre8 mesures à l'**évaluation** de la salinité (sur Fondé en aval de Bogué et sur tous les sols en aval de Dagana), de quelque8 pH (peu limitant8 en **général**, l'**intensité** des **mesures** sera fonction de8 **connaissances** **préalables** sur la zone), et de quelques **perméabilités** (afin de vérifier la **validité** des relations **texture-perméabilité** pour la zone). Compte tenu du **temps** et de8 **objectifs**, on évitera le8 caractérisations hydrodynamique8 **précises**.

- la **réalisation** d'un tel **programme** avant ou **après** **aménagement** est à discuter. Pour le8 **périmètres existants (prioritaires)** le **problème** ne se pose **pas**. Pour le8 **autres**, une étude préalable **permettrait** de **mieux** utiliser les appellations vernaculaire8 et d'y associer la morphologie, et pourrait **être utilisée** pour la réalisation de l'**aménagement** (**quartiers** hydrauliques **homogènes**, répartition de8 différents types de terrain8 entre la8 **groupements,...**) **mais** on **risque** d'avoir des modification8 ensuite du fait de8 apports de terre et des **décapages** (risques variables selon le type d'**aménagement** prévu).

- **autres secteurs** de recherche plus pointus concernant l'ensemble de l'activité agricole :

. les insectes et **les** maladies : hormis pour les **légumes** et la tomate industrielle, pour **lesquels** une adaptation de8 travaux du CDH en fonction des **pressions** plus faibles et de8 décalages dans le8 saisons et les **espèces** doit **être** faite (lutte chimique, **successions** et choix du cycle), il y a peu de recherches à entreprendre dans ce **secteur**, qui **n'est** pas prioritaire. Un **suivi régulier** et explorant l'ensemble de la zone **est** **actuellement** **suffisant**.

. les oiseaux : Un effort de **recherche** devra être **consenti**, vu l'importance de8 temps de **travaux** que le gardiennage implique et le8 **dégâts** fait8 aux **parcelles**, afin de trouver des **méthodes** de lutte **efficaces**, et **économiquement réalisables**.

. l'**intérêt** des **brise-vents** reste à **démontrer**, il faudrait **se pencher** rapidement **sur** ce point afin de savoir si les plantations d'**Eucalyptus** **souvent préconisées** ont un effet positif ou non, et si d'autres utilisations ont un **intérêt tangible** pour le8 paysans de la **vallée**, qui **restent** dans l'ensemble **très réticents**.

. le8 **possibilités** de **récupération** du ruissellement semblent

intéressantes, surtout en amont, il faudrait les évaluer plus **précisément**.

b) besoin **spécifiques supplémentaires** selon les culture8 :

- pour le rit :

- . mettre l'accent **sur l'évaluation** des risques **courrus**

avec les saisons non encore **pratiquées** par le **développement** (semis de novembre et mai), en terme de conséquences sur la végétation, le rendement et

les possibilités de travail suivant **les principales** contraintes du milieu

(**Températures mini et maxi, évaporation, et pluies**).

- . **conséquence** des **pratiquer** de **fourniture** de l'eau/type de sol, et en particulier effet des stress hydriques **prolongés** (à partir de quand est-il plus rentable **d'abandonner la culture**)

- . **pour le travail du sol en fonction des** outil8 et du **résultat visé**, **étude fréquentielle** des **possibilités** de **travailler** dans la gamme d'humidité choisie **suitant la saison**, le type de sol, la **possibilité** et les **effets** d'une **préirrigation**.

Ceci afin d'établir un calendrier des jours disponibles, guidant le choix **des** matériels. (La **rapidité** d'intervention **permettant** de se **rapprocher des dates optimum** est souvent plus payante qu'un travail profond). Au besoin, on conduira des essais pour compléter nos connaissances sur les **possibilités** de passage de8 outils dans **diverses conditions**, et leurs **conséquences** sur le profil.

- pour le maïs :

- . **rendements probables** suivant les date8 de semis pour **différents** seuils de **sécurité**, en particulier pour les **semis** de saison froide après riz dan8 la **zone amont**, et pour une éventuelle succession **tomate/maïs** (semis en mai).

- . influence de la conduite actuelle de l'eau sur la satisfaction des besoins, les **asphyxies temporaires**, et les charges.

- . exigences du **maïs** par rapport au **sol** (comportement pour l'eau **éléments minéraux,...**) à préciser.

- . **pour le travail du sol**, quels sont les besoins pour l'enracinement et la conduite de l'eau selon les sols, en comparant les effets sur le **rendement** avec ceux qu'induiront les retards d'implantation entraînés par le8 **différents** types de travaux.

- pour le sorgho (**irrigué**)

- . pas une **priorité** vu le **peu d'impact** de cette culture,

- . le point le **plus important** est la **lutte** contre le8 oiseaux (**choix** des cycles, **lutte active,...**)

. calage des cycles en dehors de l'optimum (ne sera pas privilégié dans les rotations vu le peu d'intérêt qu'il suscite), en particulier possibilités de culture en mai pour succession avec la tomate.

- la tomate industrielle :

. étude du calendrier de culture, en ajoutant les risques phytosanitaires et les effets des pluies sur les pépinières aux contraintes de température. (et les variations de prix pour la partie vendue hors usine, Cf infra, pour les légumes)

. évolution des populations de nématodes et conséquences sur les rendements dans les conditions de culture du Fleuve (semi-submersion, sur Fondé ou Hollaldé, avec culture de ris submergée possible dans la rotation),

. rentabilité suivant les époques d'une protection chimique systématique.

- les légumes (et la tomate de table)

. à partir des calendriers établis par Van Damme et Reynard dans des conditions très précises, et parfois sur un petit nombre d'années, déterminer les rendements que l'on peut espérer, avec et sans couverture phytosanitaire, en liaison avec une analyse fréquentielle des paramètres importants du climat selon les zones.

. Y adjoindre une étude économique pour déterminer les variations actuelles des prix sur les marchés selon les saisons, et leur évolution probable dans les années à venir avec la saturation des marchés locaux, et les débouchés plus lointains (Cap-Vert et exportation).

. Ce qui permettra en croisant les deux d'avoir les variations du produit brut probable, à comparer avec les risques et les variations de charges (sur et produits phytosanitaires)

- le blé :

. les recherches sur cette plante ne constituent pas une priorité

. le principal problème à résoudre est l'importance des risques climatiques. Définir à partir des travaux de Lucido et Moscal, et en reprenant l'étude fréquentielle, le niveau de ces risques, voir dans quelle mesure ils sont compatibles avec une succession, et l'intérêt de les prendre suivant le prix fixé. Au niveau variétal, l'objectif n°1 doit être de minimiser ces risques.

. reste ensuite la conduite de l'irrigation : le blé est très sensible aux excès, surtout dans son jeune âge, et il faudra voir si le planage actuel des parcelles est compatible avec les exigences de cette plante.

• la culture **sous** pivot, **comme essayée** par la **SOCAS**, pourrait faire l'objet de recherches, si les prix **étaient plus favorables**.

- les cultures pluviales :

• pour la **zone** nord, le **facteur limitant absolu** est la **pluviométrie**. Il y a donc peu **d'espoirs d'améliorer nettement** la situation en **dehors** de l'irrigation. On devrait **toutefois étudier** la **possibilité** de l'emploi de techniques pour **économiser** l'eau (Quelques essais ont **été faits sur ce thème** par l'IRAT, puis l'I.S.R.A.) ou pour **favoriser une** meilleure **utilisation** par les plantes. En ne perdant pas de vue que **ces cultures se maintiennent parce-** qu'elles **nécessitent très peu d'intrants**. Toute technique **coûteuse** est donc **condamnée d'avance**.

• plus en amont (Matam et surtout **Bahel**), la **pluviométrie** autorise des **recherches sur**, outre l'**économie** de l'eau qui reste une **priorité**, les autres **facteurs** pouvant limiter la production. Plus que des recherches **originales**, il **s'agit** surtout de faire un travail de remise à jour des **anciens travaux** de l'IRAT-Kaédi, et d'adaptation des **résultats** actuels du CNRA de Bambey (à **pluviométrie** comparable). Ce travail devra s'appuyer sur un **diagnostic précis** des **facteurs et conditions limitant le rendement dans les parcelles des paysans**.

- Pour les cultures de **décrues** : Bien que leur avenir **après** la mise en service des **barrages** soit incertain, elles **continuent** à jouer un **rôle important** dans les **systèmes** de production des **paysans**, et si un **programme** de recherche était mis en place **sur les cultures** traditionnelles, il devrait comporter un **volet "décrue"**.

Il **s'agit essentiellement** de voir, à partir des **résultats** des essais **menés autrefois** par l'IRAT-Kaédi (et **éventuellement d'autres**) quelles techniques **simples**, et surtout peu **coûteuses** (**même remarque** que pour les **cultures pluviales** de la zone nord) on peut **proposer au paysan** pour **améliorer les rendements** du Waalo. (l'IRAT kaédi avait obtenu, au **niveau** recherche, un **doublement des rendements** en utilisant entre-autres la fertilisation azotée à 80 N/Ha)

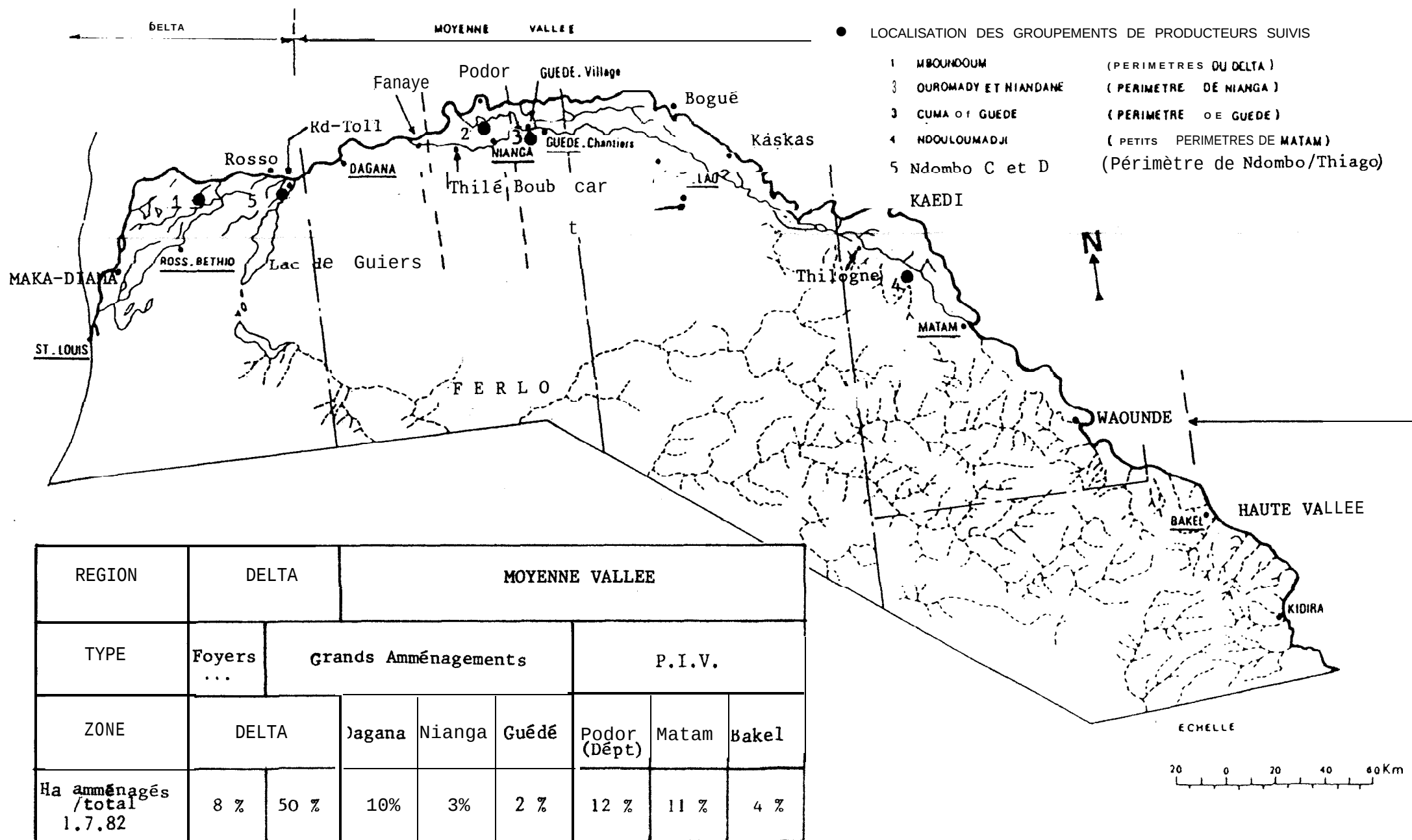
D'une **manière générale**, un travail important d'inventaire des **résultats** obtenus **dans le passé** par les différents **instituts** qui ont travaillé **sur le fleuve** est **nécessaire**. Ces **résultats** ont des **valeurs très inégales**, et cet inventaire devra **être** critique.

Pour les actions de recherche **à entreprendre**, il est indispensable d'établir une hiérarchie en fonction de l'importance des **problèmes actuels**, comme nous l'avons **esquissé plus haut**.

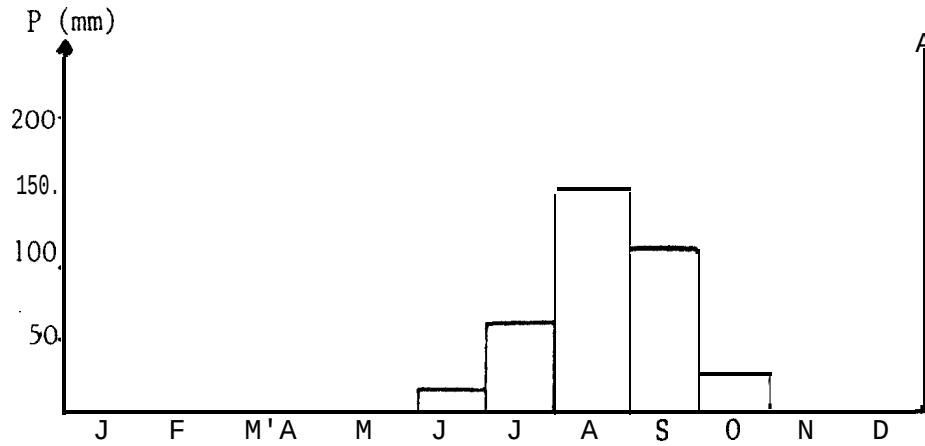
Mais les barrages sont en **cours** de construction. Ils vont permettre de lever un certain nombre de contraintes hydrologiques, **autorisant** la double culture, et l'expression de toutes les contraintes qui y sont liées. Diama sera probablement **achevé** dans quatre à cinq ans, et la recherche doit **se** préoccuper dès maintenant des nouveaux **problèmes** qui vont **se** poser alors au Delta.

ANNEXES

Zones d'intervention de la S.A .E. D et réseau hydrographique

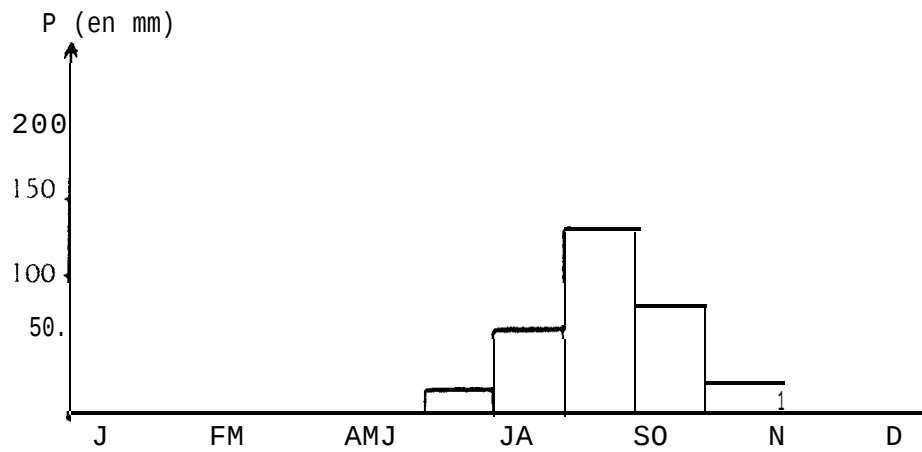


MOYENNES DES PRECIPITATIONS MENSUELLES (1931 à 1960)



SAINT-LOUIS Durée de la saison des pluies
(fréquence)

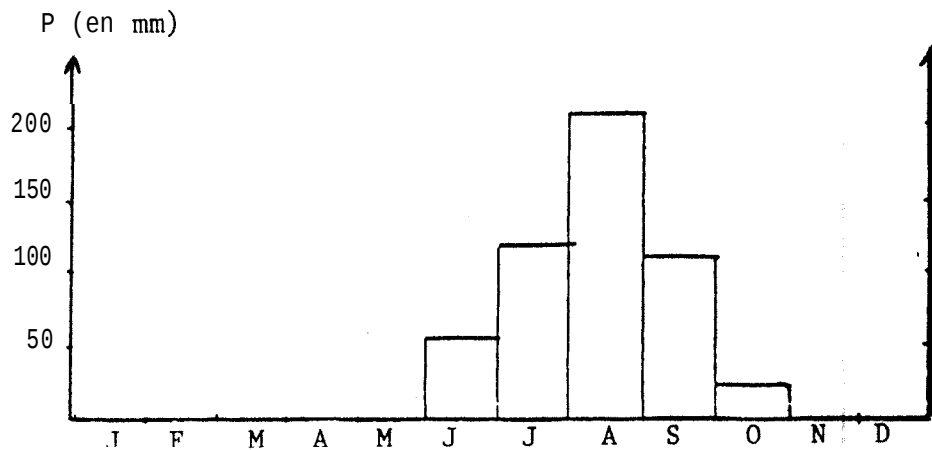
90% > 25 jours
10% > 100 jours



PODOR

Durée de la saison des pluies
(fréquence)

90% > 40 jours
10% > 110 jours



MATAM

Durée de la saison des pluies
(fréquence)

90% > 54 jours
10% > 110 jours

HUMIDITE RELATIVE EN % MAXIMA ET MINIMA MOYEN JOURNALIER
(Ux, Un)

(OMVS 1980)

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
Kayes													
Ux	40	34	30	33	60	79	92	96	97	92	71	49	64
Un	13	10	8	10	17	37	56	64	59	43	22	16	30
Matam													
Ux	65	59	55	51	52	70	85	94	93	89	83	73	72
Un	18	17	12	15	16	26	44	57	55	43	26	23	29
Rosso													
Ux	58	59	65	71	76	83	89	91	93	87	74	65	76
Un	16	16	18	12	17	26	41	49	48	35	26	22	24
St-Louis													
Ux	82	88	91	93	95	94	91	92	92	91	87	83	90
Un	36	45	51	61	73	76	74	73	70	62	48	39	59

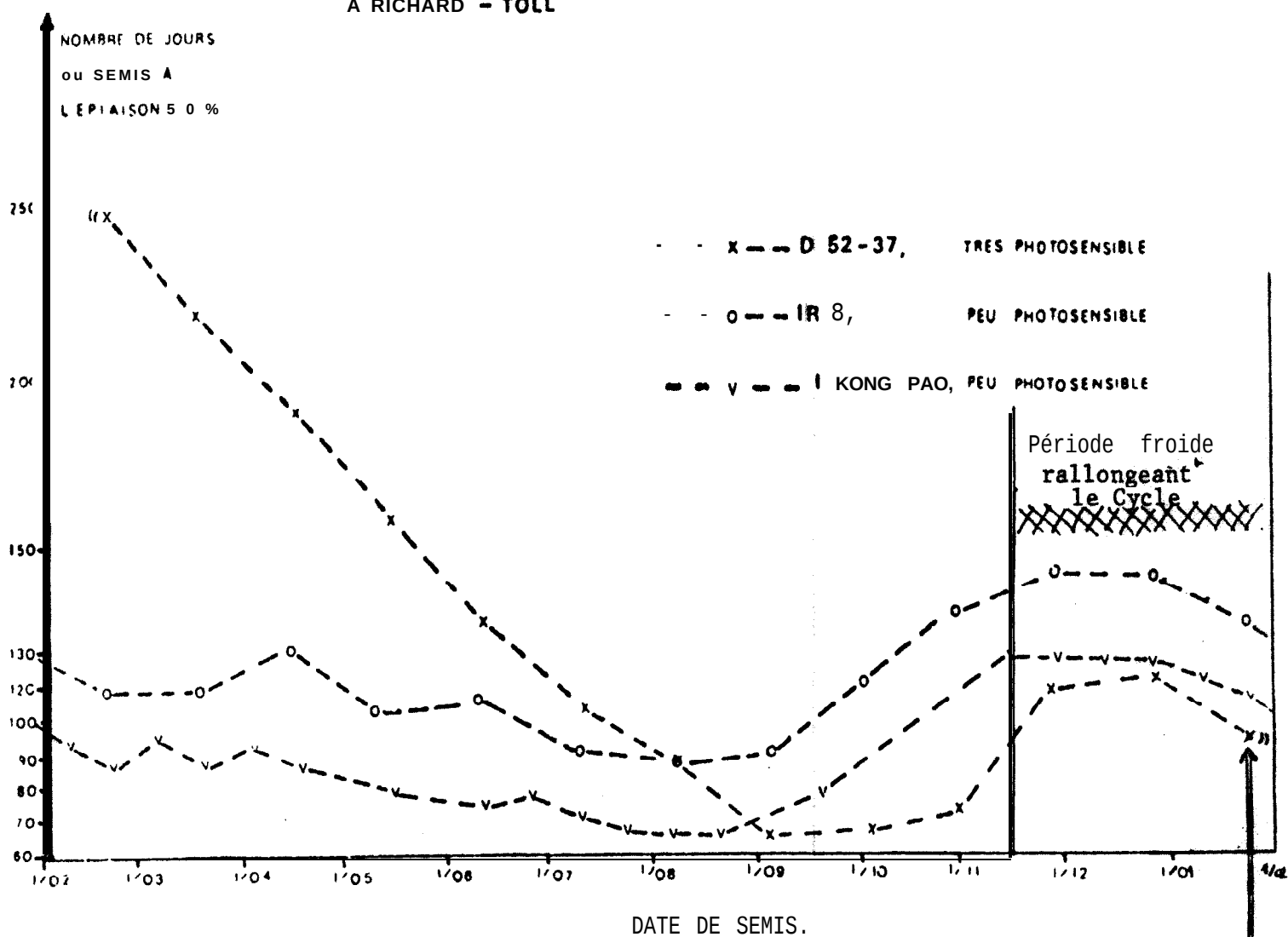
EVAPORATION MOYENNE JOURNALIERE (mn) 1951 - 1970
(Piche)

(OMVS 1980)

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN Moy.	Total
Matam	8,4	10,0	12,2	13,4	14,9	13,0	7,8	4,7	4,6	5,7	7,3	7,8	9,2	3358
Podor	6,2	7,5	9,4	11,1	12,2	10,5	7,5	5,1	4,0	5,3	5,6	5,5	7,5	2737
St-Louis	7,9	8,1	7,8	6,6	5,1	4,6	4,4	4,0	4,0	4,8	6,5	8,0	6,0	2190

COURBES DES LONGUEURS DE CYCLE SEMIS — EPIAISON 50 % DE VARIETES DE RIZ

A RICHARD - TOLL

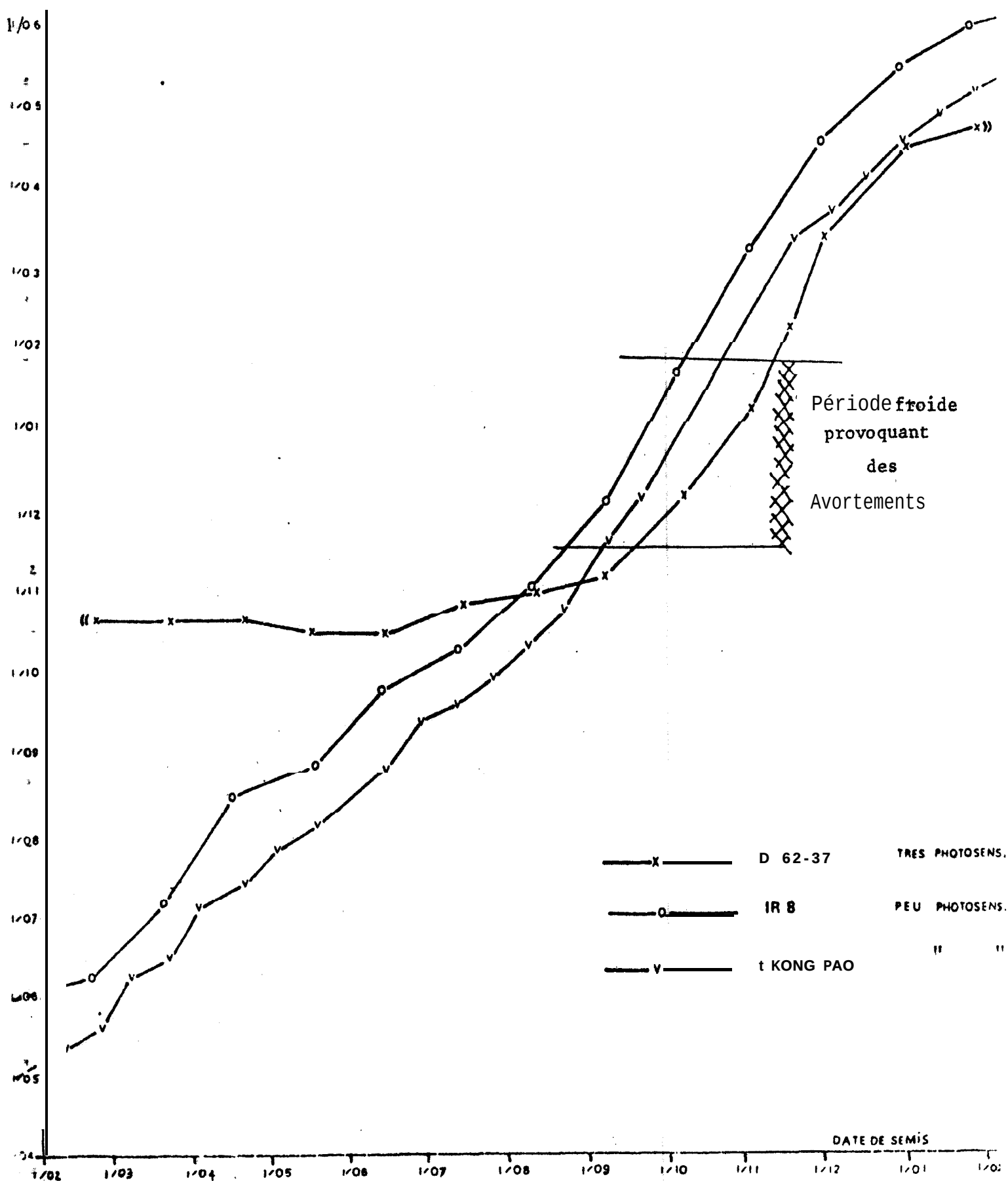


Action de
l a
Photopériode
sur D52/37

VARIETES DE RIZ A RICHARD-TOLL

J.P. AUBIN .

DAP - IRAT 1982

DATE
D'ÉPIAISON

TEMPERATURES ET DEVELOPPEMENT DU RIZ

STADES DE DEVELOPPEMENT	TEMPERATURES EN ° CELCIUS				EFFETS DUS AUX TEMPERATURES EXTREMES	
	MIN.	OPT.	MAX.	LETHALES	ACTION DU FROID	ACTION DR LA CHALEUR
GERMINATION (2) (2) 0. Sativa type japonica 0. Sativa type indica	16 11 13	19 ou 26 33	35-42	50	La vitesse de germination diminue jusqu'à s'annuler : étalement de la levée, décoloration, mort des plantnles	
ZERO DE VEGETATION TALLAGE (1)	15	30	32-34		non connu avec exactitude tallage lent et rallongement de ce stade	La durée de tallage et le nombre maximum de talles diminuent
(2)	16-19	j 31 n 21	40-42	50	La vitesse de tallage s'accroît sérieusement entre 15 et 30°C	lorsque la température s'accroît au-dessus de 32-34°C
INITIATION PANICULAIRE Formation des ébauches florales (2)	21	27-29	37		Décoloration des feuilles froid provoque la stérilité - 20-24 jours avant l'épiaison lors de la formation des ébauches florales	Formation avancée de 2 à 4 jours des ébauches florales par * supplémentaire au-dessus de 27-29°
Formation des épillets (2)	19-20	22-25			- 1-12 jours avant l'épiaison pendant la réduction des cellules mères du pollen et du sac embryonnaire dégénérescence des épillets qui deviennent transparents, filamenteux, blancs	
FLORAISON exertion de la panicule (2)	19	25-30	35		diminue l'exertion jusqu'à l'empêcher	
déhiscence des étamines (2)	20		50		ralentit la vitesse d'exertion des panicules : étale l'épiaison	
(3)	25		35		retarde la floraison	
(3)	10	27-40	60		avortement de l'anthèse	
ouverture des épillets (2)	15-20	30	50-55		pollen infertile	

						Mauvais taux de fécondation li?? à une hygrométrie faible et à un vent desséchant : la stérilité peut atteindre 100%
Pollinisation	(2)	21	27-37	43		
germination du pollen	(1)	10-13				La fécondation se produit seulement à une température 7 15°C
	(3)	10	31-32	60		(3) surtout inhibition de la maturation du pollen et de sa germination
	(1)	20	30	38		
croissance du tube pollinique	(3)	10	30	50		
MATURATION	(2)	17	25	42		décoloration des feuilles irrégulière vieillissement avancé de la plante provoque un mauvais remplissage du grain
						provoque un mauvais remplissage du grain : échaudage

- (1) ANGLADETTE, le riz, éd. maisonneuve, 1960 - (2) PROBLEMS OF RICE SELECTION UNDER SEHELIAN CONDITION par Wr DINGLE et T.T TT
 (3) GENETICS AND BREEDING OF RICE par M.F. CHANDRARATNA

Nombre de jours par mois en % ou la T° maximale

(Tx) est égale à X : Moyenne 1975-1977

Station	x	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy.
Matam	25 à 30°	48	36	4				2	3	3	3		23	10
	30 à 35°	31	36	16	2	2		15	45	30	16	47	35	23
	35 à 40°	3	21	63	22	15	40	F 65	52	F 57	F 71	F 53	39	F 42
	>40°			17	76	87	60	18		F 10	F 10	F		23
Kaédi	25 à 30°	31	8	28	4			6	48	3		1 8 1 2 6 1		13
	30 à 35°	56	49	46	4	3	3	F 32	F 71	42	F 8	F 28	45	28
	35 à 40°	10	22	16	66	23	43	48	24	48	61	62	23	F 35
	>40°		20		30	74	54	F 13		7	F 31	F 2		19
Podor	25 à 30°	69	61	5					3			F 3	32	14
	30 à 35°	13	25	26	5	10	3	8	26	17	F 3	F 37	29	F 17
	35 à 40°			50	65	47	33	52	F 68	67	68	60	26	F 45
	>40°			18	31	43	63	40	F 3	17	F 29	F		20
Saint-Louis	25 à 30°			26	35	53	60	21	F 6	17	F 10	3	55	24
	30 à 35°	56	43	31	42	26	35	74	94	80	71	57	32	F 53
	35 à 40°	21	21	32	20	8	2	5		7	19	40		14
	>40°			7	11		2	3						2 F

(OMVS 1980)

INCIDENCE DE L'HARMATTAN

	Kayes	Matam	Podor	Rosso
Mars	6 années sur 38	4 annbes sur 33	3 annkes sur 32	4 annbes sur 29
Avril	4 années sur 38	7 annbes sur 33	3 années sur 32	3 années sur 29
Mai	4 années sur 38		6 années sur 32	2 années sur 29
Année +	11 années sur 38	9 années sur 33	11 années sur 32	8 années sur 29

Notes : 'analyse pour ce mois uon disponible

+ il est possible qu'on observe cette incidence durant plusieurs mois d'une année.

(d'après Rijks, 1976)

RESULTATS SUR L'ETALEMENT DES ESPECES MARAICHIERES DANS LA ZONE DE NIANGA
(DEPARTEMENT POOR - IRRIGATION A LA RAIE1)

		B.E.I.M.S.											
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
AU3 ERG I NE	T	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	NT												
CHOU CABUS	T	x	x	x	X	-						X	x
	NT	-	x	x	x	x	x	x	-				
CHOU DE CHI&E	T												
	NT												
DIAKHATOU	T	x	x	x	x	X-			-	XX	X	x	x
	NT												
GOMB O	T					XX	x	x	x	x	x	x	x
	NT												
MELOM	T					XX	x	x	x	x	x	x	x
	NT												
OSEILLE DE GUINEE	T	x	X	x	x	x					-	X	x
	NT												
PASTEQUE	T	x	x	x	x	x	-	~	X	~	X	X	-
	NT												
PATATE DOUCE	T	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	NT												
PIMENT	T	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	NT												
POMME DE TERRE	T	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	NT												
OIGNON (semis - repiquage)	T	-	-	x	x	x	x	x	-				
	NT												
OIGNON (plantation bulbilles)	T	-	-	x	x	x	x	x	x	-			
	NT												
TOMATE (1)	T	mm	x	-							-	x	x
	NT												
TOMATE (2)	T	x	x	-	-						-	x	x
	NT												

(T) Avec traitements phytosanitaires

(NT) Sans traitements phytosanitaires

xxx Période de semis favorable

- - - Période de semis moins favorable

— Période de récolte favorable

== Période de récolte moins favorable

(1) Tomate de table : variété : HOPE No 1-H,
XEEWEL | NAWET, SOLO et SMALL FRY

(2) Tomate industrielle : variété ROMA

Ces résultats sont basés sur les données recueillies lors des tests orientatifs effectués à Nianga durant la campagne 1980-81,

(Van DAMME 1981)

**DATES BT PROBABILITES D'OCCURENCE D'UNE PLUIE
DECADEIRE D'AU MOINS 20 mm : (OMVS 1980)**

Proba- bilités	St-Louis	Dagana	Podor	Kaédi	Matam	Bakel
10%	16-VI	19-VI	16-VI	23-VI	30-V	29-v
25%	5-VII	3-VII	30-VI	19-m 1	9-VI	5-VI
50%	30-VII	23-VII	P-VIII	7-VII	27-W	26-VI
75%	18-VIII	-	-	8-VIII	16-VII	8-VII
90%	25-VIII	-	-	17-VIII	-	8-VIII

Nombre moyen mensuel de jours de pluie

($P > 0,1\text{mm}$)

1931 - 1960

(OMVS 1980)

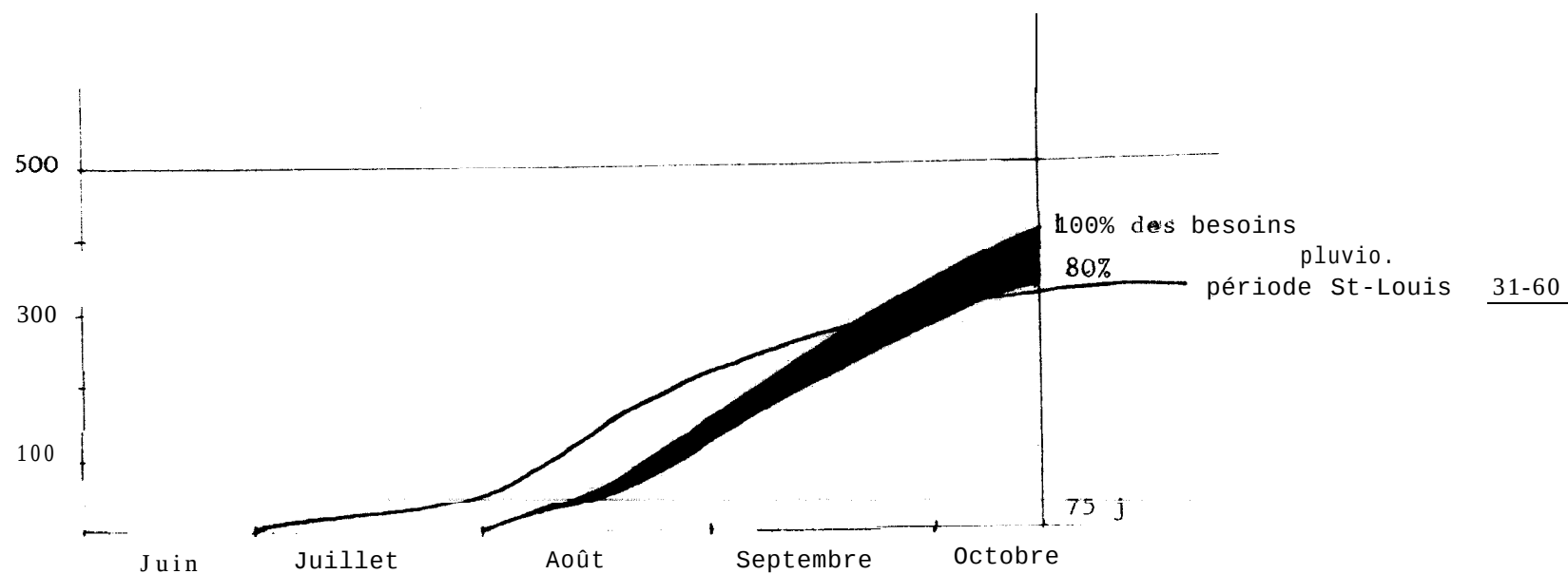
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AN
St-Louis	0,4	0,5	0	0,1	0,4	1,4	4,8	12,0	9,3	3,0	0,6	0,6	33,1
Kaédi	0	0	0	0	1,0	3,0	6,0	9,0	7,0	7,0	0,1	0,1	33,2
Podor	0,3	0,4	0,2	0,2	0,6	1,8	5,2	9,3	6,4	2,5	0,6	0,5	28,0
Matam	0,2	0,2	0,1	0	0,9	4,6	7,9	11,1	9,3	9,3	0,5	0,3	44,4

Pluviométrie
(mm) ↑ besoins en eau

SATISFACTION DES BESOINS EN EAU (PLUVIALE)

ZONE DE NDIOL (BAS-DELTA)

NIEBE DE 75 J



Année moyenne

date de semis à probabilité 50% : 30 Juillet

d'après C. DANCETTE

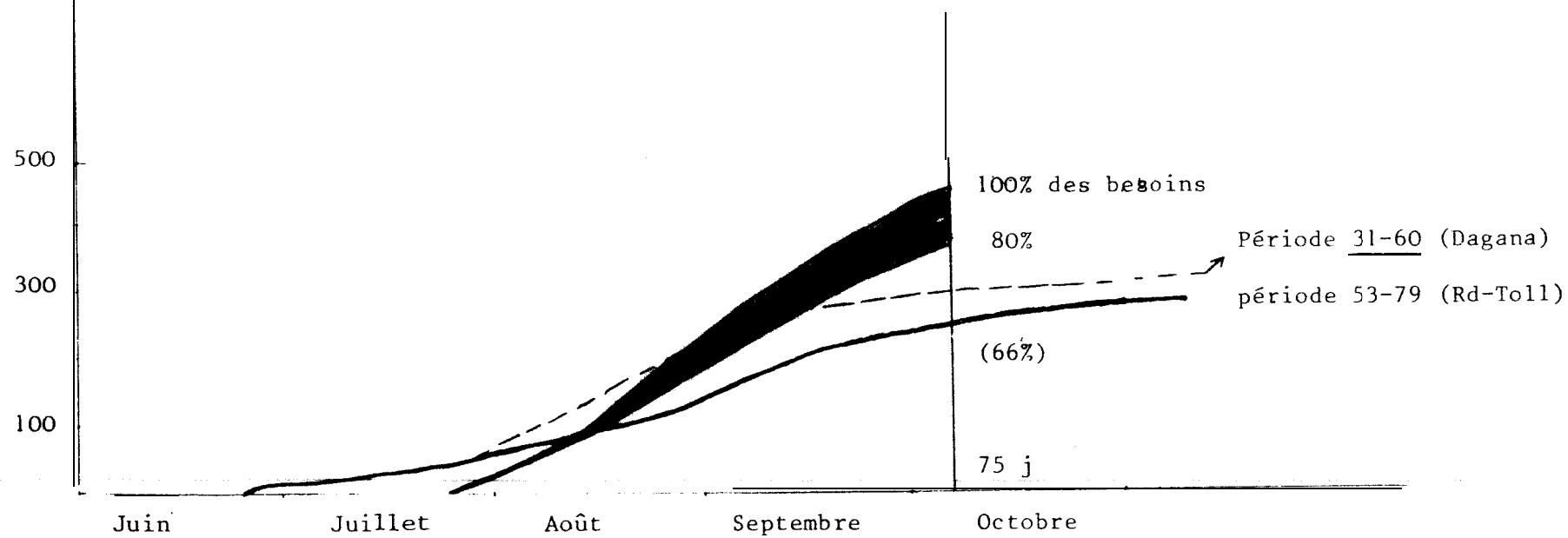
ALIMETRE
(mm)

besoins en
eau

ZONE DE R

TOLL/FANAYE

NIEBE DE 75 j



Année moyenne

Date de semis à probabilité 50% (pluie décadaire $\geq 20\text{mm}$) = 25 Juillet

d'après C. DANCETTE

soins en
eau

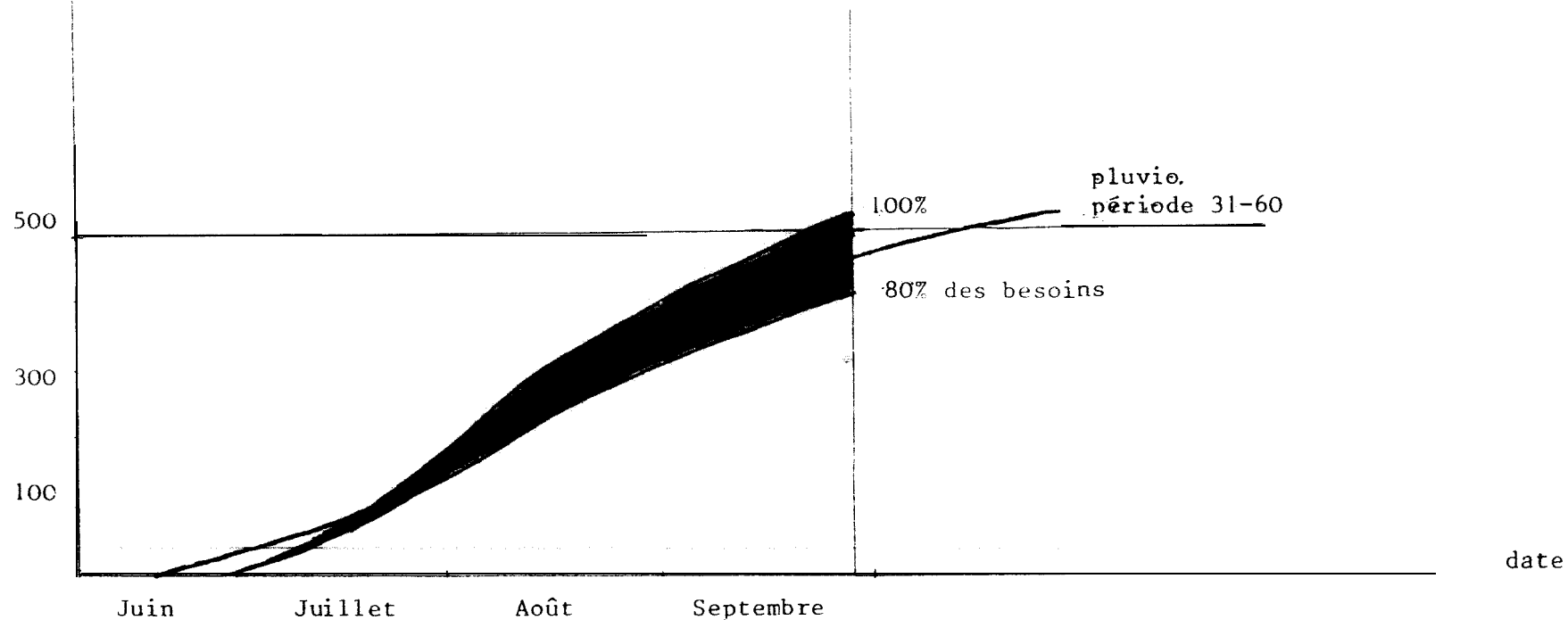
SATISFACTION DES BESOINS EN

LEO

pluvio. (mm)

ZONE DE MATAM

Mil Suuna 90 j



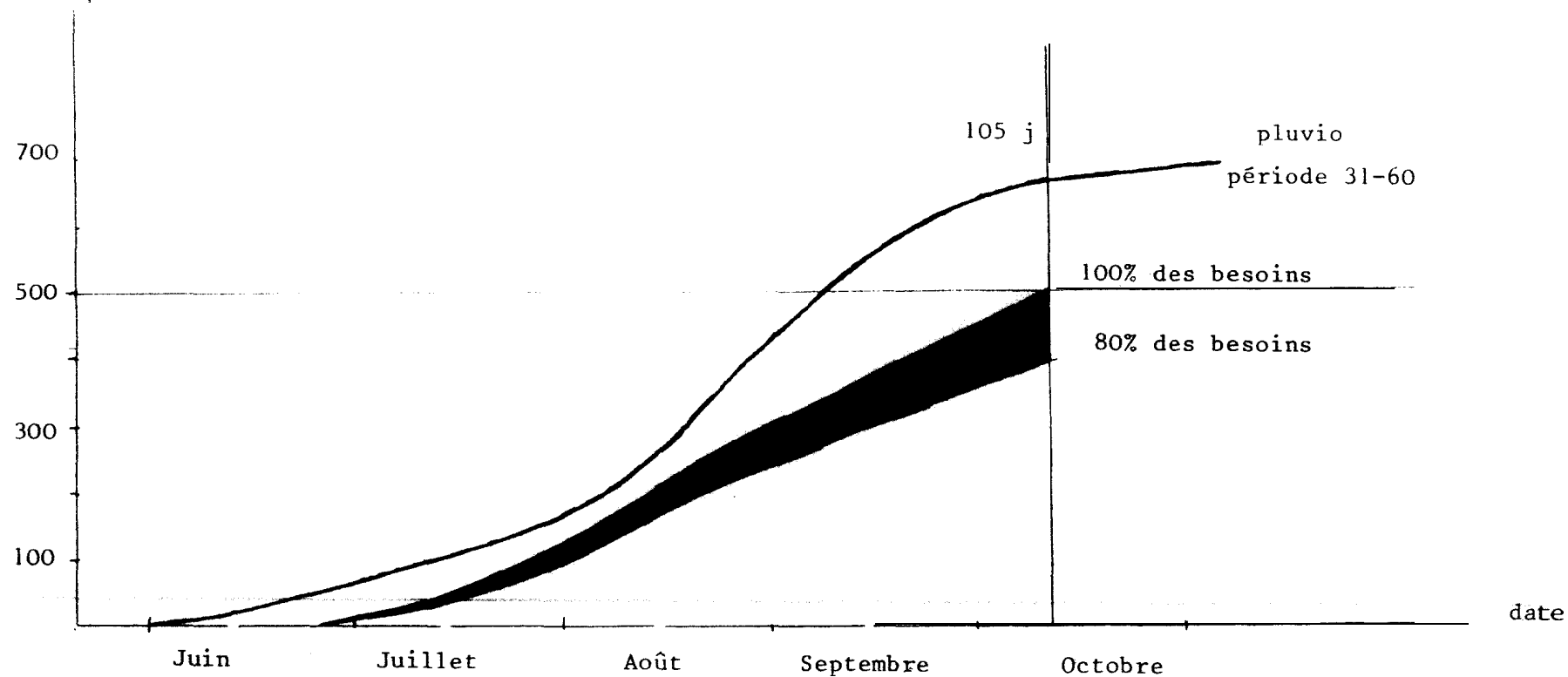
Date de semis à probabilité 5% : 27 juin

pluviométrie

SATISFACTION DES BESOINS EN EAU (PLUVIALE)

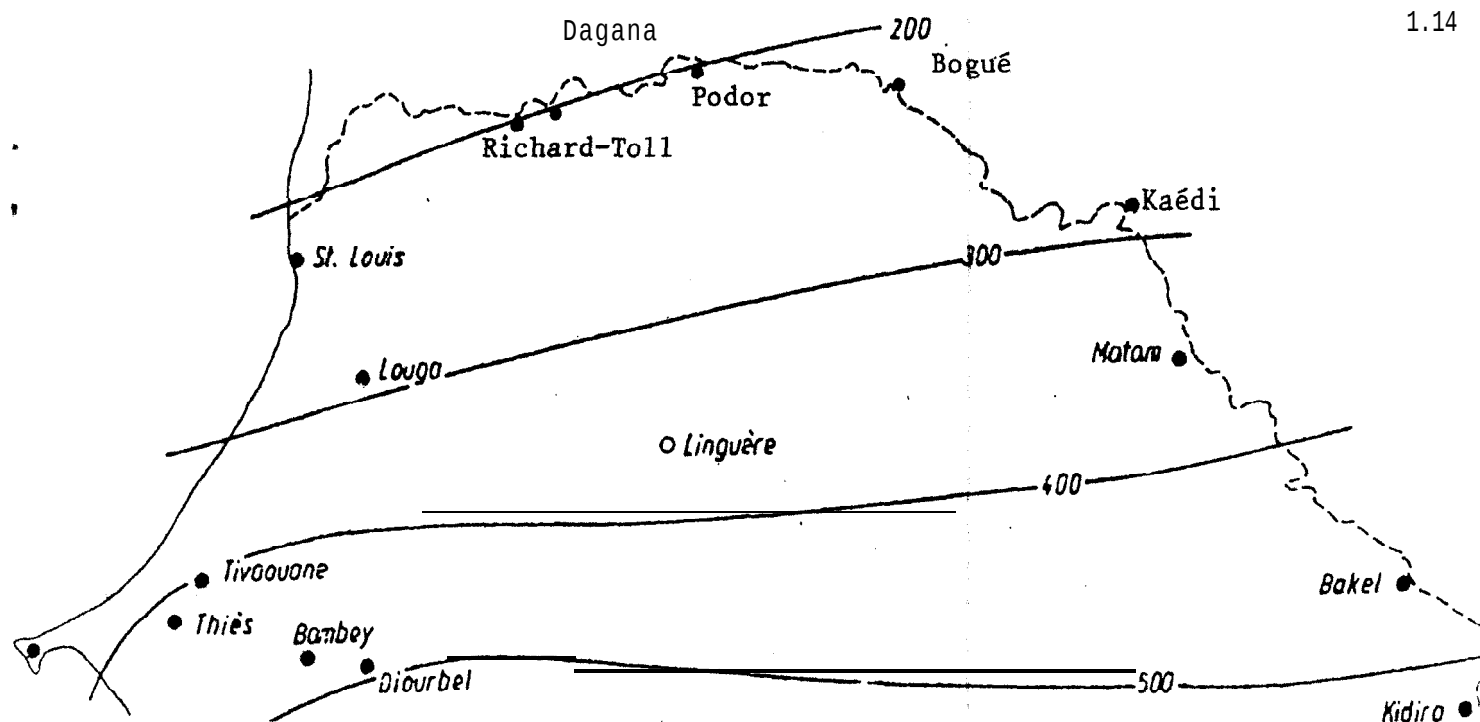
ZONE DE BAKEL

Arachide de 105 jours



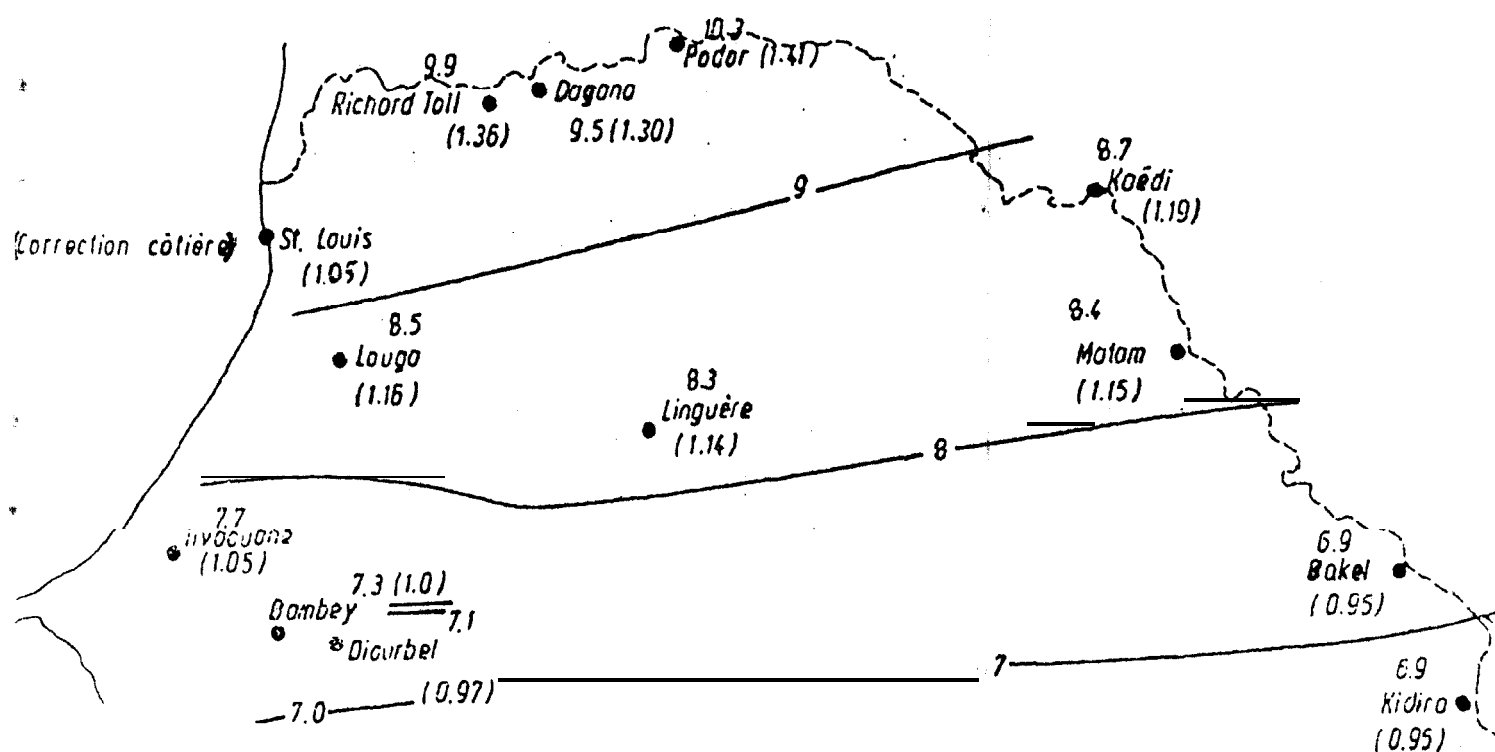
Année moyenne

Date de semis à probabilité 50% : 26 juin



PLUVIOMÉTRIE EN MM, DE JUIN À OCTOBRE COMPRIS, ATTEINTE OU DÉPASSÉE DANS 80%
DES CAS PÉRIODE 1931-1975 (CALCULS EFFECTUÉS À PARTIR DES DONNÉES
DE LA MÉTÉOROLOGIE NATIONALE=LISTING "HYDROLOGIE ORSTOM")

d'après DANCETTE 1980



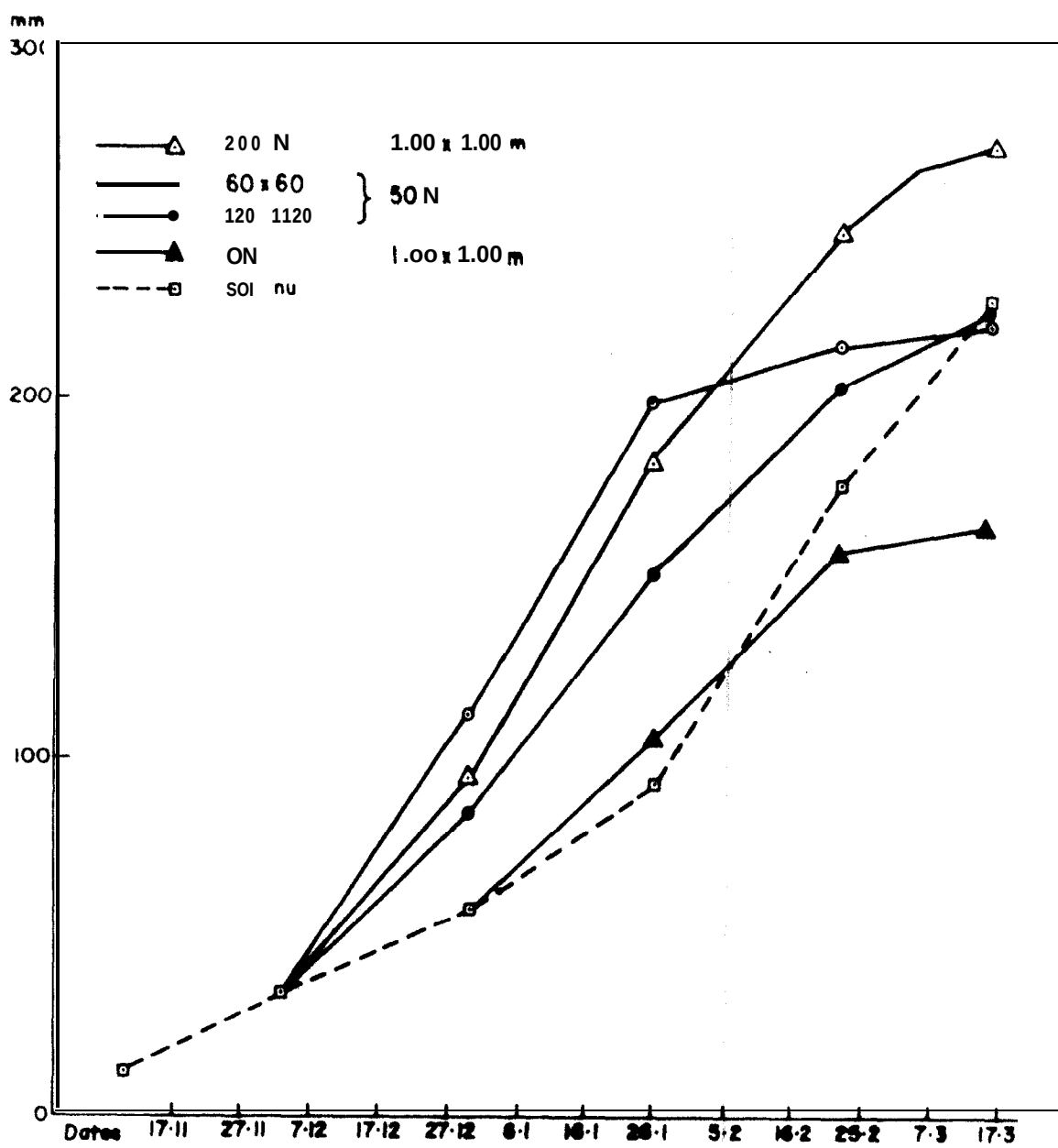
CARTE DES VARIATIONS DE DEMANDE ÉVAPORATIVE AU SENEGAL
mm/jour

PENDANT LES MOIS D'HIVERNAGE (JUIN À OCTOBRE COMPRIS) Période 1972-197

(coefficients/Bambey entre parenthèses)

Fig 6 Consommation cumulative en cou sorgho de décrue

KAÉDI 1970 - 7 1 .



(RIJKS 1976)

ESTIMATIONS PROVISOIRES DES BESOINS EN EAU MOYENS DES CULTURES DE RIZ
(SEMIS DIRECT)

A - Besoins en eau en mm par mois

Culture d'hivernage (semis mi-juin)		Culture de contre-saison froide (semis première quinzaine de novembre)		Contre-saison chaude (semis en Février)	
Juin	220 ± 50	Novembre	200 ± 50	Février	200 ± 100
Juillet	390 ± 80	Décembre	200 ± 60	Mars	300 ± 100
Août	360 ± 40	Janvier	230 ± 40	Avril	420 ± 50
Septemb.	140 ± 40	Février	310 ± 60	Mai	420 ± 50
<u>Total</u>	<u>1 110 ± 150</u>	Mars	400 ± 40 1/	Juin	360 ± 50
		Avril	380 ± 100 2/	<u>Total</u>	<u>1700 ± 200</u>
		(Mai)	190 ± 40 2/		
		<u>Total</u>	<u>1 720 ± 200</u>		

B - Rapport K' entre l'évapotranspiration et l'évaporation du bac classe A

Hivernage		Contre-saison froide		Contre-saison chaude	
Semaines après le semis	K'	Semaines après le semis	K'	Mois	K'
1,2	0,6	1-6	0,8	Février	0,7 - 1
3	0,8	Pendant le		Mars	0,7 - 1
4	1,0	reste de la		Avril	0,8 - 1
5-13	1,2 à 1,4 3/	saison	1,0	Mai	0,8 - 1,1
14-16	1,0 à 0	Les dernières deux semaines	0,5 4/	Juin	0,8 - 1,1

1/ Très sensible à la vitesse du vent nocturne.

2/ Selon le régime thermique subi par la culture durant les mois précédents.

3/ Selon la fréquence des jours de pluie.

4/ La longueur de la saison dépend de la durée de la période froide, variable selon la situation en amont ou en aval et d'une année à l'autre.

BESOINS EN EAU COMPARES DU SEMIS **DIRECT** ET DU REPIQUAGE

Evapotranspiration en mm par mois (Eau utilisée pour la prdparation du sol incluse)

RIZ D'HIVERNAGE

	<u>Kaédi</u>			
	<u>Semis direct</u>		<u>Rapiquage</u>	
	1972	1973	1972	1973
Juin		136	-	-
Juillet	285	453	129	
Août	364	355	384	3::
Septembre	365	148	401	414
Octobre	205	-	314	-
	1 319	1 092	1 228	1 018

RIZ DE CONTRE-SAISON FROIDE

	<u>Kaédi</u>			
	<u>Semis direct</u>		<u>Rapiquage</u>	
	1971/72	1972/73	1971/72	1972/73
Nov.	175	-	115	-
Déc.	199	263	196	-
Janv.	272	240	232	238
Fév.	302	342	286	303
Mars	419	437	454	417
Avri 1	312	47s	346	415
Mai			46	239
Total	1 679	1 757	1 635	1 612

RIZ DE CONTRE-SAISON CHAUDE

	<u>Kaédi</u>	
	<u>Semis direct</u>	<u>Rapiquage</u>
	1974	
Février	240	150
Mars	406	402;
Ad 1		472
Mai	924)	420
Juin	325	340
Total	1 895	1 784

A - Besoins en eau en mm par mois

	<u>Maïs</u>	<u>Coton</u>	<u>Niébé</u>
Juin	140	110	120
Juillet	260	210	240
Août	200	230	220
Septembre	40	150	160
Total	640 $\pm$ 60	700 $\pm$ 70	740 $\pm$ 100

**B - Rapport (R) entre l'bvapotranepiration et
l' évaporation du bac classe A**

<u>Maïs</u>		<u>Coton</u>		<u>Niébé</u>	
Semaines après le semis	R	Semaines après le semis	R	Semaines après le semis	R
1-3	0,4	1-4	0,3	1-4	0,3 à 0,8
4-12	0,9	5-6	0,6	5-12	0,8
13-14	0,5	7-15	0,8	13-14	0,6
		16-18	0,4	15-18	0,5

ESTIMATIONS PROVISOIRES DES BESOINS EN EAU MOYENS DES
CULTURES DE CONTRE-SAISON FROIDE (SEMIS DE **MI-NOVEMBRE**)

A - Besoins en eau en mm par mois

	<u>Blé</u>	<u>Maïs</u>	<u>Sorgho</u>	<u>Niébé</u>
Novembre	70	30	70	70
Décembre	180	160	110	130
Janvier	220	190	140	140
Février	170	180	150	200
Mars		50	80	200
Avril			-	140
	640 $\pm$ 100	650 $\pm$ 100	560 $\pm$ 100	870 $\pm$ 120

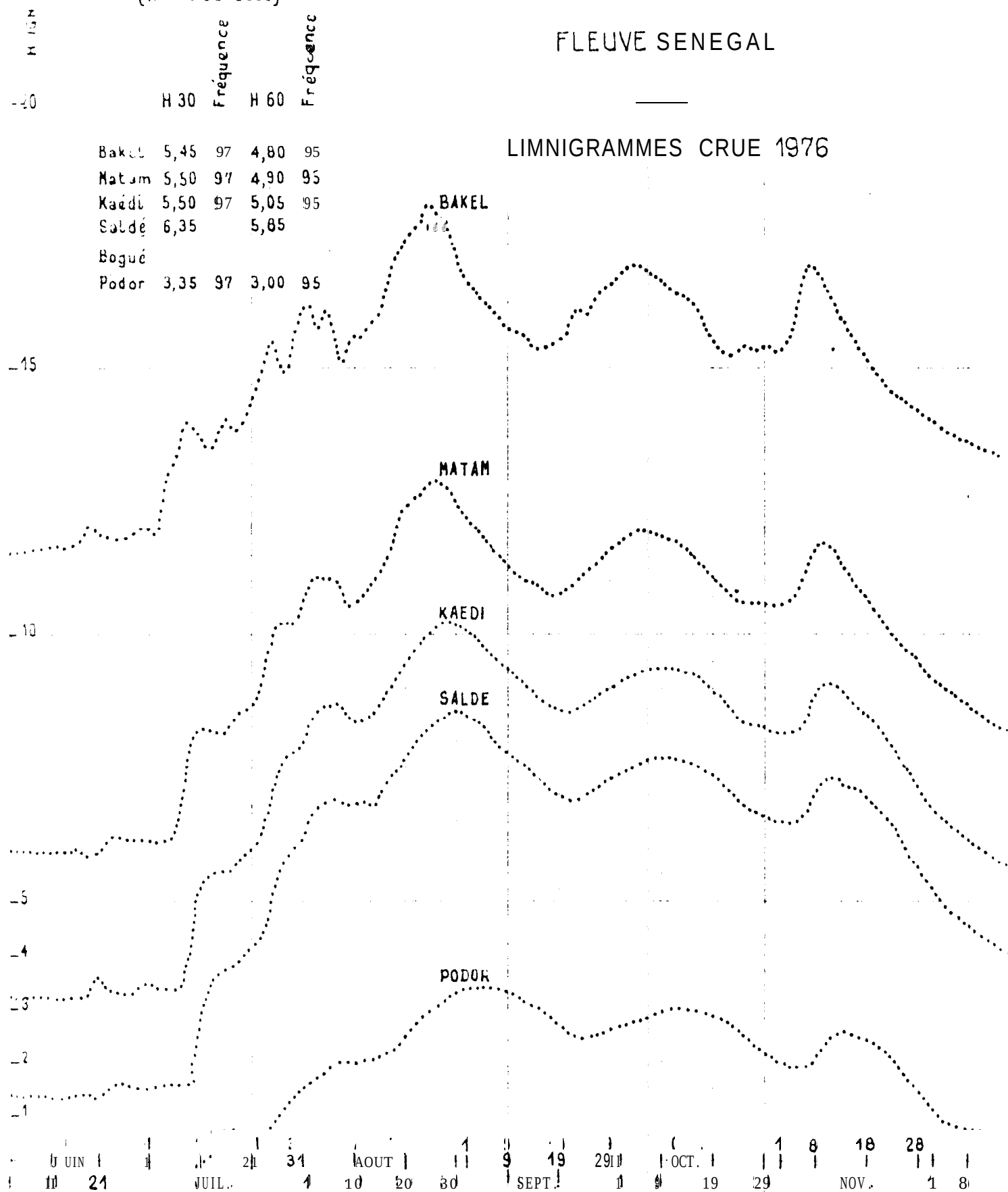
**B - Rapport (K') entre l'évapotranspiration et
l' évaporation du bac classe A**

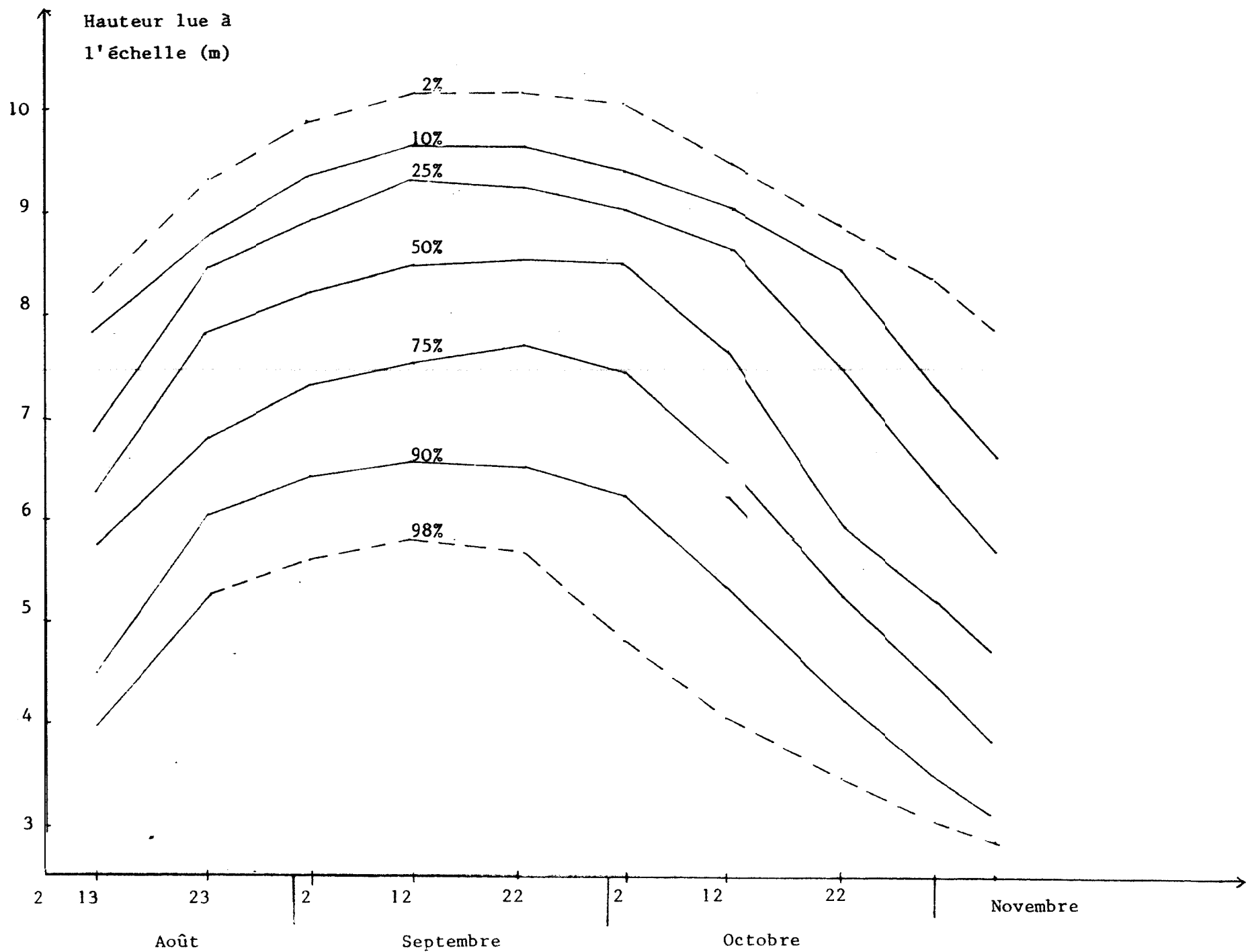
<u>Blé</u>		<u>Maïs</u>		<u>Sorgho</u>	
Semaines après le semis	K'	Semaines après le semis	K'	Semaines après le semis	K'
1-2	0,35	1-4	0,5	1-3	0,3
3-5	0,4 à 0,8	5-7	0,5 à 0,9	4-7	0,5
6-14	0,9	8-13	0,9	8-15	0,6
15-16	0,4	14-16	0,6	16-18	0,3
		17-19	0,3	-	

Les informations **contenues** dans ces tableaux sont **données** à titre indicatif ; il importe de **tenir** compte des autres contraintes **météorologiques** imposées aux cultures de contre-saison; 1.1 est également important de noter que ces chiffres représentent des besoins nets en eau et ne tiennent pas compte des pertes dans les **systèmes** d'irrigation .

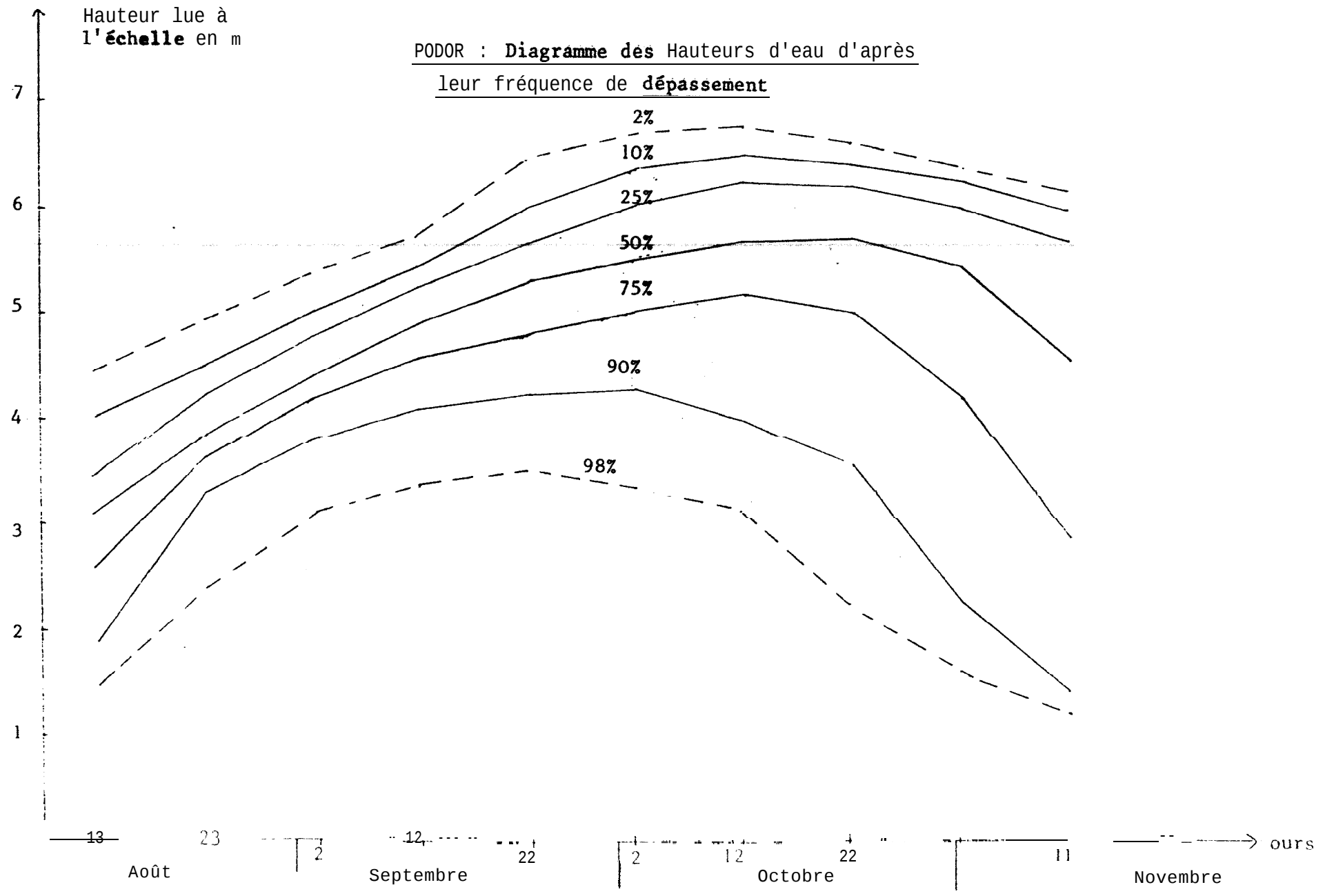
(H à l'échelle)

FLEUVE SENEGAL





Matam : diagramme des hauteurs d'eau d'après leur fréquence de dépassement



- Limite aval du pompage d'eau douce

Débit m ³ /s	Limite sur le fleuve du pompage - km	Lieu dit village
100 50	140 115	5 km en de Rosso
150	90	M'Boundoum aval Nord
200	75	Keur Macène
300	58	3 km amont Tiguet
400	46	Sud Ile Ndeug
500	37	DIAMA
		Confluent Galoubou.

- Date de retrait de la langue salée probabilité de non-dépassement

Probabilité	Richard Toll	M'Boundoum	Gorom	St Louis
5 %	Non atteint	22/06	3/07	12/07
10		28/06	8/07	16/07
25	27/06	7/07	16/07	22/07
50	8/07	16/07	24/07	30/07
75	18/07	25/07	1/08	6/08
90	23/07	29/07	5/08	11/08
95	26/07	2/08	8/08	14/08

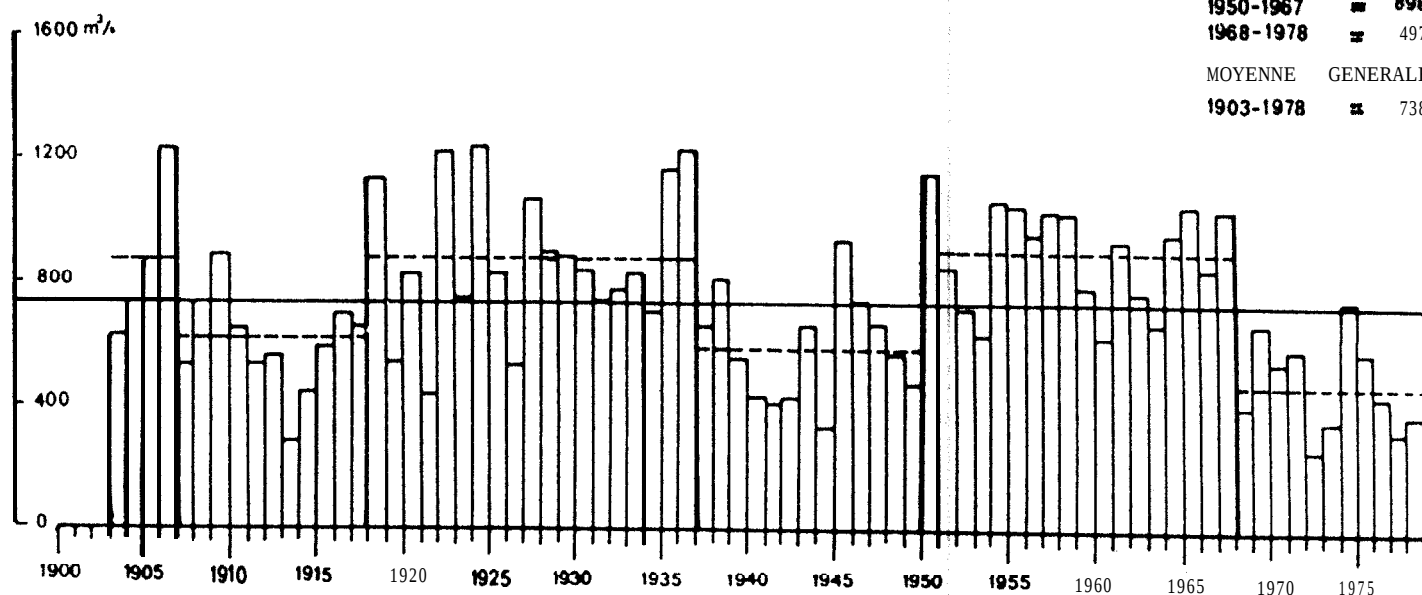
Débit moyen annuel à BAKEL 1903-1978

(année hydrologique : mai-avril)

MOYENNES PARTIELLES (m³/s)

1903-1906	=	868.75
1907-1917	=	600.63
1918-1936	=	878.26
1937-1949	=	592.23
1950-1967	=	898.94
1968-1978	=	497.45

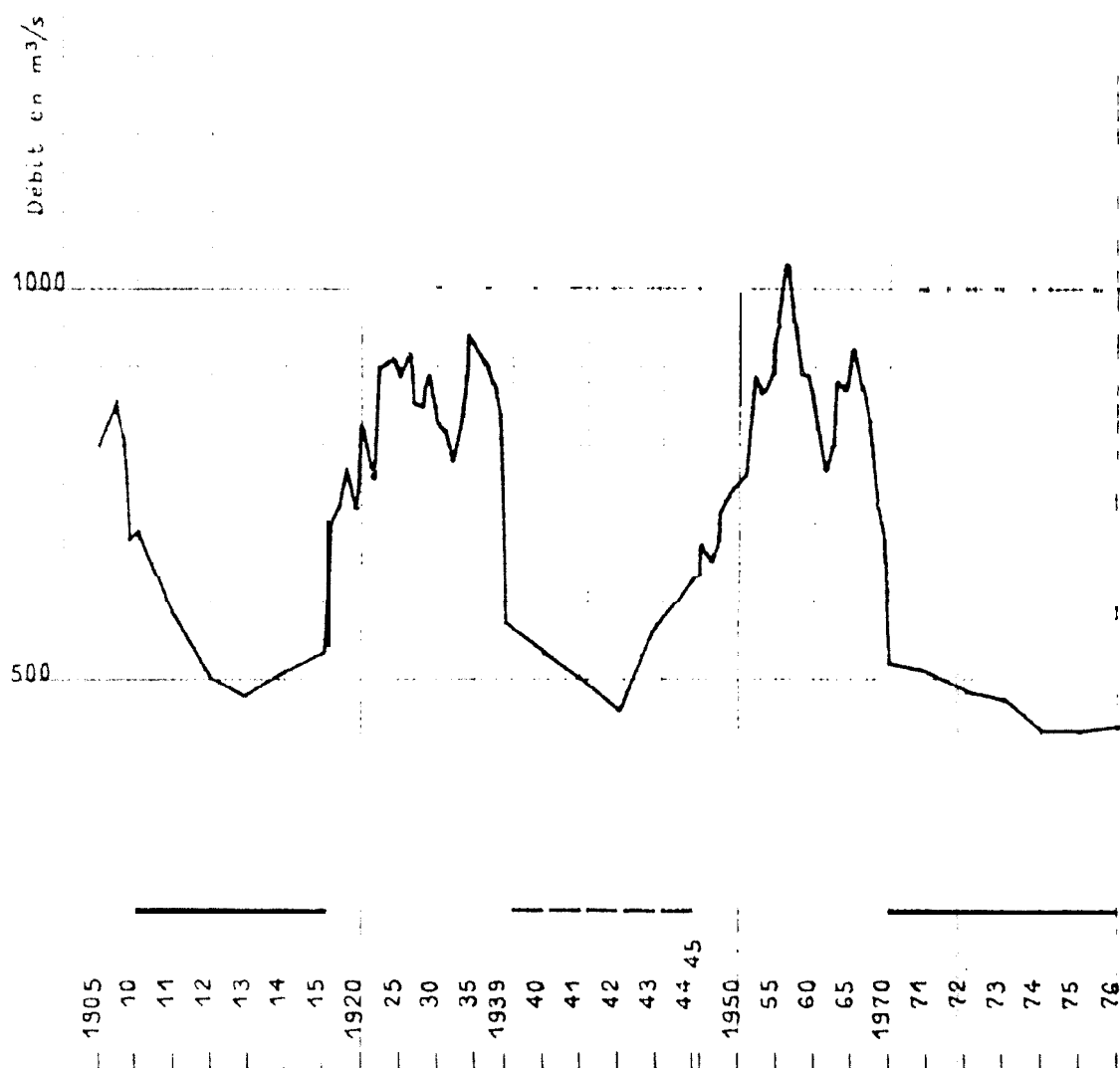
MOYENNE GENERALE	
1903-1978	= 738.43



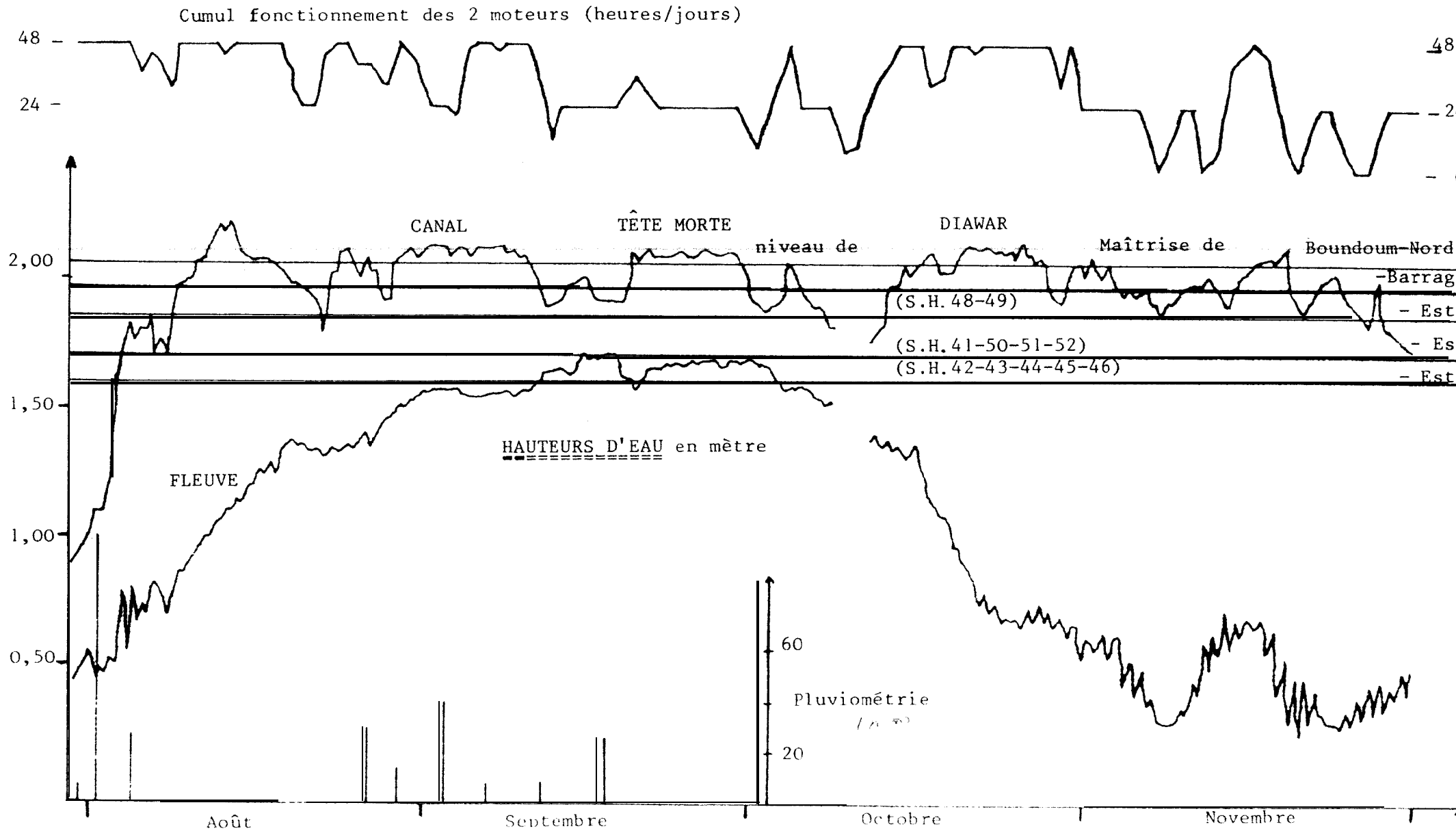
FLEUVE SÉNÉGAL

DEBIT MOYEN ANNUEL

MOYENNE MOBILE SUR 5 -ANS--

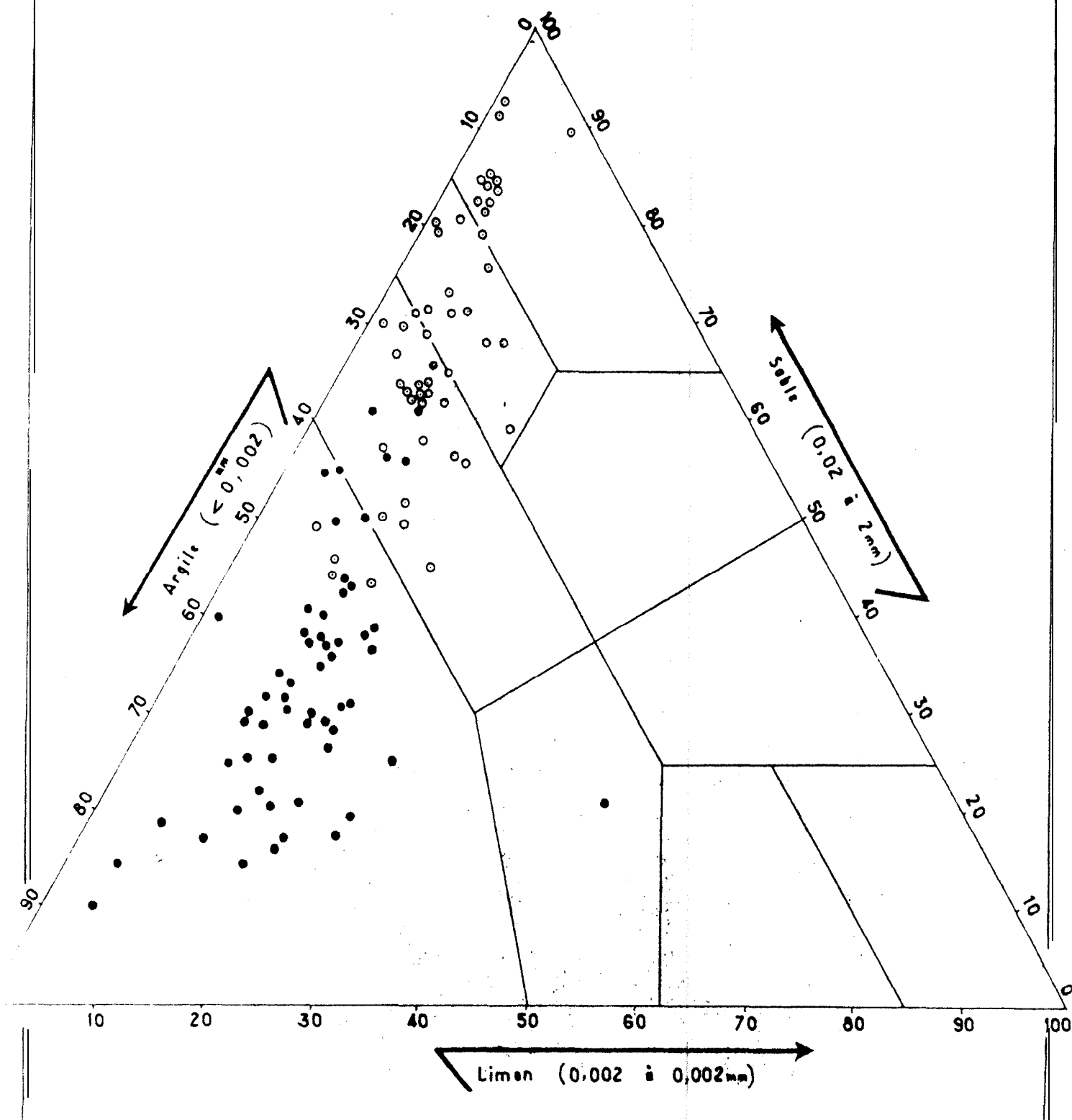


NOTA Les abscisses des séquences sèches sont dilatées

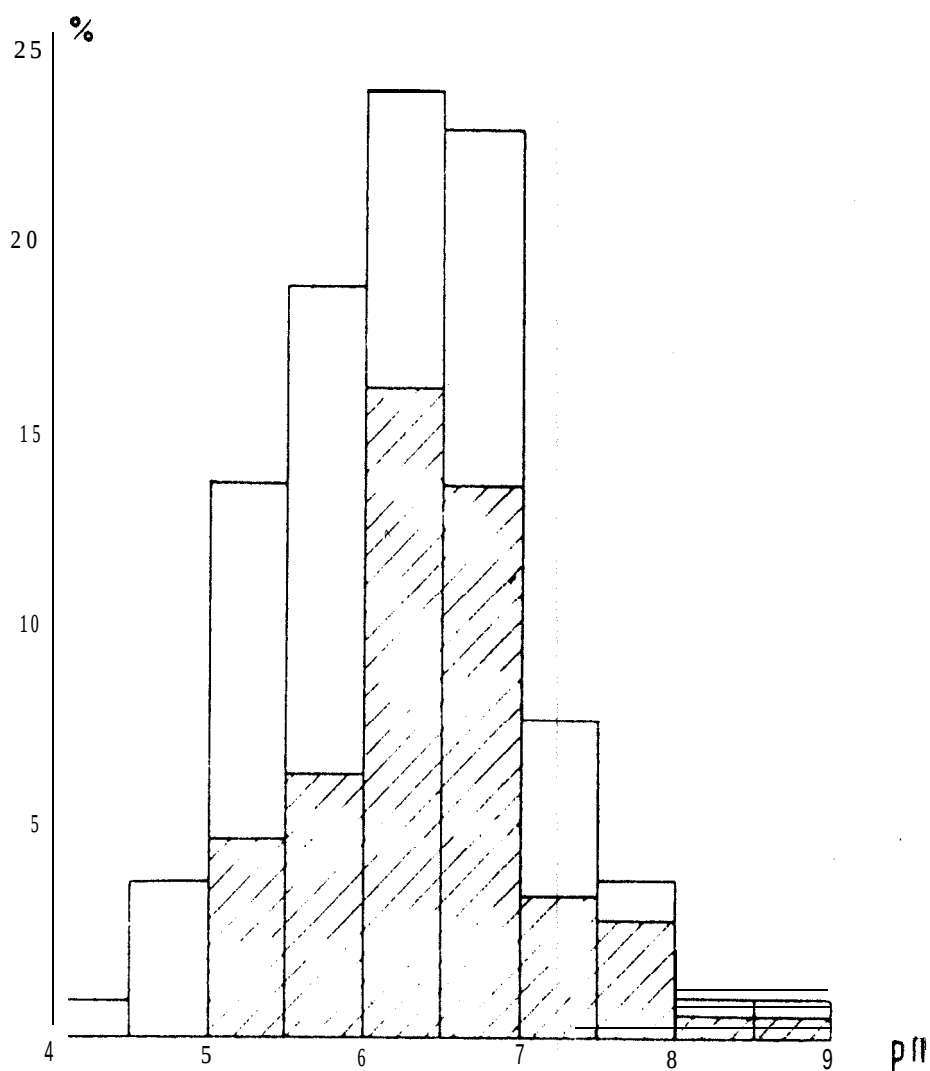


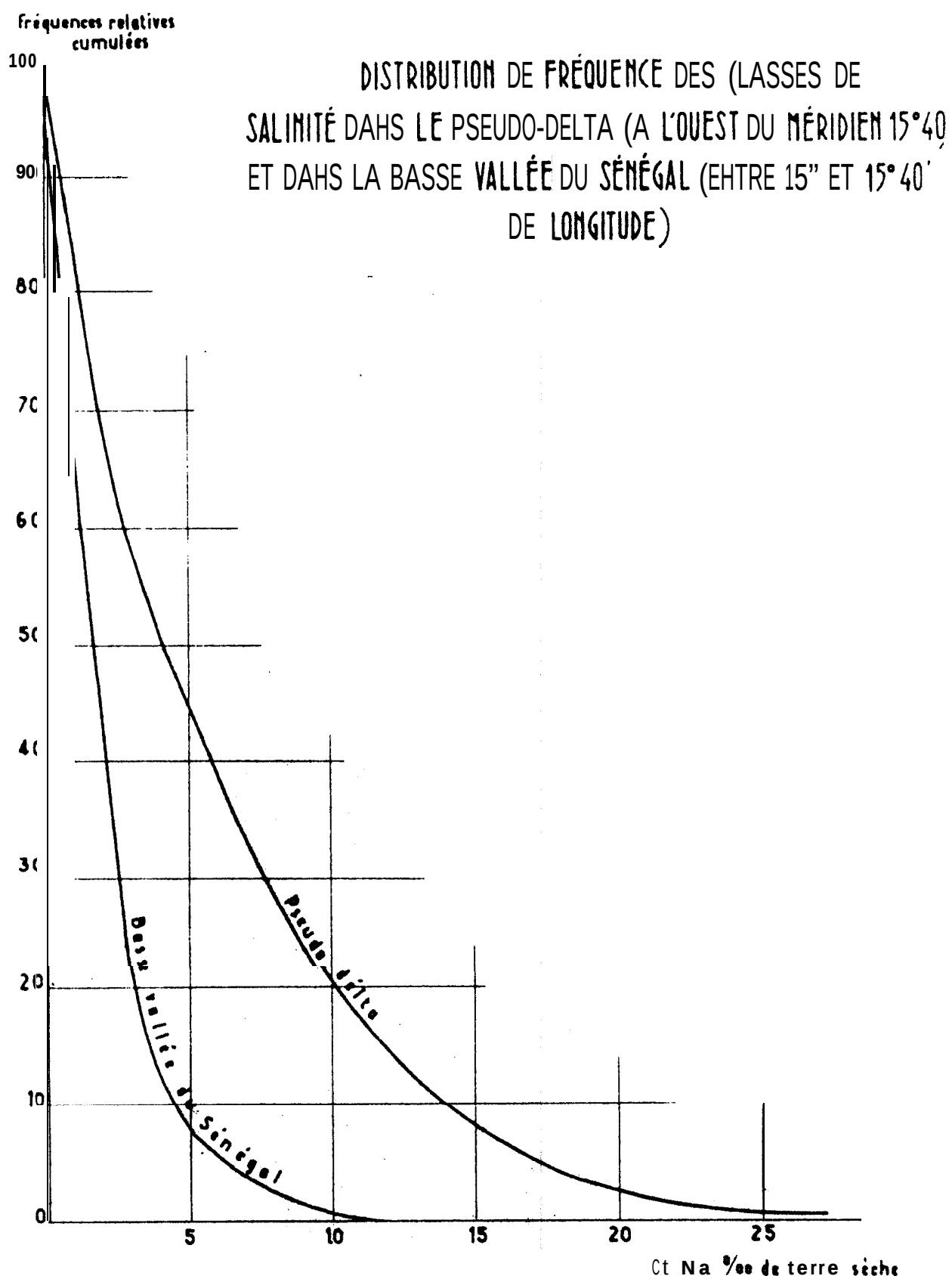
COMPOSITION GRANULOMÉTRIQUE DES SOLS DE LA VALLÉE DU SÉNÉGAL (REPRÉSENTATION TRIANGULAIRE DE RODZEBOOM)

- TIRS SUR ARGILE DE DÉCANTATION (HORIZON SUPÉRIEUR SEULEMENT)
- SOLS A TACHES ET CONCRÉTIONS SUR LIMON DE DÉBOULEMENT (id)



DISTRIBUTION RELATIVE DU pH DANS LES 'SOLS HYDROMORPHES
LIMITE SUPÉRIEURE DE L'HISTOGRAMME : TIRS + SOLS A TACHES ET CONCRÉTIONS
LIMITE INFÉRIEURE : SOLS A TACHES ET CONCRÉTIONS





CLASSIFICATION DES SOLS

La prospection de la vallée du Sénégal a permis de reconnaître les sols suivants :

Classe 1 : sols minéraux bruts.

Sous-classe 2 : d'origine non climatique.

Groupe b : brut d'apport.

Sous-groupes : fluviatile,
éolien.

Classe II : sols peu évolués.

Sous-classe 2 : d'origine non climatique.

Groupe b : d'apport.

Sous-groupes : modal,
hydromorphe,
vertique.

Classe IV : vertisols et paravertisols.

Sous-classe 1 : topomorphes.

Groupe b : non grumosoliques.

Sous-groupe : modal.

Classe V : sols isohumiques.

Sous-classe 4 : à complexe saturé.

Groupe : bruns subarides.

Sous-groupe : brun-rouge subarides.

Classe IX : sols halomorphes.

Sous-classe 1 : à structure non dégradée.

Groupe : sols salins.

Sous-groupes : à encroûtement salin superficiel,
à horizon superficiel friable,
acidifié.

Sous-classe 2 : à structure dégradée.

Groupe a : à alcalis non lessivés.

Sous-groupes : très salés à alcalis,
peu ou moyennement salés à alcalis.

Classe X : sols hydromorphes.

Sous-classe 3 : minéraux ou peu humifères.

Groupe a : à gley.

Sous-groupes : à gley de surface ou d'ensemble.
à gley **salé**.

Groupe b : à pseudogley.

Sous-groupe : à taches et concrétions.

Il faut rappeler que les différences entre les sols peu évolués d'apport modaux et hydromorphes et les pseudogleys à taches et concrétions sont très arbitraires ; il y a en réalité passage continu d'un sol à l'autre.

Surfaces occupées par les différentes unités de cartographie des sols (en km² et en %)

Unité de cartographie des sols	DAKEL	SCLYANI	MAIAM	KAEUI	PUDUM	DALANA	St-LOUIS	LOUGA	TOTAL	
	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	Km ²	%
SOLS PURS										
MINERAL BRUIT										
d'apport fluviatile	2	15	8	7	1	-	-	-	33	0,2
d'apport éolien	-	3	-	-	-	-	117	-	120	1,2
PEU ÉVOLUE D'APPORT										
hydromorphe	16	199	195	284	724	443	131	37	2029	18,0
vertique	-	2	-	-	-	17	-	-	19	0,1
VERTISOLS TOPOMORPHES	-	189	378	566	659	337	-	-	2129	18,9
ISOHUMIQUES BRUNS ROUGES SUBARIDES	-	4	-	9	39	151	531	39	773	6,8
MALUMORPHES										
SALINS :										
à horizon superficiel friable	-	-	-	-	1	-	118	5	124	1,1
non différenciés	-	-	-	-	4	350	782	10	1146	10,2
acidifiés peu acides	-	-	-	1	5	12	375	9	402	3,5
très acides	-	-	-	-	-	253	460	15	728	6,4
acidifiés à croûte saline de surface	-	-	-	-	-	-	9	7	16	0,1
salins à alcalis	-	-	-	-	2	6	43	-	51	0,4
HYDROMORPHES										
gley de surface et d'ensemble	7	44	49	41	52	213	189	-	595	5,2
gley salé	-	-	-	-	-	42	38	-	80	0,7
pseudogley à taches et concrétions	3	38	144	86	22	77	26	-	396	3,5
ASSOCIATIONS										
Peu évolué hydromorphe +										
a) pseudogley à taches et concrétions										
1. peu évolués dominants	2	111	108	132	138	48	-	-	539	4,7
2. pseudogleys dominants	-	198	218	103	618	13	-	-	1150	10,2
b) quelques pseudogleys	14	60	137	28	13	9	-	-	261	2,3
c) salin à horizon superficiel friable	-	-	-	-	-	11	2	-	13	0,1
Pseudogley à taches et concrétions +										
a) peu évolué vertique	-	-	-	12	25	14	-	-	51	0,4
b) vertisol topomorphe	-	-	6	118	122	170	-	-	438	3,8
c) gley de surface et d'ensemble	-	-	-	-	-	6	-	-	6	-
d) gley salé	-	-	-	-	-	3	12	-	15	0,1
e) gley salé + salins acidifiés	-	-	-	-	-	12	21	-	33	0,2
f) très salins à alcalis	-	-	-	-	-	2	15	-	17	0,1
Salin acidifié + Salin à horizon superficiel friable	-	-	-	-	-	-	51	-	51	0,4
TOTAL	44	863	1245	1387	2445	2189	2940	122	11235	98,6

Moyenne d'instabilité Is et de perméabilité K des principaux types de sols

Type de sol	Is Horizons				K Horizons			
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
P e u évolués hydromorphes	5.43	8.63	8.85	—	0.77	0.45	0.35	—
Vertisols	6.58	7.56	8.04	—	0.49	0.20	0.29	—
Salins d i v e r s	6.05	4.97	8.51	4.86	0.44	0.22	0.77	3.98
Minéraux à glev.	7.04	4.24	5.59	—	0.33	0.86	0.16	—
Minéraux à pseudogley	6.85	8.08	7.82	—	1.13	0.72	0.69	—
Moyenne générale	6.34	7.16	6.72	4.86	0.59	0.34	0.42	3.98

Résultats des essais exprimés en indice de rendement (%) de la fumure complète

Méthode Chaminade (1964)

Culture Ray-Grass 50

sur 1 Kg de sol, avec P205 :

I g; K₂O 1g; CaO 0,3 g; MgO0,1 g; S O₂ 1 g; oligo-élt

0,03 g de nutramine; pour la

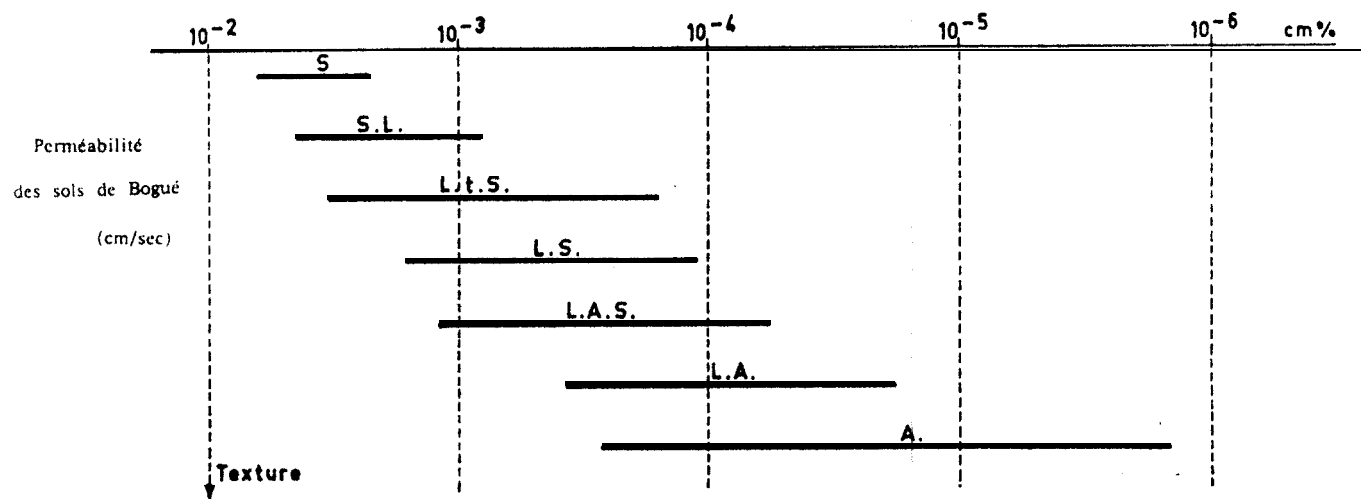
fumure complète. un élément

en moins par traitement.

I20 mg de N/semaine partout.

	SOLS PEU ENCLIVÉS HYDROPHOBES						HYDROPHOBES					
	RAKEL		RAKAL		ROKAL		RAYAL		RAYAL		RAYAL	
	RAKEL	RAKAL	RAKAL	RAKAL	RAKAL	RAKAL	RAYAL	RAYAL	RAYAL	RAYAL	RAYAL	RAYAL
Fumure complète	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F.C. - P	79	73	64	53	30	28	60	41	39	42	32	27
F.C. - K	100	94	96	77	81	88	100	100	100	100	100	100
F.C. - Ca	96	100	97	93	100	93	100	100	96	95	100	100
F.C. - Mg	96	96	100	100	75	79	100	100	89	89	100	100
F.C. - S	29	100	97	31	99	100	100	100	34	44	86	79
F.C. - O.E.	100	96	89	100	81	100	100	100	99	97	100	100
N. seul	92	91	33	21	33	33			26	25	29	24
Témoins absolus	57	28	11	6	26	22			16	16	17	9

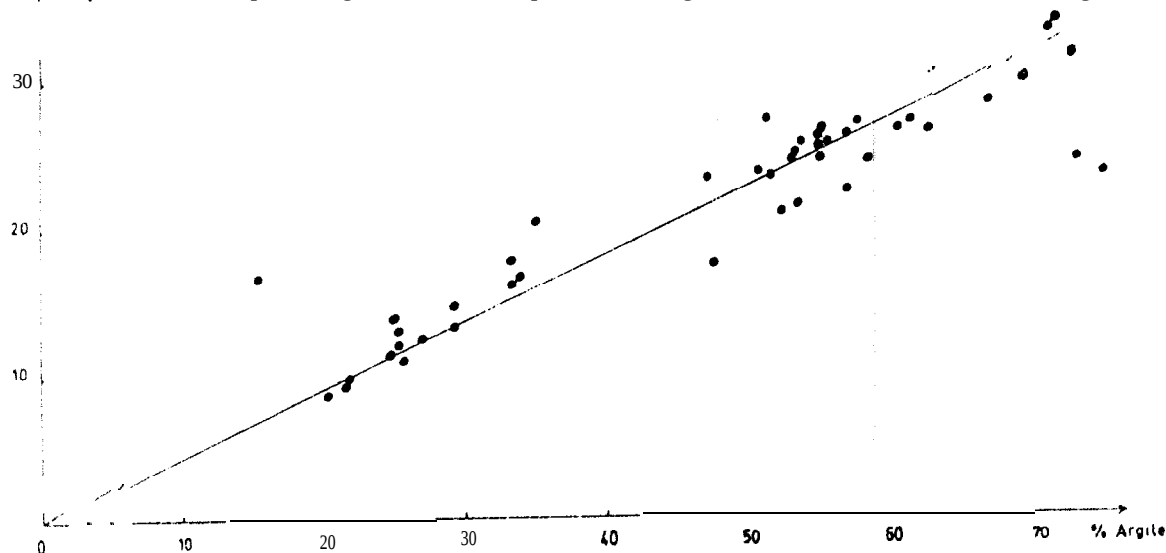
	verticils topomorphes non géomorphiques															
	MATAH		MAMARA		TILORRE		TOMARA		ROKAL		RAYAL		RAYAL		RAYAL	
	MATAH	MAMARA	MAMARA	MAMARA	TILORRE	TILORRE	TOMARA	TOMARA	ROKAL	RAYAL	RAYAL	RAYAL	RAYAL	RAYAL	RAYAL	RAYAL
Fumure complète	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F.C. - P	46	43	49	50	21	23	45	41	87	99	96	100	93	90	98	96
F.C. - K	97	93	100	100	70	74	100	90	99	96	100	93	90	98	96	95
F.C. - Ca	100	100	100	100	96	93	93	89	100	100	100	93	100	93	97	94
F.C. - Mg	99	99	100	100	79	83	100	96	90	97	96	93	100	100	97	93
F.C. - S	59	90	97	49	27	21	47	38	43	36	78	32	40	33	66	30
F.C. - O.E.	100	100	100	100	70	80	93	97	100	100	100	100	94	94	97	94
N. seul	27	27	32	30	14	13	36	21	21	19	38	26	11	13	29	24
Témoins absolus	8	6	10	7,8	4	4	9	5	5	4	9	6	3	2	9	9



S = sable ; SL = sable limoneux ; LTS = limon très sableux ; LS = limon sableux ; LAS = limon argilo-sableux ; LA = limon argileux ; A = argile.

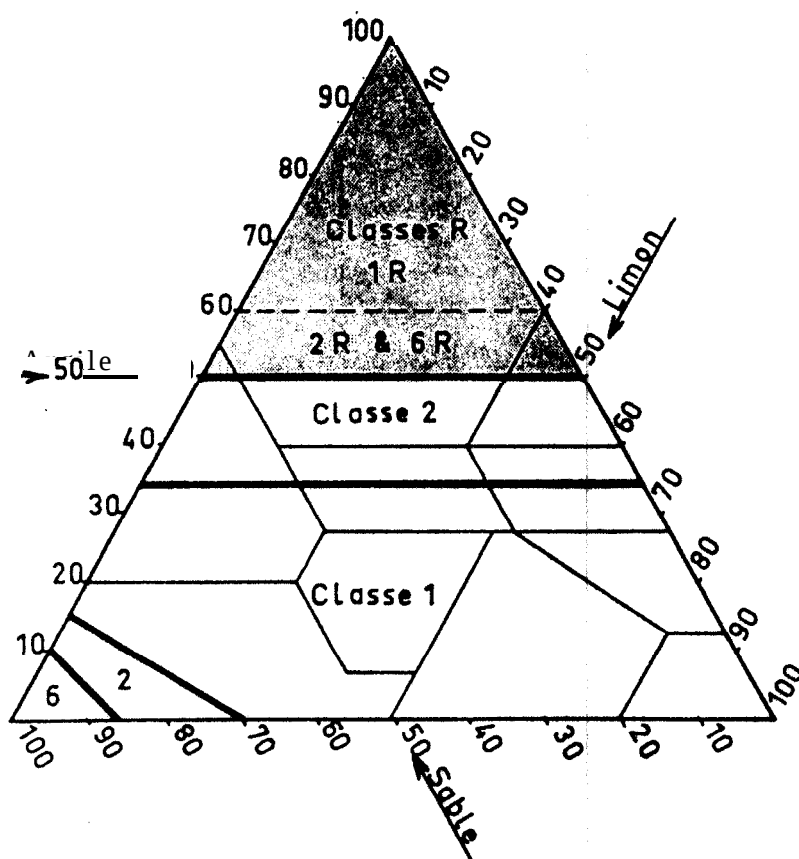
Cap.
Ech 40
Mè%

Répartition des points figuratifs de la capacité d'échange en fonction de la teneur en argile.



classement des terres

Caractères du terrain	Classe 1	Classe 2	Classe 1 R	Classe 2 R	Classe 6	Classe 6 R
S O L						
Texture (voir triangle fig. n° 15)	Moyenne : 15 à 35 % d'argile moins de 85 % de sable	fine à très fine : 35 à 60 % d'argile et grossière 0 à 15 % d'argile, 70 à 85 % de sable.	Plus de 60 % d'argile.	Plus de 50 % d'argile.	Sable : moins de 10 % d'argile, plus de 85 % de sable.	Plus de 50 % d'argile.
pH	de 4,5 à 9	de 4,5 à 9	de 4,5 à 9	de 4,5 à 9	4,5 ou 9	4,5 à 9
Salinité (extrait 1/10 en μmhos)	< 500	500 à 1 000 ou > 1 000 + drainage facile	< 500	500 à 1 000 ou > 1 000 + drainage	> 1 000 + drainage difficile	> 1 000 + drainage difficile
T O P O G R A P H I E						
Pente	0,25 à 2 %	2 à 5 % + mesures anti-érosives.	< 0,5 %	< 0,5 %	> 5 %	< 0,5 %
Relief	Peu de nivellement Labours.	Nivellement Bulldozers.	très peu de nivellement < 350 m	très peu de nivellement < 350 m	Nivellement important = scraper -	très peu de nivellement < 350 m
Couvert végétal		Végétal				
D R A I N A G E						
Calculs	moins de 50 m/he	50 à 300 m/he	assurés par gravité	assurés par gravité	difficiles par gravité.	assurés par gravité.
Drainage	non nécessaire	nécessaire et possible, terre saïde, EVSS drainage facile	non nécessaire	nécessaire et possible (canche filtrante à moins de 50 cm).	nécessaire et difficile	nécessaire et difficile (pompage)



Triangle des textures et des classes de terre.

superficies des terrains classés par carte au 1/200,000
(en ha)

Classes	1	2	1 R	2 R	6	6 R	Total
Bakel	2,196	656	—	—	305	—	3,757
Sélibabi	34,520	18,714	16,845	—	15,325	—	85,404
Matam	47,117	36,384	20,706	—	18,624	—	123,771
Kaédi	37,936	36,173	44,902	76	17,691	—	136,772
Podor	82,264	89,223	47,739	3,534	1a.799	—	241,559
Dagana	24,436	121,037	28,647	2,791	48,553	74	223,207
Saint-Louis	1,606	95,868	3,090	27,540	130,192	27,199	285,395
Louga	—	3,433	—	—	8,850	—	12,183
Total général	230,675	401,488	161,929	33,941	258,339	27,273	1,112,048

Classe 1 : la meilleure ; ces terrains donneront de bonnes récoltes de très nombreuses cultures adaptées au climat sans travaux excessifs ; ils ne sont jamais salés.

Classe 2 : cette classe de terre présente des déficiences à cause de la texture ou de la salinité des terres, ou de leur topographie. Cependant, les terres de cette classe peuvent donner des récoltes satisfaisantes de cultures adaptées au climat, mais les travaux à réaliser sont plus importants que pour la classe 1.

Classe 1 R : les terrains de cette classe sont trop argileux pour être irrigués normalement. Compte tenu de leur texture, ils sont riches et leur vocation est la riziculture qui y réussira très bien. Ils ne sont pas salés.

Classe 2 R : les terrains de cette classe sont semblables à ceux de la classe 1 R mais ils sont affectés par le sel. Ils devront être drainés et leur drainage doit être possible. Ils produiront, s'ils sont bien cultivés, des récoltes satisfaisantes de riz.

Classe 6, non irrigable : ces terrains présentent des déficiences telles que leur mise en valeur ne peut être envisagée que si des travaux hors de proportions avec leurs rendements possibles étaient effectués.

Classe 6 R, non irrigable : ces terrains sont très argileux, très salés et sont affectés par une nappe salée dont le drainage est très difficile. Si leur dessalement pouvait être réalisé, la seule culture qu'ils pourraient porter serait le riz.

Dans la partie amont du Sénégal, les terres ne sont pas salées et les seules classes qui se rencontrent sont les classes 1, 2, 1 R et 6. A l'ouest de Kaédi apparaît une **cuvette** affectée par les sels, mise en classe 6. Ce n'est que sur la feuille de Podor qu'apparaissent des terrains mis en classe 2 pour leur salinité, ainsi que quelques terrains de la classe 2 R. La feuille de Dagana forme la transition des conditions fluviales aux conditions deltaïques, et les terrains mis en classe 2 pour leur salinité ainsi que des terrains de la classe 2 R se développent, tandis que la classe 6 R apparaît dans une cuvette basse.

Dans la feuille de Saint-Louis, les terrains de la classe 1 disparaissent ainsi que les terrains de la classe 2 non salés. Il subsiste encore des terrains de la classe 1 R près de Keur **Macène**. Les terrains des classes 2 R et 6 R se généralisent et, vers l'aval, seuls les terrains de la classe 6 R subsistent. Ces derniers terrains disparaissent sur la feuille de Louga où seuls subsistent des terrains des classes 2 et 6.