

CP91

CN0401531
F612
NDI

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'AGRICULTURE
DEPARTEMENT PRODUCTION VEGETALE

THEME. ETUDE DES INTERACTIONS GENOTYPES - MILIEU
SUR LA TOLERANCE AU STRESS HYDRIQUE DU MAIS
(Zea mays L.)

MEMOIRE PRESENTE POUR L *OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR AGRONOME

Spécialisation : PRODUCTIONS VEGETALES

Par

Waly NDIAYE

Ingénieur des travaux agricoles

Soutenu le 17 Janvier 1994 devant le jury,

- Mr Moussa FALL
- Mr Alioune COLY
- Mr Saliou NDIAYE
- Mr I? Assane CAMARA
- Mr J. P. GAY
- Mr M. L. THIAM

Directeur del'ENSA, Président
Directeur des études del'ENSA
Chef du Dpt Productions végétales
Sélectionneur Maïs, DGIISRA Dakar
Chercheur ISRA - CIRAD, rapporteur
Professeur au Département Production
végétale à l'U. C.A. D. de Dakar.

C.N.R.A. - BAMBEY - S.D.I.
Date 17 Janvier 1994
Numéro 114/94
Mois Bulletin
Destinataire

L'homme est fait pour ne jamais s'arrêter de chercher,
chercher à comprendre, d'agir en conséquence.

Marcel Cazalé

S O M M A I R E

AVANT-PROPOS

RESUME

	Pages
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE	5
I - PROBLEMATIQUE	6
II - PRESENTATION DU MILIEU PHYSIQUE	8
2.1. Situation géographique	8
2.2. Caractéristiques climatiques	8
2.2.1. La pluviométrie	10
2.2.2. La température	11
2.2.3. Les vents	11
2.2.4. L'insolation	13
2.2.5. L'évapotranspiration	13
2.3. Caractéristiques de l'hydrologie	15
2.4. Caractéristiques des sols	16
2.4.1. Géomorphologie	16
2.4.2. Les types de sols	16
2.4.2.1. Les plaines alluviales ou "walo"	18
2.4.2.2. Les sols du modelé dunaire ou "diéri"	19
2.5. La végétation	22
III - MILIEU HUMAIN ET ACTIVITES	22
3.1. Populations et principales ethnies	22
3.2. Activités socioéconomiques	23
3.3. Systèmes de cultures	23
3.3.1. Les cultures traditionnelles	23
3.3.1.1. Les systèmes de cultures pluviales	24

3.3.1.2. Les systèmes de cultures de décrue	24
3.3.2. Les systèmes de cultures irriguées	24
IV - LA PLANTE, SES EXIGENCES ET SA PLACE DANS LA VALLEE	26
4.1. La plante	26
4.1.1. Origine et morphologie	27
4.1.1.1. Les organes végétatifs	27
4.1.1.2. Les organes reproducteurs	28
4.1.2. Cycle de développement	28
4.1.2.1. La phase végétative	28
4.1.2.2. La phase reproductrice	30
4.2. Importance de la maïsiculture dans la vallée	34
4.3. Les acquis de la recherche	35
4.3.1. Amélioration variétale	36
4.3.2. Les techniques culturales	37
4.3.2.1. Le travail du sol	37
4.3.2.2. Le semis	38
4.3.2.3. Fertilisation	40
4.3.2.4. L'irrigation	41
4.3.2.5. Situation phytosanitaire	41
DEUXIEME PARTIE	42
I - JUSTIFICATIFS ET OBJECTIFS	43
II - METHODOLOGIE	44
2.1. Bibliographie	44
2.2. Conduite d'essais	44
2.2.1. Principe de l'irrigation différentielle	45
2.2.2. Démarche	45
III - LA TOLERANCE AU STRESS HYDRIQUE ET LES INTERACTIONS GENOTYPES * MILIEU	46
3.1. Tolérance au stress hydrique	46
3.2. Interactions génotypes - milieu	47
TROISIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE	50

ETUDE DES INTERACTIONS GENOTYPES - MILIEU SUR LA TOLERANCE AU STRESS HYDRIQUE	51
INTRODUCTION	51
I. CONDITIONS DU MILIEU D'EXPERIENCE	51
II. MATERIELS ET METHODES	53
2.1. Matériels	53
2.1.1. Matériel d'irrigation	55
2.1.2. Matériel génétique	55
2.2. Méthodes d'étude	56
2.2.1. Dispositif expérimental	56
2.2.2. Observations réalisées	58
2.2.3. Les données	59
III. RESULTATS EXPERIMENTAUX	61
3.1. Estimation des besoins en eau et quantités d'eau apportées	61
3.1.1. Essai de Ndiol	61
3.1.1.1. Besoins en eau	61
3.1.1.2. Quantités d'eau apportées	64
3.1.2. Essai de Thiago	64
3.1.3. Contrôle de l'irrigation par le bilan hydrique	64
3.2. Etude du rythme d'apparition foliaire	73
3.3. Etude de la floraison mâle et femelle	79
3.4. Etude de l'indice foliaire	83
3.5. Etude de la hauteur des plantes et de l'insertion de l'épi	87
3.6. Rendement en grains	92
IV - DISCUSSIONS DES RESULTATS	99
4.1. Taux de satisfaction des besoins en eau	99
4.2. Rythme d'apparition des feuilles	100
4.3. L'étalement de la floraison mâle	101
4.4. L'étalement de la floraison femelle	101
4.5. Ecart entre les deux types de floraison	102
4.6. L'indice foliaire	102
4.7. La hauteur des plantes	103
4.8. Rendements en grains	104
QUATRIEME PARTIE : CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	106

Avant-propos

Je ne saurais mettre un terme à ce travail de fin d'étude sans remercier toutes les personnes qui ont contribué à ma formation et également, toutes les bonnes volontés qui m'ont assuré, de près ou de loin, leur soutien pour la réalisation de ce document.

Tout d'abord je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur- Jean Pierre Gay, chercheur, qui a assuré la direction de ce travail, tout en acceptant l'effort supplémentaire que représentent les fréquents entretiens.

Je trouve ici l'occasion de remercier :

- Monsieur Moussa Fall Directeur de l'ENSA,
- Monsieur Saliou Ndiaye et Abdoulaye Dramé du Département productions végétales pour leurs conseils méthodologiques,
- A travers le Département, l'ensemble du corps professoral pour l'enseignement dispensé, et le personnel administratif de l'ENSA,
- Messieurs les membres du Jury de leur présence et de la lecture qu'ils ont acceptée de faire de ce document. dans un délai si court.

Mes remerciements vont également aux collaborateurs de l'ISRA :

- A Monsieur le Chef de centre de Bambey pour m'avoir facilité la formation et à travers lui tout le personnel du CNRA,
- A Monsieur Moctar Wade de son assistance sans répit à ma famille durant toute mon absence,
- A Monsieur Jean Pierre Ndiaye, Directeur de Recherches, d'avoir bien voulu m'accepter au sein du centre de Saint-louis,
- A Claude Dancette de son appui constant,
- A Régis Qoebe et Abdou Ndiaye de leur franche collaboration et surtout de leur soutien matériel,

J'exprime ma profonde gratitude et mes Sincères remerciements à monsieur Amadou Diouf et mademoiselle Rosalie Diouf des documentations respectives du CNRA de Bambey et du CRA de Saint-Louis de leur bonne orientation documentaire.

Je rends un hommage particulier à Samba Kanté, chercheur et à son épouse de leur assistance et de leur sincère reconnaissance durant tout mon séjour.,

L'expérience pratique de Macoumba Diop Technicien Supérieur et de Alioune Diop m'ont été d'un apport sans faille.

Je ne saurais oublier Alé Fall Guèye et Abdoulaye Dramti de leur aide dans les manipulations au laboratoire et la saisie des données.

Enfin, que mesdames Dior Diakhate et Marième Fall croient en toute ma gratitude, pour avoir contribué à la frappe de ce document : grâce à leur bonne humeur , e11 es ont su donner à ce mémoire, 'la touche féminine qui manquait dans la mise en nage du texte et de la disposition des tableaux et graphiques.

Résumé

Le stress hydrique est un facteur souvent invoqué pour expliquer les variations de rendement du maïs (*Zea mays* L.). Face à ce problème, la solution qu'offre la sélection est de créer des variétés adaptées, tolérantes et capables de supporter les périodes de stress hydrique. Une façon de procéder pour mettre en évidence les mécanismes d'adaptation de ces variétés consiste à étudier les interactions géotypes - milieu sur la tolérance au stress hydrique.

Notre étude utilisant un test simple comme l'irrigation différentielle a permis d'évaluer la performance d'une gamme de variétés sous différents niveaux de stress. Sept variétés; Siréna, Déa, Furio, Volga, Sabrina, Pianosa et Maka se sont révélées prometteuses pour la tolérance au stress hydrique quelque soit son intensité. Six variétés; Across 77-28, IRAT 298, Early Thai, LG 2688, Synthétique c, Pirsabak se sont montrées "sensibles" et deux variétés; Pool 16 Gussao, DK 250 ont eu un comportement intermédiaire.

Mots-clés : Maïs, stress hydrique, rendement, sélection, tolérance, adaptation, interaction, géotypes, milieu, irrigation différentielle.

Abstract

Drought stress is a factor which is often used to explain yield variations in maize (*Zea mays* L.). Thus, the solution that offers plant breeding is to create adapted and tolerant varieties able to resist the periods of drought stress. One way to show the mechanisms of adaptation of the varieties consists in studying the interactions genotypes - environment of the tolerance to the stress.

Our study using a simple test which is the Line Source System has permitted to evaluate the performance of numerous varieties under different levels of stress. Seven varieties: Sirena, Dea, Furio, Volga, Sabrina, Pianosa and Maka have been promising to the drought stress whatever its intensity. Six varieties: Across 77-28, IRAT 298, Early Thai, LG 2688, Synthetic c, Pirsabak have been sensitive and Two varieties: Pool16 Gussao, DK 250 have been intermediate.

Key-words : Maize, drought stress, yield, plant breeding, tolerance, adaptation, interaction, genotype, environment, differential irrigation.

LISTE DES CARTES

- Carte 1..... Vallée du fleuve Sénégal
Carte 2..... LE' Sénégal et le Delta
Carte 3..... Répartition des unités morphologiques

LISTE DES FIGURES

- Figure 1..... Moyennes des températures et de la pluviométrie des stations de Ndiol et Richard-Toll (1981-1992)
Figure 2..... Variation des ETP et de la pluviométrie mensuelles à Ndiol (1981-1991)
Figure 3..... La plante, les inflorescences mâles et femelles
Figure 4..... Rendement en fonction de la dose d'azote
Figure 5..... Réponses de 2 variétés à des environnements différents par des niveaux de stress
Figure 6..... Pluviométrie et évaporation mensuelles à Ndiol (hivernage 93)
Figure 7/8..... Quantité d'eau apportée en fonction de la rampe d'irrigation à Thiago et à Ndiol
Figure 9..... Profils hydriques
Figure 10..... Rythme d'apparition des feuilles
Figure 11..... Rendement de 6 géotypes testés sous 3 niveaux de stress à Thiago
Figure 12..... Rendement de 14 géotypes testés sous 3 niveaux de stress à Ndiol

LISTE DES SCHEMAS

- Schéma 1..... Coupe schématique de la vallée
Schéma 2..... Plan de l'essai irrigation différentielle

LISTE DES TABLEAUX

- T1..... Répartition de la production céréalière prévisionnelle moyenne (Horizon 2000) au Sénégal
T2..... Composant de es de Rendements sur différentes densités de peuplement (Variété Early Thai)
T3..... Liste des variétés entrant dans la série des essais pluriannuels
T4..... Besoins en eau théoriques du maïs

T5.....	Besoins réels en eau du maïs
T6.....	Moyennes des apports (Irrigation + Pluies) durant tout le cycle à Ndiol
T7.....	Répartition des apports cumulés (Irrigations + Pluies) aux phases semis-floraison et semis- Maturité) à Ndiol
T8.....	Moyennes des irrigations cumulées à Thiago
T9.....	Bilan hydrique
T10.....	Nombre de feuilles visibles des variétés en fonction du nombre de JAS
T11.....	Analyse du rythme d'apparition foliaire par la régression
T12 et T13.....	Analyse de la variance du RAF (Thiago)
T14.....	Analyse de la variance du RAF (Ndiol)
T15.....	Comparaison des moyennes du RAF
T16.....	Etalement de la floraison mâle
T17.....	Etalement de la floraison femelle
T18.....	Ecart entre la floraison mâle et femelle (Thiago 90/91)
T18 bis.....	Ecart entre la floraison mâle et femelle (Thiago 91/92)
T19.....	Surfaces et indices foliaires de différents géotypes (Thiago 90/91)
T20.....	Surfaces et Indices foliaires (Thiago 91/92)
T21.....	Surfaces et indices foliaires (Ndiol 93)
T22.....	Effet du géotype et de l'eau sur la HP (90/91)
T23.....	Analyse de variance de la HP (91/92)
T24.....	Effet du géotype et de l'eau sur la HE (90/91)
T25.....	Analyse de la variance de la HE (91/92)
T26.....	Analyse de la variance du rendement (Thiago 90/91)
T27.....	Effet géotype et de l'eau sur le rendement 90/91)
T28.....	Analyse de la variance du rendement (Thiago 91/92)
T29.....	Analyse de la variance du rendement en grains (Ndiol 93)

ANNEXES

Annexe 1.....	Situation de la pluviométrie des stations de Ndiol et Richard-Toll (198X-1992)
Annexe 2.....	Evolution des superficies et Product iondu mals dans la région du Fleuve Sénégal (Pluviales, décrues, irriguées)
Annexe 3.....	Plan et données météorologiques relatives à la station de Ndiol
Annexe 3.....	Schéma de répartition des pluviomètres de l'irrigation différentielle
Annexe 5.....	Résultats des prélèvements des profils hydriques
Annexe 6.....	Comparaison des moyennes das variables par le test de Newman Keuls

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

	Association Générale des Producteurs de Maïs.
CIMMYT	Centre International d'Amélioration de Maïs et de Blé.
CNPF	Centre National de Recherches Agronomiques.
CORAF	Conférence des Responsables de la Recherche Agricole Africaine.
CSN	Compagnie Sucrière Sénégalaise.
ENSA	Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Thiès.
F.A.O.	Fond des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
IITA	Institut International d'Agriculture Tropicale.
ISRA	Institut Sénégalais des Recherches Agricoles.
IRA	Inspection Régionale de l'Agriculture.
IRAT	Institut de Recherche Agronomique Tropicale.
MAS	Mission d'Aménagement du Sénégal.
OAD	Organisation Autonome du Delta.
OMVS	Organisation de la Mise en valeur du Fleuve Sénégal.
ORSTOM	Office de la Recherche Scientifique et Technique des Territoires d'Outre-Mer.
PDRG	Plan Directeur de la Rive Gauche du Sénégal.
PIP	Périmètre Irrigué Privé.
PIV	Périmètre Irrigué Villageois.
SAFGRAC	Réseau de Recherches pour le Développement des cultures vivrières en zone semi aride de l'Afrique Occidentale et Centrale.
SAED	Société d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta, du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve et de la Falémé.

INTRODUCTION

Le Sénégal, à l'instar de la plupart des pays sahéliens, est frappé depuis plus de deux décennies par la sécheresse. Les importations de céréales représentent en moyenne 10% des importations totales et ont crû à un rythme de 4% par an, pour atteindre un volume de 500.000 tonnes' environ (Plan céréalier, 3.986).

Ainsi, l'autosuffisance fixée à 80% en l'an 2000 devra permettre au pays de se libérer de la dépendance alimentaire et de réduire la saignée de devises due aux importations de céréales. C'est pourquoi l'un des objectifs prioritaires des deux derniers plans de développement économique et social, est l'augmentation de la production de céréales, de façon à atteindre un niveau plus élevé de sécurité alimentaire.

L'accroissement de la production de céréales devenant de plus en plus aléatoire dans les zones sous pluie, la région du Fleuve Sénégal est porteuse d'espoir en raison de son potentiel de terres irrigables. Ainsi, pour résorber le déficit, le Plan céréalier projette comme le montre le tableau 1, une augmentation de la production de maïs pluvial de 202% par rapport à 1984 et celle de maïs irrigué (y compris le sorgho) de 525% à l'horizon 2000. Dans ce contexte, l'aménagement et la mise en valeur des périmètres hydro-agricoles, favorisant la maïsiculture, représentent un enjeu capital.

Cependant de nombreux facteurs dont: la baisse de fertilité des sols, les problèmes d'itinéraires techniques, la pression parasitaire, les aléas climatiques, les difficultés d'accès au crédit-, l'excès d'eau par la mauvaise maîtrise de l'irrigation expliquent la différence entre les rendements potentiels du maïs et ceux obtenus par les agriculteurs (2 t/ha en milieu paysan

'Dont 400.000 tonnes pour le riz

pour un rendement possible de 8 t/ha). Les fluctuations de ces facteurs limitants d'une année à l'autre ou d'une localité à l'autre sont souvent mal connues. C'est le cas aussi de l'adaptation du matériel végétal au milieu et notamment la tolérance au stress hydrique.

Pour lever ces contraintes, l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) a très tôt pensé à mettre en place un Programme de Recherche sur le maïs. De plus, les importantes recherches menées au sein de ce programme, ont amené le réseau maïs de la CORAF² à proposer en 1987, la création au centre ISRA de Saint-Louis d'un Pôle Transnational de Recherche sur la Maisiculture Irriguée (VOLPER, 1993).

Ainsi, ce pôle érige en Base Centre pour le maïs Irrigué en juillet 1991, se voit assigné trois objectifs principaux:

- 1° - Evaluation de matériel végétal et création variétale pour la mise à la disposition des exploitations des variétés performantes, adaptées aux conditions de culture de la vallée et du Delta.
- 2° - **Mise** au point d'itinéraires techniques adaptés aux systèmes de cultures.
- 3° - Evaluation du parasitisme et des maladies et proposition de moyens de lutte appropriés.

Notre thème de fin d'études s'inscrit dans le cadre du premier volet où nous tenterons d'étudier les interactions géotypes - milieu pour la tolérance au stress hydrique du maïs. Cette étude devra permettre de caractériser le comportement de certains géotypes en conditions irriguées, afin de proposer aux paysans des variétés de maïs performantes et valorisant au mieux

²Conférence des Responsables de la Recherche Agricole Africaine.

l'irrigation.

Pour notre travail, les essais ont été réalisés dans les stations de Thiago et Ndiol.

Le plan adopté pour répondre à l'objectif attendu est le suivant:

- Une première partie présentera la problématique , décrira le milieu (physique et humain) et fera une synthèse bibliographique sur les travaux de recherche sur la culture du maïs dans la vallée.
- Puis, une deuxième partie traitera des justificatifs et objectifs, de la méthodologie utilisée, puis des aspects sur la tolérance au stress hydrique et des interactions géotypes - milieu .
- Ensuite, une troisième partie sera consacrée à l'étude expérimentale en station, aux propositions de géotypes et leurs conditions d'adaptation
- Enfin une dernière partie sera réservée à la conclusion générale

Tableau 1 : Répartition de la production céréalière prévisionnelle moyenne au Sénégal.

	Superf. 1000 ha (1984)	Situation an 2000		Accroissement de Production	
		Superf. cultivée 1000 ha	Product° (1000 t)	(1000 t)	en %
<u>Cult. pluv.</u>					
Maïs-sorgho	1 048	1 050	736	+ 191	35
Maïs	76	150	251	+ 168	202
Paddy (pluv. et aquat.)	59	62	121	+ 55	80
Total part.	1 183	1 262	1 108	+ 414	
<u>Cult. irrig.</u>					
Paddy	21	128	640	+ 585	1 063
Maïs-sorgho	2	11	50	+ 42	525
Total Part.	23	139	690	+ 627	1 010
Total général	1 206	1 401	1 798	+ 1041	139

Source : FAC! et travaux groupe sectoriel (1986).

PREMIERE PARTIE

PROBLEMATIQUE

- PRESENTATION DU MILIEU PHYSIQUE ET HUMAIN

- LA PLANTE, SES EXIGENCES ET SA PLACE DANS LA VALLEE

1 - PROBLEMATIQUE

Le maïs (Zea mays L.) est une espèce cultivée auparavant dans la vallée de façon traditionnelle soit en décrue, soit en pluvial strict. Les fortes variations climatiques et l'irrégularité des précipitations rendent aujourd'hui quasi impossible la culture pluviale dans le nord du pays (de Saint-Louis à Matam).

Dès lors, la satisfaction des besoins en eau ne peut, dans la plupart des zones, être couverte que si l'on fait appel à l'irrigation qui peut parfois dans certains types de sols entraîner des excès d'eau temporaires préjudiciables aux cultures.

Déjà en 1986, les travaux de J.Y.Jamin montraient que pour la plupart des plantes comme le maïs, à l'exception du riz, les risques de chute de rendement liés à des excès d'eau temporaires et à l'asphyxie sont élevés. Dans les conditions d'irrigation dans la vallée, ces excès d'eau alternent souvent avec des "assecs" conduisant à des stress hydriques sévères. Ces stress hydriques peuvent constituer des facteurs de baisse de rendement si le matériel végétal n'est pas tolérant (Gay et Dancette, journées ISRA-ORSTOM, 1993).

En effet, les niveaux de production en conditions irriguées dans la vallée demeurent faibles: 2 tonnes/ha (Clerget, 1988) avec des maxima de l'ordre de 4 tonnes/ha (Sondage de la SAED en hivernage 1987; Moscal, 1980).

L'amélioration de la production du maïs pose alors à l'agronome et au sélectionneur, entre autres questions, trois interrogations fondamentales :

- Existe-t-il des différences de sensibilités variétales vis-à-vis de l'excès d'eau ?

- Comment le génotype et le milieu interagissent-ils sur la tolérance du maïs à un stress hydrique ?

- Quel serait enfin le niveau de stress tolérable par la variété pour obtenir un rendement agronomique satisfaisant.

De ce point de vue, l'étude présente un grand intérêt car elle permet la compréhension des mécanismes d'adaptation du maïs au stress hydrique pouvant servir à la définition de critères de sélection.

Pour répondre à ces questions, nous avons étudié la réponse de génotypes de maïs à un gradient d'eau. en utilisant un système d'irrigation différentielle par aspersion. Le résultat attendu de cette expérimentation devra nous conduire à déterminer des critères de sélection pour la tolérance du maïs au stress hydrique et proposer un classement de variétés à haut rendement. valorisant au mieux l'irrigation.

II - PRESENTATION DU MILIEU PHYSIQUE

2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La vallée du fleuve s'étend sur une superficie totale de 300 000 km² et ce, sur quatre pays : le Sénégal, la Mauritanie, le Mali et la Guinée.

Du côté sénégalais, elle est communément appelée rive gauche du fleuve Sénégal (zone d'intervention de la SAED) et se subdivise en trois parties principales (carte N°1) :

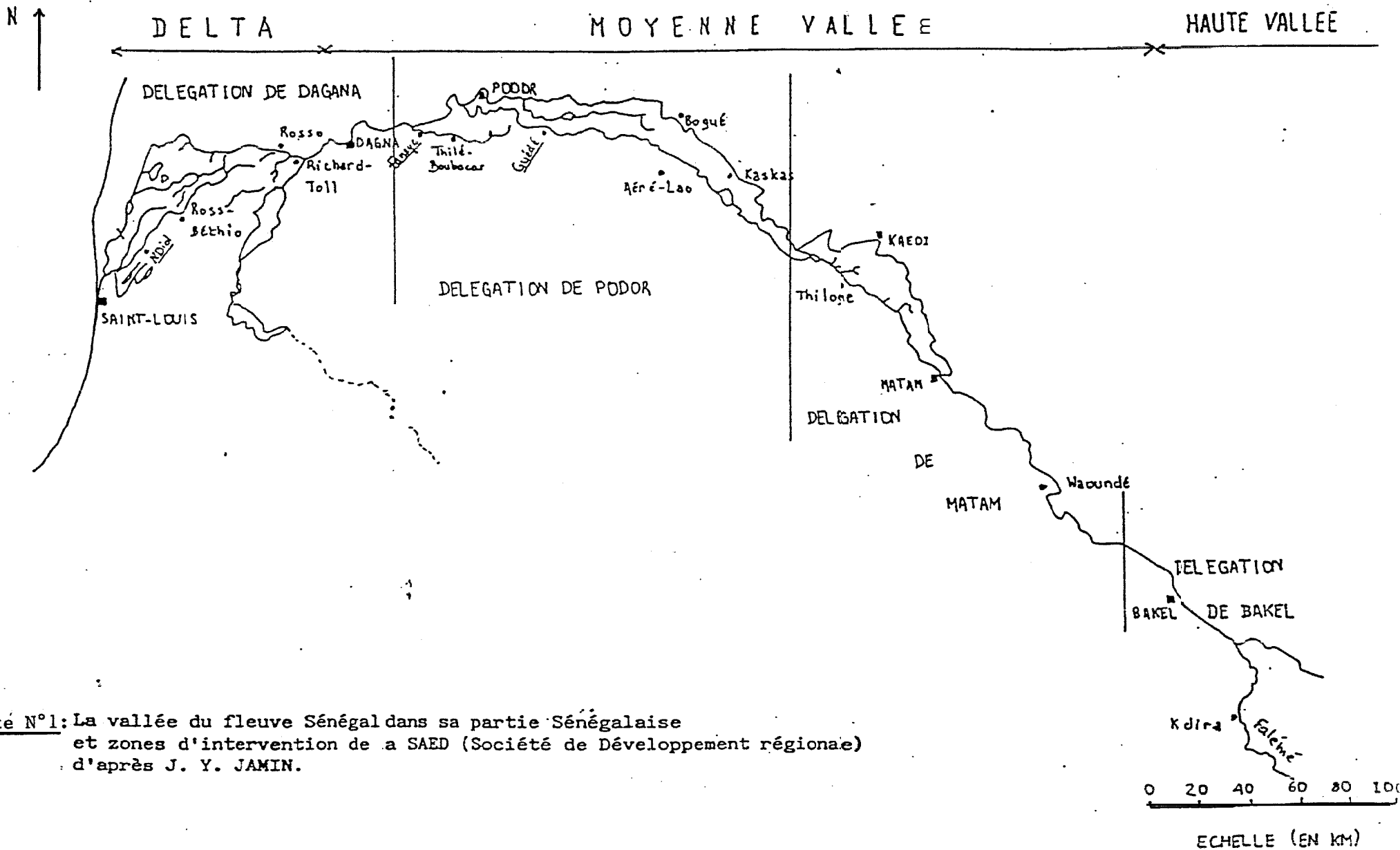
- le Delta (de Saint Louis à Dagana),
- la Moyenne vallée (de Dagana à Bakel),
- la Haute vallée (de Bakel au Fouta Djallon).

Le Delta a constitué le cadre de l'étude. Il représente une petite région située dans la partie Nord-Ouest du pays en bordure de l'Océan Atlantique et à cheval sur la frontière Sénégal-Mauritanienne (carte N°2). Il couvre une superficie de 5.000 km². L'existence actuellement d'une seule embouchure que remontaient sur plus de 200 km les eaux marines avant la construction du barrage de Diama, explique son appellation de Pseudo-delta par certains auteurs.

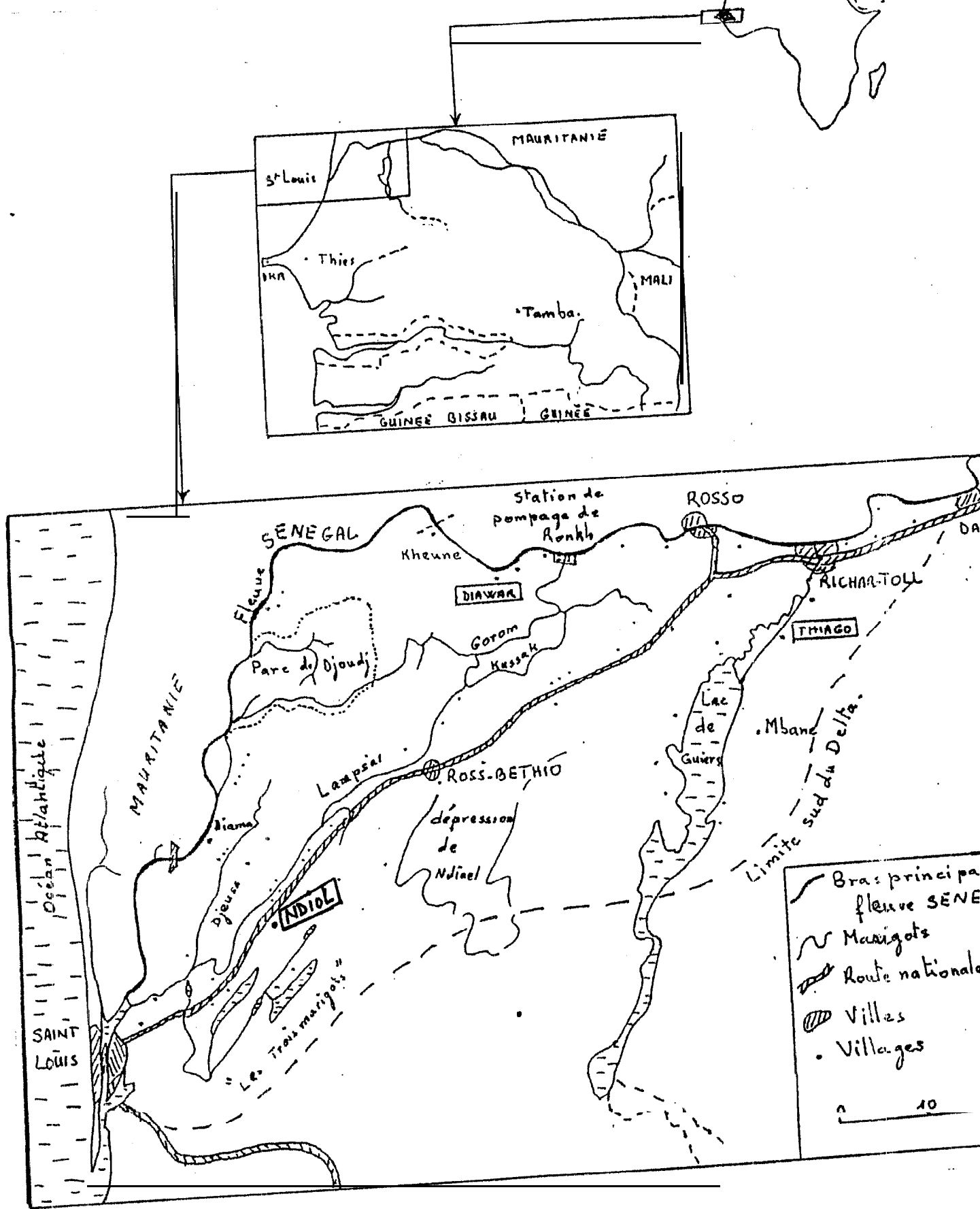
2.2. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES

Le climat du Delta se caractérise par une forte tendance à l'aridité due principalement à l'insuffisance et à la forte irrégularité des pluies, mais surtout à l'influence des vents secs qui balaient cette région (Michel *et al.* 1969). L'influence maritime sur une profondeur de 30 km, permet de mettre en évidence 3 climats caractéristiques :

Un climat de type sub-canarien dans la zone proche de Saint-Louis, abritant la station de Ndiol, où les composantes climatiques sont modérées par les alizés maritimes.



Carte N°1: La vallée du fleuve Sénégal dans sa partie Sénégalaise
 et zones d'intervention de la SAED (Société de Développement régionale)
 d'après J. Y. JAMIN.



Carte No. 2 : Le Sénégal et la Région du Delta

Un climat de type sahélien à subdésertique aride dans la zone de Richard-Toll, abritant la ferme expérimentale de Thiago, où l'influence des harmattans domine sur celle des alizés.

Un climat de transition dans le Moyen Delta, plus ou moins soumis à l'influence dominante de l'harmattan ou des alizés (SECK M., 1988).

2.2.1. LA PLUVIOMETRIE (ANNEXE 1)

La pluviométrie dans le delta est très faible (200 mm en moyenne) et très irrégulière (50 à 350 mm sur les 12 dernières années). La répartition intra-annuelle dans le temps et dans l'espace est mauvaise. L'histogramme des pluviométries (cf figure N°1) indique clairement que la quasi totalité de la pluviométrie annuelle (80 %) est enregistrée durant les mois d'août et septembre

Pendant la période sèche (1968-1985), la moyenne annuelle dans le Delta a été de 210 mm (Saint Louis, Richard-Toll, Dagana) avec un coefficient de variation interannuelle de l'ordre de 40 à 50% (Dancette, 1993).

Pendant les 12 dernières années, la moyenne annuelle est de 209 mm à Ndio, et de 168 mm à Richard-Toll. Elle est inférieure à celle de la période dite sèche et très faible par rapport à la normale généralement prise comme référence. Cette normale est de 268 mm à Richard-Toll (période 1953-1983).

Face à l'irrégularité et au déficit pluviométrique chronique, les cultures pluviales deviennent de plus en plus aléatoires. Ainsi, le développement à grande échelle des cultures irriguées reste le seul garant d'une croissance stable des productions agricoles dans la zone.

2.2.2. LA TEMPERATURE

La température par ses caractéristiques (zéro de végétation, sommes de températures ou degrés-jours, seuils critiques) influence directement la croissance et le développement des plantes.

On observe tout au long de l'année des écarts de températures importants et une demande évaporative élevée en saison sèche (maxima de 35 - 40°). cf. fig.1

Les fortes variations thermiques dans la région permettent de distinguer 3 saisons bien marquées :

- Une saison chaude humide ou saison des pluies (juillet à mi-octobre) caractérisée par des amplitudes thermiques relativement faibles variant entre 20 et 35°C. L'hygrométrie y est élevée, mais très variable: 80 - 90 %

Une saison sèche froide (mi-novembre à février) avec des températures minima absolues de 15°C. Cette période est favorable au développement des cultures maraichères, du maïs, du sorgho et du blé (Ndiaye M., 1984). L'hygrométrie est de l'ordre de 10 %

- une saison sèche chaude (Mars à Juin) : on y observe les températures les plus élevées en raison des vents chauds et secs, avec une hygrométrie de l'air très faible. Ces températures dépassent parfois 40 °C, alors que les minima restent inférieures à 20°.

2.2.3. LES VENTS

Les vents par leur fréquence et leur vitesse constituent un facteur néfaste pour les cultures irriguées. C'est durant la saison sèche, notamment à partir de mars à juin que souffle l'harmattan, vent chaud et sec de provenance Est à Nord-Est.

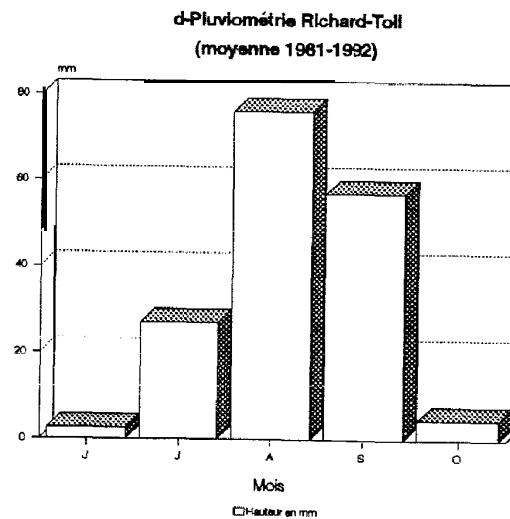
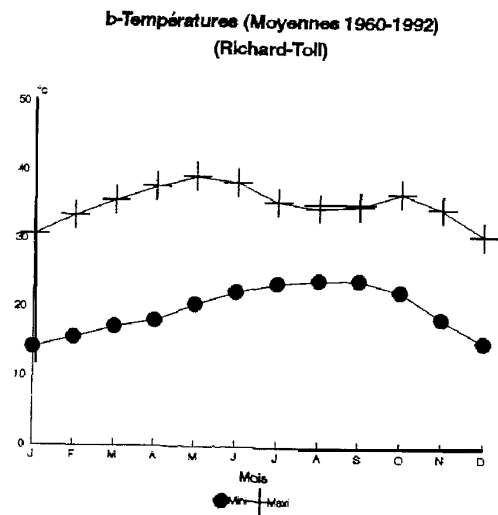
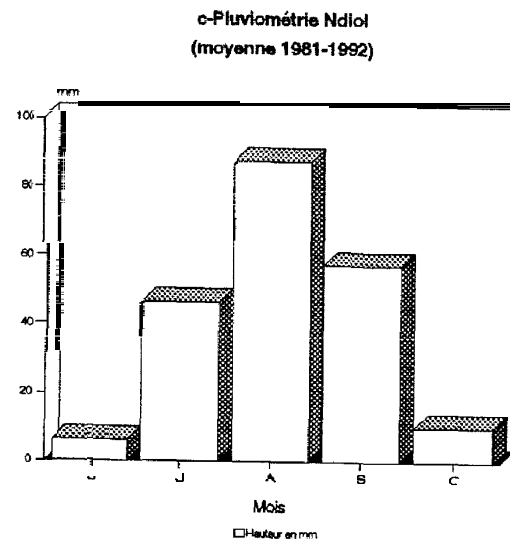
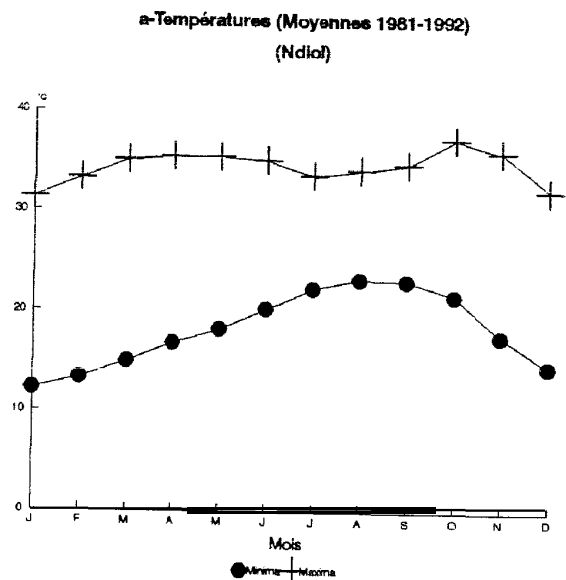


Fig.1 - Moyennes des températures (Minima, Maxima) et de la Pluviométrie pour les stations de Ndio et Richard-Toll. (ISRA, 1993)

Ainsi, certaines cultures de saison sèche froide sensibles aux hautes températures (**blé, maïs**) connaissent des chutes de rendement quand l'harmattan est précoce. Des risques d'échouage sont à craindre surtout lorsqu'il intervient pendant les phases d'induction florale et de floraison.

Pendant la saison des pluies, les vents de secteur Sud à Sud-Ouest repoussent progressivement l'harmattan en juillet et apportent les premières pluies. Il est donc important de tenir compte des vents dans le calage calendaire des cultures.

2.2.4. L'INSOLATION

Le potentiel d'ensoleillement élevé (3 000 à 3 500 h par an) atteint dans la zone, constitue un facteur favorable à toutes les cultures. La durée d'insolation atteint 9 à 10 heures par jour en saison sèche, d'où une bonne activité photosynthétique des cultures, notamment pour le riz de contre saison chaude.

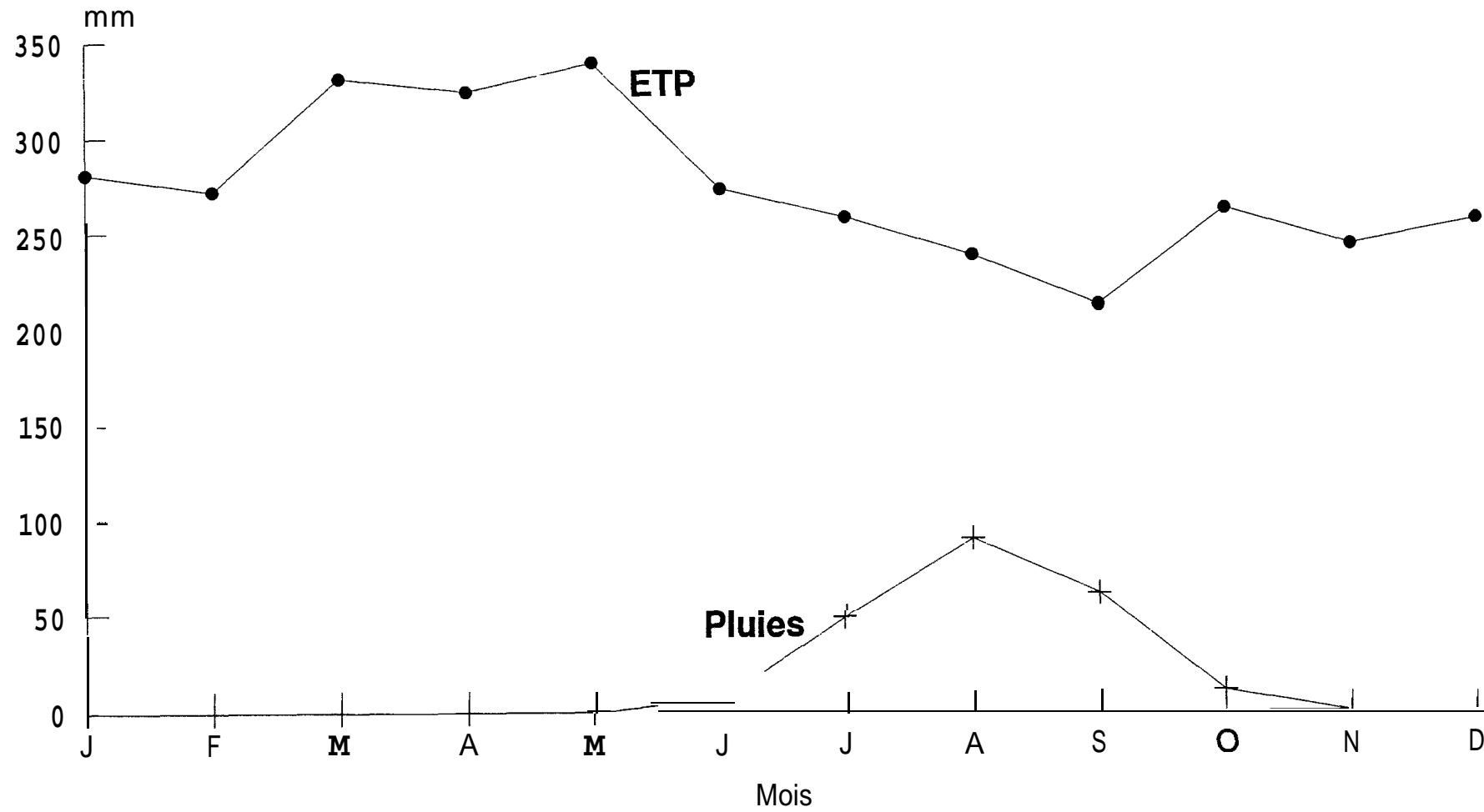
2.2.5. L'EVAPORATION ET L'EVAPOTRANSPIRATION

L'évaporation d'eau libre (bac normalisé de classe A) atteint 10 à 14 mm par jour durant la saison sèche chaude, d'avril à mai notamment sous l'influence de l'harmattan, vent chaud et sec, chargé de poussière. Son processus est accéléré par les températures les plus fortes enregistrées durant cette période, conjuguées à l'absence d'eau.

L'évapotranspiration potentielle (E.T.P) est également très élevée en saison sèche. Les valeurs les plus faibles se situent en hivernage (7 mm/j en septembre). Durant toute l'année l'ETP reste supérieure à la pluviométrie. La figure N°2 donne les variations de l'ETP et de la pluviométrie à Ndiol pendant les 11 dernières années.

L'utilisation agronomique pratique de l'évapotranspiration se trouve dans l'évaluation des besoins en eau des cultures. Ainsi pour les cultures irriguées, l'ETP permet d'établir un planning rationnel de l'irrigation.

Fig.2: Variations des ETP et de la pluviométrie mensuelles à Ndiol (1981-I 991)



2.3. CARACTERISTIQUES DE L'HYDROLOGIE

Le fleuve Sénégal est constitué de la réunion de deux rivières, le Bafing et le Bakoye avec des débits annuels moyens de 430 m³/s et 170 m³/s respectivement.

Le Bafing apporte environ 50% du volume d'eau charrié par le Sénégal et autorise l'irrigation de 375 000 ha en maintenant un débit de 3 00 m³/s (Anonyme, Journées de communication ISRA, DRCI, 1993).

Le réseau hydrographique est formé du fleuve Sénégal et de ses affluents et concerne l'ensemble du lit majeur plus ou moins inondé par les crues annuelles qui peuvent être fortes, moyennes ou faibles suivant le régime des pluies.

Dans le Delta la circulation naturelle des eaux avant la construction des barrages de Diama et Manantali se caractérisait :

- d'une part, par une non périodicité annuelle des crues en hivernage (juillet-août) et des décrues en saison sèche (Novembre à juin). Les crues sont essentiellement liées au rythme des pluies enregistrées dans le haut Bassin de Guinée.
- d'autre part par un écoulement très lent dû à une pente très faible surtout en aval, ce qui contribuait au moment de l'étiage à une remontée des eaux marines salées du cours du fleuve. Cette remontée de l'eau de mer rendait l'irrigation des cultures difficiles, surtout dès que le débit du fleuve descendait en dessous de 500 m³/s vers le mois de novembre.

L'irrégularité du débit du fleuve s'accompagne de fortes variations des superficies cultivées en décrues ; le tableau en annexe 2b est illustratif.

La mise en service des barrages dans le cadre de l'OMVS a contribué, à la régularisation du débit et au blocage de la

remontée de la langue salée, ce qui rend possible l'étalement des calendriers culturaux.

- Manantali (1988) permettra l'irrigation de 375 000 ha en maintenant le débit du fleuve à 300 m³/s et le fonctionnement d'une centrale hydroélectrique de 2000 mégawatts.

- Diama (1986) empêche la remontée de l'eau de mer en direction de Dagona et constitue une réserve pouvant irriguer 70,000 ha.

2.4. CARACTERISTIQUES DES SOLS

2.4.1. GEOMORPHOLOGIE

La connaissance de la formation de la vallée du fleuve Sénégal et l'évolution des unités géomorphologiques permettent de mieux distinguer la nature des types de terrains rencontrés.

L'histoire de sa formation est une succession de dépôts de dunes continentales, d'érosion et d'alluvions marins consécutifs aux phénomènes de régression et de transgression marines du quaternaire pendant les périodes alternativement sèches et humides (Dubois J., 1967).

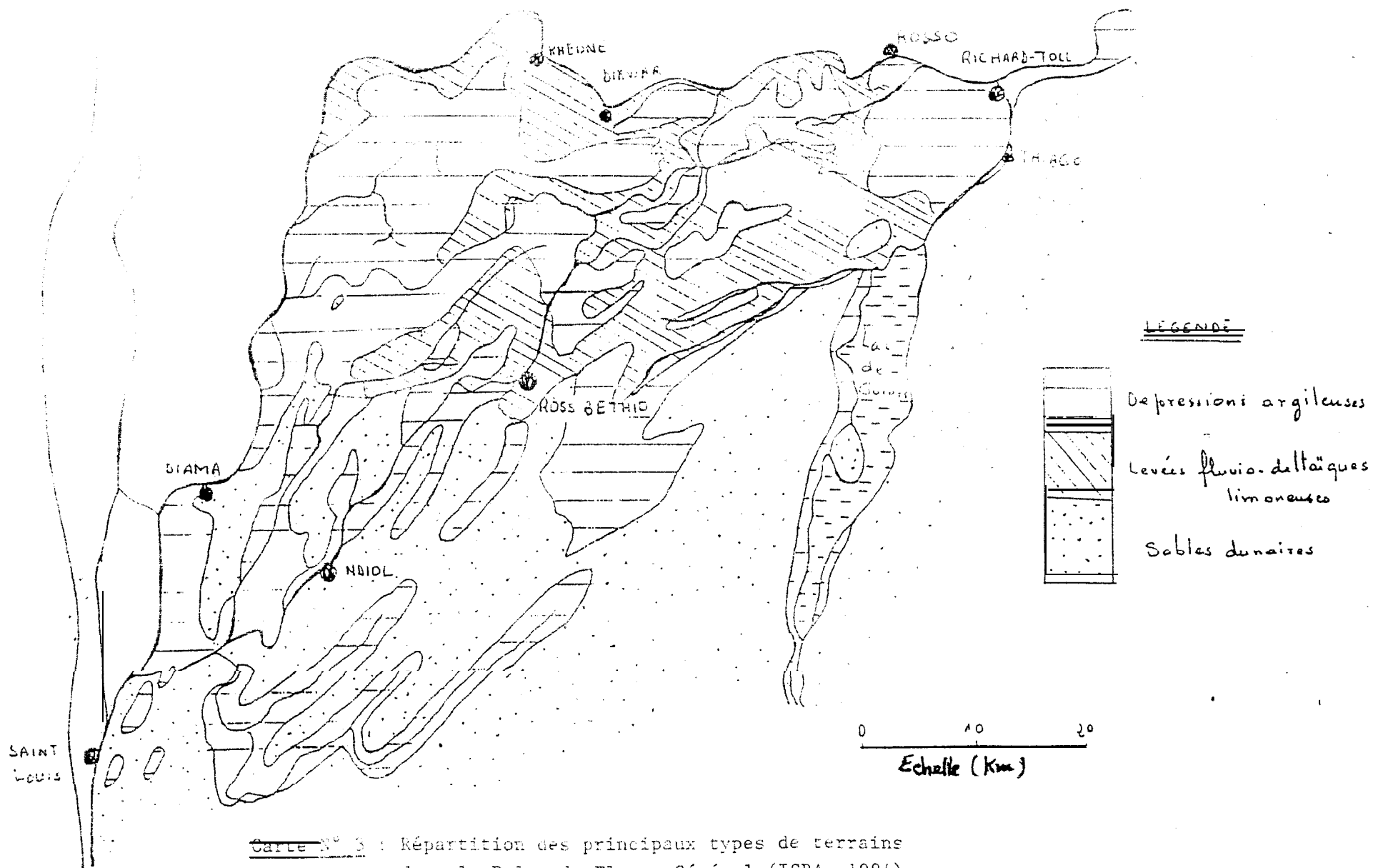
Ces phénomènes marins, quelquefois lagunaires ou fluviaux ont abouti à une juxtaposition d'unités géomorphologiques mal individualisées : dépressions argileuses, levés fluvio-deltaïques, sables. (Carte N°3).

2.4.2. LES TYPES DE SOLS

Suivant la nature des unités géomorphologiques et la position topographique, on peut distinguer le long de la vallée 2 grands ensembles de sols : (cf schéma N°1)

Les plaines alluviales ou Walo,

Les sols du modelé dunaire ou Diéri (Sonko, 1973)



Carte N° 3 : Répartition des principaux types de terrains dans le Delta du Fleuve Sénégal (ISRA, 1984)

2.4.2.1. Les plaines alluviales ou walo

Elles sont constituées pour la plupart par le lit majeur du fleuve dont le facteur principal de pédogenèse est l'hydromorphie. C'est l'ensemble des terres régulièrement inondées ou cuvettes de décantation. Les unités géomorphologiques se distinguent par le niveau topographique du sol et les fréquences d'inondation dues aux crues.

Dans cette catégorie de terrains alluviaux, on considère plusieurs groupes de sols dont les agriculteurs attribuent, selon une classification vernaculaire, des noms représentant leur topographie et leur qualité :

Les sols du lit mineur ou "Falo"

Ils sont situés sur le flanc des berges du fleuve et des principaux marigots. Ce sont des sols sableux à argilo-sableux, régulièrement enrichis en limons, peu évolués ou hydromorphes (Ndiaye J.P., 1987). Ces terres sont essentiellement réservées à la maïsiculture de décrue et à certaines cultures maraichères telles que patate douce, tomate-cerise, gombo.

Les "Falo" de décrue ont tendance à laisser la place aux mêmes types de cultures mais en irrigué à proximité de l'eau.

- Les "Diacré" constituent des levées anciennes ou bourrelets de berges sablo-argileux. Ce sont des lieux de passage rarement cultivés.

- Les "Fondé", sols à texture variable rencontrés sur les levés fluvio-deltaïques. Ils sont sablo-limoneux, rarement ou exceptionnellement inondés.

La variabilité de la texture de l'horizon de surface permet de distinguer 4 types de Fondé (Ndiaye J.P., 1987) : Fondé ranéré (18% d'argile), Fondé Oualéré (23% d'argile), Fondé Ouaka (30% d'argile), Fondé Ouakdjidiou (35% d'argile).

Les importantes études pédologiques réalisées dans la vallée montrent que ces sols sont peu évolués d'apport hydromorphe ou parfois des pseudogley. L'analyse chimique des sols fondé montre (SEDAGRI, 1973) une carence générale en phosphore et en soufre exceptée la région de Bakel. Ils présentent un bon drainage et leur perméabilité favorise la culture du maïs, du sorgho, du blé mais ne sont pas conseillés en riziculture du fait des coûts d'irrigation.

- Les "Hollaldé" correspondent aux parties les plus basses du lit majeur et sont régulièrement inondés par les crues. Ce sont des cuvettes de décantation naturellement très argileuses; 30 à 80% suivant la texture (Ndiaye J.P., 1987). De drainage médiocre du fait de leur faible perméabilité ($k < 1$ cm/h), ces sols sont de type hydromorphe à gley ou des vertisols à vocation essentiellement rizicole.

Ils occupent 36% des terres de la vallée et nécessitent une pré-irrigation pour le labour en traction animale et la petite et moyenne motorisation. Les hollaldé sont pauvres en matière organique avec un taux moyen de 0,63% (Chaumey, 1973). La distinction avec les sols Fondé n'est pas toujours facile d'un point de vue pédologique et seul le régime de submersion permet de les différencier.

Il existe des sols de transition entre le hollaldé et le fondé appelés "faux hollaldé" qui sont moins fréquemment inondés, 1 an sur 2, à structure peu argileuse. Ces sols sont fertiles et se prêtent à toutes cultures.

2.4.2.2. Les sols du modelé dunaire ou "Diéri"

Ils sont situés en dehors du lit majeur du fleuve et ne sont jamais atteints par les crues. Ce type de sol se sépare généralement du lit majeur par un talus de pente douce appelé "Djédjogol": zone de savane intermédiaire entre le diéri et le walo (Ndiaye M., 1983).

Constitués de sables dunaires, les terres du Diéri sont très perméables, pauvres en matière organique avec une texture très sableuse à sablo- argileuse. Ils sont peu fertiles : on y pratiquait traditionnellement les cultures pluviales d'hivernage (mil, niébé, béréf, arachide...). Aujourd'hui il est possible d'y pratiquer toutes sortes de cultures moyennant l'utilisation des techniques adéquates d'irrigation (aspersion, goutte à goutte) et de fertilisation.

Les contraintes édaphiques les plus marquantes sur les sols de maïsiculture sont de deux natures:

sur le plan physique :

Une faible perméabilité des "hollaldé" qui les rend moins aptes à la culture du maïs du fait des difficultés de drainage.

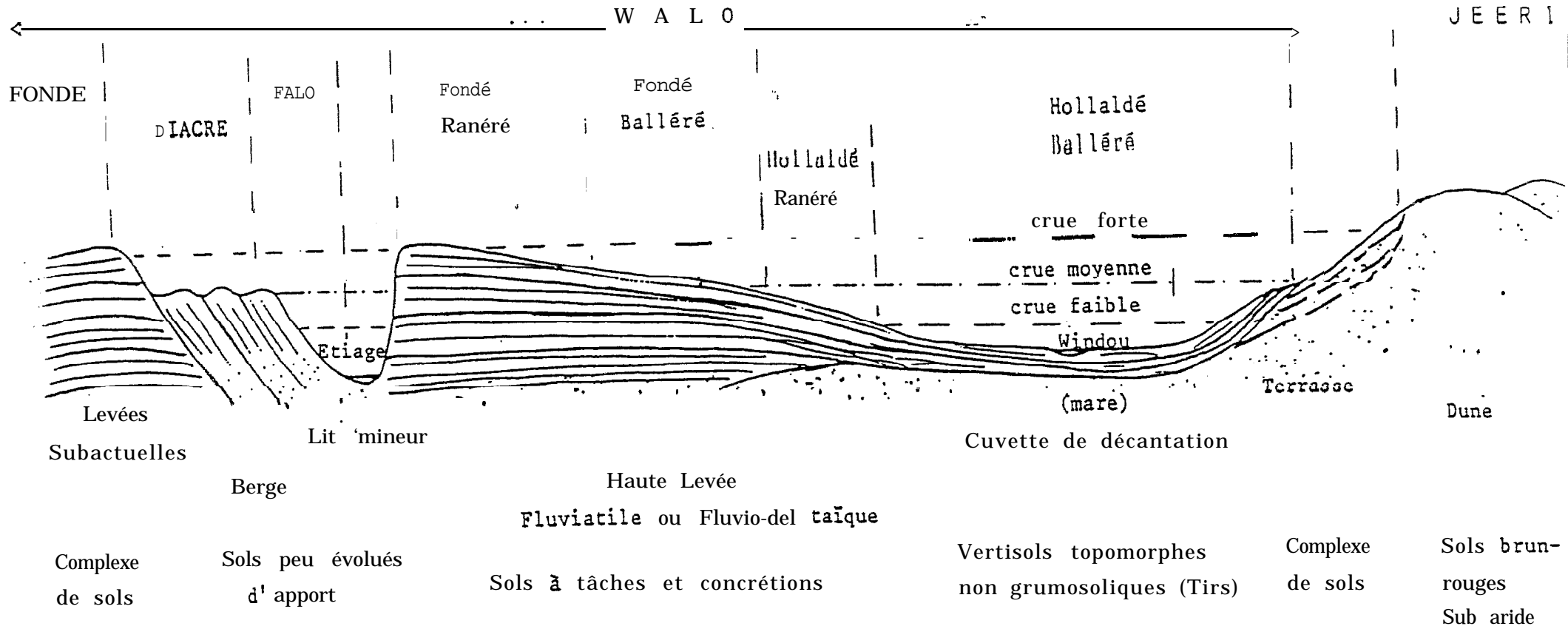
sur le plan chimique :

- * une carence en phosphore
- * une faible teneur en matière organique
- * une salinité excessive et complexe dans le Delta.

La conséquence de cette salinité est la limitation de l'exploitation de ces sols dont la mise en valeur fait appel à des aménagements adéquats et l'utilisation de l'irrigation.

Schéma 1 : COUPE SCHÉMATIQUE DE LA VALLÉE (Echelle Côtes dilatée/distances)

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



2.5. LA VEGETATION

La végétation naturelle du Delta a été fortement modifiée en égard aux conditions hydriques désastreuses durant les deux dernières décennies. Cette dégradation du couvert végétal a été accentuée par l'implantation des périmètres hydro- agricoles.

La zone est caractérisée par une steppe peu développée à halophytes (Sporobolus sp, Salsola sp, Salicornia). On trouve des graminées annuelles ou vivaces lorsque la salinité n'est pas excessive.

Parmi les arbustes dominant Boscia senegalensis, Euphorbia balsamifera aux abords des habitations et Guiera senegalensis sur les sols Diéri. Michel *et al* (1969) qualifient le Diéri de savane arborée composée de gonakier (Acacia nilotica), Acacia radiana et de Balanites aegyptiaca marquée par une absence presque totale de strate herbacée.

Dans les dépressions peu salées et longuement inondées, se développe une prairie aquatique à Oryza barthii, tandis que sur les argiles saumâtres imbibées d'eau on trouve un peuplement exclusif d'Echinocloa colona (Lericollais et Diallo, 1980).

Les mangroves et vasières avec une végétation à Rhizophora très adapté à la salinité se rencontrent autour de Saint-Louis.

III - MILIEU HUMAIN ET ACTIVITES

3.1. POPULATION ET PRINCIPALES ETHNIES

La population du Delta est évaluée par le Plan Directeur Rive Gauche (PDRG) en 1990 à 302.000 habitants: dont 131.000 ruraux et 171.000 urbains. Elle a augmenté très rapidement à la suite du croît démographique et de l'immigration et elle vient de recevoir un apport supplémentaire de réfugiés de Mauritanie.

Bien que diversifiée, la composition ethnique dans cette

zone reste dominée par les Woolofs, suivis des Peuhls et des Toucouleurs.

La densité de la population rurale dans le Delta est encore faible (25 habitants au km²) et surtout très irrégulière. Beyrard (1974) et Kane (1980) estiment le taux de natalité à 40 ‰ et celui de la mortalité d'environ 20 ‰. Cette population connaît une croissance annuelle de l'ordre de 2.6 %, plus rapide en ville (2,9%) qu'en campagne (2,5%).

3.2. ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES

Près de 80 % de la population active dans le Delta, près de 80%, est impliquée dans l'agriculture au sens large. Cependant d'autres activités (commerce, artisanat, salariat etc) peuvent exister et leur importance varie selon les villages et l'organisation sociale.

Le contexte agricole du Delta est profondément modifié avec l'avènement des aménagements hydroagricoles et l'effet de la sécheresse persistante des dernières décennies (Cissokho, 1987). En effet, les maures et les Peuhls qui étaient spécialisés dans l'élevage transhumant et le commerce ont tendance aujourd'hui à être sédentaires et à s'adonner progressivement à la culture irriguée.

Face à toutes ces mutations, on peut dire qu'on assiste à une reconstruction des systèmes de production en place.

3.3. LES SYSTEMES DE CULTURE

3.3.1. LES CULTURES TRADITIONNELLES

Le système de culture traditionnel de la vallée était caractérisé, avant les aménagements hydroagricoles, par la culture pluviale sur le diéri pour l'essentiel et celle de décrue de manière irrégulière sur les autres types de sols.

3.3.1.1. Système de culture pluviales

Les principales cultures exploitées sur le Diéri étaient le mil, le béréf, le niébé, ainsi que l'arachide lorsque la pluviométrie était suffisante.

Les systèmes de culture pluviales sont très limités par leur alimentation en eau, même en année "normale". Ils n'ont pas été directement touchés par les aménagements, par contre la sécheresse les a beaucoup affectés et a entraîné une réduction importantes des superficies. Sur Diéri, plus de 8000 ha étaient cultivés en conditions pluviales en 1982 dans le Delta, mais en 1992 ces surfaces n'étaient plus que de 497 ha (cf annexe 2a).

3.3.1.2. Systèmes de culture de décrue

Il s'agit des cultures installées par les paysans sur le *salé* (*hollaldé, fondé et falo*), terres sur lesquelles le fleuve Sénégal inonde chaque année une partie plus ou moins importante de son lit majeur. L'alimentation en eau des plantes est assurée par des réserves du sol, ce qui permet d'obtenir en saison sèche une deuxième récolte qui complète celle de l'hivernage.

Les principales spéculations sont l'association sorgho-niébé sur *hollaldé*; le maïs, le niébé, et les cultures maraichères (patate douce, tomate) sur *falo*. Les surfaces cultivées en maïs dans la décrue connaissent beaucoup de variation selon les années en fonction de l'intensité de la crue. Les rendements y sont très bas, 600 kg/ha en moyenne et les superficies varient de 400 à 6500 ha dans le Delta entre 1981 et 1992. (cf annexe 2b)

3.3.2. LES SYSTEMES DE CULTURES IRRIGUEES

L'agriculture de la région du Fleuve en général et du Delta en particulier connaît une évolution caractérisée par la culture irriguée. L'importance que gagnent ces systèmes dans l'optique

de la rentabilisation des ouvrages hydrauliques mérite qu'on s'y attarde.

En effet, plusieurs étapes visant le développement de ces systèmes de cultures, ont marqué les tentatives de mise en valeur des aménagements.

Les premiers aménagements furent réalisés vers 1930 par la MAS dans les casiers expérimentales de Richard-Toll, confiés ensuite à l'OAD après l'indépendance, puis repris par la SAED avec une extension pour le reste de la vallée.

Trois conceptions pour ces aménagements sont successivement mis en place:

- D'abord, la réalisation des aménagements primaires en vue d'une submersion contrôlée, où la pluie est utilisée pour la levée du riz et la crue pour la suite de la culture. Il faut noter le caractère aléatoire de ce système vu les irrégularités des pluies et des crues.

- Ensuite, l'implantation des aménagements secondaires reposant sur des canaux reliant les divers bas-fonds aménagés selon leur côte et sur des stations de pompages, ce qui supprimait l'aléa des crues.

- Enfin, le passage aux aménagements tertiaires permettant une maîtrise complète de l'eau. Chaque parcelle correctement planée, est protégée des crues par un endiguement et desservie par un réseau d'irrigation.

A côté de ces aménagements, se sont développés des périmètres irrigués fonctionnant de manière autonome avec une maîtrise partielle de l'eau : les périmètres irrigués villageois (PIV) et les périmètres irrigués privés (PIP).

Les superficies aménagées par la SAED dans le Delta (13.865 ha) semblent évoluer moins vite par rapport à l'ensemble de la vallée (32.271 ha) quand on sait que la priorité fut donnée à cette zone jugée plus favorable à la mise en valeur (BEVEZE

J.C., 1992).

A l'intérieur de ces superficies aménagées, celles cultivées en maïs n'ont pas dépassé 3 000 ha par an pendant les 12 dernières années sur l'ensemble de la vallée (cf annexe 2c).

Au terme de cette étude bibliographique sur le milieu, un certain nombre de points se dégagent et méritent d'être mis en exergue pour une meilleure optimisation des cultures:

- Avec la présence des barrages l'eau douce est disponible toute l'année. Cependant les contraintes climatiques, notamment les niveaux extrêmes de température minima et maxima et la pluviométrie perturbant les opérations de post-récolte de contre-saison, ^{Chaudé} limitent encore la double culture.

- Du point de vue des types de terrains, la vallée présente d'énormes potentialités pour la maïsiculture.

- Dans les conditions d'irrigations actuelles (tour d'eau, alternance de submersion et d'assec pouvant entraîner des stress hydriques) la conduite de toutes les cultures n'est cependant pas aisée dans tous les types de sols.

- Le développement de la culture du riz dans la vallée comme alternative de rentabilisation des ouvrages hydrauliques mérite d'être revue en terme de diversification, la riziculture étant confrontée à un certain nombre de problèmes: hausse des coûts de production, difficultés d'intensification, calage calendaire, dégâts d'oiseaux et tout ceci dans un contexte de désengagement de l'état.

IV - LE MAÏS : LA PLANTE, SES EXIGENCES ET SA PLACE DANS LA VALLEE.

4.1. LA PLANTE

4.1.1. Origine et Morphologie

Le maïs (Zea mays L.) est une culture très ancienne, originaire d'Amérique latine dans les régions du Mexique, Guatemala, Pérou et Bolivie.

Sa présence en Afrique est signalée au XVII^e siècle en zone soudanienne.

Zea mays constitue l'unique espèce cultivée du genre Zea. Sa zone de culture s'est très vite propagée, surtout après la 2^e guerre mondiale dans les pays tempérés, grâce aux progrès de la sélection variétale dont les travaux ont été facilités par l'architecture de la plante. Cette révolution est surtout liée à la création d'hybrides précoces à haut rendement. Par ailleurs, comme la plupart des plantes de types C4, le maïs se comporte bien dans les conditions écologiques des régions tropicales sèches caractérisées par de forts éclaircissements et des températures élevées.

C'est une plante allogame, monoïque de la famille des graminées. La protandrie, caractéristique du maïs, favorise la fécondation croisée.

4.1.1.1.- Les organes végétatifs.

Ils se composent:

- * d'un système racinaire constitué de racines séminales et de racines coronaires fasciculées (fig.3a). Les racines séminales se mettent en place assez tôt et alimentent la jeune plante, avant que les racines coronaires ne prennent le relais (Gay, 1984).

- * d'une tige de hauteur variable pouvant dépasser 3 m

- * des feuilles et des bourgeons axillaires qui évoluent en épis. Le nombre de feuilles augmente avec la tardivité du génotype (Gay, 1984). Chez la plupart des graminées, les bourgeons de la base donnent des tiges secondaires (phénomène de tallage); alors que chez le maïs, le plus souvent une seule tige se développe.

4.1.1.2. Les organes reproducteurs

Les fleurs mâles et femelles sont portées par la même plante mais séparées. Ainsi, on observe :

- Les inflorescences mâles sont regroupées en panicule à l'extrémité supérieure de la tige. La panicule se caractérise par le nombre de ramifications et leur longueur. Chaque axe de la ramification est un épi composé d'un rachis et d'épillets pédicellés (fig.3b).

- Les inflorescences femelles résultent de l'évolution des bourgeons axillaires qui initient le pédoncule, les spathes, puis l'épi (fig.3c). Chaque plante peut porter potentiellement 4 ou 5 épis à l'aisselle des feuilles, cependant un seul arrive à terme dans les conditions normales de cultures, les autres dégénèrent (Gay, 1984).

4.1.2. Cycle de développement

Le cycle de développement du maïs varie suivant le cultivar et les conditions climatiques. Les variétés les plus tardives peuvent boucler leur cycle à 150 jours, tandis que les plus précoces ont une durée de 90 jours.

Le cycle peut être divisé en deux phases: la phase végétative et la phase reproductrice .

4.1.2.1. La phase végétative

Elle correspond à la période qui va du semis à l'initiation de la panicule et durant laquelle on peut distinguer 3 étapes: la germination, la levée et la formation des organes végétatifs. Pendant cette phase, les organes aériens sont indirectement influencés par la température (Bourdu, 1984) en ce sens qu'elle contrôle directement le développement du système racinaire et du bourgeon terminal situé à la surface du sol.

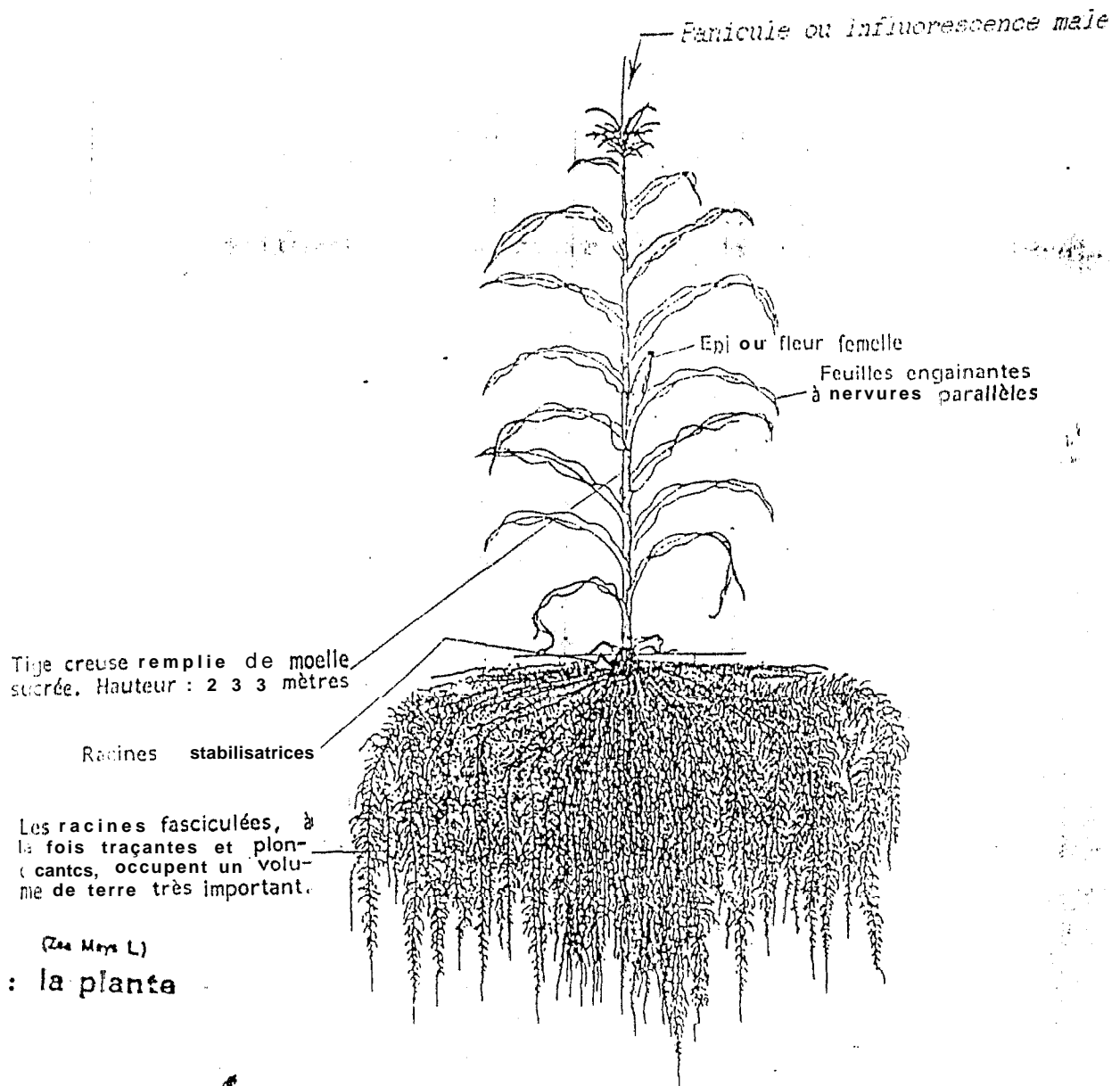


Fig 3a : la plante

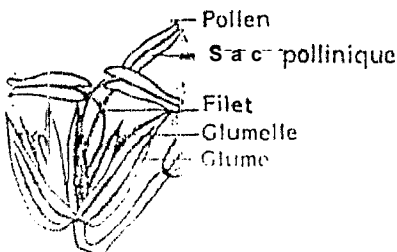
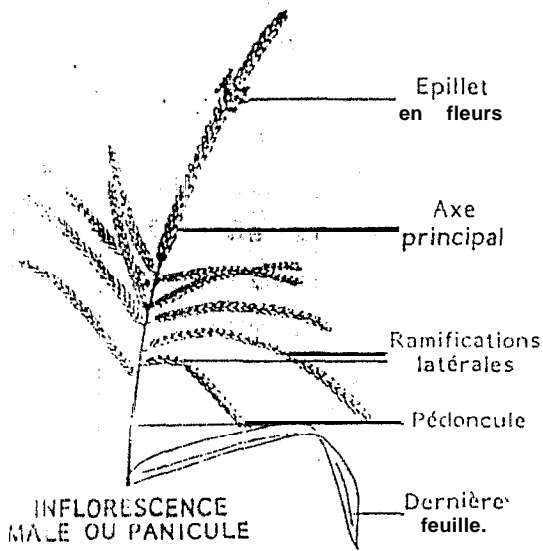


Fig 3b : UN EPILLET

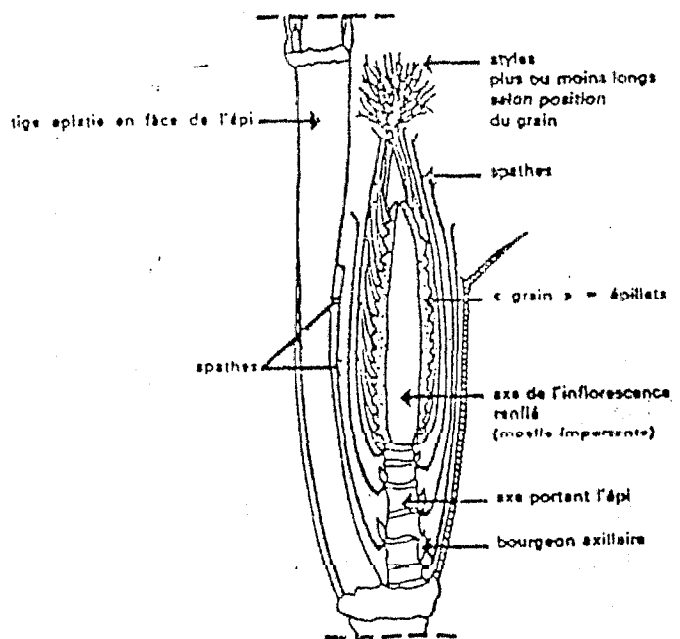


Fig 3c : L'ÉPI EN FLEURS

- la **germination** du maïs exige pour son démarrage d'une température minimale de 12 à 15°C selon la valeur germinative des semences. Cette valeur germinative ou qualité initiale de la semence est acquise avant le semis. Elle s'élabore sur la plante mère sous l'effet d'interactions génotype - milieu (Barloy, 1984; Delouche, 1973) et s'altère ensuite pour donner une qualité finale sous l'action des dommages subis au cours du conditionnement et pendant le stockage.

Ces observations montrent l'intérêt de disposer d'un génotype ayant une bonne valeur germinative initiale et de préserver une bonne technologie semencière pour assurer une germination correcte.

- la **levée** est le moment où le coléoptile est visible à la surface du sol. L'épuisement des réserves du grain a lieu vers le stade 4-5 feuilles. C'est une période très sensible appelée **sevrage** (Gay, 1980) pendant laquelle s'installe le système racinaire définitif et la plantule devient autonome. Au cours de cette période, des conditions de milieu défavorables peuvent entraîner des troubles physiologiques ou des manifestations de carence sur la plante (zinc, acide phosphorique, magnésium, asphyxie due à l'excès d'eau,...)

- L'apparition de 8 à 10 feuilles visibles sur la tige et l'initiation de la panicule par le bourgeon terminal, marquent la fin de la phase végétative. Cette période coïncide avec l'élongation accélérée des entre-nœuds de la tige. Gay, (1984) montre que la différence de cycle entre variétés dépend de la durée de la phase végétative, elle-même fonction de la précocité du génotype et des conditions climatiques.

4.1.2.2. Phase reproductrice

Le déroulement de cette période passe par différentes étapes: la formation des organes reproducteurs, la floraison mâle et femelle, la fécondation, la formation et le remplissage des grains et enfin la maturation.

- la fabrication de ses **organes reproducteurs mâles** (épillets, étamines, grains de pollen) débute dès l'initiation de la panicule. Elle se termine par la **floraison mâle**.

La durée de cette floraison mâle est variable suivant le génotype et les conditions du milieu (Gay, 1984). Ainsi sur une panicule, elle s'étale sur 8 à 10 jours. Les besoins en eau deviennent maximaux à ce stade. Une sécheresse ou un stress hydrique prolongé réduit la fertilité de pollen.

Les premières ébauches d'épillets se forment un mois avant la floraison, puis se divisent par paire pour donner plus tard après la fécondation, les rangées de grains. Ceci explique que le nombre de rangs est toujours pair sur un épi de maïs d'après Gay (1984).

- La **floraison femelle** correspond à la sortie des soies à l'aisselle des feuilles du milieu de la tige. Les premières soies à apparaître correspondent aux grains de la base, les dernières à ceux de la pointe.

Le maïs traverse alors un stade de sensibilité accrue pour l'alimentation hydrique et l'apport d'éléments minéraux, notamment l'azote. Un stress hydrique, une carence en éléments minéraux ou des températures très élevées peuvent entraîner à ce stade une réduction du nombre de grains et par conséquent une chute de rendement.

- Pendant les 2 à 3 semaines qui suivent la floraison, les produits issus de la photosynthèse initialement accumulés dans les racines, la tige et la rafle migrent dans les grains : c'est la phase de **remplissage des grains**.

La maturité du grain est complète lorsque cesse cette migration. L'humidité du grain est alors inférieure à 35% et la plante est entièrement sèche. Il faut noter cependant que le remplissage du grain peut être incomplet et son humidité très élevée lorsque la maturité est le résultat d'accident physiologique (verse, échaudage).

La figure N°30 présente le cycle de développement du maïs.

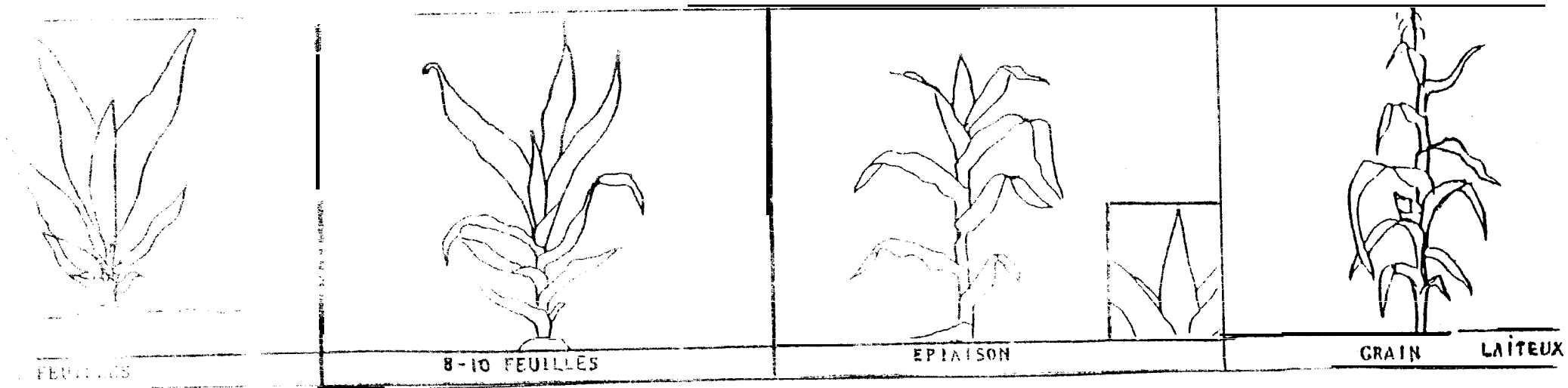
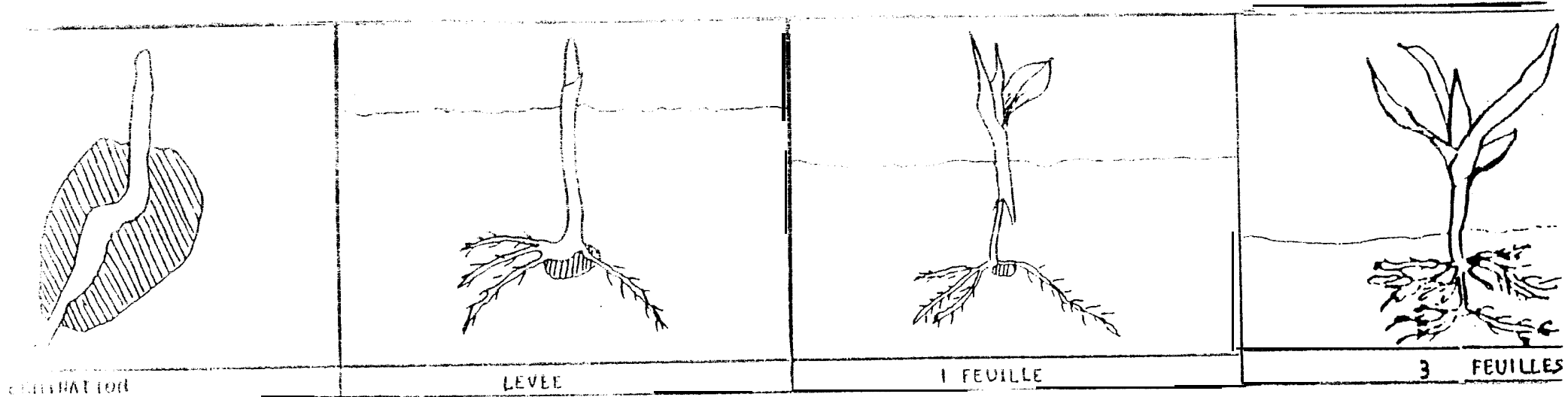
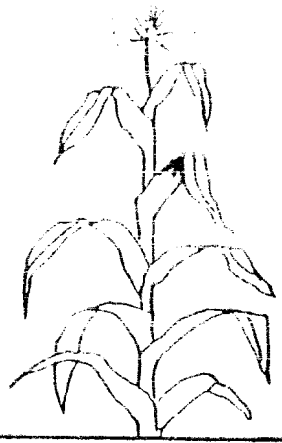
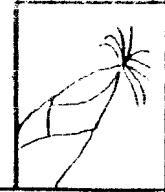
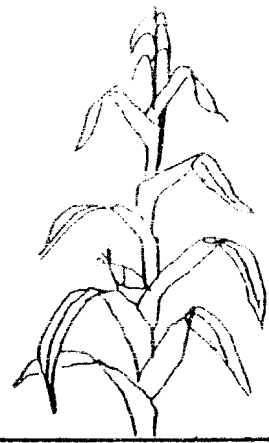


Fig. N° 3d : Cycle de développement du maïs



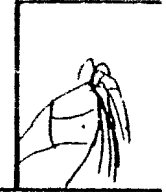
FLORAISON MALE

50 % des panicules mâles émettent du pollen.



FLORAISON FEMELLE

50 % des épis femelles présentent des soies hors des spathes.



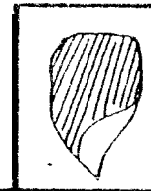
FIN FECONDATION

Brunissement puis dessèchement des dernières soies émises.



GRAIN PATEUX

Pas d'écoulement à l'écrasement, l'amidon est sous forme pâteuse. Le grain est entre 50 et 75 % d'eau.



GRAIN VITREUX

Difficilement rayable à l'ongle, le grain a une teneur en eau inférieure à 40 %.



DESSICATION PLANTIE

Dessèchement plus ou moins rapide des spathes et de l'ensemble de la plante.

4.2. IMPORTANCE DE LA MAISICULTURE DANS LA VALLÉE

Au Sénégal, le maïs sert à l'alimentation humaine, consommé sous forme d'épis frais grillés, de couscous ou de bouillie. Il a longtemps été considéré comme une céréale de soudure. Le maïs est également utilisé dans l'alimentation animale (volailles, porcs) et dans l'agroindustrie (minoteries, brasseries).

Les aléas climatiques de ces dernières années d'une part, la réalisation des aménagements d'autre part, ont amené les autorités à compter davantage que par le passé sur le maïs irrigué pour atteindre l'objectif du Plan céréalier de 250.000 tonnes/an avant la prochaine décennie.

En effet, le maïs est une culture qui joue un rôle majeur dans la région eu égard à la place qu'il occupe dans l'alimentation de base des populations.

Il est présent dans les principaux systèmes de cultures identifiés dans la vallée (**annexes 2a,b,c**):

- dans le système traditionnel sur les terres du diéri en pluvial et sur celles du falo en décrue où les semis se font début octobre au fur et à mesure que l'eau se retire (Ndiaye M., 1986; Clerget, 1988). Quelques cultures d'hivernage sont cependant pratiquées sur fondé en association au niébé.

- dans le système irrigué au niveau des aménagements hydroagricoles, mais en faible proportion par rapport à la principale culture; le riz.

Les enquêtes menées par Ndiaye, 1986 et confirmés par Béye, 1991 montrent un grand écart entre les techniques culturales paysannes et celles proposées par la recherche en raison des difficultés d'accès aux facteurs de production, des contraintes agroclimatiques et de la non maîtrise de l'irrigation .

La **préparation de sol** se limite au labour à la daba (qui

retarde souvent le semis du maïs), au billonnage et au sarclage-binage.

Les fertilisations varient suivant les types de sols. Sur les sols jugés favorables au maïs (fondé), certains paysans apportent peu d'engrais; par contre sur ceux jugés défavorables (hollaldé), ils en apportent beaucoup plus (Ndiaye M., 1986).

Les semis sont effectués au moyen d'un lourd bâton pointu ou "lougal" servant à faire des trous de 10 à 15 cm à l'intérieur desquels les semences sont introduites. Les densités de semis sont très faibles, de l'ordre de 15 à 20 000 pieds/ha (Ndiaye, M., 1986).

La gestion de l'eau est très imparfaite. Le mauvais planage des parcelles d'une part, l'espacement des irrigations d'autre part se traduisent par des asphyxies pour le premier cas et des stress hydriques pour le second. Les rendements demeurent très faibles aussi bien en pluvial, sèche (400 kg à 2 t/ha), qu'en irrigué (1,5 à 3 T/ha) (cf tableau évolution des superficies et production en annexe).

4.3 LES ACQUIS DE LA RECHERCHE

Antérieurement, le maïs avait fait l'objet de beaucoup de recherches, notamment les expérimentations de la Mission d'Aménagement du Sénégal (MAS) depuis 1936 poursuivies par l'IRAT à Richard-Toll et plus tard les travaux de la FAO vers les années 70 à 80.

Les dernières années, le maïs irrigué a bénéficié d'un effort de recherche soutenu.

Le programme actuel de recherche sur le maïs a initialement été élaboré à partir des résultats et recommandations formulés par l'ISRA, suite aux travaux effectués sur la culture de 84 à 88 dans la vallée du fleuve Sénégal.

Ainsi, depuis 1989 un important programme de recherche pluridisciplinaire se poursuit avec la création du Pôle International sur le maïs irrigué à Saint-Louis.

L'ensemble de ces travaux ont permis de faire le point sur la situation du maïs dans la vallée pour une meilleure maîtrise de la culture et d'identifier les besoins en matière de recherche. Il s'agit de l'amélioration variétale, les techniques culturales et la défense de la culture.

Les recherches menées du début à nos jours ont été effectuées respectivement dans les stations de Guédé, Richard-Toll, Fanaye et Ndiol; mais aussi au niveau de la ferme expérimentale de Thiago.

4.3.1. Amélioration variétale

Les expérimentations effectuées à Richard-Toll avant les années 70 par l'IRAT visaient l'amélioration du maïs local Maka. Elles comportaient aussi un volet d'introduction de variétés étrangères, déjà initié par la MAS depuis 1936 (Delolme, 1936). Les prospections et tests de variétés locales ont été conduites par SAPIN durant les années 60. De ces travaux, la variété Maka est retenue pour le programme de création variétale.

De nombreux croisements, suivis de back-cross entre Maka et 14 hybrides originaux d'Israël, de France et d'Amérique ont abouti à l'obtention de formes 3/4 locales et 7/8 locales.

Le brassage des meilleures formes 3/4 locales a donné le composite de Richard-Toll (CRT) qui sera plus tard abandonné face à Maka qui s'est avéré plus performant (IRAT, 1969).

Des hybrides simples et doubles italiens, roumains et américains sont introduits et testés de 74 à 78, avec des composites africains et d'autres accessions tropicales. Des expérimentations menées dans le cadre du projet FAO (Rijks, 1975; Moscal, 1978), on a retenu les composites jaunes à grain corné, proches de Maka mais plus performants que ce dernier (6-7 T/ha pour les composites contre 2.9 à 3.8 T/ha pour Maka). Il s'agit de Early Thai, Penjaliman Diara (beaucoup de ressemblance pour les trois), Huis, CPI-Bouaké et des hybrides JDS et BDS de Séfa.

Ainsi, la variété Early Thaï, mieux adaptée à la région et présentant les performances les plus régulières est choisie comme témoin dans les essais de l'ISRA est vulgarisée dans la vallée (Clerget, 1988).

D'importantes recherches dont l'objectif est de trouver des variétés supportant la submersion temporaire ou l'engorgement, ayant un rendement stable et adaptées aux deux saisons de culture sont menés de 84 à 88 à partir des populations du CIMMYT, du SAFGRAD et de l'IITA.

Les résultats de ces essais semblent confirmer la meilleure adaptation de Early Thaï (Anonyme, DRCI, Journées de communication ISRA, 1993).

Depuis 88 l'amélioration variétale se poursuit avec le matériel précité, complété par des écotypes et des hybrides tempérés ou tropicaux. Des rendements de l'ordre de 7 à 8 T/ha sont déjà obtenus en contre saison froide. Cependant, il reste à rassembler le maximum de variabilité génétique du matériel végétal, puis de caractériser les géotypes adaptés aux conditions d'environnement pédoclimatiques de la vallée, et enfin de parvenir surtout à transférer les variétés en milieu paysan.

4.3.2. Les techniques culturales

Les essais réalisés de 75 à 91 sur les techniques culturales ont porté sur le travail du sol, le semis (date, mode, densité), la fertilisation et l'irrigation.

4.3.2.1. Le travail du sol

Les observations faites sur les façons culturales et les mesures de densité apparente à Fanaye montrent une meilleure préparation du lit de semences avec rotavator seul, qu'avec labour profond à la charrue à soc repris ensuite au rotovator (Courtessole, 1985).

Auparavant, Courtessole et Sonko (1978) rapporté par Clerget (1988) arrivaient à la conclusion que le rendement moyen augmentait avec la profondeur de travail : 4.4T/ha pour un travail superficiel à 3 cm au rotovator et 5.3 t/ha à 35 cm avec labour.

Moscal, 1980 recommande, après une préirrigation, un labour à 15 cm avec une charrue à disques ou à socs puis un passage au rotavator ou un offsetage pour écraser les mottes.

En tout état de cause, les recherches menées s'accordent à reconnaître que la différence de rendement entre le travail superficiel et le labour profond, ne justifie pas les dépenses à engager pour un labour en profondeur.

4.3.2.2. Le semis

- Mode de semis

La culture "sur billon" comparée à la culture "à plat" n'a pas permis de mettre en évidence une augmentation de rendement dans les essais de Moscal, 1976 et de Janin 1983, dans les conditions où le planage et l'irrigation sont parfaitement maîtrisés.

Volper, 1991 arrive à la même conclusion en station mais émet des réserves eu égard aux résultats contradictoires obtenus en grande parcelle ou en paysannat qui mettent en évidence une supériorité de l'effet des billons. En effet les conditions habituelles d'expérimentation (planage correct, parfaite maîtrise de l'irrigation) sont inexistantes en milieu paysan.

C'est pour ces raisons que d'autres essais sur billonnage s'avèrent même nécessaires, notamment sur la possibilité de réutilisation des billons afin de baisser les coûts de mise en place, dans le cadre d'une rotation maïs-tomate ou maïs-achide.

Il est à noter cependant, que l'amélioration de la technique de billonnage par la mécanisation réduirait les pertes de temps considérable au semis.

- Date de semis

Les variations climatiques importantes dans la région

recommande le respect des dates de semis. Le semis précoces d'hivernage doit être effectué entre le 10 et 1^{er} Juillet; celui de la contre saison froide de préférence entre le 15 Octobre et le 15 Novembre (Moscal, 1978; Clerget, 1986).

Pour les semis tardifs réalisés en Janvier en contre saison chaude, le rendement peut être réduit de 2 t/ha. Moscal (1978) cité par Ndiaye en 1984 attribue ce phénomène à l'harmattan qui provoque d'une part une mauvaise fécondation et d'autre part l'échaudage des grains.

- Densité de semis

Des essais de densité de peuplement Moscal (1978 a.), préconise 50 à 60 000 pieds/ha en saison des pluies et jusqu'à 70 000 pieds/ha en contre saison froide pour les semis précoces de début novembre. Par contre cette densité ne doit pas dépasser 55 000 pieds/ha pour les semis tardifs (Janvier à février).

L'analyse des composantes de rendement sur les essais de Volper (1990) montre de manière plus précise que le meilleur rendement est obtenu avec la densité de 62 500 pieds/ha quelque soit la saison, avec des écartements de 0,80 m x 0,20 cm comme le montre le tableau N°2

Tableau N°2 Composantes de rendement sur
différentes densités de peuplement
(variété Early Thai)

	Plants/ha	P1000G		NbG/m ²		PG/m ²		Rdt: kg/ha	
		CS	Hiv	CS	Hiv	CS	Hiv	CS	Hiv
T1	37 500	243	215	1210	908	294	195	2935	1948
T2	50 000	233	200	1322	935	308	187	3082	1873
T3	62 500	230	208	1409	1096	324	228	3238	2283
T4	80 500	217	197	1350	1030	293	203	2927	2032

- P1000G = Poids de 1 000 grains

- NbG = Nombre de grains

- PG = ~~Poids~~ de grains

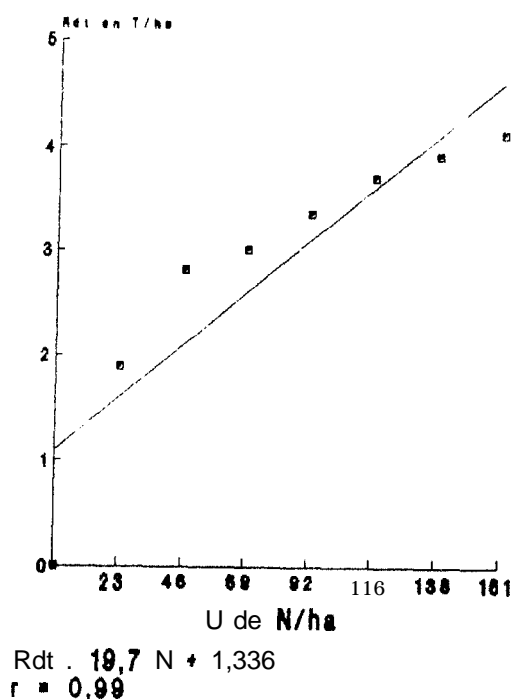
- CS = Contre-saison

- Hiv. = Hivernage

3.2. Fertilisation

Les résultats des travaux de Moscal (1976 b.) qui préconisaient la formule: 23 unités de N, 80 de P_2O_5 , 60 de K_2O et des apports fractionnés de 46 unités d'azote au tallage, montaison et floraison ont montré une liaison linéaire entre la dose d'azote et le rendement (cf fig.4). Cette formule serait intéressante si les essais étaient répétés; ils ont été conduits une seule année.

Fig3: Rendement en fonction de la dose d'azote (d'après résultats de Moscal)



Volper (1991) en proposant une formule différente: N = 135, P_2O_5 = 45, K_2O = 50 montre:

- qu'un niveau de rendement de 4,5 T/ha peut être atteint avec cette formule.

- qu'en l'absence de l'azote il n'y a aucun effet significatif de l'acide phosphorique, et de la potasse.

- qu'un apport d'azote seul s'exprime par un rendement médiocre (2,5 T/ha).

Les essais sur la fertilisation du maïs dans la vallée méritent d'être poursuivies notamment en ce qui concerne l'étude des équilibres NPK.

4.3.2.4. L'irrigation

Les besoins en eau du maïs varient selon les saisons et les régions en fonction de l'ETP. Ils varient également selon les cultivars, en fonction de la durée de leur cycle. Ils sont estimés à 700 mm pour une culture de saison sèche (Dancette, 1983).

Pour des semis effectués en contre saison froide (1^{re} décade de Novembre) Rijks, 1986, rapporté par JAMIN, évalue les besoins nets du maïs à 650 mm moyennant quelques variations.

Lorsque le semis a lieu de janvier à février, ces besoins deviennent beaucoup plus élevés en raison de la demande évaporative importante pendant les mois de mars à avril. Pendant cette période, Moscal (1976) recommande d'irriguer tous les 7 à 10 j au lieu de 10 à 15 jours.

Au moment de la plus forte demande, montaison-floraison et début de remplissage du grain, il est prudent d'irriguer chaque semaine (Clerget, 1986)

Il est important toutefois, que le rythme d'irrigation soit adapté, pour une meilleure efficacité, à chaque type de sols, mais aussi aux différents systèmes d'irrigation rencontrés dans la vallée (gravitaire, aspersion).

4.3.2.5. Situation phytosanitaire

La pression des maladies est très faible, voire nulle dans les périmètres maïsicoles de la vallée: seuls quelques cas de rouille sont signalés dans le Delta et la Moyenne vallée (Clerget in Goebel, 1991). Par contre, la présence d'espèces lépidoptères foreurs (Sesamia calamistis, Eldana saccharina) et défoliateurs (Mythiana loreyi) est observée et les pertes de rendement peuvent atteindre 30 à 40 %, particulièrement en hivernage. Ces dégâts sont moindres en saison froide, période défavorable aux insectes : environ 10 % (GOEBEL, 1990).

DEUXIEME PARTIE

I. JUSTIFICATIFS ET OBJECTIFS

II. METHODOLOGIE

III. LA TOLERANCE AU STRESS HYDRIQUE ET
INTERACTIONS GENOTYPES X MILIEU

I. JUSTIFICATIFS ET OBJECTIFS

L'eau comme la température peut pénaliser le maïs, soit par son excès, soit par son absence.

Afin d'intégrer le maïs entièrement dans le système irrigué et produire de hauts rendements dans la vallée, des recherches sur ses possibilités d'adaptation sont nécessaires.

Dans la situation actuelle, il n'est pas rare de voir dans cette région du maïs les "pieds dans l'eau" en raison d'une part, de la mauvaise conduite de l'irrigation par les tours d'eau (organisation sociale paysanne) et d'autre part des excès d'eau liés à la nature des sols peu filtrants. Cette pratique de l'irrigation par submersion dans les casters rizicoles avec des tours d'eau très espacés (tous les 15 jours), conduit à faire subir à la plante des stress d'asphyxie racinaire, puis des stress hydriques alternant avec des périodes d'alimentation hydrique "correcte".

En effet, l'excès d'eau, en privant les racines du maïs d'oxygène, perturbe fortement leur fonctionnement, et par voie de conséquence celui de la totalité de la plantule. Les recherches menées dans ce domaine (Gay, 1992) confirment qu'à la différence des racines de riz, celles du maïs n'ont pas la capacité de se développer dans un milieu totalement dépourvu d'oxygène. A ce titre, l'apport rationnel en eau du maïs s'impose tant sur le plan agronomique, qu'économique :

agronomique en permettant au maïs de se développer normalement et d'exprimer ses potentialités.

- économique du fait de la réduction des charges de pompage supportées par les agriculteurs.

Ainsi, l'avenir de la production de maïs dans la Vallée dépendra en partie de l'efficacité des méthodes à utiliser pour

raisonner l'irrigation d'une part et d'autre part de l'existence de variétés tolérantes à ces périodes de stress hydrique

Pour ce faire, les objectifs de nos essais étaient les suivants:

1. Evaluer dans le germplasma de maïs disponible, la variabilité génétique en matière de tolérance au stress hydrique,
2. Mettre au point un test utilisable en sélection pour trier le matériel génétique.

II. METHODOLOGIE

La méthodologie adoptée pour atteindre les objectifs visés s'articule autour de trois étapes principales :

- Recherches bibliographiques,
- Conduite d'essai et exploitation des résultats d'essai.3 de 3 campagnes ,
- Manipulation au champ et au laboratoire pour l'étude de profils secs.

2.1. Bibliographie

La recherche de références sur le sujet s'est faite auprès des documentations suivantes : ISRA (CRA de Saint-Louis, CNRA de Bamby), OMVS, SAED, ENSA, IRA/Saint-Louis, contacts avec certains chercheurs impliqués.

2.2. Conduite d'essais

En regard aux objectifs de l'étude nous avons choisi d'utiliser les interactions génotype x milieu, à l'aide d'un dispositif d'irrigation différentielle, pour observer le comportement des variétés vis-à-vis d'une contrainte précise : l'alimentation en eau limitante .

2.2.1. Principe de l'irrigation différentielle

Grâce à un dispositif d'aspersion par sprinklers (Line source system), un gradient d'eau est apporté sur différentes placettes d'un même rang. Chaque rang de 10 m est découpé en 4 placettes recevant chacune des quantités d'eau différentes. Les sprinklers espacés de 6 m sur une rampe fixe sont déplacés alternativement, en respectant la même distance, après un temps d'irrigation appelé "position". L'irrigation se fait en deux positions de durée d'arrosage égale, qui décrivent des cercles sécants et permettent d'obtenir le gradient d'eau recherché sur le rang de maïs.

2.2.2. Démarche

La démarche a été la suivante:

- Un essai préliminaire a été conduit au cours de la contre saison froide 1990/91 à Thiago sur l'ancienne ferme expérimentale de la Coopération Japonaise à 12 km de Richard-Toll. Son but était d'évaluer la faisabilité et la reproductibilité de ce type d'expérimentation.

- Deux essais d'évaluation sur une collection plus large sont conduits à Thiago et Ndiol en 1992.

- En 1993 nous avons mis en place et suivi un essai de confirmation incluant des variétés communes aux autres essais.

La saisie et l'analyse de l'ensemble de ces données dont le volume a occupé une part importante de notre stage, avait un double objectif:

- Exploiter la totalité des résultats, ce qui n'avait pas pu être fait entièrement jusque là.
- Confirmer la validité du dispositif

1.1. ASPECTS SUR LA TOLERANCE AU STRESS HYDRIQUE ET LES INTERACTIONS GENOTYPE X MILIEU

3.1. TOLERANCE AU STRESS HYDRIQUE

Dans un peuplement végétal, toutes les plantes subissent les contraintes du milieu. Ces contraintes peuvent être d'ordre thermique, photique, minérale ou hydrique pour le cas qui nous concerne.

Des anciens travaux de (Robelin, 1963 ; Boyer, 1976) et récemment de Gay (1992) le confirment en observant les migrations de la matière sèche dans la plante de maïs au cours de la phase de maturation du grain. Les expériences de Robelin sur le maïs ont montré qu'à des niveaux de déficit hydrique, on note une diminution relative de la photosynthèse, mais Boyer démontre que les translocations se poursuivent malgré cette réduction de la photosynthèse. Il met l'accent sur la contribution des réserves à la formation de la matière sèche (M.S.) du grain.

En effet, dans les semaines qui suivent la floraison, la plante accumule des réserves dans la tige et les racines. Si la plante n'est pas stressée, elle ne remobilise en fin de végétation qu'une faible partie de ses réserves qui de ce fait sont considérées comme "perdus" pour l'agriculteur. Par contre, si elle est stressée, elle va remobiliser une fraction plus importante de ses réserves et les investir dans les grains où elles vont influencer de manière positive sur les composantes de rendement. Lorsque cette remobilisation est trop importante, elle entraîne la sénescence prématurée de la plante et accroît de façon très sensible les pertes dues à la pourriture des tiges et à la verse en fin de végétation.

Sur la base de ces considérations, il convient donc de relativiser la notion de stress, car pour le maïs le stress est, dans certains cas nécessaire à condition de savoir doser son niveau.

3 2 INTERACTIONS GENOTYPES X MILIEU

La connaissance des interactions génotypes x milieu constitue un outil indispensable pour le sélectionneur et ceci pour diverses raisons:

- Le sélectionneur a besoin de se faire une idée sur le comportement du produit qu'il entend mettre au point, dans les milieux auxquels ce dernier est destiné.

- Il est aussi important pour lui de connaître la présence d'effets génotype x milieu afin de décider s'il doit produire des variétés à grande aire d'adaptation ou limitées à un milieu donné.

- Enfin, le sélectionneur doit avoir une idée globale de la morpho-physiologie des variétés qu'il essaie de produire et des chances génétiques de l'atteindre.

DEFINITION : En termes d'amélioration des plantes et de création variétale, une interaction génotype x milieu ou génotype x environnement intervient lorsque deux ou plusieurs génotypes réagissent différemment entre lieux la même année ou entre différentes années.

Ce fait est signalé par l'analyse de la variance ou par une analyse de régression des génotypes en fonction des environnements.

Cette approche avait d'abord été suggérée par YATES et COCHERAN (1938) et a été utilisée en amélioration de l'orge par FINLAY et WILKINSON (1963). Ces derniers cherchaient à mesurer l'adaptation (mesurée par la moyenne des variétés) et la stabilité (mesurée par la pente de la régression) de comme indices de sélection de variétés étrangères, qui devaient éventuellement être utilisées comme parents.

Enfin, l'analyse statistique des interactions génotypes

l'agriculture a été revue par Westcott (1986), Blum (1988) et Baker (1988) pour étudier la performance et l'adaptabilité de variétés de céréales à différents environnements.

Le but de cette approche, il nous est possible d'englober sous le concept d'interactions génotypes x milieu, le comportement de variétés données vis-à-vis d'une contrainte précise intervenant à différents niveaux d'intensité. Cette contrainte est constituée ici par les différents niveaux de stress appliqués, associés évidemment à d'autres paramètres difficiles à maîtriser telle la température.

Ainsi, par des essais qui couvrent un certain nombre de milieux différents, qui sont soumis à des contraintes hydriques variées et ayant forcément des écarts de rendements, on peut utiliser la moyenne des génotypes à chaque site pour représenter la performance des variétés.

Le concept d'interactions génotypes x milieu est visualisé sur la figure 5 qui montre qu'il existe trois catégories de variétés:

- celles qui sont uniformément supérieures quelles que soient les conditions de milieu;
- celles qui sont relativement meilleures dans des environnements défavorables, mais se révèlent par la suite moins performantes en conditions favorables;
- enfin, celles qui sont meilleures en conditions favorables, mais plus faibles dans un environnement défavorable.

Ces courbes traduisent les différentes réponses de génotypes possibles à travers des environnements qui diffèrent par des niveaux de stress. Des essais variétaux conduits par Baker (1988) ont montré que les cas (a) et (d) sont les plus fréquents, suivis de (b) et (c).

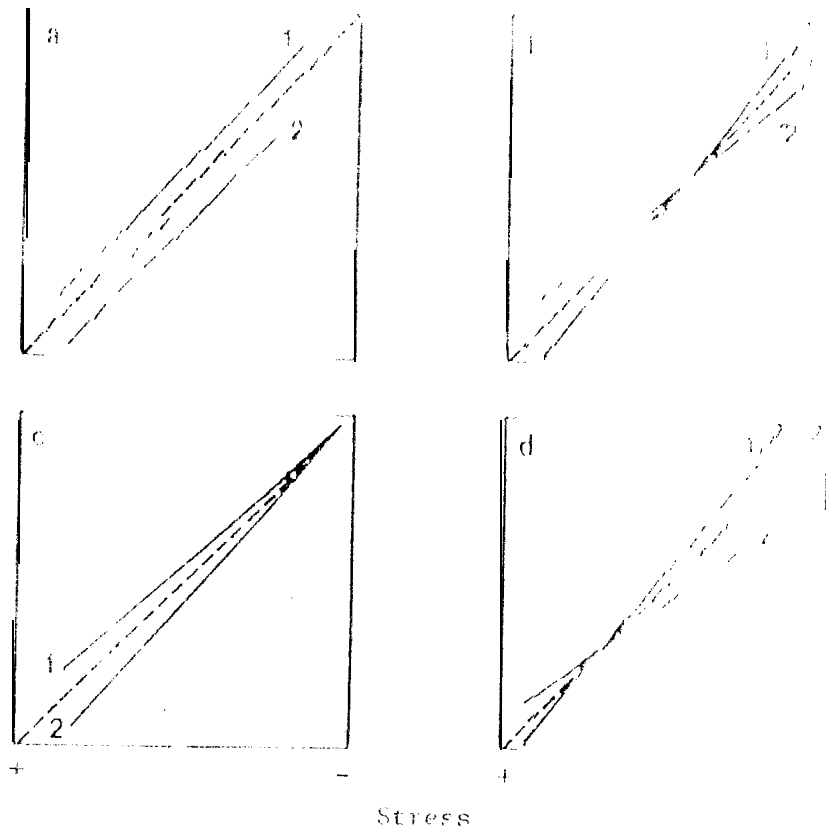


Figure 5 : Réponses de 2 variétés (1 et 2) à des environnements différents par des niveaux de stress.

Source : Edmeades, G.O. (1988)

ETUDE DES INTERACTIONS GENOTYPE X MILIEU SUR LA TOLERANCE AU STRESS HYDRIQUE

INTRODUCTION

L'effet d'un stress hydrique sur la croissance, le développement et les composantes de rendement du maïs dépend de l'intensité sur la culture. Cela donne l'importance pour le sélectionneur de savoir comment sa variété réagit lorsqu'elle est placée dans des conditions d'alimentation hydrique plus ou moins défavorable. La recherche d'une meilleure adaptation des variétés et de leur meilleure valorisation de l'eau nécessitent par conséquent une étude des interactions géotypes - milieu sur la tolérance au stress hydrique.

Nous nous sommes intéressés à étudier le phénomène par des observations et des mesures de paramètres physiologiques au champ durant tout le cycle.

1. CONDITIONS DU MILIEU D'EXPERIENCE

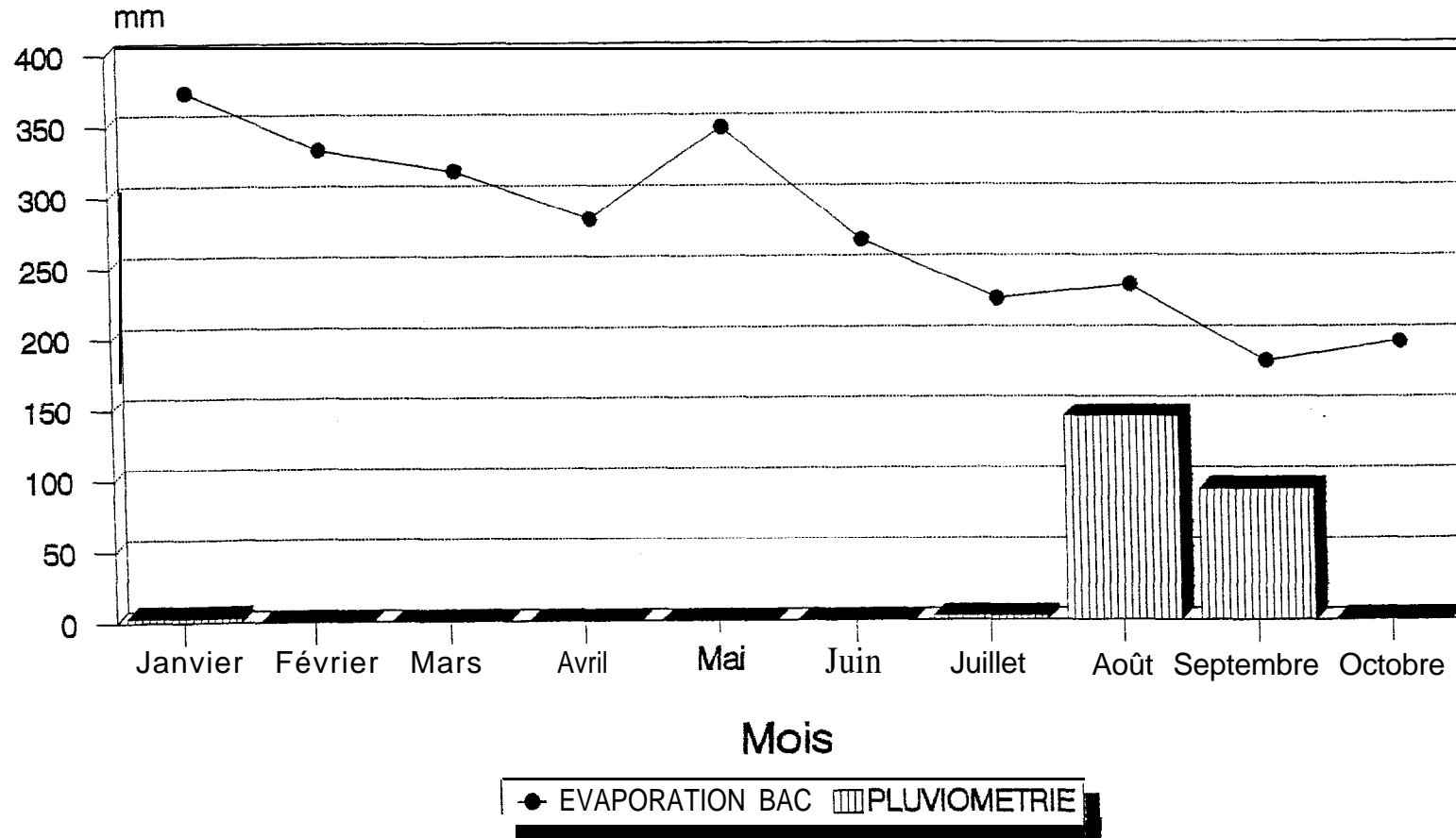
Les stations de Ndiol et de Thiago étaient choisies pour abriter les essais de 1990/91, 1991/92 et 1993 parce qu'elles représentent bien les conditions climatiques du delta.

Station de Ndiol

Le plan de la station de Ndiol est donnée en annexe 3.

Les données climatiques pour 1993 concernant les moyennes mensuelles de la température (minimum et maxima), la pluviométrie, l'intensité du vent et l'évaporation bac (EV BAC) figurent dans le tableau des relevés météorologiques en annexe 3. La variation de la pluviométrie et l'évaporation mensuelles est importante toute l'année, mais elle observe une baisse au hivernage comme le montre la figure N°6.

Fig. N° 6 : Pluviométrie et évaporation mensuelles à Ndiol (hivernage 1993)



- Les sols de Ndiol, comme la plupart des sols du diéri sont relativement pauvres en matières organiques (moins de 2%), avec cependant des différences notables entre types de sols. Tous les types de sols peuvent se rencontrer avec une prédominance des sols sableux (diéri) sur lesquels est implanté l'essai.

- L'analyse de la qualité de l'eau d'irrigation provenant du fleuve de Lampsar est faite par le Laboratoire de Fertilité des sols du Centre de Recherche de Saint-Louis et a donné la situation qui suit. L'analyse de sol n'a pas pu être fait.

CE mmhos/cm	meq/l					SAR %
	PH	Ca	Mg	Na	K	
0,87	7,2	0,23	1,19	5,04	0,17	6,0

Le taux d'adsorption du sodium (SAR) est faible, il en est de même que la conductivité électrique (0,87 mmhos). Ces résultats nous permettent de dire que cette eau a une bonne aptitude à l'irrigation.

Station de Thiago

La station de Thiago n'ayant pas fait l'objet d'essai cette année, toutes les références liées à ce lieu sont celles de Richard-Toll se trouvant dans la partie "Présentation du milieu physique".

II. MATERIELS ET METHODES

2.1. MATERIELS

Tableau N° 3 : LISTE DES VARIETES ENTRANT DANS LA
SERIE DES ESSAIS PLURIANNUELS

N°	VARIETES	ORIGINE		NATURE GENETIQUE	STRUCTURE DE CRAIE
		Organisme	Pays		
1	SYNTHETIC C	ISRA	SENEGAL	SynMétique	C
2	ACROSS 7728	CIMMYT	MEXIQUE	Composite	C
3	PIRSABAK	CIMMYT	MEXIQUE	Composite	C
4	SIDS 8445	CIMMYT	MEXIQUE	Composite	C
5	EARLY THAI	-	PHILIPPINES	Composite	C
6	MAKA SR	ISRA	SENEGAL	Composite	C
7	POOL 16 GUSAU	IITA/SAFGRAD	BURKINA-FASO	Composite	C
8	POOL 16 SEQUIA	"	"	Composite	C
9	ACROSS 101	"	"	HS	C
10	IRAT 298	IRAT	"	HC	D
11	LG 2688	LIMAGRAIN	FRANCE	HTV	D
12	DK 250	SOCKALB	"	HS	D
13	DEA	FRANCE/MAÏS	"	HS	D
14	VOLGA	"	"	HS	D
15	SIRENA	"	"	HS	D
16	PIANOSA	"	"	HS	D
17	SABRINA	"	"	HS	D
18	FURIO	CIBA-GEIGY	"	HS	D

- HC = Hybride Complexe
HTV = Hybride Trois Voies
HS = Hybride Simple
C = Corné
D = Dent

2.1.1. MATERIEL D'IRRIGATION

- Un dispositif d'irrigation différentielle comportant 7 sprinklers espacés de 6 m sur la rampe, avec une portée d'arrosage de 12 m. Celui de Thiago comportait 16 sprinklers eu égard à la forme du terrain.

- 96 pluviomètres représentés par des gobelets maintenus sur un support métallique sont répartis dans la parcelle suivant un maillage schématisé par le plan de répartition en annexe 4 . L'essai de Thiago en comptait 120.

2.1.2. MATERIEL GENETIQUE

Les variétés présentes dans la série d'essais pluriannuels et leurs caractéristiques sont données dans le tableau N°3 de la page précédente.

a) Essai Thiago 1990/91

Comme essai préliminaire au thème d'étude, cet essai comportait 6 génotypes. Il s'agit de :

- 3 composites : Synthetic c, Early Thaï, Across 7728
- 1 hybride tropical : IRAT 298
- 2 hybrides tempérés : Déa, Siréna

b) Essai Thiago 1991/92

L'essai de Thiago comportait 18 génotypes dont 12 en plus de ceux de 1990/91. Il s'agit de :

- 8 composites : Synthetic c, Early Thaï, Pool16 Gassao
Pool16 Séquia, Maka SR, Pirsabak 8549,
Sids 8445
- 2 hybrides tropicaux : IRAT 298, (Across B131 x JFS) x L.
Ragtini
- 8 hybrides tempérés : Déa, Siréna, Volga, LG 2588,
Pianosa, DK 250, Furio, Sabrina

c) Essai Ndiol 1991/92

Cet essai comportait le même matériel génétique que celui de

lliago 91/92. Il ne sera pas exploité parce que n'ayant pas donné satisfaction, les résultats étaient très hétérogènes et incomplets pour deux raisons:

- Par manque d'emplacement adéquat, il a été implanté sur un terrain vierge, non cultivé depuis plusieurs années dont la situation n'était pas maîtrisée.

- La conduite de l'irrigation a été perturbée tout au long du cycle par insuffisance de pressions au niveau de la tuyauterie dont le circuit était défectueux.

d) Essai Ndiol 1993

L'essai est constitué de quatorze entrées du même matériel génétique de 92 dont :

5 composites : Synthetic c, pool16 Gussao, Early Thai, Maka SR, Pirsabak 8549

1 hybride tropical : IRAT 298

8 hybrides tempérés : Dea, Siréna, Volga, IG 2688, Pianosa, DK 250, Furio, Sabrina

2.2. METHODES D'ETUDE

2.2.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental est du type Split-Plot à 4 répétitions dont la parcelle principale est la variété et la parcelle secondaire la quantité d'eau apportée. En ce qui concerne l'essai de Ndiol, les sous blocs de 10 m de long, sont découpés en 4 parcelles élémentaires de 3 rangs de 2,5 m chacune. Sur chaque parcelle, la ligne centrale constitue la parcelle utile. La répartition des objets s'est faite de manière complètement aléatoire au sein de chaque bloc. (cf. plan de l'essai).

L'irrigation se fait 2 fois par semaine, la quantité d'eau à apporter est déterminée à partir du traitement "satisfaction des besoins" en eau et des ETP observés à la station météc de Ndiol.

La densité de peuplement est de 62 500 plants/ha aux écartements de 0,80 m entre les rangs et 0,20 m sur le rang. Ainsi chaque rang compte 51 poquets.

Le semis a lieu le 29 juillet en hivernage, après un offsetage suivi d'un léger hersage. Il est réalisé sur précédent cultural maïs à raison de 2 graines/poquet, suivi d'un démariage à 1 plant/poquet. A la levée nous avons constaté quelques manquants dans les poquets, ce qui a conduit à un ressemis au 6e jour après semis.

Un épandage d'engrais est effectué à la dose de : 300 kg/ha de 8-18-27, 60 kg/ha de 18-46-0 et 300 kg/ha d'urée à 46% en apport fractionné (27^e jour, à la montaison et à la floraison), ce qui correspond à N = 160, P₂O₅ = 80, K₂O = 80. Cette dose identique pour tous les traitements a été calculée et appliquée de manière à ne pas être limitante.

Un seul sarclage manuel est réalisé au 44^e jour après le semis, grâce à l'application d'herbicide au Lasso GD en pré-levée, à la dose de 4l/ha.

Une application de Furadan contre les insectes du sol, termites particulièrement, est effectuée à la dose de 30 kg/ha en plein champ. Un traitement insecticide a été effectué au 42^e jour après le semis contre les larves de Sesamia calamistis; responsables des coeurs morts; avec du Delthamétrine à la dose de 5 cc de produit pour 10 l d'eau, soit 150 cc à l'hectare.

NB: L'essai a été semé en hivernage contrairement aux essais de 1991 et 1992 réalisés en contre saison froide. L'idéal aurait été de mettre en place ce genre d'essai en contre saison froide pour ne pas subir la "contrainte" pluviométrique et assurer un contrôle plus rigoureux des apports d'eau. Par ailleurs, compte tenu de la période de notre stage, il était prévu de semer l'essai le 15 Mai. Cela aurait permis de gagner un minimum de deux mois avant la saison des pluies et permettre à la culture de boucler les 3/4 du cycle. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce retard d'installation de l'essai:

- Difficulté financière dans un premier temps;
- Retard de mise en place des intrants (engrais et pesticides) en second lieu;
- Enfin modification du réseau d'irrigation pour amener l'eau à la parcelle.

2.2.2. OBSERVATIONS REALISEES

Les observations effectuées tout le long du cycle portaient sur:

a) Notations phénologiques

- Les dates de semis et de levée sont notées. Celles de l'épiaison mâle, de la floraison mâle et femelle sont observées tous les 2 jours, ainsi que le nombre de pieds ayant épié ou fleuri.

- Les dates d'irrigation et des quantités d'eau apportées sont notées à chaque irrigation ainsi que la direction du vent.

- Le rythme d'apparition des feuilles est observé par le comptage du nombre de feuilles tous les 2 jours et ceci dans le but d'évaluer la vitesse de mise en place des appareils foliaires.

b) Mensurations

- Les mesures de surfaces foliaires (longueur, largeur) de chaque plante se font après la mise en place définitive de ces dernières. Elles permettent de déterminer le taux de couverture du sol par le calcul de l'indice foliaire (IF).

- Les mensurations des hauteurs des plantes (HP) et hauteur de l'insertion de l'épi (HE) sont effectuées.

c) Les pesées à la récolte

- La pesée du poids de la matière sèche (MS) aérienne est effectuée à partir de prélèvement d'échantillons de matière verte et séchage à l'étuve.

- Les composantes de rendement sont mesurées à la récolte. Il s'agit : du nombre de rangs par épi (NRG/E), du nombre de grains par rang (NG/RG), du nombre total de grains par épi (NTG/E), du poids total de grains par placette (PTG), de l'humidité à la récolte et à la pesée (H%) à l'aide d'un humidimètre électronique, et enfin du poids de 1000 grain (P1000G).

- Le rendement en grains est estimé à partir des composante de rendement et à un taux d'humidité ramené à 15 %

2.2.3. LES DONNEES

Toutes les données mesurées et les notations sont réalisées par parcelle élémentaire. Le traitement statistique de l'ensemble des essais est fait avec le logiciel STATITCF. Le calcul des irrigations cumulées et de l'indice foliaire a été possible grâce au logiciel SUPER CALC 5.

III. RESULTATS EXPERIMENTAUX

3.1. ESTIMATION DES BESOINS EN EAU ET QUANTITES D'EAU APORTEES

3.1.1. ESSAI DE NDIOL

3.1.1.1. BESOINS EN EAU

La consommation hydrique des plantes a fait l'objet de beaucoup de recherches, notamment à Bambey par C.Dancette (1983,1984) où la plupart des besoins en eau ont été obtenus. Cependant, les besoins en eau d'une culture donnée varient suivant le lieu et les conditions climatiques. Pour déterminer la satisfaction des besoins hydriques de la plante, des expérimentations ont été réalisées sur l'évaporation maximale (ETM) et l'évaporation réelle (ETR) en conditions réelles. Ainsi, la réalisation de ce type d'étude utilisant l'ETR dans un autre site comme Ndiol paraît intéressant et nous renseigne sur le taux de satisfaction des besoins en eau du maïs dans les conditions de l'essai.

Nous avons estimé les besoins en eau théoriques du maïs dans les conditions de la station de Ndiol avant le démarrage de l'essai, dans le but de guider l'irrigation. Ensuite nous avons calculé les besoins en eau réels du semis. à la récolte à partir de l' E_v Bac de l'année en cours.

Les besoins en eau sont **caractérisés** par des coefficients culturaux **K'** correspondant aux différents états de développement et se rapportant à l'évaporation potentielle d'un bac normalisé de classe A (Dancette, 1983) :

$$E.T.M_i = K' \times E_v \text{ Bac}(\hat{i}) \text{ pour la période } i$$

A partir des données des évaporations Bac mesurées à Ndiol sur une longue période dénommée AF80³, les besoins théoriques et les besoins réels sont calculés et présentés dans les tableaux 4;5

³Seuil de non dépassement des valeurs de l' E_v Bac sur 80% des années.

3.1.1.2. QUANTITES D'EAU APPORTEES

Le calendrier d'irrigation a été fortement perturbé par les pluies, Ainsi, les Irrigations ont été considérées comme apports de complément à la demande. Les moyennes des quantités d'eau apportées durant tout le cycle (irrigations + pluies) figurent dans le tableau 6. La répartition de ces apports suivant Les phases semis - floraison; semis - maturité et en fonction de la distance de la rampe d'irrigation pour les variétés Déa et Early Thaï figurent dans le tableau 7, la plus précoce et la plus tardive respectivement. Le plus important de la quantité d'eau apportées l'a été du semis à la floraison.

La figure N°7 donne une représentation de l'irrigation différentielle à Ndiol.

3.1.2. ESSAI DE THIAGO 90/91

L'essai de Thiago a lieu en contre saison froide.. Ainsi tous les apports d'eau concernent essentiellement l'irrigation. Les besoins en eau n'ont pas été estimés avant l'essai à Thiago. Les quantités d'eau apportées et le schéma de l'irrigation différentielle sont donnés par le tableau N°8 et la figure N°8

3.1.3. CONTROLE DE L'IRRIGATION PAR LE BILAN HYDRIQUE

Ce travail a été réalisé à Ndiol. Le but de cette manipulation est de parvenir à évaluer la consommation globale et le taux de satisfaction des besoins en eau à partir du calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) en conditions réelles ,

$$E.T.R = \sum \text{des apports (pluies + irrigations)} - \Delta S$$

avec OS = stock d'eau à une période donnée.

La manipulation a débuté à partir d'un prélèvement de profil sec ou profil 0 considéré comme profil de base avant tout apport. Ensuite, 3 prélèvements de sol sont effectués à 3 dates

différentes : début cycle (le 6/08/93); mi--cycle (le 21/09/93) et fin de cycle (le 2/10/93).

A chaque date, les prélèvements ont lieu sur trois positions

Position 1 : sur la placette 1

Position 2 : sur la placette 3

Position 3 : sur la placette 4

Après chaque prélèvement, les échantillons humides sont pesés au laboratoire et passés, à l'étuve à 110°C pendant 48 heures pour l'estimation de l'humidité. L'humidité pondérale est ainsi déterminée! puis transformée en humidité volumique.

Les humidités volumiques peuvent être traduites en stocks d'eau en mm, sachant qu'un apport d'humidité volumique sur une tranche de sol de 10 cm correspond à 1 mm d'eau.

Les tableaux relatifs aux résultats des prélèvements réalisés dans l'essai de Ndiol sont consignés en annexe 5 et les courbes de profil sont représentés par les figures 9a,b,c des pages 70,71,72

L'exploitation des résultats a donné le bilan hydrique du tableau 9.

Tableau: 9 Bilan hydrique de l'irrigation différentielle à Ndiol sur la période du 28/07 au 2/10 (67jours), pour une récolte du maïs du 3/11 (100jours).

POSITION	23/7 - 6/8			6/8 - 21/9			21/9 - 2/10			TOTALS			ETR ETM
	P	I	ETR mm/j	P	I	ETR mm/j	P	I	ETR mm/j	P	I	ETR mm/j	
1	7,3	104	69 (6.9)	136.1	55.8	181.6 (3.9)	46.5	16.9	84.8 (7.1)	239.9	176.7	335.4 (4.9)	1,09
2	7,3	80.5	53.8 (5.4)	136.1	32.7	197.3 (4.3)	46.5	8.8	44.9 (3.7)	239.9	122.0	296.0 (4.4)	0,96
3	7,3	58.5	21.7 (2.2)	136.1	12.7	175.1 (3.8)	46.5	3.0	51.9 (4.6)	239.9	74.2	258.7 (3.8)	0,84

P = pluies

I = irrigations

Tableau 6 : MOYENNES DES APPORTS (IRRIGATIONS + PLUIES)
DURANT TOUT LE CYCLE A NDIOL EN mm

PLACETTES	IRRIGATIONS	PLUIES	TOTAL
P ₄	264	241	505
P ₃	224	241	465
P ₂	170	241	411
P ₁	89	241	330

Tableau 7 : REPARTITION DES APPORTS CUMULES (IRRIGATIONS +
PLUIES) SEMIS-FLORAISON ET SEMIS-MATURITE (NDIOL
93) EN mm

Distance de la rampe d'irrigation	Dea		Landy Ma		
	Placettes	Semis- Floraison	Semis- Maturité	Semis- Floraison	Semis- Maturité
8,5 m	P ₄	254	321	298	376
6 m	P ₃	280	383	300	376
4,5 m	P ₂	307	425	328	404
3 m	P ₁	321	455	347	419
- 1 m	P ₁	308	444	334	409
- 3,5 m	P ₂	287	415	311	386
- 6 m	P ₃	255	364	279	344
- 8,5 m	P ₄	227	311	234	308

Fig.N 7: IRRIGATION DIFFERENTIELLE
de l'eau apportée en mm en fonction de
la distance de la rampe d'irrigation

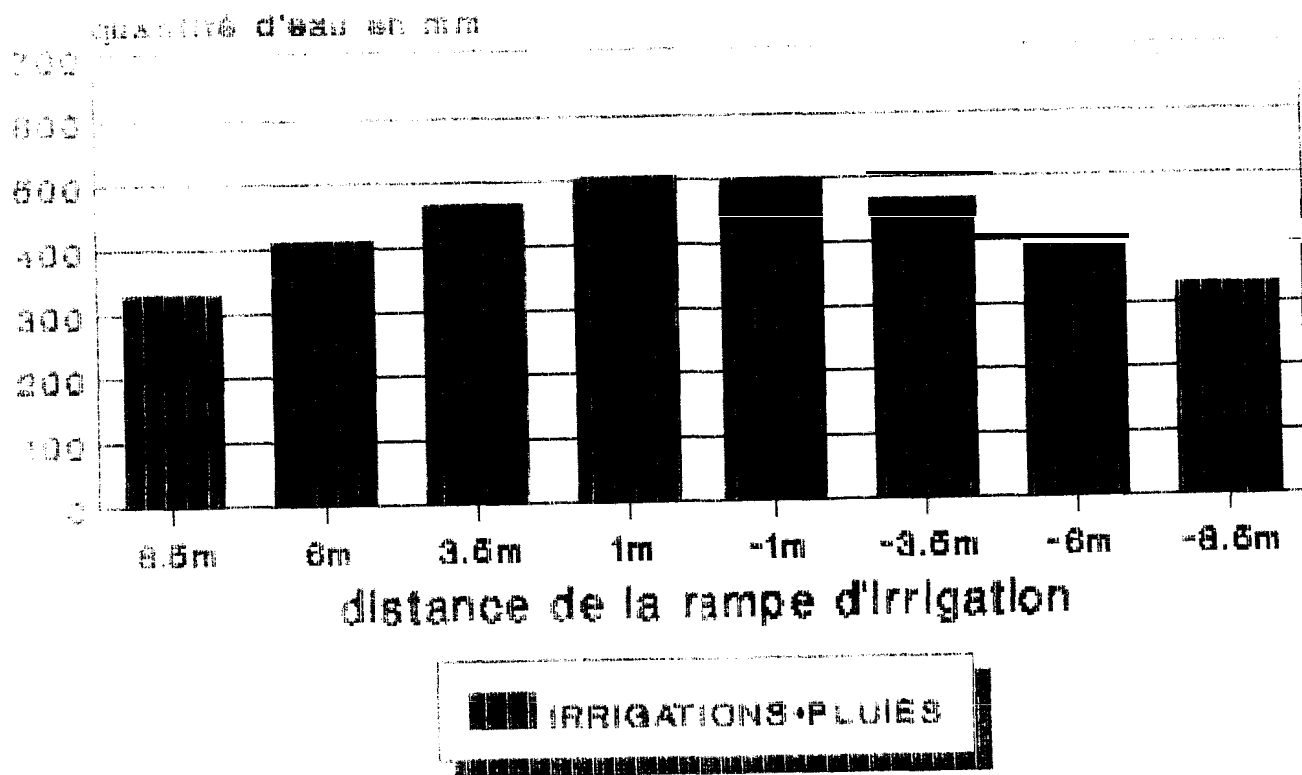


Tableau N° 8 : Moyennes des irrigations en litrage (1975)

MOYENNES DES IRRIGATIONS CUMULEES
APPORTEES DU SEMIS A LA FLORAISON

distance de la ranpe en m	DEA 22 jan	SIRENA 5 fev	EARLY F 15 fev	IRAT 298 17 fev	SYNTH. C 18 fev	ACROSS 21 fev
14m	86	86	87	87	87	87
11m	125	133	157	157	157	159
8m	175	194	236	236	236	243
5m	245	275	330	330	330	342
2m	266	306	402	402	402	422
-1m	240	279	351	351	351	367
-4m	206	234	282	282	282	291
-7m	141	161	197	197	197	205
-10m	105	118	141	141	141	145
-13m	78	81	83	83	83	83

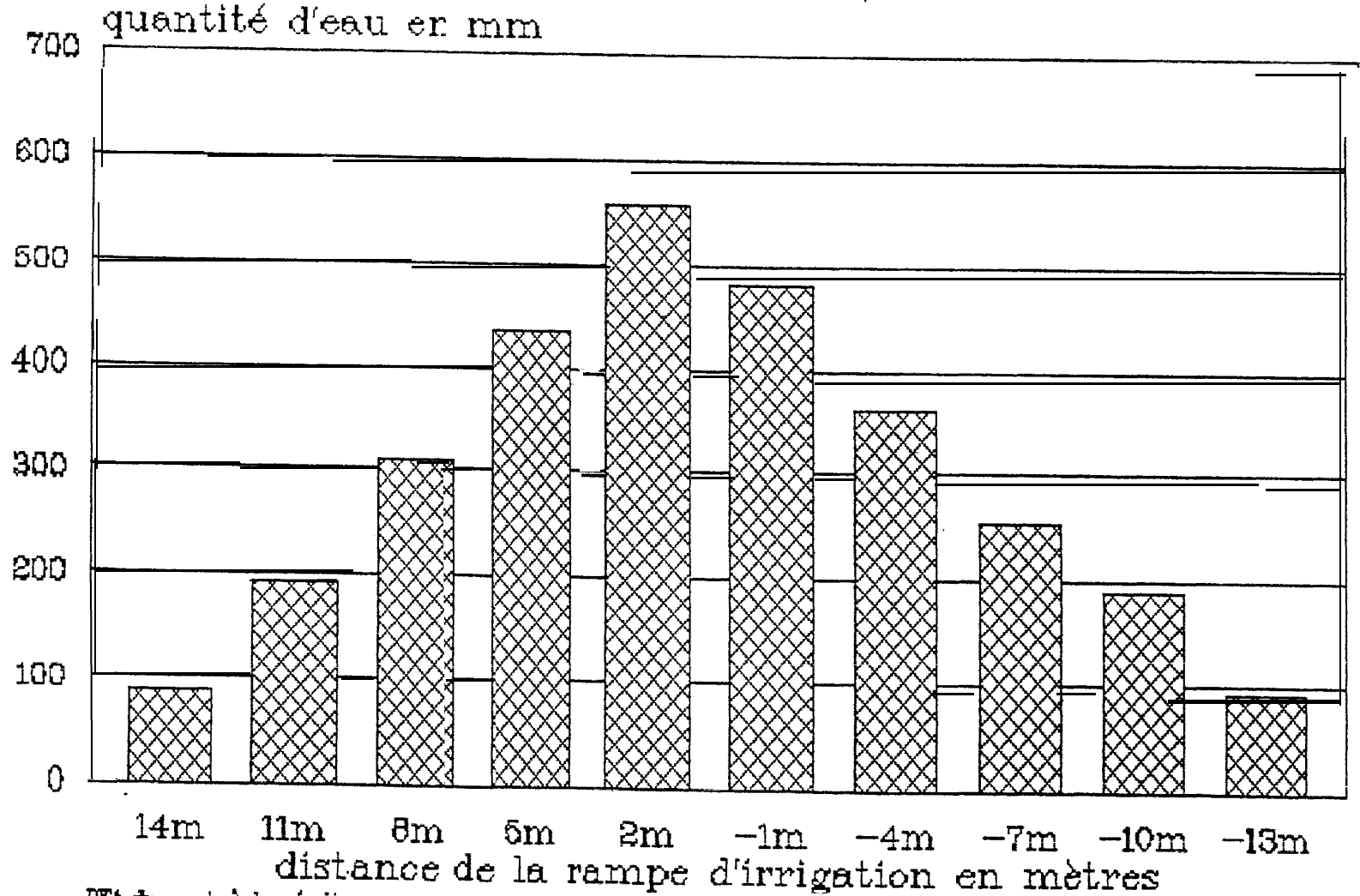
MOYENNE DES IRRIGATION APPORTEES
DU SEMIS A LA RECOLTE

distance de ranpe en m	DEA 20 mars	SIRENA 6 avril	EARLY F 6 avril	IRAT 298 6 avril	SYNTH. C 6 avril	ACROSS 6 avril
14m	87	87	87	87	87	87
11m	193	204	204	204	204	204
8m	310	341	341	341	341	341
5m	435	482	482	482	482	482
2m	556	626	626	626	626	626
-1m	483	543	543	543	543	543
-4m	362	398	398	398	398	398
-7m	256	281	281	281	281	281
-10m	188	206	206	206	206	206
-13m	91	95	95	95	95	95

Fig. N° 8 :

IRRIGATION DIFFERENTIELLE

quantité d'eau apportée, en mm, en fonction
de la distance de la rampe d'irrigation (THIAGO 90/91)



DEA de l'Université de la Réunion
Thèse de l'année scolaire 90/91

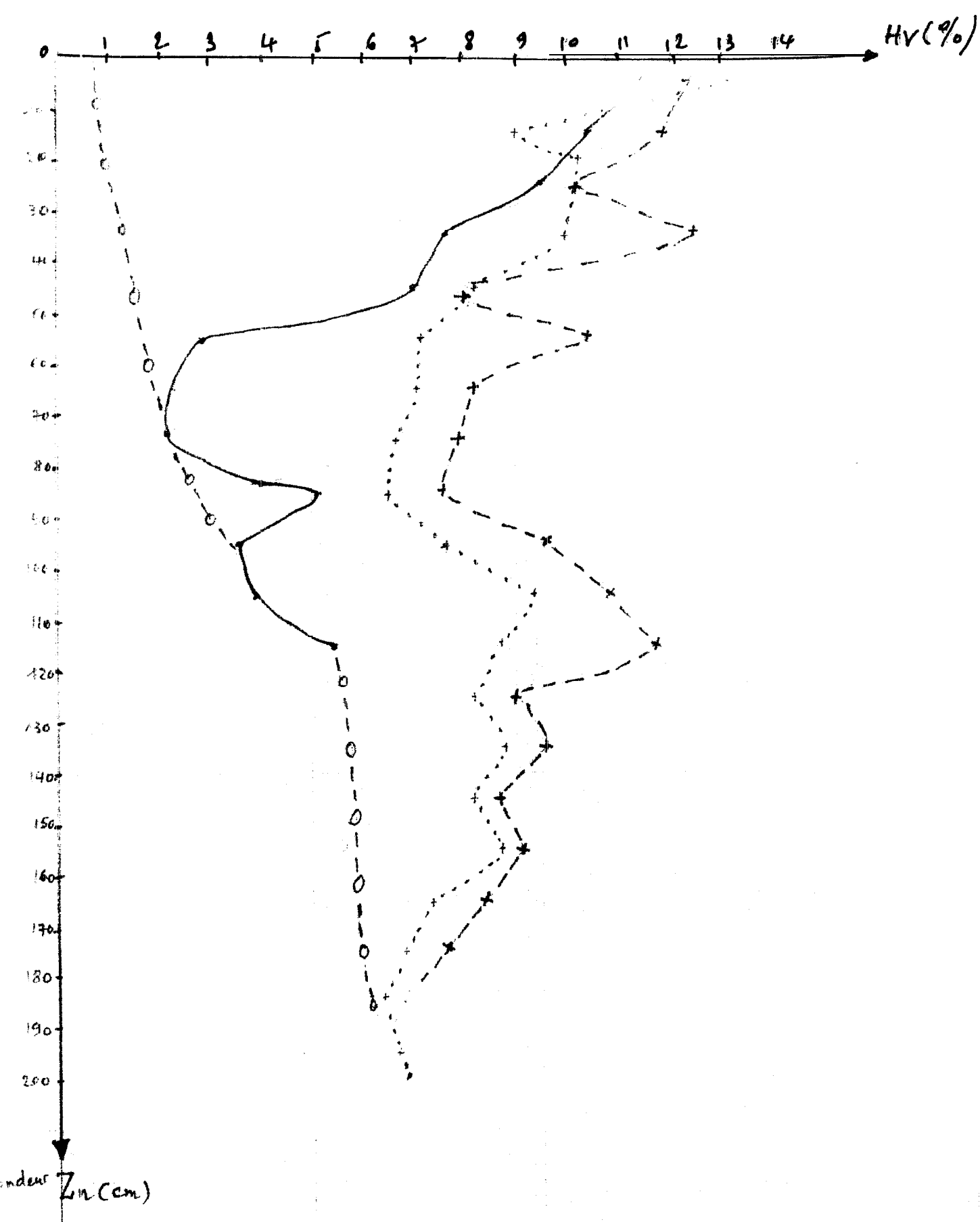


FIG. 9a : PROFILS HYDRÏQUES (Position 1)

- - - o - - - Profil Sec initial
 ——— 1^{er} Profil / Prélèvement du 6/08/93
 - - - x - - - 2^e Profil / Prélèvement du 31/09/93
 3^e Profil / Prélèvement du 2/10/93

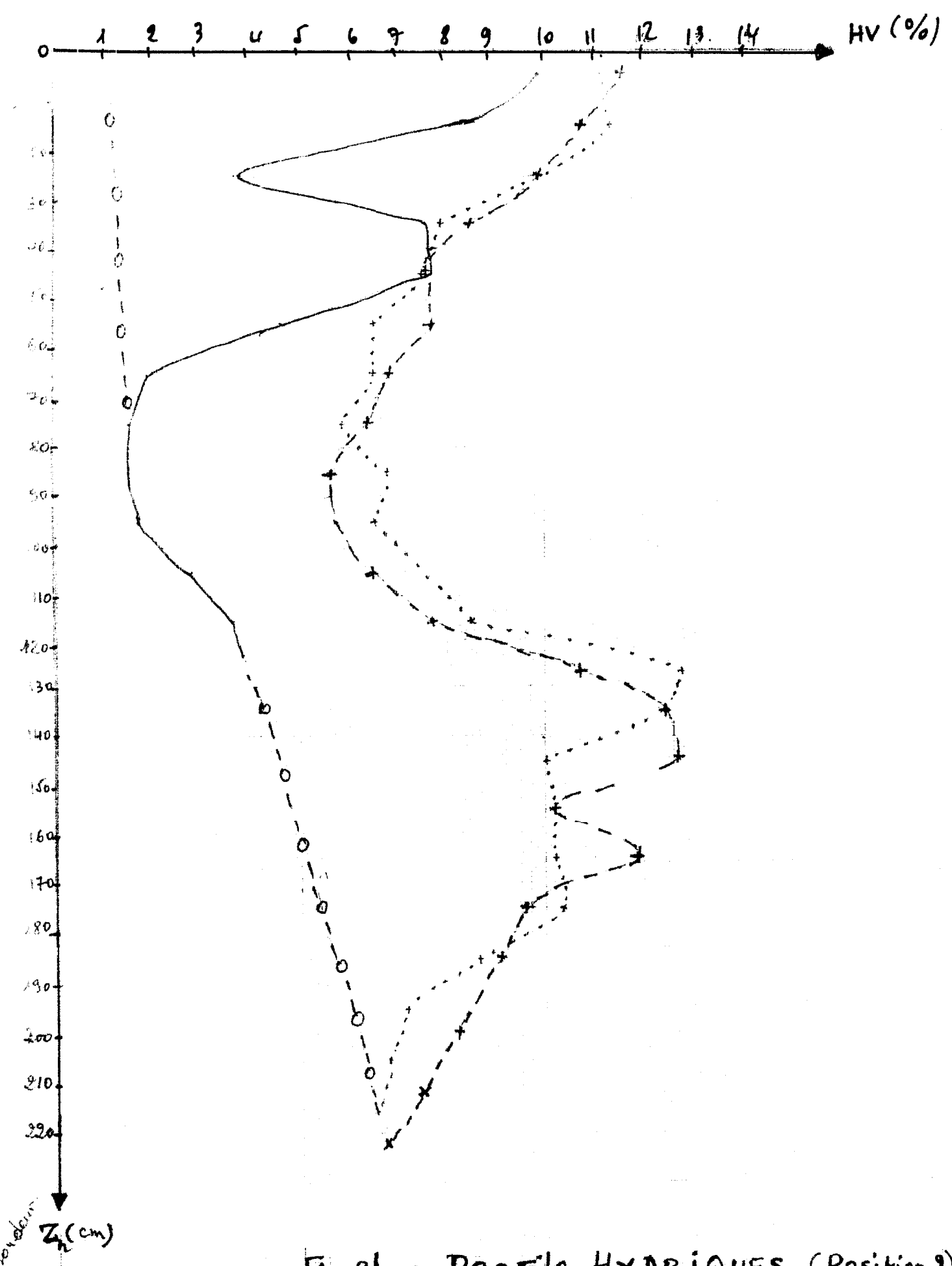


Fig 9b : PROFILS HYDRIQUES (Position 2)

---o---o--- Profil See initial
 _____ 1^{er} profil / Prélèvement du 6/08/93
 ---x---x--- 2^{er} profil / Prélèvement du 21/09/93
 _____ 3^{er} Profil / Prélèvement du 2/10/93

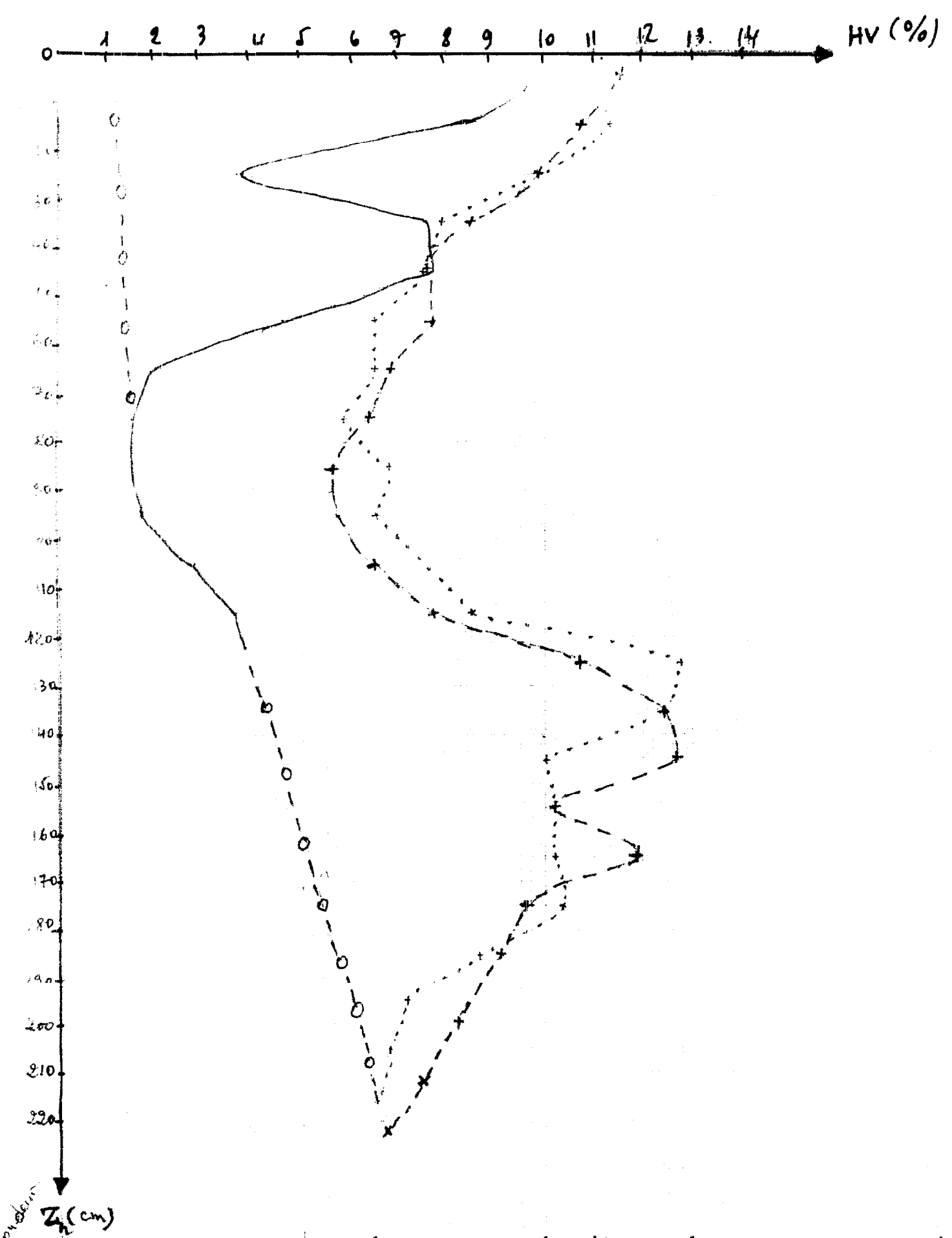


Fig. 9b : PROFILS HYDRIQUES (Position 2)

- o---o--- Profil Sec initial
- 1^{er} profil / prélèvement du 6/08/93
- x-x- 2^{er} profil / Prélèvement du 21/09/93
- 3^{er} Profil / Prélèvement du 2/10/93

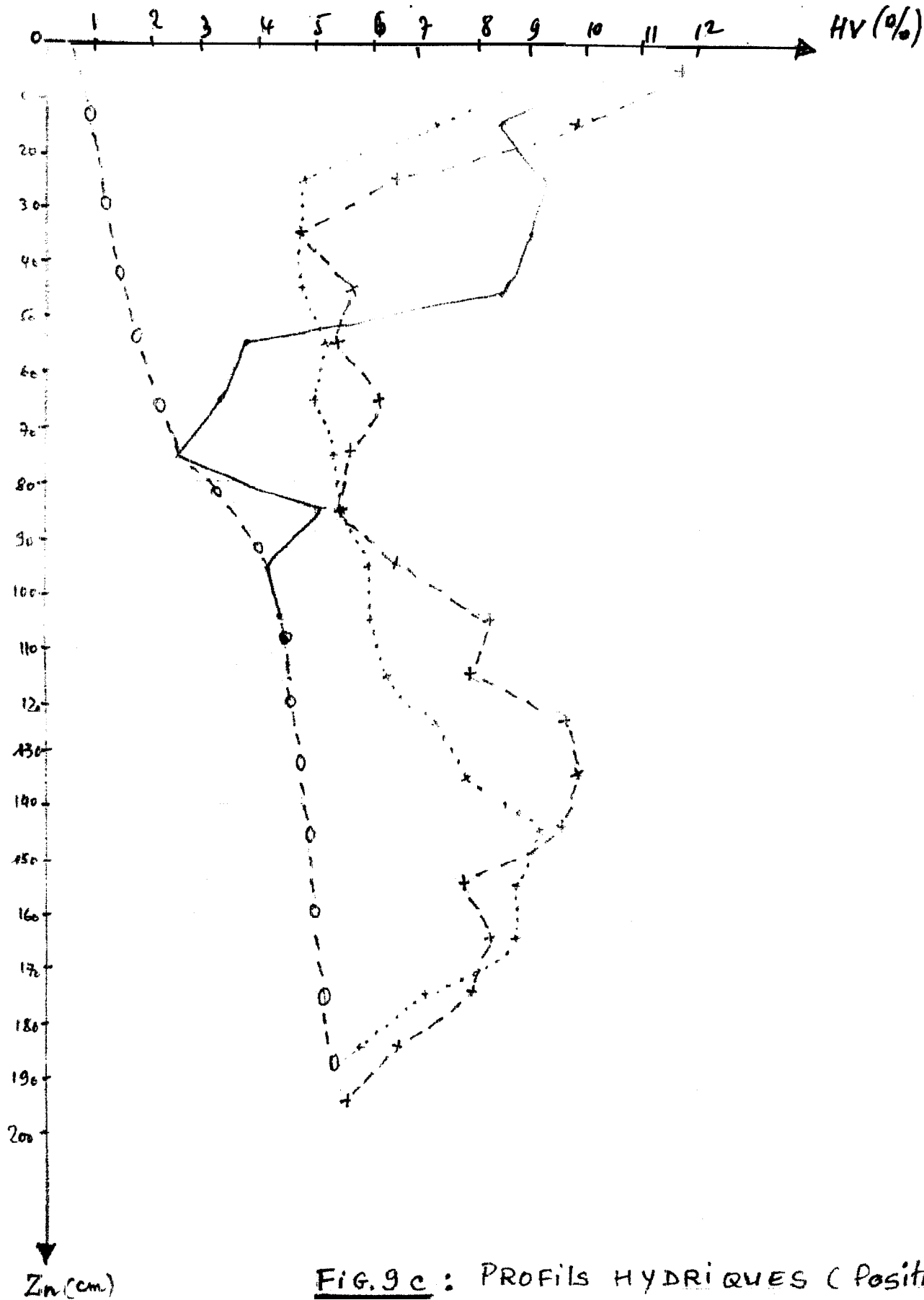


FIG. 9c : PROFILS HYDRIQUES (Position 3)

- - o - - o - - Profil sea initial
 ———— 1^{er} profil / Prélèvement du 6/08/93
 - - x - - x - - 2^e profil / Prélèvement du 21/09/93
 3^e profil / Prélèvement du 2/10/93

3.2. ETUDE DU RYTHME D'APPARITION FOLIAIRE (RAF)

Les résultats de l'essai de Thiago 90/91 relatifs au comptage du nombre de feuilles visibles tous les 2 jours sont **présentés** dans le tableau 10 de la page suivante. Le comptage débute au **stade** 3-4 feuilles et se poursuit **jusqu'à** la fin de l'émission des feuilles., Il est effectué sur 10 plantes par répétition, soit 40 plantes par **génotype**.

Les données du comptage ont permis de faire l'**analyse** du rythme d'apparition des feuilles par la **régression** linéaire présentée au tableau 11.

Tableau 11 : Analyse du RAF par la régression linéaire

Génotypes	Pente a	Coefficient de détermination r^2	Interception b
Across 7728	0,2726	0,9869	- 0,0342
Déa	0,2626	0,9756	0,7114
Siréna	0,2652	0,9971	0,4642
Easly Thaï	0,2692	0,9970	0,1406
IRAT 298	0,2709	0,9949	- 0,2221
Synthétic c	0,2676	0,9925	0,4715

Le Coefficient de régression (a) et l'interception (b) de la droite permettent de déterminer la vitesse d'apparition des feuilles de chaque génotype en fonction du temps par l'équation de la régression :

$$Y = a X + b$$

avec Y = Nombre de feuilles visibles

X = Nombre de jours après semis (JAS)

Tableau 10 Nombre de feuilles visibles des variétés en fonction du nombre de jours après semis (JAS

JAS	EARLY THAI	SIRENA	IRAT 298	ACROSS 7728	SYNTHETIC C	DE
12	3.55	3.95	3.45	3.43	3.58	4.03
14	4.00	4.43	3.78	3.85	3.93	4.63
17	4.60	4.98	4.30	4.40	4.45	5.03
19	5.18	5.63	4.78	5.00	5.23	5.53
21	5.60	6.03	5.25	5.28	5.60	5.93
24	6.18	6.48	5.75	5.88	6.08	6.43
26	6.70	7.20	6.20	6.58	6.73	7.03
28	7.35	7.75	6.68	7.05	7.38	7.63
33	9.23	9.53	8.65	9.23	9.58	10.08
35	9.35	9.58	9.08	9.23	9.83	10.28
38	10.18	10.05	9.75	10.03	10.90	11.18
40	11.45	10.95	10.60	10.85	11.78	11.75
42	11.68	11.90	11.28	11.45	12.48	12.48
45	12.38	12.83	12.45	12.60	13.35	12.65
47	13.25	13.73	13.35	13.40	14.08	12.85
52	14.38	14.95	14.53	14.83	14.78	13.20
54	15.03	15.28	14.80	15.23	15.13	
56	15.90	15.80	15.50	15.93	15.63	
59	16.30	16.35	16.30	16.50	16.33	
61	16.58	16.58	16.73	17.05	16.68	
63	17.35	17.25	17.25	17.85	17.30	
66	17.85	17.48	17.90	18.63	17.58	
69	18.20		18.23	19.15	18.08	
73	18.73		18.70	19.68	18.40	
76			18.93	19.93		
82				20.05		

Les tableaux 12 et 13 qui suivent présentent l'analyse de la variance du rythme d'apparition foliaire et permettent la comparaison des génotypes entre eux par le test de Newman-Keuls. Il convient de préciser que ce travail n'a pas été effectué par placette, cependant il permet de classer grossièrement les génotypes pour leur nombre total de feuilles; la rapidité d'émission complète des feuilles avant la floraison étant une caractéristique de la précocité.

Tableaux 12 et 13 : Analyse de la variance du RAF

Source de variation	DDL	variance	F	Prob.	E.T.	C.V.
Blocs	3	0,00	2,47	0,9544 NS		
Génotypes	5	0,00	0,20	0,1006 NS		
Résiduelle	15	0,00			0,02	10,1%

Génotypes	Moyennes du RAF
Across 7728	0,2726 a
DEA	0,2626 a
Siréna	0,2652 a
Early Thaï	0,2692 a
IRAT 298	0,2709 a
Synthétique	0,2676 a

L'analyse de la variance ne montre pas de différence significative entre les génotypes selon le rythme d'apparition foliaire au seuil de probabilité 5%

Les régressions effectuées pour toutes les variétés, entre le nombre final de feuilles et la durée d'émission des feuilles en nombre de jours après semis, donnent une représentation des courbes du rythme d'apparition des feuilles (figure N°10).

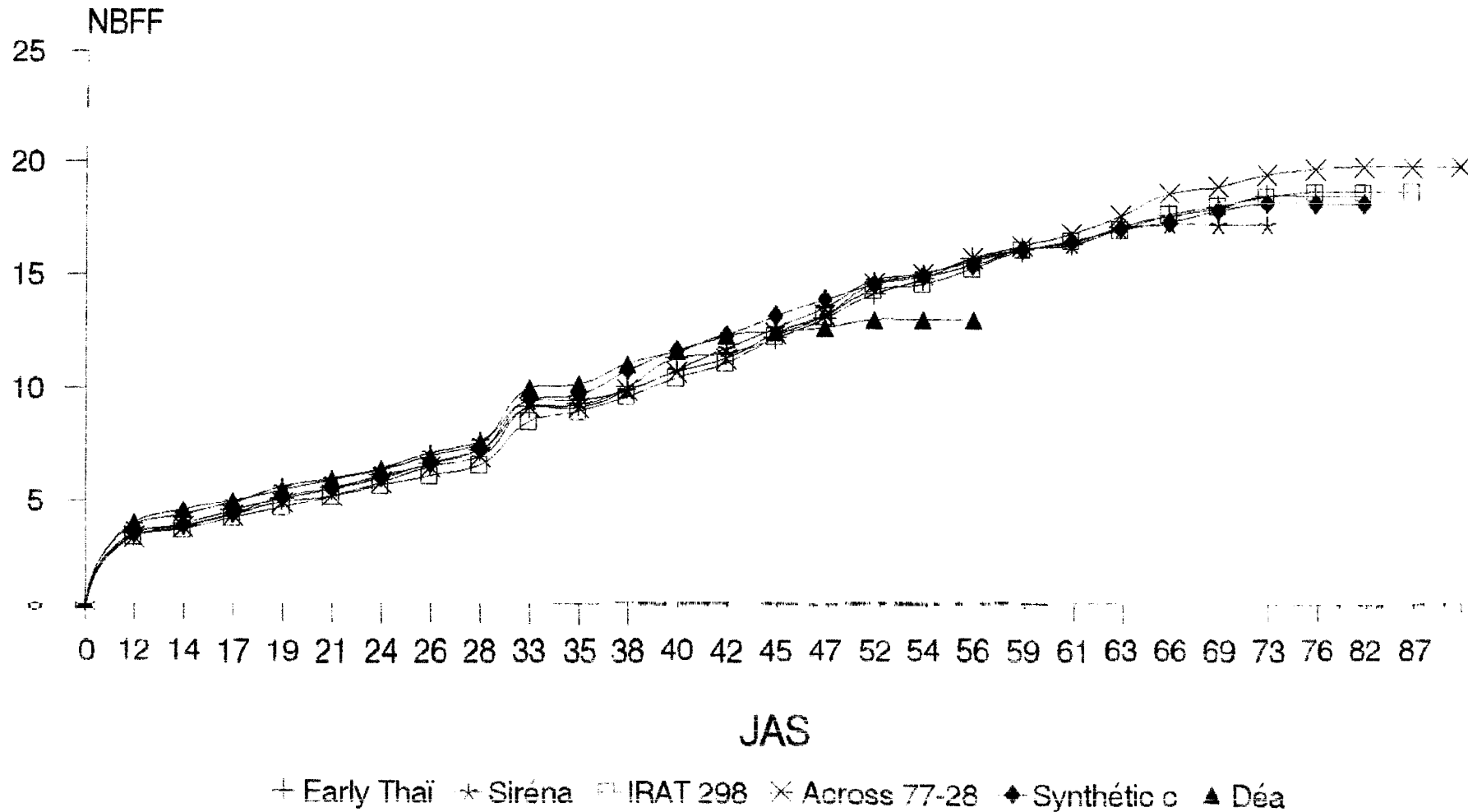
A Ndiol., comme à Thiago, le rythme d'apparition foliaire a été observé. Les résultats de l'analyse de la variance effectuée avec les données expérimentales (Tableau N°14) mettent en évidence un effet du génotype très hautement significatif avec un seuil de rejet de 5%. Par contre l'effet du traitement secondaire (l'eau) n'est pas significatif. La comparaison des moyennes du nombre total des feuilles par le test de Newman Keuls (tableau 15) montre que seuls deux génotypes, Pianosa et Maka présentent une réponse à l'eau.

Tableau 14 : Rythme d'apparition foliaire (Ndiol 9.3)

Source de Variation	ddl	CM	F	Prob	
Génotypes	13	28,51	21,43	0,0000	***
Eau	3	1,04	1,54	0,2069	NS
Interaction	39	1,11	1,65	0,0206	*

	Génotypes	Interaction Génotype x Eau
Moyenne Générale	13,85	-
Coeff. de Variation	8,3%	5,9%
E.T. résiduel	1,15	0,82

Fig^{N°10} : Rythme d'apparition foliaire en fonction du temps



3.3. ETUDE DE LA FLORAISON MÂLE ET FEMELLE

Nous avons étudié la variation due du génotype et au milieu de la floraison mâle et femelle, par le comptage du nombre de jours après semis (JAS) entre la première floraison et les 50% floraison suivant trois paramètres:

- Etalement de la floraison mâle (50% des pieds émettent du pollen).
- Etalement de la floraison femelle (50% des pieds montrent des soies).
- Ecart entre les deux types de floraison (différence en NBJ)

L'analyse statistique de l'étalement de la floraison, aussi bien mâle que femelle (tableaux 16 et 17) met en évidence l'existence de différence très hautement significative entre génotypes au seuil de probabilité 5%. La moyenne du nombre de jours entre le début de la floraison et les 50 % floraison par génotype va de 2,06 à 9,75 jours.

Par contre, l'analyse présente comme non significatifs l'effet de l'eau et de celui de l'interaction. Le test F de ces deux facteurs conduit à l'acceptation de l'hypothèse d'égalité des moyennes de l'étalement de la floraison quelque soit le type de floraison et quelque soit le niveau d'eau.

Outre l'étalement de la floraison, l'écart entre les 2 types de floraison a été observé. L'analyse de la variabilité de ce caractère (tableaux 18) a révélé une différence très hautement significative au risque de première espèce 5% pour les trois niveaux (variétés, eau, interaction), malgré un coefficient de variation très élevé de l'ordre de 51,2%

Le rejet de l'hypothèse d'égalité des écarts entre les 2 types de floraison montre un effet important du génotype et des conditions du milieu sur la durée entre la floraison mâle et femelle.

Tableau 16 : Etalement de la Floraison mâle
 (Nombre de jours 1^{ère} floraison à 50% floraison)

Variétés	Nombre de jours	Groupes homogènes
Across 7728	9,75 ¹	a ¹
Early Thaï	8,94	a
IRAT 298	8,13	a
Synthétique C	8,06	a
Siréna	3,44	b
Déa	2,06	b

<u>Paramètres statistiques</u>		
	Moyenne générale	6,73
	Symétrie β_1	0,07
	Applatissement β_2	2,96
	PPas (5%)	2,56
<u>Variétés</u>	: Test F	32,38
	Probabilité de F	0,0000 * * *
	E.T. résiduel	2,23
	C.V.	33,1 %
<u>Eau</u>	: Test F	0,86
	Probabilité de F	0,4701 NS
<u>Interaction</u>	: Test F	0,66
V x E	Probabilité de F	0,8152 NS
	E.T. résiduel	2,44
	C.V.	36,3 %

* * * Très hautement significatif à 5 %

NS non significatif

(1) Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au niveau de probabilité 5 % selon la floraison mâle.

Tableau 17 : Etalement de la Floraison Femelle
 (Nombre de jours 1^{ère} floraison à 50 % floraison)

Géno types	Nombre de jours	Groupes homogènes
Across 77.28	12,13 ¹	a ¹
Early Thaï	9,75	b
Synthétique C	9,56	b
IRAT 298	8,88	b
Siréna	3,63	c
Déa	2,44	c
Paramètres statistiques		
	Moyenne générale	10,713
	Symétrie β_1	0,16
	Applat issement β_2	3,91
	PPas (5%)	3,0
Variétés	Test F	34,23
	Probabilité de F	0,0000 * * *
	E.T. résiduel	2,63
	C.V.	33,8 %
Eau	Test F	1,37
	Probabilité	0,3307 NS
Interaction	Test F	1,06
V x E	Probabilité	0,4178 NS
	E.T. résiduel	3,09
	C.V.	39,9 %

* * * Très hautement significatif à 5%

NS non significatif

(1) Les génotypes dont les moyennes sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différents au niveau de probabilité 5% selon la floraison femelle.

Tableau 18 : Ecart entre floraison mâle et floraison femelle (Différence nombre de jours)

INTERACTION GENOTYPE X EAU	MOYENNES NEJ	GROUPE HOMOGENES	PARAMETRES STATISTIQUES	
Early Thai				
ET-P4	8,75	a	Moyenne générale	3,57
ET-P2	3,00	b	Symétrie β_1	0,00
ET-P3	2,75	b	Aplatissement β_2	3,70
ET-P1	2,00	b	<u>Variétés</u>	
IRAT 298			PPas	2,13
298-P4	5,00	a	Test F	12,08
298-P1	2,75	a b	Prob.	0,0001 ***
298-P2	1,75	b	E.T résiduel	1,80
298-P3	1,25	b	C.V.	52,8 %
			<u>Eau</u>	
Synthétique C			PPas	1,38
Syn-P3	8,25	a	Test F	15,25
Syn-P4	8,00	a	Prob.	0,0000 ***
Syn-P2	4,50	b	<u>Interaction G x E</u>	
Syn-P1	2,50	b	PPas	3,38
Siréna			Test F	7,91
Sir-P4	4,75	a	Prob.	0,0021 ***
Sir-P3	2,75	a	E.T résiduel	1,80
Sir-P1	1,75	a	C.V.	51,2 %
Sir-P2	1,75	a		
ACROSS 778				
772-P4	6,00	a		
772-P1	5,25	a		
772-P3	3,50	a		
772-P2	3,25	a		
Déa				
Dea-P2	1,75	a		
Dea-P4	1,25	a		
Dea-P1	1,00	a		
DEA-P3	1,00	a		

Tableau 18bis : Répartition en fonction du sexe et de l'année par le test de Newman Keuls (Chiago 91/92)

Génotypes	Moyennes en NBJ	Groupes homogènes
Early Thaï	8.13	a
Across 7728	6.00	a b
Maka	5.69	a b c
Sids 8445	5.44	a b c
Pianosa	4.50	b c
Volga	4.38	b c
Pool16 Sequia	4.19	b
Pirsabak	3.94	b
Across B131	3.69	b
IRAT 298	3.56	b
Synthétic	3.50	b
Pool16 Gussao	3.25	b
LG 2688	2.94	b
Siréna	2.31	b
Sabrina	2.13	b
Déa	1.88	b
Furio	1.75	b
Dk 250	1.75	b

Les moyennes des écarts correspondant à la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité 5%

3.4. L'INDICE FOLIAIRE

L'indice foliaire ou LAI (Leaf Area Index) correspond à la surface de feuilles au dessus d'une unité de surface de sol en $m^2.m^{-2}$.

R. Bonhomme et al (1984) ont montré qu'en l'absence d'un stress hydrique important., la production de matière sèche est proportionnelle au rayonnement intercepté par la culture. Cette interception de l'éclairement dépend pour l'essentiel de l'importance du taux de "couverture du sol" quantifié par l'indice foliaire. Cela donne l'importance de l'indice foliaire.

ainsi, tout matériel végétal qui possède un indice foliaire élevé dans les conditions d'alimentation hydrique limitante, peut être considéré comme tolérant au stress..

Pour déterminer la variabilité des différents génotypes pour ce caractère, les dimensions de l'ensemble des feuilles de toutes les plantes de chaque placette sont mesurées. Pour chacun des pieds nous avons mesuré la longueur et la largeur de chacune des feuilles et calculé la surface foliaire en appliquant un coefficient de 0,75 au produit des deux dimensions.

L = Longueur de la feuille

l = largeur de la feuille

S = $L * l * X$ avec $X = 0,75$ (coefficient de correction)

D = Nombre de plantes/ m^2 (nbre de plantes sur
10 m x écartement en m)

$$I.P. = SF/pl * D * 10^{-5}$$

Le tableau 19 donne les surfaces et les indices foliaires par génotypes au niveau de l'essai de Thiago 90/91. Il apparaît sur ce tableau qu'une variabilité de l'indice foliaire suivant la variété existe. IL est plus important au niveau des hybrides tropicaux Across '7728 et IRAT 298, suivis des populations améliorées synthétique et Early thaï.

Les géotypes les plus précoces DEA et Siréna ont une LAI faible (1,29 à 2,27) dans les conditions d'alimentation hydrique favorable par rapport aux tardifs IRAT 298 et Across 7728 (2,66 à 3,78). Si la variabilité de la LAI existe entre géotypes, elle est très faible suivant les niveaux de stress et pour une même variété.

Ainsi toutes les variétés qui conservent une LAI acceptable dans les conditions en eau limitées (placettes 3 et 4) semblent tolérer le stress hydrique.

Les surfaces et indices foliaires des essais de Thiago 91/92 et de Ndiol figurent dans les tableaux 20 et 21

Tableau 19 : Surfaces et Indices foliaires de différents géotypes.

PLACETTE	DEA		ACROSS 77-28		EARLY THAI		IRAT 298		SIRENA		SYNTHETIC C	
	cm ² /pl	IF	cm ² /pl	IF	cm ² /pl	IF	cm ² /pl	IF	cm ² /pl	IF	cm ² /pl	IF
1	2058,93	1,29	6049,60	3,78	3196,06	2,45	4254,31	2,66	3619,87	2,27	3836,64	2,44
2	2172,55	1,36	6091,93	3,81	3106,89	2,39	4409,19	2,76	3783,48	2,36	4018,19	2,51
3	2399,99	1,31	5749,29	3,60	2974,23	2,24	4448,22	2,78	3722,00	2,33	3742,48	2,34
4	2195,09	1,37	4834,93	3,02	2807,93	2,17	3500,40	2,19	3316,81	2,07	3108,80	1,94

Tableau 20 : Indices Foliaires
Thiago 91/92

VARIETES	Indices Foliaires						
	P1		P2			P3	
	SF	IF	SF	IF	SF	IF	
DEA	3347.0	2.09	2946.8	2.04	3100.0	2.04	2748.1
SIRENA	3711.5	2.32	3304.0	2.05	3400.0	2.04	3072.0
IPAT 298	4056.3	2.54	3928.0	2.04	3800.0	2.04	3940.0
SYNTHETIC 0	3902.9	2.44	3585.0	2.04	3600.0	2.04	3430.0
EARLY THAI	4760.6	2.96	4396.0	2.75	4400.0	2.04	3780.0
ACROSS 7728	4549.6	2.84	4393.4	2.04	4400.0	2.04	3880.0
VOLGA	4176.2	2.61	3154.7	2.04	3200.0	2.04	3030.0
LO 2558	5216.5	3.26	4490.7	2.99	4500.0	2.04	4170.0
FRANSA	4352.3	2.75	4330.4	2.75	4400.0	2.04	4040.0
DR250	2438.1	1.62	2183.6	1.62	2200.0	1.62	2130.0
PURIO	2304.5	1.44	2686.2	1.62	2700.0	1.62	2180.0
SABRINA	4082.3	2.53	3932.2	2.46	4000.0	2.04	3480.0
FOOL 16 BUS	3418.9	2.14	3454.6	2.16	3500.0	2.04	3140.0
FOOL 16 SEQ	4277.8	2.67	3753.2	2.36	4000.0	2.14	3130.0
MAKA SF	4569.8	2.66	3609.3	2.26	3800.0	2.34	3070.0
PIRSABACK	3308.5	2.07	3148.5	1.97	3200.0	1.62	2390.0
ACROSS B131	2506.2	1.57	2292.5	1.43	2300.0	1.71	2650.4
SIDS 6445	2940.3	1.64	3454.2	2.16	3500.0	1.68	2850.0

SF = surfaces foliaires

IF = indices foliaires

Tableau 21 : Indices Foliaires
Ndiol hivernage 93

N°	VARIETES	Indices Foliaires							
		P1		P2		P3		P4	
		SF	IF	SF	IF	SF	IF	SF	IF
1	DEA	1299.9	0.66	1234.0	0.78	3609.3	1.00	1151.4	0.71
2	SIRENA	2205.4	1.40	2979.9	1.86	3534.3	1.78	1895.1	1.16
3	VOLCA	2415.7	1.48	3294.1	1.46		1.55	3002.1	1.12
4	LG 2668	2782.6	1.50	3098.8	1.71	3400.3	1.73	2894.1	1.14
5	PIANOSA	2901.4	1.51	2123.5	1.36	3119.0	1.37	1915.1	1.03
6	DK 50	2368.9	0.55	2357.4	0.50	2744.1	0.47	2154.1	0.74
7	FURIO	2017.7	1.15	2731.1	1.81	3700.1	1.94	1914.1	1.03
8	SABRINA	2256.2	1.25	2166.3	1.51	3869.4	1.45	2401.7	1.12
9	IRAT 298	4609.4	1.91	3985.6	2.06	3356.0	2.59	3051.1	1.86
10	SYNTHETIC C	2794.4	1.74	2887.8	1.94	3695.1	2.17	2876.1	1.70
11	EARLY THAI	1995.2	1.67	2405.4	1.33	2809.0	1.83	1946.1	1.07
12	POOL16 GUSSAO	2805.8	1.76	2037.7	1.27	3032.3	1.90	2446.1	1.16
13	MAKA SR	3363.4	2.11	3371.5	2.11	2869.4	1.80	2057.1	1.36
14	PIRSABACK	1524.3	0.91	2262.2	1.42	2881.2	1.49	2157.1	1.08

SF = surfaces foliaires

IF = indices foliaires

3.5. HAUTEUR DES PLANTES (HP) ET HAUTEUR DE L'INSERION DE L'EPI (HE)

Les caractéristiques morphologiques de la plante telles, que sa hauteur et celle de l'insertion, de l'épi étaient intéressantes à étudier, dans le but d'apprécier leur évolution par rapport aux différents niveaux de stress observés. Pour étudier l'influence du génotype et, du milieu pour ces variables, nous avons mesuré la hauteur des plantes (panicule comprise) et, celle de l'insertion de l'épi après la floraison, lorsque la croissance est maximale.

a) Hauteur de la plante

L'analyse de la variance de la hauteur des plantes des essais de Thiago 90/91 et 91/92 est effectuée et présentée par les tableaux 22, 33. Elle met en évidence dans les deux essais :

- une différence significative entre génotypes au seuil de probabilité 5 %
- une différence hautement significative entre niveaux d'irrigation où l'on distingue deux groupes homogènes de comportement; le 1^{er} regroupant les placettes 1 et 2 ; le 2^e les placettes 3 et 4 .
- une interaction hautement significative pour l'essai comportant 6 génotypes et non significative pour celui incluant un nombre plus élevé de génotypes (18) .

b) Hauteur de l'insertion de l'épi

Les résultats de l'analyse de la variance de ce caractère sont présentés aux tableaux 24 et 25. La hauteur de l'insertion de l'épi montre également une différence hautement significative entre génotypes et respecte la même hiérarchie de classement des variétés sauf pour Déa.

En annexe 6 est consignée la comparaison des moyennes obtenus par traitement des deux variables à l'aide du test de Newman Keuls.

Tableau 22 : Effet du génotype et de l'eau sur la hauteur de de la plante (HP) : Thiago 90/91

Niveaux	Moyennes HP en cm	Groupes Homogènes	Paramètres statistiques	
<u>Génotypes</u>				
Across 7728	180,96	a	Moyenne générale	154,64
Siréna	163,51	a b	Symétrie β^1	0,00
Déa	158,98	a b	Applatissement β_2	3,37
Early Thai	150,02	a b		
Synthétic C	139,71	a b	<u>Génotypes</u>	
IRAT 298	134,69	b	PPas	44,73
			Test F	3,02
			Probabilité	0,0438 *
			ET résiduel	38,94
			C.V.	25,2%
<u>Eau</u>			<u>Eau</u>	
P1	169,74	a	PPas	10,07
P2	166,16	a	Test F	44,93
P3	152,68	b	Probabilité	0,0000 ***
P4	129,99	b		

Tableau : 3 Effet du génotype et de l'eau sur la la hauteur des plantes (Thiago 91/92)

Sources de variation	ddl	CM	F	Prob.
Génotypes	17	6597,61	3,03	0,0141 *
Eau	3	8167,58	10,10	0,0000 ***
Interaction	51	555,34	0,69	0,9110 NS

	Génotypes	Interaction Génotype x Eau
Moyenne générale	158,58	-
Coeff. de variation	29,40 %	17,90 %
E.T. résiduel	46,64	28,44

Tableau 24 : Effet du génotype et de l'eau sur la hauteur de l'insertion de l'épi (HE) : Thiago 90/91

Niveaux	Moyennes HE (cm)	Groupes homogènes
Génotypes		
	94,56	a
Across 7728	79,42	a b
Siréna	76,61	a b
Early Thai	67,61	b
Synthétique c	60,76	b
Déa	58) 83	t
IRAT 298		
EAU		
		a
P2	77,29	a
P1	74,61	b
P3	68,08	b
P4	66,02	
PARAMETRES STATISTIQUES		
Moyenne générale	72,99	
Symétrie	0,01	
Aplatissement	2,70	
Génotypes		
PPas	23,14	
Test F	7,08	
Probabilité	0,0015	* *
E.T. résiduel	20,15	
C.V.	27,6 %	
EAU		
PPas	a,53	
Test F	10,83	
Probabilité	0,0000	* * *
INTERACTION		
G x E	Test. F	1,45
	Prob.	0,1576
	E.T. résiduel	7,23
	C.V.	9,9 %
		NS

Tableau 25 : Analyse de la variance de la hauteur de l'insertion de l'épave (Age 05/1/92)

Source de Variation	ddl	CM	F	Prob.	Test
Génotypes	17	3308,69	4,09	0,0017	**
Eau	3	1475,95	4,00	0,0034	*
Intéraction	51	307,08	0,84	0,7282	NS

	Génotypes	Intéraction (Génotypes x Eau)
Moyenne générale	79,55	
Coeff. de variation	35,8%	24%
E.T. résiduel	28,46	15,05

3.6 - RENDEMENT EN GRAINS

4 la récolte les rendements en grains ont été déterminés sur des parcelles utiles de 1,6 m² puis ramenés à l'hectare au taux d'humidité de référence de 15%.

Les effets des génotypes et des niveaux d'apport d'eau sur le rendement en q/ha et par essai sont présentés dans les tableaux 26, 27, 28 et 29 de l'analyse de la variance. Les rendements définitifs sont estimés après la détermination des composantes de rendement. : Nombre de grains par épi (NG/E), Nombre de grains par rang (NG/RG), Nombre total de grains par épi (NTG/E), Poids total de grains (PTG), Poids de 1000 grains (1000G), pourcentage d'humidité à la récolte (H%). Les composantes de rendement et les comparaisons des moyennes des rendements par le test de Newman Keuls se trouvent en annexe 6.

La différence observée entre les génotypes est très hautement significative à 5% dans les deux essais de Thiago alors qu'il ne l'est pas à Ndiol. L'interaction quant à elle est juste significative.

Les résultats obtenus sur le rendement moyen en grains en q/ha par génotypes et suivant les niveaux de stress a permis de représenter les courbes des interactions génotypes - milieu sur les figures 11 et 12. La figure 11bis schématise l'histogramme de comportement des génotypes suivant les placettes d'irrigation.

Tableau 26 : Analyse de la variance du rendement en q/ha
(Thiago 90/91)

Niveaux	Moyennes	Groupes Homogènes	Paramètres Statistiques	
<u>Variétés</u>				
Siréna	60,04	a		
Déa	49,92	b	Moyenne générale	45,15
Across 7728	45,61	b	Symétrie β_1	0,76
FRAT 298	44,91	b	Applatissement β_2	3,14
Early Thai	37,49	c		
Synthétique C	32,83	c	<u>Variétés</u>	
			PPas	9,46
			Test F	17,72
			Probabilité	0,0000 * * *
			ET résiduel	15,70
			C.V.	34,88
<u>Eau</u>				
P1	57,75	a	<u>Eau</u>	
P2	55,08	a	PPas	5,88
P3	42,46	b	Test F	86,49
P4	25,25	b	Probabilité	0,0000 * * *

* * * Très hautement significatif au seuil de 5 %

Les valeurs suivies de la même lettre sont significativement différentes à un risque de l'ère espèce $\alpha = 5\%$.

Tableau 27 - Effet du génotype et de l'âge sur le rendement et q/ha (Niveau d'interaction $\alpha = 5\%$) (Thaïlande 2010)

Génotype	Intéraction	Moyenne	Groupes	Paramètres	Signif.
Age	ha		Homogènes	Paramètres	Signif.
Siréna					
Sir-P2		54,53	a	Moyenne générale	0,001
Sir-P3		51,32	ab	Symétrie	0,001
Sir-P1		60,96	b	Applatissement	0,28
Sir-P4		39,35	c		
IRAT 298					
298-P2		55,86	a	Divergence	
298-P1		54,18	a	EPas	0,01
298-P3		44,50	a	EPas	0,01
298-P4		27,09	b	Asymétrie	0,0001**
Dea					
Dea-P1		59,64	a	EPas	0,001
Dea-P3		54,07	a		
Dea-P2		53,35	a		
Dea-P4		35,63	b		
Early Thaï					
ET-P1		54,33	a		
ET-P2		44,93	a		
ET-P3		32,82	b		
ET-P4		17,90	c		
Synthétique C					
Syn-P1		49,40	a		
Syn-P2		44,48	a		
Syn-P3		25,25	b		
Syn-P4		12,18	c		
Accross 7728					
772-P1		69,98	a		
772-P2		57,33	b		
772-P3		32,80	c		
772-P4		22,33	c		

Tableau 28 : Analyse statistique des rendements en grains en q/ha (Thiago 91/92)

Sources de Variation	ddl	CM	F	Prob.
Génotypes	17	1436,10	3,59	0,0002 ***
Eau	3	39410,66	244,63	0,0000 ***
Interaction	51	235,70	1,56	0,0389 *

	Génotypes	Interaction Génotype x Eau
Moyenne générale	40,53	-
Coeff. de variation	49,3%	31,3%
E.T. résiduel	19,99	12,69

Tableau 29 : Analyse de variance rendement en grains en q/ha (Ndiol, 1993)

Sources de variation	ddl	CM	F	E.T.	Prob.
	13	157,05			
Génotypes	3	984,78	0,92	13,07	0,543 N S
Eau	39	984,78	322,72		0,031 * *
Interaction	39	47,79	1,10	6,58	0,035 *

NS (non significatif à 5%)

* * (hautement significatif à 5%)

Les placettes sont comparés avec une plus petite amplitude significative (PPas) de 3,24. Ainsi, on a:

P2 18,76 a.

P1 18,41 a

P3 14,79 b

P4 9,74 c

Fig.11: Rendement en grains de 6 génotypes testés sous 4 niveaux de stress
 Thiago CSF 90/91

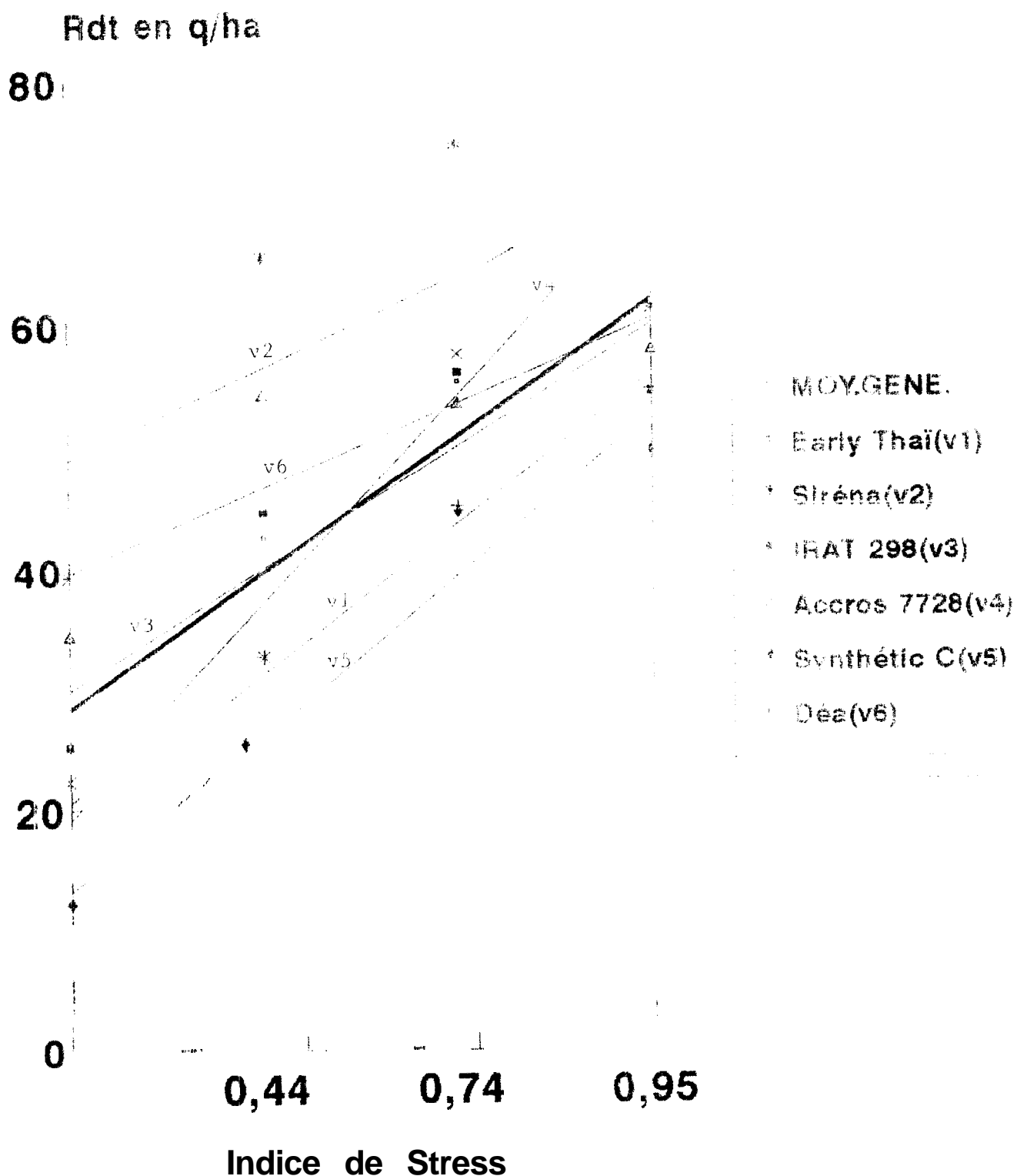
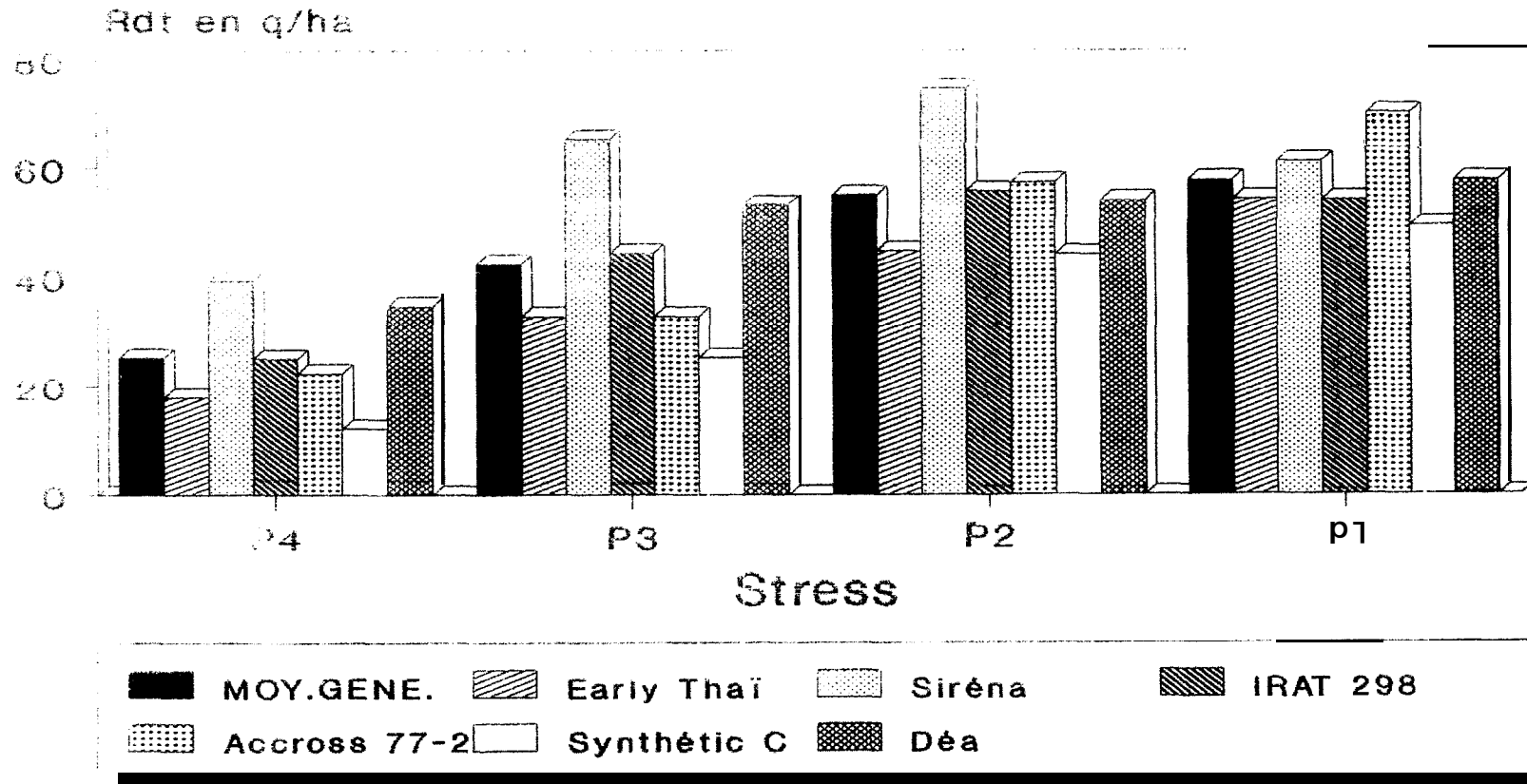


Fig.11bis : Rdt en grains de 6 géotypes
testés sous 4 niveaux de stress
Thiago CSF 90/91



P = placette

IV. DISCUSSION DES RESULTATS

4.1. Taux de satisfaction des besoins en eau.

Les résultats du bilan hydrique montrent que le comportement hydrique in situ à différents niveaux de prélèvement (les placettes) est variable, mais qu'il correspond bien aux différents traitements, ce qui était notre but.

Les valeurs de l'ETR passent de 4,9 mm/j à la placette 1, à 4.4 à la placette 3 et 3,8 à la placette 4. En d'autres termes, ces valeurs montrent que l'irrigation a été bien différenciée. Le taux de satisfaction des besoins en eau du maïs (ETR/ETM) est de 109% à la première position, de 96% à la troisième et 84% à la dernière. Cependant, compte tenu de la pluviométrie relativement abondante, l'intensité des stress hydriques sur les positions 2 et 3 n'a pas été aussi forte que nous l'aurions souhaité.

Par ailleurs, une certaine quantité d'eau de l'ordre de 65 mm en moyenne reste dans le sol (sur les 2 premiers mètres de profondeur) à la date du 2 octobre.

Toutefois, compte tenu de l'arrêt des pluies (28 Septembre), ce stock, auquel s'ajoutent les dernières irrigations (50 mm) en moyenne, aura contribué à une bonne alimentation hydrique du maïs pendant son dernier mois de végétation.

Cette méthode de détermination du bilan hydrique, bien que présentant un certain nombre de limitations en raison de la pluviométrie aléatoire et des imprécisions expérimentales, montre que l'irrigation différentielle permet une distribution de l'eau conforme à nos objectifs de recherche, à savoir plusieurs niveaux d'alimentation hydrique et un comportement des variétés en conséquence.

L'analyse et l'interprétation des résultats des essais ont permis d'évaluer le comportement des variétés face au stress hydrique en fonction des caractères qui suivent.

4.2. Rythme d'apparition foliaire

- Les résultats de l'analyse de la variance du rythme d'apparition foliaire (Tableaux 12 à 13) ont montré que ce caractère varie suivant les conditions du milieu. En effet l'analyse a mis en évidence un effet du génotype à Ndiol où les observations de cette variable sont faites suivant les niveaux d'irrigation, ce qui n'est pas le cas à Thiago.

Cependant, l'examen des tableaux 9 et 15 montre que le nombre final de feuilles par génotype est plus faible à Ndiol qu'à Thiago. Cela tient à l'influence des conditions du milieu. Car le maïs a un potentiel foliaire bien défini, génétiquement et que toute limitation du milieu (climat, date de semis ou autre;) réduit ce potentiel sans possibilités de compensations contrairement aux autres céréales.

- La vitesse d'apparition des feuilles (ou pente) de la droite de régression entre le nombre de feuilles visibles et le nombre de jours après semis et l'interception des courbes de croissance ont permis de connaître pour chaque génotype le potentiel foliaire et la durée de sa mise en place. Les coefficients de détermination qui varient de 97% à 99% montrent que la pente explique bien le rythme d'apparition des feuilles.

La rapidité de mise en place du nombre final de feuilles détermine la précocité du génotype car la floraison suit immédiatement la fin de l'émission des feuilles. Mennetier-Ducros (1977) et Gay, (1989) ont montré que l'initiation de la panicule mâle est bien corrélée au stade 70-80 % de feuilles visibles.

Ainsi on observe que Dea et Siréna ayant les pentes les plus basses sont les plus précoces. Across 7728 et IRAT 298 ayant les pentes les plus élevées restent les plus tardives.

De ces résultats on déduit que le rythme d'apparition foliaire est un critère de sélection pour la précocité et qu'il peut également constituer un critère de sélection pour la

fabrication de matière sèche, car il permet de connaître la biomasse foliaire à une date donnée. Ce résultat a été trouvé par Ri lleurs par GALLAIS et al (1981) dans ses travaux de recherche de précocité du maïs pour l'ensilage.

4.3. L'étalement de la floraison mâle

Le tableau 16 dégage une différence très hautement significative entre les génotypes pour ce caractère. L'interaction entre le génotype et le milieu n'étant pas significative, cette différence est essentiellement imputable à la nature génétique des variétés. Cela confirme la variabilité de la durée de la floraison mâle suivant le génotype.

On notera deux groupes homogènes de comportement, variétal : Siréna et Déa avec une durée de la floraison mâle inférieure à 4 jours et les autres avec une durée allant de 8 à 10 jours. Cela montre une meilleure performance du matériel tempéré que celui tropical pour l'étalement de la floraison mâle. Across 77-28 est le plus étalé avec 10 jours.

Enfin la non signification du facteur "eau" indique, malgré la différence de dose d'irrigation apportée, la présence de génotypes tolérants au stress hydrique.

4.4. Etalement de la floraison femelle

Comme pour la floraison mâle, l'étalement de la floraison femelle atteste d'une différence de sensibilité variétale au stress hydrique. On remarquera (tableau 17) que le matériel testé se répartit en trois groupes homogènes de comportement : le premier à floraison femelle groupée (Siréna et Déa), le deuxième de 8 à 10 jours (IRAT 298, Synthétique C et Early Thaï) et le troisième dont la floraison a duré 12 jours (Across 7728). L'interaction entre le génotype et le milieu quant à elle ne s'est pas manifestée pour ce caractère.

4.5. Ecart entre les deux types de floraison

La précocité chez une culture est définie par la capacité d'un génotype à terminer rapidement sa floraison mâle et sa floraison femelle. Ce résultat a été confirmé sur arachide (KHALFAOUI, 1985). De plus, des températures extrêmes peuvent provoquer l'avortement du pollen. Cela donne, pour la sélection du maïs, l'importance à accorder à l'écart entre les deux types de floraison, notamment dans la vallée où les variations climatiques sont importantes.

Ce paramètre présente (tableau 18) un effet du génotype et des conditions du milieu très hautement significatif à 5% ($P < 1\%$ pour les deux sources de variation). Il en est de même pour l'interaction.

Pour tous les génotypes, à l'exception de Déa et Siréna, l'écart entre la floraison mâle et femelle est importante. Il est assez élevé pour les génotypes qui présentent une réponse aux différentes doses d'irrigation. Il varie de 5 à 9 jours pour le matériel tropical (Early Thaï, IRAT 298, Synthétique C) et de 1 à 4 jours pour le matériel tempéré.

Les résultats de l'essai de Thiago de l'année 91/92 sur l'écart de la floraison (tableau 18bis) confirment les mêmes tendances que ceux de 90/91. En effet les génotypes Early thaï, Across 7728, Maka et Sids 8445 plafonnent avec un écart allant de 5 à 8 jours en moyenne entre les 2 types de floraison: alors que Siréna, Déa, Furio et Dk 250 regroupent toute leur floraison entre 1,75 et 3 jours: les autres étant intermédiaires. La précocité de ce matériel végétal dans les conditions des essais montrent sa meilleure réponse au stress hydrique.

4.6. L'indice foliaire

Les résultats des mesures de surfaces et d'indice foliaire (tableaux 19, 20, 21) ont permis de constater :

- qu'il existait une variabilité de l'indice foliaire entre les géotypes. En effet, les géotypes les plus précoces avaient les plus faibles IF (0,5 à 2) : c'est le cas de Déa, Dk 250, Furio. Across B131; alors que les variétés tardives pouvaient avoir un IF supérieur à 3 et ceci même dans les conditions d'alimentation hydrique limitée.
- Autant la variation de l'indice foliaire est importante entre les géotypes, autant elle est faible entre niveaux: de stress au sein d'un même géotype. L'existence de variétés ayant, dans les conditions d'alimentation en eau limitée (P3 et P4), un indice foliaire supérieur ou égal à celui de la placette 1 est un indicateur de la tolérance au stress hydrique; c'est le cas de Furio, Déa et DK 250.
- On notera un effet de l'environnement sensible sur l'indice foliaire en comparant pour une même variété les valeurs de l'IF d'un site à l'autre. Ces valeurs sont plus élevées à Thiago qu'à Ndiol où un IF de l'ordre de 2 est rarement atteint.
- D'une manière générale le matériel tropical présente dans les trois lieux une surface photosynthétisante plus élevée que celle des hybrides simples et triples.

4.7. La hauteur des plantes

La hauteur de la plante, tout comme la hauteur de l'insertion de l'épi peuvent être affectées suivant les conditions du milieu.

L'expérimentation a montré que durant la croissance du maïs, un stress hydrique provoque une diminution de l'appareil végétatif: feuilles moins nombreuses? entre-nœuds plus courts.

Dans tous les sites et pour toutes les variétés le meilleur développement est rencontré dans les conditions d'alimentation hydrique favorable (placette 1 et 2). A Thiago la hauteur du maïs pouvait atteindre 2.07 m, alors qu'à Ndiol la hauteur maximale était de 1,21m. Dans les deux sites, aucune variété n'a présenté dans les conditions de stress une hauteur supérieure à celle des placettes 1 et 2. Ces résultats nous amènent à considérer dans

la limite de nos essais, la hauteur des plantes et la hauteur de l'insertion de l'épi comme paramètres non pertinents pour juger de la tolérance au stress hydrique.

4.8. Rendement en

Le rendement des variétés est influencé de manière différente suivant les sites. Les rendements les plus élevés sont enregistrés durant les essais de Thiago qui ont eu lieu en contre saison froide: ils varient de 12 à 75 q/ha en 90/91 (Tableau 26 et 27) et de 12 à 60 q/ha en 91/92 (cf comparaison de ; moyennes en annexe 6). Par contre à Ndiolen hivernage où sont notés les rendements les plus faibles, ils varient de 6 à 26 q/ha (cf tableau rendements en annexe 6).

Ces résultats semblent confirmer, indépendamment de l'objectif des essais, la contre saison froide comme date optimale de semis du maïs⁴, étant entendu que d'autres expérimentations de ce type et à des périodes différentes sont nécessaires.

Des effets du génotype très hautement significatifs au seuil de probabilité de 5 % sont notés dans les deux essais de Thiago par une productivité qui varie suivant les niveaux de stress. La production la plus élevée est atteinte au niveau de la deuxième placette et que pour toutes les variétés, le plus faible rendement se situe à la quatrième placette. Il en va autrement à Ndiol où le niveau de stress appliqué a été faible eu égard à la pluviométrie. L'apport d'eau dans ce site, bien que différencié a constitué une irrigation de complément, ce qui s'est traduit par une réponse non significative des génotypes au seuil de 5 %

Des interactions entre le génotype et le milieu vis-à-vis de la tolérance au stress hydrique se sont manifestées comme et

*Essais de Moscal (1977-78)

Résultats provisoires essais variétaux de Ndiaye A. (1.992)

attestent les figures 11, 11bis et 12. L'indice de stress est calculé par le rapport:

$$\frac{\text{Rendement Sec}}{\text{Rendement Humide}} \times 100$$

Ces interactions géotypes-milieu permettent d'apprécier l'adaptation des variétés de maïs dans les différents lieux d'expérimentation. L'examen des figures montre que les écarts de rendement en condition de stress plus intense sont beaucoup plus importants à Thiago qu'à Ndiol. En d'autres termes, sur le gradient des niveaux d'alimentation hydrique représenté par l'indice de stress, les variétés testées ne se classent pas selon la même hiérarchie suivant l'intensité du stress.

Ainsi, les figures 11 et 12 permettent de classer les variétés suivant quatre groupes de comportement:

- Le premier groupe dont le rendement est supérieur à la moyenne générale de la population de la localité et quel que soit le niveau de stress; il s'agit de Siréna, Déa, Furio, Volga, Sabrina, Pianosa et Maka.

- Puis le second groupe qui renferme les variétés dont le rendement est meilleur dans les environnements défavorables, mais qui connaît une **chute** lorsque les conditions sont plus favorables. Dans ce groupe on retient Pool16 Gussao et DK 250.

- Ensuite, le troisième groupe de variétés moins performantes, dont le rendement est inférieur à la moyenne de la population en condition de stress et plus élevé dans un environnement plus favorable. Ces variétés sont plus exigeantes en eau. Ils'agit de Across 7728 et IRAT 298.

- Enfin, le dernier groupe constitue des variétés inférieures à la moyenne de la localité quel que soit le niveau de stress et quel que soit la localité. Ce sont les variétés Early Thai, LG 2688, Synthétique et Pirsabak.

Compte tenu de la performance des deux premiers groupes dans les environnements stressés, les variétés qui les composent valorisent bien l'eau et manifestent une tolérance au stress hydrique.

QUATRIÈME PARTIECONCLUSION GÉNÉRALE

Certains mécanismes qui entrent en jeu dans la réaction du maïs au stress hydrique ont été mis en évidence par l'utilisation comme modèle l'irrigation différentielle.

La détermination du bilan hydrique nous a paru un des moyens efficaces pour évaluer la validité du modèle. Ainsi dans les conditions d'hivernage le taux de satisfaction des besoins en eau qui va de 109% à 84% a montré la possibilité de différencier l'irrigation. Cependant, ces taux assez élevés ne permettent, en raison de la pluviométrie d'apprécier de manière significative le stress hydrique. Cela montre par ailleurs, le risque qu'il y aurait à installer ce type d'essai pendant la saison des pluies. Toutefois, dans les conditions de saison sèche (essai de Thiago), il a été possible de comparer les variétés et de montrer les processus physiologiques explicatifs de leur degré de tolérance.

Un inconvénient majeur du test de l'irrigation différentielle est de n'avoir pas inclus dans l'essai un témoin absolu où les variétés seraient soumises à une alimentation en eau excessive pour mieux juger de leur sensibilité vis-à-vis de l'excès d'eau. Cela peut constituer un thème de recherche qui compléterait nos conclusions en la matière.

Il apparaît de l'étude des interactions géotypes - milieu, l'existence d'une variabilité génotypique en matière de tolérance au stress hydrique. Parmi les mécanismes impliqués dans les différences de comportement variétal, le rythme d'apparition des feuilles, la floraison et l'indice foliaire semblent être de bons critères pouvant servir de critère de sélection.

l'écart entre la floraison mâle et la floraison femelle de

la plupart des variétés demande à être réduite par un rétrocroisement avec les variétés à floraison plus rapprochée .

Il est noté en outre un faible indice foliaire pour toutes les variétés précoces. Ainsi, pour augmenter le potentiel de production de ces variétés, il apparaît souhaitable de favoriser le développement de leur indice foliaire. La précocité étant un paramètre important pour toutes cultures et particulièrement pour le maïs qui est souvent utilisé comme culture de soudure dans la vallée. Pour cela, les travaux de Derieux et al (1986) peuvent être mis à profit : favoriser l'efficacité de l'interception par une augmentation de la densité de peuplement du matériel précoce

Les variétés qui ont manifesté une certaine tolérance au stress hydrique peuvent être vulgarisées dans la vallée ou mises à la disposition du service d'amélioration variétal comme source de sélection pour rendre plus performantes les variétés locales déjà vulgarisées.

En marge de la nécessité de disposer des variétés tolérantes au stress hydrique pour le développement du maïs dans la vallée, la multiplication de semences de bonne qualité génétique doit être redynamisée. En effet, les variétés vulgarisées telle que Maka demandent un renouvellement des semences à cause de la sélection massale et de la proximité d'autres variétés car la consommation des meilleurs épis au stade vert font dégénérer le potentiel génétique au bout de quelques années.

Nous pensons que l'avenir de la culture du maïs dans la vallée mérite que les problèmes évoqués et les solutions proposées dans ce document fassent l'objet d'autres recherches. Aujourd'hui, Le maïs constitue la spéculation la mieux indiquée pour réaliser la double culture après le riz dans les périmètres villageois pour plusieurs raisons: il répond à un besoin alimentaire, il est réalisable en saison sèche froide (période pas favorable à la riziculture) et l'eau est disponible pour assurer l'irrigation

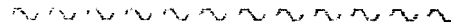
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baker, R.J., 1988 Analysis of genotype-environmental interactions In crops, dans, : Drought Resistance in cereals pp. 30-49.
- Barloy, N., 1984 Phase Germination-levée- et implantation, INRA pp. 13-37.
- Bèye, 1991 "Contribution à l'étude des systèmes de cultures du maïs irrigué dans la vallée du F.S. Enquêtes et observation de Parcelles" Mémoire de fin d'étude.
- Beyrard N., 1974 Programme intégré de développement du Bassin du Sénégal Tom.II - L'étude du milieu - PNUD/OMVS 302 p.
- Bourdon, 1984 Bases physiologiques de l'action des Températures colloque "Physiologie du maïs, INRA-CNRS-AGPM, mars 1983, pp. 389-415.
- Chaumey J., 1973 Le potentiel irrigable du Bassin du Fleuve Sénégal. Agron.Trop. n° 9 pp. 846-924.
- Clerget B., 1988 Rapport analytique de campagne de contre saison froide. Programme maïs/CRA Saint--Louis 56 p.
- Courtessole, 1.985 Compte rendu essais travail du sol dans la vallée du Fleuve Sénégal,
- Dancette C., 1984 Agronomie tropicale 39 N°1 PP . 41-49
- Dancette C. , VACHAUD G. Méthodes de caractérisation hydrodynamique in situ d'un sol non saturé. Ann. agron., 29(1), 1-36.
Sonko, s., THONY, J.L. ,
1978
- Deveze C. 1992 Bilan et perspectives des aménagements hydroagricoles dans le Delta du Fleuve Sénégal pp. 1-10.
- Finlay, K.W. and The analysis of adaptation in a
Wilkinson, G.N. 1963 plant breeding program, Principe d'amélioration Génétique des végétaux. pp. 50-165.

- GAY J.P., 1984 Le cycle du maïs, colloque "physiologie du maïs INRA-CNRS-AGPM, mars 1993 pp. 1-10.
- GAY J.P., 1992 La tolérance au stress hydrique du maïs, in perspectives agricoles N° 175 10 p.
- Goebel, R., 1991 Problèmes phytosanitaires en Maïsiculture irriguée sur le Fleuve Sénégal. Inventaire et suivi des ravageurs p.25.
- ISRA, 1993 Systèmes irrigués et sécurité alimentaire : les acquis de l'ISRA 50 p, Anonyme,
- Jamin J.Y., 1986 Propositions d'actions de recherche et. de développement pour une meilleure connaissance et une meilleure utilisation. du milieu naturel de la vallée du fleuve Sénégal. ISRA/CIRAD 49 p.
- Jamin J.Y., 1986 Système de production et après-barrage. Quelques notes sur les perspectives d'évolution.
- Khalifaoui J.L., 1985 Conduite de l'amélioration génétique de l'adaptation à la sécheresse en fonction des mécan. physiol.in Oléagineux vol.40 pp.329-334
- Lacroix B., 1990 Alimentation en eau du maïs en période pré floraison et élaboration du rendement en grain "La VIE DU MAIS" INRA/AGPM PI?. 341-347.
- Lericollais A., Diallo Y., 1980 Peuplement et cultures de saison dans la vallée du Sénégal, ORSTOM + cartes.
- Michel P., Naegelé A. et Toupet C., 1969 Contribution à l'étude biologique du Sénégal Septentrional. Le milieu naturel Bull. IFAN T.XXXI, Série A
- Moscal, 1976 Compte rendu des essais sur le blé, le maïs et le Triticale PNUD-OMVS.
- Moscal, 1978 a Résultats des essais sur le blé, le maïs et le sorgho contre saison sèche froide 78/79. PNUD-FAO-OMVS-MDR-ISRA. pp. 49-55.
- Moscal T., 1980 La culture du maïs dans la vallée du Sénégal. SAED Saint-Lot; is.

- Ndiaye J.P., 1987 Fertilisation des sols de rizières dans la vallée du F. sénéga? 47p.
- Ndiaye M., 1984 Itinéraires techniques relatifs à la culture du maïs dans le périmètre de Djandioly-Garly. Critères de choix, conséquences sur les temps de travaux et les rendements. pp. 8-14.
- Ndiaye M., 1986 Le maïs irrigué dans la région du Fleuve ; techniques culturales et incidences sur les systèmes de production ISRX 10 p.
- PDRG SENEGAL, 1991 Synthèse du plan Directeur intégré pour la rive gauche de la vallée du Fleuve Sénégal pp. 6-12.
- Richard L.A., 1954 Diagnostic and improvement of saline and alkali soils.
- Rijks, D.A., 1976 Développement de la recherche agronomique dans le bassin du Fleuve Sénégal - FAO ROME.
- Rouannet G., 1984 "Le maïs" GP. Maisonneuve et Larose et ACCT. Paris 125 p.
- SAE3, 1980 Rapport Projet d'aménagement dans le Département de Matam.
- SAED, CNAPTI, 1984 Maïs et sorgho. Recueil des fiches techniques élaborées pour la formation des conseillers agricoles.
- Seck M., 1983 "Contribution à l'étude des problèmes d'élevage ovins dans le Delta du Fleuve Sénégal : objectifs et mode de conduite des ovins mâles à l'attache en milieu paysan wolof" 67 p.
- SEDAGRI, 1973 Etude hydroagricole du Bassin du Fleuve Sénégal, Etude pédologique. OMVS - FAO.
- SONKO M. 1973 Etude pédologique du PAPEM de Fanaye Moyenne Vallée IRAT Richard-Toll.
- VOLPER S., 1993 Rapport d'activité Opération agronomie-phytotechnie. ISRA, 67 p.

A N N E X E 1



Situation de la Pluviométrie pour les stations de Ndiol et Richard-Toll (1981-1992)

ANNEES	1981		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988		1989		1990		1991		1992		X		
	ND	RT	ND	RT	ND	RT	ND	RT	ND	RT	ND	RT	ND	RT	ND	RT	ND	RT	ND	RT	ND	RT	ND	RT			
SITES																											
NOIS																											
Juin	5.5	-	-	-	-	-	3.5	-	0.25	-	-	-	0.4	18.0	12.2	-	37.1	12.4	-	-	14.9	-	-	-	6.1	2.5	
Juillet	131.1	94.7	139.1	25.0	14.7	1.3	10.5	-	33.7	18.5	30.0	25.0	41.4	20.4	1.5	6.0	58.3	49.2	76.0	68.5	15.3	10.0	2.5	5.0	46.2	27.0	
Août	114.1	85.6	104.7	119.7	74.3	12.3	18.5	35.1	105.5	67.2	137.5	77.0	43.7	37.7	191	135.0	96.3	122.6	40.9	70.6	69.1	81.0	49.6	69.4	87.1	76.1	
Sept.	88.9	66.2	1.5	1.4	12.5	-	24.5	71.0	73.5	50.0	81.4	86.0	170.6	146.0	98.3	82.6	19.4	33.7	31.8	-	78.1	80.0	7.5	67.6	57.3	57.0	
Oct.	-	-	27.9	-	-	-	27.0	-	-	-	1.6	10.5	-	6.0	-	-	-	-	23.2	-	41.9	45.0	-	-	10.1	4.6	
TOTAUX	339.6	246.5	273.2	146.1	101.5	13.6	84.0	106.1	212.9	135.7	250.5	198.5	256.1	228.1	303.0	223.6	211.1	217.9	171.9	139.1	219.3	216.0	59.6	142.0	206.8	167.2	

ND - Ndiol

RT - Richard-Toll

Source: ISRA (1993)

A N N E X E 2

a - Evolution des superficies et Productions du maïs
dans la région du Fleuve Sénégal
"cultures Diéri sous pluie" (1981-1992)

Désignation	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Superficies (Ha)	1763	6901	6776	220	1207	1797			7	326	1990	497
Rendements (kg/Ha)	710	368	400	500	700	1292			429	2448	992	2154
Production (T)	1250	2540	2710	110	845	2321			3	798	1975	1071

Source : IRA/St Louis

b - Evolution des superficies et Productions du maïs
dans la région du Fleuve Sénégal
"Cultures du Malo en décrue" (1981-1992)

Désignation	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92
Superficies (Ha)	5101	4834	2366	1375	-	6540	3900	-	897	1409	-	438
Rendements (kg/Ha)	544	670	570	450		600	500		1340	570		630
Production (T)	2972	3215	1341	620		3924	1950		1199	799		299

Source : DA/DISA par IRA Saint-Louis
NB : Crue faible en 1984 et 1987

Evolution des superficies et Productions du maïs
 dans la région du Fleuve Sénégal
 "Cultures irriguées" (1981-1992)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Superficies (Ha)	1165	1353	2470	2915	2404	2706	2460	1360	2123	2392	3083	2969
Rendement (kg/Ha)	2466	1625	2536	2453	2500	2493	2340	2165	2510	2550	2495	3984
Productions (Tonnes)	2868	3019	6399	7166	6010	6746	5856	2945	5333	6100	7694	7451

A N N E X E 3

**Relevés des données climatiques à la
station de Ndiol en 1993 (Moyennes)**

Mois	Température Maximum °C	Température Minimum °C	Pluies (mm)	Vitesse du vent (m/s)		Evapo- bac (mm/j)
				à 8h	à 12h	
Janvier	30.9	10.8	3.1	2.5	2.7	11.8
Février	31.7	10.1		2.9	3.1	11.2
Mars	34.7	11.2		3.3	3.7	10
Avril	33.7	12.9		3.5	3.8	9.2
Mai	36.1	20.4		3.7	3.9	11
Juin	35.5	22.5		3.6	3.4	8.7
Juillet	33.6	24.3	3.1	3.1	3.2	8.4
Août	33.6	25.2	144.1	2.6	2.5	7.4
Septembre	34.1	24.3	92.6	2.3	2.2	6.3
Octobre	36.4	23.9	0.8	2.4	2.6	7
Novembre	-	-	-	-	-	-
Décembre	-	-	-	-	-	-

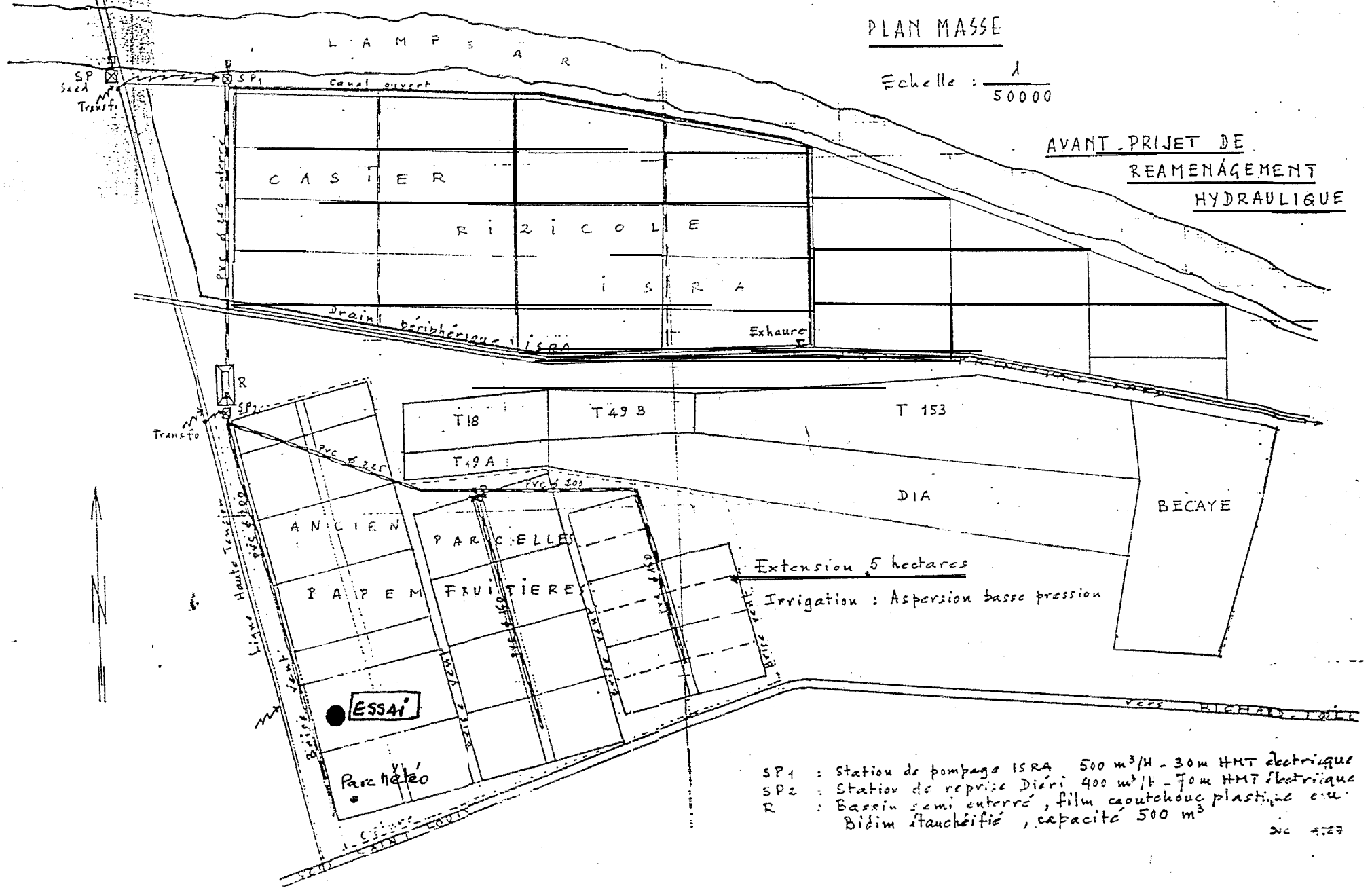
Source : Service Météorologique de la Station de Ndiol

FIGURE 1 : STATION ISRA DE N'DIOL

PLAN MASSE

Echelle : $\frac{1}{50000}$

AVANT-PROJET DE
REAMENAGEMENT
HYDRAULIQUE



- SP1 : Station de pompage ISRA 500 m³/h - 30m HMT électrique
- SP2 : Station de reprise Diéri 400 m³/h - 70m HMT électrique
- R : Bassin semi-enterré, film caoutchouc plastique en Bidim étanchéifié, capacité 500 m³

FICHE DE NOTATION DE L'IRRIGATION

NOM DE LA CULTURE :
 DATE DE LA NOTATION :

#1	#11	#24	#32	#40	#48	#56	#64	#72	#80	#88	#96
#2	#12	#23	#31	#39	#47	#55	#63	#71	#79	#87	#95
#3	#14	#22	#30	#38	#46	#54	#62	#70	#78	#86	#94
#4	#16	#21	#29	#37	#45	#53	#61	#69	#77	#85	#93
#5	#18	#20	#28	#36	#44	#52	#60	#68	#76	#84	#92
#6	#20	#27	#35	#43	#51	#59	#67	#75	#83	#91	#99
#7	#22	#26	#34	#42	#50	#58	#66	#74	#82	#90	#98
#8	#24	#25	#33	#41	#49	#57	#65	#73	#81	#89	#97

Nom de
 l'observateur :

Remarque : voir les annexes

A N N E X E 5

Profil Sec
(Avant Semis)

Profondeur	Position 1	Position 2	Position 3
0 - 10	0,7	1,2	0,6
10 - 20	0,9	1,2	0,7
20 - 30	1,0	1,3	1,0
30 - 40	1,3	1,4	1,2
40 - 50	1,5	1,4	1,5
50 - 60	1,7	1,5	1,7
60 - 70	1,9	1,8	2,0
70 - 80	2,1	2,0	2,1
80 - 90	2,6	2,5	2,5
90 - 100	3,5	2,8	3,1
100 - 110	3,9	3,6	3,3
110 - 120	5,4	4,0	4,4
120 - 130	5,6	4,1	4,5
130 - 140	5,7	4,6	4,7
140 - 150	5,7	4,8	4,8
150 - 160	5,8	5,0	4,9
160 - 170	5,8	5,1	5,0
170 - 180	5,9	5,1	5,1
180 - 190	6,1	6,0	5,3
190 - 200	6,5	6,2	5,4
200 - 210	6,6	6,5	5,7
210 - 220	6,9	7,3	6,2

IRRIGATION DIFFERENTIELLE A NDIOL
1^{er} PROFIL HYDRIQUE (PRELEVEMENT : 6 /08 /93)

Profondeur en	N boîte	Poids frais + Boîte	Poids sec + Boîte	Poids vide	Poids d'eau	Pds terre sèche	% HF	% HV
	1	2	3	4	5	6	7	8
Pos 1								
10	65	77.3	74.0	29.5	3.3	44.5	7.4	11.5
20	50	92.2	88.2	28.7	4.0	59.5	6.7	10.4
30	27	84.3	81.1	28.4	3.2	52.7	6.1	9.5
40	19	93.6	90.6	29.9	3.0	60.7	4.9	7.0
50	51	96.5	93.6	31.1	2.9	62.5	4.6	7.1
60	23	80.6	79.7	30.2	0.9	49.5	1.8	2.8
70	40	85.6	84.8	30.6	0.8	54.2	1.5	2.3
80	03	87.1	86.3	28.2	0.8	58.1	1.4	2.2
90	64	87.9	86.0	29.5	1.9	56.5	3.3	5.1
100	47	86.5	85.2	28.6	1.3	56.6	2.3	3.6
110	08	83.5	82.2	30.0	1.3	52.2	2.5	3.9
120	44	82.7	80.9	29.4	1.8	51.5	3.5	5.2
Pos 2								
10	10	73.3	70.6	28.2	2.7	42.4	0.4	0.9
20	17	76.3	74.0	29.3	2.3	44.6	5.2	8.1
30	58	85.2	83.9	30.2	1.3	53.7	2.4	3.7
40	34	90.1	87.3	30.2	2.8	57.1	4.9	7.6
50	52	98.6	95.3	29.3	3.3	66.0	5.0	7.7
60	63	79.8	78.3	27.9	1.5	50.4	3.0	4.6
70	41	81.0	80.4	30.2	0.6	50.2	1.2	1.9
80	13	80.6	80.1	28.2	0.5	51.9	1.0	1.5
90	54	69.9	69.5	28.5	0.4	41.0	1.0	1.5
100	37	85.2	84.6	28.6	0.6	56.0	1.1	1.7
110	42	89.7	88.1	28.7	1.1	59.9	1.8	2.8
120	26	67.0	66.1	27.7	0.9	38.4	2.3	3.6
Pos 3								
0	12	79.9	76.9	30.6	3.2	46.1	6.9	10.7
20	62	80.0	77.4	29.5	2.6	47.9	5.4	8.1
30	38	86.8	83.6	29.2	3.2	54.4	5.9	9.1
40	56	85.0	81.9	28.2	3.1	53.7	5.8	9.0
50	36	85.1	82.2	29.2	1.2	53.0	5.5	8.5
60	04	78.8	77.6	27.9	1.01	49.7	2.4	3.7
70	35	73.8	72.8	27.6		45.2	2.2	3.4
80	54	79.4	78.6	28.4	0.8	50.2	1.6	2.5
90	42	84.1	83.2	28.0	0.9	55.2	1.6	2.5
1 0 0	29	81.5	79.7	29.7	1.8	50.0	3.3	5.1
110	45	85.2	83.7	28.4	1.5	55.3	2.7	4.2
120	16	92.5	90.8	30.1	1.7	60.7	2.8	4.3

N.B/ : 5 = 2 - 3

5x 100

7 = -----

6

6 = 3 - 4

% HV = % HP x da (densité apparente)
avec da = 1,55

IRRIGATION DIFFERENTIELLE NDJOL 93

Z' PROFIL HYDRIQUE : PRELEVEMENT LE 21/09/95

081 001

Profondeur (cm)	N° Boîte	Poids Frais + Boîte	Poids Sec + Boîte	Poids Vide	Poids d'eau	Poids Terre sèche	% HP	% H ₂ O
		2	3	4	5	6	7	8
10	21	74,9	71,5	29,2	3,4	42,3	8,0	12,4
20	31	102,5	97,4	29,2	5,3	68,2	7,7	11,8
30	40	76,8	73,8	28,5	3,0	45,3	6,6	10,2
40	22	86,4	82,1	29,2	4,3	52,9	8,1	12,5
50	32	81,7	79,4	29,2	2,3	50,2	4,5	7,0
60	38	92,8	88,8	29,5	4,0	59,6	6,7	10,4
70	26	88,4	85,4	29,2	3,0	56,2	5,3	8,2
80	18	86,0	83,2	29,2	2,8	54,0	5,1	7,9
90	28	86,9	84,2	29,2	2,7	55,0	4,9	7,6
100	25	76,7	73,9	29,2	2,8	44,7	6,2	9,6
110	20	74,9	71,9	29,2	3,0	42,7	7,0	10,8
120	36	81,8	78,1	29,2	3,7	48,9	7,6	11,7
130	27	92,6	89,1	29,2	3,5	59,9	6,8	9,0
140	37	92,0	88,3	29,5	3,7	58,8	6,2	9,6
150	23	88,9	85,7	29,2	3,2	56,5	5,6	8,7
160	17	97,4	93,6	29,2	3,8	64,4	5,9	9,1
170	19	87,7	84,7	29,2	3,0	55,5	5,4	8,3
180	39	82,9	80,4	30,0	2,5	50,4	4,9	7,6
190	24	82,8	80,5	29,2	2,3	51,3	4,4	6,8
200	29	88,1	86,3	29,2	1,8	57,1	3,1	4,8

IRRIGATION DIFFERENTIELLE NDIOL 93
2^e PROFIL HYDRIQUE : PRELEVEMENT LE 21/09/93

Position 2

Profondeur cm	N ^o Boîte 1	Poids Frais Boîte 2	Poids Sec Boîte 3	Poids Vide 4	Poids d'eau 5	Poids Terre sèche 6	% HP 7	% HV 8
10	1	59,7	55,7	2,6	4,0	53,1	7,5	11,6
20	2	58,9	55,2	2,7	3,7	52,5	7,0	10,8
30	3	75,1	70,7	2,7	4,4	68,0	6,4	9,9
40	4	56,5	52,7	2,7	2,8	51,0	5,4	8,4
50	5	58,1	55,5	2,6	2,6	52,9	4,9	7,6
60	6	80,2	76,5	2,7	3,7	73,8	5,0	7,7
70	7	73,3	70,3	2,7	3,0	67,6	4,4	6,8
80	8	40,4	38,9	2,6	1,5	36,3	4,1	6,4
90	9	62,6	60,5	2,6	2,1	57,9	3,6	5,6
100	10	53,0	51,2	2,6	1,8	48,6	3,7	5,7
110	11	51,7	49,7	2,6	2,0	47,1	4,2	6,5
120	12	63,1	60,2	2,6	2,9	57,6	5,0	7,7
130	13	59,8	56,1	2,7	3,7	53,4	6,9	10,7
140	C 14	60,4	56,1	2,7	4,3	53,4	8,0	12,1
150	15	57,8	53,6	2,7	4,2	50,9	8,2	12,7
160	16	67,5	63,5	2,6	4,0	60,9	6,5	10,1
170	17	62,5	58,2	2,6	4,3	55,6	7,7	11,9
180	18	73,8	69,6	2,6	4,2	67,0	6,2	9,7
190	19	68,6	64,9	2,6	3,7	62,3	5,9	9,1
200	C 20	51,7	49,2	2,6	2,5	46,6	5,3	8,2

IRRIGATION DIFFERENTIELLE NDIOL 93

2^e PROFIL HYDRIQUE : PRELEVEMENT LE 21/09/93

Position 3

Profondeur cm	N° Boîte	Poids Frais + Boîte	Poids Sec + Boîte	Poids Vide	Poids d'eau	Poids Terre sèche	% HF	% HV
	1	2	3	4	5	6	7	8
10	15	92,5	88,0	29,2	4,5	58,8	7,6	1,8
20	16	92,2	88,4	29,3	3,8	59,1	6,4	9,9
30	46	62,1	59,7	2,6	2,4	57,1	4,2	6,5
40	47	54,3	52,7	2,6	1,6	50,1	3,1	4,8
50	48	65,2	63,0	2,6	2,2	60,4	3,6	5,6
60	1	84,3	82,4	29,2	1,9	53,2	3,5	5,4
70	2	62,3	61,0	29,2	1,3	31,8	4,0	6,2
80	3	85,0	83,0	29,2	2,0	53,8	3,7	5,7
90	4	75,8	74,2	29,2	1,6	45,0	3,1	5,4
100	5	81,1	79,0	29,2	2,1	49,8	4,2	6,5
110	6	83,5	80,8	29,2	2,7	51,6	5,2	8,1
120	7	79,8	77,3	29,2	2,5	48,1	5,1	7,9
130	8	81,9	78,8	29,2	3,1	49,6	6,2	9,6
140	9	80,6	77,5	29,2	3,1	48,3	6,4	9,9
150	10	77,8	75,0	29,2	2,8	45,8	6,1	9,5
160	11	86,8	84,1	29,2	2,7	54,9	4,9	7,6
170	12	89,8	86,7	29,2	3,1	57,5	5,3	8,2
180	13	88,9	86,0	29,2	2,9	56,8	5,1	7,9
190	14	92,9	90,3	29,2	2,6	61,1	4,2	6,5

IRRIGATION DIFFERENTIELLE N°01. 93

3^e PROFIL HYDRIQUE : PRELEVEMENT DE 2/10/93

osition i

Prof. cm	N° Boîte	Poids Frais + Boîte	Poids sec + Boîte	Poids vide	Poids d'eau	Poids terre sèche	% HP	% HS
	1	2	3	4	5	6	7	8
10	42	79.3	75.4	29.2	3.9	46.2	8.4	13.3
20	43	95.0	91.4	29.2	3.6	42.2	5.8	9.0
30	44	86.1	82.6	29.2	3.5	39.4	6.6	10.2
40	45	73.1	70.9	29.2	2.7	41.7	6.5	10.0
50	46	87.5	84.6	29.2	2.9	55.4	5.2	8.1
60	47	87.6	85.0	29.2	2.6	55.8	4.5	7.2
70	48	93.5	90.7	29.2	2.8	61.5	4.6	7.1
80	49	89.9	87.4	29.2	2.5	58.2	4.5	6.9
90	50	71.4	69.7	29.2	1.7	40.5	4.2	6.5
100	51	66.8	63.8	2.6	3.0	61.2	4.9	7.6
110	52	74.0	69.9	2.6	4.1	67.3	4.1	6.4
120	53	69.4	65.9	2.6	3.5	63.3	5.5	8.6
130	54	62.4	59.4	2.6	3.0	56.8	5.3	8.2
140	55	64.7	61.4	2.6	3.3	58.8	5.6	8.7
150	56	73.9	70.3	2.6	3.6	67.7	5.3	8.2
160	57	69.3	66.3	2.6	3.0	53.7	5.7	8.7
170	58	63.8	61.0	2.6	2.8	58.4	4.8	7.4
180	59	54.8	52.6	2.6	2.2	50.0	4.4	6.8
190	60	64.9	62.4	2.6	2.5	59.8	4.2	6.5
200	61	66.1	63.5	2.6	2.6	60.9	4.3	6.6

IRRIGATION DIFFERENTIELLE NDIOL 93
3^e PROFIL HYDRIQUE : PRELEVEMENT LE 2/10/93

Position 2

Prof. cm	N° Boîte	Poids Frais + Boîte	Poids sec: t Boîte	Poids vide	Poids d'eau	Poids Terre sèche	% H ₂ O	% HV
	1	2	3	4	5	6	7	8
10	1	65.1	62.7	29.2	2.4	33.5	7.7	11.1
20	2	88.9	84.8	29.2	4.1	55.6	7.7	11.4
30	3	90.8	87.3	29.2	3.7	57.9	6.5	9.9
40	4	62.0	60.4	29.2	1.6	31.2	5.1	7.9
50	5	90.2	87.4	29.2	2.8	58.2	4.8	7.5
60	6	88.6	86.2	29.2	2.4	57.0	4.7	6.5
70	7	91.2	88.7	29.2	2.5	59.5	4.2	6.5
80	8	84.0	82.0	29.2	2.0	52.8	3.8	5.9
90	9	76.6	74.6	29.2	2.0	45.4	4.4	6.8
100	10	69.1	67.5	29.2	1.6	38.3	4.2	6.5
110	11	86.1	83.8	29.2	2.3	54.6	4.2	6.5
120	12	85.2	82.3	29.2	2.9	53.1	5.5	6.5
130	13	83.0	78.9	29.2	4.1	49.7	8.3	12.8
140	14	88.5	84.1	29.2	4.4	54.9	8.0	12.4
150	15	91.7	87.9	29.2	3.8	58.7	6.5	10.0
160	16	90.4	92.3	29.2	4.1	63.1	6.5	10.1
170	17	97.9	93.7	29.2	4.2	64.5	6.5	10.1
180	18	91.8	87.9	29.2	3.9	58.7	6.6	10.3
190	19	101.2	97.4	29.2	3.8	68.2	5.6	8.6
200	20	79.4	77.2	29.2	2.2	48.0	4.6	7.1
210	21	74.5	72.6	29.2	1.9	43.4	4.4	6.8

IRRIGATION DIFFERENTIELLE NDIOL 93
3^e PROFIL HYDRIQUE : PRELEVEMENT LE 2/10/93

sition 3

Prof. cm	N° Boîte	Poids Frais + Boîte	Poids sec + Boîte	Poids vide	Poids d'eau	Poids Terre sèche	% PP	% PV
	1	2	3	4	5	6	7	8
10	22	70.6	68.3	29.2	2.3	39.1	5.9	9.1
20	23	83.0	80.6	29.2	2.4	51.4	6.7	7.2
30	24	86.0	84.3	29.2	2.3	55.1	3.1	4.8
40	25	82.1	80.5	29.2	1.6	51.3	3.1	4.8
50	26	75.8	74.4	29.2	1.4	45.2	3.1	4.8
60	27	67.2	66.0	29.2	1.2	36.8	3.3	5.1
70	28	77.7	76.2	29.2	1.5	47.0	3.2	5.0
80	29	80.6	78.9	29.2	1.7	49.7	3.1	5.3
90	30	85.2	83.3	29.2	1.9	54.1	3.5	5.4
100	31	77.6	75.8	29.2	1.8	46.6	3.9	6.0
110	32	72.3	70.7	29.2	1.6	41.5	3.8	6.0
120	33	70.0	68.4	29.2	1.6	39.2	4.1	6.3
130	34	85.4	82.9	29.2	2.5	53.7	4.7	7.2
140	35	89.4	86.5	29.2	2.9	57.3	5.1	7.8
150	36	93.9	88.4	29.2	3.5	59.2	5.9	9.2
160	37	84.1	81.2	29.2	2.9	52.0	5.6	8.6
170	38	86.5	83.5	29.2	3.0	54.3	5.5	8.6
180	39	87.0	84.5	29.2	2.5	55.3	4.5	7.0
190	40	83.7	81.5	29.2	2.0	52.5	3.8	5.9
200	41	62.1	60.7	29.2	1.4	31.5	4.4	6.9

A N N E X E 6

Comparaison des moyennes de la hauteur des
plantes (Niveau interaction G x E) : Thiago 90/91

Interaction Géotype x Eau	Moyennes HF en cm	Groupes Homogènes	Paramètres Statistiques	
Etiolo-Thal			Moyenne générale	154,64
ET-P2	169,02	a	Symétrie B.	0,00
ET-P1	160,68	a	Aplatissement G.	3,97
ET-P3	149,20	a		
ET-P4	121,18	b		
Sirena			Interaction	
Sir-P2	175,85	a	PPas	24,66
Sir-P1	170,88	a	Test F	2,96
Sir-P3	168,82	a	Probabilité	0,0019
Sir-P4	138,50	b	ET Résiduel	13,16
			C.V.	8,5%
BRAT 208				
298-P1	151,20	a		
298-P2	150,20	a		
298-P3	135,80	a		
298-P4	101,55	b		
Across 7728				
772-P1	200,27	a		
772-P2	193,13	a b		
772-P3	176,67	b		
772-P4	153,88	c		
Synthétique C				
Syn-P1	172,10	a		
Syn-P2	152,32	b		
Syn-P3	131,60	c		
Syn-P4	102,82	d		
Déa				
Dea-P1	163,33	a		
Dea-P4	162,03	a		
Dea-P2	156,45	a		
Dea-P3	154,10	a		

Comparaison des moyennes de la hauteur
des plants (essai CSF - Triage 91/92)

Niveau	Moyennes	B.F. (n=3)		DF
Génotypes				
IC 2686	207,28	a		13,12
Across 7728	202,57	a		
Planosa	197,21	a	b	
Furio	188,13	a	b	
Sabrina	178,29	a	b	
Synthetic C	170,04	a	b	
Siréna	166,74	a	b	
Volga	164,51	a	b	
Cirsabaci	154,11	a	b	
Maka	153,43	a	b	
Dea	153,38	a	b	
Early Thal	151,18	a	b	
DK 250	145,81	a	b	
Sids 8445	134,55	a	b	
Pool 16 Sequia	132,50	a	b	
Across P4	129,55	a	b	
IRAT 258	119,73	a	b	
Pool 16 Guisasa	105,44		b	
Eau				
P ₁	171,77	a		13,44
P ₂	164,94	a		
P ₃	150,42	b		
P ₄	137,07	b		

Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au niveau 5% selon la hauteur des plantes.

Comparaison des moyennes de la hauteur
de l'insertion de l'épi (HE) (mélange CS)
91/92

Niveaux	Moyennes H.E. (m)				
Géotypes		5,10			
Across 7728	121,71				
LG 2688	108,41	a	b		
Pianosa	103,94	a	b		
Sabrina	93,65	a	b	c	d
Synthetic C	90,95	a	b	c	d
Purio	87,21	a	b	c	d
Early Thai	86,44	a	b	c	d
Siréna	86,05	a	b	c	d
Naka	84,89		b	c	d
Pirsaback	78,81	a	b	c	d
Volga	77,01	a	b	c	d
Déa	67,73		c	d	e
Sids 8445	64,29		b		d
Pool 16 Sequia	64,26		b	c	d
IRAT 298	60,96		b	c	d
DK 250	57,74		b	c	d
Across F4	50,55			c	d
Pool 16 Gussao	47,24				d
Eau		4,07			
P ₂	85,15				
P ₁	82,90	a			
P ₃	79,55	a	b		
P ₄	70,58		b		

Tableau comparatif des composantes de rendements à
 Thiago 90/91 (TH) et Ndiol 93 (ND)

	NR/E		NG/RC		*10000	
	TH	ND	TH	ND	TH	ND
Early Thai	13.50	13.30	29.93	29.77	239.83	193.00
Siréna	16.17	14.40	32.31	32.85	247.54	192.88
IRAT 298	13.33	13.20	32.52	35.32	252.50	214.50
Déa	12.50	11.70	30.48	25.90	282.99	177.83
Synthétique	13.83	14.45	29.26	29.75	295.58	189.77
Across 7728	13.17	-	35.47	-	260.66	-
Volga		14.67		33.60		191.77
IG 2688		13.60		27.50		-
Pianosa		14.13		43.20	11	-
DK 250		11.40		25.80		151
Furio		12.10		30.25		207.33
Sabrina		13.32		32.60		147.50
Pool16 Guss		13.07		24.80		207.90
Maka		13.00		31.20		21
Pirsabak		13.60		25.17		187.00

Comparaison des Moyennes du rendement en grains
en q/Ha (niveau Variété et Eau)
Thiago 91/92.

Niveaux	Moyennes des Géotypes	q/ha
Variétés		
Furio	62,32 a	24,53
Pirsaback 8548	52,16 a b	
LG 2688	50,45 a b	
Déa	48,11 a b c	
Sabrina	48,10 a b c	
Siréna	47,88 a b c	
Pianosa	43,17 a b c	
Accross 7728	40,55 a b c	
DK 250	40,05 a b c	
SIDS 8448	38,29 b c	
Pool 16 Gussao	36,12 b c	
Synthétic C	35,14 b c	
Volga	35,06 b c	
IRAT 298	34,71 b c	
Make SR	34,31 b c	
Early Thai	29,66 b c	
Pool 16 Sequia	29,27 b c	
Across 8131	24,77 c	
Eau	66,97 a	
P1	50,64 b	4,19
P2	31,57 c	
P3	12,95 d	
P4		

Tableau de comparaison des rendements
en q/ha entre placettes (Ndiof 93)

VARIETES	P1	P2	P3	P4
Déa	18.44	17.75	15.49	6.44
Siréna	26.27	22.58	19.91	17.04
Volga	24.76	23.46	18.26	19.34
LG 2688	13.55	11.43	12.59	9.88
Pianosa	23.50	27.19	18.94	12.26
DK 250	15.28	13.91	13.60	12.40
Furio	18.75	22.90	19.15	8.48
Sabrina	24.58	23.26	19.65	9.90
IRAT 298	18.17	17.40	10.57	6.57
Synthétique	19.74	12.76	11.65	11.65
Early Thaï	13.24	16.37	14.35	9.29
Pool16 Gussao	11.63	16.34	17.41	10.60
Naka	20.35	26.35	16.03	7.93
Pirsaback	8.42	10.88	9.39	10.54

A N N E X E 7

MESURE DU NOMBRE DE FEUILLES

Indiquer le nombre de plantes observées et le nombre de feuilles observées et visibles par plante. Exemple : 1 plante observée, 2 feuilles observées et 1 feuille visible.

Code Variété	Date	Code	Plantes observées (1)	Feuilles observées (1)	Feuilles visibles (1)
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			

Code Variété	Date	Code	Plantes observées (1)	Feuilles observées (1)	Feuilles visibles (1)
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			

Code Variété	Date	Code	Plantes observées (1)	Feuilles observées (1)	Feuilles visibles (1)
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			
		1			
		2			
		3			
		4			

longueur des rangs récoltés (en m)
 écartement entre rangs (en m)
 Surface récoltée (en m²)

COMPOSANTES DU RENDEMENT

MESURES EFFECTUEES SUR LA TOTALITE DES EPIS

code traitement nom en clair	bloc	no plots	COMPTAGE DU NOMBRE DE RANGS SUR CHACUN DES EPIS												code traitement nom en clair	bloc	Poids de grains (l)	Poids 1000 g 15% (l)	Humidité du grain (l)		
	1																	1			
	2																	2			
	3																	3			
	4																	4			
	1																	1			
	2																	2			
	3																	3			
	4																	4			
	1																	1			
	2																	2			
	3																	3			
	4																	4			

N° parcelle	Variété ou traitement	N° bloc	Nombre de		Humidité de grains (en %)	Poids de grains frais (en kg)	Nombre de pieds versés		(1)	(1)
			pieds	épis			végét.	récolte		
		1								
		2								
		3								
		4								
		1								
		2								
		3								
		4								
		1								
		2								
		3								
		4								
		1								
		2								
		3								
		4								
		1								
		2								
		3								
		4								
		1								
		2								
		3								
		4								

N° parcelle	Variété ou traitement	N° bloc	Nombre de		Humidité de grains (en %)	Poids de grains frais (en kg)	Nombre de pieds versés		(1)	(1)
			pieds	épis			végét.	récolte		
		1								
		2								
		3								
		4								
		1								
		2								
		3								
		4								
		1								
		2								
		3								
		4								
		1								
		2								
		3								
		4								
		1								
		2								
		3								
		4								

(1) Notations complémentaires, préciser l'objet, nombre de plantes charbonnées, touchées par la pyrale... etc.

TABLEAU DE NOTATION DE L'INDICE FOLIAIRE I

	Plante 1	Plante 2	Plante 3	Plante 4	Plante 5	Plante 6	Plante 7	Plante 8	Plante 9	Plante 10	Moyennes L et l	Surface par plante L x l x 0,7
Feuille 1*	L l											
Feuille 2	L l											
Feuille 3	L l											
Feuille 4	L l											
Feuille 5	L l											
Feuille 6**	L l											
Feuille 7	L l											
Feuille 8	L l											
Feuille 9	L l											
Feuille 10	L l											
Feuille 11	L l											
Feuille 12	L l											
Feuille 13	L l											
Feuille 14	L l											
Feuille 15	L l											

L = longueur * Feuille 1 = feuille terminale
 l = largeur maximale ** Souligner la feuille de l'épi
 D = nombre de plantes par mètre carré (nbre de plantes sur 10 m x écartement en m)

$$IF = SF/pl \times D \times 10^{-5} =$$

Surface foliaire par
plante (SF/pl)

TABLEAU DE NOTATION DE L'INDICE FOLIAIRE II

	Plante 1	Plante 2	Plante 3	Plante 4	Plante 5	Plante 6	Plante 7	Plante 8	Plante 9	Plante 10	Moyennes L et l	Surface par plante L x l x 0,7
Feuille 1*	L l											
Feuille 2	L l											
Feuille 3	L l											
Feuille 4	L l											
Feuille 5	L l											
Feuille 6**	L l											
Feuille 7	L l											
Feuille 8	L l											
Feuille 9	L l											
Feuille 10	L l											
Feuille 11	L l											
Feuille 12	L l											
Feuille 13	L l											
Feuille 14	L l											
Feuille 15	L l											

L = longueur * Feuille 1 = feuille terminale
 l = largeur maximale ** Souligner la feuille de l'épi
 D = nombre de plantes par mètre carré (nbre de plantes sur 10 m x écartement en m)

$$IF = SF/pl \times D \times 10^{-5} =$$

Surface foliaire par
plante (SF/pl)

