

Dominique Rollin.
R.D. ODR. P.P.
VI 90

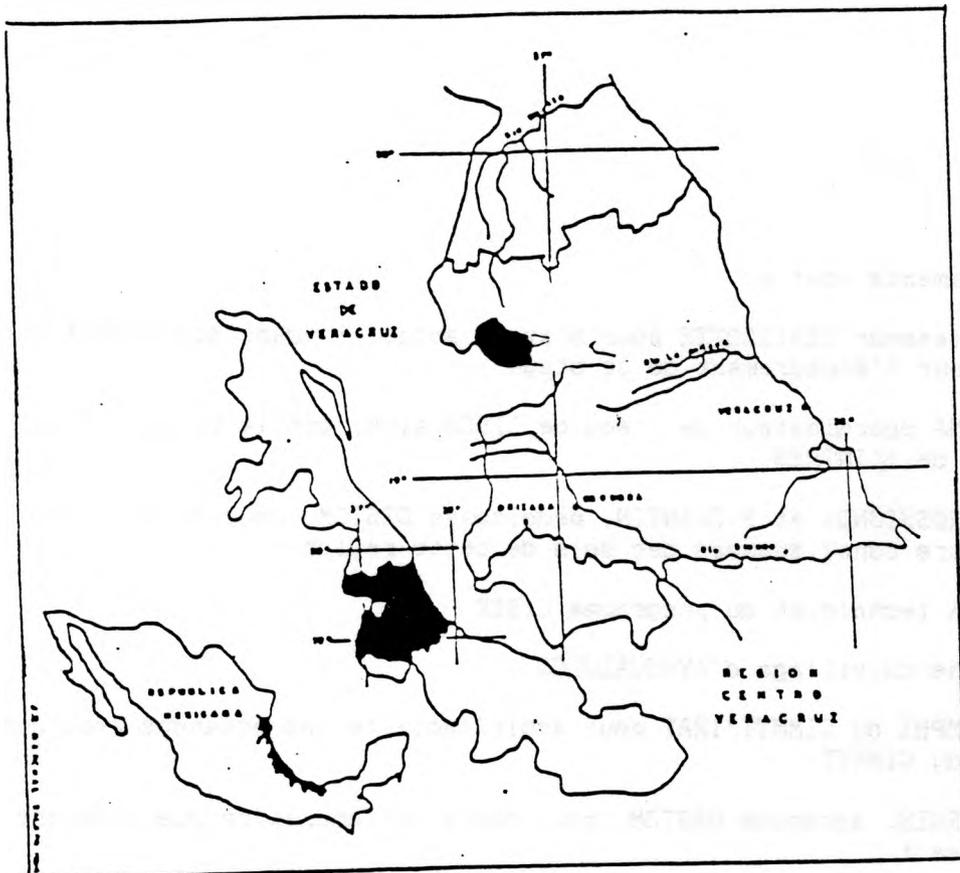
INAPG CHAIRE D'AGRONOMIE
16 rue Claude Bernard
75005 PARIS FRANCE

LABORATOIRE STRUCTURE ET
METABOLISME DES PLANTES
UNIVERSITE PARIS-SUD (XI)
BAT 490, 91045 ORSAY

ANALYSE DE L'ELABORATION DU NG/m^2 DE LA CULTURE DE MAIS
DANS UN VILLAGE DE LA SIERRA DE VERACRUZ - MEXIQUE -

T. DUCHENNE
Novembre 1988

MEMOIRE DE D.E.A. DE PRODUCTION VEGETALE



LOCALISATION DE LA REGION D'ETUDE

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont à :

- Mr le Professeur SEBILLOTTE pour m'avoir accueilli dans son laboratoire et Mr FLEURY pour l'encadrement de ce stage
- Mr R. PALMA coordinateur de l'équipe LIDER ainsi que le personnel du laboratoire de l'INIREB
- Mrs J.P. ROSSIGNOL et P.QUANTIN, pédologues ORSTOM, pour m'avoir fait partager leurs connaissances des sols de cette région
- Mr F.OCHOA technicien du programme LIDER
- les paysans du village d'AYAHUALULCO
- Mr B.TRIOMPHE du CIMMYT/IRAT pour avoir facilité les échanges avec des chercheurs du CIMMYT
- Mme A.BIARNES, agronome ORSTOM, pour notre collaboration que j'espère longue et fructueuse !
- l'ORSTOM pour les moyens mis à ma disposition pour la réalisation de ce travail

SOMMAIRE

I. - CADRE DE L'ETUDE	p 1
II. - PROBLEMATIQUE	p 1
III.- METHODE D'ETUDE	p 2
3-1 Présentation générale	p 2
3-2 Hypothèses et connaissances utilisées	p 2
3-2-1 Hypothèses de stratification du milieu	
3-2-2 Hypothèses de stratification des pratiques paysannes	
3-2-3 Connaissances utilisées concernant les andosols	
3-2-4 Connaissances utilisées concernant la physiologie du maïs	
3-2-5 Modèles de fonctionnement du peuplement végétal utilisés	
3-3 Présentation du dispositif	p 6
3-3-1 Organisation	
3-3-2 Présentation des parcelles, des stations et du cycle cultural	
3-3-3 Mesures réalisées	
3-3-4 Règles d'utilisation des variables de substitution des critères d'état du peuplement végétal	
IV. - RESULTATS	p 14
4-1 Présentation générale	p 14
4-2 Interprétation et discussion	p 14
4-2-1 Situation à la récolte	
4-2-2 Etude de la phase floraison femelle-stade limite d'avortement	
4-2-3 Etats du peuplement à la floraison	
4-2-3-1 Parties souterraines	
4-2-3-2 Parties aériennes	
4-2-3-2-1 Minéraux absorbés	
4-2-3-2-2 Autres critères d'état du peuplement	
4-2-4 Etude de la phase linéaire de croissance	
4-2-5 Etude de la phase exponentielle de croissance	
4-2-6 Quelques remarques sur la phase semis - levée	
4-3 Synthèse	p 27
4-3-1 Synthèse des résultats	
4-3-2 Remarques sur le protocole	
CONCLUSION	p 30
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

I.- CADRE DE L'ETUDE

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme LIDER (Laboratorio de Investigacion y Desarrollo Regional) conduit par l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) et l'INIREB (Instituto de Investigacion Sobre Recursos Bioticos) sur la région de XALAPA, Etat de Veracruz, Mexique. La région d'étude se situe à 19 ° de latitude nord sur le versant pluvieux du Cofre de Perote, volcan qui domine la région. Dans le cadre de ce programme, un travail de caractérisation des systèmes de production agricole a été initié en octobre 1986 dans la commune d'Ayahualulco, le long d'un transect de 1800 à 3000 m d'altitude (annexe 1). La principale culture de la commune, sur le versant pluvieux du volcan, est le maïs cultivé dans des exploitations minifundistes (annexe 2). Ces exploitations comptent moins de 10 ha. Leurs membres sont chaque année obligés de travailler à l'extérieur pour compléter leurs revenus (Biarnes et Duchenne, 1987), ce qui n'est pas sans conséquence sur la conduite des cultures.

En 1988 il a été jugé nécessaire d'adjoindre à ce travail un dispositif d'enquête agronomique afin d'apprécier les liens existants entre itinéraires techniques, états du milieu, états du peuplement végétal et rendement de la culture étudiée. En effet, le dispositif de suivi d'exploitation mis en place en 1987-88 ne permettait pas de comprendre comment les niveaux de rendement en maïs observés étaient atteints par les cultivateurs de cette région. On souhaitait en particulier séparer ce qui pouvait être attribuable au milieu de ce qui était dû aux pratiques techniques.

II.- PROBLEMATIQUE

L'étude réalisée en 1987 sur les systèmes de production (Biarnes, 1988) à l'échelle des exploitations agricoles de ce village a conduit à trois constats:

- Les rendements en maïs observés, dans la commune en général et dans le village étudié en particulier, sont généralement bas; de l'ordre de 20 à 25 quintaux/ha,
- les densités de semis sont fréquemment faibles,
- Le nombre d'épi par pied (NE/NP) est plus faible sur les terrains en pente que sur les terrains plats (annexe 3)

Ces valeurs sont-elles dues à des différences de conduite des parcelles, à une fertilité du milieu différente ou aux deux?

Qu'est ce qui empêche d'augmenter le NP/m²?

Pour répondre à ces questions un dispositif d'enquête agronomique en milieu paysan a été retenu.

Le rendement en grain du maïs peut s'écrire comme suit :

$$\text{Rendement} = \text{NG/m}^2 \times \text{PIG.}$$

Avec:

NG/m² = nombre de grains par m²

PIG = poids d'un grain

Afin de limiter notre analyse nous avons écarté l'étude de l'élaboration du PIG pour nous consacrer à celle du NG/m². De plus, on observe fréquemment au champ une bonne relation entre NG/m² et rendement pour le maïs.

III.- METHODE D'ETUDE

3-1 Présentation générale

Dans un premier temps nous choisirons des hypothèses de stratification du milieu étudié. Notre démarche consistera ensuite à utiliser la plante comme révélateur de la fertilité du milieu, à explorer une gamme limitée de situation et à se référer à des modèles connus de fonctionnement du peuplement végétal au champ pour analyser l'écart des résultats des différentes stations d'observation à ces modèles.

Les paramètres de ces modèles, ou critères d'état, seront estimés par des variables de substitution non destructives. Ceci permet de limiter le temps de travail et les prélèvements chez les agriculteurs. Ces variables de substitution seront étalonnées aux critères d'état grâce à la destruction d'échantillons restreints de plantes. Pour le choix et l'échantillonnage de ces variables de substitution nous disposons des acquis de travaux similaires (Tardieu, 1984; Guirlet et Hernandez, 1986).

Enfin cette méthode consiste à expliquer un état du peuplement, non explicable par le modèle connu, par un état précédent et/ou par le niveau des ressources fournies par le milieu entre les deux états. Nous commencerons donc par analyser les résultats à la récolte pour remonter dans le temps.

Les sols de notre région d'étude ayant des caractéristiques physico-chimiques particulières, nous avons été conduit à créer quelques situations expérimentales avec une forte fertilisation chimique au champ pour nous rapprocher des conditions d'expression du potentiel et calculer ainsi les coefficients des modèles.

3-2 Hypothèses et connaissances utilisées

3-2-1 Hypothèses de stratification du milieu

Sur la base des résultats d'un travail de caractérisation morphopédologique des sols de cette commune réalisé par Rossignol (1987) (annexe 4) et auquel nous avons été associé, deux types de sols ont été retenus dans le dispositif comme pouvant donner des niveaux de fertilité différents. Il s'agit de sols sur matériaux volcaniques: andosols humique et différencié. Ces sols s'opposent par :

- la diminution du taux de matière organique en profondeur dans le profil de l'andosol différencié, de 9 % à moins de 1 %, et au contraire la stabilité de ce taux pour l'andosol humique, environ 10 % (annexe 5).
- une structure plus massive pour les horizons profonds de l'andosol différencié qui pourrait constituer un obstacle au développement racinaire.

Le climat n'est pas considéré comme variable expérimentale afin de limiter le dispositif et parce que nous ne disposons que des données climatiques de la seule station proche située à 1800 m d'altitude et à 3 kilomètres des parcelles observées (station météo d'Ixhuacan). Nous n'avons cependant pas pu éviter quelques variations dans les dates de semis des parcelles choisies.

Nous avons choisi l'ensemble des parcelles du dispositif à une même altitude

3-2-2 Hypothèses de stratification des pratiques paysannes

La complantation avec du haricot (en pied ou grimpant) est encore fréquente à cette altitude (annexe 6). Elle ne s'accompagne pas d'une augmentation de la distance sur la ligne entre deux pieds de maïs (annexe 7). Dans le dispositif d'enquête n'ont été retenues que des stations d'observation semées en maïs pur.

Les densités de peuplement sont très variables (annexe 8), de 3,5 à 8,5 pieds par m², et ne semblent pas pouvoir être reliées facilement à un type de fonctionnement d'exploitation agricole. Cette variabilité est imputable plus nettement à une différence de nombre de poquets par m² (NPo/m²), de 1,7 à 3,3 NPo/m², qu'à une différence de nombre de pieds par poquet (NP/NPo), 2 à 2,9 NP/NPo. Nous rappelons qu'un poquet est un ensemble de pieds semés au même endroit (1 à 4 pieds).

Les appellations vernaculaires des variétés distinguent les maïs selon la couleur du grain: maïs "blanco", "amarillo", "pinto", "negro". Ces "variétés" recouvrent en fait des variétés-populations au sens génétique puisque les paysans font une sélection massale de leur maïs. Une parcelle n'est très généralement semée qu'avec un seul type de variété. Au moment du choix des parcelles nous avons réalisé une enquête rapide afin de connaître l'importance quantitative des différentes variétés-populations pour choisir les plus représentatives (annexe 9). En choisissant les variétés "blanco" et "pinto" nous couvrons environ les trois quarts des situations. L'hypothèse a été faite au départ que ces dénominations recouvraient bien des caractéristiques variétales réelles. Nous avons cherché à tester cette hypothèse au travers des résultats de nos suivis de stations.

Les paysans ne sèment quasiment jamais de maïs "pinto" dans les andosols humiques. Ce type de situation ne sera donc pas rencontré dans notre dispositif. Pour les agriculteurs cette variété est plus apte à supporter les conditions de culture des terres en pente (andosol différencié).

3-2-3 Connaissances utilisées concernant les andosols

Les caractéristiques générales des andosols figurent en annexe 10.

Pour Quantin et Rossignol (communications orales) la RU de ces sols à cette altitude est d'environ 100 mm.

Les andosols ont un pouvoir fixateur en phosphore très élevé (Quantin, 1982) et l'on ne peut espérer une réponse au phosphore qu'à partir de 3000 à 4000 ppm.

On n'observe pas d'états structuraux anthropiques gênants pour le développement racinaire. Par contre on peut rencontrer des horizons à structure massive en profondeur pour des andosols différenciés.

Les pH H₂O sont bas et l'acidité peut créer des problèmes de libération d'aluminium et de toxicité aluminique en dessous de pH 5 à 5,5. Les pH mesurés en 1987 dans des parcelles proches variaient de 3,9 à 5,7, les situations les plus fréquentes sont de 5 à 5,5.

Ces andosols sont fortement désaturés. La saturation de la capacité d'échange

Nous ne disposons pas d'information sur la minéralisation de la matière organique. En altitude (climat froid) le ratio Ac. humiques/Ac. fulviques est supérieur à 1 et le ratio C/N est élevé (Quantin, 1982-1987) ce qui traduit une faible minéralisation de la matière organique.

Sur la base des profils décrits par Quantin et Rossignol nous retiendrons la couleur de la terre comme indicateur rapide et pertinent pour nous renseigner sur l'épaisseur des différents horizons et leur richesse relative en matière organique. Ceci nous a permis d'apprécier l'hétérogénéité intra station.

3-2-4 Connaissances utilisées concernant la physiologie du maïs

L'homogénéisation qui s'opère sur les épis et les soies au moment de la floraison rend possible la distinction de deux grandes phases chez le maïs: une phase pré-floraison et une phase post-floraison (Fleury, exposé colloque ADEPRINA 1988).

La phase pré-floraison est marquée par la différenciation du méristème terminal, des bourgeons axillaires puis de l'inversion de la séquence de taille des bourgeons (Blondon, 1983). La quantité de matière sèche produite pendant cette phase suit différents modèles. Le modèle est d'abord exponentiel, et peut être appliqué entre 4 et 10 feuilles, puis linéaire entre 10 et 16 feuilles pour des maïs à 21 feuilles comme ceux de notre étude (Fleury, communication orale).

Les stades de développement de la panicule et de l'épi principal du maïs peuvent se dater en pourcentage du nombre de feuilles totales (% NFT) (Gay et Menetrier cités par Blondon, 1983) (annexe 11). Ainsi pour ces auteurs on peut situer la différenciation du nombre d'épi par pied (NE/NP) à environ 50 % NFT, la différenciation du nombre de rangs par épi (NR/NE) de l'épi principal à 60 % NFT et la différenciation du nombre de fleurs à partir de 70 % NFT soit respectivement pour des maïs de 21 feuilles à environ 10, 12 et 14 feuilles.

Pour Fischer et Palmer (1984) la différenciation du nombre de fleurs à 940 m d'altitude dans une région située un peu au nord de la région de nos observations s'effectue entre 10 et 20 feuilles (annexe 12).

Pour Bertrand (communication orale) le nombre de fleurs total est peu affecté par les conditions de croissance jusqu'au stade E.

Ceci nous a conduit à choisir comme dates pertinentes d'observation quant aux stades de développement et aux phases de croissance de nos maïs environ 45 et 70 % NFT soit respectivement environ 9,5 et 15,5 feuilles. Nous ne pouvions a priori connaître le NFT de nos maïs, nous avons donc noté à chaque passage le nombre de feuilles visibles (NFV) et à la floraison le NFT pour vérifier a posteriori les dates de nos observations dans les stations.

Concernant la phase post-floraison, le nombre de grains à remplir est déterminé au stade limite d'avortement (SLA) estimé par Fleury (communication orale) à environ 240 °J après floraison femelle.

Le nombre de grains par pied (NG/NP) peut être relié au niveau de biomasse atteint à la floraison. Cependant pour un même NG/NP on peut observer une variabilité du poids de matière sèche de la plante à la floraison. Il existe un effet de seuil lié à l'expression de chaque épi (Navarro, 1984). Ceci nous a conduit à chercher un indicateur du nombre de fleurs à soies émergées (NFSE) à la floraison plutôt qu'un indicateur de biomasse pour estimer la "taille du puits" à la floraison.

3-2-5 Modèles de fonctionnement du peuplement végétal utilisés

Le peuplement au champ a deux niveaux d'organisation: le pied et le poquet. Il nous faut donc préciser l'échelle de compétition pour le rayonnement avec cette structure de peuplement.

Le poquet est l'échelle d'analyse pour la phase exponentielle. En effet, nous avons marqué un pied au hasard (petit, moyen, gros) de chaque poquet. Nous couvrons ainsi la gamme de variation des poids de semences initiaux et des types de poquets à 1,2,3,4 graines. Nous prendrons comme hypothèse simplificatrice que les pieds les plus gros durant cette phase ne sont pas systématiquement issus de poquet à une seule graine.

En phase linéaire de croissance (+ de 10 feuilles) les individus sont en compétition pour la lumière à l'échelle de la surface. La densité de semis sera une des variables pertinentes pour comparer les situations.

Nous utiliserons deux modèles pour l'analyse de nos données:

- un modèle utilisant la somme de température et la densité en phase de croissance linéaire,
- un modèle d'efficacité du rayonnement pour la phase floraison femelle-stade limite d'avortement.

Modèle somme de température et densité

Notre dispositif d'enquête nous ne permet pas d'effectuer des observations synchrones. Afin de décorréler nos observations d'état de croissance de la densité et la date (somme de température) nous avons bâti un modèle inspiré de celui proposé par Scaife et Jones (1975) pour la laitue. Pour ces auteurs le poids d'une plante à un instant t peut être exprimé par la relation :

$$1/P = 1/P_0 \cdot e^{-k \cdot t} + 1/P_{max} + b \cdot d$$

dans laquelle

- P = poids à l'instant t
- P₀ = poids initial d'un individu isolé
- P_{max} = poids maximum d'un individu isolé
- k = RGR
- t = temps (somme de température par exemple)
- b = constante
- d = densité

Ne pouvant estimer RGR, P_{max} et P₀ nous avons cherché un modèle additif qui ne déforme pas trop celui proposé par ces auteurs, dans lequel le poids d'un individu est fonction de la somme de température et inversement proportionnel à la densité. Nous supposerons la linéarité de l'effet de la température entre les dates étudiées (45 et 70 % NFT) et nous écrirons:

$$P = a + b \cdot \text{SOMT} + c \cdot 1/d$$

dans lequel

- P = poids d'un individu à un instant t
- SOMT = somme de température
- d = densité

Nous avons pris une base de 6°C pour le zéro de végétation car nos stations sont en altitude. Nous estimerons que ces variétés ne sont pas photopériodique et qu'il existe une concordance entre température enregistrée et température du méristème.

Modèle d'efficience du rayonnement

Le NG/NP peut s'écrire comme :

$$(NG/NP)/RG = PARI/RG \times PARa/PARI \times MS/PARa \times (NG/NP)/MS$$

Avec

NG/NP = nombre de grains par pied

RG = rayonnement global de la phase flo. femelle - SLA

PARI = rayonnement utile à la photosynthèse incident

PARa = rayonnement utile à la photosynthèse absorbé

MS = matière sèche

et:

Ec = efficience climatique = PARI/RG

Ei = efficience d'interception = PARa/PARI

Eb = efficience biologique = MS/PARa

Ep = efficience de la biomasse = (NG/NP)/MS

Nous prendrons un certain nombre d'hypothèses simplificatrices:

Ec = cste = 0,48

Eg = cste

Ei = a LAI et PARa = a LAI 0,48 RG

a = cste pour des LAI faibles

LAI = SFT x NP/m²

Nous verrons au chapitre 3-3-4 que la surface foliaire totale (SFT), estimée par la surface des 9 dernières feuilles (SF9F), est ordonnée avec le produit largeur x longueur de la feuille axillant l'épi (lxL FAE). Cette relation est de type SF9F = b l L, d'où l'indicateur de PARa que nous utiliserons:

iPARa = 0,48 a b l L d RG = c l L d RG avec c = 0,48 ab = cste

et au niveau de la plante:

iPARa = c l L RG

Nous chercherons donc à exprimer le NG/NP en fonction de notre indicateur iPARa à l'échelle de la plante. Nous raisonnerons à l'échelle de la plante et non à celle de la surface pour éviter d'avoir à introduire une autocorrélation due à la densité.

Les calculs de rayonnement global ont été effectués à partir des valeurs de Turc (1961) pour une latitude de 20° nord (annexe 13) .

3-3 Présentation du dispositif

3-3-1 Organisation

10 parcelles ont été choisies selon les critères de stratification retenus: types de sol, variétés, densité.

Dans chaque parcelle nous avons identifié des stations de 400 m². Dans chaque station nous avons marqué 1 plante par poquet x 5 plantes par rang x 3 rangs par placette x 8 placettes par station soit 120 plantes par station. A 45 et 70 % NFT nous avons détruit, pour réaliser l'étalonnage à la matière sèche, la placette dont les mesures étaient les plus variables. Nous avons ainsi dans le dispositif 1920 plantes marquées à 45 % NFT, 1680 plantes à 70 % NFT et 1440 plantes à la floraison.

L'homogénéité intra station a été contrôlée en début de cycle en procédant, à la tarière, à deux observations par station et en observant la couleur du sol

Nous avons bien vérifié juste après semis et aux moments des comptages de grains que les variétés semées étaient celles déclarées par le paysan: du maïs semé "blanco" donne bien des grains "blanco".

Dans 4 parcelles sur andosol humique semées avec du maïs "blanco" et dans une parcelle sur andosol différencié semée avec du maïs "pinto" nous avons apporté une fertilisation chimique élevée pour avoir des situations sans ce facteur limitant. Ce sont les stations 2,4,6,8,12 de notre dispositif. Pour cela nous avons épandu au moment de la préparation du sol 200 kg par station de superphosphate (0-46-0 soit 96 kg de P205). De plus nous avons apporté au semis dans ces mêmes stations 25 kg de 12-12-12 soit 75-75-75 kg par ha. A cette quantité s'ajoute celle apportée par le paysan lors du deuxième épandage d'engrais au buttage.

Ces quantités correspondent respectivement, en tenant compte des mesures de densité apparente réalisées (annexe 15) et pour une profondeur de sol travaillé de 12 cm à:

TABLEAU 1: QUANTITE D'ENGRAIS APPORTEE SUR LES STATIONS A FERTILISATION ELEVÉE (station de 400 m²)
(détails en annexe 16 pour l'ensemble des stations)

STATIONS	P au labour (ppm)	N-P-K semis (kg)	N-P-K buttage (70 à 80 % NFT) (kg)
2	2995	3-3-3	5,5-5,5- 0
4	3423	3-3-3	6,5- 0- 0
6	3194	3-3-3	4- 4- 0
8	3142	3-3-3	9- 0- 0
12	4336	3-3-3	8,5- 1- 0

Malgré l'importance de ces quantités la station 4 n'a pas eu constamment un comportement proche du potentiel comme ont pu l'avoir les autres stations.

La gamme de densité explorée varie de 1,7 à 3,3 NPo/m² et de 3,2 à 8,5 NP/m² (schéma 1)

Au total 16 stations ont été retenues.
Le schéma du dispositif est le suivant:

SCHEMA 1: LE DISPOSITIF

VARIETES "BLANCO"				VARIETES "PINTO"	
ANDO. HUMIQUE		ANDO. DIFFERENCIE		ANDO. HUMIQUE	ANDO. DIFFERENCIE
(P1) T=STA1 d=6,4 P=STA2 d=6,5	(P2) T=STA3 d=5,2 P=STA4 d=5,1	(P8) STA13 d=5,8	(P8) STA15 d=4,1	(P5) STA 9 d=7,4	(P6) STA10 d=6,5
(P3) T=STA5 d=6,5 P=STA6 d=6,4	(P4) T=STA7 d=7,6 P=STA8 d=8,5	(P10) STA16 d=6,5		(P7) T=STA11 d=4,9 P=STA12 d=5,6	
(P9) STA14 d=3,2					

(P) = numero de la parcelles
 STA = numero de station
 d = densité en NP/m2
 T = temoin (fertilisation du paysan)
 P = notre dose de fertilisation

3-3-2 Présentation des parcelles, des stations et du cycle cultural

Les principales caractéristiques des parcelles sont présentées dans le tableau 2. Les parcelles ont été mesurées afin d'apprécier la dose d'engrais apportée par le paysan sur la station (annexe 17). Ce procédé se révèle cependant aléatoire car la répartition de l'engrais dans la parcelle peut être extrêmement variable dans les petites unités de production.

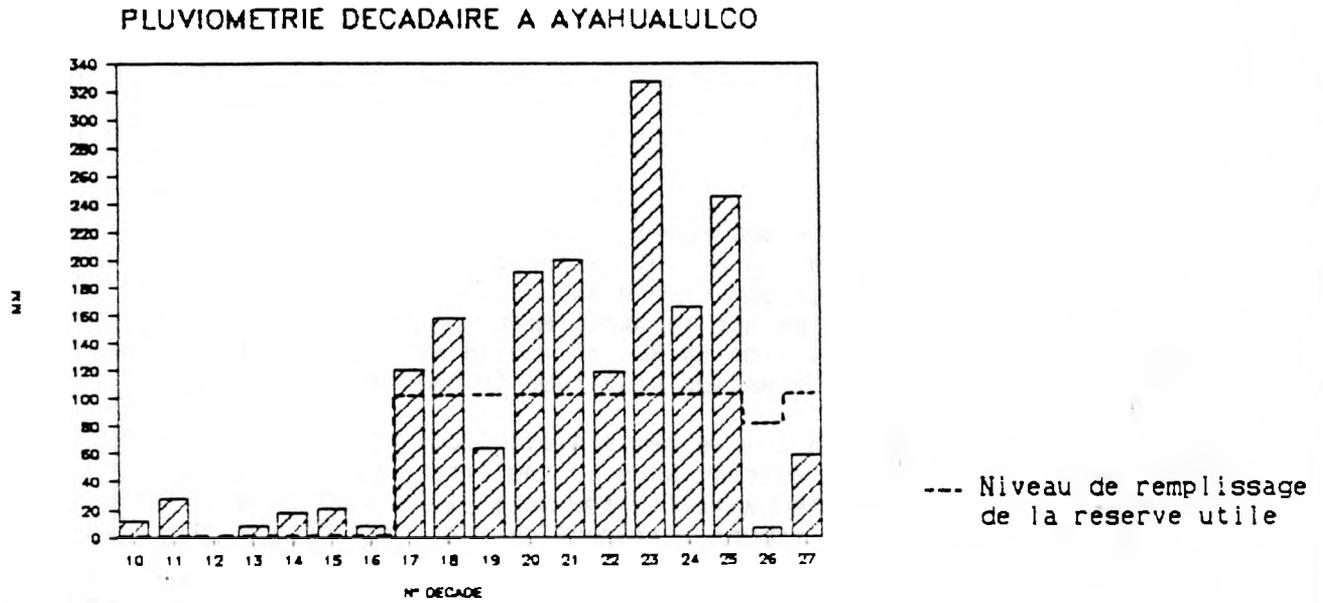
Les itinéraires techniques pratiqués figurent en annexe 18. On retiendra de ces itinéraires techniques leur diversité: variabilité des doses d'engrais apportées et hétérogénéité des pratiques de desherbage.

L'évolution de la pluviométrie décadaire, de la réserve utile (RU) estimée et

TABLEAU 2: PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES PARCELLES

PARCELLES	N°	SUP. (ha)	PENTE, ORIENT.	VAR (1)	ORIGINE SEMENCES	HISTOIRE CULTURALE ET FONCIERE
ARMANDO	1	0,17	0	B	de l'UP	sème du maïs chaque année depuis + de 15 ans, en 88 cultivée "a medias"(2)
DIEGO	2	0,14	0	B	de l'UP	sème du maïs chaque année depuis plus de 25 ans en propriété
MANUEL	3	0,71	0	B	de l'UP	héritée du père depuis + de 30 ans, sème chaque année du maïs + haricot (indivise entre 3 frères)
SILVINO (plat)	4	0,15	0	B	de l'UP	Héritée depuis 5 ans sème du maïs chaque année
SILVINO (coteaux)	5	0,42	0	P	de l'UP	louée depuis 2 ans après un an de jachère, propriétaire absenteïste
FILEMON	6	0,57	50 % N-N-0	P	de l'UP	propriété sème du maïs et du haricot depuis 7 ans avant syst. rosa-tumba-quema (3)
E. TRUJILLO	7	0,82	24 % 0-S-0	P	de l'UP	propriété, maïs + haricot depuis 5 ans, avant était en forêt
E. GALICIA	8	1,00	36 à 58% 0-S-0	B	de l'UP	propriété, rotation maïs pomme de terre depuis 3 ans, avant était en forêt
ALFONSO	9	0,86	0	B	de l'UP	Propriété de sa mère depuis 30 ans, sème du maïs chaque année
PABLO	10	0,28	15 % S	B	achetée à 2300 d'ait.	Propriété depuis 7 ans, sème du maïs chaque année

SCHEMA 3: PLUVIOMETRIE DECADEIRE, NIVEAU DE LA RESERVE UTILE ET DATES DES DIFFERENTES MESURES (même échelle de temps pour l'ensemble du schéma)



STA.	LEVEE	1ERE MS	ZEME MS	FLU F. +240°J	
1	7/4	11/5	9/6	29/7	17/8
2	7/4	11/5	9/6	26/7	15/8
3	8/4	11/5	14/6	3/8	22/8
4	8/4	10/5	14/6	23/7	12/8
5	2/4	10/5	9/6	17/8	4/9
6	2/4	10/5	9/6	4/8	23/8
7	5/4	11/5	10/6	19/8	7/9
8	5/4	11/5	10/6	5/8	24/8
9	31/3	16/5	14/6	13/8	31/8
10	7/4	16/5	17/6	18/8	6/9
11	4/4	12/5	16/6	24/8	13/9
12	4/4	12/5	15/6	16/8	3/9
13	4/4	16/5	17/6	20/8	8/9
14	7/4	16/5	16/6	13/8	31/8
15	4/4	2/6	22/6	17/8	4/9
16	27/4	2/6	30/6	30/8	19/9

pouvons supposer qu'une mesure réalisée à une altitude plus basse, donc avec des températures plus chaudes, surestime celle de notre situation,

- la RU est supérieure à 100 mm, *ou le bac classe A surestime l'ETP (advection)*
- le sol a un comportement de self mulching qui préserve l'humidité en profondeur. Cette dernière hypothèse pourrait être la plus acceptable car ces sols de cendres volcaniques deviennent très pulvérulents en surface au dessèchement. L'ETP serait alors non pertinente pour rendre compte de l'état hydrique du peuplement.

Quelques faits méritent d'être soulignés.

Dans la parcelle 8 (stations 13 et 15) le précédent cultural était la pomme de terre cultivée en contre saison (semis en octobre, récolte début mars). Ceci a des conséquences importantes sur le déroulement du maïs suivant. Nous estimons que cette culture a vidé la RU, et que le maïs a été implanté dans un sol sec. Jusqu'au début de la saison pluvieuse le maïs était constamment près du point de flétrissement.

Dans la parcelle 10 (station 16) le semis a été réalisé en retard: fin avril, contre début avril pour les autres. Nous ne négligeons pas ces variables "parasites" de notre plan d'échantillonnage mais il ne nous a pas été possible de les éviter pour avoir un nombre suffisant de stations rentrant dans les critères choisis.

3-3-3 Mesures réalisées

Le tableau 3 présente les différentes mesures réalisées.

3-3-4 Règles d'utilisation des variables de substitution des critères d'état du peuplement

Nous avons pris comme variable de substitution (ou indicateur) de la matière sèche la hauteur (feuilles dressées) x par le diamètre au carré (HD²). Cet indicateur a déjà été utilisé précédemment (Tardieu, 1984; Guirlet et Hernandez, 1986). Nous avons vérifié sa corrélation, par variété, pour les 2 mesures, à la MS (annexe 21). Une différence assez nette apparaît dans les paramètres des régressions entre les deux variétés.

Comme indicateur de l'indice foliaire nous avons retenu la longueur x par la largeur de la feuille axillant l'épi x par la densité (lxL FAE x NP/m²). Nous avons vérifié que l'indicateur lxL était bien corrélé à la surface de la FAE et à la SF9F (annexe 22). Nous n'avons considéré dans le calcul de la surface foliaire totale (SFT) que les 9 dernières feuilles car la mesure a été réalisée un peu après la floraison et qu'il était parfois difficile d'apprécier la fonctionnalité des feuilles du bas de la plante. Nous avons vérifié que ces feuilles étaient les plus affectées par les conditions de croissance. Nous l'avons vérifié en comparant les surfaces foliaires de chaque feuille de même rang ayant reçu la fertilisation élevée au témoin le plus élevé sur des plantes ayant le même nombre de feuilles totales (annexe 23).

TABLEAU 3: MESURES REALISEES

MESURES	REALISATION	NOMBRE
<u>MILIEU:</u>		
Climat	Température mini Température maxi Pluviométrie	par jour par jour par jour
Profil hydrique:	à la fin de la période sèche	1 / station
Profil pédologique;		sta 3,4,15
Profils racinaires	maillage de 4 cm x 4 cm	sta 3,4,9,15
Obs. à la tarière:		2 / station
Analyses de sol:	sur profils pédologiques (résultats non disponibles actuellement)	
Mesure d'humidité : à pF4,2 et 3	sur profils pédologiques (résultats non disponibles actuellement)	
<u>PEUPEMENT VEGETAL:</u>		
Densité:	11 rangs x 11 poquets/rang	2 / station
Levée	2 x 1 rang x 11 poquets/rang	/ 3 jours
Croissance	hauteur (feuilles dressées) diamètre (entre 1er et 2ème noeud visible), NFV	1960 plantes 1er contrôle, 1680 2ème contrôle
Matière sèche	105°C 24 h 1ère mesure 105°C 48 h 2ème mesure	240 plantes 240 plantes
Floraison:	dates de floraison mâle et fem. MS soles 3cm de longueur au dessus de l'épi l et L feuille axillant l'épi surface foliaire par technique de l'emporte pièce minéraux absorbés sur feuille axillant l'épi (N,P,K,Ca,Mg) notation visuelle de symptôme de carence en P205, NFT	/3 jours / épi, 1440 plantes / plante (1440) 56 plantes 77 plantes / plante (1440)
Nombre de grains		30 plantes/sta

Comme indicateur du nombre de fleurs à soies émergées (NFSE) nous avons retenu le poids de MS d'une longueur standard de soies (3cm) prélevée toujours de la même façon sur la plante. La coupe s'opère juste au dessus de l'épi, donc avec l'extrémité des spathes ce qui permet de prélever des échantillons rectilignes de soies. Nous rappelons en effet qu'en se desséchant les soies "frisent" énormément. Nous avons vérifié sur 50 épis que MS de 3 cm de soies et nombre de soies étaient bien corrélés (annexe 24).

L'émission de soies peut s'effectuer durant 4 jours après la date de floraison femelle (Gay, 1983). Le passage du pollen par le tube pollinique jusqu'à l'ovule nécessite quant à lui 24 h. Il faudrait donc en théorie attendre 5 jours avant de prélever pour ne pas perturber la fécondation. Lors de nos prélèvements nous n'avons que rarement observé d'émission de soies après des prélèvements précoces. Au moment du traitement des données nous avons néanmoins éliminé toutes les valeurs pour lesquelles la date de prélèvement était inférieure à 3 jours d'écart de la date de floraison femelle. Nous pensons avoir ainsi un indicateur du NFSE/NR qui ne perturbe pas le NG/NP.

A la floraison nous avons estimé visuellement les symptômes de carences en phosphore (échelle; 0=aucun symptôme, 1=symptôme sur gaine, 2= symptôme sur vaisseaux du limbe, 3=taches sur plusieurs feuilles, 4= taches sur toutes les feuilles). Nous avons essayé de relier ces observations au teneur de la FAE en phosphore ce qui ne conduit pas à un classement clairement ordonné (annexe 25). Nous avons également utilisé le programme DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System)(voir présentation du programme en annexe 26) utilisé sur la station expérimentale du CIMMYT à El Batan. Les fondements de ce programme ont été décrits par ailleurs (Summer, 1979; Elwali et al, 1985; Walworth et Summer, 1987). Nous n'observons pas non plus de classement entre observations visuelles des symptômes et notation du programme (annexe 27). Cependant nous nous abstenons de toutes conclusions définitives car les analyses réalisées sur les 77 plantes ne couvraient que les notes 0,1 et 2 d'observations visuelles.

Les profils racinaux à la floraison ont été réalisés avec un maillage de 4cm x 4cm en utilisant la grille de notation de Tardieu (1984).

Nous avons récolté les épis avant maturité sur environ 30 plantes par station. Sur un échantillon de 25 épis nous avons procédé au comptage de tous les grains et à la régression entre le nombre de grains d'un rang moyen x nombre de rangs et le nombre de grains réels (annexe 28). Ce procédé de comptage simplifié conduit à des erreurs pour les faibles nombre de grains réels (cas d'absence de grains sur plusieurs rangs). Pour l'analyse des données nous n'avons retenu que les épis qui possédaient des grains sur tous les rangs ce qui représentent la grande majorité des épis (90 %).

Enfin nous soulignerons les limites à l'utilisation de variables de substitution (ou indicateurs) des critères d'états du peuplement végétal. Ainsi une mesure de type longueur x largeur de la feuille axillant l'épi est corrélée à la surface de la feuille axillant l'épis (SFAE) et également à la surface des neuf dernières feuilles (SF9F). Mais cet indicateur est également corrélé au poids de la feuille axillant l'épis (annexe 29) et le poids de la FAE est corrélé au poids de matière sèche à la floraison (Rutchenko, 1971)(annexe 30). Les risques sont d'une part d'utiliser le même indicateur pour différents critères d'état, d'autre part de trouver systématiquement des corrélations entre indicateurs d'état et critères d'état étant donné les variabilités rencontrées au champ.

IV.- RESULTATS

4-1 Présentation générale

Nous faisons figurer dans le tableau 4 l'ensemble des résultats

Nous vérifions bien que nos observations se sont opérées aux dates souhaitées. 35 à 44 % de NFT et 59 à 74 % de NFT sauf pour la station 15 pour laquelle la date du premier contrôle est trop tardive (59 %). Nous en tiendrons compte lors du dépouillement des données.

4-2 Interprétation et discussion

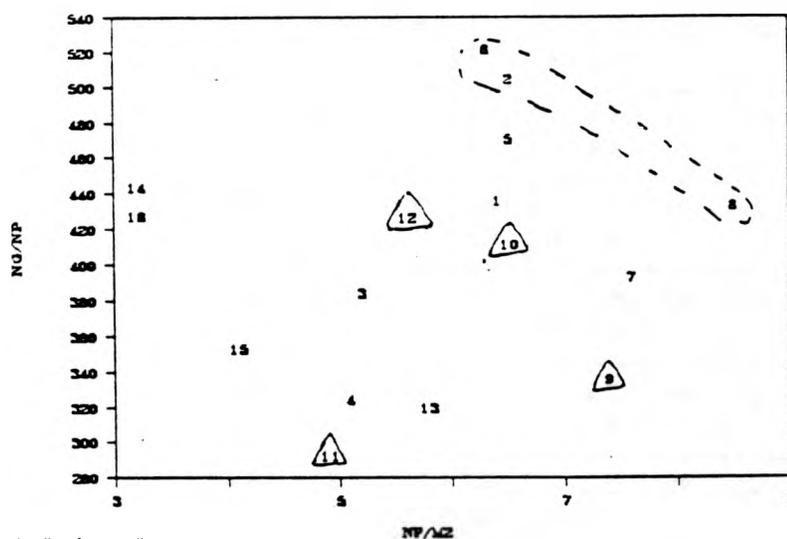
4-2-1 Situation à la récolte

Le NG/m² peut s'exprimer comme :

$$NG/m^2 = NG/NP \times NP/m^2$$

Nous constatons sur le graphique 1 (les numeros sur les graphiques représentent les numeros des stations) que pour la gamme de NP/m² considérée, le NG/NP des pieds possédant au moins un épi n'est pas affecté par la densité jusqu'à environ 6,5 NP/m². Au delà nous remarquons une baisse du NG/NP (stations 2,6,8).

GRAPHIQUE 1 **RELATION ENTRE NG/NP ET NP/M2**



△ = variété "pinto"

Le maximum de NG/m² est atteint par la station 8, 3800 NG/m² environ, mais reste en dessous du potentiel d'une variété "moderne" à 21 feuilles (Fleury, communication orale).

Le NG/NP peut se formuler comme:

$$NG/NP = NG/NE \times NE/NP$$

Sur l'ensemble des plantes dont nous avons récolté les épis seules 5 plantes possédaient un deuxième épi avec grains. Par manque de temps nous n'avons pas pu estimer la proportion de pieds sans épis. Nous avons cependant une estimation de l'ensemble pieds sans épis + pieds disparus (tableau 4). Cette

TABLEAU 4: RESULTATS

STA	DATE SEMIS	DATE LEVEE	ECART SE-LEV	SOMT1 base 6	SOMT2 base 6	NB J. LE-FLM (n)	NB. J. FF-FM	DATE FLO	DATE FFE+240'	SOMT FLO MA
1	26/3	7/4	13	411	776	108,2 4 72	5,4 4,5	29/7	17/8	1341
2	26/3	7/4	13	411	776	107,1 3,8 69	3,7 2,7	26/7	15/8	1331
3	25/3	6/4	13	421	851	113,3 6,5 66	5,7 4	3/8	22/8	1396
4	25/3	6/4	13	408	851	105,2 5,2 54	3,3 2,6	23/7	12/8	1374
5	21/3	2/4	13	459	838	128,7 7 75	8,5 3,9	17/8	4/9	1575
6	21/3	2/4	13	459	838	117,9 5,3 71	6 4,1	4/8	23/8	1447
7	28/3	5/4	9	434	812	127,8 7,6 42	7,9 4,4	19/8	7/9	1561
8	28/3	5/4	9	434	812	115,2 6,5 58	6,4 5,9	5/8	24/8	1420
9	18/3	31/3	14	550	924	124,4 6,9 44	11,4 7,3	13/8	31/8	1529
10	29/3	7/4	10	467	876	120,4 6,5 53	12,8 8,4	18/8	6/9	1478
11	24/3	4/4	12	459	902	129,8 10,9 28	12,5 5,7	24/8	13/9	1585
12	24/3	4/4	12	459	889	127,8 8,2 69	6 4	16/8	3/9	1559
13	24/3	4/4	12	502	912	122,6 10,7 52	15,7 8,9	20/8	8/9	1503
14	30/3	7/4	9	467	866	121,6 7,2 54	6,9 4,8	13/8	31/8	1487
15	24/3	4/4	12	717	973	120,3 8 47	14,7 8,6	17/8	4/9	1481
16	19/4	27/4	9	458	801	115 6,4 40	10,1 6,1	30/8	19/9	1441

Rq : deuxième ligne = écart type et nombre d'observations

TABLEAU 4: RESULTATS (SUITE)

STA	NP/m2 (levée)	NP/Po levée) (n)	% LEVEE (i)	NG/Po (i)	D2H.1 (n)	MS1	%NFT1 (n)	D2H.2 (n)	MS2	%NFT2	dD2H (n)
1	6,4	2,72 0,49 120	91	2,98	57 34 105	1,9 1,2	41 3 89	419 216 105	18,6 7,9	64 4	0,99 0,53 105
2	6,5	2,72 0,5 120	91	2,98	70 41 102	2,8 1,2	41 3 83	713 306 102	25,7 8,2	66 4	1,76 0,74 102
3	5,2	2,67 0,72 120	80	3,33	73 55 98	2,4 1,4	41 4 81	690 409 98	17,4 10,4	69 5	1,43 0,86 98
4	5,1	2,7 0,7 118	81	3,31	149 96 88	5,5 2,9	44 4 65	1231 517 88	49,7 29,5	74 5	2,44 1,03 88
5	6,5	2,63 0,54 120	89	2,96	25 14 105	1,3 0,5	36 3 83	308 163 105	8,3 6,6	59 4	0,74 0,4 105
6	6,3	2,68 0,6 120	87	3,1	99 68 102	5,2 3,9	40 3 81	880 289 102	33,8 9,2	65 4	2,06 0,89 102
7	7,6	2,6 0,59 120	87	3	22 13 91	1 0,7	35 5 54	345 215 91	12,3 5,4	57 5	0,85 0,54 91
8	8,5	2,69 0,6 114	87	3,11	96 74 91	3,9 3,1	38 3 73	974 508 91	40,3 15,7	64 5	2,32 1,17 91
9	7,4	2,44 0,64 119	83	2,93	108 68 78	3,5 2,5	43 4 50	463 246 78	14,7 8,1	65 4	0,95 0,52 78
10	6,5	2,89 0,37 120	95	3,04	63 40 93	2,3 1,7	41 4 70	384 219 93	16,1 9,4	63 5	0,78 0,45 93
11	4,9	2,67 0,56 120	98	3,02	62 38 76	2,2 1,2	40 4 43	376 213 76	10 4,6	63 5	0,71 0,41 76
12	5,6	2,62 0,64 120	84	3,11	73 56 96	2,5 1,7	41 4 75	723 493 96	29,7 12,4	67 7	1,51 1,04 96
13	5,8	2,28 0,56 120	86	2,64	57 63 101	2,3 2,5	44 4 72	347 280 101	16,3 6,3	69 5	0,71 0,55 101
14	3,2	2,03 0,6 120	82	2,47	32 19 81	2,2 1,5	37 3 61	524 288 81	12,7 4	64 5	1,23 0,68 81
15	4,1	2,1 0,6 120	83	2,53	296 209 103	15,2 13,5	59 4 67	521 355 103	12,5 8,2	72 6	0,88 0,67 103
16	3,2	2,08 0,29 120	86	2,42	36 29 93	1,1 1	40 4 54	270 184 93	4,8 2,6	62 5	0,68 0,47 93

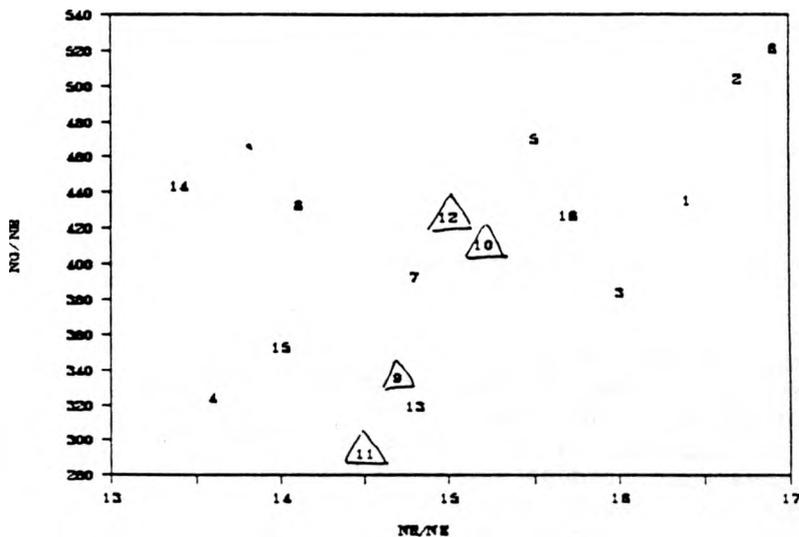
(1) Mode de calcul % levée = $1 - (s^2/m)$ NG/Po = $m^2/(m-s^2)$ avec m = moyenne du NP/Po s² = variance du NP/Po

TABLEAU 4: RESULTATS (FIN)

STA	NPT (n)	lxL (m2) (n)	PSOIT (mg/cm) (n)	PSOII (mg/cm) (n)	NESE/NP (n)	FAE/NPT (n)	NPsans épi (n)	iPARa (1)	NG/NR (n)	NR/NE (n)	NG/NP PSOII/R mg/cm ² /r
1	21 1,4 81	0,064 0,014 77	83 40 50	69 25 62	1,47 65	0,76 0,02 81	27	4,83	25,7 4,6 27	16,4 2,5 27	437 4,2
2	21,4 1,3 77	0,075 0,015 76	93 50 60	73 26 65	1,47 70	0,75 0,03 77	22	5,98	29,6 4,7 23	16,7 3,5 23	505 4,37
3	21,8 1,6 75	0,068 0,016 69	50 30 62	49 24 75	1,19 76	0,76 0,02 75	15	5,11	25,1 6,2 9	16 2,6 9	385 3,06
4	22,2 1,4 67	0,077 0,016 60	78 37 46	62 20 52	1,35 57	0,75 0,03 67	36	6,17	28,5 6 19	13,6 2,1 19	324 4,56
5	22,5 1,4 79	0,075 0,016 83	68 35 70	60 26 75	1,21 78	0,76 0,03 79	13	5,29	29,7 8,1 28	15,5 2,3 28	471 3,87
6	22,7 1,3 78	0,076 0,015 81	76 41 46	62 24 60	1,39 71	0,75 0,03 78	21	5,71	31,2 72 31	16,9 3 31	522 3,67
7	22,3 1,6 48	0,069 0,018 49	53 24 41	47 18 47	1,11 53	0,76 0,03 48	41	5,19	26 5,7 14	14,8 2,4 14	393 3,17
8	22,8 1,4 69	0,074 0,017 65	76 38 55	63 21 61	1,31 67	0,76 0,03 69	25	5,59	31,4 7,2 20	14,1 1,6 20	434 4,46
9	21,8 1,2 36	0,062 0,016 54	51 26 49	49 24 51	1,17 51	0,76 0,03 36	43	4,42	22,4 7,3 19	14,7 2,3 19	336 3,33
10	21,2 1,8 53	0,043 0,012 58	42 20 53	42 20 56	1 59	0,76 0,03 53	34	3,18	26,6 6 27	15,2 1,9 27	412 2,76
11	21,6 1,4 32	0,058 0,015 50	51 29 48	48 25 50	1,03 63	0,76 0,03 32	30	4,46	20,3 6,7 20	14,5 1,5 20	293 3,31
12	22,3 1,4 78	0,085 0,02 76	65 31 76	60 24 76	1,2 75	0,76 0,03 78	16	6,18	28,6 5 24	15 1,3 24	427 4
13	20,2 1,6 53	0,056 0,014 58	42 29 53	39 25 53	1,11 52	0,75 0,03 53	42	4,12	22,5 4,5 10	14,8 0,9 10	320 2,63
14	20,9 1,5 57	0,1 0,019 60	82 44 61	66 24 61	1,38 65	0,75 0,03 57	27	7,15	32,7 4,5 25	13,4 1,2 25	444 4,92
15	20,7 1,4 51	0,055 0,013 57	40 21 49	40 19 50	1,01 52	0,75 0,03 51	42	3,88	24,9 6 25	14 1,8 25	353 2,85
16	21 1,4 38	0,064 0,014 42	41 23 43	41 23 43	1 44	0,75 0,03 38	51	4,76	23,5 8 15	15,7 2 15	421 2,61

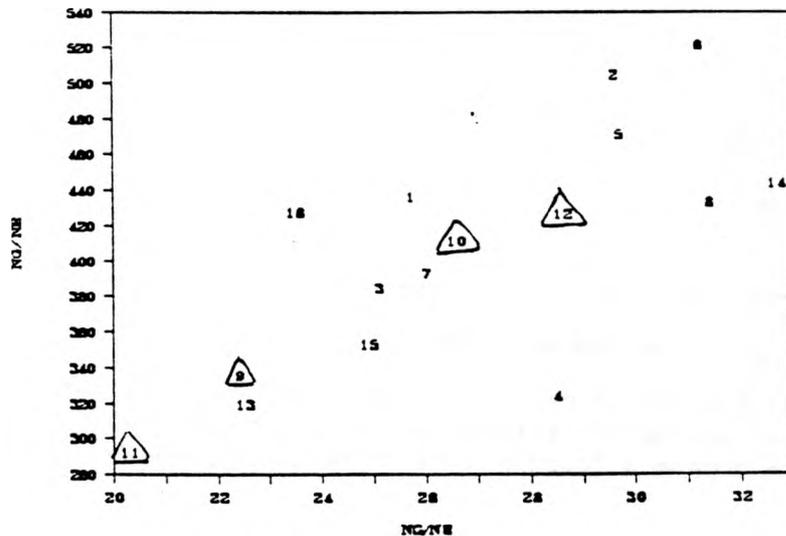
(1) iPARa en MJ/m²/240°J

GRAPHIQUE 2 RELATION ENTRE NG/NE ET NR/NE



△ = variete pinto

GRAPHIQUE 3 RELATION ENTRE NG/NE ET NG/NR



△ = variete pinto

valeur est plus élevée pour les parcelles situées sur les pentes (andosols différenciés) pour lesquelles les dégâts attribuables aux ravageurs (taupes, rongeurs) sont en règle générale plus importants. Nous savons par ailleurs qu'il faut un état de croissance minimum à la floraison pour que s'exprime le premier épi (NAVARRO, 1984). Les petits pieds en phase de croissance sont ceux qui ne produisent généralement pas d'épis.

Pour la suite du raisonnement nous ne considérerons que les pieds à 1 épi.

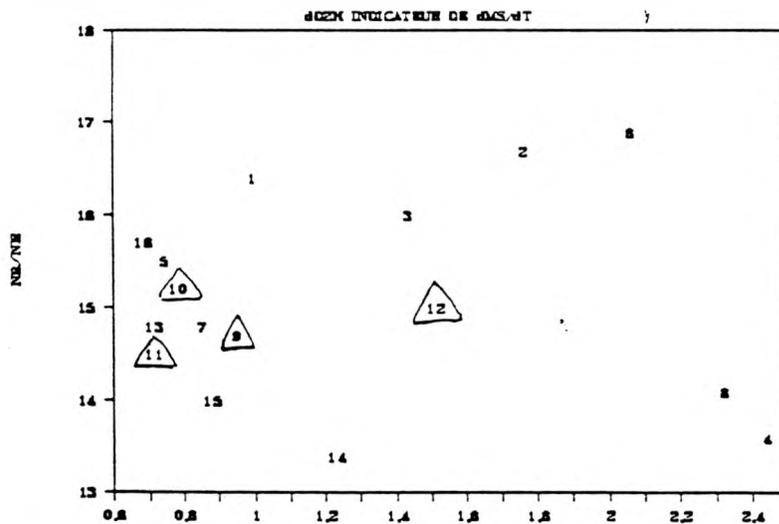
Le NG/NE peut s'écrire

$$NG/NE = NG/NR \times NR/NE$$

Sur les graphiques 2 et 3 nous constatons que le NG/NE dépend surtout du NG/NR.

Pour la station 4 nous constatons que le déficit de NG/NE est attribuable à un faible NR/NE (graphique 2). Nous savons que le NR/NE est une composante qui se définit aux environs de 0,6 NFT. Nous avons donc cherché à relier le déficit de NR/NE de la station 4 à la vitesse de croissance entre 45 et 70 % du NFT, vitesse estimée par l'indicateur $((D2H)2 - (D2H)1) / (SOMT2 - SOMT1)$. Nous obtenons le graphique 4 sur lequel nous n'observons pas de lien entre vitesse de croissance et NR/NE de cette station.

GRAPHIQUE 4 RELATION ENTRE NR/NE ET $dD2H$



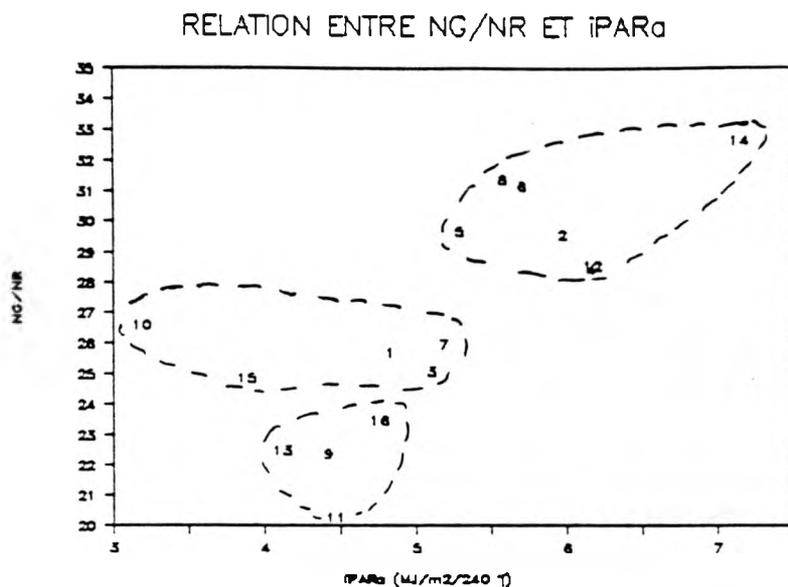
△ = variété pinto

Ceci confirme la difficulté de relier l'élaboration du NR/NE aux conditions de croissance de la période de différenciation de cette composante. Nous n'avons donc pas de réponse simple à fournir à la trajectoire particulière de cette station.

Intéressons nous maintenant au NG/NR et cherchons quelles ont été les variations d'efficacité du rayonnement entre la phase floraison femelle - stade limite d'avortement.

4-2-2 Etude de la phase floraison - stade limite d'avortement

GRAPHIQUE 5



△ = variété pinto

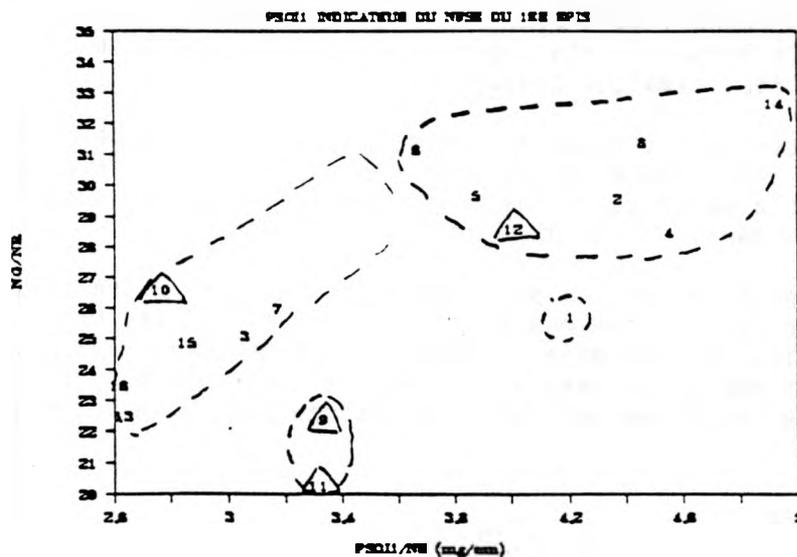
Sur le graphique 5 nous pouvons distinguer trois groupes de stations. Un premier groupe (stations 2,4,5,6,8,12,14) est constitué par les stations pour lesquelles le rayonnement a été bien valorisé: iPARa élevé (LAI élevé) et NG/NR élevé.

Un deuxième groupe (stations 1,3,7,10,15) pour lequel l'indicateur iPARa est faible et le NG/NR moyen et qui semble peu affecté par des variations de iPARa.

Un troisième groupe (stations 9,11,13,16) pour lequel notre indicateur iPARa est faible et le NG/NR est faible.

Pour conclure sur cette phase nous devons savoir si le nombre de fleurs à soies émergées disponibles par rang à la floraison (NFSE/NR estimé par PSOI1/NR) est limitant pour nos stations en particulier pour celles à faible NG/NR.

GRAPHIQUE 6 RELATION ENTRE NG/NR ET PSOI1/NR



△ = variété pinto

Sur le graphique 6, nous distinguons 4 groupes de stations. Le premier groupe (stations 2,4,5,6,8,12,14) pour lequel le NG/NR est limité

Le deuxième (stations 2,4,5,6,8,12,14) pour lequel le NG/NR valorise bien le PSOI1/NR élevé. Les conditions pré et post floraison n'ont pas été limitantes. Le troisième groupe (stations 9,11) pour lequel le NG/NR et le PSOI1/NR sont faibles ce qui traduit l'existence de conditions dégradées avant et après la floraison.

le quatrième (station 1) pour lequel malgré un PSOI1/NR élevé le NG/NR est faible. Ceci traduit de mauvaises conditions post floraison.

Nous comprenons maintenant la situation des stations 3,7,10,13,15,16 du graphique 5 ($NG/NR=f(iPARa)$) pour lesquelles le NFSE/NR à féconder à la floraison a été limitant du NG/NR, et celles des stations 9,11 pour lesquelles il y a eu mauvaise efficacité du rayonnement et faible NFSE/NR.

Au total les conditions post floraison n'auront été limitantes que pour les stations 1,9,11. Nous n'avons cependant pas d'observations particulières à fournir sur les états du milieu durant cette phase.

En particulier:

- aucune de nos stations n'a souffert de déficit hydrique.
- Il n'y a pas de biais introduit par la position de la feuille axillant l'épi sur la plante. En effet, une erreur sur le iPARa pourrait être attribuable à une différence entre station des dimensions de la feuille axillant l'épi. Cette différence pourrait s'expliquer par une différence de position de la feuille axillant l'épi. Bien au contraire on a trouvé une remarquable constance du numéro de la feuille axillant l'épi (75 % de NFT) entre les stations.

Essayons maintenant de caractériser la situation à la floraison.

4-2-3 États du peuplement à la floraison

4-2-3-1 Parties souterraines

Nous soulignerons tout d'abord que par manque de temps notre échantillonnage de profils racinaires a été tout à fait insuffisant. L'occupation de l'espace par les racines sur les profils décrits n'est pas fondamentalement différente en importance (détails des profils annexe 31): 75 % pour la station 3 (andosol humique, fertilisation paysanne), 65 % pour la station 4 (andosol humique, fertilisation élevée), 76 % pour la station 9 et 74 % pour la station 13 (andosol différencié et fertilisation paysanne).

Par contre nous avons noté que la colonisation racinaire dans les andosols différenciés empruntait des voies privilégiées: racines d'arbres pourries et galeries des taupes. Cette colonisation est donc très hétérogène en dessous de l'horizon humique soit à partir de 20 à 40 cm.

En ce qui concerne les profils décrits sur andosol humique les situations ne sont pas très différentes entre stations ayant reçu les deux types de fertilisation. La colonisation est dans l'ensemble plus homogène mais nous avons remarqué des zones non colonisées à une échelle inférieure à 30-40 cm. Le sol à ces endroits est plus compact, et la structure plus massive, pour une raison indéterminée

4-2-3-2 Parties aériennes

4-2-3-2-1 Minéraux absorbés

Afin de comparer les situations à la floraison nous avons procédé à l'analyse des minéraux absorbés par la feuille axillant l'épi sur deux stations ayant reçu l'une la fertilisation paysanne (station 3) l'autre celle des de

TABLEAU 5 : TENEURS EN MINERAUX DES FEUILLES AXILLANT L'EPI
(détails en annexe 32)

TENEURS (%)	FERTI.	NBRE		N	P	K	Ca	Mg
STATION 3	faible	40	m	2,61	0,25	1,79	0,97	0,22
			s	(0,32)	(0,03)	(0,32)	(0,31)	(0,06)
STATION 4	élevée	37	m	2,75	0,33	1,29	1,01	0,21
			s	(0,24)	(0,05)	(0,23)	(0,38)	(0,07)

Les teneurs des FAE en azote et phosphore sont plus élevées pour la station 4 que pour la station 3 et moins élevée pour la potasse. Pour l'interprétation de ces données nous avons eu recours au programme DRIS d'une part en utilisant les normes de ce programme d'autre part en rentrant nos propres normes dans le programme (moyennes des teneurs de la station 4). Les résultats sont les suivants (nous présentons un exemple de listing de sortie en annexe 33):

TABLEAU 6 : SYNTHÈSE DE L'INTERPRÉTATION DES MINÉRAUX ABSORBÉS AVEC
LES NORMES DU PROGRAMME DRIS
(pour indice < -10 ou > à + 10)

STATION 3 (fertilisation dose paysanne)

NOMBRES D'INDICES CITES COMME	N	P	K	Ca	Mg
Le + négatif	4	12	9	1	9
Le 2ème + négatif	6	10	1		1
Le + positif				36	1

STATION 4 (notre dose de fertilisation)

NOMBRE D'INDICES CITES COMME	N	P	K	Ca	Mg
Le + négatif	1		26	1	11
Le 2ème + négatif	4		6		6
Le + positif		1		35	

TABLEAU 7 : SYNTHÈSE DE L'INTERPRÉTATION DES MINÉRAUX ABSORBÉS PAR
LES PLANTES DE LA STATION 3 AVEC LES NORMES = MOYENNES
DES TENEURS DE LA STATION 4
(pour indice < à -10 ou > à + 10)

NOMBRE D'INDICES CITES COMME	N	P	K	Ca	Mg
Le + négatif		24		9	6
Le 2ème + négatif	5	4			
Le + positif			30	3	3

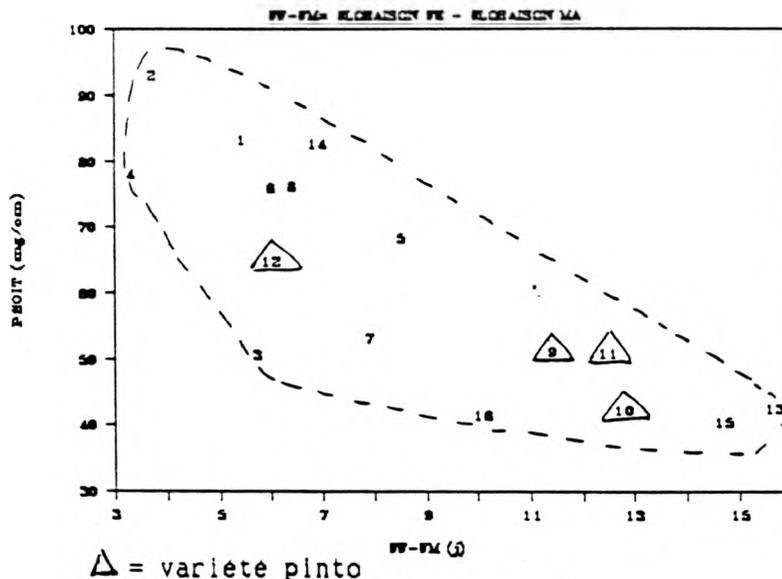
Avec les normes du programme DRIS le phosphore est l'élément fréquemment déficient mais la potasse et le magnésium le sont également. L'apport de notre dose de fertilisation fait disparaître la carence en phosphore et en fait apparaître une en potasse et magnésium. Avec les normes introduites le phosphore apparaît plus nettement comme déficient.

4-2-3-2-2 Autres critères d'états du peuplement

La durée levée-floraison mâle exprimée en somme de température est légèrement inférieure pour la variété "blanco" par rapport à la variété "pinto". Pour l'ensemble des stations semées avec la variété "blanco" et ayant reçu la fertilisation paysanne on ne trouve, à conditions égales, que 60 °j de différence avec les stations semées en "pinto". Si l'on retient ce critère comme l'un des critères permettant de statuer sur les variétés étudiées on constate donc que ces variétés ne sont vraisemblablement pas différentes. Ceci est conforme à ce que nous ont communiqué oralement les Dr TABA et PINEDA de la banque de germoplasme du CIMMYT. Pour ceux-ci ce maïs est de la race "Tuxpeno" ou "Chalceno" (annexe 34).

On remarque également (graphique 7) que le NFSE total (estimé par PSOIT) diminue lorsque le décalage de dates de floraison entre fleur mâle et femelle (FF-FM) augmente.

GRAPHIQUE 7 RELATION ENTRE PSOIT ET FF-FM



Ces deux critères d'état varient bien dans le même sens lorsque les conditions de croissance de la phase levée - floraison se dégradent. En particulier les stations à forts écarts FF-FM et faibles NFSE sont les stations situées sur andosols différenciés. Il convient cependant d'étudier la phase de croissance avant de conclure définitivement sur la fertilité de ces sols, ce que nous ferons ultérieurement.

Nous constatons également à la floraison que pour des plantes ayant au moins un noeud à soies émergées, le nombre de noeud à soies émergées (NNSE/NP) est systématiquement plus élevé pour les stations ayant reçu notre dose de fertilisation sauf pour le couple de station 1-2.

L'expression des talles ne s'effectue que pour les stations qui ont reçu la

En ce qui concerne le NFT, il est plus important pour les stations ayant reçu notre dose de fertilisation. Environ 0,5 feuille en plus (significatif à 5 % pour 4 couples de stations sur 5 (stations 2,4,8,12)). Si l'on ajoute à cette observation celle qui concerne le % de NFT plus élevée à même somme de température lors du contrôle à 70 % de NFT pour 4 stations sur 5 ayant reçu notre dose de fertilisation (stations 4,6,8,12) on peut déjà supposer que la durée d'activité foliaire (LAD) a été plus élevée pour au moins 3 stations ayant reçu notre dose de fertilisation (stations 4,8,12).

Pour comprendre la situation à la floraison (IF, NFSE, date de floraison mâle) nous allons chercher à comprendre le déroulement de la phase de croissance.

4-2-4 Etude de la phase linéaire de croissance

Nous avons évalué les coefficients a, b, c du modèle

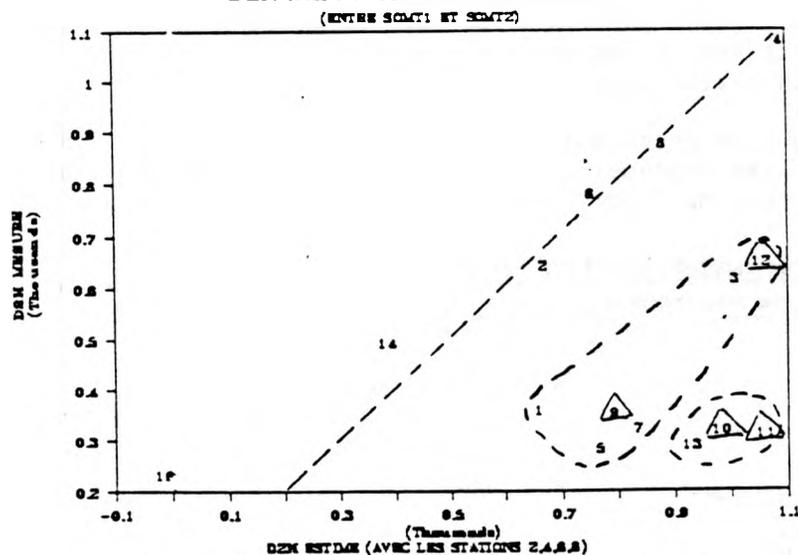
$$MS = a + b \text{SOMT} + c \text{1/DENSITE}$$

(MS étant estimé par D2H).

Ces coefficients sont estimés pour les stations qui ont reçu notre dose de fertilisation, semées avec la même variété, et qui possèdent le même type de sol, entre les dates SOMT1 et SOMT2 (stations 2,4,6,8). Nous trouvons:

$$D2H = 7,19 \text{ SOMT} - 3318 \text{ 1/densité} - 1448 \quad r^2=0,99$$

GRAPHIQUE 8 D2H MESURE ET D2H ESTIME



△ = variété pinto

Nous avons éliminé la station 15 du graphique car la première observation de D2H a été réalisée en retard (59 % de NFT contre 35 à 44 % pour les autres stations). La bissectrice est la correspondance parfaite entre modèle et observation.

Analysons les écarts au modèle.

Nous prendrons l'hypothèse que le déficit hydrique n'est pas trop prononcé durant cette phase, et à peu près équivalent entre stations sauf pour les stations 13 et 15 et 16. Des profils hydriques ont été réalisés pendant cette période (annexe 36) Les résultats de mesure d'humidité à pF 3 et 4,2

effectués sur les stations 3 et 13 montrant un niveau de remplissage de la RU plus faible sur andosol différencié (station 13)

Les stations 2,4,6,8 sont par définition proches de la bissectrice puisque nous les avons utilisées pour calculer les paramètres du modèle. Les stations 14 et 16 sont situées près de la bissectrice ce qui peut s'expliquer par la situation de faible compétition pour le rayonnement mais aussi pour les minéraux du sol due à leurs faibles densités de peuplement. De plus, la station 16 a rencontré une situation hydrique meilleure lors de la phase linéaire grâce à son semis plus tardif (schéma 3).

Deux groupes de stations peuvent être distingués. Le premier (stations 1,3,5,7,9,12) ne s'écarte pas trop du modèle. On peut affirmer que ces stations ont rencontré des états du milieu assez moyens pendant cette phase de croissance. Le deuxième groupe (stations 10,11,13) a rencontré des situations franchement mauvaises. Les stations de ce groupe sont toutes situées sur andosol différencié et ont reçu une mauvaise fertilisation au semis: pas ou peu d'engrais (annexe 16)

L'écart aux modèles des stations peut-il trouver une origine dans la phase plus précoce ? Nous devons, pour en juger, nous intéresser au classement de nos stations en phase exponentielle.

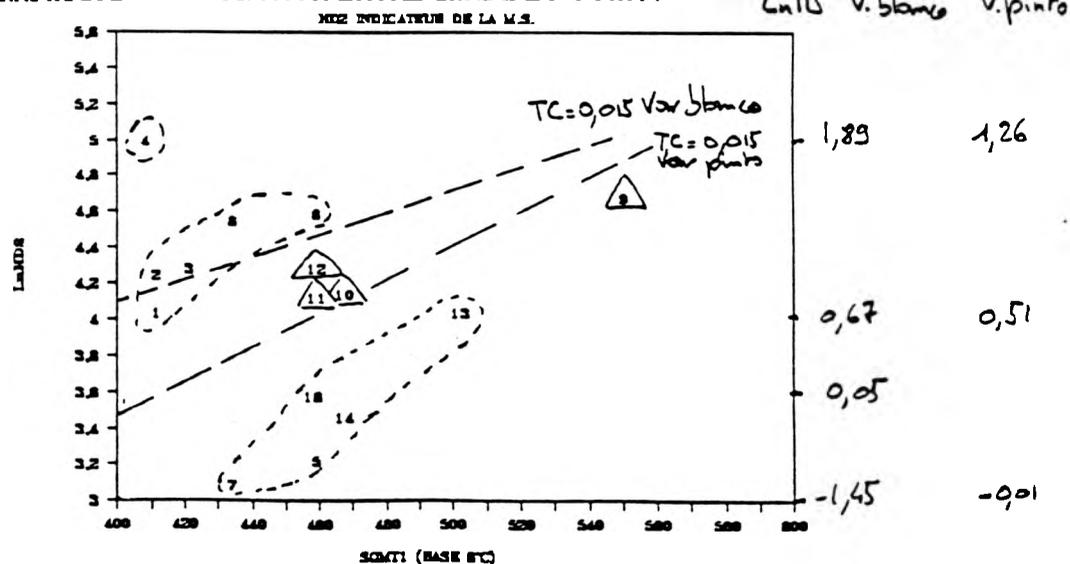
4-2-5 Etude de la phase exponentielle de croissance

Nous ne pouvons pas estimer les taux de croissance. Il nous aurait fallu pour cela un contrôle de date au stade 4 feuilles et un contrôle de poids.

Cependant sur le graphique 9 (station 15 exclue pour les mêmes raisons que précédemment) nous faisons figurer la droite de taux de croissance 0,015 pour chaque variété. Cette valeur semble admissible avec une base de 6 °C de température (Fleury, communication orale).

Pour situer cette droite sur le graphique nous avons estimé les valeurs de matière sèche en utilisant les régressions entre D2H et matière sèche fournies en annexe 21. Ceci nous permet de discriminer nos stations.

GRAPHIQUE 9 RELATION ENTRE LnHD2 ET SOMET1



Δ = variété pinto

Pour la variété "bianco" on peut distinguer:

- le groupe des stations 1,2,3,6,8 que nous estimerons près du potentiel,
- le groupe des stations 5,7,13,14,16 qui s'écarte du potentiel et a donc connu de mauvaises conditions pendant cette phase.

Ces mauvaises conditions de croissance peuvent être imputées à l'absence de fertilisation au semis pour les stations 5,13,14, à une fertilisation très faible pour les stations 7 et 16. De plus la station 13 a connu un stress hydrique sévère en début de cycle.

La station 4 possède à nouveau un comportement particulier. Une erreur possible pourrait être attribuable à une mauvaise estimation de date de levée. Sur le graphique nous constatons qu'il faudrait environ 60 *j pour que ce point soit situé avec les stations 1,2,3,6,8, ce qui correspond à une erreur de 4 jours de 15*j sur la date de levée. Ceci nous paraît être une erreur assez élevée par rapport à la fréquence de nos passages (tous les 3 jours maximum soit 2 jours d'erreur maximum par station). Une autre hypothèse serait celle de situations initiales différentes à la levée, nous analyserons ce point ultérieurement.

Pour la variété "pinto" les stations (9,10,11,12) ont globalement la même situation. La situation non dominante de la station 12 (avec fertilisation élevée) est peut être à rapprocher au fait que l'engrais phosphaté a été enfoui un peu plus tardivement par rapport aux stations 2,4,6,8.

Nous devons donc analyser le classement des situations durant la phase semis - levée.

4-2-6 Quelques remarques sur la phase semis - levée

Nous n'avons pas contrôlé les poids de semences pour savoir s'ils étaient différents ou non.

Les probabilités de levée (tableau 4) varient de 80 à 95 %. Elles sont globalement assez élevées et n'indiquent pas l'existence de situations très différentes durant cette phase. Ainsi les stations qui sont situées près du potentiel en fin de phase exponentielle (stations 1,2,3,6,8) ne sont pas systématiquement celles qui ont de forts pourcentages de levée.

Par un contrôle effectué en 1987 nous avons observé un semis significativement plus profond lorsque les paysans le réalisent à la pelle bêche (4,6 cm au bâton à fourir, 4,9 cm pour la pelle pour 40 et 60 mesures, significatif à 5%). Un semis plus profond pourrait conduire à un poids à la levée plus faible et donc à un LnD2H plus faible au premier contrôle. Nous l'avons contrôlé sur la graphique 9 et ce ne semble pas être le cas, même si la durée de la phase semis-levée est un peu plus courte avec le bâton à fourir (12,3 jours pour le semis à la pelle et 10,7 jours pour le bâton à fourir).

Rien ne nous permet donc d'affirmer que les situations à la levée sont particulièrement différentes entre stations. Ceci nous conduit à attribuer une partie du décalage de la situation de la station 4 à une possible erreur dans l'estimation de la date de levée bien que cette hypothèse ne soit pas entièrement satisfaisante.

4-3 Synthèse

4-3-1 Synthèse des résultats

Faisons un récapitulatif des facteurs qui limitent le rendement.

En ce qui concerne le NG/m², reprenons la lecture que nous avons réalisée des graphiques pour distinguer nos groupes de stations. Par commodité, nous utiliserons des indicateurs de partition pour voir quels ont été les facteurs limitants. Ces indicateurs sont constitués de la manière suivante:

- NP/m²: on peut aller jusqu'à 6,5 NP/m² sans affecter le NG/NP (graphique 1)
- NE/NP: nous avons un indicateur de NP sans épi + pertes de pieds. Ce taux varie de 13 à 51 % (tableau 4). Nous fixerons une limite arbitraire à 30 % de NP sans épi + pertes.
- NR/NE: il varie de 13,4 à 16,9 (tableau 4) nous fixerons la limite à 14,5
- NG/NR: pour la lecture du graphique 5 nous avons fait passer la limite entre groupes à faible et fort NG/NR à environ 27 NG/NR.
- pour notre indicateur de rayonnement absorbé nous avons fixé la limite sur le graphique 5 à environ 5,2 MJ/m²/240°j
- pour notre indicateur de nombre de fleurs à soie émergée par rang à la floraison nous avons distingué les groupes sur une limite de 3,6 mg/cm/rang
- pour la phase linéaire de croissance: la bissectrice entre D2H mesure et D2H estime nous a permis d'établir le classement
- pour la phase exponentielle: les droites de taux de croissance 0,015 nous ont servi d'indicateur.
- pour la phase semis - levée: nous la supposerons non limitante avec les pourcentages de levée enregistrés

Avec ces indicateurs nous obtenons le classement des stations du tableau 8 (OUI = limitant, NON = non limitant).

TABLEAU 8: RECAPITULATIF DES FACTEURS LIMITANTS LE NG/m2

STA	NP/m2	NE/NP	NR/NE	NG/NR	PARa	NFSE/NR	COND POST FLO	C.C	C.C	COND
	limi. si < 6,5	limi. si > 30%	limi. si < 14,5	limi. si < 27	iPARa limi. si < 5,2	limi. limi. si < 3,6		PHA. LIN.	PHA. EXP	SEM- LEV.
1	NON	NON	NON	OUI	OUI	NON	OUI	+/-	NON	NON
2	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
3	OUI	NON	NON	OUI	OUI	OUI	NON	+/-	NON	NON
4	OUI	OUI	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
5	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	+/-	OUI	NON
6	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
7	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	NON	+/-	OUI	NON
8	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON
9	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	+/-	NON	NON
10	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	NON	NON
11	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	NON
12	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	+/-	NON	NON
13	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	NON
14	OUI	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON
15	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	dm	dm	dm
16	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	NON	NON	OUI	NON

dm = données manquantes

C.C = condition de croissance

Nous constatons que seules les stations 2 et 6 ont des trajectoires qui restent au potentiel.

Nous n'avons pas étudié l'élaboration de la composante PIG. Nous pouvons cependant effectuer une remarque. Il nous semblerait intéressant d'établir un dispositif pour étudier l'effet de la pratique des paysans qui consiste à plier en deux les cannes de maïs après la floraison. Cette pratique est généralement réalisée à la sénescence du feuillage mais non systématiquement selon les impératifs des autres activités de l'UP. Son objectif selon les paysans est d'éviter le pourrissement de l'épi et les attaques d'oiseaux. De nos propres observations nous y ajoutons un autre facteur, la meilleure résistance à la verse d'une plante à grande canne déjà pliée en deux. Sa date de réalisation a très certainement un effet sur le remplissage du grain.

Le NG/NE est beaucoup plus déterminant dans notre situation que dans celle de Turrent (1983) qui observait dans une petite région proche une bonne relation entre NE/m² et rendement (annexe 37).

Nous pouvons estimer que nos variétés sont identiques. Il semble pertinent d'attribuer un niveau de fertilité globalement plus bas pour les andosols différenciés par rapport aux andosols humiques. Mais nous ne sommes pas à l'abri d'une interaction entre type de sol, type de conduite de parcelle (on met moins d'engrais sur une parcelle que l'on sait moins bonne) et type de fonctionnement d'UP (les "petits producteurs" ayant plutôt les mauvaises terres et moins de revenu pour acheter l'engrais).

4-3-2 Remarques sur le protocole

Plusieurs remarques peuvent être émises sur le protocole.

- Un contrôle de date et de poids au stade 4 NFV nous aurait permis de quantifier les RGR.
- Un contrôle du poids de semences aurait permis d'estimer son effet sur les phases précoces.
- Les états du milieu n'ont pas été suffisamment caractérisés pour permettre des conclusions définitives sur la fertilité du milieu.
- Il aurait été intéressant de diminuer le nombre de plantes par station pour augmenter le nombre de stations étudiées. À même charge de travail, une diminution de 30 plantes/station nous aurait permis d'étudier 5 stations de plus. Un minimum doit cependant être conservé pour garder la validité de notre échantillonnage. Ceci nous aurait permis en particulier d'augmenter le nombre de stations sur andosol différencié.
- Enfin il aurait été souhaitable de disposer d'une ou quelques stations semées à haute densité pour apprécier les risques de verse. En effet avec une densité de 8 NP/m² nous avons vu apparaître un début de verse physiologique. C'est un point important dans un dispositif d'enquête, particulièrement quand on s'intéresse aux variétés paysannes.

CONCLUSION

Il nous semble qu'avec des moyens limités les rendements puissent progresser de façon importante avant d'envisager l'introduction d'hybride:

- semis à densité plus élevée (7 à 8 NP/m²).

Nous avons vu qu'il faut assurer une densité suffisante au peuplement pour ne pas être limité par le nombre de fleurs à soies émergées à féconder (au premier épis principalement).

- une fertilisation fractionnée, complète et riche en phosphore, (au moins 2 à 3 unités de P₂₀₅ par quintal de grains).

Le non apport d'un engrais au semis est préjudiciable pour l'ensemble du cycle. Il faut augmenter la dose d'engrais phosphate quitte à fractionner les apports (semis + stade 12-14 feuilles) et à les localiser. Une autre stratégie consisterait à faire des amendements phosphatés et à en amortir le coût sur plusieurs années. Ceci ne pourrait être fait que sur parcelle plane (risque d'érosion trop important sur pente). Nous souhaitons pour cela suivre le taux de phosphore assimilable sur quelques cycles sur les stations amendées en phosphore cette année afin d'apprécier la validité d'une démarche de ce type. L'apparition de déficience en potassium et magnésium ne doit pas faire oublier la recherche d'une fertilisation équilibrée pour le maïs. La fertilisation paysanne apporte trop d'azote, pas assez de phosphore et quasiment jamais de potasse.

- un contrôle du problème d'enherbement qui ne manquera pas d'apparaître avec l'augmentation de la fertilisation

- une lutte minimum contre les ravageurs pour limiter le nombre de pieds détruits.

BIBLIOGRAPHIE

- BIARNES A., 1988. Diversificación de las actividades en el municipio de Ayahualulco. ORSTOM, INIREB, doc.multi., 32p.
- BIARNES A. et DUCHENNE T., 1987. La récolte du café dans les communes de Cosautlan, Teocelo, Xico et Coatepec. ORSTOM, INIREB, doc.multi., version provisoire, 29p.
- BIARNES A., HOFFMANN O., 1988. Usage du sol, échanges et circulation dans la sierra du Veracruz (Mexique). Du pic d'Orizaba au Cofre de Perote. ORSTOM, INIREB, doc multigraphié, 24p.
- BLONDON F., 1984. Mise en place de l'appareil reproducteur et maturation. In Physiologie du maïs, INRA, 101-115.
- ELWALI A.M.O., GASCHO G.J. et SUMMER M.E., 1985. DRIS norms for 11 nutrients in corn leaves, Agron. J., 77, 506-508.
- FISCHER K.S. et PALMER A.F.E., 1984. Tropical maize. The physiology tropical field crops. Ed John Wiley, chap 6, 213-248.
- GAY J.P., 1984. Le cycle du maïs. In Physiologie du maïs, INRA, 1-11.
- GUIRLET C. et HERNANDEZ A., 1986. Caractérisation de l'hétérogénéité d'un peuplement de maïs. Memoire DAA INAPG, Paris, 66p + annexes.
- NAVARRO G.H., 1984. L'analyse des composantes du rendement du maïs: application à l'étude de la variabilité du rendement dans une petite région. Thèse doct. ing. INAPG, Paris, 238p + annexes.
- QUANTIN P., 1982-1987. Les andosols. Département enseignement de l'ORSTOM, SSC Bondy, 31p.
- ROSSIGNOL J.P., 1987. Mapa morfoedafologica del area Ixhuacan-El Triunfo. Carte + notice.
- RUTCHENKO W., SOYER J.P., 1971. Contrôle de la nutrition du maïs en cours de végétation. BTI, 264-265, 935-38.
- SCAIFE M.A. et JONES D., 1976. The relationship between crop yield (or mean plant weight) of lettuce and plant density, length of growing period, and initial plant weight. J.agric.Sci. Camb, 86, 83-91.

SUMMER M.E., 1979. Interpretation of foliar analyses for diagnostic purposes. Agron.J., 71, 343-348.

TARDIEU F.,1984. Etude au champ de l'enracinement du maïs; influence de l'état structural sur la répartition des racines, conséquences sur l'alimentation hydrique. Thèse doct.ing.INAPG, Paris, 219p + annexes.

TURRENT C.F.,1983. Fonctionnement et évolution des exploitations agricoles de los Tuxtlas (Mexique); approche typologique, utilité pour l'analyse de la conduite des cultures de maïs. Thèse doct.ing. INAPG, Paris, 250p + annexes.

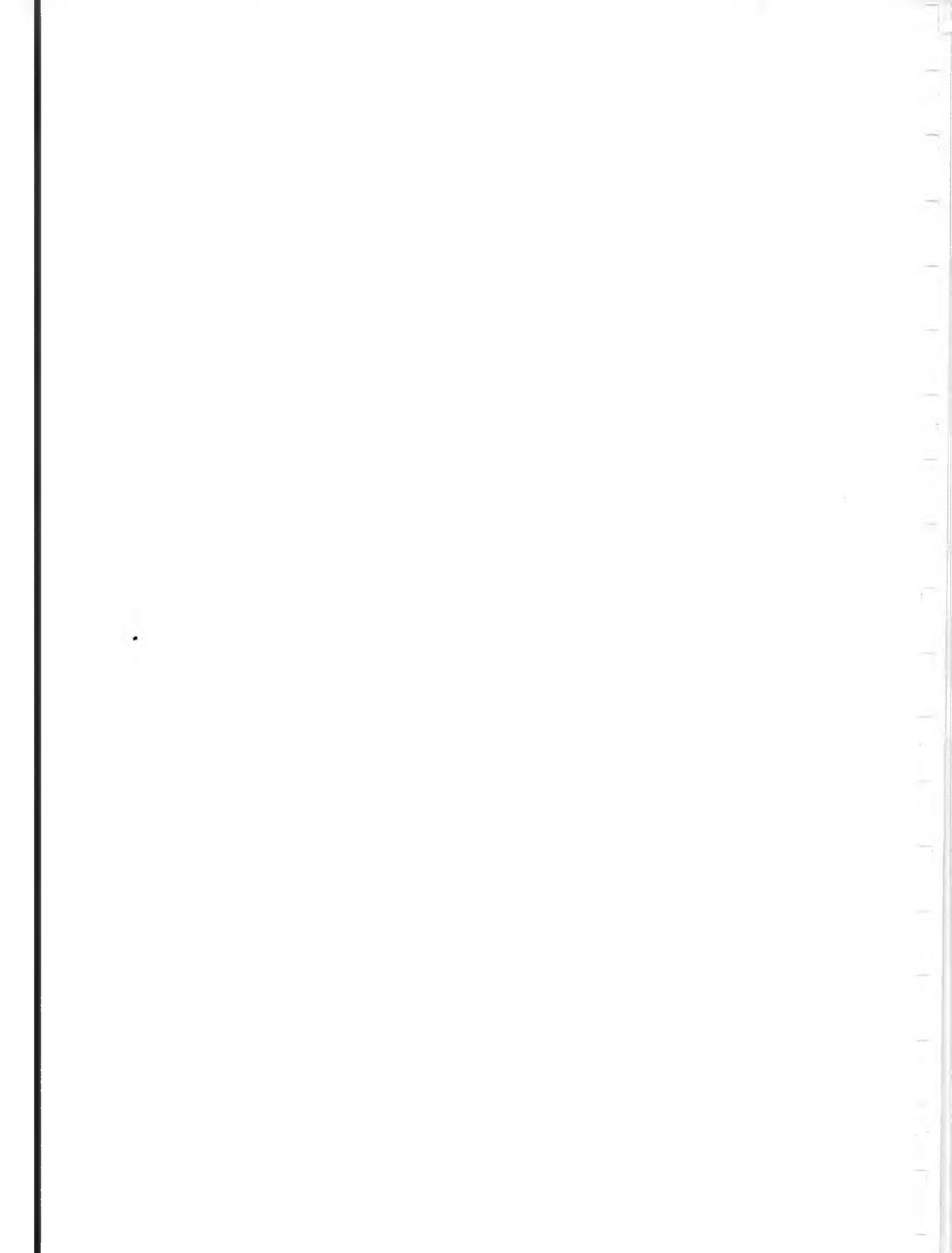
TURC L.,1961. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle. Ann.agron., 12(I), 13-49.

WALWORTH J.L. et SUMMER M.E.,1987. The Diagnosis and Recommendation Integrated System DRIS. Advances in soil science, Springer Verlag, New York, 6. 149-187.

LISTE DES ABREVIATIONS UTILISEES

UP : unité de production
NFV : nombre de feuilles visibles
NFT : nombre de feuilles totales
NE : nombre d'épis
NG : nombre de grains
NR : nombre de rang
NP : nombre de pieds
NPo : nombre de poquets
NFSE : nombre de fleurs à soies émergées
MS : matière sèche
SOMT : somme de température base 6°C $((T_{max} + T_{mini}) / 2 - 6)$
PSOI1 : poids de MS de soies en mg/cm du premier épis
PSOIT : poids de MS de soies en mg/cm total
NNSE : nombre de noeuds à soies émergées
D2H : diamètre au carré x hauteur
dD2H : $(D2H \text{ 2ème mesure} - D2H \text{ 1ère mesure}) / (SOMT2 - SOMT1)$
FF : date de floraison femelle
FM : date de floraison mâle
FF-FM : écart de date de floraison entre femelle et mâle
RG : rayonnement global
PARI : rayonnement utile à la photosynthèse incident
PARa : rayonnement utile à la photosynthèse absorbe
RGR : taux de croissance
SFT : surface foliaire totale
lxLFAE : largeur x longueur de la feuille axillant l'épi
FAE : feuille axillant l'épi
IF : indice foliaire
SF9F : surface foliaire des 9 dernières feuilles
SF9F' : SF9F - surface de la feuille axillant l'épis

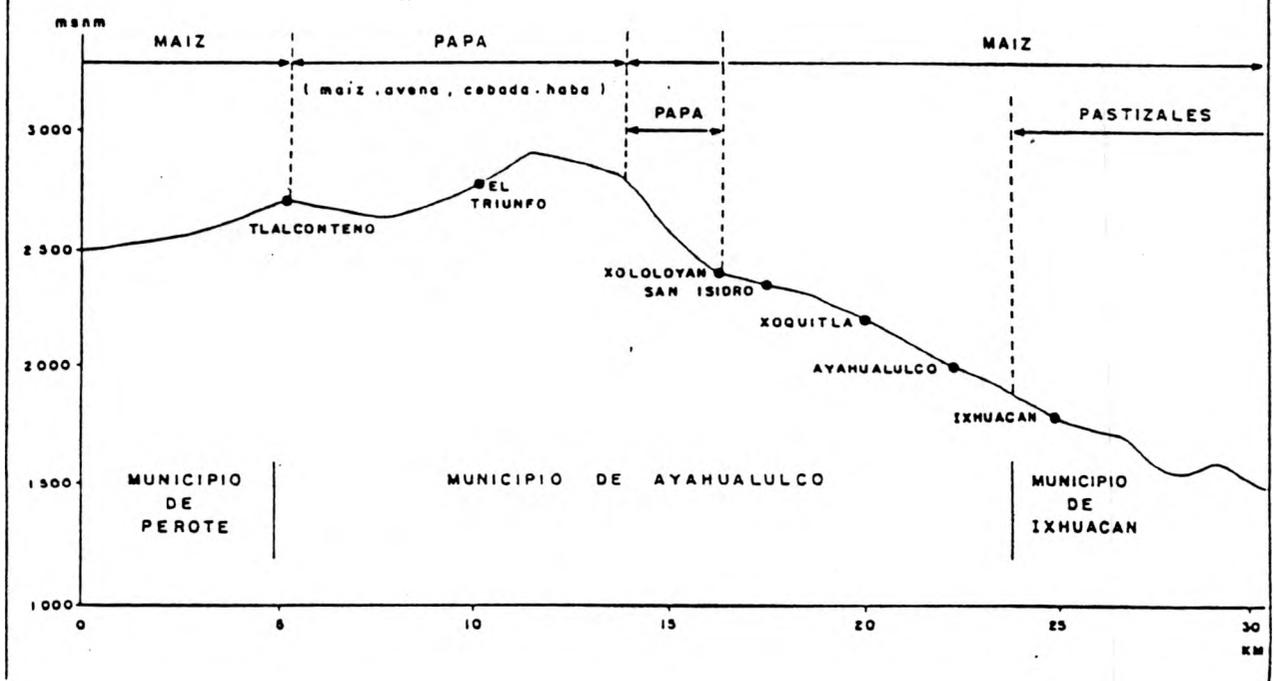
ANNEXES



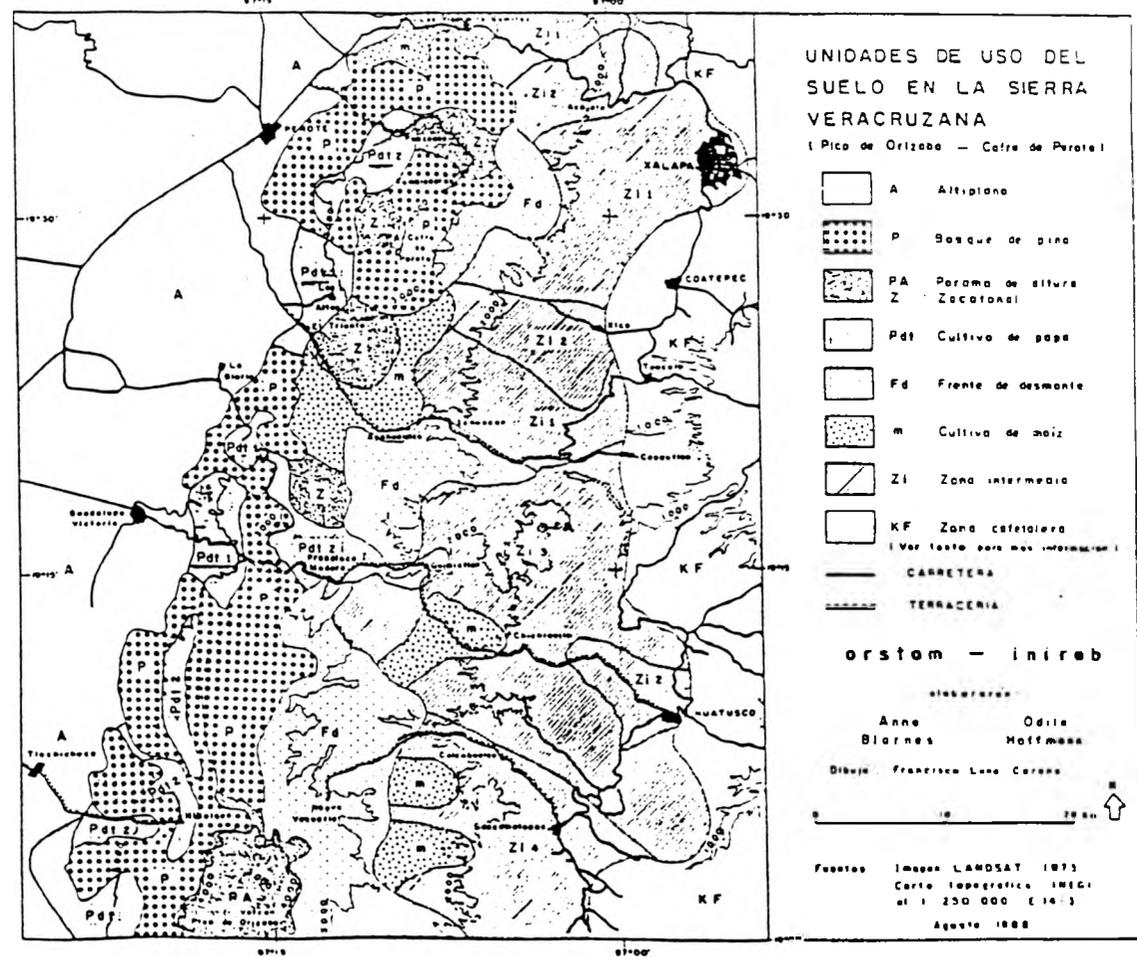
SOMMAIRE DES ANNEXES

- Annexe 1: Répartition des cultures le long du transect altitudinal
- Annexe 2: Unités d'usage du sol dans la sierra de Veracruz
- Annexe 3: Contrôle effectué en 1987 dans neuf exploitations d'Ayahualulco
- Annexe 4: Carte morphopédologique de la zone Ixhuacan - El Triunfo
- Annexe 5: Comparaison de quelques caractéristiques des profils P54 (andosol humique) et P55 (andosol différencié)
- Annexe 6: Contrôle de densité le long du transect altitudinal réalisé en 1987
- Annexe 7: Densité sur la ligne et entre ligne
- Annexe 8: Mesure de densité sur les stations
- Annexe 9: Répartition des variétés cultivées de maïs dans 9 exploitations d'Ayahualulco
- Annexe 10: Caractéristiques générales des andosols
- Annexe 11: Correspondance approximative entre les stades de développement de la panicule et de l'épi principal
- Annexe 12: Phenological pattern of tropical maize grown at Tlaltizapan medium elevation of 940 m in Mexico
- Annexe 13: Valeurs du rayonnement global
- Annexe 14: Observation des couleurs de sol
- Annexe 15: Mesures de densité apparente du sol
- Annexe 16: Dose d'engrais apportée pendant le cycle cultural
- Annexe 17: Schéma des parcelles
- Annexe 18: Descriptif des itinéraires techniques depuis la récolte précédente
- Annexe 19: ETP, pluviométrie, RU à Ixhuacan (1800 m)
- Annexe 20: Comparaison des pluviométries entre les deux stations
- Annexe 21: Relation entre HD2 et matière sèche
- Annexe 22: Relation entre Lx1 et les différentes estimations de surface foliaire de la plante
- Annexe 23: Relation entre numero de la feuille et le rapport surface de la feuille de rang i des plantes ayant reçu la fertilisation et surface du témoin de même rang le plus élevé
- Annexe 24: Relation entre nombre et poids de soles
- Annexe 25: Relation entre teneur en phosphore de la feuille axillant l'épi et notation de symptôme visuel de carence
- Annexe 26: Présentation du programme DRIS
- Annexe 27: Relation entre note de symptôme visuel de carence en phosphore et notation du programme DRIS
- Annexe 28: Relation entre NG réel et NG calculé
- Annexe 29: Relation entre LxL FAE et matière sèche de la FAE
- Annexe 30: Corrélation entre le poids de la feuille de l'épi et le poids de la plante entière chez le maïs
- Annexe 31: Profils racinaires
- Annexe 32: Teneur en minéraux des feuilles axillant l'épi
- Annexe 33: Exemple de listing de sortie du programme DRIS
- Annexe 34: Interrogation à la banque de germoplasme du CIMMYT
- Annexe 35: Expression du tallage en fonction de la matière sèche
- Annexe 36: Profils hydriques
- Annexe 37: Résultats obtenus dans une petite région proche: Les TUXTLAS

REPARTICION DE LOS CULTIVOS A LO LARGO DEL GRADIENTE ALTITUDINAL



ANNEXE 1: REPARTITION DES CULTURES LE LONG DU TRANSECT ALTITUDINAL (selon Biarnes et Hoffmann, 1988)



ANNEXE 2: LIMITES D'USAGE DU SOL DANS LA SIERRA DE VERACRUZ

ANNEXE 3 : CONTRÔLE EFFECTUÉ EN 1987 DANS NEUF EXPLOITATIONS D'AYAHUALULCO

(source: suivis réalisés par A.BIARNES et I.BAEZ)

PARCELLES	PENTE	A LA LEVEE			A LA RECOLTE				
		NP/NPc	NPo/m ²	NP/m ²	NP/NPo	NPo/m ²	NE/m ²	NE/NP	N
VICENTE	P1 0	2,53	1,7	4,3	2,1	1,8	3,1	0,81	4
MENDOZA	P3 0	2,5	1,7	4,4					
	P4 0	2,3	1,8	4,1					
	P5 0	2,5	2,1	5,3					
RAFAEL	P1 17%	2,3	2,2	5,2					
MORALES	P2 69%	2,2	1,9	4,3					
ELIJO	P1 0	2,5	1,8	4,5	1,9	1,9	2,8	0,78	5
TRUJILLO	P2 X	2,4	1,9	4,7					
	P4 0	2,4	1,8	4,3					
	P5 0	2,3	2,0	4,6					
	P6 0	2,4	1,9	4,6					
SILVINO	P1 0	2,5	1,6	4,1	2,2	2,4	4,6	0,86	3
ALCANTARA	P2 0	2,4	2,6	6,3					
	P4 43%	2,3	2,4	5,7					
SIMON	P1 40%	2,3	1,9	4,5	1,5	1,8	2,4	0,88	3
HERNANDEZ	P2 0	2,3	2,1	4,9					
	P3 0	2,1	2,1	4,5					
PABLO	P1 10%	2,3	2,0	4,7	1,7	2,6	4,0	0,89	3
ROMERO	P2 0	1,9	2,0	3,9					
EDUARDO	P1 0	2,2			1,5	1,8	2,9		3
PEDRAZA	P3 12%	2,3	2,0	4,7					
	P4 0	2,3							
	P5 30%	2,1	1,8	3,9					
ISIDRO	P1 18%	2,4	1,9	4,4	1,4	1,8	1,8	0,68	3
PEDRAZA	P2 36%	2,1	2,1	4,6					
ANTONIO	P1 30%	2,3	1,8	4,1	1,6	1,7	1,5	0,54	3
PEDRAZA	P2 40%	2,2	1,7	3,7					
	P3 X	2,3	1,7	4,0					
	P4 X	2,2	1,8	4,0					

Pente = pente générale de la parcelle

Contrôle au semis: chaque mesure représente la moyenne de cinq mesures

Contrôle à la récolte: N représente le nombre de contrôle par parcelle, un contrôle est une mesure sur 2 rangs x 10 mètres.

UNIDADES	RELIEVE FORMA Y PENDIENTES	RED HIDROGRAFICA	MATERIAL Y ALTERACION	PORFOGÉNESIS		SUELOS		FACTORES LIMPIANTES	PEJORAMIENTOS Y CONSECUENCIAS	USO DEL SUELO
				PROCESOS	CIRCULACION DEL AGUA	GENÉNESIS Y TIPOS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES			
II. BARRANCAS										
B 2 Barranca estrecha	Barranca en forma de V cerrada, con Jansval de 50 a 100m, por Juntas longitudinales de 4 a 10°, pendientes laterales 20-30°	Es permanente en el fondo de la barranca	Andesitas.	PURBEMENTE PITOPNESTABLE Desgrandinientos	Escorrentías superficiales.	Andosoles Andicos.	Suelos superficiales. Aflojamiento rocosos.	Pendientes muy fuertes. Alta rugosidad.		-Pastizales. -Maíz / forraje. -Bosque -Café en la parte baja.
B 1	CONOS VOLCANICOS Con pendientes fuertes (20-30°).	Subhorizontal, centrífuga.	Materiales escoriales, roja y negra, con bombas volcánicas.	PITOPNESTABLE	Percolación vertical rápida.	ANDOSOLITACION Andosoles diferenciales.	Suelos profundos, negros muy porosos.	Pendientes fuertes.	Uso forestal.	-Bosque. -Maíz / forraje. -Barbachano.
B 2	Con pendientes fuertes (20-30°).	Subhorizontal, centrífuga.	Conos volcánicos recubiertos al material escoriales de cono.	PITOPNESTABLE	Percolación vertical rápida.	ANDOSOLITACION Andosoles diferenciales.	Suelos profundos, negros, muy porosos.	Pendientes fuertes.	Uso forestal.	-Bosque. -Barbachano. -Maíz / forraje.
III. PACIZOS MONTAÑOSOS										
B 4 Macizo	Macizo montañoso con pendientes muy fuertes, muy disectado.	Subhorizontal, muy ondulada (200 a 300m de Jansval).	Andesita, poco alterada, con recubrimientos muy irregulares de tuba y cenizas volcánicas.	PURBEMENTE PENESTABLE	Escorrentías hipodérmica y superficial.	Suelos poco evolucionados de erosión (Andicos).	Suelos superficiales. Aflojamiento rocosos.	Pendientes muy fuertes. Rugosidad, pedregosidad. Suelos someros.	Uso forestal.	-Bosque.
B 6 Macizo	Macizo montañoso con pendientes muy fuertes, muy disectado.	Subhorizontal, muy ondulada (200 a 300m de Jansval).	Caliza, poco alterada.	PURBEMENTE PENESTABLE	Escorrentías hipodérmica y superficial.	Suelos poco evolucionados de erosión (Calcáreos).	Suelos superficiales. Aflojamiento rocosos.	Pendientes muy fuertes. Rugosidad, pedregosidad. Suelos someros.	Uso forestal.	-Bosque.
IV. EL ALTIPLANO										
Z 1	zona plana con pocas ranas colinas redondeadas.	Algunas arroyas intermitentes.	Conos volcánicos poco espesos (1 m aprox.) sobre una colada andesítica.	ESTABLE	Percolación vertical hasta la capa impermeable.	ANDOSOLITACION Andosoles humíferos criptopodérmicos.	Suelos profundos, negros, limosos, muy porosos.	Heladas. Vientos fuertes.		-Parral de altitud.
Z 2	Colinas ligeramente onduladas, con pendientes medias y suaves.	Algunas arroyas intermitentes.	Conos volcánicos poco espesos (1 m aprox.) sobre una colada andesítica.	LIGERAMENTE PENESTABLE	Percolación vertical hasta la capa impermeable.	ANDOSOLITACION Andosoles humíferos criptopodérmicos.	Suelos profundos, negros, limosos, muy porosos.	Heladas. Vientos fuertes.		-Parral de altitud.
C 4	Colinas redondeadas y inclinadas. Pendientes suaves a moderadas.	Poco Jansval.	Conos volcánicos poco espesos sobre coladas basálticas y andesíticas.	LIGERAMENTE PENESTABLE Arroyado difuso.	Percolación vertical y escorrentías hipodérmica sobre la capa alterada.	ANDOSOLITACION Andosoles diferenciales.	Suelos profundos, pardos, limosos, argilosos, porosos.	Pendientes. Rugosidad poco importante.	-Bancos de cantanudo con acubillo. -Cultivos en curva de nivel. -Construcción de muras.	-Papa, haba, maíz, avena.
P 4	Plano y ligeramente ondulado.	Sin.	Materiales volcánicos, arenosos, pumiceos, sueltos en superficie. -Capas retransportadas por el viento.	LIGERAMENTE PENESTABLE Vientos de arena. Arroyado difuso.	Percolación vertical.	ANDOSOLITACION Suelo perfil semi-arenoso, salino.	Suelos arenosos, profundos, porosos.	Pequeña reserva de agua. Ligera fertilidad química.	-Cortinas rompevientos.	-Papa, haba, maíz, avena.
P 5	Parte baja del llano.	Una arroyada intermitente.	Materiales volcánicos, arenosos, pumiceos, sueltos en superficie. -Capas retransportadas por el viento.	ACUMULACIONES Apurte lateral lento por coluvionamiento.	Percolación vertical y lento fricción en profundidad.	Suelos poco evolucionados de aporte de cenizas aluvial.	Suelos arenosos, profundos, porosos.	Bañados en suelos Jansval. Ligera fertilidad química.	-Cortinas rompevientos.	-Papa, haba, maíz, avena.

ANNEXE 5 : COMPARAISON DE QUELQUES CARACTERISTIQUES DES PROFILS P54
(ANDOSOL HUMIQUE) et P55 (ANDOSOL DIFFERENCIE)

P54: ANDOSOL HUMIQUE

P55: ANDOSOL DIFFERENCIE

<p>A1 pH H2O : 4,6 pH NaF : 10,5 pH KCl : 4,7 CEC : 31,1 meq/100g % MO : 10,6 % N : 0,6 P : 6,7 ppm structure grumeleuse, fine, farineuse</p>	<p>A1 pH H2O : 4,9 pH NaF : 10,6 pH KCl : 5,1 CEC : 9,7 meq/100g % MO : 9,6 % N : 0,6 P : 3,7 ppm brun foncé, limono argileux</p>
<p>A11 pH H2O : 4,7 pH NaF : 10,5 pH KCl : 4,9 CEC : 34,2 meq/100g % MO : 10,3 % N : 0,6 P : 4,3 ppm structure polyédrique sub-angulaire très friable dA faible bonne activité biologique et racinaire</p>	<p>(B)1 pH H2O : 5,1 pH NaF : 10,7 pH KCl : 5,9 CEC : 16,3 meq/100g % MO : 6,3 % N : 0,3 P : 4,5 ppm tuff altéré</p>
<p>A12 pH H2O : 5,4 pH NaF : 10,5 pH KCl : 5,1 CEC : - % MO : 9,1 % N : 0,5 P : 3,8 ppm présence d'un tuff pouvant poser problèmes d'hydromorphie si le sol est mal draine, les racines ne prospectent pas le tuff</p>	<p>(B)2 pH H2O : 5,5 pH NaF : 10,5 pH KCl : 5,8 CEC : 16,3 meq/100g % MO : 4,5 % N : 0,3 P : 4,3 ppm limono-argileux</p> <p>(B)3 pH H2O : 5,0 pH NaF : 10,7 pH KCl : 5,8 CEC : 26,8 meq/100g % MO : 0,2 % N : 0,2 P : 9,6 ppm limono argileux, plus argileux</p>

Rq (P55): au dessus du tuff on peut trouver un sol en voie d'argilification (formation d'argile type kaolinite) (et non d'andosolisation) car son évolution est plus lente du fait de la présence d'eau dû à la couche imperméable et au fait que le matériau est peut être plus vieux

(P.QUANTIN communication orale)

ANNEXE 5 (Suite) : BASES ECHANGEABLES

P54 ANDOSOL HUMIQUE

P55 ANDOSOL DIFFERENCIE

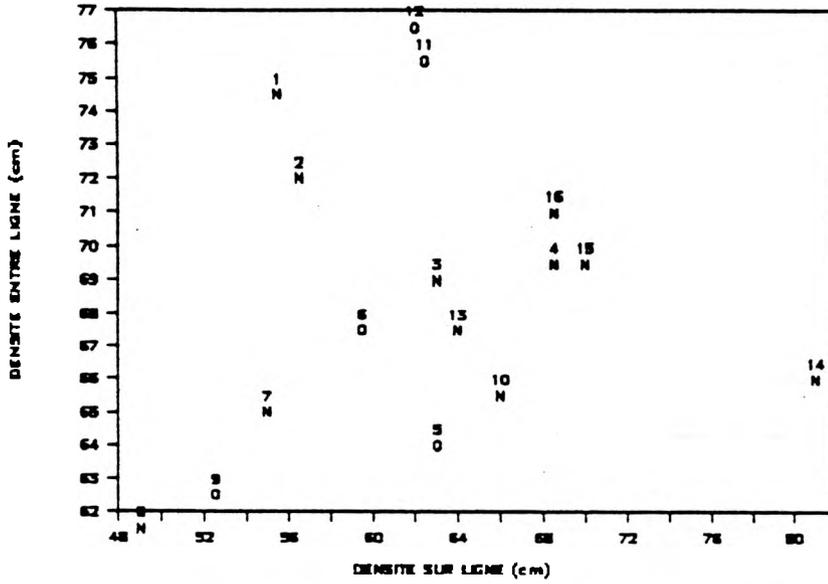
<p>Na = 0,38 K = 0,20 Ca = 1,99 Mg = 0,53</p> <p>S/T = 10 %</p>	<p>Na = 0,58 K = 0,14 Ca = 1,24 Mg = 0,47</p> <p>S/T = 25 %</p>
<p>Na = 0,41 K = 0,19 Ca = 1,74 Mg = 0,48</p> <p>S/T = 8 %</p>	<p>Na = 0,38 K = 0,12 Ca = 1,49 Mg = 0,61</p> <p>S/T = 16 %</p>
<p>Na = 0,36 K = 0,07 Ca = 2,24 Mg = 0,51</p> <p>S/T = manque CEC</p>	<p>Na = 0,71 K = 0,07 Ca = 1,37 Mg = 0,39</p> <p>S/T = 15, %</p>
<p>Na = 0,36 K = 0,07 Ca = 2,24 Mg = 0,51</p> <p>S/T = manque CEC</p>	<p>Na = 0,41 K = 0,10 Ca = 1,49 Mg = 0,62</p> <p>S/T = 10 %</p>

ANNEXE 6: CONTROLE DE DENSITE LE LONG DU TRANSECT ALTITUDINAL REALISE EN 1987
(COMPLANTATION MAIS - HARICOT)

NOMS DES PAYSANS	MAIS		HARICOT EN PIED		HARICOT GRIMPANT		ALTITUDE (m)
	NPo/m2	NP/m2	NPo/m2	NP/m2	NPo/m2	NP/m2	
ENRIQUE M.	1,5	4,2	1,2	2,8	0	0	1460
ISIDRO MOLINA	1,6	4,3	1,6	4,6	0	0	1460
AGUSTIN MENDOZA	1,9	5,6	2,0	4,8	0,4	0,4	1500
JUAN MENDOZA	2,0	5,4	2,0	5,6	1,3	1,4	1500
RAFAEL MENDOZA	1,8	4,5	2,0	5,3	0,4	0,5	1500
MIGUEL MARTINEZ	1,8	4,6	-	2,2	-	2,2	1800
ANTONIO CASAS	1,4	3,8	1,3	2,2	0,7	0,7	1800
EPIPHANIO FLORES	1,5	3,7	1,4	3,3	-	0,9	1800
J. DEJ SOTO	1,6	3,6	1,4	3,4	0,2	0,2	1800
A. MENDOZA P1	3,2	5,4	0	0	0	0	2000
A. MENDOZA P2	3,6	6,7	0	0	0	0	2000
MANUEL HERNANDEZ	2,0	5,9	0	0	1,2	1,2	2000
MANUEL RODRIGUEZ	2,8	7,7	0	0	1,0	1,2	2000
ELEAZER MENDOZA	1,1	2,7	0	0	0	0	2000
ANTONIO PEDRAZA	1,9	4,9	0	0	0	0	2100
JL. PEDRAZA	2,5	7,0	2,4	6,8	0	0	2100
EDUARDO PEDRAZA	2,0	5,1	1,4	3,2	0	0	2100
ISIDRO PEDRAZA	1,9	4,4	0	0	0	0	2100
SILVERIO PEDRAZA	2,0	5,6	1,5	4,0	0,2	0,2	2100
BONIFACIO ORTIZ	2,3	6,3	2,3	6,4	0	0	2100
FRANCISCO GARCIA	2,2	5,4	0	0	0	0	2500
A. MENDOZA P3	2,3	5,5	0	0	0	0	2500

ANNEXE 7:

DENSITE SUR LIGNE ET ENTRE LIGNE



O = Compense avec de l'eau sur 2 ml de la paille

N = non compensé

(R: toutes les stations suivies ne comptent que de mai)

ANNEXE 8 : MESURE DE DENSITE SUR LES STATIONS

PARCELLES	N°STA	DENSITE ■ NPO/m ²		DENSITE ■ NP/m ²	
ARMANDO	1	2,53 2,27	2,40	6,91 6,00	6,46
	2	2,32 2,57	2,45	5,69 7,48	6,59
DIEGO	3	2,45 2,13	2,29	5,57 4,85	5,21
	4	2,20 1,98	2,09	5,59 4,69	5,14
MANUEL	5	2,38 2,52	2,45	5,85 7,33	6,59
	6	2,15 2,84	2,49	5,28 7,49	6,38
SILVINO	7	3,03 2,56	2,80	8,54 6,76	7,64
	8	3,22 3,36	3,29	8,50 8,55	8,52 ,
SILVINO coteaux	9	2,70 3,40	3,05	6,39 8,66	7,52
FILEMON	10	2,40 2,19	2,30	6,77 6,38	6,58
E. TRUJILLO	11	2,14 2,07	2,10	4,68 5,07	4,87
	12	2,01 2,18	2,09	5,31 5,94	5,62
E. GALICIA (1)	13	1,49 1,93	1,71	3,93 4,36	4,16
ALFONSO	14	1,55 2,29	1,92	2,53 3,96	3,25
E. GALICIA (2)	15	2,53 2,10	2,31	7,33 4,39	5,86
PABLO	16	1,90 2,14	2,02	3,63 2,92	3,27

NPO/ha = nombre de poquets par m²

NP/ha = nombre de plantes par m²

N.B: la densité est mesurée par la distance entre 11 rangs, et la distance entre 11 poquets avec comptage du nombre de plantes total des 11 poquets
cette mesure est répétée deux fois par station.

ANNEXE 9:

REPARTITION DES VARIETES CULTIVEES DE MAIS DANS 9 EXPLOITATIONS
D'AYAHUALULCO

(source: suivi d'exploitations 1987 A.BIARNES, I.BAEZ)

NOMS	TYPES PARCELLES	TYPES MAIS	SURFACE (ha)	% SURFACE
SIMON HERNANDEZ	C	P	0,50	9 % "blanco"
	P	B	0,17	91 % "pinto"
	P	P	0,17	
	C	P	1,00	
SILVINO ALCANTARA	P	B	0,23	28 % "blanco"
	P	A	0,18	21 % "amarillo"
	C	P	0,42	51 % "pinto"
ISIDRO PEDRAZA	P	B	0,35	46 % "blanco"
	C	P	0,40	54 % "amarillo"
PABLO ROMERO	P	B	0,22	71 % "blanco"
	P	A	0,91	29 % "amarillo"
ELIJIO TRUJILLO	P	B	0,12	32 % "pinto"
	C	P	1,00	68 % "blanco"
	P	B	0,87	
	P	B	0,90	
RAFAEL MORALES	P	P	0,16	45 % "blanco"
	C	P	0,76	55 % "pinto"
	C	B	0,76	
VICENTE MENDOZA	P	P	0,41	44 % "blanco"
	P	B	0,32	42 % "amarillo"
	P	A	0,26	14 % "pinto"
	P	1/2B+1/2A	0,20	
EDUARDO PEDRAZA	P	B	0,16	27 % "blanco"
	P	P	0,31	41 % "pinto"
	P	B	0,04	32 % "amarillo"
	C	A	0,24	
ANTONIO PEDRAZA	C	P	0,60	100 % "pinto"
	C	P	0,04	
	C	P	0,30	
	C	P	0,30	

Soit au total: 4,42 ha de "blanco" (36 %), 1,43 ha de "amarillo" (11 %), 6,41 ha de "pinto" (53 %).

Types de parcelles: P=plane C=coteau

Types de variétés: B="blanco", A="amarillo", P="pinto"

ANNEXE 9 (suite)

ENQUETE RAPIDE COMPLEMENTAIRE SUR L'UTILISATION DES VARIETES DE MAIS
A AYAHUALULCO

N° UP	TYPES DE PARCELLES	TYPES MAIS	QUANTITE SEME (l)	REPARTITION VARIETE EN % ET UTILISATION
1	P C	B P	85 35	71 % "blanco" 29 % "pinto" A + Ax + V
2	P C C C	B N P A	27 10 10 10	49 % "blanco" 17 % "negro" 17 % "pinto" 17 % "amarillo"
3	P+C P	A B	35 5	87 % "amarillo" A + Ax 13 % "blanco" A
4	P P C	B A P	2ha 0,5ha 0,5ha	80 % "blanco" A + V 10 % "amarillo" Ax 10 % "pinto" Tortilla
5	P C C	B A P	6 6 2,5	41 % "blanco" 41 % "amarillo" 18 % "pinto"
6	p C C	A B P	14 31 5	28 % "amarillo" 62 % "blanco" 10 % "pinto"
7	P+C C C C	B A N P	5 4 2 10	24 % "blanco" 19 % "amarillo" 9 % "negro" 48 % "pinto"
8	C P	P B	17 12 à 14	

Soit au total: 171 l de "blanco"(52%), 79,5 l de "pinto"(24%), 69 l de "amarillo"(20%), 12 l de "negro"(4%).

Types parcelles; P=plane,C=coteau (il s'agit ici de l'ensemble des parcelles)

Types mais; B="blanco", A="amarillo", P="pinto", N="negro"

Utilisation: A=autoconsommation; Ax=animaux; V=vente

ANNEXE 10: CARACTERISTIQUES GENERALES DES ANDOSOLS
(selon Quantin, 1982-1987)

DEFINITION

Concept central : Les andosols sont définis par deux critères essentiels :

- leurs constituants organo-minéraux : Leurs minéraux secondaires sont constitués en prédominance de produits "amorphes" (hydroxydes de fer et d'alumine) et d'alumino-silicates "crypto-cristallins" (allophane-hisingérite-imogolite) et de produits humifiés abondants, qui forment des complexes organo-minéraux stables, dont les propriétés de surface (hydratation, capacité d'échange anionique et cationique) sont très développées.

- leur matériau originel : provient presque toujours des produits volcaniques pyroclastiques d'âge récent, sinon rajeunis.

Caractères de diagnostic :

Nombre des critères les plus couramment utilisés, sur le terrain et au laboratoire, ou par les systèmes de classification (CPCS, 1967 - U.S. Soil Taxonomy, 1975 - FAO, 1968), ne sont pas strictement spécifiques des andosols ; mais ils peuvent orienter la recherche. Citons notamment :

- un matériau volcanique vitreux ;
- un profil peu différencié [A C] ou faiblement [A (B) C],
- une couleur foncée sur une grande épaisseur et riches^{se} en matière organique humifiée ;
- une densité apparente < 0,85;
- un pH dans NaF (1N) > 9,4 après 2 minutes (FIELDES et FERROTT),
- l'abondance de produits "amorphes" complexés par les acides humiques (notamment hydroxydes de Al et Fe),
- texture limoneuse, structure farineuse (fluffy), thixotropie, etc...

Critères vraiment spécifiques :

- Constituants silicatés argileux à > 50 % à l'état crypto-cristallin et abondance de minéraux altérables résiduels.

- Complexes organo-minéraux stables.

- taux de "déshydratation irréversible" $\frac{\Delta \text{pF}_3 \text{ (humide)}}{\text{pF}_3 \text{ (humide)}} \times 100 > 50\% \dots$ (QUANTIN, Thèse)

- taux de "capacité d'échange cationique-dépendante du pH"

$$\frac{\Delta \text{CEC} \frac{\text{pH9}}{\text{pH4}}}{\text{CEC (pH9)}} \times 100 > 40\% \quad (\text{QUANTIN, 1982})$$

* appelés aussi para-cristallins.

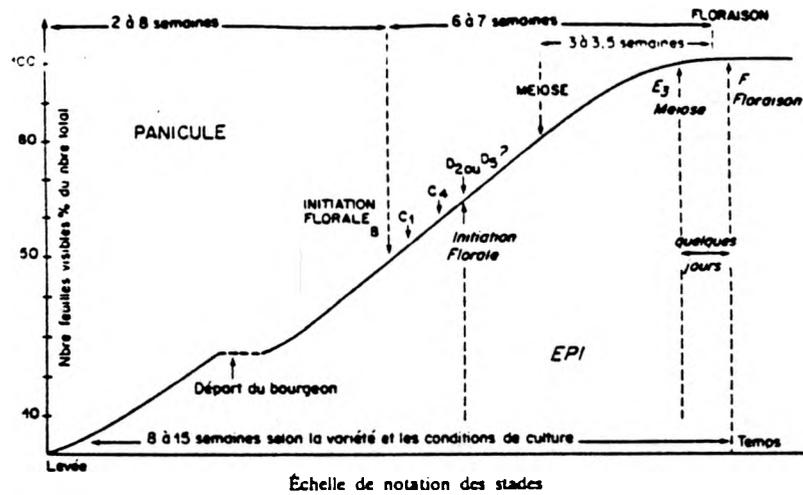
ANNEXE 10: QUELQUES PROPRIETES CHIMIQUES DES ANDOSOLS

(selon expose P.QUANTIN 1987)

HORIZONS	pH		C/N	CEC		S/T (1)	Ca ²⁺	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	H ₂ O	NaF		à pH 7	à pH sol			
A	5,5	6,5 10,5	12	40	20	20%	5	1,5 - 1,7
(B)	6	10	11	27	<20	10 à 20%	3	1,9 - 2
B	6	9,2	-	15	<20	20% (2)	3	2

(1) taux de saturation de la CEC à pH 7

(2) taux de saturation de la CEC de 40 à 50 % à pH du sol



Phase végétative :

A) Différenciation des feuilles et des bourgeons axillaires

Phase de transition :

- B) Début d'initiation de la panicule
- C) Différenciation des épillets
 - C₁ Différenciation des ébauches de paires d'épillets sur l'axe principal.
 - C₂ Différenciation des ébauches de paires d'épillets sur les ramifications latérales.
 - C₃ Différenciation de deux épillets par ébauche.
 - C₄ Différenciation des glumes.

Phase de reproduction :

- D) Différenciation des fleurs
 - D₁ Différenciation de deux fleurs par épillet.
 - D₂ Différenciation des anthers et du pistil de la fleur 1 de l'épillet pédicellé.
 - D₃ Différenciation des anthers et du pistil de la fleur 2.
 - D₄ Différenciation des sacs polliniques de la fleur 1.
 - D₅ Différenciation des sacs polliniques de la fleur 2.
- E) Différenciation des grains de pollen
 - E₁ Différenciation des cellules meres du grain de pollen.
 - E₂ Meiose.
 - E₃ Maturation des grains de pollen.

F) Floraison : émission du pollen

A) Différenciation des spathes et des bourgeons axillaires

- B) Début de différenciation de l'épi
- C) Différenciation des épillets
 - C₁ Différenciation des ébauches de paires d'épillets sur l'axe principal.
 - C₂ N'existe pas sur l'épi.
 - C₃ Différenciation de deux épillets par ébauche.
 - C₄ Différenciation des glumes.

- D) Différenciation des fleurs
 - D₁ Différenciation de deux fleurs par épillet.
 - D₂ Différenciation des anthers et du pistil de la fleur 1 de l'épillet pédicellé.
 - D₃ Différenciation des anthers et du pistil de la fleur 2.

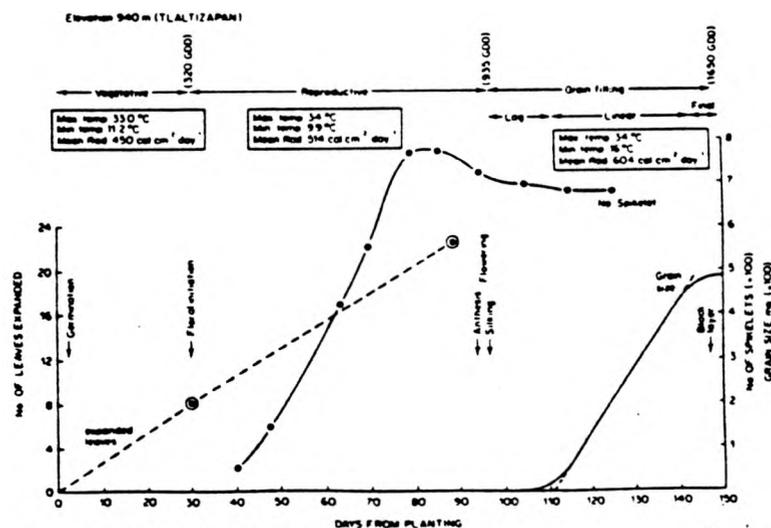
- E) Différenciation du sac embryonnaire
 - E₁ Différenciation du tégument interne de l'ovule.
 - E₂ Différenciation du tégument externe de l'ovule.
 - E₃ Renversment de l'ovule, différenciation du sac embryonnaire : meiose.

F) Floraison : sortie des soies

ANNEXE 11 :

— Correspondance approximative entre les stades de développement de la panicule et de l'épi principal (d'après GAY et MÉNETRIER, 1977).

Approximate correspondence between the steps in the development of the panicle and the main spike (from GAY et MÉNETRIER, 1977).



ANNEXE 12:

Phenological pattern of tropical maize grown at elevation of 940 m in Mexico (latitude 19° N)

Tlaltizapan medium

ANNEXE 13: VALEURS DU RAYONNEMENT GLOBAL
(d'après Turc, 1961)

Valeurs mensuelles de I_{gA} en petites calories par cm^2 de surface horizontale et par jour

Latitude Nord	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
Janvier	858	759	642	508	364	222	87,5	5	0
Février	888	821	732	624	495	360	215	82	2,9
Mars	890	873	834	784	673	562	432	289	146
Avril	862	894	902	880	833	764	676	577	508
Mai	816	885	930	950	944	920	880	860	889
Juin	790	873	934	972	985	983	970	992	1 042
Juillet	804	879	930	955	958	938	908	905	945
Août	833	880	902	891	858	800	728	651	610
Septembre..	875	872	843	788	710	607	487	341	215
Octobre	880	830	755	658	536	404	262	119	17,5
Novembre ..	860	767	656	528	390	246	111	17	0
Décembre ..	842	735	610	469	323	180	55,5	0	0

Latitude Sud	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°		
Janvier	858	893	986	1 009	1 010	990	961		
Février	888	888	937	923	887	820	738		
Mars	890	872	845	783	697	590	466		
Avril	862	820	726	629	507	376	235		
Mai	816	754	616	495	364	226	96		
Juin	790	724	571	439	303	167	49,5		
Juillet	804	748	597	473	338	205	78,5		
Août	833	804	691	586	460	330	189		
Septembre..	875	871	808	734	639	527	397		
Octobre	880	896	905	880	830	753	657		
Novembre ..	860	900	971	987	977	949	905		
Décembre ..	842	891	992	1 031	1 045	1 040	1 025		

ANNEXE 14: OBSERVATION DES COULEURS DU SOL
(Appréciation visuelle à la tarière)

STA 1: DON ARMANDO (T)	
1 - 0-45 brun sombre 45-95 noir 95-110 noir avec petites pierres blanches	2 - 0- 38 brun sombre 38-110 noir
STA 2 : DON ARMANDO (P)	
1 - 0-45 brun sombre 45-110 brun	2 - 0-85 brun sombre à noir 85-110 brun
STA 3 : DON DIEGO (T)	
1 - 0-95 noir 95-110 brun	2 - 0-74 noir 74-84 brun clair 84-110 brun foncé
STA 4 : DON DIEGO (P)	
1 - 0-100 noir 100-110 brun sombre + 110 tuff	2 - 0-110 noir
STA 5 : DON MANUEL (T)	
1 - 0-95 noir 95-110 brun sombre	2 - 0-110 brun sombre
STA 6 : DON MANUEL (P)	
1 - 0-105 noir 105-110 brun sombre	2 - 0-85 noir 85-95 brun sombre + 95 tuff
STA 7 : DON SILVINO (T)	
1 - 0-75 brun sombre à noir 75-90 brun clair à jaune 90-95 tuff	2 - 0-10 brun sombre 10-15 jaune 15-90 noir 90-93 tuff 93-100 brun avec nodules de tuff 100-110 brun clair
STA 8 : DON SILVINO (P)	
1 - 0-110 brun sombre à noir	2 - 0-45 brun sombre 45-55 brun clair + 55 jaune
STA 9 : DON SILVINO (coteau)	
1 - 0-45 brun sombre 45-105 brun clair 105-110 jaune sombre	2 - 0-50 brun sombre 50-70 brun clair 70-100 brun sombre 100-110 jaune sombre
3 - 0-30 brun sombre 30-100 brun clair 100-110 jaune sombre	

ANNEXE 14 (suite)

<p>STA 10: DON FILEMON</p>	
<p>1 - 0-50 noir 50-110 brun sombre</p>	<p>2 - 0-57 brun sombre à noir 57-80 brun clair 80-110 brun sombre à noir</p>
<p>3 - 0-57 brun sombre à noir 57-80 brun 80-110 brun obscure</p>	
<p>STA 11 : DON E. TRUJILLO (T)</p>	
<p>1 - 0-45 noir 45-70 brun sombre 70-105 brun clair</p>	<p>2 - 0-18 noir 18-35 brun 35-80 jaune</p>
<p>STA 12 : DON E. TRUJILLO (P)</p>	
<p>1 - 0-50 noir 50-75 brun sombre + 75 jaune</p>	<p>2 - 0-35 noir 35-50 jaune 50-110 brun clair</p>
<p>STA 13 : DON E. GALICIA (1)</p>	
<p>1 - 0-20 brun sombre 20-55 brun clair 55-110 jaune</p>	<p>2 - 0-35 brun sombre 35-70 brun clair 70-90 jaune sombre 90-105 jaune avec pierres blanches et roses + 105 pierres blanches en décomposition</p>
<p>STA 14 : DON ALFONSO</p>	
<p>1 - 0-110 brun sombre à noir</p>	<p>2 - 0-95 brun sombre 95-100 noir 100-106 brun sombre à noir</p>
<p>3 - 0-110 brun sombre à noir</p>	
<p>STA 15 : DON E. GALICIA (2)</p>	
<p>1 - 0-60 brun sombre 60-70 jaune</p>	<p>2 - 0-45 brun sombre 45-65 jaune sombre 65-75 brun clair</p>
<p>STA 16 : DON PABLO</p>	
<p>1 - 0-30 brun sombre 30-55 brun clair 55-57 jaune sombre + 57 roche</p>	<p>2 - 0-30 brun sombre 30-105 brun sombre à noir 105-110 noir</p>
<p>3 - 0-40 brun sombre 40-110 brun sombre à noir</p>	<p>4 - 0-30 brun sombre 30-65 jaune sombre</p>
<p>5 - 0-20 brun clair 20-50 jaune sombre 50-70 nodules de roches volcaniques dans terre jaune sombre</p>	

ANNEXE 15: MESURE DE DENSITE APPARENTE DU SOL

(Echantillons seches 24 h à 105 °C, calcul PF-PS/PS)

Parcelles	dA	Observations	m	s	CV(%)
DON ARMANDO 1	0,78	Fond de billon	0,64	0,12	19
(STATION 2) 2	0,50	Sur le billon			
3	0,69	Fond de billon			
4	0,58	Sur le billon			
DON DIEGO 1	0,57	Avant labour	0,56	0,02	4
(STATION 4) 2	0,55	Avant labour			
3	0,53	Avant labour			
4	0,53	Avant labour			
DON MANUEL 1	0,62	Sur le labour	0,60	0,04	7
(STATION 6) 2	0,57	Sur le labour			
3	0,64	Fond de labour			
4	0,55	Fond de labour			
DON SILVINO 1	0,60	Sur labour	0,61	0,04	7
(STATION 8) 2	0,55	Sur labour			
3	0,64	Fond de labour			
4	0,64	Fond de labour			
DON ERNESTO 1	0,42	Après labour	0,44	0,01	4
TRUJILLO 2	0,44	Après labour			
(STATION 12) 3	0,46	Après labour			
4	0,44	Après labour			

QUANTITE DE PHOSPHORE APPORTEE:

Pour 400 m², profondeur de labour 12 cm, P205 dosant 46 kg pour 100 kg d'engrais (formule superphosphate 0-46-0), la densité apparente du sol prise en compte pour le calcul est la densité apparente moyenne des quatre mesures.

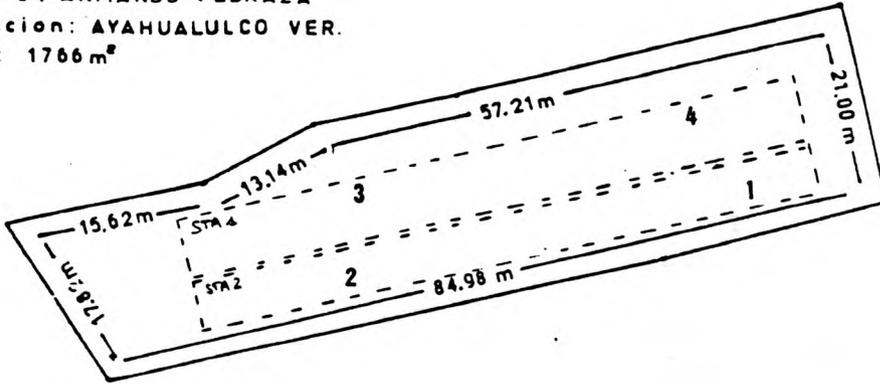
DON ARMANDO	2995 ppm
DON DIEGO	3423 ppm
DON MANUEL	3194 ppm
DON SILVINO	3142 ppm
DON E. TRUJILLO	4336 ppm

ANNEXE 16: DOSE D'ENGRAIS APPOURTEE PENDANT LE CYCLE CULTURAL
 (en unites N-P-K par ha /

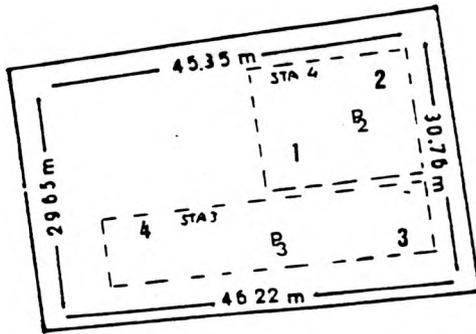
STATIONS	AU SEMIS	AU BUTTAGE	TOTAL
1	52-270-0	135-135-0	187-405-0
2	75-75-75 + 2300 P	135-135-0	212-212-75 + 2300 P
3	64-64-64	164-0-0	228-64-64
4	75-75-75 + 2300 P	164-0-0	239-75-75 + 2300 P
5	0	97-97-0	97-97-0
6	75-75-75 + 2300 P	100-100-0	175-175-75 + 2300 P
7	66-66-0	225-0-0	291-66-0
8	75-75-75 + 2300 P	225-0-0	300-75-75 + 2300 P
9	107-107-0	219-0-0	326-107-0
10	14-14-0	0	14-14-0
11	36-0-0	218-28-0	254-28-0
12	75-75-75 + 2300 P	218-28-0	293-103-75 + 2300 P
13	0	60-0-0	60-0-0
14	0	160-46-0	160-46-0
15	0	60-0-0	60-0-0
16	0-36-0	64-164-0	64-200-0

Ry: 0-36-0 64-164-0 64-200-0

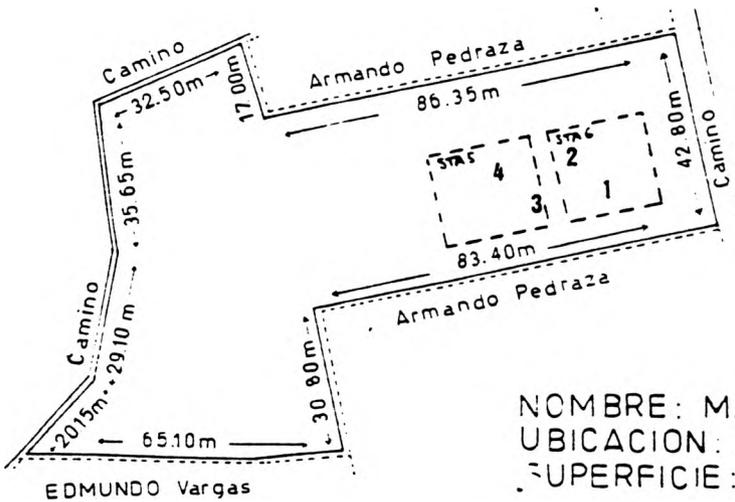
Nombre: ARMANDO PEDRAZA
 Ubicacion: AYAHUALULCO VER.
 Area: 1766 m²



Nombre: DIEGO GUEVARA
 Ubicacion: AYAHUALULCO VER.
 Area: 1382 m²



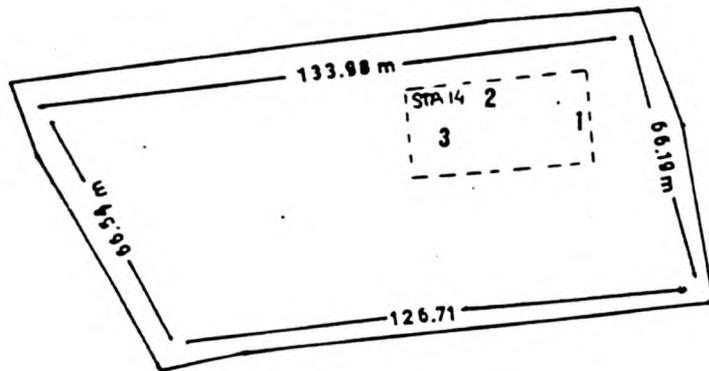
Escala-1: 500



NOMBRE: MANUEL RODRIGUEZ
 UBICACION: AYAHUALULCO (AYAHUALULCO VER.)
 SUPERFICIE: 7.076 m²

1,2,3,4 = Observations à la tarière
 P2,P3 = Profils

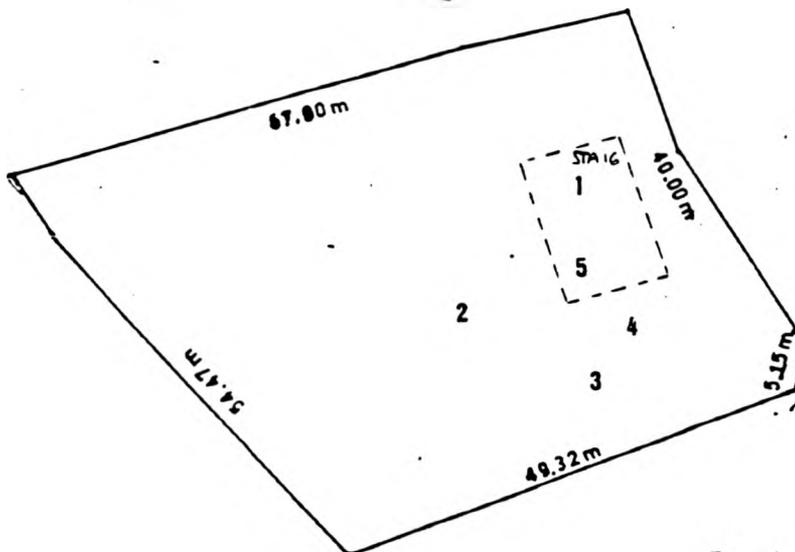
Nombre: A MENDOZA
Ubicación: AYAHUALULCO VER.
Area: 8632m²



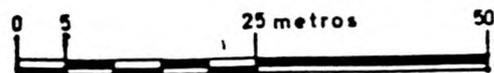
Escala - 1:1000



Nombre: P DEIXHUACAN
Ubicación: AYAHUALULCO VER.
Area: 2785m²



Escala - 1:500



ANNEXE 18: DESCRIPTIF DES ITINAIRES TECHNIQUES DEPUIS LA RECOLTE PRECEDENTE

N° PAR.	PREPARATION DU SOL (1)	MODE SEMIS (2)	DATE SEMIS (2)	DATE GERMI- NATION (3)	PREMIERE FERTILISATION (4)
1	canes de maïs pour litière+ arrachage(8/3)+labour attelé (14/3)+recroisage+billonnage	P	26/3	7/04	50 kg 18-46-0 50 kg 0-46-0
2	coupe de canes de maïs (02) arrachage(fin 02)+labour attelé (fin 02)+recroisage+billonnage	P	25/3	6/04	75 kg de 12-12-12
3	coupe de canes de maïs (01)+ arrachage(fin 02)+labour attelé+ recroisage+billonnage	P	21/3	2/04	0 au semis
4	coupes canes de maïs (12/87)+ arrachage(01)+labour attelé(3/2) +recroisage(3/3)+retirer les adventices(21/3)+billonnage(28/3)	BF	28/3	5/04	50 kg 20-0-0 50 kg 0-20-0
5	coupe de l'herbe+coupe des canes de maïs(2/01)+arrachage(1/3)+ labour houe manuelle(2-9/03)	BF	18/3	31/3	225 kg 20-0-0 225 kg 0-20-0
6	coupe canes maïs(01)+arrachage (01)+labour houe manuelle(03)	BF	29/3	7/04	40 kg 20-0-0 40 kg 0-20-0 2 sacs engrais organique
7	coupe canes maïs(02)+arrachage (02)+labour houe manuelle(22/3)	BF	24/3	4/04	150 kg 20-0-0 15 sacs engrais organique
8	semis direct apres recolte de pomme de terre (debut 03)	P	24/3	4/04	0 au semis car résidus engrais pomme de terre
9	coupe canes maïs(12/87)+ arrachage(01)+labour attelé, recroisage et billonnage(20,21/3)	P	29 et 30/03	7/04	0 au semis
10	canes de maïs pour litière+ labour houe manuelle (18/04)	BF	19/4	27/4	50 kg 0-20-0 2 sacs engrais organique

(1) l'arrachage consiste à retirer la base du pied de maïs

(2) P = semis à la pelle bêche (technique introduite depuis 5 à 10 ans selon les villages par les personnes qui sèment la pomme de terre)

BF = baton à four ("coa" en espagnol, baton droit de 1,50 généralement équipé d'une pointe en fer)

(3) Date de germination déterminée en comptant sur les mêmes placettes tous les 3 jours le nombre de pieds levés sur deux rangs et environ trente poquets par rangs, deux fois par parcelle, la date est atteinte quand 50 % environ des pieds contrôlés ont levé.

(4) Dans ces parcelles la première fertilisation s'est faite au semis, certains l'effectuent un mois environ après le semis.

ANNEXE 18 (suite)

N° Pp	RESEMIS	DESHERBAGES	2e FERTILISATION BUTTAGÉ
1	0	27/04 et 17/05 (4 rangs) manuel	50 kg urée + 50 kg 0-46-0 buttage attelé le 7-8/7
2	fin 04 1 l de semences	16/4 une semaine et 25/5	50 kg urée, buttage manuel
3	25/4 3 l de semences	22-26/04	150 kg urée + 150 kg 0-46-0 buttage attelé et manuel
4	0	26-27/04	75 kg urée, buttage manuel
5	0	9/05	200 kg urée le 20-25/5, manuel
6	27/4 au 2/05 2 l de semences	27/04 et 9/05	0 engrais
7	20 au 25/04 manquait peu de semences	12/05 (1/05 pour la partie avec P)	550 kg 20-0-0 + 150 kg urée + 50 kg 0-46-0, le 1-5/7, manuel
8	0	0 (non saie car culture précédente)	300 kg de 20-0-0, 1-5/7, manuel
9	23 au 25/04 5 à 6 l de semences	19/4 au 29/4	300 kg d'urée et 200 kg 0-20-0 27-29/06 buttage attelé
10	0	12-13/05	50 kg 18-46-0 (15/7) et 50 kg de 18-46-0 dans les zones les + mauvaises le 26/08

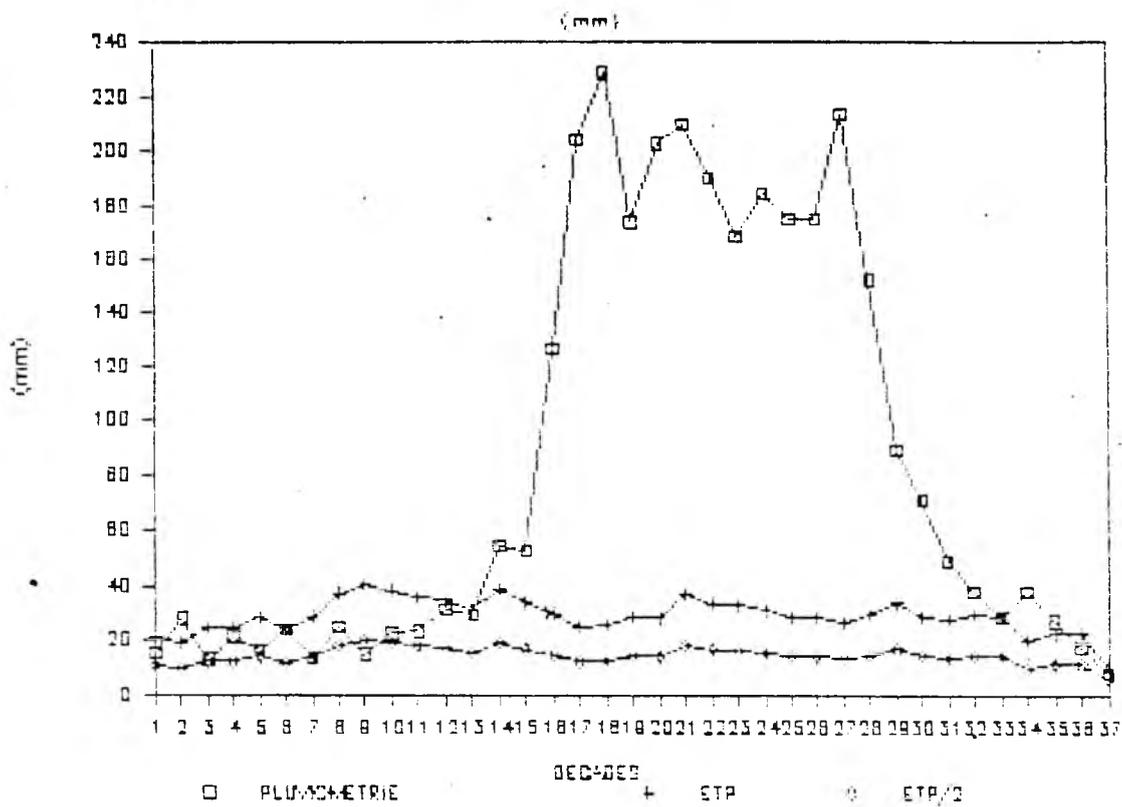
ANNEXE 19: ETP, PUVIOMETRIE, RU A IXHUACAN (1800m)

DECADES	ETP bac (mm)			PLUVIOMETRIE (mm)			RU (mm)
	m	s	n	m	s	n	
1	21	9	9	15	16	19	86
2	20	6	9	28	24	19	95
3	25	9	9	13	11	19	83
4	25	8	9	21	19	19	79
5	28	10	9	16	15	19	67
6	24	5	9	24	24	19	67
7	29	6	6	14	11	16	52
8	37	9	6	25	21	16	39
9	40	9	6	15	16	16	14
10	38	11	8	23	21	18	0
11	36	10	8	22	25	18	0
12	35	15	8	31	26	18	0
13	31	10	8	29	28	18	0
14	39	6	8	34	36	18	15
15	34	5	8	53	45	18	34
16	30	9	8	126	85	18	100
17	25	8	8	204	97	18	100
18	26	6	8	228	118	18	100
19	26	6	8	174	82	18	100
20	28	9	8	202	112	18	100
21	37	18	8	209	106	18	100
22	34	11	7	190	102	17	100
23	33	9	7	168	51	17	100
24	31	13	7	184	91	17	100
25	29	5	7	175	63	17	100
26	28	8	8	175	106	18	100
27	27	7	8	213	124	18	100
28	29	6	8	152	86	17	100
29	34	8	8	89	66	17	100
30	28	7	8	71	36	17	100
31	28	2	8	49	30	17	100
32	30	6	9	38	36	18	100
33	28	5	9	28	29	18	100
34	20	6	9	38	37	18	100
35	23	7	9	27	24	18	100
36	23	8	9	17	19	18	95
37 (5 jours)	16	4	9	8	13	18	92

m = moyenne
s = ecart type
n = nombre d'annees

ANNEXE 19 (suite)

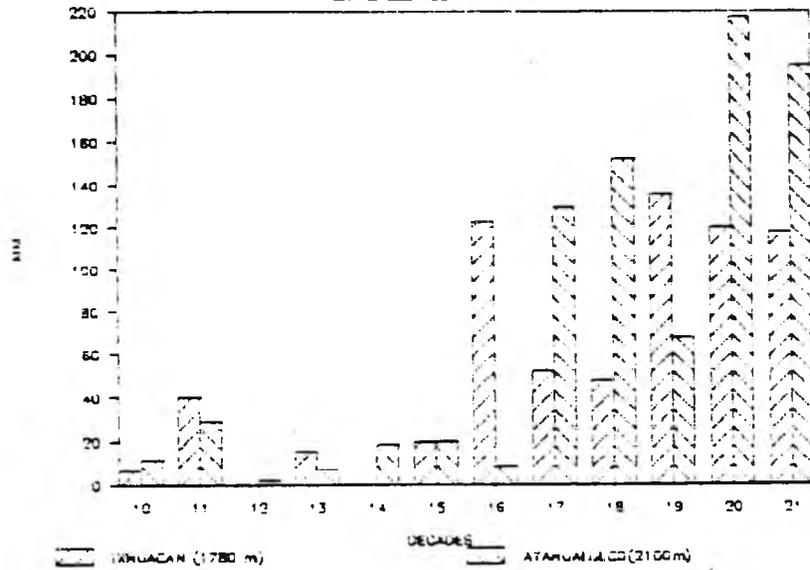
PLUVIOMETRIE ET EVAPORATION A IXHUACAN



ANNEXE 20

COMPARAISON DES FLUVIOMETRIES

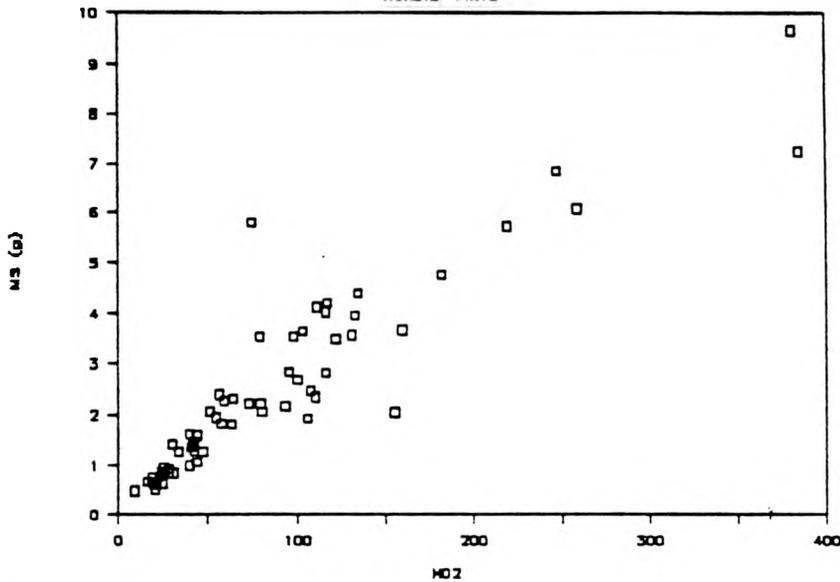
ENTRE LES DEUX STATIONS



ANNEXE 21 1ERE MESURE

RELATION ENTRE HD2 ET MS

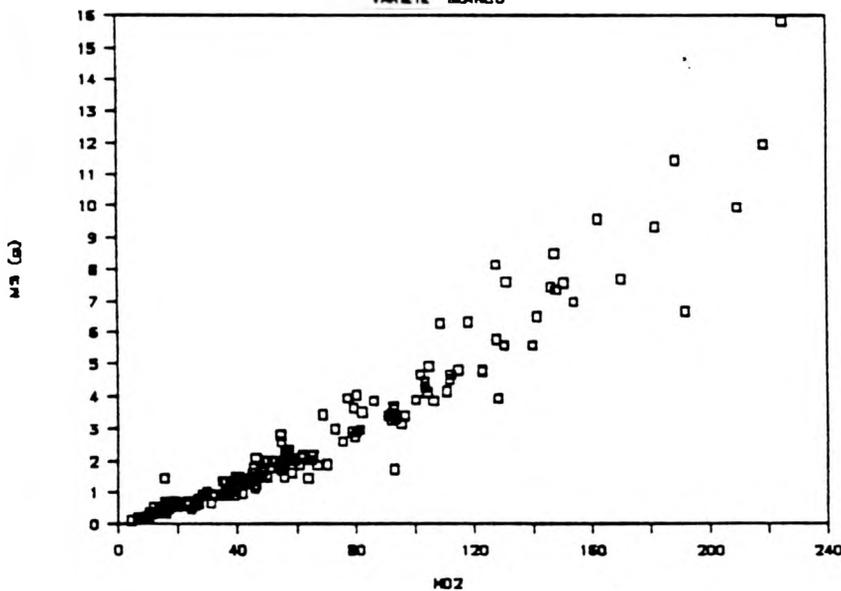
VARIETE "PINTO"



$$MS = 0,58 + 0,02 HD2 \quad r^2=0,84 \quad n=60$$

RELATION ENTRE HD2 ET MS

VARIETE "BLANCO"

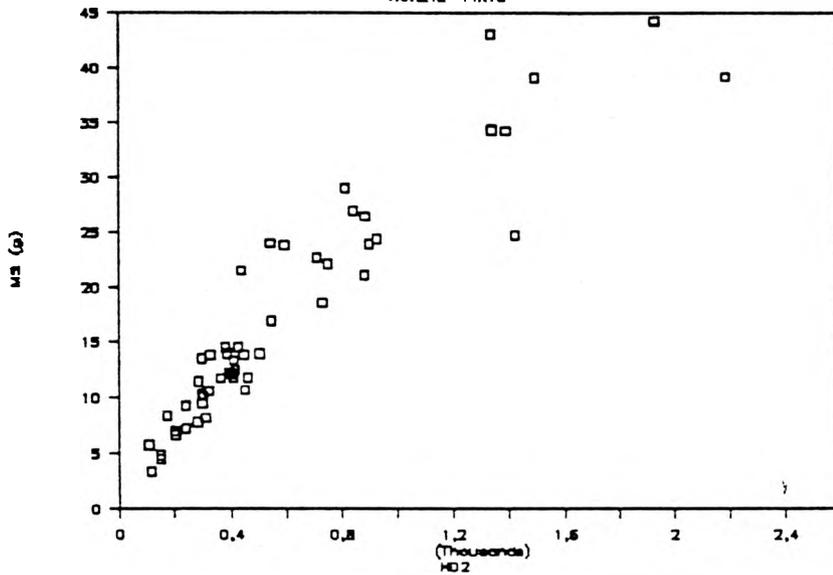


$$MS = -0,77 + 0,05 HD2 \quad r^2=0,91 \quad n=165$$

ANNEXE 21 (suite)
2EME MESURE

RELATION ENTRE HD2 ET MS

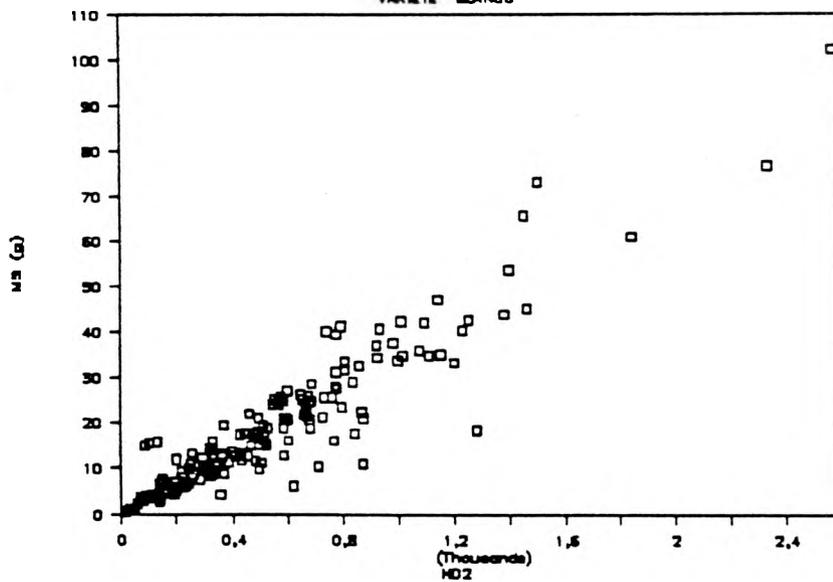
VARIETE "PINTO"



$$MS = 4,93 + 0,021 \text{ HD2} \quad r^2=0,86 \quad n=52$$

RELATION ENTRE HD2 ET MS

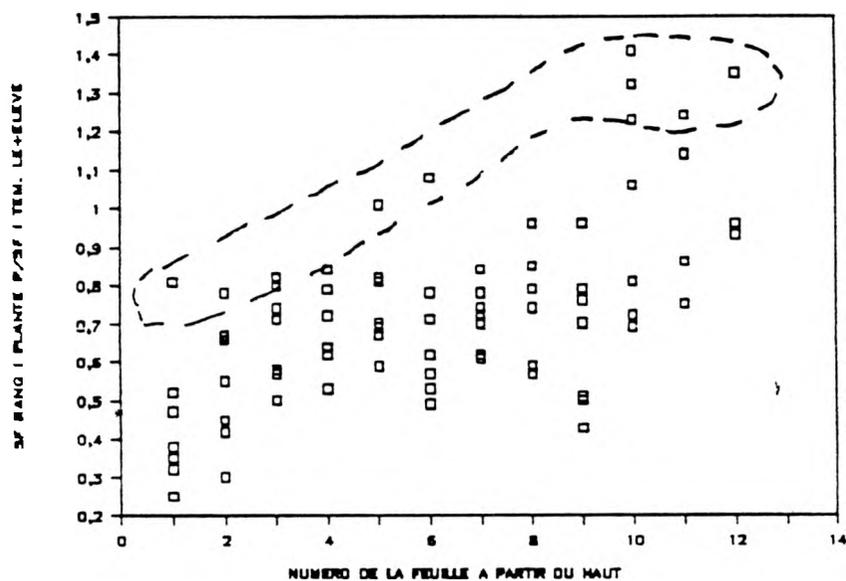
VARIETE "BLANCO"



$$MS = 0,097 + 0,035 \text{ HD2} \quad r^2=0,86 \quad n=159$$

ANNEXE 23:RELATION ENTRE NUMERO DE LA FEUILLE ET LE RAPPORT SURFACE DE LA FEUILLE DE RANG 1 DES PLANTES AYANT RECU LA FERTILISATION ET SURFACE DU TEMOIN DE MEME RANG LE PLUS ELEVE

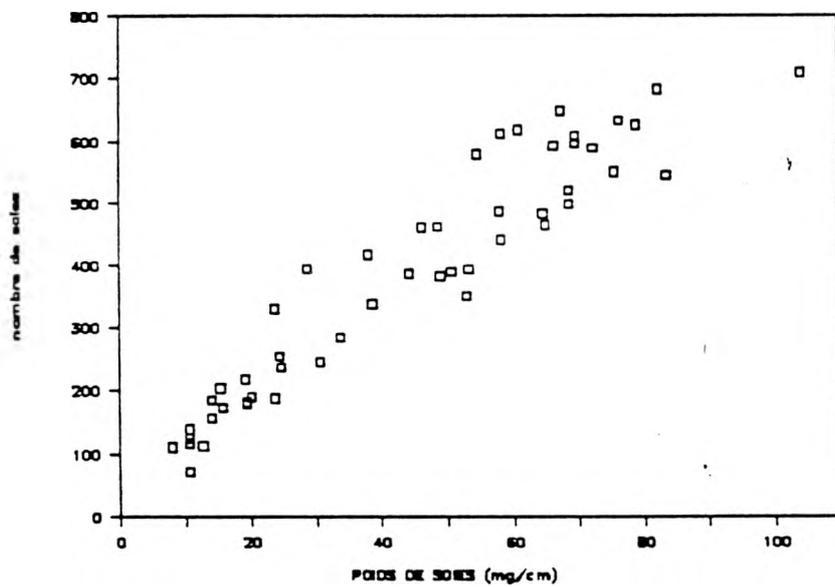
SF RANG 1 PLANTE P/SF PLANTE T ET N° FE



7 plantes pour P
 moyenne de 12 plantes pour T
 Plantes à 21 feuilles

ANNEXE 24

RELATION ENTRE NOMBRE ET POIDS DE SOIES

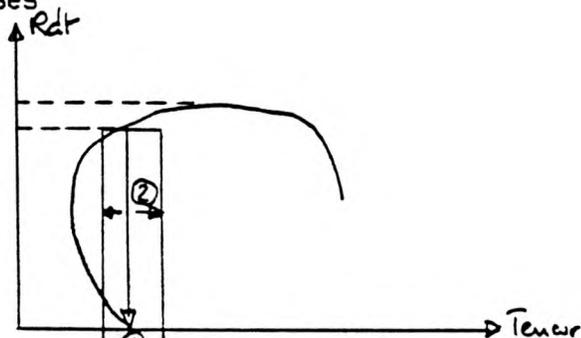


$$NSOIE = 71 + 2,35 PSOIE \quad r^2 = 0,9 \quad n = 50$$

ANNEXE 26: PRESENTATION DU PROGRAMME DRIS

DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System) est un système d'interprétation des teneurs en minéraux des plantes. Ce système a surtout été étudié par Beaufrès (1957, 1971, 1973) puis Summer (1979), Walworth et Summer (1987).

Les anglo-saxons utilisent classiquement deux normes pour interpréter leurs analyses



1 = critical nutrient level (CNL) valeur qui réduit le rendement maximum de 5 à 10 %.

2 = le sufficiency range plage de valeur pour le CNL

Le système DRIS a été développé pour pallier aux insuffisances des interprétations classiques des minéraux absorbés pour permettre en particulier, selon ces auteurs, de s'affranchir:

- de l'âge du tissu
- de la position de la feuille
- du cultivar

Le principe est que les ratios des minéraux des plantes cultivées dans les meilleures conditions restent relativement constants dans le temps, pour des feuilles différentes et pour des cultivars différents. On cherche donc à calculer un indice de déficience en confrontant les valeurs obtenus par les analyses aux normes retenues (tableau 1) dans une base de données. Une option du programme permet de rentrer ses propres normes.

Table 1. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) foliar diagnostic reference norms for corn.†

Parameter	No.	Mean	SD	Parameter	No.	Mean	SD
N:Pz	1909	9.035	2.136	100N:Zn	1526	11.797	4.459
N:K	1908	1.463	0.426	Zn/100P	1527	0.883	0.420
P:K	1909	0.169	0.054	Zn/100K	1526	0.140	0.066
Ca:N	1553	0.160	0.057	100Ca:Zn	1524	1.919	1.087
Ca:P	1554	1.447	0.612	100Mg:Zn	1527	0.830	0.504
Ca:K	1553	0.237	0.122	100S:Zn	760	0.952	0.365
Mg:N	1556	0.071	0.029	Fe:Zn	1268	4.464	1.837
Mg:P	1557	0.639	0.330	Mn:Zn	1520	1.716	1.175
Mg:K	1556	0.104	0.063	Cu/100N	1401	0.031	0.013
Mg:Ca	1554	0.465	0.182	Cu/100P	1402	0.277	0.140
S:N	788	0.084	0.019	Cu/100K	1401	0.045	0.022
S:P	788	0.703	0.225	100Ca:Cu	1402	6.022	3.511
S:K	787	0.114	0.029	100Mg:Cu	1402	2.768	1.935
Ca:S	785	1.978	0.893	Cu/100S	664	0.375	0.211
S:Mg	788	1.195	0.395	Cu:Fe	1236	0.079	0.036
Fe/100N	1297	0.394	0.097	Cu:Mn	1395	0.260	0.174
Fe/100P	1296	3.588	1.177	Cu:Zn	1372	0.356	0.200
Fe/100K	1297	0.568	0.201	B/100N	402	0.024	0.012
100Ca:Fe	1298	0.410	0.189	B/100P	403	0.269	0.135
100Mg:Fe	1298	0.190	0.098	B/100K	402	0.043	0.033
Fe/100S	687	4.868	1.419	B/100Ca	403	0.153	0.076
Mn/100N	1459	0.151	0.087	B/100Mg	403	0.335	0.152
Mn/100P	1550	1.416	1.063	100S:B	112	3.185	1.039
Mn/100K	1549	0.218	0.140	B:Fe	389	0.068	0.036
Mn/100Ca	1547	1.048	0.676	B:Mn	399	0.173	0.150
Mn/100Mg	1550	2.485	1.780	B:Zn	410	0.265	0.134
100S:Mn	782	0.648	0.351	B:Cu	401	0.950	0.620
Mn:Fe	1293	0.405	0.249				

† Number of observations, means, and standard deviations (SD) of DRIS reference parameters in the subpopulation yielding more than 10.0 Mg of grain ha⁻¹.

‡ Nutrient concentrations were expressed in g kg⁻¹ for N, P, K, Ca, Mg, and S and in mg kg⁻¹ for Fe, Mn, Zn, Cu, and B.

Calcul de l'indice:

$$\begin{aligned}\text{Index A} &= (f(A/B) + f(A/C) + f(A/D) \dots + f(A/N))/n \\ \text{Index B} &= (-f(A/B) + f(B/C) + f(B/D) \dots + f(B/N))/n \\ \text{Index N} &= (-f(A/N) - f(B/N) - f(C/N) \dots - f(M/N))/n\end{aligned}$$

où quand $A/B \geq a/b$

$$f(A/B) = ((A/B)/(a/b) - 1)1000/CV$$

et quand $A/B < a/b$

$$f(A/B) = (1 - (a/b)/(A/B))1000/CV$$

A/B = ratio des analyses, a/b = ratio de la norme CV = coeff de variation de la norme, n = nombre de fonctions qui comprennent le minéral analysé

Exemple de calcul

Normes (feuille axillant l'épi de maïs)

teneur coeff de variation

n/p = 10,04	14 %
n/k = 1,49	21 %
k/p = 6,74	22 %

exemple de résultats d'analyse:

$$\begin{aligned}N &= 3,3 \% \\ P &= 0,2 \% \\ K &= 1,2 \%\end{aligned}$$

soit

$$\begin{aligned}N/P &= 3,3 / 0,2 = 16,5 \\ N/K &= 3,3 / 1,2 = 2,75 \\ K/P &= 1,2 / 0,2 = 6\end{aligned}$$

Equations utilisées

$$N/P > n/p \quad f(N/P) = (16,5/10,04 - 1)1000/14 = 45,96$$

$$N/K > n/k \quad f(N/K) = (2,75/1,49 - 1)1000/21 = 40,27$$

$$K/P < k/p \quad f(K/P) = (1 - 6,74/6)1000/22 = -5,61$$

Calcul des index

$$\begin{aligned}\text{index N} &= (f(N/P) + f(N/K))/2 = (45,96 + 40,27)/2 = 43,11 \\ \text{index P} &= (-f(N/P) - f(K/P))/2 = (-45,96 - (-5,61))/2 = -20,17 \\ \text{index K} &= (-f(N/K) + f(K/P))/2 = (-(40,27) + (-5,61))/2 = -22,94\end{aligned}$$

et somme des index = 0

Exemples de constance du classement des index en fonction du numéro de feuilles et des lieux (tableaux suivants).

Table 13. Effect of leaf number and leaf part sampled on the concentration of N, P, K, Ca, and Mg and calculated DRIS indices for corn (data from J.B. Jones, 1970), from Summer (1977c) >

Leaf number below tassel	Leaf composition (%)					DRIS indices					Order of requirement
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	
1	1.60	0.25	1.35	0.83	0.56	-35	1	-11	15	29	N > K > P > Ca > Mg
3	2.25	0.27	1.37	0.78	0.57	-15	-2	-15	8	24	N = K > P > Ca > Mg
6	2.35	0.33	1.77	0.86	0.67	-23	2	-10	6	25	N > K > P > Ca > Mg
7	2.35	0.29	1.88	0.73	0.52	-16	-2	-3	4	16	N > K > P > Ca > Mg
9	2.30	0.25	2.02	0.81	0.57	-17	-11	1	7	21	N > P > K > Ca > Mg

Table 16. Maize ear leaf tissue norms from various sources

	Combined data base	South Africa	Southeastern United States*	Northeastern United States and Canada*	Midwestern United States*	New Zealand*	Hawaii†
N (%)	3.26	3.16	3.34	3.04	3.29	—	—
N/P	10.13	8.91	11.23	9.14	9.96	11.54	9.98
N/K	1.40	1.32	1.24	1.43	1.50	1.30	1.60
N/Ca	6.95	7.96	8.31	5.92	5.80	5.13	7.04
N/Mg	16.97	17.28	20.10	13.03	15.13	15.62	13.51
N/S	12.17	11.04	15.02	11.45	12.86	—	15.20
P (%)	0.330	0.369	0.303	0.339	0.338	—	—
P/K	0.146	0.155	0.115	0.164	0.154	0.108	0.163
P/Ca	0.678	0.922	0.748	0.640	0.570	0.451	0.725
P/Mg	1.65	2.00	1.80	1.42	1.53	1.41	1.37
P/S	1.33	1.28	1.61	1.27	1.30	—	1.55
K (%)	2.42	2.46	2.78	2.19	2.24	—	—
K/Ca	5.32	6.33	6.88	4.35	3.91	3.97	4.46
K/Mg	11.95	13.82	16.65	9.68	10.45	11.90	8.55
K/S	8.74	8.70	12.04	8.26	8.73	—	9.67
Ca (%)	0.531	0.442	0.431	0.595	0.602	—	—
Ca/Mg	2.43	2.07	2.49	2.15	2.59	2.95	1.96
Ca/S	2.18	1.55	2.07	2.24	2.17	—	2.21
Mg (%)	0.241	0.245	0.176	0.312	0.258	—	—
Mg/S	1.02	0.843	1.06	1.17	0.846	—	1.18
S (%)	0.274	0.289	0.247	0.274	0.269	—	—

*Includes data from Alabama, Georgia, North Carolina, and Virginia.

*Includes data from Delaware, Maryland, New Jersey, Pennsylvania, and Ontario, Canada.

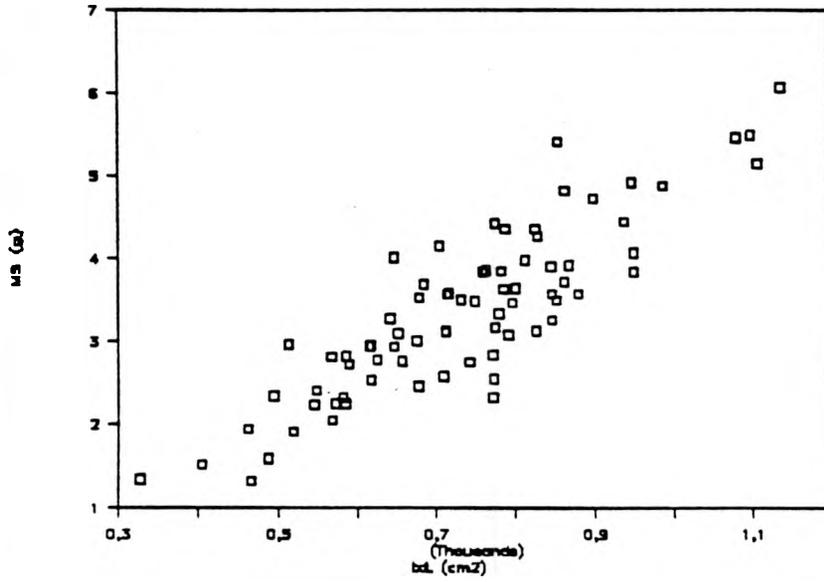
*Includes data from Illinois, Indiana, Iowa, Michigan, Minnesota, Ohio, and Wisconsin.

†From Cornforth and Steele (1981).

*From Escano et al. (1981).

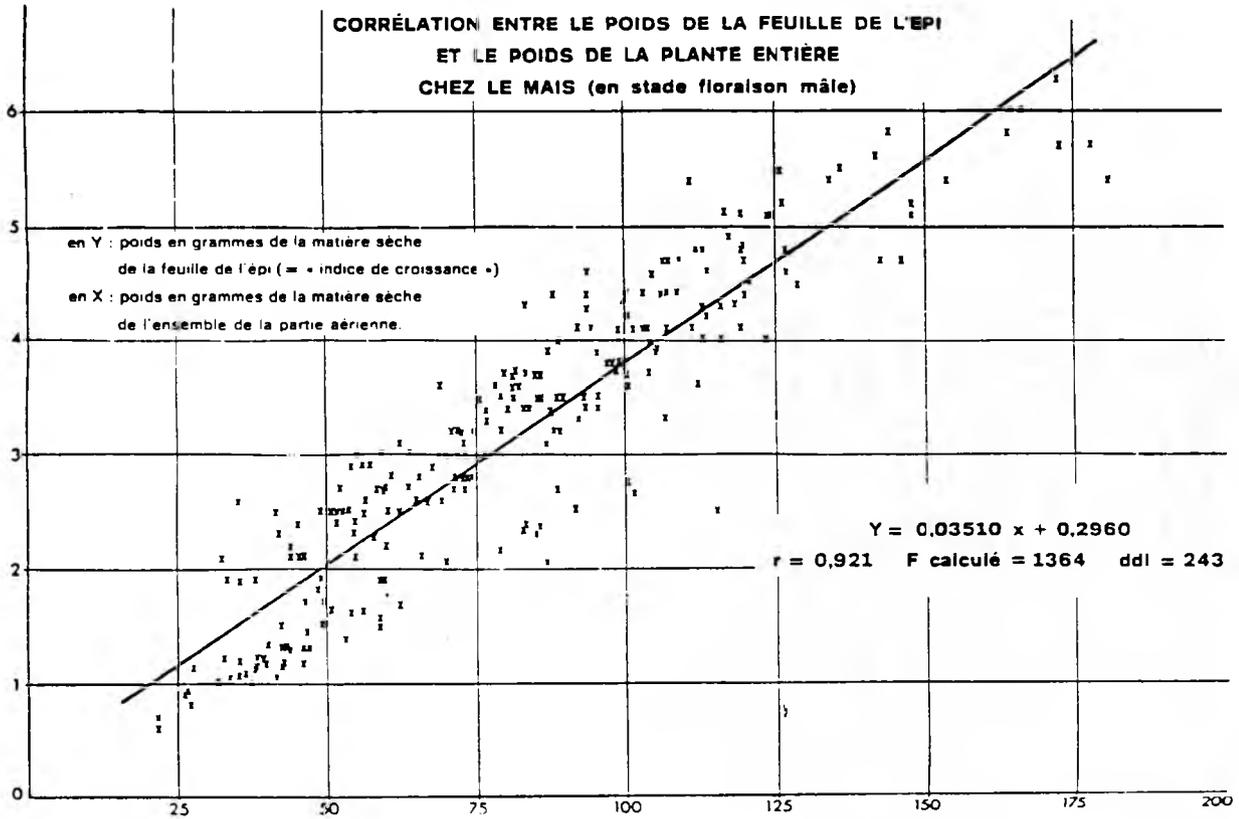
ANNEXE 29

RELATION ENTRE IXL FAE ET MS FAE



$MS = -0,58 + 0,0054 IXL$
 $r^2 = 0,76 \quad n = 76$

ANNEXE 30



(d'après Rutchenko et Soyer, 1971)

STATION 4

~~100~~

	1	20	40	60	80	CM																			
	6	6	4	5	4	4	5	6	7	9	9	9	9	8	8	8	7	8	6	8	8	8			
	8	8	4	8	3	4	5	4	3	3	2	9	9	9	8	8	8	9	8	8	8	7	6	5	
	8	8	3	2	4	7	6	4	5	4	7	6	5	6	5	6	7	7	6	4	5	4	7	4	
	2	2	1	2	4	3	4	3	2	3	2	3	3	3	4	3	4	3	5	4	4	4	3	5	
20	2	2	1	3	2	3	2	4	3	4	2	3	5	3	4	4	5	4	4	4	3	4	3	4	
	1	2	1	1	1	3	2	2	1	2	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	
	3	2	1	0	1	0	3	5	6	6	6	6	3	2	5	3	2	2	2	3	3	8	3	4	
	2	3	2	1	3	1	1	1	3	4	6	7	2	3	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	
40	1	4	3	5	4	4	2	3	3	2	4	2	3	0	4	0	0	4	3	4	3	3	2	2	
	3	3	3	4	6	3	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
	4	2	2	5	4	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0		
	3	2	4	3	3	2	3	2	3	3	2	3	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	3	2	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	3	0
60	2	2	2	2	3	4	3	4	2	3	3	3	0	1	2	0	2	0	1	1	2	2	1	0	
	4	4	0	0	3	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	2	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	2	4	4	4	2	2	2	2	3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
80	1	4	4	2	2	5	2	2	1	0	0	3	2	2	0	0	0	0	1	0	2	2	0	1	
	3	4	5	4	5	3	2	2	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	
	4	4	2	3	3	3	3	3	1	0	0	3	0	1	1	0	2	1	0	0	0	4	4	0	
	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	
	0	0	0	2	2	1	3	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	
CM	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0	

ANNEXE 32: TENEUR EN MINERAUX DES FEUILLES AXILLANT L'EPI
(37 plantes station 3, 40 plantes station 4)

PLANTES AVEC FERTILISATION ELEVEE

PLANTES AVEC FERTILISATION PAYSANNE

% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
3.19	0.33	1.90	0.72	0.16	2.54	0.25	1.77	0.55	0.19
3.24	0.33	1.25	0.60	0.17	2.48	0.22	1.35	1.05	0.27
2.31	0.31	1.20	1.06	0.26	2.43	0.26	2.04	0.97	0.21
2.70	0.42	1.50	1.00	0.09	2.05	0.19	1.95	1.00	0.29
2.59	0.41	1.25	0.93	0.17	2.59	0.27	1.99	0.90	0.24
2.32	0.34	1.50	0.93	0.24	1.95	0.19	1.69	1.10	0.26
2.97	0.35	1.15	1.10	0.17	2.31	0.25	2.04	0.74	0.13
2.45	0.39	1.45	0.97	0.29	2.97	0.27	2.50	0.63	0.25
2.55	0.26	0.90	0.70	0.26	2.54	0.22	1.79	0.92	0.24
2.47	0.27	1.45	0.72	0.09	2.65	0.23	1.09	1.37	0.23
2.70	0.35	1.35	0.92	0.17	2.33	0.21	1.50	0.24	0.22
3.14	0.37	1.30	0.63	0.25	2.43	0.21	1.84	0.76	0.22
2.38	0.25	1.57	0.60	0.10	2.54	0.27	1.84	1.16	0.25
2.54	0.30	1.30	0.64	0.17	2.97	0.27	1.53	0.37	0.22
2.57	0.47	1.60	0.32	0.15	2.59	0.25	2.43	0.74	0.20
2.65	0.33	1.15	1.66	0.31	3.14	0.29	1.65	1.10	0.27
2.59	0.31	1.45	1.24	0.32	3.24	0.26	1.75	1.20	0.15
2.61	0.29	1.75	1.04	0.10	2.65	0.24	1.99	0.97	0.21
2.47	0.30	1.59	0.59	0.15	2.70	0.20	1.30	0.36	0.27
2.75	0.36	1.00	1.13	0.24	2.86	0.23	1.80	1.00	0.11
2.75	0.30	1.10	1.02	0.12	3.14	0.31	1.34	1.26	0.23
2.81	0.29	1.45	0.77	0.14	2.86	0.23	1.49	1.37	0.13
2.70	0.27	1.14	0.89	0.33	3.24	0.23	1.85	1.21	0.19
2.92	0.31	1.15	0.93	0.25	2.75	0.24	2.05	1.06	0.29
2.59	0.30	1.04	0.88	0.23	2.75	0.30	1.70	1.57	0.33
2.54	0.27	1.30	0.84	0.33	3.24	0.25	1.39	1.74	0.22
2.86	0.29	1.50	0.74	0.17	2.48	0.25	1.69	1.57	0.24
2.70	0.29	1.35	1.82	0.16	2.38	0.23	1.64	1.50	0.39
2.65	0.33	1.00	1.62	0.34	2.49	0.23	1.15	0.97	0.19
2.27	0.30	1.04	1.06	0.12	2.65	0.25	1.85	0.37	0.22
2.70	0.45	1.45	1.50	0.25	2.27	0.20	1.65	0.90	0.14
2.96	0.30	0.95	2.21	0.20	2.32	0.19	1.45	0.92	0.12
2.97	0.29	1.00	1.22	0.23	2.31	0.25	1.55	0.74	0.21
3.08	0.29	1.30	1.22	0.30	2.37	0.23	2.20	0.32	0.19
3.09	0.39	1.15	1.10	0.19	2.55	0.27	1.85	0.56	0.25
3.03	0.30	1.35	0.90	0.19	2.75	0.27	2.20	0.54	0.23
3.14	0.41	1.10	1.14	0.26	2.21	0.22	2.10	0.34	0.27
					2.05	0.22	2.45	0.40	0.17
					2.49	0.23	1.29	1.00	0.17
					2.81	0.24	1.65	0.60	0.17

ANNEXE 34: INTERROGATION A LA BANQUE DE GERMOPLASME DU CIMMYT.

Large Germplasm Bank Regeneration Report

RACE_1	RACE_2	COLL_NUM	ACC	#R	RY	PDD	PDM	HDD	HDM	DA	DS	PH	EH	SL	RL	TP	SW	KRN	KRT	AZ	ALTIT
ARROAM	CONICO	VERA 313	5630	1	1973	4	6	...	...	...	87	...	96	...	...	...	220	...	...	3	2400
		VERA 321	5638	1	1974	8	5	...	...	...	87	...	87	...	...	...	5 260	...	...	3	2420
		VERA 305	5625	1	1973	4	6	...	...	...	86	...	111	...	...	...	5 200	...	...	3	2390
		VERA 306	5626	1	1973	4	6	...	...	...	90	...	108	...	...	...	5 210	...	...	3	2470
		VERA 307	5627	1	1973	4	6	...	...	...	86	...	120	...	...	...	4 180	...	...	3	2470
		VERA 308	5628	1	1973	4	6	...	...	...	89	...	124	...	...	...	165	...	...	3	2470
		VERA 312	5629	1	1973	4	6	...	...	...	115	...	210	...	...	...	190	...	...	3	2000
		VERA 314	5631	2	1977	15	4	10	10	...	102	184	107	...	...	1.8	270	...	...	3	2400
VALQU		VERA 323	5639	1	1977	15	4	11	11	...	141	369	268	...	...	3	305	...	...	3	2050
		VERA 324	5640	1	1977	15	4	11	11	...	141	375	268	...	...	2	1.8	300	...	3	2050
		VERA 325	5611	1	1977	15	4	11	11	...	145	361	253	...	...	2	2.6	295	...	3	2050
INICO	ARROAM	VERA 304	5624	1	1973	4	6	...	...	...	78	...	88	...	...	...	6 240	...	...	3	2390
		VERA 316	5635	1	1974	8	5	...	...	...	89	...	106	...	...	...	4 240	...	...	3	2420
		VERA 327	5643	1	1974	8	5	...	...	...	111	...	169	...	...	...	4 195	...	...	3	2030
		VERA 328	5644	1	1974	8	5	...	...	...	109	...	166	...	...	...	4 205	...	...	3	2030
		VERA 320	5637	1	1974	8	5	...	...	...	87	...	91	...	...	...	4 250	...	...	3	2420
	CHALQU	VERA 329	8104	1	1977	15	4	11	11	...	121	255	173	...	...	...	1.8	210	...	3	2200
	PALOME	VERA 89	2336	2	1970	8	7	...	...	...	64	...	135	...	...	...	2 210	...	...	3	2380
		VERA 315	5632	2	1977	15	4	10	10	...	99	171	95	...	...	...	1.5	370	...	3	2400
		VERA 316	5633	1	1974	8	5	...	...	...	89	...	85	...	...	...	240	...	...	3	2400
		VERA 317	5634	1	1974	8	5	...	...	...	88	...	133	...	...	...	265	...	...	3	2420
		VERA 319	5636	1	1974	8	5	...	...	...	88	...	99	...	...	...	6 295	...	...	3	2420
		VERA 322	9119	1	1977	15	4	10	10	...	102	185	112	...	...	...	2.0	295	...	3	2420
		VERA 326	5642	1	1974	8	5	...	...	...	110	...	145	...	...	...	4 225	...	...	3	2030
		VERA 330	5645	1	1974	8	5	...	...	...	100	...	112	...	...	...	4 220	...	...	3	2450
		VERA 331	5646	1	1974	8	5	...	...	...	98	...	115	...	...	...	4 210	...	...	3	2450
		VERA 332	8105	1	1977	15	4	10	10	...	109	203	117	...	...	...	2.1	380	...	3	2440
		VERAGP53	1929	1	1970	30	4	...	...	...	76	90	110	...	...	...	4 290	...	...	3	2249
INOR		VERA 84	1912	2	1970	30	4	...	...	...	82	93	101	...	...	...	2 190	...	...	3	2480
		VERA 87	1913	2	1970	30	4	...	...	...	103	111	170	...	...	...	6 185	...	...	3	2480
		VERA 88	1530	2	1969	9	5	...	...	...	85	88	150	...	...	...	235	...	...	3	2380
		VERA 313	5647	1	1974	8	5	...	...	...	102	...	139	...	...	...	6 235	...	...	3	2440
JTGO		VERA 35	1531	2	1971	18	6	...	...	...	76	...	112	...	...	...	150	...	...	3	2377
LOME	CONICO	VERA 309	8100	1	1977	4	4	11	11	...	110	261	184	...	...	...	3 2.4	190	...	3	2220
		VERA 310	8101	1	1977	15	4	10	10	...	115	202	117	...	...	...	2 2.9	145	...	3	2220
		VERA 311	8102	1	1977	15	4	11	11	...	127	248	165	...	...	...	1 2.4	165	...	3	2256
		VERA 25	678	4	1973	30	4	...	...	...	107	...	157	...	...	...	5 235	...	...	3	2256
		VERA 106	2343	2	1970	8	7	...	...	...	70	...	225	...	...	...	1 260	...	...	1	1540
	LOLITIL	VERA 102	458	1	1961	25	1	...	...	...	65	...	214	...	...	...	0.0	260	...	3	2256
		VERA 27	2325	2	1970	8	7	...	...	...	102	...	126	...	...	...	4	330	...	3	2400
		VERA 36	1758	3	1977	4	4	11	11	102	...	209	126	...	...	...	...	...	...	3	2400
		VERAGP54	1930	1	1970	30	4	...	...	...	103	...	158	...	...	...	...	...	...	3	2249

Handwritten notes:
 - "Type de culture" (Cultivation type)
 - "Nombre de plants par hectare" (Number of plants per hectare)
 - "Date de semencement" (Sowing date)
 - "Maturite de la plante" (Plant maturity)
 - "Maturite de la tige" (Stem maturity)
 - "Maturite de la panicle" (Panicle maturity)
 - "Maturite de la graine" (Seed maturity)
 - "Maturite de la paille" (Straw maturity)
 - "Maturite de la racine" (Root maturity)
 - "Maturite de la tige et de la panicle" (Stem and panicle maturity)
 - "Maturite de la tige et de la racine" (Stem and root maturity)
 - "Maturite de la tige et de la racine et de la panicle" (Stem, root, and panicle maturity)
 - "Maturite de la tige et de la racine et de la panicle et de la graine" (Stem, root, panicle, and seed maturity)

MEX, VERA 013, VERACRUZ, VERACRUZ P10, P1 +9355, MEX 5234; AYAHUAHUILCO,
CORAL DEL REACTE, 13:21N, 97:09W, 02030m., P2100m.; Race: CHALCO,
Grain: Type(2), Color(C, A), Breeding 3-10, Topography(2); 1970; PC,
CIMMYT, L31-35, MXC.

MEX, VERA 014, AYAHUILCO, VERACRUZ P21, MEX 5235; AYAHUAHUILCO,
CORAL DEL REACTE, 13:21N, 97:09W, 02030m., P2100m.; Race: CHALCO,
Grain: Type(2), Color(C, A, K), Breeding 3-10, Topography(1); 1970; PC,
CIMMYT, L31-35, MXC.

MEX, VERA 015, PINTO, VERACRUZ P22, P1 +9355, MEX 5234; AYAHUAHUILCO,
CORAL DEL REACTE, 13:21N, 97:09W, 02030m., P2100m.; Race: CHALCO,
Grain: Type(2), Color(C, K, C), Breeding 3-10, Topography(1); 1970; PC,
CIMMYT, L31-35, MXC.

PASSPORT CODES

CODES FOR GRAIN TYPES:

- 1 floury
- 2 dent
- 3 flint
- 4 popcorn
- 5 sugary
- 6 tunicated
- 7 morocho
- 8 white cap
- 9 opaque

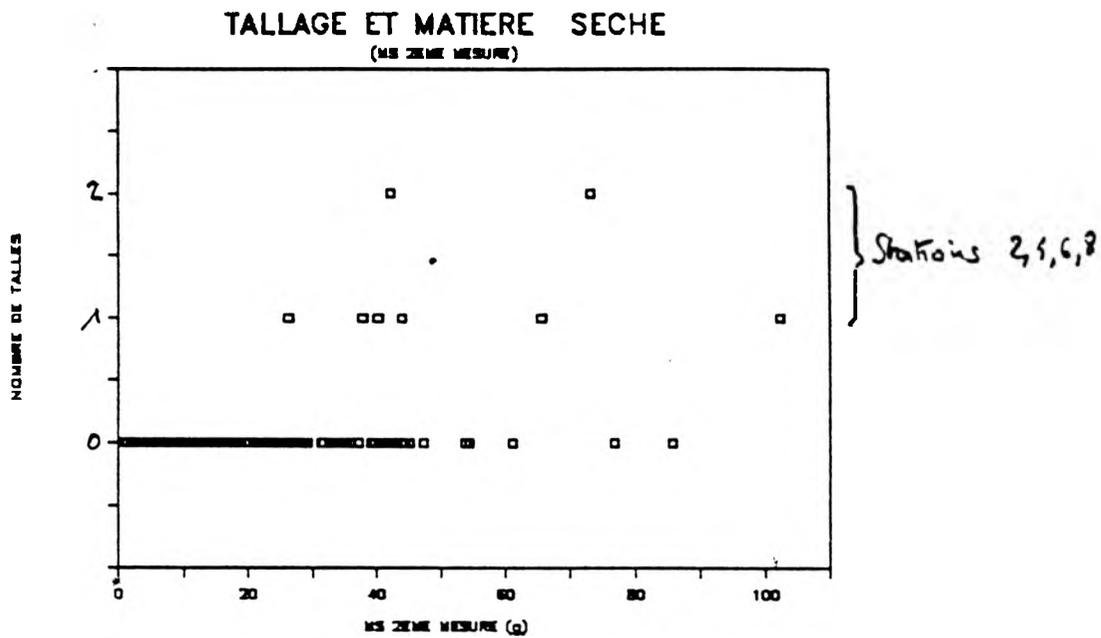
CODES FOR GRAIN COLOURS:

- a) yellow
- b) white
- c) red
- d) purple
- e) variegated
- f) sun red
- g) dark blue
- h) brown
- i) yellow orange
- j) mottled
- k) blue
- l) white cap

CLIMATE, CULTURE AND GROWING CONDITIONS CODES:

Maturity; 1 early, 2 late, 3 very late.
Plant vigor; 1 robust, 2 intermediate, 3 weak.
Growing period; growing month-month.
Topography; 1 slope, 2 plain, 3 valley, 4 fertile plain.
Temperature; 1 cold, 2 temperate, 3 hot.
Rain; 1 abundant, 2 regular, 3 scarcity.
Hail; 1 frequent, 2 regular, 3 none.
Wind; 1 strong, 2 moderate, 3 calm.
Frost; frost month-month.
Soil fertility; 1 fertile, 2 regular, 3 poor.
Soil moisture; 1 abundant, 2 regular, 3 poor.
Irrigation; 1 supplemental, 2 supplemental, 3 non irrigated.

ANNEXE 35: EXPRESSION DU TALLAGE EN FONCTION DE LA MATIERE SECHE



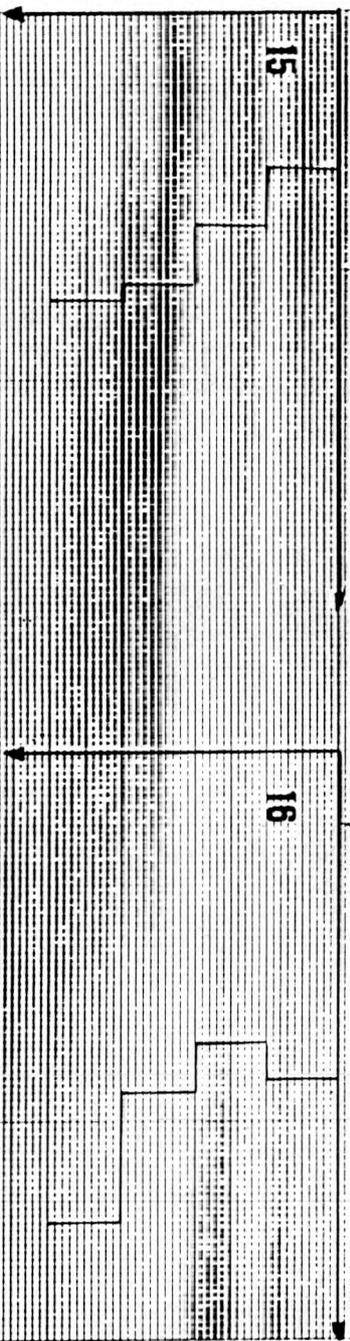
240 plantes à 70% NPT.

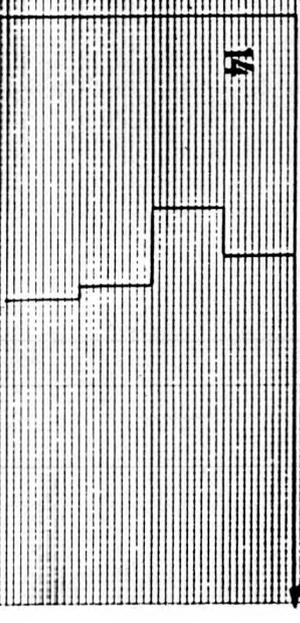
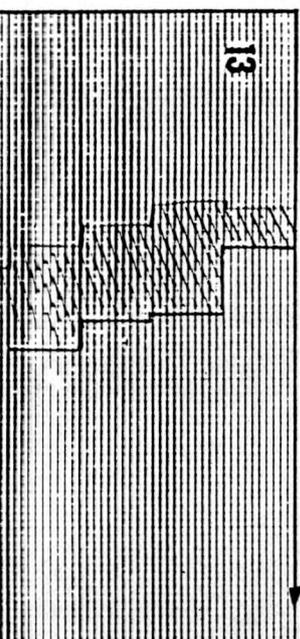
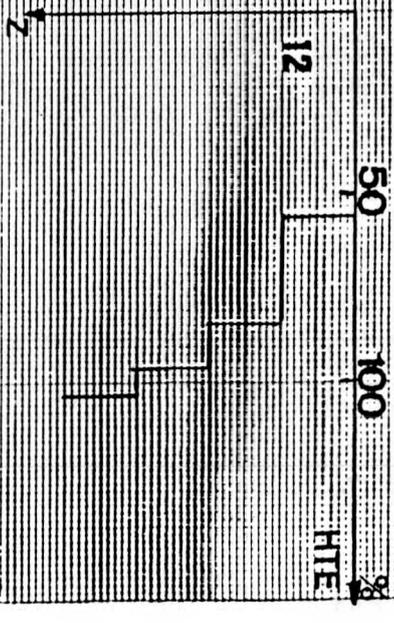
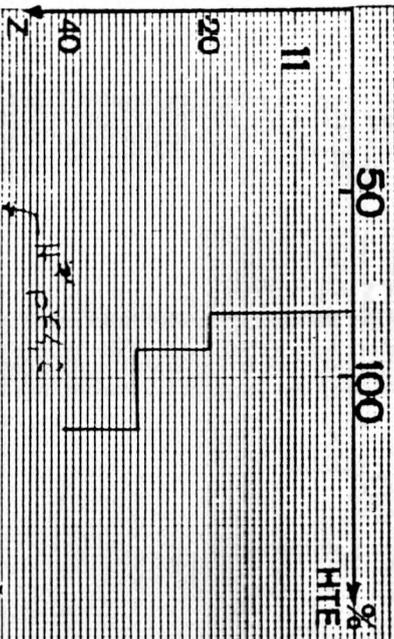
ANNEXE 36: PROFILS HYDRIQUES

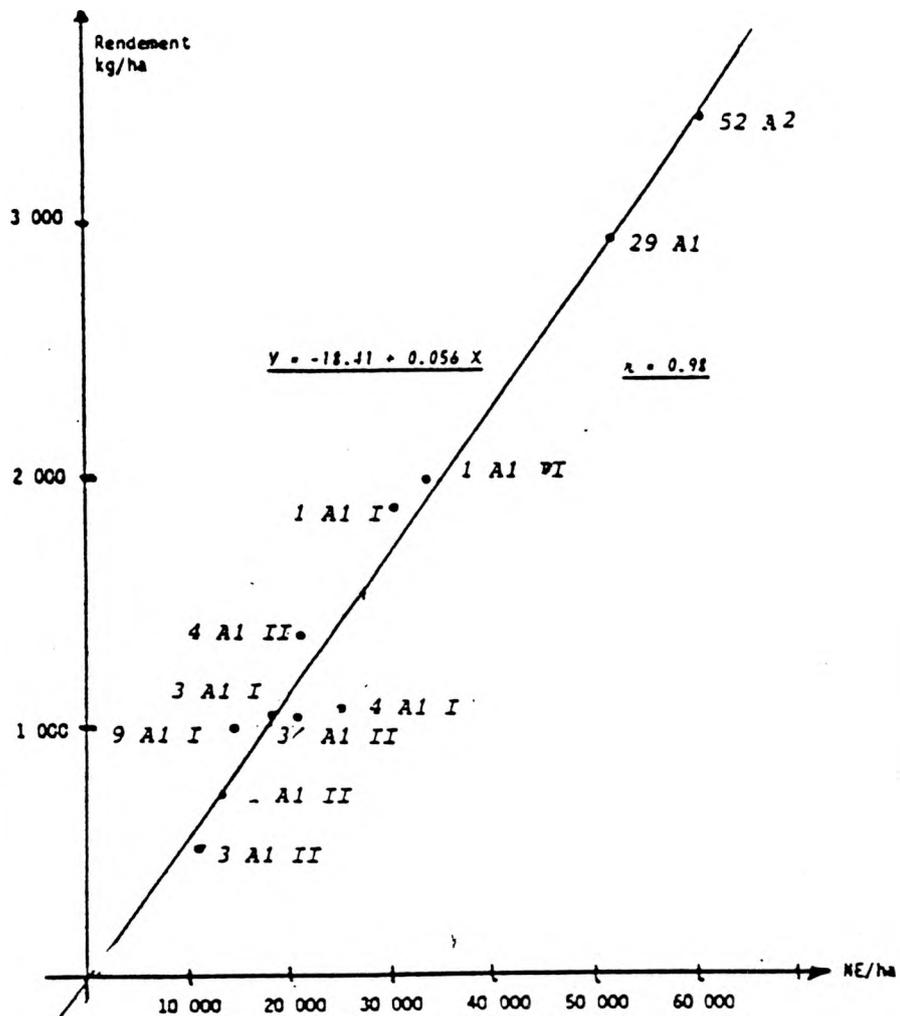


15

16







TURRENT (1983) *Recherches de Los Tundjes.*

- RAPPORT NOMBRE D'EPIS A L'HECTARE ET RENDEMENT

Groupes N°1	Rendement (Kg/ha)	NE/ha	NT/ha*	NP/ha*	NT/NP*	NE/NT*	PE/NE (g)	PG/PE (g)	PG/NE* (g)
52 A 2 I	3410	61 000	61 688	36 287	1.70	0.99	77.40	0.84	55.91
29 A 1 I	2935	52 200	52 745	20 365	2.59	0.99	80.74	0.81	56.22
1 A 1 I	1875	30 400	34 122	10 435	3.27	0.89	82.44	0.87	61.68
1 A 1 II	1976	33 800	33 114	10 446	3.17	1.02	81.91	0.83	58.47
\bar{X}	2549	44 350	45 417	19 383	2.68	0.97	80.62	0.84	58.07
CV %	29.3	33.0	31.1	62.9	28.8	5.8	2.8	2.9	4.6
Groupes N°2									
4 A 1 I	1075	25 100	21 478	8 731	2.46	1.17	63.07	0.79	42.85
4 A 1 II	1376	21 700	22 808	9 831	2.32	0.95	83.77	0.88	63.40
3 A 1 II	1043	20 900	21 798	7 595	2.87	0.96	65.24	0.89	49.93
9 A 1 I	995	14 700	16 693	7 014	2.38	0.88	87.50	0.90	67.72
9 A 1 II	736	13 300	16 381	8 030	2.04	0.81	73.93	0.87	56.66
3 A 1 I	1040	18 400	27 436	11 775	2.33	0.67	77.37	0.85	56.56
3 A 1 II	502	11 200	20 784	10 825	1.92	0.54	62.00	0.84	44.79
\bar{X}	967	17 900	21 054	9 114	2.33	0.85	73.27	0.86	54.36
CV %	28.6	28.1	17.9	19.3	13.1	24.3	13.93	4.30	16.95
\bar{X}	1542	27 518	29 913	12 848	2.46	0.90	75.94	0.85	55.71
CV %	59.8	58.3	49.5	68.7	20.0	19.3	11.62	4.00	13.5

