

58.7.96

MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE DE MONTPELLIER

**THESE**

Présentée à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier

pour obtenir le **DIPLOME DE DOCTORAT**  
en Sciences Agronomiques

**GESTION TRADITIONNELLE DE VARIETES DE MAIS  
DANS LA RESERVE DE LA BIOSPHERE SIERRA DE MANANTLAN  
(RBSM, états de JALISCO et COLIMA, MEXIQUE)  
ET CONSERVATION *IN SITU* DES RESSOURCES GENETIQUES  
DE PLANTES CULTIVEES**

par **Dominique LOUETTE**

soutenue le 1 juin 1994 devant le jury composé de :

A. SARR	<i>Rapporteur</i>
J. BERTHAUD	<i>Rapporteur</i>
A. CHARRIER	Directeur de thèse
I. OLIVIERI	Présidente du jury
P. MARCHENAY	Examineur
J.-L. PHAM	Examineur

076  
AMEPLA  
LOU



15 AVR. 1997

pas numérisé  
h2\* 79496  
FA\* 07810 2 Ex  
Bdy



010053071

F

# VARIETES

Caractéristiques des 15 variétés étudiées en conditions expérimentales et paysannes sur les 26 variétés présentes dans le bassin versant de Cuzalapa entre 1989 et 1992

VARIETES NOM et CODE	% SUR- FACE	ORIGINE	TYPE DE VARIETE	COULEUR DE GRAINS	LONGUEUR DE CYCLE	LOTS DE SEMENCE Code
<b>PRINCIPALES VARIETES</b>						
BLANCO B	51	Locale	Paysanne	Blanc	Court	B1-B6
CHIANQUIAHUITL C	12	Locale	Paysanne	Blanc	Long	C1-C5
AMARILLO ANCHO AA	8	Locale	Paysanne	Jaune	Court	AA1-AA4
NEGRO N	5	Locale	Paysanne	Noir	Court	N1-N3
TABLONCILLO T	5	Locale	Paysanne	Blanc	Court	T1-T2
ARGENTINO AR	5	Introd.	?	Blanc	Long	AR1-AR3
AMARILLO A	3	Introd.	Paysanne	Jaune	Long	A
<b>AUTRES VARIETES</b>						
AMARILLO Tequ. AT	<3	Introd.	Paysanne	Jaune	Court	AT
NEGRO externo NX	<3	Introd.	Paysanne	Noir	Long	NX
PERLA P	<3	Locale	Paysanne	Blanc	Court	P
GUINO G	<3	Introd.	?	Blanc	Long	G
HIBRIDO H	<3	Introd.	Hybride	Blanc	Long	H
ENANO E	<3	Introd.	Hybride	Blanc	Long	E
ENANO GIGANTE EG	<3	Introd.	?	Blanc	Long	EG
HYBRIDE commercial HC	<3	Introd.	Hybride	Blanc	Long	HC
<b>VARIETE TEMOIN</b>						
HYBRIDE TEMOIN HT		Introd.	Hybride	Blanc	Long	HT

"La constitution, la conservation et l'évaluation des ressources génétiques ne sont pas des tâches de collectionneurs d'objets ou d'oeuvres immuables à simplement maintenir, étiqueter et répertorier. La diversité d'un groupe de plantes cultivées donné est une diversité dynamique, mobile, en évolution sans cesse recréée, perdue, réorganisée."

PERNES et LOURD 1984

## AVANT-PROPOS

Je ne regrette pas une seconde des trois ans passés dans le bassin versant de Cuзалapa malgré un essai couché au sol par une tornade en pleine floraison, malgré des allers et retours à pied à San Miguel inutiles faute d'agriculteur présent, malgré des mesures de descripteurs faites sous 39°C de fièvre (le maïs n'attend pas) et malgré tous les scorpions et serpents qui m'ont souvent fait monter le taux d'adrénaline mais m'ont (presque) toujours épargnée. Un bassin versant merveilleux à toutes les saisons qui m'a souvent fait sentir qu'il fait très bon vivre. Je ne dirai pas la même chose du temps passé à la rédaction du document...

Je tiens à remercier :

M. André CHARRIER d'avoir accepté d'être mon directeur de thèse et de m'avoir suivie dans mes nombreuses élucubrations,

M. Julien BERTHAUD d'avoir suivi effectivement mon travail sur le terrain au Mexique et d'avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse.

Je remercie beaucoup l'ensemble des membres du jury d'avoir accepté d'y participer :

M. Aboubakry SARR a accepté d'être rapporteur de cette thèse malgré les nombreuses autres thèses déjà en attente sur son bureau. Je regrette que ses problèmes de santé l'aient empêché d'être présent au moment de la soutenance,

M. Jean-Louis PHAM a relu en détail le premier manuscrit ce qui m'a permis de le rendre (je pense) plus clair bien que toujours trop long,

M. Philippe MARCHENAY m'a fait réfléchir sur la notion de variété locale,

et Mme Isabelle OLIVIERI m'a éclairée sur le fonctionnement des métapopulations.

Je dois beaucoup à :

M. Bruce BENZ, chercheur à l'Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de Biodiversidad (IMECBIO, ex Laboratorio Natural Las Joyas LNLJ), qui m'a sensibilisée au problème de la conservation *in situ*, s'est montré disponible pour discuter de mon travail et m'a expliqué beaucoup de choses sur les cultures précolombiennes de la zone,

M. Enrique JARDEL, directeur de l'IMECBIO, qui m'a appuyée dans mon travail de terrain même au plus dur de la crise financière de l'université, montrant ainsi sa confiance,

M. Rafael GUZMAN, premier directeur du Laboratorio Natural Las Joyas, celui qui a découvert *Zea diploperennis*, pour m'avoir acceptée à l'époque au sein du Laboratoire,

M. Rafael DIRZO, directeur du Centro de Ecología de l'Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), pour avoir gracieusement mis son laboratoire à ma disposition pour les électrophorèses et à Nidia PEREZ NASSER qui les a faites et analysées, malgré tout le travail qu'elle avait par ailleurs.

Je suis reconnaissante envers :

la Secretaría de Relaciones Exteriores du Mexique qui a financé mon travail de terrain pendant trois ans alors que la bourse d'étude est théoriquement prévue pour 10 mois,

l'Universidad de Guadalajara (U de G) qui a financé presque la totalité des frais de fonctionnement de mon travail au Mexique,

M. PUIGRENIER d'AGROPOLIS qui m'a appuyée dans mes démarches de recherche de financement en France,

PIONEER GENETIQUE S.A.R.L., en la personne de M. William NIEBUR et de M. MALLARD, qui a financé une partie de la période de rédaction de cette thèse et ma participation au Congrès Etnobotanica 92 en Espagne.

Je remercie d'autre part :

M. BOYAT, Jean-Christophe GLASMANN et Brigitte GOUESNARD d'avoir accepté à plusieurs reprises d'écouter mon "baratin",

les personnes qui ont travaillé à côté de moi ou avec moi à Cuzalapa et avec qui j'ai partagé de nombreuses soirées dont en particulier : Raquel qui m'a hébergée longtemps et qui a toujours répondu à mes demandes pressantes envoyées par radio depuis Cuzalapa, Rubén pour son aide et les nombreuses baignades dans la rivière au retour de longues marches depuis nos points d'observation respectifs, Judith, Jorge, Claudia, Alfredo et Jacinto qui ont subi avec moi les autofécondations, l'observation des floraisons, des racines et la mesure des descripteurs, Efrén et Legaspi qui m'ont aidée à semer, fertiliser, mesurer, Joel et Noé qui ont mesuré bien des longueurs d'épis et des épaisseurs de grains... et j'en oublie.

L'ensemble du personnel du Laboratorio Natural Las Joyas avec qui les fêtes n'étaient pas tristes...

Les agriculteurs avec qui j'ai eu des contacts privilégiés, en particulier : Dolores MENDOZA (mon sélectionneur de semences préféré), Pablo MANRIQUES (grand pourvoyeur de semences et celui qui m'a expliqué que la tenue en coton blanc traditionnelle avait disparu "parce qu'elle n'était plus à la mode..."), mais aussi Manuel GARCIA, Jesús GABIÑO, Joel REYES, Antonio GABIÑO, Tranquilino TORRES, Ruperto TORRES, Magdaleno MONTAÑO, Andrés MENDOZA, Lino TORRES, Eutilio ROSAS, Flaviano AGUILAR, Tomás ROSAS, Gerónimo ROSAS, Alejandro BRACAMONTES, Benjamin GARCIA, Dolores AGUILAR, Metodio MENDOZA, Julián HERNANDEZ, Moisés HERNANDEZ, Juventino REYES et d'autres. Merci pour la patience qu'ils ont eu à me répondre, à raconter, et pour certains, merci pour la confiance qu'ils m'ont témoignée en me cédant un morceau de leurs parcelles pour mes essais. J'ai compris avec eux combien la notion de tradition est relative, combien la notion de concentration est difficile à expliquer et combien les relations humaines peuvent être simples. Ils m'ont permis de prouver qu'une femme peut travailler en agronomie même dans un pays comme le Mexique où la femme n'a pas encore la place qu'elle devrait avoir. Il suffit de porter un chapeau, de savoir marcher longtemps, loin et vite et de faire pousser un maïs plus beau que celui des agriculteurs (juste un peu de phosphore au semis, c'est mon secret).

Merci à ma mère qui m'a soutenue dans l'effort malgré la distance et à mon père qui a tout fait pour m'éloigner de mon côté perfectionniste qui ne m'a effectivement apporté que des frustrations (je le saurai pour la prochaine).

Un remerciement particulier à Isa pour nous avoir alimentés bien souvent le soir à Cabrials quand l'heure tournait sans que l'on s'en rende compte devant nos ordinateurs.

Je m'excuse auprès de tous pour notre manque de disponibilité.

J'ai partagé toute cette période avec mon mari Eric Scopel qui a également goûté aux joies d'une thèse de doctorat. Merci à lui d'avoir participé à la mienne les pieds dans la terre, les mains pleines de semences ou de fertilisant, d'avoir supporté mon enthousiasme, mes coups de bourre et mes angoisses. Et nos joyeux aventuriers sont repartis pour de nouvelles aventures.

Enfin, mille mercis à Sarah ma petite brésilienne qui m'a permis de prendre un mois de vacances bien méritées au Brésil mais surtout de relativiser bien des choses...

SOMMAIRE

INTRODUCTION  
ET  
PROBLEMATIQUE

INTRODUCTION GENERALE ..... 1

Chapitre 1  
CONSERVATION *IN SITU* DE CULTIVARS LOCAUX  
ET PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE

I - DEUX SYSTEMES DE CONSERVATION DES RESSOURCES GENETIQUES ..... 3

II - TROIS APPROCHES DE LA CONSERVATION *IN SITU* ..... 5

    II.1 - CONSERVATION STATIQUE DES VARIETES ET DES CULTURES TRADITIONNELLES ..... 5

    II.2 - COHABITATION ENTRE VARIETES LOCALES ET AMELIOREES ..... 6

    II.3 - CONSERVATION - DOMESTICATION - AMELIORATION ..... 9

III - ATOUTS ET LIMITES DE LA CONSERVATION *IN SITU* DE CULTIVARS LOCAUX ..... 11

    III.1 - EVOLUTION DES RESSOURCES GENETIQUES ..... 11

    III.2 - RESPECT D'UNE DIVERSITE BIOLOGIQUE ET CULTURELLE ..... 12

    III.3 - COMPLEMENTARITE DANS UN SYSTEME GLOBAL DE CONSERVATION ..... 13

IV - PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE ..... 14

    IV.1 - MANQUE DE CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES ..... 14

        IV.1.1 - Que conserver ? ..... 14

        IV.1.2 - Comment le conserver ? ..... 15

    IV.2 - ETUDE D'UN CAS CONCRET : LE MAIS A CUZALAPA ..... 16

## SOMMAIRE

### Première Partie CONTEXTE REGIONAL ET DIVERSITE DES CULTIVARS LOCAUX DE MAIS

#### Chapitre 2 CADRE DE L'ETUDE : LA RESERVE DE LA BIOSPHERE SIERRA DE MANANTLAN (RBSM, MEXIQUE) ET LA CONSERVATION *IN SITU* DE VARIETES LOCALES DE MAIS

<b>I - LA RESERVE DE LA BIOSPHERE SIERRA DE MANANTLAN</b> .....	<b>19</b>
I.1 - LE PROGRAMME MAB DE L'UNESCO .....	19
I.2 - LE GENRE <i>ZE4</i> DANS LA RESERVE DE LA BIOSPHERE SIERRA DE MANANTLAN .....	23
I.2.1 - Le genre <i>Zea</i> .....	23
I.2.2 - Découverte de <i>Zea diploperennis</i> et création de la RBSM .....	25
I.2.3 - Cohabitation maïs cultivé - téosinte dans la RBSM et conservation <i>in situ</i> des espèces du genre <i>Zea</i> .....	26
<b>II - LE BASSIN VERSANT DE CUZALAPA ET LA CULTURE DU MAIS</b> .....	<b>29</b>
II.1 - CONTEXTE GENERAL .....	29
II.1.1 - La Réserve .....	29
II.1.2 - Le bassin versant de Cuzalapa .....	31
II.2 - SYSTEMES DE CULTURE DU MAIS A CUZALAPA .....	33
II.2.1 - <i>Temporal</i> : saison des pluies, cycle pluvial .....	33
II.2.2 - <i>Riego</i> : saison sèche, cycle irrigué .....	35
II.2.3 - Facteurs limitants de la production .....	36
II.3 - VARIETES DE MAIS CULTIVEES A CUZALAPA .....	37
II.3.1 - Variétés locales - variétés introduites .....	39
II.3.2 - Répartition selon le cycle de culture .....	41
<b>III - CONCLUSION</b> .....	<b>41</b>

#### Chapitre 3 CARACTERISTIQUES MORPHO-PHENOLOGIQUES DES VARIETES DE MAIS CULTIVEES DANS LE BASSIN VERSANT DE CUZALAPA

<b>I - ETUDE DE LA DIVERSITE EN CONDITIONS EXPERIMENTALES</b> .....	<b>47</b>
I.1 - OBJECTIFS ET METHODES .....	47
I.1.1 - Description phénotypique des cultivars .....	47
I.1.1.1 - <i>Matériel génétique et conduite de l'essai</i> .....	47
I.1.1.2 - <i>Mesures</i> .....	49
a - Dynamique de floraison .....	49
b - Descripteurs morphologiques .....	51

## SOMMAIRE

I.1.1.3 - Analyses statistiques	53
I.1.2 - Analyses enzymatiques	55
I.1.3 - Etude des variétés à l'aide d'autofécondations	57
I.2 - UNITE PHENOTYPIQUE DES VARIETES	59
I.2.1 - Variabilité intra-lot de semences	59
I.2.2 - Variabilité entre lots de semences d'une même variété	63
I.3 - CRITERES DE DISTINCTION ENTRE VARIETES	67
I.3.1 - Deux groupes de variétés en fonction de la floraison	67
I.3.1.1 - Date de floraison mâle FM	67
I.3.1.2 - Intervalle de floraison IF	69
I.3.1.3 - Groupement des floraisons [25-75]	69
I.3.2 - Six groupes de variétés en fonction des caractéristiques morphologiques	71
I.3.2.1 - Critères de distinction	71
I.3.2.2 - Description des groupes de variétés	75
I.4 - STRUCTURATION DE LA DIVERSITE	79
I.4.1 - Structuration selon trois critères	79
I.4.2 - Continuum entre les variétés locales :	
Blanco, Perla - Amarillo Ancho, Negro - Chianquiahuitl	83
I.4.2.1 - Continuum phénotypique	83
I.4.2.2 - Continuum génétique	85
I.5 - VARIABILITE A LA SUITE DES AUTOFECONDATIONS	89
I.5.1 - Dépression de consanguinité	89
I.5.2 - Variabilité entre familles S1	91
I.5.2.1 - Données productives	91
I.5.2.2 - Floraison, caractéristiques végétaives et d'épi	91
I.5.3 - Groupes de variétés après autofécondation	93
I.6 - DISCUSSION et CONCLUSION	96
I.6.1 - Forte gamme de diversité	96
I.6.2 - Unité phénotypique des variétés	99
I.6.3 - Longueur de cycle et origine des variétés	100
<b>II - ETUDE DES VARIETES EN CONDITIONS PAYSANNES</b>	<b>102</b>
II.1 - OBJECTIFS ET METHODES	102
II.1.1 - Variabilité en parcelles paysannes	102
II.1.2 - Identification de variétés par les agriculteurs	103
II.2 - EFFET DES CONDITIONS DE CULTURE SUR LES DESCRIPTEURS	105
II.2.1 - Distinction entre les variétés Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl en parcelles paysannes	105
II.2.2 - Développement des variétés en parcelles paysannes par rapport aux conditions expérimentales	107
II.2.3 - Effet du cycle de culture sur la variété Blanco	109
II.2.3.1 - Plantes plus développées en cycle pluvial	109
II.2.3.2 - Epis plus développés en cycle irrigué	113
II.3 - IDENTIFICATION DES VARIETES PAR LES AGRICULTEURS	115
II.3.1 - Identification en fonction du stade de la plante	115
II.3.2 - Identification en fonction du groupe de variétés	115
II.3.3 - Cas particulier de certaines variétés	117
II.3.4 - Critères d'identification	119
II.4 - CONCLUSION : IMPORTANCE DE LA LONGUEUR DE CYCLE ET DES CARACTERISTIQUES DE L'EPI	121

## SOMMAIRE

### Deuxième Partie GESTION TRADITIONNELLE DE LA DIVERSITE GENETIQUE

#### Chapitre 4 RECONDUCTION DES VARIETES : ECHANGE ET TAILLE DES LOTS DE SEMENCES

<b>I - OBJECTIFS ET METHODES</b> .....	<b>125</b>
I.1 - OBJECTIFS .....	125
I.2 - ENQUETE .....	125
I.3 - CONSIDERATIONS THEORIQUES : DETERMINATION DU NOMBRE MINIMUM D'EPIS NECESSAIRE A LA CONSERVATION D'UNE POPULATION .....	129
I.3.1 - Conservation d'allèles .....	129
I.3.2 - Maintien d'un taux réduit de consanguinité .....	131
<b>II - RESULTATS</b> .....	<b>135</b>
II.1 - EN FONCTION DU CYCLE DE CULTURE .....	135
II.2 - EN FONCTION DE LA VARIETE .....	137
II.2.1 - Provenance des lots de semences .....	137
II.2.2 - Taille des lots de semences .....	141
II.3 - FACTEURS D'EXPLICATION .....	145
II.3.1 - Introduction de lots de semences : facteurs agronomiques et curiosité des agriculteurs .....	145
II.3.2 - Taille des lots de semences : surfaces à cultiver, connaissance de la variété et utilisation de la variété .....	149
<b>III - CONCLUSION : INTENSES ECHANGES DE SEMENCES ET PERTE THEORIQUE CONSTANTE D'ALLELES</b> .....	<b>149</b>

#### Chapitre 5 FLUX POLLINIQUES ENTRE VARIETES

<b>I - OBJECTIFS ET METHODES</b> .....	<b>153</b>
I.1 - FACTEURS LIMITANT LES FLUX GENIQUES .....	153
I.1.1 - Distance minimale entre parcelles .....	153
I.1.2 - Synchronisme des floraisons .....	154
I.1.3 - Quantité de pollen .....	155
I.1.4 - Facteurs génétiques .....	155
I.2 - METHODES .....	156
I.2.1 - Distribution des variétés dans l'espace et dans le temps .....	156
I.2.2 - Contamination en parcelle paysanne .....	157

## SOMMAIRE

<b>II - RESULTATS</b> .....	<b>159</b>
II.1 - DISTRIBUTION DES VARIETES DANS L'ESPACE .....	159
II.2 - SYNCHRONISME DES PERIODES DE FLORAISON .....	159
II.3 - ECHANGES GENETIQUES EN PARCELLES PAYSANNES .....	165
<b>III - CONCLUSION : ECHANGES DE GENES LIMITES MAIS CONSTANTS</b> .....	<b>168</b>

### Chapitre 6 SELECTION DES SEMENCES

<b>I - OBJECTIFS ET METHODES</b> .....	<b>172</b>
I.1 - DETERMINATION DU MODE ET DES CRITERES DE SELECTION .....	172
I.2 - INFLUENCE DES CRITERES DE SELECTION DES SEMENCES .....	172
I.2.1 - Epis-semences et dates de floraison .....	172
I.2.2 - Epis-semences et critères de sélection .....	175
I.2.2.1 - Contamination et sélection du matériel génétique .....	175
I.2.2.2 - Comparaison des différentes générations .....	177
I.2.2.3 - Mesures morpho-phénologiques .....	178
I.2.2.4 - Analyses enzymatiques .....	178
<b>II - MODE ET CRITERES DE SELECTION DE LA SEMENCE A CUZALAPA</b> .....	<b>178</b>
II.1 - METHODES DE SELECTION .....	178
II.1.1 - Sélection basée sur l'ensemble des surfaces emblavées .....	178
II.1.2 - Sélection basée uniquement sur l'épi .....	179
II.1.3 - Utilisation des grains de la zone centre de l'épi .....	181
II.1.4 - Epis à grains rouges pour protéger la parcelle .....	183
II.2 - CRITERES DE SELECTION DE LA SEMENCE .....	183
II.2.1 - Critères de sélection et caractéristiques variétales .....	183
II.2.2 - Consensus partiel entre agriculteurs .....	185
<b>III - SELECTION DE LA SEMENCE ET CONTROLE DES FLUX DE GENES</b> .....	<b>187</b>
III.1 - SELECTION D'EPIS BIEN DEVELOPPES .....	187
III.1.1 - Floraison femelle des plantes ayant produit un épi-semence par rapport à l'ensemble de la population .....	187
III.1.2 - Date de floraison et remplissage de l'épi .....	189
III.2 - SELECTION D'IDEOTYPES .....	193
III.2.1 - Variété Negro .....	193
III.2.1.1 - Données morpho-phénologiques .....	193
a - Influence de la contamination .....	193
b - Influence de la sélection des semences .....	199
III.2.1.2 - Données enzymatiques .....	201
III.2.2 - Variété Chianquiahuitl .....	205
<b>IV - CONCLUSION : CONSERVATION DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES EPIS PAR SELECTION MASSALE DE LA SEMENCE SUR LES EPIS</b> .....	<b>208</b>

# SOMMAIRE

## Troisième Partie DISCUSSION ET CONCLUSION

<b>I - RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS : DIVERSITE ET MODE DE GESTION DES CULTIVARS DE MAIS A CUZALAPA</b> .....	<b>213</b>
I.1 - ENSEMBLE VARIABLE DE VARIETES CULTIVEES .....	214
I.2 - STRUCTURATION DE LA DIVERSITE .....	215
I.3 - ECHANGES GENETIQUES .....	216
I.4 - RECONDUCTION A PARTIR D'UN ECHANTILLONNAGE RESTREINT .....	217
I.5 - FORCES SELECTIVES .....	217
I.6 - CONCLUSION .....	219
<b>II - STRUCTURE EN METAPOPOPULATION</b> .....	<b>219</b>
II.1 - GESTION COLLECTIVE D'UNE DIVERSITE GLOBALE .....	221
II.2 - CONSERVATION ET GENERATION DE DIVERSITE .....	223
II.3 - POLYMORPHISME ENTRETENU PAR LA SELECTION DES SEMENCES .....	225
II.3.1 - Polymorphisme dans une population subdivisée .....	225
II.3.2 - Continuum phénotypique entre variétés locales .....	229
II.3.3 - Sélection sur l'épi et sur la plante .....	230
II.4 - CONCLUSION .....	231
<b>III - DISCUSSION SUR LA METHODE ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>234</b>
III.1 - METHODE LIMITEE AUX CARACTERISTIQUES MORPHO-PHENOLOGIQUES .....	234
III.2 - MEILLEURE CARACTERISATION DE LA METAPOPOPULATION .....	235
III.3 - COMPARAISON A D'AUTRES SYSTEMES AGRICOLES .....	236
<b>IV - PRINCIPALES APPROCHES DE LA CONSERVATION <i>IN SITU</i> EN RELATION AVEC LE CAS ETUDIE</b> .....	<b>237</b>
IV.1 - CONSERVATION STATIQUE DES VARIETES ET DES CULTURES TRADITIONNELLES .....	237
IV.2 - COHABITATION ENTRE VARIETES LOCALES ET AMELIOREES .....	239
IV.3 - CONSERVATION - DOMESTICATION - AMELIORATION DE VARIETES .....	240
IV.4 - RESEAU DE CONSERVATION DYNAMIQUE .....	243
<b>V - CONCLUSION</b> .....	<b>244</b>

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**ANNEXES**

**LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES**

**INTRODUCTION  
ET  
PROBLEMATIQUE**

## **PLAN**

### **INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE**

<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 - CONSERVATION <i>IN SITU</i> DE CULTIVARS LOCAUX ET PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE</b>	
<b>I - DEUX SYSTEMES DE CONSERVATION DES RESSOURCES GENETIQUES</b> .....	<b>3</b>
<b>II - TROIS APPROCHES DE LA CONSERVATION <i>IN SITU</i></b> .....	<b>5</b>
II.1 - CONSERVATION STATIQUE DES VARIETES ET DES CULTURES TRADITIONNELLES	5
II.2 - COHABITATION ENTRE VARIETES LOCALES ET AMELIOREES	6
II.3 - CONSERVATION - DOMESTICATION - AMELIORATION	9
<b>III - ATOUTS ET LIMITES DE LA CONSERVATION <i>IN SITU</i> DE CULTIVARS LOCAUX</b> .....	<b>11</b>
III.1 - EVOLUTION DES RESSOURCES GENETIQUES	11
III.2 - RESPECT D'UNE DIVERSITE BIOLOGIQUE ET CULTURELLE	12
III.3 - COMPLEMENTARITE DANS UN SYSTEME GLOBAL DE CONSERVATION	13
<b>IV - PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE</b> .....	<b>14</b>
IV.1 - MANQUE DE CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES	14
IV.2 - ETUDE D'UN CAS CONCRET : LE MAIS A CUZALAPA	16

## INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui, la nécessité de conserver les ressources génétiques semble être admise. L'enjeu est politique et économique, la production agricole actuelle et future dépendant en grande partie de la diversité génétique disponible pour l'amélioration des plantes cultivées. Au delà des controverses concernant l'accès au matériel génétique, la propriété et la détention de ces ressources (KLOPPENBURG et KLEINMAN 1987 ; BERG *et al.* 1991 ; KEYSTONE CENTER 1991 ; BENOIT-JOLY 1992a, 1992b ; OKIGBO 1992), les débats se centrent plutôt sur **ce qu'il faut conserver** (opposition entre un point de vue "utilitaire" et un point de vue "moral ou éthique", opposition entre conservation et préservation) et **la manière de le conserver** (conservation d'écosystèmes plus ou moins anthropisés, conservation *in* ou *ex situ* d'espèces particulières).

En milieu de culture, les cultivars locaux sont remplacés progressivement par des variétés améliorées dont les semences sont renouvelées à un rythme rapide et des écosystèmes permettant la survie des plantes apparentées disparaissent. Pour empêcher la disparition complète de ces ressources génétiques, les efforts se sont concentrés, jusqu'à présent, sur leur conservation *ex situ* en banques de gènes sous forme essentiellement de graines préservées par le froid. Le matériel génétique stocké n'est cependant plus soumis aux pressions de sélection exercées par le milieu de culture. **Nous assistons donc à une réduction continue des ressources génétiques en évolution dans leur milieu de développement et donc des possibilités de leur adaptation aux modifications du milieu et des techniques culturales.** Le risque existe que le matériel stocké perde à terme son utilité pour l'amélioration génétique des plantes.

Cette situation provoque un regain d'intérêt, dans le cadre d'un système global de conservation, pour la conservation *in situ* des ressources génétiques de plantes cultivées, définie classiquement comme "le maintien permanent d'une population dans la communauté dont elle fait partie, dans le milieu auquel elle est adaptée" (FRANKEL 1976). Les partisans de cette option de conservation sont concernés par l'évolution des variétés locales dans leur milieu, préoccupés par les dangers de leur conservation *ex situ* centralisée en banques de gènes et attachés à la diversité culturelle. Ses opposants

contestent sa faisabilité socio-économique lorsqu'il s'agit de milieux cultivés, en considérant comme inéluctable la généralisation des variétés améliorées.

De fait, la conservation *in situ* de cultivars locaux est à l'origine une pratique empirique traditionnelle. Les agriculteurs ont pratiqué dans le passé, et pratiquent encore aujourd'hui dans certaines régions du monde, le maintien de cultivars locaux (et de plantes apparentées) dans les agro-écosystèmes où ceux-ci se sont développés. Cette conservation est le résultat d'une agriculture où les variétés sont reconduites à partir de la production de cycles de culture précédents. De l'étude de ces systèmes devrait donc découler la méthodologie à employer pour la conservation *in situ* des ressources génétiques de plantes cultivées.

Cette étude porte sur la diversité des variétés de maïs cultivées dans une communauté indigène du Mexique et sur l'influence de la gestion paysanne de ces cultivars sur leur structure génétique. **L'objectif de ce travail de thèse est de déterminer, sur un exemple concret, ce que la reconduction des variétés d'une plante cultivée allogame comme le maïs dans leur agro-écosystème, selon les pratiques agricoles traditionnelles, actuelles permet de conserver.** Cette étude se situe donc en amont des controverses sur la faisabilité socio-économique du maintien des cultivars locaux dans leur agrosystème d'origine. Il ne s'agit pas d'alimenter le débat opposant les variétés locales aux variétés améliorées mais plutôt de déterminer, en se basant sur l'exemple étudié, **les mécanismes responsables de la structure et de la dynamique de la diversité dans les agrosystèmes traditionnels et les conditions de leur maintien.** Cette étude nous permettra de confronter les différentes approches de la conservation *in situ* de cultivars locaux au fonctionnement d'un système agricole traditionnel afin d'établir l'intérêt et les limites de ces différentes propositions.

L'ensemble de ce travail s'est déroulé dans le bassin versant de Cuzalapa dans la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán (RBSM) située dans les états de Jalisco et Colima sur la côte pacifique du Mexique et partie intégrante du réseau MAB (Man and Biosphere) de l'UNESCO. Il a été mené en collaboration avec le Laboratorio Natural Las Joyas (LNLJ) de l'Université de Guadalajara (U de G) responsable de la gestion et de l'élaboration de projets de recherche et de développement dans cette Réserve.

En guise d'introduction, le **Chapitre 1** présente les différentes approches de la conservation *in situ* de cultivars locaux et les avantages de cette option dans une stratégie globale de conservation des ressources génétiques en complément de leur stockage en banques de gènes (conservation *ex situ*). Nous présentons dans ce chapitre la problématique abordée dans cette étude ainsi qu'une description détaillée de la structure du document en fin de chapitre. L'analyse des résultats est divisée en trois parties : la **Première Partie** traite du contexte de l'étude et de la diversité des cultivars présents dans la région, la **Seconde Partie** détaille les méthodes traditionnelles de gestion de cette diversité et la **Troisième Partie** est une discussion de nos résultats dans le cadre de la conservation *in situ* des cultivars locaux de maïs au Mexique.

**Chapitre 1**  
**CONSERVATION *IN SITU***  
**DE CULTIVARS LOCAUX**  
**ET**  
**PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE**

**I - DEUX SYSTEMES DE CONSERVATION**  
**DES RESSOURCES GENETIQUES**

Le milieu scientifique s'accorde pour constater une "triple raréfaction génétique" en milieu cultivé (PERNES 1984) : moins d'espèces cultivées, moins de variétés cultivées par espèce et moins de polymorphisme génétique intra-variétal (BATES 1985). De plus, de nombreux habitats occupés par les parents sauvages ou les formes adventices de plantes cultivées disparaissent (WILKES 1972; FAO 1989 ; VAUGHAN et CHANG 1992). La matière première nécessaire à l'amélioration génétique serait donc progressivement évincée des milieux où elle a évolué depuis toujours.

Bien que les premiers débats sur ce sujet remontent à 1947 (ESQUINAS ALCAZAR 1991), la prise de conscience des menaces qui pèsent sur les ressources génétiques des plantes cultivées date des années 60 (PERNES 1984 ; BOMMER 1991) et a conduit à la création en 1974 de l'IBPGR (ou CIRPG, Conseil International des Ressources Phytogénétiques) pour poursuivre et organiser la collecte, la conservation, la documentation, l'évaluation et l'utilisation des ressources génétiques au sein d'un réseau international (BOMMER 1991). Cet organisme est devenu l'IPGRI le 1/1/1994, membre à part entière du Groupe Consultatif pour la Recherche Agricole Internationale (GCRAI).

Historiquement, l'option retenue est le stockage de graines, boutures, tissus, etc, dans des banques de gènes (conservation *ex situ*) dont les fonctions essentielles sont de conserver les ressources génétiques, de les évaluer et de les mettre à la disposition des sélectionneurs (CIMMYT 1993 ; PLUCKNETT *et al.* 1987). D'importantes collectes ont été organisées au début des années 70 ; il existait alors 8 banques de gènes au niveau mondial contre 43 en 1985 (SASSON 1986) ; 3.3 millions d'échantillons sont actuellement stockés dans plus de 600 collections dans 109 pays (PERRET 1991). Les modalités de conservation sont fonction de la biologie de la plante, de son mode de reproduction,

de la physiologie des graines et du développement des techniques de culture *in vitro* (HOYT 1992).

Les efforts de conservation ont d'abord concerné les variétés des plantes cultivées dites prioritaires, en danger dans leur milieu de culture. Par la suite, ces efforts ont également inclus les parents sauvages, intéressants à utiliser en amélioration génétique (voir HOYT 1992 pour les nombreux exemples) surtout avec le développement des biotechnologies. Le pourcentage de leurs entrées en banques de gènes est passé de 5% en 1976 à 16% en 1986 (PERRET *et al.* 1991).

L'intérêt pour la conservation des ressources génétiques dans leur milieu (conservation *in situ*) s'est longtemps limité aux espèces difficiles à conserver en banques de gènes comme les plantes à semences récalcitrantes ou celles qui ne peuvent pas être régénérées en dehors de leur habitat naturel (interdépendance complexe entre espèces, graines à germination fugace ou dormance difficile à briser, système reproductif hautement spécialisé) (INGRAM 1984 ; FAO 1989). La conservation *in situ* n'est réellement envisagée en agro-écosystèmes pour les espèces cultivées que depuis peu (FAO 1991 ; KEYSTONE CENTER 1991) et très rares sont les projets dont l'objectif est de gérer des cultivars et races animales traditionnelles dans le système dans lequel ils ont évolué (BERARD *et al.* 1991 ; FAO 1991). Les exemples cités par la Commission des Ressources Phytogénétiques de la FAO (1989) et HOYT (1992) concernent essentiellement la mise en défend de zones naturelles contenant des espèces intéressantes, dont en particulier les parents sauvages de plantes cultivées : formes sauvages d'arbres fruitiers dans divers pays, caféiers en Ethiopie, forêts de teck de Zambie... Ces espèces sont considérées faciles à conserver dans leur milieu d'origine parce qu'*a priori* sauvages, bien que leur gestion puisse s'avérer complexe et liée à l'activité humaine (BENZ *et al.* 1990 ; MALENGRAU intervention in CONSEIL DE L'EUROPE 1991). Toutes ces actions semblent basées sur la même philosophie que celle qui a guidé la mise en place de zones protégées, à la seule différence que l'objectif de conservation n'est pas l'ensemble d'un écosystème mais un nombre réduit d'espèces (FAO 1989 ; OLIVIER et CHAUVET 1991).

La création en 1984 du Groupe de travail *ad hoc* sur la conservation *in situ* a témoigné de l'intérêt des organismes internationaux (Centre de surveillance de la conservation/UICN, Programme MAB/UNESCO, Commission des Ressources Phytogénétiques/FAO, CIRPG) pour une application plus généralisée de ce mode de conservation. Cette option est actuellement considérée préférable, quand elle est possible, à la conservation *ex situ*, tant pour les animaux que pour les plantes et aussi bien pour les parents sauvages que pour les variétés locales de plantes cultivées (FAO 1989 ; BOMMER 1991 ; CONSEIL DE L'EUROPE 1991 ; BERG 1992). En opposition à la conservation *ex situ*, le maintien en culture des ressources génétiques sous-entend **leur évolution dans le milieu où elles se sont développées** et donc la conservation à la fois de leur diversité génétique et de leur pouvoir adaptatif continu.

Le problème consiste à localiser les zones destinées à la conservation *in situ*. Bien qu'un consensus existe quant à privilégier les régions de plus grande diversité (notion de centre de diversité de Vavilov modifié ensuite par HARLAN 1975) (OLIVIER et CHAUVET 1991), elles sont difficiles à cerner pour certaines plantes comme le mil, le sorgho ou le riz. Ces zones sont d'autre part différentes si l'on s'intéresse à la diversité des caractères alléliques, phénotypiques ou agronomiques.

## **II - TROIS APPROCHES DE LA CONSERVATION IN SITU**

L'intérêt essentiel de la conservation *in situ* des ressources génétiques des plantes cultivées réside dans l'évolution continue des cultivars locaux dans leur milieu. Néanmoins, dans la pratique, plusieurs points de vue existent quant aux objectifs, aux conditions, aux moyens et à la manière de faire de la conservation en milieu cultivé et de concilier conservation et développement. Trois approches principales peuvent être considérées. Elles correspondent à des estimations distinctes de l'importance et de l'impact du remplacement des cultivars locaux par des variétés améliorées mais également à différents concepts de la conservation alliant différents niveaux de protection, de préservation, d'évolution, d'utilisation et de gestion des ressources. Nous exposons ici les fondements de chacune de ces modalités et nous les discuterons dans la discussion finale (*Partie III*) à la lumière de nos observations dans le bassin versant de Cuzalapa.

### **II.1 - CONSERVATION STATIQUE DES VARIETES ET DES CULTURES TRADITIONNELLES**

Le concept le plus ancien et le plus conservateur de la conservation *in situ* des ressources génétiques des plantes cultivées est celui d'une conservation centrée sur une région précise et basée sur la préservation des variétés cultivées grâce au maintien de tout le contexte technique, social et culturel (ILTIS 1974 ; BENZ 1988) ; il s'agit de fixer le paysage génétique en figeant son environnement par le biais de parcs ou de réserves où la culture des variétés locales serait encouragée et où l'introduction de cultivars étrangers et de nouvelles technologies serait interdite (ILTIS 1974). Les variétés locales de plantes cultivées doivent être protégées légalement contre leur disparition en tant qu'héritage culturel d'un pays comme peuvent l'être les monuments historiques (ZEVEN *in* HINTUM *et al.* 1991) ; ces auteurs défendent pour cela la distribution de subventions pour la mise en œuvre de ces projets (ILTIS 1974 ; OLDFIELD et ALCORN 1987).

Dans cette optique les variétés cultivées ne sont pas uniquement reconnues dans leur dimension agronomique mais également perçues comme étant le fruit de l'histoire et de la culture des communautés rurales (HERNANDEZ X. 1988 ; BENZ 1988 ; BERARD *et al.* 1991 ; HOBELINK 1987 ; RAFI 1986). L'évolution d'un cultivar est envisagée dans un rapport étroit avec le terroir dans lequel il est cultivé et les traditions d'une communauté rurale. La conservation des variétés locales dépend alors du maintien des techniques paysannes de culture et du contexte culturel ; à l'inverse, avec les variétés traditionnelles disparaissent les techniques, les instruments de travail, les rituels et autres éléments de la culture traditionnelle (BENZ 1988 ; HERNANDEZ X. 1988 ; HOBELINK 1987 ; RAFI 1986). La dimension culturelle d'une région n'est pas perçue comme pouvant être le fruit d'échanges avec d'autres communautés et une variété le fruit d'échanges génétiques constants avec du matériel génétique qui n'est pas forcément reconduit localement.

Ce point de vue de la conservation est presque aussi statique que celui de la conservation *ex situ*,

l'objectif étant de conserver ce qui existe, tel qu'il existe actuellement, sans adaptation aux modifications des objectifs de production et des techniques de culture. Dans ce cas là, ce qui différencie les conservations *in* ou *ex situ* n'est que le degré de fixation de l'environnement dans lequel sont conservées les variétés.

## **II.2 - COHABITATION ENTRE VARIETES LOCALES ET AMELIOREES**

L'approche la plus répandue de la conservation *in situ* de variétés locales considère qu'il n'y a pas incompatibilité entre le maintien des variétés locales dans leur milieu, l'évolution des systèmes de production et leur intégration au marché. Les variétés locales et améliorées ainsi que les techniques traditionnelles et modernes peuvent cohabiter dans le même système.

A la stratégie de l'"Arche de Noé" de la conservation en banques de gènes (un grand "Conservateur" qui ne garde que l'essentiel de ce qui paraît utile) s'oppose celle d'une conservation *in situ* qui refuse, d'une part de ne considérer les ressources génétiques que comme une matière première destinée à l'amélioration génétique et, d'autre part, de croire que la diversité est condamnée à disparaître inexorablement des milieux cultivés (DAHL et NABHAN 1992). Ainsi, BRUSH (1992) considère que si les agriculteurs andins ou mexicains ont su conserver une telle diversité de cultivars de pommes de terres ou de maïs après l'invasion de leur continent par des cultures telles que le blé et l'orge et les techniques européennes il y a 500 ans, il est "arrogant" de penser que des variétés améliorées les déplaceront complètement ; il n'y a donc aucune raison pour qu'une politique de conservation *in situ* ne soit pas viable. Les variétés améliorées déplacent certaines variétés locales, certes, mais quelle diversité est conservée et recréée en parallèle ?

L'hypothèse implicite est que, contrairement à la plupart des systèmes modernes de production, le maintien d'un certain niveau de diversité fait partie de la stratégie de production des agriculteurs traditionnels (COOPER *et al* 1992) : diversité de genres et d'espèces (MERRICK 1990 ; BRUSH *et al.* 1981 ; BENZ *et al.* 1990), diversité de variétés (CLAWSON 1985 ; BOSTER 1985) et intra-variétale (MARTIN et ADAMS 1987 ; POIARKOVA et BLUM 1983). La variabilité phénotypique et génétique trouvée au niveau d'une région peut dépasser celle des variétés améliorées ou des collections en conservation *ex situ* (QUIROS *et al.* 1990 ; POIARKOVA et BLUM 1983). Cette diversité permet d'utiliser la variabilité des conditions de culture, réduit les risques d'une agriculture à faible niveau d'intrants sur des terres marginales, permet de varier l'alimentation et est le résultat de la multiplicité des utilisations données aux différentes parties d'une même plante cultivée (MESA BERNAL 1957 ; POIARKOVA et BLUM 1983 ; CLAWSON 1985 ; OLDFIELD et ALCORN 1987 ; MERRICK 1990 ; MONTECINOS et ALTIERI 1991 ; BRUSH 1991b). La diversité fait également partie de la "cosmvision indigène" (HERNANDEZ X. et ZARATE 1991; BRUSH 1992) et est souvent liée à des rites (MESA BERNAL 1957).

De nombreux systèmes traditionnels de culture ont donc évolué vers une cohabitation entre les variétés locales et les variétés améliorées et entre les techniques traditionnelles et modernes (BRUSH 1986, 1991b ; DENNIS 1987), comme une nouvelle stratégie adaptative. DENNIS (1987) et BRUSH (1991b, 1992) dans l'étude des variétés de riz de communautés du nord de la Thaïlande et des variétés de pomme de terre de deux vallées andines au Pérou, montrent qu'il peut se produire un rééquilibrage entre les deux types de variétés après une phase d'adoption importante de variétés améliorées. Dans la plupart des cas, les deux types de variétés sont utilisées au mieux de leur capacité et les stratégies sont complémentaires (BRUSH *et al.* 1988 ; BERARD *et al.* 1991). Les variétés introduites font partie intégrante du système de gestion dès lors qu'elles sont adoptées bien qu'on observe souvent le partage des systèmes de production en un sous-système basé essentiellement sur des variétés améliorées et dont la production est destinée à la vente et un sous-système destiné à l'autoconsommation, essentiellement basé sur les variétés locales, souvent sur les terres marginales, les techniques de culture pouvant être également différentes selon le sous-système (BRUSH *et al.* 1981).

Malgré les fortes pressions provenant essentiellement du marché pour l'uniformisation des plantes cultivées (FAO 1989 ; CHANG 1984 ; MONTECINOS et ALTIERI 1991), les variétés locales continuent donc à avoir leur place dans les systèmes agraires traditionnels (ORTEGA 1973 ; BERARD *et al.* 1991) et à répondre à des besoins réels des agriculteurs qui ne sont pas uniquement basés sur la productivité. Les cultivars locaux continuent à être cultivés pour l'autoconsommation ou pour le marché local pour des raisons agronomiques (adaptés aux conditions locales souvent marginales), économiques (adaptation coûteuse de variétés améliorées à des systèmes agricoles hétérogènes et gestion des risques), techniques (facilité de transformation) ou culturelles (considérées de meilleure qualité, préférence culinaire et esthétique, utilisation dans des rituels) (BERARD *et al.* 1991 ; PERALES 1992 ; BRUSH *et al.* 1981). BRUSH *et al.* (1981) citent par exemple les trois raisons majeures données par les agriculteurs andins pour la culture de variétés locales de pomme de terre même si la productivité des variétés améliorées peut être trois fois plus importante : ces variétés ont plus de saveur et la gardent beaucoup plus longtemps (sans doute à cause de leur peau de couleur foncée qui les protège de la lumière) et produisent des "semences" viables tous les ans alors que les variétés améliorées semblent dégénérer au bout de 2 ou 3 ans (produites à basse altitude elles seraient contaminées par des virus).

Il n'y a alors *a priori* pas d'incompatibilité entre l'adaptation des systèmes agricoles au marché et une certaine conservation des spécificités locales (BERARD *et al.* 1991). La conservation en culture de cultivars locaux a plus de chances de succès si elle est localement promue et soutenue (VAUGHAN et CHANG 1992) et d'autant plus que la variété est "utile". CONKLIN (1986) a ainsi noté, entre le début des années 60 et les années 80 chez les Ifugao, moins de changements dans les variétés de riz de haute qualité et celles utilisées pour faire des boissons alcooliques.

Tous les efforts sont alors tournés vers la revalorisation par l'agriculteur de ses coutumes et variétés, la promotion et protection de leurs particularités. La diversité culturelle est vue comme un moyen de revaloriser la diversité biologique et vice et versa. Il faut revaloriser le contexte qui maintient les variétés, oeuvrer pour que leur valeur agronomique, gustative ou marchande perdure,

ou pour qu'une nouvelle valeur leur soit donnée. L'objectif est surtout de convaincre les communautés rurales que la solution aux facteurs limitants auxquels ils ont à faire face n'est pas liée exclusivement à la "modernité" (en prenant le contre-pied du discours dominant), de façon à ce que les agriculteurs qui sont attachés à leurs traditions et leurs cultivars ne se sentent pas obligés de les abandonner par mimétisme ou pour des raisons de reconnaissance sociale (GRAIN 1993 ; RAFI 1986 ; COOPER *et al.* 1992). A ce titre, PERNES (1984) voudrait espérer que la solution à l'érosion génétique vienne d'un renversement de la tendance à la disparition de cette diversité "en donnant de la valeur à la diversité et à la sécurité plus qu'à la productivité".

Ces actions sont envisagées en liaison avec des projets de développement qui intègrent conservation, autosuffisance alimentaire et/ou intégration au marché (MERRICK 1990 ; FAO 1991), et dont de nombreux exemples sont donnés par COOPER *et al.* 1992. Les principales actions concernent :

- la revalorisation des variétés traditionnelles auprès des producteurs ;
- la revalorisation de rites ou traditions se rapportant aux variétés traditionnelles ou l'invention de nouveaux rites tels que le concours annuel au Mexique de l'épi de maïs de la race Jala le plus long;
- la recherche de débouchés commerciaux pour la production locale ou la réhabilitation des circuits commerciaux traditionnels (GRAIN 1993 ; BRUSH 1992) ;
- la modification de la rationalité de l'appui technique agronomique basé sur une mentalité "Révolution Verte";
- la disparition des actions conduisant au déplacement "forcé" des variétés locales ou rendant difficile leur survie comme par exemple :
  - \* l'obligation de semer une variété améliorée pour obtenir un crédit (BRUSH 1992),
  - \* l'inscription difficile et onéreuse en France de variétés locales au Catalogue du Comité Technique Permanent de la Sélection des plantes cultivées (CTPS), par ailleurs obligatoire pour leur commercialisation (ZAMORANO 1993) ;
- le dépôt d'appellations telles que l'appellation Zuni pour les semences des variétés locales de maïs et l'artisanat vendu sous ce nom en Arizona, (GRAIN 1993) ;
- le contrôle des collectes de matériel génétique et l'établissement de contrats avec les organismes ou entreprises qui les utilisent (droit des agriculteurs, GRAIN 1993) ;
- la promotion de l'utilisation de parents sauvages de plantes cultivées pour l'alimentation du bétail (ex. *Zea diploperennis*, BENZ *et al.* 1990 ; *Oryza rufipogon* et *O. officinalis*, VAUGHAN et CHANG 1992).

On peut distinguer trois types d'actions :

### **1 - La conservation *in situ* dans les systèmes traditionnels**

ex : \* Culture de variétés de riz traditionnelles de qualité particulière et fort prix à l'exportation dans la vallée Irrawaddy en Malaisie, (VAUGHAN et CHANG 1992)

### **2 - La conservation en culture par des amateurs (hors collections au champ)**

ex : \* L'association des Croqueurs de pommes par l'intermédiaire des expositions et collections de diverses variétés locales de fruits tels que la pomme, la poire, la cerise, la châtaigne ou la prune participent à la réimplantation de ces variétés ne serait-ce que dans certains vergers et favorisent la prise de conscience du consommateur qui, sans eux, n'aurait sans doute jamais été au courant de l'existence de telles variétés de fruits.

\* De la même manière l'association américaine Native seeds/SEARCH distribue des semences de variétés originaires des populations indiennes américaines à 4000 jardiniers par an (DAHL et NABHAN 1992).

**3 - L'association de la culture au champ avec une banque de gènes communautaire** (GRAIN 1993 ; RAFI 1986 ; COOPER *et al.* 1992).

## **II.3 - CONSERVATION - DOMESTICATION - AMELIORATION**

La position la plus récente et qui gagne du terrain dans la littérature et les actions concrètes consiste à associer la conservation à l'amélioration des variétés locales (BERG *et al.* 1991 ; BERARD *et al.* 1991 ; MUSHITA 1992 ; COOPER *et al.* 1992 ; WOREDE et MEKBIB 1993). Ce point de vue est basé, d'une part, sur l'idée que la diversité génétique ne peut être préservée sans frais si elle ne sert pas (RAFI 1986 ; OLIVIER et CHAUVET 1991) et d'autre part que **les pratiques traditionnelles sont probablement le système le plus durable pour la conservation des ressources génétiques mais moins efficaces en ce qui concerne l'amélioration des plantes** (BERG 1992 ; GRAIN 1992).

L'objectif est d'encourager le maintien de variétés traditionnelles en améliorant leurs performances (BERG 1992). Il doit aboutir à l'établissement d'un lien entre le secteur formel et informel de conservation des ressources génétiques (BERG *et al.* 1991 ; KEYSTONE CENTER 1991 ; COOPER *et al.* 1992) mais également entre les systèmes modernes et traditionnels d'amélioration génétique qui évoluent indépendamment l'un de l'autre et sont associés à différents réseaux de semences (BERG 1992 ; WOREDE 1992 ; HARDON et de BOEF 1993). L'agriculteur n'est pas vu comme un consommateur mais comme un chercheur et un créateur (MUSHITA 1992 ; COOPER *et al.* 1992).

Ce système n'est pas destiné à conserver les variétés locales en tant que telles mais à conserver un certain niveau de diversité localement ; une diversité adaptée aux conditions locales et surtout qui continuera à évoluer. Ces projets peuvent être basés exclusivement sur les variétés locales ou considèrent plus généralement que du matériel génétique amélioré peut être fourni aux communautés rurales de façon à élargir leur base de sélection et que des connaissances scientifiques soient ajoutées aux connaissances traditionnelles de façon à améliorer l'efficacité et la qualité des activités traditionnelles productives (BERG 1992 ; GRAIN 1993 ; COOPER *et al.* 1992). BERG *et al.* (1991) passe en revue les avantages et les limites de tels systèmes.

Plusieurs actions se développent actuellement.

Au Mexique, des chercheurs de l'INIFAP du Valle de México (*Instituto Nacional de Investigación Forestal y Agro-Pecuaria*, équivalent à l'INRA) et de l'Université agricole de Chapingo ont donné des cours de sélection visuelle du maïs à des communautés rurales.

Une expérience intéressante se met en place dans le nord du Portugal (BERARD *et al.* 1991). Pour des raisons agronomiques, culturelles et sociales dans les zones marginales les variétés locales de maïs sont préférées aux variétés hybrides proposées depuis trente ans. Seul 20% de la surface en maïs est cultivée avec des variétés améliorées et les services agricoles considèrent que cette culture n'est envisageable que sur 30% des terres. Le projet mis en place cherche donc à mener un travail d'amélioration (sélection récurrente intra-population) des variétés locales selon des critères retenus en fonction des contraintes locales. Bien que l'objectif principal de ce projet soit un objectif de développement, il permet d'aborder la conservation de la diversité génétique sous un autre point de vue.

L'expérience la plus connue parce que mise en oeuvre par des responsables de la conservation *ex situ*, concerne la Plant Genetic Resource Centre/Ethiopia (PGRC/E), banque de gènes d'Ethiopie (WOREDE et MEKBIB 1993). Elle tente d'intégrer les agriculteurs dans les différentes étapes de la conservation des ressources génétiques et de l'amélioration génétique : "Etant donné les avantages inhérents aux pratiques traditionnelles, la conservation des variétés locales et l'amélioration sont une option de grande valeur pour la conservation de la diversité génétique (...) Il existe un besoin marqué de conserver les variétés locales en condition de culture pour leur utilisation dans l'amélioration génétique et celle-ci est probablement mieux réalisée dans des programmes basés sur la conservation au niveau de l'exploitation ou la communauté" (Dr M.WOREDE, GRAIN 1992). Les agriculteurs sont assistés dans l'utilisation de techniques d'amélioration génétique et ces exploitations deviennent les unités de conservation de ces variétés locales élites. Cette démarche utilise les variétés locales existantes comme point de départ pour l'amélioration des systèmes de production locaux plutôt que de reposer sur des semences améliorées introduites.

### **III - ATOUTS ET LIMITES DE LA CONSERVATION IN SITU DE CULTIVARS LOCAUX**

Si l'intérêt du maintien des espèces cultivées dans leur agrosystème, comme source de diversité génétique, est largement reconnue, c'est sur l'aspect socio-économique que les partisans et opposants de la conservation *in situ* s'opposent directement.

#### **III.1 - EVOLUTION DES RESSOURCES GENETIQUES**

L'évolution adaptative des échantillons conservés en banques de gènes est stoppée à la collecte (ALTIERI et MERRICK 1987 ; VAUGHAN ET CHANG 1992), laissant présager une inadaptation de ce matériel génétique lorsque le contexte agro-climatique aura changé (PERNES et LOURD 1984). Le matériel conservé est, de plus, soumis à des pressions de sélection au cours du stockage et de la régénération très différentes de celles exercées par le milieu ou les techniques de culture de la zone d'origine : on tend par exemple à sélectionner les semences pour leur adaptation au mode de conservation (dessiccation et froid) et des espèces partiellement allogames comme le sorgho sont reproduites par autofécondation. Ce mode artificiel de conservation et le vieillissement des collections conduit à une réduction du polymorphisme, à la fixation d'allèles, à des modifications de la structure génétique (OLLITRAULT 1987 ; PERNES et LOURD 1984 ; CROSSA 1989) ainsi qu'à l'augmentation des aberrations et des mutations (ROOS 1984a et b ; ROBERTS et ELLIS 1984 ; PUCHALSKI *et al.* 1991) dans les accessions comme dans les pools d'accessions (BURTON 1976; ROOS 1984a et b).

Or, l'amélioration génétique doit s'adapter aux nouveaux facteurs limitants qui surviennent (PLUCKNETT et SMITH 1986) ; elle doit pour cela avoir accès à des structures génétiques qui évoluent avec ces facteurs (à moins qu'un jour tous les mécanismes d'adaptation, de résistance ou de fonctionnement des plantes soient parfaitement connus...). **C'est le maintien du matériel génétique dans le milieu de culture (conservation *in situ*) qui permet de préserver sa dynamique évolutive** (FAO 1989). La reconduction traditionnelle des variétés permet un large échantillonnage et donc une bonne probabilité de conserver une gamme étendue d'allèles (FAO 1989). D'autre part, la conservation de certaines structures génétiques ne peut faire abstraction des sélections exercées par les agriculteurs et le milieu de culture (BRAC DE LA PERRIERE 1982 ; LEBLANC 1978). On ne retrouve par exemple presque exclusivement qu'un seul allozyme du locus de l'ADH dans les collections de mil conservées depuis longtemps avec croisements contrôlés alors que les variétés traditionnelles sont très souvent polymorphes grâce à des coefficients de sélection antagonistes gamétiques-zygotiques (LEBLANC 1978). De même, le caractère glutineux des grains de riz est facilement perdu en conservation *ex situ* (VAUGHAN et CHANG 1992).

Dans les régions où la diversité est maintenue, l'évolution des plantes cultivées accompagne celle des connaissances biologiques des agriculteurs, des modes de production et des particularités

écologiques et économiques des milieux de production (NABHAN et REA 1987 ; JOHANNESSEN 1982 ; BRUSH *et al.* 1981). Elles évoluent également au contact de leurs parents sauvages (PERNES et LOURD 1984 ; OLDFIELD et ALCORN 1987). Ces régions sont des sources potentielles d'une diversité nouvelle comme, par exemple, les zones du Pérou où il se produit des flux de gènes et des hybridations dans un mélange de génotypes, de clones et d'espèces de pomme de terre à différents niveaux de ploïdie (BRUSH *et al.* 1981).

### **III.2 - RESPECT D'UNE DIVERSITE BIOLOGIQUE ET CULTURELLE**

Pour les sélectionneurs, la sécurité de notre agriculture réside dans la "diversité génétique dans le temps" (remplacement régulier des variétés) qui se substituerait à la traditionnelle "diversité génétique dans l'espace" (plusieurs variétés présentes dans la même région) (DUVICK 1984). Cependant ce système sous-entend que l'on puisse proposer à temps des variétés réellement différentes alors que la base génétique des variétés améliorées est très restreinte (DUVICK 1984), que les généticiens n'ont souvent pas su anticiper la modification rapide des maladies et des insectes (BROWNING 1988) et que les programmes de sélection de certains pays n'ont pas la capacité d'anticiper (WILKES 1992).

Ceux qui sont impliqués dans la conservation *in situ* de variétés locales de plantes cultivées **remettent en cause l'idée d'un développement basé exclusivement sur la technologie et les variétés améliorées** (remis en question d'un point de vue économique, écologique et énergétique), et cherchent plutôt à promouvoir un développement fondé sur les objectifs des populations concernées et basé sur leur participation et les ressources locales (MONTECINOS et ALTIERI 1991). Il s'agit de défendre un mode de vie, des traditions et une diversité culturelle considérés comme étant aussi importants que la diversité biologique et intimement liés à cette dernière (HERNANDEZ X. 1988 ; HOBELINK 1987).

La principale critique faite à l'encontre d'une politique qui favorise le maintien des variétés locales de plantes cultivées dans leur agrosystème d'origine concerne sa faisabilité socio-économique. Le déplacement des variétés locales et des techniques traditionnelles semble inéluctable et nécessaire pour le "développement" des communautés rurales ; aller à l'encontre d'une telle évolution est inhumain et irresponsable (WILLIAMS 1988 ; OLIVIER et CHAUVET 1991). Ces critiques reposent sur une foi profonde dans la modernité, sur la conviction que les meilleurs systèmes agronomiques et technologiques sont basés sur l'uniformité ("paradigme de l'homogénéité", BROWNING 1988), et sur une vue statique et immuable de la conservation. La conservation et le développement sont vus comme des processus incompatibles et même antagonistes. Ces systèmes agricoles ne pourraient alors survivre qu'au travers d'indemnités aux agriculteurs, considérées trop coûteuses.

Les défenseurs de la conservation *in situ* opposent les travaux d'agronomes ou de généticiens montrant combien **la présence d'un certain niveau de diversité est le garant du maintien des équilibres dans l'agrosystème**. BROWNING et FREY (1969), BROWNING (1988) et WOLFE (1985, 1988) ont montré par exemple l'intérêt de variétés multilignées, de mélanges de cultivars

types et des niveaux de résistance différents ou du semis de différentes variétés à l'échelle d'un terroir vis à vis des ravageurs et des maladies. ALLARD (1990) a montré combien la coévolution entre un composite d'orge et ses parasites conduisait à un meilleur contrôle de la maladie que les procédures classiques de sélection.

Pour certains auteurs la conservation *in situ* répondrait également à l'affirmation de l'indépendance des communautés agricoles vis à vis du marché des intrants et des semences (OLDFIELD et ALCORN 1987 ; JARDEL *et al.* 1992a), du "droit des agriculteurs" dont le principe a été accepté par la FAO en 1989 (BERG 1992) et de la souveraineté des pays riches en diversité génétique (HOBELINK 1987).

### **III.3 - COMPLEMENTARITE DANS UN SYSTEME GLOBAL DE CONSERVATION**

La conservation *ex situ* et la conservation *in situ* ont ainsi longtemps été opposées. Cependant, la complémentarité de ces deux termes de l'alternative semble de plus en plus évidente tant pour les parents sauvages des plantes cultivées (OLIVIER et CHAUVET 1991 ; FAO 1989 ; CONSEIL DE L'EUROPE 1991 ; HOYT 1992 ; BOMMER 1991) que pour les cultivars locaux eux-même (FAO 1989 ; KEYSTONE CENTER 1991 ; WOREDE 1992 ; ALTIERI et MERRICK 1987 ; OLDFIELD et ALCORN 1987 ; COOPER *et al.* 1992).

La fonction de la conservation en banques de gènes est essentiellement une fonction de stockage et de mise à la disposition immédiate de ressources génétiques très variées pour les sélectionneurs. Les banques de gènes ont ainsi été d'un grand recours pour préserver des variétés abandonnées par les agriculteurs et ont même permis de renouveler les stocks de semences des variétés locales perdues à la suite de catastrophes naturelles ou de guerres (tremblement de terre au Nicaragua en 1971, hostilités de 1970 au Kampuchéa, SASSON 1986).

Néanmoins, le fonctionnement des banques de gènes étant très onéreux, seul un nombre réduit de plantes cultivées dites prioritaires fait l'objet de collectes systématiques et d'efforts de conservation (OKIGBO 1992). Pour les mêmes raisons les évaluations d'accessions sont très insuffisantes ce qui rend le matériel conservé *ex situ* difficilement utilisable par les sélectionneurs (DUVICK 1984 ; CIMMYT 1993). La reconduction des accessions se fait souvent quand la viabilité des semences est déjà faible et à partir d'effectifs limités. Ainsi, l'érosion génétique dans les banques de gènes d'Amérique Latine aurait atteint des proportions si alarmantes (GOODMAN et HERNANDEZ 1991; CIMMYT 1993), que le programme LAMP (Latin American Maize Project) a été mis en place en 1986 pour aider ces structures, y compris le CIMMYT, à régénérer et évaluer les quelques 7000 accessions de maïs actuellement en danger (CIMMYT 1993).

La reconduction des variétés dans leur milieu d'origine peut ainsi jouer le rôle de *backup* d'une partie des collections *ex situ* rendues vulnérables aux catastrophes naturelles et à la dépendance politique qu'entraîne la concentration géographique des collections et les besoins financiers importants

d'un tel système. Le maintien des cultivars dans leur milieu rendrait possible leur évaluation continue et immédiate (FAO 1989). VAUGHAN et CHANG (1992) voient dans les régions de conservation *in situ* de grands laboratoires scientifiques en ce qui concerne l'évolution des ressources génétiques.

Au delà de la fonction sécuritaire de la conservation *in situ* par rapport à la conservation en banques de gènes et vice et versa, on voit apparaître actuellement des propositions visant à réellement intégrer ces deux options. DAVID (1992) propose à ce titre que les collections des banques de gènes dont en particulier les "core collections" (BROWN 1989 ; CIMMYT 1993), destinées à réduire le coût des banques de gènes et rendre le matériel génétique plus accessible (GOODMAN 1990 ; BROWN 1989), soient associées à un réseau de conservation dynamique, dont les objectifs sont à plusieurs égards très semblables à ceux de la conservation *in situ*. L'objectif est d'extraire les banques de gènes de leur rôle de musée pour leur attribuer une fonction de stockage d'une diversité dynamique, facilement utilisable en l'état ou pour l'amélioration génétique.

## **IV - PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE**

### **IV.1 - MANQUE DE CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES**

Pour sa mise en oeuvre, la conservation *in situ* doit non seulement affronter un ensemble de forces agissant en direction contraire : politiques de développement socio-économique, politiques institutionnelles, orientations de l'amélioration génétique, de la recherche, du marché, ... (MONTECINOS et ALTIERI 1991 ; GRAIN 1992 ; COHEN *et al.* 1991 ; COOPER *et al.* 1992) mais aussi faire face à deux autres types de problèmes :

- 1) Le manque de définition claire des objectifs de conservation et,
- 2) Le manque de connaissances spécifiques sur le polymorphisme intra-population, la dynamique des variétés locales en fonction des pratiques traditionnelles et les mécanismes de leur conservation.

#### **IV.1.1 - Que conserver ?**

Notre ignorance concerne, tout d'abord, ce qu'il est important de conserver pour le futur (tant pour la conservation *in situ* que *ex situ*), c'est à dire **les objectifs de conservation auxquels on veut répondre** : A-t-on besoin de conserver des allèles particuliers (généralistes ou spécialistes), des structures géniques, différents phénotypes, un échantillon de chaque variété, de chaque race, de chaque région ou plutôt maintenir à la disposition de la sélection un niveau de diversité allélique et/ou morphologique global important ? La conservation doit-elle être statique ou dynamique ?

Le manque de définition claire des objectifs de la conservation rend non seulement ce travail

sans limites mais en plus indéfinissable et incontrôlable. On peut conserver un écosystème tout en perdant des espèces ou conserver une espèce en perdant des populations ou des allèles, à l'inverse, la perte d'une espèce, d'une population ou d'un gène peut compromettre un écosystème (FAO 1989).

#### IV.1.2 - Comment le conserver ?

Les études qui s'intéressent à la structure de la diversité morphologique ou électrophorétique de différentes populations sont faites sur un ensemble d'accessions de la collection internationale (haricot, SINGH 1989), sur les différentes races d'une plante cultivée comme le maïs (WELLHAUSEN *et al.* 1952 ; GOODMAN 1967, 1968 ; GOODMAN et PATERNIANI 1969 ; BIRD et GOODMAN 1977 ; DOEBLEY *et al.* 1985 ; publications de la NAS-NRC telles que TIMOTHY *et al.* 63), ou sur un ensemble d'accessions ou de collectes à l'échelle d'un continent ou d'un pays (ex : analyse enzymatique sur mil en Côte d'Ivoire, BRAC DE LA PERRIERE 1982 ; LEBLANC et PERNES 1983 ; en Afrique de l'ouest, TOSTAIN *et al.* 1987 ; en Afrique et en Inde, TOSTAIN et MARCHAIS 1989 ; variétés de haricot au nord du Malawi, MARTIN et ADAMS 1987).

Ces études permettent de répondre à certaines questions importantes pour la mise en oeuvre de projets de conservation *in situ*, concernant en particulier les régions présentant une diversité enzymatique et/ou phénotypique importante ou particulière, les zones de diversification et celles d'introduction, la dynamique actuelle de la diversité au niveau de grandes régions, les relations entre le milieu et diverses caractéristiques phénotypiques ou génétiques, etc. Cependant, la mise en oeuvre de projets de conservation *in situ* demande des études complémentaires, à l'échelle du terroir, concernant la structure du polymorphisme variétal et sa dynamique en relation avec les systèmes agricoles (mode de renouvellement et de gestion de cette diversité). Or, la plupart des travaux se rapportant aux variétés de plantes cultivées dans une région s'intéressent plutôt au taux d'adoption des variétés améliorées et à leurs avantages sur les variétés locales (ex. PERRIN et WINKELMAN 1976 ; CIMMYT 1989 ; BRRI 1993). D'autre part les accessions conservées en banques de gènes sont rarement resituées dans leur contexte social, culturel, économique, agronomique et écologique, ne permettant pas des études fines de structure de diversité (BERARD *et al.* 1991). PERRET *et al.* (1991) rapportent, par exemple, que moins d'1/5 des entrées de luzerne peuvent être situées sur une carte avec précision et que moins de 5% s'accompagnent de renseignements sur le lieu de cueillette.

A part certains travaux ethnobotaniques (QUIROS *et al.* 1990 ; DENNIS 1987 ; travaux de BRUSH au Pérou) rares sont les études qui concernent l'ensemble du système de gestion de la diversité au niveau d'une communauté rurale. En conséquence, l'érosion génétique dans les milieux cultivés n'est qu'une hypothèse basée sur l'adoption croissante de variétés améliorées (BRUSH 1992); peu d'études de cas permettent réellement de documenter la perte réelle de diversité au niveau local. Certaines études tendraient même à montrer que l'érosion est faible. En comparant des accessions collectées depuis plus de 30 à 40 ans avec les variétés présentes sur le terrain, ANDRADE (1986, haricot dans l'état d'Aguascalientes au Mexique) et ORTEGA (1973, maïs dans l'état du Chiapas au

Mexique) semblent indiquer que les variétés améliorées, loin de réduire la diversité, conduisent à une augmentation du nombre de variétés et de la gamme de variation par croisement avec les variétés locales. Ces croisements auraient même pour effet d'améliorer la productivité des variétés locales (VEGA 1973). Pour des questions d'échantillonnage et d'expérimentation ces résultats sont toutefois discutables. D'autre part, DENNIS (1987, riz au nord de la Thaïlande) et BRUSH *et al.* (1988, maïs au Mexique) montrent que le déplacement des variétés locales est rarement total. Ces deux types de variétés sont utilisés au mieux de leurs capacités et ont des utilisations et des modes de gestion complémentaires (BERARD *et al.* 1991). Les variétés introduites sont incorporées à l'ensemble des variétés déjà cultivées. L'érosion génétique est donc un phénomène beaucoup plus complexe que l'adéquation "introduction de variétés améliorées = perte de diversité" (BRUSH 1992).

Dans ces conditions, il est très difficile d'établir une méthodologie claire en matière de conservation *in situ* des ressources génétiques des plantes cultivées (FAO 1989 ; OLLITRAULT 1987; BRUSH *et al.* 1981, 1992). Devant la complexité dans sa mise en oeuvre (il s'agit de faire conserver par l'homme une ressource sur laquelle repose une de ses activités productives), **il faut déterminer les objectifs de conservation auxquels on veut répondre, ceux auxquels peut répondre cette alternative, pour décider des objectifs à atteindre en conservation *in situ* et préciser ainsi les limites et la flexibilité des systèmes mis en place.**

#### **IV.2 - ETUDE D'UN CAS CONCRET : LE MAÏS A CUZALAPA**

Ce que l'on observe aujourd'hui est le fruit d'une longue évolution : diffusion de plantes cultivées à partir des centres de domestication (HARLAN 1987), différenciation de races et de variétés, adaptation au milieu et aux changements de techniques de culture... Si les systèmes de culture traditionnels permettent la conservation des ressources génétiques, ils favorisent donc une conservation dynamique. De quelle diversité s'agit-il ? Comment est-elle gérée et conservée ?

Ce travail répond à ces questions à partir de l'étude de la structure de la diversité des variétés de maïs et de l'analyse de leur gestion traditionnelle, dans une région de forte diversité génétique où des efforts de conservation veulent être poursuivis.

Il porte sur la **communauté indigène de Cuzalapa dans la Réserve de la biosphère Sierra de Manantlán (RBSM) sur la côte pacifique du Mexique** considérée traditionnelle selon la définition de TOLEDO (1990) : 1) domination de la valeur d'usage de la production sur la valeur marchande, intégration limitée à l'économie de marché, 2) main d'oeuvre essentiellement familiale et faible recours à des intrants externes, 3) production destinée à la reproduction du système plutôt qu'au profit, 4) subsistance basée sur une combinaison de pratiques : agriculture, élevage, pêche, travail à l'extérieur.

L'objectif est de comprendre :

- Comment sont gérées traditionnellement les variétés cultivées, c'est-à-dire quelles sont les pratiques et les conditions qui expliquent la diversité présente dans les systèmes traditionnels de culture ;
- Ce que conservent les agriculteurs des variétés qu'ils cultivent, c'est-à-dire, si les agriculteurs gèrent des variétés qu'ils conservent génétiquement distinctes et stables, ou s'ils maintiennent plutôt un niveau global de diversité ;
- La relation qui existe dans les systèmes agricoles traditionnels entre la conservation et la génération de diversité.

Ces résultats nous permettront d'aborder dans la discussion :

- les objectifs de conservation auxquels peut répondre la reconduction des variétés locales de plantes cultivées allogames selon les pratiques traditionnelles ;
- les relations qui peuvent s'établir entre ces systèmes traditionnels et les modes de production modernes sans que les objectifs de conservation ne soient compromis.

La **PREMIERE PARTIE** de ce document décrit le contexte régional et analyse la structure de la diversité des variétés de maïs cultivées dans le bassin versant de Cuзалapa.

Le Chapitre 2 traite du milieu physique, agricole et social de la réserve et du bassin versant. Une présentation des différentes variétés cultivées et de leur importance dans le bassin versant de Cuзалapa est faite en fin de chapitre.

Le Chapitre 3 aborde l'étude de la diversité morpho-phénologique des cultivars et de la structure de cette diversité, ainsi que la perception de cette diversité par les agriculteurs.

Le mode de gestion traditionnel des variétés dans cette région et son influence sur la structure génétique des cultivars sont traités dans la **SECONDE PARTIE**.

Le Chapitre 4 analyse le mode de reconduction des variétés en considérant la taille des lots de semences et les échanges de semences à l'intérieur de la communauté et avec d'autres régions.

Dans le Chapitre 5 nous avons déterminé l'intensité des flux génétiques entre variétés en considérant l'organisation du semis des différents cultivars dans l'espace (localisation) et dans le temps (date de semis) et en effectuant des observations en parcelles paysannes.

Dans le Chapitre 6 nous avons étudié les critères traditionnels de sélection des semences et leur influence sur le contrôle des flux de gènes entre variétés.

Les objectifs particuliers et les méthodes utilisées dans la première et la seconde Partie étant très divers en fonction du thème abordé, nous avons intégré dans chaque chapitre un paragraphe traitant de la problématique, des objectifs, du matériel végétal et des méthodes spécifiques à chacun d'entre eux. De même, chaque chapitre se termine par une discussion et une conclusion sur le thème abordé.

En **TROISIEME PARTIE** les principales conclusions sont reprises et nous permettent de discuter sur le type de conservation auquel conduit le mode de gestion des variétés dans le bassin versant de Cuzalapa et de comparer ces résultats aux différents concepts de conservation *in situ* exposés dans le Chapitre 1.

# Première partie

**CONTEXTE REGIONAL  
ET DIVERSITE DES CULTIVARS LOCAUX  
DE MAIS**

**PLAN**  
**PREMIERE PARTIE**

**Chapitre 2 - CADRE DE L'ETUDE : LA RESERVE DE LA BIOSPHERE SIERRA DE MANANTLAN (RBSM, MEXIQUE) ET LA CONSERVATION *IN SITU* DE VARIETES LOCALES DE MAIS**

<b>I - LA RESERVE DE LA BIOSPHERE SIERRA DE MANANTLAN</b>	<b>19</b>
I.1 - LE PROGRAMME MAB DE L'UNESCO	19
I.2 - LE GENRE <i>ZEA</i> DANS LA RESERVE DE LA BIOSPHERE SIERRA DE MANANTLAN	23
<b>II - LE BASSIN VERSANT DE CUZALAPA ET LA CULTURE DU MAIS</b>	<b>29</b>
II.1 - CONTEXTE GENERAL	29
II.2 - SYSTEMES DE CULTURE DU MAIS A CUZALAPA	33
II.3 - VARIETES DE MAIS CULTIVEES A CUZALAPA	37
<b>III - CONCLUSION</b>	<b>41</b>

**Chapitre 3 - CARACTERISTIQUES MORPHO-PHENOLOGIQUES DES VARIETES DE MAIS CULTIVEES DANS LE BASSIN VERSANT DE CUZALAPA**

<b>I - ETUDE DE LA DIVERSITE EN CONDITIONS EXPERIMENTALES</b>	<b>47</b>
I.1 - OBJECTIFS ET METHODES	47
I.2 - UNITE PHENOTYPIQUE DES VARIETES	59
I.3 - CRITERES DE DISTINCTION ENTRE VARIETES	67
I.4 - STRUCTURATION DE LA DIVERSITE	79
I.5 - VARIABILITE A LA SUITE DES AUTOFECONDATIONS	89
I.6 - DISCUSSION et CONCLUSION	96
<b>II - ETUDE DES VARIETES EN CONDITIONS PAYSANNES</b>	<b>102</b>
II.1 - OBJECTIFS ET METHODES	102
II.2 - EFFET DES CONDITIONS DE CULTURE SUR LES DESCRIPTEURS	105
II.3 - IDENTIFICATION DES VARIETES PAR LES AGRICULTEURS	115
II.4 - CONCLUSION	121

## Chapitre 2

### **CADRE DE L'ETUDE LA RESERVE DE LA BIOSPHERE SIERRA DE MANANTLAN (RBSM, MEXIQUE) ET LA CONSERVATION *IN SITU* DE VARIETES LOCALES DE MAIS**

## **I - LA RESERVE DE LA BIOSPHERE SIERRA DE MANANTLAN**

Sur plus de 50 ans les objectifs de la conservation ont évolué de la protection de monuments naturels et d'espèces menacées (préservation) à la protection d'écosystèmes (maintien des processus écologiques essentiels à l'équilibre de la biosphère). Plus récemment, des programmes comme celui du MAB (Man and Biosphere) de l'UNESCO, créé en 1971, intègrent de plus l'homme dans la stratégie de conservation. Celui-ci est considéré comme faisant partie des écosystèmes et non comme un intrus, comme le meilleur agent potentiel du processus de conservation, son intervention devenant même nécessaire lorsque la ressource à conserver doit sa survie aux perturbations causées par l'être humain (HALLFETER 1987 ; BENZ *et al.* 1990).

### **I.1 - LE PROGRAMME MAB DE L'UNESCO**

L'objectif général déclaré du programme MAB est de "développer au sein des sciences naturelles et sociales les bases scientifiques permettant la conservation et l'utilisation rationnelle des ressources de la biosphère et l'amélioration des relations de l'homme avec son environnement ; prédire les conséquences des actions d'aujourd'hui sur le monde de demain et ainsi accroître l'habileté des hommes à gérer efficacement les ressources naturelles de la biosphère" (UNESCO 1988).

Il ne s'agit plus de conserver pour le plaisir esthétique mais que la conservation de la diversité fasse partie d'une stratégie plus générale visant au maintien des équilibres naturels indispensables à notre survie, dans le respect des cultures locales et des traditions (UNESCO 1984). Au delà du fait qu'aucune zone protégée ne puisse survivre longtemps si elle n'est pas perçue comme une source de bénéfice, en particulier par les communautés qui vivent aux abords (HALFFTER 1987 ; JARDEL 1992), ce programme considère que la conservation de la biodiversité est un processus dynamique,

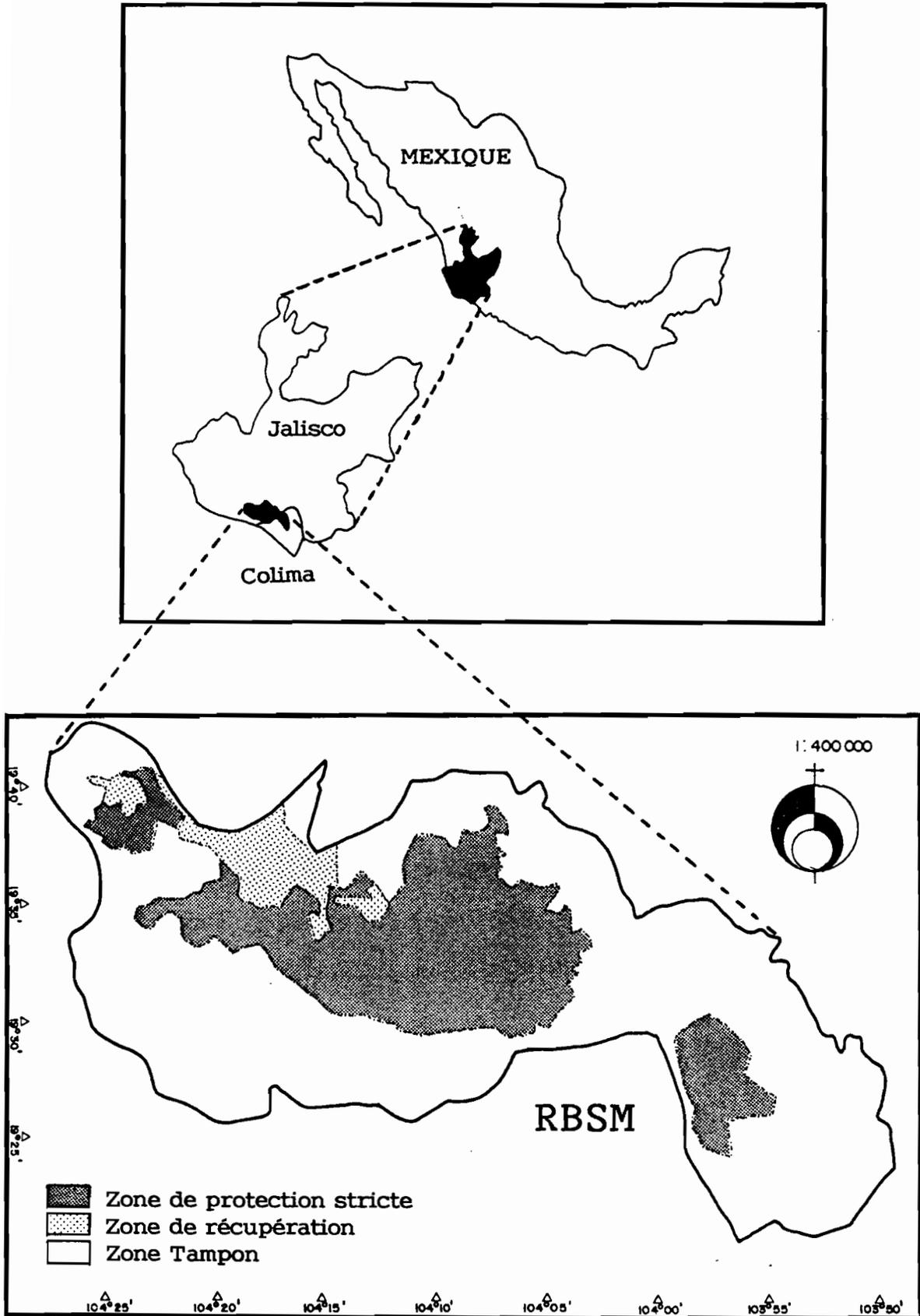


Figure No 2-1 . Localisation et zonage de la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán selon le décret fédéral.

intimement lié à l'activité humaine, à l'évolution des sociétés et en particulier au développement (JARDEL 1992). La persistance de l'antagonisme entre conservation et développement prouverait que l'homme est un "gestionnaire inefficace et incompetent de cette planète" (PRANDECKA 1988).

Pour répondre à cet objectif, un réseau international coordonné de réserves de la biosphère s'est mis en place. Ces zones protégées, censées abriter des échantillons représentatifs des écosystèmes terrestres, ont des fonctions de conservation, recherche, éducation et formation (UNESCO 1984).

Les premières réserves ont été reconnues en 1976. En 1986, on comptait 261 réserves dans 70 pays (BATISSE 1986), dont environ le quart concentrées en Europe. En France sont reconnus comme telles le Parc National des Cévennes, le Parc Régional de Camargue et le Parc Naturel Régional de la Corse.

La structure générale d'une réserve de la biosphère inclut (BATISSE 1986, voir *figure 2-1*, exemple de la RBSM) :

- une ou plusieurs aires centrales ou zones de protection stricte sur le thème "conservation d'aires naturelles et du matériel génétique qu'elles contiennent". L'intervention humaine y est interdite sauf sur un petit territoire pour l'inventaire et la recherche scientifique.
- une zone tampon qui englobe les aires centrales. Ce territoire permet en particulier de réduire les pressions sur l'aire de protection stricte. C'est une zone où les activités humaines sont autorisées (activités productives, recherche, tourisme et loisir) et où sont mis en oeuvre, en accord et avec la participation des populations locales, les projets de recherche et de développement visant à étudier la relation de l'homme avec son environnement et à mettre au point des systèmes d'exploitation des ressources naturelles compatibles avec un certain équilibre à long terme. Cette région peut également permettre la conservation additionnelle d'espèces, de variétés et d'écosystèmes.
- A l'extérieur de la réserve on considère une aire de transition, non délimitée géographiquement et définie comme le "territoire qui entoure la réserve et qui est en relation avec celle-ci au travers de processus écologiques, comme le flux d'énergie ou de matière, et économique comme l'utilisation des ressources naturelles" (JARDEL 1992).

Au Mexique, la première réserve de la biosphère a été créée en 1974 (HALFFTER 1987). Actuellement, 6 réserves sont reconnues par l'UNESCO : Manantlán, Mapimi, Michilla, Montes azules, El cielo et Sian Ka'an. Si la conservation est souvent peu effective pour un grand nombre de zones protégées (HALFFTER 1987 ; JARDEL *et al.* 1992), au Mexique, la présence d'un institut de recherche dans les réserves de la biosphère permettant de combiner la protection des ressources génétiques, la recherche et la formation ("modalité mexicaine" HALFFTER 1984, 1987) s'est avérée être jusqu'à présent le garant d'une protection plus effective.

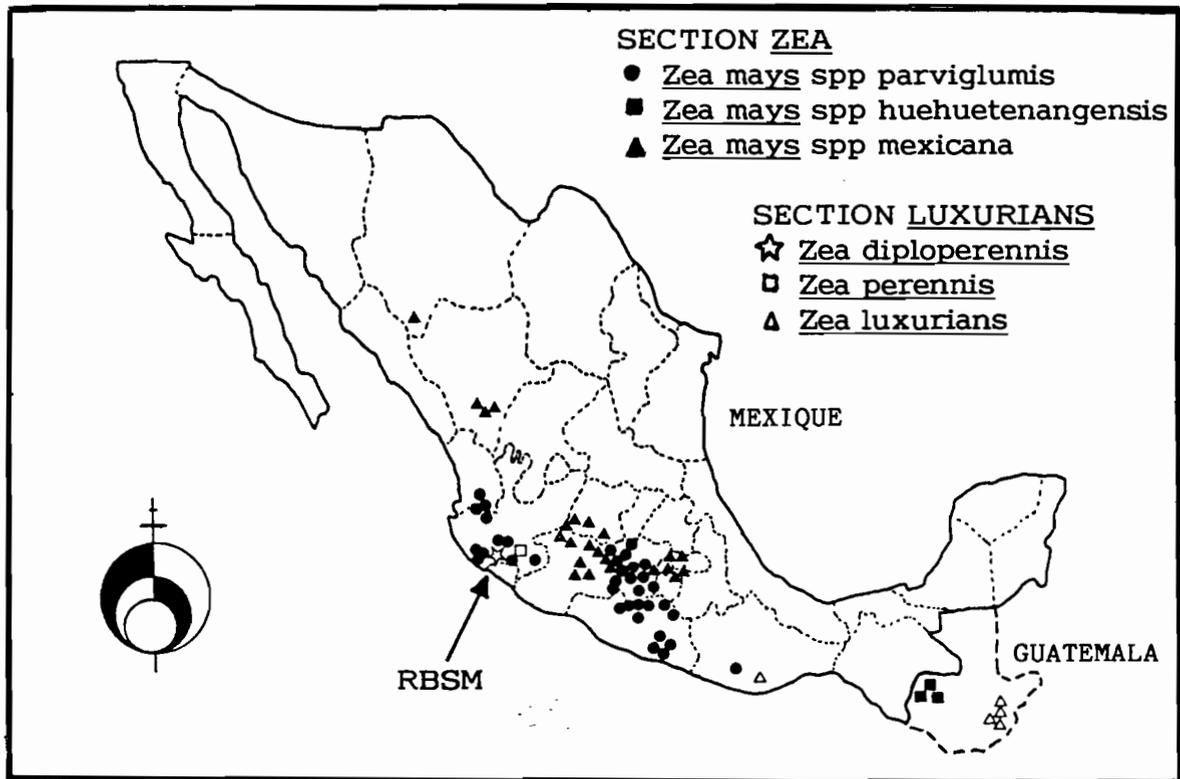


Figure No 2-2 . Distribution des espèces sauvages du genre *Zea* au Mexique et au Guatemala (JARDEL 1992). Localisation de la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán (RBSM).

## 1.2 - LE GENRE ZEA DANS LA RESERVE DE LA BIOSPHERE SIERRA DE MANANTLAN

### 1.2.1 - Le genre *Zea*

Le maïs cultivé est une espèce allogame, à  $2n=20$  chromosomes (ou  $x=5$  selon une nouvelle théorie, MOLINA et NARANJO 1990), qui fait partie du genre *Zea* (famille *Gramineae*, sous-famille *Panicoid*, tribu *Andropogoneae*) qui inclut d'autre part les téosintes, parents sauvages annuels ou pérennes du maïs. Ce genre est caractérisé par des fleurs mâles et femelles regroupées sur des inflorescences distinctes (épis dioïques) contrairement au genre *Tripsacum*, apparenté au genre *Zea*.

Les données morphologiques, enzymatiques, cytoplasmiques et celles ayant trait aux protéines du grain, ont permis de séparer ce genre en deux sections (ILTIS et DOEBLEY 1980 ; DOEBLEY 1983) (localisation au Mexique et au Guatemala, *figure 2-2*) :

#### - Section *Zea*, 4 espèces :

\* *Zea mays* spp *mays* ( $2n=20$ ) : maïs cultivé

\* *Zea mays* spp *mexicana* ( $2n=20$ ) : téosinte annuelle du centre et du nord du Mexique (téosintes races Nobogame, Plateau Central et Chalco)

\* *Zea mays* spp *parviglumis* var *parviglumis* ( $2n=20$ ) : téosinte rencontrée au sud-ouest du Mexique (race Balsa). Cette plante herbacée annuelle, indistinguishable génétiquement du maïs, est considérée par certains auteurs comme étant le plus proche parent du maïs cultivé et sans doute son ancêtre (DOEBLEY *et al.* 1984).

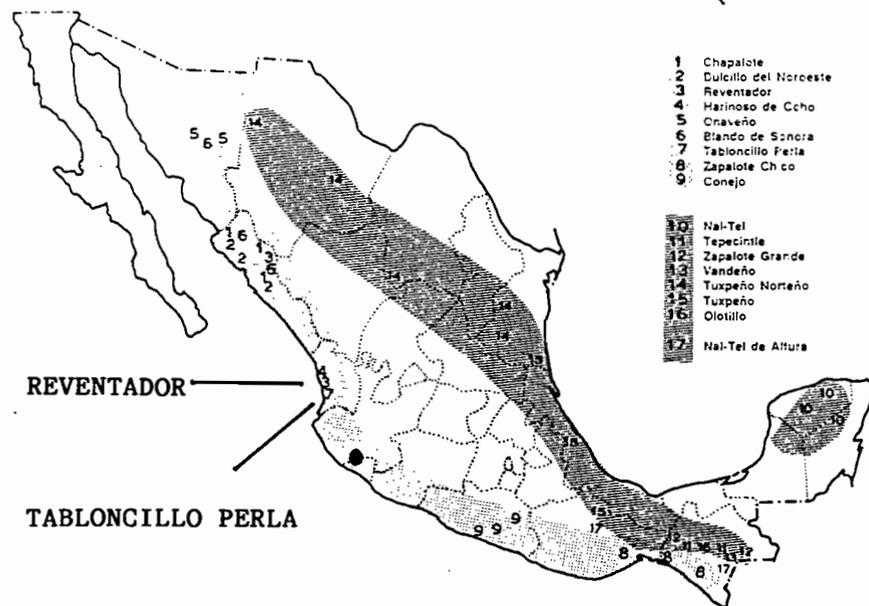
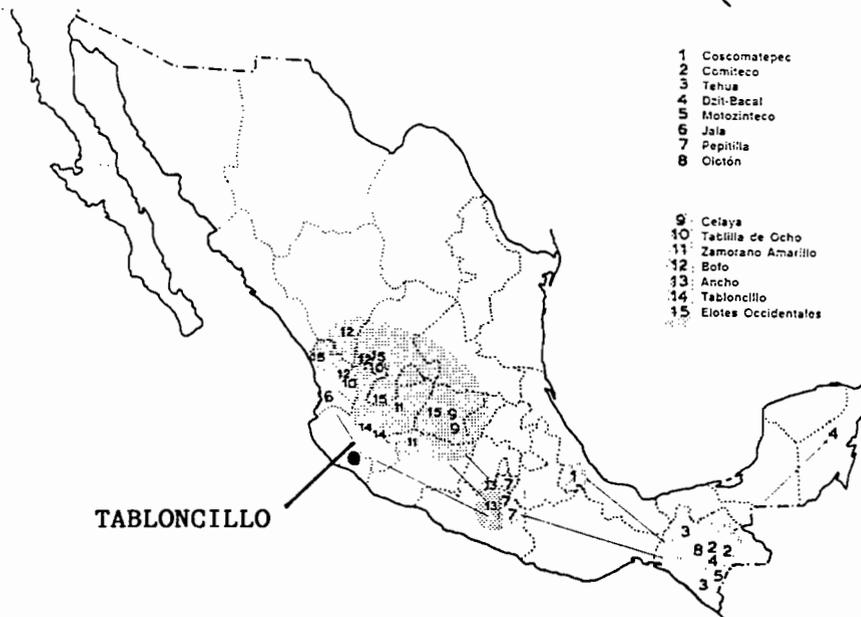
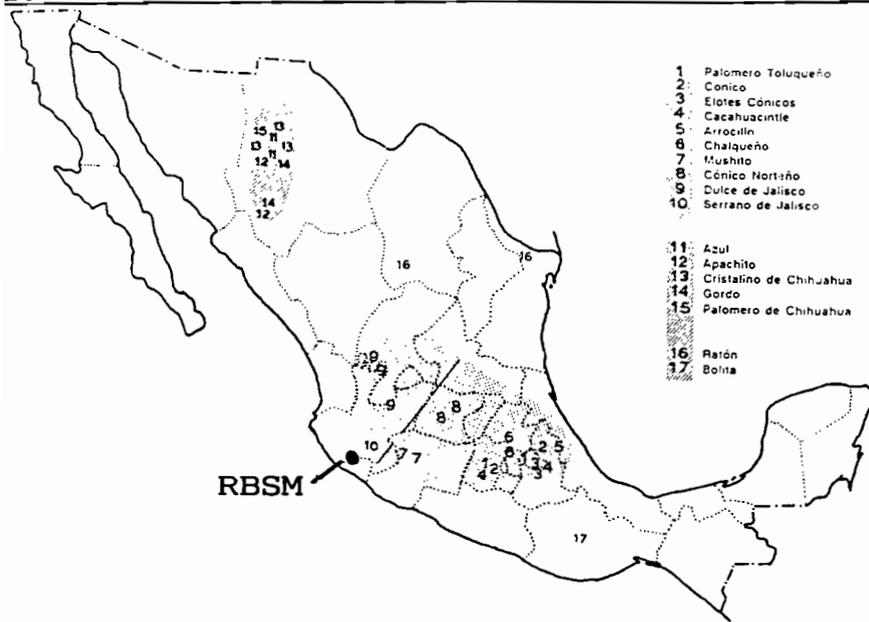
\* *Zea mays* spp *parviglumis* var *huehuetenangensis* ( $2n=20$ ) : téosinte annuelle de l'ouest du Guatemala (race huehuetenango)

#### - Section *Luxurians*, 3 espèces considérées comme les téosintes les plus primitives (AULICINO et MAGOJA 1986) :

\* *Zea luxurians* ( $2n=20$ ) : téosinte annuelle rencontrée au sud-est du Guatemala et au Honduras

\* *Zea perennis* ( $2n=40$ ) : téosinte pérenne tétraploïde dont les dernières populations naturelles connues se trouvent sur les flancs du volcan de Colima dans l'état du Jalisco, au sud-ouest du Mexique

\* *Zea diploperennis* ( $2n=20$ ) : téosinte pérenne diploïde, endémique à la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán dans l'état du Jalisco, et résistante à 4 des 7 plus importantes maladies virales du maïs (NAULT et FINDLEY 1982).



**Figures No 2-3 . Distribution des races de maïs au Mexique. Localisation de la RBSM et des races de maïs les plus importantes de la réserve. Groupes définis en fonction des interactions génotype x milieu d'après SANCHEZ et GOODMAN 1992.**

### 1.2.2 - Découverte de *Zea diploperennis* et création de la RBSM

En cherchant *Zea perennis*, reporté pour la dernière fois au début du siècle, Rafael Guzmán Mejía découvrait en 1977 *Zea diploperennis* Iltis, Doebley et Guzmán, un parent sauvage du maïs cultivé (*Zea mays* spp *mays*) dans le lieu dit La Ventana dans l'état de Jalisco sur la côte ouest du Mexique (figure 2-2) (ILTIS *et al.* 1979 ; GUZMAN 1985 ; SANTANA *et al.* 1989). Cette plante, appelée localement *chapule* ou *milpilla*, a été considérée comme "la découverte botanique du siècle", et a suscité beaucoup d'intérêt pour l'amélioration du maïs : pérennité, tolérance à l'engorgement, résistance aux maladies et aux insectes et prolificité (NAULT et FINDLEY 1982 ; GALINAT et PASUPULETI 1982 ; MYERS 1981).

En 1985, une zone de 140 000 ha englobant le massif montagneux qui héberge *Zea diploperennis* obtint le statut de zone protégée pour la conservation de cette plante. En 1988, elle fut rattachée au Réseau International des Réserves de la Biosphère du programme MAB de l'UNESCO et devint officiellement la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán (RBSM). La RBSM est gérée depuis 1987 par le Laboratorio Natural Las Joyas (LNLJ), centre interdisciplinaire de recherche et de développement en écologie et gestion des ressources naturelles de l'Université de Guadalajara, qui cherche "à concrétiser la conservation d'une région naturelle aux caractéristiques exceptionnelles et utilise la connaissance scientifique pour rechercher des alternatives dans l'utilisation des ressources naturelles" et s'intéresse à "un type de développement basé sur une logique différente, dans un monde où il soit possible de maintenir une diversité de formes de vie" (LNLJ 1989 ; SANTANA *et al.* 1989; JARDEL 1992, sous presse ; JARDEL *et al.* 1992).

La Réserve est ainsi caractérisée par une grande diversité en espèces du genre *Zea* :

\* 2 espèces de téosintes :

+ *Zea diploperennis* : occupe 370 ha dans 4 communautés rurales : San Miguel, Las Joyas, Manantlán et Rincón de Manantlán situées entre 1350 et 2440 m (BENZ *et al.* 1990). Elle se présente en colonies denses, mélangées à une végétation basse, dans ou à la lisière de champs cultivés, de zones pâturées ou de zones déboisées (JARDEL 1992)

+ *Zea mays* spp *parviglumis* : se développe sur le massif calcaire à l'est de la réserve (Cerro Grande) en bordure de champs de maïs.

\* Plusieurs races de maïs dont 2 des races les plus primitives Tabloncillo et Reventador (déterminé en particulier par les caractéristiques de la cupule, des glumes et du rachis) (WELLHAUSEN *et al.* 1952 ; BENZ 1987, 1988, nd). Ces races, typiques du nord-ouest du Mexique, sont similaires aux races de maïs indien du sud-ouest des Etats Unis (ANDERSON cité par GOODMAN et BROWN 1988).

\* D'autre part, en zone de transition sur les contreforts du volcan de Colima, *Zea perennis* couvre de petites surfaces en bordure des champs de maïs. Sur le territoire de la réserve se

développent également 5 espèces de *Tripsacum*, genre apparenté au maïs.

Différentes théories ont été émises en ce qui concerne l'origine du maïs et deux d'entre elles en particulier s'affrontent encore actuellement :

- L'hypothèse tripartite : Le maïs et la téosinte proviendraient d'un ancêtre commun aujourd'hui disparu (MANGELSDORF 1983),

- L'hypothèse téosinte : Le maïs provient de la domestication d'une téosinte (BEADLE 1980 ; ILLIS 1983 ; GALINAT 1985). Cette hypothèse est actuellement considérée comme étant la plus probable.

Si le maïs est actuellement cultivé sur l'ensemble des continents, les téosintes sont concentrées au Guatemala, au Honduras et surtout dans les états de Nayarit, Jalisco, Colima et Michoacán à l'ouest du Mexique (*figure 2-2*). Selon l'hypothèse téosinte, la côte ouest du Mexique où l'on trouve la plus grande diversité en espèces de téosintes ainsi qu'un grand nombre de races de maïs (*figures 2-2 et 2-3*) serait la zone d'origine du maïs et un foyer de diversification raciale (BENZ 1988, nd). La RBSM, située sur cette côte, aurait donc un rôle important à jouer pour la conservation des ressources génétiques du genre *Zea*.

### **1.2.3 - Cohabitation maïs cultivé - téosinte dans la RBSM et conservation *in situ* des espèces du genre *Zea***

Les projets de conservation *in situ* des téosintes et des variétés locales de maïs sont inscrits dans le plan de travail à long terme de la réserve (*Plan de Manejo*, JARDEL 1992). Toutefois, sauf en ce qui concerne *Zea diploperennis*, aucune action concrète n'est actuellement mise en oeuvre pour protéger ou faire le suivi des populations existantes.

Les cultivars locaux sont considérés comme étant des "ressources génétiques importantes et une partie significative du patrimoine biologique de la réserve" (JARDEL 1992). L'intérêt pour leur conservation *in situ* provient de la diversité et du caractère primitif des races de maïs présentes (spécialement *Tabloncillo* et *Reventador*) et des relations privilégiées de ces variétés avec les téosintes.

En effet, comme dans d'autres régions du Mexique et du Guatemala où des systèmes agricoles favorisent l'hybridation entre le maïs et une téosinte sympatrique (WILKES 1972, 1977a), les variétés de maïs et les téosintes cohabitent dans toute la zone de la RBSM, les parents sauvages se développant en bordure ou dans les champs cultivés. **Si des introgressions ont lieu, elles affectent tant les variétés cultivées dans les communautés où ces espèces cohabitent que les variétés d'autres communautés par l'intermédiaire des échanges de semences entre agriculteurs.**

L'exemple le plus frappant de cohabitation entre des variétés de maïs et une téosinte est celui de *Zea diploperennis* étudié par BENZ *et al.* (1990) :

La communauté de San Miguel héberge la plus grande population de cette téosinte de la réserve (320 ha). Elle fait partie d'une zone anciennement appelée *Silosuchitlán* qui signifierait "lieu du maïs tendre en fleur", qui peut être une référence à cette plante (JARDEL 1992). La forte production de matière sèche par hectare de *Zea diploperennis* permet le pâturage, pendant la saison sèche, de plusieurs troupeaux de bovins provenant de communautés rurales situées à plus basse altitude, comme Cuzalapa. En fin de saison sèche, sur les parcelles à semer en maïs au cours de la saison des pluies, les talles secs de cette téosinte sont brûlés. Une partie des repousses est coupée lors du désherbage du maïs à la *machette*. Quelques plantes se développent et donnent lieu à des croisements avec le maïs. Les hybrides qui se forment sont repérés à la récolte et ressemés au cours du cycle suivant sur une petite partie de la parcelle. La première génération de croisements donne des épis à 2 rangs (alors que *Zea diploperennis* possède un épi à un rang de grains), le second rétrocroisement sur maïs, des épis à 4 rangs et la troisième génération, des épis normaux de maïs dont les graines sont intégrées aux semences de la variété locale au cycle suivant. D'après les agriculteurs, ces hybridations confèrent aux variétés locales une meilleure productivité, la résistance au *chahuistle* (dénomination traditionnelle des maladies virales ou bactériennes) et une meilleure résistance des grains aux insectes permettant leur stockage pendant plusieurs mois (BENZ *et al.* 1990).

Ainsi, bien que le mandat de la RBSM ait actuellement largement dépassé le seul objectif de conserver une espèce *in situ* (BENZ 1988 ; HOYT 1992 ; GUZMAN et ILTIS 1991), *Zea diploperennis* demeure une espèce d'intérêt prioritaire pour la réserve (JARDEL sous presse, 1992). **Après avoir permis de démontrer combien des régions non étudiées peuvent encore héberger des plantes d'une grande utilité pour l'homme (HALFFTER 1987 ; SANTANA *et al.* 1989 ; JARDEL 1992), *Zea diploperennis* est devenu l'exemple d'une plante dont la conservation dépend étroitement des activités humaines (BENZ *et al.* 1990 ; GUZMAN et ILTIS 1991),** comme d'autres plantes telles que les mils sauvages (SANDMEIER *et al.* 1986) ou *Narcissus triandus* spp *cropex* (MALENGRAU, intervention *in* Conseil de l'Europe 1991). Son développement est intimement lié aux milieux perturbés par l'agriculture, le feu ou le pâturage par les animaux. Alors que les populations de l'aire centrale de la RBSM (Estación Científica Las Joyas), protégées de toute activité humaine, semblent affectées par les recrues forestiers (JARDEL, communication personnelle), dans la communauté de San Miguel, le semis régulier des parcelles après brûlis et la valeur marchande de cette plante comme pâturage permettent de penser que sa survie est assurée, du moins à moyen terme (BENZ *et al.* 1990). Ces éléments remettent donc en question la gestion de type "conservation stricte" des populations de cette plante et montrent combien **la conservation de *Zea diploperennis* tient à son utilisation dans le cadre d'un système agricole traditionnel.** Dans un système agricole intensif, cette "mauvaise herbe" aurait peut-être déjà disparu (JARDEL sous presse).

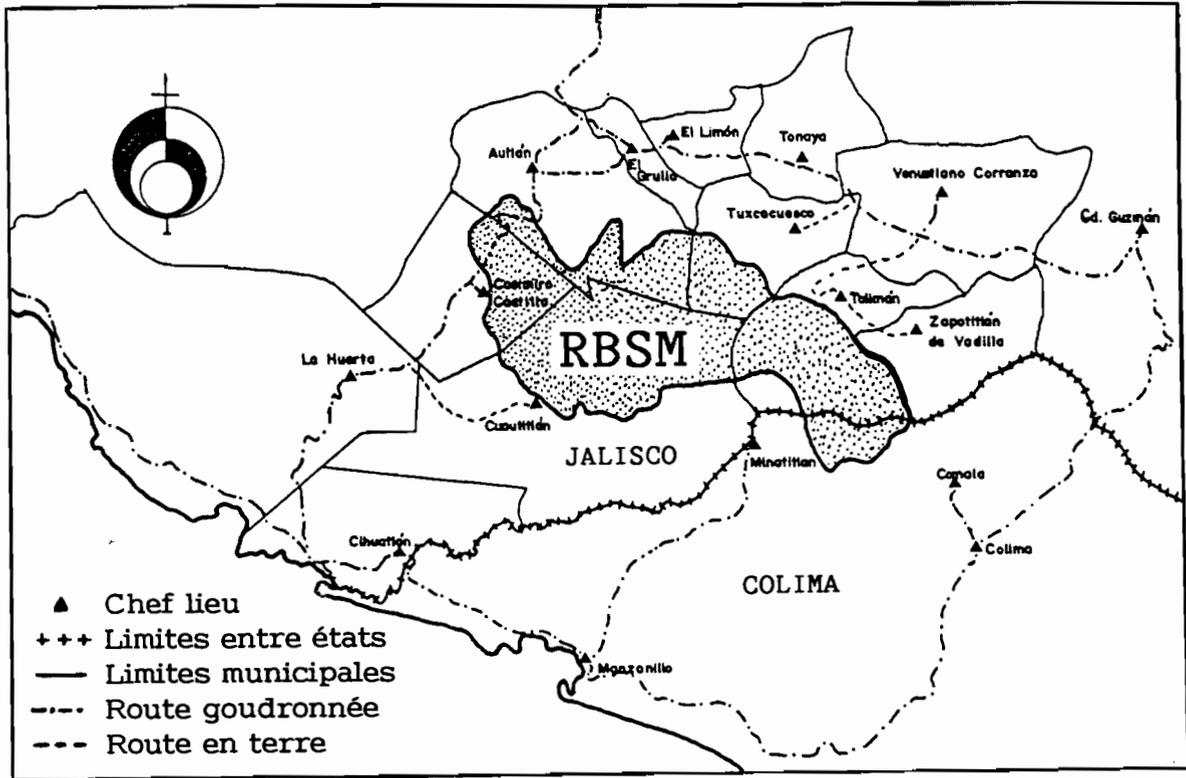


Figure No 2-4 . La Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán et sa zone d'influence.

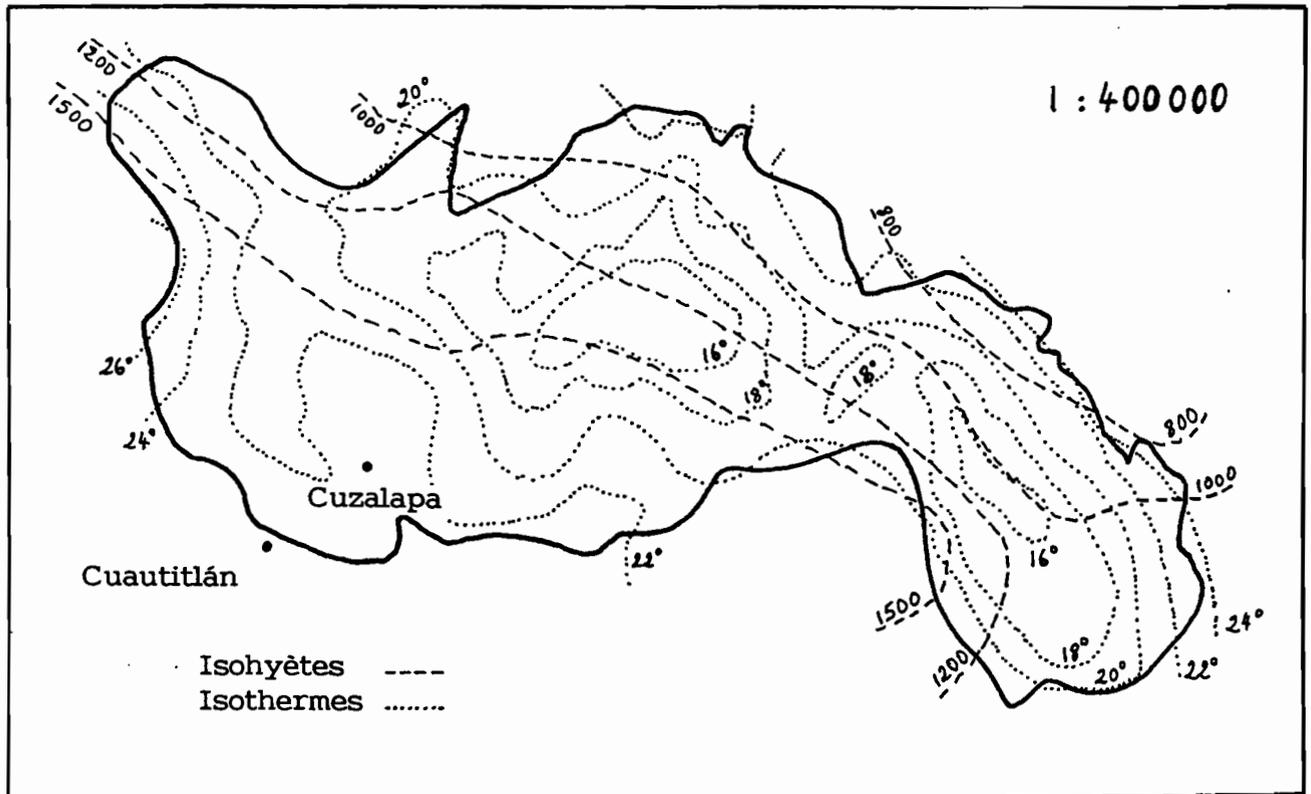


Figure No 2-5 . Température et pluviométrie moyennes annuelles dans la Réserve.

## **II - LE BASSIN VERSANT DE CUZALAPA ET LA CULTURE DU MAIS**

### **II.1 - CONTEXTE GENERAL**

Les informations et cartes présentées proviennent, sauf spécification contraire, de documents publiés par le LNLJ : GUZMAN 1985, LNLJ 1989, SANTANA *et al.* 1989, MARTINEZ *et al.* 1991, JARDEL 1992, JARDEL *et al.* 1992, MARTINEZ et SANDOVAL 1993.

#### **II.1.1 - La Réserve**

La RBSM se situe sur la côte pacifique du Mexique (*figure 2-2*), à cheval sur les états de Jalisco et Colima (*figure 2-4*). Elle couvre 140 000 ha de terrain montagneux dont l'altitude varie de 400 à 2950 m. Le massif centre occidental (Sierra de Manantlán) est d'origine volcanique (extrémité de l'axe néovolcanique) et le massif oriental (Cerro Grande) d'origine sédimentaire (extrémité de la Sierra Madre del Sur).

Au nord-est domine un climat chaud subhumide, un climat semisec très chaud à l'ouest et tempéré subhumide en altitude (*figure 2-5*). La température moyenne annuelle varie de 12°C à 27°C, et les précipitations de 900 à 1800 mm concentrées pendant la saison des pluies de juin à octobre. La position de la réserve à la frontière entre deux régions bioclimatiques explique sa grande diversité en faune et en flore : plus de 2000 espèces de plantes, 1/4 des espèces de mammifères et 1/3 des espèces d'oiseaux présentes au Mexique et 8 types de forêts.

Au moment de la conquête espagnole au XVI siècle la réserve et son aire de transition étaient relativement bien peuplées, plusieurs communautés humaines comme Cuzalapa ayant, à cette époque, une population plus importante que lors du recensement de 1980 (Cuzalapa avait 1548 habitants en 1545 contre 674 en 1980) (LAITNER et BENZ cités par JARDEL 1992). Environ 9 000 personnes habitent actuellement sur la RBSM et on estime que plus de 400 000 personnes dépendent de l'eau potable et de l'eau d'irrigation fournies par les trois bassins versants de la réserve (comme l'indique son nom *nahuatl Amanalli* qui signifie source).

60% de la superficie de la RBSM est actuellement en structure "ejidale" (structure foncière issue de la réforme agraire) ou indigène, 39% en propriété privée et les 1245 ha de la zone de protection stricte appelée Estación Científica Las Joyas (ECLJ) sont propriété de l'état.

En 1987, la création de la réserve a mis fin à une intense activité forestière minière, dominée pendant 30 à 40 ans par des entreprises étrangères à la zone qui obtenaient du *comisario ejidal* le droit de coupe sur les terrains communaux sans rétribution aux autres *ejidatarios*. Les activités humaines sont actuellement essentiellement liées à l'agriculture destinée à l'autoconsommation avec vente ou échange des surplus. Les conditions économiques provoquent une forte migration aux USA et amènent certains agriculteurs à se consacrer à la culture de stupéfiants (marijuana et pavot).

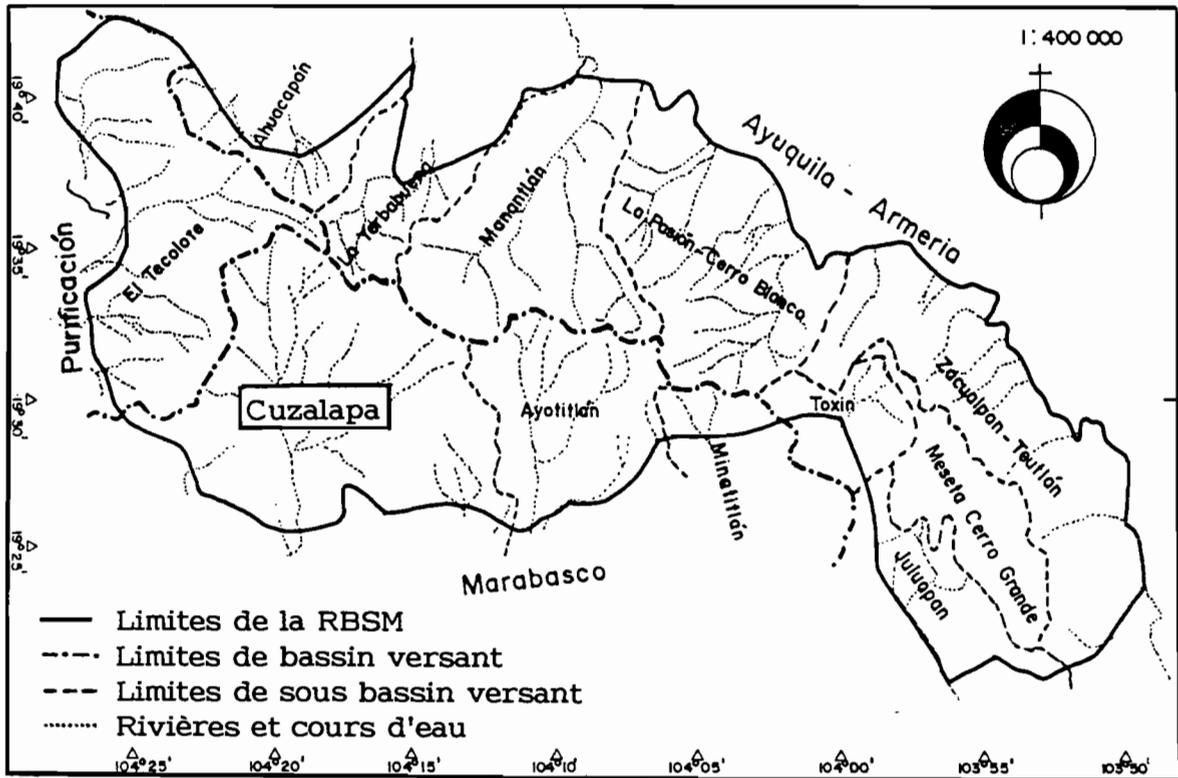


Figure No 2-6 . Bassins versants de la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán.

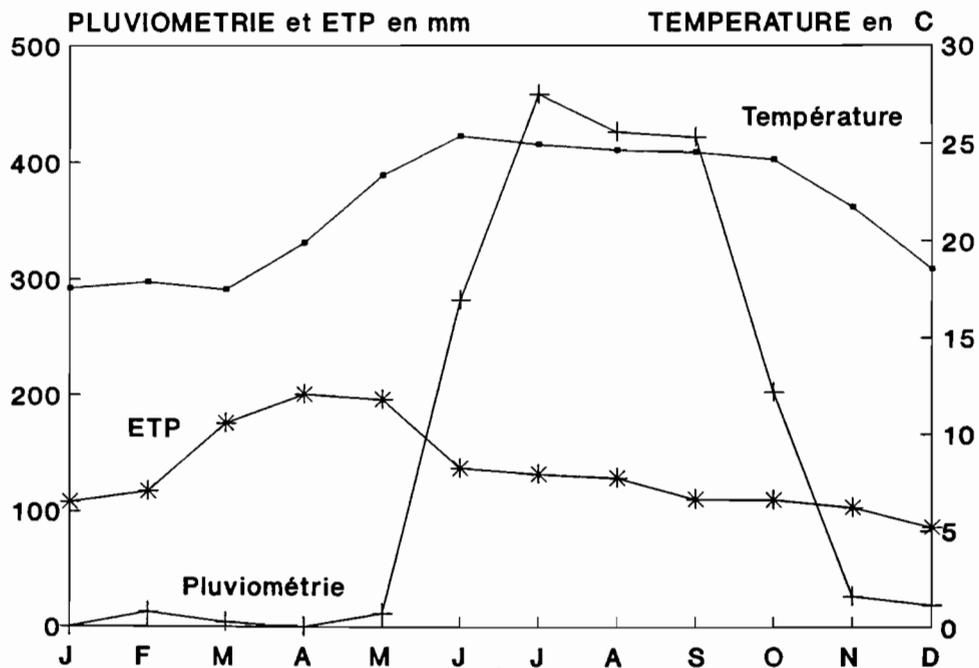


Figure No 2-7 . Données climatiques de la station de Cuautitlán (figure No 2-5), moyennes des années 1989 et 1990.

### II.1.2 - Le bassin versant de Cuzalapa

Notre étude a concerné la région de Cuzalapa (mot *nahuatl Cosalapan* qui voudrait dire fleuve enchanté), le plus grand bassin versant de la réserve (191 km<sup>2</sup>) (*figure 2-6*), la communauté rurale la plus importante (674 habitants) et celle où les conditions de vie sont les meilleures : transport régulier vers Casimiro Castillo, poste, épicerie d'état CONASUPO, infirmière et poste médical. Cette communauté est néanmoins enclavée et mal desservie par le réseau routier.

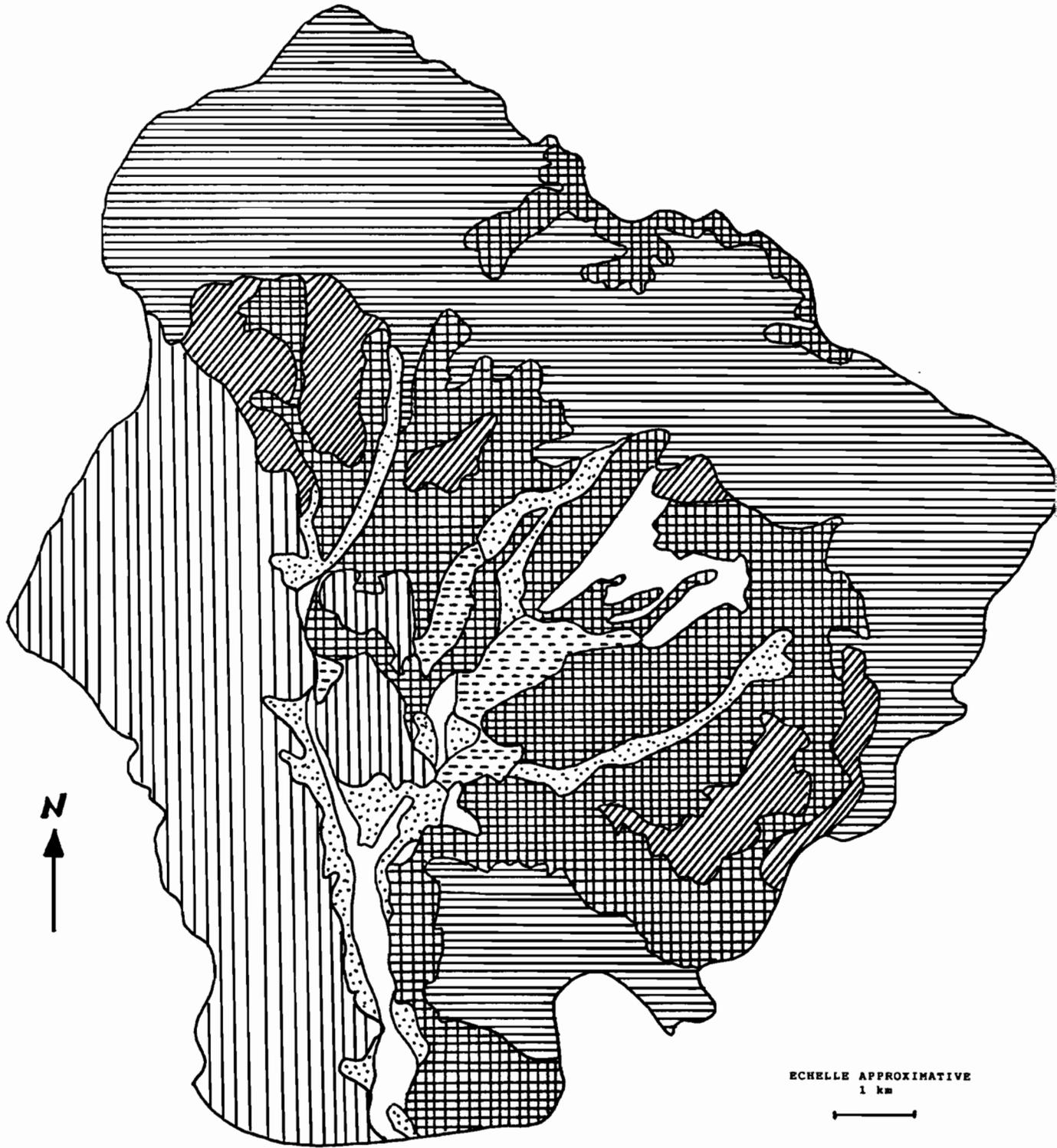
Située dans la zone tampon, sur le versant sud exposé à l'air maritime, cette région est caractérisée, dans sa zone agricole, par un climat chaud subhumide (climat Aw<sub>2</sub> (w) (i')) d'après la classification de Köppen modifiée par Garcia 1988) : température moyenne annuelle de 22°C qui varie peu au cours de l'année, précipitations annuelles de plus de 1700 mm concentrées pendant la saison humide de juin à octobre (*figures 2-5 et 2-7*).

Sa topographie est irrégulière : 40% en zone de vallée et 60% en zone montagneuse, le gradient d'altitude variant de 550 à 2660 m. La végétation est constituée de formations secondaires en zone agricole, de forêts de chênes caducifoliées sur le versant ouest du bassin versant, de forêts de chênes subperennifoliées sur les versants est et de quelques tâches de forêt mésophile d'altitude et de forêt tropicale subcaducifoliée. Ces formations forestières sont régulièrement mises en danger par des incendies en fin de saison sèche : feux accidentels dus à des brûlis mal contrôlés de parcelles à cultiver ou de pâturages, ou feux intentionnels visant à utiliser le sous-bois pour l'alimentation des troupeaux de bovins en saison sèche ou à préparer le sous-bois à la culture de stupéfiants.

Ce bassin concentre le territoire cultivable le plus important de la Réserve avec 2900 ha de zone agricole (en excluant les surfaces forestières utilisées comme parcours en saison sèche) dont 640 ha de terres irrigables, 430 ha non irrigables et 1930 ha de pâturages induits. Les cultures sont essentiellement concentrées autour des fleuves sur des sols d'origine fluviale (*figure 2-8*).

Comme dans d'autres communautés de la réserve les principales productions agricoles sont le maïs, le haricot et la courge, associés à la culture de jardins potagers, aux arbres fruitiers et au petit élevage. Ces productions sont essentiellement destinées à la consommation familiale avec vente ou échange des surplus. De plus les agriculteurs collectent de nombreuses plantes, fleurs, racines et fruits comme complément alimentaire ou pour la vente tels que *Brosimum alicastrum* comme substitut du café et une petite tomate verte (*Physalis philadelphicum*).

L'occupation très ancienne de cette région et l'origine ethnique de ses habitants confèrent à ce bassin versant le statut de Communauté Indigène. Néanmoins, plus aucun habitant ne parle le *nahuatl* et les terres ne sont plus utilisées en commun. Les *caciques* locaux, en accaparant des terres (y compris des bois communaux) ont conduit à une répartition inégalitaire des terres cultivées. Depuis plusieurs années on note une nette augmentation de l'élevage bovin extensif qui entraîne des conflits réguliers autour de l'utilisation des bois communaux et une modification des systèmes agricoles en fonction de cette activité, les résidus de culture rapportant plus que le maïs que produit la parcelle.



SOL	SURFACE et UTILISATION PRINCIPALE
 UDIFLUVENT TIPIC (sol alluvial)	717 ha culture irriguée
 HAPLUDOL FLUVENTIC (sol peu évolué)	714 ha culture irriguée et pluviale
 HAPLUMBREPT TIPIC (sol ferralitique)	4600 ha maïs et pâturages induits
 HAPLUMBREPT ENTIC (sol ferralitique)	484 ha pâturage naturel
 HAPLUMBREPT LITIC (sol ferralitique)	4326 ha
 UDORTENT TIPIC (Regosol)	1121 ha
 UDORTENT LITIC (Regosol)	7137 ha
	} forêt communale

Figure No 2-8 . Sols et utilisation du sol dans le bassin versant de Cuzalapa.

## II.2 - SYSTEMES DE CULTURE DU MAIS A CUZALAPA

Ces descriptions sont basées sur des observations, des entretiens et le suivi agronomique de 21 parcelles pendant la saison des pluies de 1989 et 19 parcelles pendant la saison sèche de 1990, chaque parcelle pouvant comporter plusieurs variétés. Les caractéristiques principales des parcelles suivies sont données dans les *tableaux A3-25 et A3-26 en annexe* et les données moyennes de production dans le *tableau 2-1*.

**La particularité de ce bassin versant est que l'on peut y produire deux cycles de culture par an** (irrigué en saison sèche entre décembre et mai et pluvial en saison des pluies entre juin et novembre).

Les parcelles peuvent être cultivées :

- par le propriétaire de la parcelle,
- par le propriétaire qui fournit les intrants et un *mediero* qui réalise tous les travaux agricoles en échange de la moitié de la récolte,
- ou selon un système faisant intervenir l'apport de travail ou d'intrants en échange du droit de pâturage des résidus.

La main d'oeuvre est essentiellement basée sur les membres de la famille, l'entraide ou le *mediero*. Seuls les grands propriétaires peuvent payer de la main-d'oeuvre.

### II.2.1 - *Temporal* : saison des pluies, cycle pluvial

Les pluies étant très abondantes, le risque de débordement des rivières interdit le semis des parcelles en bord de fleuve sur les sols alluviaux, réservés à la culture en saison sèche (voir *figure 2-8*). On observe deux systèmes principaux de culture en saison des pluies : la *yunta* (culture en terrain labourable, *yunta* voulant dire attelage) et le *coamil* (culture en défriche-brûlis, la *coa* ou *espeque* étant le nom du bâton fousseur utilisé pour le semis) sur les versants plus pentus. Le *coamil* est en général cultivé par des agriculteurs n'ayant pas d'autres terres ou pour permettre l'établissement d'un pâturage (semis de plantes fourragères dans le maïs).

Le semis a lieu entre la mi-juin et la mi-juillet. Le semis à *tapapie* dans les *yuntas* est manuel en poquets de 2 à 4 graines recouvertes avec le pied dans les sillons creusés en traction attelée et écartés de 70 à 80 cm. Le semis à *espeque* dans les *coamiles* se fait en poquets dont l'écart est d'environ d'1 m. Il n'est pas rare que des semences de courge (*Cucurbita* spp.) soient mélangées aux semences de maïs. On a pu observer au semis l'utilisation d'engrais (presque exclusivement azoté) et d'insecticide enrobant les semences ou répandu en pluie au fond des sillons dans près de la moitié des parcelles suivies. L'utilisation d'herbicide de contact ou de prélevée est rare. Le pourcentage de

	Levée maïs	Densité maïs	Densité culture associée	Productivité maïs	Rendement maïs
	%	10 <sup>3</sup> Plantes/ha	10 <sup>3</sup> Plantes/ha	Nombre Epis/Plante	kg/ha d'épis
<b>CYCLE IRRIGUE (19 parcelles)</b>	65% 47 - 73	34.1 20.0 - 52.3	Haricot 179 42 - 281	0.68 0.46 - 0.93	2120 1290 - 3950
<b>CYCLE PLUVIAL (30 parcelles)</b>	80% 66 - 93	45.0 32.5 - 66.8	Courge 1 0.3 - 1.7	0.65 0.27 - 0.91	2830 1180 - 4510

**Tableau No 2-1 . Données de production de la culture du maïs dans le bassin versant de Cuzalapa selon le cycle de culture. Données moyennes, maximum et minimum. Les caractéristiques de chaque parcelle sont données en annexe Tableaux A3-25 et A3-26.**

levée se situe aux alentours de 80% donnant une densité moyenne de 45 000 plantes/ha similaire à la norme recommandée par la recherche agronomique mexicaine (40 000 plantes par hectare). La densité moyenne en cours dans les parcelles dans lesquelles elle est présente est de l'ordre de 1000 plants par ha.

Un seul sarclo-buttage en traction attelée est réalisé entre 3 semaines et 1 mois après le semis. L'introduction de la traction à cheval a entraîné l'élimination du second passage que permettait auparavant la traction bovine (le joug plus haut par rapport au sol permettait un passage plus tardif dans le maïs). L'engrais est apporté en général en une seule fois juste avant ou juste après le sarclo-buttage avec du sulfate d'ammonium (20.5-0-0) sur sols sableux ou avec de l'urée (46-0-0) sur sols plus lourds. Quelques fois, on observe l'utilisation d'engrais composé (*cañero* 20-10-10, *triple* 17-17-17). Les doses utilisées ont varié de 0 à 139 U d'azote par ha dans notre échantillon (un agriculteur en a utilisé 226). L'apport d'engrais juste avant la floraison (stade *banderilla*) est exceptionnel.

Un certain nombre d'agriculteurs effectuent la *dobla* manuelle de leur maïs qui consiste à casser la talle de maïs juste au dessous de la base de l'épi au stade pâteux pour protéger l'épi des oiseaux et de l'eau de pluie et permettre un séchage plus rapide des épis. La récolte se fait entre novembre et décembre, manuellement grâce à un *piscalón* qui permet de récolter l'épi sans spathes. Le rendement moyen obtenu sur les parcelles suivies, toutes variétés confondues, a été de 2800 kg d'épis par hectare. Les résidus de récolte sont pâturés par les troupeaux de bovins pendant environ 3 mois.

### II.2.2 - *Riego* : saison sèche, cycle irrigué

Le semis en saison sèche est concentré sur les sols alluviaux en bord de fleuves (voir *figure 2-8*). Il s'agit de la saison de culture la plus importante, comportant moins de risques et permettant de récolter maïs, haricot (*Phaseolus vulgaris*, variété locale bayo berendo) et le *tomate de cascara* ou *tomatillo* (petite tomate verte, *Physalis philadelphicum*) sur la même parcelle.

Le nettoyage des parcelles se fait à la fin de la saison des pluies, en octobre ; les résidus sont coupés à la *machette*, rassemblés et brûlés. La confection de canaux permet d'amener l'eau par gravitation à chaque parcelle qui est inondée. Dans la majorité des cas deux passages d'outils à disques tirés par un tracteur sont réalisés avant le semis.

Le semis est manuel en poquet pour le maïs, en ligne pour le haricot dans des sillons ouverts en culture attelée. Les semences sont recouvertes soit à "tapapie" (par les pieds) soit par une branche tirée par un cheval à la fin du semis. Traditionnellement le maïs est semé en association avec le haricot selon deux types d'arrangement : *carrileado* 2/2 (2 rangs de maïs pur ou de maïs-haricot en alternance avec 2 rangs de haricot) et *medio a medio* 1/1 (1 rang de maïs pur ou de maïs-haricot en alternance avec 1 rang de haricot). Néanmoins, la recrudescence de maladies et ravageurs du haricot a pour conséquence une augmentation continue de la culture de maïs pur. Lorsque le maïs est associé au haricot la distance entre sillons est deux fois plus faible qu'en saison des pluies. La levée moyenne mesurée étant plus faible qu'en cycle pluvial (65%), les densités de maïs sont légèrement inférieures

(34 000 plantes/ha en moyenne sur notre échantillon). La densité moyenne de haricot est de 180 000 plantes par ha. On observe aussi peu d'utilisation d'engrais, herbicide ou insecticide au semis que pendant la saison des pluies.

La *borra* à 1 mois du semis se fait à la bêche pour désherber et lisser le terrain en vue de l'irrigation par gravitation. Cette irrigation se fait tous les 8 à 15 jours à partir de la *borra* selon le type de sol, à partir de canaux creusés en arête dans la parcelle. L'épandage d'engrais se fait juste avant ou juste après la première irrigation. Les doses utilisées ont varié dans notre échantillon de 0 à 129 unités d'azote par ha.

Dans la plupart des parcelles se développe spontanément une petite tomate verte appelée *tomate de cascara* (*Physalis philadelphicum*) récoltée au moment de la floraison du maïs, surtout par les femmes. Cette spéculation semble prendre une importance grandissante. Des commerçants viennent l'acheter sur place et son prix a beaucoup augmenté ces dernières années. Le haricot est récolté juste après et conservé essentiellement pour la consommation familiale. Le maïs est, quant à lui, récolté en décembre - janvier, les résidus de récolte étant vendus comme pâture. Le rendement moyen obtenu sur notre échantillon a été de 2100 kg d'épis par ha.

### II.2.3 - Facteurs limitants de la production

La saison des pluies est relativement risquée par rapport au cycle irrigué, des vents violents en août-septembre pouvant provoquer la verse complète des cultures en pleine floraison. Ce risque ainsi que l'empierrement des parcelles expliquent pourquoi les agriculteurs investissent peu dans la mécanisation du travail du sol pendant ce cycle de culture.

En saison des pluies, les cultures de maïs souffrent également d'une forte concurrence des mauvaises herbes. Le travail de sol en traction attelée, insuffisant, entraîne des densités irrégulières et ne permet pas un contrôle suffisant des mauvaises herbes jusqu'au contrôle mécanique, souvent tardif. Les variétés de maïs de cycle long à croissance plus rapide, plus tolérantes à l'envahissement par les mauvaises herbes sont préférées en saison des pluies. Les variétés de maïs à grains jaunes sont considérées également plus résistantes aux mauvaises conditions de culture.

L'eau n'est pas limitative en saison des pluies alors que certaines parcelles peuvent connaître des problèmes de disponibilité en eau en saison sèche selon le niveau des rivières, la date de semis liée à la disponibilité des tracteurs pour le dernier passage de disques, la longueur de cycle des variétés et les relations de pouvoir à l'intérieur de la communauté. C'est la raison pour laquelle ce cycle est essentiellement consacré à la culture des variétés de cycle plus court. D'autre part, les variétés de cycle long semblent être moins adaptées à cette saison plus froide.

Le maïs est peu affecté par des insectes ou des maladies. Seuls ont été relevés comme causant des dégâts significatifs le *guzano trozador* (ver gris, *Agrotis ipsilon* entre autres) sur les semis en saison sèche et l'helminthosporiose (association de *Helminthosporium maydis* et *Helminthosporium turcicum*) en saison des pluies sur la variété Enano, génération avancée d'une variété hybride. Les

foreurs de la talle, le *guzano cogollero* (noctuelle américaine du maïs, *Spodoptera frugiperda*), l'*achaparramiento* (maladie de rabougrissement du maïs, Corn Stunt Disease CSD) sont présents sur un faible pourcentage des plantes. Les attaques de coléoptères sur haricot ne permettent pas sa culture en saison des pluies. Depuis 5 ou 6 ans le haricot est également affecté, pendant la saison sèche, par le virus de la mosaïque (probablement la mosaïque commune) qui cause des pertes de récolte de plus de 50% et compromet la poursuite de cette culture dans la région à partir de semences fermières. Les animaux sauvages et domestiques provoquent également des dégâts au cours des deux cycles.

Les rendements faibles en maïs (supérieurs toutefois à la moyenne nationale qui est environ de 1500 kg/ha) obtenus au cours des deux cycles sont le résultat d'une faible productivité en épis par plante (environ 1/3 des plantes sans épis) due en particulier à la forte déficience en phosphore dans les sols (des essais mis en champ nous ont permis de le vérifier) et l'utilisation presque exclusive d'engrais azoté.

### **II.3 - VARIETES DE MAIS CULTIVEES A CUZALAPA**

Nous avons considéré comme étant une **VARIETE** ou un **CULTIVAR** de maïs, *l'ensemble des lots de semences auxquels les agriculteurs attribuent le même nom et reconnus par eux comme une même unité.*

Dans les variétés à grains jaunes nous avons limité la distinction à trois groupes : Amarillo (A), Amarillo Ancho (AA) et Amarillo de Tequesquitlán (AT) car les autres distinctions dont nous aurions pu tenir compte nous ont semblé confuses et parfois contradictoires (deux noms différents, apparemment synonymes, donnés au même lot de semences lors de deux entretiens consécutifs avec le même agriculteur).

Un **LOT DE SEMENCES** ou une **PROVENANCE** est par ailleurs défini comme étant *l'ensemble des graines d'une variété, sélectionnées par un producteur, et semées au cours d'un cycle de culture ainsi que leur descendance directe.*

Les groupes de plantes de la même variété semés par différents agriculteurs sont donc considérées comme des unités distinctes, même si la proximité et la coïncidence des périodes de floraison peut les amener à se croiser et donc ne pas être isolés d'un point de vue reproductif. Un lot de semences est une unité de gestion : *un lot de semences est sélectionné par un producteur.*

Une variété a par ailleurs été considérée **LOCALE** lorsque les agriculteurs ne se souviennent pas de la date d'introduction du premier lot de semences. Il s'agit donc de variétés dont les lots de semences sont *reconduits dans le bassin versant depuis au moins deux générations d'agriculteurs* ("mon père la cultivait déjà").

VARIETE	% des SURFACES	% des LOTS SEMENCE	% des AGRICULT.	COULEUR GRAINS	LONGUEUR DE CYCLE
<b>VARIETES LOCALES</b>					
	à grains blancs				
<b>Blanco</b>	51%	29%	59%	blanc	court
<b>Chianquiahuitl</b>	12%	11%	23%	blanc	long
<b>Tabloncillo</b>	5%	3%	6%	blanc	court
<b>Perla</b>	0.4%	0.6%	0.02%	blanc	court
	à grains de couleur				
<b>Amarillo Ancho</b>	8%	11%	23%	jaune	court
<b>Negro</b>	3%	16%	34%	noir	court
<b>VARIETES INTRODUITES</b>					
<b>Argentino</b>	5%	5%	10%	blanc	long
<b>Enano</b>	3%	6%	12%	blanc	long
<b>Amarillo</b>	3%	5%	11%	jaune	long
<b>Autres 17 variétés mineures</b>	Híbrido (mej) - Tuxpeño - Amarillo de Tequesquitlán - Híbrido - Enano Gigante - Guino Gordo - Guino Rosquero - Negro (ext) - Blanco de Tequesquitlán - Guino USA - HT47 - Cosmeño - Tampiqueño - Canelo - Ahumado - Negro Gordo - Tosqueño				
	<3% par variété	<2% par variété	<4% par variété	major. blanc	major. long

**Tableau No 2-2 .** Importance relative des différentes variétés en fonction des surfaces emblavées, du nombre de lots de semences et du nombre d'agriculteurs concernés (enquête sur 39 agriculteurs pendant 6 cycles de culture).

### II.3.1 - Variétés locales - variétés introduites

Une enquête menée sur un échantillon de 39 agriculteurs du bassin versant au long de six cycles de culture (3 cycles irrigués et 3 cycles pluviaux) a permis de recueillir des informations sur les variétés cultivées par les agriculteurs sur leurs parcelles et sur les parcelles louées ou cultivées en association avec d'autres producteurs. Un total de 487 lots de semences semés sur 442 ha a été répertorié. **L'enquête a révélé la présence de 26 variétés différentes.**

Le maïs est utilisé dans l'alimentation humaine (*tortilla*, galettes de maïs tenant lieu de pain ; *elote*, épi de maïs au stade pâteux ; *pozole*, soupe de maïs ; *pinol*, farine grillée sucrée ; *atole*, boisson...) et animale. **La grande majorité des variétés sont à grains farineux dentés**, à l'exception de la variété Guino Rosquero à grains pop et de la variété Perla à grains plus cornés. **Les variétés sont surtout à grains blancs**, destinées à la confection de *tortillas*. Les variétés à grains noirs sont surtout destinées à la consommation d'épis au stade pâteux, met très apprécié en période de floraison du maïs, alors que les variétés à grains jaunes sont surtout utilisées pour l'alimentation des porcs, des volailles et des chevaux très nombreux dans le bassin versant.

L'utilisation des variétés à grains blancs dans l'alimentation humaine explique leur importance tant en surface qu'en nombre d'agriculteurs qui les sèment (*tableau 2-2*). Par contre, de par leur utilisation, les variétés à grains de couleur sont utilisées par un fort pourcentage d'agriculteurs mais sur de petites surfaces. Pour les variétés à grains noirs, par exemple, le stade pâteux ne durant qu'une quinzaine de jours, les agriculteurs sèment juste la surface dont ils pourront consommer ou offrir la production, les épis supplémentaires étant gardés pour la semence.

Du point de vue de leur provenance les 26 variétés répertoriées se séparent en deux groupes (*tableau 2-2*) :

#### 6 VARIETES LOCALES (79% des surfaces)

Ce groupe est composé essentiellement de variétés précoces : Blanco, Tabloncillo, Perla, Amarillo Ancho et Negro, présentes depuis un temps indéterminé dans le bassin versant. La variété Chianquiahuitl est la seule variété de cycle long et est considérée locale car elle a été introduite il y a plus de 40 ans.

Peu nombreuses, ces variétés dominent néanmoins le paysage en couvrant 79% des surfaces cultivées. Elles sont :

+ à grains blancs: Blanco (B), Chianquiahuitl (C), Tabloncillo (T) et Perla (P).

Les variétés Blanco (cycle court) et Chianquiahuitl (cycle long) sont les principales variétés en ce qui concerne les surfaces cultivées et le pourcentage d'agriculteur qui les cultivent. Elles occupent 63% des surfaces en maïs. **Plus particulièrement, la culture de la variété Blanco de cycle court,**

	% DES CYCLES DE CULTURE QUI ONT ETE CULTIVES	SURFACE SEMEE PAR CYCLE ET PAR PRODUCTEUR en ha				NOMBRE DE VARIETES SEMEES PAR CYCLE ET PAR PRODUCTEUR			
		Max	Min	X	$\sigma$	Max	Min	X	$\sigma$
CYCLE IRRIGUE	91.4%	6.8	0.4	2.6	1.4	7	1	2.4	1.2
				A				a	
CYCLE PLUVIAL	76.1%	7.9	0.2	1.9	1.3	6	1	2.6	1.3
				B				a	
TOUS CYCLES	87.5%	7.9	0.2	2.3	1.4	7	1	2.5	1.3

AB Différence significative, Analyse de la variance au seuil de 1%  
a Différence non significative, Test Mann Witney (U=-1.22 p=11.2%)

Tableau No 2-3. Surface et nombre de variétés semées par cycle et par agriculteur en fonction du cycle de culture (maximum, minimum, moyenne et écart-type). Comparaison entre les cycles irrigués et les cycles pluviaux (enquête sur 39 agriculteurs pendant 6 cycles de culture).

VARIETE	NOMBRE DE LOTS DE SEMENCES		SURFACE	
	Cycle Irrigué %	Cycle Pluvial %	Cycle Irrigué %	Cycle Pluvial %
CYCLE COURT				
Blanco	65	35	81	19
Tabloncillo	57	43	71	29
Amarillo Ancho	59	41	66	34
Negro	57	43	61	39
CYCLE LONG				
Chianquiahuitl	41	59	28	72
Enano	41	59	31	69
Argentino	39	61	53	47
Amarillo	42	58	49	51
Variétés mineures	35	65	31	69

Tableau No 2-4. Répartition du nombre de lots de semences d'une variété et des surfaces ensemencées avec cette variété en fonction du cycle de culture.

adaptée aux deux cycles de culture, est généralisée (59% des agriculteurs, 29% des lots de semences et 51% des surfaces emblavées, tous cycles confondus).

+ à grains de couleur : Amarillo Ancho (AA) à grains jaunes et Negro (N) à grains noirs. Cultivées par un grand nombre de producteurs elles occupent néanmoins de faibles surfaces.

### 20 VARIETES INTRODUITES (21% des surfaces) :

A part deux variétés à grains jaunes (Amarillo A et Amarillo de Tequesquiltán AT) et deux variétés à grains noirs (Negro externo NX et Negro gordo NG) ces variétés sont essentiellement à grains blancs. Ce sont principalement des variétés de cycle long. Ces variétés sont aussi bien des variétés paysannes que des générations plus ou moins avancées de variétés améliorées produites par la recherche agronomique mexicaine.

De ces 20 variétés, trois cultivars plus anciens (Argentino (AR) et Enano (E) à grains blancs et Amarillo (A) à grains jaunes) occupent 11% des surfaces. Les 17 autres variétés sont cultivées par moins de 4% des agriculteurs sur moins de 3% des surfaces par variété. 7 de ces cultivars sont nouveaux pour la région sur la période de l'enquête.

L'ensemble des variétés locales sont dérivées de la race Tabloncillo. C'est donc la race de maïs la plus représentée dans le bassin versant. Elle est caractéristique de la côte ouest du Mexique et est considérée comme l'une des races les plus primitives de maïs. Cette race, distribuée surtout dans les états de Nayarit et Jalisco à l'ouest (*figure 2-3*), est définie par WELLHAUSEN *et al.* (1952) comme étant précoce, adaptée aux faibles altitudes (0-1500 m) ; elle présente un épi cylindrique, des grains dentés de texture farineuse, larges et répartis sur une moyenne de 9 rangs, un diamètre d'épi variant de 36 à 44 mm et de rafle variant entre 22 et 25 mm, une panicule peu dense et une hauteur de plante d'environ 2.5 m. Les autres variétés sont, d'après le Dr S.Taba (Banque de gènes du CIMMYT), des types intermédiaires entre diverses autres races.

### **II.3.2 - Répartition selon le cycle de culture**

En moyenne, les agriculteurs sèment 2,5 variétés par producteur et par cycle de culture (*tableau 2-3*). Ces variétés sont dans la majorité des cas semées côte à côte sur la même parcelle.

Les agriculteurs enquêtés sèment surtout en cycle irrigué, et en moyenne sur de plus grandes surfaces : 2.6 ha en saison sèche contre 1.9 ha en saison des pluies (*tableau 2-3*). Ces données reflètent la préférence déjà signalée des agriculteurs vis à vis du cycle irrigué, plus productif tant en quantité qu'en diversité de produits et moins aléatoire, même s'il demande plus de travail.

On observe des différences marquées entre variétés selon le cycle de culture en ce qui concerne le nombre d'agriculteurs qui les sèment (lots) et surtout la surface cultivée (*tableau 2-4*) :

- Les variétés Blanco, Amarillo Ancho, Tabloncillo et Negro sont surtout cultivées en saison sèche en raison de leur cycle court. Pour la variété Blanco, par exemple, 65% des lots ont été semés en saison sèche, et correspondent à 81% des surfaces en Blanco, tous cycles confondus. 77% des agriculteurs sèment cette variété en saison sèche contre 42% pendant le cycle pluvial.

- Les variétés de cycle long sont surtout cultivées en cycle pluvial. Seules les variétés Amarillo et Argentino ne semblent pas être attachées à un cycle particulier en ce qui concerne les surfaces semées. Par contre elles sont, comme les précédentes, cultivées par un plus grand nombre d'agriculteurs pendant la saison des pluies. Ces variétés peuvent avoir une excellente production en cycle irrigué si la disponibilité en eau n'est pas limitative en fin de cycle.

Les variétés mineures, essentiellement de cycle long sont cultivées de préférence en saison des pluies (5 d'entre elles l'ayant été exclusivement), indiquant que les agriculteurs essaient des variétés exogènes surtout en cycle pluvial non limitant en eau et en chalcure.

### **III - CONCLUSION**

La vocation de la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán pour la conservation des ressources génétiques, sa position dans la zone probable d'origine du maïs, la présence de nombreuses téosintes dans la région, la grande diversité, le caractère primitif et les relations des variétés locales avec les téosintes font donc de cette région du Mexique une zone intéressante et importante pour :

- la conservation *in situ* des variétés locales de maïs et des téosintes (HALFFTER 1987; BENZ 1988 ; BENZ et JARDEL 1990 ; JARDEL 1992),

- l'étude et la gestion des agro-écosystèmes permettant les échanges génétiques qui s'établissent entre ces espèces, impossibles par ailleurs à reproduire *ex situ*,

- et l'étude du processus de domestication.

Le bassin versant de Cuzalapa sur lequel se centre cette étude se présente comme une zone à bon potentiel agricole. La culture du maïs peut se faire en saison sèche comme en saison des pluies ce qui permet deux récoltes par an. La saison sèche est néanmoins celle qui comporte le moins de risques et la plus cultivée.

Cette région est riche en cultivars de maïs : 26 variétés distinctes de maïs ont été semées au cours des 6 cycles de culture concernés par ce travail. Cette richesse semble être un point commun entre les communautés traditionnelles au Mexique (HERNANDEZ et ZARATE 1991). Ces variétés couvrent une multiplicité d'usages : variétés à grains blancs pour la consommation de "tortillas", variété à grains jaunes pour l'alimentation des animaux et variétés à grains noirs pour la consommation d'épis au stade pâteux. Les variétés précoces sont surtout cultivées pendant la saison sèche et les variétés de cycle long pendant le cycle

pluvial bien qu'on observe très souvent le semis de variétés de longueur de cycle différent au cours du même cycle de culture. En effet, **les agriculteurs sèment plusieurs variétés par cycle dans la même parcelle en associant souvent des variétés morpho-phénologiquement différentes par nécessité d'y associer des variétés à usages distincts.**

**Sur les 26 variétés répertoriées, on ne compte que 6 variétés locales** (cultivées dans le bassin versant depuis plus de 40 ans). **Les variétés locales sont néanmoins les plus cultivées.** Les quatre principaux cultivars sont locaux et cultivés sur 75% des surfaces ; il s'agit des variétés à grains blancs Blanco et Chianquiahuitl, complémentaires en ce qui concerne leur longueur de cycle, de la variété à grains jaunes Amarillo Ancho et de la variété à grains noirs Negro. Les principales variétés cultivées répondent donc à la diversité des utilisations données au maïs dans la région et aux conditions pédo-climatiques différentes des deux cycles de culture. Les variétés locales sont toutefois essentiellement précoces (à l'exception de la variété Chianquiahuitl) probablement parce que la culture du maïs en saison des pluies est moins importante et plus récente, cette saison étant destinée à la culture du riz inondé il y a 20 ans. La disponibilité en eau en fin de cycle étant le principal facteur limitant du cycle irrigué qui, par ailleurs, concerne les plus grandes surfaces cultivées et le maïs à grains blancs étant à la base de l'alimentation humaine, la variété Blanco de cycle court prime sur toutes les autres variétés, même si son rendement est souvent inférieur.

Parallèlement à la culture des variétés locales du matériel génétique est introduit régulièrement, ce qui indique **une forte curiosité de la part des agriculteurs.** Les autres 20 variétés sont en effet exogènes. Elles ont été introduites depuis moins de 10 ans ou sont cultivées épisodiquement dans le bassin versant. Leur culture est restreinte à un petit nombre d'agriculteurs sur de faibles surfaces.

Aucune distinction n'est faite entre les variétés locales et exogènes en ce qui concerne leur mode de culture.



### Chapitre 3

## **CARACTERISTIQUES MORPHO-PHENOLOGIQUES DES VARIETES DE MAIS CULTIVEES DANS LE BASSIN VERSANT DE CUZALAPA**

Notre objectif général étant de comprendre comment et sur quels critères est gérée la diversité des cultivars de maïs par les agriculteurs de cette région, nous avons tout d'abord analysé comment s'organise cette diversité et comment elle est perçue par les paysans (QUIROS *et al.* 1990).

Nous avons cherché en particulier à déterminer :

- dans quelle mesure une variété (ensemble des lots de semences portant le même nom et reconnu par les agriculteurs comme formant une unité) constitue une entité parfaitement définie par des caractéristiques morpho-phénologiques ;
- les descripteurs qui permettent de distinguer les différents cultivars ;
- les caractères qu'utilisent les agriculteurs pour les identifier.

La diversité des cultivars a été étudiée en conditions expérimentales (*développé en I*) et en conditions paysannes (*développé en II.1*). En outre, des tests d'identification des variétés par les agriculteurs ont permis de préciser leurs conceptions sur les caractères importants des variétés locales (*développé en II.2*).

La gestion empirique pratiquée par les agriculteurs porte sur les caractéristiques morpho-phénologiques des cultivars, les données génétiques ne leur étant pas directement accessibles (PERNES et LOURD 1984). Ce sont donc les structures déterminées par ces traits observables qui nous intéressent et auxquelles nous nous sommes attaché pour décrire la diversité des cultivars de la zone de Cuzalapa. Le polymorphisme enzymatique n'a été partiellement abordé que pour quatre variétés locales décrivant un continuum phénotypique.

VARIETES NOM et CODE		ORIGINE	TYPE	COULEUR DE GRAINS	LONGUEUR DE CYCLE	LOTS DE SEMENCES	
						NOMBRE	CODE
<b>PRINCIPALES VARIETES</b>							
BLANCO	B	Locale	Paysan	Blanc	Court	6	B1 à B6
CHIANQUIAHUITL	C	Locale	Paysan	Blanc	Long	5	C1 à C5
AMARILLO ANCHO	AA	Locale	Paysan	Jaune	Court	4	AA1 à AA4
NEGRO	N	Locale	Paysan	Noir	Court	3	N1 à N3
TABLONCILLO	T	Locale	Paysan	Blanc	Court	2	T1 et T2
ARGENTINO	AR	Introd	?	Blanc	Long	3	AR1 à AR3
AMARILLO	A	Introd	Paysan	Jaune	Long	1	A
<b>AUTRES VARIETES</b>							
AMARILLO de Teq.	AT	Introd	Paysan	Jaune	Court	1	AT
NEGRO externo	NX	Introd	Paysan	Noir	Long	1	NX
PERLA	P	Locale	Paysan	Blanc	Court	1	P
GUINO	G	Introd	?	Blanc	Long	1	G
HIBRIDO	H	Introd	Hybr	Blanc	Long	1	H
ENANO	E	Introd	Hybr	Blanc	Long	1	E
ENANO GIGANTE	EG	Introd	?	Blanc	Long	1	EG
HYBRIDE Commerc.	HC	Introd	Hybr	Blanc	Long	1	HC
<b>VARIETE TMOIN</b>							
HYBRIDE TMOIN	HT	Introd	Hybr	Blanc	Long	1	HT

Tableau No 3-1 . Essai "Collection de variétés". Variétés observées, code, origine (variété locale ou introduite), type de variété (variété paysanne ou dérivé d'une variété hybride), couleur du grain, longueur de cycle, nombre de lots de semences et code attribué à chaque lot observé.

Données retranscrites sur l'intérieur de la couverture en début de document.

## **I - ETUDE DE LA DIVERSITE EN CONDITIONS EXPERIMENTALES**

### **I.1 - OBJECTIFS ET METHODES**

On se propose de décrire et de comparer les variétés dans des conditions homogènes selon une liste préétablie de descripteurs morpho-phénologiques, afin de déterminer :

- La *diversité intra-variétale*, tant à l'intérieur d'un lot de semences qu'entre lots de semences d'une même variété et ;

- La *diversité inter-variétale*.

Cette étude a concerné :

- la descendance de lots de semences fournis par des agriculteurs et ;

- la descendance d'épis autofécondés à partir de ces lots de semences.

#### **I.1.1 - Description phénotypique des cultivars**

Un essai, nommé par la suite "COLLECTION DE VARIETES", a été établi pendant le cycle irrigué de 1991 (décembre 1990 - mai 1991) dans une parcelle paysanne du bassin versant de Cuzalapa, pour permettre l'observation des variétés dans leur milieu d'origine.

##### ***I.1.1.1 - Matériel génétique et conduite de l'essai***

15 variétés dont la semence était disponible, sur les 26 variétés recensées dans le bassin versant, ont été observées (*tableau 3-1*) :

- Les 4 variétés les plus cultivées dans le bassin versant, toutes d'origine locale :

\* Blanco (B) et Chianquihuitl (C) à grains blancs ;

\* Amarillo Ancho (AA) à grains jaunes et Negro (N) à grains noirs.

- 3 variétés secondaires, locales ou introduites :

\* Tabloncillo (T) et Argentino (AR) à grains blancs ;

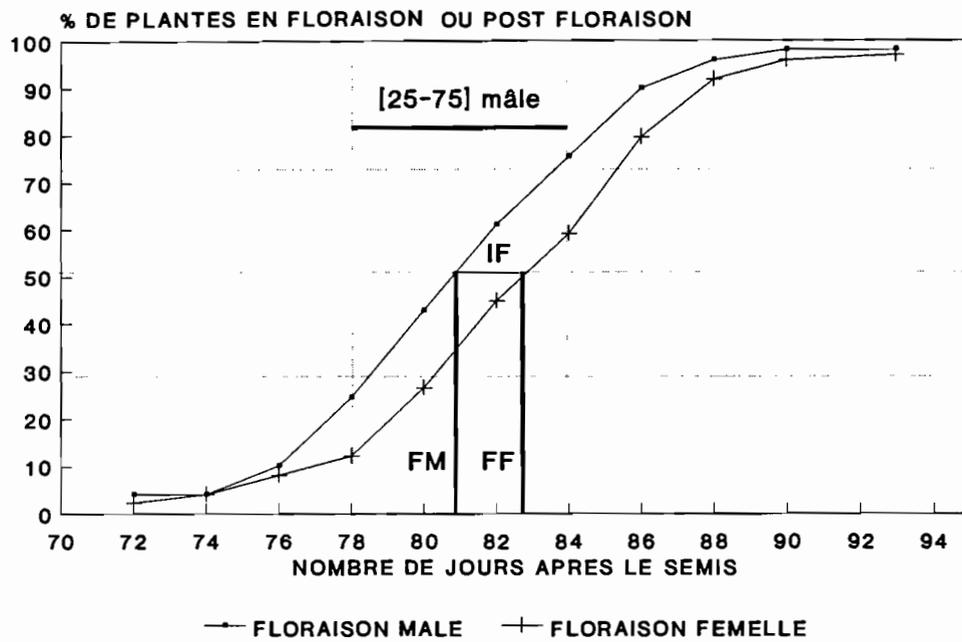
\* Amarillo (A) à grains jaunes.

- 8 variétés mineures, d'introduction récente ou dont la culture dans la région est épisodique :

\* Variétés d'origine paysanne :

+ Perla (P) et Guino (G) à grains blancs ;

+ Amarillo de Tequesquitlán (AT) à grains jaunes et Negro (externo) (NX) à grains noirs.



**Figure No 3-1. Détermination graphique des descripteurs de la floraison : FM, FF, IF et [25-75].**

\* Variétés d'origine améliorée :

+ Híbrido (H) et Enano Gigante (EG) sont des générations avancées de variétés améliorées à grains blancs,

+ Enano (E) est d'introduction plus récente et Hybride commercial (HC) est la seconde génération de l'hybride trois voies HT47, à grains blancs.

Pour étudier la variabilité intra-variétale (entre lots de semences d'une variété), plusieurs provenances ont été considérées pour chacun des 6 premiers cultivars (*tableau 3-1*). D'autre part, pour bien représenter la variabilité interne de chaque provenance, les semences ont été obtenues à partir de 100 épis choisis par l'agriculteur, à raison de 2 graines par épi. **Une parcelle élémentaire représente donc un lot de semences issu de la production d'un agriculteur.**

*Pour que les informations concernant les variétés observées puissent être retrouvées au cours de la lecture du texte, elles ont été retranscrites sur l'intérieur de la couverture en début du document.*

L'essai a été établi en culture pure de maïs, en 3 blocs complets. Chaque bloc est constitué de 36 parcelles élémentaires réparties au hasard, correspondant aux 32 lots de semences étudiés ainsi qu'à 4 parcelles d'une variété hybride trois voies fournie par la recherche agronomique mexicaine (INIFAP) et utilisée comme témoin (notée HT). Chaque parcelle élémentaire comptant 6 rangs de 5m de long séparés par un inter-rang d'environ 75 cm utilisé dans la région, l'essai a occupé environ 2500 m<sup>2</sup>. Les techniques de culture appliquées sont celles de la région, complétées par un épandage de 50 unités/ha de phosphore au semis et de 20 unités/ha d'azote à la fin de la montaison (itinéraire technique *en annexe, tableau A3-1*). Une levée moyenne de 65%, nous a permis d'obtenir une densité moyenne de 58 000 plantes par hectare, dans les normes régionales.

### ***1.1.1.2 - Mesures***

#### **a - Dynamique de floraison**

Sur deux répétitions, le nombre de plantes en floraison mâle ou en floraison femelle a été noté tous les 2 ou 3 jours pendant toute la période de floraison sur 65 plantes en moyenne par lot de semences, hors bordure. Ces comptages ont permis de déterminer graphiquement, pour chaque parcelle (*figure 3-1*):

- la floraison mâle (notée **FM**) et femelle (notée **FF**) : nombre de jours entre la date de semis et le jour où 50% des plantes ont émis leur pollen ou leurs soies. Les floraisons mâle et femelle étant très corrélées ( $r=0.99$ ), seule la floraison mâle a été considérée dans les comparaisons entre lots de semences ou variétés. FM est un très bon indicateur de la longueur du cycle, la floraison mâle se situant environ à la moitié du cycle d'une variété de maïs ;

## DESCRIPTEURS MORPHOLOGIQUES VEGETATIFS ET DE LA PANICULE

### TALLE ET FEUILLE

CTA	Couleur de la talle (v-vert, p-pourpre)
HPL	Hauteur de plante (1cm)* (du sol au dernier noeud)
HEP	Hauteur d'insertion de l'épi (1cm) (du sol au noeud de la feuille embrassant l'épi supérieur)
DIA	Diamètre de la talle (1mm) (au niveau du sol, selon le plus grand diamètre)
LOF	Longueur de la feuille embrassant l'épi supérieur (1cm) (de la ligule à la pointe de la feuille)
LAF	Largeur de la feuille embrassant l'épi supérieur (0.5cm) (à mi-longueur)
NBF	Nombre de feuilles au dessus de l'épi supérieur (en incluant celle qui embrasse l'épi supérieur)

### PANICULE (Inflorescence mâle)

PAN	Longueur de la panicule (1cm) (du dernier noeud à l'extrémité de l'axe central de la panicule)
PED	Longueur du pédoncule de la panicule (0.5cm) (du dernier noeud à la base de la première ramification primaire de la panicule)
RAM	Longueur de la partie ramifiée de la panicule (0.5cm) (de la base de la première à la base de la dernière ramification primaire)
RM	Nombre de ramifications de la panicule (primaires, secondaires et tertiaires)

Tableau No 3-2. Descripteurs végétatifs et de la panicule (\* précision de mesure).

*Données retranscrites sur l'intérieur de la couverture en fin de document*

- l'intervalle entre les floraisons mâle et femelle (noté IF,  $IF=FF-FM$ ). IF traduit la synchronisme des floraisons mâle et femelle ;

- la période principale de floraison mâle (notée [25-75]) : nombre de jours pour passer de 25% à 75% des plantes en anthèse. [25-75] est un indicateur du groupement des floraisons mâles.

### **b - Descripteurs morphologiques**

Les descripteurs ont été choisis parmi ceux proposés par l'IBPGR pour le maïs (IBPGR 1991). **Notre but étant de croiser l'étude de ces descripteurs avec les caractères utilisés par les agriculteurs pour identifier les variétés, seules ont été mesurées les caractéristiques facilement identifiables à l'oeil nu.** Elles se réfèrent aux descripteurs de la partie végétative (talle et feuilles) et de la panicule (fleur mâle) (*tableau 3-2*) ainsi que de l'épi (fleur femelle fécondée) (*tableau 3-3*). *La liste des descripteurs mesurés et leur abréviation sont retranscrits sur l'intérieur de la couverture en fin de document afin de faciliter la lecture des tableaux et graphiques.*

Les descripteurs végétatifs et de la panicule mâle ont été mesurés sur **20 plantes par lot de semences et par bloc**, choisies au hasard pendant la floraison parmi les plantes en compétition complète. Les descripteurs d'épis ont été mesurés sur **15 épis par lot de semences et par bloc**, récoltés en priorité sur les plantes dont les descripteurs végétatifs et de la panicule ont été mesurés. Seul l'épi supérieur a été récolté.

D'après la formule de SNEDECOR (LOCATELLI et PETERSEN 1975) appliquée aux mesures réalisées sur 37 lots de semences en conditions paysannes (*voir II*), des échantillons de 60 plantes (20 par répétition) et 45 épis (15 par répétition) par lot de semences permet d'évaluer au risque de 5%, la moyenne de chaque descripteur avec une précision de 5% (*en annexe, tableau A3-2*). Seule l'évaluation des caractéristiques liées à la ramification de la panicule (RM et RAM) et des caractéristiques concernant le poids de l'épi, de la rafle et de un grain (PEP, PRA, P1G), très variables (coefficient de variation de plus de 30%), est moins précise.

Le fort apport d'engrais, et en particulier l'apport de phosphore au semis, a provoqué un développement végétatif très important, conduisant à des ports de plantes relativement différents de ce qu'il est commun d'observer dans la région.

D'autre part, les variétés de cycle long ont été caractérisées par le mauvais remplissage de leurs épis ce qui nous a obligé, pour compléter les échantillons d'épis prélevés, à récolter également des épis sur des plantes dont les descripteurs végétatifs et de la panicule n'avaient pas été mesurés. De ce fait, pour chaque parcelle élémentaire, un nombre réduit et variable de plantes présentant des données complètes a été obtenu. Les épis supplémentaires récoltés pour les variétés tardives ont été choisis de façon à présenter un remplissage équivalent à celui des variétés de cycle court, la comparaison entre variétés devrait donc rester valable.

## DESCRIPTEURS MORPHOLOGIQUES DE L'ÉPI

EPI (Inflorescence femelle fécondée)

### Descripteurs mesurés sur chaque épi

LEP	Longueur de l'épi (1cm)*
PEP	Poids de l'épi ramené à 15 % d'humidité (1g)
DEP	Diamètre de l'épi (1mm) (à mi-longueur)
PRA	Poids de la rafle ramené à 15 % d'humidité (1g)
DRA	Diamètre de la rafle (1mm) (à mi-longueur)
RGS	Nombre de rangs de grains (à mi-longueur)
HGR	Hauteur du grain (0,01cm) (moyenne de 3 grains)
LGR	Largeur du grain (0,01cm) (moyenne de 3 grains)
EGR	Épaisseur du grain (0,01cm) (moyenne de 10 grains)

### Descripteurs mesurés sur chaque échantillon

PLG	Poids de 1 grain ramené à 15% d'humidité (0.1g) (moyenne de 3 pesées de 100 grains du centre de l'épi)
PQL	Poids d'1/4 litre de grains ramené à 15% d'humidité (1g) (moyenne de 3 mesures)
RAR	Pourcentage de rafles de couleur pourpre (sur 15 épis)
CGR	Couleur du grain (blanc, jaune, orange, noir-pourpre, marron, rouge)

Tableau No 3-3 . Descripteurs d'épis (\* précision de mesure)

*Données retranscrites sur l'intérieur de la couverture en fin de document*

### ***1.1.1.3 - Analyses statistiques***

Nous avons procédé à deux types d'analyses multivariées sur les données phénotypiques : l'Analyse en Composantes Principales (ACP) et l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD) grâce au programme STATITCF. Ces deux analyses sont adaptées au traitement de variables quantitatives et permettent de présenter, sous une forme graphique, l'organisation de l'information contenue dans un tableau de données.

L'ACP fait intervenir dans la discrimination les descripteurs les plus variables pour l'ensemble des individus considérés (PHILIPPEAU 1986), indépendamment de leur appartenance à un groupe. Par contre, dans l'AFD, les axes principaux ne sont pas définis en fonction des seules données par individu mais aussi en fonction de leur regroupement en populations connues *a priori*. Ainsi, les axes sont déterminés de façon à maximiser le rapport :

$$\frac{\text{Somme des carrés des écarts inter-groupe}}{\text{Somme des carrés des écarts intra-groupe}} \quad (\text{TOMASSONE 1988})$$

**L'ACP nous a donc permis d'évaluer la correspondance entre un nom de variété et une unité morpho-phénologique selon :**

- l'étendue de la variation au sein d'un lot de semences comparativement à la variation totale ;
- les recouvrements entre nuages de points représentant les lots de semences d'une même variété.

**L'AFD nous a par ailleurs permis de déterminer les descripteurs qui distinguent le mieux les différentes variétés (groupes de plantes définis *a priori*).**

La distance utilisée pour l'AFD par STATITCF est une fonction de la distance de Mahalanobis qui varie dans le même sens (TOMASSONE 1988). La distance de Mahalanobis s'apparente à une distance euclidienne standardisée et a l'avantage, par rapport à d'autres distances, de tenir compte des corrélations entre variables et de leur variations intra et inter-groupe. A partir des coordonnées des centres de gravité des groupes (lots de semences ou variétés) sur les cinq premiers axes, nous avons réalisé des classifications ascendantes hiérarchiques sur les moyennes pondérées des distances euclidiennes.

Les échantillons d'épis ne correspondant pas complètement aux échantillons de plantes mesurés, nous n'avons pu retenir pour ces analyses multivariées, les trois répétitions confondues, qu'environ 21 plantes par lot de semences dont l'information était complète.

Les dates de floraison, déterminées au niveau de l'ensemble des plantes d'un lot de semences et non pas pour chaque plante, ne sont pas intervenues dans les analyses multivariées. Seuls les 19 descripteurs quantitatifs mesurés au niveau de chaque plante ont servi dans ces analyses (*tableaux 3-2 et 3-3*) ainsi que cinq variables dérivées, utilisées en variables supplémentaires afin d'éviter la redondance de l'information :



- Rapport hauteur d'épi / hauteur de plante :  $E/P = HEP / HPL$
- Indicateur de matière sèche :  $HD^2 = HPL * (DIA)^2$
- Indicateur de surface foliaire :  $FOL = NBF * LAF * LOF$
- Poids de grain :  $PGR = PEP - PRA$
- Proportion de grains dans l'épi :  $\%GR = PGR / PEP$

Les différentes analyses multivariées ont été complétées par une analyse de la variance à deux facteurs hiérarchisés :

- facteur principal : variété
- facteur subordonné : lots de semences dans variété.

Ces analyses ont concerné les mesures réalisées sur toutes les plantes et tous les épis.

### **I.1.2 - Analyses enzymatiques**

Le LNLJ ne disposant pas de locaux, de matériel ni de financement pour une étude de grande envergure, seul un échantillon de chacune des variétés locales Blanco, Amarillo Ancho, Negro et Chianquiahuitl a pu être analysé par électrophorèse. Ces analyses ont été gracieusement faites par le Centro de Ecología de l'Universidad Nacional Autónoma de Mexico (UNAM) à Mexico.

9 systèmes enzymatiques ont été étudiés : ACP (phosphatase acide, EC 3.1.3.2), CPX (péroxidase, EC 1.11.1.7), EST (estérase, EC 3.1.1.1), GDH (glutamate déshydrogénase, EC 1.4.1.3), GOT (aspartate amino transférase, EC 2.6.1.1), IDH (déshydrogénase isocitrique, EC 1.1.1.42), PGI (phosphoglucose isomérase, EC 5.3.1.9), PGM (phosphoglucomutase, EC 2.7.5.1) et SDH (Shikimate déshydrogénase, EC 1.1.1.25). 15 loci ont été interprétés : ACP-1, ACP-2, CPX-1, CPX-2, CPX-3, EST-8, GDH-2, GDH-3, GOT-1, GOT-2, IDH-1, PGI-1, PGM-1, PGM-2 et SDH-1.

Les tailles d'échantillons ont été de 20 graines pour la variété Amarillo Ancho, 32 pour la variété Chianquiahuitl, 41 pour la variété Negro et 42 pour la variété Blanco. Les techniques utilisées ont été celles recommandées par STUBER *et al.* (1988). A partir de coléoptiles écrasés les systèmes enzymatiques ont été révélés sur gel d'amidon C (pH 8.3) ou D (pH 6.5).

Les bandes révélées n'ont pu être interprétées en comparaison à des témoins utilisés par d'autres auteurs ce qui rend impossible la confrontation de ce travail avec des résultats donnés dans la littérature. Pour chaque locus, l'allèle dont la migration a été la plus faible a été appelé A, le suivant B et ainsi de suite, en tenant compte de la structure quaternaire des enzymes.

VARIETES	CODE des LOTS de SEMENCES dans la Collection de variétés	NOMBRE D'EPIS OBTENUS
<b><u>Paysannes</u></b>		
<b><u>à grains blancs</u></b>		
Blanco	B2* B3* B5*	20 19 15
Chianquiahuitl	C1* C2	15 6
Perla	P*	16
Tabloncillo	T2*	20
<b><u>Paysannes</u></b>		
<b><u>à grains de couleur</u></b>		
Amarillo Ancho	AA2*	20
Amarillo	A*	19
Amarillo de Tequ.	AT	15
Negro	N2*	20
<b><u>Hybrides</u></b>		
Argentino	AR3*	15
Enano	E	20
Enano Gigante	EG	14
Híbrido	H	6
Hybride commercial	HC	15

Tableau No 3-4 . Lots de semences autofécondés et nombre d'épis autofécondés obtenu par lot.

\* lots autofécondés sur lesquels ont été mesurés les données productives et certains descripteurs d'épis en plus des descripteurs de la partie végétative.

### **I.1.3 - Etude des variétés à l'aide d'autofécondations**

Parallèlement à la description de la structure de la diversité phénotypique des variétés, nous avons cherché, par l'étude de la descendance d'épis autofécondés, à préciser le polymorphisme intra-population présenté par les différentes variétés pour les déterminismes génétiques des caractères phénotypiques étudiés et comparer les variations inter-variétés mises en évidence par les deux approches.

Dans l'essai "Collection de variétés" décrit précédemment, nous avons procédé à des autofécondations sur 12 variétés. Pour les variétés Blanco et Chianquiahuitl celles-ci ont porté respectivement sur 3 et 2 lots de semences pour appréhender la variabilité inter-lot de semences dans une variété. Une trentaine d'épis par lot de semences ont été autofécondés et un nombre variable d'épis a été obtenu (*tableau 3-4*).

La descendance des épis autofécondés (familles S1) a été observée dans un essai en milieu contrôlé établi dans la station expérimentale de l'INIFAP (institut mexicain de la recherche agronomique) à La Huerta pendant la saison des pluies 1991 (juillet - décembre 1991). 34 graines par épi autofécondé ont été semées sur une ligne de 4 m et démarrées à 17 plantes, 15 jours après le semis. Les familles S1 d'un même lot de semences ont été semées côte à côte ainsi que trois sillons du parent (lot de semences sur lequel ont été réalisées les autofécondations).

Une seule des deux répétitions prévues a pu être utilisée, une partie de la parcelle ayant été engorgée d'eau. La variabilité intra-lot (inter-familles S1) ne peut donc pas être testée statistiquement. Nous nous bornerons à la décrire, ayant en tête que le milieu peut être l'un des facteurs de la variabilité décrite.

Sur les 15 lots de semences, nous avons déterminé :

*Sur chaque ligne* (famille S1 ou parent) : le nombre de plantes levées 8 jours après le semis (LEV), le nombre de plantes albinos 18 jours après le semis, l'angle d'insertion des feuilles 1 mois après le semis, la date de floraison mâle (FM) et le nombre de plantes à la récolte (PL) ;

*sur chaque plante* : la hauteur de plante (HPL), la hauteur d'insertion de l'épi (HEP), le rapport HEP/HPL (E/P), le diamètre de la talle (DIA), le nombre de feuilles au dessus de l'épi (NBF), la largeur de la feuille embrassant l'épi supérieur (LAF), le nombre de talles secondaires à la floraison (TAL), le nombre de fleurs femelles émettant des soies (JIL), la couleur des soies et la couleur de la talle.

De plus, sur 10 lots : B2, B3, B5, C1, AR3, AA2, N2, A, P, T2 nous avons noté le nombre d'épis par ligne (EPI) et le poids total d'épis par ligne (RDT), le nombre d'épis par plante (EPL), le poids de l'épi (PEP), le nombre de rangs de grains par épi (RGS)(sauf sur le lot N2), la couleur de la rafle, la couleur du grain et d'autres particularités.

DESCRIPTEURS	LOTS DE SEMENCES PRESENTANT LES VALEURS MOYENNES EXTREMES (SANS CONSIDERER HC)				VALEURS POUR LA VARIETE HC
	MAXIMUM		MINIMUM		
	LOT DE SEMENCES	VALEUR	LOT DE SEMENCES	VALEUR	
<b><u>VEGETATIFS</u></b>					
HEP (cm)	AR3	199	B4	117	130
HPL (cm)	AR3	279	B4	206	193
DIA (cm)	NX	2.0	T1	1.6	2.1
LOF (cm)	E	97.2	NX	87.6	81.5
LAF (cm)	G	8.6	B5	7.3	8.9
NBF	E	6.8	B4	5.5	6.4
<b><u>FLORAISON</u></b>					
FM (jours)	AR2	98.0	B4	72.0	89.5
FF (jours)	AR2	102.5	B4	75.5	91.0
IF (jours)	AR3	6.0	T1	1.5	1.5
[25-75] (j.)	AR3	8.3	T2	3.5	3.5
<b><u>PANICULE</u></b>					
PAN (cm)	B4	65.7	AA2	55.6	54.2
PED (cm)	B4	26.8	NX	20.2	20.4
RAM (cm)	AR2	15.3	B4	10.9	10.1
RM	AR2	23.7	B4	13.6	13.2
<b><u>EPI</u></b>					
HGR (cm)	AR1	1.12	AA2	0.95	0.94
LGR (cm)	B4	1.18	C2	0.83	0.82
EGR (cm)	B3	0.40	T1	0.32	0.40
DEP (cm)	G	4.6	T1	3.6	4.5
DRA (cm)	G	2.7	T1	1.7	3.0
LEP (cm)	B3	18.2	T2	15.5	15.6
RGS	E	13.4	B4	8.3	15.0
PEP (g)	G	180	T2	103	137
PRA (g)	G	30	T1	12	31
PIG (g)	B4	0.45	C3	0.26	0.27
RAR (%)	N3	84	P	0	0

**Tableau No 3-5 . Valeurs maximum et minimum des moyennes par lots de semences des descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épis. Comparaison avec la variété Hybride commercial HC, seconde génération de la variété hybride trois voies HT47.**

Nous aborderons tout d'abord la variabilité phénotypique présente au sein de chaque lot de semences et entre lots d'une même variété (I.2). Nous déterminerons ensuite les caractères qui permettent de distinguer les variétés (I.3), pour nous intéresser à la structure de la diversité des variétés et en particulier au continuum phénotypique et génétique que l'on observe entre les variétés locales (I.4). Nous décrirons ensuite la diversité génétique révélée par les autofécondations (I.5).

## **I.2 - UNITE PHENOTYPIQUE DES VARIETES**

D'une manière générale la **plupart des caractères mesurés se sont avérés très variables tant au niveau plante** (1.30 à 3.30 m de hauteur de plante, 4 à 9 feuilles au dessus de l'épi et entre 3 et 63 ramifications à la panicule), **qu'entre lots de semences** (1.17 à 1.99 m de hauteur d'insertion de l'épi, 13.6 à 23.7 ramifications à la panicule, 0.83 à 1.18 cm de largeur de grain, 8.3 à 13.4 rangs de grains...) (*tableau 3-5*). Seule la couleur de la talle s'est montrée pratiquement invariable (vert).

### **I.2.1 - Variabilité intra-lot de semences**

Une première ACP comprenant l'ensemble des plantes des 32 lots de semences étudiés a permis de mettre en évidence l'**originalité de la variété Hybride commercial HC (seconde génération de l'hybride trois voies HT47)** : plante de petite taille à feuille large et courte, dont la panicule est peu développée et dont l'épi à rafle de fort diamètre est formé d'un grand nombre de rangs de grains courts (*tableau 3-5*).

Dans une nouvelle ACP excluant cette variété de façon à mieux étudier les autres cultivars, les cinq premières composantes principales contribuent à l'explication de 65.8% de la variation totale (*tableau 3-6*). Les coefficients de corrélation entre descripteurs pour les données par plante sont donnés en *annexe tableaux A3-3, A3-4 et A3-5*.

**L'axe 1 (24.1%)** est lié aux poids et diamètres d'épi et de rafle (PEP, DEP, PRA, DRA), par ailleurs très corrélés entre eux (coefficients de corrélation supérieurs à 0.70 sauf entre PEP et DRA), ainsi qu'**au développement végétatif des plantes** (en particulier au diamètre de la talle DIA et à la largeur de la feuille LAF), l'indice de matière verte HD<sup>2</sup> et l'indice de surface foliaire FOL, utilisés en variables supplémentaires, étant très corrélés à cet axe.

**L'axe 2 (16.9%)** est défini essentiellement par la largeur du grain (LGR). Cet axe distingue les plantes dont les épis, plus courts, ont des grains moins épais et moins larges (coefficient de corrélation supérieur à 0.3 entre la largeur, l'épaisseur de grain et la longueur d'épi LGR, EGR et LEP) disposés sur un plus grand nombre de rangs (forte corrélation négative de -0.71 entre la largeur de grain LGR et le nombre de rangs de grains RGS). Par ailleurs l'épi est inséré plus haut par rapport au sol sur une plante elle-même plus haute (coefficient de corrélation très positif de 0.77 entre HPL et HEP).

ACP sur les plantes de tous les lots de semences (sauf HC, plantes de l'hybride témoin HT en individus supplémentaires) selon les descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épis

	AXE 1	AXE 2	AXE 3	AXE 4	AXE 5
<b>Contribution</b>	24.1%	16.9%	10.6%	7.7%	6.5%
<b>Descripteurs d'EPIS</b>	PEP (-0.81) PRA (-0.82) DEP (-0.81) DRA (-0.73) RGS (-0.57)	LGR (-0.79) EGR (-0.58) LEP (-0.56) RGS (+0.56)		HGR (-0.50)	HGR (-0.66)
<b>Descripteurs VEGETATIFS</b>	DIA (-0.58) LAF (-0.54)	HEP (+0.63) HPL (+0.55)			
<b>Descripteurs de la PANICULE</b>			RAM (-0.69) PAN (-0.57)	PED (-0.53)	

**Tableau No 3-6** . Contribution des cinq premiers axes à la variation totale et variables les plus corrélées à chacun des axes (les nombres entre parenthèses sont les corrélations entre les variables et les axes).

**Figures No 3-2 à 3-8** . Localisation des plantes de chaque lot de semences (21 en moyenne par lot de semences) sur la portion du plan 1-2 de l'ACP défini par les 630 plantes utilisées dans l'analyse, pour les variétés HT (témoin), C, AR, T, B, AA et N. Pour chaque variété sont mis en évidence les lots de semences dont les caractéristiques sont extrêmes.

**Fig. No 3-2** . Variété HYBRIDE TEMOIN HT

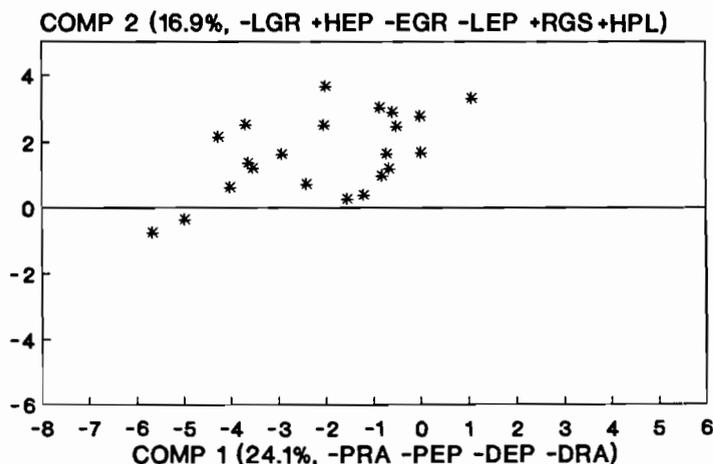


Fig. No 3-3. Variété CHIANQUIAHUITL C

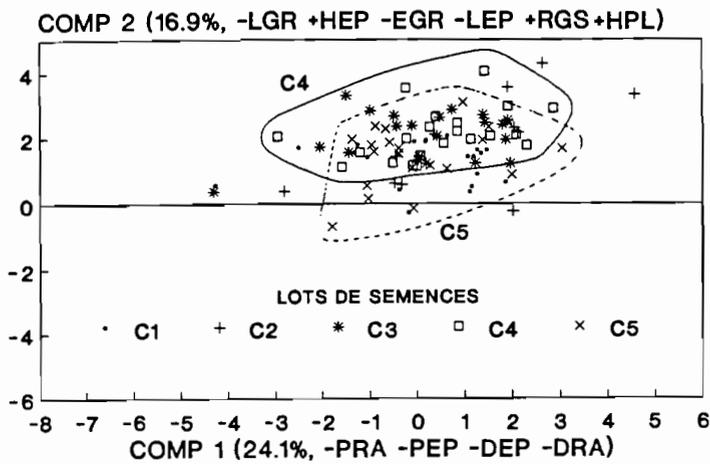


Fig. No 3-4. Variété ARGENTINO AR

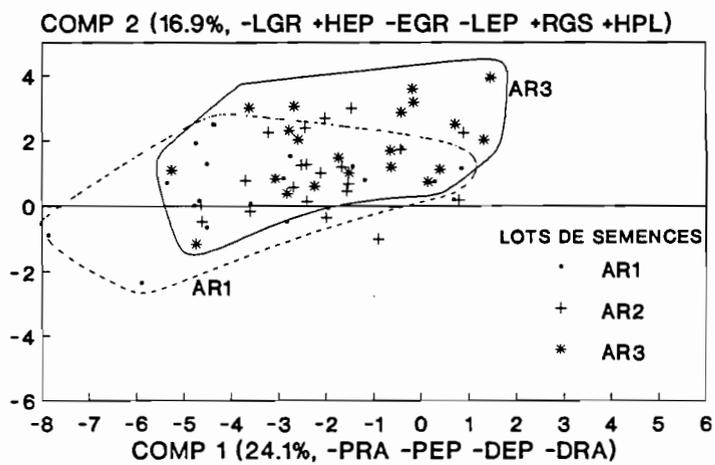


Fig. No 3-5. Variété TABLONCILLO T

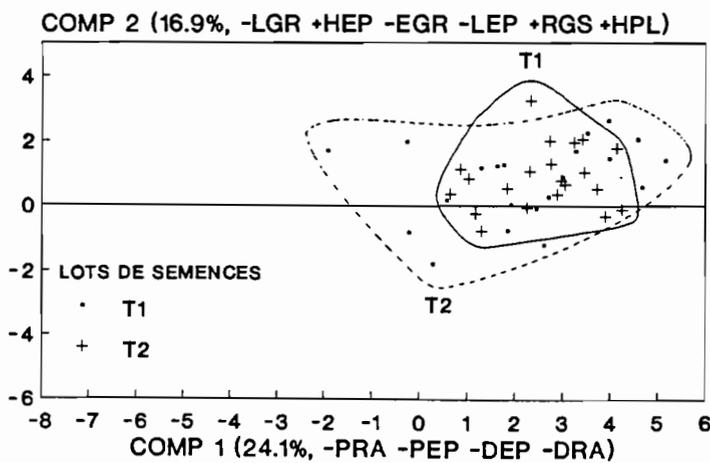


Fig. No 3-6 . Variété BLANCO B

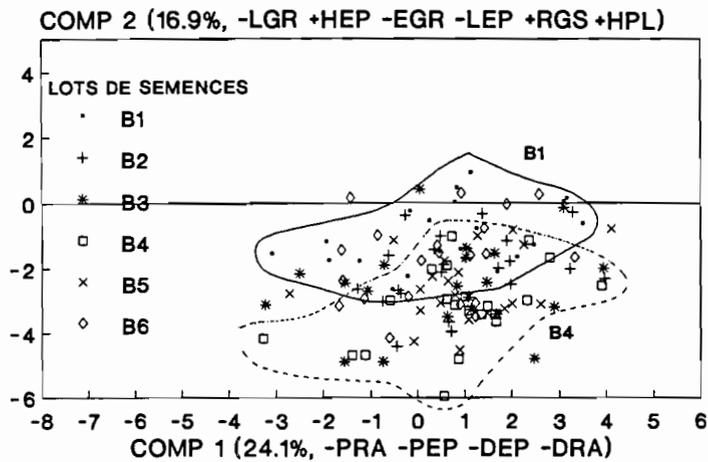


Fig. No 3-7 . Variété AMARILLO ANCHO AA

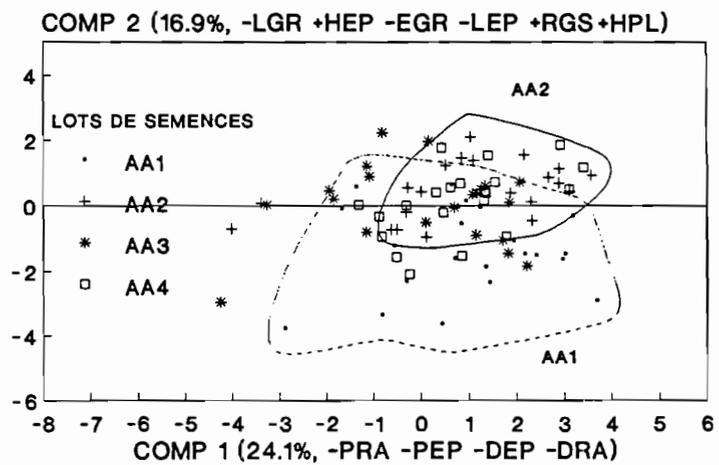
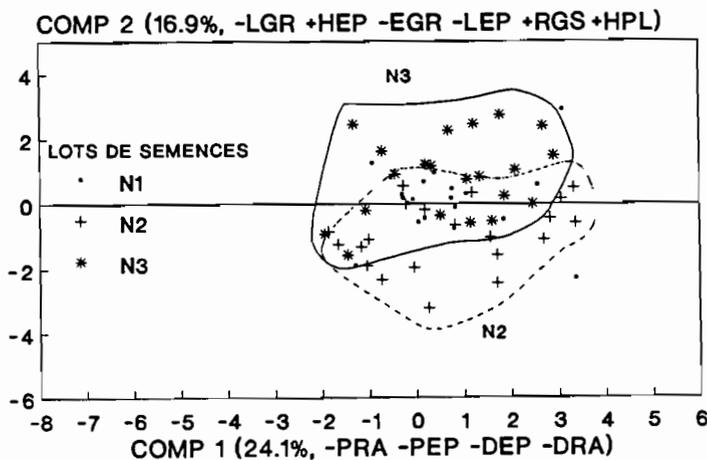


Fig. No 3-8 . Variété NEGRO N



Les variables les plus corrélées à l'axe 3 (10.6%) sont des caractéristiques de la panicule : longueur ramifiée (RAM) et longueur totale (PAN). Les axes 4 et 5 (7.7% et 6.5%) sont surtout liés à la hauteur du grain (HGR)

Sur le plan 1-2 défini par l'ensemble des 630 plantes (environ 21 par lot de semences), les plantes d'un même lot de semences sont concentrées sur une portion du plan (*figures 3.3 à 3.8* pour les variétés Blanco B, Chianquiahuitl C, Amarillo Ancho AA, Negro N, Argentino AR et Tabloncillo T). Par contre, sur le plan 3-4 (graphique ne figurant pas dans ce document), la dispersion des plantes d'un lot de semences est importante et la superposition des nuages de points représentant différents lots presque parfaite.

**Chaque lot de semences est donc bien défini pour les descripteurs végétatifs et d'épis liés au plan 1-2 de l'ACP alors que les descripteurs de la panicule définissant les deux axes suivants ont un domaine de variation important mais similaire pour tous les lots de semences.**

Par ailleurs, d'une manière générale, la dispersion des plantes d'un lot est équivalente à celle de la variété hybride témoin HT représentée sur la *figure 3-2*, alors qu'on s'attendrait *a priori* à une variabilité des caractères phénotypiques plus importante dans des variétés de pays.

### **1.2.2 - Variabilité entre lots de semences d'une même variété**

**L'homogénéité des cinq variétés pour lesquelles plusieurs lots de semences ont été étudiés est variable** : les variétés Chianquiahuitl (C) et Argentino (AR) apparaissent comme des unités relativement homogènes en ce qui concerne les descripteurs définissant le plan 1-2 de l'ACP et les dates de floraison, par rapport aux variétés Blanco (B), Amarillo Ancho (AA) ou Negro (N).

En effet, la classification ascendante hiérarchique sur les moyennes pondérées des distances euclidiennes entre les lots de semences des cinq variétés, calculées à partir des coordonnées de leur centre de gravité sur les cinq premiers axes d'une AFD sur ces lots (*figure 3-9*), montre que les variétés Chianquiahuitl et Argentino s'individualisent et forment le groupe des variétés de cycle long qui s'opposent aux trois autres variétés de cycle plus court. Pour chacune de ces deux variétés aucune différence significative au seuil de 5% n'a été mise en évidence entre provenances pour la date de floraison (*figure 3-10*) et un nombre réduit de différences significatives au seuil de 1% ont été observées pour les descripteurs morphologiques : pour la largeur de feuille entre les lots C4 et C5 de la variété Chianquiahuitl et pour la largeur de grain entre les lots AR1 et AR3 de la variété Argentino. Les nuages de points représentant les plantes des différents lots de semences de chaque variété se superposent sur le plan 1-2 de l'ACP (*figures 3-3 et 3-4*).

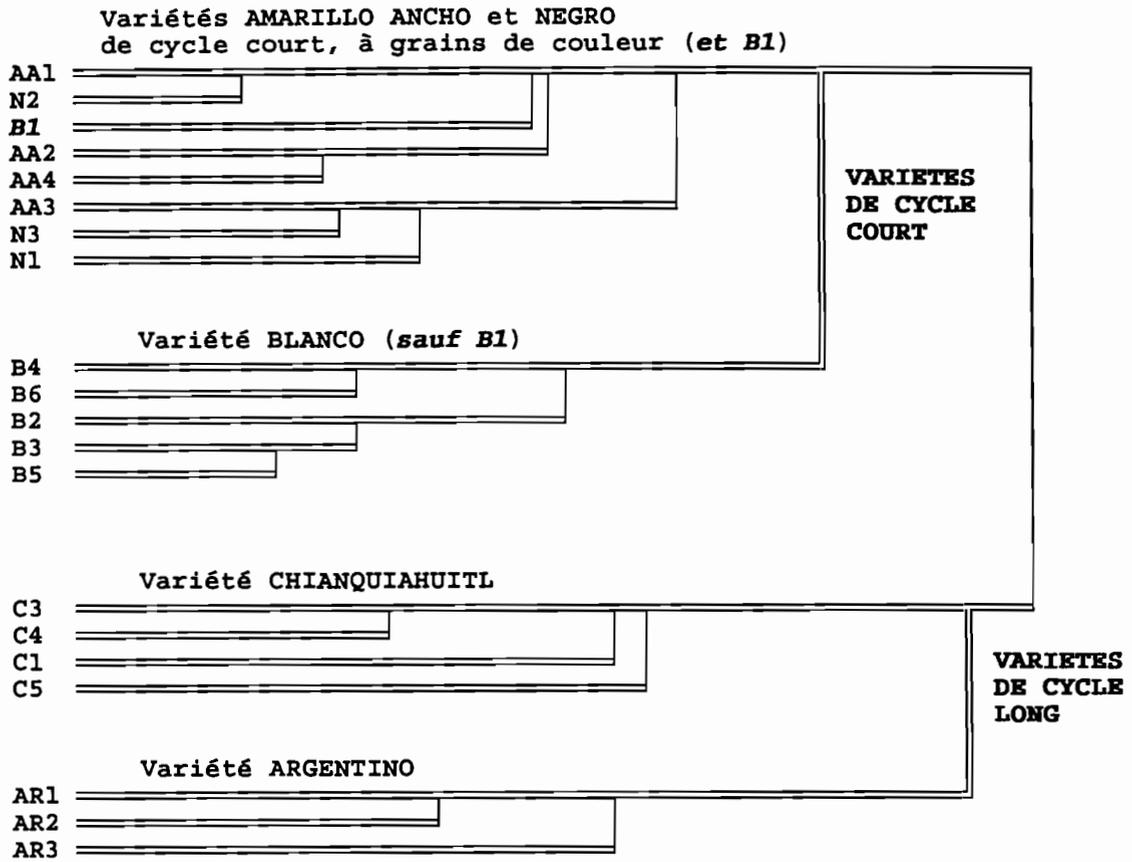


Figure No 3-9 . Classification ascendante hiérarchique sur les moyennes pondérées des distances euclidiennes entre les lots de semences des variétés Blanco (B), Amarillo Ancho (AA), Negro (N), Chianquiahuitl (C) et Argentino (AR) calculées à partir des coordonnées de leur centre de gravité sur les cinq premiers axes d'une AFD sur ces lots.

A l'opposé, les différentes provenances des variétés Blanco (B), Amarillo Ancho (AA) et Negro (N) ont des dates d'anthèse très étalées dans le temps tout en restant dans les limites du groupe des variétés précoces (72 à 84 jours après le semis pour la variété Blanco, 78 à 86.5 jours pour la variété Amarillo Ancho), donnant lieu à des différences significatives de date de floraison mâle entre lots de semences (*figure 3-10*). On note également une dispersion des lots de semences plus importante sur le plan 1-2 de l'ACP (*figures 3-6, 3-7 et 3-8*).

En particulier, les lots B1 et B4, respectivement le plus tardif et le plus précoce des provenances de la variété Blanco, sont significativement différents au seuil de 1% pour la largeur de grain et les hauteurs de plante et d'insertion de l'épi. Dans la classification ascendante hiérarchique le lot B1 plus tardif s'associe d'ailleurs plutôt aux variétés Amarillo Ancho et Negro qu'aux autres lots de la variété Blanco (*figure 3-9*).

Les lots AA1 et AA2 de la variété Amarillo Ancho sont significativement différents pour la largeur et l'épaisseur de grain, les hauteurs de plante et d'insertion de l'épi et le diamètre de la rafle. Les lots N2 et N3 de la variété Negro se distinguent au seuil de 1% pour la largeur et l'épaisseur de grain et la hauteur d'épi. La classification hiérarchique montre, de plus, que pour les descripteurs considérés, les variétés Amarillo Ancho et Negro se confondent en un seul groupe (*figure 3-9*). La prise en compte de la couleur du grain est alors nécessaire pour distinguer ces deux variétés.

Certains éléments d'explication de cette variabilité entre lots de semences seront apportés dans la suite du document.

Une certaine variabilité intra-variétale (entre lots de semences) existe donc pour certaines variétés. **Cependant la part de la variation totale des descripteurs située entre lots d'une même variété est très faible par rapport à la part située entre variétés (de l'ordre de 20% pour les descripteurs de la panicule, 12% pour les descripteurs végétatifs et 6% pour les descripteurs d'épis, *tableau 3-7*).**

**Bien qu'une certaine variabilité existe dans chaque lot de semences et entre les provenances d'une même variété, nous pouvons donc considérer que l'ensemble des lots d'une variété constitue une entité définie pour les descripteurs morpho-phénologiques utilisés dans cette étude et nous allons déterminer les critères qui permettent de les distinguer.**

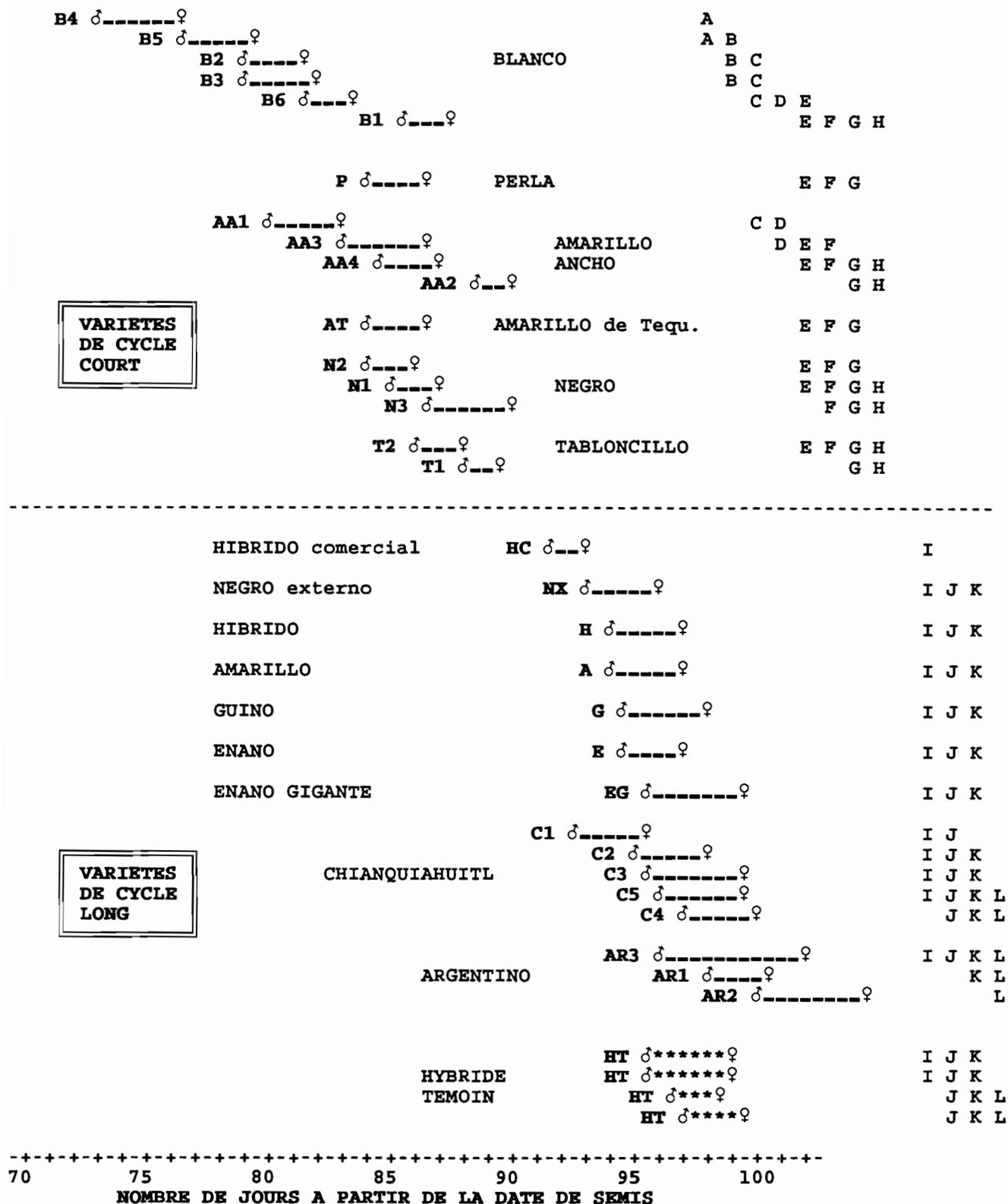


Figure No 3-10. Nombre de jours entre le semis et les floraisons mâle (♂) et femelle (♀) et intervalle entre floraisons (♂...♀). Moyenne des deux répétitions (données dans le tableau No A3-6 en annexe).

A à L groupes définis par le test de Newman-Keuls sur la floraison mâle pour α=5%.

### **I.3 - CRITERES DE DISTINCTION ENTRE VARIETES**

#### **I.3.1 - Deux groupes de variétés en fonction de la floraison**

Les variables liées à la floraison sont étudiées à part étant donné qu'elles n'ont pas été mesurées sur chaque plante, contrairement aux autres descripteurs, et ne participent donc pas aux analyses multivariées.

##### ***I.3.1.1 - Date de floraison mâle FM***

La durée semis-floraison mâle a varié de 72 à 98 jours pour l'ensemble des 32 lots observés. En considérant les données climatiques de la ville de Cuautitlán (moins 2°C pour tenir compte de la différence d'altitude et de topographie entre les deux communautés), une température de base 8°C et une température maximale de 34°C (normes utilisées par le CIMMYT), ces durées correspondent à des sommes de températures de 1128°C et 1545°C. En ce qui concerne les longueurs de cycle, les variétés cultivées à Cuzalapa sont donc en partie représentatives des accessions collectées par le CIMMYT au Mexique entre 300 et 900 mètres d'altitude et évaluées dans la station de Tlaltizapán depuis 1973, pour lesquelles il a été déterminé une somme de températures moyenne de 1319 ± 408°C (95%).

La durée semis-floraison mâle permet aisément de différencier les cultivars, 89.1% de la variation de ce caractère se trouvant entre variétés (*tableau 3-7*). En particulier, **deux groupes de variétés se distinguent significativement** (*figure 3-10, tableau A3-6 en annexe*) :

\* ***VARIETES DE CYCLE COURT*** : cycle moyen de 82 jours (min 72, max 86.5) du semis à l'anthèse.

- variétés à grains blancs : Blanco (B), Perla (P) et Tabloncillo (T).

- variétés à grains de couleur : Amarillo Ancho (AA), Amarillo de Tequesquiltán (AT) et Negro (N).

La variété Blanco est plus précoce que l'ensemble des 5 autres cultivars dont la longueur de cycle peut être qualifiée d'intermédiaire.

\* ***VARIETES DE CYCLE LONG*** : cycle moyen de 93 jours (min 89.5, max 98) du semis à l'anthèse.

- variétés à grains blancs: Argentino (AR), Chianquiahuitl (C), Enano (E), Enano Gigante (EG), Guino (G), Híbrido (H), seconde génération de l'hybride T47 (Hybride commercial, HC) ;

- variétés à grains de couleur : Amarillo (A) et Negro externo (NX).

VARIATION ENTRE VARIETES		VARIATION ENTRE LOTS DANS VARIETES		VARIATION ENTRE BLOCS		VARIATION RESIDUELLE
Fobs	% var.	Fobs	% var.	Fobs	% var.	% var.
ddl	13	ddl	17	ddl	2	ddl 60

## DESCRIPTEURS VEGETATIFS

HBP #	32.95 ***	75.7%	4.12 ***	12.4%	3.70 *	1.3%	10.6%
HPL #	23.40 ***	71.7%	3.50 ***	14.0%	0.22	0.1%	14.2%
DIA #	5.92 ***	49.0%	0.97	10.4%	1.84	2.3%	38.3%
LAF #	4.79 ***	38.4%	2.33 **	24.5%	0.002	0.00%	37.1%
LOF #	3.18 **	32.9%	1.35	18.3%	0.64	1.0%	47.8%
NBF #	10.29 ***	58.0%	2.12 *	15.6%	0.45	0.4%	26.0%
E/P	16.97 ***	66.9%	2.31 **	11.9%	4.88 *	2.6%	18.2%
HD <sup>2</sup>	10.50 ***	60.5%	1.54	11.6%	1.49	1.3%	26.6%
FOL	8.17 ***	52.5%	2.09 *	17.6%	0.25	0.2%	29.7%

## DESCRIPTEURS DE LA PANICULE

PAN #	6.64 ***	46.3%	2.33 **	21.2%	0.35	0.4%	32.1%
PED #	8.93 ***	52.0%	2.75 **	20.9%	0.31	0.3%	26.8%
RAM #	3.14 **	28.3%	2.49 **	29.3%	0.60	0.8%	41.6%
RM #	17.35 ***	64.1%	3.85 ***	18.6%	0.40	0.2%	17.1%

## DESCRIPTEURS D'EPIS

LGR #	95.69 ***	88.7%	5.80 ***	7.0%	0.15	0.02%	4.3%
EGR #	25.02 ***	76.5%	2.34 **	9.3%	0.08	0.04%	14.2%
HGR #	13.74 ***	61.7%	2.80 **	16.5%	1.49	1.0%	20.8%
LEP #	7.22 ***	56.9%	0.44	4.5%	1.75	2.1%	36.5%
DEP #	53.50 ***	85.0%	3.27 **	6.8%	3.84 *	0.9%	7.3%
DRA #	38.79 ***	85.7%	1.27	3.7%	1.34	0.5%	10.1%
RGS #	100.97 ***	93.0%	2.21 *	2.7%	1.00	0.1%	4.2%
PEP #	22.07 ***	74.9%	1.78	7.9%	2.99	1.6%	15.6%
PRA #	27.36 ***	81.9%	0.94	3.7%	1.25	0.6%	13.8%
PGR	19.00 ***	70.9%	2.06 *	10.0%	3.30 *	1.9%	17.2%
PIG	48.98 ***	83.2%	3.90 ***	8.5%	2.57	0.7%	7.6%

## FLORAISON

	ddl 13	ddl 17	ddl 1	ddl 30			
FM	122.59 ***	89.1%	9.64 ***	9.2%	0.15	0.01%	1.7%
IF	4.64 ***	38.8%	3.51 ***	38.4%	5.50 **	3.5%	19.3%
25-75	3.58 ***	44.7%	1.62	26.3%	0.25	0.2%	28.8%

Tableau No 3-7. Analyse de la variance à deux facteurs hiérarchisés (variété x lots de semences) sur les 14 variétés (sans HC), F observé (\* significatif à 5%, \*\* à 1%, \*\*\* à 1%) et % de la variation expliquée par chacun des facteurs. Les grisés indiquent les descripteurs dont la variation est la plus forte pour chaque niveau de variation. Les # indiquent les descripteurs utilisés dans l'AFD (figure 3-12).

D'une manière générale, un groupe de variétés précoces et un groupe de variétés tardives peuvent donc être mis en évidence en fonction des données de la floraison. Malgré une certaine variabilité entre lots d'une variété, la durée semis-floraison mâle est un bon critère de distinction entre cultivars.

Les variétés précoces sont d'origine locale à l'exception de l'Amarillo de Tequesquiltán (AT). Parmi ces variétés se trouvent trois des variétés les plus cultivées (Blanco, Amarillo Ancho et Negro). A l'opposé le groupe des variétés tardives comprend toutes les variétés introduites (sauf AT) dont les variétés dérivées de variétés améliorées, et une seule variété locale : Chianquiahuitl (C).

### *1.3.1.2 - Intervalle de floraison IF*

Ces deux groupes s'opposent également significativement (seuil de 0.13%) pour l'intervalle entre les floraisons mâle et femelle (IF) (*tableau A3-6 en annexe*) bien que cette caractéristique soit variable à l'intérieur de chaque variété (38.4% de la variation totale entre lots d'une variété, *tableau 3-7*).

Ce sont les lots de semences de cycle le plus long qui ont présenté en moyenne des IF plus importants (moyenne de 3,1 jours). Seule la 2<sup>e</sup> génération de l'Hybride commercial HC, de cycle intermédiaire, fait figure d'exception (IF de 1,5). Les variétés de cycle plus court ont, au contraire, présenté des floraisons plus synchrones (IF moyen de 2,4 jours).

L'intervalle de floraison IF est un indicateur de l'adaptation au milieu et aux techniques de culture. BOLAÑOS et EDMEADES (1993) montrent, par exemple, la relation entre l'adaptation à la sécheresse du matériel génétique sélectionné et les faibles écarts entre les floraisons mâle et femelle. L'intervalle de floraison plus important observé pour les variétés de cycle long est sans doute à mettre en relation avec le mauvais remplissage de leurs épis. Il traduirait une **adaptation médiocre des variétés plus tardives au cycle irrigué et expliquerait le fait que les agriculteurs leur réservent plutôt le cycle pluvial plus chaud.**

### *1.3.1.3 - Groupement des floraisons [25-75]*

Le groupement des floraisons est variable entre les provenances d'une même variété et pour un même lot de semences entre les répétitions (26.3% de la variation totale entre lots d'une variété et 28.8% en variation résiduelle *tableau 3-7 ; tableau A3-6 en annexe*).

D'autre part, les différences observées entre variétés ne sont pas fonction de la longueur de leur cycle, ni de leur origine (cultivars paysans ou améliorés). Parmi les variétés dont la floraison est la plus rapide on trouve par exemple les variétés locales Chianquiahuitl (4.9 jours en moyenne) de cycle long et Tabloncillo (4.4 jours en moyenne) de cycle court et les variétés améliorées Hybride commercial (HC, 2<sup>e</sup> génération d'un hybride trois voies) et Hybride témoin (HT, 1<sup>ère</sup> génération d'un hybride trois voies). Parmi les variétés à floraison étalée on trouve les variétés Argentino et

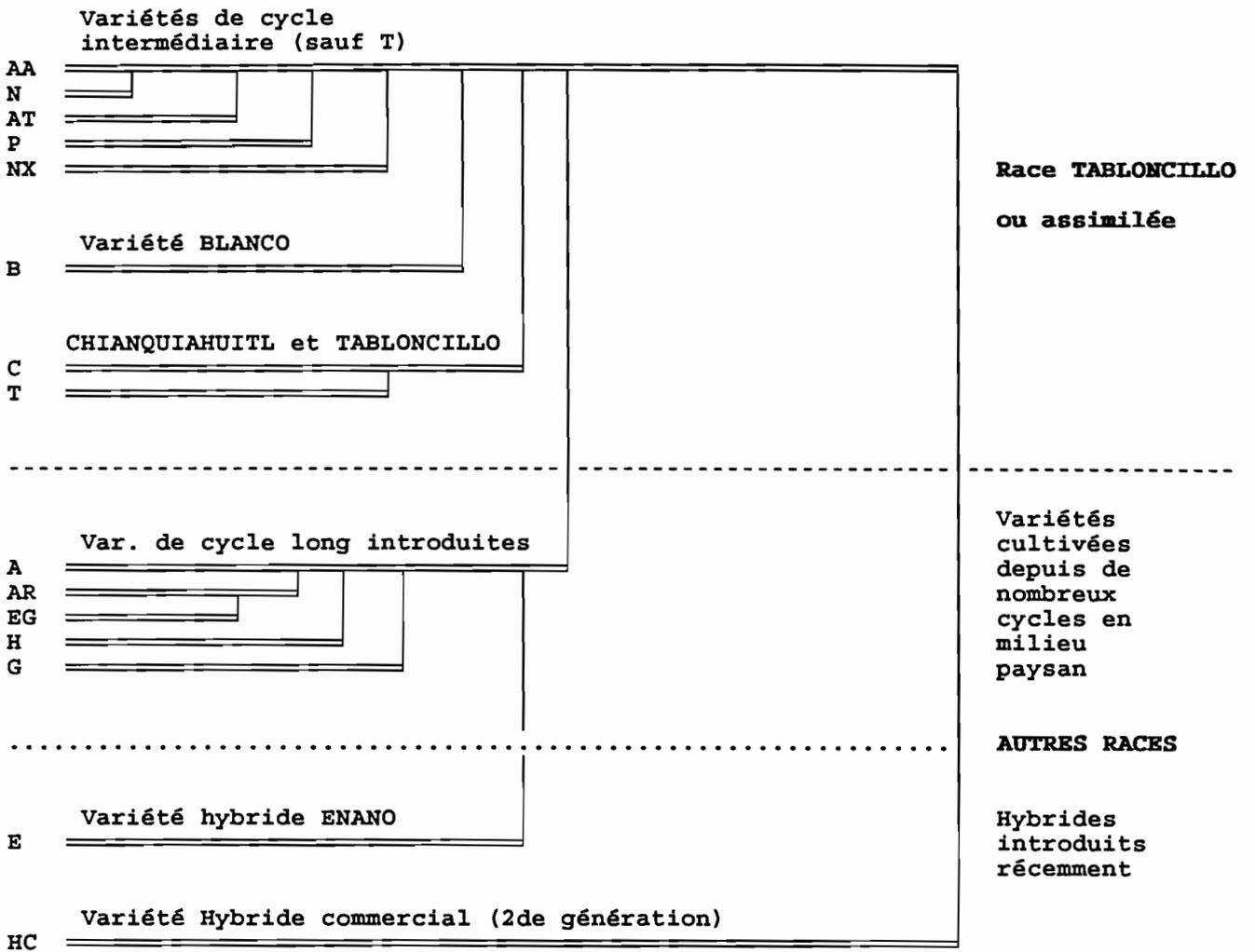


Figure No 3-11 . Classification ascendante hiérarchique en fonction des moyennes des distances euclidiennes pondérées calculées à partir des coordonnées des centres de gravité des variétés sur les cinq premiers axes de l'AFD sur ces variétés.

Guino, de cycle plus long et introduites et la variété Blanco, locale, de cycle court (6,5 jours).

Le groupement des floraisons d'une variété traduisant son homogénéité pour la floraison, ces résultats renforcent l'idée avancée précédemment **d'un niveau de variabilité phénotypique équivalent pour les variétés cultivées à Cuzalapa et pour les variétés améliorées mexicaines intégrées dans le dispositif.**

### **1.3.2 - Six groupes de variétés en fonction des caractéristiques morphologiques**

Les valeurs moyennes, maximum et minimum et l'écart-type de chaque descripteur sont donnés pour chaque variété *en annexe, tableaux A3-7 et A3-8*. Les coefficients de corrélation entre descripteurs pour les données par lot de semences sont indiqués *en annexe tableaux A3-9, A3-10 et A3-11*.

#### ***1.3.2.1 - Critères de distinction***

Six groupes de variétés sont mis en évidence par une classification ascendante hiérarchique sur les moyennes pondérées des distances euclidiennes calculées à partir des coordonnées des centres de gravité des variétés sur les cinq premiers axes d'une AFD sur l'ensemble de ces cultivars, sans distinction entre lots de semences (*figure 3-11*) :

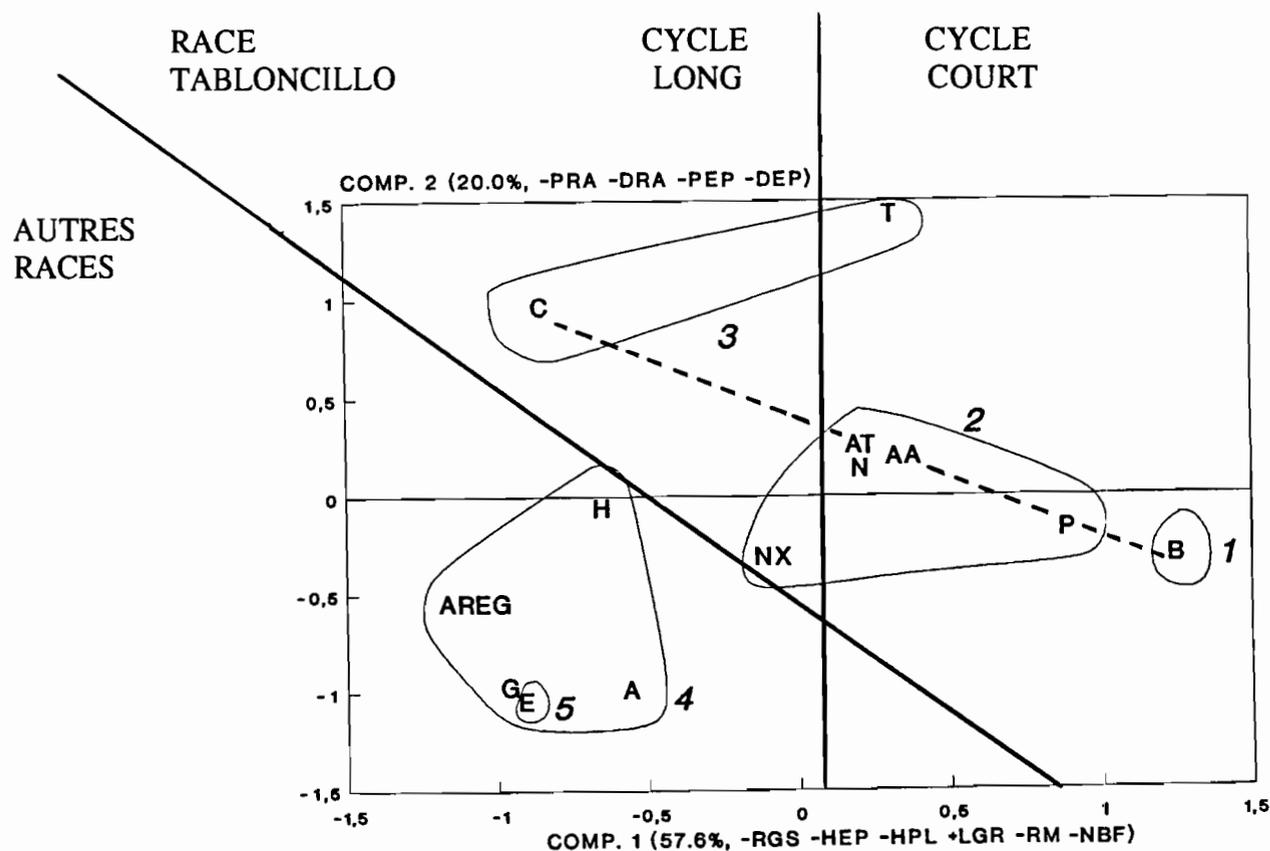
- 1) la variété de cycle le plus court Blanco (B) ;
- 2) les quatre variétés de longueur de cycle intermédiaire (sauf la variété Tabloncillo) : Perla P, Amarillo Ancho AA, Negro N et Amarillo de Tequesquiltán AT ainsi que la variété Negro externo NX de cycle plus long à grains noirs ;
- 3) les variétés Chianquiahuitl C et Tabloncillo T ;
- 4) cinq variétés de cycle long introduites : Argentino AR, Híbrido H, Amarillo A, Guino G, Enano Gigante EG;
- 5) la variété Enano dérivée d'une variété améliorée et
- 6) la variété Hybride commercial HC (2de génération d'une variété hybride trois voies) qui se distingue très nettement des autres variétés comme nous l'avons déjà vu (*1.2.1*).

Comme auparavant, nous avons exclu la variété Hybride commercial HC des analyses de façon à mieux visualiser les différences existant entre les autres variétés. Les cinq premiers groupes sont mis en évidence sur le plan 1-2 de l'AFD qui décrit 77.6% de la variation totale (*tableau 3-8 et figure 3-12*) et les résultats de l'analyse de la variance hiérarchisée sont indiqués dans le *tableau 3-7*.

AFD sur toutes les variétés (sauf HC et l'hybride témoin HT),  
toutes provenances confondues, selon les descripteurs végétatifs,  
de la panicule et d'épis.

	AXE 1	AXE 2	AXE 3
<b>Contribution</b>	57.6%	20.0%	7.4%
<b>Descripteurs d'EPIS</b>	RGS (-0.97) LGR (+0.90) LEP (+0.68) EGR (+0.61)	PRA (-0.91) DRA (-0.88) PEP (-0.84) DEP (-0.80) EGR (-0.66)	HGR (-0.88)
<b>Descripteurs VEGETATIFS</b>	HEP (-0.96) HPL (-0.88) NBF (-0.81) LAF (-0.67)	DIA (-0.72) LOF (-0.61) LAF (-0.66)	
<b>Descripteurs de la PANICULE</b>	RM (-0.87) PED (+0.68)		PAN (-0.65)

Tableau No 3-8. Contribution des trois premiers axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes (les nombres entre parenthèses sont les corrélations entre les variables et les axes).



Selon l'axe 1 de l'AFD (*figure 3-12*) les variétés s'opposent essentiellement selon le nombre de rangs de grains RGS, la largeur du grain LGR, la hauteur d'insertion de l'épi HEP, la hauteur de plante HPL, le nombre de feuilles au dessus de l'épi NBF et le nombre de ramifications de la panicule RM. Les coefficients de corrélation entre ces descripteurs sont tous très significatifs, supérieurs en valeur absolue à 0.6 (légèrement moins pour RM et HPL).

**Cet axe est par ailleurs très lié à la longueur de cycle des variétés bien que ce caractère n'ait pas été utilisé comme variable dans cette analyse.** Pour les données par lot de semences les coefficients de corrélation entre la floraison mâle (FM) et les descripteurs les plus corrélés au premier axe de l'AFD sont très significatifs, de l'ordre de 0.8 en valeur absolue (illustré sur la *figure 3-13* pour la hauteur d'insertion de l'épi HEP). Ainsi, le long de l'axe 1 s'opposent les variétés de cycle long et les variétés les plus précoces, les variétés de longueur de cycle intermédiaire se situant entre ces deux groupes.

Les variétés précoces sont donc caractérisées par :

- une plante basse et un épi inséré plus près du sol ( $r=0.95$  entre la hauteur de plante HPL et la hauteur d'insertion de l'épi HEP),
- un faible nombre de feuilles au dessus de l'épi ( $r=0.66$  entre HEP et le nombre de feuilles au dessus de l'épi NBF),
- une panicule peu ramifiée ( $r=0.82$  entre HEP et le nombre de ramifications de la panicule RM),
- des épis à grains larges sur un faible nombre de rangs (corrélation inverse  $r=-0.81$  entre la largeur de grain LGR et le nombre de rangs de grains RGS).

**L'axe 2** permet essentiellement de caractériser les variétés Chianquiahuitl (C) et Tabloncillo (T) à épis de plus faible poids et diamètre en opposition à la plupart des autres variétés de cycle long. Cet axe est en effet défini par le diamètre et le poids d'épi et de rafle (DEP, DRA, PEP, PRA), par ailleurs très corrélés entre eux (coefficients de corrélation entre 0.75 et 0.95).

**L'axe 3** met en évidence les variétés de cycle intermédiaire Perla P, Amarillo Ancho AA, Amarillo de Tequesquitlán AT et Negro N ainsi que les variétés Negro externo NX et Enano E pour leur faible hauteur de grain.

On retrouve donc les descripteurs identifiés comme importants lors de l'ACP avec toutefois une inversion entre les deux premiers axes. S'y ajoutent le nombre de feuilles au dessus de l'épi NBF et le nombre de ramifications de la panicule RM, peu corrélés aux autres descripteurs lorsque l'on s'intéresse aux données par plante contrairement aux corrélations existant entre les données moyennes par lot de semences.

**Les descripteurs d'épis sont donc particulièrement importants pour distinguer les variétés.** Plus de 80% de la variation totale se retrouve entre variétés pour la largeur de grain LGR, le diamètre

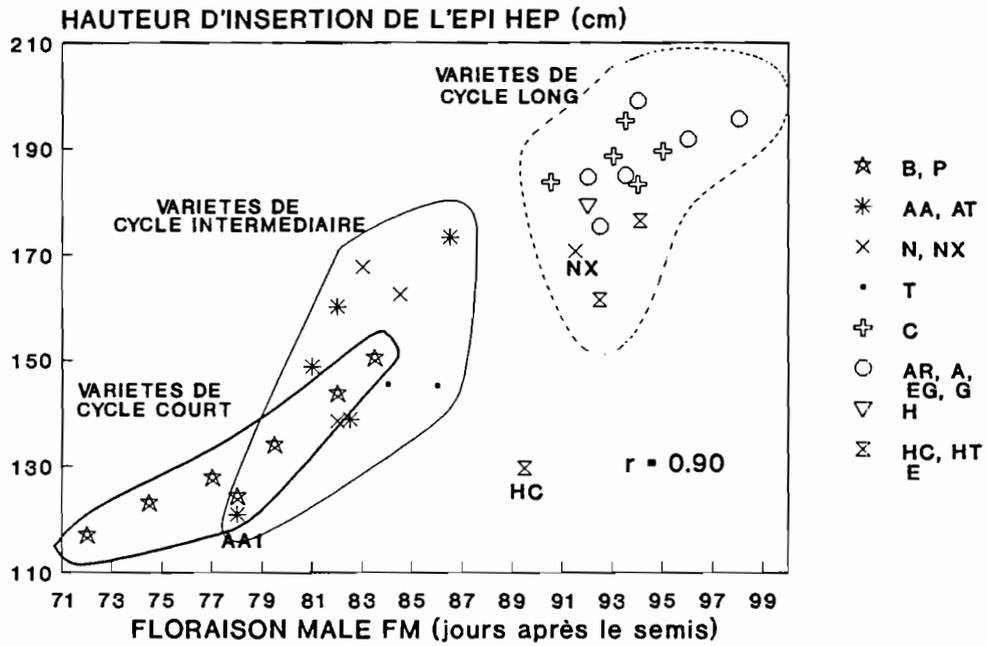


Fig. No 3-13. Hauteur de l'épi HEP en fonction de la floraison mâle FM. Données moyennes par lot de semences.

d'épi DEP et de rafle DRA, le nombre de rangs de grains RGS, le poids de la rafle PRA et de un grain PIG (*tableau 3-7*). Les descripteurs d'épis varient peu entre provenances d'une même variété et ont une variance résiduelle relativement faible à l'exception de la longueur d'épi (LEP).

Par contre, les descripteurs végétatifs et surtout ceux de la panicule ont une plus forte variation entre lots d'une même variété que les descripteurs d'épis et ont, de manière générale, une variance résiduelle importante. Seuls la hauteur de plante (HPL) et du point d'insertion de l'épi (HEP) et dans une moindre mesure le nombre de ramifications de la panicule (RM) et le nombre de feuilles au dessus de l'épi (NBF) se comportent comme les descripteurs d'épis.

**La distinction entre variétés tient donc essentiellement à la longueur de leur cycle et aux caractéristiques liées à celle-ci comme le sont la largeur du grain, le nombre de rangs de grains, la hauteur de plante et d'insertion de l'épi. Elle tient également à la taille de l'épi par l'intermédiaire des poids et diamètres d'épi et de rafle.**

Les 6 groupes de variétés mis en évidence sont décrits ci-dessous et leurs caractéristiques sont données dans les *tableaux 3-9 et 3-10*.

#### ***1.3.2.2 - Description des groupes de variétés***

**La variété Blanco (B)**, à l'opposé des variétés de cycle long, est caractérisée par :

- \* une plante basse dont l'épi est inséré plus près du sol,
- \* un nombre de feuilles au dessus de l'épi plus réduit.
- \* une panicule moins ramifiée,
- \* des épis ayant un faible nombre de rangs de grains très larges ; c'est la variété dont le poids de 1 grain est le plus fort.

**Les variétés Amarillo Ancho (AA), Amarillo de Tequesq.(AT), Negro (N), Negro externo (NX), Perla (P).**

Il s'agit des variétés de grains de couleur précoces tant d'origine locale (AA, N) qu'introduites (AT, NX) ainsi que la variété locale à grains blancs cornés P. Ces variétés ont des caractéristiques intermédiaires entre la variété Blanco précoce et les variétés de cycle long, comme le laisse prévoir leur position sur le plan 1-2 de l'AFD et sont caractérisées par des grains de plus faible hauteur.

La variété NX est plutôt liée aux variétés de cycle long introduites, étant elle même d'origine extérieure et de cycle long.

Les variétés AA, AT, N et surtout P sont plutôt liées à la variété Blanco avec laquelle elles sont le plus souvent cultivées.

VARIETE	HBP	HPL	DIA	LOF	LAF	NBF	PAN	PED	RAM	RM	E/P	HD <sup>2</sup>	FOL	FM
<b>BLANCO</b>														
B	129.4	219.3	1.84	94.2	7.9	5.9	63.8	25.2	12.7	16.1	0.59	763	4382	77.3
<b>VARIETES DE CYCLE INTERMEDIAIRE + NX</b>														
P	143.7	234.6	1.83	91.9	8.1	6.1	62.0	24.5	13.1	16.9	0.61	819	4604	82
AA	145.5	230.6	1.76	92.4	7.9	6.1	59.8	22.9	12.9	19.3	0.63	740	4506	82
N	156.2	232.0	1.83	91.6	7.9	6.3	57.3	21.8	12.6	19.8	0.67	804	4555	83.2
AT	160.2	241.7	1.76	89.5	7.8	6.2	58.5	22.8	13.7	20.8	0.66	771	4370	82
NX	170.6	232.4	2.02	87.6	8.2	6.1	55.6	20.2	13.2	20.5	0.74	981	4429	91.5
<b>TABLONCILLO et CHIANQUIAHUITL</b>														
T	145.2	230.4	1.65	89.9	7.7	6.2	59.0	22.2	13.4	19.2	0.63	642	4279	85
C	187.9	259.6	1.80	90.5	7.8	6.2	59.6	22.8	13.5	21.5	0.72	868	4429	93.2
<b>VARIETES DE CYCLE LONG INTRODUITES</b>														
H	179.3	254.0	1.90	92.0	8.1	6.3	60.5	22.9	13.4	20.4	0.71	949	4753	92
AR	195.4	272.7	1.96	93.8	8.4	6.5	60.8	21.5	14.5	22.8	0.72	1084	5155	96
EG	184.9	260.8	1.91	92.2	8.4	6.6	62.8	22.1	13.8	20.5	0.71	984	5124	93.5
A	184.5	261.2	1.90	94.6	8.1	6.6	59.2	21.4	13.4	19.8	0.71	969	5121	92
G	174.3	248.6	2.00	95.0	8.6	6.5	62.4	21.9	13.8	20.0	0.70	1023	5310	92.5
<b>VARIETE HYBRIDE ENANO</b>														
E	161.3	230.7	1.99	97.2	8.5	6.8	61.1	21.1	14.3	23.2	0.70	938	5608	92.5
<b>VARIETE HYBRIDE HC ET TEMOIN HYBRIDE HT</b>														
HC	129.7	192.8	2.08	81.5	8.9	6.4	54.2	20.4	10.1	13.2	0.67	860	4704	89.5
HT	176.4	245.8	1.87	91.0	8.6	6.7	57.0	19.4	12.6	22.0	0.72	880	5306	94.1

**Tableau No 3-9** . Valeurs des descripteurs végétatifs et de la panicule pour chaque variété. Groupes de variétés définis à partir des descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épi (Plan 1-2 AFD Figure No 3-12 et Classification hiérarchique Figure No 3-11). Codes des variétés (Tableau No 3-1), Définition des descripteurs (Tableau No 3-2).

VARIETE	HGR	LGR	EGR	DEP	DRA	LEP	RGS	PEP	PRA	PGR	%GR	P1G	PQL	RAR
<b>BLANCO</b>														
B	1.04	1.13	0.40	3.96	2.13	17.9	8.7	139.7	19.7	120.0	85.8	0.42	204	1.5
<b>VARIETES DE CYCLE INTERMEDIAIRE + NX</b>														
P	0.98	1.08	0.39	3.86	2.21	17.8	8.7	128.4	18.7	109.6	85.3	0.38	213	0.0
AA	0.98	1.00	0.39	3.86	2.18	17.3	9.8	126.1	19.8	106.2	84.1	0.33	212	5.0
N	0.97	0.97	0.37	3.86	2.17	17.0	10.0	123.1	18.1	105.0	85.2	0.31	211	37.0
AT	1.01	0.99	0.38	3.87	2.12	16.4	9.6	122.9	17.5	105.4	85.7	0.35	215	0.0
NX	0.98	1.00	0.38	3.96	2.35	17.6	10.2	126.4	23.1	103.2	81.7	0.31	203	13.3
<b>TABLONCILLO et CHIANQUIAHUITL</b>														
T	1.03	0.95	0.33	3.59	1.80	15.6	9.3	103.8	12.0	91.8	88.4	0.29	205	8.9
C	1.03	0.85	0.34	3.89	2.06	16.1	11.7	125.6	17.6	108.0	85.9	0.27	209	12.4
<b>VARIETES DE CYCLE LONG INTRODUITES</b>														
H	1.04	0.91	0.37	4.16	2.28	16.5	11.9	140.5	22.0	118.5	84.2	0.30	211	35.5
AR	1.07	0.92	0.36	4.37	2.48	16.7	12.6	158.4	26.2	132.3	83.3	0.32	206	16.3
EG	1.08	0.93	0.36	4.44	2.56	16.4	12.4	158.4	26.2	132.2	83.2	0.32	208	24.4
A	1.05	0.99	0.38	4.41	2.56	17.3	11.3	163.7	27.3	136.3	83.3	0.36	205	2.2
G	1.11	0.94	0.36	4.60	2.67	17.5	12.7	180.6	30.1	150.5	83.4	0.34	202	4.5
<b>VARIETE HYBRIDE ENANO</b>														
E	1.01	0.89	0.40	4.45	2.66	16.1	13.4	159.7	29.7	129.9	81.4	0.31	216	0.0
<b>VARIETE HYBRIDE HC ET TEMOIN HYBRIDE HT</b>														
HC	0.94	0.82	0.40	4.53	2.98	15.6	15.0	137.0	30.8	106.2	76.4	0.27	206	0.0
HT	1.03	0.88	0.36	4.51	2.70	15.3	13.7	153.1	29.0	124.1	80.8	0.30	211	1.8

Tableau No 3-10 . Valeurs des descripteurs d'épis pour chaque variété. Groupes de variétés définis à partir des descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épis (Plan 1-2 AFD Figure No 3-12 et Classification hiérarchique Figure No 3-11). Codes des variétés (Tableau No 3-1), Définition des descripteurs (Tableau No 3-3).

### Les variétés Chianquiahuitl (C) de cycle long et Tabloncillo (T) de cycle court

Ces deux variétés sont des représentants de la race Tabloncillo et en possèdent les caractéristiques.

La variété Chianquiahuitl se différencie des variétés de cycle long introduites par :

- \* une talle fine et des feuilles étroites et plus courtes comme les variétés de cycle plus court;
- \* le même nombre moyen de feuilles que les variétés de longueur de cycle intermédiaire ;
- \* un épi et une rafle plus légers et de plus faible diamètre et corrélativement un grain un peu moins large et moins épais ; c'est la variété dont le poids de 1 grain est le plus faible ;

La variété Tabloncillo ressemble plus aux autres variétés de cycle court et en particulier à la variété Blanco en ce qui concerne la hauteur de plante ou le nombre de rangs et la largeur du grain. Cette variété présente les épis les plus fins et les plus légers ainsi que le diamètre de talle le plus faible et la feuille la moins développée de toutes les variétés étudiées.

Les variétés de cycle long introduites Argentino (AR), Amarillo (A), Enano Gigante (EG), Guino (G) et Híbrido (H) sont caractérisées par :

- \* des plantes plus hautes ayant également un épi inséré plus haut par rapport au sol ;
- \* une talle plus épaisse et des feuilles plus larges et plus longues ;
- \* un plus grand nombre de feuilles au dessus de l'épi.
- \* une panicule plus ramifiée ;
- \* des épis et des rafles plus épais et plus lourds ;
- \* des épis à plus grand nombre de rangs de grains plus fins moins larges et moins épais ;

La variété Híbrido (H) se démarque légèrement des autres variétés et possède des caractéristiques plus proches de la variété Chianquiahuitl que les autres variétés de cycle long.

La variété hybride Enano (E) est relativement proche des précédentes mais est plus basse et possède un grain plus petit disposé sur plus de rangs.

La variété hybride HC (2de génération de la variété T47) est caractérisée par une plante basse à diamètre épais, feuille large et panicule peu développée. Les épis sont de fort diamètre comme la rafle et les grains petits disposés sur un grand nombre de rangs.

Toutefois, au delà des particularités que l'on a peut attribuer à chacun des 6 groupes de variétés, ces associations de variétés en groupes définis traduisent une structuration de la diversité autour de différents facteurs.

## 1.4 - STRUCTURATION DE LA DIVERSITE

### 1.4.1 - Structuration selon trois critères

La répartition des cultivars sur le plan 1-2 de l'AFD (*figure 3-12*), la classification obtenue à partir de l'information fournie par les cinq axes (*figure 3-11*) et différents graphiques faisant intervenir les descripteurs fortement corrélés entre eux et importants pour la distinction entre variétés (*figures 3-14 à 3-18*) illustrent l'importance de certains facteurs pour la structure de la diversité phénotypique des variétés cultivées dans le bassin versant de Cuzalapa :

1) - **Les variétés de cycle court s'opposent aux variétés de cycle long** selon l'axe 1 de l'AFD. Cette opposition se fait selon deux modalités :

a) - Les lots de semences s'organisent selon un continuum. Les descripteurs ont une variation continue liée à la longueur du cycle des lots de semences ce qui est illustré sur la *figure 3-14* représentant la longueur de l'épi (LEP) en fonction de la largeur du grain (LGR). Le même type de graphique serait obtenu pour le nombre de ramifications de la panicule (RM) en fonction de la hauteur de plante (HPL).

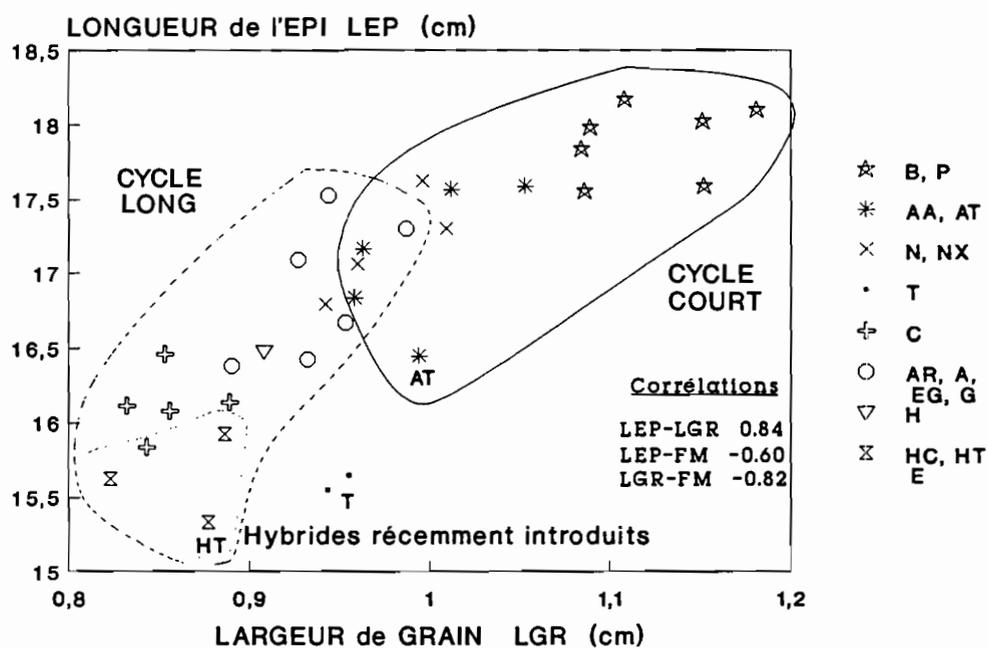
b) - Les lots de semences se séparent en deux groupes distincts.

On peut observer cette opposition sur les graphiques représentant :

\* La hauteur d'insertion de l'épi HEP en fonction de la hauteur de plante HPL (*figure 3-15*). Les lots de semences des variétés de cycle court ont un rapport HEP/HPL moyen de 0.62 contre 0.71 pour les variétés de cycle long. Les deux variétés hybrides récemment introduites HC et E et la variété témoin HT répondent à la même logique que les autres variétés de cycle long. Par ailleurs, les variétés de longueur de cycle intermédiaire semblent établir un "pont" entre les deux groupes, certains lots de semences des variétés Amarillo Ancho (AA) et Negro (N) étant associés aux variétés de cycle long, d'autres aux variétés de cycle court.

\* Le nombre de rangs de grains RGS en fonction de la hauteur de plante HPL (*figure 3-16*). Si l'on exclut les variétés hybrides récemment introduites HC, E et HT (témoin) qui témoignent de la sélection des variétés hybrides pour une faible hauteur de plante, l'opposition est marquée entre les variétés de cycle court (moyenne HPL 225cm, RGS 9) auxquelles s'associent la variété NX et les variétés de cycle long (moyenne HPL 265cm, RGS 12).

2) **Les variétés de la race tabloncillo ou assimilée s'opposent aux autres variétés de cycle long introduites**. S'opposent un groupe formé par les variétés locales et les variétés de pays AT et NX introduites de la race Tabloncillo ou assimilée et celui composé des autres variétés, situés respectivement au dessus ou au dessous de la diagonale reliant le coin supérieur gauche au coin inférieur droit du plan 1-2 de l'AFD (*figure 3-12*).

**OPPOSITION VARIETES DE CYCLE LONG / VARIETES DE CYCLE COURT**

**Fig. No 3-14.** Longueur de l'épi LEP en fonction de la largeur de grain LGR. Données moyennes par lot de semences.

**OPPOSITION VARIETES DE CYCLE LONG / VARIETES DE CYCLE COURT**

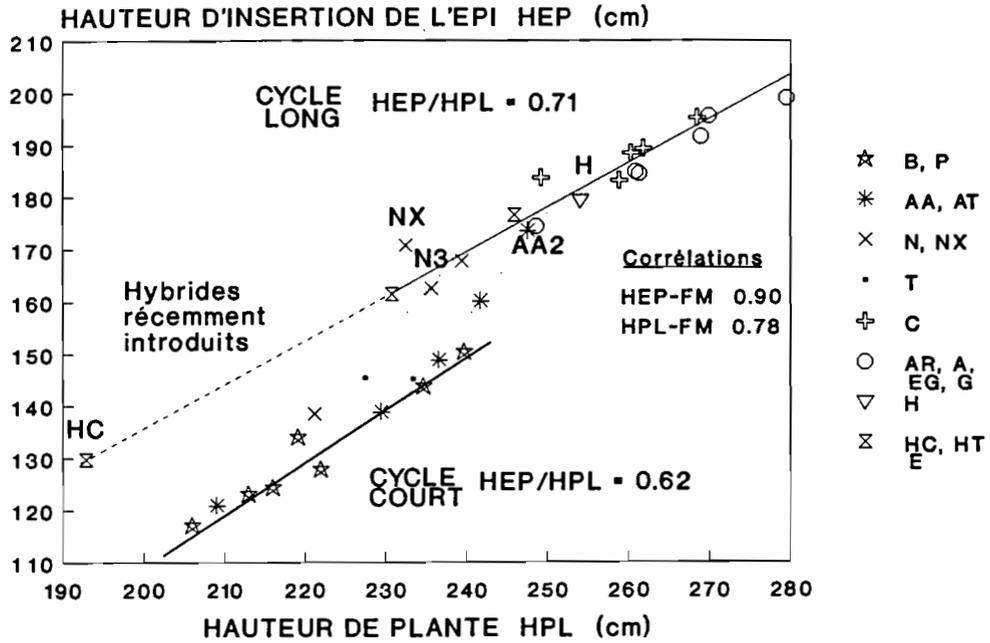


Fig. No 3-15. Hauteur de l'épi HEP en fonction de la hauteur de plante HPL. Données moyennes par lot de semences.

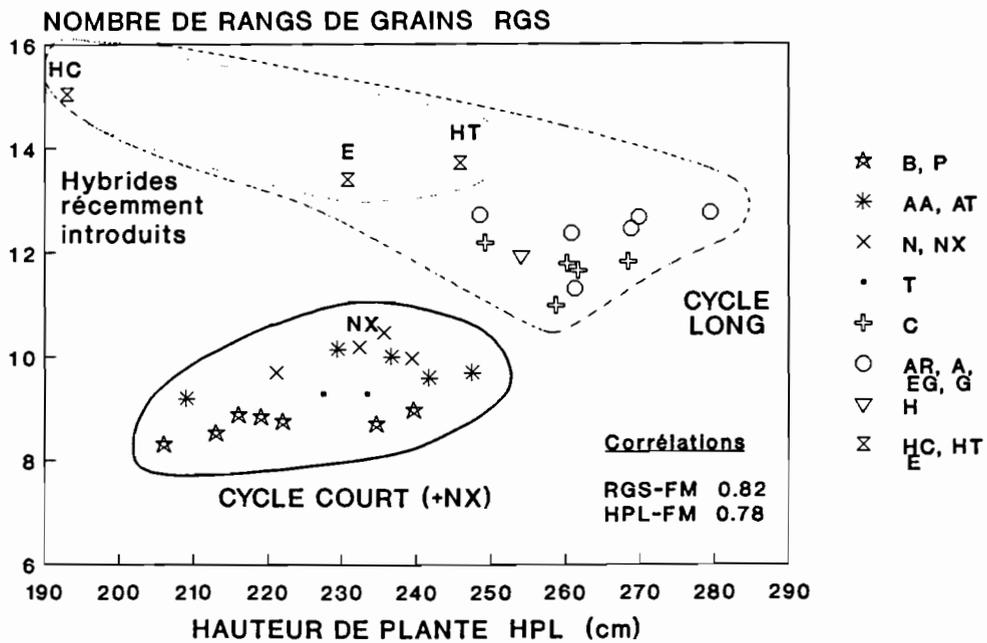


Fig. No 3-16. Nombre de rangs de grains RGS en fonction de la hauteur de plante HPL. Données moyennes par lot de semences.

**OPPOSITION RACE TABLONCILLO / AUTRES RACES**

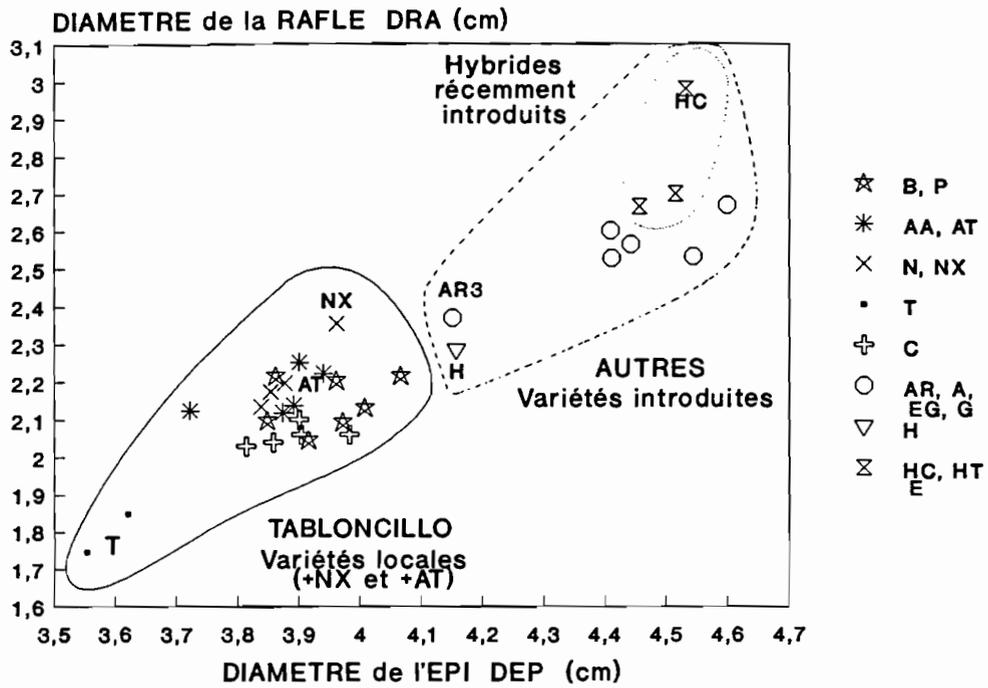


Fig. No 3-17. Diamètre de la rafle DRA en fonction du diamètre de l'épi DEP. Données moyennes par lot de semences.

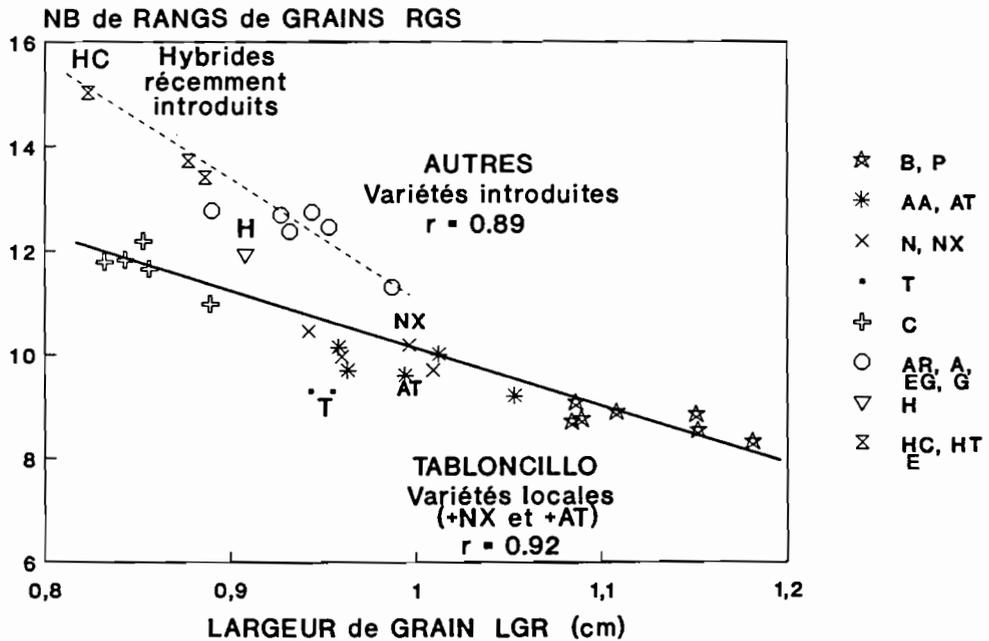


Fig. No 3-18. Nombre de rangs de grains RGS en fonction de la largeur de grains LGR. Données moyennes par lot de semences.

Cette opposition est marquée dans les relations entre :

\* Le diamètre de rafle DRA et le diamètre de l'épi DEP (*figure 3-17*). La variété Tabloncillo (T) est celle qui présente les épis les plus fins (DEP 3.6cm, DRA 1.8cm), viennent ensuite les autres variétés locales associées aux variétés introduites AT et NX (DEP 3.8cm, DRA 2.2cm) puis les variétés introduites de cycle long (DEP 4.5cm, DRA 2.6cm).

\* Le nombre de rangs de grains RGS et la largeur de grain LGR (*figure 3-18*) (même type de graphique pour le nombre de feuilles NBF en fonction de la hauteur de plante HPL). Les coefficients de corrélation au sein de chaque groupe sont très significatifs.

3) Les variétés hybrides récemment introduites s'individualisent au sein du groupe des variétés de cycle long ou de celui des variétés introduites en présentant des valeurs extrêmes pour certains descripteurs, en particulier la variété HC (*figures 3-11, 3-14 à 3-18*).

La diversité des variétés de maïs cultivées à Cuzalapa est donc structurée en fonction de trois facteurs :

- 1) LA LONGUEUR DE CYCLE DES VARIETES
- 2) L'ORIGINE GENETIQUE OU RACIALE DES VARIETES
- 3) L'ORIGINE GENETIQUE DES VARIETES INTRODUITES ET/OU LE TEMPS DE PRESENCE DANS LE BASSIN VERSANT .

Le poids de la longueur de cycle dans la structuration de la diversité est spécialement mis en évidence dans le continuum que l'on peut observer entre les variétés locales.

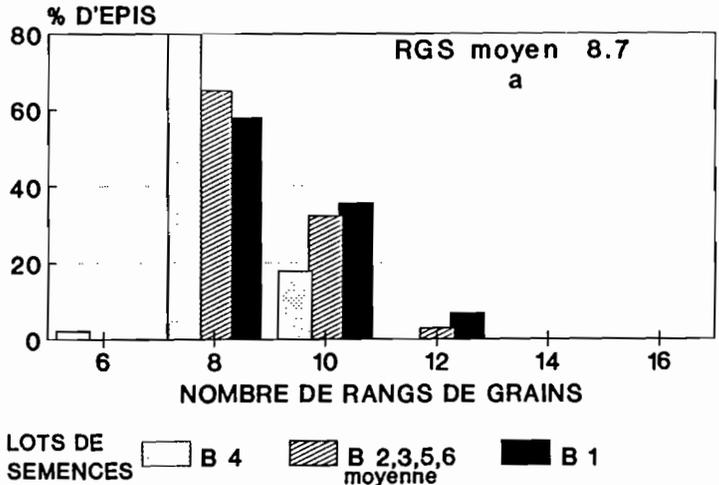
#### **1.4.2 - Continuum entre les variétés locales :**

**Blanco, Perla - Amarillo Ancho, Negro - Chianquiahuitl**

##### ***1.4.2.1 - Continuum phénotypique***

Ce continuum phénotypique (variation régulière des descripteurs) est observable sur le plan 1-2 de l'AFD (*figure 3-12*). Les variétés Blanco (B) et Perla (P) de cycle court s'opposent à la variété Chianquiahuitl (C) de cycle long, les variétés de couleur Amarillo Ancho (AA) et Negro (N) se situant en position intermédiaire. Ainsi, la variété Chianquiahuitl qui s'associe aux variétés de cycle long (par opposition aux variétés précoces) (*figures 3-14, 3-15 et 3-16*) forme en fait un continuum avec les variétés locales (*figure 3-18*).

VARIETE BLANCO



VARIETE AMARILLO ANCHO

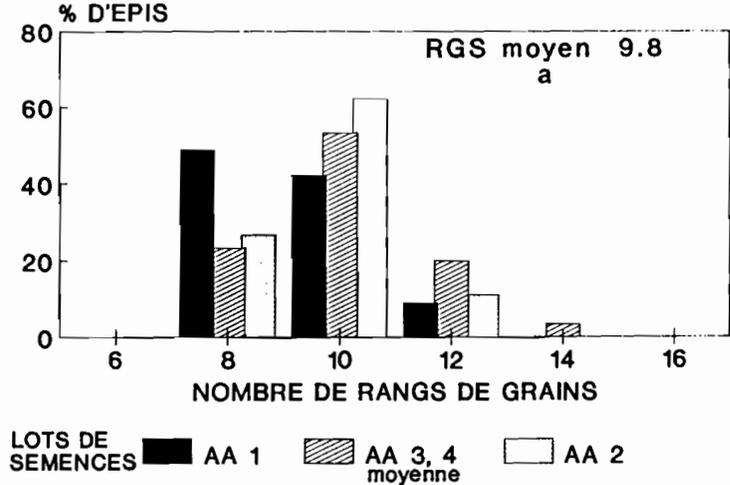
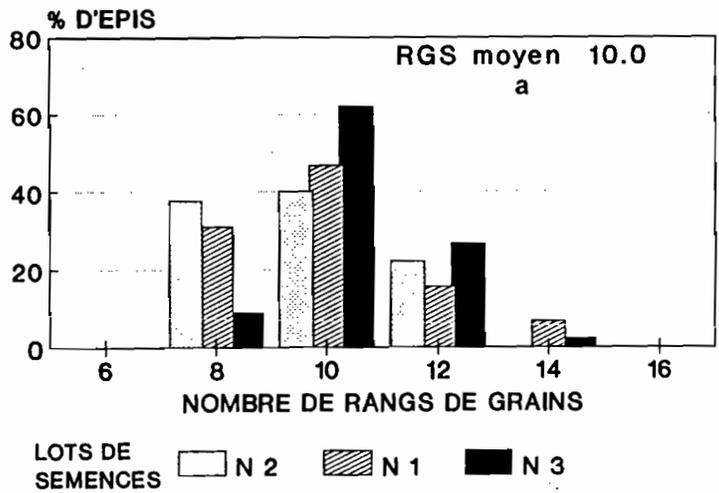
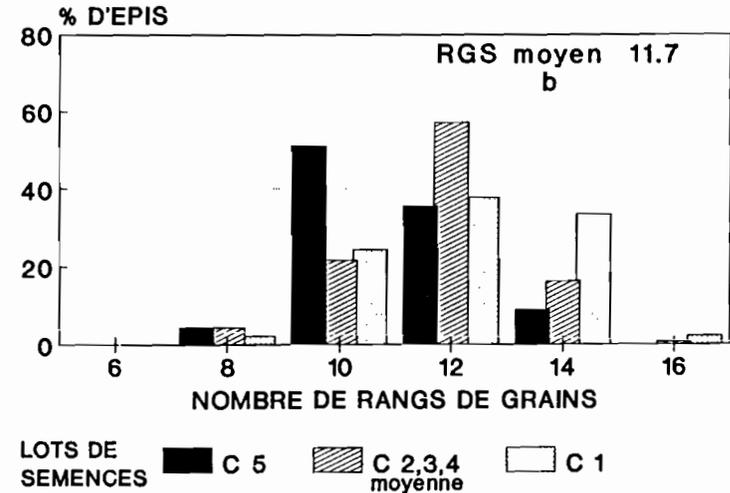


Fig. No 3-19. Structure des lots de semences des variétés Blanco, Amarillo Ancho, Negro et Chianquiahuitl pour le nombre de rangs de grains RGS.

VARIETE NEGRO



VARIETE CHIANQUIAHUITL



B4	A
B2,3,5,6	AB
B1	ABC
AA1	BCD
N2	CDE
N1	CDEFG
AA2	DEF
AA3,4	EFG
N3	FG
C5	G
C2,3,4	H
C1	H

Comparaison des distributions par le test de Kolmogorov-Smirnov

Ce continuum entre variétés est en fait la conséquence d'un continuum entre lots de semences (voir par exemple *figure 3-18*). Très lié à la date de floraison mâle, il est le fait de provenances dont la structure est intermédiaire entre deux variétés.

Ce continuum peut être illustré, par exemple, par le nombre de rangs de grains par épis (RGS) (*figure 3-19*).

Les variétés Blanco et Amarillo Ancho n'ont pas un nombre moyen de rangs de grains par épi significativement différent. Cependant, la structure des différents lots de semences étant très variable dans une variété, la différence est très significative entre les lots B2, 3, 4, 5 et 6 caractérisés par 2 à 4 fois plus d'épis à 8 rangs qu'à 10 rangs et les lots AA2, 3 et 4 qui présentent de 2 à 3 fois plus d'épis à 10 rangs qu'à 8 rangs. Ce sont les lots B1 (le plus tardif de la variété Blanco) et AA1 (le plus précoce de la variété Amarillo Ancho) qui établissent le lien entre les deux variétés.

A l'opposé, les variétés Negro et Chianquiahuitl sont significativement différentes pour le nombre moyen de rangs de grains. Néanmoins la structure des lots N3 et C5 est très similaire. Ces deux lots semblent établir le lien entre ces deux variétés.

Le lien entre la structure phénotypique et la longueur de cycle est particulièrement frappante chez les variétés Amarillo Ancho et Negro. Les lots de semences AA2 et N3, les plus tardifs de ces variétés de longueur de cycle intermédiaire, se trouvent par exemple associés aux variétés de cycle long sur la *figure 3-15* représentant la hauteur d'insertion de l'épi en fonction de la hauteur de plante contrairement à d'autres lots plus précoces et associés aux variétés de cycle court. Ces lots ont également les caractéristiques les plus proches de la variété Chianquiahuitl de cycle long : floraison plus tardive, meilleur groupement des floraisons ([25-75]), plante plus développée, etc. Il faut de plus indiquer que ces deux lots et le lot C5 de la variété Chianquiahuitl ont été obtenus chez le même producteur qui reconduit régulièrement ses propres semences sur la même parcelle. **Se pose la question des mécanismes à l'origine d'une telle structuration** : physiologie du maïs, sélection paysanne des semences, échanges génétiques entre variétés...?

#### ***1.4.2.2 - Continuum génétique***

L'observation des fréquences alléliques révélées par électrophorèse montre que ce continuum est également génétique pour certains loci.

Sur les 15 loci analysés, 5 se sont révélés monomorphes pour toutes les variétés : CPX-2, CPX-3, GDH-3, GOT-2 et PGM-1. Les autres loci ont présenté entre 2 et 5 allèles (*figure 3-20*). Les quatre variétés ont présenté des caractéristiques très similaires en ce qui concerne les paramètres du polymorphisme enzymatique : le nombre moyen d'allèles par locus polymorphe varie de 2.9 à 3.5, les 2/3 des loci sont polymorphes et l'indice de diversité génétique varie de 0.344 à 0.390 (*tableau 3-11*).

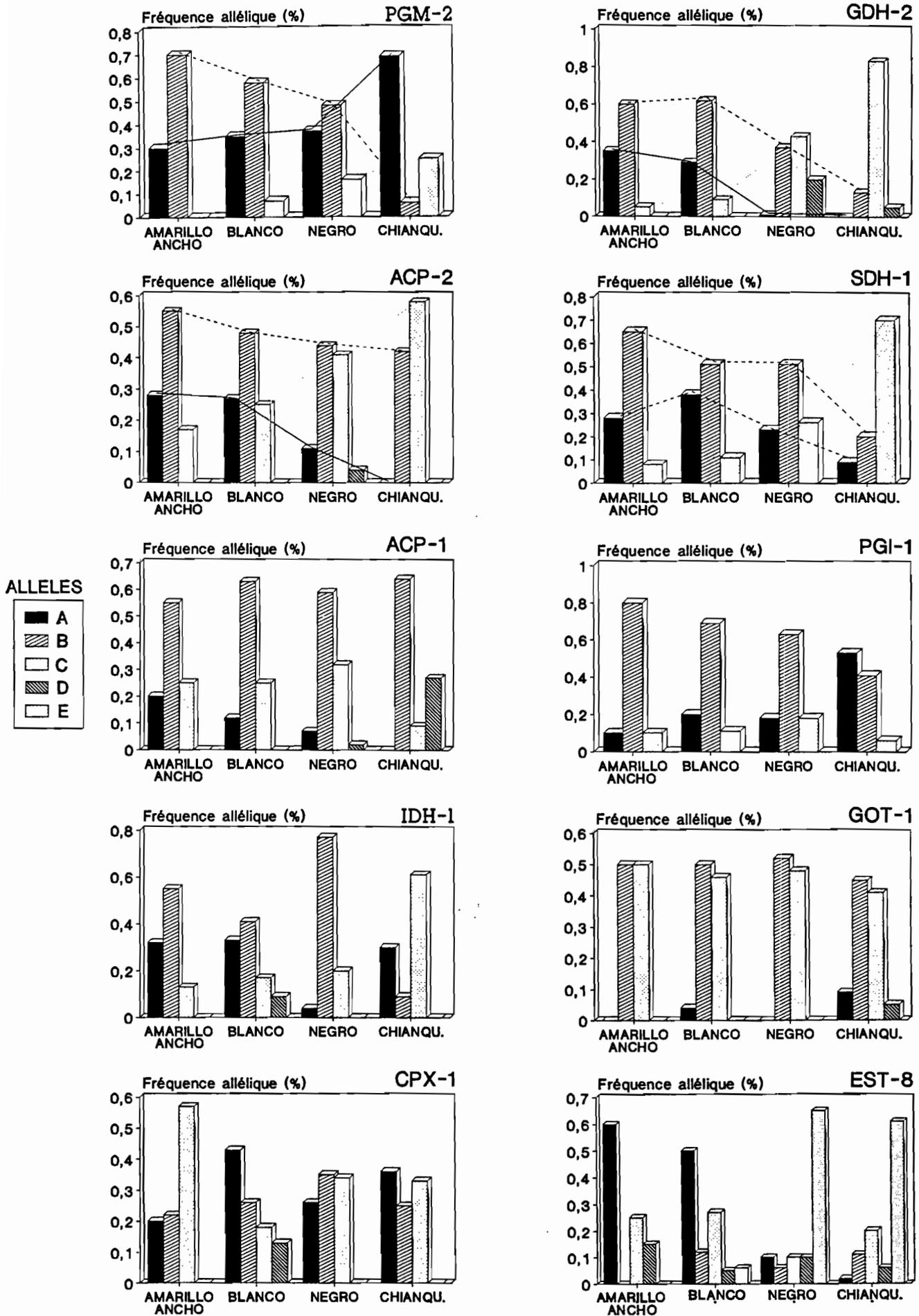


Figure No 3-20 . Fréquences alléliques des 10 loci polymorphes pour les variétés Blanco (B), Amarillo Ancho (AA), Negro (N) et Chianquiahuitl (C).

Variété	Taille échantillon	Nombre moyen d'allèles par locus polymorphe (écart-type)	Nombre d'allèles rares (fréquence inférieure à 5%)	Pourcentage de loci polymorphes (seuil 95%)	Diversité génétique
Blanco	42	3.4 (0.7)	2	66.7	0.390
Amarillo Ancho	20	2.9 (0.6)	1	66.7	0.344
Negro	41	3.5 (0.3)	5	66.7	0.380
Chianquiahuitl	32	3.3 (0.3)	3	66.7	0.345

Tableau No 3-11 . Paramètres du polymorphisme enzymatique pour les 4 variétés étudiées.

Nombre d'allèles par locus polymorphe =

$$\frac{\text{Nombre total d'allèles des loci polymorphes}}{\text{Nombre de loci polymorphes}}$$

Nombre d'allèles rares = nombre d'allèles dont la fréquence est inférieure ou égale à 5%

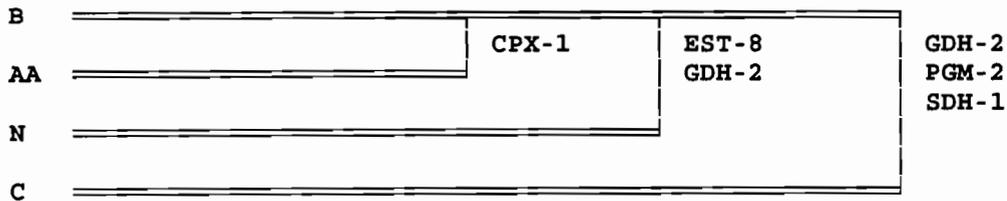
Nombre de loci polymorphes = nombre de loci dont l'allèle le plus fréquent est à une fréquence inférieure à 95%

Diversité génétique =

$$\frac{\text{Nombre de loci étudiés (poly ou monomorphes)} - \Sigma (\text{fréquences alléliques})^2}{\text{Nombre de loci étudiés (polymorphes ou monomorphes)}}$$

	B	AA	N	C
B	0	7645	12236	17467
AA	7645	0	12512	19304
N	12236	12512	0	13480
C	17467	19304	13480	0

**Tableau No 3-12** . Distances du Khi-2 entre les quatre variétés locales Blanco (B), Amarillo Ancho (AA), Negro (N) et Chianquiahuitl (C), calculées sur les fréquences alléliques observées des loci polymorphes ACP-1, ACP-2, CPX-1, EST-8, GDH-2, GOT-1, IDH-2, PGI-1, PGM-2 et SDH-1.



**Figure No 3-21** . Classification ascendante hiérarchique à partir des distances du Khi-2 calculées sur les fréquences alléliques des 10 loci polymorphes (tableau No 3-12). Loci les plus impliqués dans les distinctions entre groupes de variétés.

Les distances du khi-2 calculées à partir des fréquences alléliques des loci polymorphes des quatre variétés (*tableau 3-12*) et la classification ascendante hiérarchique qui en découle (*figure 3-21*) mettent clairement en évidence le continuum Blanco - Negro - Chianquiahuitl que nous avons détecté au niveau phénotypique, pour les loci PGM-2, ACP-2, SDH-1 et GDH-2 (*figure 3-20*). Par contre, la variété Amarillo Ancho semble, contrairement à ce qui a été observé d'un point de vue phénotypique, se situer en amont de ce continuum plutôt qu'entre les variétés Blanco et Negro. Les lots analysés par électrophorèse ne correspondant pas aux lots observés dans l'essai "Collection de variétés", il est difficile d'en donner l'explication. Cette situation pourrait être due à un lot de la variété Amarillo Ancho introduit dans le bassin versant lors d'un cycle de culture récent ou à un lot plus précoce que celui de la variété Blanco.

En tout état de cause, les variétés Blanco et Amarillo Ancho sont proches d'un point de vue génétique et se différencient surtout pour le locus CPX-1. Les loci EST-8 et GDH-2 différencient les variétés Blanco et Amarillo Ancho des variétés Negro et Chianquiahuitl alors que GDH-2, PGM-2 et SDH-1 distinguent les variétés de cycle court (B AA et N) de la variété Chianquiahuitl (*figure 3-21*).

**Le continuum phénotypique observé entre les variétés locales se retrouve donc également au niveau génétique pour 4 des 10 loci polymorphes analysés.**

Cette situation permet de faire l'hypothèse soit d'une liaison physiologique entre les enzymes codées par les différents allèles des loci PGM-2, ACP-2, SDH-1 et GDH-2 et la longueur de cycle des variétés, soit, si l'on considère l'hypothèse "neutraliste", de flux génétiques préférentiels entre variétés de longueur de cycle peu différente.

Nous discuterons de l'interprétation de ce continuum phénotypique et génétique dans la *Troisième Partie* à la lumière des résultats de la *Seconde Partie* consacrée à la gestion de la diversité.

## **1.5 - VARIABILITE A LA SUITE DES AUTOFECONDATIONS**

### **1.5.1 - Dépression de consanguinité**

Quel que soit le lot de semences considéré, la productivité par famille S1 (nombre d'épis EPI, poids moyen d'un épi PEP et le poids total d'épis RDT), la hauteur de plante (HPL) et d'insertion de l'épi (HEP) et le diamètre de la talle (DIA) des parents sont toujours supérieurs ou équivalent à ceux de la famille S1 (ligne) la plus productive, ce qui indique une **perte importante de vigueur due à l'autofécondation** (*tableaux A3-12 et A3-13 en annexe*).

La dépression de consanguinité calculée entre la valeur moyenne des familles S1 et la valeur pour le parent est surtout importante pour le tallage (73.3%), le poids d'un épi (52.1%) et le rendement (62.6%) (*tableau 3-13*). Les niveaux de dépression de consanguinité sont de même ordre de grandeur que ceux obtenus par GARNIER-GERE (1992) en moyenne sur 10 populations de maïs (8 populations

	HEP	HPL	E/P	DIA	LAF	NBF	LEV	JIL	TAL	FM	RGS	EPI	PEP	RDT
AA2	26.1	18.4	9.7	21.3	9.8	2.9	16.1	-5.6	73.3	5.7	6.3	25.1	53.5	64.6
N2	17.2	18.4	-2.8	16.8	11.0	10.2	-23.0	-27.5	78.5	-3.8	-	9.1	40.9	45.5
B2	22.3	21.0	0.8	15.5	22.7	4.3	-2.1	-12.7	72.7	-5.8	-0.8	21.2	53.6	63.7
B3	13.6	15.6	-2.9	6.6	10.9	4.8	-2.9	-10.4	75.4	-4.5	3.4	28.0	46.9	60.8
B5	15.9	10.5	5.5	15.9	17.9	3.4	8.0	11.1	81.5	-4.8	-5.8	30.7	49.1	66.3
P	17.0	12.7	6.0	21.7	22.7	5.0	-24.5	6.7	76.3	-7.3	7.5	25.9	57.1	67.9
T2	12.3	13.3	-1.3	8.7	13.0	17.2	-5.7	-20.5	60.8	1.8	-0.6	20.4	58.5	67.0
A	18.9	16.6	3.0	11.6	10.1	0.9	-20.0	-9.4	67.0	-2.9	4.3	11.5	44.2	51.6
AR3	11.2	10.2	2.0	14.1	19.1	4.2	11.8	15.9	90.1	-6.9	10.8	32.2	58.5	70.9
C1	12.1	15.9	-4.3	10.8	4.2	8.5	12.9	-14.8	46.2	3.9	5.5	22.0	58.2	67.7
C2	14.0	9.6	4.1	14.0	13.7	1.6	18.8	14.4	84.8					
AT	7.8	9.4	-2.0	12.0	13.2	7.9	-6.7	-12.8	47.0					
EG	19.5	15.6	4.5	15.2	16.3	6.8	10.1	2.4	82.2					
H	16.6	15.0	2.2	9.2	11.1	9.0	21.1	6.3	72.2					
E	22.2	16.0	7.0	13.9	18.2	-6.0	2.2	8.0	91.0					
Moy.	16.4	14.6	2.1	13.8	14.3	5.3	1.1	-3.3	73.3	-2.5	3.3	22.8	52.1	62.6

**Tableau No 3-13** . Dépression de consanguinité entre les lots de semences parents et les familles S1. Pour chaque lot de semences et chaque descripteur, ce taux a été déterminé selon la formule : 
$$\frac{\text{Valeur du descripteur dans la population parent} - \text{Valeur moyenne du descripteur entre familles S1}}{\text{Valeur du descripteur dans la population parent}} * 100$$
 (Valeurs non disponibles pour le nombre de plantes par ligne (PL), pour le nombre d'épis par plante (EPL) ni pour la variété Hybride commercial HC).

	HEP	HPL	E/P	DIA	LAF	NBF	LEV	JIL	TAL	PL	FM	RGS	EPI	EPL	PEP	RDT
AA2	10.1	9.0	7.5	7.8	10.0	8.4	29.7	17.2	121.8	31.4	6.7	6.6	41.1	29.5	26.8	48.8
N2	15.2	10.8	9.2	9.8	10.2	8.9	17.2	17.8	137.1	23.7	5.7	-	35.5	26.4	26.2	44.5
B2	11.0	9.2	8.2	8.0	7.8	7.3	17.5	17.0	188.3	20.6	5.6	8.0	23.5	18.4	19.1	30.7
B3	8.5	6.1	6.7	6.0	10.0	7.0	13.4	18.9	140.1	22.6	5.2	10.7	28.3	18.9	24.0	39.8
B5	12.3	6.7	8.5	12.9	14.8	8.8	27.2	13.2	122.8	16.3	5.1	13.1	25.8	24.8	19.8	24.4
P	14.3	9.3	7.6	9.4	10.9	5.6	11.9	13.4	127.0	19.1	6.7	8.9	40.4	54.9	17.4	43.5
T2	9.3	7.8	6.0	8.1	11.5	6.5	11.4	13.3	103.9	18.4	5.7	7.6	21.3	26.4	22.7	30.8
A	12.5	9.3	6.0	8.8	8.6	9.2	13.1	14.4	192.8	18.2	4.6	11.0	24.3	27.6	21.6	33.5
AR3	15.1	9.9	7.3	8.8	9.4	7.2	29.5	14.3	149.6	30.3	5.4	11.8	30.3	15.7	24.8	47.1
C1	11.1	9.0	9.0	7.1	12.7	11.5	13.2	16.3	123.0	14.3	4.0	13.4	24.7	19.2	13.3	23.3
C2	8.5	6.8	5.2	6.7	10.4	4.8	18.6	11.3	122.9	30.4						
AT	8.8	4.2	7.7	8.2	10.4	7.5	16.8	15.6	90.8	16.0						
EG	8.4	8.2	6.3	6.8	8.5	10.7	17.2	8.2	118.8	29.2						
H	15.7	9.6	7.5	6.6	8.2	6.7	22.7	9.4	97.0	15.5						
E	12.6	8.1	7.5	6.3	8.5	8.4	8.9	12.3	177.7	20.9						
HC	19.7	14.2	9.4	10.4	11.9	6.9	27.5	16.2	142.3	24.4						
Moy.	12.7	8.6	7.5	8.2	10.1	7.8	18.5	14.3	134.7	21.7	5.5	10.1	29.5	26.2	21.6	36.6

**Tableau No 3-14** . Coefficients de variation entre familles S1 des lots de semences autofécondés. Pour chaque lot de semences et chaque descripteur le coefficient est déterminé selon la formule :

$$\frac{\text{Valeur moyenne des valeurs du descripteur par famille S1} * 100}{\text{Ecart-type du descripteur entre les familles}}$$

paysannes d'Europe ou du Chili et 2 populations synthétiques) entre les valeurs en croisement pour deux testeurs et les familles S1 : -2.1% (-2.5% à Cuzalapa) pour la floraison mâle, 20.9% (14.6%) pour la hauteur de plante, 26.9% (16.4%) pour la hauteur d'insertion de l'épi et 59.5% (62.6%) pour le rendement. Comme dans son cas, les dépressions de consanguinité sont de même ordre de grandeur pour les variétés d'origine paysanne et les variétés améliorées.

### **1.5.2 - Variabilité entre familles S1**

L'analyse de la variance hiérarchisée à deux facteurs (Facteur 1 : Variété, Facteur 2 : Lot de semences dans la variété) sur les données productives et sur les descripteurs végétatifs et d'épis indique que quel que soit le descripteur considéré, la variabilité entre les familles S1 (lignes) d'un même lot de semences est très forte et représente entre 45 et 90% de la variation totale (*tableau 3-15*). Les 15 lots de semences étudiés, y compris les deux variétés hybrides les plus récemment introduites (Hybride commercial HC et Enano E), présentent donc une diversité génétique interne importante.

#### ***1.5.2.1 - Données productives***

La variabilité des données productives entre familles S1 est particulièrement frappante et représente entre 70 et 90% de la variation totale (*tableau 3-15*). Bien que la dépression de consanguinité soit forte pour les caractéristiques productives c'est pour ces caractéristiques que la variation entre les familles S1 d'un lot de semences est la plus forte avec des coefficients moyens de variation entre familles de 21.6% pour le poids d'un épi à 36.6% pour le rendement (*tableau 3-14*).

Malgré un démariage à un mois du semis, limitant l'effet de la levée sur la densité, la variabilité du nombre de plantes par ligne (PL) reste forte. De plus, les différences entre lignes en ce qui concerne le tallage à la floraison (TAL), le nombre de panouilles émettant leurs soies (JIL), le nombre d'épis par ligne (EPI), le nombre d'épis par plante (EPL) et le poids d'un épi (PEP) entraînent, dans le cas de certains lots de semences comme AA2, N2, P et AR3, des rapports de 1 à 10 entre lignes pour le rendement (RDT).

#### ***1.5.2.2 - Floraison, caractéristiques végétatives et d'épi***

La variabilité de la floraison, des caractéristiques végétatives et du nombre de rangs de grains est moins importante que les caractéristiques productives (*tableaux 3-14 et 3-15*).

Pour toutes les variétés, malgré des dates extrêmes de floraison très différentes (de 10 à plus de 15 jours entre la floraison de la famille la plus précoce et celle de la famille la plus tardive d'un lot autofécondé), la plupart des familles d'un même lot ont une floraison relativement groupée (le

	VARIATION ENTRE VARIETES		VARIATION ENTRE LOTS BLANCO		VARIATION ENTRE LOTS CHIANQUIAHUITL		VARIATION RESIDUELLE (FAMILLES)
	Fobs	% var.	Fobs	% var.	Fobs	% var.	% var.
	ddl	12	ddl	2	ddl	1	ddl 239
HEP	24.74 **	55.0%	1.64	0.6%	0.43	0.1%	44.3%
HPL	23.46 **	53.1%	1.07	0.4%	7.48 **	1.4%	45.1%
E/P	8.48 **	28.2%	7.63 **	4.2%	5.09 *	1.4%	66.2%
DIA	16.31 **	42.2%	14.38 **	6.2%	0.66	0.1%	51.5%
LAF	6.39 **	23.8%	3.06 *	1.9%	0.00	0.0%	74.3%
NBF	14.22 **	41.2%	0.54	0.3%	3.62	0.9%	57.6%
LEV	3.82 **	15.5%	5.53 **	3.7%	0.15	0.1%	80.7%
JIL	2.47 **	10.6%	4.60 *	3.3%	3.22	1.2%	84.9%
TAL	2.19 *	9.8%	1.06	0.8%	0.94	0.4%	89.0%
PL	1.66	7.4%	2.94	2.2%	3.80	1.0%	89.4%

	VARIATION ENTRE VARIETES		VARIATION ENTRE LOTS BLANCO		VARIATION RESIDUELLE (FAMILLES)
	Fobs	% var.	Fobs	% var.	% var.
	ddl	7	ddl	2	ddl 169
FM	17.60 **	42.1%	0.21	0.1%	57.8%
RGS	(ddl 6) 24.94 **	55.5%	(ddl 2) 0.43	0.2%	(ddl 169) 44.3%
PEP	10.78 **	30.5%	1.55	1.2%	68.3%
EPI	3.90 **	13.8%	1.06	1.1%	85.1%
EPL	2.41 *	8.9%	1.64	1.7%	89.4%
RDT	2.28 *	8.6%	0.46	0.5%	90.9%

Tableau No 3-15. Analyse de la variance à deux facteurs hiérarchisés (modèle fixe) des descripteurs mesurés sur la descendance des épis autofécondés des 15 lots de semences (1er tableau) et des descripteurs mesurés sur la descendance des épis autofécondés des 10 lots de semences : B2, B3, B5, C1, AA2, A, AR3, P, T2 et N2 (2d tableau). RGS n'a pas été mesuré sur N2. Les grisés indiquent les descripteurs dont la variation est la plus forte pour chaque niveau de variation (entre variétés, entre lots ou résiduelle).

coefficient de variation se situe entre 4 et 6.7%) (*tableau 3-14*).

De même, le nombre moyen de rangs de grains est variable à l'intérieur de chaque ligne (une famille S1 peut présenter des épis de même nombre de rangs ou des épis dont le nombre de rangs varie du simple au double) et entre familles surtout pour les variétés de cycle long (8.6 à 13.4 rangs de grains pour A, 8.9 à 13.6 pour AR3, 8.7 à 14.9 pour C1) et pour les lots B3 (5.8 à 10.8) et B5 (6.7 à 10.9) de la variété Blanco (*tableaux A3-14 à A3-23 en annexe*). Le lot B3 a par exemple produit des épis dont le nombre de rangs de grains a varié de 4 à 14. Néanmoins le coefficient de variation entre lignes reste autour de 10%.

Le même phénomène s'observe pour les descripteurs de la partie végétative pour lesquels les coefficients de variation restent au dessous de 10%. C'est la hauteur d'insertion de l'épi (HEP) qui se montre le plus variable entre familles (*tableau 3-14*).

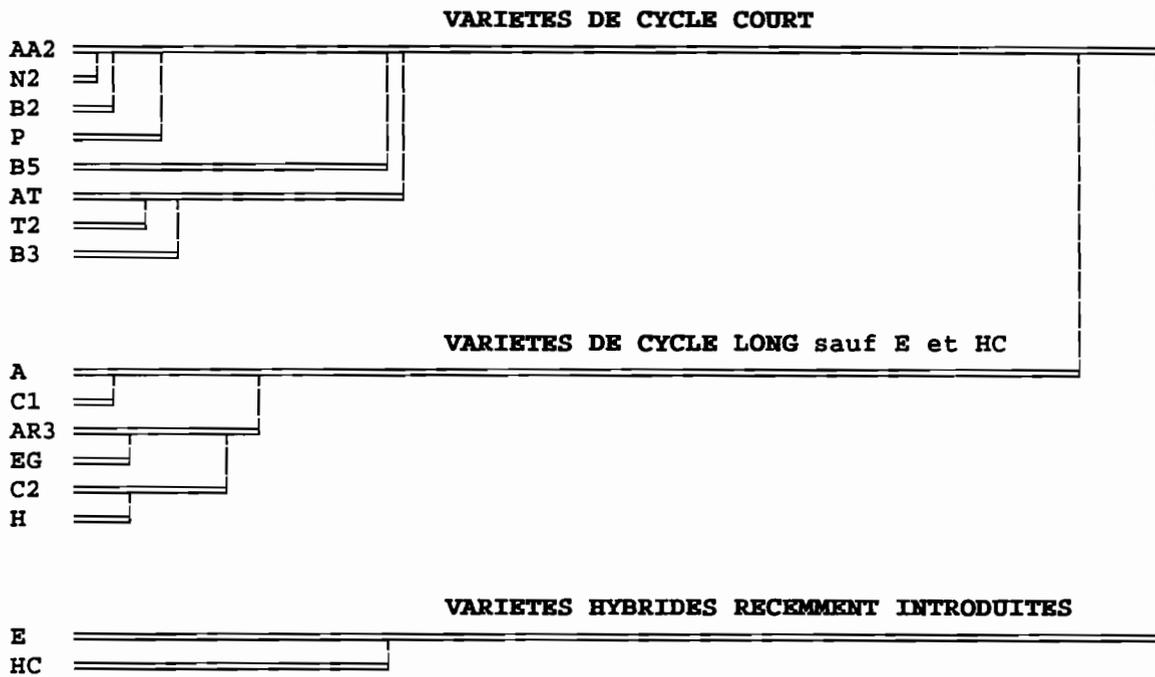
Les allèles qui codent pour la couleur d'un grain étant nombreux et ceux codant pour les couleurs foncées dominant sur ceux codant pour les couleurs plus claires, on constate une grande variabilité entre lignes pour les variétés à grains colorés : Amarillo Ancho, Amarillo et Negro. La palette de couleurs est légèrement différente pour les deux variétés à grains jaunes. On observe quelques variations autour des couleurs crème, fumé ou jaune clair dans les variétés à grains blancs, surtout pour le lot C1 de la variété Chianquiahuitl (*tableau A3-21 en annexe*).

**Cette étude par autofécondation confirme donc le fait que les variétés locales et introduites ont un niveau de variabilité génétique équivalent. Les coefficients de variation faibles entre lignes pour les descripteurs tels que la hauteur de plante (HPL), le diamètre de la talle (DIA), le nombre de feuilles (NBF), le nombre de rangs de grains (RGS) et surtout la floraison (FM) tendent à indiquer que les variétés sont génétiquement peu variables pour ces caractéristiques ce qui justifie leur importance pour l'identification des variétés. D'autre part, les fortes différences entre familles extrêmes indiquent un potentiel pour la sélection massale de ces variétés surtout en ce qui concerne leur potentiel de production.**

### **I.5.3 - Groupes de variétés après autofécondation**

La classification ascendante hiérarchique sur les moyennes pondérées des distances euclidiennes calculées à partir des coordonnées des centres de gravité des lots de semences autofécondés sur les cinq premiers axes d'une AFD sur les descripteurs mesurés sur tous les lots permet de distinguer nettement les variétés de cycle court (B, AA, N, AT, P et T), les variétés de cycle long (A, AR, C, EG et H) et les variétés améliorées les plus récemment introduites (E et HC) (*figure 3-22*). Ce sont les hauteurs de plante et d'épi (HPL, HEP), le diamètre de la talle (DIA), le nombre de feuilles (NBF) et la largeur de la feuille (LAF) pour lesquels entre 25 et 55% de la variation totale réside entre variétés (*tableau 3-15*) qui discriminent les différents groupes.

Classification des lots de semences autofécondés  
 à partir des données moyennes par famille S1 des descripteurs  
 DIA, HPL, HEP, E/P, LAF, NBF, TAL, JIL, LEV et PL



**Figure No 3-22 .** Classification hiérarchique ascendante en fonction des moyennes des distances euclidiennes pondérées calculées à partir des coordonnées des lots de semences autofécondés sur les cinq premiers axes de l'AFD.

La comparaison de la *figure 3-11* (p.70, classification des variétés) et de la *figure 3-22* (p.94, classification des variétés à partir des données de leurs familles S1) montre que la séparation des variétés selon les trois groupes en fonction des caractéristiques phénotypiques se retrouve et s'accroît après autofécondation. Les trois facteurs mis en évidence précédemment décrivent donc la structure phénotypique et génétique des variétés à Cuzalapa.

En corollaire, à l'intérieur de chaque groupe, les variétés se différencient peu les unes des autres (*figure 3-22*). Il n'y a en particulier pas de distinction entre les lots de la variété Blanco et les variétés de cycle intermédiaire comme précédemment avant autofécondation (*figure 3-9*). De même, les lots de la variété Chianquiahuitl ne forment pas de sous-groupe à part dans le groupe des variétés de cycle long. **La longueur de cycle qui est le facteur essentiel de distinction entre variétés tant du point de vue morphologique que du point de vue génétique.**

Seules les variétés hybrides introduites récemment (Enano E et Hybride commercial HC) échappent au clivage en fonction de la longueur du cycle. Se pose la question de l'origine génétique des variétés Híbrido H, Enano Gigante EG et Argentino AR probablement issues de variétés améliorées d'après les informations obtenues comme les variétés E et HC, mais reconduites en milieu paysan depuis plus longtemps. Elles sont, après autofécondation, très fortement liées aux autres variétés de cycle long d'origine paysanne et éloignées du groupe des variétés améliorées E et HC. Trois hypothèses peuvent être avancées :

- 1) Il s'agit en fait de variétés paysannes ; dans ce cas la distinction entre variétés est fonction de la longueur de cycle et de l'origine hybride ou paysanne de la variété ;
- 2) Ce sont des variétés améliorées mais le matériel génétique de départ et/ou les critères de sélection utilisés pour leur création ont été différents de ceux utilisés pour les variétés Enano et Hybride commercial ;
- 3) Leur reconduction régulière dans la région et/ou dans le bassin versant de Cuzalapa aux côtés des variétés locales les ont rapprochées génétiquement de ces dernières. Dans ce cas, la distinction entre variétés est fonction de la longueur de cycle et du temps de présence dans le bassin versant, mettant alors en évidence l'importance de la gestion des variétés par les agriculteurs sur leur diversité phénotypique.

Si génétiquement on note donc une certaine homogénéité des variétés en fonction de leur caractère précoce ou tardif pour les descripteurs pris en compte dans cette étude, chaque variété présente cependant des particularités que l'on retrouve dans certaines familles S1 et qui permettent de les caractériser l'intérieur de chacun de ces trois grands groupes. Quelques exemples parmi les nombreuses observations réalisées permettent de l'illustrer :

Dans les différentes familles S1 de la variété Blanco la forme des grains varie d'un grain rond à un grain plat caractéristique de cette variété.

La variété Chianquiahuitl que les agriculteurs caractérisent en particulier par un grain denté aux bords formant une petite pointe, se singularise par la présence de ce caractère sur certains épis de 7

familles S1. D'autre part les variétés Chianquiahuitl et Tabloncillo sont caractérisées par des familles produisant des épis à rafle de très faible diamètre, caractéristique de ces variétés.

6 familles de la variété Perla ont produit des grains cornés, caractère qui permet de distinguer ce cultivar de la variété Blanco.

Les différentes familles S1 de la variété Negro sont caractérisées par 100% des soies de couleur blanche alors que dans les autres variétés celles-ci prennent différentes teintes entre le blanc et le pourpre intense.

La prolificité (nombre d'épis par plante) des variétés Perla et Tabloncillo, caractéristique reconnue par les agriculteurs, s'exprime sur plusieurs lignes de chacune de ces variétés (plus de 2 épis par plante).

Les rafles de couleur pourpre n'apparaissent que dans certaines familles des variétés de cycle long et de la variété Negro.

## **I.6 - DISCUSSION et CONCLUSION**

### **I.6.1 - Forte gamme de diversité**

Une gamme étendue de longueurs de cycle est couverte par les différentes variétés. Les variétés à grains blancs les plus cultivées se situent aux deux extrémités de cette gamme : Blanco (B) précoce d'une part, Chianquiahuitl (C) et Argentino (AR) tardifs d'autre part.

Les variétés strictement locales possèdent une bonne partie des caractères de la race Tabloncillo : végétation peu exubérante, épis fins et légers à faible nombre de rangs de grains larges. Ces variétés couvrent la gamme de longueurs de cycle, couleurs de grains ou formes d'utilisation :

- Blanco (B), Tabloncillo (T) et Perla (P), variétés à grains blancs de cycle court, pour l'alimentation humaine ;
- Chianquiahuitl (C), variété à grains blancs de cycle long, pour l'alimentation humaine ;
- Amarillo Ancho (AA), variété à grains jaunes de cycle court, pour l'alimentation animale ;
- Negro (N), variété à grains noirs de cycle court, pour l'alimentation humaine au stade pâteux.

L'importance du cycle de culture irrigué pour la production locale et l'adaptation déficiente des variétés de cycle long à la saison sèche expliquent pourquoi les variétés locales

sont essentiellement des variétés de cycle court. Un nombre important de variétés locales précoces permet d'utiliser au mieux le cycle irrigué et d'y produire tous les types de maïs utilisés localement (à grains blancs, jaunes et noirs), alors qu'une seule variété locale tardive est conservée pour le cycle pluvial moins cultivé. Cette variété est à grains blancs pour répondre au besoin essentiel : celui de l'alimentation humaine.

Les variétés exogènes introduisent de la diversité en ce qui concerne le développement végétatif des plantes, les caractéristiques de la panicule, le diamètre et le poids de l'épi, le nombre de rangs de grains et la finesse des grains. Ce sont essentiellement des variétés tardives, dont la longueur de cycle ne correspond pas à celle d'une variété locale (sauf entre Argentino et Chianquiahuitl). **Les variétés introduites viennent donc en complément de la gamme déjà exploitée par les variétés locales.** Cette observation est en accord avec BOSTER (1985) qui indique qu'une nouvelle variété a plus de chance d'être acceptée par une communauté rurale si elle s'insère dans une portion non exploitée du continuum morphologique des variétés locales.

L'introduction presque exclusive de variétés de cycle long est dû au fait qu'il existe peu de variétés paysannes aussi précoces dans les régions autour du bassin versant vouées à la culture en saison des pluies, et que très peu de variétés améliorées très précoces sont destinées aux zones tropicales de basse altitude où paradoxalement la plupart du maïs est produit dans les pays en voie de développement. L'obtention de telles variétés fait partie de l'un des projets du CIMMYT mais jusqu'à présent les accessions de la banque de gènes qui ont été évaluées se sont montrées peu performantes (CIMMYT 1993). L'absence de limitations climatiques au cours de la saison des pluies amène les agriculteurs à tester de nouvelles variétés au cours de cette saison pour ensuite les expérimenter en saison sèche en fonction de leur performance.

**L'utilisation d'une telle gamme de diversité est une adaptation claire à la possibilité de semer deux cycles de culture par an aux conditions très différentes (variétés de cycle court et de cycle long).** Elle répond également aux diverses utilisations données au maïs dans la région. Cette observation corrobore l'image répandue de forte diversité génétique (MERRICK 1990) et stratégies multiples de production dans les systèmes traditionnels de production (TOLEDO 1990). BELLON (1990) rapporte le semis d'une douzaine de variétés de maïs appartenant à 5 races différentes dans une communauté du Chiapas au Mexique, les indiens Aguaruna Jivaro de l'ouest du bassin amazonien cultivent une centaine de variétés de manioc (BOSTER 1985) et dans une seule vallée des Andes BRUSH (1992) rapporte la culture de 70 à 100 variétés différentes de pomme de terre.

Un tel éventail de variétés de maïs en ce qui concerne la couleur du grain et la longueur de cycle est une situation très courante dans les systèmes agricoles traditionnels (CLAWSON 1985) et a une justification alimentaire (variation d'une alimentation monotone) et écologique

Couleur du grain	Adaptation Ecologique	Utilisation et Signification cérémoniale
Jaune	précoce régions sèches sols pauvres	alimentation animale (contient plus de lipides)
Rose farineux	cycle intermédiaire ou tardif	maïs plus sucré (grains et talles)
Pourpre farineux (noir)	cycle intermédiaire	"tortillas" bleues (meilleures et plus tendres) "atole", "tesguino" colore les plats
Rouge farineux	cycle intermédiaire	"pozole" (le grain éclate à la cuisson)
Rouge		protection des parcelles de maïs contre les maladies, la gelée, la sécheresse ou les éclipses
Blancs	Toutes longueurs de cycle	"tortillas"

Tableau No 3-16 . Utilisation des variétés de maïs à grains de différentes couleurs au Mexique (d'après HERNANDEZ X. 1985) .

(régimes pluviométriques variables) au Mexique (*tableau 3-16*) (HERNANDEZ X. 1985). D'autre part, couleur et longueur de cycle varient souvent ensemble dans de nombreuses espèces (CLAWSON 1985). Cette relation a été mise en évidence dans la région de Puebla-Tlaxcala par LOPEZ HERRERA (1975, cité par HERNANDEZ X. 1985) pour le maïs :

- maïs précoce : maïs à grains blancs ou jaunes
- cycle intermédiaire : maïs de différentes couleurs
- tardif : maïs à grains blancs

La sélection sur la couleur permettrait donc indirectement de conserver des variétés de longueur de cycle différente.

### **1.6.2 - Unité phénotypique des variétés**

**Bien que les variétés locales présentent une certaine variabilité inter-lot de semences elles sont bien caractérisées d'un point de vue phénotypique.** Même les variétés Amarillo Ancho et Negro qui semblent se confondre pour l'ensemble des descripteurs quantitatifs peuvent être distinguées grâce à la prise en compte de descripteurs supplémentaires tels que la couleur de grain ou la couleur des soies. Le nom donné à un lot de semences est donc essentiellement fonction des caractéristiques de son appareil végétatif et de son épi et pas d'autres critères comme auraient pu l'être son origine géographique, son adaptation à un facteur limitant particulier ou sa fonction dans un rituel, ce qui auraient alors conduit des lots portant le même nom à présenter des caractères phénotypiques très différents.

**A l'exception des deux variétés hybrides Enano et Hybride commercial très caractérisées, les variétés introduites se distinguent plus difficilement d'un point de vue phénotypique.** La relation nom de la variété - définition morphologique est moins marquée que pour les variétés locales. Il peut aussi bien s'agir de diverses variétés proches morphologiquement que de la même variété dont divers lots de semences reçoivent des noms différents et évoluent indépendamment. En effet, la semence d'une variété introduite est souvent "volée" dans un champs ; la variété correspondante reçoit alors un nouveau nom qui peut être modifié quand le semence est distribuée à d'autres producteurs, créant ainsi artificiellement l'illusion de multiples variétés.

**Contrairement à ce qui était attendu, chaque lot de semences cultivé présente un polymorphisme comparable à celui de variétés hybrides trois voies présentes dans notre dispositif.** Néanmoins, la variabilité existante entre lots de semences d'une variété et la forte variabilité intra-lot dévoilée par les autofécondations laisse présager de bonnes potentialités pour l'amélioration de la productivité des variétés locales, la dépression de consanguinité observée pouvant être liée à l'existence de nombreux allèles récessifs qui réduisent leur productivité (BARRETT et CHARLESWORTH 1991).

### I.6.3 - Longueur de cycle et origine des variétés

Les variétés se distinguent essentiellement en fonction de la longueur de cycle, des caractéristiques de l'épi et de la partie végétative. Les descripteurs de la panicule ne participent que faiblement à l'organisation de cette diversité. Par ailleurs, des caractéristiques comme la couleur de grain ou de soies permettent d'identifier certaines variétés.

**D'un point de vue génétique et morphologique, la structure de la diversité des variétés cultivées à Cuzalapa est liée à trois facteurs. Les variétés s'opposent en fonction de la longueur de leur cycle de culture, de leur rattachement à la race Tabloncillo ou à d'autres races et, dans ce dernier groupe, en fonction de leur temps de présence à Cuzalapa et/ou de leur origine hybride.**

L'importance de la longueur de cycle pour la distinction entre variétés tient au fait que **l'ensemble des descripteurs qui participent à la différenciation sont en général liés à cette caractéristique.** Un cycle plus long s'accompagne :

- d'un plus grand développement végétatif (hauteur de plante et d'épi HPL HEP, nombre de feuilles NBF), d'un épi proportionnellement plus élevé par rapport à la hauteur totale de la plante (HEP/HPL), d'un panicule plus ramifiée (RM) ;

et surtout

- de la réduction de la largeur et du poids de un grain (LGR, P1G) et de l'augmentation du nombre de rangs de grains (RGS).

On retrouve la structuration de la diversité en fonction de la durée semis-floraison au niveau des variétés locales sous la forme d'un continuum phénotypique : Chianquiahuitl - Amarillo Ancho, Negro - Blanco, Perla pour la plupart des descripteurs considérés. Celui-ci est lié à des lots de semences possédant des caractéristiques intermédiaires entre deux variétés. Ce continuum a également été mis en évidence pour 4 loci.

**Les relations entre la longueur de cycle et le développement végétatif sont mentionnées pour diverses plantes ce qui pourrait expliquer la structuration observée à Cuzalapa en fonction de ces caractéristiques.** Le rythme d'émission des feuilles étant constant dans un milieu donné, le nombre de feuilles est très corrélé à la date de floraison de la variété (BONAPARTE et BRAWN 1976). Le nombre de feuilles est plus élevé et la talle est plus haute chez les variétés de cycle long en absence de contre-sélection. CHANTEREAU (1993) met par exemple en évidence une liaison entre longueur de cycle, nombre d'entre-nœuds et hauteur de tige sur des écotypes de sorgho de 4 races ; de même que BEZANÇON (1993) établit chez les populations cultivées, sauvages et adventices de riz d'origine africaine (*Oryza glaberrima*, *O. breviligulata*, *O. stapfii*) collectées en Afrique de l'ouest une relation entre la hauteur des plantes, le nombre des feuilles et la longueur du cycle. TROYER et BROWN (1972) indiquent que la sélection uniquement sur la précocité de trois variétés

synthétiques de maïs pendant 6 cycles a entraîné une réduction significative de la hauteur de plante et de la hauteur d'épi de 7.2 et 5.2 cm par cycle de sélection, parallèlement à une réduction de 1.8 jours de la durée semis-floraison mâle. Le rapport HPL/HEP est passé dans le même temps de 0.46 à 0.42 de la même manière que dans les variétés étudiées à Cuzalapa ont un rapport de 0.71 pour les variétés de cycle long et de 0.62 pour les variétés précoces.

**Par contre, aucune relation n'est généralement établie entre la longueur de cycle et les descripteurs de l'organe reproducteur alors qu'à Cuzalapa ces descripteurs sont très importants dans la structure de la diversité.** L'interprétation de cette structuration et du continuum observé pour 5 variétés locales sera discutée dans la *Troisième Partie*.

Le facteur racial est également un facteur important de la distinction entre les variétés d'un point de vue phénotypique. **Les variétés proches de la race tabloncillo (6 variétés locales et 2 variétés introduites) s'opposent aux autres variétés par leur végétation peu exubérante (faibles diamètre de la talle, longueur, largeur et nombre de feuilles) et leurs épis de faibles poids et diamètres d'épi et de raffle.** Toutes les variétés locales étant proches de la race Tabloncillo, le facteur racial se confond en partie avec le facteur origine locale/exogène.

D'autre part, le groupe des variétés introduites est cloisonné en deux groupes qui pourraient s'expliquer soit par l'origine hybride particulière des variétés Enano et Hybride commercial qui se détachent de l'ensemble des cultivars particulièrement à l'issue d'autofécondations, soit par la reconduction des autres variétés introduites (paysannes ou hybrides) depuis de nombreux cycles de culture en milieu paysan.

**D'un point de vue morphologique et génétique, au delà du cloisonnement en fonction de la longueur de cycle, les variétés cultivées à Cuzalapa peuvent donc être classées en trois groupes :**

- un ensemble de variétés locales très structuré en fonction de la longueur de cycle des variétés ;
- un groupe de variétés introduites et cultivées en milieu paysan depuis de nombreux cycles ;
- un groupe de variétés hybrides introduites depuis peu.

La triple opposition (cycle court/cycle long, origine locale/ introduite, introduction récente ou ancienne) témoigne d'une structuration de la diversité liée à différents facteurs dont nous discuterons en dernière partie : physiologie de la plante, origine génétique des variétés, échanges génétiques avec les variétés locales et/ou action des agriculteurs sur les caractéristiques morphologiques des variétés au travers de la sélection des semences.

## **II - ETUDE DES VARIETES EN CONDITIONS PAYSANNES**

### **II.1 - OBJECTIFS ET METHODES**

L'étude des variétés en milieu contrôlé a permis de distinguer les variétés selon certaines caractéristiques phénotypiques. Néanmoins, ces caractères peuvent être sensibles à l'environnement et ne plus permettre de caractériser une variété en milieu variable. **L'objectif de cette étude en conditions réelles de culture est, d'une part, d'observer comment se comportent en milieu paysan, sous différentes conditions de culture, les descripteurs observés en milieu expérimental (développé en II.2) et, d'autre part, de déterminer les caractéristiques qui permettent aux agriculteurs d'identifier leurs variétés (développé en II.3).**

#### **II.1.1 - Variabilité en parcelles paysannes**

Un réseau de champs paysans cultivés selon les techniques propres à chaque agriculteur a été suivi au cours du cycle pluvial 1989 et du cycle irrigué 1990, caractérisés par des conditions climatiques et pédologiques différentes (voir *Partie I, Chapitre 2, II.2*). Cette étude a concerné 21 champs en saison des pluies et 18 en saison sèche. Chaque champ a été subdivisé en autant de parcelles que de variétés cultivées (soit 30 et 19 parcelles), les variétés principales étant représentées par plusieurs parcelles. Leurs caractéristiques sont données, par type de cycle de culture, dans les *tableaux A3-25 et A3-26, en annexe*.

Notre travail s'est concentré non pas sur l'analyse détaillée de l'effet d'une technique culturale sur les caractéristiques des variétés mais sur la détermination des caractères qui permettent de distinguer les variétés en conditions variables de culture.

Nous avons pour cela procédé à plusieurs types de comparaisons de façon à considérer l'effet de la variabilité des conditions de culture au cours d'un cycle de culture, l'effet de différents cycles de culture ou l'effet de la variation des deux types de conditions. Nous avons ainsi comparé :

- les parcelles des variétés Blanco (B), Amarillo Ancho (AA) et Chianquiahuitl (C) semées en cycle pluvial de façon à déterminer les critères distinguant ces variétés en conditions variables de culture au cours d'un cycle de culture (développé en *II.2.1*) ;

- le développement de l'ensemble des variétés semées en parcelles paysannes pendant le cycle pluvial et leur développement dans l'essai "Collection de variétés" établi en saison sèche (voir *Partie I, Chapitre 3, I*) de façon à identifier les descripteurs les plus stables en conditions très différentes de culture (technique et cycle de culture) (développé en *II.2.2*) ;

- le développement de la variété Blanco cultivée au cours des deux cycles de culture en conditions paysannes de façon à spécifier l'effet particulier du cycle de culture (développé en *II.2.3*).

Sur ces parcelles ont été mesurés ou observés :

- la levée sur quelques parcelles, par comptage du nombre de plantules présentes 15 jours après le semis sur quatre sections de sillon ayant reçu chacune 100 graines au semis ;
- la floraison sur quelques parcelles cultivées pendant le cycle pluvial ;
- les descripteurs végétatifs et de la panicule sur 20 plantes choisies au hasard après la floraison dans chaque parcelle ;
- les descripteurs d'épis sur 15 épis récoltés au hasard dans chaque parcelle (pour les descripteurs se reporter à *Partie I, Chapitre 3, I.1.1, tableaux 3-2 et 3-3 et texte, ou au glossaire à l'intérieur de la couverture de fin de document*) ;
- la densité et le rendement estimés à la récolte par comptage des plantes et par comptage et pesée des épis récoltés sur 10 segments de 5 mètres de sillon sélectionnés au hasard dans chaque parcelle.

### **II.1.2 - Identification de variétés par les agriculteurs**

Par ailleurs, des agriculteurs ont été invités à identifier des cultivars dans l'essai "Collection de variétés" et à indiquer les caractères qui leur permettaient de les reconnaître.

Ce test a eu lieu à trois stades de développement du maïs :

- sur les jeunes plantes à trente jours du semis (début montaison) ;
- à la fin de la floraison femelle de la parcelle d'essai ;
- à la récolte, sur un échantillon de 10 épis, hors de la parcelle d'essai.

Il a concerné 11 variétés : Blanco (B), Amarillo Ancho (AA), Negro (N), Perla (P), Tabloncillo (T), Chianquiahuitl (C), Híbrido (H), Argentino (AR), Amarillo (A), Enano (E) et Hybride commercial (HC), représentées par une parcelle chacune au stade jeune plante. Les tests aux deux stades suivants ont porté sur 14 parcelles, la variété Blanco étant représentée par 3 parcelles et la variété Chianquiahuitl par 2 parcelles.

Nous n'avons pas pu interroger les mêmes personnes à chaque étape, les agriculteurs étant difficiles à mobiliser. De plus, dans de nombreux cas, les agriculteurs se sont présentés par groupes de 2 ou 3. Leurs réponses étaient alors notées séparément ou pour l'ensemble des agriculteurs selon leurs désirs. Le nombre d'agriculteurs ayant participé est donc supérieur au nombre de fiches d'identification obtenues qui est de 7 au stade plantule et de 15 à la floraison et à la récolte. Le faible nombre de fiches au stade plantule est dû à l'interruption du test au vu du très modeste taux d'identifications correctes à ce stade.

AFD sur les parcelles des variétés Blanco (B), Amarillo Ancho (AA), Chianquiahuitl (C) semées en parcelles paysannes pendant la saison des pluies selon les descripteurs végétatifs et de la panicule

	AXE 1	AXE 2	AXE 3
<b>Contribution</b>	55.2%	20.8%	12.1%
<b>Descripteurs VEGETATIFS</b>	HPL (+0.99) HEP (+0.99) LOF (+0.87) LAF (+0.86) NBF (+0.87) DIA (+0.69)	DIA (-0.72)	LOF (+0.46)
<b>Descripteurs de la PANICULE</b>	RM (+0.93) RAM (+0.85) PAN (+0.69)		

Tableau No 3-17. Contribution des trois premiers axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes (les nombres entre parenthèses sont les corrélations entre les variables et les axes).

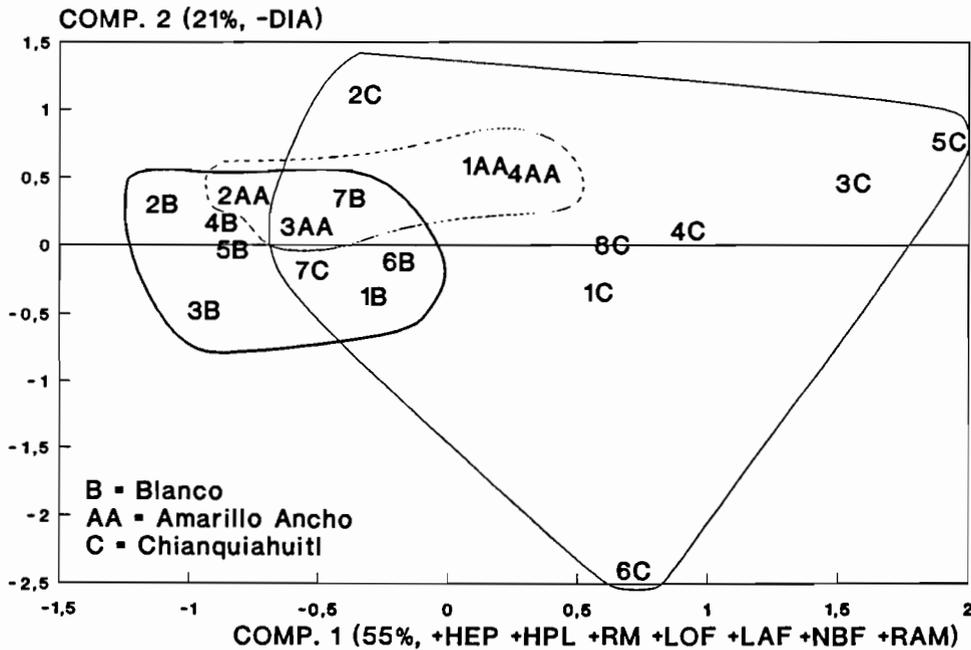


Figure No 3-23. Plan 1-2 de l'AFD sur les descripteurs végétatifs et de la panicule.

Les données ont été analysées en considérant les niveaux de précision :

a) - **VARIETE** : Une réponse est considérée correcte si la variété est reconnue et elle est évaluée par le rapport :

nombre de fois où la variété a été identifiée correctement

nombre de fiches d'identification à chaque stade.

Pour les variétés Blanco et Chianquiahuitl pour lesquelles 3 et 2 parcelles respectivement étaient soumises aux agriculteurs à la floraison et à la récolte, ce rapport a été divisé par 3 ou 2 respectivement.

Pour les variétés Híbrido H, Hybride commercial HC et Enano E, générations plus ou moins avancées de variétés améliorées, l'identification en tant qu'"hybride" a été considérée correcte, les agriculteurs considérant toutes les variétés améliorées comme identiques.

b) - **GROUPE DE VARIETES** : Une réponse est considérée juste si une variété est identifiée ou assimilée à un autre cultivar faisant partie du même groupe. Trois groupes de variétés ont été considérés en fonction des résultats obtenus précédemment en conditions expérimentales (voir *partie I, Chapitre 3, I*) :

groupe 1 - variétés de cycle court : Blanco, Perla, Amarillo Ancho, et Negro,

groupe 2 - variétés Chianquiahuitl et Tabloncillo,

groupe 3 - variétés de cycle long introduites : Híbrido, Amarillo, Enano, Enano Gigante, Guino et Hybride commercial.

Dans les réponses, d'autres variétés ont été mentionnées et classées en +CC : autres variétés de cycle court et +CL : autres variétés de cycle long.

## **II.2 - EFFET DES CONDITIONS DE CULTURE SUR LES DESCRIPTEURS**

### **II.2.1 - Distinction entre les variétés Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl en parcelles paysannes**

7 parcelles de la variété Blanco, 4 de la variété Amarillo Ancho et 8 de la variété Chianquiahuitl, semées pendant le cycle pluvial, ont été intégrées dans une AFD pour les descripteurs végétatifs et de la panicule d'une part, et les descripteurs d'épis d'autre part, les échantillons de plantes et d'épis mesurés étant différents.

Les variétés se distinguent sur les plans 1-2 des deux AFD selon l'axe 1. Celui-ci est lié à la plupart des descripteurs végétatifs et de la panicule dans la première AFD : hauteur de la plante et d'insertion de l'épi (HPL, HEP), caractéristiques des feuilles (LOF, LAF, NBF) et ramification de la panicule (RAM , RM) ; l'axe 1 est lié aux mesures du grain (LGR, EGR) et au nombre de rangs

AFD sur les parcelles des variétés Blanco (B), Amarillo Ancho (AA), Chianquiahuitl (C) semées en parcelles paysannes pendant la saison des pluies selon les descripteurs d'épis.

	AXE 1	AXE 2	AXE 3
Contribution	70.9%	7.3%	7.0%
Descripteurs d'EPIS	LGR (+0.98) RGS (-0.95) EGR (+0.84) PEP (-0.65) PLG (+0.64)	DRA (+0.91) DEP (-0.54)	LEP (+0.89) PRA (+0.64) PEP (+0.63)

Tableau No 3-18 . Contribution des trois premiers axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes (les nombres entre parenthèses sont les corrélations entre les variables et les axes).

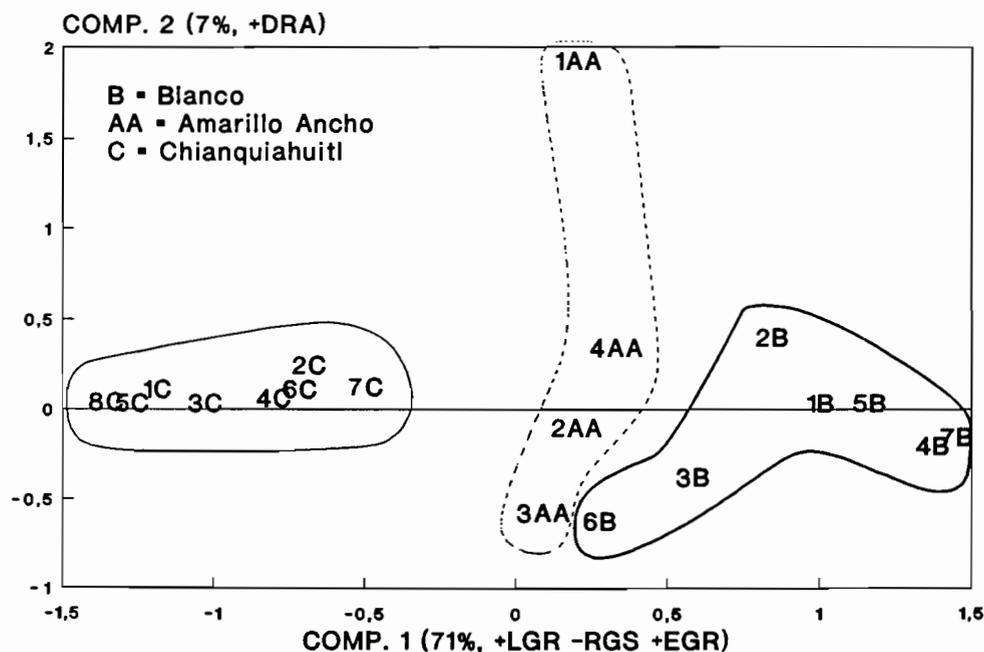


Figure No 3-24 . Plan 1-2 de l'AFD sur les descripteurs d'épis.

de grains (RGS) dans l'AFD sur les descripteurs d'épis (*tableaux 3-17 et 3-18, figures 3-23 et 3-24*).

La variation d'une variété à l'autre est continue dans le cas des descripteurs végétatifs et de la panicule alors qu'elle est clairement discontinue lorsque l'on s'intéresse aux épis. Les parcelles 2 et 7 de la variété Chianquiahuitl apparaissent par exemple très proches des variétés Blanco et Amarillo Ancho selon les descripteurs végétatifs et de la panicule, alors que leur appartenance à la variété Chianquiahuitl ne fait aucun doute selon les descripteurs d'épis qui définissent le premier axe.

**La largeur et l'épaisseur des grains (LGR, EGR) et le nombre de rangs de grains (RGS) permettent donc une meilleure caractérisation des variétés en conditions variables de culture.**

En saison des pluies, la variété Chianquiahuitl (C), considérée "rustique", est utilisée dans un grand nombre de situations culturales contrairement à la variété Blanco, réservée aux sols sableux au bord des fleuves sur lesquels la compétition des mauvaises herbes est moindre. Ces différentes conditions de culture se traduisent par une forte variabilité pour les descripteurs végétatifs et de la panicule pour la variété Chianquiahuitl (*figure 3-23*) selon les deux axes de l'AFD, alors que sa variabilité est limitée et équivalente à celle de la variété Blanco pour les caractéristiques du grain (*figure 3-24*). La forte variabilité observée n'est pas due à des facteurs génétiques, la variété Chianquiahuitl étant apparu homogène en conditions expérimentales pour les deux types de descripteurs (voir *Partie I, Chapitre 3, I*). Elle est le fait d'une plus grande sensibilité des descripteurs végétatifs et de la panicule aux conditions de culture comparativement aux descripteurs d'épi.

### **II.2.2 - Développement des variétés en parcelles paysannes par rapport aux conditions expérimentales**

Le croissance des variétés est de manière générale beaucoup plus importante dans l'essai "Collection de variétés" établi en cycle irrigué qu'en parcelles paysannes semées en cycle pluvial.

Les conditions de culture de l'essai (et en particulier l'épandage de phosphore au semis) ont provoqué pour toutes les variétés une nette augmentation des caractéristiques de la plante : hauteur d'insertion de l'épi (HEP), nombre de ramifications de la panicule (RM), longueur ramifiée de la panicule (RAM), hauteur de plante (HPL) et diamètre de la talle (DIA) (donc fortement  $HD^2$ , l'indice de quantité de matière verte) et dans une moindre mesure longueur de la feuille (LOF). Les différences observées sont très importantes : jusqu'à +125% pour HEP pour la variété Híbrido (H) et +151% pour RM pour la variété Enano (E). D'autre part, HEP et HPL ne se sont pas modifiés dans les mêmes proportions : le rapport HEP/HPL se situe entre 0.6 et 0.7 en milieu expérimental alors qu'il est inférieur à 0.6 en milieu réel (*tableau 3-19*).

**Les descripteurs végétatifs et de la panicule les plus stables (moins de 15% de variation en moyenne) sont essentiellement la largeur de la feuille (LAF), leur nombre (NBF) et la longueur de la panicule et de son pédoncule (PAN, PED).**

	HPL	HEP	DIA	LOF	LAF	NBF	PAN	PED	RAM	RM	E/P	HD <sup>2</sup>	FOL
Variation maximum %	+50.0	+125.8	+31.4	+29.3	+19.7	+18.9	+12.2	+23.1	+86.1	+151.3	+51.4	+185.8	+73.7
Variété concernée	H	H	B	E	E	N	H	H	E	E	H	E	E
Variation minimum %	+16.4	+39.6	+6.2	+1.7	-3.2	0.0	-10.6	-18.4	+9.8	+24.5	+14.0	+35.5	+2.1
Variété concernée	C	AA	C	AR	C	A	N	N	A	A	AA	C	AR
Variation moyenne % toutes variétés	27.7	60.6	25.7	<u>14.9</u>	<u>5.5</u>	<u>7.2</u>	<u>6.2</u>	<u>9.2</u>	37.0	66.9	25.0	109.5	28.0

**Tableau No 3-19** . Comparaison des niveaux des descripteurs végétatifs et de la panicule des parcelles semées en milieu paysan pendant la saison des pluies 1989 et de celles de l'essai "collection de variétés" (Partie I, Chapitre 3, I) établi pendant la saison sèche 1990.

	HGR	LGR	EGR	DEP	DRA	LEP	RGS	PEP	PRA	PGR	%GR	PIG
Variation maximum %	+25.0	+15.9	+21.2	+14.1	+15.7	+27.0	+23.1	+85.5	+143.4	+77.0	+4.5	+50.0
Variété concernée	A	T	E	E	E	B	T	E	E	E	E	H
Variation minimum %	+10.8	-1.1	+6.3	+0.8	-12.3	+8.8	-9.2	+13.4	+28.5	+11.2	-4.5	+12.5
Variété concernée	C	AR	C	C	H	C	H	C	C	C	E	C
Variation moyenne % toutes variétés	18.6	<u>7.1</u>	<u>12.3</u>	<u>6.2</u>	<u>8.3</u>	19.5	<u>6.9</u>	49.6	61.1	48.0	<u>1.8</u>	35.3

**Tableau No 3-20** . Comparaison des niveaux des descripteurs d'épis des parcelles semées en milieu paysan pendant la saison des pluies 1989 et de celles de l'essai "Collection de variétés" (Partie I, Chapitre 3, I) établi pendant la saison sèche 1990.

Variations selon les formules :

Variation maximum ou minimum =  
maximum ou minimum pour chaque variété et chaque descripteur de la valeur calculée:  
$$\frac{\text{Niveau dans l'essai} - \text{Niveau en milieu paysan}}{\text{Niveau en milieu paysan}} * 100$$

Variation moyenne =  
moyenne des valeurs absolues des variations par variété et par descripteur.  
Les variations moyennes les plus faibles sont indiquées en caractère italique, gras et souligné.

Les descripteurs d'épis ont en comparaison été beaucoup moins affectés si l'on exclut les caractéristiques liées au poids : poids d'épi, de rafle, de grain et de 1 grain (PEP, PRA, PGR, P1G). La hauteur de grain HGR, liée au poids de 1 grain est la mesure de grain la plus affectée. Ainsi, lorsque les conditions de remplissage des grains sont meilleures, la largeur et l'épaisseur varient peu alors que le grain s'allonge (*tableau 3-20*). Les variétés pour lesquelles les variations ont été les plus importantes sont les variétés Enano et Híbrido d'origine hybride. Ces deux variétés ont répondu très positivement aux bonnes conditions de culture de la parcelle d'essai, ce qui s'est traduit par exemple par un épi 85% plus lourd pour la variété Enano.

**En conditions de culture très différentes, le descripteur d'épis le plus stables est la largeur du grain (LGR) et dans une moindre mesure l'épaisseur de grain (EGR), ainsi que le nombre de rangs de grains (RGS) et les diamètres d'épi (DEP) et de la rafle (DRA).**

### II.2.3 - Effet du cycle de culture sur la variété Blanco

Une Analyse Factorielle Discriminante portant, d'une part sur les descripteurs végétatifs et de la panicule et, d'autre part sur les descripteurs d'épis a inclus 7 parcelles de la variété Blanco (B) semées en cycle pluvial et 13 parcelles en cycle irrigué. Pour chaque descripteur, la différence entre les cycles de culture a été testée par le test de Student (*tableaux 3-21 et 3-23*).

#### II.2.3.1 - Plantes plus développées en cycle pluvial

Les parcelles semées en saison des pluies (P) se distinguent en partie de celles semées en saison sèche (I) sur l'axe 1 surtout lié au nombre de feuilles au dessus de l'épi (NBF), à la hauteur de la plante (HPL, descripteur le plus corrélé à NBF (0.41), *en annexe tableau A3-27*) et à la hauteur d'insertion de l'épi (HEP). La longueur de la panicule (PAN) et de son pédoncule (PED), très corrélés entre eux (0.63), participent plus faiblement à la définition de cet axe (*tableau 3-22, figure 3-25*).

Tous les descripteurs végétatifs présentent des valeurs plus fortes en saison des pluies sauf le diamètre de la talle (DIA). Ces différences sont significatives au seuil de 5% pour les descripteurs définissant l'axe 1 (sauf le nombre de feuilles NBF), les autres descripteurs étant également affectés dans le même sens mais pas de manière significative (*tableau 3-21*).

**A Cuzalapa, la variété Blanco (B) semée dans des conditions techniques similaires présente des plantes plus hautes et à panicule plus longue en saison des pluies qu'en cycle irrigué.**

Plusieurs facteurs, qui ne s'excluent pas, peuvent expliquer ce développement végétatif différencié:

- Bien que la densité du maïs soit plus faible pendant le cycle irrigué (34300 plantes/ha contre 44.800 en cycle pluvial, différence significative au seuil de 5%), dû en particulier à une levée plus

**Comparaison des parcelles paysannes du cultivar Blanco semées en saison des pluies 1989 et en saison sèche 1990 selon les descripteurs VEGETATIFS et de PANICULE**

		HPL cm	HEP cm	PAN cm	PED cm	DIA cm	LOF cm	LAF cm	NBF cm	RAM cm	RM cm	E/P	HD <sup>2</sup> cm	FOL
CYCLE PLUVIAL (7 parcelles)	X σ	170.5 14.2	87.8 10.6	63.3 1.4	26.4 0.8	1.41 0.15	79.4 7.1	7.1 0.6	5.4 0.2	9.3 1.5	11.0 1.7	0.51 0.02	343 89	3040 530
		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
CYCLE IRRIGUE (13 parcelles)	X σ	149.0 16.3	74.5 13.6	56.4 2.3	23.3 1.1	1.48 0.12	77.9 5.0	6.6 0.5	5.1 0.5	8.5 1.1	10.2 2.0	0.50 0.04	330 76	2642 524
		b	b	b	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Probabilité	%	0.98	3.42	0.00	0.00									

Tableau No 3-21. Test de Student au seuil de 5%.

	AXE 1	AXE 2	AXE 3
<b>Contribution</b>	33.4%	26.1%	16.3%
<b>Descripteurs VEGETATIFS</b>	NBF (-0.83) HPL (-0.72) HEP (-0.69)	HEP (+0.67) HPL (+0.67) LOF (+0.65) LAF (+0.61)	DIA (+0.79) LOF (+0.59)
<b>Descripteurs de la PANICULE</b>	PED (-0.55) PAN (-0.53)	RAM (+0.72) RM (+0.69)	PED (-0.59)

Tableau No 3-22 . Descripteurs les plus corrélés aux trois premiers axes de l'AFD.

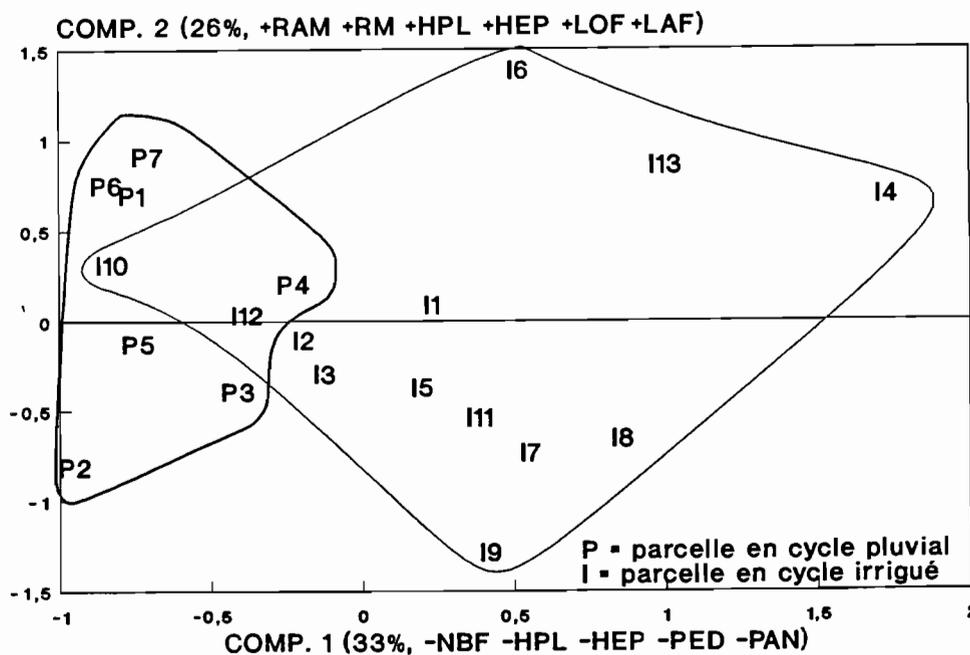


Figure No 3-25 . Plan 1-2 de l'AFD sur les descripteurs végétatifs et de la panicule.

Comparaison des parcelles paysannes de la variété Blanco semées pendant la saison des pluies 1989 et la saison sèche 1990 selon les descripteurs d'EPIS

		LEP cm	PEP g	PRA g	DRA cm	PIG g	%GR %	HGR cm	LGR cm	EGR cm	DEP cm	RGS	PGR g
CYCLE PLUVIAL (7 parcelles)	X $\sigma$	14.1 1.2	82.5 10.5	11.4 1.4	2.22 0.10	0.29 0.03	86.2 1.2	0.88 0.04	1.04 0.06	0.35 0.02	3.65 0.02	8.34 0.30	71.1 9.5
		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
CYCLE IRRIGUE (13 parcelles)	X $\sigma$	16.2 1.3	97.1 14.0	16.3 2.0	2.50 0.11	0.32 0.02	83.2 1.4	0.88 0.04	1.06 0.03	0.37 0.02	3.71 0.12	8.53 0.17	80.9 12.4
		b	b	b	b	b	b	a	a	a	a	a	a
Probabilité	%	0.39	2.16	0.00	0.00	2.14	0.02						

Tableau No 3-23 . Test de Student au seuil de 5%.

	AXE 1	AXE 2	AXE 3
Contribution	34.9%	24.5%	12.0%
Descripteurs d'EPIS	PRA (-0.95) LEP (-0.83) DRA (-0.82) PEP (-0.68)	LGR (+0.72) EGR (+0.62) HGR (+0.58)	DRA (+0.52) RGS (+0.48)

Tableau No 3-24 . Descripteurs les plus corrélés aux trois premiers axes de l'AFD.

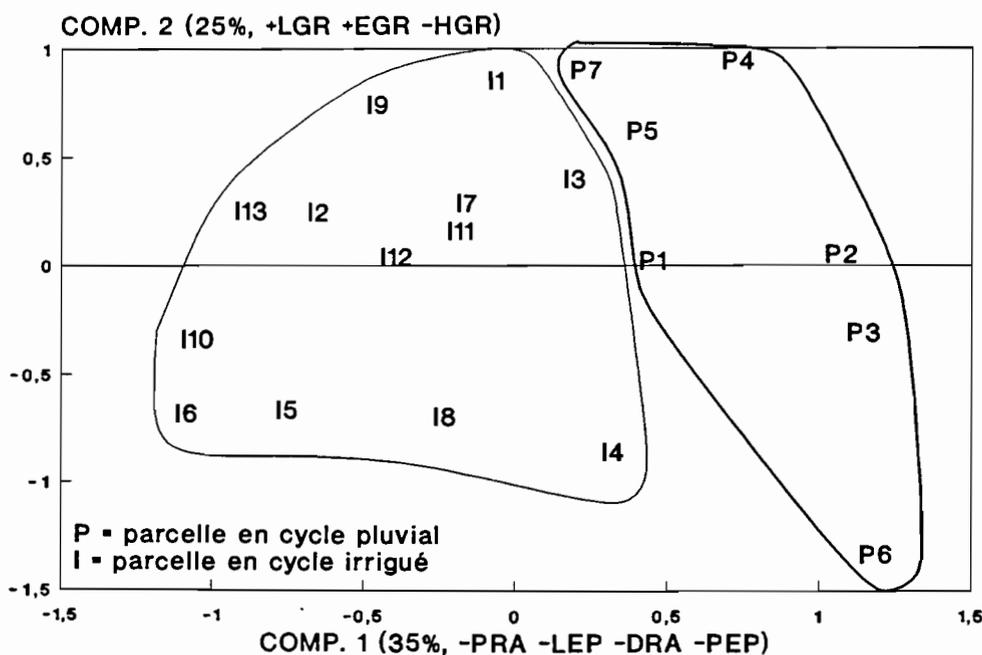


Figure No 3-26 . Plan 1-2 de l'AFD sur les descripteurs d'épis.



faible (66% contre 79% en saison des pluies, différence significative au seuil de 5%), le maïs souffre de la compétition du haricot semé en association à forte densité (180 000 plants par ha en moyenne). L'effet de cette compétition sur la hauteur du maïs a été observée dans les parcelles où les deux systèmes se juxtaposaient (maïs pur et maïs en association).

- Le climat plus froid en saison sèche, qui entraîne une floraison mâle différée de près de 20 jours par rapport au cycle pluvial et les limitations temporaires en eau peuvent entraîner un développement végétatif plus réduit.

### ***II.2.3.2 - Epis plus développés en cycle irrigué***

Les parcelles des deux cycles ne s'opposent de manière significative (au seuil de 5%) que pour les descripteurs liés au développement de l'épi (*tableau 3-23, figure 3-26*) : le poids et la longueur de l'épi (PEP, LEP) et le poids et le diamètre de la rafle (PRA, DRA), fortement corrélés entre eux (*en annexe, tableau A3-28*) et liés à la première composante (*tableau 3-24*) et le poids de 1 grain (PIG) qui définit le cinquième axe .

Contrairement au développement végétatif ce sont les parcelles semées en saison sèche qui produisent les épis les plus développés (*tableau 3-23*). Mais ces différences ne se traduisent pas sur les rendements (autour de 2t de grains à 15% d'humidité par ha). La production de grains par épi (PGR) est équivalente, les épis en saison sèche étant plus lourds mais la part de la rafle devenant plus importante (coefficient d'égrenage %GR de 86% en saison des pluies contre 83% en saison sèche, différence significative au seuil de 5%). D'autre part, la densité (PHA) plus faible en saison sèche est compensée par une plus forte production d'épis par plante (EPL).

Le cycle de culture n'a donc pas d'impact important sur les mesures des grains (LGR, HGR et EGR) qui définissent la deuxième composante, sur le diamètre de l'épi (DEP) ou le nombre de rangs de grains (RGS), pour des niveaux de production équivalents.

Identification des variétés par les agriculteurs en fonction du stade de développement de la culture et du groupe auquel appartient la variété pour les niveaux de précision variété et groupes de variétés

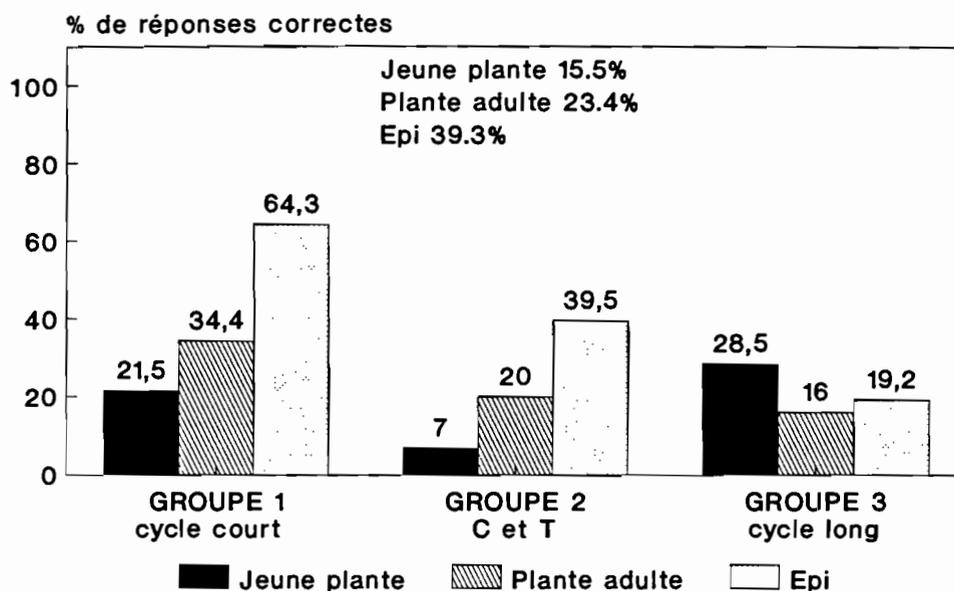


Figure No 3-27 . Précision VARIETE. Pourcentage des réponses consistant à reconnaître une variété, en fonction de son groupe d'appartenance.

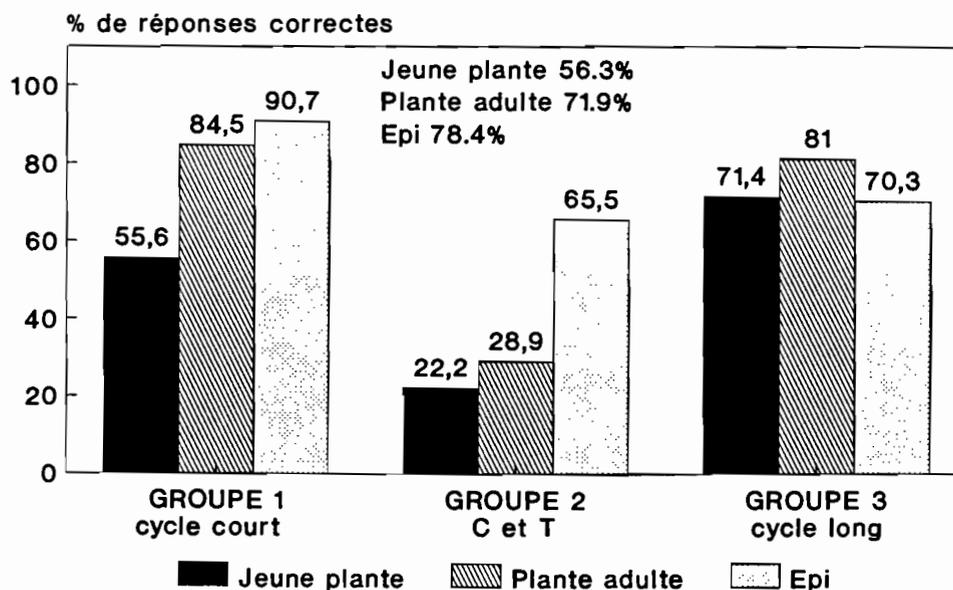


Figure No 3-28 . Précision GROUPE DE VARIETES. Pourcentage des réponses consistant à reconnaître une variété ou à lui attribuer le nom d'un cultivar du même groupe, en fonction de son groupe d'appartenance.

## II.3 - IDENTIFICATION DES VARIETES PAR LES AGRICULTEURS

L'observation des variétés en milieu expérimental et en milieu paysan a montré clairement que les variétés cultivées à Cuzalapa étaient bien définies pour certains descripteurs liés essentiellement aux caractéristiques des épis. Pour comprendre la gestion qui en est faite par les agriculteurs nous avons cherché à comprendre par l'intermédiaire de tests d'identification sur quels caractéristiques les agriculteurs identifient les variétés.

### II.3.1 - Identification en fonction du stade de la plante

Au stade plantule, les agriculteurs se sont abstenus de donner une réponse pour 36% des parcelles soumises à identification alors que ce pourcentage s'est réduit à 12% à la floraison et à 10% à la récolte.

De plus, toutes variétés confondues, l'identification des variétés a été meilleure à partir de l'épi (39.3% de bonnes réponses), qu'à partir des plantes (23.4%) ou des plantules (15.5%) (*figure 3-27*). Il en est de même pour la précision de l'identification au niveau du groupe de variétés (*figure 3-28*). **L'identification des variétés est donc plus facile sur les plantes adultes et surtout à partir des épis.**

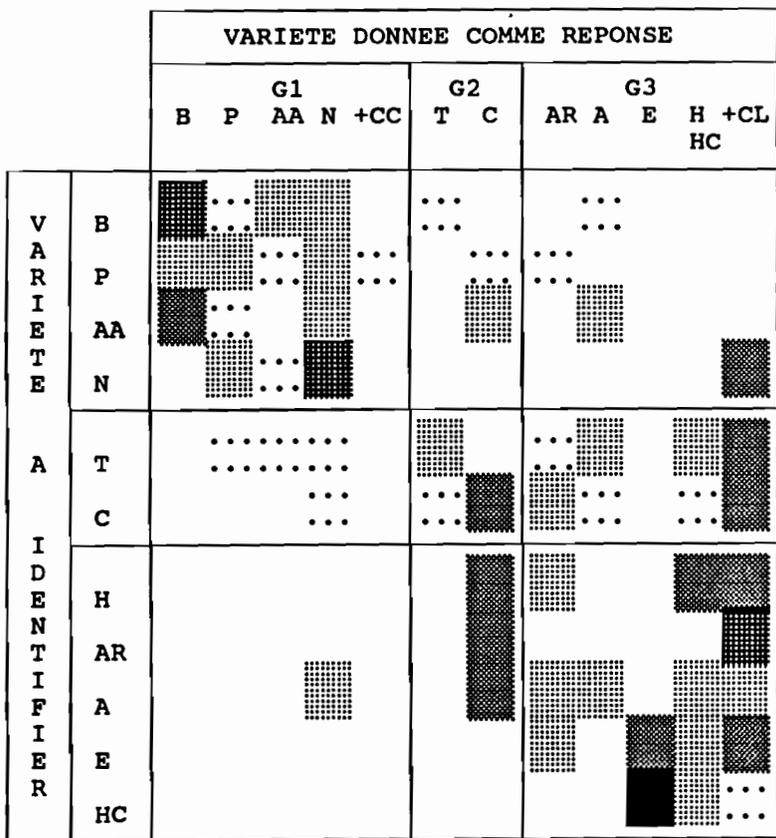
### II.3.2 - Identification en fonction du groupe de variétés

L'identification au niveau groupe de cultivars (*figure 3-28*) est globalement meilleure que l'identification individuelle des variétés (*figure 3-27*), ce qui tend à montrer que **les agriculteurs perçoivent des associations de cultivars similaires à celles que nous avons mises en évidence**, opposant en particulier bien les variétés introduites et les variétés locales ainsi que les variétés en fonction de leur longueur de cycle.

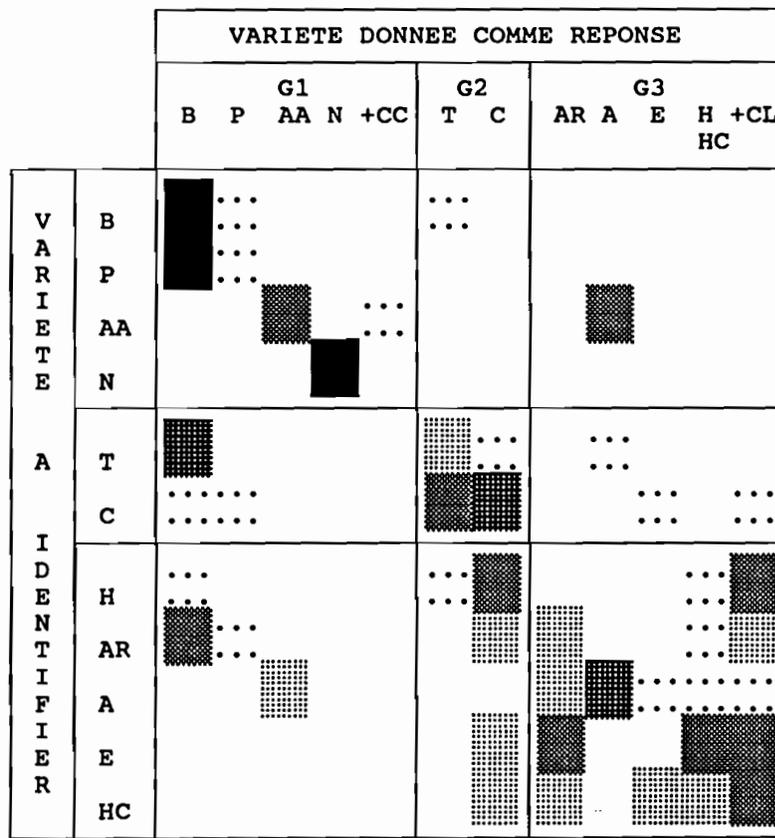
En effet, les caractéristiques liées à la longueur de cycle des cultivars sont parfaitement perçues par les agriculteurs qui différencient très clairement les groupes 1 et 3 à partir des plantes adultes et des épis (*figure 3-28*).

D'autre part, pour les deux niveaux de précision (variété ou groupes de variétés), l'évolution à la hausse du pourcentage de réponses correctes est nettement marquée pour les variétés de cycle court (groupe 1) et pour les variétés du groupe 2, alors que ce taux varie peu pour les variétés du groupe 3 de cycle long (*figure 3-27 et 3-28*). Il reste faible pour la précision au niveau de la variété alors qu'il est relativement élevé pour la précision au niveau groupe. Les agriculteurs reconnaissent donc mal les variétés de cycle long introduites (les connaissant probablement peu) alors qu'ils leur attribuent bien les mêmes caractéristiques et donc l'appartenance à un même groupe.

**DESCRIPTEURS VEGETATIFS  
ET DE LA PANICULE**



**DESCRIPTEURS D'EPIS**



Légende

- > à 75% des réponses
- 50 à 75% des réponses
- 25 à 50% des réponses
- 10 à 25% des réponses
- ... 1 à 10% des réponses
- aucune réponse

- G1 : groupe 1
- G2 : groupe 2
- G3 : groupe 3
- +CC : Autres variétés de cycle court
- +CL : Autres variétés de cycle long

Figure No 3-29. Fréquence avec laquelle une variété à identifier est confondue avec une autre variété lors de l'observation des épis ou des plantes.

A l'opposé, le groupe 2 formé d'une variété de cycle court et d'une variété de cycle long est moins clairement perçu, du moins au stade plantule ou plante adulte. L'identité en tant que groupe ne devient évidente qu'à la récolte. Ces variétés locales sont par contre individuellement plus facilement identifiées que les variétés introduites de cycle long.

Pour les deux niveaux de précision (variété et groupe de variétés), si l'on exclut le stade plantule, les variétés du groupe 1 (cycle court) sont les plus facilement identifiées. L'appartenance des variétés à ce groupe se manifeste dès le stade plantule et devient évident au vue des épis (90.7% de réponses correctes) (*figure 3-28*) et ces cultivars sont individuellement reconnus par 64.3% des agriculteurs à partir des épis (*figure 3-27*). A la floraison, ces variétés sont en effet facilement identifiables par la longueur de leur cycle et à la récolte les caractéristiques particulières de ces variétés en ce qui concerne le grain (grains larges disposés sur un faible nombre de rangs contrairement aux autres variétés des deux autres groupes) ou la couleur du grain, rendent l'identification relativement facile.

### **II.3.3 - Cas particulier de certaines variétés**

Les tendances dégagées par groupe masquent le comportement particulier de chacune des variétés.

#### **Groupe 1 : Blanco (B), Perla (P), Amarillo Ancho (AA) et Negro (N)**

L'amélioration de l'identification individuelle des variétés de ce groupe du stade jeune plante à la récolte se vérifie pour toutes les variétés sauf pour la variété Perla qui est confondue dans plus de 75% des réponses avec la variété Blanco (*figure 3-29*) malgré l'aspect cireux de son grain et une texture plus cornée. Il s'agit en fait d'une variété peu semée et donc peut-être peu connue de ceux qui ont eu à l'identifier à la récolte.

La variété Blanco est la mieux identifiée. Il s'agit de la variété la plus précoce et la plus typique mais peut être aussi de la plus connue, et donc de celle qui vient le plus facilement à l'esprit des agriculteurs.

La variété noire Negro est très facilement repérable par la couleur de ses soies à la floraison et par la couleur de ses grains à la récolte.

L'identification de la variété Amarillo Ancho apparait plus médiocre à partir des épis qu'à partir des plantes, car, la longueur de cycle n'étant pas détectable à ce stade, ses épis ont été confondus avec ceux de la variété Amarillo de même couleur de grains.

#### **Groupe 2 : Chianquiahuitl (C) et Tabloncillo (T)**

Les deux variétés de ce groupe ont suscité des réactions très différentes. Elles ont toutes deux été confondues avec une variété de cycle long introduite à la floraison. Par contre, la variété Tabloncillo a été massivement confondue avec la variété Blanco à la vue des épis alors qu'à ce stade la variété Chianquiahuitl a été bien identifiée comme faisant partie du groupe 2. Cette variété a été d'ailleurs

Stade 5 semaines JEUNE PLANTE		A la floraison PLANTE ADULTE		A la récolte EPIS	
Descripteur	%	Descripteur	%	Descripteur	%
Largeur de la feuille	36	Hauteur de la plante	31	Diamètre de la rafle	63
Diamètre de la talle	34	Longueur du cycle	30	Largeur du grain	25
Longueur de la feuille	21	Diamètre de la talle	23	Diamètre de l'épi	13
Couleur de la talle	13	Forme de la panouille	21		
		Largeur de la feuille	14		
Hauteur de la plante	8	Hauteur de l'épi	10	Longueur de l'épi	8
Couleur des feuilles	7	Surface foliaire	6	Nombre de rangs de grains	5
Longueur du cycle	5	Couleur des soies	6	Aspect brillant du grain	5
Long. des entrenoeuds	3	Couleur de la talle	4	Epaisseur du grain	3
Aspect du cornet	3	Nombre de panouilles par plante	2	Remplissage du bout de l'épi	3
Aspérité de la feuille	3	Insertion de l'épi	1		
Couleur de la nervure centrale	3	Longueur de feuille	1		
Hauteur variable	3	Insertion de feuille	1		
Nombre de feuilles	2	Panicule	1		
Forme de la feuille	2	Nombre de feuilles	1		
Surface foliaire	2	Couleur des feuilles	1		
Insertion des feuilles	2	Couleur de la panouille	1		

Tableau No 3-25. Descripteurs mentionnés par les agriculteurs lors du test d'identification des variétés à chaque stade. Fréquence avec laquelle le descripteur est mentionné.

souvent identifiée comme étant la variété Tabloncillo (confusion de variétés ou nom générique de la race de ces deux variétés ?) (*figure 3-29*).

### **Groupe 3 : Híbrido (H), Argentino (AR), Amarillo (A), Enano (E) et Hybride commercial (HC)**

L'identification des variétés est restée médiocre quel que soit le stade. Ce résultat n'est d'ailleurs pas étonnant si nous considérons que ces variétés sont celles qui sont le moins cultivées. Seules les variétés Blanco, Amarillo Ancho, Negro et Chianquiahuitl peuvent être considérées comme étant connues de tous les agriculteurs du bassin versant. Par contre, certaines assimilations de la variété Argentino à la variété Blanco de cycle court (*figure 3-29*) à partir des descripteurs d'épis sont étonnantes, les diamètres d'épis et nombre de rangs de ces deux variétés étant réellement très différents.

La variété Enano a été bien identifiée au stade plantule, sa talle particulièrement épaisse et ses feuilles larges, caractéristiques des variétés améliorées, étant très visibles à ce stade.

La variété Amarillo a été reconnue à la récolte grâce à la couleur de son grain, mais confondue souvent avec la variété Amarillo Ancho.

**Selon les descripteurs végétatifs les agriculteurs distinguent donc les variétés de cycle court des variétés de cycle long et accessoirement de certaines variétés améliorées, alors que d'après les épis un cloisonnement plus fin semble pouvoir être fait.**

#### **II.3.4 - Critères d'identification**

Les caractéristiques mentionnées par les agriculteurs pour identifier les variétés et la fréquence de leur utilisation sont données dans le *tableau 3-25*.

A 5 semaines la largeur de la feuille, le diamètre de la talle, la longueur de la feuille et la couleur de la talle sont les plus mentionnés.

A la floraison, les agriculteurs citent surtout la **longueur de cycle**, la **hauteur de la plante**, le diamètre de la talle, la forme de la panouille, la largeur de la feuille et la hauteur d'insertion de l'épi. **La panicule n'a pour ainsi dire pas été observée.**

A la récolte est privilégié le **diamètre de la rafle** et sont également utilisés la largeur du grain et le diamètre de l'épi.

Pour comprendre pourquoi certains descripteurs sont utilisés il faut analyser les différents biais de ce test d'identification.

Le biais le plus important reste le **développement végétatif de toutes les variétés très supérieur à celui observé généralement dans les parcelles paysannes**, noté par les agriculteurs. La hauteur moyenne des plantes de la variété Blanco mesurée en parcelles paysannes en saison sèche a varié par

exemple de 1.27 m à 1.80 m alors qu'en conditions expérimentales la hauteur moyenne des plantes des six lots de semences a varié entre 2.06 m et 2.40 m, soit plus de 60 cm de différence en moyenne. La hauteur d'insertion de l'épi a été encore plus affectée ; c'est peut-être la raison pour laquelle cette caractéristique est peu citée par les agriculteurs par rapport à la hauteur de plante.

D'autre part, **les variétés ayant été semées le même jour, les agriculteurs ont pu, lors de l'identification à partir des plantes, apprécier la durée du cycle de la variété à reconnaître comparativement aux autres parcelles.** Cette caractéristique est apparue comme essentielle pour distinguer les variétés. Ce résultat est intéressant en soi mais a sans doute interféré dans l'utilisation d'autres descripteurs.

Si les agriculteurs ont pu dans la plupart des cas attribuer un nom de variété à la parcelle qui leur était présentée, il a été très **difficile d'obtenir de leur part que soient explicités les critères utilisés pour identifier ces variétés.** Les agriculteurs semblent ne pas décomposer leur perception en descripteurs individualisés. Leur perception repose surtout sur l'aspect global de la plante ou de l'épi comme le signalent également LEGER (1991) pour les arbres au Mexique et la revue bibliographique de FRIEDBERG (1990). A ce propos, FRIEDBERG rapporte les propos de BULMER et TYLER : "Les caractères sur lesquels ils (les informateurs) attirent consciemment l'attention, en fait, constituent une très petite partie de la configuration totale qui est, pour un informateur, le fondement de la façon dont réellement il reconnaît un *specieme* particulier".

D'autre part, **des descripteurs qui permettent de toute évidence d'identifier une variété, comme la couleur du grain pour les variétés Amarillo Ancho et Negro, ont très rarement été mentionnés.** Néanmoins, à la vue des épis, la variété Negro a été reconnue sans hésitation par tous les agriculteurs interrogés. Ce seul fait remet en question le rapport entre la fréquence à laquelle a été mentionné un descripteur et sa réelle importance. Les agriculteurs semblent avoir cherché souvent à caractériser les variétés par des caractères secondaires, les caractéristiques principales leur semblant trop évidentes à mentionner. Les agriculteurs semblent donc avoir répondu aux questions posées en considérant que l'enquêteur connaissait les variétés. Ils ont donc fait part de ce qu'ils considèrent être leur expérience personnelle au lieu de décrire les caractéristiques générales des variétés connues de tous.

Dans d'autres cas, **un descripteur facilement repérable semble avoir été remplacé par une autre caractéristique.** Ainsi, la faible représentation du nombre de feuilles indique sans doute la difficulté à percevoir cette caractéristique en tant que telle. Elle semble remplacée par la surface foliaire qui associe nombre de feuilles et largeur de feuille. Un autre cas de remplacement concerne sans doute le nombre de rangs de grains, faiblement représenté dans le test d'identification alors qu'il est apparu essentiel pour caractériser les variétés précédemment. Cette caractéristique a pu être appréciée indirectement par la largeur du grain avec laquelle le nombre de rangs de grains est très corrélé (*tableau A3-10, en annexe*).

## **II.4 - CONCLUSION : IMPORTANCE DE LA LONGUEUR DE CYCLE ET DES CARACTERISTIQUES DE L'ÉPI**

Les variétés étudiées à Cuzalapa couvrent une large gamme en ce qui concerne les descripteurs végétatifs ou d'épis. Néanmoins, si le passage d'une variété à une autre se fait de façon continue pour les descripteurs de plantes il n'en est pas de même pour les descripteurs d'épis, différents entre variétés et peu affectés par une modification des conditions de culture. En parcelles paysannes, dans les mêmes conditions climatiques, les principales variétés locales peuvent se distinguer partiellement en fonction de certains descripteurs végétatifs et de la panicule. Cependant cette distinction est encore plus claire en fonction de la largeur, de l'épaisseur et du nombre de rangs de grains. Des conditions de croissance très différentes affectent fortement la plupart des descripteurs végétatifs et de la panicule ainsi que les descripteurs liés au poids d'épi, de rafle et de grain et la hauteur de grain liée à ces derniers.

**Les descripteurs végétatifs sont plus sensibles aux interactions génotype-milieu et la structuration de la diversité morphologique à Cuzalapa se fait autour des descripteurs d'épis liés essentiellement à la largeur du grain et au nombre de rangs de grains.**

Les descripteurs d'épis, à l'exception de ceux liés au poids et à la longueur d'épi et de rafle, sont donc les plus fiables et discriminants pour l'identification des variétés dans le bassin versant de Cuzalapa et en particulier la largeur de grain (LGR) et le nombre de rangs de grains (RGS). La couleur du grain, non utilisée dans les analyses, est bien entendu un descripteur très important pour certaines variétés.

Ces résultats vont dans le sens de GOODMAN et PATERNIANI (1969) qui montrent que les caractéristiques de l'épi sont moins sensibles à l'environnement que les descripteurs de la panicule, eux-même plus stables que les descripteurs végétatifs. DOEBLEY (1983) montre également que les caractéristiques de l'inflorescence mâle chez le maïs sont très variables. De même, BEZANÇON (1993) montre sur le riz la forte dépendance des caractères végétatifs vis-à-vis de l'environnement, moins marquée pour les variables en relation avec la phase reproductive qui permettent en particulier une bonne distinction entre le type sauvage et les échantillons cultivés.

**Malgré les nombreux biais du test d'identification des variétés par les agriculteurs, celui-ci a confirmé le rôle prépondérant de la longueur de cycle et des descripteurs d'épis en tant que caractères principaux permettant une bonne caractérisation des variétés.** La longueur du cycle est apparue comme très importante dès le stade plantule, les agriculteurs cherchant au toucher la panicule dans le cornet. L'importance des caractéristiques de l'épi est apparue fondamentale pour la reconnaissance d'une variété lorsque, au cours de la floraison, les agriculteurs ont cherché à percevoir la forme de l'épi au travers de la forme de la panouille et surtout de son diamètre. D'autre part, **les agriculteurs semblent percevoir des groupes de variétés très similaires à ceux que nous avons mis en évidence.** Ils distinguent essentiellement

les variétés en fonction de leur longueur de cycle au stade végétatif alors que la reconnaissance des variétés est plus fine à partir des épis.

Les classifications paysannes tiennent compte surtout de la longueur du cycle chez les plantes allogames : la classification des variétés de mil au Sénégal se base exclusivement sur leur précocité (Souna et Sanio) malgré des différences appréciables de formes de chandelles à l'intérieur d'une même variété (PERNES *et al.* 1984) et la classification du maïs chez les Bunaq (Indonésie) se base sur la longueur de cycle (trois classes) et en fonction de la couleur du grain à l'intérieur de chacune des classes (FRIEDBERG 1990). Par contre, la classification de plantes à reproduction végétative est plutôt basée sur la partie utilisée de la plante : la classification traditionnelle de la pomme de terre dans les Andes est basée sur les tubercules, rarement sur une autre partie de la plante (BRUSH *et al.* 1981, QUIROS *et al.* 1990). **L'utilisation concomitante de ces deux types de critères à Cuzalapa tient au fait qu'il existe une forte corrélation entre eux.**

Il est de plus intéressant de relever les observations des agriculteurs concernant les échantillons d'épis qui leur ont été présentés, la plupart des agriculteurs enquêtés ayant contesté la "pureté" des échantillons. Selon eux chaque échantillon de 10 épis était le mélange de différentes variétés. Deux hypothèses peuvent être émises :

- il s'agissait d'une excuse de la part d'agriculteurs ayant peur d'échouer, un certain esprit de compétition ayant été introduit dans ces épreuves ;

- En dehors des épis-semence, très typés, la perception d'une variété par un agriculteur est basée sur un ensemble important d'épis (ensemble des épis récoltés) et donc sur la moyenne ou le mode des différentes caractéristiques. 10 épis ne permettent pas cette perception mais obligent à l'observation détaillée des épis qui peuvent en effet s'avérer très différents à l'intérieur d'une même variété comme nous l'avons vu précédemment.

**Le continuum entre variétés, mis en évidence précédemment, serait alors expliqué par une structure des variétés reposant sur des mélanges de types de maïs en différentes proportions. La proportion de ces différents types (ex: épis à 8, 10 ou 12 rangs) déterminerait "l'allure" générale de la variété, comparable au profil général d'un arbre reconnu de loin, fruit d'une certaine proportion de branches dressées, horizontales ou pendantes, de feuilles arrondies, pointues...**

## Deuxième partie

**GESTION TRADITIONNELLE  
DE LA DIVERSITE GENETIQUE**

**PLAN**  
**SECONDE PARTIE**

**Chapitre 4 - RECONDUCTION DES VARIETES : ECHANGE ET TAILLE DES LOTS DE SEMENCES**

<b>I - OBJECTIFS ET METHODES</b> .....	<b>125</b>
I.1 - OBJECTIFS .....	125
I.2 - ENQUETE .....	125
I.3 - CONSIDERATIONS THEORIQUES : DETERMINATION DU NOMBRE MINIMUM D'EPIS NECESSAIRE A LA CONSERVATION D'UNE POPULATION .....	129
<b>II - RESULTATS</b> .....	<b>135</b>
II.1 - EN FONCTION DU CYCLE DE CULTURE .....	135
II.2 - EN FONCTION DE LA VARIETE .....	137
II.3 - FACTEURS D'EXPLICATION .....	145
<b>III - CONCLUSION : INTENSES ECHANGES DE SEMENCES ET PERTE THEORIQUE CONSTANTE D'ALLELES</b> .....	<b>149</b>

**Chapitre 5 - FLUX POLLINIQUES ENTRE VARIETES**

<b>I - OBJECTIFS ET METHODES</b> .....	<b>153</b>
I.1 - FACTEURS LIMITANT LES FLUX GENIQUES .....	153
I.2 - METHODES .....	156
<b>II - RESULTATS</b> .....	<b>159</b>
II.1 - DISTRIBUTION DES VARIETES DANS L'ESPACE .....	159
II.2 - SYNCHRONISME DES PERIODES DE FLORAISON .....	159
II.3 - ECHANGES GENETIQUES EN PARCELLES PAYSANNES .....	165
<b>III - CONCLUSION : ECHANGES DE GENES LIMITES MAIS CONSTANTS</b> .....	<b>168</b>

**Chapitre 6 - SELECTION DES SEMENCES**

<b>I - OBJECTIFS ET METHODES</b> .....	<b>172</b>
I.1 - DETERMINATION DU MODE ET DES CRITERES DE SELECTION .....	172
I.2 - INFLUENCE DES CRITERES DE SELECTION DES SEMENCES .....	172
<b>II - MODE ET CRITERES DE SELECTION DE LA SEMENCE A CUZALAPA</b> .....	<b>178</b>
II.1 - METHODES DE SELECTION .....	178
II.2 - CRITERES DE SELECTION DE LA SEMENCE .....	183
<b>III - SELECTION DE LA SEMENCE ET CONTROLE DES FLUX DE GENES</b> .....	<b>187</b>
III.1 - SELECTION D'EPIS BIEN DEVELOPPES .....	187
III.2 - SELECTION D'IDEOTYPES .....	193
<b>IV - CONCLUSION : CONSERVATION DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES EPIS PAR SELECTION MASSALE DE LA SEMENCE SUR LES EPIS</b> .....	<b>208</b>

Si l'objectif des agriculteurs est de gérer leurs cultivars de façon à conserver des variétés distinctes et stables, ils sont théoriquement conduits, dans le cas d'une plante à fécondation croisée comme le maïs, à :

- n'utiliser presque exclusivement que des semences produites par eux-mêmes, dont ils peuvent contrôler la variabilité et les modifications, c'est à dire limiter, sauf cas de force majeure, l'acquisition de semences auprès d'autres agriculteurs et sur le marché, ou, l'abandon de cultivars ;
- reconduire le maximum de la diversité génétique des variétés à chaque cycle de culture à partir d'une quantité suffisante de semences et limiter ainsi la consanguinité et la dérive génétique pouvant conduire à une baisse de productivité ;
- isoler ces variétés d'autres cultivars, surtout lorsqu'il s'agit de cultivars exogènes, en gérant leur localisation dans l'espace et leur date de semis de façon à ce que les échanges génétiques soient limités ;
- et sélectionner les épis destinés à la semence conformes à un idéotype du cultivar, en excluant tout épi présentant des caractères d'une autre variété.

Dans la seconde partie de ce document le mode gestion des variétés par les agriculteurs est abordé. Certaines observations faites antérieurement remettent en question certaines de ces hypothèses et donc la notion de cultivars locaux distincts et stables.

**Une diversité phénotypique importante a été mise en évidence à Cuzalapa. Elle est le fait de l'association de la culture de variétés locales et de variétés introduites.** La diversité présente dans le bassin versant est donc en grande partie de fruit de l'introduction de semences d'autres variétés. Le mode de reconduction des variétés, soit la provenance des lots de semences et les quantités de semences à partir desquelles sont reconduits les cultivars, sera abordé dans le *Chapitre 4*.

**Les lots de semences des variétés locales forment un continuum phénotypique lié à la longueur de leur cycle** permettant d'émettre l'hypothèse de flux de gènes préférentiels entre lots de semences de longueur de cycle équivalente. La localisation des variétés dans l'espace, le synchronisme de leur floraison et en conséquence les échanges génétiques entre cultivars au cours d'un cycle de culture sont étudiés dans le *Chapitre 5*.

**D'autre part, les variétés se distinguent essentiellement en fonction de leur longueur de cycle et des caractéristiques de l'épi dont en particulier la largeur du grain et le nombre de rangs de grains.** Le niveau de ces dernières est corrélé à la longueur de cycle de la variété mais peu affecté par les conditions de culture. La structuration de la diversité autour de ces caractères ne tient donc pas à la physiologie de la plante mais plus probablement à un effet de la sélection des semences sur ces critères en fonction de la longueur de cycle des variétés. Les critères de sélection des semences et leur influence sur le contrôle des flux de gènes entre variétés seront discutés dans le *Chapitre 6*.



## Chapitre 4

### **RECONDUCTION DES VARIETES : ECHANGE ET TAILLE DES LOTS DE SEMENCES**

## **I - OBJECTIFS ET METHODES**

### **I.1 - OBJECTIFS**

Cette étude vise à préciser le mode de reconduction des variétés au niveau du bassin versant de façon à déterminer si cette communauté rurale, traditionnelle du point de vue agricole, gère les variétés de maïs selon un modèle stricte de conservation endogène.

Il s'agit, d'une part, de déterminer l'importance des acquisitions de semences par les agriculteurs auprès d'autres producteurs (prêts, échanges ou achats), et en particulier la fréquence de l'introduction de matériel génétique étranger au bassin versant par rapport à la sélection de la semence fermière par l'agriculteur sur sa propre récolte.

D'autre part, nous avons étudié, pour chaque variété cultivée dans le bassin versant, le nombre moyen d'épis à partir duquel sont reconduits les lots de semences et les conséquences de cet échantillonnage sur la structure génétique des cultivars.

### **I.2 - ENQUETE**

Une enquête a été réalisée sur un échantillon de 39 agriculteurs. Le projet de réserve de la biosphère n'étant que partiellement accepté par la population locale, l'échantillon a dû être constitué d'agriculteurs disposés à collaborer, probablement les plus défavorisés et les plus traditionnels.



Cette enquête a été menée tout au long des trois années de présence dans la communauté et regroupe l'information de trois cycles de culture irriguée (CI89, CI90, CI91) et de trois cycles de culture pluviale (CP89, CP90, CP91). Pour chaque cycle de culture, les informations recueillies ont concerné :

- **les variétés cultivées** par l'agriculteur sur ses propres parcelles et sur les parcelles louées ou cultivées en association avec d'autres producteurs.

Les variétés ont été enregistrées sous le nom donné par l'agriculteur. Un lot de semences introduit portant le même nom qu'une variété locale a été considéré comme faisant ou non partie de cette variété selon l'opinion de l'agriculteur enquêté.

- **la provenance** (fournisseur, localité) de chaque lot de semences, en distinguant trois situations:

\* *Semences propres* (noté P) : semences sélectionnées par l'agriculteur à partir de sa propre récolte,

\* *Semences acquises à Cuzalapa* (noté C) : semences acquises dans le bassin versant de Cuzalapa auprès d'un autre agriculteur,

\* *Semences introduites* (noté I) : semences acquises en dehors du bassin versant.

Sauf spécification contraire, la provenance d'un lot de semences a été considérée indépendamment de la provenance de la précédente génération de ce lot : un lot est considéré propre (P) si les épis sélectionnés pour le constituer le sont à partir de la production d'une parcelle du bassin versant même si le lot de semences ayant été semé sur cette parcelle est d'origine exogène.

- **la quantité de semences** utilisée pour chaque variété.

Dans le bassin versant, les unités utilisées par les agriculteurs sont le litre de grains, ou la *medida* (équivalente à 5 litres) et la surface emblavée est généralement évaluée d'après la quantité de semences utilisée : 5 *medidas* = 25 litres = environ 20 kg de grains par hectare. Ces quantités de semences ont été transformées en nombre d'épis égrenés grâce aux mesures, pour chaque variété, du poids d'un quart de litre de grains (PQL) et du poids de grains par épi (PGR) faites dans la Collection de variétés (*Partie I, Chapitre 3, I*) et lors du suivi de parcelles paysannes (*Partie I, Chapitre 3, II*). Le nombre d'épis à égrener pour obtenir un litre de grains varie entre 13 pour la variété Guino Rosquero et 5.5 pour le Guino Gordo. Pour certaines variétés mineures reportées dans les enquêtes, mais absentes de nos essais, nous avons utilisé la valeur de 7.5 épis/litre, valeur moyenne pour toutes les variétés. D'un côté, ce mode de calcul surestime le nombre d'épis réellement égrenés car les épis choisis pour la semence sont en général les plus lourds et les plus développés. D'un autre côté, il le sous-estime puisque traditionnellement les rangs de grains aux deux extrémités de l'épi sont exclus du lot de semences.

PROBABILITE (P)	FREQUENCE DU GENOTYPE RARE (a)					
	0.001	0.01	0.03	0.05	0.07	0.10
TAILLE DE L'ECHANTILLON (N)						
0.90	2301	229	76	45	32	22
0.93	2658	265	87	52	37	25
0.96	3217	320	106	63	44	31
0.99	4603	458	151	90	63	44

Tableau No 4-1 . Taille de l'échantillon (N) permettant que soit incluse avec une probabilité P au moins une copie du génotype rare selon la fréquence (a) de ce génotype dans la population (d'après CROSSA 1989) .

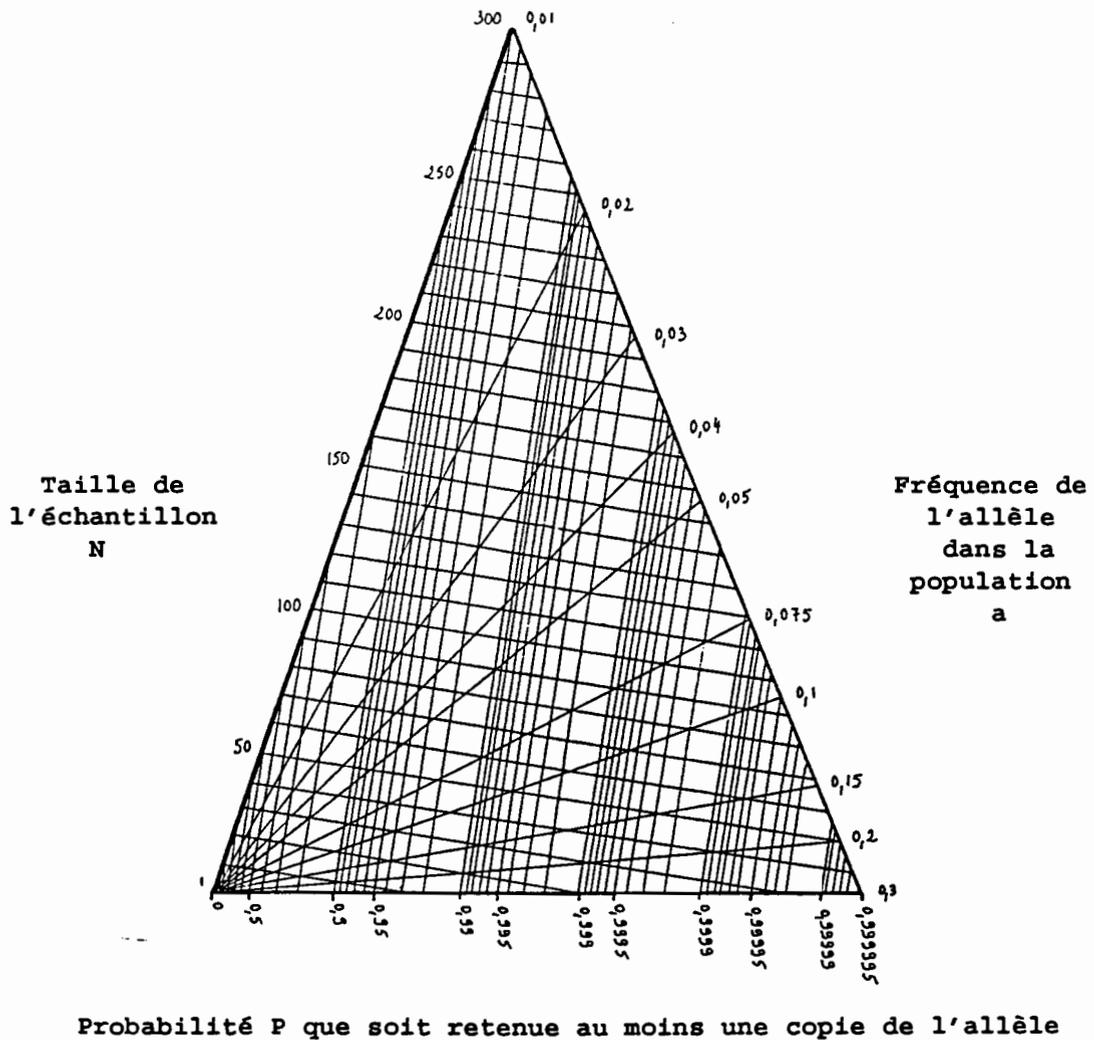


Figure No 4-1 . Taille de l'échantillon (N) permettant que soit incluse avec une probabilité P au moins une copie du génotype rare selon la fréquence (a) de ce génotype dans la population (d'après ELLIS 1985) .

**I.3 - CONSIDERATIONS THEORIQUES : DETERMINATION DU NOMBRE MINIMUM D'EPIS NECESSAIRE A LA CONSERVATION D'UNE POPULATION**

La conservation des ressources génétiques a pour objectif de préserver, au fil des générations, la diversité génétique représentée par le nombre maximum d'allèles. La conservation de la diversité d'une variété dépend donc de son mode de reproduction et de son échantillonnage : nombre de génotypes, taille de l'échantillon et viabilité des semences (ELLIS 1985).

D'après CROSSA (1989) il faut veiller d'une part à la conservation des allèles ou des génotypes dits rares, et d'autre part au maintien d'un faible taux de consanguinité, la réduction du polymorphisme étant très intense pour des populations allogames de maïs et de mil conservées en endogamie (NGUYEN et PERNES 1984).

**I.3.1 - Conservation d'allèles**

Un échantillonnage limité qui ne représente qu'une petite fraction de la variabilité génétique parentale conduit à une dérive ou une érosion génétique par modification des fréquences alléliques, fixation ou perte d'allèles. Plus l'échantillon est petit, et plus spécifiquement, plus l'effectif efficace  $N_e$  est réduit (effectif des adultes participant réellement à l'échantillon prélevé, formule donnée en I.3.2), plus les fluctuations des fréquences alléliques d'une génération à l'autre seront importantes et plus rapidement on aboutira à la fixation d'un allèle (ROSSIGNOL 1985). Ces phases de fixation sont d'autant plus importantes que le taux d'allogamie est faible (riz, sorgho) et que l'apport de pollen étranger est réduit (OLLITRAULT 1987). En l'absence de sélection, la probabilité qu'un allèle soit fixé est égale à sa fréquence allélique ; les allèles rares ont donc une probabilité plus grande d'être perdus (GALE et LAWRENCE 1984).

La probabilité  $P(a_{n+1})$  qu'un allèle soit à la fréquence  $a_{n+1}$  à la génération  $n+1$  en fonction de sa fréquence  $a_n$  à la génération  $n$  et de la taille de l'échantillon  $N$  prélevé pour constituer la génération  $n+1$ , est donnée par la formule :

$$P(a_{n+1}) = \frac{2N! \cdot a_n^{2Na_{n+1}} \cdot (1-a_n)^{2N(1-a_{n+1})}}{(2Na_{n+1})! (2N(1-a_{n+1}))!}$$

La taille de l'échantillon  $N$ , nécessaire pour la conservation d'au moins une copie de l'allèle lors d'un échantillonnage, est donc fonction de la fréquence du génotype  $a_n$  que l'on cherche à conserver

NOMBRE D'ALLELES PAR LOCUS	x	2	3	4	5	6	7
EFFECTIF EFFICACE	Ne	50	150	300	500	750	1050
NOMBRE D'EPIS NECESSAIRES							
pour Nm maximum = 250 Nf (250 grains par épi)		13	38	75	125	188	263
pour Nm = Nf		25	75	150	250	375	525

Tableau No 4-2 . Effectif efficace de la population pour que le taux de perte d'hétérozygotie F soit maintenu au dessous de 1% en fonction du nombre d'allèles par locus (D'après CROSSA 1989).

Nombre d'épis de maïs nécessaires selon le nombre de plantes ayant participé à la fécondation des épis.

et du niveau de sécurité P choisi selon la formule :

$$N = \log(1-P)/\log(1-a_n) \text{ (CROSSA 1989)}$$

La taille d'échantillon nécessaire dépend plus de la fréquence de l'allèle le plus rare que du nombre d'allèles rares sur un locus (CROSSA 1989). Pour les allèles ou génotypes dits rares, les tailles d'échantillon sont calculées dans le *tableau 4-1* . ELLIS (1985) présente ces mêmes données sous forme d'un triangle (*figure 4-1*).

Il est ainsi nécessaire de récolter au moins 90 plantes pour que les allèles présents à une fréquence inférieure à 5% soient présents au moins une fois dans la génération suivante avec une probabilité de 99%.

Par contre, la probabilité de conserver un allèle après plusieurs cycles de reconduction dépend non seulement de la taille d'échantillon mais également du rapport Ne/N (GALE et LAWRENCE 1984).

### 1.3.2 - Maintien d'un taux réduit de consanguinité

La réduction du taux d'hétérozygotes par génération pour une locus présentant x allèles (c'est-à-dire le taux de passage de x à x-1 allèles pour ce locus) est fonction de l'effectif efficace de l'échantillon et du nombre d'allèles présents à ce locus selon la formule de KIMURA (1955) cité par CROSSA (1989) :

$$F = \frac{x(x-1)}{4 * Ne}$$

avec :

F = Taux de consanguinité ou de perte d'hétérozygotie

x = Nombre d'allèles par locus

$$Ne = \text{Effectif efficace} = \frac{1}{\frac{1}{Ne} + \frac{1}{4 * Nf} + \frac{1}{4 * Nm}}$$

Nf = Nombre de parents femelles

Nm = Nombre de parents mâles

Pour la conservation des ressources génétiques, FRANKEL et SOULE (1981, cités par CROSSA 1989) proposent un seuil maximum de consanguinité de 1%, en considérant que ce taux peut être contrebalancé par la sélection naturelle. L'effectif efficace pour que ce taux reste au dessous de 1% est donné dans le *tableau 4-2* en fonction de différents nombre d'allèles par locus.

CYCLE	VARIETE	QUANTITE DE SEMENCES	PROVENANCE #
CI 89	Chianquiahuitl	2.5 med *	La Pareja C
	Enano	2.5 med	El Durazno C
	Blanco	15 med	P
CP 89	Chianquiahuitl	2 med	P
CI 90	Blanco	14 med	CHACALA I
	Chianquiahuitl	4 med	P
	Enano	2 med	P
	Canelo	1 med	SANTIAGO I
	Negro	1 épi	I
CP 90	non semé		
CI 91	Amarillo Ancho	12 med	Chelo Mendoza C
	Amarillo	3 med	CHARCO AZUL I
	Negro	1 l	Pablo Manriques C
CP 91	Tuxpeño	3.5 med	EL GRULLO I
	Negro	1 med	P

\* 1 med (medida) = 5 litres de grains de maïs = environ 4 kg de grains

# PROVENANCE :

Les noms indiqués en minuscule sont des noms d'agriculteurs ou de communautés rurales du bassin versant de Cuzalapa. Les noms en majuscule sont des noms de communautés rurales extérieures au bassin versant.

P = semences propres

C = semences acquises dans le bassin versant

I = semences introduites d'autres communautés rurales

Tableau No 4-3 . Exemple d'information obtenue auprès d'un agriculteur dans l'enquête sur la provenance des semences réalisée sur 39 agriculteurs du bassin versant de Cuzalapa au cours de 6 cycles de culture.

Dans les programmes de conservation de ressources génétiques, la taille des échantillons utilisée est le résultat d'un compromis entre une quantité maximale de semences et les coûts en surface, en main d'oeuvre ou financier de la reconduction d'une variété. Les fécondations sont contrôlées de façon à maximiser l'effectif efficace pour une quantité de semences donnée. Le nombre d'épis de maïs utilisés (sib-pollinated) varie de 200 à moins de 50 selon les limitations pratiques (SPRAGUE communic. person.).

En milieu paysan, par contre, la quantité de semences dépend de la surface à emblaver. Les fécondations sont libres et l'ensemble des grains des épis choisis pour la semence sont presque entièrement utilisés. Dans ce cas, le nombre de parents femelles (Nf) est égal au nombre d'épis sélectionnés et le nombre de parents mâles (Nm) est au plus égal au nombre total de grains du lot de semences. En considérant une moyenne de 250 grains-semence par épi :

$$Nm < \text{ou} = 250 Nf.$$

Dans le meilleur des cas ( $Nm = 250 Nf$ ), pour maintenir le taux de consanguinité au dessous de 1% il suffit d'égrener 13 épis dans l'éventualité de 2 allèles par locus et jusqu'à 188 épis s'il en existe 6 (tableau 4-2). Si un nombre inférieur de parents mâles participent à la fécondation, le nombre d'épis nécessaire augmente. Si le même nombre de femelles que de mâles participent à la génération suivante ( $N_m = N_f$ ), le nombre d'épis nécessaire est par exemple deux fois plus grand. Ces deux situations peuvent être considérées comme étant les situations extrêmes que l'on peut rencontrer en milieu de culture.

L'analyse des isoenzymes de 34 races mexicaines de maïs par DOEBLEY *et al.* (1985) a révélé une moyenne de 7.09 allèles par locus pour les 23 loci étudiés (de 3 pour le Malate déshydrogénase MDH4 et le Modificateur du MDH mitochondrial Mmm à 18 pour la  $\beta$ -glucosidase Glu1). Nous avons donc considéré pour notre étude trois seuils :

- La reconduction d'une population à partir de 250 épis permet la conservation des allèles présents à une fréquence d'au moins 3% et maintient un taux de consanguinité inférieur à 1% pour les locus ayant de 5 à 7 allèles en fonction de Nm.

- 100 épis permettent en théorie la conservation d'allèles dont la fréquence est au moins de 5% et le maintien du taux de consanguinité au dessous de 1% pour les locus possédant de 3 à 4 allèles.

- A partir de 40 épis nous pouvons assurer la conservation d'allèles dont la fréquence est d'au moins 10% et le maintien de la consanguinité au dessous de 1% pour les locus ayant 2 à 3 allèles.

Notre raisonnement dans ce chapitre concernera chaque lot de semences pris individuellement. La situation générale au niveau de l'ensemble des lots et donc du bassin versant sera discutée dans la *Troisième Partie*.

		TOTAL	SEMENCES PROPRES		SEMENCES OBTENUES DANS LE BASSIN VERSANT DE CUZALAPA		SEMENCES OBTENUES DANS UNE AUTRE COMMUNAUTE		LOTS DE SEMENCES ISSUS DE MOINS DE 100 EPIS %
			Tot	P %	Tot	C %	Tot	I %	
CYCLE IRRIGUE	Nombre de lots de semences	252	124	49.2% a	98	38.9%	30	11.9%	48.8%
	Surface (ha)	277.5	104.8	37.8% A	119.5	43.0%	53.3	19.2%	
CYCLE PLUVIAL	Nombre de lots des semences	235	132	56.2% a	78	33.2%	25	10.6%	57.3%
	Surface (ha)	164.7	95.1	56.8% B	55.5	34.8%	14.1	8.4%	
TOUS CYCLES	Nombre de lots de semences	487	256	52.6%	176	36.1%	55	11.3%	52.9%
	Surface (ha)	442.3	199.9	44.9%	174.9	39.9%	67.4	15.1%	

aa Différence non significative Analyse de la variance 5%  
 AB Différence significative Analyse de la variance 1%

Tableau No 4-4 . Provenance des lots de semences selon le cycle de culture (enquête auprès de 39 producteurs sur 3 cycles de culture pluviales et 3 cycles de culture irriguée).

	CYCLE IRRIGUE				CYCLE PLUVIAL			
	PROVENANCE			LOTS <100 épis	PROVENANCE			LOTS <100 épis
	P	C	I		P	C	I	
Blanco	32.1%	45.4%	22.5%	8.9%	69.0%	27.5%	3.5%	42.9%
Chianquiahuitl	57.2%	42.8%	0.0%	59.1%	81.3%	18.7%	0.0%	32.3%

Tableau No 4-5 . Pourcentage de la surface semée par variété en fonction de la provenance des semences et du cycle de culture pour les variétés Blanco et Chianquiahuitl. Pourcentage des lots de semences constitués à partir de moins de 100 épis en fonction du cycle de culture, pour les variétés Blanco et Chianquiahuitl.

## II - RESULTATS

Le *tableau 4-3* illustre l'information obtenue lors de l'enquête chez un agriculteur : celui-ci a semé pendant le cycle irrigué 1991 (CI 91) 48 kg (12 *medidas*) de grains de la variété Amarillo Ancho qu'il a obtenus auprès de Chelo Mendoza à Cuzalapa (C), 12 kg (3 *medidas*) d'Amarillo qu'il a rapportés de la communauté de Charco Azul (I) et 800 g (1 litre) de Negro qu'il a obtenus auprès de Pablo Manriques à Cuzalapa (C). Il a, d'autre part, cultivé trois lots de semences de la variété Chianquiahuitl au cours de la période :

- Lot 1 : 20 kg (2.5 *medidas*) acquis dans le bassin versant (C), semés pendant la cycle irrigué 1989 (CI 89),

- Lot 2 : 16 kg (2 *medidas*) de semences semés pendant le cycle pluvial 1989 (CP 89). Ce lot est considéré comme un lot de semence propre (P) car il a été sélectionné à partir de la récolte du semis du lot 1,

- Lot 3 : 32 kg (4 *medidas*) sélectionnés à partir de la récolte du cycle précédent (P) et semés pendant le cycle irrigué 1990 (CI 90).

Les 39 agriculteurs interrogés ont semé au cours des six cycles de culture un total de 487 lots de semences, représentant 26 cultivars, sur 442 ha. Trois lots, constitués de mélanges de variétés, ont été considérés lors des analyses générales mais exclus des analyses par variété.

### II.1 - EN FONCTION DU CYCLE DE CULTURE

En moyenne, tous cycles confondus, 52.6% des lots de semences semés par les agriculteurs interrogés ont été sélectionnés à partir de leur propre récolte (et ont couvert 44.9% des surfaces), alors que 36.1% ont été obtenus auprès d'un autre agriculteur du bassin versant de Cuzalapa (39.9% des surfaces) et 11.3% dans d'autres régions (15.1% des surfaces) (*tableau 4-4*). Si l'on considère sous l'appellation "lot de semences introduit" jusqu'à la troisième génération d'un lot de semences exogène, le pourcentage de lots considérés exogènes s'élève alors à 17%. Il semblerait de plus que le nombre de lots de semences introduits soit en augmentation sur les trois ans. Néanmoins, la période d'enquête est trop courte pour conclure. **Les agriculteurs de Cuzalapa n'ont donc pas une stratégie stricte de conservation de leurs propres semences. Ils ont recours pour la moitié de leurs lots de semences à d'autres producteurs et la part des semences introduites d'autres régions est loin d'être négligeable.**

Le recours à des semences d'autres agriculteurs (C et I) est plus important en saison sèche tant en nombre de lots de semences qu'en surface (*Tableau 4-4*). Si la différence n'a pas été statistiquement confirmée pour le nombre de lots de semences, elle est très significative au seuil de 1% entre les surfaces semées en semences propres pendant la saison sèche (37.8%) et pendant la saison des pluies (56.8%). Les variétés Blanco et Chianquiahuitl sont par exemple cultivées à partir de

CYCLE DE CULTURE	NOMBRE TOTAL DE LOTS DE SEMENCES	NOMBRE DE LOTS DE SEMENCES					
		SEMENCES PROPRES		SEMENCES OBTENUES DANS LE BASSIN VERSANT DE CUZALAPA		SEMENCES OBTENUES DANS UNE AUTRE COMMUNAUTE	
		Nb	P %	Nb	C %	Nb	I %
<b>VARIETES PRINCIPALES A GRAINS BLANCS</b>							
BLANCO	139	67	48.2 %	51	36.7 %	21	15.1 %
CHIANQUIAHUITL	53	39	73.6 %	14	26.4 %	0	0.0 %
ENANO	27	12	44.4 %	14	51.9 %	1	3.7 %
ARGENTINO	23	7	30.4 %	15	65.2 %	1	4.3 %
TABLONCILLO	14	8	57.1 %	5	35.7 %	1	7.1 %
<u>Total</u>	256	133		99		24	
<u>Moyenne</u>			<u>51.9 %</u>		<u>38.7 %</u>		<u>9.4 %</u>
<b>VARIETES PRINCIPALES A GRAINS DE COULEUR</b>							
NEGRO	79	57	72.2 %	21	26.6 %	1	1.3 %
AMAR. ANCHO	54	25	46.3 %	26	48.2 %	3	5.6 %
AMARILLO	26	13	50.0 %	11	42.3 %	2	7.7 %
<u>Total</u>	159	95		58		6	
<u>Moyenne</u>			<u>59.8 %</u>		<u>36.5 %</u>		<u>3.8 %</u>
<b>AUTRES 18 VARIETES MINEURES</b>							
HIBRIDO Mej	11	1	9.1 %	7	63.6 %	3	27.3 %
TUXPEÑO	8	1	12.5 %	0	0.0 %	7	87.5 %
AMAR. Teques	6	5	83.3 %	0	0.0 %	1	16.5 %
HIBRIDO	5	5	100.0 %	0	0.0 %	0	0.0 %
E. GIGANTE	5	2	40.0 %	2	40.0 %	1	20.0 %
G. GORDO	5	2	40.0 %	1	20.0 %	2	40.0 %
G. ROSQUERO	4	2	50.0 %	0	0.0 %	2	50.0 %
NEGRO ext	4	1	25.0 %	3	75.0 %	0	0.0 %
BLANCO Teques	3	2	66.7 %	0	0.0 %	1	33.3 %
PERLA	3	2	66.7 %	0	0.0 %	1	33.3 %
GUINO USA	3	2	66.7 %	1	33.3 %	0	0.0 %
HYBRIDE commercial	3	2	66.7 %	0	0.0 %	1	33.3 %
COSMENO	2	0	0.0 %	1	50.0 %	1	50.0 %
TAMPIQUENO	2	0	0.0 %	0	0.0 %	2	100.0 %
CANELO	2	0	0.0 %	1	50.0 %	1	50.0 %
AHUMADO	1	1	100.0 %	0	0.0 %	0	0.0 %
NEGRO GORDO	1	0	0.0 %	0	0.0 %	1	100.0 %
TOSQUEÑO	1	0	0.0 %	0	0.0 %	1	100.0 %
<u>Total</u>	69	28		16		25	
<u>Moyenne</u>			<u>40.6 %</u>		<u>23.2 %</u>		<u>36.2 %</u>
<b>TOTAL</b>	<b>484</b>	<b>256</b>		<b>173</b>		<b>55</b>	
<b>MOYENNE</b>			<b><u>52.9 %</u></b>		<b><u>35.7 %</u></b>		<b><u>11.4 %</u></b>

Tableau No 4-6. Provenance des semences utilisées dans le bassin versant de Cuzalapa selon la variété, tous cycles confondus (enquête auprès de 39 agriculteurs au cours de 6 cycles de culture).

69% et 81.3% de lots propres respectivement pendant la saison des pluies contre 32.1% et 57.2% en saison sèche. **Le cycle irrigué est donc en général bon pourvoyeur de semences (tableau 4-5).**

En ce qui concerne les quantités de semences, la taille des lots de semences recensés varie de 1/2 litre (3 ou 4 épis) à 150 litres de grains et la taille moyenne par variété de 75 litres (HT47) à moins d'1 litre (Negro Gordo). Toutes variétés confondues, tous cycles confondus, 76.4% des lots de semences sont constitués à partir de moins 250 épis, 52.6% des lots sont constitués à partir de moins de 100 épis et 32% à partir de moins de 40 épis (tableaux 4-7). **Un fort pourcentage des lots de semences est donc en théorie conduit à la fixation ou perte d'allèles.**

En considérant le seuil de 100 épis, toutes variétés confondues, le taux de lots de faible taille est plus important au cours des cycles de culture pluviale : 57.3% contre 48.8% en cycle irrigué (tableau 4-4). Néanmoins, ce comportement moyen est surtout valable pour les variétés de cycle court. Il est en particulier très sensible pour la variété Blanco cultivée pendant les cycles de culture pluviale sur de plus petites surfaces (20 litres de semences, soit une surface de moins de 1 ha en moyenne contre 50 litres de grains, soit environ 2 ha en cycle irrigué) et donc à partir de lots de semences de plus faible taille. Les variétés de cycle long comme la variété Chianquiahuitl, plus adaptée au cycle pluvial, sont, au contraire, plus fréquemment cultivées à partir de lots de semences de faible taille pendant le cycle irrigué (tableau 4-5). **On retrouve donc l'importance du cycle irrigué dans l'agriculture de la région et des variétés de cycle court pour cette saison de culture.**

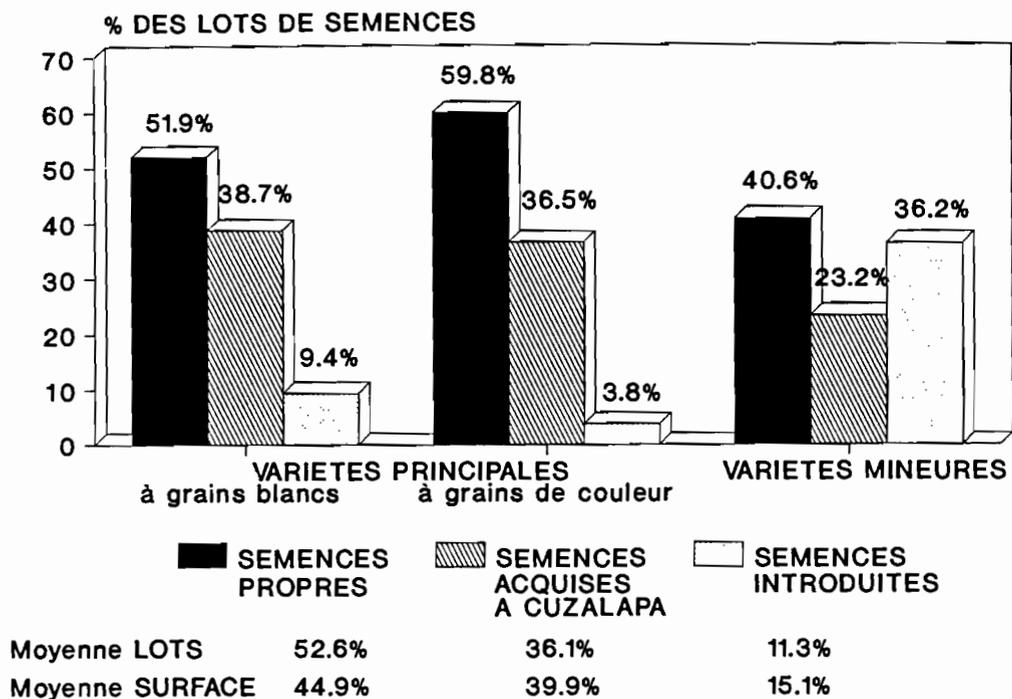
## **II.2 - EN FONCTION DE LA VARIETE**

Les données par variété, tous cycles confondus, sont données dans les *tableaux 4-6 et 4-7* et les données moyennes par groupe de variété sur les *figures 4-2 et 4-3*.

### **II.2.1 - Provenance des lots de semences**

Bien que les données soient variables à l'intérieur de chacun des groupes de variétés l'opposition se fait surtout entre les 8 variétés les plus cultivées, appelées variétés principales à grains blancs ou de couleur (90% des surfaces cultivées) et les variétés dites mineures. **Les 8 variétés principales sont, en moyenne, les moins concernées par l'introduction à partir d'autres communautés (7.2% de lots introduits) par rapport aux variétés mineures dont 36.2% des lots sont exogènes (tableau 4-6, figure 4-2).**

Parmi les variétés principales le Chianquiahuitl et le Negro font l'objet de la gestion la plus conservatrice (plus de 70% de lots de semences propres). L'explication en est simple. Les faibles surfaces semées en Negro demandent peu de semences (27 épis égrenés par lot en moyenne, *tableau*



**Figure No 4-2 . Provenance des lots de semences en fonction du type de variété.**

4-7), assez aisément conservées dans de bonnes conditions d'un cycle à l'autre. Quant à la variété Chianquiahuitl, introduite depuis plus de 40 ans, les agriculteurs interrogés ne connaissent pas son origine. Elle ne serait pas ou plus cultivée en dehors du bassin versant et ferait figure de variété typiquement locale.

Les autres variétés principales, exceptée la variété Blanco, se comportent de façon similaire : moitié de lots propres, moitié de lots acquis auprès d'autres agriculteurs et quelques lots introduits. A noter que l'on perçoit l'intérêt grandissant des agriculteurs pour la variété Argentino dont 65% des lots ont été acquis auprès d'autres agriculteurs.

La variété Blanco est le cultivar dont la proportion de lots exogènes est la plus forte de toutes ces variétés principales (15%). Cette situation s'explique, d'abord, par l'importance des surfaces emblavées. Plusieurs agriculteurs, en particulier ceux qui ne sèment pas en saison des pluies, ne disposent pas de quantités suffisantes d'épis pour le semis en saison sèche et ont donc recours à des semences produites par d'autres agriculteurs. D'autre part, ce cultivar a une importance régionale ce qui rend facile l'obtention de semences dans d'autres communautés. Il existe, en fait, une relation privilégiée entre le bassin versant de Cuzalapa et la communauté de Chacala située à une trentaine de kilomètres. Les agriculteurs de Chacala viennent chercher des semences en fin de saison sèche pour les semer pendant le cycle pluvial (aucune possibilité d'irrigation dans cette communauté) et inversement un certain nombre d'agriculteurs de Cuzalapa vont chercher leurs semences de Blanco en fin de saison des pluies pour le semis en cycle irrigué : 11 des 21 lots de Blanco introduits recensés l'ont été à partir de cette communauté dont 9 pour le semis en saison sèche. Ainsi, ces semences pourraient être considérées comme des semences propres (il s'agit d'ailleurs souvent de prêts de semences entre ces deux communautés et non d'achat-vente) ce qui ramènerait alors à 7% la proportion de semences introduites pour la variété Blanco.

Pour les 18 variétés mineures les pourcentages et les moyennes sont donnés à titre indicatif étant donné le faible nombre de lots de semences considéré. D'autre part, de nombreux lots sont tenus pour des semences propres d'après nos notations alors qu'il s'agit de la seconde ou troisième génération de lots de variétés exogènes.

Seule la variété Perla est locale. La variété Híbrido (génération avancée d'une variété hybride) est reconduite régulièrement par le même agriculteur depuis 6 ans. Les variétés Guino Rosquero, Guino Gordo et Negro Gordo font l'objet de réintroductions régulières à partir de San Miguel, l'un des sites de *Zea diploperennis*, communauté de la réserve située à 5 heures de marche de Cuzalapa. A l'opposé les 13 autres variétés ont été acquises pendant la période de l'enquête par les agriculteurs interrogés et ressemées 1 à 2 fois comme le Blanco de Tequesquiltán, Negro (externo) ou Guino USA. Sur ces 13 variétés, 7 étaient déjà connues auparavant alors que 6 sont nouvelles pour la région: Híbrido "mejorado", HT47, Negro (externo), Guino USA, Cosmeño et Tosqueño. A noter la variété Guino USA amenée des Etats Unis. A ce jour, une seule de ces variétés a été abandonnée par les 39 agriculteurs, ce qui n'empêche pas qu'elle puisse être semée par d'autres agriculteurs du bassin versant.

VARIETE	NOMBRE DE LOTS DE SEMENCES	TAILLE DES LOTS DE SEMENCES			NOMBRES DE LOTS DE SEMENCES CONSTITUES A PARTIR DE L'EGRENAGE DE MOINS DE						
		Max.	Min.	Moyenne	250 épis		100 épis		40 épis		
		litres de grains	litres de grains	nombre d'épis égrenés	Nb	%	Nb	%	Nb	%	
<b>VARIETES PRINCIPALES A GRAINS BLANCS</b>											
BLANCO	139	150	1	40.4	275	75	54.0%	29	20.9%	11	7.9%
CHIANQULAHUITL	53	125	1	24.6	189	39	73.6%	23	43.4%	15	28.3%
ENANO	27	65	0.5	12.5	84	25	92.6%	20	74.1%	10	37.0%
ARGENTINO	23	65	1	23.5	148	17	73.9%	9	39.1%	6	26.1%
TABLONCILLO	14	70	5	35.4	319	6	42.9%	2	14.3%	0	0.0%
<u>Total</u>	256					162		83		42	
<u>Moyenne</u>							<u>63.3%</u>		<u>32.4%</u>		<u>16.4%</u>
<b>VARIETES PRINCIPALES A GRAINS DE COULEUR</b>											
NEGRO	79	30	0.5	3.4	27	79	100.0%	76	96.2%	56	70.9%
AMAR. ANCHO	54	100	0.5	15.6	125	47	87.0%	36	66.7%	17	31.5%
AMARILLO	26	60	0.5	12.8	77	25	96.2%	20	76.9%	14	53.8%
<u>Total</u>	159					151		132		87	
<u>Moyenne</u>							<u>93.7%</u>		<u>83.0%</u>		<u>54.7%</u>
<b>AUTRES VARIETES MINEURES</b>											
HIBRIDO Mej	11	50	0.5	16.2	126	9	81.8%	5	45.5%	5	45.5%
TUXPEÑO	8	50	6	17.3	130	7	87.5%	3	37.5%	0	0.0%
AMARILLO Tequ.	6	25	1	11.0	90	6	100.0%	4	66.7%	1	16.7%
HIBRIDO	5	35	2	18.9	136	4	80.0%	2	40.0%	1	20.0%
ENANO GIGANTE	5	20	4	11.6	73	5	100.0%	4	80.0%	2	40.0%
GUINO GORDO	5	25	0.5	8.8	48	5	100.0%	4	80.0%	3	60.0%
GUINO ROSQUERO	4	50	0.5	14.6	196	3	75.0%	3	75.0%	1	25.0%
NEGRO (ext)	4	3	2	2.3	18	4	100.0%	4	100.0%	4	100.0%
BLANCO Tequ.	3	110	60	93.3	653	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
PERLA	3	20	5	13.3	104	3	100.0%	1	33.3%	1	33.3%
GUINO USA	3	1.5	0.5	0.8	6	3	100.0%	3	100.0%	3	100.0%
HYBRIDE commerc.	3	100	50	75.0	563	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
COSMEÑO	2	80	10	45.0	338	2	100.0%	1	50.0%	0	0.0%
TAMPIQUEÑO	2	10	2	6.0	45	2	100.0%	2	100.0%	1	50.0%
CANELO	2	5	0.5	2.8	21	2	100.0%	2	100.0%	2	100.0%
AHUMADO	1	6	-	6.0	45	1	100.0%	1	100.0%	0	0.0%
NEGRO GORDO	1	0.5	-	0.5	4	1	100.0%	1	100.0%	1	100.0%
TOSQUEÑO	1	5	-	5.0	38	1	100.0%	1	100.0%	1	100.0%
<u>Total</u>	69					58		41		26	
<u>Moyenne</u>							<u>84.1%</u>		<u>59.4%</u>		<u>37.7%</u>
<b>TOTAL</b>	<b>484</b>					<b>371</b>		<b>256</b>		<b>155</b>	
<b>MOYENNE</b>							<b><u>76.4%</u></b>		<b><u>52.9%</u></b>		<b><u>32.0%</u></b>

Tableau No 4-7. Quantité de semences semées par variété. Pourcentage de lots de semences constitués à partir de moins de 250, 100 ou 40 épis (enquête auprès de 39 agriculteurs pendant 6 cycles de culture).

Ainsi, en trois ans, un nombre important de nouvelles variétés a été introduit dans la région et un seul cultivar a été abandonné.

## II.2.2 - Taille des lots de semences

Toutes les variétés sont susceptibles d'être cultivées à partir de lots de petites tailles (*tableau 4-7*), même les plus cultivées comme le Blanco (20.9% des lots de semence de moins de 100 épis) ou le Chianquiahuitl (43.4% des lots de semences).

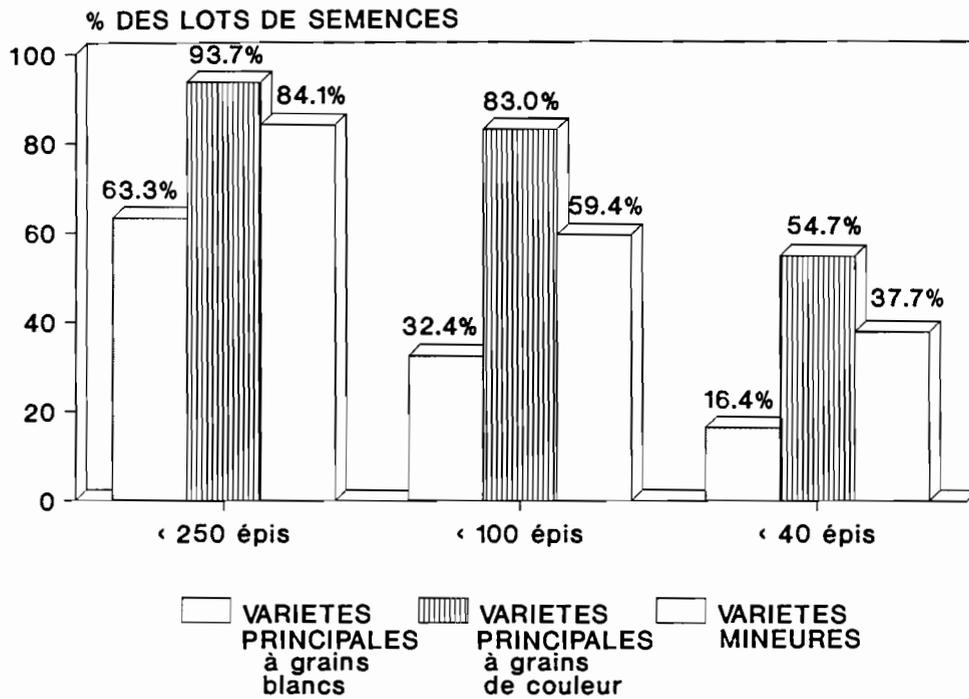
A l'exception de la variété Enano, les variétés principales à grains blancs, cultivées sur de grandes surfaces de par leur utilisation pour l'alimentation humaine, sont les plus épargnées par les effets de goulot d'étranglement avec 63.3% des lots constitués à partir de moins de 250 épis contre 93.7% et 84.1% pour les cultivars à grains de couleur et les variétés mineures. Les différences entre les groupes se maintiennent si l'on considère les seuils de 100 et 40 épis (*tableau 4-7, figure 4-3*).

Parmi les variétés principales à grains blancs, le cas particulier de la variété Enano dont 92.6% des lots ont été constitués à partir de moins de 250 épis, témoigne du désintéressement qui pointe dans le bassin versant vis à vis de cette variété. A l'origine, de faible hauteur et à talle épaisse, cette variété d'origine hybride a perdu après 5 ans de culture dans la région ses caractéristiques intéressantes vis à vis des vents violents de la saison des pluies. Au Mexique, la modification de la taille de plante des variétés hybrides est l'explication principale de l'abandon de ces variétés après un certain nombre de cycles de culture.

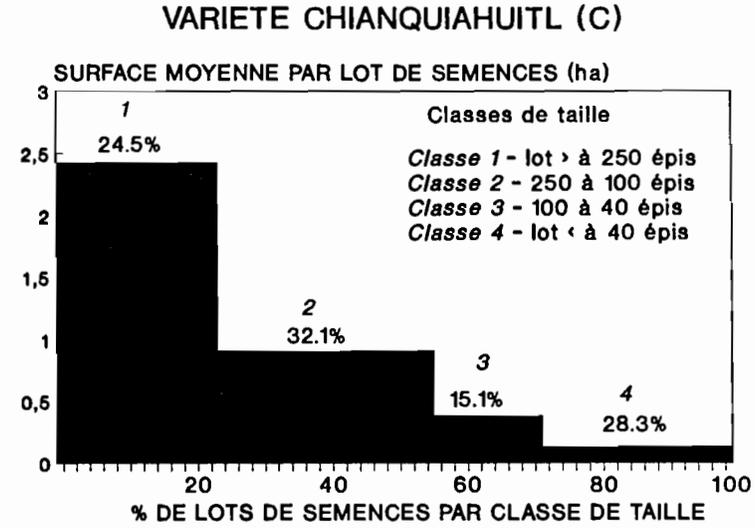
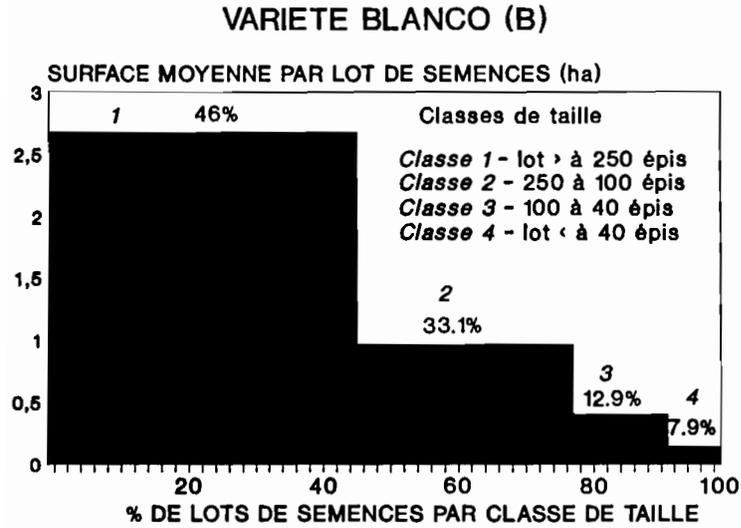
Ce sont les lots des variétés de couleur, parce que cultivées sur de petites surfaces, qui semblent les plus affectées par le risque de dérive génétique et avant tout la variété Negro (71% de lots de moins de 40 épis, plus de 96% de lots de moins de 100 épis et 100% de moins de 250 épis).

A part les lots des variétés Hybride commercial, Blanco de Tequesquitlán et Cosmeño, cultivées sur de grandes surfaces par des producteurs connus pour leur curiosité pour d'autres variétés, les lots de semences des variétés mineures sont de petite taille. Ces cultivars sont en général en période d'essai dans la communauté et donc semés sur de petites portions de parcelles. Pour cinq cultivars, 100% de leurs lots de semences ont été constitués à partir de moins de 40 épis.

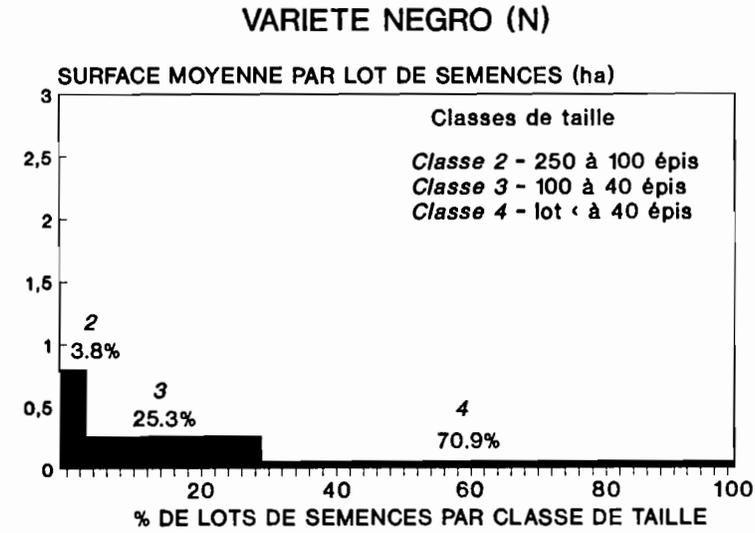
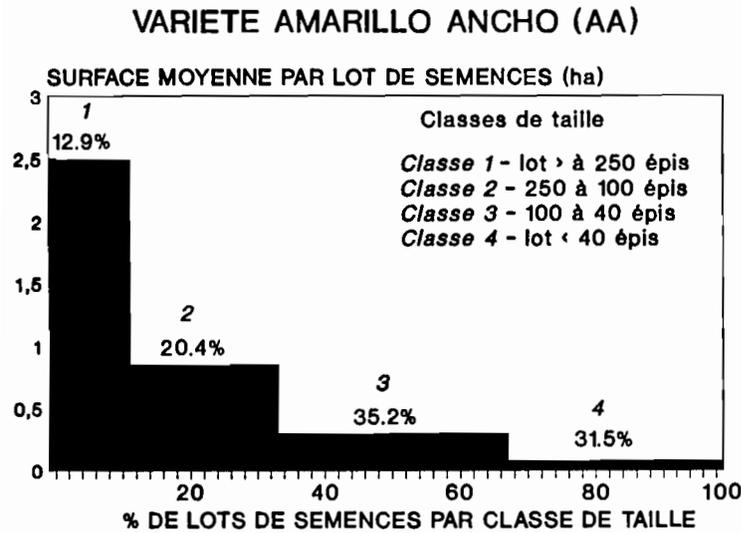
Les différences entre variétés sont donc très marquées. Les surfaces cultivées sont réellement très réduites pour la variété Negro puisque 71% des lots de semences couvrent en moyenne 0.08 ha par lot et les 29% restants 0.5 ha par lot. Elles sont beaucoup plus importantes pour la variété Blanco dont 54% des lots de semences occupent en moyenne 2.5 ha par lot et seuls 8% des lots occupent 0.14 ha par lot (*figure 4-4*).

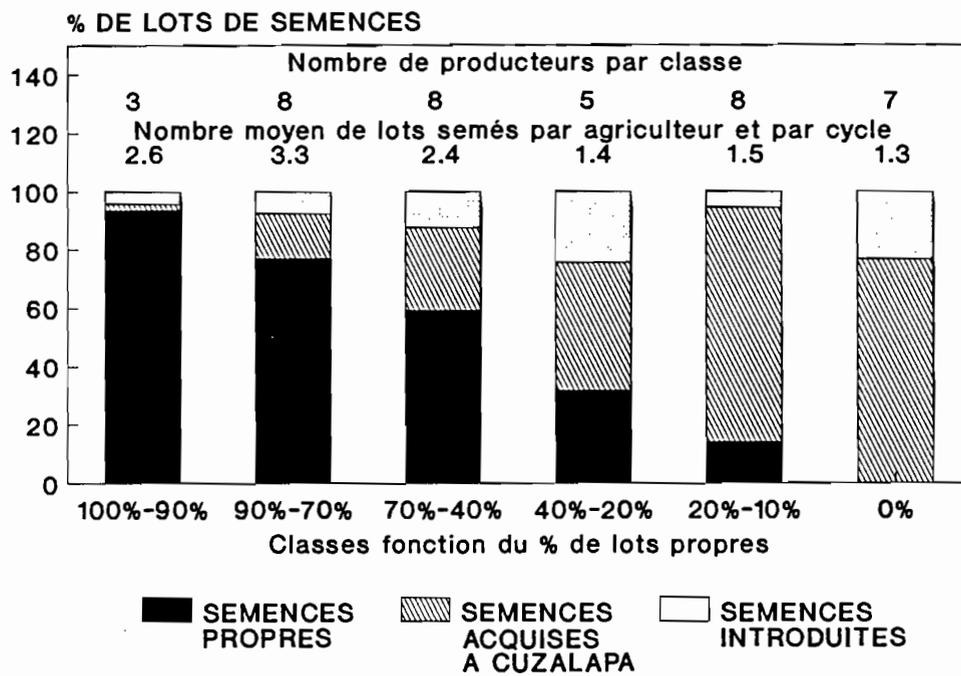


**Figure No 4-3 .** Pourcentage des lots de semences constitués à partir de moins de 250, 100 et 40 épis en fonction du type de variété.



**Figure No 4-4 . Surface moyenne des lots de semences des variétés Blanco, Chianquiahuitl, Amarillo Ancho et Negro, selon des classes de taille de lots de semences. Pourcentage de lots de semences dans chaque classe.**





**Figure No 4-5 . Classement des 39 agriculteurs interrogés en fonction de la provenance de leurs lots de semences et nombre moyen de lots de semences semés par agriculteur et par cycle pour chaque classe.**

## II.3 - FACTEURS D'EXPLICATION

### II.3.1 - Introduction de lots de semences : facteurs agronomiques et curiosité des agriculteurs

Les tendances ébauchées précédemment ne sont valables qu'en moyenne et masquent de grandes différences entre agriculteurs en ce qui concerne les échanges de semences.

Sur l'échantillon enquêté, 3 agriculteurs ont utilisé à plus de 90% des lots de semences issus de leurs propres récoltes alors qu'à l'opposé 7 agriculteurs ont toujours eu recours à des semences acquises dans le bassin versant ou dans d'autres communautés (*figure 4-5*). En général, les agriculteurs ayant recours à des semences produites par d'autres producteurs sont des agriculteurs semant un nombre réduit de variétés par cycle (coefficient de corrélation  $r=0.5$  entre le nombre total de lots semés par agriculteur et le nombre de ses lots propres).

On distingue donc à Cuzalapa trois types de producteurs :

- ceux qui n'utilisent pratiquement que de la semence propre et qui donc, d'une manière générale, sèment systématiquement les mêmes variétés et modifient uniquement la proportion de celles-ci selon le cycle de culture. Ce sont les fournisseurs de semences des variétés locales ("ils ont toujours de la semence") ;

- ceux qui utilisent, outre leurs propres semences, des lots acquis dans la communauté ou introduits, en proportion variable en fonction des circonstances. Ce sont en général des agriculteurs fournisseurs de semences introduites. Certains sont connus pour leur curiosité vis-à-vis de nouvelles variétés.

- ceux qui n'utilisent pas de semences propres, soit parce qu'ils ne sèment qu'en saison sèche, soit parce que les parcelles qu'ils sèment sont trop petites pour produire suffisamment de maïs pour la consommation et la semence, ou encore parce qu'ils sont peu constants en ce qui concerne les variétés cultivées.

Plusieurs facteurs poussent les agriculteurs à rechercher des semences autres que celles qu'ils produisent et il est difficile de faire la part de chacun de ces facteurs :

- Stockage déficient des semences sur six mois ou un an.

Le stockage traditionnel des épis de maïs se faisant en général en vrac au fond d'une pièce de la maison, ces épis sont souvent envahis de charançons et autres ravageurs des céréales stockées si ceux-ci sont conservés plus de six mois (d'une saison sèche à l'autre par exemple). Les agriculteurs recherchent donc pour la semence des épis récemment récoltés s'ils n'ont pas semé la variété au cours du cycle de culture précédent. De rares agriculteurs conservent des semences dans de grands tonneaux en métal semi-hermétiques. L'utilisation de produits chimiques volatiles commence à se répandre.



#### - Contraintes dues à l'itinéraire technique

Le calendrier agricole oblige souvent les agriculteurs à semer leurs parcelles irriguées avant de récolter le maïs du cycle pluvial. Ainsi, un certain nombre d'agriculteurs se voient obligés à se procurer de la semence pour la saison sèche auprès d'autres agriculteurs.

#### - Association d'agriculteurs pour le semis

Comme nous l'avons expliqué dans la présentation des systèmes de culture (*Partie I, Chapitre 2*), les agriculteurs de ce bassin versant s'associent très souvent pour cultiver une parcelle. En général, l'associé (ou *mediero*) fournit la main d'oeuvre alors que le propriétaire du terrain (ou *patrón*) fournit les intrants dont les semences. Le *mediero* ne peut en général pas semer sa propre semence (bien qu'il le fasse souvent en ce qui concerne les variétés à grains de couleur à l'insu du *patrón*) et devient donc à la récolte acquéreur de semence auprès d'un agriculteur du bassin versant.

#### - Agriculteurs non attachés à leur propre semence

Tous les lots de semences d'une variété sont considérés appartenir au même cultivar. Pour les agriculteurs, se procurer de la semence de cette variété chez un agriculteur du bassin versant ne correspond pas à un changement de semence qui pourrait entraîner des modifications. D'autre part, le prêt de semences est généralisé : ce prêt donne lieu au remboursement d'une quantité double de grains de cette variété au début du cycle suivant. Un agriculteur qui prête de la semence devient donc propriétaire d'épis qu'il n'a pas récoltés et peut y puiser sa semence. Cette relation particulière existe entre le bassin versant de Cuzalapa et la communauté de Chacala.

#### - Renouvellement de la semence

Les agriculteurs admettent en général qu'il faut changer de semences régulièrement pour conserver la productivité de la variété : "semier le même maïs mais à partir de nouvelles semences". De plus, pour des raisons non précisées, certains agriculteurs évitent de ressemer dans la même parcelle des épis récoltés dans cette parcelle lors du précédent cycle de culture. La fréquence de renouvellement des semences est très variable : quelques cycles à plusieurs années. On pourrait affirmer qu'à Cuzalapa personne ne sème de semences issues d'un lot légué par ses parents.

#### - Curiosité

Au cours d'un déplacement, de la visite chez un parent ou ami ou de la récolte d'une parcelle de maïs en tant qu'ouvrier agricole, il n'est pas rare que les agriculteurs ramènent quelques épis (offerts ou volés) pour tester une variété dont ils auront apprécié la forme de l'épi. Ces essais ne durent que quelques cycles de culture. Un essai malheureux fera abandonner une variété testée quelles que soient les raisons de l'échec. Par contre, il faudra que la variété ait fait ses preuves de nombreuses fois pour être conservée.

	SEMENCE PROPRE P		SEMENCE CUZALAPA C		SEMENCE INTRODUITE I	
	Nb de lots	% de lots de moins de 100 épis	Nb de lots	% de lots de moins de 100 épis	Nb de lots	% de lots de moins de 100 épis
VARIETES PRINCIPALES A GRAINS BLANCS	121	36.4%	85	17.6%	23	17.4%
VARIETES PRINCIPALES A GRAINS DE COULEUR	95	86.3%	58	79.3%	6	66.7%
VARIETES MINEURES	43	63.8%	27	59.3%	26	69.2%
TOUTES VARIETES	259	59.1%	170	45.3%	55	47.3%

Tableau No 4-8 . Pourcentage de lots de semences constitués à partir de moins de 100 épis en fonction du type de variété et de la provenance du lot de semences.

### **II.3.2 - Taille des lots de semences : surfaces à cultiver, connaissance de la variété et utilisation de la variété**

Les tailles des lots de semences sont d'abord liées, de toute évidence, aux surfaces que l'agriculteur a à sa disposition.

Le nombre d'épis égrenés dépend également de la connaissance qu'a l'agriculteur des performances de la variété à cultiver. Les variétés à grains blancs cultivées depuis très longtemps dans le bassin versant sont cultivées sur de grandes surfaces alors que celles qui sont introduites ne sont mises à l'essai que sur des portions restreintes de terrain.

La quantité de semences mise en terre dépend finalement de l'utilisation donnée à la variété : la consommation de la variété Negro presque exclusivement au stade pâteux limite sa culture à quelques sillons par agriculteurs et les variétés à grains jaunes consommées par les animaux et peu utilisées pour la confection de *tortillas* (sauf la variété Amarillo Ancho dans certains cas) occupent des surfaces par agriculteur réduites par rapport aux variétés à grains blancs.

Aucun rapport net n'a pu être mis en évidence entre la provenance de la semence et la taille des lots de semences (*tableau 4-8*).

On remarque, toutefois, pour les variétés principales à grains blancs ou de couleur, une proportion légèrement plus forte de lots de petite taille dans les lots propres que dans les lots acquis ou introduits d'autres régions (36.4% contre 17.6% et 17.4%). C'est le fait essentiellement des variétés Blanco et Amarillo Ancho. 33% des lots de la variété Blanco constitués en semence propre sont inférieurs à 100 épis alors que ce rapport tombe à 6% en semence acquise et 19% en semence introduite (80.0%, 57.7% et 33.3% pour la variété Amarillo Ancho). **Les agriculteurs cultivant de petites surfaces font donc appel à leur semence propre, alors que lors du semis de grandes parcelles ils sont souvent confrontés à des réserves propres en épis insuffisantes.**

## **III - CONCLUSION : INTENSES ECHANGES DE SEMENCES ET PERTE THEORIQUE CONSTANTE D'ALLELES**

Dans le bassin versant de Cuzalapa sont cultivées, d'une part, un groupe de 6 variétés locales (Blanco, Chianquiahuitl, Tabloncillo, Perla, Amarillo Ancho et Negro), dont la présence dans la communauté est très ancienne, et, d'autre part un ensemble de variétés introduites. Certaines sont cultivées régulièrement depuis plusieurs années (Argentino, Híbrido, Amarillo), d'autres sont réintroduites régulièrement (Guino Gordo, Negro Gordo, Guino Rosquero) ou épisodiquement (Tampiqueño, Tuxpeño, Enano Gigante, Canelo, Ahumado, Blanco et Amarillo de Tequesquitlán) alors que 7 cultivars sont nouveaux pour les

agriculteurs interrogés (Híbrido mejorado, Negro externo, Guino USA, Hybride commercial, Enano, Cosmeño et Tosqueño).

Une quantité importante de nouveau matériel génétique est donc introduite. La composition du groupe des variétés exogènes change régulièrement et leur période de culture dans la région est variable. DENNIS (1987) observe également au nord de la Thaïlande un taux de renouvellement des semences de riz très important : en moyenne sur huit villages chaque agriculteur cultivait 10 variétés en 1979, en a adopté 4 nouvelles en 5 ans et abandonné 4 pendant la même période. **Le bassin versant de Cuzalapa est donc un système agricole ouvert du point de vue du matériel végétal semé, les variétés locales étant elles-mêmes sujettes à être reconduites à partir de lots introduits d'autres régions.**

L'ensemble du matériel génétique étranger à la zone couvre autour de 15% de la surface cultivée, ce qui est loin d'être négligeable comme source de nouvelle variabilité génétique. **L'impact des échanges génétiques peut donc être important sur les variétés locales si les flux de gènes ne sont pas contrôlés.**

L'introduction régulière de matériel génétique indique une forte curiosité des agriculteurs pour des variétés nouvelles (en contradiction avec les idées reçues sur le conservatisme des sociétés paysannes en matière de variétés cultivées). Ce sont des expérimentateurs curieux qui n'hésitent pas à tester des variétés vues dans d'autres régions. BRUSH *et al.* (1981) indiquent également que dans la vallée Mantaro au Pérou des agriculteurs peuvent se procurer certaines variétés de pomme de terre dans des localités distantes de plus de 50 km. Certaines variétés ou clones sont ainsi cultivés par tous les agriculteurs sur plusieurs milliers de km<sup>2</sup>.

Une exigence vis-à-vis de la constance dans le temps des résultats d'un cultivar, quelles que soient les conditions de culture, explique le grand nombre de variétés sans cesse mises à l'essai par rapport au nombre restreint de cultivars semés de façon continue. La variété Enano très cultivée pendant 5 à 6 ans, partie intégrante des variétés principales, disparaît progressivement des parcelles pour devenir une variété mineure alors que la variété Argentino semble connaître un regain d'intérêt. **Sur les derniers quarante ans, seule la variété Chianquiahuitl a pu s'établir et devenir une variété considérée locale.**

Pour se procurer des semences les agriculteurs font également appel pour 40% des surfaces cultivées à d'autres agriculteurs du bassin versant. **Ces producteurs n'ont donc pas une attitude conservatrice vis à vis de leurs semences puisqu'ils n'ont qu'un contrôle temporaire sur environ la moitié des lots de semences qu'ils cultivent. Ce recours régulier à des lots de semences produits par d'autres agriculteurs indique que la diversité observée à Cuzalapa n'est pas le fruit de pratiques individuelles indépendantes des agriculteurs. Elle est le résultat d'une gestion collective (consciente ou inconsciente) des variétés. L'abandon d'une variété par un agriculteur au cours de plusieurs cycles de culture n'est jamais vu comme définitif, des semences du cultivar considéré pouvant être obtenues**

auprès d'un autre agriculteur le cas échéant. Il semble d'ailleurs y avoir des agriculteurs fournisseurs sûrs des variétés locales et ceux par qui sont introduites les variétés inconnues.

En ce qui concerne le taux d'introduction de lots de semences, l'opposition se fait donc essentiellement entre les 8 variétés principales (90% des surfaces cultivées) gérées plus localement (7% de lots introduits), surtout en ce qui concerne les variétés Negro et Chianquiahuitl à caractère très local, et les variétés mineures qui ont, au contraire, des périodes de présence dans la communauté variables et souvent très courtes (36% de lots introduits). Alors qu'en ce qui concerne la taille des lots de semences l'opposition se fait entre les variétés à grains blancs cultivés sur de grandes surfaces et les autres variétés bien que **toutes les variétés soient susceptibles d'être cultivées à partir de lots de petites tailles**, même les plus cultivées comme le Blanco et le Chianquiahuitl.

L'utilisation de lots de semences de très petite taille est quasiment systématique pour les variétés de couleur, cultivées sur de petites surfaces et dont 55% des lots sont constitués à partir de moins de 40 épis. Elle est variable pour les variétés mineures et occasionnelle pour les variétés à grains blancs les plus importantes. Les deux premiers groupes de variétés sont donc les plus menacés par l'effet de dérive génétique alors que le mode de reconduction des variétés principales à grains blancs, utilisées pour l'alimentation humaine, assure en partie, au niveau de chaque lot de semences, la conservation de la diversité génétique.

Les tailles des lots indiquent clairement l'importance de chacune des variétés dans la communauté :

- prédominance de la variété à grains blancs de cycle court Blanco tant en nombre de lots que par leur taille moyenne, et surtout en cycle irrigué,
- utilisation généralisée de la variété Negro mais sur de très petites surfaces,
- Préférence pour la culture de variétés de cycle long en cycle pluvial et introduction de variétés d'autres communautés pendant cette saison de culture sur de faibles surfaces.

D'autres auteurs ont également observé l'utilisation de faibles quantités de semences pour la reconduction d'une variété. Au cours d'une collecte de sorgho près de la station de Saria au Burkina Faso OLLITRAULT (1987) a relevé que les paysans utilisaient 5 à 10 panicules comme semence, souvent les plus belles, conservées d'une saison à l'autre. Ce nombre est de 10 pour le mil au Burkina Faso et 50 pour le riz en Côte d'Ivoire (OLLITRAULT 1987).

Cet auteur montre par simulation que la restriction de la taille des populations lors du renouvellement des semences entraîne de fortes dérives alléliques qui peuvent conduire à des phases de fixations d'allèles d'autant plus importantes que le taux d'allogamie est faible (riz, sorgho) et que l'apport de pollen étranger est réduit. **Ainsi, dans le bassin versant de Cuzalapa, si les lots de semences étaient cultivés en isolement les uns des autres leur taux**

de consanguinité augmenterait rapidement et leur variabilité se réduirait sérieusement. Néanmoins, les variétés principales à grains blancs ou de couleur sont cultivées par un grand nombre d'agriculteurs. Un allèle perdu au niveau d'un lot peut être conservé dans une autre population. Il peut donc y avoir conservation de l'ensemble des allèles au niveau du bassin versant pour les variétés les plus cultivées. Ces variétés connaissent, de plus, le taux d'introduction le plus faible garantissant une certaine homogénéité des leurs lots.

Par contre, les variétés mineures subissent très probablement des modifications génétiques substantielles. Près de 70% des introductions se font de manière générale à partir de lots de semences de moins de 100 épis égrenés ce qui implique une perte significative d'allèles dès l'introduction de la variété. De plus, ces introductions concernent le plus souvent, pour une variété, un seul lot de semences pour un cycle de culture.

Les introductions régulières de lots de semences provenant d'autres régions et assimilés aux variétés locales ainsi que la reconduction de certaines variétés à partir d'échantillons réduits peuvent être des éléments d'explication de la variabilité phénotypique mise en évidence précédemment dans le *Chapitre 3, 1*.

- Les variétés Blanco, Amarillo Ancho et Negro portent le nom de la couleur du leur grain, ce qui est une coutume au Mexique. Elles appartiennent, d'autre part, à la race Tabloncillo, l'une des races importantes de la côte occidentale du Mexique (*voir figure 2-3, Partie I Chapitre 2*). Dans différentes régions de la côte peuvent donc être cultivées des variétés portant le même nom et ayant des caractéristiques similaires. La variabilité observée entre lots de semences pourrait alors être le fruit de ces multiples échanges. Néanmoins, le caractère permanent des variétés locales conduit à leur définition phénotypique dans l'esprit des agriculteurs. Un lot introduit portant le même nom qu'une variété locale ne conservera son nom que dans la mesure où ses caractéristiques y correspondent. Une certaine variabilité sera ainsi créée mais restera limitée.

- Pour les variétés Amarillo Ancho et Negro la variabilité observée pourrait également être la conséquence de leur reconduction à partir de faibles quantités de semences conduisant à une dérive des lots de semences les uns par rapport aux autres et/ou à des échanges génétiques faciles avec différents types de cultivars (*voir Partie II, Chapitre 5*).

- A l'opposé, la variété Chianquiahuitl a un caractère très local tant par son nom que par ses caractéristiques. Aucune autre source de cette variété ne semble exister à l'extérieur du bassin versant, son origine exacte étant inconnue. Sa relative homogénéité peut donc être le fait d'une gestion très locale.

## Chapitre 5

# **FLUX POLLINIQUES ENTRE VARIETES**

Si les conditions de culture favorisent des croisements naturels entre les variétés dans le bassin versant, un certain brassage génétique peut avoir lieu au sein des cultivars locaux et le matériel génétique exogène introduit régulièrement devient alors une source potentielle de diversification génétique pour ces variétés. On ne pourra alors plus envisager la conservation stricte de variétés locales de maïs dans ce type de système paysan.

Pour que des hybridations aient lieu il faut notamment une certaine proximité spatiale entre les parcelles des différents cultivars, un synchronisme au moins partiel de leurs floraisons et une absence de barrières reproductives. A l'inverse, une gestion des variétés conduisant à leur isolement dans l'espace ou à une séparation dans le temps de leur floraison permettra la non contamination des variétés locales.

## **I - OBJECTIFS ET METHODES**

### **I.1 - FACTEURS LIMITANT LES FLUX GENIQUES**

Plusieurs facteurs peuvent favoriser ou défavoriser les échanges génétiques entre variétés de plantes à fécondation libre.

#### **I.1.1 - Distance minimale entre parcelles**

La distance minimale entre parcelles de maïs pour un bon isolement reproductif est fonction de la quantité de pollen transportée par le vent. Celle-ci décroît de façon exponentielle avec la distance (HASKELL et DOW 1951). Si l'essentiel du pollen produit par une plante de maïs se dépose à sa

proximité (RAYNOR *et al.* 1972), des concentrations non négligeables peuvent s'observer à une grande distance. Ainsi PATERNIANI et STORT (1974) déterminent que 50% des ovules d'une plante de maïs sont fécondés par du pollen de plantes situées à plus de 12 mètres de celle-ci. Les travaux de RAYNOR *et al.* (1972) montrent qu'à 60 mètres d'une placette de maïs de 18 mètres de diamètre la concentration de pollen est environ 1% de celle qui existe à 1 mètre de la source, soit environ 0.5 grain de pollen par m<sup>3</sup>, alors que d'après les travaux de JONES *et al.* (1946, 1950) cités par RAYNOR *et al.* (1972), cette concentration relative de pollen peut ne descendre au dessous de 1% qu'à partir de 500 mètres de la source de pollen.

Néanmoins, le taux de contamination dépend moins de la distance que du nombre de plantes qui sert d'écran vis-à-vis de la source contaminante car à la distance s'ajoute la compétition offerte par l'autopollen au pollen étranger (GLEAVES 1973 ; PATERNIANI et STORT 1974 ; G.F.SPRAGUE *communic.pers.*, D.N.DUVICK *communic. pers.*).

En amélioration génétique du maïs, pour limiter les échanges génétiques entre variétés, la distance minimale conseillée varie entre 200 et 600 mètres (AIRY 1955 ; BONO 1974 ; HAINZELIN 1988; DUVICK *communic. pers.*). Cette distance peut être réduite si les parcelles sont de grande taille (plus de dix hectares), si des obstacles (haies d'arbres de plus de 15 mètres de haut) ou un nombre suffisant de rangs de bordure, non pris en compte comme source de semence, sont présents entre les parcelles. Néanmoins, il est fortement déconseillé que cette distance soit inférieure à 100 mètres (HAINZELIN 1988).

### I.1.2 - Synchronisme des floraisons

Il peut ne se produire aucune hybridation entre variétés semées sur des surfaces contiguës s'il n'y a pas synchronisme de leurs floraisons.

HAINZELIN (1988) considère qu'un écart de floraison minimum de quatre semaines est nécessaire pour qu'aucune contamination ne se produise entre variétés. Il semblerait, toutefois, que le risque de contamination diminue rapidement avec des écarts de floraison plus faibles. BASSETTI et WESTGATE (1993) ont montré sur deux variétés hybrides que le nombre de grains formés diminuait rapidement au delà de 5 jours d'écart entre la sortie des soies et la pollinisation pour devenir nul autour du 14<sup>ème</sup> jour.

En culture traditionnelle, la floraison à différentes dates des variétés semées sur des surfaces contiguës peut se produire dans le cas où les durées de cycle de ces variétés sont naturellement distinctes ou lorsqu'elles ne sont pas semées à la même date.

### I.1.3 - Quantité de pollen

La contamination d'une variété par une autre parcelle dépend également de la quantité de pollen que produit le cultivar au moment de sa floraison femelle. Une parcelle de maïs stressée (sécheresse, froid...) aura un écart plus grand entre ses floraisons mâle et femelle qu'une parcelle conduite dans de bonnes conditions (BOLAÑOS et EDMEADES 1993). La variété stressée offrira donc une moindre quantité de pollen en compétition à l'allopollen. Les opportunités de contamination sont donc également très dépendantes des conditions de culture (SPRAGUE, communic. person.).

### I.1.4 - Facteurs génétiques

Des facteurs génétiques sont également responsables de l'isolement reproductif total ou partiel entre variétés.

Alors que PFAHLER (1965) détermine sur maïs l'avantage de l'allopollen sur l'autopollen, les travaux conduits sur le taux d'homozygotes dans une population de maïs (KAHLER *et al.* 1984 ; BIJLSMA *et al.* 1986 et KALHLER *et al.* 1989), sur les croisements entre variétés de maïs (JONES 1920, cité par PFAHLER 1965) ou de mil (SARR *et al.* 1988) ou entre populations cultivées et sauvages de mil (ROBERT *et al.* 1991 ; ROBERT et SARR 1992 ; AMOUKOU 1993) indiquent que les fécondations homogamétiques sont généralement favorisées par rapport à la fécondation par du pollen issu de plantes n'ayant pas la même base génétique. Ce phénomène n'est, par ailleurs, pas dû aux autofécondations.

Les auteurs s'accordent pour dire que ce phénomène est d'origine polygénique et avancent plusieurs hypothèses :

- variation temporelle des fréquences alléliques dans le pollen due à une liaison entre les loci étudiés et la date de floraison, ce qui implique le synchronisme des floraisons et donc la fécondation préférentielle entre plantes portant le même allèle (BIJLSMA *et al.* 1986 ; KAHLER *et al.* 1989) ;

- interactions gamétophytiques pollen-pistil ou entre gamètes mâles favorisant la fécondation entre gamètes portant le même allèle ou des allèles complémentaires (OTTAVIANO *et al.* 1980 ; SARR *et al.* 1988 ; ROBERT *et al.* 1991). Certains systèmes sont actuellement connus. Les variétés de maïs à grains cornés possèdent un allèle dominant Ga qui les empêche d'être pollinisées par toute autre variété non cornée (NELSON 1952). D'autres facteurs de ce genre basés sur trois gènes ont été identifiés dans le maïs par RASHID et PETERSON (1992). PATERNIANI (1969) a observé la réduction de 45% à 5%, en cinq cycles de culture, du taux d'hybridation entre deux variétés semées en mélange, conséquence de la sélection à chaque cycle des épis les moins contaminés.

- Les hypothèses d'une sélection avant émission du pollen (KAHLER *et al.* 1984) ou postzygotique avant germination sont écartées (BIJLSMA *et al.* 1986). Par contre, AMOUKOU (1993) signale un développement anormal de l'albumen des graines dans les croisements entre femelles cultivées (*Pennisetum glaucum* subsp. *glaucum*) et mâles sauvages de mil (*Pennisetum*

*glancum* subsp. *monodii*) qui mettrait en cause un modèle à trois locus avec relation additive entre allèles. BEZANÇON (1993) signale les travaux de CHU *et al.* (1969) qui indiquent la présence de deux couples de gènes létaux dominants complémentaires dans un pourcentage de la descendance du croisement entre certaines formes sauvages du riz (*Oriza breviligulata*) et la forme cultivée d'origine africaine (*O. glaberrima*) qui affectent le développement des tissus des racines adventives, entraînant une faiblesse des F1 et donc une certaine barrière à la reproduction. KAHLER *et al.* (1984) a par ailleurs observé dans une population de maïs un excès d'hétérozygotes à la récolte dû à une sélection entre le semis et le stade adulte.

Ces barrières à la reproduction permettraient le maintien des caractéristiques phénotypiques de populations adjacentes malgré les flux de gènes (PATERNIANI 1969 ; ROBERT *et al.* 1991) tout en permettant des échanges génétiques et donc le transfert d'allèles intéressants (ROBERT *et al.* 1991; ROBERT et SARR 1992).

Pour déterminer les flux génétiques entre variétés dans le bassin versant, l'ensemble de ces conditions devaient être analysées. Nous n'avons néanmoins pas pu vérifier l'existence de barrières génétiques. Nous nous sommes limités à déterminer les **possibilités de flux polliniques** entre les variétés cultivées dans le bassin versant de Cuzalapa en observant dans les parcelles d'agriculteurs la localisation dans l'espace des différentes variétés et le synchronisme de leur date de floraison.

D'autre part, nous avons évalué, en parcelles paysannes, **sur quelle distance les échanges génétiques s'opèrent et l'intensité de ces échanges** lorsque deux variétés sont semées sur des surfaces contiguës.

## **1.2 - METHODES**

### **1.2.1 - Distribution des variétés dans l'espace et dans le temps**

Les observations se sont limitées à une portion représentative du bassin versant d'environ 12 hectares regroupant 7 parcelles cultivables tant en saison sèche qu'en saison des pluies (*figures 5-1 à 5-3*).

Les parcelles étant de petite taille (3 à 4 ha maximum), séparées par une simple clôture et quelques arbres, les variétés cultivées sont distantes de moins de 300 mètres les unes des autres et peuvent donc théoriquement recevoir du pollen de toute autre variété semée sur cette zone. Si le centre des parcelles peut être en grande partie épargné contrairement aux rangs de bordure (GLEAVES 1973), la totalité des épis récoltés servant de base de sélection pour la semence, toute contamination peut néanmoins avoir une influence sur la variété.

Les notations ont porté, pour chaque parcelle, sur les variétés semées, leur localisation dans la parcelle, la quantité de semences utilisée (donc la surface occupée) et la dynamique de floraison de chaque variété. Le suivi de la floraison a porté dans chaque lot de semences (sous-parcelle) sur 50 plantes choisies au hasard, tous les 2 à 4 jours. Bien que les échanges génétiques puissent avoir lieu tout au long de la floraison d'une parcelle, nous avons choisi, pour la clarté des figures, de caractériser la floraison de chaque sous-parcelle par les périodes principales de floraison mâle et femelle, soit les périodes au cours desquelles 25 à 75% des plantes émettent du pollen ou leurs soies.

En référence aux travaux de BASSETI et WESTGATE (1993) nous avons considéré qu'il y avait un risque important d'échanges génétiques entre deux lots de semences lorsque la floraison mâle de l'un des lots était espacée de moins de 5 jours de la floraison femelle de l'autre. Ce seuil est bien entendu arbitraire et très dépendant des variétés en jeu et des conditions dans lesquelles se fait la pollinisation. Il nous permet néanmoins de caractériser la situation observée dans le bassin versant.

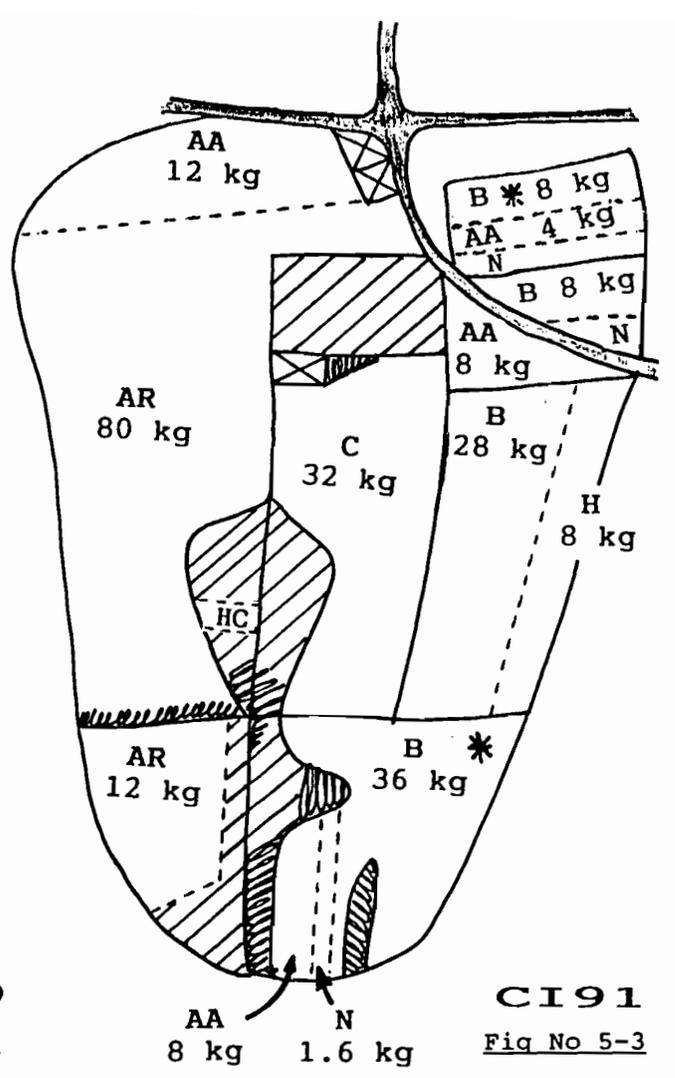
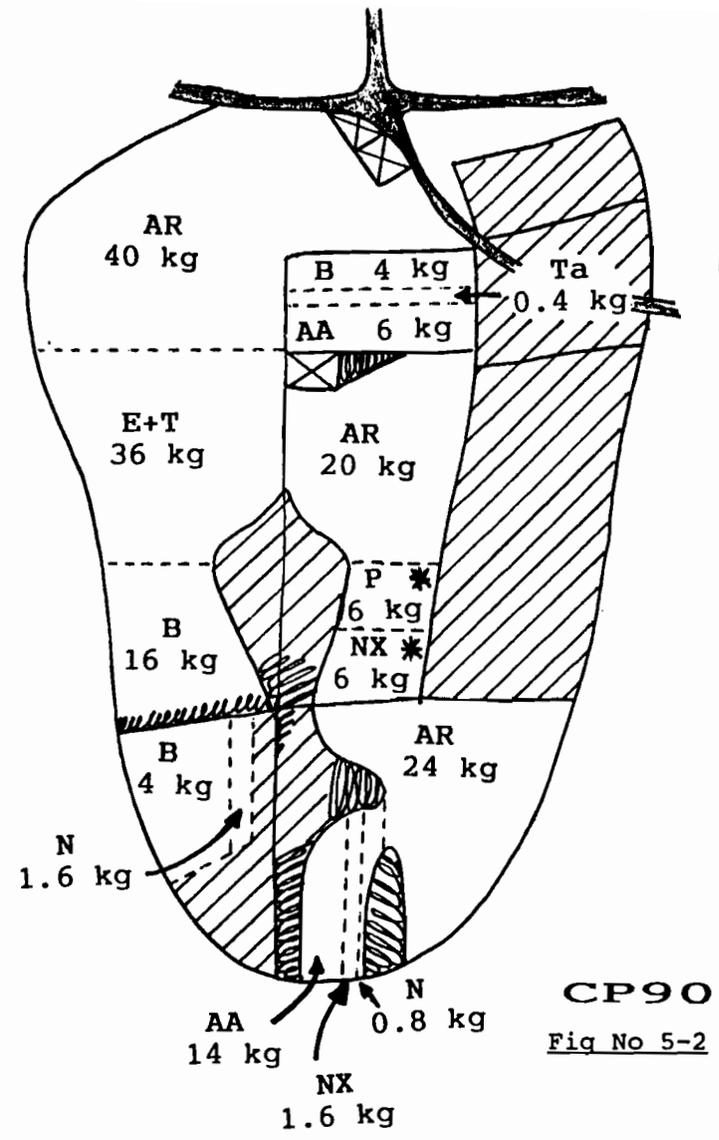
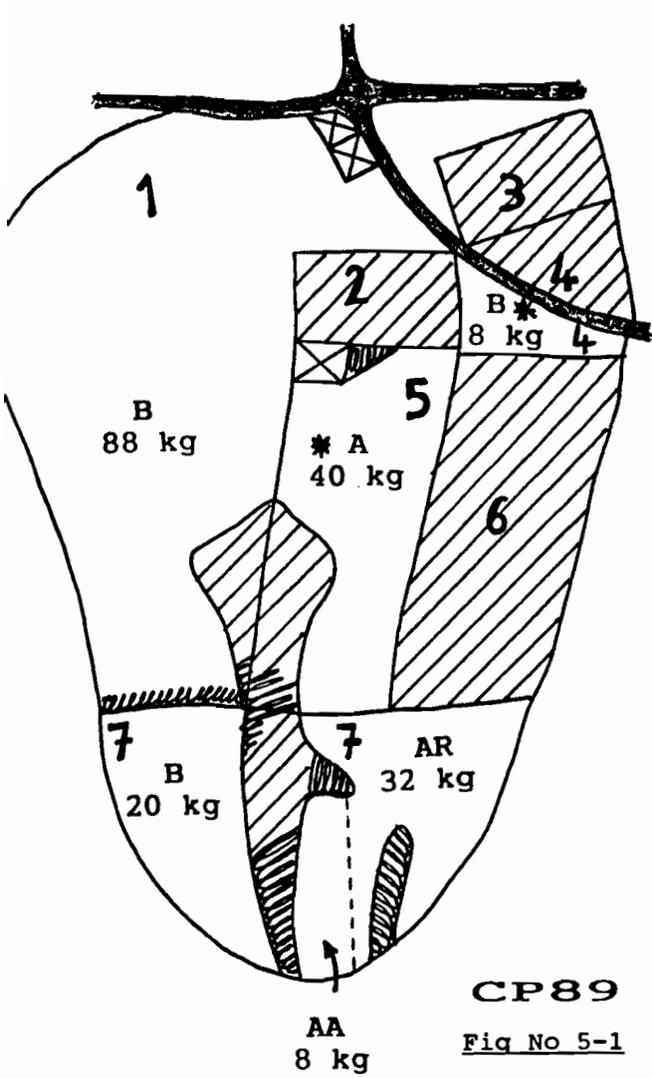
Afin de confirmer toute stratégie identifiée, les observations ont été répétées sur trois cycles de culture : deux cycles pluviaux (CP89, CP90) et un cycle irrigué (CI91).

### **1.2.2 - Contamination en parcelle paysanne**

Pour déterminer le niveau réel de contamination en parcelles paysannes, nous avons évalué les échanges de gènes marqueurs de la coloration des grains dans 6 parcelles paysannes emblavées, sur des surfaces contiguës, avec une variété à grains blancs ou jaunes et la variété Negro à grains noirs. Deux parcelles ont été semées avec la variété Blanco de durée de cycle plus courte que celle de la variété Negro (77 jours semis-floraison mâle contre 83 jours), une parcelle en Amarillo Ancho de longueur de cycle équivalente (82 jours) et les deux autres parcelles avec des variétés de cycle plus long (Chianquiahuitl 93 jours et Hybride commercial 89 jours).

Les allèles codant pour la couleur noire des grains sont dominants sur les allèles codant pour la couleur blanche ou jaune. De plus, ces caractères s'expriment sur le grain fécondé lui-même (effet de xénie). Tout grain noir repéré à la récolte sur les épis des variétés blanches ou jaunes est donc le fruit de la fécondation de l'ovule par un grain de pollen d'une plante de la variété Negro. Néanmoins, la variété Negro étant hétérozygote pour les gènes codant pour ce caractère, certains grains blancs ou jaunes des variétés contaminées peuvent également provenir d'allofécondations par un grain de pollen de la variété Negro portant l'un des allèles récessifs. La contamination identifiée par comptage des grains de couleur noire n'est donc qu'un indicateur du niveau de contamination réelle.

Le pourcentage de grains de couleur noire a été déterminé sur dix à quinze épis par sillon.



100m

**LEGENDE**

- \* Lot de semences introduit d'une autre communauté
- Arbres
- Végétation basse ou champ non cultivé
- Maison
- Clôture
- Chemin

- B Blanco
- AA Amarillo Ancho
- A Amarillo
- N Negro
- NX Negro (ext)
- C Chianquiahuitl
- AR Argentino
- H Híbrido
- HC Hybride commercial
- P Perla
- T Tabloncillo

Figures No 5-1 à 5-3. Distribution des variétés dans chacune des sept parcelles observées pendant les cycles pluvial 1989 (CP89), pluvial 1990 (CP90) et irrigué 1991 (CI91), et quantité de semences semées.

## **II - RESULTATS**

### **II.1 - DISTRIBUTION DES VARIETES DANS L'ESPACE**

Sur cette zone relativement restreinte de 12 ha, un nombre important de cultivars différents ont été semés :

- Cycle pluvial 1989 (CP89) : 4 cultivars, soit 6 lots de semences dont 2 acquis à l'extérieur du bassin versant pour ce cycle de culture (*figure 5-1*),

- Cycle pluvial 1990 (CP90) : 8 cultivars, soit 15 lots de semences dont 3 introduits pour ce cycle de culture (Perla, Negro externo et Tampiqueño) (*figure 5-2*),

- Cycle irrigué 1991 (CI91) : 6 cultivars, soit 15 lots de semences dont 3 introduits pour ce cycle de culture (*figure 5-3*).

Plusieurs variétés sont cultivées par parcelle, même si l'agriculteur cultive d'autres parcelles (cas du producteur de la parcelle n°3 au cours de CI91). On a même pu observer, sur la même sous-parcelle, le semis en mélange des semences de deux variétés morphologiquement différentes (Enano et Tabloncillo dans la parcelle n°: 1 pendant la saison des pluies 1990, *figure 5-2*), sans qu'aucune raison puisse être avancée par l'agriculteur.

**Quel que soit le cycle de culture, on n'observe donc pas de séparation dans l'espace des différentes variétés ni d'isolement des lots provenant d'autres régions. Les cultivars se côtoient dans une même parcelle ainsi que sur les parcelles de différents producteurs, que les lots proviennent du bassin versant ou d'autres régions.**

### **II.2 - SYNCHRONISME DES PERIODES DE FLORAISON**

La floraison des différents lots de semences semés dans la zone observée s'est étalée environ sur 25 à 30 jours selon le cycle de culture considéré, la date de floraison d'un lot de semence étant fonction de la longueur de son cycle et de sa date de semis. Les périodes de floraison de chaque lot de semences pour la saison sèche 1991 sont données sur la *figure 5-4*, celle des deux autres cycles en annexe, *figures A5-1 et A5-2*.

**Quel que soit le cycle de culture considéré, les différences entre les dates de floraison des variétés ne sont pas suffisamment marquées pour permettre un bon isolement reproductif, à défaut d'un isolement dans l'espace. Les possibilités d'échanges génétiques sont donc importantes. Elles sont illustrées sur la *figure 5-5* pour laquelle nous avons considéré les échanges polliniques ayant**

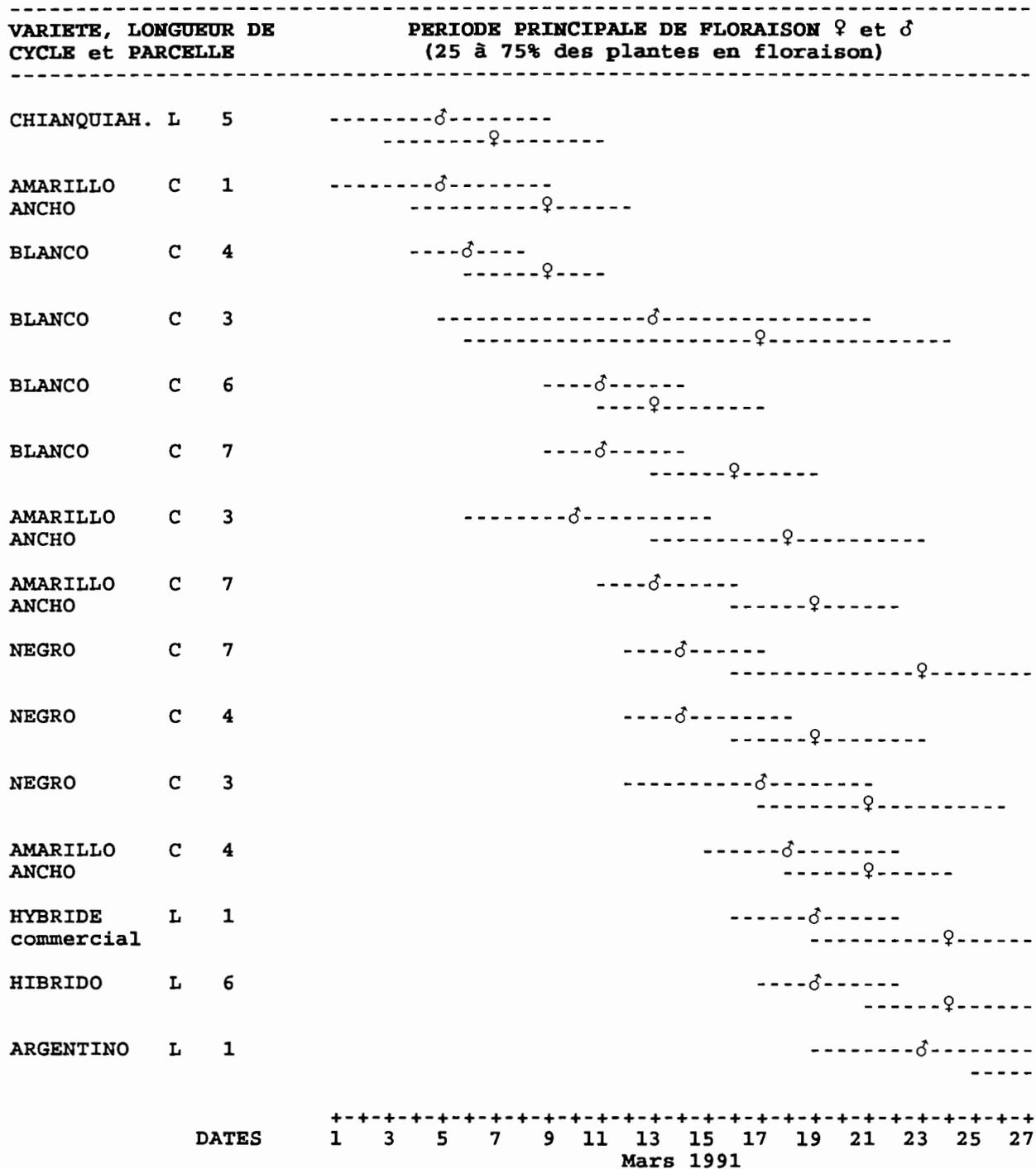
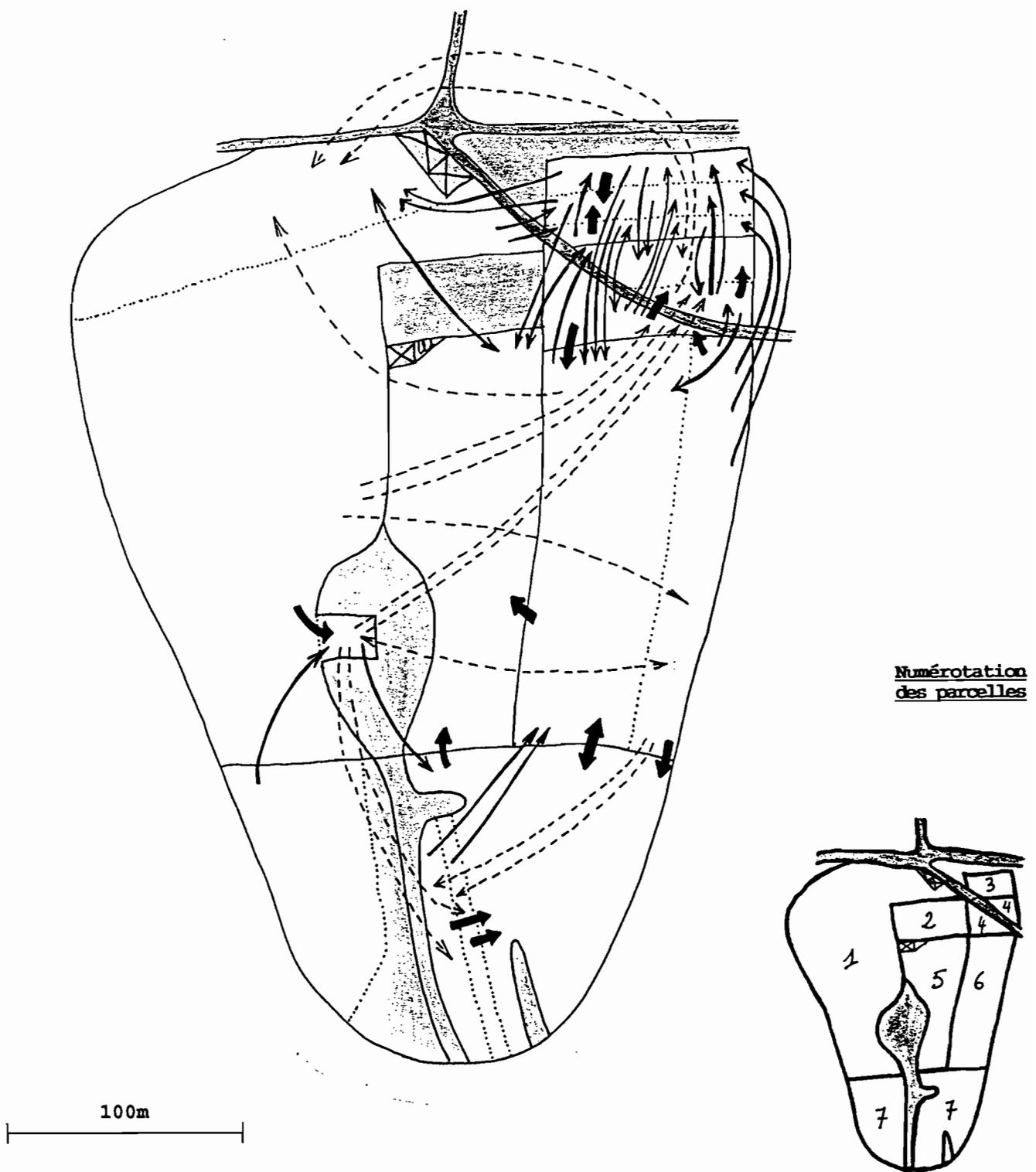


Figure No 5-4 . Périodes principales de floraison de 15 lots de semences de maïs (sous-parcelles) semés dans 6 parcelles contiguës pendant la saison sèche 1991.

**LEGENDE**

LONGUEUR DE CYCLE : C=court, L=long // PARCELLE : portion de territoire d'un seul tenant appartenant à un seul agriculteur, voir figure 5-2 // PERIODE PRINCIPALE DE FLORAISON ----- : période pendant laquelle s'observe la floraison de 25% à 75% de l'échantillon de 50 plantes en suivi de floraison // ♂ ♀ dates de floraison mâle ou femelle (50% des plantes ayant émis du pollen ou leurs soies)



**Figure No 5-5 .** Echanges polliniques entre lots de semences au cours de la saison sèche 1991. Les échanges ont été considérés lorsque la floraison mâle de l'un de deux lots de semences était espacée de moins de 5 jours de la floraison femelle de l'autre lot. Seules les échanges entre la parcelle 7 et les parcelles 3 et 4, les plus éloignées géographiquement, n'ont pas été reportées.

CYCLE DE CULTURE	NOMBRE DE LOTS DE SEMENCES SEMEES		Echanges "Potentiels" COUPLES ORDONNES DE LOTS DE SEMENCES			Echanges "Observés" COUPLES DE LOTS DE SEMENCES dont FLO♂ et FLO♀ sont espacées de moins de 5 jours			% Echanges "Observés" / Echanges "potentiels"		
	LONG	COURT	CYCLE LONG/ CYCLE LONG	CYCLE LONG/ CYCLE COURT	CYCLE COURT/ CYCLE COURT	CYCLE LONG/ CYCLE LONG	CYCLE LONG/ CYCLE COURT	CYCLE COURT/ CYCLE COURT	CYCLE LONG/ CYCLE LONG	CYCLE LONG/ CYCLE COURT	CYCLE COURT/ CYCLE COURT
CP89	2	4	2	16	12	1	7	4	50	44	33
CP90	4	7	12	56	42	12	7	25	100	13	60
CI91	4	11	12	88	110	4	25	48	33	28	44
TOTAL	10	22	26	160	164	17	39	77	65	24	47

Tableau No 5-1 . Rapport (%) entre le nombre de couples ordonnés de lots de semences (échanges polliniques "potentiels") et le nombre réellement observé de fois où deux lots de semences ont présenté des dates de floraison mâle et femelle espacées de moins de 5 jours (échanges polliniques "observés"), en fonction de la longueur de cycle des lots concernés et du cycle de culture.

lieu entre lots de semences dont la floraison mâle de l'un est espacée de moins de 5 jours de la floraison femelle de l'autre (en référence aux travaux de BASSETI et WESTGATE 1993) au cours de la saison sèche 1991.

Des croisements peuvent s'effectuer, tant entre lots de semences d'une même variété, qu'entre variétés différentes de cycle court ou long.

Selon le cycle de culture, certains types d'échanges génétiques ont été favorisés :

+ tous les types de croisements ont pu se réaliser au cours des cycles pluvial 1989 et irrigué 1991 (*figure 5-3 et figure A5-1 en annexe*). On observe, par exemple, au cours du cycle irrigué 1991 les échanges possibles entre les variétés Blanco, Amarillo Ancho et Negro de cycle court (parcelles 3, 4, 6 et 7), entre les variétés Hybride commercial, Híbrido et Argentino de cycle long (parcelles 1 et 6), entre la variété Chianquiahuitl de cycle long et Amarillo Ancho de cycle court (parcelles 5 et 1) ou la variété Amarillo Ancho de cycle court et Hybride commercial de cycle long (parcelles 4 et 1).

+ les croisements ont pu avoir essentiellement lieu entre variétés de cycle long d'une part et variétés de cycle court d'autre part pendant la saison des pluies 1990 (*figure A5-2 en annexe*),

**Cependant, en moyenne, sur ces trois cycles, des échanges génétiques préférentiels ont pu se produire entre variétés de longueur de cycle comparables.** Nous avons en effet comptabilisé pour chaque cycle de culture :

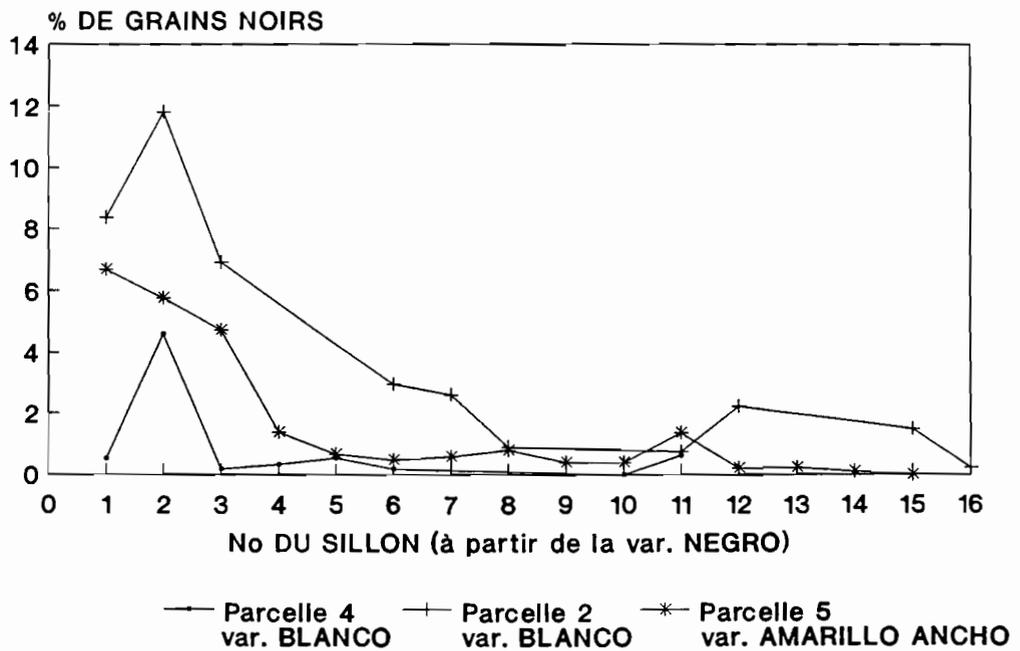
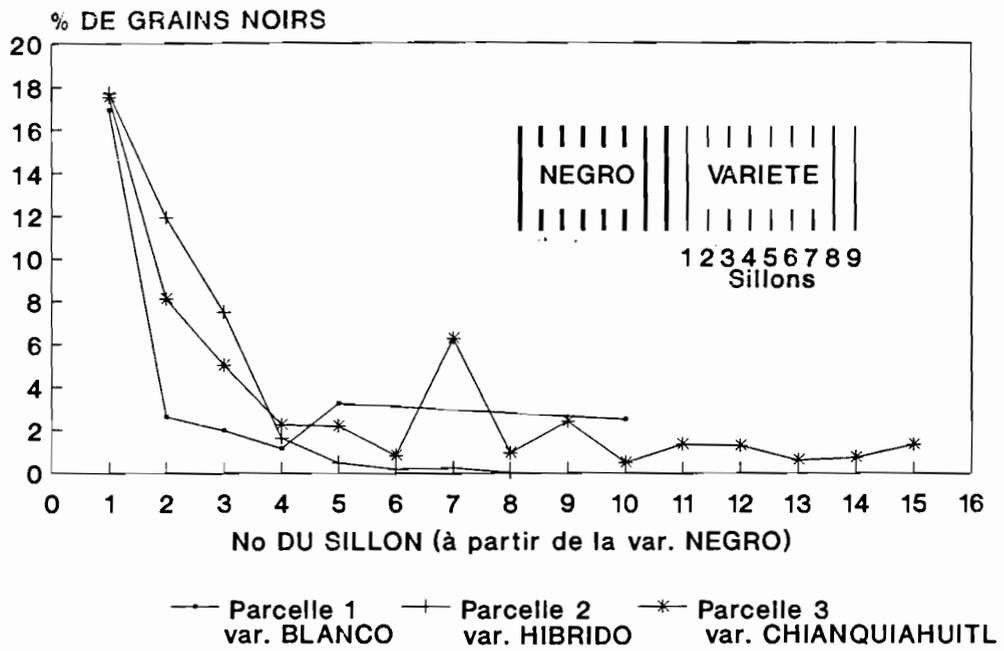
- le nombre de couples ordonnés de lots de semences de cycle long, de cycle court ou de longueur de cycle différente, soit le nombre "potentiel" d'échanges génétiques selon la longueur de cycle des lots.

- les échanges polliniques ayant probablement eu lieu compte tenu des dynamiques de floraison, appelés échanges "observés" : le nombre de fois où deux lots de semences de cycle long, de cycle court ou de longueur de cycle différente ont eu la floraison mâle de l'un espacée de moins de 5 jours de la floraison femelle de l'autre

Nous avons rapporté le nombre d'échanges "observés" au nombre d'échanges "potentiels" pour chaque catégorie de couple de lots de semences et obtenu en moyenne pour les trois cycles de culture 24% des échanges croisés entre lots cycle long et lots de cycle court contre 65% des échanges entre lots de cycle long et 47% entre lots de cycle court (*tableau 5-1*).

**Le choix des variétés à cultiver ou de leur date de semis ne dépend donc pas du risque d'échanges génétiques entre cultivars.** Ces observations sont en accord avec le mode traditionnel de semis :

Le semis de l'ensemble des variétés d'une parcelle s'effectue en général sur un ou deux jours. Ce type de semis permet d'isoler, au moins en partie, les variétés de cycle court et de cycle long (exemple parcelle n°: 1, variétés Amarillo Ancho de cycle court et Argentino de cycle long, 18 jours



Figures No 5-6. Taux de contamination (% de grains noirs) de diverses variétés en parcelle paysanne en fonction de la position du sillon considéré par rapport au dernier sillon de la variété Negro contaminante semée sur une surface contiguë.

entre les dates de floraison mâle des deux variétés). Ce laps de temps n'est néanmoins pas suffisant pour induire des différences significatives de date de floraison entre variétés ayant une longueur de cycle équivalente (exemple *figure 5-3*, variétés Amarillo Ancho et Negro de la parcelle n°: 7, 1 jour d'écart de floraison).

D'autre part, les agriculteurs ne se concertent jamais sur les variétés à semer ou la date de leur semis. La localisation des variétés dans une parcelle ne répond donc pas au souci de les isoler de celles qui sont semées sur les parcelles adjacentes. Ainsi, par le biais des dates de semis différentes entre producteurs, des variétés précoces peuvent avoir une floraison parfaitement synchrone avec une variété tardive bien qu'il soit plus courant d'observer la coïncidence des floraisons des variétés de cycle court d'un part et, de cycle long d'autre part.

### **II.3 - ECHANGES GENETIQUES EN PARCELLES PAYSANNES**

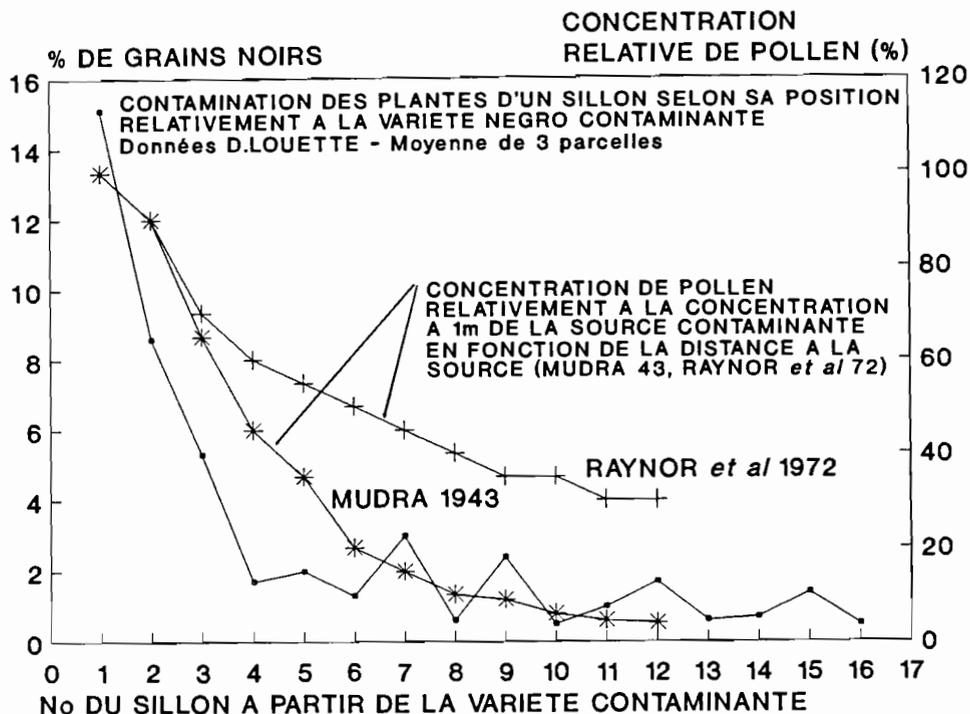
Le niveau de contamination par sillon de variétés à grains blancs ou jaunes par la variété Negro à grains noirs semées sur des surfaces contiguës, est reporté sur les *figures 5-6*. Ces figures indiquent le pourcentage de grains contaminés (grains noirs) en fonction de la situation du sillon par rapport au dernier rang de la variété Negro.

Dans les six situations observées, le niveau maximum de contamination ne semble pas directement lié à la longueur du cycle des variétés contaminées. La variété Amarillo Ancho de durée de cycle comparable à celle de la variété Negro a eu, par exemple, un niveau de contamination maximum d'environ 6.5%, plus faible que certaines parcelles de Blanco de cycle plus court (17% pour la parcelle 1) ou de Chianquiahuitl de cycle plus long (17.5%). D'autre part, les trois parcelles de Blanco se sont comportées très différemment (17%, 12% et 5%). Ces situations ne peuvent être interprétées, car la floraison des parcelles n'ayant pas été suivie, on ne connaît pas le degré réel de synchronisme des floraisons entre variété contaminée et variété Negro.

Outre des différences de génotypes entre les lots d'une même variété, d'autres phénomènes peuvent s'être ajoutés pour expliquer le taux moyen de contamination : les conditions dans lesquelles se sont faites ces échanges (situation topographique, vent, hauteurs des plantes, etc) ou la quantité de pollen produite par chaque variété.

L'utilisation de la couleur des grains comme marqueur de la contamination ne nous permet pas de déterminer le niveau réel de contamination étant donné que le déterminisme de la couleur pourpre chez le maïs est dû à un grand nombre de gènes (COE *et al.* 1988). Il est donc difficile de préciser si des sélections gamétophytiques dues à des facteurs génétiques comme ceux déterminés sur maïs et mil ont eu une action sur le niveau moyen de contamination.

Les 6 parcelles se sont en revanche comportées de façon similaire en ce qui concerne le niveau de contamination en fonction de la distance à la variété Negro : la contamination de l'ordre de 10 à



**Figure No 5-7.** Comparaison entre les données moyennes de contamination mesurées sur des parcelles paysannes à Cuzalapa et les concentrations relatives en pollen selon les travaux de RAYNOR et al. 1972 et MUDRA 1943, en fonction de la distance à la source contaminante.

SILLON	CONTAM. %	SILLON	CONTAM. %	SILLON	CONTAM. %	SILLON	CONTAM. %
1	17.5	7	6.3	13	0.6	35	2.3
2	8.1	8	0.9	14	0.7	45	0.3
3	5.0	9	2.4	15	1.3	55	1.8
4	2.3	10	0.5	20	0.7	105	0.2
5	2.2	11	1.3	25	2.1	155	0.3
6	0.8	12	1.3	30	5.6	255	0.5

**Tableau No 5-2.** Taux de contamination (% de grains noirs) de la variété Chianquiahuitl (parcelle n°: 3) en fonction de la position du sillon par rapport à la variété Negro semée sur une surface contiguë.

20% sur les 2 ou 3 premiers rangs diminue rapidement pour se stabiliser ensuite en dessous de 1% (*figures 5-6*). Ces observations sont tout à fait en accord avec celles de PATERNIANI et STORT (1974). Néanmoins, leur essai ne considérant qu'une seule plante comme source de pollen contaminant, les taux d'hybridation sont plus faibles dans leurs essais que dans nos observations (0.04% à 4% dans les deux premiers sillons contre 3 à 17%). Ce gradient de contamination est très bien perçu par les agriculteurs qui affirment que l'on n'observe des croisements entre variétés de même longueur de cycle semées sur des surfaces contiguës que sur les 3 ou 4 rangs de contact entre les variétés. Ces observations amènent d'ailleurs plusieurs producteurs à penser que la fécondation entre les plantes se fait par les racines !!!

Le gradient de contamination que nous avons observé est comparable au gradient de concentration du pollen à 1.5 mètres du sol donné par RAYNOR *et al.* (1972) et surtout MUDRA (1943, cité par RAYNOR *et al.* 1972) en fonction de la distance à la source contaminante (*figure 5-7*). Les pentes de contamination observées pourraient donc être expliquées par la diffusion du pollen dans l'air. Le gradient observé sur les premiers mètres serait due, d'une part, à la diminution de la quantité d'allopollen au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la source contaminante et, d'autre part, à l'augmentation de la concentration d'autopollen qui offre alors une forte compétition au pollen contaminant. Ces deux concentrations se stabilisent ensuite, conduisant à la stabilisation de la contamination, observée par PATERNIANI et STORT (1974) même au delà de 30 mètres de la source contaminante et dans nos propres observations (*tableau 5-2*). La contamination observée au delà des premiers sillons de contact entre les variétés peut également être le résultat d'une allopollinisation globale au niveau du bassin versant. Nous aurions alors une contamination préférentielle par la variété en contact avec la variété contaminée sur les sillons contigus et une contamination due à du pollen provenant d'un vaste ensemble de lots de semences semés dans le bassin versant sur l'ensemble de la parcelle.

### **III - CONCLUSION : ECHANGES DE GENES LIMITES MAIS CONSTANTS**

En culture traditionnelle, l'isolement dans l'espace des variétés ou la spécialisation de groupes de parcelles dans la culture de la même variété peuvent résulter soit de la volonté du producteur de cultiver les variétés séparément, soit de l'adaptation des cultivars à des milieux différents (sol, microclimat...). Dans les Andes péruviennes les variétés de pomme de terre sont par exemple réparties sur le gradient altitudinal en fonction de leur sensibilité aux gelées comme les variétés de maïs cultivées par les K'ekchi du Guatemala (JOHANNESSEN 1982). Au Nord-ouest du Mexique, les différentes espèces de courge sont localisées en fonction de la fertilité du sol (MERRICK 1990). Enfin, les agriculteurs du Mali sèment une variété précoce de mil (souna) aux abords du village alors que les champs en périphérie du village sont plus souvent réservés à la variété tardive (sanio) (SANDMEIER *et al.* 1986).

Dans le bassin versant de Cuzalapa, aucune stratégie précise de la part des agriculteurs concernant la localisation des variétés dans l'espace ou le synchronisme de leurs floraisons n'a été identifiée. Ceux-ci ne semblent chercher ni à isoler les variétés ni, au contraire, à favoriser certains types de croisements, trois situations différentes ayant été observées. Plusieurs variétés sont cultivées par parcelle et les agriculteurs ne se concertent pas sur les cultivars à semer sur des parcelles adjacentes ni sur les dates de semis. Ainsi, à Cuzalapa, malgré des longueurs de cycle différentes on peut observer le synchronisme des dates de floraison des variétés cultivées dans la même parcelle. CLAWSON (1985) observe également à Nealtican (état de Puebla, Mexique) le semis de variétés de maïs de cycle plus court en remplacement des semences des variétés de cycle long n'ayant pas germé. Ce décalage de semis amène ces variétés à des dates de floraison comparable. A Cuzalapa, les échanges génétiques se feraient néanmoins plus souvent entre variétés de longueur de cycle comparable.

**Le mode de semis décrit pour ce bassin versant ne conduit donc pas à un isolement géographique ou reproductif entre lots de semences de la même variété ou entre cultivars différents, ou vis-à-vis des lots exogènes.**

Cependant, malgré des distances entre variétés et des écarts de floraison très inférieurs aux normes conseillées pour limiter les échanges génétiques entre populations allogames, les échanges génétiques se produisent essentiellement sur les premiers rangs de contact entre les variétés, comme l'affirment les agriculteurs. Le taux d'hybridation diminue très rapidement et, au delà des trois ou quatre premiers sillons, se stabilise aux alentours de 1% et semble ne pas être perçu par la plupart des agriculteurs consultés. Ce résultat rejoint ceux d'HUTCHCROFT (1959) qui obtient sur ses essais moins de 1% de contamination au delà de 4.5 mètres de la plante utilisée comme source de pollen. Ce gradient semble pouvoir être

expliqué, en grande partie, par la dispersion du pollen dans l'air et la compétition que lui opposent les fortes densités du pollen de la variété contaminée.

**Le niveau des échanges génétiques reste toutefois important lorsqu'il s'agit de la reconduction annuelle ou bisannuelle de variétés de plantes allogames.** Des modifications des fréquences alléliques peuvent avoir lieu après plusieurs cycles de culture, ce qui pourrait impliquer à long terme une modification des caractéristiques des variétés en absence de sélection. Les agriculteurs ont une position ambiguë en ce qui concerne l'effet de ce phénomène sur leurs variétés : ils affirment, d'une part, que ces hybridations ne modifient pas leurs cultivars alors qu'ils définissent leurs lots de semences comme n'étant pas "purs" lorsque des semences sont sollicitées.

Dans ces conditions d'échanges génétiques constants, comment expliquer la coexistence, dans ce bassin versant, de variétés aussi différentes d'un point de vue morpho-phénologique ? Pourquoi les variétés locales ne se sont-elles pas fondues, avec le temps, dans une seule population synthétique ?



## Chapitre 6

### **SELECTION DES SEMENCES**

A Cuzalapa, la dérive génétique ne peut être évoquée comme seul facteur explicatif de la coexistence, en situation de fort flux pollinique, de variétés présentant des différences morphophénotypiques aussi importantes. Par le phénomène de dérive, les lots de semences d'une même variété seraient amenés à se différencier les uns des autres alors que nous avons montré dans la *Première Partie, Chapitre 3, I* la relative homogénéité des lots de semence d'une même variété. Nous faisons l'hypothèse que la sélection des semences constitue l'un des mécanismes de contrôle qui permettrait de conserver sur le long terme les principales caractéristiques des cultivars.

La sélection de la semence est une étape très importante en agriculture et a souvent un caractère religieux ou mystique dans les sociétés traditionnelles où la graine est symbole de fécondité et d'abondance. L'intérêt que portent les agriculteurs à cette pratique est très claire dans les deux tomes édités par le Ministère de l'Education mexicain (SEP 1982) qui rassemblent des textes d'agriculteurs ou de notables de diverses régions du Mexique sur la culture du maïs dans leur village. Un agriculteur de l'état du Chiapas écrit : "Nous commencerons par dire que la semence est où tout commence et finit ; c'est le début et la fin". Pour HERNANDEZ X. (1985), l'un des principaux ethnobotanistes mexicains ayant travaillé sur le maïs au Mexique, un agriculteur soigneux sera celui dont les tas d'épis correspondront à des races, couleurs et textures différentes et dont les semences des différentes variétés seront conservées séparément.

La sélection de la semence ne semble néanmoins pas vue comme un moyen d'améliorer une variété ou d'augmenter sa productivité mais comme une garantie de bonne production. Un agriculteur de l'état du Chiapas (SEP 1982) commente "Notre terre doit être triste de voir les adultérations et modifications dont souffre la plante dans les mains de l'homme qui cherche, à l'aide de l'hybridation, à faire produire à l'épi plus de grains qu'il ne doit en produire". Par contre, si aucune sélection n'est réalisée ou si celle-ci semble incomplète, les agriculteurs sont considérés comme de "mauvais agriculteurs" (SANDMEIER *et al.* 1986 ; HERNANDEZ X. 1985). Ainsi, BRAC DE LA PERRIERE (1982) considère l'absence de sélection de la semence de mil dans la majorité de la Côte d'Ivoire (les chandelles étant battues au champ), comme l'un des signes majeurs de la perte d'intérêt des agriculteurs des savanes pour cette culture.

## **I - OBJECTIFS ET METHODES**

Notre objectif est de déterminer comment et sur quels critères les agriculteurs choisissent leurs semences, et de préciser la relation qui existe entre les critères de sélection et les caractéristiques des différentes variétés dans le bassin de Cuzalapa.

D'autre part, des essais ont été mis en place pour préciser l'influence des critères traditionnels de sélection des semences sur les caractéristiques morpho-phénologiques et génétiques des variétés cultivées afin d'observer, en particulier, si cette sélection permet de réduire l'effet des échanges génétiques entre cultivars et donc de maintenir leurs caractéristiques.

### **I.1 - DETERMINATION DU MODE ET DES CRITERES DE SELECTION**

Les méthodes générales de sélection ont été identifiées au cours d'entretiens informels, les informations étant confrontées à l'observation directe de la pratique chez différents agriculteurs.

Les critères de sélection ont, d'autre part, été déterminés grâce à la comparaison :

- + d'échantillons d'épis sélectionnés par un agriculteur selon ses propres critères et,
- + d'échantillons d'épis prélevés au hasard,

chaque couple d'échantillons étant constitué à partir de la récolte d'une parcelle.

Ces comparaisons ont concerné 3 variétés de cycle court : Blanco (4 couples d'échantillons), Amarillo Ancho (5 couples) et Negro (2 couples), et 2 variétés de cycle long : Chianquiahuitl (3) et Argentino (2) ; elles ont porté sur 10 à 30 épis par échantillon (*tableau A6-1, en annexe*) pour les caractéristiques de hauteur, largeur et épaisseur de grain (HGR, LGR, EGR), nombre de rangs de grains (RGS), diamètre d'épi et de rafle (DEP, DRA), poids d'épi, de rafle et de grain (PEP, PRA et PGR) et longueur d'épi (LEP).

### **I.2 - INFLUENCE DES CRITERES DE SELECTION DES SEMENCES**

#### **I.2.1 - Epis-semences et dates de floraison**

La floraison cumulée d'une population de maïs suivant une sigmoïde (voir *figure 3-1, Partie I, Chapitre 3, D*), la concentration de pollen dans l'air est la plus importante dans la population aux alentours de la floraison mâle et réduite en fin de floraison. Le maïs étant une plante protandre, les épis dont l'émission des soies est précoce se trouvent donc dans de bonnes conditions de fécondation par le pollen de la population et donc moins soumis à la pollution par d'autres variétés, contrairement aux plantes plus tardives ayant souvent subi un stress conduisant à la désynchronisation de leurs

floraisons mâle et femelle. La sélection d'épis provenant de plantes à floraison précoce pourrait alors être un moyen de limiter l'impact des échanges génétiques entre variétés.

**Nous avons donc cherché à vérifier si les critères de sélection des semences utilisés à Cuzalapa avaient un lien avec la date de floraison des plantes produisant les épis sélectionnés, en situant la date de floraison de ces dernières par rapport à l'ensemble de la population.**

Ces observations ont porté sur les variétés Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl dans l'essai "Collection de variétés" (*Partie I, Chapitre 3, D*). Lors d'un passage journalier dans les trois répétitions des lots B2, B3 et B5 de la variété Blanco, AA1, AA2 et AA4 de la variété Amarillo Ancho et C1 et C2 de la variété Chianquiahuitl, un code indiquant le jour a été inscrit au marqueur indélébile sur les fleurs femelles émettant leurs premières soies, pendant toute la durée de la floraison femelle. Seule la variété Chianquiahuitl n'a pu être suivie jusqu'à la fin de sa floraison femelle ; les plantes ayant fleuri après la dernière date de passage (10% des plantes) ont alors été réparties arbitrairement sur les deux jours suivants. Pour chaque variété, l'ensemble des épis remplis et avortés ont été récoltés, tous lots de semences et toutes répétitions confondus. Cet ensemble d'épis (ou l'ensemble des plantes les ayant produits) a été nommé **POPULATION**.

Quatre agriculteurs ont été invités à sélectionner, indépendamment les uns des autres, pour chaque variété, les épis qui leur semblaient les plus appropriés pour la semence. Aucun nombre maximal ou minimal ne leur a été imposé. Les épis sélectionnés ont été marqués d'un signe discret représentant l'agriculteur et réintégrés au tas d'épis avant la sélection de l'agriculteur suivant. L'ensemble des épis sélectionnés (ou les plantes les ayant produits) a été nommé **SEMENCE**.

L'exploitation de ces données nous a en particulier permis de déterminer dans quelle mesure il existait un consensus entre agriculteurs pour le choix de leurs semences.

Chaque plante a également été caractérisée par la qualité de l'épi produit, définie par la longueur d'épi présentant des grains et la qualité et régularité de son remplissage. Au départ, ces deux caractères ont été notés suivant plusieurs classes que nous avons regroupées pour les besoins de l'exposé :

Longueur d'épi présentant des grains :

- 0 = plante sans épi ou épi dont la longueur présentant des grains est inférieure à 10 cm,
- 1 = épi dont la longueur présentant des grains est supérieure à 10 cm.

Qualité et régularité de remplissage de l'épi :

- 0 = plante sans épi ou épi ne comportant que quelques grains épars, présentant des manques sur certains rangs ou un mauvais remplissage de l'extrémité,
- 1 = épi présentant des grains sur toute la longueur, épis normaux.

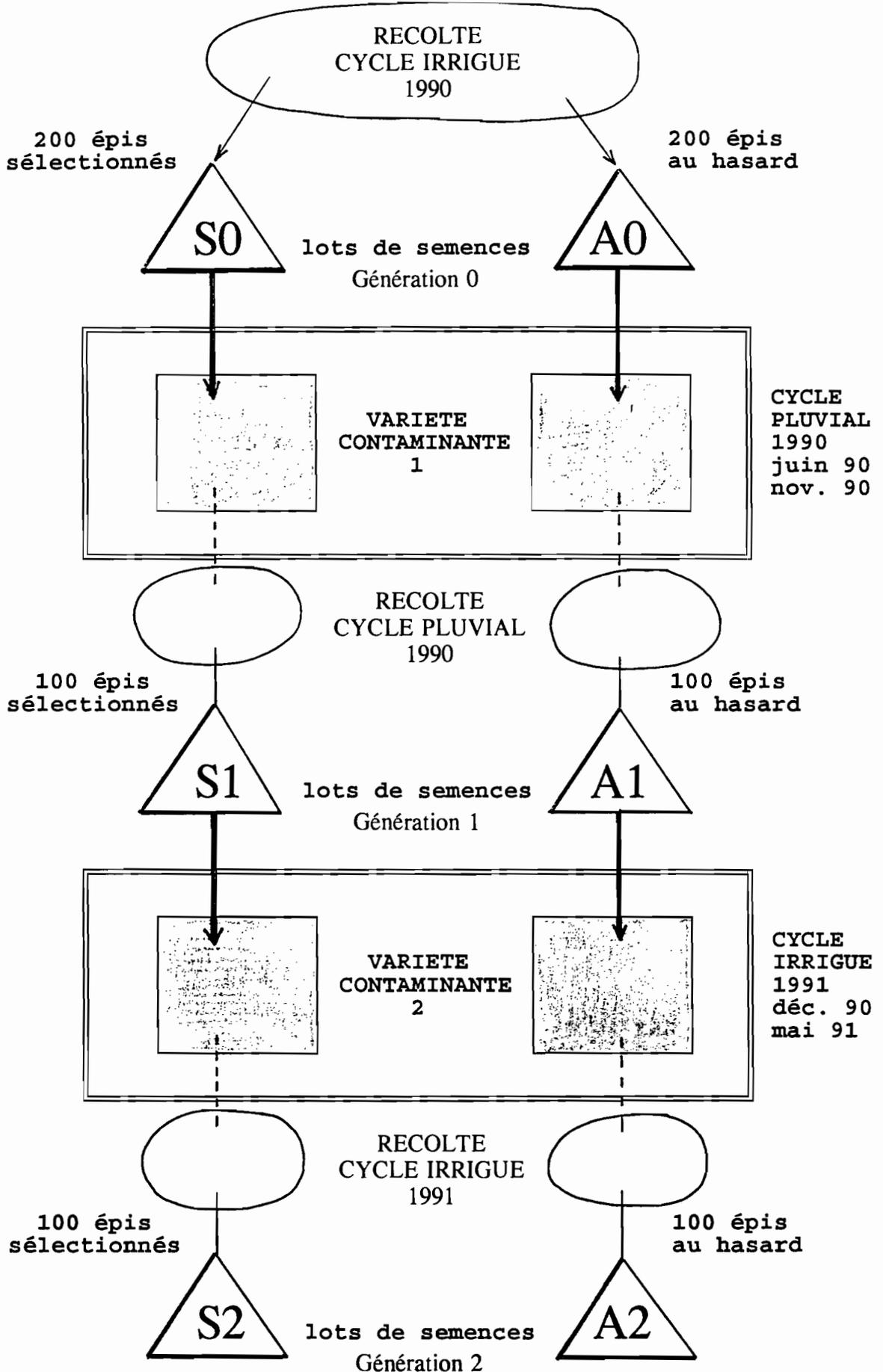


Figure No 6-1. Protocole utilisé au cours des deux cycles de contamination dans l'essai sur le contrôle des flux de gènes par la sélection des semences.

Ainsi, chaque plante a pu être caractérisée par la date de sortie de ses soies (floraison femelle), la qualité du remplissage de son épi et la sélection ou non de cet épi par un agriculteur ou plusieurs agriculteurs. La distribution de la floraison femelle des plantes SEMENCE (ayant produit un épisemence) a pu être comparée à celle de l'ensemble des plantes POPULATION (ensemble des plantes de la population) mais également à celle des différentes classes de plantes définies en fonction de la qualité de remplissage de leur épi.

## I.2.2 - Epis-semence et critères de sélection

Nous avons comparé l'influence de la sélection empirique par les agriculteurs de leur semence, par rapport à leur prélèvement au hasard lorsque la variété est soumise à des flux de gènes.

### *I.2.2.1 - Contamination et sélection du matériel génétique*

L'étude a porté en particulier sur les variétés Negro (N) et Chianquiahuitl (C). Les différentes étapes des essais mis en place sont schématisées sur la *figure 6-1*.

Pour chaque variété, à partir de la récolte de la parcelle d'un agriculteur, nous avons constitué à la fin du cycle irrigué 1990 :

- un échantillon de 200 épis sélectionnés par l'agriculteur selon ses critères de sélection de la semence,
- un échantillon de 200 épis prélevés au hasard.

A partir de chaque échantillon d'épis un lot de semences a été constitué par le prélèvement d'un nombre égal de graines par épi. Ces lots forment la génération initiale, appelée génération 0 (G0) :

- S0 : lot de semences constitué à partir des épis sélectionnés,
- A0 : lot de semences constitué à partir des épis prélevés au hasard.

Chaque couple de lots de semences a été semé lors du cycle pluvial 1990, dans une parcelle paysanne emblavée avec une variété différente, appelée **variété contaminante**. Chaque lot a occupé une placette de 20m X 20m, taille suffisante pour permettre une bonne représentation de la variété (plus de 1500 plantes par placette) mais aussi pour autoriser une forte pression de pollinisation de la part de la variété contaminante.

A la récolte de ce premier cycle de contamination, le même agriculteur a sélectionné un échantillon de 100 épis à partir de la récolte de la placette occupée par le lot de semences sélectionnées S0 ; 100 épis ont par ailleurs été prélevés au hasard sur la récolte de la parcelle ensemencée avec A0. A partir de chaque lot d'épis, deux nouveaux lots de semences ont été constitués comme précédemment et ont formé la génération 1 (G1):

		VARIETE CONTAMINEE			
		CHIANQUIAHUITL		NEGRO	
GENERATION 0	LOTS INITIAUX	A0	S0	A0	S0
1er CYCLE DE CONTAMINATION	VARIETE CONTAMINANTE 1	Amarillo ext (cycle court)		Amarillo ext (cycle court)	
	LOTS GENERATION 1	A1	S1	A1	S1
2d CYCLE DE CONTAMINATION	VARIETE CONTAMINANTE 2	Argentino (cycle long)		Blanco (cycle court)	Chianquiah. (cycle long)
	LOTS GENERATION 2	A2	S2	A2B S2B	A2C S2C

Tableau No 6-1 . Variétés contaminantes utilisées lors de chacun des deux cycles, pour les variétés contaminées Negro et Chianquiahuitl. Codes donnés aux lots des différentes générations.

- S1 : semence sélectionnée à partir de la descendance de S0
- A1 : semence prélevée au hasard sur la descendance de A0.

Ces lots ont été semés lors du cycle irrigué 1991, selon le dispositif décrit précédemment. A la récolte, nous avons constitué deux lots de semences par variété (génération 2 G2) :

- S2 : semence sélectionnée à partir de la descendance de S1
- A2 : semence prélevée au hasard sur la descendance de A1.

Les contraintes liées au travail en milieu réel n'ont pas permis de soumettre les cultivars à la contamination par la même variété au cours des deux cycles (*tableau 6-1*). Par ailleurs, le dispositif a été dédoublé pour la variété Negro au cours du second cycle : un couple de lots de semences S1 et A1 a été soumis à la contamination par la variété Blanco (variété contaminante) et un second par la variété Chianquiahuitl. Les lots de seconde génération contaminés par la variété Blanco sont notés A2B et S2B et ceux contaminés par le Chianquiahuitl sont nommés A2C et S2C.

Plusieurs échantillons de 200 graines de chaque lot de semences ont été conservés en chambre froide au CIMMYT à l'issue de chaque cycle. Ils ont été constitués par le prélèvement d'un nombre égal de graines par épi.

### ***1.2.2.2 - Comparaison des différentes générations***

Les comparaisons morpho-phénologiques ont été réalisées entre la génération initiale (G0) et la génération finale (G2) dans un essai contrôlé établi dans la station expérimentale de l'INIFAP de La Huerta, au cours du cycle pluvial 1991. Pour chaque variété, nous avons utilisé un dispositif en blocs complets au hasard à deux facteurs croisés, comprenant 4 répétitions.

Facteur 1 : Génération

- + 0 : Population initiale (G0)
- + 2 : Population après deux cycles de contamination (G2)

Facteur 2 : Choix des semences

- + S : semences sélectionnées par l'agriculteur.
- + A : semences prélevées au hasard.

Chaque parcelle élémentaire a compté 6 rangs de 4 m de long. Les techniques culturales appliquées ont été similaires à celles de l'essai "Collection de variétés" si l'on exclut l'irrigation (voir *tableau A3-1, en annexe*) : labour, semis en poquet début août 1991, démariage à 17 plantes par sillon de 4m 15 jours après le semis, application d'engrais NP au semis et N avant sarclo-buttage et avant floraison mâle, sarclo-buttage après la seconde application d'engrais et récolte manuelle.

### *1.2.2.3 - Mesures morpho-phénologiques*

Toutes les mesures ont été réalisées sur l'essai contrôlé, permettant ainsi la comparaison des différentes générations dans des conditions identiques.

Nous avons déterminé les dates de floraison mâle et femelle (FM, FF), les descripteurs végétatifs sur 20 plantes marquées avant floraison (HEP, HPL, DIA, LOF, LAF, NBF, E/P, HD<sup>2</sup>, FOL), les descripteurs d'épis sur 15 épis prélevés sur des plantes marquées (HGR, LGR, EGR, DEP, DRA, LEP, RGS, PEP, PRA, P1G), le nombre d'épis produits par parcelle élémentaire (EPI), le nombre moyen d'épis produit par plante (EPL) et le rendement (RDT) (descripteurs explicités dans les *tableaux 3-2 et 3-3, partie I, Chapitre 3, I ou intérieur de la couverture en fin de document*).

Nous avons considéré de plus :

CEP : Pour la variété Negro. Pourcentage d'épis présentant des grains blancs ou jaunes. Il a été calculé à partir de l'ensemble des épis récoltés sur les quatre répétitions pour chaque traitement ;

CGR : Pour la variété Negro. Pourcentage de grains blancs ou jaunes par épi. Le comptage s'est fait sur deux rangs de grains par épi sur 15 épis par traitement.

### *1.2.2.4 - Analyses enzymatiques*

Ces analyses ont concerné les traitements de la variété Negro : population initiale (A0) et échantillons de la seconde génération, contaminés par la variété Blanco (A2B et S2B) ou par la variété Chianquiahuitl (A2C et S2C). Ces analyses ont été faites par le Centro de Ecología de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) selon les mêmes méthodes que celles exposées dans la *Partie I, Chapitre 3, I.1.2*.

## **II - MODE ET CRITERES DE SELECTION DE LA SEMENCE A CUZALAPA**

### **II.1 - METHODES DE SELECTION**

#### **II.1.1 - Sélection basée sur l'ensemble des surfaces emblavées**

Chaque agriculteur sélectionne la semence d'une variété à partir de l'ensemble des surfaces qu'il a emblavées avec ce cultivar sans préférence pour une parcelle ou portion de parcelle, les épis des sillons du bordure, plus facilement contaminés par d'autres variétés, pouvant également être sélectionnés. La semence est la plupart du temps prélevée sur la récolte du cycle précédent, les agriculteurs cherchant toujours à avoir de la semence "récente".

Lorsqu'un agriculteur ne veut pas cultiver à grande échelle une variété particulière lors d'un cycle de culture (variété mal adaptée à la saison de culture, à la parcelle à semer ou semis d'autres variétés), il peut consacrer quelques sillons à cette variété pour disposer de semence pour le cycle suivant. Cette pratique est, comme nous l'avons vu, propice à la pollution par d'autres variétés et à la dérive génétique, la semence n'étant alors le produit que de quelques épis.

S'il ne dispose pas de semence récente, l'agriculteur sélectionne ses épis sur le stock restant de la récolte faite 6 mois auparavant. Cette pratique est courante dans les communautés où la culture du maïs ne se fait que pendant le cycle pluvial et où la semence est donc conservée 6 mois (BELLON 1990).

Par contre, si l'ensemble de cette récolte a été consommée ou si les épis restants sont insuffisants ou de mauvaise qualité, l'agriculteur s'en procurera chez un autre producteur chez qui il sélectionnera lui-même sa semence. Celle-ci lui sera plus souvent "prêtée" que vendue. Ce "prêt" est loin d'être gratuit puisqu'un volume en épis double de celui qui a été fourni doit être rendu à la récolte, soit 100% d'intérêt en 6 mois (à cela près que les épis rendus ne sont pas des épis sélectionnés mais le tout venant de la récolte). JOHANNESSEN (1982) indique qu'au Guatemala la quantité rendue doit être la même que celle qui a été prêtée et ce, dans la mesure où la récolte est suffisante, alors qu'au Honduras et au Costa Rica toutes les semences doivent au contraire être données sans rétribution, les dieux pouvant ne pas apprécier que la semence fasse l'objet de prêt ou de vente. BELLON (1990) indique que dans l'état de Chiapas au Mexique les semences sont échangées contre le même volume de grains d'une autre variété.

### II.1.2 - Sélection basée uniquement sur l'épi

Les agriculteurs procèdent à une sélection massale sans contrôle de la généalogie des progéniteurs. La sélection se fait exclusivement à partir du tas des épis récoltés. En conséquence, les caractéristiques végétatives et agronomiques de la plante mère ne sont pas directement prises en compte. Les agriculteurs considèrent de toutes les façons qu'une "mauvaise plante produira un mauvais épi".

C'est la méthode utilisée également dans l'état de Chiapas (BELLON 1990) et la plus courante au Mexique (SEP 1982). Dans certains cas reportés dans ce document, la sélection peut se faire dans la parcelle en même temps que la récolte. Les épis choisis sont alors récoltés avec les spathes contrairement aux autres épis. Mais, là encore, la sélection est basée sur "les plus gros épis" ; aucune allusion n'est faite à la plante. Ce même phénomène est reporté par JOHANNESSEN (1982) pour une région du Guatemala. Par contre SANDMEIER *et al.* (1986) rapportent qu'au Mali la quasi-totalité des agriculteurs enquêtés sélectionnent les plus belles chandelles de mil sur les plantes vigoureuses et saines ; ceux qui confectionnent leur semence à partir des grains conservés en vrac sont considérés comme de mauvais agriculteurs. De même MUSHITA (1992) rapporte une sélection sur la plante de sorgho ou de mil au Zimbabwe.



### II.1.3 - Utilisation des grains de la zone centre de l'épi

Les agriculteurs n'utilisent que les graines de la zone centre de l'épi comme semence. Celles des 2 ou 3 rangs de la base de l'épi sont rarement utilisées alors que les 5 ou 6 rangs de la pointe de l'épi sont toujours exclus. Cette pratique est très générale au Mexique (SEP 1982). Un agriculteur de l'état de Guerrero explique : "Après la récolte de chaque type de maïs semé, on choisit les plus grands épis (*hueycintli*) auxquels on retire les grains flétris (*popoyotl*), ceux qui ont commencé à pourrir à cause de l'humidité (*tlayolpoyaque*) et ceux qui ont été taraudés par un insecte (*tlayolcoyonqui*). Une fois ce nettoyage réalisé, on égrène la pointe (*coaoya*) et la base de l'épi (*zinhoya*) de façon à ce qu'il ne reste plus que les plus beaux grains au centre, qui est la semence sélectionnée (*xinaxli*) à utiliser lors du semis suivant".

BELLON (1990) signale cette pratique dans l'état du Chiapas au Mexique. JOHANNESSEN (1982) la reporte pour les Indiens K'ekchi au Guatemala, pour les Indiens Mandan aux USA et pour les Indiens Guaymi au Panama. Cette pratique était également courante au Sud-ouest de la France lorsque des variétés-population de maïs y étaient encore cultivées.

Les agriculteurs considèrent que les graines de la pointe ne germeront pas ou produiront des épis aux grains petits et peu développés et que celles de la base de l'épi (considérés "mâles") "ne donneront que de la plante" ou des épis aux grains déformés. Les graines de l'extrémité supérieure de l'épi possèdent peu de réserves et sont le plus souvent affectées par les oiseaux ou les insectes ce qui justifie leur exclusion en tant que semence. Par contre, les graines de la base devraient produire des plantes vigoureuses d'après les travaux d'OTTAVIANO *et al.* (1980) sur le rapport entre la vitesse de croissance du tube pollinique et la vigueur de la plante résultant de la fécondation.

Nous avons mis en place des essais pour comparer la descendance de ces trois catégories de semences. Nous n'en présenterons pas dans ce document les résultats complets mais quelques observations générales. Les tests de germination indiquent effectivement une germination plus faible des graines de la pointe et une germination équivalente pour les graines de la base et du centre de l'épi. Par contre les caractères phénotypiques ne se sont pas révélés significativement différents entre les plantes issues de ces trois catégories de semences. On a toutefois noté un retard d'un jour (statistiquement non significatif) dans la date de floraison mâle des plantes issues des graines de la pointe. Nous l'avons attribué à une levée plus lente de ces plantes due aux plus faibles réserves de la graine.

AFD sur les échantillons d'épis sélectionnés par les agriculteurs (s) et les échantillons d'épis prélevés au hasard (a) des variétés de cycle court Blanco (B), Amarillo Ancho (AA) et Negro (N) et des variétés de cycle long Chianquiahuitl (C) et Argentino (AR)

	AXE 1	AXE 2	AXE 3
Inertie	66.0%	18.9%	6.4%
Descripteurs d'EPIS	RGS (+0.99) EGR (-0.94) LGR (-0.92)	PEP (-0.91) PRA (-0.86) HGR (-0.85) DEP (-0.81) DRA (-0.71)	LEP (-0.53) DRA (+0.46)

Tableau No 6-2 . Contribution des trois premiers axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes (les nombres entre parenthèses sont les corrélations entre les variables et les axes).

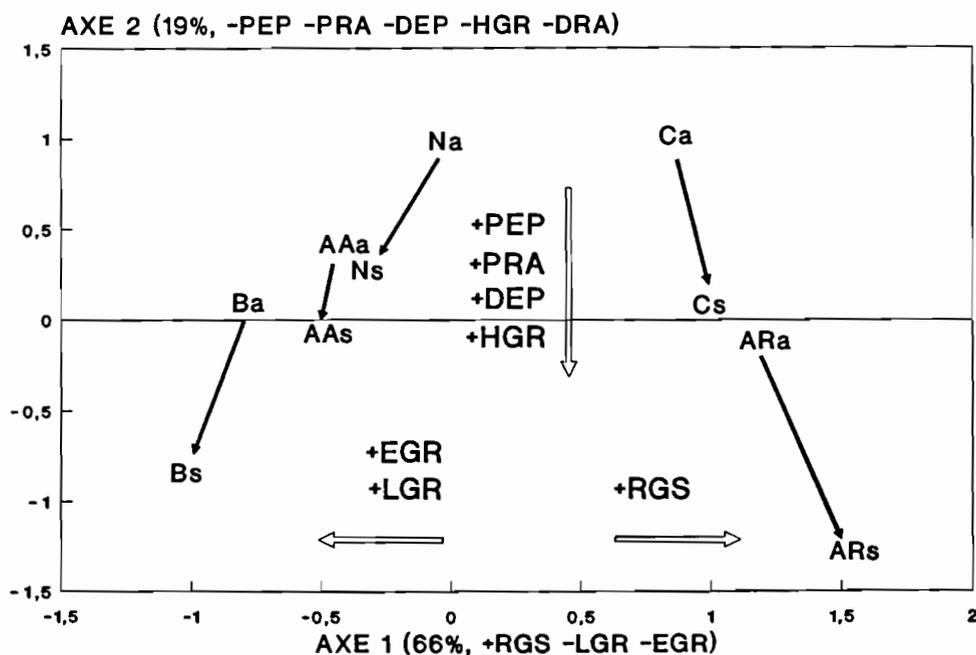


Figure No 6-2 . Plan 1-2 de l'AFD sur les descripteurs d'épis.

VARIETES		ECHANTILLONS D'EPIS
<u>Cycle court</u>	<u>Cycle long</u>	
Blanco B	Chianquiahuitl C	a = prélevés au hasard
Amarillo Ancho AA	Argentino AR	s = sélectionnés par l'agriculteur
Negro N		

### II.1.4 - Epis à grains rouges pour protéger la parcelle

L'utilisation de la couleur rouge pour protéger les parcelles des vents violents, des insectes ou des maladies est également courante chez les agriculteurs les plus traditionnels qui attachent par exemple de petits morceaux de tissu rouge dans leur jardin potager, ou mélangent des épis à grains rouges à leur semence de maïs. Pour HERNANDEZ X. (1985) un agriculteur qui "inclura une quantité suffisante d'épis rouges pour protéger la parcelle" est un producteur soigneux. Cette pratique a été rapportée dans d'autres régions du monde et a toujours été interprétée comme une croyance superstitieuse liée à une pratique agricole dont les risques sont importants (MALINOWSKI 1954, cité par JOHANNESSEN 1982). L'efficacité d'une telle pratique reste à prouver bien que PERNES *et al.* (1984) rapportent par exemple que les oiseaux épargnent les chandelles de mil à grains rouges quand le type de grain dominant dans le champ est clair.

A Cuizalapa, ces épis apparaissent en petites quantités (4 à 5 tout au plus par hectare) dans toutes les variétés et sont considérés comme faisant partie du cultivar où ils sont récoltés comme au Guatemala (JOHANNESSEN 1982). Lors de la récolte, on leur témoignait autrefois une attention particulière qui semble peu à peu s'éteindre ; celui qui trouvait un de ces épis devait crier "aïisca" et réciter quelques vers.

## II.2 - CRITERES DE SELECTION DE LA SEMENCE

### II.2.1 - Critères de sélection et caractéristiques variétales

Les données par couple d'échantillons d'épis (sélectionnés et prélevés au hasard) et par variété sont données *en annexe tableau A6-1*.

Pour chacune des cinq variétés (Blanco B, Amarillo Ancho AA, Negro N, Chianquiahuitl C et Argentino AR), les échantillons sélectionnés ont été réunis en un seul groupe d'épis (appelés Bs, AAs, Ns, Cs et ARs) et les échantillons d'épis prélevés au hasard en un autre groupe d'épis (appelés Ba, AAa, Na, Ca et ARa). Ces groupes ont été intégrés dans une AFD et reliés par une flèche dans la direction de l'échantillon sélectionné sur le plan 1-2 (*tableau 6-2 et figure 6-2*).

**On note que la sélection s'exerce essentiellement vers les épis les plus développés et donc vers les génotypes les plus productifs et les mieux adaptés ou vers des épis provenant de plantes ayant subi de bonnes conditions de culture.** En effet, l'effet de la sélection s'observe principalement le long de l'axe 2 (19% de la variabilité) essentiellement défini par les poids et diamètre d'épi et de rafle (PEP, PRA, DEP, DRA) ainsi que par la hauteur du grain (HGR), liée aux précédentes comme nous l'avons vu dans l'étude des variétés en conditions paysannes (*Partie I, Chapitre 3, II.2*). Les différences sont significatives au seuil de 5% entre les groupes a (au hasard) et s (sélectionnés) de chaque variété pour le poids d'épi, de rafle et de grains (PEP, PRA, PGR), la longueur et le diamètre

VARIETE	Echantillon	Nombre d'épis	HGR	LGR	EGR	DEP	DRA
BLANCO	Hasard Ba	90	0.95 (0.13)	1.06 (0.09)	0.38 (0.04)	3.76 (0.34)	2.12 (0.26)
	Sélect. Bs	103	1.04 (0.08)	1.23 (0.08)	0.40 (0.03)	3.98 (0.24)	2.12 (0.21)
			***	***	**	***	NS
AMARILLO ANCHO	Hasard AAa	140	0.92 (0.10)	1.00 (0.09)	0.38 (0.04)	3.73 (0.30)	2.15 (0.27)
	Sélect. AAs	100	0.94 (0.09)	1.02 (0.08)	0.38 (0.04)	3.88 (0.31)	2.23 (0.30)
			NS	*	NS	***	*
NEGRO	Hasard Na	60	0.82 (0.09)	0.94 (0.09)	0.35 (0.04)	3.57 (0.28)	1.99 (0.28)
	Sélect. Ns	60	0.90 (0.08)	0.99 (0.08)	0.36 (0.04)	3.70 (0.26)	2.05 (0.17)
			***	**	NS	**	NS
CHIANQUIAHUITL	Hasard Ca	71	0.94 (0.12)	0.82 (0.08)	0.34 (0.04)	3.70 (0.38)	2.01 (0.26)
	Sélect. Cs	79	1.01 (0.09)	0.83 (0.07)	0.34 (0.03)	4.03 (0.29)	2.09 (0.22)
			***	*	NS	***	*
ARGENTINO	Hasard ARa	60	0.99 (0.12)	0.88 (0.07)	0.33 (0.05)	4.22 (0.46)	2.32 (0.32)
	Sélect. ARs	60	1.07 (0.12)	0.90 (0.08)	0.34 (0.03)	4.58 (0.38)	2.46 (0.24)
			**	NS	NS	***	**

VARIETE	Echantillon	Nombre d'épis	RGS	LEP	PEP	PRA	PGR
BLANCO	Hasard Ba	90	8.74 (1.10)	16.1 (2.8)	109.5 (31.2)	15.3 (5.9)	95.3 (26.9)
	Sélect. Bs	103	8.62 (0.97)	18.5 (2.1)	148.6 (24.9)	20.6 (5.3)	128.1 (22.1)
			NS	***	***	***	***
AMARILLO ANCHO	Hasard AAa	140	9.33 (1.33)	16.1 (2.4)	105.6 (29.4)	16.5 (5.2)	89.1 (25.7)
	Sélect. AAs	100	9.28 (1.32)	17.5 (2.0)	130.3 (27.9)	19.1 (5.4)	111.2 (24.1)
			NS	***	***	***	***
NEGRO	Hasard Na	60	9.33 (1.31)	14.1 (2.7)	81.4 (32.4)	12.1 (4.4)	69.3 (28.7)
	Sélect. Ns	60	9.30 (1.32)	17.4 (1.9)	119.5 (26.4)	17.7 (4.5)	101.8 (23.7)
			NS	***	***	***	***
CHIANQUIAHUITL	Hasard Ca	71	11.44 (1.44)	14.6 (2.8)	97.6 (38.0)	15.3 (7.0)	82.3 (32.3)
	Sélect. Cs	79	12.00 (1.54)	17.0 (2.0)	145.9 (28.7)	20.2 (5.7)	125.7 (25.3)
			*	***	***	***	***
ARGENTINO	Hasard ARa	60	12.30 (1.70)	14.5 (3.3)	130.3 (60.2)	20.7 (10.4)	109.7 (51.3)
	Sélect. ARs	60	13.10 (1.40)	16.4 (3.0)	187.0 (66.0)	28.7 (11.8)	158.3 (55.5)
			**	**	***	***	***

Différence significative à 5% (\*), 1% (\*\*), 1% (\*\*\*)

Différence non significative à 5% (NS)

Tableau No 6-3. Comparaison, pour les descripteurs d'épis, de l'ensemble des épis sélectionnés par les agriculteurs et des épis prélevés au hasard, des variétés de cycle court Blanco (B), Amarillo Ancho (AA), Negro (N) et des variétés de cycle long Chianquiahuitl (C) et Argentino (AR).

d'épi (LEP, DEP) (*tableau 6-3*). Les épis sélectionnés sont, par exemple, en moyenne 1/3 plus lourd. La variété Amarillo Ancho (AA) semble moins soumise à une pression de sélection que les autres variétés.

Ces mesures correspondent aux critères de sélection indiqués par les agriculteurs à Cuzalapa qui affirment choisir les "meilleurs épis" en référence au poids de l'épi (l'épi doit être lourd, dense), au remplissage du grain (grains non flétris sur toute la longueur de l'épi) et à l'absence de maladies ou insectes (épis sains). Ces critères correspondent à ceux retrouvés dans les textes rassemblés dans le document de la SEP (1982) pour le Mexique : "grands épis", à "gros grains" "propres". De même, BRAC DE LA PERRIÈRE (1982) rapporte que les "bons penniseticulteurs" de la région de Tingrela (Côte d'Ivoire) sélectionnent à la récolte les chandelles les plus longues et les mieux remplies.

**On note également que cette sélection est divergente selon l'axe 1 en fonction de la longueur de cycle des variétés et qu'elle porte sur les caractères d'épis qui distinguent le plus ces deux types de cultivars (*Partie I, Chapitre 3, I*). En effet, l'axe 1 oppose les variétés de cycle court (B, AA, N) et les variétés de cycle long (C, AR). Il représente 66% de la variabilité et est essentiellement lié dans le sens positif au nombre de rangs de grains (RGS), et dans le sens négatif à la largeur (LGR) et à l'épaisseur du grain (EGR) (*tableau 6-2*).**

**La sélection des épis est donc orientée vers le renforcement des différences entre ces cultivars: moins de rangs et des grains plus larges pour les variétés de cycle court, et, à l'opposé, plus de rangs de grains pour les variétés de cycle long. Par le choix de la semence, les agriculteurs cherchent à conserver les différences qui existent entre les variétés de cycle court et les variétés de cycle long.**

La sélection sur la couleur des grains permet de plus de séparer les trois variétés de cycle court: les épis des variétés à grains blancs sont rejetés s'ils présentent des grains noirs ou jaunes et les épis de la variété Negro ne sont retenus que si leurs grains sont entièrement de couleur noire.

### **II.2.2 - Consensus partiel entre agriculteurs**

La comparaison de la sélection exercée par quatre agriculteurs sur le même ensemble d'épis pour les variétés Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl donne une idée du consensus qui peut exister entre les agriculteurs sur les critères de sélection.

L'un des agriculteurs n'a pas accepté de choisir les semences de la variété Chianquiahuitl en considérant qu'il ne connaissait pas suffisamment cette variété. Le choix de la semence n'est donc pas indépendant de la variété concernée. Nous avons par la suite exclu le choix de cet agriculteur dans notre analyse.

VARIETE	Nombre d'épis récoltés (échantillon présenté aux agriculteurs)	Nombre et pourcentage d'épis sélectionnés par chaque agriculteur		
		Agriculteur a	Agriculteur b	Agriculteur c
BLANCO	489	71 14.5%	30 6.1%	14 2.9%
AMARILLO ANCHO	533	57 10.7%	31 5.8%	9 1.7%
CHIANQUIAHUITL	356	54 15.2%	28 7.9%	14 3.9%

Tableau No 6-4 . Echantillon d'épis (remplis et avortés) présentés aux agriculteurs et nombre et pourcentage d'épis sélectionnés par chaque agriculteur pour chacune des trois variétés.

VARIETE	Nombre total d'épis sélectionnés	Nombre et pourcentage d'épis sélectionnés par 1, 2 ou 3 agriculteurs par rapport au nombre d'épis sélectionnés			Pourcentage d'épis sélectionnés par plus de 2 agriculteurs	
		1	2	3	Par rapport au nombre total d'épis récoltés	Par rapport au nombre d'épis sélectionnés
B	86	62 72.1%	19 22.1%	5 5.8%	4.9%	27.9%
AA	70	48 68.6%	17 24.3%	5 7.1%	4.1%	31.4%
C	65	44 67.7%	11 16.9%	10 15.4%	5.9%	32.3%

Tableau No 6-5 . Nombre et pourcentage d'épis sélectionnés par 1, 2 ou 3 agriculteurs. Pourcentage d'épis sélectionnés par au moins 2 agriculteurs, par rapport au nombre total d'épis récoltés et par rapport au nombre total d'épis sélectionnés.

Les trois agriculteurs considérés ont sélectionné un nombre d'épis très variable (*tableau 6-4*). Par contre, pour chaque agriculteur, la proportion d'épis sélectionnés a été du même ordre de grandeur pour les trois variétés ; l'agriculteur **a** est celui qui a exercé la plus faible pression de sélection (entre 10 et 15% des épis récoltés), alors que l'agriculteur **c** a pratiqué une sélection de 2 à 4% des épis. Ces faits peuvent être attribués aussi bien à des critères de sélection plus sévères de la part de l'agriculteur **c** qu'à l'interprétation personnelle de chaque agriculteur de la question qui leur était posée.

Les proportions d'épis choisis par 1, 2 ou 3 agriculteurs semblent très similaires pour les trois variétés (*tableau 6-5*). Le test de randomisation de Fisher appliqué à ces données montre qu'il n'existe pas de différence statistique entre variétés. Ainsi, environ 30% des épis sélectionnés l'ont été par au moins 2 agriculteurs pour les trois variétés ; ces épis représentent environ 5% de l'ensemble des épis. Le fait que le choix de plusieurs agriculteurs se porte pour 30% sur les mêmes épis témoigne d'un certain consensus sur les critères de sélection utilisés ; de plus, ce consensus semble du même ordre pour les trois variétés.

### **III - SELECTION DE LA SEMENCE ET CONTROLE DES FLUX DE GENES**

Nous avons voulu vérifier dans quelle mesure la sélection d'épis bien remplis et conformes à un idéotype et l'exclusion d'épis présentant des caractères d'une autre variété (transmis par la plante-mère ou par le pollen), pouvaient être un moyen de limiter l'importance des flux de gènes et donc favoriser la conservation de l'intégrité phénotypique des variétés.

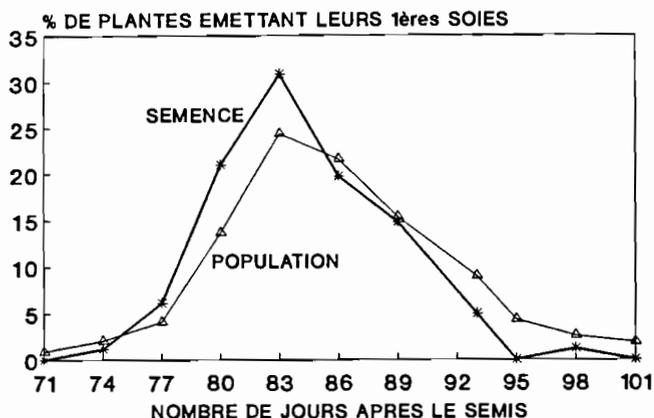
#### **III.1 - SELECTION D'EPIS BIEN DEVELOPPES**

##### **III.1.1 - Floraison femelle des plantes ayant produit un épi-semence par rapport à l'ensemble de la population**

Les *figures 6-3 à 6-5* représentent, pour chacune des trois variétés, la distribution de la floraison femelle des plantes de la population totale (POPULATION) et du sous-ensemble des plantes ayant produit les épis sélectionnés par au moins un agriculteur (SEMENCE). Ces courbes représentent le pourcentage cumulé sur trois jours de plantes émettant leurs premières soies en fonction du temps (en nombre de jours après le semis).

Pour les trois variétés, les plantes ayant produit les épis sélectionnés ont fleuri en moyenne plus tôt que l'ensemble de la population. Cette différence est faible (aux alentours de 2 jours) mais significative au seuil de 1% pour les trois variétés. Les variances sont équivalentes pour la variété

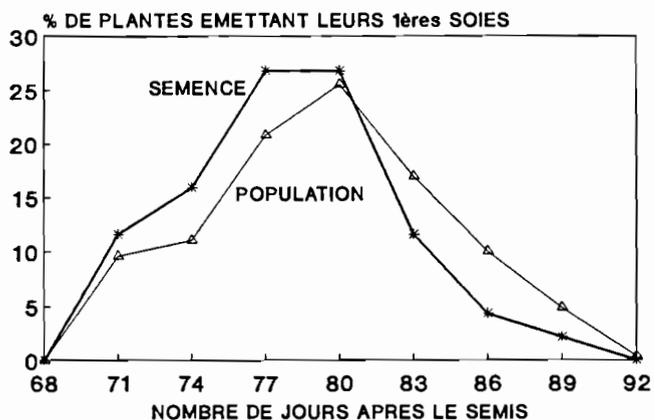
Fig No 6-3. VARIETE AMARILLO ANCHO



	POPULATION TOTALE	ECHANTILLON SELECTIONNE	
n	533	81	
X	84.6	82.9	**
σ	5.5	4.1	**

COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS  
Test de Kolmogorov-Smirnov  
NS

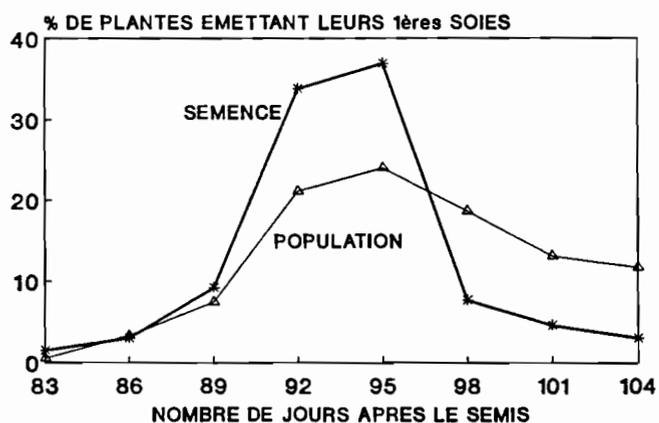
Fig No 6-4. VARIETE BLANCO



	POPULATION TOTALE	ECHANTILLON SELECTIONNE	
n	489	138	
X	78.5	77.1	**
σ	4.9	4.4	NS

COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS  
Test de Kolmogorov-Smirnov  
\*

Fig No 6-5. VARIETE CHIANQUIAHUITL



	POPULATION TOTALE	ECHANTILLON SELECTIONNE	
n	356	65	
X	94.9	92.8	*
σ	4.8	3.8	**

COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS  
Test de Kolmogorov-Smirnov  
\*\*

Δ Toutes plantes de la POPULATION  
\* Plantes dont l'épi a été sélectionné pour la SEMENCE

Figures No 6-3 à 6-5. Comparaison, pour les variétés Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl, des floraisons femelles de l'ensemble des plantes de la variété (POPULATION) et du sous-ensemble des plantes ayant produit un épi sélectionné par les agriculteurs pour être utilisés comme semence (SEMENCE). (comparaison des variances test de Fisher, comparaison des moyennes test de Student, NS non significatif à 5%, \* significatif à 5%, \*\* significatif à 1%).

Blanco (B) alors que la variance de l'échantillon sélectionné est significativement inférieure à celui de la population au seuil de 5% pour les variétés Chianquiahuitl (C) et Amarillo Ancho (AA). La distribution des dates de floraison de la population et de l'échantillon sélectionné sont équivalentes pour la variété Amarillo Ancho, significativement différentes pour la variété Blanco et très significativement différente pour la variété Chianquiahuitl.

**Le mode traditionnel de sélection de la semence favoriserait donc le choix des épis produits par des plantes en moyenne légèrement plus précoces, délaissant les épis formés sur des plantes plus tardives.** Cet effet est plus marqué pour la variété Chianquiahuitl que pour les variétés Amarillo Ancho et Blanco.

La sélection des épis étant liée à leur développement d'une part et à certaines caractéristiques de la variété, d'autre part, deux hypothèses peuvent être avancées :

- liaison entre précocité et caractéristiques des épis : les plantes plus précoces produisent des épis qui correspondent plus à l'idéotype de la variété,
- liaison entre précocité et développement de l'épi : les plantes plus précoces donnent des épis plus développés.

Nous allons présenter les résultats concernant le test de cette seconde hypothèse.

### III.1.2 - Date de floraison et remplissage de l'épi

Sur les *figures 6-6 à 6-8* nous avons reporté, en fonction du temps (nombre de jours après le semis) :

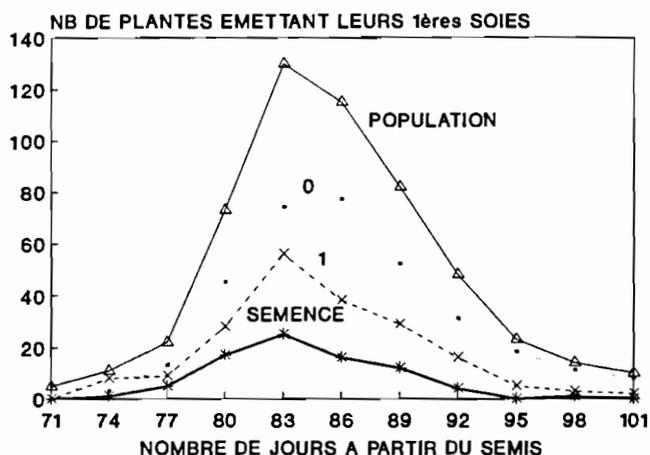
- la distribution de la floraison femelle (en nombre de plantes) des plantes de la population (POPULATION),
- la distribution de la floraison femelle du sous-ensemble des plantes ayant produit un épi sélectionné (SEMENCE).
- la distribution de la floraison femelle des plantes de la population n'ayant produit aucun épi ou un épi mal rempli (présentant des manques, classe de remplissage 0) et celle des plantes de la population ayant produit des épis remplis sur toute la longueur (classe 1).

Sur les *figures A6-1 à A6-3 en annexe*, nous avons reporté les données concernant la longueur d'épi : épis présentant des grains sur moins de 10 cm (classe 0) d'une part, et sur plus de 10 cm d'autre part (classe 1).

**On note clairement, pour toutes les variétés, le développement plus médiocre, en moyenne, des épis produits par des plantes dont la floraison a été plus tardive.** Ceci se traduit par :

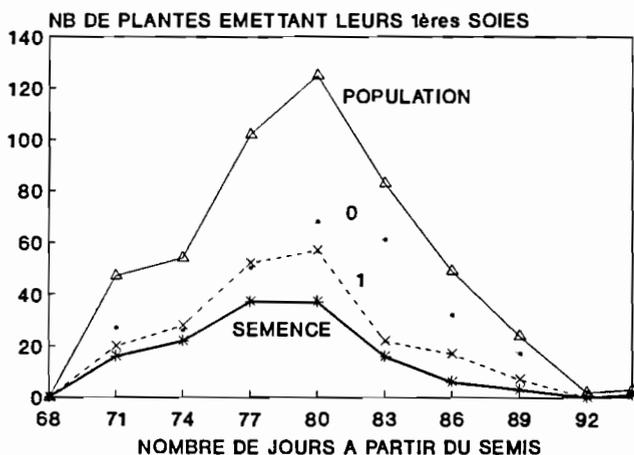
- Une différence marquée entre la distribution de floraison des plantes ayant produit des épis bien remplis (classe 1 de remplissage) et celle des autres plantes (classe 0 de remplissage des épis).

Fig No 6-6. VARIETE AMARILLO ANCHO

COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS  
Test de Kolmogorov-Smirnov

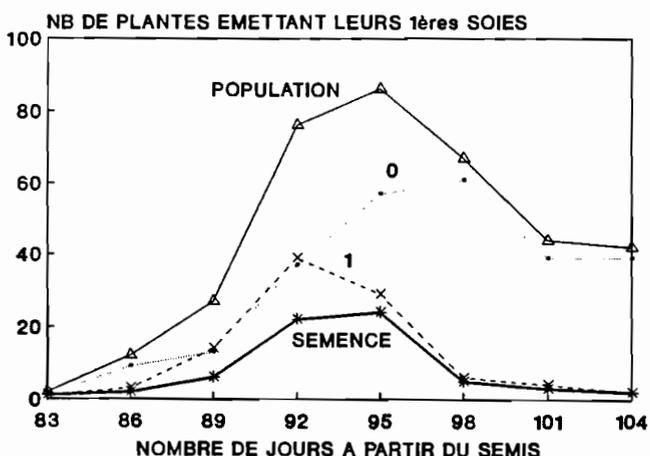
Classes 0 / Classe 1	NS
Classe 1 / POPULATION	NS
Classe 1 / SEMENCE	NS

Fig No 6-7. VARIETE BLANCO

COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS  
Test de Kolmogorov-Smirnov

Classes 0 / Classe 1	**
Classe 1 / POPULATION	NS
Classe 1 / SEMENCE	NS

Fig No 6-8. VARIETE CHIANQUIAHUITL

COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS  
Test de Kolmogorov-Smirnov

Classes 0 / Classe 1	**
Classe 1 / POPULATION	**
Classe 1 / SEMENCE	NS

△	POPULATION
*	SEMENCE
.	(0) Epis présentant des manques
x	(1) Epis bien remplis

Figures No 6-6 à 6-8. Comparaison, pour les variétés Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl, de la floraison femelle de l'ensemble des plantes de la variété (POPULATION), du sous-ensemble des plantes n'ayant produit aucun épi ou un épi mal rempli (classes de remplissage 0), du sous-ensemble des plantes ayant produit un épi bien rempli (classe de remplissage 1) et du sous-ensemble des plantes ayant produit un épi sélectionné par les agriculteurs pour être utilisé comme semence (SEMENCE). (NS non significatif au seuil de 5%, \* significatif au seuil de 5%, \*\* significatif au seuil de 1%)

Les différences sont significatives au seuil de 1% pour les variétés Blanco et Chianquiahuitl (*figures 6-7 et 6-8*).

- Une différence marquée entre la distribution de la floraison des plantes ayant produit un épi présentant des grains sur moins de 10cm de long (classe de longueur 0) et celle des plantes ayant produit des épis de classe de longueur 1, davantage centrées vers le début de la floraison. Ces différences sont significatives d'après le test de Kolmogorov-Smirnov au seuil de 1% pour les trois variétés (*figures A6-1 à A6-3, en annexe*).

**D'autre part, quelle que soit la variété, la distribution de la floraison des plantes ayant produit un épi sélectionné (Semence) est très proche de la distribution des épis de classe de remplissage 1 et de classe de longueur 1.** Aucune différence significative n'est décelée entre ces deux distributions au seuil de 5% selon le test de Kolmogorov-Smirnov (*figures 6-6 à 6-8 et A6-1 à A6-3 en annexe*).

Ces effets sont peu importants pour la variété Amarillo Ancho, aucune différence n'étant significative, le fonctionnement de cette variété ayant été apparemment normal (faible décalage vers la fin de la floraison). Le décalage est plus sensible pour la variété Blanco, le remplissage des épis ayant été plus médiocre en fin de floraison.

Le phénomène est beaucoup plus marqué sur la variété Chianquiahuitl qui, ayant probablement subi un stress au cours de son développement comme les autres variétés de cycle long (*Partie I, Chapitre 3, I*), présente un mauvais remplissage de ses épis. La distribution des épis sélectionnés ne diffère pas significativement de celle des épis de classe de longueur 1 et de remplissage 1. Par contre elle diffère de celle de la population. Le mauvais remplissage des épis produits par les plantes les plus tardives s'est traduit par un remplissage très médiocre de l'extrémité des épis et donc une longueur de remplissage inférieure.

**Le mode de sélection basé sur les épis les mieux développés et donc à partir de plantes en moyenne plus précoces peut donc participer au contrôle des flux de gènes.** Comme dans le cas de la variété Chianquiahuitl, de mauvaises conditions de culture entraînent souvent un retard et une désynchronisation des floraisons chez les plantes les plus affectées et donc une probabilité plus importante de pollution par d'autres variétés (SPRAGUE *commun. person.*). Ces plantes ne produisant pas, par suite du stress, d'épis bien développés, ceux-ci ne seront pas sélectionnés pour la semence.

	Chianquiahuitl	Negro	Blanco	Niveau de signif. dans la comparaison		
	C	N	B	C-N	N-B	C-B
FM	93.2 a	83.2 b	77.3 c	*	*	***
HPL	259.6 a	232.0 b	219.3 ab	*	NS	*
HEP	187.9 a	156.2 b	129.4 b	*	NS	*
RGS	11.7 a	10.0 b	8.7 b	**	NS	***
EGR	0.34 a	0.37 b	0.40 b	*	NS	*
LGR	0.85 a	0.97 b	1.04 c	***	*	***
P1G	27.0 a	31.0 a	42.0 b	NS	*	***
DIA	1.80	1.83	1.84	NS	NS	NS
HD2	868	804	763	NS	NS	NS

Tableau No 6-6 . Comparaison des variétés Chianquiahuitl, Blanco et Negro pour les principaux descripteurs les différenciant. Pour chaque descripteur, deux lettres différentes indiquent une différence significative (\* significatif au seuil de 5%, \*\* significatif au seuil de 1%, \*\*\* significatif au seuil de 1%).

	Lots de semences prélevés au hasard			Niveau de Signific.
	Lot de la 2de génération contaminé par la variété Chianquiahuitl	Lot initial	Lot de la 2de génération contaminé par la variété Blanco	
	A2C	A0	A2B	
FM	52.38 b	51.88 a	53.13 b	*
HPL	295.2	293.9	285.4	NS
HEP	176.0 a	169.6 ab	164.6 b	*
RGS	10.23	10.07	9.90	NS
EGR	0.38	0.37	0.37	NS
LGR	1.01	1.04	1.05	NS
P1G	33.8	34.2	35.5	NS
DIA	2.32 a	2.21 b	2.15 b	*
HD2	1631 a	1470 ab	1358 b	*

Tableau No 6-7 . Comparaison de la population initiale (A0) et des lots de semences prélevés au hasard de la deuxième génération de contamination par la variété Blanco (A2B) et par la variété Chianquiahuitl (A2C). Pour chaque descripteur, deux lettres différentes indiquent une différence significative (\* significatif au seuil de 5%, \*\* significatif au seuil de 1%).

### III.2 - SELECTION D'IDEOTYPES

En plus des critères de développement de l'épi, la sélection de la semence prend en compte les caractéristiques qui distinguent les variétés telles que la largeur et le nombre de rangs de grains.

De façon à déterminer si cette sélection des semences basée sur un idéotype permet de limiter le flux de gènes, nous avons comparé dans le dispositif décrit en 1.2 les caractéristiques du lot prélevé au hasard au départ (A0), considéré comme étant la population initiale témoin, et les lots de la seconde génération de contamination (sélectionnés S2 ou prélevés au hasard A2).

#### III.2.1 - Variété Negro

##### III.2.1.1 - Données morpho-phénologiques

Au cours du second cycle de pollution, la variété Negro a été en contact avec la variété Blanco de cycle court (lots contaminés correspondants A2B et S2B) et la variété Chianquiahuitl de cycle long (lots contaminés correspondants A2C et S2C). Les variétés Blanco et Chianquiahuitl diffèrent significativement pour un certain nombre de descripteurs (*Partie I, Chapitre 3, I*): floraison mâle (FM), hauteur de plante (HPL), hauteur d'insertion de l'épi (HEP), nombre de rangs de grains (RGS), épaisseur (EGR), largeur (LGR) et poids de 1 grain (PIG) (*tableau 6-6*). Pour tous ces descripteurs, la variété contaminée Negro a des valeurs intermédiaires mais diffère plus de la variété Chianquiahuitl que de la variété Blanco (voir classification hiérarchique *figure 3-11, Partie I, Chapitre 3, I*). Ainsi, les variétés Blanco et Negro ne se distinguent significativement que pour LGR, PIG et FM alors que les variétés Negro et Chianquiahuitl diffèrent pour LGR, RGS, EGR, HEP, HPL et FM (*tableau 6-6*).

En plus des comparaisons entre la génération 0 et la seconde génération, des informations supplémentaires sont donc apportées par la comparaison des lots de la seconde génération.

##### a - Influence de la contamination

La contamination de la variété Negro peut être appréciée en comparant les lots prélevés au hasard de la seconde génération de contamination (A2B et A2C) à la population initiale (A0) et entre eux. En effet, ceux-ci n'ayant pas subi de pression de sélection de la part de l'agriculteur, les différences observées sont imputables aux flux de gènes et/ou à la dérive génétique.

L'analyse de la variance à deux facteurs croisés (Génération x Choix) met en évidence peu de différences significatives entre ces trois lots de semences (*tableau 6-8*). Néanmoins, à l'exception du diamètre de la talle (DIA) et des dates de floraison mâle (FM) et femelle (FF), les valeurs des descripteurs de ces lots sont bien ordonnées dans le même ordre que leur valeur pour les trois variétés

TRAITEMENT		HEP cm	HPL cm	DIA cm	LOF cm	LAF cm	NBF	E/P	HD <sup>2</sup> cm	FOL cm <sup>2</sup>	FM j	FF j	
AU HASARD	A0	X ↙ 169.6 3.4	A bc 293.9 6.7	2.21 0.13	A 106.9 3.8	8.5 0.3	6.31 0.14	0.58 0.01	1470 189	A 5765 416	51.9 0.5	X a 53.5 0.4	A X a
SELECTIONNE	S0	X ↙ 164.0 3.5	A bc 286.4 6.2	2.19 0.09	A 103.8 1.8	8.6 0.1	6.55 0.29	0.57 0.01	1390 103	A 5877 298	52.1 1.2	X b 54.0 1.4	A Y ab
AU HASARD	A2B	X ↙ 164.6 5.6	A c 285.4 10.6	2.15 0.11	A 103.7 1.5	8.5 0.2	6.41 0.12	0.58 0.02	1358 147	A 5667 284	53.1 0.9	Y b 55.4 1.1	B X c
SELECTIONNE	S2B	X ↙ 171.7 4.4	A abc 296.5 5.6	2.19 0.06	A 106.2 2.1	8.5 0.2	6.60 0.37	0.58 0.02	1462 102	A 5603 330	52.1 0.6	Y b 53.8 0.3	B Y ab
AU HASARD	A2C	X ↙ 176.0 4.9	B ab 295.2 6.1	2.32 0.08	B 106.6 1.5	8.6 0.2	6.55 0.14	0.60 0.02	1631 112	B 6014 101	52.4 0.5	XY b 54.9 0.6	B X bc
SELECTIONNE	S2C	X ↙ 178.2 2.2	B a 301.3 6.9	2.28 0.14	B 105.1 1.2	8.7 0.3	6.55 0.04	0.59 0.01	1597 234	B 5980 203	52.1 0.6	XY b 54.1 0.6	B Y bc
Fobs Génération		16.2 **	2.76	7.51 **	0.51	0.31	0.56	3.63	7.70 **	2.94	4.29	7.11 *	
Fobs Choix		0.6	1.09	0.07	0.36	0.55	2.31	0.11	0.00	0.00	5.09 *	4.96 *	
Fobs Génér x Choix		5.3 *	3.23	0.81	0.04	3.14	0.61	0.08	1.38	0.20	5.09 *	6.92 **	

TRAITEMENT		HGR cm	LGR cm	EGR cm	DEP cm	DRA cm	LEP cm	RGS	PEP g	PRA g	PGR g	PIG g	EPI	EPL	RDT g	
A0	X ↙	1.00 0.03	1.04 0.02	ab 0.37 0.01	X 3.96 0.12	2.16 0.04	X 18.4 0.5	10.07 0.28	A X a 150.0 13.9	20.0 1.0	130.1 13.9	34.2 2.7	58.3 1.3	0.94 0.03	ab 5695 695	X
S0	X ↙	1.03 0.02	1.03 0.02	ab 0.36 0.01	Y 3.92 0.05	2.13 0.05	Y 18.1 0.7	10.00 0.24	A Y a 143.6 6.8	18.9 2.0	124.7 5.8	34.5 0.6	58.8 5.4	0.97 0.06	ab 5668 543	Y
A2B	X ↙	1.03 0.02	1.05 0.02	ab 0.37 0.00	X 3.93 0.10	2.15 0.08	X 17.7 0.7	9.90 0.37	B X a 147.3 3.4	19.4 0.6	127.8 2.8	35.5 2.2	62.8 3.0	0.98 0.06	ab 6021 387	X
S2B	X ↙	1.00 0.04	1.03 0.01	ab 0.37 0.01	Y 3.80 0.13	2.08 0.03	Y 18.9 0.7	9.25 0.38	B Y b 143.5 3.1	19.1 1.4	124.5 3.3	35.0 1.4	58.8 5.0	0.91 0.02	ab 5295 506	Y
A2C	X ↙	0.99 0.01	1.01 0.03	a 0.38 0.01	X 3.88 0.10	2.16 0.06	X 18.3 0.4	10.23 0.38	AB X a 146.0 10.3	19.8 0.8	126.2 9.6	33.8 1.0	64.0 2.9	0.95 0.03	a 6124 411	X
S2C	X ↙	1.00 0.05	1.06 0.02	b 0.36 0.01	Y 3.86 0.16	2.09 0.10	Y 18.5 0.8	9.33 0.36	AB Y b 144.7 16.7	18.9 2.3	125.8 14.4	35.3 1.8	59.5 3.0	0.99 0.03	b 5607 383	Y
Fobs Génér		0.44	0.00	0.01	1.02	0.39	0.14	5.45 *	0.04	0.03	0.04	0.54	1.64	0.68	0.43	
Fobs Choix		0.00	0.72	5.47 *	1.78	4.65 *	1.40	22.53 **	0.69	1.76	0.51	0.30	3.16	0.02	4.48 *	
Fobs G x C		1.14	4.83 *	0.35	0.43	0.28	2.60	4.73 *	0.11	0.13	0.12	0.55	1.12	4.08 *	1.07	

Tableau No 6-8 . Moyenne (X) et écart-type (↙) par descripteur et par traitement, pour la variété NEGRO.

Analyse de la variance à deux facteurs croisés : Génération (0, 2B, 2C) 2 ddl, Choix de la semence (prélèvement au hasard A ou sélection S) 1ddl; F observé, seuil de signification (\* 5%, \*\* 1%) et groupes mis en évidence par le test de Newman-Keuls (notation A B pour le facteur Génération, X Y pour le facteur choix, a b c pour l'interaction Génération x Choix).

AFD sur la population initiale (A0) et les lots de la seconde génération de contamination par la variété Blanco (B) et par la variété Chianquiahuitl (C), prélevés au hasard (A2B et A2C) et sélectionnés pour la semence (S2B et S2C), pour les descripteurs différenciant les variétés contaminantes Blanco et Chianquiahuitl et la variété contaminée Negro

	AXE 1	AXE 2	AXE 3
<b>Contribution</b>	49.5%	29.6%	12.2%
<b>Descripteurs d'EPIS</b>	DRA (-0.72) EGR (-0.61)	P1G (-0.84) EGR (+0.77) RGS (+0.77) LGR (-0.75) DRA (+0.66)	LGR (+0.61)
<b>Descripteurs VEGETATIFS</b>	HPL (+0.90) HEP (+0.87) NBF (+0.86) DIA (+0.80)		

Tableau No 6-9 . Contribution des trois premiers axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes (les nombres entre parenthèses sont les corrélations entre les variables et les axes).

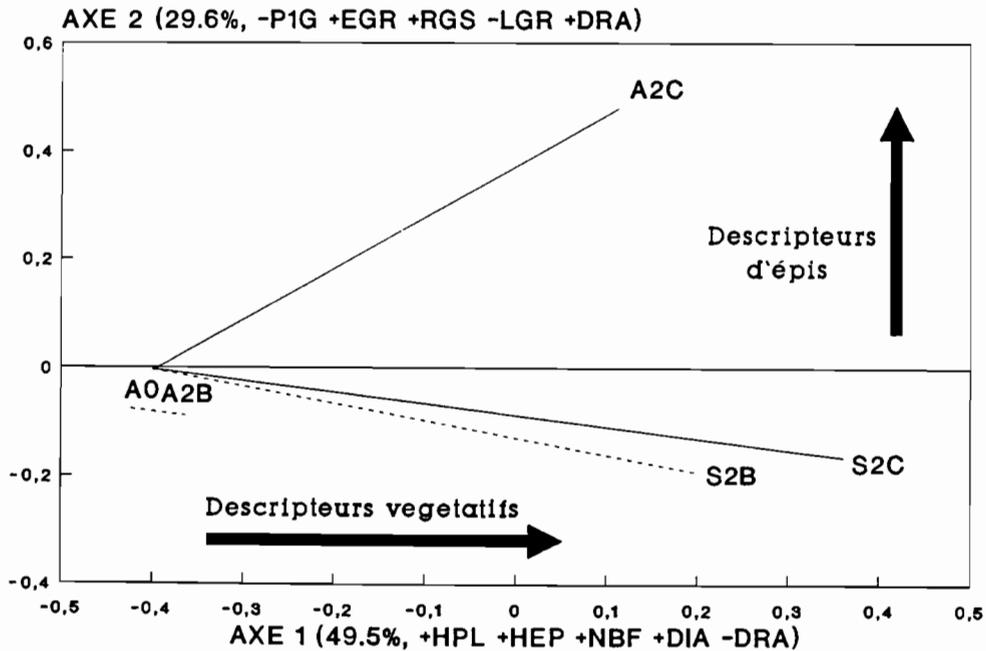


Figure No 6-9 . Plan 1-2 de l'AFD.  
Choix de la semence : A=au hasard, S=sélectionnée // Générations 0 ou 2 // Contamination par la variété Blanco B ou Chianquiahuitl C



concernées (*tableau 6-6 et 6-7*) et les différences qui apparaissent sont plus fortes entre A0 et A2C qu'entre A0 et A2B comme le laissent supposer les différences entre les trois variétés.

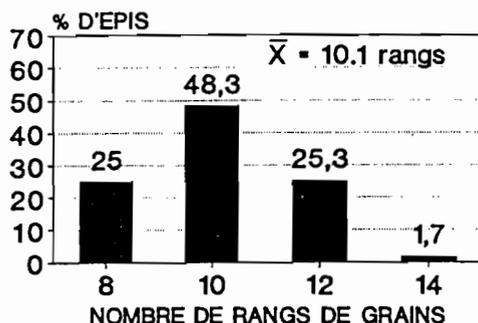
Nous retrouvons ces résultats sur le plan 1-2 de l'AFD. Selon les deux premiers axes, la population initiale (A0) se différencie du lot A2C, contaminé par la variété Chianquiahuitl de cycle long alors que le lot A2B en est très proche (*figure 6-9*). **La contamination par la variété Blanco a donc eu peu d'effets sur le phénotype de la variété contaminée alors que l'effet des échanges génétiques a été marqué à la suite de la contamination par la variété Chianquiahuitl, par ailleurs la plus différente des deux variétés contaminantes.** Une exception notable et que l'on ne peut expliquer concerne les dates de floraison. C'est le lot contaminé par la variété Blanco, de cycle le plus court, qui est paradoxalement significativement le plus tardif, alors que génétiquement la précocité est dominante et codée par 3 gènes au maximum (HALLAUER 1965).

D'une manière générale, à l'image de la variété contaminante, La pollution par la variété Chianquiahuitl s'est traduite par un développement végétatif plus important, l'axe 1 de l'AFD étant essentiellement décrit par la hauteur de plante et d'insertion de l'épi, le nombre de feuille au dessus de l'épi et le diamètre de la rafle (indice de matière verte HD<sup>2</sup>). Elle a également entraîné des modifications des caractéristiques des épis qui décrivent l'axe 2 en augmentant le nombre de rangs de grains RGS et l'épaisseur du grain EGR et en réduisant la largeur LGR et le poids de un grain P1G. Ces effets pourraient être aussi bien des effets de dominance que d'hétérosis. Nous ne pouvons pas conclure, les caractéristiques des variétés contaminantes n'ayant pas été mesurées dans les mêmes conditions de culture que les lots contaminés.

La contamination par la variété Blanco a eu l'effet inverse mais dans de moindres proportions, ce qui indique l'absence d'effets d'hétérosis et donc un fond génétique commun pour ces deux variétés par ailleurs très semblables dans leurs caractéristiques phénotypiques et génétiques (voir *Partie I, Chapitre 3, I*).

**Les effets de la contamination sont donc d'autant plus observables sur les caractères morfo-phénologiques que les différences sont importantes entre variété contaminée et variété contaminante.**

**POPULATION DE DEPART**



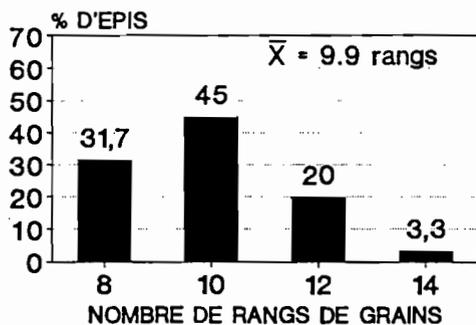
A0  
a

**GENERATION 2**

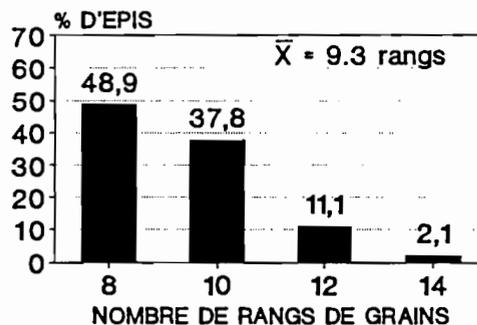
**Contamination par la variété BLANCO**

Semences prélevées  
au hasard

Semences sélectionnées  
par un agriculteur



A2B  
a

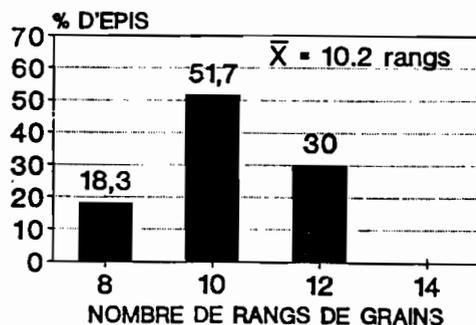


S2B  
b

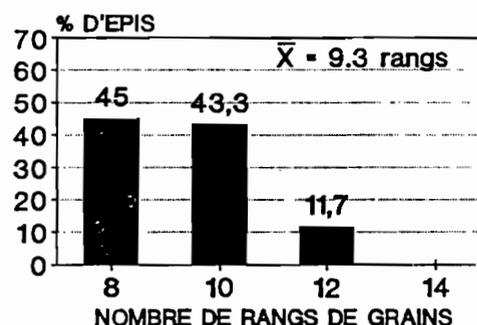
**Contamination par la variété CHIANQUIAHUITL**

Semences prélevées  
au hasard

Semences sélectionnées  
par un agriculteur



A2C  
a



S2C  
b

Figure No 6-10 . Effet de la sélection de la semence sur la structure du nombre de rangs de grains (RGS) de la variété contaminée Negro.  
a b test de Kolmogorov-Smirnov, différence significative au seuil de 5%

## b - Influence de la sélection des semences

### Caractéristiques végétatives

Les lots sélectionnés (S2B et S2C) et la population initiale (A0) s'opposent essentiellement sur le premier axe défini par les descripteurs végétatifs (*figure 6-9*). Dans les deux cas, la sélection s'est exercée dans la même direction : **le mode de sélection des semences a conduit à un développement végétatif plus important** ce qui pourrait traduire la sélection d'une vigueur hybride.

Pour le lot contaminé par la variété Blanco (S2B) la sélection ne conduit toutefois pas à une différenciation significative de la population initiale (A0) (*tableau 6-8*).

Dans le cas de la contamination par la variété Chianquiahuitl, l'effet de la sélection est difficile à séparer de l'effet de la contamination. Les lots sélectionnés et prélevés au hasard de seconde génération (S2C et A2C) ne se distinguent pas significativement l'un de l'autre mais présentent des différences significatives vis à vis de la population initiale en ce qui concerne la hauteur d'insertion de l'épi (HEP), le diamètre de la talle (DIA) et HD<sup>2</sup> (indice de matière verte), caractéristiques de la variété Chianquiahuitl contaminante (*tableau 6-8*).

### Caractéristiques des épis

Par contre, l'effet de la sélection sur les descripteurs d'épis pour les lots contaminés par la variété Chianquiahuitl est très net. **Le choix des semences a permis de prendre le contre-pied de la contamination**, le lot sélectionné (S2C) s'opposant au lot prélevé au hasard (A2C) sur l'axe 2. La différence est d'ailleurs significative entre ces deux lots pour la largeur du grain (LGR) et le nombre de rangs de grains (RGS) (*tableau 6-8*), descripteurs qui, par ailleurs, distinguent le plus les variétés contaminée Negro et contaminante Chianquiahuitl (*tableau 6-6*).

On notera d'autre part, que la sélection des semences s'est traduite par une diminution significative de l'épaisseur du grain (EGR), du diamètre de la rafle (DRA) et surtout du nombre de rangs de grains (RGS) (facteur Choix, *tableau 6-8*) en deça des niveaux de la population initiale A0. L'effet de la sélection sur le nombre de rangs de grains est illustré sur la *figure 6-10*. La proportion d'épis à huit rangs a fortement augmenté dans tous les lots sur lesquels a porté la sélection. Or, l'épi à 8 rangs correspond à l'idéotype des variétés locales de cycle court comme le Negro. **L'agriculteur qui a choisi les épis-semence semble donc avoir exercé une pression de sélection plus forte que celle qui est appliquée d'ordinaire sur cette variété ; il a cherché à "purifier" l'échantillon, témoignant d'un certain "excès de zèle".**

GENERATION	VARIETE CONTAMINANTE du second cycle de contamination	% D'ÉPIS présentant des grains blancs ou jaunes CEP		% DE GRAINS jaunes ou blancs par épi CGR	
		Semences prélevées au hasard A	Semences sélectionnées par l'agriculteur S	Semences prélevées au hasard A	Semences sélectionnées par l'agriculteur S
		0		38.4% a	23.2% b
2	BLANCO	50.6% c	21.3% b	18.1% D	7.2% A
	CHIANQUIA- HUITL	59.4% c	19.4% b	16.7% D	5.5% C

**Tableau No 6-10 .** Pourcentage d'épis de la variété Negro présentant des grains jaunes ou blancs (CEP) et pourcentage de grains jaunes ou blancs par épi (CGR) dans la génération initiale et dans la seconde génération de contamination de la variété Negro, en fonction du mode de prélèvement de la semence (prélevée au hasard ou sélectionnée par l'agriculteur) et en fonction de la variété contaminante. Pour chaque variable, deux traitements auxquels sont attribués la même lettre ne sont pas significativement différents pour ce caractère au seuil de 5% selon le test du chi-deux (1 ddl).

Les variétés contaminantes sont à grains jaunes (premier cycle) et à grains blancs (second cycle). Nous avons donc pu utiliser également la couleur du grain comme indicateur du niveau de contamination de chaque traitement ainsi que de l'effet de la sélection des semences sur ce caractère, la couleur du grain étant un caractère facile à sélectionner.

L'effet de la sélection sur la couleur des grains est très net.

La population initiale compte en moyenne 7.5% de grains de couleur blanche ou jaune par épi, répartis sur 38% des épis (population A0 dans le *tableau 6-10*). Le pourcentage d'épis contaminés et de graines par épis contaminées augmente de façon hautement significative à chaque cycle pour atteindre en moyenne 17,5% et 55% lorsque les semences sont prélevées au hasard. La sélection paysanne de la semence entraîne au contraire une diminution de ces pourcentages dès la génération initiale (S0) et les maintient constant par la suite aux alentours de 6% et 20%. Aucune différence significative n'a été mise en évidence en fonction de la variété contaminante. **La sélection des semences par les agriculteurs est donc efficace en ce qui concerne le maintien de la couleur du grain dans le cas de la variété Negro.**

En conclusion, la variété Blanco a eu peu d'effet sur la variété Negro (à l'exception de la floraison et de la couleur des grains) par rapport à la variété Chianquiahuitl qui a entraîné des modifications des descripteurs végétatifs et d'épis. Ce résultat est en accord avec le degré de ressemblance entre variété contaminante et variété contaminée.

Le résultat du choix des épis pour la semence sur les caractéristiques des plantes n'est pas significatif mais tendrait vers un développement plus important des plantes. L'effet de la sélection est, par contre, très sensible et efficace dans le maintien et, dans notre cas, le renforcement des caractéristiques des épis de la variété Negro telles que la largeur, le nombre de rangs et la couleur de grain, limitant ainsi les effets des flux polliniques.

### *III.2.1.2 - Données enzymatiques*

Nous avons comparé A0, A2B, S2B, A2C, S2C et les variétés contaminantes Blanco et Chianquiahuitl.

Les distances du khi-2 calculées à partir des fréquences alléliques (*tableau 6-11*) et la classification hiérarchique qui en découle (*figure 6-11*) donnent des indications comparables à celles obtenues à partir des données morpho-phénologiques.

L'effet de la contamination a été relativement faible, l'ensemble des lots de la variété contaminée Negro restant très groupés. Néanmoins, la contamination par la variété Chianquiahuitl a eu plus d'effet sur les fréquences alléliques que la contamination par la variété Blanco, les distances de A2B et S2B à A0 étant inférieures à celles de A2C et S2C à la population initiale. On note également qu'A2B est plus proche de la variété Blanco qu'A2C et qu'inversement A2C est plus proche de la variété Chianquiahuitl qu'A2B, bien que les différences soient très faibles.

	A0	A2C	S2C	A2B	S2B	B	C
A0	0	7843	7456	6554	5806	9065	11778
A2C	7843	0	8765	7771	5974	11631	10422
S2C	7456	8765	0	9510	7882	10563	11846
A2B	6554	7771	9510	0	5265	10284	11035
S2B	5806	5974	7882	5265	0	10824	9175
B	9065	11631	10563	10284	10824	0	14163
C	11778	10422	11846	11035	9175	14163	0

Tableau No 6-11 . Distances du khi-2 entre les différents traitements de la variété Negro et les variétés contaminantes Blanco (B) et Chianquiahuitl (C), calculées à partir des fréquences alléliques des loci polymorphes : ACP-1, ACP-2, CPX-1, EST-8, GDH-2, IDH-1, PGI-1, PGM-2 et SDH-1.

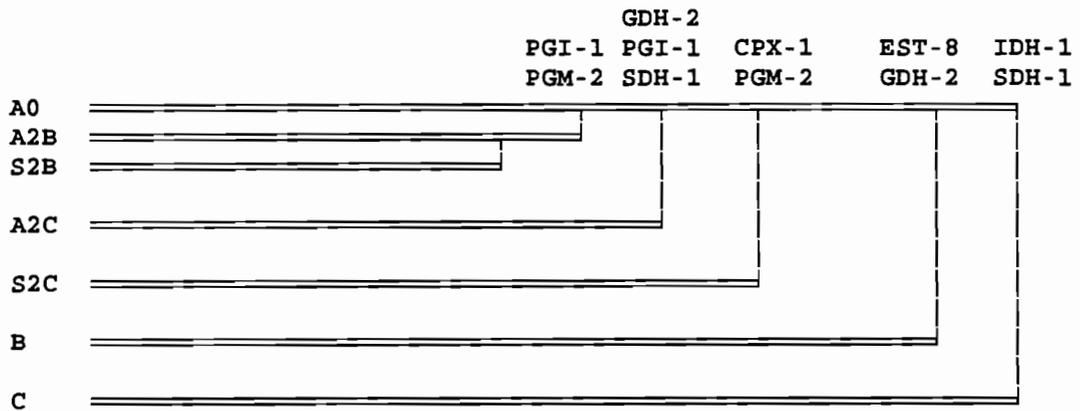
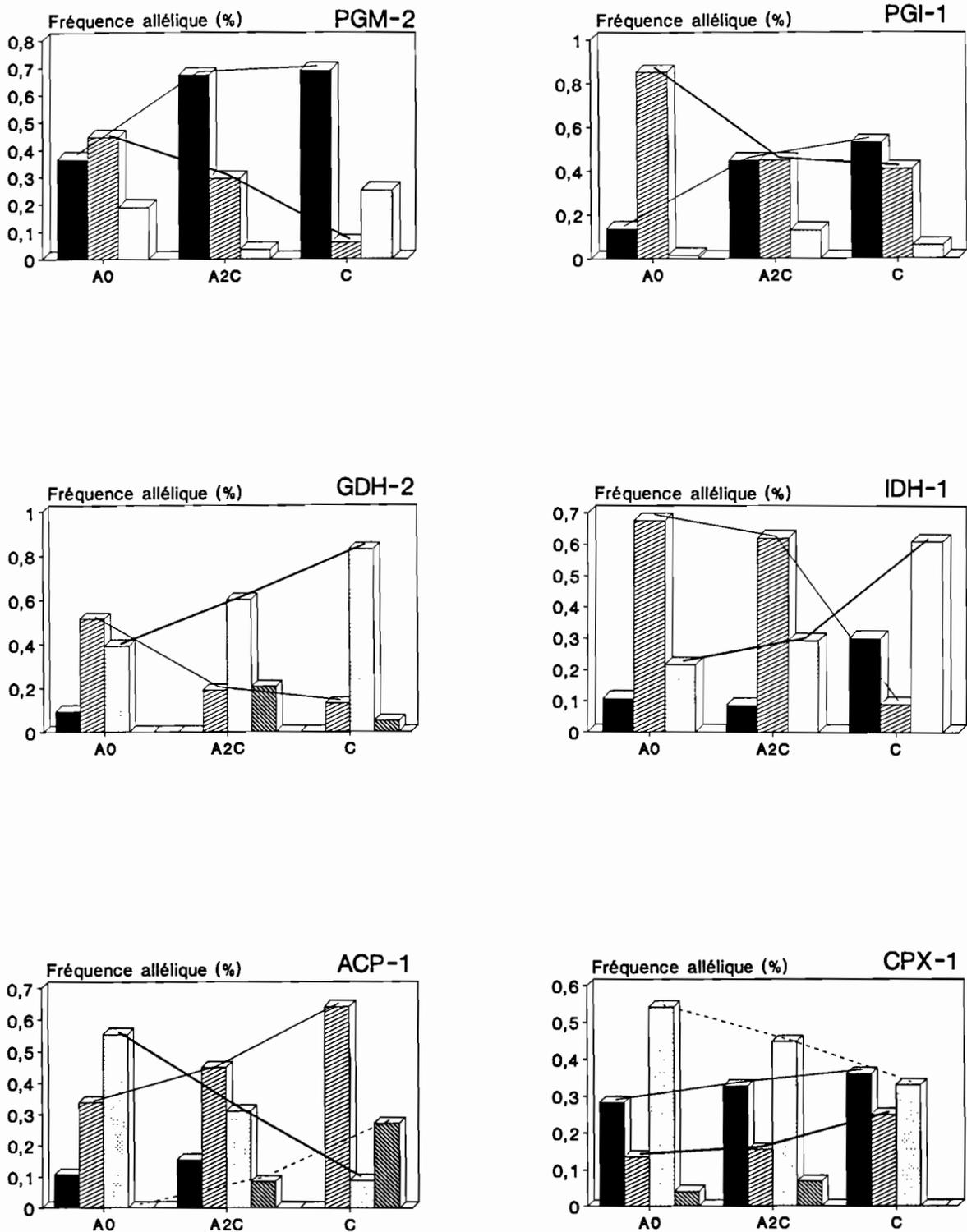


Figure No 6-11 . Classification ascendante hiérarchique à partir des distances du khi-2 (tableau No 6-11). Loci dont la contribution est la plus forte aux noeuds.



**Figure No 6-12.** Effet de la contamination de la variété Negro par la variété Chianquiahuitl sur les fréquences alléliques des loci PGM-2, GDH-2, ACP-1, PGI-1, IDH-1 et CPX-1.  
 A0 = population initiale de la variété Negro contaminée  
 C = variété contaminante Chianquiahuitl  
 A2C = population de la variété Negro après deux cycles de contamination



La *figure 6-12* montre l'effet de la contamination sur le lot A2C pour PGM-2, GDH-2, ACP-1, PGI-1, IDH-1 et CPX-1.

La sélection a eu tendance à rapprocher les lots sélectionnés de la population initiale par rapport aux lots contaminés ( $A0-A2B > A0-S2B$  et  $A0-A2C > A0-S2C$ ) mais l'effet est loin d'être réellement net. Celui-ci n'aurait de toutes les façons pu se manifester nettement au niveau enzymatique que dans la mesure où les loci interprétés avaient été fortement liés aux critères de sélection des semences.

La contamination a donc eu des effets relativement visibles sur les descripteurs morphologiques ainsi que sur les fréquences alléliques des loci étudiés. Les échanges génétiques entre variétés sont détectables au niveau enzymatique. Par contre, l'effet de la sélection, important au niveau morphologique, ne se manifeste pas au niveau des fréquences alléliques des loci étudiés pour les effectifs analysés.

### III.2.2 - Variété Chianquiahuitl

La variété Chianquiahuitl de cycle long a été contaminée par une variété de cycle court puis par la variété Argentino de cycle long. Il est donc probable que cette dernière variété ait eu le plus d'impact.

Nous n'avons décelé de différences significatives entre la variété Chianquiahuitl contaminée et la variété Argentino contaminante lors de l'étude de leur diversité morpho-phénologique (*Partie I, Chapitre 3, I*) que pour le diamètre de l'épi (DEP) et le diamètre de la rafle (DRA). Néanmoins, tous les descripteurs végétatifs ou de l'épi ont des valeurs plus importantes pour la variété Argentino.

On notera sur l'AFD réalisée sur la population initiale (A0) et sur les lots sélectionnés et prélevés au hasard de la seconde génération de contamination (A2 et S2), deux oppositions (*figure 6-13, tableau 6-13*):

- entre la génération initiale et la génération finale selon l'axe 2. Cet axe est défini en particulier par DEP, descripteur pour lequel les variétés Chianquiahuitl et Argentino diffèrent significativement.

Le lot A2 a les plus fortes valeurs de descripteurs des trois lots (sauf pour le nombre de rangs de grains RGS et la largeur de la feuille LAF, voir *tableau 6-12*) ce qui explique sa place sur le graphique. Les différences ne sont pas significatives entre A0 et A2 mais toujours dans le sens :

$A2 > A0$ , comme le laissait prévoir la contamination par la variété Argentino. Ainsi, les deux variétés étant peu différentes entre elles, la contamination de la variété Chianquiahuitl par la variété Argentino a eu moins d'effet que ce que nous avons mis en évidence pour la variété Negro.

- entre le lot sélectionné (S2) et le lot prélevé au hasard (A2) de la seconde génération de contamination sur l'axe 1.

TRAITEMENT		HEP	HPL	DIA	LOF	LAF	NBF	E/P	HD <sup>2</sup>	FOL	FM	FF			
		cm	cm	cm	cm	cm			cm	cm <sup>2</sup>	j	j			
AU HASARD	A0 X	196.8	321.8	2.32	108.0	ab	8.6	6.81	ab	0.61	1752	6370	ab	54.5	58.9
	Y	6.0	7.3	0.07	1.9		0.1	0.14		0.01	79	83		5.8	1.4
SELECTIONNE	S0 X	199.6	325.2	2.40	109.7	ab	9.0	7.01	ab	0.61	1897	6901	ab	56.8	58.4
	Y	4.6	3.2	0.09	2.4		0.1	0.07		0.01	147	268		1.0	0.9
AU HASARD	A2 X	201.4	331.6	2.41	110.2	b	8.8	7.13	b	0.61	1956	6902	b	56.4	58.3
	Y	10.0	6.5	0.10	2.2		0.4	0.17		0.02	154	388		0.9	1.3
SELECTIONNE	S2 X	197.1	320.5	2.39	105.9	a	9.0	6.80	a	0.61	1859	6470	a	56.8	58.6
	Y	7.8	14.1	0.06	2.4		0.3	0.20		0.01	85	240		0.9	0.5
Facteur Génération		0.18	0.38	1.19	0.40		0.67	0.44		0.06	1.70	0.12		0.18	0.03
Facteur Choix		0.07	0.86	0.65	1.03		4.02	0.69		0.65	0.14	0.11		4.59	0.24
Facteur Génération x Choix		2.00	2.99	1.57	5.46 *		0.38	12.10 **		0.22	3.59	10.42 *		4.59	1.31

TRAITEMENT		HGR	LGR	EGR	DEP	DRA	LEP	RGS	EPI	EPL	PEP	PRA	PGR	PIG	RDT			
		cm	cm	cm	cm	cm	cm				g	g	g	g	g			
A0	X	1.05	0.89	0.35	ab	4.14	2.33	ab	17.5	11.90	54.3	0.88	155.7	20.4	bc	135.3	30.2	5306
	Y	0.08	0.04	0.02		0.02	0.06		0.7	0.41	4.1	0.06	8.5	0.7		7.9	2.0	403
S0	X	1.03	0.89	0.36	ab	4.22	2.39	b	17.9	12.20	58.5	0.92	167.1	22.8	a	144.3	30.6	6128
	Y	0.07	0.05	0.02		0.11	0.08		0.3	0.49	6.2	0.06	5.3	0.9		5.9	3.3	631
A2	X	1.07	0.90	0.38	b	4.23	2.42	b	17.6	12.03	58.0	0.94	159.8	22.2	ab	137.6	30.7	5837
	Y	0.01	0.02	0.02		0.11	0.08		0.6	0.40	3.6	0.05	3.2	1.4		2.9	1.5	345
S2	X	1.05	0.87	0.36	a	4.18	2.25	a	16.8	12.43	57.0	0.93	155.8	19.7	c	136.1	29.6	6026
	Y	0.09	0.02	0.02		0.16	0.01		0.7	0.45	6.1	0.06	10.1	1.9		9.6	1.5	986
Fobs Génér.		0.37	0.01	2.27		0.29	0.52		2.56	0.60	0.22	1.21	0.77	1.16		0.56	0.06	0.50
Fobs Choix		0.38	1.23	1.52		0.10	2.86		0.56	2.19	0.45	0.12	0.79	0.03		0.90	0.11	2.78
Fobs G x C		0.00	0.38	5.31 *		1.43	12.89 **		4.28	0.04	1.19	0.61	3.54	17.99 **		1.76	0.54	1.09

Tableau No 6-12. Moyenne (X) et écart-type (Y) par descripteur et par traitement, pour la variété CHIANQUIAHUITL. Analyse de la variance à deux facteurs croisés : Génération (0, 2) 1 ddl, Choix de la semence (prélèvement au hasa A ou sélection S) 1 ddl; F observé, seuil de signification (\* 5%, \*\* 1%) et groupes mis en évidence par le test de Newman-Keuls (notation A B pour le facteur Génération, X Y pour le facteur Choix, a b c pour l'interaction).

AFD sur la population initiale (A0) et les lots de la 2de génération de contamination, prélevés au hasard (A2) et sélectionnés pour la semence (S2), pour les descripteurs différenciant la variété contaminante Argentino et la variété contaminée Chianquiahuitl

	AXE 1	AXE 2
<b>Contribution</b>	80.9%	19.1%
<b>Descripteurs d'EPIS</b>	LGR (+0.99) DRA (+0.99) LEP (+0.95) RGS (-0.80) PIG (+0.68)	DEP (-0.91) PIG (-0.74)
<b>Descripteurs VEGETATIFS</b>	LOF (+0.99) HPL (+0.88) NBF (+0.80) DIA (+0.74) LAF (-0.62)	HEP (-0.81) LAF (-0.79) DIA (-0.67) NBF (-0.61)

Tableau No 6-13 . Contribution des deux axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes (les nombres entre parenthèses sont les corrélations entre les variables et les axes).

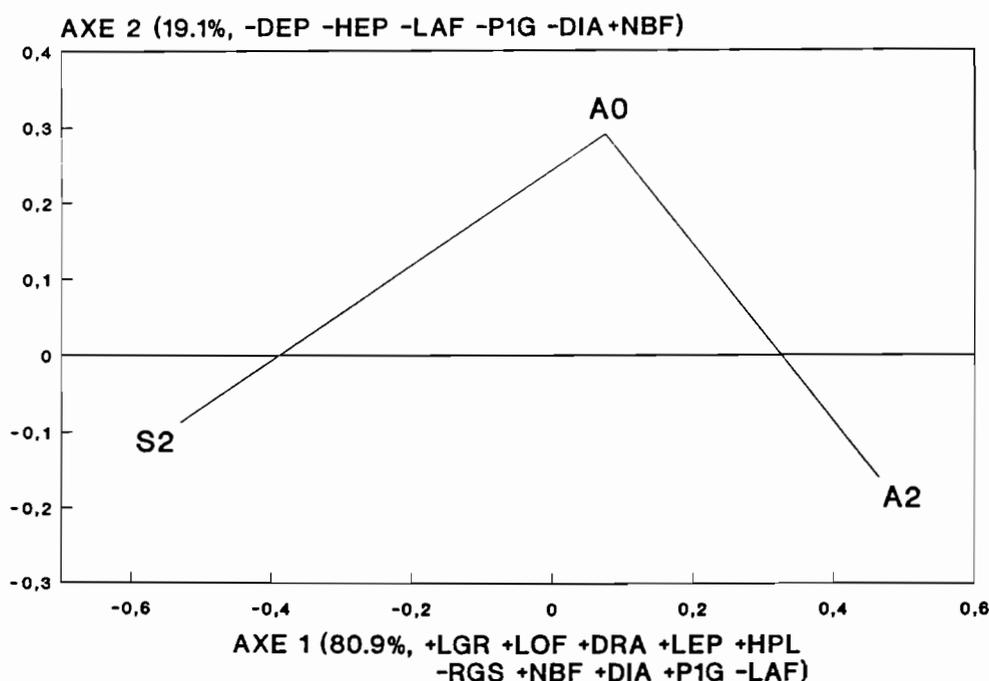


Figure No 6-13 . Plan 1-2 de l'AFD.  
Choix de la semence : A=au hasard, S=sélectionnée // Générations 0 ou 2

Ces lots s'opposent de manière significative pour les descripteurs : diamètre de rafle (DRA), longueur de feuille (LOF), nombre de feuilles (NBF) (et donc l'indicateur de surface foliaire FOL). La valeur de la majeure partie des descripteurs est ordonnée dans le sens  $A2 > S2$  et  $A0$  (tableau 6-12), ce qui indique un contrôle relatif de la contamination par la sélection des semences.

Dans les deux cas, la sélection a donc eu pour effet de réduire l'ampleur des modifications entraînées par la contamination et même parfois (comme pour le cas du nombre de rangs de grains de la variété Negro) d'augmenter les différences entre la variété contaminée et la variété contaminante. La sélection faite par l'agriculteur qui a accepté de coopérer a en fait dépassé le simple contrôle du flux de gènes pour tendre vers la sélection d'un idéotype.

#### **IV - CONCLUSION : CONSERVATION DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES EPIS PAR SELECTION MASSALE DE LA SEMENCE SUR LES EPIS**

Les agriculteurs de Cuzalapa exercent une sélection massale basée exclusivement sur les caractéristiques des épis. Le maïs étant une plante allogame, cette sélection s'exerce donc essentiellement sur la femelle. D'après SANDMEIER *et al.* (1986) cette pratique, reportée également sur le mil au Mali, permet de maintenir une productivité convenable ainsi qu'un certain niveau de diversité génétique. En effet, chez les plantes à fécondation croisée, la sélection massale basée sur des épis bien développés conduit au choix des plantes dont le génotype répond bien aux conditions et techniques de culture et favorise les recombinaisons génétiques à l'intérieur d'une variété ainsi que les hybridations inter-variétales dans la mesure où ces recombinaisons sont productives.

Si la sélection prend en compte essentiellement les caractéristiques du parent femelle, elle peut également s'exercer sur les caractéristiques du parent mâle lorsque celles-ci présentent un effet de xénie (se manifestent sur le grain dès la récolte). HERNANDEZ X. (1985) souligne d'ailleurs que le maintien de l'homogénéité des variétés pour la couleur ou la texture du grain témoigne d'une appréciation par les agriculteurs de l'effet de xénie et des croisements naturels chez le maïs. En effet, le contrôle de caractères tels que la couleur du grain peut se faire dès la récolte alors que celui d'autres caractères ne peut se faire qu'au cours des cycles suivants lorsque ceux-ci s'expriment, ce qui rend la sélection moins efficace.

La sélection des semences par les agriculteurs de Cuzalapa peut être interprétée comme une double sélection :

- *Une sélection sur des critères de production*

La sélection d'épis développés aux grains bien remplis est une garantie de bonne germination des semences ainsi que de bonne production puisqu'elle privilégie les géotypes les plus productifs dans les conditions de culture de la région,

- *La sélection d'un idéotype.*

La sélection privilégie et renforce certaines caractéristiques morphologiques distinctives de chaque variété : couleur, largeur et nombre de rangs de grains. Cette sélection quoique moins marquée que celle qui s'exerce sur les caractères de production semble toutefois systématique.

**L'épi sélectionné pour la semence doit donc être à l'image des épis que l'agriculteur veut récolter : de beaux épis répondant aux caractéristiques de la variété.** Cette double sélection est également recommandée aux agriculteurs mexicains par CHAVEZ (1913) qui insiste fortement sur l'importance de la taille de l'épi et le développement des grains mais aussi sur la ressemblance qu'il doit y avoir entre les épis destinés à la semence et "les épis type de la variété cultivée", indiquant par exemple que seuls les épis ayant des rangs de grains bien alignés doivent être choisis car ils indiquent "la pureté de la variété". Ce critère a été reporté pour Cuzalapa mais également par JOHANNESSEN (1982) au Guatemala. D'autres moyens sont également utilisés en culture traditionnelle pour l'élimination des hors types comme le démariage au cours duquel les agriculteurs du Mali éliminent les plantes à feuilles étroites qui sont des phénotypes sauvages ou chibras (formes intermédiaires entre le mil cultivé et le mil spontané) (SANDMEIER *et al* 1986).

Le dispositif mis en place sur deux cycles de contamination avec une variété contaminante différente au cours de chacun de deux cycles est, sans doute, insuffisant pour mettre en évidence des effets très significatifs de la contamination et de son contrôle par la sélection des semences. Cet effet semble néanmoins perceptible surtout en ce qui concerne l'essai impliquant la variété Negro pour laquelle on a pu observer l'influence différenciée de deux variétés contaminantes et le contrôle par la sélection des modifications de certains descripteurs d'épis tels que la couleur, la largeur et le nombre de rangs de grains.

**La sélection minutieuse des semences limite donc les effets de la contamination entre variétés et permet la conservation de certaines caractéristiques sélectionnées par les agriculteurs (morphologie de l'épi). Cette sélection conduit probablement aussi à la conservation des gènes liés à ces caractéristiques d'épis et à l'adaptation de ces variétés aux agro-écosystèmes de la région.**

Le contrôle de la contamination ne pourra bien entendu s'exercer que sur les caractéristiques de la partie de la plante sur laquelle s'exerce la sélection des semences (qui, dans le cas de Cuzalapa ne concerne que l'épi) et indirectement sur les caractères liés à

ceux-ci. La sélection contre les hors-types peut conduire à la fixation de certains caractères lorsque ceux-ci sont contrôlés par un faible nombre de gènes ou du moins au maintien d'un certain polymorphisme phénotypique entre variétés cultivées sur des aires adjacentes (DICKINSON et ANTONOVICS 1973). Cette sélection explique, au moins en partie, que soient cultivées à Cuzalapa des variétés aussi différentes morpho-phénologiquement dans ces conditions d'échanges génétiques.

BOSTER (1985) indique, d'autre part, que les cultivars de manioc cultivés par les Jivaros Aguaruna du nord du Pérou sont sélectionnés en fonction d'une combinaison de caractères non liés à l'utilisation ou à la survie de la plante et dont la fonction est essentiellement de permettre une distinction entre les variétés. **Les variétés doivent en effet pouvoir être distinguées pour être sélectionnées ensuite sur des caractéristiques plus utilitaires.** Une variété qui ne peut être identifiée au moment de la sélection des semences sera perdue à terme au profit de variétés cultivées sur de plus grandes surfaces. Cette sélection se traduit par une gamme locale de variation de certains traits presque aussi étendue qu'au niveau de l'espèce entière (BOSTER 1985). Pour cet auteur, la sélection paysanne permettrait de fixer certaines caractéristiques facilement repérables qui permettent d'identifier les cultivars, la sélection naturelle se chargeant de la bonne adaptation et donc de la productivité régulière des variétés.

Cette remarque pourrait également s'appliquer aux variétés cultivées dans le bassin versant de Cuzalapa. **Une agriculture basée sur deux cycles de culture aux conditions climatiques très différentes demande que puissent être maintenues des variétés de longueur de cycle différentes et donc que ces variétés puissent être identifiées.** Le caractère utilitaire est donc la longueur de cycle. Les caractères qui distinguent les différentes variétés selon leur longueur de cycle sont le nombre de rangs de grains et leur largeur, de même que la couleur du grain est relativement spécifique d'une longueur de cycle comme l'a trouvé LOPEZ HERRERA (cité par HERNANDEZ X. 1985) dans la région de Tlaxcala au Mexique (voir p.99). Il est intéressant de noter que ces caractères distinctifs présentent des effets de xénie. En particulier, PINTER *et al.* (1987) ont montré que le poids de 1000 grains de la descendance du croisement de variétés ayant des poids de 1000 grains très différents (environ 30%) augmente si le parent femelle est la variété à petits grains (effet de métaxénie). Il s'agit donc de caractères pour lesquels le contrôle des flux génétiques est plus facile à réaliser. La situation décrite à Cuzalapa est d'ailleurs très comparable à celle décrite par JACQUOT pour la Casamance au Sénégal : dans des conditions climatiques très comparables (2 saisons de culture, 1000 à 2000 mm de pluies par an), les agriculteurs africains cultivent des variétés de maïs dont la gamme de précocité est comparable à celle exploitée à Cuzalapa et qui diffèrent par la texture du grain. Comme la taille du grain ce caractère est facilement sélectionnable et présente également l'effet de xénie.

La sélection sur des traits présentant un effet de xénie et caractéristiques d'une longueur de cycle constituerait une manière efficace de contrôler les flux de gènes et garantirait la pérennité dans le bassin versant d'au moins deux types de variétés de longueur de cycle différente.

20 cycles de sélection massale divergente ont montré que des variétés de maïs répondent fortement à la sélection sur la taille des grains (ODHIAMBO et COMPTON 1987). D'autre part, d'après PINTER *et al.* (1987), à la récolte l'épi d'une variété à petits grains contaminé par une variété à gros grains présenterait des grains plus développés. Or à Cuzalapa, la variété Blanco a un poids de 1000 grains 35% plus lourd que le variété Chianquiahuitl (420g contre 270g) ; d'autre part, les variétés à grains larges sont des variétés précoces. L'effet observé par PINTER *et al.* permettrait donc de repérer dans les variétés tardives (à petits grains) la contamination par une variété précoce (à gros grains) par le développement de ses grains. Les agriculteurs seraient donc en mesure de sélectionner rapidement contre le caractère de précocité, dominant par ailleurs sur le génotype tardif, permettant ainsi de limiter la dérive des variétés tardive vers des génotypes plus précoces. Un tel contrôle indirect de la longueur de cycle ne peut cependant se faire que dans la mesure où un certain degré de liaison génétique existe entre ces caractères permettant de réduire les possibilités de recombinaison.

En contre-partie, dans les variétés précoces la contamination par une variété tardive ne peut pas être repérée de cette façon. Dans ce cas, le caractère de précocité serait essentiellement maintenu, malgré les échanges génétiques avec des variétés tardives, par sélection naturelle au cours du cycle irrigué, une plante tardive pouvant difficilement arriver à maturité au cours de la saison sèche.



## Troisième Partie

**DISCUSSION ET CONCLUSION**

**PLAN**  
**TROISIEME PARTIE**

<b>I - RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS : DIVERSITE ET MODE DE GESTION DES CULTIVARS DE MAIS A CUZALAPA</b> .....	<b>213</b>
I.1 - ENSEMBLE VARIABLE DE VARIETES CULTIVEES .....	214
I.2 - STRUCTURATION DE LA DIVERSITE .....	215
I.3 - ECHANGES GENETIQUES .....	216
I.4 - RECONDUCTION A PARTIR D'UN ECHANTILLONNAGE RESTREINT .....	217
I.5 - FORCES SELECTIVES .....	217
I.6 - CONCLUSION .....	219
<b>II - STRUCTURE EN METAPOPOPULATION</b> .....	<b>219</b>
II.1 - GESTION COLLECTIVE D'UNE DIVERSITE GLOBALE .....	221
II.2 - CONSERVATION ET GENERATION DE DIVERSITE .....	223
II.3 - POLYMORPHISME ENTRETENU PAR LA SELECTION DES SEMENCES .....	225
II.4 - CONCLUSION .....	231
<b>III - DISCUSSION SUR LA METHODE ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>234</b>
III.1 - METHODE LIMITEE AUX CARACTERISTIQUES MORPHO-PHENOLOGIQUES .....	234
III.2 - MEILLEURE CARACTERISATION DE LA METAPOPOPULATION .....	235
III.3 - COMPARAISON A D'AUTRES SYSTEMES AGRICOLES .....	236
<b>IV - PRINCIPALES APPROCHES DE LA CONSERVATION <i>IN SITU</i> EN RELATION AVEC LE CAS ETUDIE</b> .....	<b>237</b>
IV.1 - CONSERVATION STATIQUE DES VARIETES ET DES CULTURES TRADITIONNELLES ..	237
IV.2 - COHABITATION ENTRE VARIETES LOCALES ET AMELIOREES .....	239
IV.3 - CONSERVATION - DOMESTICATION - AMELIORATION DE VARIETES .....	240
IV.4 - RESEAU DE CONSERVATION DYNAMIQUE .....	243
<b>V - CONCLUSION</b> .....	<b>244</b>

## DISCUSSION ET CONCLUSION

L'objectif de cette partie est de discuter de l'ensemble des résultats obtenus, dans le cadre de la conservation *in situ* des ressources génétiques de plantes cultivées allogames.

Après avoir rappelé les principaux résultats de cette étude, nous analyserons les conséquences de la gestion traditionnelle des variétés de maïs cultivées à Cuzalapa sur leur diversité phénotypique et génétique, à la lumière des mécanismes connus en génétique des populations, de façon à déterminer le type de conservation auquel conduit ce système traditionnel. Cette analyse nous permettra ensuite d'examiner les différentes approches de la conservation *in situ* exposées dans le *Chapitre 1* en fonction des mécanismes de la conservation de la diversité mis en évidence dans le cas concret étudié.

### **I - RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS : DIVERSITE ET MODE DE GESTION DES CULTIVARS DE MAÏS A CUZALAPA**

Le bassin versant de Cuzalapa, situé dans la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán à l'ouest du Mexique, est une région de moyenne montagne, relativement isolée des grands axes de communication et des grands centres urbains. C'est une région d'agriculture traditionnelle, consacrée essentiellement à la culture du maïs sur deux cycles par an (irrigué et pluvial), du haricot et à l'élevage bovin. Les productions végétales sont essentiellement destinées à l'autoconsommation avec vente ou échange des surplus. Des rendements en culture de maïs de 5 tonnes par hectare en parcelles paysannes témoignent d'un bon potentiel productif, bien que le rendement moyen se limite actuellement à 2 tonnes.

La gestion traditionnelle des variétés de maïs dans ce bassin versant permet la présence à chaque cycle de culture d'une diversité phénotypique et génétique importante. Cette diversité est le fait du **grand nombre de variétés cultivées** (26 variétés répertoriées au cours des 6 cycles de culture couverts par cette étude), mais également d'une **variabilité phénotypique notable entre cultivars**.

L'essentiel des cultivars de maïs sont à grains blancs farineux, destinés à l'alimentation humaine sous forme de *tortillas*. Par ailleurs, les épis de deux variétés à grains noirs (dont la variété Negro, locale) sont destinés à être consommés grillés au stade pâteux et trois variétés à grains jaunes (dont la variété Amarillo Ancho, locale) sont réservées en grande partie à l'alimentation animale.

### **I.1 - ENSEMBLE VARIABLE DE VARIETES CULTIVEES**

Sur les 26 variétés de maïs répertoriées, **un groupe restreint de 6 variétés sont considérées locales**, étant présentes dans le bassin versant depuis plus de 40 ans : Blanco, Perla, Tabloncillo et Chianquiahuitl à grains blancs, Amarillo Ancho à grains jaunes et Negro à grains noirs. **Ces variétés dominant le paysage agricole en couvrant environ 80% des surfaces cultivées en maïs**. La variété Blanco à grains blancs et de cycle court, adaptée à la saison sèche qui présente le meilleur potentiel de production et le moins de risques, est omniprésente et représente plus de 50% des surfaces. La variété Chianquiahuitl, seule variété locale de cycle long, est cultivée sur plus de 10% des surfaces. Les variétés Negro et Amarillo Ancho, de par leur utilisation particulière sont cultivées par un grand nombre de producteurs (23 et 34% des agriculteurs) mais sur des petites surfaces (8 et 3%) alors que les variétés Perla et Tabloncillo sont peu cultivées.

**La composition de l'ensemble des variétés exogènes est variable en fonction du cycle de culture**. Trois variétés sont cultivées depuis plusieurs années dans le bassin versant (Argentino, Amarillo, Híbrido) alors que la plupart des autres cultivars sont introduits de façon temporaire et leur culture réduite à une ou deux parcelles par cycle. Il s'agit de variétés paysannes introduites d'autres régions et de générations avancées de variétés améliorées.

**L'ensemble des variétés qui sont cultivées dans le bassin versant varie donc en fonction des années** comme l'a également observé DENNIS (1987) pour les variétés de riz semées au nord de la Thaïlande. **Le bassin versant de Cuzalapa fonctionne en système ouvert en ce qui concerne les variétés de maïs cultivées**. Les agriculteurs sont foncièrement curieux et ouverts à l'adoption de nouveaux cultivars. Une exigence vis à vis de la constance dans le temps de la production d'une variété, quelles que soient les conditions de culture, explique le grand nombre de variétés sans cesse mises à l'essai par rapport au nombre restreint de cultivars semés de façon continue. **Sur les 40 dernières années une seule variété exogène s'est imposée pour devenir une variété considérée locale**.

Par ailleurs, **les agriculteurs ne font appel pour la sélection des semences à leur propre production que dans la moitié des cas**. Ils ont recours à la production d'autres producteurs du bassin versant pour 40% des surfaces emblavées et à des semences provenant d'autres régions en ce qui concerne 15% des surfaces. **Les agriculteurs n'exercent donc qu'un contrôle restreint sur les lots qu'ils sèment**.

Tous les lots de semences ne sont donc pas reconduits à chaque cycle de culture ; d'autres lots de la même variété ou d'une variété différente en prennent la place. **Il y a donc disparition**

**d'environ la moitié des lots cultivés à chaque cycle de culture et l'ensemble des lots de semences qui représentent une variété est variable dans le temps.**

D'autre part, les lots de semences introduits concernent aussi bien des lots de variétés exogènes que des variétés considérées locales. Les cultivars locaux ne sont donc pas reconduits exclusivement à partir de semences locales, à part la variété Chianquiahuitl dont on ne connaît pas d'autres sources de semences, ce qui remet en question l'échelle géographique à laquelle une variété peut être considérée "locale".

## **I.2 - STRUCTURATION DE LA DIVERSITE**

Les variétés locales, de la race Tabloncillo, couvrent une large gamme de longueurs de cycle (72 à 95 jours du semis à la floraison mâle), couleurs de grain (blanc, jaune et pourpre ou noir) ou formes d'utilisation (consommation humaine de grains mûrs ou au stade pâteux, alimentation animale). Les variétés exogènes, essentiellement tardives, complètent la gamme des longueurs de cycle déjà exploitée par les variétés locales et apportent de la diversité en ce qui concerne certaines caractéristiques végétatives (hauteur de plante, nombre de feuilles...), de l'épi (poids de l'épi, nombre de rangs...) et de la panicule (nombre de ramifications...). **Les variétés exogènes sont donc source de diversité morpho-phénologique et probablement génétique ; elles répondent à des besoins non couverts par les variétés locales.** Ces résultats ont également été mis en évidence dans les études de cas rapportés par DENNIS (1987) sur riz au nord de la Thaïlande et par ORTEGA (1973) sur maïs dans l'état du Chiapas au Mexique. **L'utilisation d'une telle gamme de diversité à Cuzalapa est une adaptation claire à la possibilité de semer deux cycles par an aux conditions pédo-climatiques très différentes ainsi qu'aux diverses utilisations données au maïs dans la région.**

Bien que les variétés présentent des différences en ce qui concerne les caractéristiques végétatives et de la panicule, d'un point de vue phénotypique et génétique c'est surtout autour **des descripteurs d'épis (essentiellement largeur et nombre de rangs de grains) que se structure la diversité à Cuzalapa et ce sont les critères qui permettent le plus facilement d'identifier les variétés même en conditions variables de culture.**

Cette structure de la diversité est fonction de deux critères essentiels :

Les variétés se distinguent nettement en fonction de la **longueur de leur cycle**, les descripteurs végétatifs et d'épis qui définissent les cultivars étant très corrélés à ce caractère. L'intérêt de ce critère a également été mise en évidence d'un point de vue phénotypique mais aussi génétique chez les variétés de riz africain (*Oryza glaberrima*) (BEZANÇON 1993) et chez le mil pénicillaire (*Pennisetum glaucum*) en Afrique (MARCHAIS 1982 ; TOSTAIN *et al.* 1987).

Sur les variétés de maïs cultivées à Cuzalapa, un cycle plus long s'accompagne de modifications sur les caractéristiques végétatives : un plus grand développement végétatif, un épi inséré proportionnellement plus haut sur la talle, une panicule plus ramifiée ; une variété plus tardive

présente également une réduction de la largeur et du poids de 1 grain ainsi que l'augmentation du nombre de rangs de grains.

Les variétés s'opposent, d'autre part, selon leur race : on distingue les variétés de la race Tabloncillo (toutes les variétés locales ainsi que deux variétés introduites de communautés proches de Cuzalapa) caractérisées par un faible développement végétatif et des épis dont les diamètres et poids d'épi et de rafle sont faibles, et les variétés d'autres races (autres variétés).

A l'intérieur de ce second groupe (variétés de race autre que la race Tabloncillo) se détachent deux variétés hybrides récemment introduites. Le facteur qui les distingue des autres variétés, en particulier à l'issue d'autofécondations, serait leur origine génétique et/ou le temps de présence dans le bassin versant.

Cette structuration ne correspond toutefois pas à un cloisonnement. Elle se traduit en particulier pour les variétés locales par un **continuum morphologique et génétique** pour 4 loci en fonction de la longueur de leur cycle, allant de la variété Chianquiahuitl de cycle long à la variété Blanco précoce. L'importance de la longueur du cycle des variétés et du temps de présence dans le bassin versant sur la structuration de la diversité serait une indication de l'existence de flux de gènes entre cultivars.

### **I.3 - ECHANGES GENETIQUES**

Les agriculteurs sèment plusieurs variétés par parcelle (1 à 7 variétés par agriculteur, moyenne 2.5) de façon à disposer d'une diversité de types de maïs destinés à différentes utilisations : alimentation humaine sous diverses formes, alimentation animale, semence, vente, expérimentation de variétés nouvelles, etc. Tous types de variétés peuvent se côtoyer ; il n'y a pas de séparation dans l'espace de variétés distinctes, ou entre lots de semences reproduits localement et lots de semences exogènes.

Aucune concertation ne se faisant sur les cultivars à semer et sur les dates de semis des différentes parcelles, les floraisons de lots de semences situés sur des parcelles distantes de moins de 300m parviennent à être synchrones (moins de 5 jours d'écart entre la floraison mâle d'une variété et la floraison femelle de l'autre) dans près de 40% des cas. **Ce type de gestion des semis ne permet donc pas un bon isolement reproductif, à défaut d'un isolement dans l'espace ; il conduit à des conditions favorables aux échanges génétiques entre tous types de variétés** (locales, introduites, de cycle court ou long) **et toutes provenances** (lots de semences produits localement ou introduits d'autres régions) que les agriculteurs ne cherchent pas plus à éviter qu'à systématiser.

Les échanges sont toutefois **plus probables entre variétés de longueur de cycle comparable**, résultat du semis préférentiel de variétés de cycle court pendant le cycle irrigué et de variétés de cycle long au cours du cycle pluvial et, d'autre part, d'une plus forte probabilité de synchronisme de leur floraison au cours d'un cycle de culture.

Les flux génétiques entre variétés peuvent être importants sur les rangs de bordure ; ils semblent toutefois restreints aux échanges entre variétés cultivées sur des surfaces contiguës, limités à moins de 1% en moyenne sur l'ensemble d'une parcelle et plus liés au mode de diffusion du pollen dans l'air qu'à une barrière reproductive d'origine génétique.

#### **I.4 - RECONDUCTION A PARTIR D'UN ECHANTILLONNAGE RESTREINT**

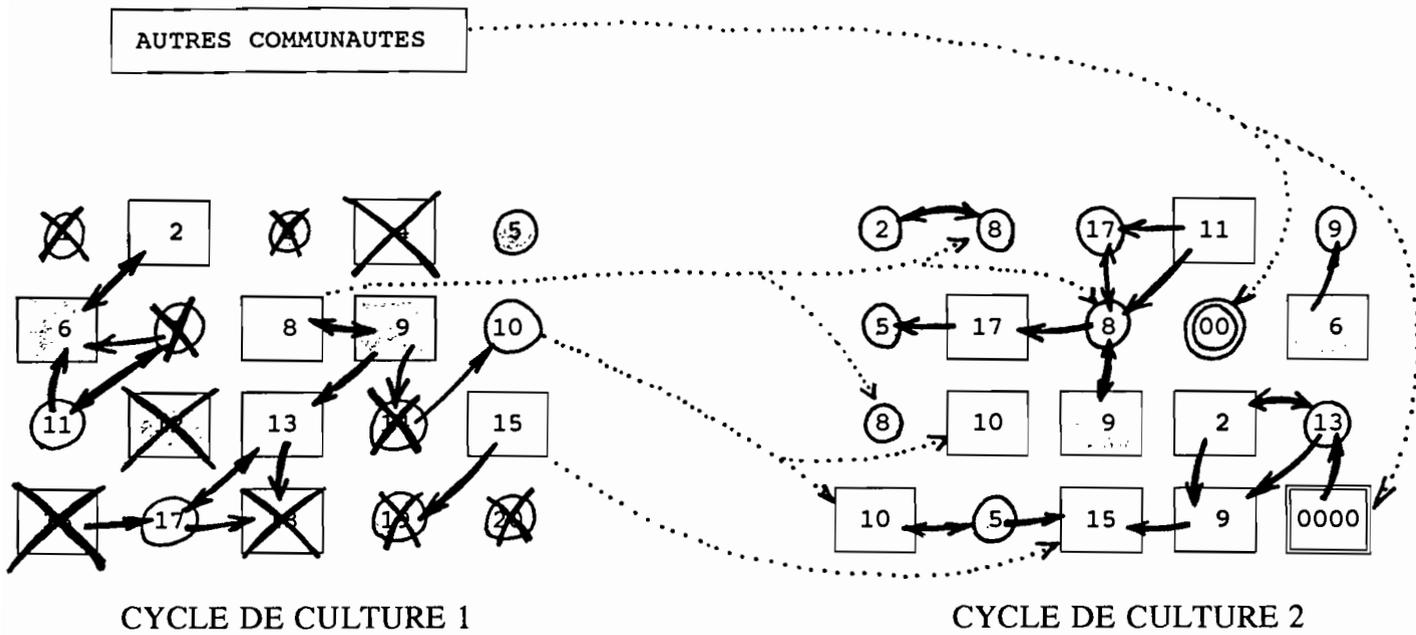
Etant donné les surfaces réduites qui sont cultivées (2 ha en moyenne par agriculteur), les lots de semences sont reconduits à partir d'un échantillonnage restreint d'épis : 53% à partir de moins de 100 épis égrenés et 32% à partir de moins de 40 épis. Un échantillonnage à partir de moins de 100 épis peut entraîner théoriquement la perte des allèles dont la fréquence est inférieure à 5% et ceux à une fréquence de moins de 10% pour un échantillonnage de moins de 40 épis (CROSSA 1989). Une forte proportion de lots de semences sont donc sujets à une dérive génétique due au faible échantillonnage. Ce phénomène est surtout important pour les variétés introduites et les variétés à grains de couleur. Il n'est néanmoins pas négligeable pour les variétés principales à grains blancs.

#### **I.5 - FORCES SELECTIVES**

Outre la pression de sélection variable exercée par le milieu en fonction du type de cycle de culture (irrigué ou pluvial), les variétés sont soumises à une sélection paysanne massale de la semence, basée exclusivement sur les épis après récolte. L'apport de pollen n'est donc pas contrôlé sauf en ce qui concerne les caractères présentant un effet de xénie tels que la couleur et la taille des grains.

Il s'agit d'une sélection dirigée vers les génotypes les plus productifs et/ou adaptés (descripteurs caractérisant le bon remplissage de l'épi), ce qui permettait de maintenir la productivité des variétés, mais également, comme pour Boster (1985) sur manioc, répondant aux principaux critères de distinction entre variétés : largeur du grain, nombre de rangs de grains et couleur de grain. La valeur de ces descripteurs étant très liés à la longueur du cycle des variétés et présentant des effets de xénie, ce mode de sélection permettrait une sélection indirecte sur la précocité et donc la permanence de variétés de longueur de cycle différente, condition nécessaire à l'exploitation des deux cycles de culture. La sélection sur la couleur de grain est également liée à une utilisation différente de chaque type. Si la sélection des semences est effectivement dirigée vers l'exclusion des hors-types elle a essentiellement un rôle utilitaire : créer et entretenir des différences entre variétés ayant une fonction différente.

La sélection des semences permet de conserver l'intégrité phénotypique des épis des variétés en les différenciant avant tout en fonction de leur longueur de cycle. Le choix des semences n'est par contre pas effectif dans le contrôle des flux de gènes entre variétés quand il n'y a pas de changement phénotypique au niveau de l'épi (ex : les flux détectés par marqueurs enzymatiques).



Légende

Origine des lots de semences  
(identification numérique)

- ○ Variétés locales
- ○ Variétés exogènes

Lot de semences constitué  
à partir de l'égrenage de

- plus de 100 épis
- moins de 100 épis

→ échanges polliniques  
importants

Reconduction

- ⊗ lot de semences non reconduit au cycle 2
- ⋯→ exemples de reconduction
- ⊙ lot introduit d'une autre région au cycle 2

Quelques données

70% des lots de semences

30% des lots de semences

50% des lots de semences

50% des lots de semences

50% de lots propres

40% de lots provenant de Cuzalapa

10% de lots introduits d'autres régions  
(dont 50% de lots des variétés locales  
en particulier 40% de la variété Blanco)

Figure No C-1. Schématisation des phénomènes observés dans le bassin versant de Cuzalapa : échantillonnage restreint des semences et échanges polliniques entre lots au cours d'un cycle de culture (Cycle 1); reconduction, extinction de lots de semences et colonisation par d'autres lots lors du passage d'un cycle de culture au suivant (Cycle 1 à Cycle 2).

## **I.6 - CONCLUSION**

L'ensemble des phénomènes observés sont schématisés sur la *figure C1*.

Le bassin versant de Cuzalapa est un système agricole ouvert du point de vue du matériel génétique cultivé. Les variétés cultivées sont elles-mêmes des systèmes ouverts non stabilisés d'un point de vue génétique. Le caractère local d'une variété fait référence au fait que des lots de semences sont reconduits localement mais ne signifie pas que la diversité de cette variété est générée uniquement localement.

Contrairement aux hypothèses que nous avons formulées, les agriculteurs de Cuzalapa n'ont pas une gestion de leurs variétés de maïs dirigée vers la conservation de cultivars génétiquement distinctes et stables.

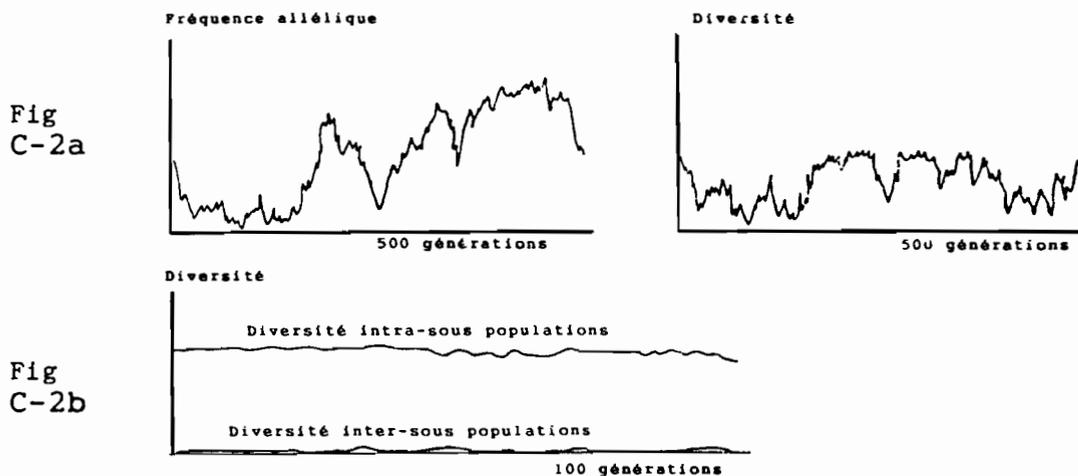
La question est de déterminer si la gestion des agriculteurs conduit à l'érosion génétique, à la conservation d'un niveau de diversité global ou à une diversité en constante évolution et donc si ce mode de gestion entraîne la perte, la conservation et/ou la génération de diversité.

## **II - STRUCTURE EN METAPOPOPULATION**

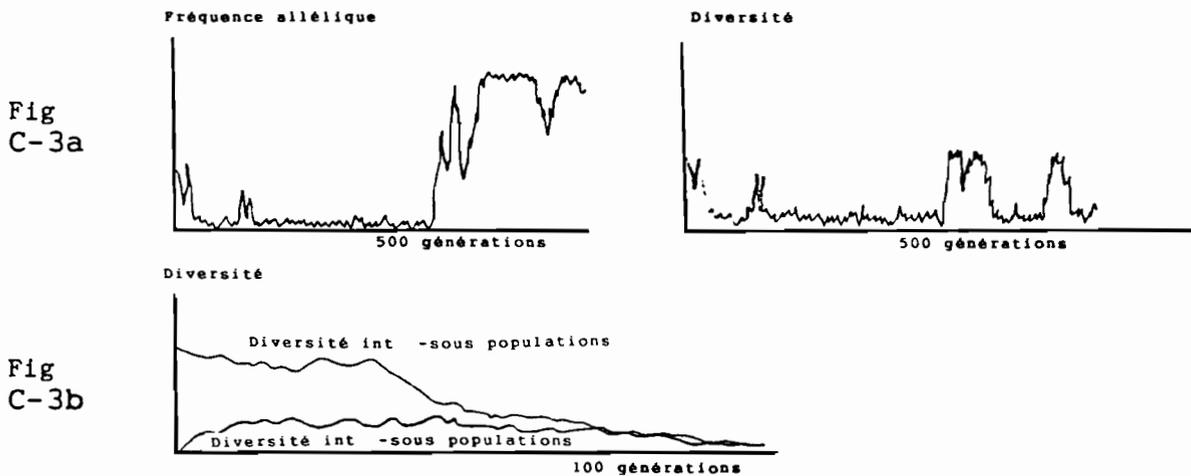
A chaque cycle de culture, une variété est donc présente dans le bassin versant sous la forme d'une population subdivisée en lots de semences. L'ensemble des lots de semences des différents cultivars peut être comparé à une **métapopulation**, définie comme *un ensemble de populations soumises à des extinctions locales et interconnectées par des événements de migration* (OLIVIERI et GOUYON 1992 ; SLATKIN et WADE 1978). Il s'agit d'analyser la structure de cette métapopulation et d'en tirer les conséquences sur les variétés cultivées et sur la diversité globale en se référant aux différents résultats connus en génétique des populations subdivisées.

La diversité peut être analysée à trois niveaux : diversité allélique, génotypique et morphologique. Il n'y a pas toujours correspondance entre la variation de chacun de ces types de diversité (collection de mil *Pennisetum glaucum* en Afrique de l'ouest, TOSTAIN *et al.* 1987 et MARCHAIS 1982 ; collection de sorgho *Sorghum bicolor* d'Afrique et d'Inde, OLLITRAULT *et al.* 1989 et CHANTEREAU *et al.* 1989 ; collection de riz *Oryza glaberrima* de 12 pays africains, BEZANÇON 1993 ; collection mondiale d'orge, CROSS *et al.* 1992 ; *Chamaecytisus proliferus* dans les îles Canaries, FRANCISCO-ORTEGA *et al.* 1992). Les structures alléliques peuvent être distinctes (pour les loci étudiés) malgré une forte ressemblance phénotypique, tout comme deux phénotypes distincts peuvent correspondre à des structures alléliques similaires. Alors que les flux de gènes et les phénomènes de dérive opèrent directement sur les fréquences alléliques, les sélections naturelle et humaine concernent essentiellement les génotypes et les phénotypes. Les deux niveaux doivent donc être considérés.

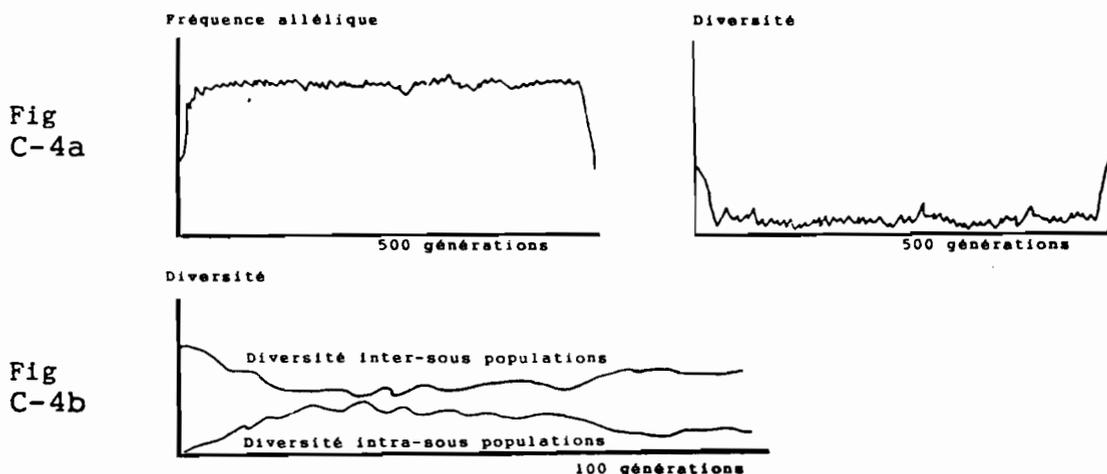
MIL (95% d'allogamie), 10 panicules reconduites par cycle



SORGHO (20% d'allogamie), 10 panicules reconduites par cycle



RIZ (2% d'allogamie), 50 panicules reconduites par cycle



Figures No C-2 à C-4 . Effet d'échantillonnage restreint à chaque cycle de culture selon le taux d'allogamie, en absence de sélection et en présence de 10% d'allopollinisation. a - Evolution de la fréquence d'un alléle pour un locus diallélique et de la diversité d'un lot de semences; b - Evolution des diversités intra et inter dans une population sub-divisée en 20 sous-populations et dynamique des sous-populations dans le domaine de variation de la population, d'après OLLITRAULT (1987).

Les principales caractéristiques de la métapopulation décrite à Cuzalapa, **très variable dans l'espace et dans le temps**, sont en partie schématisées sur la *figure C-1*.

Elle est formée de l'ensemble variable des variétés cultivées dans leur division en lots de semences. Chaque lot de semences peut être exposé à des phénomènes de **dérive génétique** et les générations successives qui en descendent subissent des **cycles variables de réduction-accroissement de population**. Ce phénomène est d'intensité variable selon la variété.

Les lots de semences sont liés par des événements de **migration pollinique**. A l'échelle d'un cycle de culture un lot de semences échange préférentiellement du pollen avec les parcelles contiguës. Par ailleurs, la métapopulation est structurée d'un point de vue phénologique et reproductif en au moins deux sous-groupes de lots de semences en fonction de la longueur du cycle des variétés. Les échanges génétiques se font donc selon un modèle d'**isolement par la distance** (SLATKIN 1993). Cette distance est d'une part physique (distance entre les parcelles) et d'autre part temporelle (décalage dans le temps des dates de floraison entre variétés).

Les lots de semences peuvent cesser d'être cultivés pour être remplacés par d'autres lots. Cette situation peut être assimilée à un phénomène d'**extinction-recolonisation brutale**. Ces recolonisations se font le plus souvent à partir d'individus provenant d'un seul lot de semences et non du mélange de plusieurs lots (modèle de *propagule pool*).

Finalement les lots de semences sont soumis à différentes **forces sélectives** d'origines naturelles, techniques ou humaines.

Par rapport aux modèles de métapopulation généralement étudiés, la particularité de l'ensemble des lots de semences cultivés à Cuzalapa est qu'il **ne fonctionne pas en système fermé mais maintient en plus des relations d'échanges génétiques avec des variétés cultivés dans d'autres communautés agricoles par l'intermédiaire des échanges de semences**.

Nous allons discuter des conséquences de chacun des phénomènes qui se produisent dans cette métapopulation. Celles-ci sont résumées dans la *figure C-6*.

## **II.1 - GESTION COLLECTIVE D'UNE DIVERSITE GLOBALE**

**Dans les conditions décrites à Cuzalapa, chaque lot de semences est individuellement soumis à une fluctuation importante de sa diversité par le faible échantillonnage et la variation de la taille des lots de semences au cours de leurs reconductions successives.**

Comme le montrent les simulations d'OLLITRAULT (1987), étant donné le caractère aléatoire de l'échantillonnage, en conditions de restriction répétée de la population d'une plante allogame comme le maïs ou le mil lors du choix des semences, de migration pollinique étrangère à chaque cycle de culture et en absence de sélection, chaque lot de semences est soumis à une dérive génétique, définie comme la modification imprévisible des fréquences géniques dans une population de taille finie

(SLATKIN 1987). Ces dérives sont plus importantes en allogamie partielle (modèle sorgho) qu'en allogamie "stricte" (5% d'autogamie, modèle mil) ou en autogamie "stricte" (5% d'allogamie, modèle riz) (*figures C-2a, C-3a et C-4a*).

De plus, MARUYAMA et FUERST (1985) ont montré qu'à long terme, pour une population allogame soumise à des cycles répétés de modification de taille, l'hétérozygotie est fonction en particulier des durées relatives des périodes pendant lesquelles la taille de la population est importante ou réduite. Lorsque la durée de l'une de ces deux périodes ou de ces deux périodes est faible, l'hétérozygotie est très affectée et se trouve limitée par la taille d'échantillon le plus faible sur la période. L'effectif efficace peut être approché dans ce cas par la moyenne harmonique des effectifs à chaque génération.

**Donc, dans le contexte de Cuzalapa, si les agriculteurs géraient leurs variétés de façon à les isoler les unes des autres, les cycles répétés de réduction-accroissement de population subis par les lots de semences entraîneraient une baisse importante de leur hétérozygotie.** LEBLANC et PERNES (1983) ont d'ailleurs observé que l'isolement de populations de mil dans des zones où la culture est abandonnée progressivement entraîne une réduction du polymorphisme de ces populations. A Cuzalapa ce phénomène s'appliquerait à la variété Negro cultivée régulièrement à partir d'une quantité réduite de semences et occasionnellement sur des surfaces plus importantes (71% de lots de moins de 40 épis, chaque lot occupant en moyenne 0.06 ha et 29% de lots de plus de 40 épis occupant chacun en moyenne 0.35 ha). Il concerne également la variété Blanco semée dans certaines circonstances sur de petites surfaces (21% de lots de moins de 100 épis occupant en moyenne 0.30 ha, 79% de lots de plus de 100 épis occupant en moyenne 1.96 ha).

Or ces variétés ne semblent pas présenter d'effet d'inbreeding alors que le maïs y est très sensible. D'autre part, les indices de diversité génétique calculés sur les fréquences alléliques pour ces deux variétés (0.39 pour la variété Blanco et 0.38 pour la variété Negro, *Partie I, Chapitre 3, tableau 3-11*) sont élevés. **Les échanges génétiques entre lots à Cuzalapa permettraient le rétablissement d'un certain polymorphisme intra-population. Ils expliqueraient en particulier pourquoi la variété Negro a une diversité comparable aux autres variétés à la suite d'autofécondations, ne traduisant donc pas une forte consanguinité malgré son mode de gestion.** La diversité moyenne d'une population sur plusieurs générations est liée à la diversité du pool pollinique étranger (OLLITRAULT 1987). Il suffit d'un faible taux de migration pour éviter la perte de diversité, d'autant plus faible que le nombre total d'individus est important (VARVIO *et al.* 1986). De forts taux de migration permettent de maintenir une diversité intra-population forte au cours des premières générations mais impliquent une diminution plus rapide de la diversité totale à long terme. La structure idéale pour la conservation de la diversité d'une plante allogame dans une structure en métapopulation dépend alors de l'intensité de l'effet d'inbreeding dans l'espèce considérée.

D'autre part, un allèle perdu lors de la reconduction d'un lot de semences peut être conservé au moins transitoirement dans un autre lot et donc à l'échelle du bassin versant. Ainsi, OLLITRAULT (1987) montre que la subdivision d'une population infinie d'une plante allogame en 20 sous-populations, soit une métapopulation comprenant 20 populations, ne modifie pas la diversité allélique totale qui réside essentiellement intra-population (*figure C-2b*). Par contre, en autogamie stricte la diversité allélique totale réside plutôt inter-populations (*figure C-4b*). Ces simulations peuvent être comparées aux études de diversité génétique effectuées sur différentes plantes cultivées. DOEBLEY *et al.* (1985) sur une collection de 94 accessions représentant 34 races de maïs et TOSTAIN *et al.* (1987) sur 82 accessions de mil de divers pays d'Afrique déterminent qu'environ 70% de la diversité enzymatique totale réside intra-accession. Par contre, BEZANÇON (1993) détermine sur 101 populations de riz de divers pays d'Afrique de l'ouest que la part de la diversité totale intra-population est inférieure à 40%.

**D'une manière générale, pour une plante allogame comme le maïs, la structure en métapopulation garantit donc, *a priori*, la conservation de la diversité génétique globale.**

Toutefois, aux effets de dérive et d'échanges génétiques s'ajoutent également d'autres facteurs qui peuvent avoir une influence sur la diversité génétique et phénotypique rencontrée à Cuzalapa : l'introduction de nouvelles variétés, le phénomène d'abandon-remplacement de lots de semences et enfin la sélection naturelle et humaine.

## **II.2 - CONSERVATION ET GENERATION DE DIVERSITE**

La sélection naturelle est le premier facteur qui conduit au déplacement de certains équilibres alléliques. Toute population est en effet amenée à évoluer pour s'adapter aux nouveaux facteurs limitants de l'environnement et les changements qui s'opèrent dans les milieux cultivés sont très rapides : à Cuzalapa par exemple, les agriculteurs n'utilisent de l'engrais que depuis une dizaine d'années et ils notent une baisse constante de fertilité des parcelles irriguées et une augmentation de la pression des mauvaises herbes depuis l'arrêt de la culture du riz inondé il y a une vingtaine d'années. La structure allélique des variétés qui sont cultivées dans ce bassin versant est donc vraisemblablement différente de celle qui aurait pu être observée il y a 25 ans. ALLARD (1988, 1990) a par exemple observé sur la population d'orge Composite Cross II reconduite à Davis en Californie depuis 1929, l'augmentation en une quarantaine de générations de 50 à 90% de la fréquence de plantes résistantes à la race 16 de *Rhynchosporium secalis* et de 0 à 80% pour la race 40. La reconduction régulière d'une population conduit donc à l'évolution des structures géniques avec les facteurs limitants du milieu, phénomène recherché par les défenseurs de la conservation *in situ*. Cette évolution est la conséquence de la modification de la valeur sélective de différents génotypes ou allèles et de la recombinaison génétique.

Deux autres facteurs peuvent entraîner le déplacement de certains équilibres alléliques dans une structure en population subdivisée telle que celle décrite à Cuzalapa :

Tout d'abord, si la réduction des effectifs peut causer la dérive génétique, elle peut par là même permettre la fixation d'allèles au niveau d'un lot de semences. D'autre part, les variétés introduites peuvent apporter de nouvelles structures géniques. Ces variétés pourront jouer d'autant plus le rôle de "sang neuf" qu'il s'agira de variétés améliorées ou de variétés provenant de régions distantes.

**Ces nouvelles combinaisons géniques, au départ relativement rares dans la métapopulation, peuvent se fixer au niveau d'une population, diffuser vers d'autres populations et s'imposer dans le bassin versant d'autant plus rapidement qu'elles procurent un net avantage sélectif (SLATKIN 1987).** Néanmoins la restriction des flux de gènes, favorable à la fixation d'une structure génique dans une des populations, réduit par la suite sa diffusion. Le temps de fixation d'un nouvel allèle dans une métapopulation est ainsi inversement proportionnel au taux de migration et proportionnel au nombre de populations (SLATKIN 1981, 1989). Ce sont alors les variations démographiques dans la métapopulation (extinction-recolonisation) qui permettent d'augmenter la probabilité (MICHALAKIS et OLIVIERI 1993) et réduisent le temps nécessaire à la fixation qui devient alors raisonnable (SLATKIN 1989).

La particularité du fonctionnement d'une population subdivisée est que les allèles récessifs ou sous-dominants (la valeur sélective de l'hétérozygote est inférieure à chacun des homozygotes) répondent mieux à la sélection que dans une population unique, le contraire étant vrai pour les allèles dominants (SLATKIN 1981). **La subdivision, les échanges génétiques restreints et le renouvellement des lots de semences permettent donc des substitutions d'allèles et l'apparition de nouvelles structures génétiques pratiquement impossibles à obtenir dans une population en panmixie (SLATKIN 1981).** "Aider le plus faible et défavoriser le plus fort" pour garantir qu'un allèle dominant et favorable à une période donnée ne déplace pas tous les autres allèles qui pourraient s'avérer intéressants quand les conditions de culture auront changé. La structure en population subdivisée ne permet donc pas l'émergence de variétés ayant fixé un ensemble important d'allèles dominants favorables comme il est recherché en amélioration génétique. **Elle garantit plutôt leur pouvoir d'adaptation en cas de changement des conditions de croissance,** dans la mesure où une diversité génétique suffisante existe au départ dans la métapopulation.

Cet équilibre entre dérive, migration pollinique restreinte et sans cesse renouvelée entre plusieurs sous-populations et les pressions de sélection pourraient permettre ainsi l'évolution régulière des variétés, base de leur adaptation et donc de leur valeur pour les systèmes agricoles où elles sont cultivées (théorie de WRIGHT *Shifting balance theory* explicitée par SLATKIN 1987).

Dans le système décrit à Cuzalapa, on ne peut donc pas supposer une stabilité génétique stricte des variétés locales, même par l'effet de masse dû aux surfaces importantes qu'elles occupent. **Les variétés locales possèdent probablement un fond génétique commun qui est le résultat des flux de gènes mais qui évolue en particulier en fonction des introductions de cultivars nouveaux.** Néanmoins, la métapopulation étant partiellement scindée en deux groupes de lots de semences en

fonction de la longueur de leur cycle et les variétés introduites étant essentiellement des variétés tardives, les modifications alléliques se feront avant tout sur les variétés de cycle long ; les structures alléliques caractéristiques des variétés précoces semblent plus protégées.

La stabilité génétique des variétés introduites est encore moins envisageable à long terme. Elles peuvent diverger de la population d'origine par dérive génétique étant le plus souvent introduites à partir d'un nombre réduit d'épis (effet fondation). D'autre part, si elles peuvent induire des modifications chez les variétés locales par migration pollinique, le contraire est également vrai et d'autant plus qu'elles sont reconduites sur un nombre réduit de parcelles. Il serait à ce titre intéressant de pouvoir comparer les caractéristiques des lots de semences de départ des variétés Argentino, Híbrido et Chianquiahuitl cultivées dans le bassin versant depuis un certain nombre d'années avec les lots actuellement cultivés dans leur région d'origine.

L'évolution des variétés exogènes cultivées pendant plusieurs années dans le bassin versant et minoritaires en ce qui concerne les surfaces cultivées, semble être l'incorporation à terme au continuum phénotypique et génétique des variétés locales avec probablement perte du type variétal. La variété Híbrido (génération très avancée d'une variété améliorée) décrite précédemment en position intermédiaire entre les variétés locales et les variétés introduites pour plusieurs caractères morphologiques pourrait en être un exemple (*Partie I, Chapitre 3, I*). Il s'agit probablement du phénomène ayant eu lieu précédemment pour la variété Chianquiahuitl introduite il y a une quarantaine d'années et formant actuellement avec les autres variétés locales un continuum.

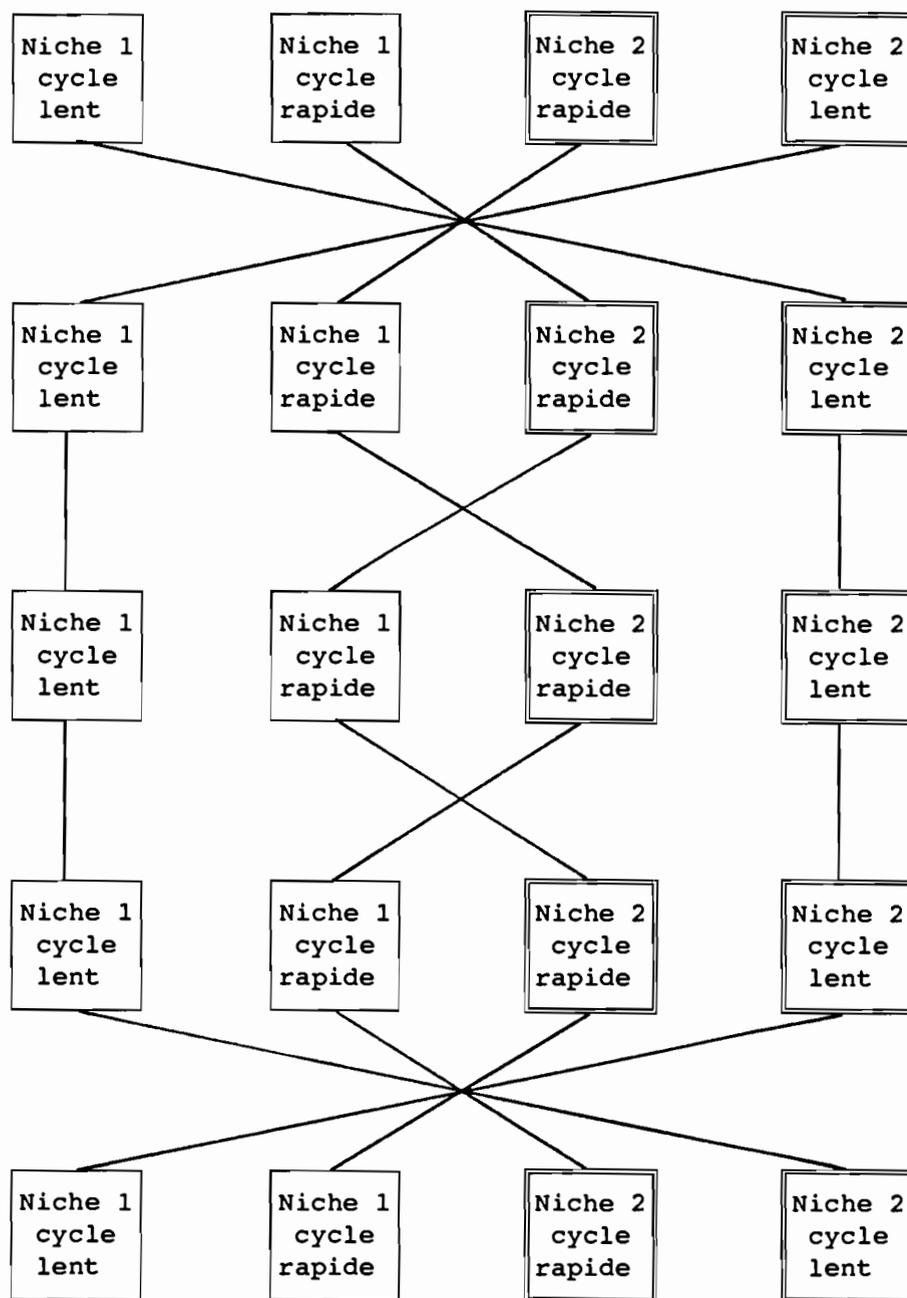
La structure en métapopulation peut donc garantir la permanence d'un allèle mais favorise également l'apparition de nouvelles structures géniques.

## **II.3 - POLYMORPHISME ENTRETENU PAR LA SÉLECTION DES SEMENCES**

### **II.3.1 - Polymorphisme dans une population subdivisée**

Les différences qui existent entre les variétés locales et les variétés introduites récemment sont bien entendu dues aux différences existant à l'origine entre ces variétés. Il faut, par contre, envisager d'autres facteurs pour expliquer les différences existant entre les populations locales.

Les mesures de taux de contamination effectuées manquent de précision et de répétition dans le temps et dans l'espace pour déterminer avec précision l'effet relatif de la dérive génétique qui tend à différencier les populations par rapport aux flux de gènes qui tendent à "gommer" les différences (SLATKIN 1987). En l'absence de sélection ou pour des caractères non sélectionnés (gènes neutres), la dérive génétique pourrait être invoquée pour expliquer le polymorphisme observé à Cuzalapa entre



**Figure No C-6 .** Schéma de gestion dynamique d'une espèce allogame proposé par DAVID (1992) et faisant intervenir deux types de populations dans chaque niche pour la conservation d'un polymorphisme à trois allèles. Les populations dites à cycle rapide sont recroisées entre elles toutes les  $n$  générations (dans le schéma  $n=1$ ); les populations à cycle lent sont recroisées avec les précédentes toutes les  $kn$  générations (ici  $k=2$ ).

les différentes variétés. Néanmoins, dans ce cas, les lots de semences d'une même variété seraient amenés à se différencier les uns des autres alors que nous avons montré la relative homogénéité phénotypique des lots d'une variété. **Le polymorphisme génétique et morphologique observé à Cuzalapa n'est donc pas une structuration due exclusivement à un niveau d'échanges génétiques très faibles par rapport à la taille de la population.** Il est alors nécessaire d'envisager l'effet de la sélection des semences par les agriculteurs.

Plusieurs auteurs ont cherché à déterminer par simulation les conditions permettant à des populations allogames, se développant dans des niches écologiques différentes et soumises à différents degrés de migration réciproque de pollen, d'évoluer et de présenter des différences phénotypiques marquées. Leurs résultats peuvent être utilisés dans notre cas si nous considérons une variété comme étant une niche soumise à des pressions de sélection particulières par rapport à une autre variété (autre niche).

DAVID (1992) dans sa simulation du modèle allogame et NAGYLAKI (1976) ont montré que pour deux populations situées dans deux niches différentes, des fréquences alléliques d'équilibre peuvent être trouvées pour les deux allèles d'un locus (sans superdominance), lorsque les valeurs sélectives des différents génotypes sont différentes dans les deux niches. Un caractère phénotypique codé par un seul gène peut ainsi être maintenu à des niveaux différents dans deux populations si la pression de sélection s'exerçant sur ce caractère est différente dans chaque population.

Des différences phénotypiques dans le cas d'un caractère polygénique peuvent également perdurer entre deux populations, malgré les échanges génétiques. Les divergences phénotypiques augmentent en général avec la pression de sélection, la dominance d'un allèle et/ou la réduction du taux de migration entre populations et sont d'autant plus faibles que le nombre de gènes responsables du caractère polygénique est important (DICKINSON et ANTONOVICS 1973).

Le polymorphisme génétique et phénotypique peut s'établir pour un niveau d'échanges génétiques qui dépendra de l'intensité des pressions de sélection exercées. Plus spécifiquement DAVID (1992) détermine dans la simulation du modèle allogame que l'équilibre pour un locus à deux allèles peut être obtenu, soit en intercroisant les populations régulièrement après un certain nombre de cycles d'isolement, soit, de manière plus souple, en maîtrisant un certain taux régulier de migration entre elles. Par contre, pour que l'équilibre puisse être atteint pour le polymorphisme à trois allèles (2 allèles spécialistes et un allèle généraliste), il faut considérer un système à plusieurs populations implantées sur la même niche dont certaines sont maintenues isolées plus longtemps que d'autres des populations des autres niches (*figure C-5*).

**Ainsi d'après différents modèles, le maintien du polymorphisme morphologique et génétique dans une métapopulation (ensemble de populations) peut être obtenu grâce à des flux hétérogènes et limités entre populations (plutôt qu'au travers de flux constants et identiques pour toutes les populations) et des pressions de sélection variables (DAVID 1992 ; HEDRICK 1986 ; DICKINSON et ANTONOVICS 1973).**

Dans le cas des variétés de maïs cultivées à Cuzalapa, si nous considérons plusieurs lots de semences pour chaque variété locale (plusieurs populations dans la même niche), de plusieurs variétés (plusieurs niches différentes), des critères morphologiques de sélection différents en fonction de la variété (valeur sélective différente d'un génotype en fonction de la niche), dans des conditions d'échanges génétiques restreints et variables entre lots de semences ou variétés (isolement variable entre populations en fonction des années), ces différentes variétés peuvent atteindre en théorie un équilibre qui leur confère des caractéristiques phénotypiques et génétiques différentes. Il n'est donc pas forcément nécessaire de faire appel à des hypothèses de barrières reproductives (PATERNIANI 1969) pour expliquer le maintien dans la même région de races de maïs ou d'une autre plante allogame différentes.

La migration pollinique réduite et limitée aux parcelles adjacentes au cours de chaque cycle de culture favorise la différenciation des variétés alors que la redistribution des lots de semences en mélange avec des lots introduits à chaque cycle de culture favorise les échanges entre tous les lots de semences. Le système décrit est proche du système proposé par DAVID (1992) pour que puisse être conservé un polymorphisme à trois allèles pour un gène dans une population allogame (*figure C-5*). Dans son modèle, les cycles de croisement-isolement sont réguliers alors qu'à Cuzalapa ceux-ci sont bien entendu beaucoup plus variables pour chaque lot de semences. D'autre part, il n'y a pas recroisement total entre tous les lots de semences régulièrement mais échanges génétiques entre plusieurs lots de semences à chaque cycle.

D'autre part, à Cuzalapa, le fort polymorphisme interne observé à la suite d'autofécondations, dans les différents lots de semences étudiés, pour des caractères tels que la couleur de grains ou le nombre de rangs de grains, malgré une sélection importante sur ces critères, peut être expliqué par la structure en métapopulation mais également par les simulations de ROFF (1994). Dans le cas de caractères polygéniques dont l'expression phénotypique n'est pas continue, ROFF (1994) a montré que la sélection peut entraîner un quasi monomorphisme phénotypique alors qu'elle a peu d'effet sur le polymorphisme allélique et conduit à très peu de fixations d'allèles, étant donné que l'intensité de la sélection décroît avec le temps au fur et à mesure que la catégorie sélectionnée augmente dans la population. Indépendamment des échanges génétiques entre populations, la sélection sur un caractère polygénique conduit à un polymorphisme allélique stable, la fréquence des différents allèles de chaque gène impliqué étant inégale, fonction du poids de l'allèle dans la définition du caractère et de la liaison entre gènes (ZHIVOTOVSKY et FELDMAN 1992).

Le polymorphisme phénotypique n'est possible que dans la mesure où il porte sur un nombre restreint de caractéristiques et surtout dans la mesure où il existe un consensus au moins partiel entre les agriculteurs au sujet des critères d'identification des variétés et de sélection des semences. Ce consensus a été mis en évidence à Cuzalapa, d'une part, par l'homogénéité phénotypique des lots de semences portant le même nom (*Partie I, Chapitre 3, I.2.2, p.63*) et d'autre part par le fait que dans le dispositif mis en place dans la *Partie II, Chapitre 6, II.2.2 (p.185)*, un pourcentage non négligeable d'épis ont été choisis pour la semence par différents agriculteurs.

### II.3.2 - Continuum phénotypique entre variétés locales

A Cuzalapa, plus que des différences phénotypiques entre cultivars on observe entre les variétés locales un continuum phénotypique et génétique pour certains loci qui s'apparente aux clines géographiques (gradient dans un caractère mesurable) rapportés dans la littérature. BRAC DE LA PERRIERE (1982) a par exemple mis en évidence un cline phénotypique et allélique d'est en ouest pour des variétés de mil de Côte d'Ivoire que PERNES *et al.* (1984) interprètent comme étant le résultat d'échanges génétiques de proche en proche à partir de deux pôles constitués des types variétaux initiaux bien différenciés. CHRISTIANSEN et FRYDENBERG (1974) et SEITZ (1988) évoquent pour les clines qu'ils observent des pressions de sélection au moins aux deux pôles du continuum et des flux de gènes restreints.

Le continuum décrit à Cuzalapa est très lié à la durée du cycle des lots de semences. Or, les échanges génétiques se font préférentiellement entre lots de longueur de cycle comparable. L'isolement reproductif entre variétés dû au décalage des périodes de floraison aurait ici le même rôle que la distance dans les clines géographiques. SLATKIN (1993) propose de déterminer la régression entre le  $\log(G_{ST}$  entre populations prises deux à deux) avec le  $\log(\text{distance entre populations})$ , pour vérifier que les échanges génétiques entre plusieurs populations répondent bien à un mécanisme d'isolement par la distance (physique ou autre, quelle que soit son unité). Lorsque l'on fait cette comparaison pour les trois variétés locales pour lesquelles un continuum allélique avait été observé, on obtient trois points parfaitement alignés. Le rôle des écarts de floraison sur les différences génétiques entre variétés locales semble donc pouvoir être considéré, bien que nous ne puissions pas le tester, le nombre de points étant trop faible.

D'après ENDLER (1973) un cline peut être dû : à la dérive génétique, au contact entre deux populations séparées auparavant, à des modifications discontinues de l'environnement ou à un gradient continu. Comme nous l'avons déjà dit, dans notre cas les échanges génétiques ne sont pas suffisamment réduits pour envisager une évolution indépendante des variétés par la dérive génétique. Le continuum observé serait plutôt expliqué par l'association des conditions suivantes :

1) **contact depuis 40 ans entre les variétés Blanco et Chianquiahuitl**, génétiquement différentes et isolées auparavant, situées aux deux extrémités du continuum ;

2) **pressions de sélection différentes s'exerçant sur ces deux variétés.**

Dans ces conditions, les pressions de sélection différenciés et les échanges génétiques provoquent une modification graduelle des fréquences des allèles soumis à la sélection le long du gradient (ROUGHGARDEN 1979). Le continuum entre les variétés locales à Cuzalapa sous-entend donc une troisième condition :

3) **pressions de sélection faibles sur les variétés situées le long du gradient**, de façon à ce que ces forces sélectives ne soustraient pas ces variétés au continuum, ou niveau de sélection intermédiaire

entre les deux variétés extrêmes. Nous avons en effet mis en évidence dans le *Chapitre 5* des pressions de sélection moins fortes sur les variétés Amarillo Ancho et Negro que sur les variétés Blanco et Chianquiahuitl.

**Ainsi, l'introduction de la variété Chianquiahuitl il y a 40 ans, aurait provoqué des modifications dans les fréquences alléliques et les caractéristiques phénotypiques des variétés Negro et Amarillo Ancho situées actuellement en position intermédiaire entre les variétés Blanco et Chianquiahuitl ; ne connaissant pas les caractéristiques initiales des deux variétés extrêmes, nous ne pouvons pas savoir si celles-ci ont également subi des modifications. Les pressions de sélection exercées sur les variétés Negro et Amarillo Ancho n'ont pas été assez fortes par rapport aux échanges génétiques pour qu'elles conservent leurs particularités initiales. Dans le même ordre d'idée, la situation du lot de la variété Híbrido reconduit depuis de nombreuses années dans le bassin versant de Cuzalapa et dont les caractères phénotypiques sont intermédiaires entre les variétés introduites de cycle long et la variété Chianquiahuitl locale pourrait être due à des critères de sélection non spécifiques à ce cultivar exogène ou similaires à ceux des variétés locales. Cette variété pourrait alors devenir à terme une nouvelle "version cycle long" des variétés locales comme la variété Chianquiahuitl.**

D'autre part, ROUGHGARDEN (1979) indique une augmentation de la variance phénotypique au milieu des clines, ce qui pourrait être une seconde explication à la variabilité importante observée entre lots pour la variété Amarillo Ancho.

**Si ce continuum se conserve dans le futur, c'est qu'un équilibre a été atteint entre les pressions de sélection et les flux de gènes (LEBLANC et PERNES 1993). Si le contrôle des flux de gènes par la sélection est insuffisant alors les différences observées sont un reliquat des différences qui existaient à l'origine (les fréquences alléliques n'évoluent que très lentement quand la pression de sélection disparaît, PERNES et LOURD 1984). Nous devrions alors voir se réduire les différences entre les variétés locales dans le futur, sauf pour celles qui sont dues à des pressions de sélection telles que celles exercées par le milieu.**

### **II.3.3 - Sélection sur l'épi et sur la plante**

Les agriculteurs ne choisissent leurs semences qu'en se basant sur les épis. La pression de sélection s'exerce donc uniquement sur les caractéristiques de cette partie de la plante ou celles qui leur sont génétiquement liées : malgré des hybridations constantes la couleur noire des grains peut être conservée si la sélection de semences est minutieuse. Mais, comment se perpétuent des caractéristiques végétatives différentes entre cultivars ?

Le fonctionnement physiologique de la plante doit être invoqué. Différents travaux ont montré, par exemple, que le nombre de feuilles ou la hauteur de plante étaient directement liés à la précocité

d'un génotype de maïs, comme peut l'être le nombre d'ovules par épi (DERIEUX 1983 ; BONAPARTE et BRAWN 1976 ; TROYER et BROWN 1972) ; les variétés de maïs des plateaux mexicains ont une talle rouge pubescente qui permettrait une adaptation aux températures froides. Il s'établit une relation entre les conditions de croissance et la structure des caractéristiques végétatives qui correspondraient à la notion d'"associations cohérentes bien fonctionnelles des états alléliques pour des groupes de gènes" dont font l'hypothèse NGUYEN et PERNES (1984) et ALLARD (1990) pour expliquer l'organisation de la variabilité génétique.

On obtient alors à Cuzalapa une progression quasiment linéaire des caractéristiques végétatives en fonction de la précocité (coefficient de corrélation de 0.80 avec le nombre de feuilles et de 0.90 avec la hauteur de l'épi). Ces descripteurs permettent donc de distinguer les variétés essentiellement en fonction de la longueur de leur cycle alors que les caractéristiques de l'épi permettent d'obtenir des distinctions plus fines entre variétés, les critères de sélection de la semence portant sur ces caractéristiques. Ainsi, selon les descripteurs végétatifs la variété locale Chianquiahuitl de cycle long s'identifie aux autres variétés tardives (si l'on exclu certaines variétés hybrides ayant subi des pressions "artificielles" pour la hauteur du plante), alors qu'en fonction des descripteurs d'épis elle a des caractéristiques très particulières telles qu'un grain très fin (largeur et épaisseur de grain) ainsi qu'un épi et une rafle de faible diamètre correspondant aux critères de sélection des agriculteurs pour cette variété. L'agriculteur façonnerait l'épi alors que le milieu façonnerait la plante.

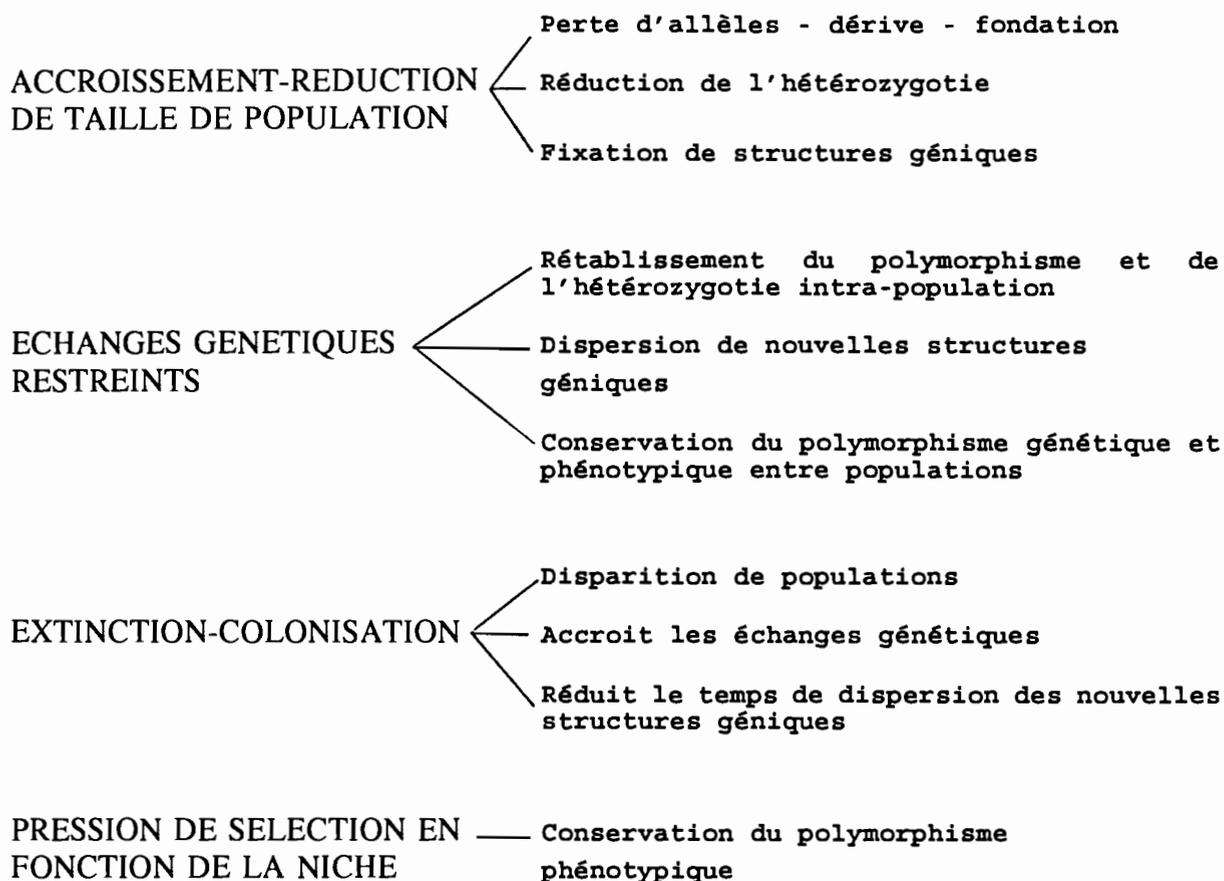
## II.4 - CONCLUSION

Les principales conséquences de chacun des phénomènes observés dans la structure en métapopulation des variétés de maïs à Cuzalapa sont indiquées sur la *figure C-6* :

- les variations de taille des lots de semences conduisent à une dérive génétique et à une réduction de l'hétérozygotie. Néanmoins, les échanges génétiques et les phénomènes d'extinction-colonisation, qui ont pour conséquence d'augmenter ces échanges, permettent de rétablir un certain polymorphisme intra-lot et donc d'éviter la consanguinité des lots de semences ;

- Parallèlement, la dérive génétique et l'introduction de nouvelles variétés favorisent l'apparition de nouvelles structures géniques. Les échanges polliniques, associées aux phénomènes de disparition et de remplacement de lots de semences, en permettent la diffusion à d'autres lots ;

- Les pressions de sélection variables en fonction de la variété (sélection paysanne) ou du milieu (sols, cycle de culture, techniques culturales) combinées à des échanges génétiques réduits favorisent la conservation d'un polymorphisme génétique et phénotypique.



### METAPOPOPULATION DE CUZALAPA

- Conservation momentanée d'allèles dans certains lots de semences alors que d'autres cessent d'être cultivés ou subissent de fortes pertes d'allèles

—> **PERMET LA CONSERVATION DE LA DIVERSITE ALLELIQUE AU NIVEAU DE L'ENSEMBLE DES LOTS DE SEMENCES DES DIFFERENTES VARIETES**

- Rétablissement du polymorphisme intra-lot de semences

—> **EMPECHE LA CONSANGUINITE DES LOTS DE SEMENCES**

- Conservation du polymorphisme génétique et phénotypique inter-variétal

—> **PERMET LA CONSERVATION DES DIFFERENCES ENTRE VARIETES**

- Introduction de nouvelles variétés

—> **PERMET LA DIFFUSION DE NOUVELLES STRUCTURES GENIQUES, "SANG NEUF"**

Figure C-6 . Conséquences de la structure en population subdivisée sur la diversité phénotypique et génétique des variétés à Cuzalapa.

Cette structure en métapopulation et la pression de sélection exercée par le milieu et les agriculteurs permettent donc d'expliquer le maintien de variétés morphologiquement différentes même en absence de barrières reproductives et malgré les échanges génétiques réguliers entre variétés. **Ce type de sélection sur la plante mère, sans contrôle de la généalogie, permettrait également de maintenir les caractéristiques agronomiques des variétés et une variabilité importante, la source de pollen n'étant pas contrôlée** comme l'avaient souligné SANDMEIER *et al.* (1986) pour le mil. La structure en population subdivisée favorise la conservation d'un grand nombre d'allèles en évitant l'uniformisation génétique des variétés. Même si de fortes pressions s'exercent sur un caractère dans une variété, le système ne favorise pas la concentration d'une forte proportion d'allèles dominants favorables. Les variétés sont constamment "repolluées" par d'autres variétés ce qui peut néanmoins comporter de nombreux avantages pour des cultivars ayant besoin de s'adapter rapidement aux nombreux changements qui interviennent dans les milieux cultivés (techniques, fertilité...).

La gestion des variétés à Cuzalapa permet donc *a priori* la permanence d'un niveau important de diversité : une diversité phénotypique de la composante végétative liée à l'adaptation physiologique du maïs aux variations du milieu, une diversité des caractéristiques des épis liée à la sélection paysanne, et une diversité génétique liée aux deux précédentes forces sélectives mais également aux échanges génétiques entre variétés produites localement ou avec des variétés introduites d'autres régions.

Comme le souligne BERG (1992), les lots de semences n'évoluent donc pas comme des lignées indépendantes, spécifiques de chaque agriculteur. Les échanges de semences entre producteurs et les flux de gènes entre parcelles font que les variétés évoluent au sein de l'ensemble du matériel génétique communautaire. De la même manière que le bassin versant de Cuzalapa a été décrit comme un système ouvert du point de vue du matériel génétique qui y est cultivé, **une variété dans sa définition paysanne est un système génétique ouvert à l'inverse du concept de variété stable, distincte et uniforme** utilisé actuellement tant en amélioration génétique qu'en conservation des ressources génétiques. Cette observation oblige à une conception nouvelle des objectifs et des modes de conservation de la diversité génétique. **Plutôt qu'à la conservation de populations de maïs génétiquement distinctes et stables, la gestion de la diversité décrite à Cuzalapa conduit à la conservation dynamique d'une diversité globale dont les composantes évoluent en fonction du matériel génétique introduit et des modifications de l'agro-écosystème.** La variété n'est pas l'unité de conservation mais l'ensemble des variétés cultivées dans leur subdivision et mélange. La conservation d'un certain niveau de diversité tiendra donc également à la diversité des variétés introduites. Une uniformité dans les sources de contamination pourra conduire à une évolution unidirectionnelle et à une uniformisation du matériel conservé.

Le rôle important de la structure en métapopulation dans la conservation de la diversité allélique présente à Cuzalapa indique donc que cette diversité est le résultat d'une **gestion collective**. Ce terme ne fait pas référence à une quelconque concertation entre agriculteurs mais indique que la diversité observée est le fruit d'un ensemble de pratiques individuelles. Ce terme cherche également à signifier que la diversité observée est le fruit de diverses pressions et actions variables en intensité et dans le temps ; cette diversité pourrait difficilement être le résultat de l'action d'un seul agriculteur.

### **III - DISCUSSION SUR LA METHODE ET PERSPECTIVES**

#### **III.1 - METHODE LIMITEE AUX CARACTERISTIQUES MORPHO-PHENOLOGIQUES**

Notre but étant de comprendre comment est gérée la diversité par les agriculteurs et sur quels critères, nous nous sommes restreints essentiellement aux données morpho-phénologiques pour décrire la diversité génétique dans la région et analyser sa gestion. Les agriculteurs ne peuvent en effet intervenir facilement que sur ces caractéristiques faciles à identifier, les données génétiques ne leur étant pas directement accessibles (PERNES et LOURD 1984).

Or il est clair, d'après la littérature, que ces seuls caractères ne nous permettent pas d'apprécier le polymorphisme génétique sous-jacent (PERNES et LOURD 1984). L'approche de la diversité par des caractères phénotypiques ou par des marqueurs moléculaires peut donner des images différentes de la diversité (PICARD *et al.* 1992). L'approche purement morphologique ne nous permet pas de déterminer la distance génétique entre deux variétés morphologiquement différentes. Dans quelle mesure les variétés locales sont-elles réellement différentes d'un point de vue allélique ? On pourrait en effet imaginer des différences morphologiques importantes conséquence de la sélection mais un fond génétique commun très large lié à la culture de ces variétés dans la même région et liées par des échanges génétiques constants. Il nous est également impossible de connaître l'ampleur des modifications génétiques que subit la variété Híbrido qui semble se rapprocher morphologiquement des variétés locales à la suite des échanges génétiques.

L'utilisation d'outils d'analyse de la diversité génétique peut apporter des informations très intéressantes sur l'influence des agriculteurs sur la diversité allélique à partir d'une gestion basée sur des critères morpho-phénologiques : à quel niveau de différenciation entre variétés peut aboutir la sélection des semences ? A quelle structuration génétique correspond la structuration phénotypique mise en évidence ?

D'autre part, les caractères phénotypiques sont pour la plupart polygéniques et peuvent être directement ou indirectement soumis à la sélection des agriculteurs. Nous ne pouvons donc quantifier l'ampleur réelle des flux de gènes entre variétés que seul le suivi de marqueurs moléculaires "neutres" peut nous donner.

Ces études pourront se faire par la suite grâce à la conservation dans la banque de gènes du CIMMYT de plusieurs échantillons de chacun des lots de semences étudiés et de chacun des échantillons obtenus dans les différents essais.

### **III.2 - MEILLEURE CARACTERISATION DE LA METAPOPOPULATION**

La structure de la diversité semble très liée à la structure de la métapopulation. Or, quatre de ses caractéristiques n'ont pas été abordées en détails :

1 - Comme nous venons de le souligner une approche plus précise des flux de gènes entre variétés serait nécessaire de façon à réellement déterminer l'ampleur de l'effet de la sélection des semences.

2 - Bien que la structure de la diversité à Cuzalapa ne semble pas liée à l'existence de fortes sélections gamétophytiques qui impliqueraient une barrière reproductive entre variétés différentes, cet aspect mériterait d'être étudié plus en détail.

3 - D'autre part, un certain nombre de lots de semences cessent d'être cultivés à la fin de chaque cycle de culture et sont remplacés par d'autres lots de la même variété ou d'une variété différente. C'est le phénomène d'extinction-recolonisation. Il faudrait donc déterminer le nombre moyen de cycles de culture pendant lesquels un lot de semences et ses descendants sont cultivés dans la région jusqu'à leur abandon,

4 - Enfin, les générations successives descendant d'un lot de semences subissent des cycles variables de réduction-accroissement de population. La fréquence et la durée de ces cycles pour un lot de semences devrait être étudiées.

L'ampleur des échanges génétiques et le type et l'importance des sélections gamétophytiques peuvent se déterminer à l'aide de marqueurs moléculaires ou à l'aide de caractères phénotypiques codés par un nombre restreint de gènes. Ces études sont prévues dans la suite du travail.

L'histoire des lots de semences cultivés est, quant à elle, plus difficile à faire. Etant donné l'intensité des échanges de lots de semences, la difficulté d'une telle étude réside dans le fait que tous les agriculteurs devront être interrogés. La seconde difficulté, d'après notre expérience, vient de ce que les agriculteurs ne sont plus sûrs des données qu'ils avancent au delà de 6 cycles de culture, ce qui limite l'étude historique.

### III.3 - COMPARAISON A D'AUTRES SYSTEMES AGRICOLES

Il serait très intéressant de comparer la diversité et la gestion des variétés observées à Cuzalapa avec celles d'autres régions ou d'autres espèces.

La comparaison du système observé à Cuzalapa avec celui d'autres communautés rurales présentant des conditions socio-économiques et d'enclavement différentes permettrait de vérifier si la logique de ce système persiste dans des communautés rurales plus ouvertes sur le marché, les modifications qui sont apportées et leurs conséquences sur la diversité. PERALES (1982) a par exemple montré lors de la comparaison de deux communautés agricoles mexicaines que le nombre de variétés cultivées n'était pas fonction de la proportion de la production qui était vendue, contrairement à l'hypothèse majeure qui prédomine dans le travail d'HERNANDEZ X. au Mexique et qui consiste à considérer que le niveau de diversité génétique maintenue par les agriculteurs est directement lié à l'autosubsistance. BRUSH (1981) et DENNIS (1987) ont montré que l'adoption de variétés améliorées ne déplaçait pas complètement les variétés locales mais que les surfaces qui leur étaient attribuées diminuaient. **Dans ce cas, les agriculteurs modifient-ils la gestion de leurs variétés pour réduire les effets plus importants de dérive génétique et d'échanges génétiques avec des variétés étrangères ?**

Il serait également intéressant de comparer la gestion décrite à Cuzalapa, zone de diversification du maïs, avec la gestion qui en est faite dans les zones d'introduction comme peut l'être l'Afrique. Quel type de gestion permet qu'un système agricole dans lequel sont introduites quelques variétés génère une diversité adaptée au système de production locale : nombreux effets fondation, pression de sélection très poussée ...? Le même type de comparaison pourrait être fait sur une autre plante en approfondissant le système décrit par DENNIS (1987) pour le riz au nord de la Thaïlande et les zones où a été introduit *Oryza sativa* d'origine asiatique en Afrique.

Un autre point de comparaison concerne les systèmes faisant intervenir différentes espèces.

**Dans quelle mesure le système décrit à Cuzalapa correspond à la logique de fonctionnement de systèmes agricoles traditionnels faisant intervenir des plantes allogames (structure en métapopulation, échanges génétiques variables, apport régulier de matériel génétique nouveau, extinction-recolonisation et conditions favorisant la dérive génétique au niveau de chaque lot de semences) ?**

**D'autre part, quel système de gestion est adopté dans le cas de plantes autogames ou partiellement allogames ?** Nous l'avons vu, le fonctionnement d'une population subdivisée dans ce cas est différent étant donné que le niveau des échanges génétiques et les effectifs efficaces sont différents et que la diversité réside essentiellement entre sous-populations. Il est très probable que les différentes structurations intra et inter population de la diversité phénotypique et génétique selon le mode de reproduction de la plante considérée, conduisent à des stratégies différentes en ce qui

concerne leur conservation *in situ*. Dans le cas de plantes partiellement autogames, une diversité importante au niveau local pourrait être entretenue grâce à un renouvellement important des semences comme dans le cas des variétés de riz cultivées au nord de la Thaïlande rapporté par DENNIS (1987). Elle pourrait également être le fruit du mélange de variétés comme dans les exemples fournis par VAUGHAN et CHANG (1992) pour le riz. En effet, l'évolution à long terme de mélanges de variétés autogames conduit à une réduction de la diversité des caractères morphologiques et agronomiques mais pas enzymatiques d'après les expériences mises en place par JANA et KHANGURA (1986) sur la reconduction de mélanges de populations d'orge (*Hordeum vulgare*). La diversité peut également être entretenue par un repérage minutieux des plantes présentant des caractéristiques particulières intéressantes (résultat par exemple de mutations) et multiplication séparée des plantes repérées les soustrayant ainsi à de possibles compétitions intergénéotypes.

#### **IV - PRINCIPALES APPROCHES DE LA CONSERVATION IN SITU EN RELATION AVEC LE CAS ETUDIE**

La gestion traditionnelle des variétés de maïs cultivées dans le bassin versant de Cuzalapa conduit donc à une conservation dynamique, différente de ce qui est fait en conservation *ex situ*.

Le mode de fonctionnement de l'exemple étudié n'est bien entendu pas généralisable à tout système agricole paysan. Il ne se réfère qu'au cas d'une plante allogame et au contexte mexicain. Il est néanmoins représentatif de nombreuses communautés rurales mexicaines considérées des plus traditionnelles et dont le système agricole est estimé, d'autre part, comme étant l'un des derniers garants de la diversité des ressources génétiques en milieu cultivé. Il nous permet de confronter ce qui s'observe en milieu paysan avec les trois principaux concepts de *conservation in situ* (*Chapitre I*) et avec le concept de *réseau de conservation dynamique* (HENRY *et al.* 1991 ; DAVID 1992).

##### **IV.1 - CONSERVATION STATIQUE DES VARIETES ET DES CULTURES TRADITIONNELLES**

Cette optique considère que la conservation *in situ* doit être centrée sur une région précise et basée sur le maintien de tout le contexte technique, social et culturel ; la culture des variétés locales doit y être encouragée et l'introduction de cultivars étrangers et de nouvelles technologies interdite (ILTIS 1974 ; BENZ 1988). Il s'agit de **fixer le paysage génétique en figeant son environnement**.

Bien que les auteurs qui soutiennent ce point de vue défendent la conservation *in situ* en considérant que les plantes cultivées doivent continuer à évoluer dans leur milieu de culture, ils se basent de façon contradictoire sur une **vue statique des communautés paysannes**. L'évolution d'un cultivar est envisagée dans un rapport étroit avec le terroir dans lequel il est cultivé et les traditions

d'une communauté rurale. La dimension culturelle d'une région n'est pas perçue comme pouvant être le fruit d'échanges avec d'autres communautés et une variété le fruit d'échanges génétiques constants avec du matériel génétique qui n'est pas forcément reconduit localement.

Le fonctionnement décrit pour la communauté de Cuzalapa ne cautionne pas ce point de vue. Non seulement une faible proportion des variétés du bassin versant de Cuzalapa sont cultivées depuis plus d'une génération et considérées locales, mais de plus, des lots de semences de ces variétés sont également introduits régulièrement d'autres régions. **Se pose alors la question de l'échelle spatiale à laquelle considérer la conservation de ces variétés puisque probablement aucune échelle ne permettra de considérer que le matériel génétique cultivé est entièrement "local".**

Certains "conservationnistes" considéreront sans doute que la communauté étudiée n'est pas "suffisamment traditionnelle" pour le propos abordé. Elle répond cependant aux critères d'isolement géographique des grands axes routiers et de villes économiquement importantes, d'origine ethnique indigène de sa population et de pratiques et modes de vie traditionnels.

Une société traditionnelle ne l'est, par ailleurs, que par rapport à d'autres groupements humains qui lui sont contemporains ; elle est "moderne" par rapport à la société à laquelle elle a succédé. En fait, le fonctionnement du système agricole de Cuzalapa semble représentatif de celui des communautés agricoles actuelles ou passées. Les agriculteurs répondent à une multiplicité d'objectifs et de contraintes par une gamme variée de techniques et de variétés, certaines qu'ils connaissent bien et qui leur garantissent des résultats satisfaisants et stables ainsi que d'autres auxquelles ils ont eu accès et qu'ils mettent à l'essai. Dans les systèmes traditionnels une place importante est laissée à l'innovation. De nouvelles variétés sont introduites parce que les variétés locales ne répondent que partiellement aux besoins et parce que la curiosité pousse les agriculteurs à essayer de nouvelles variétés (HERNANDEZ X. 1985 ; GRAIN 1993). DENNIS (1987) constate ce qu'il appelle "un excès de diversité" par rapport à celle nécessaire pour le fonctionnement du système agricole.

Une variété survit aussi longtemps que survit le système de culture ou le besoin auxquels elle répond (BELLON 1990 ; RAFI 1986). Le maintien de la variété Blanco dans le bassin versant de Cuzalapa, malgré les nombreuses plaintes formulées par les agriculteurs sur son rendement médiocre, tient sans doute à la tradition mais également beaucoup au fait qu'aucune autre variété précoce, adaptée à la saison sèche, ne soit disponible. Lorsque les qualités ou les défauts spécifiques d'un cultivar n'ont plus de rôle à jouer dans le système, la variété peut être abandonnée. Dans les études concernant la diversité des variétés de maïs cultivées dans des communautés mexicaines, les auteurs rapportent systématiquement l'abandon par le passé de nombreuses variétés considérées trop tardives ou à talles trop hautes et donc plus susceptibles à la verse que les variétés cultivées actuellement (ex PERALES 1992). Une variété délaissée peut également ne plus être identifiée comme un cultivar à part entière mais amalgamée à d'autres variétés présentant des caractéristiques morpho-phénologiques similaires et perdre ainsi à terme jusqu'à son nom. C'est le cas des trois variétés de maïs à grains bleus cultivées par les Hopi d'Arizona aux USA dont les caractères distinctifs en ce qui concerne en particulier la facilité de broyage n'ont plus d'importance quand le broyage ne se fait plus à la main

(GRAIN 1993). La grande variabilité phénotypique observée entre lots de semences de la variété Amarillo Ancho dans le bassin versant de Cuzalapa peut ainsi être due à un ensemble de lots d'origines différentes auxquels le même nom est attribué, leur fonction étant directement liée à la couleur du grain qui traduit, pour les agriculteurs, une plus grande richesse en huile et donc une meilleure qualité pour l'alimentation des animaux.

Le mode de gestion de la diversité décrit pour la communauté de Cuzalapa va donc à l'encontre des propositions de fixation des systèmes agraires proposée par ILTIS (1974). Ces propositions sont irréalistes dans la mesure où elles ne correspondent pas au fonctionnement réel des communautés rurales, basé sur une diversité constamment renouvelée (PERNES et LOURD 1984) et qui se modifie en fonction des nouvelles techniques et des nouveaux objectifs de production. Ce que l'on décrit aujourd'hui est le fruit d'une évolution constante des sociétés, des techniques et d'un vaste mouvement de plantes cultivées et de variétés autour du monde (HARLAN 1987). Pourquoi fixer ce que l'on trouve aujourd'hui (sauf quand il y a urgence et danger de perte irrémédiable) et ne pas envisager que l'ensemble des ressources génétiques a beaucoup à gagner avec les modifications de l'agro-écosystème? La diversité est dynamique, basée sur des systèmes dynamiques (BRUSH 1991b), un arrêt de l'évolution n'est pas dans la "nature des choses". Isoler la culture ou un cultivar signifie leur décadence. **L'ensemble des variétés d'une communauté est formé des variétés qui ne sont plus cultivées, fondues d'une certaine manière en partie dans celles qui le sont activement, qu'elles soient locales ou introduites.**

On peut néanmoins considérer dans certaines conditions particulières de croissance que la conservation d'une variété implique également la continuation de certaines pratiques traditionnelles de culture, les caractéristiques particulières des variétés locales étant directement liées à celles-ci. Nous pouvons prendre les exemples cités par VAUGHAN et CHANG (1992). Les variétés de riz appelées Rayada au Bangladesh, limitées à quelques villages, ont une sensibilité photopériodique particulière et sont adaptées à un régime singulier d'inondations au cours de la mousson qui a conditionné les techniques culturales. Il en est de même des variétés Bayar du sud du Kalimantan en Indonésie qui subissent un triple repiquage.

## **IV.2 - COHABITATION ENTRE VARIETES LOCALES ET AMELIOREES**

Les partisans d'une conservation *in situ* où les variétés locales et les techniques traditionnelles cohabiteraient avec des variétés et des techniques nouvelles, dont en particulier des variétés améliorées, sont plus proches de la réalité. Il est d'ailleurs intéressant de noter que les défenseurs de cette optique sont le plus souvent les membres d'Organisations Non Gouvernementales ou d'associations travaillant dans le développement agricole.

Les partisans de cette stratégie considèrent qu'il n'est pas nécessaire d'imposer ou de gérer de

manière artificielle le maintien des variétés locales dans leur milieu, il suffit que leur valeur agronomique, gustative, marchande perdure et donc que le contexte qui les maintient soit revalorisé, ou qu'une nouvelle valeur soit donnée à ces variétés (GRAIN 1993 ; RAFI 1986). Tous les efforts sont tournés vers la revalorisation par l'agriculteur de ses coutumes et variétés et la promotion et protection de leurs particularités. Ces actions sont envisagées en liaison avec des projets de développement qui intègrent conservation, autosuffisance alimentaire et/ou intégration au marché (MERRICK 1990 ; FAO 1991).

Les nouveaux systèmes agraires intégrant des variétés exogènes et des variétés locales ne sont *a priori* pas différents du système traditionnel qui a été décrit. Ces systèmes peuvent continuer à conserver et générer de la diversité dans la mesure où un certain équilibre entre variétés cultivées régulièrement et variétés cultivées momentanément ne sera pas rompu. La limite est impossible à préciser à partir de nos données. Elle est vraisemblablement fonction de l'uniformité génétique des variétés introduites.

Les observations faites à Cuzalapa indiquent, de plus, que très souvent le principal facteur limitant de la production est agronomique et non génétique (par exemple forte carence des sols irrigués en phosphore à Cuzalapa). Pour conserver les variétés locales il faut s'opposer à l'idée qui consiste à considérer qu'il n'y a de remède que dans les variétés améliorées. Un rétablissement des systèmes d'inondation des sols par les fleuves en saison des pluies, tel qu'il était pratiqué il y a 20 ans lorsque du riz était cultivé, serait peut-être l'une des actions qui garantirait la continuité de la variété Blanco, plus sensible à la baisse de la fertilité des sols, dans la région étudiée.

C'est une approche de la conservation *in situ* beaucoup plus souple que la précédente, qui envisage l'évolution des systèmes agraires et tente de concilier les lois du marché et la conservation. Néanmoins cette alternative ne considère que la conservation en l'état des variétés locales dans la mesure où elles sont encore considérées utiles par les agriculteurs. Un cultivar ne répondant plus à leurs besoins, malgré les divers outils destinés à le revaloriser, est donc voué à disparaître, cette approche de la conservation *in situ* n'étant pas coercitive. Il est donc nécessaire d'associer diverses actions visant à revaloriser l'utilisation des variétés locales mais également d'y associer l'amélioration génétique des variétés vouées à l'abandon de façon à mieux répondre aux nouvelles exigences.

### **IV.3 - CONSERVATION - DOMESTICATION - AMELIORATION DE VARIETES**

La proposition qui s'approche le plus des conditions réelles que vivent les communautés rurales consiste à associer la conservation à l'amélioration des variétés locales.

Les variétés locales sont remplacées par d'autres variétés (améliorées ou paysannes d'autres régions) lorsque ces dernières répondent mieux aux facteurs limitants principaux. Les variétés abandonnées à Cuzalapa l'ont ainsi été sur des critères simples tels que la sensibilité à la verse, la

hauteur de plante ou la longueur de cycle. Ainsi, chez certains agriculteurs la variété améliorée Enano a remplacé pendant de nombreux cycles au cours de la saison des pluies très ventée d'autres variétés tardives à cause de sa taille réduite et talle de fort diamètre qui la rendaient résistante à la verse. Actuellement, cette variété disparaît progressivement du paysage agricole : sa taille augmentant cycle après cycle, son avantage comparatif se réduit.

Or, les méthodes traditionnelles de sélection des semences observées à Cuzalapa ne sont pas des méthodes destinées à modifier et améliorer les performances des variétés. La sélection des meilleurs épis permet de maintenir la productivité des variétés et les critères de sélection sont plutôt destinés à différencier les variétés les unes des autres. Les méthodes de sélection basées uniquement sur les épis ne permettent en particulier pas de transformer rapidement les caractéristiques végétatives. **La sélection limitée à l'épi laisse présager de bonnes possibilités d'amélioration si l'ensemble de la plante est prise en compte**, en particulier en ce qui concerne la tendance à la verse ou la taille de plante relativement facile à sélectionner par sélection massale. THOMPSON (1972) a montré qu'en utilisant pour seul critère de sélection la verse ou l'érection d'une plante, des modifications rapides et importantes des tissus de la talle et des racines réduisaient considérablement la tendance d'une variété à la verse (de 60% de plantes versées au premier cycle à 8% au 6ème cycle de sélection).

Les techniques à proposer concerneront donc essentiellement la sélection massale sur les plantes et les épis, et peuvent également considérer la castration des plantes à caractéristiques peu désirables et la stratification du terrain de façon à contrôler l'effet du milieu.

**La sélection permettra d'augmenter la fréquence des structures géniques favorables. Elle n'entraînera néanmoins pas de réduction de la diversité, la structure en métapopulation se chargeant de restaurer un certain polymorphisme intra-population.**

Dans le cas précis de Cuzalapa cette option peut parfaitement s'envisager. Elle pourra porter tout d'abord sur la résistance à la verse (fort impact en saison des pluies) et sur la prolificité (près d'un tiers des plantes ne produisent pas d'épi). La race locale Tabloncillo a été reconnue comme étant parmi les meilleures races de moyenne et basse altitude en croisement et *per se* (CROSSA *et al.* 1990) et les autofécondations ont montré une variabilité importante intra et inter-variétale. Cette action est réalisable dans de nombreuses autres régions où certaines des races considérées les plus importantes pour l'amélioration génétique comme les races Celaya, Vandeño, Tuxpeño et Chalqueño (GOODMAN et BROWN 1988), disparaissent des milieux cultivés mexicains.

**Ce système n'est pas destiné à conserver les variétés locales en tant que telles mais à conserver un certain niveau de diversité localement. Une diversité adaptée aux conditions locales et surtout qui continuera à évoluer.**

## DEUX SYSTEMES COMBINANT LA CONSERVATION *EX SITU* ET L'EVOLUTION DES RESSOURCES GENETIQUES DE PLANTES CULTIVEES

CONSERVATION  
STATIQUE

AMELIORATION ET  
DIVERSIFICATION

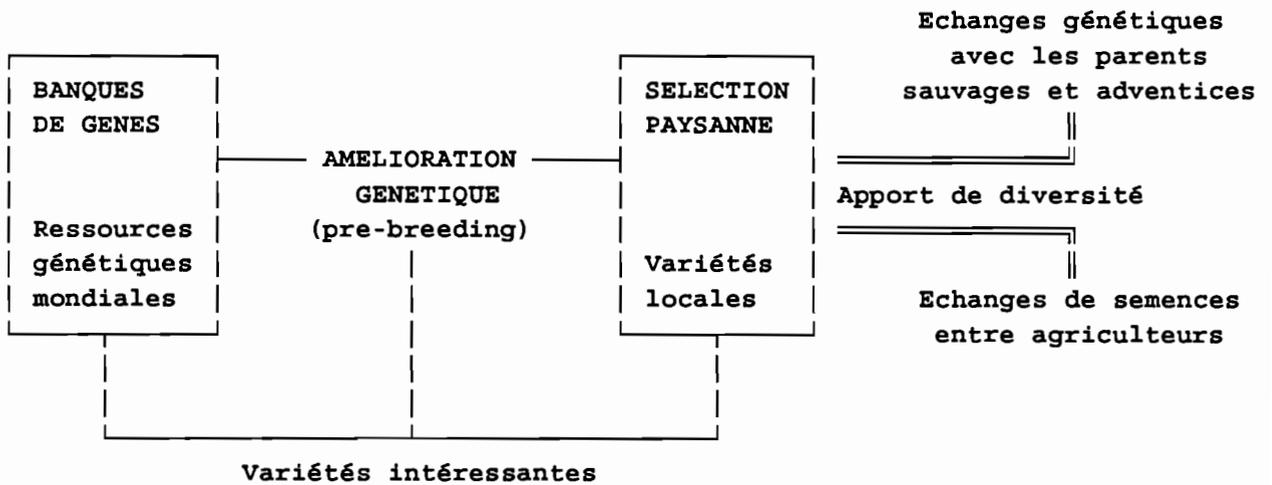


Figure No C-7 . Intégration des secteurs formels et informels de sélection des semences d'après BERG et al. (1991).

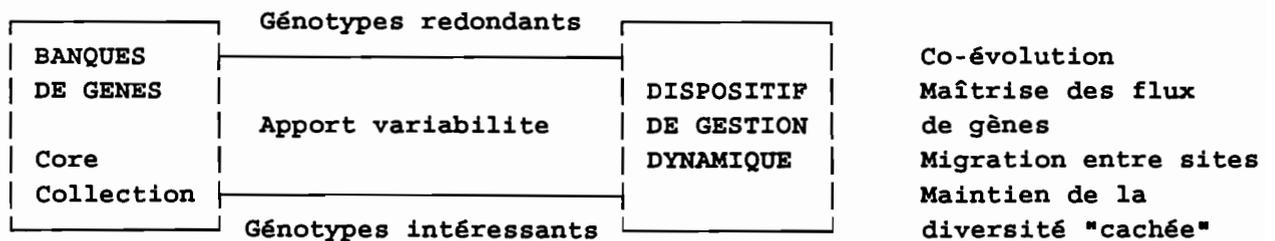


Figure No C-8 . Gestion intégrée des ressources génétiques d'après DAVID (1992).

#### IV.4 - RESEAU DE CONSERVATION DYNAMIQUE

Le principe de la conservation dynamique consiste à conserver en culture une ou plusieurs populations à large base génétique dans plusieurs environnements différents (GOLDRINGER *et al.* nd). Les réseaux de conservation dynamique sont également envisagés comme un moyen de faire de la pré-sélection et d'incorporer par exemple des gènes exotiques potentiellement intéressants (GOLDRINGER *et al.* nd).

Les conclusions des études faites sur le réseau de conservation dynamique de populations composites de blé installé en France en 1983, en ce qui concerne la structure de la diversité conservée dans le réseau et les stratégies à adopter pour aboutir à un système qui allie conservation et génération de diversité (HENRY *et al.* 1991 ; DAVID 1992 ; GOLDRINGER *et al.* nd) sont singulièrement en accord avec les mécanismes mis en évidence dans notre étude de cas. DAVID (1992) montre par exemple que la conservation de la diversité allélique doit passer par un régime variable d'isolement-recroisement de populations réparties dans une gamme importante de conditions agro-climatiques pour les caractères liés à l'adaptation au milieu et la conservation de certaines caractéristiques contre-sélectionnées par le milieu doivent faire l'objet de pressions de sélections particulières. Ces principes sont à comparer aux réseaux de communautés rurales situées dans des conditions de culture très différentes et qui échangent régulièrement quelques lots de semences. Chaque communauté est par ailleurs elle-même pédoclimatiquement variable et la conséquence du mode de gestion des variétés conduit à des régimes variables d'isolement-recroisement de lots de semences. Ces réseaux mimeraient donc les processus qui ont lieu dans les systèmes agricoles traditionnels et auraient le même rôle que le milieu paysan comme source de nouvelle diversité.

L'association entre la conservation en banques de gènes et les réseaux de conservation dynamique (DAVID 1992, *figure C-8*) permettrait d'établir un système cohérent de conservation des ressources génétiques alliant la conservation *ex situ* qui rend l'accès aux ressources génétiques facile aux généticiens lorsque l'évaluation des accessions est faite et l'évolution des ressources génétiques soumises à diverses pressions de sélections.

## **V - CONCLUSION**

Les variétés de maïs cultivées dans le bassin versant de Cuzalapa ne sont pas gérées comme des systèmes génétiques distinctes et stables. La gestion traditionnelle des variétés permet la permanence d'un certain niveau de diversité phénotypique et génétique dans le temps et la conservation de certaines caractéristiques des variétés sélectionnées par les agriculteurs. Elle est le garant de la conservation dynamique d'un niveau global de diversité en opposition à un système où seules des variétés améliorées seraient reconduites chaque année à partir de l'achat de semences. **L'objectif de la conservation *in situ* doit donc être le maintien d'une large diversité et pas forcément le maintien de variétés particulières. Il s'agit de privilégier la continuité des mécanismes qui sont à l'origine de cette diversité, de son maintien et de son évolution, en particulier les échanges génétiques entre variétés, plutôt que la conservation stricte d'une variété particulière ou d'un groupe de gènes dont le mandat peut être réservé à la conservation *ex situ*.**

Le mécanisme essentiel de cette conservation repose essentiellement dans la reconduction de variétés à partir de semences prélevées sur les récoltes précédentes, c'est à dire sur la permanence d'une population plusieurs générations de suite dans le même milieu en situation continue d'échanges de gènes avec d'autres populations.

Pour faire de la conservation *in situ* de cultivars locaux dans le bassin versant de Cuzalapa, il ne s'agit donc surtout pas d'isoler la communauté des régions environnantes, ni d'empêcher l'introduction de variétés nouvelles. Les actions doivent consister à promouvoir la reconduction régulière des principales variétés locales du continuum que nous avons identifié et surtout les variétés Blanco et Chianquiahuitl situées aux deux extrêmes de ce continuum. Aucune condition n'est requise en ce qui concerne les surfaces à cultiver ni l'isolement vis-à-vis d'autres variétés, fussent-elles exogènes ou locales. Les seules conditions concernent : **la reconduction de plusieurs lots plutôt que d'un seul grand lot par variété et une diversité suffisante des variétés exogènes.** La reconduction d'un seul lot conduirait à une dérive trop importante et des variétés introduites uniformes, un appauvrissement génétique du bassin versant. Si la proportion de variétés exogènes devient trop importante par rapport aux variétés locales, une localisation dans l'espace des lots reconduits peut devenir nécessaire pour réduire la pression de contamination par les autres variétés ou le mélange régulier des différents lots de semences de chaque variété. Cette alternative pourra associer la conservation de certaines structures alléliques spécifiques (liés à des caractères sélectionnés par les agriculteurs ou à l'adaptation des variétés aux conditions agricoles) avec l'évolution de ces ressources génétiques.

La reconduction au champ peut ne pas être nécessaire tous les ans. Une banque de gènes communautaire peut ainsi être associée au projet. L'équilibre entre le nombre d'années de conservation en banque et le nombre de cycles de reconduction au champ est

à trouver.

Pour que les variétés continuent à être cultivées des actions doivent être menées sur les facteurs limitants agronomiques de la production et sur l'amélioration génétique locale des variétés. Si ces actions ne sont pas suffisantes pour garantir la permanence des variétés, on peut également envisager un "réseau de Cuzalapas" aux caractéristiques climatiques comparables au sein duquel les variétés locales "tournent" de façon à ce que l'effort de conservation ne soit pas concentré sur quelques agriculteurs. On a effectivement vu qu'aucune des variétés locales n'était spécifique au bassin versant (sauf peut-être la variété Chianquiahuitl) ; un lot de la variété Blanco ou Amarillo Ancho est aussi locale à Cuzalapa qu'à Cuautitlán par exemple.

Si l'on voulait aller encore plus loin nous pourrions considérer que ce qui particularise les systèmes de culture traditionnels est leur diversité (à tous les points de vue) intra et inter et c'est ce qu'il faut en retenir dans un projet à long terme. Cette diversité est changeante car les conditions extérieures se modifient également. Un système aussi traditionnel qu'il puisse paraître est toujours un système en évolution. Pour l'agriculture mondiale mais également pour le développement socio-économique de Cuzalapa et l'équilibre de son agro-écosystème est-il vraiment nécessaire que les variétés Blanco, Negro, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl soient encore présentes dans le bassin versant de Cuzalapa dans un siècle ? Pourquoi considérer que ce sont ces variétés qui doivent être conservées et ne pas déplorer celles qui ne le sont plus depuis un siècle ? **Ce qui est important est probablement que vingt variétés différentes soient cultivées à Cuzalapa mais pas forcément que celles qui existent aujourd'hui le soient.** Il serait sans doute préférable de permettre l'introduction de nouveaux cultivars qui retiennent, grâce aux échanges génétiques, les complexes adaptatifs qui caractérisent les variétés locales, ou de produire de nouveaux cultivars à partir de géotypes locaux (OLDFIELD et ALCORN 1987), que des variétés diverses se succèdent tout en étant cultivées suffisamment longtemps pour s'adapter et s'"imprégner" du caractère local. Il s'agit donc probablement de ne plus parler de la *conservation in situ de variétés locales* mais de la *conservation in situ d'un niveau de diversité*.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AIRY, J.M.; 1955. Production of hybrid corn seed. *in* Corn and corn improvement, Chap.IX, 379-422.
- ALCORN, J.B.; 1993. Indigenous peoples and conservation. *Conservation Biology*, 7 (2), 424-426.
- ALLARD, R.W.; 1988. Genetic changes associated with the evolution of adaptedness in cultivated plants and their wild progenitors. *Journal of heredity*, 79, 225-238.
- ALLARD, R.W.; 1990. The genetics of host-pathogen coevolution : implications for genetic resource conservation. *Journal of heredity*, 81 (1), 1-6.
- ALTIERI, M.A.; 1989. Rethinking crop genetic resource conservation : a view from the south. *Conservation Biology*, 3 (1), 77-79.
- ALTIERI, M.A.; MERRICK, L.C.; 1987. *In situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany*, 41 (1), 86-96.
- AMOUKOU, I.; 1993. Barrières à la reproduction entre mils penicillaires sauvages et cultivés (*Pennisetum glaucum* (L.)R.Br.). Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, 129 p.
- ANDRADE A., J.A.; 1986. Cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Aguascalientes, México : situación actual y comparación del plasma germinal 1940-1984. Tesis de M.C., Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 253p.
- AULICINO, M.B.; MAGOJA, J.L.; 1986. More about teosinte characterization. *Maize Genetics Cooperation News Letter*, n°60, Depart. of Agronomy and US Depart. of Agriculture, Univ. of Missouri, Columbia, Missouri, 81-82.
- BARRETT, S.C.H.; CHARLESWORTH, D.; 1991. Effects of a change in the level of inbreeding on the genetic load. *Nature*, 352, 522-534.
- BASSETTI, P.; WESTGATE, M.E.; 1993. Senescence and receptivity of maize silks. *Crop Science*, 33, 275-278.
- BATES, D.M.; 1985. Plant utilization : patterns and prospects. *Economic Botany*, 39 (3), 241-265.
- BATISSE, M.; 1986. Les réserves de la biosphère : élaboration et mise au point du concept. *Nature et Ressources*, 22 (3), 10p.
- BEADLE, G.; 1980. L'origine du maïs. *Pour la Science*, n°29, 59-71.
- BEDIGIAN, D.; HARLAN, J.R.; 1983. Nuba agriculture and ethnobotany, with particular reference to sesame and sorghum. *Economic Botany*, 37 (4), 384-395.
- BELLON C., M.R.; 1990. The ethnoecology of maize prunder technological change. Ph D. Dissertation in ecology, University of California, Davis, Ann Arbor, Michigan, 276 p.
- BENOIT-JOLY, P.; 1992a. Du patrimoine commun à la privatisation des ressources génétiques. *Le Monde Diplomatique*, mai 1992.
- BENOIT-JOLY, P.; 1992b. Ressources phylogénétiques, la fin du libre accès ? *Courrier de la Planète*, n°7, 29-31.
- BENZ, B.F.; 1987. Racial systematics and the evolution of mexican maize. *in* Manzanilla, L.(ed), *Studies in the neolithic and urban revolutions*, Proceedings of the V. Gordon Childe Colloquium, Mexico, BAR International Series 349, 121-136.
- BENZ, B.F.; 1988. *In situ* conservation of the genus *Zea* in the Sierra de Manantlán Biosphere Reserve. *in* Recent advances in the conservation and utilization of genetic resources, Proceedings of the Global Maize Germplasm Workshop, CIMMYT, México. 59-69.
- BENZ; B.F; ILTIS, H.H.; 1992. Evolution of female sexuality in maize ear (*Zea mays* L. subsp. *mays* - Gramineae). *Economic Botany*, 46 (2), 212-222.
- BENZ, B.F.; *in press*. On the origine, evolution and dispersal of maize. *in* Blake, M.(ed). *The beginnings of agriculture and development of complex societies. The prehistory of the pacific basin*. Washington State University Press.
- BENZ, B.F.; JARDEL P., E.J.; 1990. Conservación de teocintles y maíces criollos: perspectivas sobre le futuro del maíz. *in* El maíz en la década de los 90's, Memoria del Simposio Nacional sobre Maíz. Ayuntamiento de Zapopan, Jal, 115-120.
- BENZ, B.F.; SANCHEZ V., L.R.; SANTANA M, J.F.; 1990. Ecology and ethnobotany of *Zea diploperennis* : preliminary investigations. *Maydica*, 35, 85-98.
- BERARD, L.; FRAGATA, A.; de CARVALHO, A.; MARCHENAY, P.; VIEIRA da SILVA, J.; 1991. Cultivars locaux, ethnobiologie et développement. *in* CONSEIL DE L'EUROPE. *La conservation des espèces sauvages progénitrices des plantes cultivées*. Collection Rencontres Environnement, n°8, Actes du colloque organisé par le Conseil de l'Europe en collaboration avec l'Office des Réserves Naturelles d'Israël, Strasbourg, 78-84.
- BERG, T.; 1992. Indigenous knowledge and plant breeding in Tigray, Ethiopia. *Forum for development studies*, n°1, 13-22.
- BERG, T.; 1993. The science of plant breeding : support or alternative to traditional practices ?. *in* de BOEF,W.; AMADOR, K.; WELLARD, K. with BEDDINGTON, A. (eds), *Cultivating knowledge : genetic diversity, farmer experimentaton and crop research*, Intermediate Technology Publications, 72-77.
- BERG, T.; BJORNSTAD, A.; FOWLER, C.; SKROPPIA, T.; 1991. Technology options and the gene struggle. *Development and environment* n°8. NORAGRIC Occasional Papers Series C, Agricultural University of Norway, 147p.
- BEZANÇON, G.; 1993. Le riz cultivé d'origine africaine *Oryza glaberrima* Steud. et les formes sauvages et adventices apparentées: diversité, relations génétiques et domestication. Thèse de Doctorat en sciences, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, 122 p.
- BIJLSMA, R.; ALLARD, R.W.; KAHLER, A.L.; 1986. Nonrandom mating in an open-pollinated maize population. *Genetics*, 112, 669-680.
- BILLINGTON, H.L.; MORTIMER, A.M.; McNEILLY, T.; 1988. Divergence and genetic structure in adjacent grass populations. I. Quantitative genetics. *Evolution*, 42 (6), 1267-1277.

## Références bibliographiques

- BIRD, R. McK.; GOODMAN, M.M.; 1977. The races of maize. V : Grouping maize races on the basis of ear morphology. *Economic Botany*, 31, 471-481.
- de BOEF, W.; AMANOR, K.; WELLARD, K. with BEDDINGTON, A. (eds); 1993. Cultivating knowledge : genetic diversity, farmer experimentation and crop research, Intermediate Technology Publications, 191 p.
- BOLAÑOS, J; EDMEADES, G.O.; 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. II. Responses in reproductive behavior. *Field Crops Research*, 31, 253-268.
- BOMMER, D.F.R.; 1991. The historical development of international collaboration in plant genetic resources. *in* HINTUN, Th.J.L.; FRESE, L.; PERRET, P.M.; (eds). Searching for new concepts for collaborative genetic resources management. Papers of the EUCARPIA/IBPGR symposium, Wageningen, The Netherlands, 3-6 Dec. 1990, International Crop Networks Series n°4. IBPGR, 3-12.
- BONAPARTE, E.E.N.A.; BRAWN, I.; 1976. Effects of different environments on leaf number and duration to flowering in corn. *Can. J. Plant Sci.*, 56, 699-704.
- BONO, M.; 1974. Informations, données pratiques et propositions en vue du contrôle de la production de semences sélectionnées de maïs, mil penicillaire, sorgho, riz, blé, arachide, niébé. *L'Agronomie Tropicale*, 24(1), 43-96.
- BOSTER, J.S.; 1984. Classification, cultivation, and selection of Aguaruma cultivars of *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae). *in* Ethnobotany in the Neotropics, Prance G.T., Kallunki J.A. (eds), *Adv. Econ. Bot.*, 34 (1), 34-47.
- BOSTER, J.S.; 1985. Selection of perceptual distinctiveness : evidence from Aguaruna cultivars of *Manihot esculenta*. *Economic Botany*, 39 (3), 310-325.
- BRAC DE LA PERRIERE, R.A.; 1982. Contribution à l'évaluation et à la conservation de la variabilité des mils (*Pennisetum Typhoides* (Burm.) Stapf & Hubb) de Côte d'Ivoire. Thèse de doctotat, spécialité Amélioration des Plantes, Université Paris-Sud, Centre d'Orsay, 111 p.
- BRETTING, P.K.; GOODMAN, M.M.; 1989. Genetic variation in crop plants and management of germplasm collections. *in* Scientific management of germplasm : characterization, evaluation and enhancement, STALKER, H.T., CHAPMAN, C. (eds), IBPGR training courses : Lecture series 2, IBPGR with the Departement of crop science, North Carolina State University, 1989, 41-54.
- BROWN, W. L.; 1983. Genetic diversity and genetic vulnerability - An appraisal. *Economic Botany*, 37 (1), 4-12.
- BROWN, A.H.D.; 1989. Core collections : a practical approach to genetic resources management. *Genome*, 31, 818-824.
- BROWNING, J.A.; 1988. Current thinking on the use of diversity to buffer small grains against highly epidemic and variable foliar pathogens : problems and future prospects. *in* SIMMONDS N.M., RAJARAM S. (eds), *Breeding strategies for resistance to the rusts of wheat*, CIMMYT, Mexico D.F., Chap. 7, 76-90.
- BROWNING, J.A.; FREY, K.J.; 1969. Multiline cultivars as a means of disease control. *Ann. Rev. of Phytopat.*, 7, 355-382.
- BRRRI - BANGLADESH RICE RESEARCH INSTITUTE, 1993. Farming systems research at Kamalganj. BRRRI, Bangladesh, 111 p.
- BRUSH, S.B.; 1986. Genetic diversity and conservation in traditional farming system. *Journal of Ethnobiology*, 35, 70-85.
- BRUSH, S.B.; 1989. Rethinking crop genetic resource conservation. *Conservation Biology*, 3 (1), 19-29.
- BRUSH, S.B.; 1991a. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Economic Botany*, 45 (2), 153-165.
- BRUSH, S.B.; 1991b. Farmer conservation of new world crops : the case of andean potatoes. *Diversity*, 7 (1&2), 75-79.
- BRUSH, S.B.; 1992. Farmer's rights and genetic conservation in traditional farming systems. *World Development*, 20 (11), 1617-1630.
- BRUSH, S. B.; BELLON C., M.; SCHMIDT, E.; 1988. Agricultural development and maize diversity in Mexico. *Human Ecology*, 26 (3), 307-328.
- BRUSH, S.B.; CARNEY, H.J.; HUAMAN, Z.; 1981. Dynamics of andean potato agriculture. *Economic Botany*, 35 (1), 70-88.
- BURTON, G.W.; 1976. Gene loss in pearl millet germplasm pools. *Crop Science*, 16, 251-255.
- CHANG, T.T.; 1984. Conservation of rice genetic resources : luxury or necessity. *Science*, 224 (4646), 251-256.
- CHANTEREAU, J.; 1993. Etude de l'hétérosis chez le sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) par l'exploitation d'écotypes et l'analyse de leurs divergences. Thèse de docteur en sciences, Université Paris XI, Orsay, 206 p.
- CHANTEREAU, J.; ARNAUD, M.; OLLITRAULT, P.; NABAYAOGO, P.; NOYER, J.L.; 1989. Etude de la diversité morphophysologique et classification des sorghos cultivés. *L'Agronomie tropicale*, 44 (3), 223-232.
- CHAVEZ, E.; 1913. Cultivo del maíz. Secretaría de Fomento, Dirección General de Agricultura, boletín n°74 de la Estación Agrícola Central, México, 816 p.
- CHRISTIANSEN, F.B.; FRYDENBERG, O.; 1974. Geographical patterns of four polymorphisms in *Zoarcus viviparus* as evidence of selection. *Genetics*, 77, 765-770.
- CIMMYT, 1989. Maize research and development in Pakistan. CIMMYT, Mexico D.F., 100 p.
- CIMMYT, 1993. Germplasm bank. Genetic resources preservation, regeneration, maintenance and utilization. Briefing book prepared for the External Review Team, El Batán, February 15-19, 1993.
- CLAWSON, D.L.; 1985. Harvest security and intraspecific diversity in traditional tropical agriculture. *Economic Botany*, 39 (1), 56-67.
- COE, E.H.Jr; NEUFFER, M.G.; HOISINGTON, D.A.; 1988. The genetics of corn. *in* Sprague G.F. & Dudley J.W. (eds), *Corn and corn improvement* (third edition), Series Agronomy, n° 18, American Society of Agronomy, 81-258.
- COHEN, J.I.; ALCORN, J.B.; POTTER, C.S.; 1991. Utilization and conservation of genetic resources : International projects for sustainable agriculture. *Economic Botany*, 45 (2), 190-199.

## Références bibliographiques

- CONKLIN, H.C.; 1986. Des orientations, des vents, des riz... Pour une étude lexicologique des savoirs traditionnels. JATBA, 33, 3-10.
- CONSEIL DE L'EUROPE, 1991. La conservation des espèces sauvages progénitrices des plantes cultivées. Collection Rencontres environnement, n°8, Actes du colloque organisé par le Conseil de l'Europe en collaboration avec l'Office des Réserves Naturelles d'Israël, Strasbourg, 154 p.
- COOPER, D.; VELLVE, R.; HOBELINK, H. (eds); 1992. Growing diversity - Genetic Resources and local food security. GRAIN, IT Publications, London, 166 p.
- CROSS, R.J.; FAUTRIER, A.G.; McNEIL, D.L.; 1992. IBPGR morphological descriptors - their relevance in determining patterns within a diverse spring barley germplasm collection. Theor. Appl. Genet., 85, 489-495.
- CROSSA, J.; 1988. Theory and practice in determining sample size for conservation of maize germplasm. in Recent advances in the conservation and utilization of genetic resources : Proceedings of the global maize germplasm workshop, CIMMYT, México D.F., 1988.
- CROSSA, J.; 1989. Methodologies for estimating the sample size required for genetic conservation of outbreeding crops. Theor. Appl. Genet., 77 (2), 153-161.
- CROSSA, J.; TABA, S.; WELLHAUSEN, E.J.; 1990. Heterotic patterns among mexican races of maize. Crop Science, 30 (6), 1182-1190.
- DAHL, F.; NABHAN, G.P.; 1992. From the grassroots up : the conservation of plant genetic resources by grassroots organizations - "Later-day Noahs" of North America. Diversity, 8 (2), 28-31.
- DAMERVAL, C.; HEBERT, Y.; De VIENNE, D.; 1987. Is the polymorphism of protein amounts related to phenotypic variability? A comparison of two-dimensional electrophoresis data with morphological traits in maize. Theor. Appl. Genet., 74, 194-202.
- DAVID, J.; 1992. Approche méthodologique d'une gestion dynamique des ressources génétiques chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Thèse de doctorat en sciences, INA-PG, 130 p.
- DENNIS, J.V.Jr; 1987. Farmer management of rice variety diversity in northern Thailand. Ph.D. dissertation, Cornell University, University microfilm, Ann Arbor, Michigan, 365 p.
- DERIEUX, M.; 1983. Sélection et adaptation. in Physiologie du maïs; INRA, Paris, 503-526.
- DICKINSON, H.; ANTONOVICS, J.; 1973. Theoretical considerations of sympatric divergence. The American Naturalist, 107 (954), 256-274.
- DOEBLEY, J.F.; 1983. The maize and teosinte male inflorescence : a numerical taxonomic study. Annals Missouri Botanical Garden, 70 (1), 32-70.
- DOEBLEY, J.F.; 1990. Molecular evidence and the evolution of maize. Economic Botany, 44 (3 supplement, BRETTING, P.K. (ed)), 6-27.
- DOEBLEY, J.F.; GOODMAN, M.M.; STUBER, C.W.; 1984. Isozyme variation in *Zea* (Gramineae). Systematic Botany, 9, 203-218.
- DOEBLEY, J.F.; GOODMAN, M.M.; STUBER, C.W.; 1985. Isozyme variation in the races of maize from Mexico. American Journal of Botany, 72 (5), 629-639.
- DOEBLEY, J.F.; GOODMAN, M.M.; STUBER, C.W.; 1987. Patterns of enzyme variation between maize and mexican annual teosinte. Economic Botany, 41 (2), 234-246.
- DUVICK, D.N.; 1984. Genetic diversity in major farm crops on the farm and in reserve. Economic Botany, 38 (2), 161-178.
- ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H.; 1985. Handbook of seed technology for genebanks. IBPGR, Rome, 2 vol.
- ENDLER, J.A.; 1973. Gene flow and population differentiation. Science, 179, 243-250
- ESQUINAS ALCAZAR, J.T.; 1991. Système global de la FAO sur les ressources phylogénétiques. in CONSEIL DE L'EUROPE, La conservation des espèces sauvages progénitrices des plantes cultivées, Collection Rencontres environnement, n°8, Actes du colloque organisé par le Conseil de l'Europe en collaboration avec l'Office des Réserves Naturelles d'Israël, Strasbourg, 100-107.
- ESQUIVEL, M.; HAMMER, K.; 1992. The cuban homegarden "conuco" : a perspective environment for evolution and *in situ* conservation of plant genetic resources. Genetic Resources and Crop Evolution, 39, 9-22.
- FAO, 1989. Ressources phylogénétiques : leur conservation *in situ* au service des besoins humains. FAO, Rome, 38p.
- FAO, 1991. Stratégies pour l'établissement d'un réseau d'aires de conservation *in situ*. FAO, CPGR, 7 p.
- FRIEDBERG, C.; 1990. Le savoir botanique des Bunaq. Percevoir et classer dans le Haut Lamaknen (Timor, Indonésie). Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle, Botanique, Tome 32, 303 p.
- FRANCISCO-ORTEGA, J.; JACKSON, M.T.; CATTY, J.P.; FORD-LLOYD, B.V.; 1992. Genetic diversity in the *Chamaecytisus proliferatus* complex (Fabaceae : Genisteae) in the Canary Islands in relation to *in situ* conservation. Genetic Resources and Crop Evolution, 39, 149-158.
- FRANKEL, O.H.; 1976. Natural variation and its conservation. in Genetic diversity in plants, Muhammed A.; Aksel R. and Von Borstel (eds), Plenum, New York, 31-44.
- GALE, J.S.; LAWRENCE, M.J.; 1984. The decay of variability. in Williams, J.T.; Holden, J. (eds). Crop genetic resources : conservation and evaluation. IBPGR, George Allen & Unwin (publishers), 77-101.
- GALINAT, W.C.; 1985. The missing link between teosinte and maize : a review. Maydica, 30, 137-160.
- GALINAT, W.C.; PASUPULETI, C.V.; 1982. *Zea diploperennis* : II : a review on its significance and potential value for maize improvement. Maydiva, 27, 213-220.
- GARNIER-GERE, P.; 1992. Contribution à l'étude de la variabilité génétique inter- et intra-population chez le maïs (*Zea mays* L.) : valorisation d'informations agromorphologiques et enzymatiques. Thèse de doctorat, INAP-G, Paris, 226 p.
- GLEAVES, J.T.; 1973. Gene flow mediated by wind-borne pollen. Heredity, 31 (3), 355-366.

## Références bibliographiques

- GOLDRINGER, I.; PHAM, J.-L.; DAVID, J.L.; BRABANT, P; GALLAIS, A.;** sous presse. Is Dynamic management of genetic resources a way of pre-breeding ? Colloque Eucarpia, section ressources génétiques, Clermont-Ferrand 1994.
- GOODMAN, M.M.; 1967.** The races of maize : I. The use of Mahalanobis' generalized distances to measure morphological similarity. *Fitotecnia Latinoamericana*, 4, 1-22.
- GOODMAN, M.M.; 1968.** The races of maize : II. Use of multivariate analysis of variance to measure morphological similarity. *Crop Science*, 8, 693-698.
- GOODMAN, M.M.; 1990.** Genetic and germplasm stocks worth conserving. *Journal of Heredity*, 81, 11-16.
- GOODMAN, M.M.; BROWN, W.L.; 1988.** Races of corn. *in* Sprague G.F. & Dudley J.W. (eds), *Corn and corn improvement* (third edition), Series Agronomy, n° 18, American Society of Agronomy, 33-79.
- GOODMAN, M.M.; HERNANDEZ, J.M.; 1991.** Latin america maize collections : a case for urgent action. *Diversity*, 7 (1&2), 87-88.
- GOODMAN, M.M.; PATERNIANI, E. ; 1969.** The races of maize : III. Choices of appropriate characters for racial classification. *Economic Botany*, 23 (4), 265-273.
- GOODRICH, W.J.; 1987.** Monitoring genetic erosion : detection and assessment. Report submitted to the IBPGR, Feb 1987, 42p.
- GOUET, J.-P., PHILIPPEAU, G., 1989.** Comment interpréter les résultats d'une analyse de variance. ITCF, Paris, 47p.
- GRAIN - Genetic Resources Action International; 1992.** Ethiopia's future : hybrids or landraces ? Seedling, GRAIN, Espagne, 11-14.
- GRAIN - Genetic Resources Action International; 1993.** Seeds of strength for Hopis & Zunis. Seedling, GRAIN, Espagne, 13-21.
- GUZMAN M., R.; 1985.** Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán, Jalisco. Estudio descriptivo. *Tiempos de ciencia* n°1, Universidad de Guadalajara, 10-26.
- GUZMAN M., R.; ILTIS, H.H; 1991.** Biosphere reserve established in Mexico to protect rare maize relative. *Diversity*, 7 (1&2), 82-84.
- HAINZELIN, E.; 1988.** Manuel du producteur de semences de maïs en milieu tropical. 30 questions-réponses élémentaires. IRAT/CIRAD, France, 136 p.
- HALFFTER, G.; 1984.** Les réserves de la biosphère : conservation de la nature pour l'Homme. *in* UNESCO-PNUE (ed); *Conservation de la nature, science et société; 1er Congrès international sur les réserves de la biosphère, 6 sept-2 oct 1983, Minsk, Biélorussie, URSS, Recherches sur les ressources naturelles, XXI, Vol 2, 158-162.*
- HALFFTER, G.; 1987.** La Reserva de la Biosfera de Manantlán y la conservación *in situ* de los recursos bióticos. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 34, 27-34.
- HALLAUER, A.R.; 1965.** Inheritance of flowering in maize. *Genetics*, 52, 129-137.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA F., J.B.; 1981.** Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press, Ames, 468p.
- HALLAUER, A.R.; RUSSEL, W.A.; LAMKEY, K.R.; 1988.** Corn Breeding. *in* SPRAGUE and DUDLEY (eds); *Corn and corn improvement* (Third edition); Series Agronomy n°18, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. 986 p.
- HARDON, J.J.; de BOEF, W.S.; 1993.** Linking farmers and breeders in local crop development. *in* de BOEF,W.; AMANOR, K.; WELLARD, K. with BEDDINGTON, A. (eds); 1993. *Cultivating knowledge : genetic diversity, farmer experimentation and crop research*, Intermediate Technology Publications, 64-71.
- HARLAN, J.R.; 1987.** Les plantes cultivées et l'homme. Agence de Coopération Culturelle et Technique et Conseil International de la Langue Française, Collection Techniques Vivantes, Presses Universitaires de France, 414 p. (Traduction de Harlan, J.R.; 1975. *Crops and man*. American Society of Agronomy, Inc. and Crop Science Society of America)
- HASKELL, G.; DOW, P.; 1951.** Studies with sweet corn. V. Seed-settings with distances from pollen source. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, 19 (73), 45-50.
- HAUDRICOURT, A.G.; HEDIN, L.; 1987.** L'homme et les plantes cultivées. Ed. A.-M. Métaillié, 253 p.
- HEDRICK, P.W.; 1986.** Genetic polymorphism in heterogeneous environments : a decade later. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 17, 535-566.
- HENRY, J.P.; PONTIS, C.; DAVID, J.; GOUYON, P.H.; 1991.** An experiment on dynamic conservation of genetic resources with metapopulations. *in* A. SEITZ & V. LOESCHKE (eds) *Species conservation : a population biological approach*. Birkhäuser Verlag, Basel.
- HERNANDEZ X., E.; 1985.** Maize and man in the greater southwest. *Economic Botany*, 39 (4), 416-430.
- HERNANDEZ X., E.; 1988.** Experiences in the collection of maize germplasm. *in* Recent advances in the conservation and utilization of genetic resources, Proceedings of the Global Maize Germplasm Workshop, CIMMYT, 1-7.
- HERNANDEZ X., E.; ZARATE A., M.A.; 1991.** Agricultura tradicional y conservación de recursos genéticos *in situ*.
- HINTUN (Van), T.J.L.; FRESE, L.; PERRET, P.M.; (eds); 1991.** Searching for new concepts for collaborative genetic resources management. Papers of the EUCARPIA/IBPGR symposium, Wageningen, The Netherlands, 3-6 December 1990, International Crop Networks Series n°4, IBPGR.
- HOBBELINK, H.(ed), 1987.** Más allá de la revolución verde. LERNA/ICDA, Barcelona, 219 p.
- HOYT, E; 1992.** La conservation des plantes sauvages apparentées aux plantes cultivées. IBPGR, UICN, WWF, 51p.
- HUTCHCROFT, C.D.; 1959.** Contamination in seed fields of corn resulting from incomplete detasseling. *Agronomy Journal*, 51, 267-271.
- IBPGR; 1991.** Descripteurs pour le maïs. CIMMYT/IBPGR, Rome, 88 p.
- ILTIS, H.H.; 1974.** Freezing the genetic landscape - The preservation of diversity in cultivated plants as an urgent social responsibility of plant geneticist and plant taxonomist. *Maize Genetics Cooperation News Letter*, 48, 199-200p.
- ILTIS, H.H.; 1983.** From teosinte to maize : the catastrophic sexual transmutation. *Science*, 222, 886-894.

## Références bibliographiques

- ILTIS, H.H.; DOEBLEY, J.F.; 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae). I. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *Amer. J. Bot.*, 67, 994-1004.
- ILTIS, H.H.; DOEBLEY, J.F.; GUZMAN, R.M.; PAZY, B.; 1979. *Zea diploperennis* (Gramineae): a new teosinte for Mexico. *Science*, 203, 186-188.
- INGRAM, G.B.; 1984. Conservation *in situ* des ressources phylogénétiques : les bases scientifiques et techniques. Division des ressources forestières, FAO, Rome, 47 p.
- JANA, S.; KHANGURA, B.S.; 1986. Conservation of diversity in bulk populations of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Euphytica*, 35, 761-776.
- JARDEL P., E.; in press. El papel de las reservas de la biosfera en la conservación de la diversidad biológica y los recursos genéticos. Simposio Internacional sobre *Zea diploperennis* y la Conservación de los Recursos Genéticos, 12-14 dic. 1988, Guadalajara, JAL, México.
- JARDEL P., E. (Coord.); 1992a. Estrategia para la conservación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Laboratorio Natural Las Joyas, Editorial Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jal., 315 p.
- JARDEL P., E.; AGUIRRE, G.; SANTANA C., E.; HALFFTER, G.; 1992b. Desarrollo de las reservas de la biosfera en México. IV congreso mundial de parques y áreas protegidas, Caracas, Venezuela, 17-18 feb. 1992.
- JOHANNESSEN, C.L.; 1982. Domestication process continues in Guatemala. *Economic Botany*, 36(1), 1982, 84-99.
- KAHLER, A.L.; GARDNER, C.O.; ALLARD, R.W.; 1984. Nonrandom mating in experimental populations of maize. *Crop Science*, 24, 350-354.
- KAHLER, A.L.; SHAW, D.V.; ALLARD, R.W.; 1989. Nonrandom mating on tasseled and detasseled plants in an open pollinated population of maize. *Maydica*, 34, 15-21.
- KEYSTONE CENTER, 1991. Oslo plenary session. Final consensus report : global initiative for the security and sustainable use of plant genetic resources. Third Plenary Session, 31 may - 4 june 1991, Oslo, Norway, Keystone International Dialogue Series on Plant Genetic Resources, 44 p.
- KLOPPENBURG, J.; KLEINMAN, D.L.; 1987. The plant germplasm controversy. *BioScience*, 37 (3), 190-198.
- LEBLANC, J.-M.; 1978. Etudes sur le système des alcooldehydrogénases de mil : *Pennisetum typhoideum (americanum)*. Thèse de doctorat de l'Université de Paris XI-Orsay.
- LEBLANC, J.-M.; PERNES, J.; 1983. Enzyme polymorphism of *Pennisetum americanum* in the Ivory Coast. *Jap. J. Gen.*, 58, 121-131.
- LEGER, F.; 1991. Diagnostic agro-écologique préalable à la définition des aménagements silvo-pastoraux dans les zones montagneuses sèches de l'état de Colima (Mexique). Thèse de doctorat en sciences, Université Paris IV, Biologie des organismes et des populations, 220 p + annexes.
- LNLJ - Laboratorio Natural Las Joyas de la Sierra de Manantlán; 1989. Plan operativo 1989-1990. Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Universidad de Guadalajara, El Grullo, JAL, 90 p.
- LOCATELLI, E.; PETERSEN, R.G.; 1975. Algunos trucos utiles en estadística. Rapport 18-A-75, International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA, 22 p.
- MANGELSDORF, P.C.; 1983. The mystery of corn : new perspectives. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 127 (4), 215-247.
- MARCAIS, L.; 1982. La diversité phénotypique des mils penicillaires cultivés au Sénégal et au Mali. *L'Agronomie Tropicale*, 37 (1), 68-80.
- MARTIN, G.B.; ADAMS, M.W.; 1987. Landraces of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in Northern Malawi. I. Regional variation. *Economic Botany*, 41 (2), 190-203.
- MARTINEZ R., L.M.; SANDOVAL L., J.J.; GUEVARA G., R.D.; 1991. Climas de la reserva de la biosfera Sierra de Manantlán y su area de influencia. *Agrociencia*, 2 (4).
- MARTINEZ R., L.M.; SANDOVAL L., J.J.; 1993. Levantamiento taxonómico de suelos de la subcuenca de Cuzalapa, Sierra de Manantlán, JAL.. *Terra*, 11 (1).
- MARUYAMA, T.; FUERST, P.A.; 1985. Population bottlenecks and nonequilibrium models in population genetics. III. Genic homozygosity in populations which experience periodic bottlenecks. *Genetics*, 111, 691-703.
- MERRICK, L.C.; 1990. Crop genetic diversity and its conservation in traditional agroecosystems. in ALTIERI M.A., HECHT S.B. (eds); *Agroecology and small farm development*; CRC Press, Florida, USA, 3-11.
- MESA BERNAL, D.; 1957. Historio Natural del maíz. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Vol.X, n°39.
- MICHALAKIS, Y.; OLIVIERI, I.; 1993. The influence of local extinctions on the probability of fixation of chromosomal rearrangements. *J. Evol. Biol.*, 6, 153-170.
- MOLINA, M.C.; NARANJO, C.A.; 1990. Cytological evidences for a basic number x=5 in *Zea* polyploid complex. *Maize Genetics Cooperation News Letter*, n°64, Depart. of Agronomy and US Depart. of Agriculture, University of Missouri, Columbia, USA, 77-79.
- MONTECINOS, C; ALTIERI, M.A.; 1991. Status and trends in grass-roots crop genetic conservation efforts in Latin America. CLADES and University of California, Berkley, 37 p.
- MUSHITA, T.A., 1992. Local farmers knowledge on the management of plant genetic resources in communal areas of Zimbabwe. Seminar Local knowledge and agricultural research, 28 sept - 2 oct 1992, WAU/ENDA-Zimbabwe/CGN/GRAIN, Zimbabwe.
- MYERS, N.; 1981. Corn genes and big dollars. *Technology Review*, nov-dec, 8-9, 64.
- NABHAN, G.P.; 1985. Native crop diversity in Aridoamerica : conservation of regional gene pools. *Economic Botany*, 39 (4), 387-399.

## Références bibliographiques

- NABHAN, G.P.; REA, A.; 1987. Plant domestication and folk-biological change : the Upper Piman/devil's claw example. *American anthropologist*, 89 (1), 57-73.
- NAGYLAKI, T.; 1976. Dispersion-selection balance in localised plant populations. *Heredity*, 37(1), 59-67.
- NAULT, L.R.; 1982. Response of annual and perennial teosintes (*Zea*) to six maize viruses. *Plant disease*, 66 (1), 61-62.
- NAULT, L.R.; FINDLEY, W.R.; 1982. *Zea diploperennis* : a primitive relative offers new traits to improve corn. *Deserts Plants*, 3 (4), 203-205.
- NELSON, O.E.; 1952. Non-reciprocal cross-sterility in maize. *Genetics*, 37, 101-124.
- NGUYEN, Van E.; PERNES, J.; 1984. Les bases de données et leur exploitation statistique. in PERNES, J. (ed); *Gestion des ressources génétiques des plantes. Tome II : Manuel*, 346 p, ACCT, Paris.
- ODHIAMBO, M.O.; COMPTON, W.A.; 1987. Twenty cycles of divergent mass selection for seed size in corn. *Crop Science*, 27, 1113-1116.
- OKIGBO, B.N.; 1992. Conservation and use of plant germplasm in african traditional agriculture and land use systems. CTA/IBPGR/KARI seminar on Safeguarding the genetic basis of Africa's traditional crops, 5-9 oct 1992, Nairobi, Kenya.
- OLDFIELD, M.L.; ALCORN, J.B.; 1987. Conservation of traditional agroecosystems. *Bioscience*, 37 (3), 199-208.
- OLIVIER, L.; CHAUVET, M.; 1991. *In situ* conservation at the interface between crop genetic resources and nature conservation. in van HINTUN, Th.J.L.; FRESE, L.; PERRET, P.M.; (eds); *Searching for new concepts for collaborative genetic resources management; Papers of the EUCARPIA/IBPGR symposium*, Wageningen, The Netherlands, 3-6 December 1990, International Crop Networks Series n°4, IBPGR, 23-27.
- OLIVIERI, I.; GOUYON, P-H; 1992. Evolution des métapopulations et biodiversité. in Actes du colloque international en hommage à Jean Pernès "Complexe d'espèces, flux de gènes et ressources génétiques des plantes", 8-10 janvier 1992, Bureau des Ressources Génétiques, 329-336.
- OLLITRAULT, P.; 1987. Evaluation génétique des sorghos cultivés (*Sorghum bicolor* L. Moench) pour l'analyse conjointe des diversités enzymatique et morphophysio-logique. Relations avec les sorghos sauvages. Thèse de doctorat option Amélioration des Plantes, Université Paris XI, Centre Orsay, 187 p.
- OLLITRAULT, P.; ARNAUD, M.; CHANTEREAU, J.; 1989. Polymorphisme enzymatique des sorghos. II - Organisation génétique et évolutive des sorghos cultivés. *L'Agronomie tropicale*, 44 (3), 211-222.
- ORTEGA P., R.A.; 1973. Variación en maíz y cambios socioeconómicos en Chiapas, México 1946-1971. Tesis de M.C., Especialidad Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 199 p.
- OTTAVIANO, E.; SARI-GORLA, M, MULCAHY, D.L.; 1980. Pollen tube growth rates in *Zea mays* : implications for genetic improvement of crops. *Science*, 210, 437-438.
- PANDEY, S.; GARDNER, C.O.; 1992. Recurrent selection for population, variety, and hybrid improvement in tropical maize. *Advances in Agronomy*, 48, 1-87.
- PATERNIANI, E.; 1969. Selection for reproductive isolation between two populations of maize, *Zea mays* L.. *Evolution*, 23 (4), 534-547.
- PATERNIANI, E., STORT, A.C.; 1974. Effective maize pollen dispersal in the field. *Euphytica*, 23, 129-134.
- PATERNIANI, E.; 1990. Maize breeding in the tropics. *Plant Sciences*, vol 9, issue 2.
- PERALES R.; H.R.; 1992. El autoconsumo en la agricultura de los popolucas en Soteapán, Veracruz. Tesis de M.C., Colegio de Postgraduados, Centro de Botánica, Chapingo, Mexico, 172 p.
- PERNES, J.; 1984. *Gestion des ressources génétiques des plantes. Tome I : Monographies*, 212 p, Tome II : Manuel, 346 p, ACCT, Paris.
- PERNES, J.; LOURD, M.; 1984. Organisation des complexes d'espèces. in PERNES, J. (ed); *Gestion des ressources génétiques des plantes. Tome II : Manuel*, 346 p, ACCT, Paris.
- PERRET, P.M.; 1991. Actual and future concepts for collaboration in crop genetic resources. in van HINTUN, Th.J.L.; FRESE, L.; PERRET, P.M.; (eds); *Searching for new concepts for collaborative genetic resources management; Papers of the EUCARPIA/IBPGR symposium*, Wageningen, The Netherlands, 3-6 Dec. 1990, International Crop Networks Series n°4, IBPGR, 13-22.
- PERRET, P.M.; HODGKIN, T.; REID, R.; 1991. Programme du Conseil International des Ressources Phytogénétiques pour les parents sauvages des plantes cultivées. in CONSEIL DE L'EUROPE; *La conservation des espèces sauvages progénitrices des plantes cultivées; Collection Rencontres environnement n°8, Actes du colloque organisé par le Conseil de l'Europe en collaboration avec l'Office des Réserves Naturelles d'Israël*, Strasbourg, 93-99.
- PERRIN, R.; WINKELMANN, D.; 1976. Impediments to technical progress on small versus large farms. *American Journal of Agricultural Economics*, 58 (5), 888-894.
- PFÄHLER, P.L.; 1965. Fertilization ability of maize pollen grains. I. Pollen sources. *Genetics*, 52, 513-520.
- PICARD, B.; BRANLARD, G.; OURY, F.X.; ROUSSET, M.; 1992. Etude de la diversité génétique du blé tendre. I. Comparaison de distances biochimiques, agromorphologiques et généalogiques. *Agronomie*, 12, 611-622.
- PHILIPPEAU, G., 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. ITCF, Paris, 63 p.
- PINTER, L.; SZABO, J.; HOROMPOLI, E.; 1987. Effect of metaxenia on the grain weight of the corn (*Zea mays* L.). *Maydica*, vol 32, 81-88.
- PLUCKNETT, D.L.; SMITH, N.J.H.; 1986. Sustaining agricultural yields. *BioScience*, 36 (1), 40-45.
- PLUCKNETT, D.L.; SMITH, N.J.H.; WILLIAMS, J.T.; ANISHETTY, N.M.; 1987. *Gene banks and the world's food*. Princeton University Press, New Jersey, 247 p.
- POIARKOVA, H; BLUM, A.; 1983. Land-races of wheat from northern Neguev in Israel. *Euphytica*, 32, 257-271.

## Références bibliographiques

- PRANDECKA, B.; 1988.** Development processes and protection of the natural environment. *in* UNESCO; The economic problems of environmental protection; Polish academy of Sciences, UNESCO-MAB, Pologne. 7-11.
- PUCHALSKI, J.; KUBICZEK, R.; NIEDZIELSKI; 1991.** Studies on genetic shift in rye seeds after long term storage in seed bank. *in* van HINTUN, Th. J. L.; FRESE, L.; PERRET, P. M.; (eds); Searching for new concepts for collaborative genetic resources management; Papers of the EUCARPIA/IBPGR symposium, Wageningen, The Netherlands, 3-6 Dec. 1990, International Crop Networks Series n°4, IBPGR.
- QUIROS, C.F.; BRUSH, S.B.; DOUCHES, D.S.; ZIMMERER, K.S.; HUESTIS, G.; 1990.** Biochemical and folk assessment of variability of andean cultivated potatoes. *Economic Botany*, 44, 253-266.
- RAFI - RURAL ADVANCEMENT FUND INTERNATIONAL, 1986.** Trousse de ressources sur les banques de semences communautaires, RAFI, 48 p.
- RASHID, A.; PETERSON, P.A.; 1992.** The RSS system of unidirectional cross-incompatibility in maize: I. Genetics. *Journal of heredity*, 83, 130-134.
- RAYNOR, G.S.; OGDEN, E.C.; HAYES, J.V.; 1972.** Dispersion and deposition of corn pollen from experimental sources. *Agronomy Journal*, 64, 420-427.
- ROBERT, T.; LESPINASSE, R.; PERNES, J.; SARR, A.; 1991.** Gametophytic competition as influencing gene flow between wild and cultivated forms of pearl millet (*Pennisetum typhoides*). *Genome*, 34, 195-200.
- ROBERT, T.; SAAR, A.; 1992.** Multivariate analysis of recombination between wild and cultivated genomes within the primary gene pool of pearl millet (*Pennisetum typhoides*). *Genome*, 35, 208-219.
- ROBERTS, E.H.; ELLIS, R.H.; 1984.** The implication of the deterioration of orthodox seeds during storage for genetic resources conservation. *in* Williams, J.T., Holden, J. (eds); Crop genetic resources : conservation and evolution; IBPGR, George Allen & Unwin (publishers), 18-37.
- ROFF, D.A.; 1994.** Evolution of dimorphic traits : effect of directional selection on heritability. *Heredity*, 72, 36-41.
- ROOS, E.E.; 1984a.** Genetic shifts in mixed bean populations. I. Storage effects. *Crop Science*, 24 (2), 240-244.
- ROOS, E.E.; 1984b.** Genetic shifts in mixed bean populations. II. Effect of regeneration. *Crop Science*, 24 (4), 711-715.
- ROUGHGARDEN, J.; 1979.** Theory of population genetics and evolutionary ecology, an introduction. Chap 12, Mac Millan, NY.
- ROSSIGNOL, J.L.; 1985.** Génétique. Abrégés, 3ème édition, Masson, Paris, 278 p.
- SANCHEZ, J.J.; GOODMAN, M.M.; 1992.** Relationships among the mexican races of maize. *Economic Botany*, 46 (1), 72-85.
- SANDMEIER, M.; PILATE-ANDRE, S.; PERNES, J.; 1986.** Relations génétiques entre les populations de mils sauvages et cultivés : résultats d'une enquête au Mali. *Journal d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée*, 33, 69-89.
- SANTANA C., E.; GUZMAN M., R.; JARDEL P., E.; 1989.** The Sierra de Manantlán Biosphere Reserve : the difficult task of becoming a catalyst for regional sustained development. *in* GREGG, W.P.Jr; KRUGMAN, S.L.; WOOD, J.D. (eds); Proceedings of the symposium on Biosphere Reserves; 4th World Wilderness Congress, Sept. 14-17 1987, Estes Park, Colorado, U.S., 212-222.
- SAPORTA, G.; 1990.** Probabilités. Analyse des données statistiques. Editions Technip, Paris, 493 p.
- SARR, A.; SANDMEIER, M.; PERNES, J.; 1988.** Gametophytic competition in pearl millet, *Pennisetum typhoides* (Stapf et Hubb.). *Genome*, 30 (6), 924-929.
- SASSON, A.; 1986.** La conservation des ressources végétales. La recherche, 17 (181), 1282-1293.
- SEITZ, A.; 1988.** Microvariation of genetic polymorphism in *Argyresthia mendica* (Lep.: Argyresthiidae). *Population Genetics and Evolution*, G. de Jong (ed), 202-208
- SEP - Secretaría de Educación Pública, 1982.** Nuestro maíz - Treinta monografías populares. Consejo Nacional de Fomento Educativo, Secretaría de Educación Pública, Tomo 1 y 2, México, 302p, 326 p.
- SINGH, S.P.; 1989.** Patterns of variation in cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*, 43 (1), 39-57.
- SLATKIN, M.; 1981.** Fixation probabilities and fixation times in a subdivided population. *Evolution*, 35 (3), 477-488.
- SLATKIN, M.; 1987.** Gene flow and the geographic structure of natural populations. *Science*, 236, 787-792.
- SLATKIN, M.; 1989.** Population structure and evolutionary progress. *Genome*, 31, 196-202.
- SLATKIN, M.; 1993.** Isolation by distance in equilibrium and non-equilibrium populations. *Evolution*, 47 (1), 264-279.
- SLATKIN, M.; WADE, M.J.; 1978.** Group selection on a quantitative character. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 75 (7), 3531-3534.
- SMITH, J.S.C.; SMITH, O.S.; 1989.** The description and assessment of distance between inbred lines of maize : I. The use of morphological traits as descriptors. *Maydica*, 34, 1989, 141-150.
- SPRENT, P.; 1992.** Pratique des statistiques nonparamétriques. Collection Techniques et pratiques, INRA édition, Paris, 294 p.
- STUBER, C.W.; WENDEL, J.F.; GOODMAN, M.M.; 1988.** Techniques and scoring procedures for starch gel electrophoresis of enzymes from maize (*Zea mays* L). Technical Bulletin 286, North Carolina Agricultural Service, Raleigh, North Carolina, 87p.
- THOMPSON, D.L.; 1972.** Recurrent selection for lodging susceptibility and resistance in corn. *Crop Science*, 12, 631-634.
- TIMOTHY, D.H.; HATHEWAY, W.H.; GRANT, U.J.; TORREGROZA C., M.; SARRIA V., D.; VARELA A., D.; 1963.** Races of maize in Ecuador. NAS-NRC publication 975, 147 p.
- TOLEDO, V.M.; 1990.** The ecological rationality of peasant production. *in* ALTIERI M.A., HECHT S.B. (eds); Agroecology and small farm development; CRC Press, Florida, USA, 53-60.
- TOMASSONE, R.; 1988.** Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle discriminante. ITCF, Paris, 56p.
- TOMASSONE, R.; 1989.** Comment interpréter les résultats d'une régression linéaire. ITCF, Paris, 55 p.
- TOSTAIN, S.; RIANDEY, M.F.; MARCHAIS, L.; 1987.** Enzyme diversity in pearl millet (*Pennisetum glaucum*). 1. West Africa. *Theor. Appl. Genet.*, 74, 188-193.

## Références bibliographiques

---

- TOSTAIN, S.; MARCHAIS, L.; 1989. Enzyme diversity in pearl millet (*Pennisetum glaucum*). 1. Africa and India. *Theor. Appl. Genet.*, 77, 634-640.
- TROYER, A.F.; BROWN, W.L.; 1972. Selection for ears flowering in corn. *Crop Science*, 12, 301-303.
- UNESCO; 1984. Plan d'action pour les réserves de la biosphère. *Nature et Ressources*, 20 (4), 1-12.
- UNESCO; 1988. Man belongs to the Earth. MAB, UNESCO, 175 p.
- VARVIO, S.-L.; CHAKRABORTY, R.; NEI, M.; 1986. Genetic variation in subdivided populations and conservation genetics. *Heredity*, 57, 189-198.
- VAUGHAN, D.A.; CHANG, T.-T.; 1992. *In situ* conservation of rice genetic resources. *Economic Botany*, 46 (4), 368-383.
- VEGA Z., G.; 1973. Estudio de la infiltración genética de lops maíces mejorados sobre los criollos de temporal de los estados de México, Puebla, Tlaxcala. Tesis de M.C., Colegio de Postgraduados de Chapingo, Mexico, 94 p.
- WELLHAUSEN, E.J.; ROBERTS, L.M.; HERNANDEZ X., E, en collaboraton avec P.C. MANGELSDORF; 1952. Races of maize in Mexico : Their origine, characteristics and distribution. Cambridge, Bussey Institution, Harvard University.
- WILKES, H.G.; 1972. Maize and its wild relatives. *Science*, 177, 1071-1077.
- WILKES, H.G.; 1977a. Hybridization of maize and teosinte, in Mexico and Guatemala and the improvement of maize. *Economic Botany*, 31, 254-293.
- WILKES, H.G.; 1977b. The world's crop plant germplasm, an endangered resource. *The Bulletin of the Atomic Scientists*, 33 (2), 9-16.
- WILKES, H.G.; 1992. Crop plants, genetic vulnerability, and the human food supply. AAAS Annual Meeting, Feeding the world : the genetic foundations of agriculture, Chicago, 6-11 feb. 1992.
- WILLIAMS, J.T.; 1988. Identifying and protecting the origin of our food plants. *in* Wilson E.O. (ed), *Biodiversity*, National Academy Press, Washington D.C., 240-247.
- WOLFE, M.S.; 1985. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. *Ann. Rev. of Phytopathol.*, 23, 251-273.
- WOLFE, M.S.; 1998. The use of variety mixtures to control diseases and stabilize yield. *in* SIMMONDS N.M., RAJARAM S. (eds); *Breeding strategies for resistance to the rusts of wheat*; Chap 8, CIMMYT, Mexico D.F., 91-100.
- WOREDE, M.; 1992. On-farm conservation of landraces and other food plants : opportunities and challenges for african farmer. CTA/IBPGR/KARI seminar on Safeguarding the genetic bases of Africa's traditional crops, 5-9 oct 1992, Nairobi, Kenya.
- WOREDE, M.; MEKBIB, H.; 1993. Linking genetic resource conservation to farmers in Ethiopia. *in* de BOEF, W.; AMANOR, K.; WELLARD, K. with BEDDINGTON, A. (eds); 1993. *Cultivating knowledge : genetic diversity, farmer experimentaton and crop research*, Intermediate Technology Publications, 78-84
- YEATMAN, C.W.; KAFTON, D; WILKES, G. (eds); 1984. Plant genetic resources - A conservation imperative. American Association for the Advancement of Science. Selected Symposium Series 87, AAA S National Annual Meeting, Toronto (Ontario), January 3-8 1981. 164 p.
- ZAMORANO, A.; 1993. Pommes, poires...le retour des variétés locales. *Courrier de la Planète*, 19, 30-31.
- ZHIVOTOVSKY, L.A.; FELDMAN, M.W.; 1992. On models of quantitative genetic variability : a stabilizing selection-balance model. *Genetics*, 130, 947-955.

**ANNEXES**

PRATIQUES	REALISATEUR		DESCRIPTION
	AGR	CH	
Débroussaillage	X		- Octobre - à la machette - Brûlis des végétaux coupés
Labour	X		- Motorisé à la charrue à disques - Après la première irrigation gravitaire
Reprise de labour	X		- Motorisé avec outil agricole type "cover-crop"
Epandage d'engrais et de pesticide au semis		X	- Manuel - Au semis (15/12/90) - Phosphate d'ammonium (+pesticide Lorsban) appliqué au fond du sillon - Formule 20-50-0 par hectare
Semis		X	- Manuel en poquets - 15 décembre 1990 - 200 graines par parcelle élémentaire
Epandage d'engrais avant sarclo-buttage		X	- Manuel - Au sarclo-buttage, 3 semaines après semis - Urée appliquée en poquets - Formule 50-0-0 par hectare
Sarclo-buttage	X		- En traction animale à l'aide d'une charrue à double versoir - 3 semaines après le semis (11/1/91) - Enfouissement du second apport d'engrais
Irrigation gravitaire	X		- Environ tous les 15 jours
Epandage d'engrais avant floraison mâle		X	- Manuel - Avant floraison mâle des maïs de cycle court (début février) - Urée appliquée en poquets - Formule 20-0-0 par hectare
Récolte		X	- Manuelle - Echantillons de 15 épis par parcelle élémentaire

Tableau No A3-1 . Essai "COLLECTION DE VARIETES". Travaux agricoles effectués par l'agriculteur ou par une entreprise (AGR) et par le chercheur (CH).

Formule de SNEDECOR (LOCATELLI et PETERSEN 1975) concernant la stabilisation de la moyenne et de la variance d'une variable en fonction de la taille d'un échantillon :

$$n = t^2 * c^2/p^2 \quad \text{avec}$$

n = taille de l'échantillon

t = valeur de Student pour le risque  $\alpha$  choisi

c = coefficient de variation du descripteur considéré

p = limite, exprimée en pourcentage de la moyenne de l'échantillon, dans laquelle on espère que se trouvera la moyenne du lot de semences (celle que l'on cherche à approcher)

HPL	HEP	DIA	LOF	LAF	NBF	PAN	PED	RAM	RM
30	61	57	27	28	21	24	57	116	140
HGR	LGR	EGR	DEP	DRA	LEP	RGS	PEP	PRA	PLG
24	18	23	12	20	53	32	226	228	120

Tableau No A3-2 . Tailles moyennes d'échantillons en fonction du descripteur considéré (37 lots de semences mesurés, toutes variétés confondues) permettant d'approcher la moyenne d'un descripteur avec une précision de 5%, au risque de 5%.

**DONNEES PAR PLANTE - Toutes variétés**

(21 plantes par lot de semences soit environ 641 plantes)

Corrélation significative au seuil de 1% pour  $r > 0.10$

	HKP	HPL	DIA	LOF	LAF	NBF	PAN	PED	RAM	RM	E/P	HD <sup>2</sup>	FOL
HKP	1.00												
HPL	<u>0.77</u>	1.00											
DIA	0.14	0.14	1.00										
LOF	0.00	0.15	0.16	1.00									
LAF	0.08	0.09	0.46	0.10	1.00								
NBF	0.11	0.32	0.17	0.14	0.20	1.00							
PAN	-0.07	0.02	0.10	0.31	0.09	-0.23	1.00						
PED	-0.12	-0.02	0.02	0.10	0.02	-0.24	<u>0.67</u>	1.00					
RAM	0.22	0.27	0.21	0.25	0.23	0.05	0.34	0.08	1.00				
RM	0.30	0.29	0.21	0.10	0.22	0.17	-0.04	-0.16	0.56	1.00			
E/P	<u>0.78</u>	0.21	0.08	-0.14	0.04	-0.14	-0.14	-0.19	0.08	0.19	1.00		
HD <sup>2</sup>	0.40	0.48	<u>0.92</u>	0.19	0.43	0.26	0.10	0.01	0.28	0.27	0.15	1.00	
FOL	0.10	0.29	0.40	<u>0.62</u>	<u>0.66</u>	<u>0.67</u>	0.08	-0.07	0.28	0.25	-0.12	0.45	1.00

**Tableau No A3-3**. Corrélations entre les descripteurs végétatifs et de la panicule (données par plante, toutes variétés confondues).

	HGR	LGR	EGR	DEP	DRA	LEP	RGS	PEP	PRA	PGR	%GR
HGR	1.00										
LGR	0.15	1.00									
EGR	-0.09	0.35	1.00								
DEP	0.47	0.02	0.13	1.00							
DRA	-0.04	-0.07	0.26	<u>0.71</u>	1.00						
LEP	0.06	0.33	0.36	0.10	0.10	1.00					
RGS	0.13	<u>-0.71</u>	-0.11	0.54	0.53	-0.21	1.00				
PEP	0.57	0.20	0.19	<u>0.74</u>	0.44	0.54	0.27	1.00			
PRA	0.08	0.10	0.33	<u>0.69</u>	<u>0.76</u>	0.47	0.36	<u>0.70</u>	1.00		
PGR	<u>0.64</u>	0.20	0.14	<u>0.68</u>	0.32	0.51	0.22	<u>0.98</u>	0.56	1.00	
%GR	0.47	0.09	-0.27	-0.17	-0.58	-0.12	-0.23	0.07	<u>-0.63</u>	0.24	1.00

**Tableau No A3-4**. Corrélations entre les descripteurs d'épis (données par plante, toutes variétés confondues).

	HKP	HPL	DIA	LOF	LAF	NBF	PAN	PED	RAM	RM	E/P	HD <sup>2</sup>	FOL
HGR	0.10	0.11	0.06	0.03	0.10	0.06	0.08	0.01	0.02	0.07	0.03	0.10	0.10
LGR	-0.40	-0.29	-0.08	0.05	-0.05	-0.22	0.19	0.18	-0.01	-0.19	-0.33	-0.17	-0.11
EGR	-0.25	-0.20	0.11	0.10	0.05	-0.08	0.14	0.09	0.03	-0.12	-0.19	0.03	0.04
DEP	0.13	0.08	0.31	0.09	0.32	0.22	0.07	-0.09	0.01	0.03	0.12	0.30	0.31
DRA	0.05	0.01	0.35	0.07	0.30	0.24	-0.01	-0.11	-0.01	0.01	0.08	0.31	0.30
LEP	-0.09	0.04	0.26	0.21	0.22	-0.03	0.30	0.16	0.19	0.01	-0.17	0.24	0.20
RGS	0.33	0.21	0.27	-0.01	0.22	0.28	-0.10	-0.18	0.00	0.12	0.30	0.31	0.25
PEP	0.11	0.13	0.35	0.16	0.33	0.12	0.21	0.03	0.12	0.05	0.03	0.35	0.31
PRA	0.10	0.08	0.40	0.17	0.37	0.16	0.14	-0.05	0.08	0.01	0.08	0.37	0.34
PGR	0.10	0.13	0.31	0.14	0.29	0.10	0.21	0.05	0.12	0.06	0.01	0.31	0.27
%GR	-0.00	0.04	-0.19	-0.05	-0.18	-0.09	0.01	0.09	0.02	0.04	-0.06	-0.15	-0.15

**Tableau No A3-5**. Corrélations entre les descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épis (données par plante, toutes variétés confondues).

**ANNEXES Partie I / Chapitre 3 / Description morpho-phénologique des variétés**

	DONNEES PAR LOT DE SEMENCES				DONNEES PAR VARIETE			
	FM	FF	IF	[25-75]	FM	FF	IF	[25-75]
B1	83.5	85.5	2	6.5	77.3	79.9	2.7	6.4
B2	77	79.5	2.5	5.75				
B3	77	80	3	7.75				
B4	72	75.5	3.5	6.5				
B5	74.5	77.5	3	5.5				
B6	79.5	81.5	2	6.25				
P	82	84.5	2.5	6	82	84.5	2.5	6
AA1	78	81	3	5.5	82	84.6	2.6	5.5
AA2	86.5	88	1.5	5				
AA3	81	84.5	3.5	5.75				
AA4	82.5	85	2.5	5.75				
AT	82	84.5	2.5	6.25	82	84.5	2.5	6.3
N1	83	85	2	5	83.2	85.7	2.5	4.8
N2	82	84	2	5.5				
N3	84.5	88	3.5	4				
T1	86	87.5	1.5	5.25	85	86.8	1.8	4.4
T2	84	86	2	3.5				
<b>Moyenne</b>					81.9 a	84.3 a	2.4 a	5.6 a
HC	89.5	91	1.5	4.5	89.5	91	1.5	4.5
NX	91.5	94.5	3	5.5	91.5	94.5	3	5.5
H	92	95	3	6	92	95	3	6
A	92	95	3	5.75	92	95	3	5.8
G	92.5	96	3.5	6.75	92.5	96	3.5	6.8
E	92.5	95	2.5	6	92.5	95	2.5	6
EG	93.5	97.5	4	5.75	93.5	97.5	4	5.8
C1	90.5	93.5	3	4	93.2	96.5	3.3	4.8
C2	93	96	3	4.5				
C3	93.5	97.5	4	5				
C4	95	98	3	5				
C5	94	97.5	3.5	5.25				
AR1	96	98.5	2.5	6.5	96	100.3	4.3	6.8
AR2	98	102.5	4.5	5.75				
AR3	94	100	6	8.25				
<b>Moyenne</b>					92.5 b	95.6 b	3.1 b	5.8 a
HT	94.1	87.3	3	5.2	94.1	87.3	3.0	5.2

**Tableau No A3-6 . Floraison mâle (FM) et femelle (FF) (en nombre de jours à partir du semis), intervalle entre floraisons mâle et femelle (IF) et passage de 25% à 75% des plantes en floraison mâle ([25-75]) (en nombre de jours), par lot de semences et par variété.**

ab différence significative au seuil de 1%

**DESCRIPTEURS VEGETATIFS ET DE LA PANICULE**

HEP    HPL    DIA    LOF    LAF    NBF    PAN    PED    RAM    RM    E/P    HD<sup>2</sup>    FOL

VARIETE TEMOIN

HT	m	176.4	245.8	1.87	91.0	8.65	6.7	57.0	19.4	12.6	22.0	0.72	880	5306
	$\sigma$	16.4	17.8	0.28	12.6	1.00	0.6	6.7	3.8	2.7	6.2	4.83	272	1231
	Max	230	296	2.6	200	12.0	8	72	31.0	20.0	40	0.82	1589	13600
	Min	111	191	1.2	67	6.0	5	40	7.0	1.5	7	0.42	324	3159

PRINCIPALES VARIETES A GRAINS BLANCS - Cycle court et long

B	m	129.4	219.3	1.84	94.2	7.9	5.9	63.8	25.2	12.7	16.1	0.59	763	4382
	$\sigma$	25.7	29.1	0.28	9.7	1.0	0.7	9.1	5.0	3.3	4.9	0.08	274	1021
	Max	209	320	2.6	120	10.5	8	88	41.0	28.0	31	0.90	2075	8320
	Min	72	129	1.1	65	5.5	4	33	10.5	4.0	3	0.34	204	2100

T	m	145.2	230.4	1.65	89.9	7.7	6.2	59.0	22.2	13.4	19.2	0.63	642	4279
	$\sigma$	27.2	23.3	0.25	9.9	1.0	0.9	7.4	5.0	3.3	5.9	0.09	214	1088
	Max	223	293	2.4	108	10.5	9	78	35.5	25.0	41	0.84	1401	7488
	Min	70	164	1.1	66	5.0	4	39	11.0	5.0	6	0.33	249	2190

C	m	187.9	259.6	1.80	90.5	7.8	6.2	59.6	22.8	13.5	21.5	0.72	868	4429
	$\sigma$	20.9	22.3	0.30	11.1	1.0	0.7	9.1	5.4	3.3	5.7	0.06	318	1094
	Max	244	316	2.8	123	11.0	8	87	41.0	31.5	40	0.94	2305	8085
	Min	110	188	1.1	45	6.0	5	28	7.5	4.0	6	0.40	269	2310

AR	m	195.4	272.7	1.96	93.8	8.4	6.5	60.8	21.5	14.5	22.8	0.72	1084	5155
	$\sigma$	27.0	22.0	0.33	12.6	0.9	0.7	8.3	5.3	3.2	6.4	0.08	392	1170
	Max	245	330	3	212	11.0	8	87	42.0	24.0	45	0.85	2529	11130
	Min	107	187	1.1	69	6.0	5	36	7.0	6.0	7	0.37	341	2730

VARIETES PRINCIPALES A GRAINS DE COULEUR - Cycle court et long

AA	m	145.5	230.6	1.76	92.4	7.9	6.1	59.8	22.9	12.9	19.3	0.63	740	4506
	$\sigma$	30.5	29.5	0.27	10.5	1.0	0.7	9.0	5.7	3.6	6.7	0.09	277	1140
	Max	249	310	2.4	116	11.0	9	90	38.0	25.0	63	0.86	1624	8085
	Min	58	138	1.1	62	5.5	5	32	7.5	5.5	7	0.25	221	2177

N	m	156.2	232.0	1.83	91.6	7.9	6.3	57.3	21.8	12.6	19.8	0.67	804	4555
	$\sigma$	24.2	24.7	0.30	9.9	1.1	0.7	8.9	5.4	3.1	5.8	0.08	287	1080
	Max	205	299	2.6	115	11.0	8	88	39.0	21.0	36	0.87	1675	7520
	Min	93	165	1.1	60	4.0	5	36	9.0	2.0	8	0.44	217	1800

A	m	184.5	261.2	1.90	94.6	8.1	6.6	59.2	21.4	13.4	19.8	0.71	969	5121
	$\sigma$	25.7	27.5	0.28	10.8	1.12	0.7	8.5	4.9	3.4	6.2	0.07	327	1341
	Max	232	319	2.5	119	10.0	8	75	31.0	21.0	42	0.82	1856	9520
	Min	119	200	1.3	67	4.0	5	36	10.5	4.0	5	0.41	417	2548

.../...

**ANNEXES Partie I / Chapitre 3 / Description morpho-phénologique des variétés**

**AUTRES VARIETES**

		HEP	HPL	DIA	LOF	LAF	NBF	PAN	PED	RAM	RM	E/P	HD <sup>2</sup>	FOL
AT	m	160.2	241.7	1.76	89.5	7.8	6.2	58.5	22.8	13.7	20.8	0.66	771	4370
	$\sigma$	21.1	21.5	0.30	12.6	1.06	0.7	8.1	4.8	3.1	5.3	0.06	265	1235
	Max	198	304	2.5	115	10.5	8	75	38.0	22.0	33	0.81	1488	7616
	Min	107	200	1.1	61	5.0	5	40	13.5	7.0	11	0.50	264	2025
NX	m	170.6	232.4	2.02	87.6	8.2	6.1	55.6	20.2	13.2	20.5	0.74	981	4429
	$\sigma$	20.4	25.8	0.32	10.7	1.10	0.6	9.7	5.9	3.2	6.4	0.06	340	1124
	Max	202	293	2.9	117	11.0	7	80	36.0	21.5	47	0.86	2035	7210
	Min	107	148	1.2	64	6.5	5	36	5.0	2.5	6	0.55	284	2308
P	m	143.7	234.6	1.83	91.9	8.1	6.1	62.0	24.5	13.1	16.9	0.61	819	4604
	$\sigma$	27.6	25.9	0.29	8.7	0.86	0.8	7.6	5.6	3.5	5.5	0.08	314	1075
	Max	208	302	2.5	108	10.0	8	83	40.0	22.5	30	0.78	1744	7828
	Min	93	181	1.1	67	6.5	5	46	13.5	7.5	6	0.44	277	2730
G	m	174.3	248.6	2.00	95.0	8.6	6.5	62.4	21.9	13.8	20.0	0.70	1023	5310
	$\sigma$	22.1	22.5	0.31	14.8	1.03	0.7	8.6	4.7	4.1	5.4	0.06	328	1060
	Max	207	288	2.8	179	13.0	8	79	32.0	26.0	31	0.80	1882	8918
	Min	84	161	1.3	70	7.0	5	43	11.5	3.5	3	0.52	421	2870
H	m	179.3	254.0	1.90	92.0	8.1	6.3	60.5	22.9	13.4	20.4	0.71	949	4753
	$\sigma$	24.6	26.5	0.26	11.1	1.23	0.7	8.2	5.1	2.6	6.5	0.07	330	1258
	Max	230	298	2.6	120	11.5	8	83	33.5	21.0	39.0	0.86	1913	8000
	Min	94	181	1.4	63	6.0	5	38	12.0	4.5	10.0	0.52	355	2520
E	m	161.3	230.7	1.99	97.2	8.5	6.8	61.1	21.1	14.3	23.2	0.70	938	5608
	$\sigma$	17.0	18.8	0.29	8.5	0.92	0.6	6.9	5.1	3.0	6.2	0.06	308	1111
	Max	198	281	2.7	120	11.0	8	78	41.5	23.0	50	0.91	2048	9120
	Min	114	177	1.3	74	6.0	5	40	12.0	4.0	9	0.58	343	2800
EG	m	184.9	260.8	1.91	92.2	8.4	6.6	62.8	22.1	13.8	20.5	0.71	984	5124
	$\sigma$	22.1	22.2	0.33	9.1	1.08	0.6	9.2	5.0	3.3	5.5	0.07	351	995
	Max	225	301	2.5	114	10.5	8	92	38.5	23.0	35	0.83	1831	7308
	Min	105	190	1.2	72	6.0	5	43	11.5	8.0	9	0.36	356	2952
HC	m	129.7	192.8	2.08	81.5	8.9	6.4	54.2	20.4	10.1	13.2	0.67	860	4704
	$\sigma$	14.8	17.6	0.29	10.5	0.97	0.7	9.0	4.1	2.3	4.1	0.06	285	1040
	Max	166	229	2.8	105	11.0	8	77	30.5	18.0	22	0.79	1725	7812
	Min	92	129	1.5	58	7.0	5	35	11.0	4.0	6	0.54	373	2465

**Tableau No A3-7.** Essai "Collection de variétés". Valeurs moyenne, maximum, minimum et écart-type des descripteurs végétatifs et de la panicule pour chaque variété (moyenne de toutes les plantes mesurées, tous lots de semences de la variété confondus, toutes répétitions confondues).

**DESCRIPTEURS D'EPIS**

HGR    LGR    EGR    DEP    DRA    LEP    RGS    PEP    PRA    PGR    %GR    P1G    PQL    RAR

**VARIETE TEMOIN**

<b>HT</b>	<b>m</b>	1.03	0.88	0.36	4.51	2.70	15.3	13.7	153.1	29.0	124.1	80.8	0.30	211	1.8
	<b>σ</b>	0.10	0.06	0.04	0.34	0.25	2.0	1.5	37.9	7.4	33.0	3.7			
	<b>Max</b>	1.26	1.03	0.50	5.4	3.5	20.5	18	251	48	203	90.2			
	<b>Min</b>	0.68	0.69	0.26	3.4	2.1	11.5	10	66	12	54	67.7			

**VARIETES PRINCIPALES A GRAINS BLANCS - Cycle court et long**

<b>B</b>	<b>m</b>	1.04	1.13	0.40	3.96	2.13	17.9	8.7	139.7	19.7	120.0	85.8	0.42	204	1.5
	<b>σ</b>	0.08	0.09	0.04	0.26	0.22	2.4	1.1	27.4	5.6	24.0	3.0			
	<b>Max</b>	1.26	1.40	0.57	4.7	3.0	24.0	12	213	40	189	93.1			
	<b>Min</b>	0.84	0.90	0.22	3.1	1.5	12.0	6	69	9	57	76.0			

<b>T</b>	<b>m</b>	1.03	0.95	0.33	3.59	1.80	15.6	9.3	103.8	12.0	91.8	88.4	0.29	205	8.9
	<b>σ</b>	0.10	0.09	0.04	0.28	0.24	2.1	1.3	24.0	3.7	21.6	2.6			
	<b>Max</b>	1.28	1.16	0.43	4.5	2.3	22.0	14	176	22	162	92.2			
	<b>Min</b>	0.85	0.75	0.25	3.0	1.3	11.5	8	65	6	57	82.7			

<b>C</b>	<b>m</b>	1.03	0.85	0.34	3.89	2.06	16.1	11.7	125.6	17.6	108.0	85.9	0.27	209	12.4
	<b>σ</b>	0.09	0.07	0.04	0.32	0.26	1.9	1.6	28.8	5.7	25.4	3.5			
	<b>Max</b>	1.27	1.02	0.48	5.1	2.8	21.5	16	245	42.7	209	91.8			
	<b>Min</b>	0.67	0.70	0.26	3.3	1.4	11.0	8	49	9.2	36	66.1			

<b>AR</b>	<b>m</b>	1.07	0.92	0.36	4.37	2.48	16.7	12.6	158.4	26.2	132.3	83.3	0.32	206	16.3
	<b>σ</b>	0.11	0.09	0.04	0.39	0.31	2.1	1.8	35.3	7.1	31.0	3.5			
	<b>Max</b>	1.31	1.19	0.47	5.6	3.4	23.0	16	256	47	209	92.0			
	<b>Min</b>	0.76	0.72	0.28	3.4	1.5	10.0	8	89	10	72	73.2			

**VARIETES PRINCIPALES A GRAINS DE COULEUR**

<b>AA</b>	<b>m</b>	0.98	1.00	0.39	3.86	2.18	17.3	9.8	126.1	19.8	106.2	84.1	0.33	212	5.0
	<b>σ</b>	0.08	0.10	0.04	0.30	0.24	1.9	1.4	27.0	5.5	23.6	3.4			
	<b>Max</b>	1.30	1.50	0.47	4.9	3.1	22.5	14	228	41	190	90.8			
	<b>Min</b>	0.72	0.77	0.30	3.0	1.6	13.0	8	68	10	53	68.0			

<b>N</b>	<b>m</b>	0.97	0.97	0.37	3.86	2.17	17.0	10.0	123.1	18.1	105.0	85.2	0.31	211	37.0
	<b>σ</b>	0.09	0.09	0.04	0.25	0.20	1.8	1.5	25.3	4.5	22.7	3.0			
	<b>Max</b>	1.27	1.16	0.49	4.6	2.6	21.0	14	188	29	161	90.4			
	<b>Min</b>	0.76	0.77	0.30	3.2	1.4	13.0	8	66	10	55	75.0			

<b>A</b>	<b>m</b>	1.05	0.99	0.38	4.41	2.56	17.3	11.3	163.7	27.3	136.3	83.3	0.36	205	2.2
	<b>σ</b>	0.10	0.10	0.04	0.40	0.30	2.6	1.7	38.2	8.4	32.0	3.3			
	<b>Max</b>	1.27	1.30	0.51	5.5	3.2	25.0	14	248	44	203	90.2			
	<b>Min</b>	0.88	0.75	0.32	3.4	1.9	13.0	8	84	10	70	73.8			

.../...

**ANNEXES Partie I / Chapitre 3 / Description morpho-phénologique des variétés**

		AUTRES VARIETES													
		HGR	LGR	EGR	DEP	DRA	LEP	RGS	PEP	PRA	PGR	%GR	P1G	PQL	RAR
AT	m	1.01	0.99	0.38	3.87	2.12	16.4	9.6	122.9	17.5	105.4	85.7	0.35	215	0.0
	$\sigma$	0.08	0.08	0.03	0.22	0.20	1.8	1.3	23.0	4.8	20.4	3.3			
	Max	1.23	1.20	0.45	4.3	2.6	21.5	12	166	30	141	91.8			
	Min	0.76	0.85	0.31	3.2	1.8	13.5	8	74	10	60	75.6			
NX	m	0.98	1.00	0.38	3.96	2.35	17.6	10.2	126.4	23.1	103.2	81.7	0.31	203	13.3
	$\sigma$	0.13	0.09	0.04	0.39	0.36	2.8	1.5	40.6	10.1	33.0	5.1			
	Max	1.25	1.18	0.48	4.9	3.2	25.0	14	230	55	186	92.5			
	Min	0.60	0.75	0.27	2.9	1.6	13.0	8	56	9	35	62.5			
P	m	0.98	1.08	0.39	3.86	2.21	17.8	8.7	128.4	18.7	109.6	85.3	0.38	213	0.0
	$\sigma$	0.08	0.07	0.04	0.38	0.25	2.2	1.0	31.7	6.6	26.8	3.1			
	Max	1.13	1.21	0.47	5.0	3.1	22.0	12	227	50	177	89.5			
	Min	0.71	0.91	0.32	2.7	1.6	12.0	8	60	9	45	75.0			
G	m	1.11	0.94	0.36	4.60	2.67	17.5	12.7	180.6	30.1	150.5	83.4	0.34	202	4.5
	$\sigma$	0.11	0.08	0.04	0.36	0.36	2.3	1.7	40.9	10.6	33.5	3.6			
	Max	1.33	1.13	0.50	5.7	3.6	22.5	18	290	76	214	90.8			
	Min	0.91	0.72	0.30	3.6	1.8	13.5	10	99	10	85	73.8			
H	m	1.04	0.91	0.37	4.16	2.28	16.5	11.9	140.5	22.0	118.5	84.2	0.30	211	35.5
	$\sigma$	0.12	0.10	0.04	0.42	0.25	2.2	1.9	40.0	7.3	34.6	3.6			
	Max	1.38	1.23	0.51	4.8	2.8	21.0	16	227	43	187	91.1			
	Min	0.79	0.73	0.29	3.1	1.6	12.0	8	69	7	56	75.0			
E	m	1.01	0.89	0.40	4.45	2.66	16.1	13.4	159.7	29.7	129.9	81.4	0.31	216	0.0
	$\sigma$	0.08	0.07	0.04	0.28	0.3	2.2	1.6	30.7	8.7	25.9	4.3			
	Max	1.20	1.06	0.50	5.2	3.3	20.5	16	252	57	195	88.9			
	Min	0.82	0.72	0.32	3.8	1.9	12.5	10	102	13	81	72.1			
EG	m	1.08	0.93	0.36	4.44	2.56	16.4	12.4	158.4	26.2	132.2	83.2	0.32	208	24.4
	$\sigma$	0.10	0.08	0.04	0.39	0.30	2.1	1.9	41.5	7.9	36.5	4.4			
	Max	1.27	1.17	0.48	5.4	3.3	21.5	16	299	53	246	90.0			
	Min	0.87	0.81	0.30	3.7	1.7	12.5	8	97	13	72	65.3			
HC	m	0.94	0.82	0.40	4.53	2.98	15.6	15.0	137.0	30.8	106.2	76.4	0.27	206	0.0
	$\sigma$	0.08	0.07	0.04	0.39	0.34	2.3	1.9	37.5	8.3	34.3	8.8			
	Max	1.11	0.95	0.48	5.7	3.9	23.0	20	224	49	175	85.7			
	Min	0.73	0.64	0.33	3.8	2.3	9.5	12	80	13	33	41.6			

**Tableau No A3-8 . Essai "Collection de variétés". Valeurs moyenne, maximum, minimum et écart-type des descripteurs d'épis pour chaque variété (moyenne de tous les épis mesurées, tous lots de semences de la variété confondus, toutes répétitions confondues).**

**DONNEES MOYENNES PAR LOT DE SEMENCE - Toutes variétés**  
(32 lots de semences)

Corrélation significative au seuil de 1% pour  $r > 0.46$

	HEP	HPL	DIA	LOF	LAF	NBF	PAN	PED	RAM	RM	E/P	HD <sup>2</sup>	FOL
HEP	1.00												
HPL	<u>0.95</u>	1.00											
DIA	0.29	0.14	1.00										
LOF	-0.02	0.17	-0.00	1.00									
LAF	0.22	0.12	<u>0.85</u>	-0.03	1.00								
NBF	0.66	0.57	0.51	0.06	0.57	1.00							
PAN	-0.31	-0.10	-0.08	0.67	-0.06	-0.32	1.00						
PED	-0.55	-0.37	-0.33	0.34	-0.30	-0.67	<u>0.80</u>	1.00					
RAM	0.62	0.73	0.13	0.47	0.17	0.55	0.18	-0.14	1.00				
RM	<u>0.82</u>	<u>0.81</u>	0.15	0.20	0.18	0.64	-0.19	-0.44	<u>0.81</u>	1.00			
E/P	<u>0.93</u>	0.75	0.41	-0.25	0.32	0.70	-0.52	-0.71	0.41	0.72	1.00		
HD <sup>2</sup>	0.76	0.70	<u>0.80</u>	0.13	0.69	0.70	-0.09	-0.45	0.55	0.60	0.72	1.00	
FOL	0.46	0.44	0.68	0.43	0.78	<u>0.83</u>	0.07	-0.36	0.58	0.52	0.43	0.76	1.00

Tableau No A3-9 . Corrélations entre descripteurs végétatifs et de la panicule (données moyennes par lot de semences).

	HGR	LGR	EGR	DEP	DRA	LEP	RGS	PEP	PRA	PGR	%GR	PIG	FM
HGR	1.00												
LGR	0.07	1.00											
EGR	-0.31	0.66	1.00										
DEP	0.41	-0.20	0.20	1.00									
DRA	0.06	-0.21	0.34	<u>0.92</u>	1.00								
LEP	0.02	<u>0.84</u>	0.68	0.00	0.01	1.00							
RGS	0.14	<u>-0.81</u>	-0.31	0.71	0.70	-0.59	1.00						
PEP	0.60	0.06	0.25	<u>0.91</u>	0.75	0.28	0.46	1.00					
PRA	0.21	-0.15	0.35	<u>0.95</u>	<u>0.97</u>	0.10	0.66	<u>0.86</u>	1.00				
PGR	0.70	0.12	0.21	<u>0.84</u>	0.62	0.32	0.36	<u>0.99</u>	0.75	1.00			
%GR	0.29	0.28	-0.39	-0.69	<u>-0.89</u>	0.06	-0.64	-0.43	<u>-0.83</u>	-0.27	1.00		
PIG	0.25	<u>0.95</u>	0.72	0.05	-0.02	<u>0.83</u>	-0.64	0.31	0.08	0.37	0.16	1.00	
FM	0.27	<u>-0.82</u>	-0.62	0.47	0.40	-0.60	<u>0.82</u>	0.31	0.41	0.25	-0.34	-0.72	1.00

Tableau No A3-10 . Corrélations entre descripteurs d'épis et date de floraison mâle (données moyennes par lot de semences).

	HEP	HPL	DIA	LOF	LAF	NBF	PAN	PED	RAM	RM	E/P	HD <sup>2</sup>	FOL
HGR	0.31	0.43	0.13	0.49	0.14	0.20	0.56	0.21	0.51	0.24	0.12	0.37	0.37
LGR	-0.71	-0.55	-0.20	0.42	-0.24	-0.66	0.58	0.68	-0.23	-0.60	<u>-0.81</u>	-0.44	-0.29
EGR	-0.66	-0.66	0.20	0.19	0.11	-0.34	0.29	0.36	-0.45	-0.62	-0.58	-0.23	-0.05
DEP	0.28	0.18	0.77	0.20	0.75	0.60	0.14	-0.28	0.14	0.12	0.33	0.68	0.76
DRA	0.17	0.03	<u>0.81</u>	-0.00	<u>0.80</u>	0.58	-0.10	-0.40	-0.04	0.02	0.32	0.61	0.69
LEP	-0.47	-0.35	0.09	0.42	-0.04	-0.49	0.50	0.53	-0.17	-0.44	-0.54	-0.12	-0.10
RGS	0.63	0.45	0.60	-0.24	0.60	0.76	-0.34	-0.63	0.18	0.43	0.74	0.69	0.59
PEP	0.23	0.23	0.67	0.47	0.61	0.45	0.40	-0.06	0.27	0.12	0.19	0.64	0.73
PRA	0.21	0.09	<u>0.82</u>	0.14	0.77	0.56	0.04	-0.34	0.08	0.07	0.31	0.66	0.73
PGR	0.23	0.26	0.58	0.55	0.52	0.38	0.49	0.03	0.31	0.13	0.14	0.60	0.68
%GR	-0.09	0.11	-0.72	0.28	-0.69	-0.45	0.35	0.48	0.21	0.07	-0.31	-0.45	-0.46
PIG	-0.64	-0.49	-0.02	0.49	-0.07	-0.53	0.69	0.69	-0.18	-0.57	-0.73	-0.28	-0.11
FM	<u>0.90</u>	0.78	0.45	-0.12	0.43	<u>0.80</u>	-0.37	-0.67	0.55	0.74	<u>0.91</u>	0.78	0.58

Tableau No A3-11 . Corrélations entre descripteurs végétatifs, de la panicule, d'épis et date de floraison mâle (données moyennes par lot de semences).

**ANNEXES Partie I / Chapitre 3 / Description morpho-phénologique des variétés**

LOTS DE SEMENCES			HEP	HPL	E/P	DIA	LAF	NBF	LEV	JIL	TAL	PL
AA1	Autofec.	X	130,2	234,1	0,56	1,79	7,88	6,28	26,0	1,41	0,20	14,4
		$\sigma$	13,2	21,0	0,04	0,14	0,79	0,53	7,7	0,24	0,24	4,5
	Parent	X	176,3	287,0	0,62	2,27	8,73	6,47	31,0	1,33	0,73	-
N2	Autofec.	X	125,6	219,2	0,58	1,84	8,10	6,10	28,3	1,45	0,14	14,4
		$\sigma$	19,2	23,6	0,05	0,18	0,83	0,55	4,9	0,26	0,20	3,4
	Parent	X	151,7	268,7	0,56	2,21	9,10	6,80	23,0	1,13	0,67	-
B2	Autofec.	X	124,4	219,0	0,57	1,77	7,54	5,92	27,6	1,34	0,10	14,2
		$\sigma$	13,6	20,1	0,05	0,14	0,59	0,43	4,8	0,23	0,19	2,9
	Parent	X	160,0	277,2	0,58	2,09	9,75	6,19	27,0	1,19	0,38	-
B3	Autofec.	X	128,8	224,5	0,58	2,07	7,54	6,03	28,8	1,40	0,20	12,0
		$\sigma$	11,0	13,7	0,04	0,12	0,75	0,42	3,9	0,26	0,28	2,7
	Parent	X	149,0	266,0	0,56	2,21	8,47	6,33	28,0	1,27	0,80	-
B5	Autofec.	X	118,8	229,4	0,52	1,89	6,90	6,12	23,0	1,19	0,15	14,1
		$\sigma$	14,6	15,3	0,04	0,24	1,02	0,54	6,3	0,16	0,18	2,3
	Parent	X	141,3	256,3	0,55	2,25	8,40	6,33	25,0	1,33	0,80	-
P	Autofec.	X	135,9	238,8	0,57	1,89	7,89	5,96	28,6	1,31	0,16	15,6
		$\sigma$	19,5	22,1	0,04	0,18	0,86	0,33	3,4	0,18	0,20	3,0
	Parent	X	163,7	273,7	0,60	2,41	10,20	6,27	23,0	1,40	0,67	-
T2	Autofec.	X	133,6	229,0	0,59	1,92	7,57	6,19	30,7	1,45	0,24	15,5
		$\sigma$	12,4	17,9	0,04	0,16	0,87	0,40	3,5	0,19	0,24	2,9
	Parent	X	152,3	264,3	0,58	2,11	8,70	7,47	29,0	1,20	0,60	-
AT	Autofec.	X	143,2	247,0	0,58	2,04	7,87	6,36	28,8	1,28	0,25	13,7
		$\sigma$	12,6	10,4	0,04	0,17	0,82	0,48	4,8	0,20	0,22	2,2
	Parent	X	155,3	272,7	0,57	2,31	9,07	6,87	27,0	1,13	0,47	-
C1	Autofec.	X	151,4	249,3	0,61	2,14	8,56	6,71	27,0	1,38	0,22	14,7
		$\sigma$	16,8	22,4	0,05	0,15	1,09	0,77	3,6	0,22	0,26	2,1
	Parent	X	172,3	296,3	0,58	2,40	8,93	7,33	31,0	1,20	0,40	-
C2	Autofec.	X	156,5	276,6	0,57	2,20	8,55	7,21	26,0	1,20	0,12	12,2
		$\sigma$	13,3	18,7	0,03	0,15	0,89	0,35	4,8	0,14	0,15	3,7
	Parent	X	182,0	306,0	0,59	2,56	9,90	7,33	32,0	1,40	0,80	-
A	Autofec.	X	137,5	236,1	0,58	2,12	8,45	6,67	28,8	1,31	0,11	14,8
		$\sigma$	17,2	21,9	0,04	0,19	0,73	0,61	3,8	0,19	0,21	2,7
	Parent	X	169,7	283,0	0,60	2,39	9,40	6,73	24,0	1,20	0,33	-
AR3	Autofec.	X	153,0	263,2	0,58	2,07	8,25	7,02	22,9	1,18	0,03	13,2
		$\sigma$	23,1	26,1	0,04	0,18	0,78	0,51	6,8	0,17	0,05	4,0
	Parent	X	172,3	293,0	0,59	2,41	10,30	7,33	26,0	1,40	0,33	-
EG	Autofec.	X	140,1	244,2	0,58	2,06	8,56	6,77	26,1	1,24	0,03	14,4
		$\sigma$	11,8	20,1	0,04	0,14	0,73	0,69	4,5	0,10	0,04	4,2
	Parent	X	174,0	289,3	0,60	2,43	10,23	7,27	29,0	1,27	0,19	-
H	Autofec.	X	144,4	253,0	0,57	2,35	9,01	6,86	23,7	1,31	0,11	11,0
		$\sigma$	22,6	24,3	0,04	0,15	0,74	0,46	5,4	0,12	0,11	1,7
	Parent	X	173,0	297,7	0,58	2,59	10,13	7,53	30,0	1,40	0,40	-
E	Autofec.	X	101,4	200,4	0,51	2,30	8,59	7,42	31,3	1,29	0,02	13,9
		$\sigma$	12,8	16,1	0,04	0,14	0,73	0,62	2,8	0,16	0,03	2,9
	Parent	X	130,3	238,7	0,55	2,67	10,50	7,00	32,0	1,40	0,20	-
HC	Autofec.	X	82,9	169,8	0,49	2,16	8,15	6,76	24,7	1,26	0,16	14,7
		$\sigma$	16,3	24,1	0,05	0,22	0,97	0,47	6,8	0,20	0,22	3,6

**Tableau No A3-12 . Moyenne des valeurs par famille S1 et écart-type entre familles des caractéristiques mesurées sur tous les lots de semences autofécondés. Données moyennes des parents en italique. - données manquantes.**

**ANNEXES Partie I / Chapitre 3 / Description morpho-phénologique des variétés**

LOTS de SEMENCES			FM	RGS	EPI	EPL	PEP	RDT
AA2	Autofec.	X	56,9	9,67	13,3	0,92	60,4	812
		$\sigma$	3,8	0,64	5,4	0,27	16,2	396
	Parent	X	<i>60,0</i>	<i>10,33</i>	<i>17,7</i>	-	<i>130</i>	<i>2295</i>
N2	Autofec.	X	57,1	-	14,6	1,01	65,6	967
		$\sigma$	3,2	-	5,2	0,27	17,2	431
	Parent	X	<i>55,0</i>	-	<i>16,0</i>	-	<i>111</i>	<i>1775</i>
B2	Autofec.	X	53,9	8,62	14,4	1,03	65,0	939
		$\sigma$	3,0	0,69	3,4	0,19	12,4	288
	Parent	X	<i>51,0</i>	<i>8,56</i>	<i>18,3</i>	-	<i>140</i>	<i>2565</i>
B3	Autofec.	X	53,3	8,46	12,8	1,06	73,8	963
		$\sigma$	2,8	0,91	3,6	0,20	17,7	383
	Parent	X	<i>51,0</i>	<i>8,67</i>	<i>17,7</i>	-	<i>139</i>	<i>2455</i>
B5	Autofec.	X	53,5	8,71	12,5	0,89	69,2	842
		$\sigma$	2,7	1,14	3,2	0,22	13,7	206
	Parent	X	<i>51,0</i>	<i>8,24</i>	<i>18,0</i>	-	<i>136</i>	<i>2495</i>
P	Autofec.	X	55,8	7,96	14,8	1,02	64,4	963
		$\sigma$	3,8	0,70	6,0	0,56	11,2	419
	Parent	X	<i>52,0</i>	<i>8,60</i>	<i>20,0</i>	-	<i>150</i>	<i>3000</i>
T2	Autofec.	X	56,0	9,10	18,3	1,21	56,4	1032
		$\sigma$	3,2	0,69	3,9	0,32	12,8	317
	Parent	X	<i>57,0</i>	<i>9,04</i>	<i>23,0</i>	-	<i>136</i>	<i>3130</i>
A	Autofec.	X	57,6	10,65	13,8	0,94	90,4	1254
		$\sigma$	2,7	1,17	3,4	0,26	19,5	420
	Parent	X	<i>56,0</i>	<i>11,13</i>	<i>16,0</i>	-	<i>162</i>	<i>2590</i>
AR3	Autofec.	X	62,0	11,13	11,5	0,89	86,7	1034
		$\sigma$	3,3	1,32	3,5	0,14	21,5	487
	Parent	X	<i>58,0</i>	<i>12,47</i>	<i>17,0</i>	-	<i>209</i>	<i>3555</i>
C1	Autofec.	X	61,5	11,23	13,8	0,93	69,0	942
		$\sigma$	2,4	1,50	3,4	0,18	9,2	220
	Parent	X	<i>64,0</i>	<i>11,89</i>	<i>17,7</i>	-	<i>165</i>	<i>2915</i>

**Tableau No A3-13 . Moyenne des valeurs par famille S1 et écart-type entre familles des caractéristiques productives et d'épis mesurées sur 10 lots de semences autofécondés. Données moyennes des parents en italique. - données manquantes.**

**ANNEXES Partie I / Chapitre 3 / Description morpho-phénologique des variétés**

Tableau No A3-14 : Variété PERLA (P)

LIGNE	NOMBRE D'EPIS	POIDS D'EPIS g	NOMBRE D'EPIS SELON LE NB DE RANGS					NOMBRE D'EPIS SELON LA COULEUR DOMINANTE	COULEUR DE RAFLE		OBSERVATIONS
			4	6	8	10	12		R	B	
1	17	1110			17			B		17	
2	16	1090		1	13	2		B		16	corné grains plats
3	18	1300	1		11	5		B		18	corné grains plats
4	11	920			10	1		B		11	
5	22	1540			17	5		B		22	corné
6	5	230			5			B		5	
7	13	830	3	3	7			B		13	corné grains ronds
8	24	1450	8	3	13			C		24	longs épis corné grains plats
9	10	450			10			B		10	
10	15	1040			14	1		B		15	
11	19	1100			16	2		B		19	
12	22	1640	1	1	20			B		22	
13	14	740		1	13			B		14	
14	2	130			1	1		B		2	
15	21	1070	4	2	15			B		21	grains plats
16	11	770			5	5		Ah		11	corné
Parent	20	3000			15	4	1	B		20	6 grains plats

Tableau No A3-15 : Variété BLANCO, lot de semences B5

LIGNE	NOMBRE D'EPIS	POIDS D'EPIS g	NOMBRE D'EPIS SELON LE NB DE RANGS					NOMBRE D'EPIS SELON LA COULEUR DOMINANTE	COULEUR DE RAFLE		OBSERVATIONS
			4	6	8	10	12		R	B	
1	6	630			1	4	1	B		6	épi cylind.
2	11	750		2	3	6		B		11	
3	16	960	1		9	5	1	B		16	
4	12	930			5	7		B		12	
5	13	820			8	4	1	B		13	épi conique
6	18	940			17	1		B		18	
7	12	680			5	3	4	B		12	
8	16	1220	1		13	1	1	B		16	
9	15	1070			12	3		B		15	
10	14	830	3	3	8			B		14	épi conique corné
11	14	940		1	13			B		14	épi conique corné
12	13	1090			3	9	1	B		13	corné
13	13	800			4	5	2	B		13	
14	9	460			9			B		9	
15	9	510				4	3	B		9	épi cylind.
Parent	18	2490	1	1	10	5		B		18	

Codes des couleurs

J Jaune	O Orange	Or Orange rouge	B Blanc	N Noir
Jf Jaune fort	Of Orange fort	R Rouge	C Crème	Nv Noir violet
	Om Orange marron	M Marron	Ah Fumée	Nm Noir marron

**Tableaux No A3-14 à A3-23 . Caractéristiques des épis produits par chaque famille S1 (plantes descendant d'un épi autofécondé).**

**ANNEXES Partie I / Chapitre 3 / Description morpho-phénologique des variétés**

Tableau No A3-16 : Variété BLANCO, lot de semences B2

LIGNE	NOMBRE D'EPIS	POIDS D'EPIS g	NOMBRE D'EPIS SELON LE NB DE RANGS					NOMBRE D'EPIS SELON LA COULEUR DOMINANTE	COULEUR DE RAFLE		OBSERVATIONS
			4	6	8	10	12		R	B	
1	18	960			18			Ah	18		grains ronds
2	13	720			6	5		B	13	épi cyclind.	grains plats
3	20	1150			11	6	1	B	20		grains plats
4	20	1230		4	14			Ah	20		grains plats non dentés
5	14	890		1	11	1		Ah	14		
6	13	960			9	3	1	B	13	épi cyclind.	
7	17	900			12	4		B	17		grains plats
8	12	420		1	10	1		B	12		
9	13	950			5	5	3	B	13		non dentés
10	15	1050			10	3	2	B	15		grains plats
11	18	910			16	1		B	18	épi conique	
12	17	1030		2	15			B	17	épi conique	
13	10	850			1	8	1	B	10		
14	11	720			2	9		B	11		
15	15	940		1	12	2		B	15		grains plats non dentés
16	10	490			9		1	B	10		
17	23	1660			11	11		B	23		grains plats
18	9	610			8	1		B	9	épi conique	
19	16	1410			6	9	1	B	16	épi cyclind.	grains plats
Parent	18	2570			13	5		B qqsAh	18		1 non denté

Tableau No 3-17 : Variété BLANCO, lot de semences B3

LIGNE	NOMBRE D'EPIS	POIDS D'EPIS g	NOMBRE D'EPIS SELON LE NB DE RANGS						NOMBRE D'EPIS SELON LA COULEUR DOMINANTE	COULEUR DE RAFLE		OBSERVATIONS
			4	6	8	10	12	14		R	B	
1	17	1500			9	7	1		Ah	17		
2	16	1110			8	8			B	16		
3	16	1220		1	14	1			B	16		
4	11	830			9	2			B	11		
5	11	860		1	10				B	11	épi conique	
6	16	1530			11	4			B	16	épi conique	
7	14	1400			11	3			B	14	épi conique	
8	14	1030			10	3		70 4J 1B	14	épi conique		
9	5	380			1	2	1	1	B	5		grains ronds
10	13	530		2	11				B	13		
11	11	580			11				J	11		
12	14	1400			6	7	1		B	14		
13	20	1480			18	2			B	20	épi conique	
14	7	240			4	2			B	7	épi conique	
15	13	1010		9		4			B	13	épi conique	
16	14	1170			12	2			Ah	14	épi conique	
17	16	870			9	6			B	16		
18	9	750			4	5			Ah	9		
19	8	460			6	2			B	8		
20	14	900			10	3	1		B	14		
Parent	18	2460		1	10	6	1		B 30 qqsAh	18		6 non dentés

**ANNEXES Partie I / Chapitre 3 / Description morpho-phénologique des variétés**

Tableau No A3-18 : Variété AMARILLO ANCHO, lot de semences AA2

LIGNE	NOMBRE D'EPIS	POIDS D'EPIS g	NOMBRE D'EPIS SELON LE NB DE RANGS				NOMBRE D'EPIS SELON LA COULEUR DOMINANTE	COULEUR DE RAFLE		OBSERVATIONS
			8	10	12	14		R	B	
1	20	1590	13	6	1	J	20			
2	21	950	10	11		Jf	21			
3	6	230	5			Jf	6			
4	10	750	8	2		80 10R	10			
5	7	370	4	3		Jf	7			
6	13	1120	4	7	2	9J 40R	13		farineux	
7	6	280	1	5		Jf	6			
8	12	710	12			6J 40 2B	12			
9	12	1090	3	8	1	J	12		farineux	
10	21	1560	3	16	1	14JB 4Jf 3B	21			
11	22	1190	12	8	1	21B 1Jf	22		farineux grains ronds glumes envelopp.	
12	19	1100	5	11	2	9B 6J 5Jf	19			
13	22	1010	5	16	1	21Jf 10	22			
14	5	200	1	3		3Jf 10	5			
15	12	1030	8	4		Jf	12		farineux	
16	15	680	4	11		14JB 10	15		farineux	
17	14	540	11	2		8Jf 30r	14			
18	9	430	4	5		Jf	9		farineux	
19	13	650	7	6		Jf	13		farineux	
20	13	760	7	4	1	Jf	13		faible DEP	
Parent	18	2300	3	9	6	17Jf 10r	18			

Tableau No A3-19 : Variété NEGRO, lot de semences N2

LIGNE	NOMBRE D'EPIS	POIDS D'EPIS g	NOMBRE D'EPIS SELON LE NB DE RANGS					NOMBRE D'EPIS SELON LA COULEUR DOMINANTE	COULEUR DE RAFLE		OBSERVATIONS
			8	10	12	14	16		R	B	
1	16	1180						14N 2Nv	16		
2	11	720						10Nv 1N	11		épi cylindrique
3	14	880						Nv	14		
4	10	1140						Nv	10		épi cylindrique
5	14	570						12N 2Nm	14		épi cylindrique
6	27	1700			données			N	27		épi cylindrique
7	13	980			manquantes			Nv	13		
8	21	1280						Nm	21		
9	13	710						Nv	13		épi cylindrique
10	22	1810						20Nv 2NB	12 10		épi conique
11	10	680						4NB 4BN 2N	10		
12	20	1180						15NJ 50N	20		
13	18	1600						N	18		épi cylindrique
14	13	610						N	13		
15	8	390						Nv	8		
16	10	570						9Nv 1N	10		
17	6	290						N	6		
18	18	1500						17Nv 1N	1 17		7 épis coniques
19	17	900						N	17		épi cylindrique
20	10	650						1BJ 2JB 3JN 2BJN 2N	10		
Parent	16	1780						5Nv 5N 1BN 1NB	2 14		

**ANNEXES Partie I / Chapitre 3 / Description morpho-phénologique des variétés**

Tableau No A3-20 : Variété TABLONCILLO, lot de semences T2

LIGNE	NOMBRE D'EPIS	POIDS D'EPIS g	NOMBRE D'EPIS SELON LE NB DE RANGS					NOMBRE D'EPIS SELON LA COULEUR DOMINANTE	COULEUR DE RAFLE		OBSERVATIONS
			6	8	10	12	14		R	B	
1	18	1120	2	13	2			C		18	
2	16	1230	4	4	6	2		C		16	
3	15	1100	10	4	1			C		15	
4	16	800	12	3				5 bigarrés		16	
5	15	710	4	10	1			C		15	
6	20	1130	1	3	6			15B 300f 20		20	
7	25	1300	9	14	2			C		25	faible DEP
8	21	800	4	13	4			C		21	
9	18	1010	11	7				C		18	
10	25	1780	8	13	4			C		25	denté farineux
11	15	910	12	3				C		15	
12	23	1220	1	18	4			C		23	
13	21	1030	17	3	1			C		21	
14	15	1020	6	9				C		15	
15	21	1720	4	14	3			C		21	denté farineux
16	12	620	9	3				C		12	
17	16	730	11	4				C		16	
18	16	710	7	7	2			C		16	
19	25	1130	14	11				C		25	denté farineux
20	16	570	2	8	6			C		16	faible DEP
Parent	23	3130	13	10	1			C		23	denté farineux

Tableau No A3-21 : Variété CHIANQUIAHUITL, lot de semences C1

LIGNE	NOMBRE D'EPIS	POIDS D'EPIS g	NOMBRE D'EPIS SELON LE NB DE RANGS					NOMBRE D'EPIS SELON LA COULEUR DOMINANTE	COULEUR DE RAFLE		OBSERVATIONS	
			8	10	12	14	16		R	B		
1	10	560	2	2	4	1			C		10	
2	8	540	3	4	1				Co		8	
3	11	890	5	2	4				C		11	
4	20	1190	7	10	3				C		20	
5	10	750	1	5	2	1			C		10	
6	16	1200	2	10	3	1			C		16	
7	14	930	10	2	2				Jc	7	7	faible DEP
8	18	1070	12	6					Jc		18	faible DEP
9	16	1040	2	6	8				C		16	grains pointus
10	13	910	1	5	6				O		13	grains pointus
11	13	1000		10	2	1			Jc		13	grains pointus
12	17	1130	8	8	1				C		17	grains pointus
13	17	1260	2	8	3	3			C		17	grains pointus
14	13	660		8	4	1			Or		13	grains pointus
15	16	1000	1	6	8				C		16	farineux grains pointus
Parent	18	2920	1	4	8	5			C 20r	1	17	farineux

**ANNEXES Partie I / Chapitre 3 / Description morpho-phénologique des variétés**

Tableau no A3-22 : Variété AMARILLO (A)

LIGNE	NOMBRE D'EPIS	POIDS D'EPIS g	NOMBRE D'EPIS SELON LE NB DE RANGS					NOMBRE D'EPIS SELON LA COULEUR DOMINANTE	COULEUR DE RAFLE		OBSERVATIONS
			8	10	12	14	16		R	B	
1	18	1830	3	7	8			12J 20m	18		gros épis
2	21	1870	7	10	1			100 60r 2J	21		
3	15	940	5	5	5			Jf	15		non denté
4	13	790	3	6				11J 10r 10	13		
5	5	470		2	1	2		J	5		
6	15	1350		7	8			Jf	15		ressemble au Tabloncillo
7	11	570			4	5	1	5J 30	11		
8	16	1240	2	10	4			J	16		
9	18	1010	7	7	3			8Jf 50 4B	18		glumes enveloppantes
10	12	1480	4	4	4			Jf	13	2	gros épis
11	17	1770	3	7	7			10J 7B	17		J non denté
12	15	1480	2	4	9			J	15		
13	16	1550	2	10	3	1		70 50m 2J	16		
14	16	1310			10	2	3	J	16		
15	14	1080	1	7	4		2	J	14		non denté
16	9	900	1	5	2	1		4J 30	9		
17	14	1460		8	6			B	14		
18	15	1860		2	7	6		18J 10	1	14	
19	13	870	9	4				70m 5J	6	7	
Parent	16	2590	1	6	8	1		15J 10m	16		

Tableau No A3-23 : Variété ARGENTINO, lot de semences AR3

LIGNE	NOMBRE D'EPIS	POIDS D'EPIS g	NOMBRE D'EPIS SELON LE NB DE RANGS						NOMBRE D'EPIS SELON LA COULEUR DOMINANTE	COULEUR DE RAFLE		OBSERVATIONS
			8	10	12	14	16	18		R	B	
1	15	1380	9	5	1				J	15		non denté
2	7	710	6		1	1			J	1	6	
3	19	1940	1	8	8	2			B	14	5	
4	17	2130	3	9	4	1			B	2	15	
5	13	990	2	7	2	1			B		13	
6	13	1160			5	3	3		B		13	
7	13	1110	3	4	4	2			rosé		13	
8	13	1160		1	7	5			B		13	
9	12	1120	1	11					B	9	3	
10	9	860		2	7				B		9	
11	9	580		3	3	1			J		9	
12	7	680		1	3	3			B		7	
13	9	450		3	2	3			B		9	
14	13	950		1	8	4			B		13	
15	9	290	4	1	4				B		9	
Parent	17	3550		3	10	2	1	1	B	5	12	

LOT DE SEMENCES	NOMBRE DE FAMILLES S1	NOMBRE DE PLANTES ALBINOS PAR FAMILLE S1
AA2	1/20	6/32
N2	0/20	
B2	6/19	1/33 11/29 1/33 10/33 12/33 7/31
B3	3/20	10/29 1/32 7/33
B5	2/15	4/19 4/30
P	3/16	8/29 6/24 2/29
T2	2/20	1/21 7/29
C1	0/15	
C2	2/6	3/29 11/33
A	2/20	3/27 9/30
AR3	0/15	
EG	0/15	
H	0/6	
E	0/20	
HC	0/15	

Tableau No A3-24 . Nombre de familles S1 présentant des plantes albinos relativement au nombre de familles étudiées pour chaque lot de semences et nombre de plantes albinos dans chacune de ces familles relativement au nombre total de plantes de la famille.

PARCELLES PAYSANNES SUIVIES PENDANT LE CYCLE PLUVIAL 1989

PARC	TRAVAIL DU SOL	ENGRAIS			INSECT. HERB.	CULT. ASSOCIEE Plante	Dens. 10 pl/ha	VARIETE DE MAIS	DATE DE SEMIS	LEVEE %	FM	PHA 10 pl/ha	EPL	RDT EPI 15% H
		1	2	N-P-K par ha										
1	T	x	x	107-30-0	x	Courge	0.8	A	28/6	93	67	53.3	0.65	3600
2	A	x	x	82-0-0				AA	6/7	-	59	46.3	0.55	2370
								C	17/7	-	-	32.5	0.73	3240
3	A	x	x	139-7-7				B	2/7	72	57	38.1	0.71	2890
								AA	2/7	89	62	40.5	0.27	1180
4	A		x	41-0-0	x	Courge	1.7	B	5/7	-	61	51.9	0.46	1400
								AA	5/7	82	59	40.5	0.75	2680
								N	5/7	-	60	52.6	0.78	2850
5	A	x	x	82-6-6	x			B	3/7	-	57	36.9	0.57	2120
					x			AR	3/7	-	76	37.4	0.61	2290
								AA	3/7	85	55	50.0	0.78	4180
6	T	-	-	-				AR	14/7	-	69	41.9	0.64	3360
7	T	x	x	226-0-0	x			BT	22/6	66	-	37.8	0.91	4490
								AT	22/6	87	-	43.5	0.73	4140
8	T		x	82-0-0		Courge	0.6	B	24/6	-	-	44.5	0.73	2100
9	A		x	82-0-0		Courge	0.6	B	3/7	85	57	42.5	0.72	2280
10	T		x	77-0-0	x	Courge	0.3	B	8/7	-	57	66.8	0.70	4230
11	A		x	102-0-0	x			B	6/7	80	55	33.2	0.67	1550
								E	6/7	-	70	53.7	0.50	2520
12	A		x	72-0-0		Courge	1.5	C	20/6	80	74	39.7	0.34	1320
13	C			0-0-0	x			C	3/7	87	68	50.0	0.47	1400
14	T	-	-	-		Courge	1.2	C	-	-	-	40.3	0.79	3140
15	T	x	x	91-8-0				C	17/7	-	73	54.7	0.72	4510
16	A	x	x	123/12/0	x	Courge	1.6	C	5/7	70	69	50.9	0.76	3840
17	A	x	x	77-0-0	x	Courge	1.6	C	8/7	-	77	45.6	0.74	2900
18	A		x	126-0-0		Courge	0.4	C	2/7	69	75	37.1	0.76	3340
19	A		x	92-0-0		Courge	0.7	E	29/6	69	-	37.9	0.59	2120
								H	29/6	82	68	46.1	0.65	2420
20	C		x	34-0-0				E	3/7	-	71	63.7	0.51	2900
21	C			0-0-0	x	Courge	0.4	T	23/6	82	76	41.0	0.70	3450
	%T	%	%	Moy	%	%	Moy			Moy		Moy	Moy	Moy
	27%	42%	89%	86-3-0	43%	14%	1.0			79.9		45.0	0.65	2827

Tableau No A3-25 . Principales caractéristiques des parcelles suivies pendant le CYCLE PLUVIAL 1989 (P) : type de travail du sol (T=tracteur, A=traction animale, C="coamil", semis au bâton fousseur), période d'épandage de l'engrais (1=semis, 2=au delà de 30 jours après le semis), utilisation d'insecticides (INSECT.) et d'herbicides (HERB.), culture associée (plante, densité et arrangement dans la culture de maïs), variétés de maïs (A=Amarillo, AA= Amarillo Ancho, AT=Amarillo de Tequesquiltán, AR=Argentino, B=Blanco, BT=Blanco de Tequesquiltán, C=Chianquiahuitl, E=Enano, H=Híbrido, N=Negro, T=Tabloncillo), date de semis, levée, floraison mâle (FM), densité de maïs à la récolte (PHA), nombre moyen d'épis produit par plante (EPL), rendement (RDT) en poids d'épis à 15% d'humidité par ha. Les données non mesurées ont été indiquées par un -.

## PARCELLES PAYSANNES SUIVIES PENDANT LE CYCLE IRRIGUE 1990

PARC	TRAVAIL DU SOL	ENGRAIS			INSECT. HERB.	CULTURE ASSOCIEE			VARIETE DE MAIS	DATE DE SEMIS	LEVEE %	FM	PHA 10 pl/ha	EPL	RDT EPI 15% H
		1	2	DOSE N-P-K par ha		Plante	Dens. 10 pl/ha	Arrang.							
1	T	-	-	-		Haricot	81	2/2	AA	18/12	-	-	23.1	0.62	1480
2	A		x	31-0-0		Haricot	206	1/1	AA	14/12	59	-	32.6	0.59	1640
3	T		x	102-0-0		Haricot	263	1/1	B	22/12	66	-	26.6	0.74	1770
4	T		x	97-0-0	x	Haricot	203	2/2	B	20/12	70	-	31.1	0.71	2340
5	A	-	-	-		Haricot	281	2/2	B	18/12	70	-	46.0	0.58	2040
6	T		x	82-0-0		Haricot	151	2/2	B	21/12	47	-	20.0	0.67	2090
7	A		x	123-0-0		Haricot	256	2/2	B	21/12	79	-	42.7	0.46	1290
8	T	x	x	96-0-0		Haricot	156	1/1	B	22/12	70	-	46.9	0.69	2500
9	T		x	51-0-0		Haricot	42	2/2	B	19/12	55	-	31.5	0.72	2030
10	T		x	72-0-0					B	21/12	71	-	39.7	0.77	3040
11	T			0-0-0					B	18/12	-	-	30.7	0.93	2660
12	T	-	-	-		Haricot	99	1/1	B	16/12	61	-	31.2	0.72	1930
13	T		x	74-0-0					B	20/12	64	-	52.3	0.88	3950
14	T	x	x	51-0-0		Haricot	188	2/2	B	18/12	62	-	22.9	0.53	1290
15	A		x	56-0-0		Haricot	128	2/2	B	21/12	-	-	28.4	0.86	2820
16	T	x	x	129-0-0	x	Haricot	263	2/2	B	15/12	60	-	36.1	0.67	1950
17	T	x	x	98-0-0	x	Haricot	156	2/2	B	16/12	68	-	37.3	0.66	2240
18	T	x	x	108-8-8		Haricot	177	2/2	B	22/12	-	-	35.6	0.55	1680
19	A		x	82-0-0		Haricot	214	2/2	T	18/12	73	-	33.2	0.64	1540
	%T	%	%	Moy	%	%	Moy				Moy		Moy	Moy	Moy
	74%	31%	93%	78-0.5-0	16%	0%	179.0				65.0		34.1	0.68	2120

**Tableau No A3-26 . Principales caractéristiques des parcelles suivies pendant le CYCLE IRRIGUE 1990 (I) :** type de travail du sol (T=tracteur, A=traction animale), période d'épandage de l'engrais (1=semis, 2=au delà de 30 jours après le semis), utilisation d'insecticides (INSECT.) et d'herbicides (HERB.), culture associée (plante, densité et arrangement dans la culture de maïs : 1/1="medio a medio", 2/2="carrileado"), variétés de maïs (AA= Amarillo Ancho, B=Blanco, T=Tabloncillo), date de semis, levée, floraison mâle (FM), densité de maïs à la récolte (PHA), nombre moyen d'épis produit par plante (EPL), rendement (RDT) en poids d'épis à 15% d'humidité par ha. Les données non mesurées ont été indiquées par un -.

DONNEES PAR PLANTE - VARIETE BLANCO

Corrélation significative au seuil de 1% pour  $r > 0.13$

	HEP	HPL	DIA	LOF	LAF	NBF	PAN	PED	RAM	RM
HEP	1.00									
HPL	<u>0.84</u>	1.00								
DIA	0.29	0.32	1.00							
LOF	0.39	<u>0.52</u>	<u>0.49</u>	1.00						
LAF	<u>0.52</u>	<u>0.51</u>	<u>0.57</u>	<u>0.59</u>	1.00					
NBF	0.17	0.41	0.20	0.31	0.20	1.00				
PAN	0.24	0.33	0.18	0.33	0.32	-0.06	1.00			
PED	0.08	0.20	0.01	0.12	0.07	-0.11	<u>0.63</u>	1.00		
RAM	<u>0.51</u>	<u>0.48</u>	0.37	0.45	<u>0.81</u>	0.09	0.38	0.14	1.00	
RM	<u>0.48</u>	0.44	0.35	0.39	<u>0.51</u>	0.20	0.19	0.02	<u>0.73</u>	1.00

Tableau No A3-27. Corrélations entre les descripteurs végétatifs et de la panicule. Données par plante de la variété BLANCO cultivée en conditions paysannes.

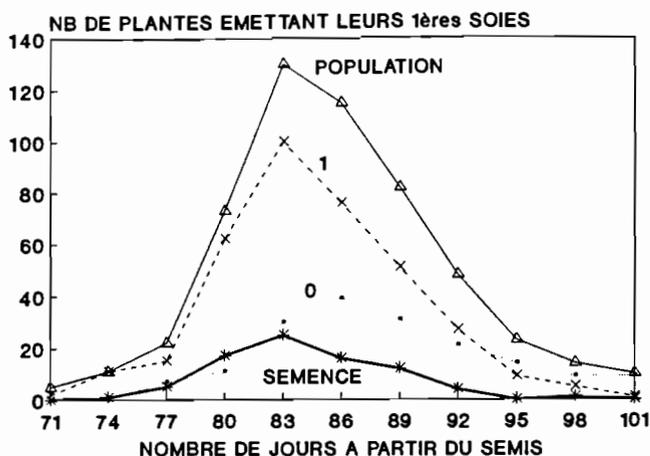
	HGR	LGR	EGR	DEP	DRA	LEP	RGS	PEP	PRA	PIG
HGR	1.00									
LGR	0.14	1.00								
EGR	0.03	0.11	1.00							
DEP	<u>0.45</u>	0.05	0.16	1.00						
DRA	0.02	0.07	0.35	<u>0.50</u>	1.00					
LEP	0.27	0.03	0.18	0.24	0.23	1.00				
RGS	0.07	-0.05	-0.04	0.23	0.21	-0.11	1.00			
PEP	<u>0.51</u>	-0.02	0.11	<u>0.54</u>	0.29	<u>0.75</u>	0.02	1.00		
PRA	0.23	0.02	0.27	<u>0.51</u>	<u>0.55</u>	<u>0.74</u>	0.06	<u>0.74</u>	1.00	
PIG	<u>0.49</u>	0.02	<u>0.77</u>	<u>0.48</u>	0.15	0.32	-0.34	<u>0.64</u>	0.35	1.00

Tableau No A3-28. Corrélations entre les descripteurs d'épis. Données par plante de la variété BLANCO cultivée en conditions paysannes.





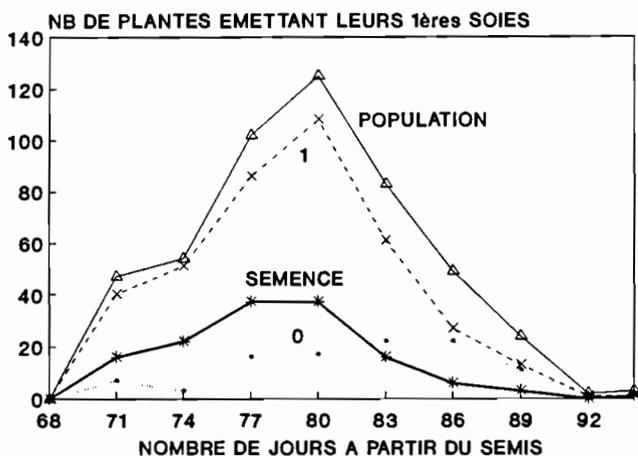
Fig No A6-1. VARIETE AMARILLO ANCHO



COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS  
Test de Kolmogorov-Smirnov

Classes 0 / Classes 1	**
Classes 1 / POPULATION	NS
Classes 1 / SEMENCE	NS
POPULATION / SEMENCE	NS

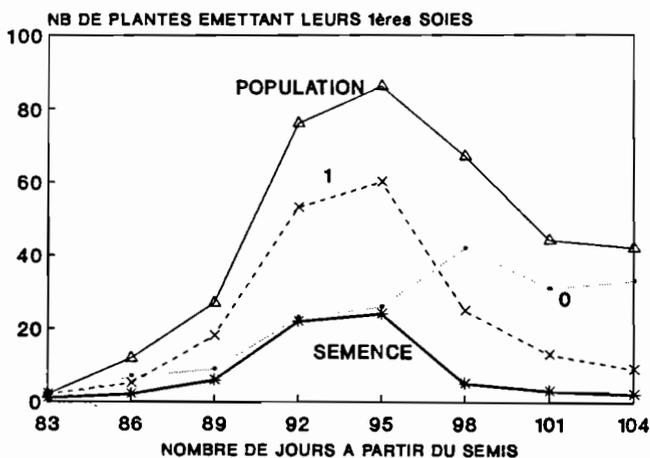
Fig No A6-2. VARIETE BLANCO



COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS  
Test de Kolmogorov-Smirnov

Classes 0 / Classes 1	**
Classes 1 / POPULATION	NS
Classes 1 / SEMENCE	NS
POPULATION / SEMENCE	*

Fig No A6-3. VARIETE CHIANQUIAHUITL



COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS  
Test de Kolmogorov-Smirnov

Classes 0 / Classes 1	**
Classes 1 / POPULATION	**
Classes 1 / SEMENCE	NS
POPULATION / SEMENCE	**

△	POPULATION
*	SEMENCE
x	Épis à grains sur plus de 10cm
.	Épis à grains sur moins de 10cm

Figures No A6-1 à A6-3. Comparaison, pour les variétés B, AA et C, de la floraison femelle de l'ensemble des plantes de la variété (POPULATION), du sous-ensemble des plantes n'ayant produit aucun épi ou un épi présentant des grains sur moins de 10cm de long (classes de longueur 0), du sous-ensemble des plantes ayant produit un épi présentant des grains sur plus de 10 cm de long (classes de longueur 1) et du sous-ensemble des plantes ayant produit un épi sélectionné par les agriculteurs pour être utilisé comme semence (SEMENCE). (NS non significatif au seuil de 5%, \* significatif au seuil de 5%, \*\* significatif au seuil de 1%).

## BLANCO

Type échant.	Nombre d'épis	HGR		LGR		EGR		DEP		DRA		RGS		LEP		PEP		PRA		PGR	
		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Hasard	30	0.81	0.08	1.00	0.09	0.37	0.04	3.49	0.33	2.23	0.30	8.53	0.90	14.1	3.0	81.1	31.1	11.8	4.9	69.3	26.6
Sélect.	30	0.97	0.09	1.10	0.09	0.39	0.04	3.86	0.22	2.14	0.26	8.60	0.93	18.1	2.4	134.3	29.7	19.9	6.8	114.5	25.4
		***		***		*		***		NS		NS		***		***		***		***	
Hasard	15	0.99	0.07	1.07	0.06	0.37	0.04	3.78	0.31	1.96	0.19	8.67	1.23	17.0	2.4	115.4	22.2	15.3	4.3	100.2	19.2
Sélect.	30	1.06	0.08	1.10	0.08	0.39	0.04	3.98	0.23	2.09	0.17	8.80	1.13	18.5	2.2	151.4	19.0	20.1	4.2	131.2	17.7
		***		NS		*		*		*		NS		NS		***		***		***	
Hasard	22	1.01	0.09	1.08	0.08	0.39	0.04	3.92	0.24	2.10	0.22	9.00	1.20	17.0	2.3	125.3	21.8	17.5	5.4	107.8	18.1
Sélect.	23	1.06	0.07	1.13	0.08	0.41	0.03	4.09	0.27	2.16	0.21	8.78	1.00	19.3	1.9	163.0	22.1	22.3	4.9	140.7	19.3
		***		*		*		*		NS		NS		***		***		**		***	
Hasard	25	1.05	0.10	1.11	0.08	0.40	0.04	3.94	0.20	2.11	0.23	8.80	1.15	17.1	2.1	126.3	16.4	17.5	6.5	108.8	13.9
Sélect.	20	1.08	0.07	1.20	0.06	0.40	0.02	4.01	0.17	2.08	0.19	8.20	0.62	18.3	1.4	149.4	16.7	20.3	4.7	129.2	15.2
		*		***		NS		NS		NS		*		*		***		NS		***	

## AMARILLO ANCHO

Hasard	30	0.89	0.10	1.03	0.08	0.40	0.05	3.78	0.34	2.43	0.24	8.93	1.26	15.7	2.9	107.6	39.4	15.8	5.7	91.8	35.1
Sélect.	30	0.89	0.10	1.00	0.08	0.37	0.04	3.89	0.33	2.47	0.27	9.13	1.25	16.9	2.1	127.6	32.3	18.0	3.9	109.6	29.6
		NS		**		*		NS		NS		NS		NS		*		NS		*	
Hasard	30	0.84	0.09	0.99	0.10	0.36	0.03	3.50	0.27	1.93	0.18	8.87	1.01	14.6	2.5	79.9	22.3	12.0	4.2	67.9	18.8
Sélect.	30	0.92	0.07	1.04	0.07	0.36	0.03	3.70	0.25	1.99	0.23	9.00	1.14	17.1	2.0	114.2	21.0	15.9	4.4	98.3	17.8
		***		**		NS		**		NS		NS		***		***		**		***	
Hasard	29	0.96	0.08	1.02	0.09	0.39	0.04	3.86	0.24	2.21	0.24	9.38	1.32	17.0	2.0	113.2	19.0	19.6	5.0	93.5	17.7
Sélect.	16	0.98	0.07	1.10	0.08	0.42	0.02	4.09	0.30	2.25	0.23	8.88	1.26	18.7	1.8	149.2	25.4	23.8	7.0	125.4	20.8
		NS		**		**		*		NS		NS		**		***		*		***	
Hasard	21	0.94	0.09	0.97	0.08	0.37	0.04	3.67	0.29	2.05	0.23	9.52	1.25	16.7	1.4	111.4	21.8	18.0	4.0	93.4	19.1
Sélect.	9	0.97	0.04	0.97	0.06	0.37	0.04	3.83	0.19	2.18	0.17	9.56	0.88	18.1	1.8	133.4	9.4	22.0	3.3	111.4	7.7
		NS		NS		NS		NS		NS		NS		NS		***		**		**	
Hasard	30	0.99	0.09	0.96	0.10	0.38	0.03	3.82	0.24	2.09	0.16	10.00	1.49	16.5	1.7	118.0	21.8	17.8	3.3	100.2	19.7
Sélect.	15	1.02	0.09	0.96	0.07	0.38	0.04	4.04	0.25	2.23	0.20	10.40	1.55	17.5	1.7	145.8	21.3	21.1	3.8	124.7	18.9
		*		NS		NS		**		*		NS		NS		***		**		***	

NEGRO																					
Type échant.	Nombre d'épis	HGR		LGR		EGR		DEP		DRA		RGS		LEP		PEP		PRA		PGR	
		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Hasard	30	0.84	0.10	0.94	0.09	0.36	0.04	3.59	0.32	2.03	0.28	9.40	1.40	14.2	3.3	85.8	38.1	12.5	5.2	73.3	33.5
Sélect.	30	0.89	0.10	0.99	0.10	0.37	0.04	3.74	0.26	2.12	0.17	9.60	1.33	17.3	2.2	112.8	30.3	18.4	5.3	94.3	26.7
		**		**		NS		NS		NS		NS		***		**		***		**	
Hasard	30	0.80	0.09	0.94	0.09	0.35	0.04	3.54	0.24	1.94	0.27	9.27	1.23	14.0	2.0	77.0	25.5	11.7	3.4	65.3	22.8
Sélect.	30	0.91	0.07	1.00	0.07	0.35	0.04	3.67	0.26	1.99	0.16	9.00	1.26	17.5	1.6	126.2	20.1	17.0	3.6	109.3	17.8
		***		***		NS		NS		NS		NS		***		***		***		***	
CHIANGUIAHUITL																					
Hasard	30	0.86	0.10	0.82	0.09	0.35	0.05	3.66	0.47	2.06	0.32	11.33	1.52	15.2	2.7	102.1	44.1	17.3	8.4	84.8	36.4
Sélect.	30	0.94	0.08	0.82	0.07	0.34	0.03	3.87	0.25	2.13	0.23	12.00	1.82	17.5	2.2	136.0	25.7	21.2	5.9	114.8	21.6
		***		NS		NS		*		NS		NS		***		***		*		***	
Hasard	30	1.00	0.11	0.83	0.07	0.33	0.04	3.72	0.31	1.96	0.19	11.33	1.32	13.3	2.6	86.9	33.5	12.5	5.2	74.4	29.4
Sélect.	30	1.02	0.07	0.87	0.07	0.33	0.03	4.12	0.21	2.08	0.19	11.87	1.17	16.8	1.9	150.9	23.0	20.0	5.2	130.9	19.7
		NS		*		NS		***		*		NS 9.9%		***		***		***		***	
Hasard	11	0.99	0.13	0.83	0.09	0.36	0.03	3.73	0.29	2.01	0.23	12.00	1.55	16.6	2.1	114.5	21.9	17.6	4.4	97.0	22.1
Sélect.	19	1.09	0.08	0.86	0.07	0.35	0.03	4.14	0.34	2.04	0.24	12.21	1.62	16.7	1.9	153.5	37.4	18.9	6.3	134.5	32.8
		***		NS		NS		**		NS		NS		NS		**		NS		***	
ARGENTINO																					
Hasard	30	1.07	0.11	0.86	0.07	0.34	0.03	4.52	0.35	2.52	0.29	13.07	1.64	16.6	2.6	169.4	51.3	27.3	9.7	142.1	43.6
Sélect.	30	1.14	0.11	0.91	0.08	0.35	0.03	4.86	0.27	2.59	0.18	13.40	1.50	19.0	1.5	245.2	32.4	38.0	8.2	207.3	27.6
		***		***		NS		***		NS		NS		***		***		***		***	
Hasard	30	0.92	0.10	0.89	0.09	0.33	0.06	3.91	0.35	2.12	0.20	11.47	1.28	12.3	2.5	91.2	39.8	14.0	5.7	77.2	35.8
Sélect.	30	0.99	0.08	0.88	0.08	0.33	0.03	4.30	0.25	2.32	0.22	12.80	1.24	13.9	1.7	128.7	27.9	19.3	6.0	109.4	23.3
		***		NS		NS		***		***		***		**		***		**		***	

Tableau No A6-1. Comparaison des descripteurs des échantillons d'épis sélectionnés par les agriculteurs et des échantillons prélevés au hasard pour les variétés Blanco, Amarillo Ancho, Negro, Chianquiahuitl et Argentino (non significatif au seuil de 5% NS, significatif aux seuils de 5% \*, 1% \*\*, 1% \*\*\*).

## LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

### Chapitre 2 - Cadre de l'étude : la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán (RBSM, Mexique) et la conservation *in situ* de variétés locales de maïs.

#### Tableaux

**Tableau No 2-1** . Données de production de la culture du maïs dans le bassin versant de Cuzalapa selon le cycle de culture.

**Tableau No 2-2** . Importance relative des différentes variétés en fonction des surfaces emblavées, du nombre de lots de semences et du nombre d'agriculteurs concernés.

**Tableau No 2-3** . Surface et nombre de variétés semées par cycle et par agriculteur en fonction du cycle de culture (maximum, minimum, moyenne et écart-type). Comparaison entre les cycles irrigués et les cycles pluviaux.

**Tableau No 2-4** . Répartition du nombre de lots de semences d'une variété et des surfaces ensemencées avec cette variété en fonction du cycle de culture.

#### Figures

**Figure No 2-1** . Localisation et zonage de la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán selon le décret fédéral.

**Figure No 2-2** . Distribution des espèces sauvages du genre *Zea* au Mexique et au Guatemala (JARDEL 1992). Localisation de la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán (RBSM).

**Figures No 2-3** . Distribution des races de maïs au Mexique. Localisation de la RBSM et des races de maïs les plus importantes de la réserve.

**Figure No 2-4** . La Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán et sa zone d'influence.

**Figure No 2-5** . Température et pluviométrie moyennes annuelles dans la Réserve.

**Figure No 2-6** . Bassins versants de la Réserve de la Biosphère Sierra de Manantlán.

**Figure No 2-7** . Données climatiques de la station de Cuautitlán (*figure No 2-5*), moyennes des années 1989 et 1990.

**Figure No 2-8** . Sols et utilisation du sol dans le bassin versant de Cuzalapa.

### Chapitre 3 - Caractéristiques morpho-phénologiques des variétés de maïs cultivées dans le bassin versant de Cuzalapa.

#### Tableaux

**Tableau No 3-1** . Essai "Collection de variétés". Variétés observées, code, origine (variété locale ou introduite), type de variété (variété paysanne ou dérivé d'une variété hybride), couleur du grain, longueur de cycle, nombre de lots de semences et code attribué à chaque lot observé.

**Tableau No 3-2** . Descripteurs végétatifs et de la panicule.

**Tableau No 3-3** . Descripteurs d'épis.

**Tableau No 3-4** . Lots de semences autofécondés et nombre d'épis autofécondés obtenu par lot.

**Tableau No 3-5** . Valeurs maximum et minimum des moyennes par lots de semences des descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épis. Comparaison avec la variété Hybride commercial HC, seconde génération de la variété hybride trois voies HT47.

**Tableau No 3-6** . ACP sur les plantes de tous les lots de semences (sauf HC, plantes de HT en individus supplémentaires) selon les descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épis. Contribution des cinq premiers axes à la variation totale et variables les plus corrélées à chacun des axes.

**Tableau No 3-7** . Analyse de la variance à deux facteurs hiérarchisés (variété x lots de semences) sur les 14 variétés (sans HC), F observé et % de la variation expliquée par chacun des facteurs.

**Tableau No 3-8** . AFD sur toutes les variétés (sauf HC et l'hybride témoin HT), toutes provenances confondues, selon les descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épis. Contribution des trois premiers axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes.

**Tableau No 3-9** . Valeurs des descripteurs végétatifs et de la panicule pour chaque variété. Groupes de variétés définis à partir des descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épi

**Tableau No 3-10** . Valeurs des descripteurs d'épis pour chaque variété. Groupes de variétés définis à partir des descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épis

**Tableau No 3-11** . Paramètres du polymorphisme enzymatique pour les 4 variétés étudiées.

**Tableau No 3-12** . Distances du Khi-2 entre les quatre variétés locales Blanco (B), Amarillo Ancho (AA), Negro (N) et Chianquihuitl (C), calculées sur les fréquences alléliques observées des loci polymorphes ACP-1, ACP-2, CPX-1, EST-8, GDH-2, GOT-1, IDH-2, PGI-1, PGM-2 et SDH-1.

**Tableau No 3-13** . Dépression de consanguinité entre les lots de semences parents et les familles S1.

**Tableau No 3-14** . Coefficients de variation entre familles S1 des lots de semences autofécondés.

**Tableau No 3-15** . Analyse de la variance à deux facteurs hiérarchisés (modèle fixe) des descripteurs mesurés sur la descendance des épis autofécondés des 15 lots de semences (1er tableau) et des descripteurs mesurés sur la descendance des épis autofécondés des 10 lots de semences : B2, B3, B5, C1, AA2, A, AR3, P, T2 et N2 (2d tableau).

## Liste des tableaux et figures

**Tableau No 3-16** . Utilisation des variétés de maïs à grains de différentes couleurs au Mexique (d'après HERNANDEZ X. 1985).

**Tableau No 3-17** . AFD sur les parcelles de la variété Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl semées en parcelles paysannes pendant la saison des pluies selon les descripteurs végétatifs et de la panicule. Contribution des trois premiers axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes.

**Tableau No 3-18** . AFD sur les parcelles de la variété Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl semées en parcelles paysannes pendant la saison des pluies selon les descripteurs d'épis. Contribution des trois premiers axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes

**Tableau No 3-19** . Comparaison des niveaux des descripteurs végétatifs et de la panicule des parcelles semées en milieu paysan pendant la saison des pluies 1989 et de celles de l'essai "collection de variétés" établi pendant la saison sèche 1990.

**Tableau No 3-20** . Comparaison des niveaux des descripteurs d'épis des parcelles semées en milieu paysan pendant la saison des pluies 1989 et de celles de l'essai "Collection de variétés" établi pendant la saison sèche 1990.

**Tableau No 3-21** . Comparaison des parcelles paysannes de la variété Blanco semées en saison des pluies 1989 et en saison sèche 1990, selon les descripteurs végétatifs et de la panicule. Test de Student au seuil de 5%.

**Tableau No 3-22** . AFD sur les parcelles paysannes de la variété Blanco semées en saison des pluies 1989 et en saison sèche 1990, selon les descripteurs végétatifs et de la panicule. Descripteurs les plus corrélés aux trois premiers axes de l'AFD.

**Tableau No 3-23** . Comparaison des parcelles paysannes de la variété Blanco semées en saison des pluies 1989 et en saison sèche 1990, selon les descripteurs d'épis. Test de Student au seuil de 5%.

**Tableau No 3-24** . AFD sur les parcelles paysannes de la variété Blanco semées en saison des pluies 1989 et en saison sèche 1990, selon les descripteurs d'épis. Descripteurs les plus corrélés aux trois premiers axes de l'AFD.

**Tableau No 3-25** . Descripteurs mentionnés par les agriculteurs lors du test d'identification des variétés à chaque stade. Fréquence avec laquelle le descripteur est mentionné.

### Figures

**Figure No 3-1** . Détermination graphique des descripteurs de la floraison : FM, FF, IF et [25-75].

**Figures No 3-2 à 3-8** . Localisation des plantes de chaque lot de semences (21 en moyenne par lot de semences) sur la portion du plan 1-2 de l'ACP défini par les 630 plantes utilisées dans l'analyse, pour les variétés HT (témoin)(Fig 3-2), C (Fig 3-3), AR (Fig 3-4), T (Fig 3-5), B (Fig 3-6), AA (Fig 3-7) et N (Fig 3-8).

**Figure No 3-9** . Classification ascendante hiérarchique sur les moyennes pondérées des distances euclidiennes entre les lots de semences des variétés Blanco (B), Amarillo Ancho (AA), Negro (N), Chianquiahuitl (C) et Argentino (AR) calculées à partir des coordonnées de leur centre de gravité sur les cinq premiers axes d'une AFD sur ces lots.

**Figure No 3-10** . Nombre de jours entre le semis et les floraisons mâle ( $\delta$ ) et femelle ( $\varphi$ ) et intervalle entre floraisons ( $\delta \dots \varphi$ ). Moyenne des deux répétitions.

**Figure No 3-11** . Classification ascendante hiérarchique en fonction des moyennes des distances euclidiennes pondérées calculées à partir des coordonnées des centres de gravité des variétés sur les cinq premiers axes de l'AFD sur ces variétés.

**Figure No 3-12** . Plan 1-2 de l'AFD sur toutes les variétés (sauf HC et l'hybride témoin HT), toutes provenances confondues, selon les descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épis.

**Figure No 3-13** . Hauteur de l'épi HEP en fonction de la floraison mâle FM. Données moyennes par lot de semences.

**Figure No 3-14** . Longueur de l'épi LEP en fonction de la largeur du grain LGR. Données moyennes par lot de semences.

**Figure No 3-15** . Hauteur de l'épi HEP en fonction de la hauteur de la plante HPL. Données moyennes par lot de semences.

**Figure No 3-16** . Nombre de rangs de grains RGS en fonction de la hauteur de la plante HPL. Données moyennes par lot de semences.

**Figure No 3-17** . Diamètre de la rafle DRA en fonction du diamètre de l'épi DEP. Données moyennes par lot de semences.

**Figure No 3-18** . Nombre de rangs de grains RGS en fonction de la largeur du grain LGR. Données moyennes par lot de semences.

**Figure No 3-19** . Structure des lots de semences des variétés Blanco, Amarillo Ancho, Negro et Chianquiahuitl pour le nombre de rangs de grains RGS.

**Figure No 3-20** . Fréquences alléliques des 10 loci polymorphes pour les variétés Blanco (B), Amarillo Ancho (AA), Negro (N) et Chianquiahuitl (C).

**Figure No 3-21** . Classification ascendante hiérarchique à partir des distances du Khi-2 calculées sur les fréquences alléliques des 10 loci polymorphes.

**Figure No 3-22** . Classification hiérarchique ascendante en fonction des moyennes des distances euclidiennes pondérées calculées à partir des coordonnées des lots de semences autofécondés sur les cinq premiers axes de l'AFD.

## Liste des tableaux et figures

**Figure No 3-23** . Plan 1-2 de l'AFD sur les parcelles de la variété Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl semées en parcelles paysannes pendant la saison des pluies selon les descripteurs végétatifs et de la panicule.

**Figure No 3-24** . Plan 1-2 de l'AFD sur les parcelles de la variété Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl semées en parcelles paysannes pendant la saison des pluies selon les descripteurs d'épis.

**Figure No 3-25** . Plan 1-2 de l'AFD sur les parcelles paysannes de la variété Blanco semées en saison des pluies 1989 et en saison sèche 1990, selon les descripteurs végétatifs et de la panicule.

**Figure No 3-26** . Plan 1-2 de l'AFD sur les parcelles paysannes de la variété Blanco semées en saison des pluies 1989 et en saison sèche 1990, selon les descripteurs d'épis.

**Figure No 3-27** . Précision variété. Pourcentage des réponses consistant à reconnaître une variété, en fonction de son groupe d'appartenance.

**Figure No 3-28** . Précision GROUPE. Pourcentage des réponses consistant à reconnaître une variété ou à lui attribuer le nom d'un cultivar du même groupe, en fonction de son groupe d'appartenance.

**Figure No 3-29** . Fréquence avec laquelle une variété à identifier est confondue avec une autre variété lors de l'observation des épis ou des plantes.

### Annexes

**Tableau No A3-1** . Essai "Collection de variétés". Travaux agricoles effectués par l'agriculteur ou par une entreprise (AGR) et par le chercheur (CH).

**Tableau No A3-2** . Tailles moyennes d'échantillons en fonction du descripteur considéré (37 lots de semences mesurés, toutes variétés confondues) permettant d'approcher la moyenne d'un descripteur avec une précision de 5%, au risque de 5%.

**Tableau No A3-3** . Corrélations entre les descripteurs végétatifs et de la panicule (données par plante, toutes variétés confondues).

**Tableau No A3-4** . Corrélations entre les descripteurs d'épis (données par plante, toutes variétés confondues).

**Tableau No A3-5** . Corrélations entre les descripteurs végétatifs, de la panicule et d'épis (données par plante, toutes variétés confondues).

**Tableau No A3-6** . Floraison mâle (FM) et femelle (FF), intervalle entre floraisons mâle et femelle (IF) et passage de 25% à 75% des plantes en floraison mâle ([25-75]), par lot de semences et par variété.

**Tableau No A3-7** . Essai "Collection de variétés". Valeurs moyenne, maximum, minimum et écart-type des descripteurs végétatifs et de la panicule pour chaque variété.

**Tableau No A3-8** . Essai "Collection de variétés". Valeurs moyenne, maximum, minimum et écart-type des descripteurs d'épis pour chaque variété.

**Tableau No A3-9** . Corrélations entre descripteurs végétatifs et de la panicule (données moyennes par lot de semences).

**Tableau No A3-10** . Corrélations entre descripteurs d'épis et date de floraison mâle (données moyennes par lot de semences).

**Tableau No A3-11** . Corrélations entre descripteurs végétatifs, de la panicule, d'épis et date de floraison mâle (données moyennes par lot de semences).

**Tableau No A3-12** . Moyenne des valeurs par famille S1 et écart-types entre familles S1 des caractéristiques mesurées sur tous les lots de semences autofécondés. Données moyennes des parents en italique.

**Tableau No A3-13** . Moyenne des valeurs par famille S1 et écart-types entre familles S1 des caractéristiques mesurées sur 10 lots de semences autofécondés. Données moyennes des parents en italique.

**Tableaux No A3-14 à A3-23** . Caractéristiques des épis produits par chaque famille S1 (plantes descendant d'un épi autofécondé).

**Tableau No A3-24** . Nombre de familles S1 présentant des plantes albinos relativement au nombre de familles étudiées pour chaque lot de semences et nombre de plantes albinos dans chacune de ces familles relativement au nombre total de plantes de la famille.

**Tableau No A3-25** . Principales caractéristiques des parcelles suivies pendant le cycle pluvial 1989.

**Tableau No A3-26** . Principales caractéristiques des parcelles suivies pendant le cycle irrigué 1990.

**Tableau No A3-27** . Corrélations entre les descripteurs végétatifs et de la panicule. Données par plante de la variété BLANCO cultivée en conditions paysannes.

**Tableau No A3-28** . Corrélations entre les descripteurs d'épis. Données par plante de la variété BLANCO cultivée en conditions paysannes.

## **Chapitre 4 - Reconstitution des variétés : échange et taille des lots de semences**

### Tableaux

**Tableau No 4-1** . Taille de l'échantillon (N) permettant que soit incluse avec une probabilité P au moins une copie du génotype rare selon la fréquence (a) de ce génotype dans la population (d'après CROSSA 1989).

**Tableau No 4-2** . Effectif efficace de la population pour que le taux de perte d'hétérozygotie F soit maintenu au dessous de 1% en fonction du nombre d'allèles par locus (D'après CROSSA 1989).

Nombre d'épis de maïs nécessaire en considérant l'utilisation de 250 grains par épi.

**Tableau No 4-3** . Exemple d'information obtenue auprès d'un agriculteur dans l'enquête sur la provenance des semences réalisée sur 39 agriculteurs du bassin versant de Cuzalapa au cours de 6 cycles de culture.

## Liste des tableaux et figures

**Tableau No 4-4** . Provenance des lots de semences selon le cycle de culture.

**Tableau No 4-5** . Pourcentage de la surface semée par variété en fonction de la provenance des semences et du cycle de culture pour les variétés Blanco et Chianquiahuitl. Pourcentage des lots de semences constitués à partir de moins de 100 épis en fonction du cycle de culture, pour les variétés Blanco et Chianquiahuitl.

**Tableau No 4-6** . Provenance des semences utilisées dans le bassin versant de Cuzalapa selon la variété, tous cycles confondus.

**Tableau No 4-7** . Quantité de semences semées par variété. Pourcentage de lots de semences constitués à partir de moins de 250, 100 ou 40 épis.

**Tableau No 4-8** . Pourcentage de lots de semences constitués à partir de moins de 100 épis en fonction du type de variété et de la provenance du lot de semences.

### Figures

**Figure No 4-1** . Taille de l'échantillon (N) permettant que soit incluse avec une probabilité P au moins une copie du génotype rare selon la fréquence (a) de ce génotype dans la population (d'après ELLIS 1985).

**Figure No 4-2** . Provenance des lots de semences en fonction du type de variété.

**Figure No 4-3** . Pourcentage des lots de semences constitués à partir de moins de 250, 100 et 40 épis en fonction du type de variété.

**Figure No 4-4** . Surface moyenne des lots de semences des variétés Blanco, Chianquiahuitl, Amarillo Ancho et Negro, selon des tailles de lots de semences. Pourcentage de lots de semences dans chaque classe.

**Figure No 4-5** . Classement des 39 agriculteurs interrogés en fonction de la provenance de leurs lots de semences et nombre moyen de lots de semences semés par agriculteur et par cycle pour chaque classe.

## Chapitre 5 - Flux polliniques entre variétés

### Tableaux

**Tableau No 5-1** . Rapport (%) entre le nombre de couples ordonnés de lots de semences (échanges polliniques "potentiels") et le nombre réellement observé de fois où deux lots de semences ont présenté des dates de floraison mâle et femelle espacées de moins de 5 jours (échanges polliniques "observés"), en fonction de la longueur de cycle des lots concernés et du cycle de culture.

**Tableau No 5-2** . Taux de contamination (% de grains noirs) de la variété Chianquiahuitl (parcelle n°: 3) en fonction de la position du sillon par rapport à la variété Negro semée sur une surface contiguë.

### Figures

**Figures No 5-1 à 5-3** . Distribution des variétés dans chacune des sept parcelles observées pendant les cycles pluvial 1989 (CP89), pluvial 1990 (CP90) et irrigué 1991 (CI91), et quantité de semences semées.

**Figure No 5-4** . Périodes principales de floraison de 15 lots de semences de maïs (sous-parcelles) semés dans 6 parcelles contiguës pendant la saison sèche 1991.

**Figure No 5-5** . Echanges polliniques entre lots de semences au cours de la saison sèche 1991.

**Figures No 5-6** . Taux de contamination (% de grains noirs) de diverses variétés en parcelle paysanne en fonction de la position du sillon considéré par rapport au dernier sillon de la variété Negro contaminante semée sur une surface contiguë.

**Figure No 5-7** . Comparaison entre les données moyennes de contamination mesurées sur des parcelles paysannes à Cuzalapa et les concentrations relatives en pollen selon les travaux de RAYNOR *et al.* 1972 et MUDRA 1943, en fonction de la distance à la source contaminante.

### Annexes

**Figure No A5-1** . Périodes principales de floraison de 6 lots de semences de maïs (sous-parcelles) semés dans 4 parcelles contiguës pendant la saison des pluies 1989.

**Figure No A5-2** . Périodes principales de floraison de 13 lots de semences de maïs (sous-parcelles) semés dans 4 parcelles contiguës pendant la saison des pluies de 1990.

## Chapitre 6 - Sélection des semences

### Tableaux

**Tableau No 6-1** . Variétés contaminantes utilisées lors de chacun des deux cycles, pour les variétés contaminées Negro et Chianquiahuitl. Codes donnés aux lots des différentes générations.

**Tableau No 6-2** . AFD sur les échantillons d'épis sélectionnés par les agriculteurs (s) et les échantillons d'épis prélevés au hasard (a) des variétés de cycle court Blanco, Amarillo Ancho et Negro et des variétés de cycle long Chianquiahuitl et Argentino. Contribution des trois premiers axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes

**Tableau No 6-3** . Comparaison, pour les descripteurs d'épis, de l'ensemble des épis sélectionnés par les agriculteurs et des épis prélevés au hasard des variétés de cycle court Blanco, Amarillo Ancho, Negro et des variétés de cycle long Chianquiahuitl et Argentino.

**Tableau No 6-4** . Echantillon d'épis (remplis et avortés) présentés aux agriculteurs et nombre et pourcentage d'épis sélectionnés par chaque agriculteur pour chacune des trois variétés.

**Tableau No 6-5** . Nombre et pourcentage d'épis sélectionnés par 1, 2 ou 3 agriculteurs. Pourcentage d'épis sélectionnés par au moins 2 agriculteurs, par rapport au nombre total d'épis récoltés et par rapport au nombre total d'épis sélectionnés.

## Liste des tableaux et figures

**Tableau No 6-6** . Comparaison des variétés Chianquiahuitl, Blanco et Negro pour les principaux descripteurs les différenciant.

**Tableau No 6-7** . Comparaison de la population initiale (A0) et des lots de semences prélevés au hasard de la deuxième génération de contamination par la variété Blanco (A2B) et par la variété Chianquiahuitl (A2C).

**Tableau No 6-8** . Moyenne et écart-type par descripteur et par traitement pour la variété Negro. Analyse de la variance à deux facteurs croisés : Génération (0, 2B, 2C), Choix de la semence (prélèvement au hasard A ou Sélection S).

**Tableau No 6-9** . AFD sur la population initiale (A0) et les lots de la seconde génération de contamination par la variété Blanco et par la variété Chianquiahuitl, pour les descripteurs différenciant les variétés contaminantes et la variété contaminée Negro. Contribution des trois premiers axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes.

**Tableau No 6-10** . Pourcentage d'épis de la variété Negro présentant des grains jaunes ou blancs (CEP) et pourcentage de grains jaunes ou blancs par épi (CGR) dans la génération initiale et dans la seconde génération de contamination de la variété Negro, en fonction du mode de prélèvement de la semence (prélevée au hasard ou sélectionnée par l'agriculteur) et en fonction de la variété contaminante.

**Tableau No 6-11** . Distances du khi-2 entre les différents traitements de la variété Negro et les variétés contaminantes Blanco (B) et Chianquiahuitl (C), calculées à partir des fréquences alléliques des loci polymorphes: ACP-1, ACP-2, CPX-1, EST-8, GDH-2, IDH-1, PGI-1, PGM-2 et SDH-1.

**Tableau No 6-12** . Moyenne et écart-type par descripteur et par traitement pour la variété Chianquiahuitl. Analyse de la variance à deux facteurs croisés : Génération (0, 2), Choix de la semence (prélèvement au hasard A ou Sélection S).

**Tableau No 6-13** . AFD sur la population initiale (A0) et les lots de la seconde génération de contamination prélevés au hasard et sélectionnés pour la semence, pour les descripteurs différenciant la variété contaminante Argentino et la variété contaminée Chianquiahuitl. Contribution des deux axes à la variation totale et descripteurs les plus corrélés à chacun des axes.

### Figures

**Figure No 6-1** . Protocole utilisé au cours des deux cycles de contamination dans l'essai sur le contrôle des flux de gènes par la sélection des semences.

**Figure No 6-2** . Plan 1-2 de l'AFD sur les échantillons d'épis sélectionnés par les agriculteurs (s) et les échantillons d'épis prélevés au hasard (a) des variétés de cycle court Blanco, Amarillo Ancho et Negro et des variétés de cycle long Chianquiahuitl et Argentino, selon les descripteurs d'épis.

**Figures No 6-3 à 6-5** . Comparaison, pour les variétés Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl, des floraisons femelles de l'ensemble des plantes de la variété (POPULATION) et du sous-ensemble des plantes ayant produit un épi sélectionné par les agriculteurs pour être utilisés comme semence (SEMENCE).

**Figures No 6-6 à 6-8** . Comparaison, pour les variétés Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl, de la floraison femelle de l'ensemble des plantes de la variété (POPULATION), du sous-ensemble des plantes n'ayant produit aucun épi ou un épi mal rempli (classes de remplissage 0), du sous-ensemble des plantes ayant produit un épi bien rempli (classe de remplissage 1) et du sous-ensemble des plantes ayant produit un épi sélectionné par les agriculteurs pour être utilisé comme semence (SEMENCE).

**Figure No 6-9** . Plan 1-2 de l'AFD sur la population initiale (A0) et les lots de la seconde génération de contamination par la variété Blanco et par la variété Chianquiahuitl, pour les descripteurs différenciant les variétés contaminantes et la variété contaminée Negro.

**Figure No 6-10** . Effet de la sélection de la semence sur la structure du nombre de rangs de grains (RGS) de la variété contaminée Negro.

**Figure No 6-11** . Classification ascendante hiérarchique à partir des distances du khi-2 (tableau No 6-11).

**Figure No 6-12** . Effet de la contamination de la variété Negro par la variété Chianquiahuitl sur les fréquences alléliques des loci PGM-2, GDH-2, ACP-1, PGI-1, IDH-1 et CPX-1.

**Figure No 6-13** . Plan 1-2 de l'AFD sur la population initiale (A0) et les lots de la seconde génération de contamination prélevés au hasard et sélectionnés pour la semence, pour les descripteurs différenciant la variété contaminante Argentino et la variété contaminée Chianquiahuitl.

### Annexes

**Tableau No A6-1** . Comparaison des descripteurs des échantillons d'épis sélectionnés par les agriculteurs et des échantillons prélevés au hasard pour les variétés Blanco, Amarillo Ancho, Negro, Chianquiahuitl et Argentino

**Figures No A6-1 à A6-3** . Comparaison, pour les variétés Blanco, Amarillo Ancho et Chianquiahuitl, de la floraison femelle de l'ensemble des plantes de la variété (POPULATION), du sous-ensemble des plantes n'ayant produit aucun épi ou un épi présentant des grains sur moins de 10cm de long (classes de longueur 0), du sous-ensemble des plantes ayant produit un épi présentant des grains sur plus de 10 cm de long (classes de longueur 1) et du sous-ensemble des plantes ayant produit un épi sélectionné par les agriculteurs pour être utilisé comme semence (SEMENCE).

# GLOSSAIRE

## TALLE ET FEUILLE

HPL	Hauteur de plante
HEP	Hauteur d'insertion de l'épi
E/P	HEP/HPL = Hauteur relative d'insertion de l'épi
HD <sup>2</sup>	HPL*DIA <sup>2</sup> = Indice de matière verte
DIA	Diamètre de la talle
LOF	Longueur de la feuille embrassant l'épi supérieur
LAF	Largeur de la feuille embrassant l'épi supérieur
NBF	Nombre de feuilles au dessus de l'épi supérieur
FOL	LAF*LOF*NBF = Indice de surface foliaire
TAL	Tallage à la floraison

## PANICULE (Inflorescence mâle)

PAN	Longueur de la panicule
PED	Longueur du pédoncule de la panicule
RAM	Longueur de la partie ramifiée de la panicule
RM	Nombre de ramifications de la panicule

## EPI (Inflorescence femelle fécondée)

LEP	Longueur de l'épi
PEP	Poids de l'épi ramené à 15% d'humidité
PRA	Poids de la rafle ramené à 15% d'humidité
PGR	PEP-PRA = Poids de grains par épi ramené à 15% d'humidité
DEP	Diamètre de l'épi
DRA	Diamètre de la rafle
RGS	Nombre de rangs de grains
HGR	Hauteur du grain
LGR	Largeur du grain
EGR	Epaisseur du grain
P1G	Poids de 1 grain ramené à 15% d'humidité
PQL	Poids d'1/4 de litre de grains ramené à 15% d'humidité
RAR	Pourcentage de rafles de couleur pourpre
JIL	Nombre d'épis par plante émettant des soies à la floraison
CEP	Nombre d'épis de la variété Negro présentant des grains blancs ou jaunes
CGR	Pourcentage de grains jaunes ou blancs par épi de la variété Negro

## FLORAISON

FM	Durée semis - floraison mâle
FF	Durée semis - floraison femelle
IF	Intervalle floraison mâle - floraison femelle
[25-75]	Nombre de jours pour passer de 25 à 75% de plantes en anthèse

## PRODUCTION

LEV	Levée à 8 jours du semis
PL	Nombre de plantes par famille S1 à la récolte
EPI	Nombre d'épis produits
EPL	Nombre d'épis produits par plante
RDT	Rendement ou Poids d'épis produits par famille S1



34980 St-Gély-du-Fesc - Tél 07 84 27 66

## **RESUME - GESTION TRADITIONNELLE DE VARIETES DE MAIS DANS LA RESERVE DE LA BIOSPHERE SIERRA DE MANANTLAN (RBSM, états de Jalisco et Colima, MEXIQUE) ET CONSERVATION *IN SITU* DES RESSOURCES GENETIQUES DE PLANTES CULTIVEES**

Cette étude vise à déterminer comment la diversité d'une plante cultivée est gérée traditionnellement par les agriculteurs de façon à cerner les mécanismes responsables de la structure et de la dynamique de cette diversité. Ce travail, basé sur des enquêtes, des observations directes et des essais en milieu paysan, a concerné les variétés de maïs cultivées dans une communauté rurale à l'ouest du Mexique.

Contrairement à l'image répandue de sociétés rurales très conservatrices, nous avons observé que cette communauté ne fonctionne pas en vase clos en ce qui concerne le matériel végétal cultivé. D'autre part, contrairement au concept actuel de variété, les cultivars traditionnels ne sont pas des structures génétiquement stabilisées. La reconduction des lots de semences à partir d'un faible échantillonnage conduit à une dérive génétique avec perte théorique d'allèles. Le semis des variétés sur des surfaces contiguës indépendamment de leur origine et le synchronisme de leur floraison favorisent les échanges génétiques entre tous types de cultivars. Néanmoins, l'intégrité phénotypique des variétés est conservée grâce à la physiologie du maïs qui explique en grande partie les caractéristiques végétatives des différentes variétés et à la sélection humaine qui permet de conserver les caractéristiques des épis.

Les conséquences de ce mode de gestion sont analysées au regard du fonctionnement d'une métapopulation et les différentes approches de la conservation *in situ* sont discutées en fonction de ces résultats. La principale conclusion de ce travail est qu'un projet de conservation *in situ*, soucieux de maintenir les mécanismes à l'origine de la diversité présente dans les milieux cultivés traditionnels, ne doit en particulier pas envisager l'isolement d'une communauté rurale ou des variétés à conserver.

maïs, cultivars locaux, diversité, gestion traditionnelle, communauté rurale, échanges de semences, échanges génétiques, sélection des semences, métapopulation, conservation *in situ*, Mexique, réserve de la biosphère.

## **SUMMARY - TRADITIONAL MANAGEMENT OF MAIZE VARIETIES IN THE SIERRA DE MANANTLAN BIOSPHERE RESERVE (RBSM, states of Jalisco and Colima, MEXICO) AND *IN SITU* CONSERVATION OF GENETIC RESOURCES OF CULTIVATED PLANTS**

The objective of this study is to determine how the diversity of a cultivated plant is traditionally managed by farmers so as to identify the mechanisms that are responsible for the structure and the dynamics of this diversity. This work, based on surveys, direct observations and on-farm trials, relates to maize varieties cultivated in a rural community on the west coast of Mexico.

Contrary to the general idea of very conservative rural societies, we observed that, concerning the cultivated varieties, this community does not work as an isolated area. On the other hand, contrary to the actual concept of a variety, the traditional cultivars are not genetically stabilized populations. The replanting of each variety by the peasant from small samples of seeds leads to theoretical lost of alleles. The sowing of different varieties on contiguous areas independently of their origin and the synchrony of their flowering favor genetic interchange between all types of cultivars. Nevertheless, the phenotypic integrity of the varieties is conserved owing to maize physiology which explains in large part the conservation of vegetative characteristics and to human selection which conserves the characteristics of the ear.

The consequences of this management are analysed in the context of metapopulation structure. The different approaches of *in situ* conservation are discussed in light of these results. The main conclusion of this work is that an *in situ* conservation project, concerned by the maintenance of the mechanisms responsible for the diversity present in the traditional cultivated areas, must not isolate a rural community or a variety.

maize, local cultivars, diversity, traditional management, rural community, seeds interchange, genetic interchanges, seed selection, metapopulation, *in situ* conservation, Mexico, biosphere reserve.