SK 328223

CD_RP16674

ministère de la recherche
scientifique

idessa
cultures vivrières

le maïs
rappels de génétique
implications en sélection
et en production
semencière

1983

QUELQUES RAPPELS CONCERNANT LA GENETIQUE DU MAIS
SES IMPLICATIONS EN SELECTION ET EN PRODUCTION SEMENCIERE

E. HAINZELIN (IDESSA / IRAT)
COURS DE FORMATION
JANVIER 1983

I - RAPPELS DE GENETIQUE

a) Le phénotype : C'est l'ensemble des caractères structurels et fonctionnels d'un individu. On peut ne retenir que quelques caractères pour définir un phénotype (ex : pour le maïs : taille, texture et couleur du grain, forme de l'épi...) mais le phénotype est en fait constitué d'une multitude de composantes que l'on ne peut pas toutes décrire ; le choix de tel ou tel caractère facilement quantifiable induit déjà à ce stade un biais pour la caractèrisation d'un individu.

* remarques concernant ce point : il faut insister sur ces différents biais ou erreurs que l'on fait lorsque l'on manipule les phénotypes (ex : constitution d'un catalogue de variété avec descriptifs) :

+ difficulté de mesurer un caractère : certains caractères sont faciles à mesurer (nombre de feuilles, rendement en grain, nombre d'épis), d'autres sont difficiles voire impossible à quantifier (résistance à la sécheresse, résistance aux maladies, préococité...) parce qu'ils procèdent de nombreux caractères et mécanismes plus élémentaires : il faut donc prendre garde à ne retenir que les caractères les plus faciles à manipuler.

+ difficulté de combiner des caractères. Nous avons toujours tendance à raisonner selon le mode additif (addition arithmétique ou addition vectorielle) : dans la nature et plus précisement en génétique, l'additivité n'est pas la règle. D'autre part, pour évaluer un individu, nous sommes amenés à intégrer les caractères décrits, à reconstituer une vision globale de l'individu (en l'occurrence le pied de maïs) au moyen des caractères pondérés : par exemple, dans l'appréciation d'une variété on aura tendance à priviligier tel caractère plutôt que tel autre en fonction des exigences de l'environnement (le caractère verse est plus important que le caractère nombre de feuilles). Il y a là aussi risque important d'erreur, erreur de simplification ou erreur de pondération des caractères.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette
000102586

+ difficulté de classer : pour comparer plusieurs individus, il nous faut mesurer "les distances" qui les séparent les uns des autres. Or les différents modes de calcul de distance possibles font que pour les mêmes caractères, il existe plusieurs classements justifiés possibles qui parfois se contredisent.

b) Le génotype : C'est la patrimoine génétique de l'individu, c'est-à-dire l'ensemble des informations continues sur les supports de l'hérédité, les chromosomes.

c) Le milieu : entre génotype et phénotype, il y a de multiples processus complexes d'expression(voir plus loin). Il y a aussi interaction avec le milieu, l'environnement. Cette interaction peut être très importante pour certains caractères du phénotype (ex : le rendement dépend beaucoup de la fertilité du sol, la verse dépend du vent...) mais elle peut être faible pour d'autres (la couleur du grain, le nombre de feuilles dépendent peu de l'environnement). Il est essentiel pour un sélectionneur de connaître la "part de responsabilité" du génotype et celle du milieu dans un caractère exprimé mais ce "coéfficient d'héritabilité" est d'autant plus difficile à évaluer que le caractère est complexe. Par exemple la précocité dépend de très nombreux facteurs : certains (nombre de feuilles, nombre de rangées par épi, exigence de lumière,...) sont fortement héritables, d'autres (date de floraison, durée de remplissage du grain, nombre de grains par épi...) le sont beaucoup moins. Dans certains cas extrêmes, des individus très différents peuvent avoir le même génotype (ex : chez les abeilles, les différences entre reine et ouvrières dépendent uniquement de l'environnnement, plus précisément de la nourriture).

d) Le cycle biologique : tout organisme vivant suit un cycle du type suivant (voir Fig. 1) :

- Une phase haploïde pendant laquelle toutes les cellules constituant l'organisme portent n chromosomes, (n ; nombre caractéristique de chaque espèce est égal à 10 pour le maïs, 23 pour l'homme, 3 pour le moustique, 52 pour la carpe ect...). Chaque chromosome est donc en exemplaire unique dans chaque noyau.

- une phase diploïde pendant laquelle toutes les cellules constituant l'organisme portent 2n chromosomes, c'est-à-dire que chaque chromosome est en deux exemplaires dans chaque noyau de chaque cellule.

Ce schéma est très théorique car en fait ces deux phases s'interpénètrent et sont de durées très différentes ; pour ce qui concerne les organismes évolués, et nous nous cantonnerons dès maintenant à ceux-ci, la phase haploïde est extrêmement réduite et généralement portée par la phase diploïde, c'est la phase de production des gamètes : pollen et ovule. La Figure n°1 nous indique qu'entre la phase haploïde et la phase diploïde a lieu la fécondation (où passe de n chromosomes à 2n chromosomes) et qu'entre la phase diploïde et la phase haploïde a lieu la méiose ou réduction chromatique (2n ⟶ n) : ces deux phénomènes sont fondamentaux pour comprendre toute l'évolution et la selection.

- Fécondation : l'union des deux gamètes (anthérozoide pour le gamète mâle, ovule pour la gamète femelle) permet "l'appariement" des chromosomes homologues : chaque chromosome en effet, après la fécondation, rejoint le chromosome homologue venant de l'autre perent et chaque site se met en regard de son site homologue. A partir de cette phase et durant toute la vie de l'organisme jusqu'à la reproduction, les cellules se multiplieront en reproduisant absolument identique le message génétique ; c'est-à-dire les deux messages génétiques des parents, confrontés l'un l'autre.

- Réduction chromatique ou méiose (voir Fig.3) : en vue de la phase reproductive, l'organisme doit préparer des gamètes à n chromosomes : une division cellulaire particulière, la méiose permet de diviser par deux le stock chromosomique. Ce qui est très important, c'est qu'au cours des différentes phases de cette méiose, les chromosomes auront l'occasion de se mélanger, de s'échanger des tronçons (crossing-over) bref de se recombiner. C'est à ce moment là que les gènes se brassent et forment de nouveaux messages génétiques. Pour le cas du maïs, il y a de grande chances pour qu'aucun grain de pollen n'ait le même génotype, le même message génétique. Cette recombinaison est le mécanisme majeur de toute évolution et c'est sur lui que le sélectionneur s'appuie pour l'obtention de bons génotypes.

Ce dont il faut se rappeler, c'est que tout au long de la vie diploïde de l'individu (dans le cas du maïs, la phase haploïde ne dure pas très longtemps mais surtout ne concerne qu'un petit nombre de cellules), l'expression du génotype va être la résultante d'une dualité entre deux messages génétiques : le message maternel et le message paternel.

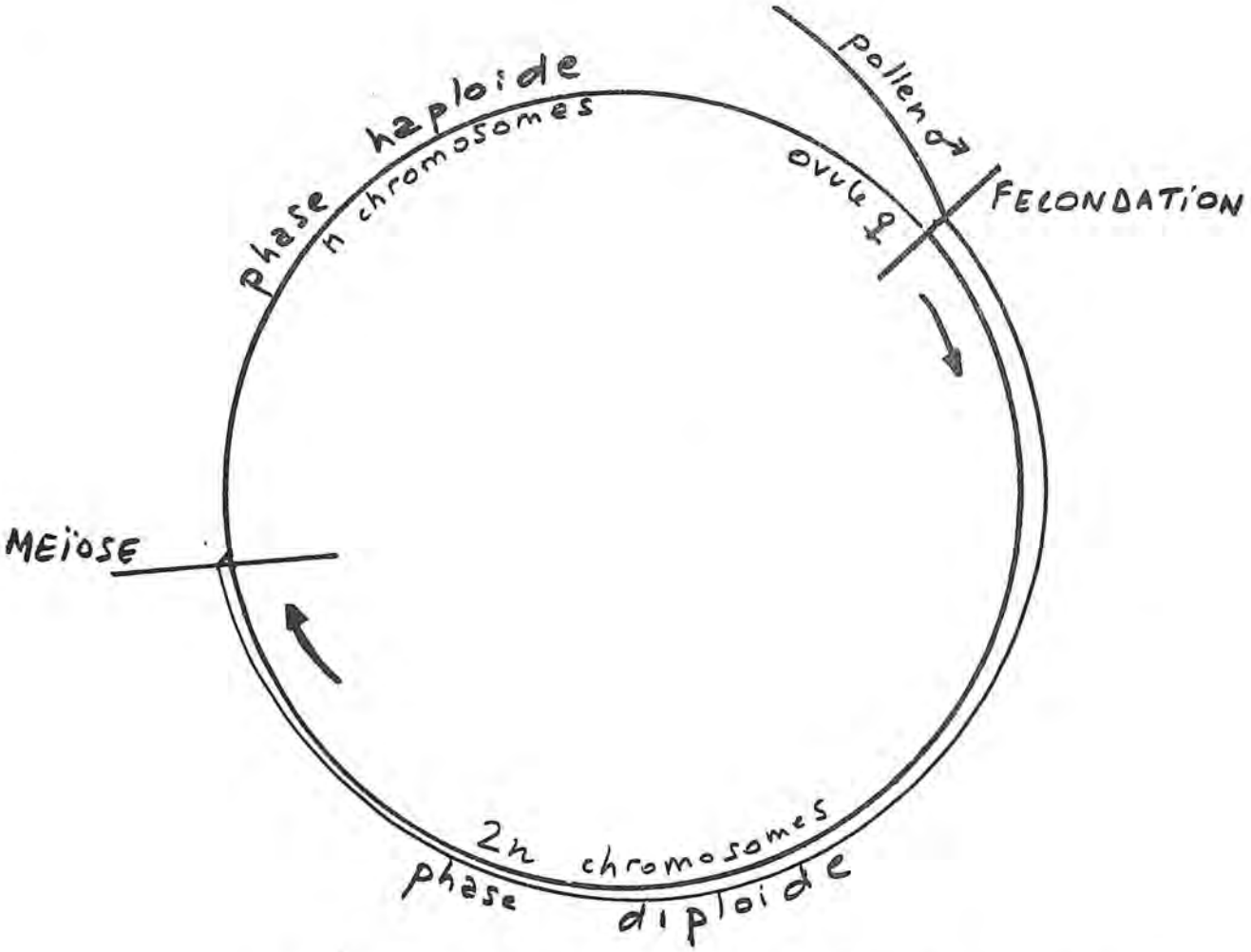


Fig 1 : Cycle biologique d'un organisme

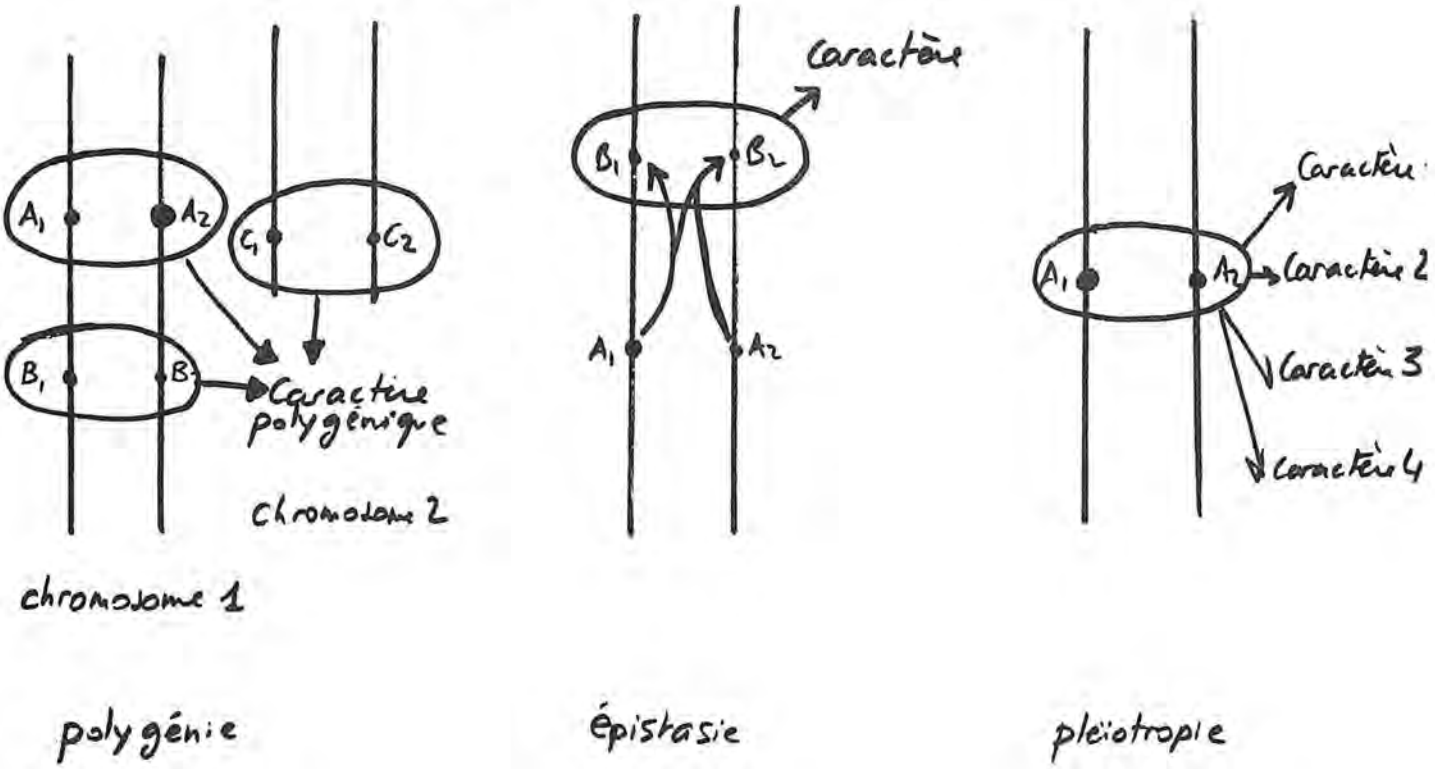


Fig 2 : Trois exemple de modalités d'expression des gènes

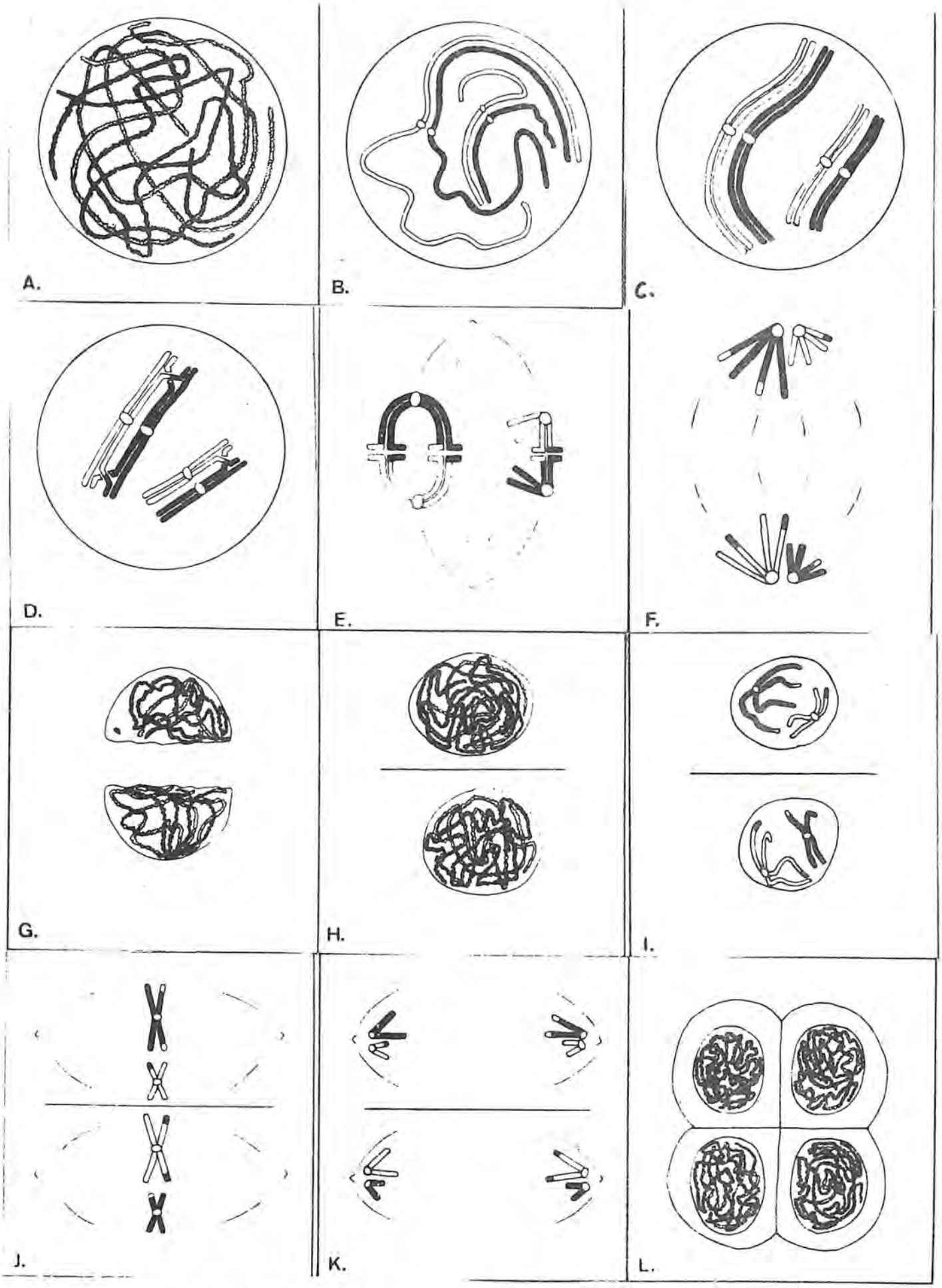


Fig.3: Les différentes phases de la méiose

A,B,C : spiralisation et appariement des chromosomes homologues .
D : recombinaisons (Crossing over)
E,F,G : séparation des deux stocks chromosomiques .
H,I,J,K,L : seconde division réductionnelle (on obtient des cel.à n ch.)

e) Autogamie - Allogamie : c'est ici qu'il faut faire une distinction extrêmement importante et qui conditionne les raisonnements génétiques. On peut dire sans exagérer qu'il y a deux génétiques très différentes : la génétique des autogames et celle des allogames. Du fait de particularités, enzymatiques, physiologiques ou génétiques, les espèces peuvent soit se reproduire sur elles-mêmes c'est-à-dire que le même individu fournit le gamète mâle et le gamète femelle qui se fécondent (autogamie) soit nécessiter le pollen d'autres individus pour se reproduire (allogamie). En fait il n'y a pas deux classes bien distinctes allogames / autogames : il y a le plus souvent une tolérance d'autogamie pour les allogames par exemple. Dans le cas du maïs, il y a 90 à 95 % d'allogamie et 5 à 10 % d'autogamie. Cette allogamie est due en grosse partie au décalage de floraison mâle/femelle. Si nous considérons le cas du riz, nous ne pourrions pas parler de la dualité dont nous parlions plus haut car le riz, espèce autogame, se reproduit sur lui-même. Il est donc homozygote : sur tous les chromosomes, sur chaque site, les deux gènes allèles homologues sont identiques, ils sont homozygotes. Il n'y a donc pas de dualité entre patrimoines parentaux chez le riz. En dehors d'accident (mutations, hybridations naturelles ou sélections en station), tous les génotypes des individus d'une même variété sont identiques, tous les gamètes aussi et les interactions génotypes x milieu au niveau de la parcelle sont grossièrement aussi identiques. Le cas est totalement inverse pour le maïs ; étant allogame, deux gamètes qui se fécondent sont de génotypes différents : il y a au niveau de chaque plant dualité durant toute la vie végétative entre les patrimoines parentaux, et il y a brassage des gènes, recombinaison au moment de la meiose. Les gamètes portent donc un message génétique différent de celui du plant qui les produit. De plus au niveau d'une population de maïs, tous les génotypes sont différents, toutes les interactions génotypes x milieu sont différentes et les phénotypes dépendent de la dualité entre les apports génétitiques parentaux.

f) Mécanismes d'expression des gènes :

A l'heure actuelle, on connaît in fine les mécanismes d'expression des gènes. Rappellons-en les grandes lignes :

- Le message génétique porté par le chromosome est constitué d'un code d'agencement de molécules chimiques le long du chromosome (en fait, de la molécule d'ADN constituante du chromosome). Ce code est "lu" et "transmis" par d'autres molécules (les ARN) dans les lieux de synthèse protéique de la cellule, les ribosomes et le hyaloplasme.

- Chaque unité élémentaire de ce code correspond à un acide aminé, matériau chimique de base constituant les protéines. Chaque gène ordonne donc, selon un processus complexe d'inhibition, de répression, de levée de répression, la fabrication d'une protéine (puisque chaque cellule porte la totalité du message génétique, un schéma d'ordonnancement est indispensable pour que chaque cellule exprime bien les caractères, structures et fonctions de tissu auquelle elle appartient. Par exemple, cellules osseuses musculaires ou nerveuses sont toutes très différentes ; elles portent pourtant le même génotype dont une partie seule s'exprime). Protéine qui sera, à la fin de la chaîne, responsable de l'expression d'un caractère. Ceci est évidemment très schématique : les caractères observables sont presque toujours les résultats de l'expression de nombreux gènes : ils sont polygéniques et de ce fait on ne connaît pas toujours leurs chaînes d'expression "in extenso" avec tous les intermédiaires.

- On peut citer aussi des modalités d'action des gènes qui compliquent le schéma un peu trop simple 1 gène = 1 caractère : les chromosomes n'étant pas isolés les uns des autres, des boucles se forment, des interactions complexes entre gènes ou tronçons de chromosomes s'installent. Ce sont les phénomènes d'épistasie : un gène intervient dans le fonctionnement d'un autre gène sur le même chromosome ou pas. D'autre part, du fait du mode d'expression des gènes par voie enzymatique, un gène peut être impliqué dans de nombreuses réactions différentes gouvernant des caractères différents ; ce sont les gènes pleiotropes. De nombreuses autres modalités d'expression sont connues, nous n'en citons que deux pour montrer la complexité des phénomènes en jeu (voir Fig.2).

g) <u>Modalités de la dualité entre allèles</u> :

Nous l'avons vu, la vie végétative de la plante est gouvernée par la dualité entre deux patrimoines génétiques, celui du père et celui de la mère. Quelles sont les modalités de cette dualité ? Comme nous le disions au début l'additivité n'est la règle générale. En simplifiant, on peut citer trois modalités différentes en étant bien conscient que ce n'est jamais tout l'un ou tout l'autre.

- <u>L'additivité</u> : lorsque les deux allèles se retrouvent confrontés, leurs effets s'additionnent. Un exemple de gène fortement additif : la teneur en huile du grain.

- <u>La dominance</u> : lorsque les deux allèles se trouvent confrontés, l'un l'emporte sur l'autre et c'est l'expression de ce premier qui apparaitra dans le phénotype - exemple, le caractère lisse ou ridé sur le pois.

- La superdominance : dans ce cas, l'expression phénotypique est supérieure au plus "fort" des allèles - ex : la vigueur hybride chez le maïs provient de réaction de superdominance pour un certain nombre de gènes.

En fait, ce ne sont pas sur les gènes que l'on raisonne mais sur des systèmes génétiques et même le plus souvent sur des caractères phénotypiques. De façon générale donc, pour un caractère donné, on peut mettre en évidence une part d'additivité, une part de dominance et parfois une part de superdominance.

h) Structure génétique d'une population :

Tout ce que l'on a vu plus haut a trait à l'individu et à sa propre descendance. Lorsque l'on passe à un groupe d'individus, de plantes, aux populations, que se passe-t-il ? Deux cas peuvent se présenter :

1) l'espèce est autogame : la population est génétiquement homogène ; les génotypes sont identiques d'une plante à l'autre et on est ramené au cas de l'étude d'un individu.

2) L'espèce est allogame comme le maïs : dans ce cas nous l'avons vu, aucune plante n'a le même génotype, la population est hétérogène et il y a perpétuelle recombinaison. L'analyse ne peut plus se cantonner à l'individu, on ne peut pas analyser chaque génotype, on raisonne alors en "fréquence génique" au niveau de l'ensemble de la population. Les lois de la génétique des populations nous montrent qu'à condition qu'il y ait panmixie (c'est-à-dire égales probabilités de tous les croisements) et nombre de plantes suffisantes pour représenter la variabilité de la population, la fréquence des gènes est conservée d'une génération à l'autre : tout en étant hétérogène, la population se reproduit identique à elle-même, en perpétuelle recombinaison mais globalement en équilibre. Ceci a beaucoup d'importance en sélection et en production semencière.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

II - IMPLICATIONS EN SELECTION ET EN PRODUCTION DE SEMENCE

a) Différentes formes de sélection (voir tableau 1)

1/ La sélection classique :

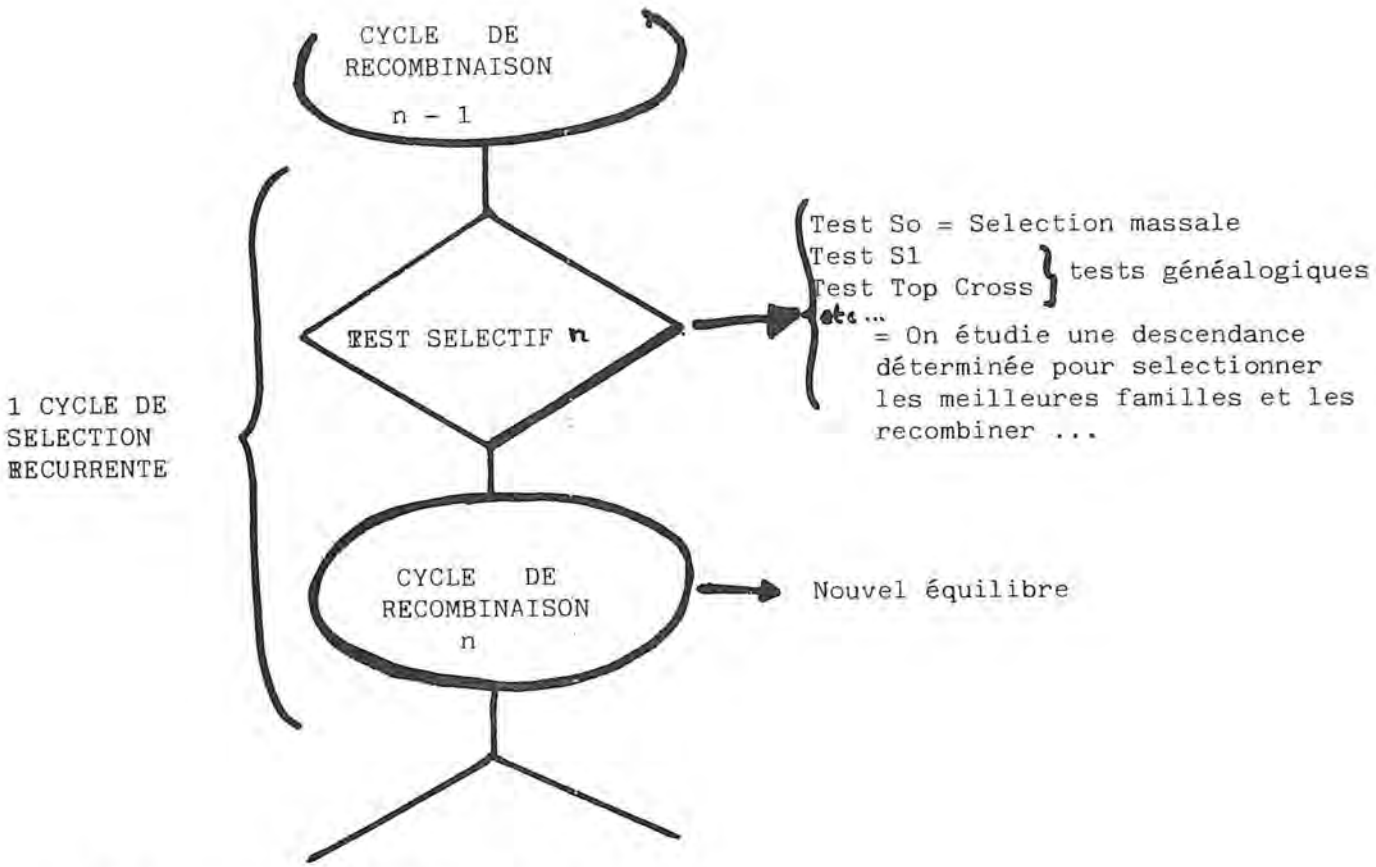
Le maïs fait preuve d'une étonnante faculté à l'hétérosis (superdominance) : le rendement d'une descencance F1 entre deux variétés est parfois spectaculairement plus élevé que celui des parents. Les sélectionneurs depuis maintenant 50 ans travaillent dans cette direction : obtenir le meilleur hétérosis ; c'est ce que l'on appelle la "sélection classique". En voici le principe : on désire avant de construire la F1, fixer le matériel génétiquement c'est-à-dire le rendre homozygote. Pour cela, on l'oblige à s'autoféconder (on exploite donc les quelques % d'autogamie en empêchant tout pollen étranger d'attendre les soies). Au bout de 7 ou 8 générations on estime que le matériel est fixé : on a alors une lignée homozygote que l'on peut maintenir identique à elle-même par autofécondations. Le principe étant de rechercher le meilleur hétérosis, on teste de très nombreux croisements entre lignées et on conserve la formule des meilleures. Lorsque deux lignées sont croisées, on obtient un hybride simple dans lequel tous les individus sont semblables ; ils sont fortement hétérozygotes mais ont tous le même génotype. De même, on peut construire des hybrides trois voies (3 lignées) ou doubles (4 lignées = hybride simple x hybride simple) mais ces derniers ont des plants de génotypes différents.

Cette forme de sélection vise donc l'isolation des meilleures combinaisons génétiques avec le meilleur hétérosis. Elle tend à annuler la variabilité génétique. Ce type de sélection a permis des progrès étonnants du rendement (le rendement moyen en France a augmenté de 1 quintal/ha chaque année entre 1940 et 1970) mais on s'aperçoit maintenant que l'on plafonne et que l'augmentation des rendements provient plus de l'amélioration des techniques que des progrès génétiques.

Dans la nature, les lignées ou les hybrides de maïs n'existent pas : le maïs existe sous forme de populations en équilibre avec un certain degré d'hétérozygotie et une certaine variabilité génétique. Cette variabilité dépend de l'origine de cette population et de la nature du milieu (un milieu très sélectif, entraînera une variabilité réduite). Du fait de cette optique "Variabilité zéro", une grande partie de la diversité, de la richesse et de la variabilité génétique du maïs tempéré a été perdue = les quelques centaines d'hybrides de maïs cultivés dans les zones tempérées sont issues d'un nombre très limité de lignées : la base génétique de ces hybrides est donc très étroite.

* Sélections "classiques"	- variabilité génétique tend vers 0 - hétérozygotie maximum - but : . hétérosis maximum . effets additifs peu pris en compte - méthode : fixer, isoler, croiser...
- variétés obtenues :	Hybrides simples = L1 x L2 Hybrides trois voies = (L1 x L2) x L3 Hybrides doubles = (L1 x L2) x (L3 x L4) Synthétiques = L1 x L2 x L3... x Ln
* Sélections "non classiques"	- variabilité génétique préservée - hétérozygotie assez élevée - but : allier bon hétérosis avec bon effet additif des gènes. Augmenter les fréquences des bonnes recombinaisons - méthode : concentrer, enrichir, recombiner...
- variétés obtenues :	Composites = P_1 Hybrides complexes = (L1 x L2) x P_1 Hybrides intervariétaux = P_1 x P_2 Synthétiques etc...

Tableau 1 : Différents types de sélections.



Fig;4: Un cycle de selection récurrente

Aujourd'hui pour élargir cette base génétique, les sélectionneurs recherchent dans d'autres zones (zones tropicales par exemple) de nouveaux "stocks" de gènes et usent de nouveaux modes de sélection qui respectent plus la variabilité génétique.

2/ Les autres types de sélection :

On s'est aperçu qu'à force de ne viser que l'hétérosis, on en oubliait les autres moyens d'obtenir de bonnes formules en particulier l'effet additif des gènes. Pour certains caractères, on a réussit récemment à obtenir des gains élevés, qui n'avaient pas été obtenus par des sélections classiques, uniquement avec des cycles de sélection massale "toute bête" (choix des épis au champ). C'est autres types de sélection entendent donc exploiter les effets additifs des gènes, augmenter la fréquence des bonnes recombinaisons et aussi exploiter dans une certaine mesure, l'hétérosis.

De nombreuses méthodes de sélection de ce type peuvent se regrouper sous le nom de "sélection récurrente" : elles ont en commun le fait qu'à chaque étape de sélection elles prévoient un brassage, une recombinaison (voir Fig.4). Ces sélections concentrent plutôt qu'elles n'isolent, le but étant la recherche de "variétés à pollinisation ouverte" (terme designant une variété créée par le sélectionneur et en équilibre génétique).

Le point de départ est généralement un pool génétique : soit un composite créé pour l'occasion, soit une population locale, soit des descendances d'hybrides, le tout disposant d'une large base génétique. Le sélectionneur tente de déplacer l'équilibre vers une forme variétale plus favorable, avec de meilleures caractéristiques. Ce faisant, il réduit la variabilité génétique mais il doit éviter de le faire trop brutalement et il doit constamment recombiner ce qu'il a sélectionné pour arriver à nouvel équilibre. Ces sélections obéissent aux lois de génétique des populations et non celle des individus : on travaille non sur des gènes mais sur des fréquences de gènes.

Les variétés que les sélectionneurs obtiennent par ce type de sélection peuvent être de plusieurs types :

* variétés à pollinisation libre : ce sont les populations améliorées (écotypes sélectionnés éventuellement enrichis d'apport génétique), les composites (variété résultant d'un brassage de plusieurs composantes, revenu à l'équilibre génétique) à plus ou moins larges bases génétiques, les synthétiques (brassage de nombreuses composantes génétiquement fixées).

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

* variétés hybrides complexes et intervariétales : les premières résultant du croisement entre du matériel fixé (lignée homozygote ou hybride simple) et une variété à pollinisation libre (population ou composite). Les hybrides intervariétaux sont le résultat d'un croisement entre deux variétés à pollinisation libre. Il faut souligner la différence importante qui existe entre hybrides "classiques" (Hybrides simples, doubles et trois voies) et ces hybrides complexes et intervariétaux : alors que les premiers sont fixés et que leur variabilité est extrêmement faible, les seconds disposent encore d'une certaine variabilité et leur intérêt n'est pas simplement lié à l'hétérosis, il vient aussi de la valeur propre des constituants. L'une des conséquences est que s'il est exclu de cultiver les hybrides classiques pendant plusieurs générations (sous peine de voir le rendement chuter spectaculairement dès la F2 puisqu'il repose quasi-exclusivement sur l'hétérosis F1), il peut être dans certains cas possible de cultiver en générations avancées certains hybrides intervariétaux parce que la part d'hétérosis dans leurs rendement n'est pas prépondérante. Notons pour terminer que lorsque la recherche en Côte d'Ivoire parle d'hybrides, il s'agit toujours d'hybrides non conventionnels (complexes ou intervariétaux) ; il n'est pas actuellement de pays tropicaux d'Afrique où les hybrides classiques soient largement cultivés (l'exception du Kenya est due aux particularités de son climat). Voyons maintenant les raisons de ce choix de mode de sélection.

b) Raisons du choix du type de sélection :

Tentons de voir pourquoi, en pays d'agriculture peu intensifiée, la sélection classique n'est pas adaptée :

1. Les sélectionneurs travaillant en pays tropicaux ont tiré les leçons du côté négatif de la sélection classique : la non prise en compte de la variance additive. C'est la raison pour laquelle, la recherche participe massivement aux prospections d'écotypes locaux, seul moyen de ne plus perdre de variabilité génétique. Ces prospections intéressent évidemment les sélectionneurs tempérés. C'est aussi la raison pour laquelle, nous avons voulu tenir compte de ce réservoir de progrès longtemps insoupçonné qu'est la variance additive : nous ne visons donc plus que l'hétérosis.

2. En exigeant de renouveller la semence chaque année, les formules hybrides classiques exigent une structure semencière très au point : au niveau de la production, au niveau du contrôle qui est très complexe(plus complexe que celui du riz), au niveau du maintien des lignées parentales, au niveau du croisement, au niveau de la distribution et de la certification des semences. Toutes choses qui n'existent pas et qui sont longues à mettre en place. Sans compter que le prix de cette semence en fait un input très important dans les charges : cet input n'est pas toujours remboursé par le gain de rendement.

3. Les hybrides classiques, du fait de leur faible variabilité génétique ne peuvent pas réagir et s'adapter aux différents aléas du milieu : ils ont une adaptabilité très faible. Par exemple en France, le catalogue compte près de 200 formules hybrides pour répondre aux très nombreuses conditions de culture (température, longueur de cycle, résistance à telle ou telle agression du milieu...). En Côte d'Ivoire un hybride classique sélectionné en station à Bouaké ne marcherait pas forcément aussi bien à Katiola ou à Tiébissou. On le voit, les hybrides classiques sont des organismes génétiquement sophistiqués et leurs potentialités ne s'expriment parfaitement qu'en conditions non limitantes ; survient un stress (hydrique, pathologique, agronomique...) et leurs rendements peuvent devenir négligeables. Ils n'ont aucune "élasticité génétique", en d'autres termes, ils ne peuvent puiser dans leur variabilité propre pour faire face aux variations agressives du milieu. Dans une moindre mesure, les hybrides complexes (comme IRAT 81 et IRAT 83) ou intervariétaux, réagissent de même et leurs potentialités ne s'expriment bien que dans de bonnes conditions techniques. Etant moins sophistiqués, plus rustiques, ils disposent d'une variabilité qui leur permet de s'adapter à une plus large gamme de milieux. Les composites par contre, du fait de leur structure de population en équilibre, peuvent (plus ou moins suivant le composite évidemment) "encaisser" des stress de tous ordres. Le composite Jaune de Bouaké, CJB, créé à partir d'une population locale et de matériel des Caraïbes <u>produit régulièrement plus que les hybrides en milieu paysan</u> parcequ'il "pardonne" plus volontiers les erreurs techniques ou la non-intensification des facteurs de culture.

4. Du point de vue du sélectionneur, l'hybride classique est un aboutissement de programme de sélection : une fin, un cul-de-sac. Si l'on veut changer d'hybride, il faut recommencer les essais de croisement. Bref, la sélection classique n'est pas continue, tandis que la sélection récurrente, par exemple, permet de "sortir" des formules tout au long du travail d'amélioration variétale selon un processus continu. Ceci est un atout pour le sélectionneur qui peut retravailler le matériel vulgarisé (ex : CJB) et affiner ses sélections.

c) La variété en tant que facteur de production

Lorsque l'on souhaite développer une culture, soit on augmente les surfaces, soit on améliore le rendement.

- L'augmentation des surfaces résulte du choix de l'agriculteur : si la culture "paye" bien, si les débouchés existent, il consacrera une part plus grande de son activité à cette culture. Il semble que ce mode de développement procède plus des facteurs économiques que techniques.

- L'augmentation des rendements est liée aussi à de nombreux facteurs économiques (motivation de l'agriculteur pour cette culture, passage du statut de culture de case à culture de rente, prix payé à la production, organisation des circuits de commercialisation...), mais c'est à ce niveau là aussi que les facteurs techniques interviennent. Sans vouloir hiérarchiser l'ensemble de ces facteurs, il faut rappeler que l'on à trop souvent tendance à ne considérer que les facteurs techniques : de l'avis des praticiens, les facteurs économiques priment pour l'instant et de loin les facteurs techniques.

Voyons maintenant dans le cas de la Côte d'Ivoire la place du facteur variétal dans le "paquet" technique nécéssaire à l'intensification. Nous l' l'avons vu, il y a différents niveaux de sophistication dans les variétés : du composite à l'hybride simple de nombreux intermédiaires de rusticité décroissante mais de spécialisation et de sophistication croissante existent. Il ne s'agit pas de remettre en question les progrès obtenus ou à obtenir du fait de la variété ; il s'agit de remettre en cause une image trop simple du facteur variétal dans la production : la variété productive ne peut pas être considéré comme une "recette" d'augmentation du rendement. Cela n'a jamais marché et de nombreux exemples dans le monde le montrent. La variété fait partie d'un tout technique : pour exprimer ses potentialités, une variété sophistiquée exigera beaucoup plus qu'une variété rustique ; en préparation du sol, en fumure, en régularité de semis, en protection contre les mauvaises herbes etc...

Comme nous l'avons vu plus haut, un hybride à haute potentialité donnera moins qu'un composite plus rustique en condition paysanne.

Bref, le facteur variétal n'a d'incidence que s'il est introduit et raisonné avec l'ensemble des autres facteurs techniques d'intensification.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

On objectera que la vitesse de pénétration de tous les facteurs en milieu paysan n'est pas la même : c'est un fait. Autant il est facile de donner à l'agriculteur de la semence de variété productive, autant il est difficile de transformer une habitude contraire à l'intensification (par exemple la faible densité) ou d'apprendre à faire un bon labour. Il faut donc en tenir compte dans le choix des variétés à vulgariser. Le composite jaune de Bouaké, variété rustique 3/4 locale créée en 1960, est encore en 1982 la variété la plus vulgarisée et celle qui, en milieu paysan, a le meilleur rendement. Nous connaissons des variétés plus productives que CJB en P.O. par exemple, mais le passage en milieu paysan suppose la résolution des limitations techniques (exemple : la densité).

d) Production semencière

Deux types de variétés peuvent donc être proposées par la Recherche :

- des variétés à pollinisation ouverte,
- des variétés hybrides.

Rappelons donc radipement les contraintes de la production semencière de ces deux types de variétés.

1) Variétés à pollinisation ouverte

Il s'agit de variété en perpétuelle recombinaison mais génétiquement à l'équilibre. Dans ce cas, on ne peut pas décrire une variété en décrivant un plant : il faut utiliser un descriptif de population, c'est-à-dire des courbes de fréquences de phénotypes. Pratiquement, il s'agit donc à partir d'un échantillon suffisamment grand et représentatif de déterminer pour un certain nombre de caractères (ex : hauteur d'insertion de l'épi, nombre de jours semis floraison mâle, semis floraison femelle, floraison femelle maturité physiologique, couleur du grain,...) la fréquence d'apparition de telle ou telle modalité de ce caractère (voir exemple Fig.5).

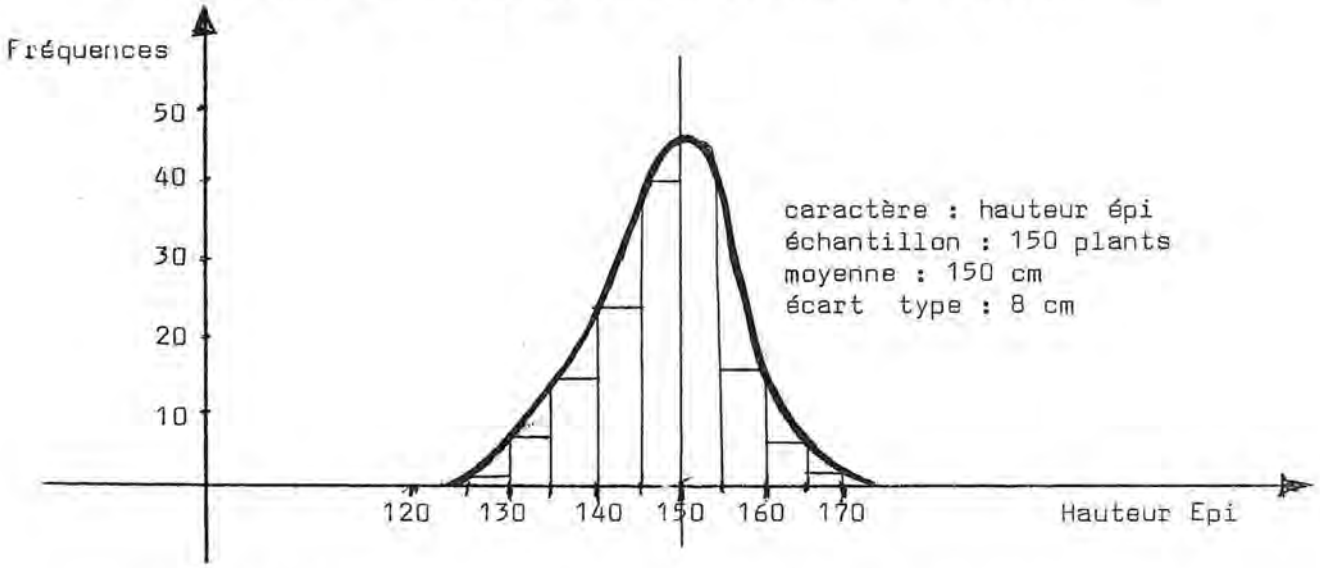


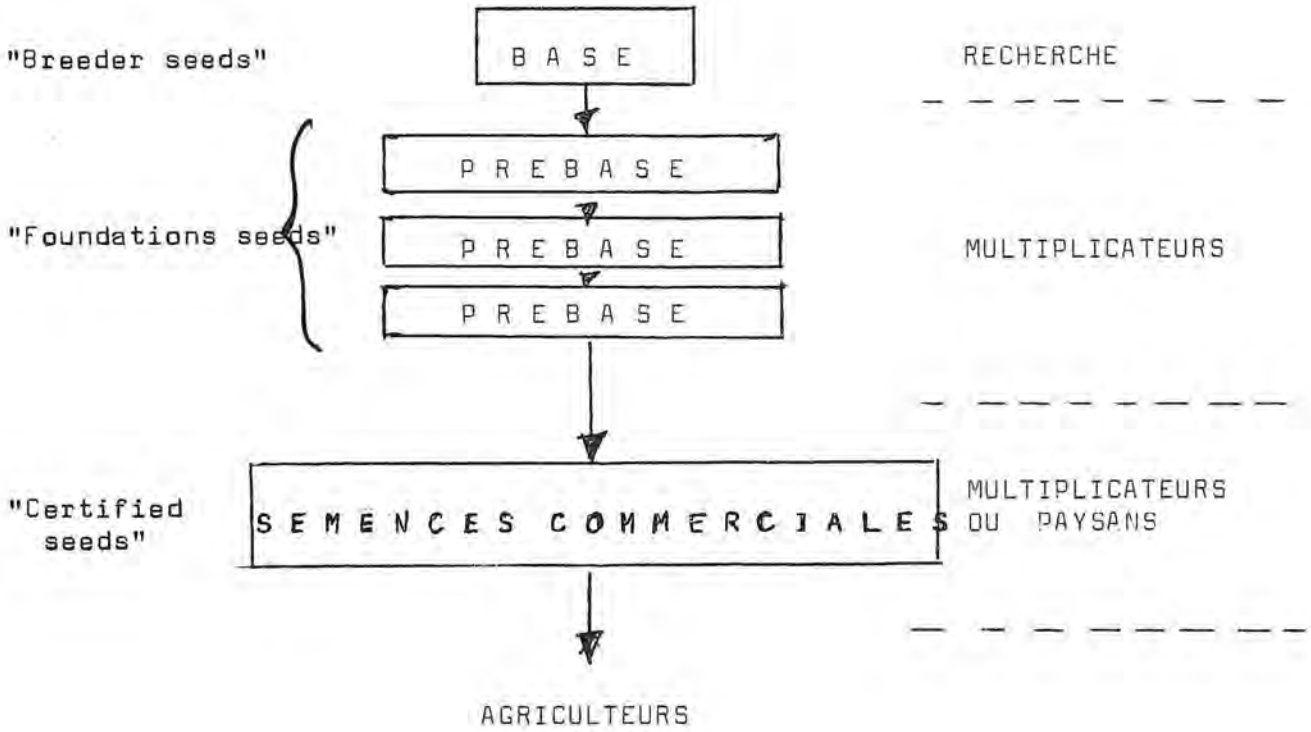
FIGURE 5 : exemple de courbe de fréquences phénotypiques.

En ce qui concerne la multiplication de ces variétés, moyennant :

- un contrôle parfait des semences de prébase (voir schéma de multi plication Fig.6)
- une isolation correcte
- une épuration en cours de végétation et à la récolte des plants et des épis hors types (ce jugement sera bien sûr basé sur les courbes de fréquence et les standards de la recherche).

La multiplication ne pose aucun problème particulier si ce n'est les exigences habituelles pour obtenir une bonne semence : bonnes conditions de culture pour obtenir des semences saines, bien remplies et de bonne faculté germinative.

Fig.6 - Schéma de multiplication de variété à pollinisation ouverte



Rappelons d'autre part les reserves que avions faite au début de ce document concernant le choix du caractère, le mode de combinaison et de pondération des différents caractères dans un descriptif variétal. Elles sont plus que jamais valables : c'est la raison pour laquelle la recherche travaille à définir une série de "descripteurs" pas trop lourds à manier mais suffisamment efficients pour caractériser une variété.

On peut donc sur ces bases, parfaitement imaginer une production semencière de maïs pour les variétés à pollinisation ouverte en milieu paysan à partir du moment où le contrôle au champ est parfaitement faite.

2) Les variétés hybrides

Dans le cas général, l'utilisation de ces variétés suppose le renouvellement de la semence tous les ans. (Dans certains cas, par exemple pour certaines hybrides intervariétales, on peut utiliser la variété en "générations avancées"). La semence résulte donc du croisement de deux parents bien précis, dernière étape de la multiplication avant le champ paysan ; c'est donc une semence F.1.

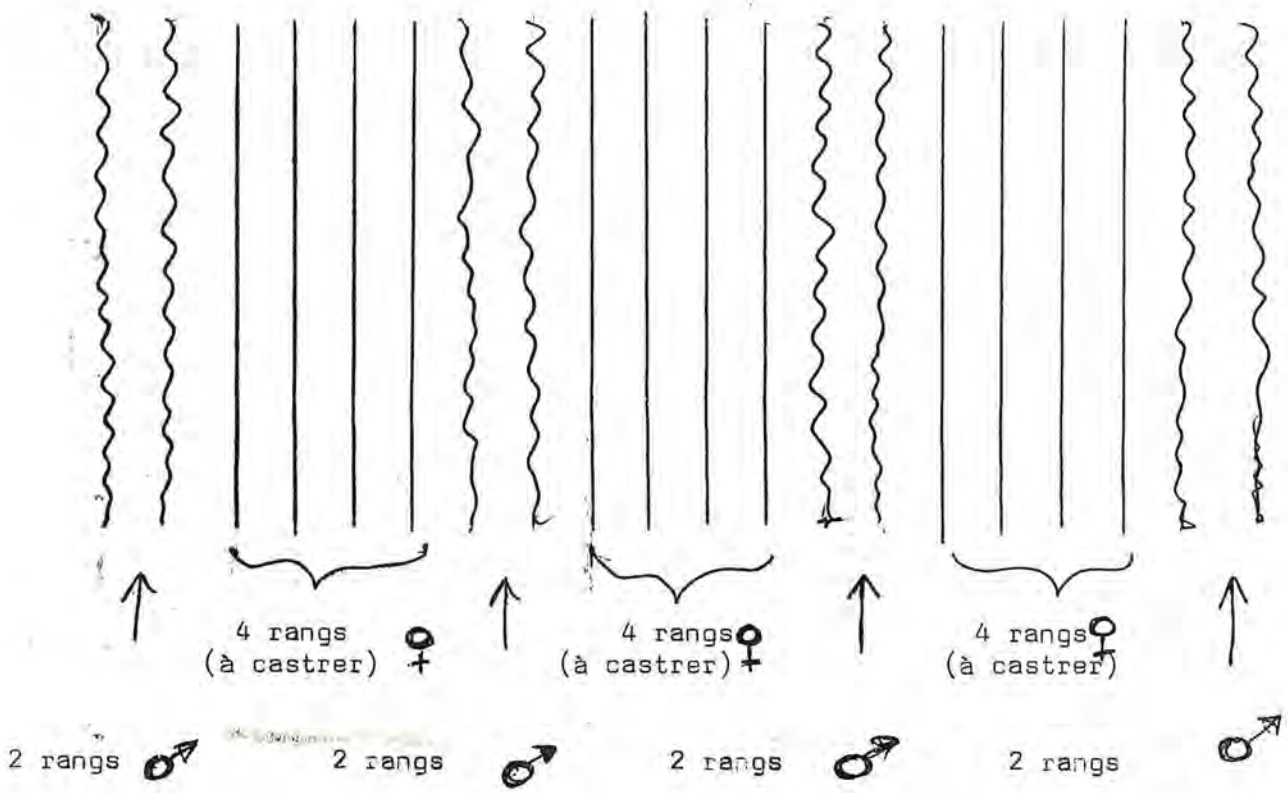


FIGURE 7 : exemple de dispositif de fabrication de semences hybrides F1 (alternance 2 rangs mâles / 4 rangs femelles)

Le schéma général de multiplication comprend donc deux étapes :

- multiplications isolées des parents
- hybridations finales.

* multiplications des parents : lorsque le parent est une variété à pollinisation ouverte, nous sommes ramenés au cas décrit dans le paragraphe précédent. Dans ce cas, il faut à notre avis un contrôle plus sévère puisqu'une erreur ou un oubli à ce stade pourront être amplifiés par les hybridations qui suivent. Si le parent à multiplier est une lignée, la prébase fournie par la recherche doit être parfaitement homogène et pure ; cette prébase sera multipliée isolément. L'épuration sera d'autant plus facile qu'il s'agit de matériel génétiquement fixé ; les hors types seront donc faciles à répérer. Les distances d'isolation conseillées sont de 400m ; elles sont données avec une marge de sécurité confortable car la place n'est pas, la plupart du temps, un facteur limitant dans les fermes de multiplication. Cette norme de distance peut être légèrement réduite après avis de la recherche. Une autre sécurité pourra être de semer des rangées de bordures polliniques autour du champ de multiplication : la forte concentration de pollen diminuera les probabilités de fécondation de soies par un pollen étranger.

Les soins portés à la culture seront d'autant plus grands que les lignées constituent du matèriel fragile et que pour s'assurer d'une récolte suffisante de semence parentale, il est nécessaire de mettre tous les atouts agronomiques de son côté.

* Hybridations finales : lorsque l'on dispose de suffisamment de semences parentales en vue d'un objectif de production de semence F1, l'hybridation ou les hybridations finales sont mises en place. Dans ce résumé, nous ne pourrons aborder la constitution d'un véritable calendrier semencier ; il faut rappeler que l'ensemble de ces opérations se déroule de façon continue et qu'à tout moment des prévisions doivent être faites avec des marges de sécurité pour permettre de disposer suffisamment et au bon moment des semences parentales nécessaires aux hybridations finales.

La recherche, lorsqu'elle vulgarise une formule hybride, précise pour chaque hybridation le nom du parent mâle et de parent femelle ainsi que le décalage des semis entre eux nécessaire à une bonne pollinisation de l'un par l'autre. Elle précise d'autre part la proportion optimale entre nombre de rang mâle/ nombre de rang femelle. Pratiquement, la mise en place au champ se fait, comme indiqué sur la Fig.7, en alternant mâle et femelle suivant laproportion indiquée et le suivi de la culture est parfaitement classique jusqu'à la floraison. A ce moment là, pour permettre l'hybridation de la formule et non une autre hybridation, il est nécessaire de castrer les plants"femelles" avant que leur pollen ne soit libéré : cette opération qui constitue une lourde charge de main-d'oeuvre doit être parfaitement menée :

- toutes les fleurs dans les rangs femelles doivent être castrées. Suivant l'hybridation considérée, les normes varient, mais disons que la parcelle doit être refusée si on trouve quelques unités fleuries pour 1000 plants (des normes parfaitement explicites et précises doivent être misent au point pour chaques formules hybrides) ;

- toutes les castrations doivent se faire avant la libération du pollen. Suivant le degré hygrométrique de l'air et suivant la saison, le pollen est libéré entre 7 h du matin et 10-11 heures : les castrations doivent se faire donc avant cette heure. De toutes façons, elles doivent être au moins quotidiennes.

- toutes les épurations doivent être faites avant le début de la floraison

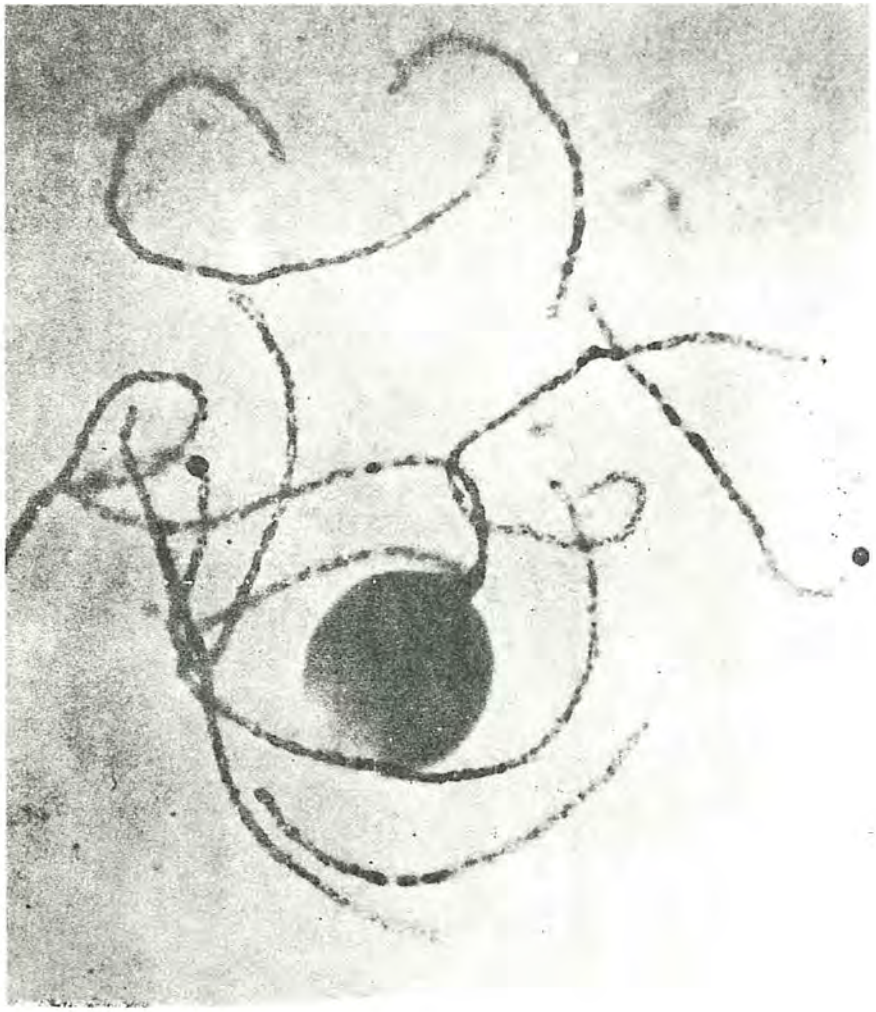
Au moment de la récolte, seuls les épis des rangs femelles sont évidemment récoltés. Les épis des rangs mâles (sauf indication contraire de la Recherche) seront utilisés comme un maïs ordinaire : il ne pourra pas être utilisé comme semence. Un tri devra être fait sur les épis récoltés principalement sur leur état sanitaire.

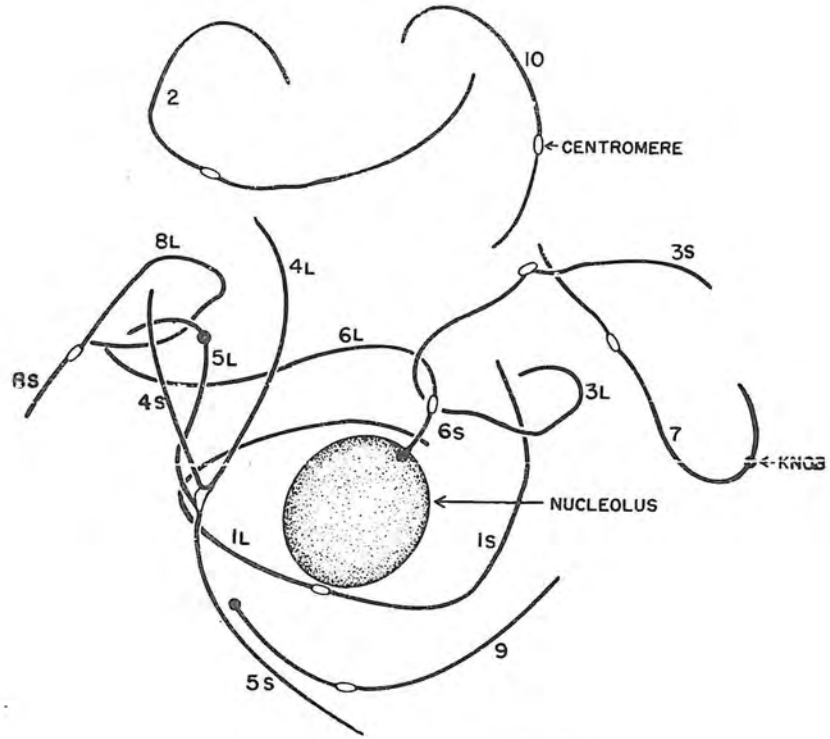
Pour ce qui concerne les hybrides où deux hybridations sont nécessaires (ex : IRAT 81), la seconde hybridation sera menée comme la première avec éventuellement des normes (décalage mâle-femelle, rapport mâle/femelle) différentes.

La suite du processus semencier est la même dans le cas de la semence hybride F1 que dans celle d'une variété à pollinisation ouverte : séchage, égrenage, triage, calibrage, nettoyage, traitement, ensachage, toutes ces opérations sont indispensables à la production d'une semence de qualité ; elles ne doivent pas être considérées comme des opérations secondaires par rapport au processus de production lui-même.

CONCLUSION

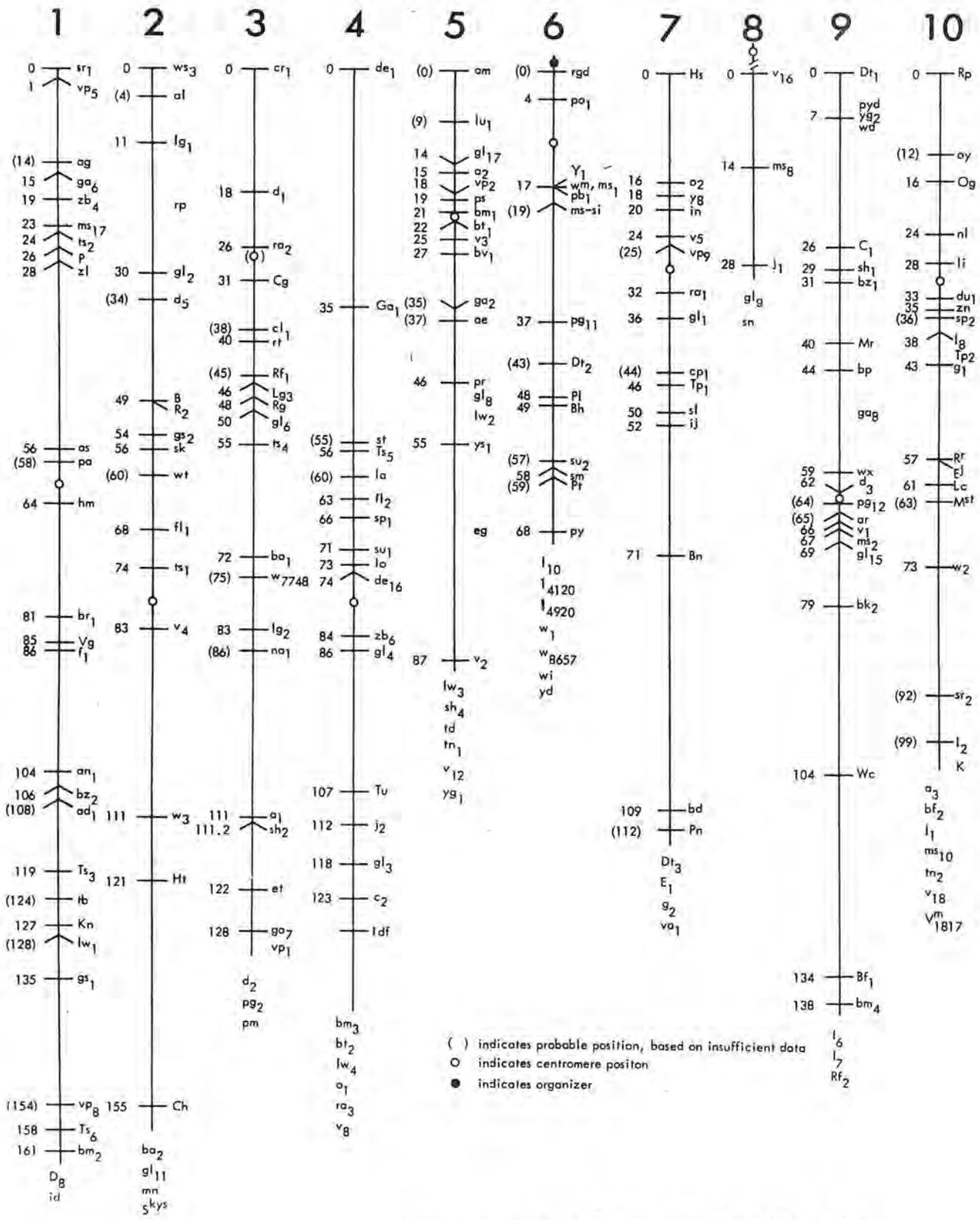
En conclusion nous dirons que la variété fait partie d'un tout technique : il est à notre avis illusoire de croire que l'introduction d'une variété productive incitera à une amélioration du niveau technique de ses utilisateurs : au contraire, les mauvaises performances d'une variété productive mal menée hypothequront, à notre avis, l'attrait de l'agiculteur pour les nouvelles variétés. Le facteur "variété" devra être raisonné en fonction de tous les autres facteurs de production qui permettront à la variété de s'exprimer et en fonction de l'existence et de l'efficience de structures semencières.





THE TEN MAIZE CHROMOSOMES

ANNEXE 1 : Photographie et représentation schématique des 10 chromosomes du MAÏS



ANNEXE 2 : "Carte" chromosomique du Maïs .

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette