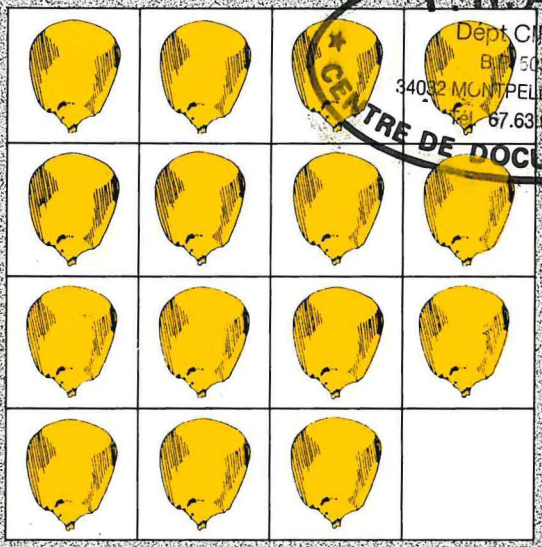
E. Hainzelin

Manuel du producteur de semences de maïs en milieu tropical

I.R.A.T.
Dépt CIRAD
BP 5035
34032 MONTPELLIER CEDEX
Tél. 67.63.91.70
CENTRE DE DOCUMENTATION



30

QUESTIONS-RÉPONSES ÉLÉMENTAIRES

E. Hainzelin

Manuel du producteur de semences de maïs en milieu tropical

30

QUESTIONS-RÉPONSES ÉLÉMENTAIRES

Maquette et photocomposition IRAT

Achevé d'imprimer le 15 février 1988
à l'imprimerie du CIRAD à Montpellier

ISBN 2-901987-19-2

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

QUESTIONS INTRODUCTIVES

1
À QUOI SERVENT LES SEMENCES SÉLECTIONNÉES ? p. 11

2
QUELS SONT LES DIFFÉRENTS TYPES DE VARIÉTÉS SUSCEPTIBLES D'ÊTRE MULTIPLIÉS ? p. 13

3
POUR L'AGRICULTEUR, QU'EST-CE QUE CELA ENTRAÎNE ? p. 15

4
L'AGRICULTEUR PEUT-IL PRÉLEVER SUR SA RÉCOLTE LA SEMENCE POUR L'ANNÉE SUIVANTE ? p. 17

5
POUR LA PRODUCTION SEMENCIÈRE, QU'EST-CE QUE CELA IMPLIQUE ? p. 19

ORGANISATION DE LA PRODUCTION SEMENCIÈRE

6
QUELLES DEVRAIENT ÊTRE LES DIFFÉRENTES ÉTAPES D'UNE PRODUCTION SEMENCIÈRE ? p. 23

7
COMMENT S'EFFECTUENT LES PREMIÈRES ÉTAPES DE LA PRODUCTION SEMENCIÈRE ? COMMENT LA RECHERCHE MAINTIENT-ELLE LES LIGNÉES ? LES VARIÉTÉS ? p. 27

CONTRAINTES LIÉES À LA PRODUCTION SEMENCIÈRE EN GÉNÉRAL

8
p. 35 Y A-T-IL UNE CONDUITE CULTURALE SPÉCIFIQUE À LA PRODUCTION SEMENCIÈRE ?

9
p. 39 COMMENT MULTIPLIER UNE VARIÉTÉ À POLLINISATION OUVERTE ?

10
p. 41 QUELLES SONT LES NORMES D'ISOLATION DES PARCELLES DE MULTIPLICATION ?

11
p. 43 EN QUOI CONSISTENT LES OPÉRATIONS D'ÉPURATION ?

CONTRAINTES SPÉCIFIQUES DE LA PRODUCTION DE SEMENCES HYBRIDES

12
p. 47 COMMENT MULTIPLIER UNE VARIÉTÉ HYBRIDE ?

13
p. 49 COMMENT MULTIPLIER UNE LIGNÉE ?

14
p. 51 QUELLES SONT LES CONDITIONS D'UNE BONNE HYBRIDATION ?

15
p. 53 QUELLES SONT LES MODALITÉS DES OPÉRATIONS DE CASTRATION ?

16
p. 55 COMMENT SE FAIT LE CHOIX DU SENS MÂLE-FEMELLE DU CROISEMENT ?

17
p. 59 QUEL EST LE DÉCALAGE OPTIMAL ENTRE SEMIS MÂLE ET SEMIS FEMELLE ?

18
QUEL EST LE RAPPORT OPTIMAL ENTRE LE NOMBRE DE RANGS MÂLES ET LE NOMBRE DE RANGS FEMELLES ? p. 63

OPÉRATIONS DE RÉCOLTE ET DE POST-RÉCOLTE

19
QUEL EST LE MEILLEUR MOMENT POUR LA RÉCOLTE ? p. 67

20
COMMENT RÉCOLTER ? p. 71

21
FAUT-IL TRIER LA RÉCOLTE ? p. 73

22
FAUT-IL SÉCHER LA RÉCOLTE ? p. 75

23
COMMENT ÉGRENER DANS LES MEILLEURES CONDITIONS ? p. 77

24
EN QUOI CONSISTE LE « NETTOYAGE » DES GRAINES ? p. 79

25
EN QUOI CONSISTE LE CALIBRAGE ? p. 81

26
QUELS TRAITEMENTS APPLIQUER AUX SEMENCES DE MAÏS ? p. 83

27
COMMENT ENSACHER ? COMMENT STOCKER ? p. 87

CONTRÔLE DE LA PRODUCTION SEMENCIÈRE

28
QU'EST-CE QUE LE CONTRÔLE DE LA PRODUCTION SEMENCIÈRE ? p. 93

29
p. 95 EN QUOI CONSISTE LE CONTRÔLE AU CHAMP ?

30
p. 97 EN QUOI CONSISTE LE CONTRÔLE AU LABORATOIRE ?

ANNEXES

ANNEXE 1
p. 101 POUR EN SAVOIR PLUS

ANNEXE 2
p. 103 QUELQUES ADRESSES

ANNEXE 3
p. 109 LES NORMES EN PRODUCTION SEMENCIÈRE

ANNEXE 4
p. 111 PROTOCOLES DE DÉTERMINATION DE LA FACULTÉ GERMINATIVE ET DE L'HUMIDITÉ D'UNE SEMENCE

ANNEXE 5
p. 113 COEFFICIENTS DE MULTIPLICATION SEMENCIÈRE

ANNEXE 6
p. 115 QUELQUES PRODUITS DE TRAITEMENT DES SEMENCES

ANNEXE 7
p. 119 FICHE TECHNIQUE DE CULTURE DU MAÏS

ANNEXE 8
p. 123 GLOSSAIRE DES TERMES EMPLOYÉS

ANNEXE 9
p. 133 LISTE DES VARIÉTÉS DE MAÏS DIFFUSÉES PAR L'IRAT

AVANT-PROPOS

Le terme de variété recouvre deux facteurs bien distincts : la variété au sens propre, prototype génétique mis au point par la recherche pour un environnement donné, et la semence, copie conforme en un très grand nombre d'exemplaires de ce prototype. Ces deux facteurs, même s'ils sont réunis sur un unique support physique, la semence améliorée, procèdent de techniques, d'échelles et de contraintes fondamentalement différentes.

Dans de nombreux pays tropicaux, on s'aperçoit que des formules variétales performantes sont disponibles, mais que l'organisation semencière (production, contrôle, distribution, etc.), qui permet la traduction de ces performances dans le champ paysan, fait cruellement défaut.

La mise en place d'une telle organisation relève d'un domaine situé au carrefour de la recherche, du développement, de la législation, du commerce, et fait souvent appel aux éléments les plus dynamiques du monde agricole.

Le présent manuel s'adresse à tous ces acteurs, qu'ils soient planificateurs, ingénieurs, techniciens, développeurs, agriculteurs. Il ne prétend pas répondre à toutes les questions sur le sujet. Les trente questions techniques qui reviennent le plus souvent, à tous les niveaux, quand on aborde le problème, ont été réunies et traitées "à deux vitesses" : une réponse rapide et élémentaire, et, quand cela nous est apparu nécessaire, une explication un peu plus détaillée. Regroupées en sept thèmes, ces questions concernent tous les aspects techniques de la production

semencière du maïs en milieu tropical : organisation, techniques de multiplication, de récolte, de post-récolte, contrôles, etc.

Cet ouvrage se veut résolument pratique et la présentation choisie doit favoriser la consultation question par question, au risque de redondances lorsque les questions se recouvrent. On trouvera en annexe des exemples, un glossaire ainsi que des informations pratiques.

QUESTIONS INTRODUCTIVES

1

À QUOI SERVENT LES SEMENCES SÉLECTIONNÉES ?

Les semences sélectionnées présentent un double intérêt :
– un intérêt sur le plan variétal : la recherche crée des formules variétales au comportement et à la production optimaux pour un environnement donné. L'agriculteur, en achetant de la semence sélectionnée, fait d'abord le choix d'une variété ;
– un intérêt sur le plan semencier : la semence sélectionnée représente la fabrication de série de la formule variétale.

Une production et un contrôle semenciers bien organisés garantiront à l'utilisateur de semences :
– un grain et un embryon intacts avec une faculté germinative maximale ;
– un grain bien formé et bien rempli permettant un bon départ en végétation ;
– un grain propre et traité garantissant l'absence d'insectes et de microorganismes et donc une protection du début de végétation ;
– un grain trié et éventuellement calibré permettant un semis régulier et homogène.

C'est la somme de ces atouts génétique, semencier et sanitaire qui fait l'intérêt de la semence sélectionnée.

■

On a souvent tendance à confondre ces deux étapes, création et sélection variétales, qui sont le fait de la recherche, avec la multiplication des semences, qui s'effectue sous la responsabilité et le contrôle d'organismes semenciers en aval de la recherche.

Création et sélection variétales

Il s'agit de mettre au point une formule, un "prototype" de matériel génétique qui, dans un environnement donné (niveau d'intensification, pluviométrie...), valorisera au maximum les facteurs du milieu et de production en minimisant les risques. Ces formules variétales, qui peuvent être améliorées dans le temps (augmentation de la résistance aux maladies, à la verse...), sont donc étroitement liées aux caractéristiques du milieu. Dans un pays donné, la recherche travaille sur des "zones homogènes" du point de vue de l'environnement, c'est-à-dire, dans la plupart des cas, des zones à régimes pluviométriques proches permettant des cycles de culture comparables. Plus la recherche avance dans ses résultats, plus elle affine ce zonage et plus précises devraient être les zones pour lesquelles une variété est adaptée. On peut dire aussi que la "sophistication" des variétés, donc leur fragilité, croît au cours de ce processus. Le "catalogue" réunira l'ensemble des formules variétales obtenues par la recherche ainsi que leurs caractéristiques et leur zone d'adaptation.

Multiplication semencière

Cette tâche n'est jamais du ressort de la recherche et c'est mieux ainsi. La création de variétés et la multiplication de semences sont deux opérations totalement différentes, exigeant des investissements, des équipements et des capacités humaines fondamentalement différents. Nous verrons dans ce manuel comment, tout au long du processus de production, outre le maintien de la conformité génétique, s'élabore la qualité d'une semence.

Le produit qui arrive chez l'agriculteur est donc en fait le couple variété-semence, élément essentiel de la réussite d'une culture, qui est l'aboutissement d'une longue chaîne impliquant chercheurs, multiplicateurs et contrôleurs de la production semencière.

2

QUELS SONT LES DIFFÉRENTS TYPES DE VARIÉTÉS SUSCEPTIBLES D'ÊTRE MULTIPLIÉS ?

Deux types de formules variétales sont proposés par la recherche :
– les variétés à pollinisation ouverte (VPO) : "variétés-populations"*, locales ou améliorées, "variétés-composites"* ;
– les variétés hybrides* : hybrides simples*, doubles*, trois-voies*, complexes*, intervariétaux*...

■

Variétés à pollinisation ouverte

Ce sont des variétés dont la formule génétique est à l'équilibre et qui suivent les lois de la génétique des populations : à certaines conditions (isolement pollinique, taille suffisante de la parcelle, absence de stress), une variété à pollinisation ouverte se reproduit identique à elle-même en pollinisation libre d'une génération à l'autre. La formule génétique est globalement à l'équilibre pour l'ensemble de la variété, elle n'est pas fixée plant par plant. Chaque plante constituant cette variété est génétiquement différente des autres plantes et les caractéristiques génétiques sont en perpétuelle recombinaison. Dans ce cas, la variabilité génétique peut être importante, et entraîner une certaine variabilité morphologique interplantes. Il n'y a donc pas d'identité variétale précise et la description de la variété ne peut se faire que par la définition "d'intervalles de variation" pour des caractères phénotypiques.

Variétés hybrides*

Ce sont des variétés issues d'un croisement* (= d'une hybridation) entre deux "matériels génétiques". En simplifiant beaucoup, on peut dire qu'avec les variétés hybrides on vise d'abord à exploiter le phénomène d'hétérosis*, qui permet d'obtenir une vigueur et un rendement

supérieurs à ceux des "parents". Ce phénomène ne joue que sur la première génération issue du croisement F1 et c'est la raison pour laquelle il est généralement indispensable, lorsqu'il s'agit d'hybrides, de renouveler la semence chaque année. Rappelons que ces hybrides, variétés plus "sophistiquées" de façon générale que les variétés à pollinisation ouverte, sont destinés à une agriculture intensifiée maîtrisant bien tous les facteurs de production : dans ces conditions, les variétés hybrides ont des potentialités supérieures aux variétés à pollinisation ouverte.

Les synthétiques* (appelés aussi dans certains pays "polyhybrides") se situent entre les VPO et les hybrides dans la mesure où ils sont le résultat d'hybridations, mais sont fréquemment cultivés en générations avancées*. Suivant le niveau de leur hétérosis interne, évalué par exemple en comparant les performances des différentes générations, ils seront considérés soit comme des VPO, soit comme des hybrides. Dans le cadre de la production semencière, par contre, ils doivent être traités comme des hybrides et l'obtenteur doit absolument prévoir, en vulgarisant sa formule, un schéma des différentes étapes — hybridations et multiplications — pour la fabrication de la semence.

Exemple : "Polyhybride 375" de Madagascar.

Polyhybride 375 = [[(21 A × B 2785) × (F 2834 T × E 680)] × [(21 A × F 2714 E) × AJ 54]]× [H 632 × (SRH 11 × SRH 13)]

1ère étape : hybridations de 21 A par B 2785
hybridations de F 2834 T par E 680
hybridations de 21 A par F 2714 E
hybridations de SRH 11 par SRH 13

2e étape : hybridations de (21 A × B 2785) par (F 2834 T × E 680)
hybridations de (21 A × F 2714 E) par AJ 54
hybridations de (SRH 11 × SRH 13) par H 632

3e étape : hybridations de [(21 A × B 2785) × (F 2834 T × E 680)] par [(21 A × F 2714 E) × AJ 54]

4e étape : hybridations de [(21 A × B 2785) × (F 2834 T × E 680)] par [H 632 × (SRH 11 × SRH 13)]

3

POUR L'AGRICULTEUR, QU'EST-CE QUE CELA ENTRAÎNE ?

En zones tropicales, le niveau d'intensification des cultures de maïs est bien souvent assez faible. Comme l'expérimentation en milieu réel le montre — dans la majorité des cas de culture paysanne —, les variétés à pollinisation ouverte sont actuellement plus appréciées que les variétés hybrides ; elles sont plus rustiques, en général plus stables, c'est-à-dire qu'elles "tamponnent" mieux les effets des multiples stress d'une culture mal contrôlée. Il faut ajouter que ce type de variété n'a pas forcément une faible productivité : certains composites ont des potentialités (c'est-à-dire des rendements en conditions non limitantes) très élevées et répondent bien aux premières étapes de l'intensification.

À partir d'une certaine technicité (amélioration de la fertilité, contrôle des mauvaises herbes, maîtrise des différentes opérations culturales, irrigation...), le choix d'une variété hybride pourra se révéler payant. Le choix de la variété devra par conséquent tenir le plus grand compte, entre autres, du niveau d'intensification de la culture.

4

L'AGRICULTEUR PEUT-IL PRÉLEVER SUR SA RÉCOLTE LA SEMENCE POUR L'ANNÉE SUIVANTE ?

La question ne se pose que pour les variétés à pollinisation ouverte, et beaucoup plus rarement pour certaines formules hybrides. Moyennant certaines précautions (qualité de la semence de départ, isolement et taille suffisante de la parcelle...), le prélèvement de la semence sur la récolte précédente ne pose pas de problème sur le plan génétique. Par contre, il en va différemment sur le plan de la qualité semencière, car les conditions d'égrenage, de séchage, de stockage ou de protection chez le paysan sont, le plus souvent, moins bonnes que dans un organisme semencier. De ce fait, le renouvellement des semences, surtout lorsqu'il s'agit d'une agriculture en voie d'intensification, doit devenir systématique.

■

Le prix de la semence sélectionnée constitue un poste relativement important dans les frais de culture (l'équivalent de 100 à 200 kg de grains dans les pays tropicaux où la production semencière est bien organisée) ; il est donc légitime de se poser la question d'un tel prélèvement et d'en évaluer les avantages et les risques.

En théorie, si la semence sélectionnée initiale était bien conforme à la variété, si la parcelle est correctement isolée des pollens étrangers (voir question 10) et suffisamment grande (au minimum un millier de plants récoltés, soit 200 à 300 m^2), si la culture est bien menée (voir question 8), les risques de dérive génétique* (changements progressifs de la variété qui ne seront perçus souvent que par le spécialiste) sont minimes. Cependant ils existent, et nous conseillons de renouveler périodiquement les semences, par exemple une année sur deux, de manière à "repartir" d'une semence contrôlée.

Soulignons pour finir que cette pratique, qui peut se justifier écono-

miquement dans certains cas, prive l'agriculteur de tous les atouts de qualité qu'une organisation semencière devrait pouvoir lui offrir : triage, traitements, haute faculté germinative, contrôle qualitatif, stockage dans de bonnes conditions, etc.

5

POUR LA PRODUCTION SEMENCIÈRE, QU'EST-CE QUE CELA IMPLIQUE ?

Les constitutions génétiques des deux types de variétés sont différentes : elles impliquent des modes de multiplication différents.

Variétés à pollinisation ouverte

Multiplier consiste simplement à cultiver la variété en empêchant toute dérive : il faudra donc partir d'une semence sûre, isoler la parcelle de tout pollen étranger, éliminer les hors-types et soigner parfaitement la culture (voir aussi questions 9, 10 et 11).

Variétés hybrides*

La semence hybride est le résultat d'une ou de plusieurs hybridations. Sa multiplication consistera donc, au moins pour l'étape finale, à faire féconder un matériel génétique (le parent femelle) par un autre matériel génétique (le parent mâle), ce qui suppose certaines opérations spécifiques (voir questions 12 à 18).

ORGANISATION DE LA PRODUCTION SEMENCIÈRE

6

QUELLES DEVRAIENT ÊTRE LES DIFFÉRENTES ÉTAPES D'UNE PRODUCTION SEMENCIÈRE ?

Dans la majorité des pays tropicaux, la production semencière du maïs est en cours d'organisation, quand elle ne reste pas encore à mettre en place. Dans ces conditions, il n'est pas raisonnable de vouloir décrire une organisation idéale passe-partout. Dans tous les cas, les rôles doivent être clairement répartis entre État et sociétés privées, entre organismes de recherche et de développement, etc. La répartition des tâches repose sur deux principes :

– le rôle et la responsabilité de l'obtenteur et du producteur de semences sont bien distincts ;

– le contrôle ne doit jamais être confié au producteur.

L'organigramme communément admis est résumé dans la figure 1. Notons que :

- le rôle de la recherche s'arrête normalement à la production du matériel de départ*. Elle peut être amenée dans certains cas à assurer une ou plusieurs des générations suivantes pour le compte de l'organisme semencier qui ne serait pas en mesure de le faire dans de bonnes conditions. C'est à notre avis une solution qui ne doit être que transitoire ;

- les étapes suivantes de multiplication et de distribution doivent être confiées à des organismes non gouvernementaux impliqués dans le développement agricole (sociétés de développement par exemple), ou à des sociétés privées ;

- les opérations de contrôle, de réglementation, de gestion de catalogue doivent revenir à l'État ou à une de ses éma-

nations pouvant fournir des garanties de compétence et d'indépendance à l'égard des producteurs.

■

Il existe de multiples organisations semencières possibles. Rappelons quelques règles indispensables :

- organiser la production et le contrôle semenciers est une œuvre de longue haleine. Il faut viser la pérennité et le long terme, mais rien ne doit être statique, tout doit pouvoir évoluer avec pragmatisme. En particulier, il est nécessaire de commencer par quelque chose de modeste et opérationnel, et de prévoir un échéancier d'investissement, d'équipement, de formation, etc. ;
- en multipliant des semences, on répond à un besoin, exprimé ou non, des agriculteurs ou du développement. La programmation de production (quantités, zones, stock de sécurité, etc.) des différentes variétés doit faire intervenir tous ceux qui sont concernés : État, recherche, développement, distributeurs, coopératives, etc. ;
- la rentabilité de la production semencière n'est pas évidente dans les premiers temps. Dans certains pays tropicaux, les agriculteurs, petits et gros, ont déjà compris que le facteur variété-semence était primordial et méritait un effort de dépense. Ce n'est que par une politique constante de qualité, de conseil variétal, d'aide aux planteurs par le crédit, d'intensification des cultures, etc., qu'à terme la rentabilité et surtout les résultats sur la production apparaîtront. La distribution de semences de qualité n'aura sans doute que peu d'incidence sur la production sans autre amélioration des conditions de culture, des structures de commercialisation..., c'est-à-dire sans politique globale de développement ;
- la délégation des tâches de multiplication et de commercialisation aux sociétés privées et aux agriculteurs est un facteur important de dynamisme de la production semencière. Encore ne faut-il pas oublier que la meilleure motivation pour un agriculteur pour produire une semence de qualité réside dans une rémunération intéressante et rapide de son travail.

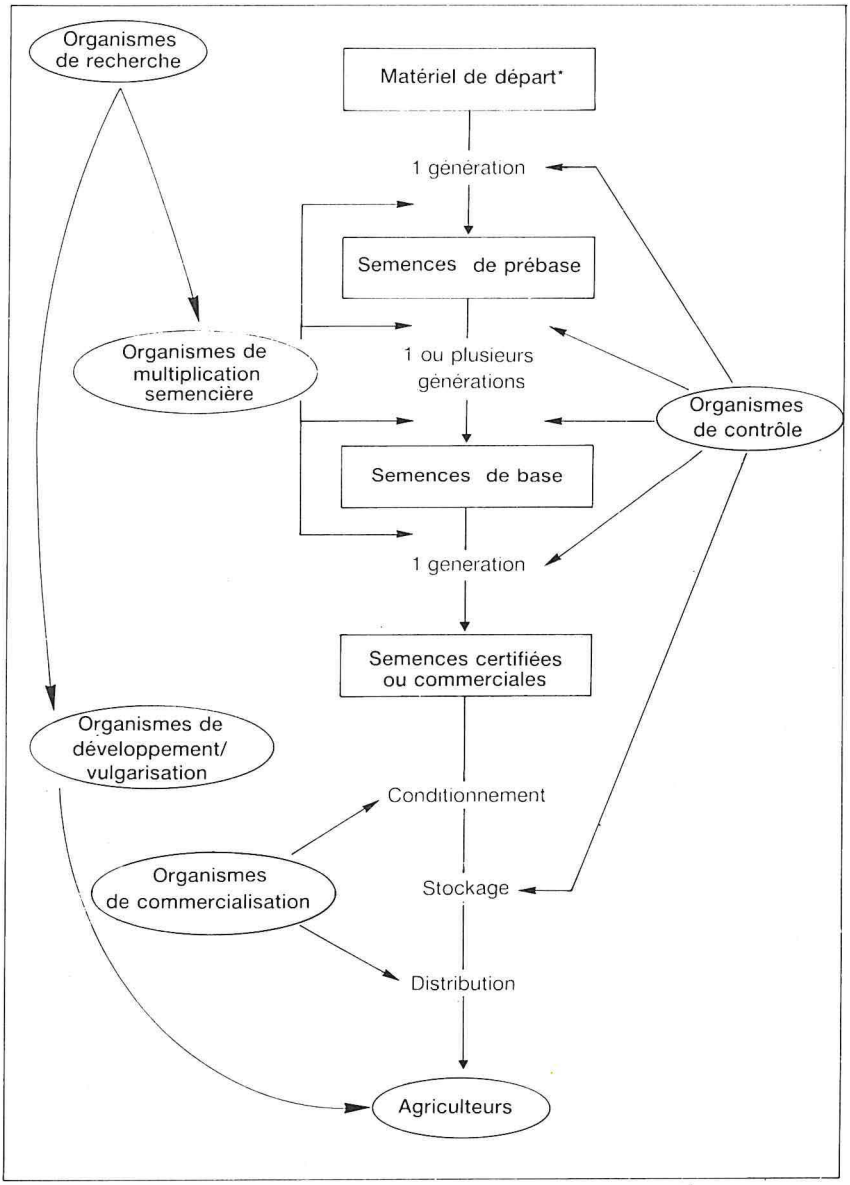


Figure 1 : Schéma-type d'une organisation de production semencière.

7

COMMENT S'EFFECTUENT LES PREMIÈRES ÉTAPES DE LA PRODUCTION SEMENCIÈRE ? COMMENT LA RECHERCHE MAINTIENT-ELLE LES LIGNÉES ? LES VARIÉTÉS ?

La recherche a la responsabilité de la première étape de la multiplication semencière : fournir le matériel de départ*, qui constitue en quelque sorte la référence de la variété ou du géniteur de variété. Il est de ce fait particulièrement important que le sélectionneur ait des moyens et des techniques à sa disposition pour maintenir et reconduire en quantité suffisante, toutes précautions de sécurité étant prises, les variétés et les géniteurs des variétés hybrides inscrites au catalogue.

■

Maintien et reconduction des lignées*

En théorie, une lignée de maïs génétiquement fixée est homozygote*. Tous les grains de cette lignée sont génétiquement identiques. La reconduire est théoriquement simple : la lignée se reproduira identique à elle-même en parcelle isolée et l'endogamie* dans ce cas-là sera une autofécondation naturelle. Dans la pratique, il peut arriver que les plants issus des grains d'une lignée ne soient pas tous identiques : en dehors des cas de mutation, rares, ces hors-types peuvent soit provenir d'une fixation génétique incomplète, soit résulter d'une pollution pollinique, d'un mélange de grains au cours du cycle précédent ou d'une repousse du cycle précédent. Si le taux de ces hors-types est faible (inférieur à cinq pour mille), leur élimination avant la floraison suffira, à condition qu'elle se fasse avec une marge de sécurité très confortable et que l'on n'hésite pas à éliminer une plante même légèrement douteuse. Si les hors-types sont plus nombreux (plus de cinq pour mille), il faudra alors recourir à un dispositif de fécondations artificielles, qui permettra un suivi plante par plante et une épuration des hors-types à toutes les étapes : avant la floraison, après

la floraison et après la récolte. Nous proposons le schéma récurrent indiqué dans la figure 2 pour ce type de reconduction :

- une parcelle d'au moins 1 000 plants est semée en isolation parfaite sur un terrain homogène et fertile ;
- des épurations sévères sont faites en plusieurs passages avant la floraison (en début de montaison, il est plus facile de distinguer les hors-types dans des lignées du fait de leur vigueur hybride remarquable) ;
- 500 autofécondations* sous sac sont faites sur la partie centrale de la parcelle ; durant cette opération, l'épuration se poursuivra sur des caractères floraux du type couleur des soies, couleur des anthères, forme de la panicule, etc. ;
- à la récolte, une nouvelle épuration, portant sur les caractères de l'épi (forme, nombre de rangs, couleur de la rafle...) et du grain (couleur, texture...), sera effectuée sur les épis autofécondés ;
- après toutes les opérations de post-récolte, effectuées le plus soigneusement possible, on peut espérer disposer d'une dizaine de kilos de semences, qui constitueront la référence de la lignée (à conserver en chambre froide) et le matériel de départ*.

Est-il besoin de préciser que, les lignées étant fragiles et peu productives, on aura intérêt à leur garantir des conditions de culture idéales ? En particulier, fumures et irrigation permettent d'éviter de trop grands décalages entre floraisons mâle et femelle, qui compliquent les autofécondations.

Maintien et reconduction des variétés à pollinisation ouverte (composites ou populations*)

Pour donner un ordre de grandeur, 30 à 40 kilos de matériel de départ sont nécessaires : 15 à 25 kilos pour la multiplication (cela varie en fonction de l'organisation en aval de la production) et 15 kilos de stock de sécurité, ce qui constitue un minimum absolu. Plusieurs méthodes sont utilisables par la recherche pour produire ces quantités. Le principe est simple : il s'agit de reproduire une variété sans dérive ni sélection. En théorie, cela se fait naturellement en fécondation libre, à condition de respecter certaines règles :

- partir d'une semence représentant véritablement le standard variétal ;
- multiplier sur une parcelle suffisamment grande pour que toutes les recombinaisons génétiques soient possibles et qu'il n'y ait pas ampu-

tation de la variabilité génétique (un millier de plantes semble être un minimum compte tenu des sécurités indispensables ;

- éviter toute dérive génétique* : la parcelle doit donc être parfaitement isolée, les hors-types éliminés, et il faut éviter toute pression de sélection dans un sens ou dans un autre (stress, manque d'eau, maladie, accident cultural).

Par conséquent, en respectant ces règles et en garantissant, comme pour les lignées, des conditions culturales parfaites, le matériel de départ pourra être produit dans d'excellentes conditions.

Pourtant, un autre type de dispositif est de plus en plus conseillé par les sélectionneurs, car il permet de suivre de très près, famille par famille, la reconduction de la variété (figure 3). Il consiste en une véritable sélection conservatrice récurrente, utilisant comme standard de la variété un certain nombre de familles apparentes issues de celle-ci (familles half-sib*). En voici les grandes lignes :

- il est décidé au départ que la variété est représentée par un certain nombre d'épis (de même que le CIMMYT et l'IITA, nous proposons le chiffre de 500, qui permet d'atteindre les quantités de semences nécessaires et qui présente une bonne garantie de maintien de la variabilité) ;
- ces épis sont semés "à la ligne" : une partie des grains de chaque épi (une trentaine) est semée sur une ligne, chaque ligne correspondant à un épi, donc à une famille. Ces 500 lignes seront castrées et constitueront donc des rangs femelles. Les lignes mâles, constituées par un mélange des 500 épis, seront intercalées toutes les deux lignes femelles ;
- des épurations sévères seront faites sur toute la parcelle et tout spécialement sur les lignes mâles avant la floraison. Les plantes douteuses selon les critères habituels d'épuration des VPO (morphologie, hauteur du plant et de l'épi, date de floraison, etc.) seront donc éliminées ;
- un choix à la récolte tenant compte éventuellement d'observations effectuées pendant le cycle permettra de retenir un certain nombre de familles half-sib et un certain nombre d'épis par famille, de façon à revenir à 500 épis (par exemple 200 familles retenues avec deux ou trois épis par famille), ce qui permettra de recommencer une reconduction sur le même schéma ;
- chaque épi sera égrené séparément ; après élimination des deux extrémités de l'épi, il reste environ 500 grains utiles par épi.

Par mélange mécanique (bulk*) d'une même quantité de grains par épi (trois cents grains environ), on obtiendra 30 à 40 kilos de semences destinées à la multiplication et représentant le matériel de départ.

Les talons des semences de chaque épi (au minimum 200 grains) seront conservés séparément en chambre froide : ils représenteront les 500 familles half-sib du cycle suivant. Ces talons jouent donc le rôle de conservation et de référence de la variété ; les opérations de post-récolte sur ces semences devront en conséquence être très soignées et viser la qualité semencière maximale.

Ce dispositif offre une grande sécurité dans la reconduction et permet aussi aux sélectionneurs de corriger légèrement les défauts éventuels de la variété. Il peut donc être véritablement inclus dans le programme d'amélioration variétale. Il s'agit alors d'une sélection conservatrice légèrement améliorante. Exigeant en espace et en temps, ce dispositif ne peut être utilisé qu'une fois tous les deux ou trois ans, dans la mesure où la semence de référence, les talons des 500 épis retenus, est conservée dans de bonnes conditions et où la production semencière en aval est organisée en conséquence.

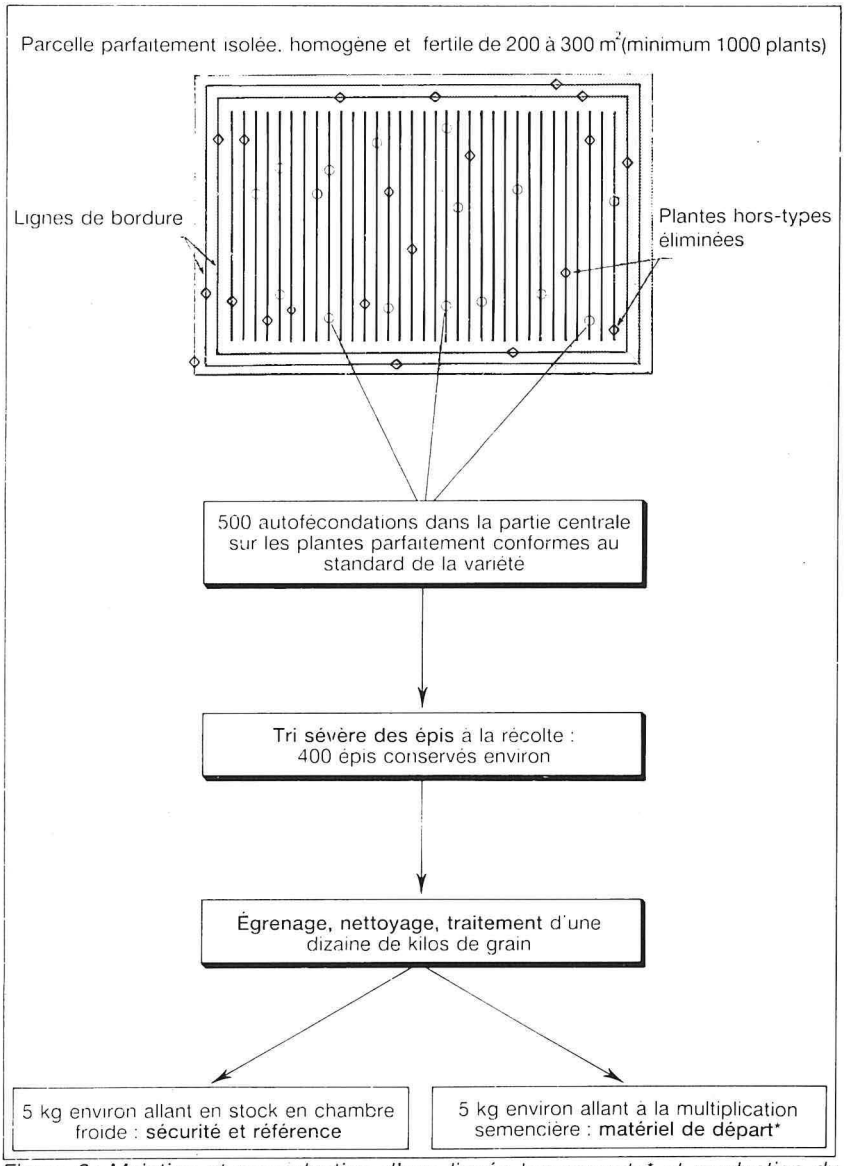


Figure 2 : Maintien et reconduction d'une lignée homozygote et production du matériel de départ* (exemple de dispositif).*

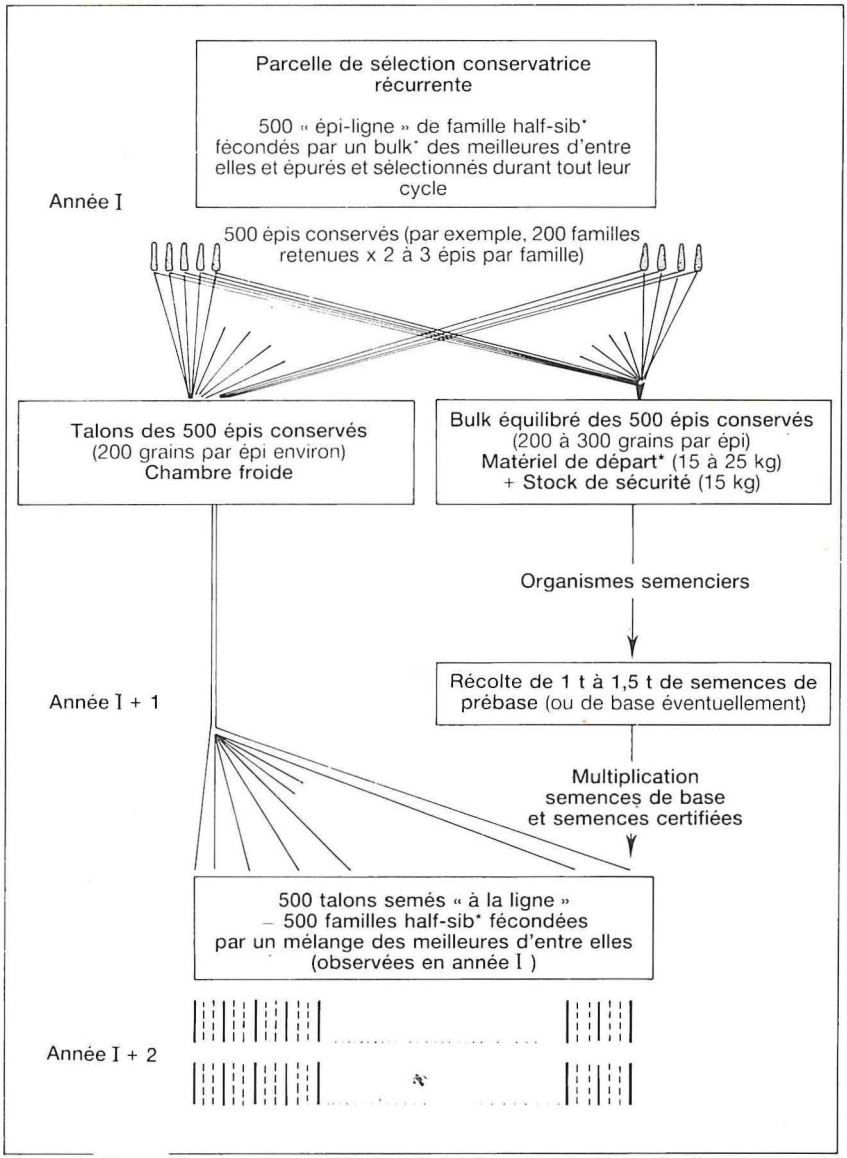


Figure 3 : Reconduction de variétés à pollinisation ouverte et production de matériel de départ (exemple de dispositif récurrent).*

CONTRAINTES LIÉES À LA PRODUCTION SEMENCIÈRE EN GÉNÉRAL

8

Y A-T-IL UNE CONDUITE CULTURALE SPÉCIFIQUE À LA PRODUCTION SEMENCIÈRE ?

Il n'y a pas à proprement parler de conduite culturale spécifique à la production de semences. L'exigence constante de qualité impose par contre une culture et des facteurs de production particulièrement soignés. De plus, la valeur finale du produit fait que certaines opérations, exclues pour le maïs grain du fait de leur coût, deviennent rentables pour la production de semences.

Installation de la culture

On le sait, cette phase joue un grand rôle dans l'élaboration du rendement. Tout particulièrement dans le cas d'une production de semences hybrides, où la concordance des floraisons est essentielle. Il importe alors de réussir parfaitement les semis, qu'ils soient décalés ou non.

Fumures

Ce sont les mêmes que pour une production intensive de maïs grain. Dans le cas de la multiplication de lignées, matériels fragiles par définition, on n'hésitera pas à fractionner les apports en deux ou trois fois pour optimiser l'alimentation minérale (voir annexe 7 : fiche technique maïs).

Irrigation

À différents stades, l'alimentation en eau influe de manière déterminante sur la qualité et la productivité d'une culture de maïs : formation et sortie des fleurs (phase de sensibilité maximale qui va de la mi-montaison à la floraison), fécondation, remplissage du grain. La sécurité et le gain de productivité qu'apporte l'irrigation sont donc appréciables en production semencière en général. Quand il s'agit de production d'hybrides, cet apport est décisif, les mauvaises féconda-

tions étant dues, la plupart du temps, à des stress hydriques retardant la sortie des soies du géniteur femelle. Si l'on ajoute que les fermes semencières sous les tropiques sont souvent amenées à cultiver en contre-saison, l'irrigation est donc, en plus d'une garantie de qualité, un élément de souplesse de production.

Protection des cultures et traitements

Certains traitements non justifiés sur le maïs grain deviennent vraiment rentables quand il s'agit de semences, et ce d'autant plus que l'on se situe aux premières étapes de production. Ainsi, certaines protections insecticides, des répulsifs d'oiseaux, etc. doivent être envisagés, s'il y a lieu, sur des parcelles de prébase ou de base. Rappelons quelques techniques de protection qui ont fait leurs preuves.

Protection des plantules contre les chenilles

Pendant les stades critiques d'installation de la culture, les chenilles défoliatrices (généralement des noctulidés) peuvent être à l'origine d'importantes chutes de densité. Les appâts au lindane (son + sucre en poudre + lindane) ne sont efficaces qu'un temps : dès l'émergence des plantules, il faut passer aux pulvérisations d'insecticides classiques de contact/ingestion (pyréthrinoïdes, lindane, malathion...), avec mouillant et sticker si l'attaque se poursuit. Ces pulvérisations doivent être fréquemment répétées en cas d'attaques fortes (une par semaine).

Protection contre les borers

Les pulvérisations des mêmes produits (insecticides de contact/ingestion + mouillant + sticker) sur la végétation sont les seuls traitements à avoir fait la preuve d'une certaine efficacité. Les quelques espèces de borers passant sur l'épi sont généralement des générations avancées des espèces attaquant la tige (*Eldana, Sesamia, Mussidia, Heliothis, Chilo*...). Il faut donc surveiller les populations et les contrôler avant leur explosion.

Protection contre les virus transmis par des cicadelles (streak, mosaic et stripe)

Dans les pays où la législation le permet, un ou deux traitements successifs dans le cornet, au stade 6-8 feuilles, avec du carbofuran

microgranulé, diminuent notablement l'incidence des virus en limitant les populations de vecteurs.

Protection contre les insectes de l'épi et du grain

Les coléoptères de l'épi et du grain (les charançons en particulier) ainsi que les papillons altises (du genre *Citotraga*, par exemple) pénètrent grâce à une faiblesse de la protection de l'épi (spathes trop lâches, attaques d'oiseaux découvrant le grain, etc.). Il faut éviter ces causes d'infestations primaires au champ (par exemple en luttant contre les oiseaux), mais il faut surtout lutter contre les multiplications secondaires et, pour ce faire, intervenir en post-récolte : le traitement des épis aussitôt après la récolte (poudrages ou pulvérisations avec des insecticides de contact/ingestion à doses renforcées) permet d'éviter tout problème. Si la chaîne semencière doit commencer longtemps après la récolte, une désinsectisation pourra être nécessaire (voir question 26).

Protection contre les oiseaux

Leurs dégâts peuvent être catastrophiques. Les répulsifs anti-aviaires que nous avons pu tester sont chers et ne sont efficaces qu'en dessous d'un certain seuil de population d'oiseaux. Le canon à gaz devient totalement inefficace après une certaine période... Dans le cas où la main-d'œuvre est bon marché, la solution la plus efficace reste le gardiennage. En Afrique, du reste, cette technique est fréquemment utilisée avec succès.

9

COMMENT MULTIPLIER UNE VARIÉTÉ À POLLINISATION OUVERTE ?

Comme nous l'avons vu plus haut, une variété à pollinisation ouverte est génétiquement à l'équilibre, donc stable. De ce fait, sa multiplication sera une simple culture, les risques de dérive génétique* étant éliminés au maximum. Pratiquement, cela signifie :

- une parcelle de multiplication suffisamment grande pour reconduire la totalité de la variabilité de la variété (un millier de pieds constitue un minimum) ;
- une semence de départ parfaitement contrôlée quelle que soit l'étape de multiplication : prébase, base ou certifiée ;
- une isolation des pollens étrangers dans l'espace ou dans le temps (voir question 10) ;
- une épuration des plants hors-types pouvant provenir des repousses, d'hybridations non contrôlées au cycle précédent ou d'un mélange de semences (voir question 11) ;
- des conditions de culture non sélectives, c'est-à-dire l'absence d'accidents culturaux susceptibles de "sélectionner" la variété, et des facteurs agronomiques non limitants.

10

QUELLES SONT LES NORMES D'ISOLATION DES PARCELLES DE MULTIPLICATION ?

Les normes varient avec les pays et le stade de multiplication considéré. L'espace n'étant en zones tropicales, que très rarement un facteur limitant et le nombre de variétés multipliées étant généralement réduit, nous conseillons les normes les plus sévères, soit 400 mètres de distance minimale en terrain nu entre deux champs de maïs, grain ou semence. L'isolation implique aussi le contrôle des repousses de maïs dans ce périmètre, c'est-à-dire leur élimination. De plus, cette norme n'est valable que pour les parcelles suffisamment grandes, où la masse pollinique est importante ; dans tous les cas, un certain nombre de lignes de bordure seront mises en place et éliminées de la récolte semencière.

■

Des recherches ont été menées pour déterminer à quelles conditions les distances d'isolation pouvaient être réduites. Deux possibilités de réduction existent pour la dernière étape de la multiplication et pour elle seule, c'est-à-dire pour la production des semences certifiées :

- s'il existe un écran naturel entre les deux parcelles en question (des rangées d'arbres de 15 à 20 mètres de haut avec une végétation suffisamment dense), la distance pourra passer à 200 mètres ; si la parcelle fait plus d'une dizaine d'hectares, on pourra descendre à 100 mètres, à condition d'éliminer soigneusement une dizaine de lignes de bordure ;
- les risques de pollution pollinique se mesurent en rapport de densité de pollen (pollen étranger par rapport au pollen de variété). En augmentant le nombre de rangs de bordure pollinisante (de parents mâles s'il s'agit d'une production d'hybrides), on réduit ce rapport au

minimum et on limite ainsi les risques. Des essais ont montré qu'une vingtaine de rangs de bordure supplémentaires permettrait de passer de 200 mètres à 100 mètres. On ne descendra en aucun cas en dessous de 100 mètres.

L'isolation pollinique peut aussi être obtenue par un décalage des semis et des cycles qui interdise toute concomitance des floraisons des deux variétés. Cela suppose que celles-ci soient parfaitement connues ; en effet, un décalage de semis ne suffit pas à assurer une isolation au moment des floraisons, il faut aussi tenir compte des différences de cycle entre les deux matériels. Ceci étant rappelé, un décalage des "pics de floraison" de quatre semaines nous semble un minimum absolu. Dans tous les cas, il faudra prévoir un passage avant la floraison de la deuxième variété pour éliminer les plants les plus tardifs ou les talles* de la première qui risquent encore de polliniser. Nous déconseillons cette technique aux multiplicateurs qui n'ont pas la maîtrise de l'eau, car un stress hydrique avant la floraison peut, en retardant la sortie des soies, compromettre l'isolation.

11

EN QUOI CONSISTENT LES OPÉRATIONS D'ÉPURATION ?

L'épuration est l'élimination en cours de culture des plantes indésirables. C'est une opération essentielle de la multiplication semencière qui ne pourra être réalisée que par du personnel sérieux et compétent. Le maïs étant une plante allogame, l'épuration constitue le seul facteur de maintien de l'identité variétale. La sévérité des épurations et donc des normes de contrôle sera d'autant plus forte que l'on se situe dans les étapes en amont de la multiplication.

Les plantes indésirables (parce que "hors-types", c'est-à-dire hors du standard variétal et donc susceptibles de provoquer une dérive* de la variété) proviennent :

– soit de repousses de grains tombés lors d'une culture précédente (la législation peut interdire l'utilisation de parcelles à précédent maïs pour certains stades de la multiplication) ;

– soit de fécondations non contrôlées lors d'un cycle précédent (mauvaise isolation, mauvaise épuration...) ;

– soit de mélanges de semences en magasin ou dans des appareils mal nettoyés (séchoirs, égreneurs, trieurs, etc.).

Cette élimination doit se faire impérativement avant la floraison (le début de la montaison est le stade le plus approprié).

■

Voyons un peu plus en détail, pour les différents types de matériel à multiplier, les modalités de ces épurations.

Variétés à pollinisation ouverte

Il s'agira d'un contrôle de l'identité globale de la variété car, les plantes étant toutes génétiquement différentes, les variations entre elles pourront être importantes. La reconnaissance des hors-types est donc délicate : elle ne repose pas sur un jugement à coup sûr et on aura le plus souvent affaire à des plantes douteuses.

Pour épurer, il faudra donc bien connaître la variété multipliée et sa variabilité normale. Il est fréquent par exemple d'observer des couleurs de soies différentes dans une même variété, cela fait partie de la variabilité normale. Il est par contre certain qu'une plante de trois mètres de haut dans une variété de hauteur moyenne de deux mètres vingt, plus ou moins trente centimètres, sera à éliminer comme un hors-type. L'organisme de recherche doit fournir aux multiplicateurs des renseignements sur la variabilité normale des variétés qu'il donne à multiplier. Les critères à prendre en compte seront morphologiques (hauteur, vigueur des plantes, port des feuilles, etc.) et physiologiques (précocité essentiellement).

Lignées homozygotes*

Le problème est dans ce cas plus facile car toutes les plantes doivent être identiques, aux variations du milieu près. Des plants hors-types provenant de fécondations non contrôlées se verront particulièrement bien au début de la montaison du fait de leur vigueur hybride. Nous conseillons donc deux passages d'épuration : un au début et un à la fin de la montaison.

Variétés hybrides*

Suivant les géniteurs, les épurations se feront sur lignées ou sur VPO (déjà vues plus haut). Soulignons quand même le fait que l'oubli d'un hors-type dans les rangs mâles polluera bon nombre de grains des rangs femelles alors que, dans les rangs des femelles castrées, on pourra éventuellement refaire des épurations après la floraison. Il s'agira donc d'être extrêmement exigeant pour les épurations du géniteur mâle, surtout s'il s'agit d'hybridation en base ou en prébase (voir figure 4 p. 56-57).

CONTRAINTES SPÉCIFIQUES DE LA PRODUCTION DE SEMENCES HYBRIDES

12

COMMENT MULTIPLIER UNE VARIÉTÉ HYBRIDE ?

La semence hybride finale est le résultat d'une série d'étapes comprenant une multiplication séparée des différents géniteurs et une ou plusieurs hybridations finales entre ces derniers (voir figure 4 p. 56-57).

Multiplication des différents géniteurs

Il s'agit, en fait, soit de multiplier des variétés à pollinisation ouverte, soit de multiplier des lignées. Les questions 9 et 13 traitent de ces deux cas.

Hybridation entre géniteurs

Les différentes hybridations, leurs sens et leurs protocoles doivent être précisés par l'obtenteur de la variété. Le principe général consiste à intercaler un certain nombre de rangs du géniteur femelle avec un certain nombre de rangs du géniteur mâle (pour le rapport mâles/femelles voir question 18). Toutes les plantes des rangs femelles seront castrées, c'est-à-dire que la panicule mâle sera éliminée, avant le lâcher du pollen (voir question 15) ; elles seront fécondées par le pollen des plantes du parent mâle. Il faut donc que le dispositif du semis permette cette fécondation dans de bonnes conditions (voir questions 17 et 18). À la récolte, seuls les grains récoltés sur les rangs femelles constitueront la semence hybride. Les rangs mâles, dont la production n'aura, sauf cas exceptionnel, aucune valeur semencière, seront récoltés avant et livrés à la consommation pour éviter toute possibilité d'erreur. En plus des contraintes générales de toute production semencière (isolation des parcelles, élimination des hors-types, etc., voir

questions 10 et 11), on voit donc qu'il y a des contraintes spécifiques à la production d'hybrides :

- semis de deux géniteurs différents intercalés sur la même parcelle et souvent à des dates différentes ;
- culture de géniteurs souvent fragiles ;
- épurations extrêmement soignées du géniteur mâle du fait de l'effet multiplicateur des hors-types que constitue le lâcher du pollen ; sur ce plan, les normes sont beaucoup plus rigoureuses que pour la multiplication de variétés à pollinisation ouverte ;
- opérations de castration exigeantes en main-d'œuvre et en surveillance (l'oubli de fleurs mâles dans les rangs femelles constitue le principal motif de refus de certification des semences hybrides) ;
- récolte en deux fois, dont une partie ne sera pas de la semence. Les rendements des parcelles de production d'hybrides sont de ce fait moins élevés que ceux des VPO. Si le parent femelle est une lignée, le niveau de rendement est évidemment plus bas.

13

COMMENT MULTIPLIER UNE LIGNÉE ?

Durant les étapes de prébase*, c'est-à-dire précédant la ou les hybridations finales, il est souvent nécessaire de multiplier des lignées (voir figure 4 p. 56-57). Le principe de cette multiplication est le même que pour les variétés à pollinisation ouverte*, à savoir : multiplier une lignée c'est la cultiver en évitant les diverses dérives génétiques* possibles (hybridations incontrôlées, hors-types..., voir question 11). Les spécificités tiennent à la fragilité du matériel :

- vigueur de végétation médiocre, qui le rend très sensible aux agressions du milieu ;
- faible aptitude à la fécondation due à une production insuffisante du pollen, à une floraison mâle très groupée et à une protandrie souvent prononcée (floraison mâle plus précoce que la floraison femelle). Dans certaines zones tropicales, ce problème est résolu par des semis échelonnés ou par un retard provoqué de la floraison mâle (rabattage de certains plants avant la montaison, qui, retardés, lâcheront leur pollen plus tard) ;
- coefficient de multiplication faible (entre 20 et 40), qui ne permet pas de gros rendements.

S'agissant généralement de semences de prébase, on n'hésitera pas à corriger, même à grands frais, tous les facteurs pouvant affecter la production.

14

QUELLES SONT LES CONDITIONS D'UNE BONNE HYBRIDATION ?

Une bonne hybridation*, c'est-à-dire un taux de fécondation maximal entre les deux parents, est à l'origine de bons rendements. Elle sera réalisée :

- lorsque le pollen est présent au bon moment : pour garantir cette bonne concordance de floraison (floraison mâle du parent mâle coïncidant avec la floraison femelle du parent femelle),il faut que le décalage de semis entre mâle et femelle soit respecté et qu'aucun facteur en cours de culture ne retarde la floraison femelle du parent femelle (un stress hydrique, une faim d'azote par exemple, retarde la sortie des soies sans incidence sur la floraison mâle) (voir question 17) ;
- lorsque le pollen est en quantité suffisante auprès de l'ensemble des soies des plantes femelles : cela dépend de la concordance mais aussi de la proportion lignes mâles/lignes femelles et du dispositif de semis. L'immense majorité des grains de pollen ne parcourt qu'une très courte distance avant de tomber sur une soie femelle (ou ailleurs) ; si la distance séparant certains plants femelles des rangs mâles est trop grande, il peut n'y avoir qu'une fécondation médiocre ;
- lorsque les conditions favorisant une bonne fécondation sont réunies : hygrométrie et température assez élevées, mais pas trop, brassage de l'air par le vent, etc.

15

QUELLES SONT LES MODALITÉS DES OPÉRATIONS DE CASTRATION ?

Pour imposer l'hybridation prévue dans la formule, il faut castrer, c'est-à-dire retirer la panicule mâle sur l'ensemble des rangs femelles. Cette castration se fait plante par plante avant l'apparition des sacs polliniques, ce qui permet de ne laisser présent que le pollen produit par les pieds des rangs mâles.

Bien qu'il existe des études prometteuses sur la mécanisation de la castration, sur l'utilisation de produits gamétocides, et bien que la stérilité mâle cytoplasmique soit couramment utilisée dans les pays tempérés, l'opération de castration est manuelle et le restera longtemps en zone tropicale.

Pratiquement, il s'agit d'arracher la totalité de la panicule mâle dès son dégagement de la feuille paniculaire, en blessant la plante au minimum (en évitant en particulier d'arracher des feuilles avec la fleur). Le passage quotidien est absolument nécessaire et, en général, il est plus sûr de passer deux fois dans la journée. La castration sera effectuée de préférence tôt dans la matinée, avant l'évaporation de la rosée — qui conditionne la libération du pollen —, entre 7 et 11 h suivant le climat (les abeilles permettent d'indiquer l'heure du lâcher du pollen par leur activité autour des fleurs). L'attention qu'exige cette opération impose que chaque manœuvre ne castre qu'une ligne par passage.

La castration représente une charge de main-d'œuvre non négligeable : entre 100 et 200 heures à l'hectare réparties sur 3-4 semaines. Cette charge varie avec :

- le type de variété à castrer (une lignée est plus facile à

castrer et sa floraison beaucoup plus regroupée que celle d'une VPO) ;

- l'homogénéité de la culture et donc l'étalement de la période de floraison (l'irrigation favorise le groupement des floraisons mâles) ;
- la hauteur des plants (certaines variétés nécessitent un tabouret pour la castration). Il est recommandé en fin de floraison de terminer par des passages de "sécurité", où la castration est faite systématiquement sur tous les plants, quel que soit leur stade de développement, ce qui permet d'économiser de la main-d'œuvre. Ces plantes retardataires pouvant être des hors-types, on pourra préférer les supprimer purement et simplement.

Les normes concernant la castration sont généralement sévères : si plus de 5 plants femelles sur 1 000 émettent du pollen lors d'un contrôle, la production est refusée. On prendra soin en particulier d'éliminer les talles*, plus tardifs que les pieds principaux et moins visibles : ils sont souvent responsables du déclassement.

16

COMMENT SE FAIT LE CHOIX DU SENS MÂLE-FEMELLE DU CROISEMENT ?

Théoriquement, les croisements réciproques (lorsque l'on permute mâle et femelle) sont génétiquement équivalents, mais différents facteurs interviennent dans le choix de celui des parents qui sera le "porte-graine". La recherche ou l'obtenteur fournissent toutes les indications utiles à ce sujet : il convient de s'y conformer.

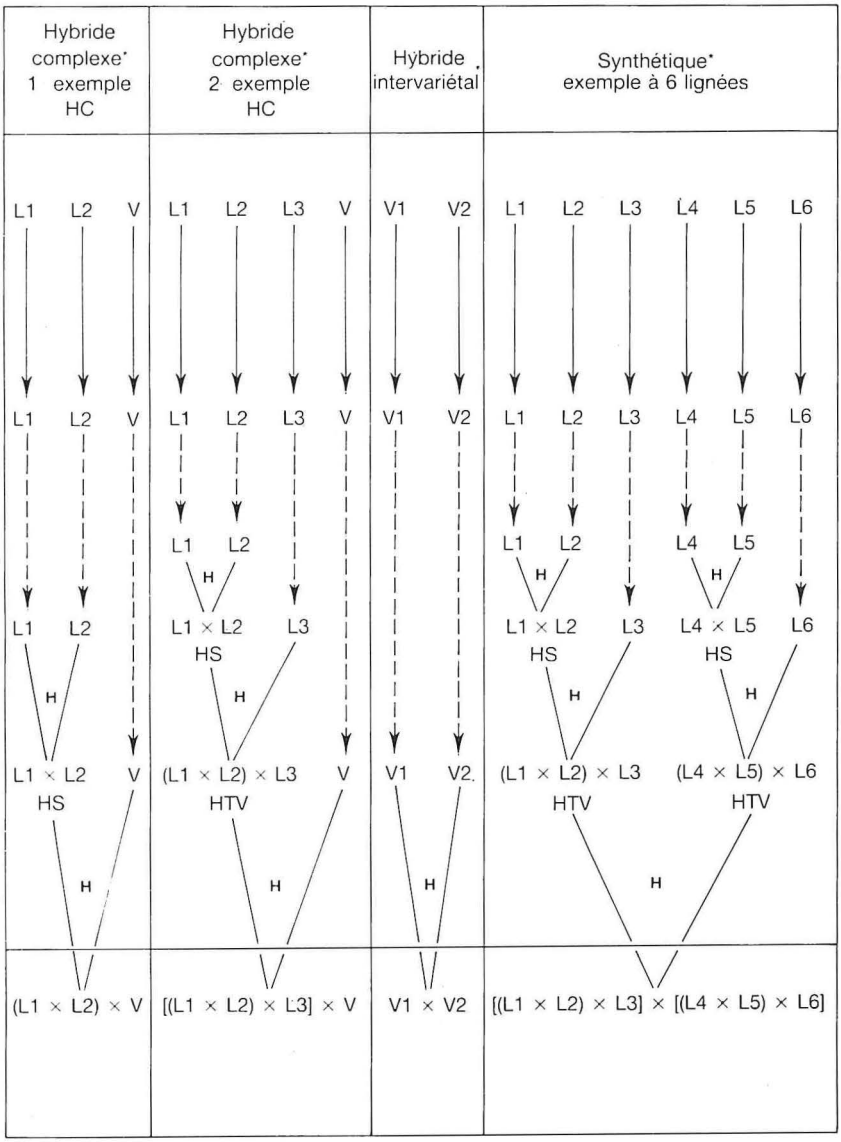
■

Interviennent en particulier dans le choix :

- les potentialités de production des parents : on choisira le plus productif des parents comme porte-graine. Par exemple, dans un hybride trois-voies, on choisira l'hybride simple comme parent femelle dans la deuxième hybridation (figure 4) ;
- l'aptitude à produire du pollen longtemps : certaines lignées sont très mauvaises productrices de pollen. Elles ne pourront pas être de bons parents mâles ;
- l'étalement des floraisons ou l'architecture des parents, qui peuvent compliquer grandement les castrations ; on choisira un géniteur femelle facile et rapide à castrer ;
- la différence de cycle des deux parents : le parent le plus tardif sera généralement pris comme mâle et semé en premier.

Appellations des différentes étapes de la production semencière	VPO	Hybride simple* HS	Hybride trois voies* HTV	Hybride double HD
Matériel de départ* (semences de départ fournies par la Recherche ou par un obtenteur)	V (ou bulk* des 500 familles half-sib* voir question 7)	L1 L2	L1 L2 L3	L1 L2 L3 L4
Génération de prébase				
Semences de prébase*	V	L1 L2	L1 L2 L3	L1 L2 L3 L4
Génération de prébase éventuellement				
			L1 L2	L1 L2 L3 L4
			H	H H
Génération de base				
Semences de base*	V	L1 L2	L1 × L2 HS L3	L1 × L2 HS L3 × L4 HS
		H	H	H
Dernière génération				
Semences certifiées* (ou semences commerciales s'il n'y a pas de certification)	V	L1 × L2	(L1 × L2) × L3	(L1 × L2) × (L3 × L4)

Figure 4 : Les différentes étapes de la production de semence de variétés à pollinisation ouverte (VPO) et de variétés hybrides.
(H = hybridation ; V = variété ; L = lignée.)


Hybride complexe* 1 exemple HC
Hybride complexe* 2 exemple HC
Hybride intervariétal
Synthétique* exemple à 6 lignées
L1 L2 V
L1 L2 L3 V
V1 V2
L1 L2 L3 L4 L5 L6
L1 L2 V
L1 L2 L3 V
V1 V2
L1 L2 L3 L4 L5 L6
L1 L2
L1 L2
L4 L5
H
L1 L2
L1 × L2 L3
HS
L1 × L2 L3
HS
L4 × L5 L6
HS
H
L1 × L2 V
HS
(L1 × L2) × L3 V
HTV
V1 V2
(L1 × L2) × L3
HTV
(L4 × L5) × L6
HTV
(L1 × L2) × V
[(L1 × L2) × L3] × V
V1 × V2
[(L1 × L2) × L3] × [(L4 × L5) × L6]

17

QUEL EST LE DÉCALAGE OPTIMAL ENTRE SEMIS MÂLE ET SEMIS FEMELLE ?

Le décalage entre le semis des deux parents vise la concordance de floraison (floraison mâle du parent mâle synchrone avec la floraison femelle du parent femelle), car les parents n'ont pas forcément le même cycle (figure 5).

Le décalage dépend donc en premier lieu de l'hybride considéré et du comportement des variétés parentales dans le milieu où va se faire la multiplication. La recherche (ou éventuellement l'obtenteur) donne à ce sujet les indications nécessaires aux multiplicateurs. L'étude des besoins en "somme des températures" (c'est-à-dire la somme des températures moyennes journalières et dépassant un certain seuil, nécessaire à la réalisation du cycle de la variété) constitue une bonne méthode de détermination du décalage optimal entre les deux parents : connaissant pour chacun d'eux les besoins en "somme des températures" pour atteindre la floraison, il suffira de disposer des températures moyennes journalières du nouveau site de multiplication pour prévoir le calendrier des stades de chacun des géniteurs et donc le décalage souhaitable pour assurer la concordance de floraison.

Il se peut, en cas de multiplication dans un milieu ou dans des conditions différents du milieu de création, que le décalage conseillé n'assure pas la concordance de floraison ; c'est la raison pour laquelle, durant les premières années de multiplication, il faut observer soigneusement les floraisons et, avec la recherche, ajuster le décalage. Pour assurer une bonne fécondation, surtout les premières années, on peut effectuer le semis mâle en deux fois, ce

qui garantira un étalement de la pollinisation et donc une meilleure fécondation.

Notons pour finir que le décalage du semis est en fait un décalage de début de cycle : cela signifie que, si la levée d'un des parents ne s'effectue pas dans des conditions normales, ce décalage des semis n'assurera pas la concordance des floraisons. Insistons donc sur la réussite des semis et des levées dans le cas de la multiplication de la semence hybride.

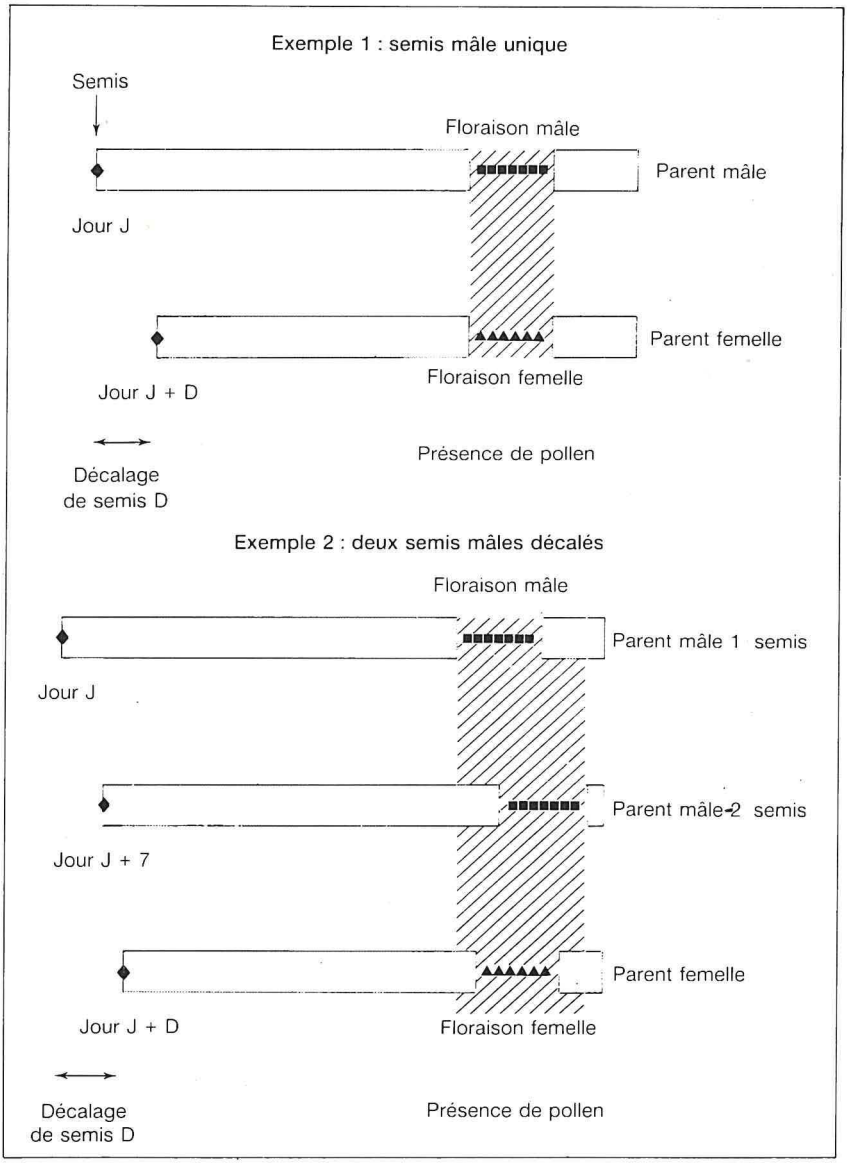


Figure 5 : Concordance des floraisons pour la production de semences hybrides (exemples de dispositifs).

18

QUEL EST LE RAPPORT OPTIMAL ENTRE LE NOMBRE DE RANGS MÂLES ET LE NOMBRE DE RANGS FEMELLES ?

Sur cette question, il s'agit de trouver un compromis entre la production maximale de semences, c'est-à-dire le nombre maximal de lignes femelles, et l'assurance d'une bonne pollinisation (nombre suffisant de lignes mâles). Pour étudier ce compromis, la recherche tient compte de la capacité de production de pollen du parent mâle, de la morphologie des parents (si le parent mâle dépasse en taille le parent femelle, la pénétration du pollen dans les lignes femelles sera d'autant facilitée) et de la compatibilité avec le matériel de semis existant.

Le dispositif 2 mâles pour 6 femelles est satisfaisant la plupart du temps lorsque le mâle est un hybride ou une variété. Pour les hybrides classiques entre lignées, il faut descendre à 2 mâles pour 4 femelles et même, dans certains cas, à 2 mâles pour 2 femelles (figure 6).

Si l'on souhaite effectuer deux semis décalés du parent mâle pour assurer une meilleure pollinisation, on se limitera à un rapport 2 mâles pour 4 femelles (figure 6), en alternant le premier et le second semis du mâle pour éviter une trop grande distance entre deux rangs mâles du même semis.

Dans tous les cas, la parcelle sera entourée de trois à cinq lignes du parent mâle.

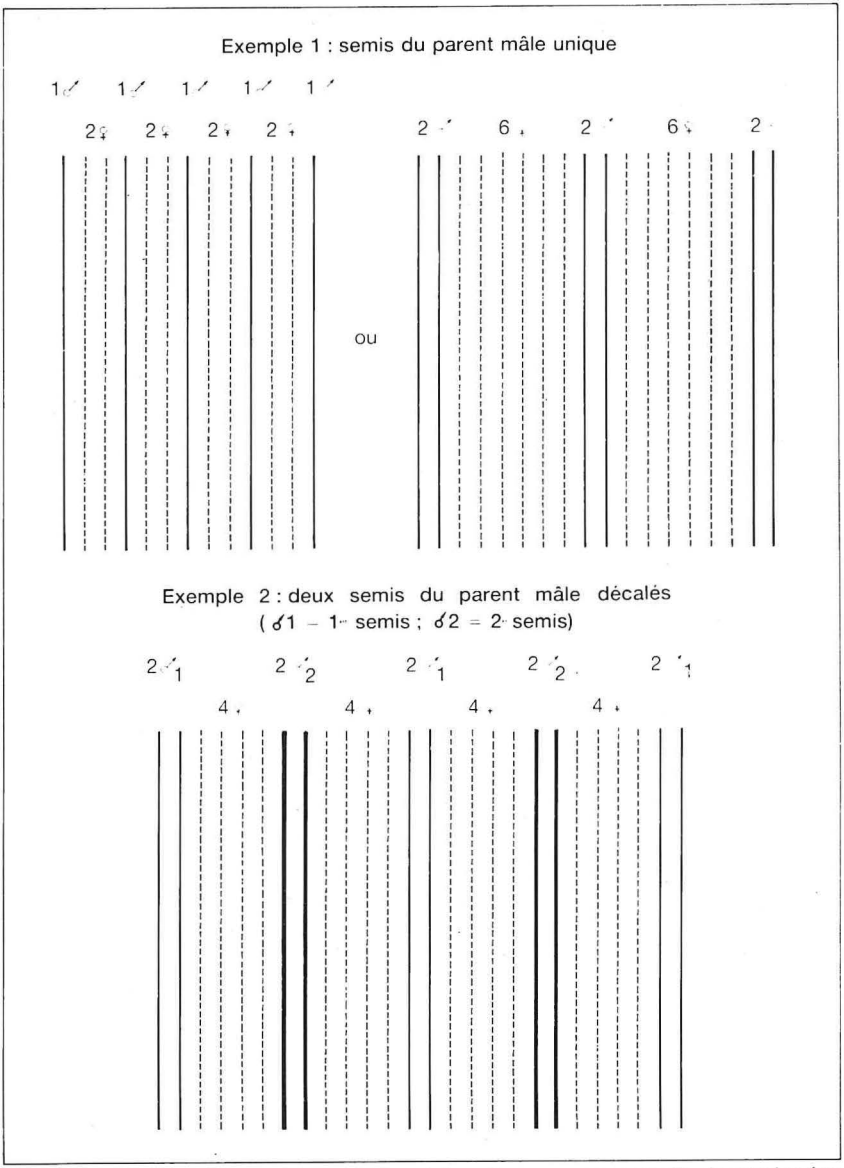


Figure 6 : Alternance des parents mâles et femelles sur une parcelle de production de semences hybrides (exemples de dispositifs).

OPÉRATIONS DE RÉCOLTE ET DE POST-RÉCOLTE

C'est à partir de la récolte que commence véritablement l'histoire "semencière" des graines. Dans un schéma de production semencière moderne, pour une tonne de semences prêtes à être commercialisées, il faut deux tonnes d'épis bruts venant du champ. À travers ces deux chiffres, on devine un véritable processus industriel de transformation dont chaque étape — séchage, égrenage, triage, nettoyage, calibrage, traitement, manutentions multiples — a une incidence sur la qualité finale du produit "semence".

19

QUEL EST LE MEILLEUR MOMENT POUR LA RÉCOLTE ?

Pour cette opération comme pour toutes celles qui la suivent, il faut bien garder à l'esprit que la semence est un produit vivant dont la viabilité doit être altérée le moins possible au cours de tous ses traitements.

La capacité de germer est acquise très tôt par le grain, mais la véritable maturité physiologique, qui suppose la capacité de rentrer en dormance, est acquise à la suite d'un ensemble de processus biochimiques, physiologiques et hormonaux à déterminismes complexes. Pratiquement, on considère que cette maturité physiologique coïncide avec un poids de 1 000 g au maximum, c'est-à-dire avec la fin de la période active de remplissage du grain.

■

Différentes méthodes permettent de repérer ce stade.

Suivi de l'humidité

L'humidité du grain à la maturité physiologique varie d'une variété à l'autre (30-40 %) ; il est donc difficile de donner un seuil précis valable pour toute variété. Par contre, si la variété est connue, le suivi dans le temps de la perte en eau du grain permettra de situer assez précisément la maturité physiologique. Cette méthode est assez lourde car elle impose des analyses de matière sèche en étuve, les humidimètres classiques n'étant plus suffisamment précis au-delà de 25-30 %.

Apparition de la "ligne noire"

Le remplissage du grain se fait par des vaisseaux conducteurs ; lorsqu'il s'achève, ces vaisseaux s'obturent et, à la base du grain, leurs tissus se subérifient, formant la "ligne noire", visible en grattant le point d'attache du grain à l'épi. C'est une observation rapide et précise à ne

pas utiliser toutefois dans les zones où la maturation se fait durant des périodes fraîches (zone tropicale d'altitude), car il arrive que dans ces régions la ligne noire n'apparaisse pas.

Suivi de la "ligne laiteuse"

Pendant le remplissage, les sucres se polymérisent pour former l'amidon, qui se dépose du sommet vers la base du grain. La limite entre la partie pâteuse et la partie laiteuse (appelée ligne laiteuse) peut être suivie facilement en cassant un épi en deux et en observant la tranche de la partie supérieure. Lorsque cette ligne atteint la base du grain, la maturité physiologique est atteinte.

Calcul de la somme des températures

Si la variété est connue, en particulier si l'on dispose de données sur la somme des températures nécessaire à la réalisation de ses différentes étapes physiologiques, le calcul et le suivi de la somme des températures permet une bonne prédiction de la date de maturité. En milieu tropical, le choix du seuil des températures efficaces et l'incidence de la photopériode rendent le calcul délicat. De plus, le cas des variétés à pollinisation ouverte, peu homogènes, complique le problème.

Dessèchement des spathes

Bien que différant d'une variété à l'autre, d'une saison à l'autre, l'observation du dessèchement des spathes permet une évaluation visuelle grossière de la maturité. On estime généralement que lorsque 50 % des plants sur une parcelle montrent des spathes sèches la maturité physiologique est atteinte.

■

On le voit, repérer précisément le stade de maturité physiologique n'est pas chose facile. En milieu tropical, la production semencière étant encore peu sophistiquée, on retiendra dans la plupart des cas le critère simple du dessèchement des spathes.

Le suivi de l'humidité, indispensable tout au long du processus de post-récolte, oblige les exploitations semencières à disposer d'un matériel simple de mesure d'humi-

dité. Une prise d'échantillon avant la récolte et une mesure d'humidité pourront venir confirmer l'observation du dessèchement des spathes.

À partir de ce moment-là, la récolte est théoriquement possible. Le choix précis de sa date sera un compromis entre :

– la volonté de récolter tôt pour limiter les risques de verse, d'égrenage au champ, d'attaques d'insectes ou de parasites, de dégâts d'oiseaux, de rongeurs...;

– l'intérêt de récolter tard un grain plus sec donc moins fragile et pouvant être rapidement égrené.

■

Ce compromis devra être raisonné en fonction de multiples facteurs, en particulier :

- le mode de récolte (mécanique ou manuel) ;
- les possibilités de séchage artificiel (voir questions sur le séchage) ;
- le calendrier des opérations de post-récolte et l'échelonnement des récoltes ;
- la variété : les épis sont-ils homogènes dans leur maturité ? Est-elle sujette à la verse ? Est-elle sensible à la casse ? En cas de récolte mécanique, égrène-t-elle très facilement en dessous d'une certaine humidité ?
- le milieu pendant la phase de dessiccation : est-il ou non agressif pour la récolte ? Y a-t-il des risques d'orages ? Y a-t-il une forte humidité ? Y a-t-il possibilité de moisissures ? Y a-t-il des attaques d'oiseaux, de rongeurs ? Les épis sont-ils déjà envahis par des insectes des grains ?

20

COMMENT RÉCOLTER ?

Le maïs semence doit être récolté en épis pour deux raisons :

– l'égrenage au champ d'un grain insuffisamment sec entraîne une casse de grain importante et favorise le développement de moisissures ;

– le tri de la récolte en épis est indispensable (voir question suivante)

Dans le cas d'une récolte mécanique, le réglage de la machine et le moment choisi devront permettre de limiter au maximum les risques de blesser l'épi et de l'égrener prématurément. Souvent, l'effeuillage se fait hors champ, à l'usine semencière, ce qui permet à l'épi, encore assez humide, de rester protégé par les spathes. Dans certains cas, on peut même humidifier les spathes par arrosage pour faciliter un épanouillage sans blessures des grains.

21

FAUT-IL TRIER LA RÉCOLTE ?

Dans tous les cas, il est indispensable de trier les épis juste après la récolte. Le tri se fera selon trois critères.

Critère de formation-fécondation

Il faut éliminer tous les épis mal fécondés, mal formés ou dont les grains sont avortés. Ces épis, en effet, produiront des grains de faible viabilité.

Critère sanitaire

Les épis abîmés, moisis ou déjà parasités seront, eux aussi, tous retranchés de la récolte. Ils constituent en effet une source de problèmes pathologiques ou entomologiques difficiles à éliminer dans la suite du processus semencier.

Critère variétal

Les épis aberrants ou ne correspondant pas aux standards de la variété seront éliminés (couleur, taille de l'épi, texture, nombre de rangs...). Ces standards seront évidemment de sévérité variable suivant la nature du matériel multiplié : très sévères pour des lignées et des hybrides, moins sévères pour du matériel ayant une certaine variabilité.

Ce tri ne peut être que manuel, mais le système de défilement des épis sur tapis roulant, après épanouillage, devant les personnes chargées du tri, le rend simple et rapide.

22

FAUT-IL SÉCHER LA RÉCOLTE ?

Nous l'avons vu, le grain à la maturité physiologique, c'est-à-dire au maximum de sa "qualité semencière", contient encore plus de 30 % d'eau. À ce niveau d'humidité, il est vulnérable vis-à-vis des chocs, des insectes (charançons, altises) et des moisissures (*Fusarium, Penicillium*...), et l'égrenage abîmerait les embryons. Il faut donc obtenir une humidité d'environ 13-14 % pour commencer les opération de récolte.

Un séchage bien conduit apportera toujours une garantie de maintien de la qualité et de la longévité de la semence :
– en diminuant les risques de verse et de casse par une récolte précoce (plus une tige est sèche, plus elle est sensible à ces accidents);
– en soustrayant tôt les épis à leurs différents ennemis (oiseaux, rongeurs, insectes et moisissures);
– en stabilisant rapidement l'activité métabolique et microbienne dans la graine à son niveau le plus bas.

La manutention des épis et des graines tout au long des opérations de post-récolte, mais tout spécialement lorsque l'épi est frais et fragile, ne doit pas altérer la qualité semencière : on limitera le plus possible le nombre des manipulations, les hauteurs de chute, les convoyages brutaux. En particulier, les cribs sont à proscrire pour les stockages intermédiaires ; on préférera les bennes ventilables.

L'opération de séchage est absolument nécessaire dans les régions humides et "agressives" au moment des récoltes (zones équatoriales, zones tropicales humides). Dans d'autres régions où il fait très sec après la récolte (zones sahéliennes, zones tropicales soudaniennes à sai-

son sèche marquée), on pourra laisser sécher la récolte en épis mais, dès que la production semencière atteindra un certain volume et les exigences de qualité un certain niveau, il faudra envisager le séchage artificiel. Dans tous les cas, la température de séchage ne devra jamais dépasser 45 °C.

■

Le séchage naturel (soleil et vent) est le plus simple, le plus économique mais aussi le moins contrôlable. Le système du crib doit être évité du fait des risques de détérioration des graines au moment du remplissage et de la reprise des épis. Le séchage sur bâche repliable (type Allgate) est plus intéressant, si l'on excepte le risque des montées de température trop fortes.

Le séchage artificiel, quels que soient les systèmes employés (type Brooks, à caisson, à case, en continu, etc.), doit tenir compte, en plus du facteur économique, des facteurs suivants :
– l'humidité des épis à la récolte ;
– la hauteur de la couche d'épis à sécher ;
– la température d'entrée de l'air de séchage ;
– le débit d'air de séchage ;
– la séquence thermique.

Le non-respect de certaines règles peut avoir des effets catastrophiques sur la qualité. Rappelons en quelques-unes :
• à la réception, si la récolte ne peut être séchée tout de suite, elle doit être au moins ventilée ;
• la vapeur d'eau doit être extraite rapidement en début de séchage mais, comme cette extraction demande peu d'énergie, on commencera par un séchage à fort débit d'air et à faible température (30 °C) ;
• la couche d'épis doit être calculée en fonction des installations de séchage (débit et température) ; si elle est trop haute, l'air sera saturé avant d'atteindre les derniers épis à sécher et le séchage sera hétérogène ;
• la température de l'air de séchage peut passer à 40-42 °C dans une seconde étape, mais on doit veiller à ne jamais dépasser ces températures au-delà desquelles l'embryon peut être tué ;
• le surséchage en dessous de 13 % d'humidité est inutile et coûte cher ; il peut même être dangereux en augmentant les risques de casse des grains.

23

COMMENT ÉGRENER DANS LES MEILLEURES CONDITIONS ?

Durant l'égrenage mécanique, les risques pour le grain sont les cassures et les fêlures. L'opération peut se faire sans dommage pour l'embryon lorsque l'humidité est à environ 12-13 %. Un débit d'alimentation en épis correct, un bon réglage des batteurs et un test préalable permettent de réduire au minimum ces risques.

24

EN QUOI CONSISTE LE « NETTOYAGE » DES GRAINES ?

Le nettoyage consiste très simplement à éliminer de la semence tout ce qui n'est pas souhaitable : grains cassés, avortés, morceaux de rafles ou de feuilles, son et poussière. La "propreté" de la semence est appréciable pour la suite du traitement semencier, mais surtout pour l'utilisateur à qui elle permettra un semis fiable et précis. Le nettoyage est assuré par différentes machines, montées en série ou intervenant à différents moments de la chaîne semencière.

Emotteurs, prénettoyeurs, trieurs-séparateurs ou tarares, tables densimétriques trient et nettoient en fonction de deux caractères physiques des particules : leur taille (tamis, tambours à trous) et leur densité (tables densimétriques, souffleries, cyclones...). Le choix d'un appareil ou d'une chaîne d'appareils de nettoyage dépendra du degré de sophistication de la production semencière. Dans bien des cas, un tarare bien réglé peut rapidement et à faible coût effectuer les opérations de nettoyage et de calibrage nécessaires à une bonne qualité semencière.

25

EN QUOI CONSISTE LE CALIBRAGE ?

Le semis mécanique avec des semoirs classiques à disques impose de connaître parfaitement les dimensions de la graine pour choisir le disque adapté. Ces dimensions ne sont pas homogènes : la forme et la taille des grains dépendent de la variété, de la position que ces grains occupaient sur l'épi, du porte-graine, des conditions de culture et éventuellement des accidents de culture (défauts de fécondation, de remplissage...). Pour maîtriser au mieux la densité de semis, qui est un élément essentiel de la réussite d'une culture, il est donc nécessaire d'utiliser des semences dont la forme et les dimensions soient homogènes, c'est-à-dire de les calibrer.

■

Les appareils utilisés trient les graines sur une dimension à la fois (largeur et épaisseur avec des grilles cylindriques, longueur avec des cylindres à alvéoles). Il faut donc effectuer plusieurs passages pour chaque classe de calibre. Un passage sur table densimétrique permettra l'élimination des grains plus légers (échaudés ou parasités). La précision du calibrage peut aller très loin lorsqu'il s'agit de matériel génétique homogène comme des hybrides. Dans le cas des variétés, le tarare, avec des grilles bien choisies, pourra être suffisant. Compte tenu des structures actuelles de la production semencière et de la maïsiculture en milieu tropical, il n'est en effet pas réaliste de viser une finesse trop grande pour ce genre d'opération. Il faut savoir aussi que le calibrage abîme les semences (casse et fêlure des grains), et que plus on veut de calibres différents, plus on risque des pertes de la qualité semencière. Notons pour finir que les semoirs pneumatiques de précision sont nettement moins exigeants que les semoirs classiques en ce qui concerne l'homogénéité du calibre des semences.

Les liaisons calibre, qualité germinative et viabilité n'ont jamais été vraiment démontrées. On sait par contre que les embryons sont mieux protégés sur grains plats que sur grains ronds (les variétés véritablement cornées ont un embryon proéminent donc très fragile), et que de ce fait on manipulera le moins possible la semence lorsqu'il s'agit de variétés à grains ronds (figure 7).

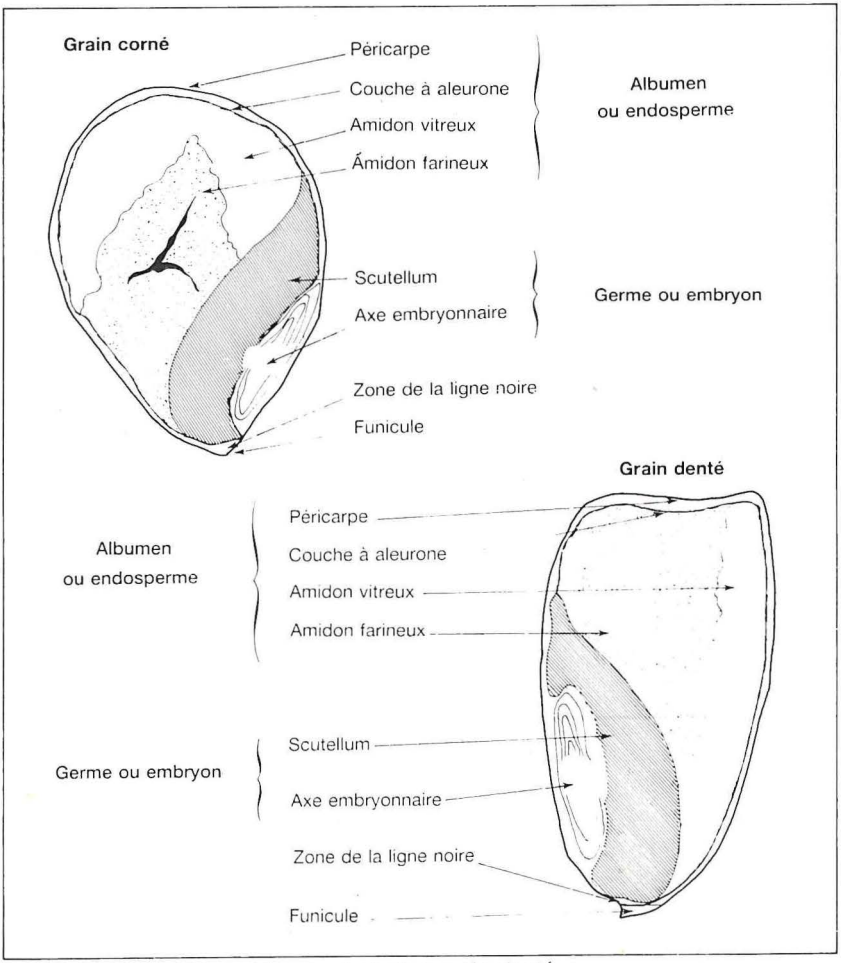


Figure 7 : Coupe d'un grain corné et d'un grain denté.

26

QUELS TRAITEMENTS APPLIQUER AUX SEMENCES DE MAÏS ?

Différentes protections pesticides sont indispensables pour la fabrication d'une semence de qualité. En effet :
– les épis peuvent être parasités avant la récolte (charançons, chenilles, papillons) et il faut mettre un terme aux dégâts que peuvent faire ces insectes sur le grain après la récolte ;
– depuis la récolte jusqu'au champ de l'utilisateur, il se passe un temps plus ou moins long pendant lequel il faut protéger la semence ;
– la réussite d'une culture de maïs dépend pour une bonne part de la réussite du semis et de la levée. Certains traitements assurent une protection de la plantule contre les insectes, les champignons et les oiseaux pendant la levée. C'est un atout supplémentaire, propre à valoriser la semence.

Il est souhaitable de prévoir deux types de traitements :

- un traitement insecticide à longue persistance d'action, visant à éliminer les insectes présents et à prévenir durant le stockage de nouvelles attaques. De nombreux produits sont utilisés : lindane, malathion, deltaméthrine, pyrimiphos-méthyl, etc. (voir annexe 6). Ils peuvent être appliqués en poudrage ou en pulvérisation, soit à la réception des épis, soit, et c'est préférable, après le séchage et l'égrenage. En cas de très fortes attaques, une désinfection instantanée par fumigation peut être souhaitable, mais il faut savoir que ce type de traitement est dangereux pour les applicateurs et exige des précautions qu'il n'est pas toujours possible de réunir sous les tropiques ;

• un traitement visant à protéger semence et plantule durant les premiers stades de la culture. On utilise alors généralement plusieurs produits en association : insecticide + fongicide ou insecticide + fongicide + répulsif d'oiseaux ou fongicide + répulsif d'oiseaux... (voir annexe 6). Cette opération se fait de préférence avant la campagne, au moment de l'ensachage Pour obtenir une efficacité maximale, on peut faire un poudrage humide ou même un enrobage (dilution des matières actives dans une matière inerte et une matière collante qui font adhérer autour de chaque grain une couche de protection).

Cette protection en deux étapes constitue l'idéal, mais elle est contraignante et suppose une chaîne semencière bien au point. Pour les débuts d'une production semencière sous les tropiques, on pourra se contenter d'un seul traitement alliant les deux rôles ; il devra donc intervenir très tôt dans la chaîne et utiliser des produits à longue persistance d'action. Ces actions directes sur les semences ne doivent pas faire oublier les règles élémentaires d'hygiène et de traitement des locaux et des contenants de semences.

■

Les méthodes d'application de ces traitements sont nombreuses. Il n'y a pas de règle générale en la matière : il faut raisonner en fonction du milieu (insectes, température, humidité), de l'équipement en matériel et en locaux de stockage, et du degré de sophistication atteint par l'organisation semencière.

Poudrage à sec

Il s'agit d'un traitement de volume, c'est-à-dire que, pour atteindre une efficacité maximale, l'ensemble des grains doit être en contact avec le produit en poudre. Ceci sera d'autant plus facile que la semence est propre. Différents matériels réalisent ce poudrage à sec :

– pour de petites quantités de semences à traiter, un fût monté sur un axe excentré et mis en rotation par une manivelle ou une bétonnière propre conviennent ;
– pour de plus grosses quantités et lorsque la chaîne semencière est équipée, il existe des poudreurs de différents types qui interviennent au cours d'une manipulation et qui permettent une bonne répartition du produit.

Le poudrage à sec a des avantages, sa simplicité en particulier, mais ses inconvénients ne sont pas négligeables : répartition médiocre en général, risque de surdosage donc de phytotoxicité, danger pour l'opérateur... Les poudrages humides permettent de pallier ces problèmes dans une certains mesure.

Poudrage humide

Il consiste très simplement à favoriser une bonne répartition du produit, soit en humidifiant les graines avant un poudrage (0,5 l d'eau environ par quintal de semence), soit en traitant avec une bouillie liquide contenant généralement le produit et un mouillant adhésif. Il faut alors utiliser des formulations mouillables. Les appareils pour ce type de traitement sont comparables dans leurs principes aux poudreurs en sec : mélange des grains et du produit avec vis, brosses, séparateur, etc. pour une répartition optimale de la protection.

Pulvérisation

Ce type de traitement est facile car il ne suppose pas de manutention spécifique du grain : il profite de la mise en silo, d'un tapis de convoyage, d'une manipulation quelconque, pour traiter le grain en nappe. Un simple système de gicleurs est installé à l'endroit où le grain est le plus accessible et le traitement est effectué proportionnellement au débit du grain. Le produit utilisé permet des traitements à très bas volumes : des nébulisations non acqueuses à moins d'un décilitre de bouillie par tonne.

Enrobage des semences

Il consiste à "praliner" chaque grain avec un mélange de matières inertes, d'adhésif et de produits de traitement. La répartition est parfaitement uniforme, la protection dure longtemps au champ après germination, l'incorporation d'autres produits dans la matière d'enrobage (par exemple des engrais) est envisageable. Les inconvénients sont une complication du traitement, donc un prix très élevé, et un

doublement du volume des semences. Pour l'instant, sous les tropiques, ce système n'est pas employé à grande échelle sur le maïs, essentiellement pour des raisons économiques ; nous le citons donc ici pour mémoire car il peut être envisagé pour les premières étapes de multiplication (semences de prébase et de base).

Colorants

L'utilisation conjointe de colorants avec ces différents traitements permet de faciliter certains contrôles. Dans plusieurs pays, les semences sont colorées différemment d'une année à l'autre, ce qui permet de déterminer l'âge des semences. Dans d'autres, semences de prébase, de base et certifiées ont des couleurs bien spécifiques, ce qui évite des erreurs. Dans tous les cas, la coloration des semences évitera les accidents, assez fréquents, de consommation de semences traitées.

27

COMMENT ENSACHER ?
COMMENT STOCKER ?

La semence prête à être distribuée doit être ensachée. Généralement, la mise en sac se fait juste après le dernier traitement (fongicide et associations, souvent par voie humide) et juste avant la distribution. Le sac doit être fait dans un matériau solide qui n'abîme pas la semence. Le papier double épaisseur, le tissu, le jute... conviennent. Il faut par contre éviter les plastiques, qui peuvent favoriser l'échauffement, la condensation et la reprise d'humidité. L'organisation de contrôle impose souvent la couture plombée du sac avec les certifications et les identifications nécessaires : cela permet une sécurité absolue pour l'utilisateur.

Dans l'idéal, il est plus facile et plus sûr de stocker la semence en vrac : cela permet d'exercer une surveillance et d'intervenir à tout moment (désinsectisation, ventilation, séchages supplémentaires...). Dans la pratique, il peut être beaucoup plus simple de tout ensacher : cas de petites productions semencières sans infrastructure de stockage en vrac, nombreuses variétés à multiplier. Dans les deux cas, le respect de quelques règles élémentaires permettra de conserver sans dégrader :

- l'humidité du grain doit être optimale (environ 13 %) pour éviter tout développement de champignons parasites ;
- la qualité initiale des grains doit être maximale : plus la valeur germinative du lot stocké est élevée au départ, plus la conservation peut être longue ;
- la température de stockage doit être la plus basse possible : toutes choses étant favorables par ailleurs, les semences pourront se conserver plusieurs années à 15 °C,

deux ans à 25 °C, sans perte notable de faculté germinative ;

- l'hygrométrie de l'air doit, elle aussi, être assez basse pour éviter toute reprise en eau des graines. À 50-60 % d'humidité relative, une semence à 13 % d'humidité est en équilibre avec le milieu ;
- la protection contre tous les parasites, les rongeurs, doit être assurée tout au long du stockage.

Cela signifie, en définitive, que sous les tropiques soudaniens et sahélo-soudaniens, moyennant certaines protections élémentaires, des locaux bien ventilés permettent de conserver une semence de bonne qualité d'une saison à l'autre sans problème majeur. Ceci, évidemment, sous réserve de contrôles de qualité. Dans les zones plus humides (équatoriales et tropicales guinéennes), par contre, le report de stock d'une saison à l'autre est plus hasardeux sans dispositif de climatisation.

■

L'évolution du grain stocké ne peut s'observer isolément : il faut considérer l'ensemble du système (grains + microorganismes + insectes) dans un milieu (température + hygrométrie + taux d'oxygène...). À partir de certains seuils des paramètres du milieu, les grains passent d'une vie ralentie à un métabolisme actif, les microorganismes et les insectes activent leur physiologie et se multiplient. Le résultat est une respiration produisant de l'eau et de l'énergie sous forme de chaleur, deux choses favorisant l'accentuation du phénomène. Pour éviter ce cercle vicieux, il faut respecter certaines limites dans les conditions de stockage. La figure 8 résume ces phénomènes.

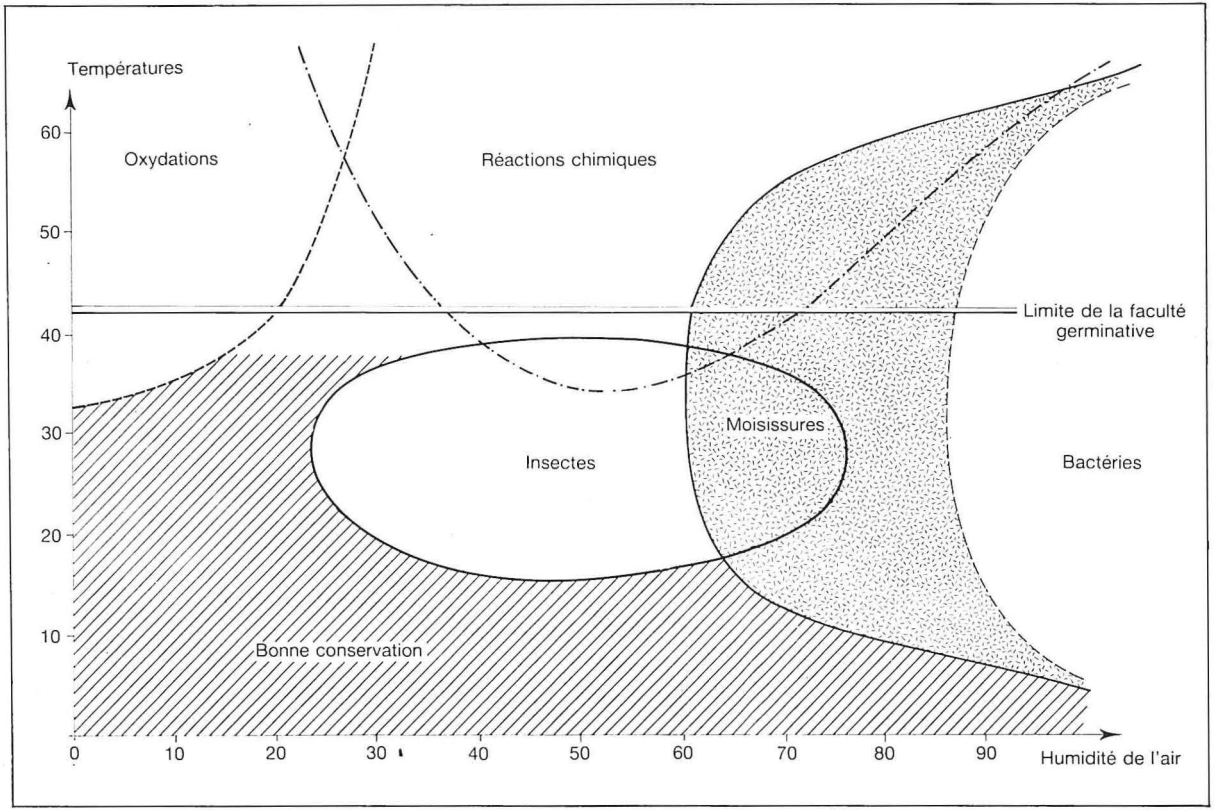


Figure 8 : Conditions de stockage en fonction de la température et de l'hygrométrie.

CONTRÔLE DE LA PRODUCTION SEMENCIÈRE

28

QU'EST-CE QUE LE CONTRÔLE DE LA PRODUCTION SEMENCIÈRE ?

Le contrôle consiste à suivre et à tester les différentes étapes de la production semencière pour évaluer la qualité des semences produites. Les opérations de contrôle concernent les différentes composantes de la qualité (voir question 1) ; elles représentent une sécurité et une garantie pour tous les intervenants de cette production :

- pour l'obtenteur de la variété, car elles attestent que l'identité de la variété, les protocoles de multiplication, etc. sont bien respectés ;
- pour les multiplicateurs de semences, organismes ou particuliers, car elles contribuent à une meilleure organisation et, par la promotion de la qualité, à une bonne rémunération ;
- pour l'agriculteur utilisateur enfin, puisque les contrôles lui garantissent que la semence qu'il achète correspond bien à la variété qu'il a choisie et aux standards de qualité optimale.

Lorsque la règlementation, les normes et les structures de contrôle sont réellement opérationnelles, on parle de certification de semences. Il faut souligner à quel point l'efficacité de cette certification dépend du sérieux, de la compétence, donc de la formation, des contrôleurs, du réalisme des normes de contrôle et enfin de la bonne collaboration entre recherche, contrôle et production semencière.

Le contrôle des semences intervient à plusieurs étapes de la "chaîne" : au champ, tout au long du cycle de multiplication, au laboratoire, sur des échantillons des différents lots produits.

29

EN QUOI CONSISTE LE CONTRÔLE AU CHAMP ?

Du fait de l'allogamie du maïs, certains critères de qualité comme la pureté variétale ne pourront être suivis efficacement qu'au champ et avant la floraison.

■

Un contrôle complet nécessite les opérations suivantes :

- avant le semis : on s'assurera que les distances d'isolation sont suffisantes, que le précédent cultural n'est pas un maïs si la certification l'exige ;
- au semis : la semence utilisée devra être visée par le contrôle de l'étape précédente (certaines colorations indélébiles des semences de base permettraient un contrôle de ces semences même après le semis). Le semis en ligne ainsi que le dispositif d'alternance mâle/femelle et le décalage seront aussi, dans le cas d'une production hybride, soigneusement contrôlés ;
- avant la floraison : un ou plusieurs passages permettront de vérifier que les épurations des hors-types sont correctement faites. Normalement, les contrôleurs ne doivent pas éliminer eux-mêmes les hors-types, mais leur rôle de formation des multiplicateurs, surtout dans une organisation semencière jeune, est indéniable et il faut qu'ils en soient conscients ;
- durant la floraison : pour la production d'hybrides*, le sérieux des castrations devra être surveillé ;
- avant la récolte : éventuellement, un contrôle de l'élimination des bordures, des rangs mâles pour la production d'hybrides ainsi que des plants malades sera effectué ;
- après la récolte, l'opération de tri des épis (voir question 21) sera, elle aussi, contrôlée.

Il est évident qu'il serait trop lourd que chaque parcelle, si petite soit-elle, reçoive toutes ces visites. Le contrôle dispose de nombreux procédés de travail par sondages. On trouvera en annexe les normes internationales concernant ces différents contrôles.

30

EN QUOI CONSISTE LE CONTRÔLE AU LABORATOIRE ?

Les tests en laboratoire porteront sur des échantillons de semences après conditionnement, malgré les inconvénients que cela suppose (lots déclassés non consommables car traités, dépenses de conditionnement pouvant être totalement perdues en cas de déclassement). Le conditionnnement joue en effet un rôle important sur la qualité et il est de beaucoup préférable que le contrôle porte sur le produit qui sera effectivement commercialisé.

■

La détermination de la qualité des semences se fait par lots homogènes de semences (même parcelle, même variété, etc. ; taille maximale d'un lot : 40 t), desquels on tire, suivant des règles précises, des échantillons. La technique de prélèvement, le nombre et la taille des échantillons garantissent la représentativité de ceux-ci (voir documentation ISTA).

Les analyses suivantes sont généralement effectuées (on trouvera en annexe 3 les normes d'acceptation des lots pour ces différentes analyses) :

– humidité ;
– pureté spécifique (présence de semences de mauvaises herbes, de grains cassés ou de matières inertes) ;
– pureté variétale observable pour certains caractères seulement (présence de grains jaunes dans une variété blanche, grains farineux dans une variété cornée, etc.) ;
– faculté germinative ;
– aspect sanitaire des grains et présence d'insectes.

Pour toutes ces opérations de contrôle, des documents normalisés seront établis (comptes rendus de visite de parcelles, fiches d'analyse de laboratoire, documents de certification, etc.).

ANNEXES

POUR EN SAVOIR PLUS

OUVRAGES ET ARTICLES

ASSOCIATION GÉNÉRALE DES PRODUCTEURS DE MAIS, AGPM, 1981. Encyclopédie pratique du maïs. Paris, AGPM, 208 p.

BONO M., 1981. Multiplication des semences vivrières tropicales. Paris, Presses universitaires de France, 419 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO, CIMMYT, 1981. Development, maintenance and seed multiplication of open-pollinated maize varieties. Mexico, CIMMYT, 11 p.

FEISTRITZER W.P., 1975. Cereal seed technology. A manual of cereal seed production, quality control and distribution. Rome, FAO, 238 p. (FAO Agricultural Development Paper n° 98).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, FAO, 1978. Improved seed production. Rome, FAO.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, FAO, SWEDISH INTERNATIONAL DEVELOPMENT AUTHORITY, SIDA, 1982. Semences. Procès-verbaux de la conférence technique FAO-SIDA sur l'amélioration de la production de semences, Nairobi, Kenya, 2-6 juin 1981, 568 p. (Plant Production and Protection Paper n° 39).

GROUPEMENT NATIONAL INTERPROFESSIONNEL DES SEMENCES, GRAINES ET PLANTS, GNIS, 1977. Règlement technique de la production, du contrôle et de la certification des semences de maïs. Paris, GNIS.

INSTITUT TECHNIQUE DES CÉRÉALES ET DES FOURRAGES, ITCF, ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION, AFNOR, 1982. Insectes et acariens des grains stockés, Paris, ITCF-AFNOR, 237 p.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, ISTA, 1976. Règles internationales pour les essais de semences. Seed Sci. Technol., 4 : 3-49.

LECONTE J., 1975. Données sur la production de semences hybrides de maïs en milieu intertropical. Nogent-sur-Marne, IRAT, 18 p.

MULTON J.L., 1982. Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. Paris, Lavoisier, 1216 p.

NEERGAARD P., 1977. Seed pathology. London, Macmillan Press, 1187 p.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES, OCDE, 1977. Système de l'OCDE pour la certification variétale des semences de maïs destinées au commerce international. Paris, OCDE.

VANDEVENNE R., 1982. Production et contrôle des semences de maïs en zones tropicales. Nogent-sur-Marne, IRAT, 545 p. (Mémoires et Travaux de l'IRAT n° 5).

PÉRIODIQUES

Agromaïs
Documentation agricole
28, rue Basse, BP 110
59027 Lille Cedex (FRANCE)

ISTA News Bulletin
Reckenholz, PO Box 412
CH 8046 Zurich (SUISSE)

Seed Abstracts
Commonwealth Agricultural Bureaux
Farnham House - Farnham Royal
Slough SL2 3BN (GRANDE-BRETAGNE)

Seed Science and Technology
Reckenholz, PO Box 412
CH 8046 Zurich (SUISSE)

Semences et Progrès
44, rue du Louvre
75001 Paris (FRANCE)

ORGANISMES DE RECHERCHE ET ORGANISMES PROFESSIONNELS

AGPM
Association générale des producteurs de maïs
8, avenue du Président Wilson
75116 Paris (FRANCE)
Tél. : (1) 47 23 55 13
Télex : 612387 AGPMaïs

CEEMAT
Centre d'études et d'expérimentation
du machinisme agricole tropical
Parc de Tourvoie
92160 Antony (FRANCE)
Tél. : (1) 46 68 61 02
Télex : 201296

FNPSMS
Fédération nationale de la production de semences
de maïs et sorgho
8, avenue du Président Wilson
75116 Paris (FRANCE)
Tél. : (1) 47 23 55 13
Télex : 612387 AGPMaïs

GNIS
Groupement national interprofessionnel
des semences, graines et plants
44, rue du Louvre
75001 Paris (FRANCE)
Tél. : (1) 42 36 35 60

IRAT
Institut de recherches agronomiques tropicales
et des cultures vivrières
Département cultures vivrières du CIRAD
45 bis, avenue de la Belle Gabrielle
94736 Nogent-sur-Marne Cedex (FRANCE)
Tél. : (1) 48 76 12 33
Télex : 231464 IRAT

ISTA
Reckenholz, PO Box 412
CH 8046 Zurich (SUISSE)

MATÉRIEL DE RÉCOLTE ET D'ÉGRENAGE

BENAC SOCIÉTÉ
Berdoues
32300 Mirande
Tél. : 62 66 53 42
Télex : 530553 BENAC
(matériel de récolte et d'égrenage)

BOURGOIN
61, avenue G. Clemenceau
BP 17
85110 Chantonnay
Tél. : 51 94 31 61
Télex : 710680 F BOURGOI
(matériel de récolte et d'égrenage)

CHAMPENOIS
Chamouilley
52410 Eurville
Tél. : 25 55 59 55
Télex : 840914
(matériel d'égrenage)

LAGOUARDE
Benejacq
64800 Nay Bourdettes
Tél. : 59 61 25 43
(matériel de récolte)

RICHON
01190 Pont-de-Vaux
Tél. : 85 37 31 67
Télex : 800740
(matériel de récolte, d'égrenage et de manutention)

MATÉRIEL DE NETTOYAGE, DE TRI, DE CALIBRAGE ET D'ENSACHAGE DE SEMENCES

BIOBLOCK SCIENTIFIC
3, rue Girlenhirsch
BP 111
67403 Illkirch Cedex
Tél. : 88 67 14 14
Télex : 890436
(étuves, matériel de contrôle)

COMIA-FAO
27, boulevard de Chateaubriand
BP 91
35502 Vitré Cedex
Tél. : 99 75 20 97
Télex : 950457
(installations de stockage, séchage et manutention)

Ets DENIS
Avenue Louis Denis
28160 Brou
Tél. : 37 47 05 08
Télex : 760789
(matériel de manutention, de nettoyage et d'ensachage)

FILPACK SA
Z.I. route de Piscop
95350 St-Brice-sous-Forêt
Tél. : (1) 39 90 18 22
Télex : 695741
(matériel d'ensachage, de pesage et d'étiquetage)

Ets HEGE
57, rue de Carspach
68130 Altkirch
Tél. : 89 40 94 66
Télex : 881576
(matériels divers pour l'expérimentation)

LAW INTERNATIONAL
5, avenue du Général de Gaulle
BP 72
60304 Senlis Cedex
Tél. : 44 60 03 00
Télex : 140384

MAG-WESTRUP
Z.I. de Mettray
BP 37
37390 La Membrolle
Tél. : 47 41 05 06
Télex : 750824
(matériel industriel et de laboratoire)

OSI
141, rue de Javel
75739 Paris Cedex 15
Tél. : (1) 45 54 97 31
Télex : 270011 OSILABO
(matériel de laboratoire et de contrôle)

SKIOLD-DANAGRI
ZA-RN 154
Guichainville
27930 Evreux
Tél. : 32 28 25 50
Télex : 771825
(matériel de stockage, manutention et nettoyage)

SEED BURO EQUIPMENT Co
1022 West Jackson Bd.
Chicago, Illinois 60607 (USA)
Télex : 270378 USA
(matériel pour la production et le contrôle semenciers)

SOFRAGRAF
St-Ame
88120 Vagney
Tél. : 29 61 25 25
Télex : 960363
(matériel d'ensachage, de pesage)

TRIPETTE et RENAUD
ZI du Val de Seine
20, avenue Marcelin Berthelot
92390 Villeneuve la Garenne
Tél. : (1) 47 98 80 06
Télex : TR-VG 613849 F
(matériel pour expérimentation et contrôle)

LES NORMES EN PRODUCTION SEMENCIÈRE

DISTANCES D'ISOLATION (voir question 10)

Générations de semences de prébase et de base : 400 mètres (France, États-Unis) ; surface minimum multipliée, 0,5 ha.

Générations de semences certifiées : 300 mètres, pouvant être réduits à 150 mètres si écran naturel et si la taille de la parcelle est suffisamment grande (France) ; 200 mètres, pouvant être réduits à 100 mètres si écran naturel, taille de parcelle suffisante et lignes de bordure éliminées (OCDE, ISTA).

PURETÉ VARIÉTALE AU CHAMP (voir question 11)

Générations de semences de prébase et de base

- Variétés à pollinisation ouverte : aucune norme n'existe actuellement.
- Lignées : parcelle refusée si plus de 1 hors-type sur 1 000 pollinisant après la sortie des premières soies (France).
- Hybrides : parcelle refusée si plus de 2 hors-types sur 1 000 pollinisant dans les mâles ou si plus de 2 hors-types sur 1 000 dans les femelles après la date limite d'épuration fixée par la règlementation (France).

Générations de semences certifiées

- Variétés à pollinisation ouverte : aucune norme n'existe actuellement. Il est souvent proposé de refuser la parcelle si le nombre de hors-types dépasse 1 % ou si la somme des hors-types trouvés en trois visites dépasse 2 %.
- Hybrides : parcelle refusée si plus de 2 hors-types sur 1 000 pollinisant dans les mâles ou si plus de 2 hors-types sur 1 000 dans les femelles après la date limite d'épuration fixée par la règlementation (France).

CASTRATIONS (voir question 15)

Générations de semences certifiées (normes françaises et OCDE)

Refus de la parcelle si plus de 5 pour 1 000 plantes femelles pollinisantes repérées au cours d'une visite ; ou plus de 15 pour 1 000 plantes femelles pollinisantes totalisées au cours de plusieurs visites ; ou erreur de castration (inversion de ligne mâle et femelle par exemple).

ÉPURATIONS SANITAIRES (normes dépendant de la zone de production)

Exemple : la parcelle est refusée au Kenya si plus de deux plantes par hectare sont contaminées par le charbon.

PURETÉ À LA RÉCOLTE

Le lot est refusé si à la récolte plus de deux épis sur 1 000 sont des hors-types (France).

TRI APRÈS RÉCOLTE (voir question 21)

Le lot est refusé si, au cours d'un contrôle après le tri, il reste plus d'un épi aberrant pour 1 000 épis contrôlés (France).

QUALITÉ SEMENCIÈRE DES LOTS COMMERCIALISÉS (voir aussi question 30)

- Pureté des semences : 98 % pondéral de semences intactes, 2 % pondéral de semences brisées, de matières inertes..., aucune semence de mauvaise herbe tolérée.
- Faculté germinative : 90 % au minimum (voir protocole de mesures de la faculté germinative en annexe 4).
- Humidité : 14 % (France) ; 12 % (Inde) ; 13 % (Kenya), etc. (voir protocole de mesures de l'humidité en annexe 4).

PROTOCOLES DE DÉTERMINATION DE LA FACULTÉ GERMINATIVE ET DE L'HUMIDITÉ D'UNE SEMENCE

DÉTERMINATION DE LA FACULTÉ GERMINATIVE (protocole ISTA)

Le test se fait sur les semences issues de l'analyse de pureté (semences entières et brisures dont la taille est supérieure à la moitié de la taille de la semence). Dans des boîtes transparentes, les semences sont posées sur une couche de 2 cm de sable et recouvertes d'une couche de 1 cm de sable (il est possible aussi d'utiliser du coton ou du papier absorbant). On arrose jusqu'à environ 50 % de la capacité de rétention (la normalisation des tests permet l'étalonnage des quantités de sable et d'eau utilisées), et on couvre les boîtes pour maintenir l'humidité. Les boîtes sont mises en enceinte à une température constante entre 25° et 30° C. Au fur et à mesure des germinations, les grains germés sont retirés et comptabilisés. Le calcul du pourcentage est fait au bout de quelques jours, ramené au nombre total de grains mis à germer. La norme recommande quatre répétitions de 100 grains.

DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN EAU

Dans le domaine 12-25 % d'humidité, les humidimètres automatiques (mesure de la résistivité électrique d'un échantillon) sont fiables et sûrs à condition de vérifier de temps en temps leur justesse par un test de référence à l'étuve. Ne pas oublier que ces appareils nécessitent toujours une correction en fonction de la température du grain testé.

À l'étuve, un échantillon de 300 à 500 grammes est mis en étuve à 130 °C jusqu'à stabilisation du poids. La différence des poids avant et après le passage en étuve ramène au poids avant passage, donne la teneur en matière sèche. Le complément à 100 donne la teneur en eau en pourcentage.

COEFFICIENTS DE MULTIPLICATION SEMENCIÈRE

CŒFFICIENTS DE MULTIPLICATION À UTILISER POUR LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION

Rendements espérés en semences

- Lignée pure : 500 kg/ha.
- Variété à pollinisation ouverte : 2 000 kg/ha (en culture pure).
- Hybride géniteur : 2 000 kg/ha (en culture pure)

Quantités de semences à l'hectare

- Lignée pure : 15 kg/ha (10 kg/ha dans certains cas).
- Variété à pollinisation ouverte et hybride : 25 kg/ha.

EXEMPLES DE CALCUL

Variété à pollinisation libre susceptible d'ensemencer 20 000 hectares

- Quantité de semences certifiées nécessaire : 20 000 x 25 kg = 500 t.
- Surface de multiplication de semences certifiées : 500t/2,0 = 250 ha.
- Quantité de semences de base nécessaire : 250 ha x 25 kg = 6 250 kg.
- Surface de multiplication de semences de base : 6 250 kg/2 000 = 3,125 ha.
- Quantité de semences de prébase nécessaire : 3,125 × 25 = 78,125 soit 80 kg environ.

Dans ces conditions, soit la recherche est capable de fournir directement 80 kg de matériel de départ, dans ce cas l'étape de prébase n'a plus de raison d'être, soit une génération de prébase est faite tous les 2 ou 3 ans et des stocks de report de ces semences sont fournis chaque année aux multiplicateurs de base.

Variété hybride complexe du type HS x P susceptible d'ensemencer 4 000 hectares

- Quantité de semences certifiées nécessaire : 4000 ha x 25 kg = 100 t.

- Surface de multiplication de semences certifiées (en tenant compte de la réduction de rendement du fait de l'élimination des rangs mâles) : 100 t/1,5 = 67 ha.

- Quantité de semences de base nécessaire :
– géniteur femelle HS (75 % de la surface) : 67 × 0,75 × 25 = 1 256 kg ;
– géniteur mâle P (25 % de la surface) : 67 × 0,25 × 25 = 418 kg.

- Surface de multiplication des semences de base :
– fabrication du géniteur femelle HS : 1256 kg/(500 x 0,66) = 3,8 ha soit 4 ha ;
– fabrication du géniteur mâle P : 418 kg/2000 = 0,21 ha.

- Quantité de semences de prébase nécessaire :
– géniteur femelle HS = L1 x L2 : 4 ha x 15 x 0,66 = 40 kg du parent femelle L1 de l'hybride simple ; 4 ha x 15 x 0,33 = 20 kg du parent mâle L2 de l'hybride simple ;
– géniteur mâle P : 0,21 x 26 = 5,25 kg.

Ceci correspond à des quantités possibles de matériel de départ. Dans ce cas, l'étape de prébase n'est pas non plus obligatoire.

ANNEXE 6

QUELQUES PRODUITS DE TRAITEMENT DES SEMENCES

Annexe 6 : **Quelques produits utilisables pour les traitements de semences.**

Insecticides (voir aussi les associations).

Matière active	Spécialité commerciale	Mode d'application	Toxicité	Persistance d'action	Dose (matière active)	Remarques
Lindane	Lindafor 90 Isostan F 25 Saindane 90 etc.	Poudrage ou poudrage humide	Modérément dangereux	Longue persistance	50 g/q	Bon marché et efficace
Malathion	Malatox L 500 Zithiol liquide Sumitox poudrage Malagrain poudrage	Pulvérisation, poudrage humide ou poudrage	Peu dangereux	Moyennement persistant	10 g/q	Odeur très désagréable, large spectre
Pyrimiphos-méthyl	Actellic Pirigrain	Poudrage, poudrage humide, pulvérisation ou nébulisation	Peu dangereux	Longue persistance	1 g/q	Bon marché et peu dangereux
Heptachlore	TH 50 Thioral (en association avec Thirame)	Poudrage ou poudrage humide	Extrêmement dangereux	Longue persistance	200 à 300 g/q	Très dangereux. Interdit en France. À déconseiller
Tétrachlorure de carbone	Trogocide	Fumigation	Très dangereux	Non persistant	35-40 g/q	Large spectre Précautions d'emploi impératives

Annexe 6 (suite).

Fongicides (voir aussi les associations).

Matière active	Spécialité commerciale	Mode d'application	Toxicité	Persistance d'action	Dose (matière active)	Remarques
Captane	Cormaison Captanol 83 Sepicap Orthocide 83 RP Captolate etc.	Poudrage, poudrage humide ou pulvérisation	Peu dangereux	Longue persistance	150 g/q	Large spectre
Manèbe	Chloroblé Manolate Manganil 80 etc.	Poudrage, poudrage humide	Peu dangereux	Longue persistance	100 g/q	
Mancozèbe	Blécar MN Dithane M45 Korzèbe	Poudrage ou pulvérisation	Peu dangereux	Persistance moyenne	100 g/q	
Captafol	Difosan FLO Orthodifolatan	Pulvérisation	Peu dangereux	Peu persistant	400 g/q	Large spectre
Bénomyl	Benlate	Poudrage	Peu dangereux	Longue persistance	100 g/q	
Thirame	Thirasan Rhodiasan 80	Poudrage	Peu dangereux	Longue persistance	200 g/q	
Mercure	Soprasan Francosan Mercoran	Poudrage	Dangereux	Longue persistance	3 g/q	

Annexe 6 (suite).

Associations.

Matière active	Spécialité commerciale	Mode d'application	Toxicité	Persistance d'action	Dose (matière active)	Remarques
Thirame + heptachlore	Thioral	Poudrage ou poudrage humide	Extrêmement dangereux	Longue persistance	200 à 300 g/q de produit commercial	Interdit en France, produit très dangereux, à déconseiller
Lindane + thirame	Granox D Thioran Fixograin	Poudrage ou poudrage humide	Modérément dangereux	Longue persistance	200 à 300 g/q de produit commercial	
Lindane + endosulfan + mercure + anthraquinone	Gammoran rouge B	Poudrage ou poudrage humide	Dangereux	Longue persistance	200 à 300 g/ha de produit commercial	L'anthraquinone est répulsif corvidés
Lindane + manèbe	ML 68 Seman M super	Poudrage	Modérément dangereux	Longue persistance	200 à 300 g/q de produit commercial	
Carbendazine + captafol + carbofuran	Granox	Poudrage	Très dangereux	Longue persistance	200 à 300 g/q de produit commercial	

ANNEXE 7

FICHE TECHNIQUE DE CULTURE DU MAÏS

(d'après fiche technique IDESSA-CV Côte-d'Ivoire)

Les opérations culturales constituent avec le choix variétal un ensemble difficilement dissociable en opérations élémentaires : une culture est un tout, et manquer l'une des opérations de culture peut remettre en question l'ensemble de celle-ci. D'autre part, il faut réussir l'opération culturale (labour, semis, désherbage...) du premier coup : en effet, il est toujours difficile de refaire ou de réparer les effets d'une intervention ratée. Enfin, rappelons que le choix variétal n'est qu'un élément du processus d'amélioration du rendement : même si la variété est un facteur très important, celui-ci n'aura que peu d'incidence sur le rendement si les autres facteurs de production ne sont pas, dans le même temps, améliorés.

PRÉPARATION DU TERRAIN

Labour de fin de cycle

Cette opération culturale, quand elle est possible, est très bénéfique : meilleure structure du sol, accroissement de la réserve en eau, meilleure maîtrise des mauvaises herbes, gain de temps pour une installation précoce de la culture. Elle est particulièrement conseillée dans les zones où un maïs précoce est cultivé en premier cycle.

Labour de début de cycle

Le maïs réagit bien au labour profond car celui-ci assure une bonne installation de la culture (semis facilité, pénétration rapide des racines...), favorise une meilleure maîtrise des mauvaises herbes, accroît l'efficacité de l'herbicide et permet un bon enracinement (bon ancrage donc meilleure résistance à la verse, bonne alimentation hydrique et minérale).

Choix des outils

Il faut raisonner l'achat et l'utilisation des outils de labour dans le cadre de l'exploitation, en fonction des contraintes propres aux outils choisis.

- Outils à dents de type "chisel" : le principal avantage du chisel est d'effectuer un travail rapide et dans des sols plus secs, dont l'humidité ne permettrait pas le passage d'une charrue. Mais pour bien travailler, il doit travailler vite ; il est donc exclu en culture attelée. En conditions mécanisées, à puissance égale, il permet une préparation plus rapide que la charrue. Par contre, le retournement et l'enfouissement sont médiocres et n'offrent pas une aussi bonne maîtrise des mauvaises herbes. En tout état de cause, l'utilisation exclusive du chisel pour la préparation des terres d'une exploitation est rarement possible.
- Charrue à disques ou à soc : avec ces outils, le labour doit être effectué sur sol suffisamment humide. Le retournement et donc l'enfouissement sont mieux réalisés qu'avec un outil à dents. Entre disques et soc, il faudra préférer le labour aux disques dans des terrains mal épierrés ou mal désouchés ; par contre, outre la moins bonne qualité du retournement et de l'enfouissement, le labour aux disques peut entraîner un émiettement excessif du sol et des risques de battance.

Préparation du lit de semences

Elle peut être rapidement effectuée de façon superficielle avec un outil (herse, outils à dents...) ; le maïs nécessite, pour une bonne levée et une bonne installation d'ancrage, un lit de semis assez émietté mais sans excès (risques de battance).

SEMIS

Date de semis

D'une façon générale, il faut semer lorsque la saison des pluies est bien installée, pour ne pas compromettre les chances de la culture. Ne pas oublier que les problèmes de maladies et d'insectes augmentent avec l'avancement de la saison des pluies.

Densité de semis

Sous les tropiques, la densité recherchée à la récolte est de l'ordre de 50 000 plants à l'hectare. Il faut moduler ce chiffre en fonction :
- des potentialités de la variété ;
- de la fertilité du sol ;
- des risques de mortalité en cours de végétation ;
- des disponibilités en eau ;

Mode de semis

En culture manuelle, le semis en poquet permet :
- de réduire le temps en semis ;
- de contrôler mieux le peuplement (avec le démariage) ;
- de sarcler plus facilement.

Dès que l'on intensifie la culture, le semis en ligne est obligatoire (peu importe la géométrie du semis ; l'écart entre lignes est d'ailleurs souvent imposé par le semoir : 0,70 m, 0,80 m...). Le démariage sur la ligne n'est pas exclu évidemment. Un bon semis est garanti par une bonne préparation du sol, une semence de faculté germinative correcte, une humidité du sol suffisante et un bon réglage du semoir.

Le resemis est à éviter : ne le pratiquer que pour de grandes "rustines" et aussitôt que possible.

Le démariage doit être fait assez tôt (pas au-delà du stade 2-4 feuilles) et dans un sol humide.

FUMURE

La fumure est essentielle pour maintenir la fertilité du sol (pour contrebalancer les exportations et éventuellement améliorer la fertilité du sol).

Elle doit être raisonnée en fonction du rendement espéré (tenir compte de la variété et du niveau d'intensification de la culture).

Dans certains pays africains, des engrais très employés sont subventionnés (par exemple l'engrais coton en Côte d'Ivoire). Même s'ils sont déséquilibrés pour le maïs, leur prix les rend indéniablement intéressants en fumure de fond, mais ils devront être complétés par des apports d'azote en cours de cycle. En effet, dans les sols tropicaux,

l'azote est rapidement lessivé ; or les besoins maximaux de la plante se situent durant la montaison. Le complément d'azote sous forme d'ammonitrate ou d'urée sera donc à faire durant cette phase (2 à 4 semaines avant la floraison). Il sera, de plus, fait en "localisé" car il est susceptible de brûler les feuilles et les plantes. La proportion sera de l'ordre de 1/3 de l'azote en fumure de fond et 2/3 à la montaison.

La fumure de fond sera enfouie (épandage avant labour par exemple) sous peine de fragiliser le système racinaire.

Fumures conseillées en fonction du rendement espéré. Ces fumures sont calculées dans le cas où les pailles sont restituées. Dans le cas contraire, il faut majorer les apports de potasse.

Rendement espéré en grain sec (18 %) (q/ha)	Fumure de fond			Complément d'azote
	N	P_2O_5	K_2O	N
20 à 30 q/ha	16	20	20	32
30 à 40 q/ha	22	25	25	44
40 à 60 q/ha	32	35	35	64
60 à 80 q/ha	43	50	50	86

LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES

La lutte chimique contre les mauvaises herbes du maïs est au point, facile à utiliser et peu onéreuse : c'est donc une technique prioritaire à vulgariser dans une optique d'intensification.

Le traitement doit se faire en prélevée (tout de suite après le semis) et de préférence sur un sol humide. Plusieurs matières actives (m.a.) peuvent être citées :

- atrazine : 2 à 4 l m.a./ha ;
- atrazine + simazine : 2 à 4 l m.a./ha ;
- atrazine + cyanazine : 2 à 4 l m.a./ha ;
- atrazine + métolachor : 2 à 4 l m.a./ha.

Il ne faut pas pour autant négliger les autres moyens de lutte contre les mauvaises herbes (labour, rotations, densités homogènes, etc.).

GLOSSAIRE DES TERMES EMPLOYÉS

AUTOFÉCONDATION FORCÉE

Technique consistant à autoféconder pendant plusieurs générations une espèce normalement allogame, dans le but d'obtenir des lignées aussi homozygotes que possible, dites lignées "inbred" ou "stables". Chez le maïs, la séparation des fleurs mâles et femelles rend cette technique très facile à utiliser. L'autofécondation forcée constitue un des cas de consanguinité amenée par voie artificielle (consanguinité = inbreeding en anglais).

BASE

Génération de base : c'est l'avant-dernière étape de la multiplication avant la commercialisation, c'est-à-dire l'étape précédant juste la production de semences certifiées.

Semences de base : semences issues de la génération de base.

BASE GÉNÉTIQUE

Ensemble plus ou moins riche de génotypes, selon le nombre d'allèles présents dans le matériel végétal considéré, et correspondant à un locus donné.
Exemples de base large : variété-population ; hybride complexe.
Exemples de base étroite : lignée autofécondée ; hybride simple.

BULK

Mélange mécanique de semences de plusieurs épis. Le bulk est dit équilibré lorsqu'il est formé d'un même nombre ou d'une même quantité de semences de chaque épi.

CERTIFIÉES

Semences issues de la dernière multiplication (ou hybridation s'il s'agit d'un hybride) avant la commercialisation et obéissant à un certain nombre de normes. S'il n'existe pas de contrôle ou de règlementation de certification, on parlera de semences commerciales.

CROISEMENT (syn. hybridation)

1. Action de croiser, d'hybrider deux géniteurs.
2. Ce terme s'emploie aussi dans le sens d'hybride.

Exemples : croisement trois-voies (A x B) x C ; croisement multiple (entre plusieurs lignées autofécondées) ; la première génération d'un croisement.

CULTIVAR

Variété de plante cultivée (terme international, abrégé de "cultivated variety", L. H. BALLEY, 1918).
Ce terme a été créé et essentiellement proposé pour désigner les variétés d'origine horticole (selon G.H.M. LAWRENCE, 1963). On l'emploie de plus en plus fréquemment pour distinguer une variété résultant d'un travail de sélection, par opposition à une variété apparue spontanément.

DENTÉ (maïs)
(anglais : dent corn)

Ce type de grain dit "dent de cheval" possède un noyau central d'amidon tendre — qui se prolonge jusqu'au sommet du caryopse — qu'entoure de l'amidon corné. À la maturité, cet amidon tendre se rétracte par dessiccation, ce qui se traduit par une dépression au sommet du grain, d'où l'identification caractéristique de cette catégorie de maïs. (La plupart des hybrides du Corn Belt aux États-Unis sont des maïs dentés.)

DÉRIVE GÉNÉTIQUE

Déplacement de l'équilibre génétique donc phénotypique d'une variété sous l'influence de sélections non conscientes.

ÉCOTYPE

1. Naturel : population spontanée façonnée par la seule action du milieu (on dit parfois "géotype", "biotype" pour souligner le facteur écologique le plus important).
2. Cultivé : variété adaptée à un milieu cultural et au mode d'exploitation dans ce milieu.

ENDOGAMIE

Désigne tout système de reproduction en "circuit fermé". Pour le maïs, l'endogamie est une technique permettant de reproduire un matériel génétique donné, identique à lui-même. Cela peut se faire en fécondation artificielle sous sacs ou en parcelles isolées.

F1

Première génération d'un croisement, quels que soient les parents (génétiquement stables ou non).

F2

Première génération suivant la F1. Obtenue par fécondation interne de la F1 prise soit en pollinisation libre, soit en endogamie artificielle. Elle est le siège d'une disjonction génétique et d'une chute de rendement plus ou moins accentuée par rapport à celle de la F1.

FARINEUX (maïs) (anglais : floury, soft, starchy corn)

L'albumen, mou ou farineux, se présente sous forme de grains d'amidon volumineux, facilement séparables. Cet amidon est toujours opaque. À cette catégorie se rattachent les maïs incas, de la région de Cuzco, à très gros grains et dont la texture rappelle celle de la craie.

FULL-SIB

Familles ou individus "frères" issus par croisement des deux mêmes parents.

GÉNÉRATION

Le terme de "semence" signifiant qu'on s'intéresse à l'ensemble des embryons contenus dans les grains, donc aux plantes qui en dériveront, une génération peut se définir comme commençant au battage, qui procure la semence, et finissant au battage, qui fournit la semence pour la génération suivante.

GÉNÉRATIONS AVANCÉES

Il s'agit des générations qui suivent la F2. Elles sont obtenues en pollinisation libre à l'abri de pollen "étranger".
Pour caractériser la semence commerciale, on se réfère à l'une de ces générations, afin d'avoir une valeur d'utilisation de référence (par suite de l'érosion progressive du reste de vigueur qui suit la chute de la F1 à la F2).
L'érosion du reste de vigueur hybride prise à partir de la F2 s'applique surtout aux hybrides intervariétaux.

GERMINATION (essai de)

Au laboratoire, l'essai de faculté germinative d'un lot de semences de maïs porte sur un échantillon de quatre cents grains dans les conditions normalisées suivantes :
a) répartition de l'échantillon en huit rouleaux de papier (50 grains par rouleau) placés en étuve à 20-30 °C ; un seul comptage a lieu au bout de sept jours ;
b) le sable lavé et stérilisé est utilisé dans quelques cas comme substrat avec la même quantité de semences ; la température est alors de 20 °C et les germoirs sont exposés à la lumière.

HALF-SIB

Familles ou individus "demi-frères" ayant un parent commun. Une série d'épis ou de familles d'épis fécondés par un même mâle (une panicule ou un mélange de panicules) constitueront des plants ou des familles half-sib.

HÉTÉROSIS

Le produit d'un croisement entre deux espèces, deux variétés ou deux lignées possède fréquemment une vigueur supérieure à

celle des parents, que l'on attribue à une stimulation physiologique du développement nommée hétérosis.
Ce terme a été proposé pour le maïs, et pour la première fois, par G. H. SHULL, en 1914, afin de remplacer la périphrase "stimulus of heterozygosis" ; il est devenu synonyme de vigueur hybride.
Le phénomène, inverse de l'effet d'inbreeding, peut s'exprimer chez le maïs selon deux modalités :
a) sur le plan morphologique, par un accroissement de la dimension et du nombre des organes, qui produit ce que l'on appelle un effet de "luxuriance" ;
b) sur le plan du rendement en grain, par un accroissement de la quantité de récolte ; dans le cas d'un hybride double ou complexe, l'hétérosis "utile" est tel que l'hybride donne une quantité de récolte significativement supérieure au meilleur des deux parents.

HYBRIDE

Comme substantif, ce terme désigne le résultat d'un croisement. Il peut s'agir soit de la première génération, soit d'une génération avancée.
Il est conseillé de parler d'"hybride" ou de "variété hybride" dans le premier cas, et de "variété" (en précisant : population, synthétique ou composite...) dans le second.

HYBRIDE COMPLEXE

Hybride de première génération entre les deux sources suivantes :
a) population P (adaptée au milieu cultural, d'origine locale ou non) ;
b) ensemble de lignées autofécondées sélectionnées et choisies en fonction de leur aptitude générale à la combinaison avec P ; elles peuvent être prises isolément ou en hybrides simples, doubles ou trois-voies.
Exemples d'obtention (avec les lignées L1, L2, L3...) :
– L1 x P ;
– (L1 x L2) x P ;
– (L1 x L2) x L3 x P.

D'une façon générale, dès que le nombre de lignées atteint cinq ou plus, on peut le formuler par "synthétique x population".

HYBRIDE DOUBLE

1. Plante hybride F1 entre deux hybrides simples et mettant en jeu quatre lignées pures. Formule : (L1 x L2) x (L3 x L4).
2. Semence récoltée sur les plantes (L1 x L2) castrées ou sur les plantes à stérilité mâle, ayant reçu le pollen (L3 x L4).

HYBRIDE INTERVARIÉTAL

Hybride dérivant de deux, trois ou quatre variétés : les hybrides intervariétaux peuvent être simples, trois-voies ou doubles.

HYBRIDE SIMPLE

1. Hybride F1 provenant du croisement de deux lignées stables.
2. Semence récoltée sur la lignée F1 castrée ou affectée de stérilité mâle et pollinisée par la lignée L2.

HYBRIDE TROIS-VOIES

Hybride résultant du croisement d'un hybride simple et d'une lignée stable. Il met donc en jeu trois lignées parentales. Peut se dire aussi parfois d'un hybride à trois composantes (non nécessairement des lignées stables).

INBREEDING (effets de)

Affaiblissement des lignées de plantes allogames par des autofécondations ou croisements consanguins répétés. Cet effet, déjà observé par DARWIN en 1876, est le phénomène inverse de l'hétérosis. Il est lié au degré d'homozygotie.

LIGNÉE

1. Au sens large : ensemble des générations successives descendant d'un même individu ; cet ensemble n'est pas forcément homogène.

2. Au sens restreint (chez le maïs par exemple) : toute descendance par le semis d'un épi (autofécondé ou non) ; c'est donc la première des générations ci-dessus définies.

MATÉRIEL DE DÉPART

(Expression préférable à celle de "pied de cuve"). Semences fournies par la recherche en faibles quantités (10-20 kg), constituant la première étape de multiplication. Ces semences seront multipliées en générations de prébase pour donner des semences de prébase.

PRÉBASE

Générations de prébase : une ou plusieurs générations directement issues du matériel de départ. Il est rare que durant ces générations il y ait hybridation.

Semences de prébase : semences issues d'une génération de prébase.

ROGUING

Terme anglais qui désigne l'enlèvement de plantes chétives ou de type aberrant dans une parcelles de sélection ou de multiplication (= épuration).

TALLE

Repousse de maïs issue d'un pied mère. Certaines variétés tallent plus que d'autres. D'autre part, le tallage dépend de l'environnement (photopériode, alimentation minérale, densités...)

VARIÉTÉ COMPOSITE (syn. composite)

Variété constituée par un nombre élevé de diverses composantes telles que : lignées stables, hybrides de toutes sortes, populations, etc., dans le but d'obtenir comme base de sélection un matériel végétal très diversifié.

VARIÉTÉ (de maïs)

1. Au sens restreint : ensemble de populations locales (écotypes) ayant en commun certaines caractéristiques telles que cycle, nature du grain (forme, grosseur, couleur, texture...), etc. Un tel ensemble est en général cultivé dans des conditions écologiques très voisines (même "strate écologique").
2. Au sens large : synonyme de "cultivar", matériel caractérisé faisant l'objet d'une production rationnelle de semence, comme par exemple un hybride simple, double, etc.

VARIÉTÉ-POPULATION

a) Sens généraux

1. Ensemble de plantes qui présentent en commun plusieurs caractères (dits "variétaux"), mais qui diffèrent entre elles par une série d'autres caractères (souvent mineurs) dont les fréquences sont en équilibre stable dans des conditions écologiques relatives bien déterminées.
2. Semence dont ces plantes sont issues.
Remarques :
– chez les espèces autogames, les variétés-populations (dites aussi "variétés de pays") sont des écotypes cultivés, constitués par un mélange de lignées pures d'aptitudes voisines, pouvant comporter aussi des descendances plus ou moins stabilisées d'hybrides naturels et n'ayant subi aucune sélection artificielle. Les différences entre plantes sont surtout morphologiques et de peu d'importance pour l'utilisateur (couleur, forme...) ;
– chez les allogames, il s'agit d'un ensemble de plantes hétérozygotes se reproduisant en fécondation libre isolée, c'est-à-dire sans apport de pollen étranger, et dont les caractéristiques globales se maintiennent au cours des générations. Un changement de milieu peut entraîner une modification de la structure génétique par sélection naturelle. En raison de leur variabilité souvent importante, les variétés-populations se prêtent bien à la sélection.

b) Sens particulier

1. Variété-population locale peut désigner au sens absolu un écotype cultivé et au sens relatif (par rapport à un milieu de ré-

férence) une variété-population native, façonnée dans ce milieu, au cours de nombreuses générations, par les conditions naturelles et les pratiques culturales. Ce dernier sens s'oppose à celui d'écotype (cultivé) étranger, qu'on introduit aux fins de sélection.
2. Variété-population sélectionnée précise qu'une sélection rationnelle a été pratiquée sur un écotype cultivé, local ou introduit, avec ou sans apport de "sang" étranger.

VARIÉTÉ SYNTHÉTIQUE
(syn. synthétique, nom masculin)

Variété obtenue à partir d'au moins cinq lignées. Elle s'exploite en F1 (hybride multiple) ou bien en générations avancées. Il y aura lieu, chaque fois que ce sera nécessaire, de préciser la génération dont il s'agit.
Remarques :
1. Les lignées ne sont pas obligatoirement stables.
2. Contrairement au composite, ce matériel intéresse surtout le cultivateur.
3. Les synthétiques sont souvent thématiques ; exemples : résistance à la verse, tolérance aux mineuses de tiges, richesse en huile, etc.

VITREUX (maïs)
(syn. corné)

En anglais : flint corn. Chez ce maïs, l'albumen est presque entièrement constitué par de l'amidon dur, les grains d'amidon étant cimentés entre eux, en une masse cassante plus ou moins translucide, par un ciment protéique d'épaisseur très réduite.

ANNEXE 9

LISTE DES VARIÉTÉS DE MAÏS DIFFUSÉES PAR L'IRAT

Annexe 9 : **Liste des variétés de maïs diffusées par l'IRAT.**

Nom de la variété	Pays	Origine génétique	Synonyme
IRAT 32	BEN	Sélection dans population locale	Z1 – Scar III
IRAT 33	CIV	Sélection dans Violet de Katiola	Z2 – MTS
IRAT 34	CIV	Variété 3/4 locale – 1/4 Caraïbe	Z3 – CJB
IRAT 35	CIV	Sélection à grains blancs dans CJB	Z4 – CBB
IRAT 36	BEN	Sélection dans variété locale Agbo	Z5 – Agbo 5 × 6 blanc
IRAT 37	BEN	Sélection dans variété locale Agbo	Z6 – Agbo 5 × 6 jaune
IRAT 38	BEN	Composite issu de matériel local	Z7 – CJI
IRAT 39	BEN	Composite Niaouli 7 × ATC 43-88	Z8 – NH1
IRAT 40	REU	(W 64 A × A 619) × Révolution	Z9 – n° 1 Réunion
IRAT 41	REU	(F 19 × A 619) × Révolution	Z10 – n° 17 Réunion
IRAT 42	BEN	Scar III × Costeño de Culiacan	Z11 – NH2
IRAT 43	BEN	Scar III × Bulk ATC	Z12
IRAT 44	BEN	(Niaouli 6 × Scar III) × Criollo hoja	Z13
IRAT 45	SEN	(F 64 B × Oh 41 B) × (CI 38 BB × C164) × ZM10	Z14 – BDS III
IRAT 46	SEN	(F 64 × Oh 41) × (H 49 × R158) × ZMJT	Z15 – JDS III
IRAT 47	BEN	Composite jaune Ina × Révolution	Z16 – IH1
IRAT 48	CIV	Composite à base génétique réduite	Z17 – CPJ
IRAT 73	BEN	28 synth. I × Costeno de Culiacan	Z73 – NH 73
IRAT 80	HVO	Synthétique base génétique réduite	Z80 – SJFB
IRAT 81	CIV	Tuxpeño brachytico × (M162 W × M164 W)	Z81 – Ivoire 1
IRAT 82	CIV	RF 64 N × (F 2834 T × L 3191)	Z82

Annexe 9 (suite).

Nom de la variété	Pays	Origine génétique	Synonyme
IRAT 83	CIV	Composite Précoce jaune × I 137 TN	Z83
IRAT 84	HVO	Massayomba × H 622	Z84
IRAT 85	HVO	Composite malo-voltaïque	Z85 – CMV
IRAT 97	MLI	Composite malien	
IRAT 98	HVO	Massayomba × Guatemala 13-2 A	
IRAT 100	HVO	NCB jaune × Kolaribougou	
IRAT 102	HVO	NCB blanc × Kabagué	
IRAT 143	REU	(W 64 A × F 546) × Révolution	H37 Réunion
IRAT 145	REU	(A 553 N × U 280 Y) × Révolution	H69 Réunion
IRAT 148	CIV	M 162 W × M 164 W	
IRAT 159	HVO	TZB blanc × Kabagué	
IRAT 171	HVO	Sélection dans NCB Rb bigarré	NCB blanc
IRAT 178	CIV	Poza Rica 7429 × IRAT 148	
IRAT 197	CIV	Sélection dans Yellow QPM	Ferké (1) 7539
IRAT 198	CIV	Sélection dans Mezcla Tropical Blanca	Ferké (1) 7622
IRAT 199	CIV	Sél. dans Antigua × Republica Dominicana	Ferké (1) 7635
IRAT 200	CIV	Sél. dans Amarillo Dentado 1	Ferké (1) 7928
IRAT 201	CIV	Sélection dans White QPM	Ferké (1) 7940
IRAT 217	HVO	Sélection dans NCB Rb bigarré	NCB jaune
IRAT 218	CIV	Sélection dans Tuxpenõ Caribe	Ferké (1) 7529
IRAT 275	CIV	Composite	Composite D

Annexe 9 (suite).

Nom de la variété	Pays	Origine génétique	Synonyme
IRAT 290	CMR	Composite à large base génétique	Z290
IRAT 279	REU	Révolution × I 137 TN	
IRAT 292	REU	Population locale améliorée	Révolution
IRAT 293		Composite à large base génétique (toute l'Afrique de l'Ouest)	Composite Y
IRAT 296		3/4 IRAT 85 × 1/4 Tempéré	
IRAT 297	REU	Composite résistant aux viroses	CVR 3

Institut de recherches agronomiques tropicales
et des cultures vivrières

45 bis, avenue de la Belle Gabrielle – 94736 Nogent-sur-Marne Cedex – France
Editions : BP 5035 – 34032 Montpellier Cedex – France

L'IRAT est un département du Centre de coopération internationale
en recherche agronomique pour le développement