

## CHAPITRE IV : PLANS DE CROISEMENT

### IV. 1. Généralités

Le choix d'une méthode de sélection ne dépend pas seulement des seules considérations génétiques et biologiques de l'espèce concernée. Il dépend aussi de son importance économique et de l'évolution de son utilisation. Les choix méthodologiques présidant à l'établissement d'un programme de sélection se font au moins vingt ans avant la mise sur le marché de graines améliorées. Ces considérations incitent généralement à la prudence et surtout à la souplesse. Il faut réserver un champ de choix méthodologiques dans tout programme d'amélioration, de manière à toujours pouvoir modifier l'évolution du programme selon les contingences extérieures tout en tirant profit de ce qui vient d'être accompli. À l'inverse, la répétition des mêmes opérations au cours des cycles successifs de sélection requiert une certaine continuité dans les décisions. Souplesse d'une part, continuité de l'autre, peuvent être conciliées par des décisions appropriées dès le début du programme d'amélioration. La première concerne la taille de la population de départ : un effectif important et une faible intensité de sélection dans les populations d'amélioration ultérieures permettent de s'adapter à la prise en compte de nouveaux objectifs de sélection. La seconde consiste à subdiviser, dès que la nécessité s'en ressent, la population d'amélioration en plusieurs populations dans lesquelles la sélection récurrente peut être effectuée de manière indépendante. Elle s'adapte aussi à la prise en compte de nouveaux objectifs de sélection et à la régionalisation des programmes de sélection dans le cas d'une forte instabilité des génotypes sur les différentes zones écologiques de l'aire d'utilisation de l'espèce.

Dans la stratégie du sélectionneur des plantes, les plans de croisements doivent remplir différents objectifs en fonction du type variétal désiré. Ils visent globalement à créer de la variabilité génétique en recombinant les génotypes considérés comme favorables et à mieux connaître le matériel génétique travaillé. La création de variabilité peut s'appuyer sur des croisements simples comme chez le cotonnier alors que les études de génétique quantitative sont basées sur des croisements diallèles dont on étudie la F1 et les parents. Toutefois, l'objectif essentiel de ces différentes méthodes est d'évaluer la valeur d'un individu au croisement en se basant sur ses aptitudes à la combinaison générale et/ou spécifique selon le cas.

### IV.2. Principaux plans de croisement en sélection des plantes cultivées

#### IV.2.1. Pollinisation libre

Il s'agit d'une pollinisation naturelle sans l'intervention expérimentale de l'homme pour diriger les croisements. Ainsi, aucun contrôle de l'appariement est effectué.

Cette technique très simple est destinée exclusivement aux plantes allogames dont les structures génétiques se fécondent librement puis leur descendance est comparée. Dans ce cas, les structures génétiques sont

représentées par un seul individu (plante mère) dont on récolte les grains qui seront mis en culture dans des essais comparatifs.

Ce test permet de comparer les AGC (aptitude générale à la combinaison) mais il reste faible et la comparaison entre A, B et C n'est pas fiable.

Descendance A ;	Descendance B ;	Descendance C ;
I I I I I	I I I I I	I I I I I
Moy	Moy	Moy
$\bar{X}_A$	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_C$
AGC <sub>A</sub>	AGC <sub>B</sub>	AGC <sub>C</sub>

**Figure 15: Pollinisation libre**

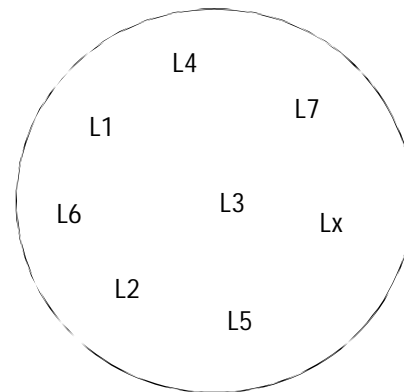
La meilleure valeur obtenue renseignera sur le meilleur géniteur.

### IV.2.2. Polycross

C'est un croisement libre entre n structures génétiques dont on souhaite comparer les AGCs. Le testeur est la population polynique à tester. Un groupe de plantes femelles est pollinisé par un mélange de pollen récolté sur un groupe déterminé de mâles. Comparé à la pollinisation libre, ce dispositif est bien meilleur car il permet l'estimation, en plus de l'AGC, l'héritabilité malgré la non maîtrise de l'apparentement.

Il s'agit d'un croisement des parents en tous sens (poly cross). Un polycross (test) utilise un certain nombre de parents différents. Les descendants issus de graine à résultat d'un croisement entre les variétés qui sont (c'est-à-dire que chaque variété évaluée est utilisée femelle et croisée au hasard à toutes les autres sélectionnées ou à une bonne gamme de celles-ci). nombre de parents utilisés est généralement compris (maximum 10)

Un polycross (test) n'utilise pas un parent commun mais plutôt un certain nombre de parents différents. donc d'un test cross car les descendants issus de évaluer résultent d'un croisement entre les clones qui testés (c'est-à-dire que chaque clone évalué est utilisé femelle et croisé au hasard à toutes les autres sélections clonales ou à une bonne gamme de celles-ci).



Les lignées à tester sont regroupées et on laisse l'allo-fécondation se faire. Le testeur = ensemble des lignées sélectionnées.

**Figure 16: Test Polycross ; principe**

(poly de évaluer testées comme variétés Le 4 et 8 testeur Il diffère graine à sont comme

Un polycross, comme le test cross, est utilisé pour déterminer la capacité générale de combinaison des différents clones. La graine ainsi produite à partir d'un polycross est ensuite testée lors d'essais randomisés sur le terrain. Il est essentiel que les essais soient randomisés et que le niveau de réplication soit suffisamment élevé pour permettre la possibilité que les semences hybrides proviennent du plus grand nombre de clones que possible.

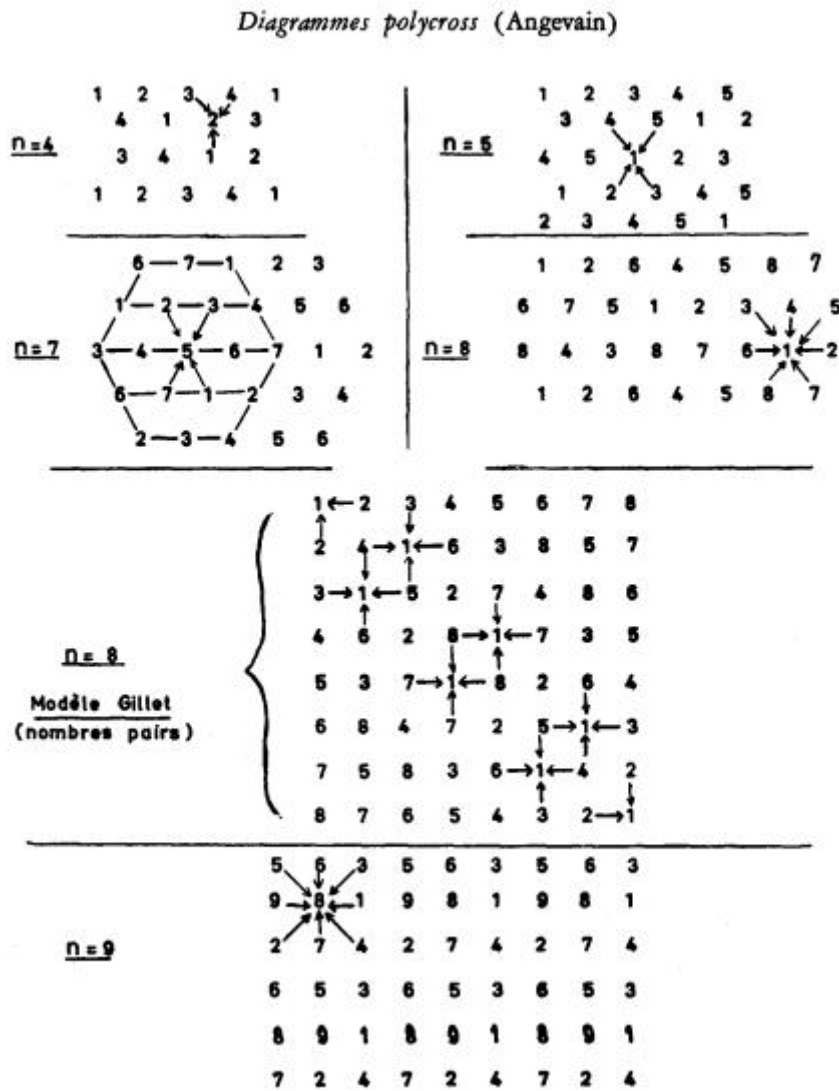


Figure 17: Test Polycross ;  
exemples

### IV.2.3. Test cross ou Top cross

Le top cross consiste à croiser un groupe de géniteurs avec un testeur (ou plusieurs testeurs). Non seulement il permet de créer de la variabilité, mais aussi d'évaluer les génotypes parentaux pour leur aptitude à la combinaison avec ce (s) testeur (s). D'ordinaire, il trouve son application dans les programmes destinés à déceler les combinaisons hétérotiques à la recherche d'hétérosis. Il a été utilisé à cette fin lors des premières recherches consacrées aux hybrides de cotonnier.

Le top cross est un outil de diversification et d'évaluation génétique. Quand le testeur a une base génétique étroite, le top cross ne sert qu'à estimer des aptitudes spécifiques en combinaison. Il n'offre donc pas grand intérêt pour la création de structures variétales à dominante homozygote, comme c'est le cas chez le cotonnier.

Par contre, avec un testeur ayant une base génétique plus large, le top cross répond mieux aux attentes du sélectionneur de variétés lignées pures, puisqu'il permet de détecter les parents qui présentent de bonnes aptitudes générales en combinaison.

Le top cross permet une estimation satisfaisante de l'aptitude générale à la combinaison des génotypes testés. En général, les estimations des effets génétiques sont moins précises qu'avec un dispositif diallèle. D'autre part, le nombre de géniteurs mis à contribution est supérieur, surtout lorsque la dimension du diallèle augmente.

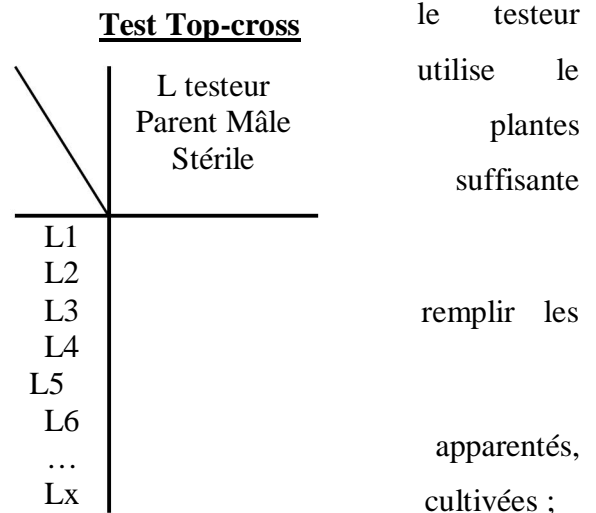
Les évaluations des test cross sont plus utiles lorsque la variation observée au sein des différentes descendance est le résultat de différences entre les génotypes évalués et non pas seulement d'un petit échantillon de gènes provenant du parent testé.

Si un test cross est utilisé, tous les génotypes sélectionnés sont hybridés à un (ou plusieurs) parent (s) test. Le parent test aura été choisi parce qu'il s'agit d'une variété améliorée ou il peut être choisi sur la base de l'expérience de l'obtenteur, ce testeur permettra d'évaluer la capacité moyenne de chaque génotype à produire une descendance supérieure lorsqu'il est combiné avec des allèles provenant de nombreux individus différents. Ainsi, le top cross génère de nombreux croisements, tous efficaces. Il améliore le choix des géniteurs en tenant compte de leur aptitude générale à la combinaison. Il permet de comparer les résultats d'un lieu un autre pour les caractéristiques en faible interaction avec le milieu.

Habituellement on utilise les lignées comme femelles et comme mâles (4 ou 5 plantes femelles pour 1 mâles). Si on testeur comme femelle, on recommande de prendre 10 femelles pour 1 inbred, afin de conserver une variabilité du testeur.

L'efficacité du dispositif dépend du choix du testeur qui doit conditions suivantes :

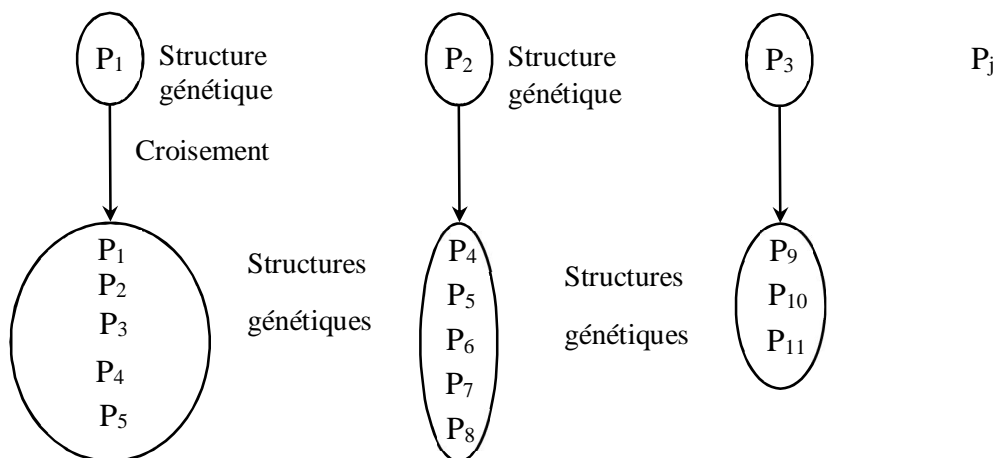
- Etre composé de géniteurs reconnus et non (ou peu) par exemple des variétés exhaustivement testées ou
- Etre systématiquement utilisé par tous les sélectionneurs;
- Selon la théorie, être le plus récessif possible afin de mieux révéler les géniteurs qui lui sont combinés.



**Figure 18: Test Topcross**

**IV.2.4. Dispositif hiérarchique**

Lorsque le nombre des structures génétiques est important, on croise, à un premier niveau, chaque structure génétique (pères) à d'autres différentes (mères). Ce test permet l'estimation de l'AGC des pères et non celles des mères, il peut donner une idée sur l'ASC des pères et permet également de calculer l'h<sup>2</sup>. Il s'agit donc de séquences d'hybridation. Ce dispositif permet de tester un nombre important de parents avec un nombre de partenaires relativement faible.



**Figure 19: Dispositif hiérarchique**

**IV.2.5. Dispositif factoriel**

Les individus d'une population sont répartis en mâles et femelles, les mâles sont ensuite croisés avec toutes les femelles selon un plan factoriel (toutes les possibilités). Tous les paramètres génétiques peuvent être estimés. Ce dispositif permet l'obtention de familles apparentées demi-frères.

Mâles Femelles	1	2	3	4	5
6	*	*	*	*	*
7	*	*	*	*	*
8	*	*	*	*	*
9	*	*	*	*	*
10	*	*	*	*	*

\* : croisements réalisés

**Tableau 4 : Dispositif factoriel**

#### IV.2.6. Dispositif biparental

Ce dispositif permet surtout la création d'une large variabilité sans apparentement. Chaque parent est croisé une et une seule fois à un parent de la population de sorte qu'il devient possible de produire un maximum de familles non apparentées.

Mâles Femelles	1	2	3	4	5
6	*				
7		*			
8			*		
9				*	
10					*

\* :  
croisements  
réalisés

**Tableau 5 :  
Dispositif  
biparental**

#### IV.2.7. Dispositif diallèle

Un dispositif couramment utilisé est le diallèle, qui consiste en un plan de croisement factoriel entre n populations utilisées comme mâles et comme femelles. Les croisements réciproques permettent l'estimation des effets maternels. Classiquement, ces plans sont interprétés selon des paramètres qui sont

les AGC (Aptitudes Générales à la Combinaison), les ASC (Aptitudes Spécifiques à la Combinaison), les effets maternels et les effets de réciprocité spécifique. L'AGC d'une population est la valeur moyenne de sa descendance obtenue en croisement avec toutes les autres populations du dispositif diallèle. L'ASC d'un croisement particulier est l'écart entre la valeur de ce croisement et la somme des AGC de ses parents. Les effets de réciprocité spécifique s'interprètent comme des interactions entre AGC et effets maternels.

Il apporte des informations certaines sur le mode d'action des gènes et permet de définir les notions d'AGC et d'ASC. L'AGC est définie comme la performance moyenne d'une lignée ou d'une plante en combinaison avec l'ensemble des autres lignées ou plantes. L'ASC est définie comme la performance particulière d'un croisement inférieur ou supérieur à la performance moyenne attendue sur la base de l'AGC. On distingue deux modèles dans l'analyse diallèle :

- Modèle fixe ou déterministe : les génotypes sont choisis et étudiés pour eux-mêmes; les conclusions qu'on peut tirer ne concernent que génotypes et ne peuvent être étendues à la population de laquelle ces génotypes sont tirés ;
- Modèle aléatoire: les génotypes constituent un échantillon au hasard tiré d'une population. Les génotypiques sont des variables aléatoires. On peut qu'obtenir des estimations des paramètres caractérisant la structure génétique de la population considérée. Les informations tirées l'analyse peuvent être étendues à la population laquelle ces génotypes sont tirés.

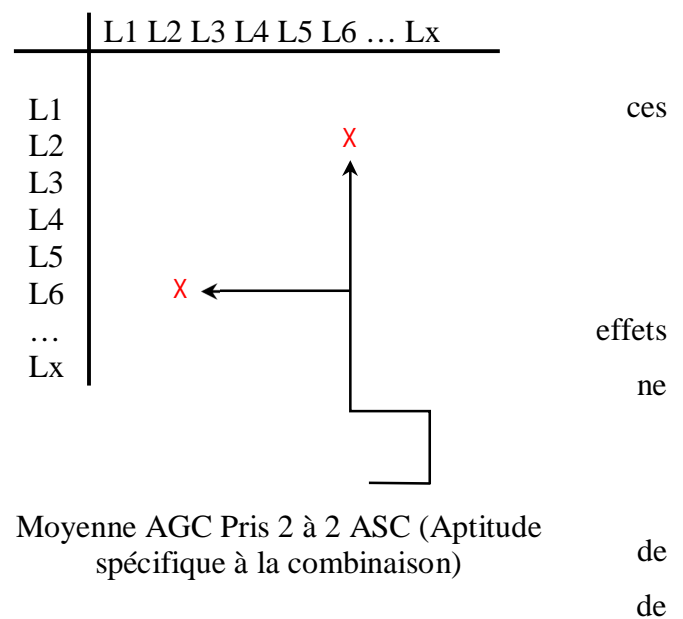


Figure 20: Dispositif diallèle

Tous ces deux modèles reposent sur l'analyse de variance. Une table diallèle comprend les mêmes "unités de croisements" ou parents (familles, variétés, lignées, plantes, clones) dans les deux entrées. Si on a par exemple p parent, on devra avoir : p<sup>2</sup> croisements au total : ensemble du tableau p autofécondations: diagonale du tableau p<sup>2</sup> - P croisements dit réciproques: ensemble du tableau moins la diagonale.

$\frac{p(p-1)}{2}$  : croisements réciproques: moitié du tableau sous la diagonale. Les individus d'une entrée sont considérés comme parents femelles tandis que ceux de l'autre sont pris comme mâles.

$p(p + 1)/ 2$  : croisements réciproques: moitié du tableau sous la diagonale plus les autofécondation :

On peut tenir compte ou pas de l'ensemble des croisements dans l'analyse de la variance suivant les objectifs de l'essai et les hypothèses qu'on s'est données.

**Exemple : diallèle complet avec  $p=6$**

Mâles Femelles	1	2	3	4	5	6
1	1*1	1*2	1*3	1*4	1*5	1*6
2	2*1	2*2	2*3	2*4	2*5	2*6
3	3*1	3*2	3*3	3*4	3*5	3*6
4	4*1	4*2	4*3	4*4	4*5	4*6
5	5*1	5*2	5*3	5*4	5*5	5*6
6	6*1	6*2	6*3	6*4	6*5	6*6

**Tableau 6: Exemple de diallèle complet avec  $p=6$**

Au total nous avons :

$p^2$  croisements au total : ensemble du tableau : 36

$p$  autofécondations: diagonale du tableau : 6 autofécondations.

$p^2 - P$  croisements dit réciproques: ensemble du tableau moins la diagonale :30 hybrides

$p(p + 1)/ 2$  : croisements réciproques: moitié du tableau sous la diagonale plus les autofécondation : 21 croisements.

$p(p - 1)/ 2$  : croisements réciproques: moitié du tableau sous la diagonale : 15 (un seul sens de croisement).