

REFLEXIONS SUR LE CHOIX DES GENITEURS ET SUR CERTAINES VOIES D'OBTENTION DE VARIETES NOUVELLES CHEZ LE RIZ (*O. sativa* L.)

par Michel ARRAUDEAU *

RESUME. — Le choix des **géniteurs** à retenir pour l'obtention de **recombinants hybrides** chez le **riz** pose de nombreux problèmes. Après un examen des différences relevées parmi des groupes de géniteurs, de la complémentarité des apports des diverses sources possibles, une approche de la solution telle qu'elle a été envisagée à Madagascar est développée : en faisant appel à des **origines génétiques éloignées**, des recombinaisons *Ponlai* × *Indica* prometteurs ont été obtenus. La technique est décrite. A l'avenir, d'autres voies de recherche sont envisagées et notamment l'**haploïdie** et surtout la **stérilité mâle**.

Le problème du choix des géniteurs chez le riz soulève nombre de difficultés. S'il est certain que l'on recherche chez l'hybride une complémentarité harmonieuse et favorable des caractères les plus intéressants présents chez chacun des parents, encore faut-il retenir préférentiellement certaines variétés parentales en fonction de critères, ou même parfois de simples hypothèses, orientant les options.

De nombreux facteurs de choix entrent alors en jeu, mais relèvent tous en fait de deux catégories : l'une concernant l'appartenance de la variété à un groupe, ou à des dérivés de celui-ci ; l'autre ayant trait à une série de caractères spécifiques d'une variété et qui ne se trouvent pas aussi favorablement représentés chez d'autres variétés relevant du même groupe.

LES GROUPES DE GENITEURS

De nombreux auteurs se sont attachés à établir des classifications à l'intérieur de l'espèce *Oryza sativa* L. Les références sont nombreuses en ce domaine : les travaux de Kato et al. (1928), de Kato et Maruyama (1928), de Jones (1930), de Terao et Mizushima (1939 et 1944), de Stebbins

(1950), de Mizushima (1948 et 1950), de Morinaga (1954), de Matsuo (1952), de Oka (1953 et 1954), de Coyaud (1950), de Wagenaar et al. (1952), de Morinaga et Kuriyama (1955 et 1958) ; puis, plus récemment, de Morinaga (1963), de Henderson (1963), de Shastry (1963), de Oka (1963), de Sampath (1963), de Wu et al. (1963), notamment, conduit aux trois groupes suivants :

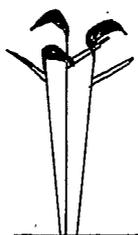
Japonica.
Javanica.
Indica.

En fait, il n'existe pas de critère suffisamment indiscutable pour placer, sans aucune hésitation, certaines variétés dans l'un de ces trois groupes. En effet, si, dans la plupart des cas, la place d'une variété est pratiquement dictée par l'ensemble de ses caractères, il existe néanmoins de nombreuses formes de transition pour lesquelles il n'existe pas de certitude absolue.

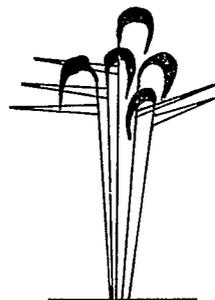
Si ces trois groupes font autorité, il n'en est pas moins certain qu'à l'intérieur de deux d'entre eux, il semble préférable de proposer deux sous-groupes au moins, ceux-ci étant établis à l'aide de caractères particuliers permettant une meilleure classification génétique (fig. 1).

* ARRAUDEAU M., Maître de recherches principal ORSTOM, Chef de mission IRAT, BP 853, Tananarivé-Madagascar. 28 AVR. 1976

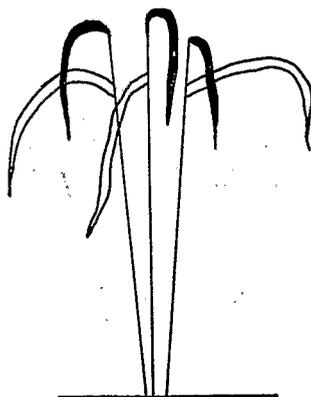
JAPONICA VRAI



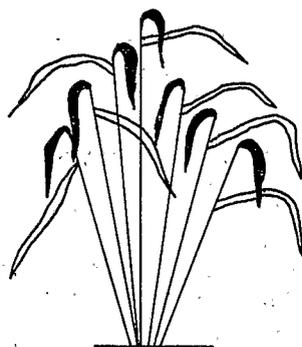
PONLAI



JAVANICA



INDICA VRAI



INDICA SEMI NAIN



Fig. 1. — Aspect schématique de la plante,
de la feuille paniculaire et de la panicule.

Le groupe *JAPONICA* peut être ainsi scindé en *Japonica* vrais et *Ponlai* (cf. annexe 1), ces derniers comprenant en particulier les *Japonica* ayant transité pendant un certain temps à Formose et qui, de ce fait, ont subi des modifications permettant de les différencier des *Japonica*. Nous pensons que ces *Ponlai* ont un grand rôle à jouer dans les hybridations avec les *Indica* inter-tropicaux.

Le groupe *INDICA* peut aussi être scindé en *Indica* vrais et *Indica* semi-nains (cf. annexe 2), ces derniers renfermant le gène de semi-nanisme présent chez *Dee-geo-woo-gen* et *Taichung (N) 1*, entre autres. Ce sous-groupe semi-nain, s'il présente un intérêt indéniable dont nombre de sélectionneurs se sont servis, a néanmoins des caractères défavorables, dont la présence incite à la réflexion.

Admis pour englober les « bulus » indonésiens et de nombreuses variétés des Philippines, les *JAVANICA* incluent aussi très probablement les « *Vary lava* » de Madagascar. Tous ces types sont en fait des formes intermédiaires entre les deux autres groupes et, sans mésestimer leurs qualités, il semble que leur intérêt génétique en tant que parents d'hybrides doit être retenu avec prudence.

Cette mise au point préalable conduit, après discussion, à établir des règles d'action générale compte tenu de la valeur globale de ces groupes en tant que géniteurs.

DISCUSSION DE CETTE IDEE DE SOUS-GROUPES

La collection de riz existant à Madagascar permet de constater des différences notables entre ces variétés et de les classer, à de rares exceptions près, dans l'un des groupes ou sous-groupes ci-dessus.

D'autre part, les croisements effectués conduisent à des observations qui laissent parfois perplexe. Enfin, le principal souci est d'améliorer sans cesse le choix des géniteurs pour augmenter la probabilité d'apparition de recombinaisons favorables.

DIFFERENCES MORPHOLOGIQUES

Reprenant les caractères les plus intéressants de la classification de Matsuo (1952) et élargissant celle-ci aux groupes et aux quatre sous-groupes énoncés ci-dessus, le tableau I indique des différences morphologiques notables.

TABLEAU I
GROUPES ET SOUS-GROUPES

	JAPONICA		JAVANICA	INDICA	
	Vrais	Ponlai	—	Vrais	Semi-nains
Forme du grain	Court	Court	Très long	Long	Demi-long
Longueur du limbe de la deuxième feuille	Très faible	Faible	Très grande	Grande	Moyenne
Angle formé par la feuille paniculaire et le chaume	Semi-ouvert	Semi-ouvert	Ouvert	Semi-ouvert à ouvert	Fermé
Feuille paniculaire	Très courte et étroite	Courte et étroite	Longue et large	Longue et étroite	Courte et semi-large
Nombre de talles	Faible	Moyen	Faible	Elevé	Elevé
Port des talles	Erigé	Erigé	Erigé	Semi-étalé	Semi-étalé
Longueur de la panicule	Faible	Moyenne	Très grande	Moyenne	Moyenne
Densité paniculaire	Elevée	Elevée	Moyenne	Moyenne	Elevée
Hauteur de la plante	Faible	Moyenne	Très grande	Grande	Moyenne
Emergence de la panicule	Moyenne	Bonne	Moyenne	Bonne	Mauvaise
Diamètre du chaume	Petit	Petit	Fort	Moyen	Fort

Ces descriptions s'appliquent à la très grande majorité des variétés locales, introduites ou créées à Madagascar, à la seule exception de variétés très particulières (mutants nains par exemple).

Les schémas de la figure 1 donnent une représentation quasi-symbolique de ces descriptions.

Les différences morphologiques sont donc nettement perceptibles et la classification d'une variété dans un groupe et un sous-groupe ne soulève en principe que peu de difficultés.

CROISEMENTS ET STERILITE F1

De nombreuses hybridations ont été effectuées à Madagascar, soit entre géniteurs appartenant au même groupe, soit préférentiellement et plus récemment, entre variétés appartenant à des sous-groupes différents.

Si on prend les trente-quatre croisements conduits à divers titres au cours des trois dernières années, ils se répartissent de la manière suivante, quant à leur nombre et au pourcentage moyen de stérilité F1 observé.

TABLEAU II

	<i>Javanica</i> × <i>Indica</i> semi-nain	<i>Indica</i> vrai × <i>Indica</i> semi-nain	<i>Indica</i> vrai × <i>Ponlai</i>	<i>Indica</i> vrai × <i>Japonica</i> vrai	<i>Ponlai</i> × <i>Javanica</i>	<i>Ponlai</i> × <i>Indica</i> semi-nain
Nombre de croisements	7	6	6	1	5	9
% de stérilité	58	67	78	30	66	60

Il faut en conclure :

— Que le croisement *Indica* vrai par *Japonica* vrai est une exception, ce modèle entraînant en général une très forte stérilité en F1.

— Que les pourcentages moyens de stérilité des cinq autres modèles sont du même ordre de grandeur, avec cependant des taux plus faibles pour les modèles *Javanica* par *Indica* semi-nain et *Ponlai* par *Indica* semi-nain, ce qui tendrait à dire que l'affinité générale des *Indica* semi-nains semble meilleure que celle des autres groupes ou sous-groupes. En fait, la variabilité des taux de stérilité à l'intérieur d'un même modèle de croisement est très grande (de 28 à 100 % chez *Ponlai* par *Indica* semi-nain, de 40 à 89 % chez *Javanica* par *Indica* semi-nain). Il en résulte que chaque croisement est assurément un cas particulier.

— Qu'il est intéressant de constater que, dans le modèle *Ponlai* par *Indica* vrai, le pourcentage de stérilité, tout en étant élevé, n'est pas prohibitif. Il suffit en effet d'obtenir un peu plus de grains F1 pour assurer une F2 de taille valable, les techniques d'hybridation le permettant d'ailleurs très aisément.

AVANTAGES ET INCONVENIENTS

Chaque groupe ou sous-groupe présente des avantages et des inconvénients. Le tableau III les indique, mais, encore une fois, il ne fait que résumer des constatations d'ensemble moyennes, restant bien entendu qu'il existe des exceptions.

TABLEAU III

	JAPONICA		JAVANICA	INDICA	
	Vrais	<i>Ponlai</i>	—	Vrais	Semi-nains
Potentiel de rendement	Elevé	Très élevé	Moyen	Elevé	Elevé
Résistance à la verse	Très bonne	Bonne	Mauvaise	Mauvaise	Bonne
Résistance à l'égrenage	Très bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Bonne
Résistance à la pyriculariose	Mauvaise	Bonne	Moyenne	Variable	Mauvaise
Translucidité du grain	Bonne	Bonne	Moyenne	Bonne	Moyenne
Résistance à la cassure	Très bonne	Très bonne	Mauvaise	Moyenne	Moyenne
Adaptabilité écologique	Mauvaise	Très bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Réponse à l'azote	Très bonne	Très bonne	Mauvaise	Moyenne	Moyenne

Ces observations, effectuées dans diverses régions de Madagascar indiquent donc une tendance générale. Deux exemples à titre indicatif :

Parmi les *Ponlai*, le Chianan 8 est actuellement la variété la plus intéressante en raison de sa très large adaptabilité et de ses nombreuses autres qualités, dont un potentiel de rendement d'au moins 10 t/ha dans les régions d'altitude comprise entre 800 m et 1.200 m.

Parmi les *Indica* semi-nains, l'IR 8 s'est avéré particulièrement sensible aux maladies — pyriculariose et bactériose — non pas la première année, mais deux à trois ans après son introduction dans toutes les régions de l'île, à l'exception toutefois — ce qui est logique car ces deux parasites n'y existent pas — des régions nord-ouest où son excellent comportement l'a fait préconiser en grande culture.

En règle générale, à Madagascar :

Les *Japonica* vrais ont des rendements à peine moyens, mais ont l'avantage de leur précocité. Ils sont trop souvent sensibles aux maladies et ont une taille trop courte (40 cm à 50 cm) pour des rizières à irrigation mal contrôlée. Des études actuelles de précocité, avec des techniques culturales appropriées, laissent néanmoins des espoirs.

Les *Ponlai* sont du plus haut intérêt et méritent indéniablement des études attentives. Leur adaptabilité et leur degré de résistance aux maladies en font des variétés attachantes.

Les *Javanica* sont le plus souvent décevants, que ce soit comme variétés à cultiver ou comme géniteurs. Hormis leur grain très long et parfois de très belle qualité, ils recèlent en effet de trop nombreux défauts : verse, faible rendement, etc.

Les *Indica* vrais, de par leur introduction souvent ancienne dans l'île, se révèlent très bien adaptés. Ils forment un très bon complément des *Ponlai*, en raison de leurs grains longs et translucides, du moins pour certains d'entre eux.

Les *Indica* semi-nains, sont intéressants en raison de leur phénotype général et de leur potentiel

de rendement, mais le mauvais dégainage de la panicule et leur sensibilité aux maladies ne doivent les faire admettre qu'avec certaines précautions, selon Parthasarathy (1971), Huang, Chang et Chang (1971), Okaba (1971) et Weerarathe (1971).

COMPLEMENTARITE DES GENITEURS

Le but d'une hybridation est l'obtention d'un recombinant présentant une association au maximum d'intensité des caractères intéressants des deux parents, en éliminant dans la mesure du possible les caractères défavorables.

Deux séries de caractères sont alors mis en jeu : les uns à hérédité qualitative et les autres à hérédité quantitative, ces derniers étant de loin les plus importants.

COMPLEMENTARITE DES CARACTERES QUANTITATIFS

Ces caractères ne sont que d'un intérêt mineur du point de vue culturel et l'hérédité en est généralement simple. Les principaux sont les suivants (Chandraratna, 1964) :

Pigmentation anthocyanique.

Teinte des glumelles.

Couleur du péricarpe.

Déficiences chlorophylliennes.

Agéotropisme, port flottant, chaume fragile ou tordu, nanisme, auricules, ligules, pubescence, glumes ailées, etc.

L'hérédité de ces caractères est le plus souvent connue. Ils résultent de mutations portant sur un faible nombre de gènes (ex. : couleur du péricarpe).

COMPLEMENTARITE DES CARACTERES QUALITATIFS

Pour en dégager les traits caractéristiques, nous prendrons deux exemples : la longueur du grain et la hauteur de la plante.

Longueur du grain.

Ce caractère vraisemblablement peu lié à la fluctuation de l'environnement a servi longtemps de base à certaines classifications (Graham, 1913 ; Baale, 1927 ; Sethi, 1930). En outre, de nombreuses études, entre autres celles de Chao (1928), de

Ramiah et Parthasarathy (1933), puis de Syakudo (1951 et 1953) suggèrent l'action de 3 à 5 allèles, et au moins une action polygénique. C'est effectivement ce qui a été observé à Madagascar où, en outre, de nombreuses transgressions ont été obtenues, dans des croisements *Indica* × *Indica* et surtout chez des croisements *Japonica* × *Indica*. Ces transgressions sont d'une importance primordiale, car il s'agit alors d'une complémentarité exacerbée, donc très intéressante.

Hauteur de la plante.

Ce caractère, étudié essentiellement par Ramiah (1933) et par Syakudo (1952), serait contrôlé par plusieurs gènes, le chiffre 3 étant assez souvent avancé. Il est à noter qu'une corrélation positive semble exister entre l'augmentation de la hauteur et l'allongement du cycle, les ségrégants précoces étant le plus souvent de taille assez courte. A Madagascar, les observations ont conduit aux mêmes conclusions, mais là aussi, de nombreuses transgressions, souvent vers des tailles courtes, ont été remarquées.

Autres caractères.

Il en est de même pour les autres caractères quantitatifs, selon des expressivités variables. Il faut donc en retenir que d'une part une combinaison harmonieuse de deux expressions de caractères est parfaitement possible, mais que les difficultés vont croissant avec le nombre de caractères à recombinaison, notamment pour le rendement où les facteurs sont souvent mal connus et tellement nombreux que l'obtention d'un recombinant favorable relève plus souvent du hasard que du calcul et que d'autre part, les transgressions sont très nombreuses, d'autant plus que l'on s'adresse à des origines génétiques éloignées.

La figure 2 donne deux exemples de transgressions obtenues à Madagascar, toutes deux en F8 en 1972. Ce sont les deux croisements les plus intéressants en cours d'étude. Certains de leurs descendants — en tout 46 lignées en F8 — présentent des transgressions multiples, ainsi qu'il est symbolisé sur cette figure.

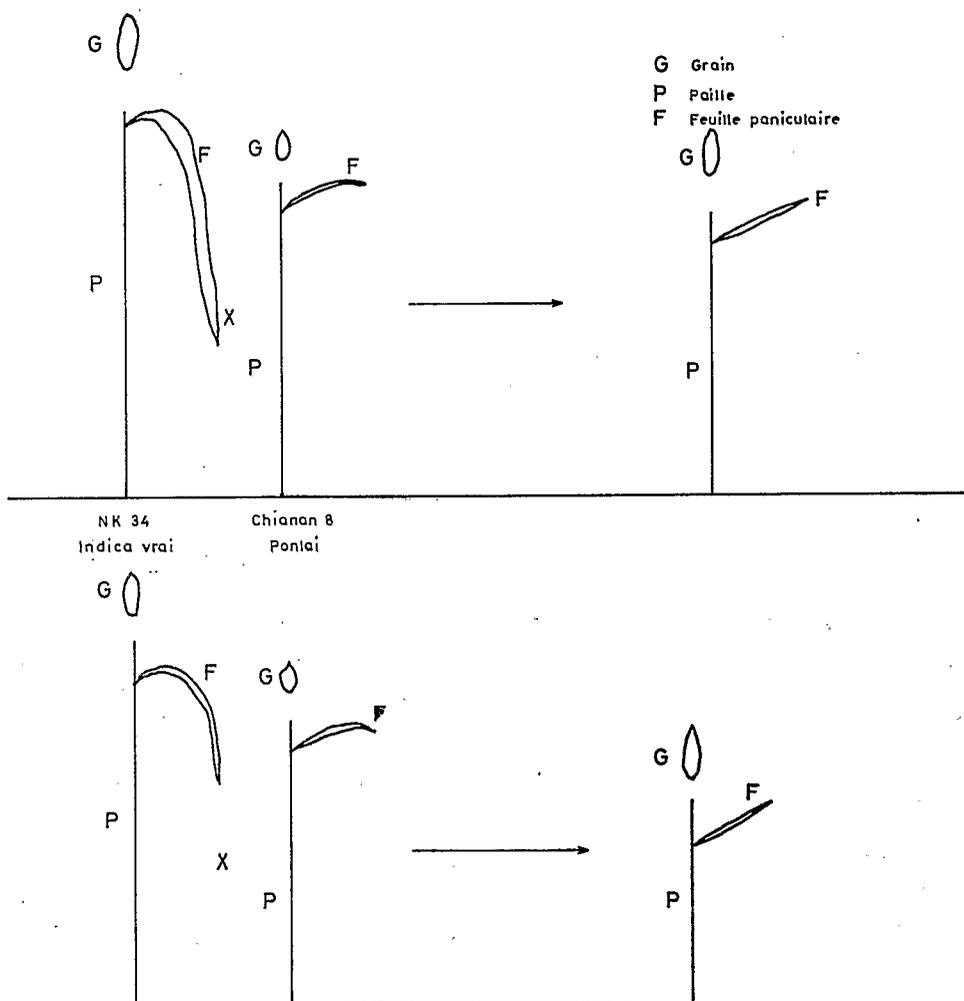


Fig. 2. — Exemples de transgressions.

Quelques-unes de ces lignées possèdent en effet des pailles plus courtes que les deux générateurs pour un grain plus long ; c'est particulièrement sensible dans le croisement MK 34 × Chianan 8 pour le grain et dans 347 × Tainan 1 pour la paille. Dans cet exemple, nous avons en présence deux *Ponlai* et deux *Indica* vrais ; en conséquence, l'hypothèse consistant à **retenir, pour les hybrider entre elles, des sources génétiquement aussi éloignées que possible**, prend ici toute son importance et se confirme.

Mais il est probable en outre que le sous-groupe *Ponlai*, déjà adapté à des milieux plus chauds que les *Japonica* vrais du Japon ou même des zones tempérées, présente un intérêt très

marqué en raison justement de son adaptation à un climat inter-tropical.

En conclusion, **un très bon système complémentaire pour les pays tropicaux paraît bien être celui consistant à hybrider les formes locales les plus typées d'*Indica* vrais par des formes *Ponlai*.**

A noter enfin que certains *Ponlai*, tout comme bien d'autres formes évidemment, sont parfois décevants. Par exemple, le Tainan 1 donne des descendance hybrides, quand il est croisé avec les *Indica* vrais malgaches, trop fréquemment sensibles à l'égrenage, alors que les deux parents ne le sont pas ou bien peu. Il s'agit là encore d'une forme de transgression.

RECHERCHE DE LA SOLUTION

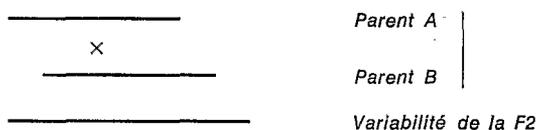
En fait, il n'existe pas une solution aux problèmes du choix des géniteurs, mais bien plusieurs. Néanmoins, il s'avère possible de tracer des lignes de conduites qui, du moins à Madagascar, sont appliquées systématiquement au cours du programme hybridation.

LES GENOTYPES PARENTAUX

La règle fondamentale est qu'ils doivent être aussi éloignés que possible. La figure 3 donne une estimation hypothétique de la probabilité d'apparition des recombinants intéressants dans deux cas :

Fig. 3.

a) Génotypes parentaux proches :



b) Génotypes parentaux éloignés :



Intensité d'un caractère donné



Selon cette hypothèse, il est donc indéniable qu'il est de loin préférable de croiser *Japonica* par *Indica* qu'*Indica* par *Indica* par exemple, et il est donc logique que les croisements *Indica* par *Javanica* ou *Japonica* par *Javanica* se montrent, en général, bien peu prometteurs.

Or, ce qui est probable pour un caractère, doit être applicable à tous les autres, sauf peut-être un, le rendement. Encore faut-il préciser pour ce dernier que les géniteurs retenus ont pratiquement tous un potentiel élevé, alors que les autres caractères ont bien souvent, du moins pour l'un des géniteurs, une possibilité d'expression favorable. Si donc, espérer un grain de 10 mm en croisant des grains de 5 mm par des grains de 7 mm ne relève pas d'une simple spéculation, penser obtenir un rendement de 120 q/ha en croisant des riz capables de produire 80 q/ha et 100 q/ha s'apparente davantage à un espoir chimérique.

En ce sens, les croisements *Indica* par *Indica* semi-nains semblent promis à un moins grand avenir que *Japonica* par *Indica*. En dehors du fait que les *Indica* semi-nains présentent un phéno-

type assez aisément obtenu dans certains croisements *Ponlai* par *Indica* — certains descendants de MK 34 par Chianan 8 sont très proches de IR 20 ou de CICA 4, avec toutefois une feuille paniculaire plus oblique et une exsertion meilleure de la panicule — ils appartiennent au groupe *Indica* et sont donc évidemment plus proches des *Indica* que les *Japonica* (*Ponlai* ou vrais).

LE CHOIX DES PARENTS

Si une orientation préférentielle quant au choix des groupes parentaux se dessine, celui des variétés à retenir à l'intérieur d'un groupe relève, il faut le reconnaître, en grande partie du flair du sélectionneur.

En effet, des éliminations de parents dont les mêmes caractères se présentent sous un état défavorable sont certes à conseiller : une fois celles-ci effectuées, il reste le plus souvent une série plus ou moins abondante de chaque groupe, dans laquelle il faut, à moins évidemment que des moyens importants permettent non seulement de conduire tous les croisements, mais surtout d'en étudier les descendances, effectuer un ou des choix. Il n'existe alors aucun critère l'orientant avec suffisamment de certitude.

Il en résulte que ce choix relève en pratique de réflexions ou d'idées que se fait le sélectionneur sans qu'*a priori*, il soit possible de tracer un plan précis.

En outre, malgré la valeur d'une variété en tant que telle, il n'est pas du tout certain qu'elle se révèle intéressante en combinaison hybride ; il ne faut donc pas confondre bonne variété et bon géniteur, le premier cas n'entraînant pas forcément le second. C'est ainsi qu'à Madagascar, le Tainan 1, variété très intéressante, se révèle en fait, à une exception près, mauvais géniteur en raison de la très grande sensibilité à l'égre-nage de ses descendances hybrides.

DIMENSION ET ETUDE
DE CHAQUE GENERATION HYBRIDE

Chaque génération hybride pose un problème tant pour le nombre des individus que pour les caractères à étudier.

Dimensions.

Le principe général est que, plus la distance génétique entre les parents est importante, plus le nombre d'individus en F2 doit être élevé.

Si donc les chiffres classiques de 5.000 à 10.000 plantes en F2 d'un croisement *Indica* par *Indica* se révèlent acceptables, il semble nécessaire, d'après nos observations, de porter ce chiffre à au moins 50.000 individus dans le cas d'un croisement *Indica* par *Ponlai* par exemple.

Ce que l'on cherche en effet, c'est avant tout les recombinants extrêmes et, en particulier, les transgressions les plus originales qui apparaissent à une fréquence faible.

Par exemple, dans les croisements MK 34 par Chianan 8 et 347 par Tainan 1, nous avons retenu en F8 46 familles (*) issues de deux lignées F3 pour 347 × Tainan 1 et de trois lignées F3 pour MK 34 × Chianan 8, soit 5 plantes F2 au total, le détail des opérations était le suivant :

	MK 34 × Chianan 8	347 × Tainan 1
Plantes F2 étudiées ...	7.224	5.250
Plantes F2 conservées ...	206 (2,85 %)	178 (3,39 %)
Lignées F3 étudiées ...	206	178
Lignées F3 retenues ...	41	13
Familles F4 retenues ...	32	11
Familles F5 retenues ...	17	9
Familles F6 retenues ...	12	7
Familles F7 retenues ...	7	4
Familles F8 retenues ...	3	2

La conséquence en est que sur 12.474 plantes F2, cinq, soit **4 pour 10.000** ont donné naissance à des recombinants très intéressants au stade F8. Dans ces conditions, le nombre de 50.000 individus F2 par croisement de ce type ne semble pas excessif, et, à titre d'étude, nous avons retenu à Madagascar le nombre de 150.000 pour un croisement *Indica* par *Ponlai*.

Ces remarques expliquent sans doute en partie les déceptions qu'ont trop fréquemment causées par le passé et en de nombreux pays, les croisements *Indica* par *Japonica*, le nombre de plants F2 étant tout simplement trop faible.

Etude.

Les règles suivantes semblent devoir être admises pour chacune des générations :

F2 : Les plantes vectrices de caractères indésirables à forte héritabilité sont éliminées, le choix devant être aussi peu sévère que possible.

F3 : C'est en fait la génération la plus importante ; une sélection minutieuse, mais relativement sévère s'impose, tout en portant l'attention sur les mêmes caractères qu'en F2, c'est-à-dire ceux à forte héritabilité.

(*) Compte tenu des sous-familles.

F4 : A partir de cette génération, les caractères à forte héritabilité doivent céder la place à ceux à faible héritabilité.

F5 et suivantes : L'accent sera mis de plus en plus sur les caractères à faible héritabilité.

Cette ligne de conduite d'ensemble doit être complétée par deux importantes remarques :

— Dans les croisements du modèle *Indica* par *Ponlai*, nous avons observé que ce n'est qu'à partir de la F4 ou de la F5 que le « modelage » des recombinants intéressants commence à se dessiner, les F2 ayant le plus fréquemment un aspect décevant. Il faut donc bien se garder d'effectuer une sélection en F2 trop sévère dans ce modèle.

— Il est couramment admis que les « hors-types » apparaissant dans les lignées ou familles à partir de la F4 sont à éviter en raison de leur caractère hétérozygote éventuel. Le prélèvement de 189 pieds hors-types sur nos champs de sélection, à titre expérimental, F4 à F8 en 1971, a toutefois conduit à 9 familles homogènes après quatre cycles de sélection, ce qui constitue une exception à la règle.

DU « DIRIGISME » DES CROISEMENTS

Nous venons de voir que le choix des géniteurs reste soumis plus au savoir-faire du sélectionneur qu'à des critères précis. Néanmoins, une méthode devrait permettre au moins de l'orienter préférentiellement : il s'agit des **croisements dialèles**.

Sans entrer dans les détails, il s'agit de retenir un certain nombre de parents et de les croiser systématiquement l'un par l'autre, sans omettre les croisements réciproques, puis d'étudier à l'aide de méthodes mathématiques, les descendance directes de tous ces croisements ; les études de Jinks (1954), Hayman (1954), Griffing (1956), Kempthorne (1969) et de Matzinger (1956), basées sur les travaux préliminaires de Hull (1945, 1952), entre autres, permettent en effet d'établir une analyse mathématique.

La donnée de départ importante est que le riz est une plante autogame, ce qui rend un programme dialèle délicat et lourd à gérer. Néanmoins, il semble bon de l'établir en tenant compte des groupes et sous-groupes mentionnés ci-dessus. Nous avons ainsi cinq ensembles de géniteurs. Compte tenu du fait que l'autofécondation est aisée — simple ensachage — il s'avère que le nombre de croisements nécessaires pour N géniteurs est, compte tenu des réciproques, de N(N — 1), d'où les nombres suivants :

N	Nombre de croisements	
	Directs	Directs et réciproques
2	1	2
3	3	6
4	6	12
5	10	20
6	15	30
7	21	42
8	28	56
9	36	72
10	45	90

Le problème des croisements diallèles se résume donc à une question de moyens.

En fait, il s'agit de déterminer le nombre minimum de grains hybrides à obtenir. Compte tenu du pourcentage de réussite des hybridations elles-mêmes, du pourcentage de stérilité en F1 et des

mauvaises germinations, il est possible d'estimer ce nombre à 100 en prenant une solide marge de sécurité indispensable dans un tel programme, ce qui représente au plus 1.000 fleurs à hybrider par croisement. Il est bien certain néanmoins que ce chiffre est un maximum et que le choix du lieu et de l'époque pour conduire une telle étude est important en ce sens qu'il peut réduire cette estimation dans d'assez larges proportions.

Enfin, ces diallèles doivent être surtout conçus, dans une première étape, en vue de la recherche des compatibilités optimales entre les sous-groupes, puis, dans une seconde étape, en vue d'identifier les géniteurs adéquats. Il reste néanmoins entendu que cette dernière étape restera toujours assujettie à un choix limité entièrement inféodé à l'intuition du sélectionneur.

TECHNIQUE D'AVENIR

Restant dans le domaine des hybridations — la mutagenèse est une activité créatrice différente et n'entre donc pas dans le cadre de ces lignes — deux techniques semblent, du moins pour l'une d'entre elles, promises à un brillant avenir : il s'agit de la stérilité mâle et de l'haploïdie.

LA STERILITE MALE

Les références sont peu nombreuses ; décrite par Ramanujam en 1935, elle n'a, depuis, que fait l'objet de rares données : récemment, dans des croisements comprenant Sakotira 55, variété africaine, une stérilité de 70 % dans un sens a été rapportée, Basmati 370 semblant avoir des gènes de restauration. Taichung Native 1 est une source de cytoplasme stérile mâle et de gènes de restauration de la fertilité, Pankhari 203 agissant comme mainteneur. Chinsurah Boro II possède un cytoplasme stérile et un système de restauration, Taichung 65 agissant comme mainteneur. Bir-co est aussi une source de cytoplasme stérile et de gènes de restauration.

La stérilité mâle peut être induite par divers autres mécanismes ; Ishikawa (1927 et 1929) et Miyazama (1935) mentionnent des formes de riz mâle stériles chez lesquelles ce caractère est dû à la vacuité des sacs polliniques. La forme mâle stérile de Remanujam est due à des anthères indéhiscents et à pollen desséché. Ce sont ici des caractères monogéniques récessifs.

En dehors de ces derniers cas, très particuliers, il existe ainsi des variétés *Indica* ayant du cytoplasme stérile et un système de restauration de fertilité, les *Japonica* semble-t-il, ayant un cytoplasme normal.

En fait, il est possible que trois systèmes soient en jeu chez le riz, permettant ainsi trois formes d'expression de la stérilité mâle ; un système cytoplasmique génique, un autre cytoplasmique et un dernier génique (Hayes, Immer et Smith, 1955).

Quoi qu'il en soit, il est certain que la stérilité mâle peut jouer un rôle important dans les programmes d'amélioration variétale du riz, en particulier évidemment pour l'emploi de l'hétérosis. La réalisation d'hybrides commerciaux de première génération ne constitue qu'un objectif à long terme qu'il ne faut cependant pas mésestimer.

L'HAPLOIDIE

Plus que la stérilité mâle, l'haploïdie retient vivement l'attention.

Les références sont encore ici assez peu nombreuses. Depuis Morinaga et Fukushima (1931), Ramiah, Parthasarathy et Ramanujam (1935), Nakamura (1933), Icnijima (1934), Takahashi (1936), Jones et Longley (1941) ont observé des haploïdes naturels chez le riz. Ces observations ont été complétées par Nakamura, Morinaga et Jones en particulier, par des études des méioses et de la parthénocarpie chez les haploïdes.

Des études récentes de Niizeki et Oono (1970) ont permis l'obtention de plantes à partir de **cultures d'anthères** sur milieu de Miller additionné de 10^{-5} M de 2,4 D, puis transplantation sur d'autres milieux. L'intéressant est que des plantes diploïdes ont été obtenues à partir des plantules haploïdes, soit spontanément, soit après traitement à la colchicine. Ces résultats faisaient suite à d'autres rapportés aussi par les mêmes auteurs (1968 et 1969).

Nitsch (1969 et 1970) signale un processus intéressant de doublement des chromosomes par endomitose favorisée par la présence de cytokinines (sur tabac, mais envisageable pour le riz).

Ces observations font donc présumer une voie très fructueuse pour le riz et qui pourrait se résumer ainsi : transplantation aseptique des étamines au stade pollen uninucléé, formation de plantules haploïdes par embryogenèse à partir des micro-

spores, production de plantes haploïdes où sont prélevés des segments repiqués sur un milieu riche contenant une auxine et une cytokinine. Endomitose, puis production de plantes diploïdes ; ce schéma n'est actuellement qu'une hypothèse de recherches, mais la voie est intéressante et mérite d'être retenue, en raison des implications qu'elle aurait sur du pollen de première génération hybride, de par l'obtention immédiate de diploïdes homozygotes vrais, fixés.

CONCLUSION

Le choix des géniteurs a causé — et causera encore — de nombreux soucis aux sélectionneurs. Sur le riz en particulier, étant donnée la gamme considérable de parents possibles (plusieurs milliers de variétés disponibles), ce choix, relevant certes d'une grande part d'observations, n'en reste pas moins quelque peu subjectif.

Sans qu'il soit possible, dans l'état actuel des connaissances, de proposer une méthode précise, il est néanmoins souhaitable d'orienter ce choix vers l'obtention de recombinaisons plus prometteuses que d'autres. Ce n'est qu'une possibilité parmi d'autres, mais l'emploi de parents génétiquement éloignés paraît être fructueuse : elle a du moins pour elle des bases réalistes.

En outre, des voies nouvelles sont ouvertes pour perfectionner le choix lui-même par l'étude détaillée de croisements diallèles ; une méthode telle que la culture d'anthères par ailleurs, sera un précieux apport dans un programme d'hybridation intensifié.

De notables progrès restent encore à accomplir. Néanmoins, il semble peu douteux que la prochaine décennie ne voit s'orienter les méthodes de sélection sur des chemins qui semblent aujourd'hui relever davantage de la spéculation technique que de nos connaissances actuelles en amélioration des plantes.

ANNEXE 1

LES PONLAI

Cette dénomination a été suggérée à la Japan Rice Production Conference tenue à Taïpeh en mai 1926.

Il s'agit de variétés à génotypes très largement *Japonica* prédominants, issues de variétés importées par les Japonais à Formose à partir de 1894.

D'importants travaux de recherches ont fait procéder en premier lieu à des essais de variétés japonaises (environ 1.300 introductions), puis à un programme d'hybridations avec les mieux adaptées d'entre elles, avec parfois mise en jeu d'un géniteur local de type *Indica* du groupe Tsailai — ou « Native » — parmi d'autres.

De cette manière, entre 1931 et 1943 ont été obtenues douze variétés nouvelles importantes dont notamment *Taichung 65* (Kameyi × Shinriki) et *Chianan 8* (O-luan-chu × Shinriki Aikoku) × *Taichung 65*, qui est ainsi une 3/4 *Japonica*, O-luan-chu étant une *Indica*. Par la suite ont été obtenues *Chianung 242*, *Japonica* à part entière, puis *Taichung 186* (*Japonica*), puis enfin *Tainan 5* (9/10 *Japonica*), pour ne citer que les plus importantes.

Leurs caractéristiques les plus importantes sont leur très faible sensibilité à la photopériode et aux variations de température, leur relative précocité et leur morphologie très intéressante.

ANNEXE 2

LES INDICA SEMI-NAINS

Ils ont une souche commune parmi un certain nombre de variétés de Formose, cultivées déjà bien avant 1939 et dont les plus intéressantes, à l'époque, étaient Ti-chueh-hua-lou, Dee-geo-woogen et Ai-chueh-chin-Yu, cultivées en raison de leur meilleure résistance à la verse ; celle-ci est

due à la présence d'un gène de nanisme récessif issu probablement d'une mutation naturelle dans un riz d'une forme Tsailai (*Indica*) locale, elle-même originaire de riz chinois des Provinces de Fukien et de Kwangtung. I-geo-Tse est venu par la suite compléter ces souches originelles vectrices du semi-nanisme.

La première variété *Indica* semi-naine hybride fut *Taichung Native 1*, sélectionnée en 1956 à partir d'un croisement entre *Dee-geo-woo-gen* et *Tsai-yuan-chung* effectué en 1949.

Par la suite furent obtenues, entre autres, *Taichung sen 2* (*Dee-geo-woo-gen* × *Pai-mi-fen*), puis *Kaohsiung sen 2* (*Taichung Native 1* × *Pai-mi-fen*) et enfin *Kaohsiung sen-yu 11* et *Kaohsiung sen-yu*

12, mais leur principal avenir fut assuré par l'IRRI depuis 1960, grâce à des recombinaisons telles *IR-8*.

Leurs caractères les plus importants sont une très bonne aptitude au rendement, mais une sensibilité élevée aux bactérioses, une assez faible résistance à la pyriculariose et trop souvent des grains de mauvaise qualité.

Bibliographie

- ARRAUDEAU (et al). — Bilan des hybridations réalisées sur riz à l'Institut de Recherches Agronomiques à Madagascar. — *In* : Document IRAM (Tananarive), 1974, n° 393, pp. 1-41.
- BEALE R.A. — A scheme of classification of varieties of rice in Burma. — *Pusa Agric. Res. Inst. Bull.* (Inde), 1927, 167, p. 14.
- CHANDRARATNA M.F. — Genetics and Breeding of Rice. — Harlow, Longmans, Green and Co. Ltd, 1964, 389 p.
- CHAO L.F. — Linkage studies in rice. — *Genetics*, (New Jersey), 1928, 13, pp. 133-69.
- COYAUD Y. — Le riz. Etude botanique, génétique, physiologique, agrologique et technologique appliquée à l'Indochine. — *Arch. de l'Office Indochinois du Riz*, (Saigon), 1950, 30, 312 p.
- GRAHAM R.J.D. — Preliminary note of the classification of rice in the Central Provinces. — *Mem. Dept. Agric. India. bot. ser.*, (Calcutta), 1913, 6, 209-29.
- GRIFFING B. — A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. — *Heredity*, (London), 1956, 10, pp. 31-50.
- HAYES H.K., IMMERS F.R., SMITH D.C. — *Methods of Plant Breeding*. — N.Y., London, Mc-Graw-Hill book company, 1955.
- HAYMAN B.I. — The analysis of variance of diallel crosses *Biometrics*, (Washington), 1954, 10, pp. 235-44.
- HENDERSON M.T. — Cytogenetics studies at the Louisiana Agricultural Experiment Station of species relationship in *Oryza*. *In* : *Rice Genetics and cytogenetics*. Amsterdam, Elsevier publishing Company, 1964, pp. 103-10.
- HUANG C.H., CHANG W.L., CHANG T.T. — *Ponlai varieties and Taichung Native 1*. Rice Breeding. — Los Banos, IRRI, 1972, pp. 31-46.
- HULL F.H. — Regression analysis of yields of hybrid corn and inbred parent lines. — *Maize Genetics Coop. News Letter*, (Bloomington), 1945, 19, pp. 21-7.
- ICHIJIMA K. — On the artificially induced mutations and polyploid plants of rice occurring in subsequent generations. — *Proc. Imp. Acad. Japan*, 1934, 10, pp. 388-91.
- ISHIKAWA J. — Studies on the inheritance of sterility in rice. — *J. Coll. Agric. Hokkaido*, 1927, 20, pp. 79-201.
- ISHIKAWA J. — On the inheritance of male sterility in rice. — *Jap. J. Ganet*, (Tokyo), 1929, 4, pp. 156-7 (en japonais).
- ISHIKAWA J. — Studies on partially sterile plants. — *Proc. Crop. Sci. Soc.*, Japan, (Tokyo), 1940, 12, pp. 25-30 (en japonais).
- JINKS J.L., HAYMAN B.I. — The analysis of diallel crosses. — *Maize Genetics Coop.*, News Letter, (Bloomington), 1953, 27, pp. 48-54.
- JONES J.W. — Sterility in rice hybrids. — *J. Amer. Soc. Agron.*, (Geneva N.Y.), 1930, 22, pp. 861-7.
- JONES J.W., LONGLEY A.E. — Sterility and aberrant chromosome numbers in Caloro and other varieties of rice. — *J. Agric. Res.*, (Washington), 1941, 62, pp. 381-99.
- KATO S., KOSAKA H., HARA S. — On the affinity of rice as shown by the fertility of hybrid plants. — *Sci. Bull. Coll. Agric. Kyushu Imp. Univ.*, 1928, 3, pp. 132-47 (en japonais).
- KATO S., MARUYANA Y. — Serodiagnostic investigation on the affinities of different varieties of rice. — *Sci. Bull. Coll. Agric.*, Kyushu Imp. Univ., 1920, 3, pp. 16-29.
- KEMPTHORNE O. — *An introduction to Genetic Statistics*. — Ames, Iowa state university press, 1969, 545 p. Iowa State University Press, 1969, 545 p.
- MATSUO T. — Genecological studies on cultivated rice. — *Bull. nat. Inst. agric. Sci.*, Japan. Ser. D., 1952, 3, p. 111.
- MATZINGER - DALE. — Components of variance of diallel crosses in Maize in experiments repeated over locations and years. — Ph. D. Thesis, Iowa State College Library, 1956.
- MIYAZAWA B. — Studies on mutations in rice. — *Bull. Miyazaki, Coll. Agric. For.*, (Japan), 1935, 7, p. 110.
- MIZUSHIMA U. — Study on sexual affinity among rice varieties, *O. Sativa* L. I - Analysis of affinity of Japanese, American and Javanese varieties. — *Seibutsu*, 1948, 3 (2), (en japonais).
- MIZUSHIMA U. — Study on sexual affinity among rice varieties, *O. Sativa* L. II - Affinity of other Asiatic and Hawaiian varieties. — *Tohoku, J. Agric. Res.*, (Sendai), 1950, 1, pp. 151-60.
- MORINAGA T. — Classification of rice varieties on the basis of affinity. — Rep. 5th Meeting of the Inter, rice commission's working party on rice breeding. Tokyo, 1954, pp. 1-14.
- MORINAGA T., FUKUSHIMA E. — Preliminary report on the haploid plant of rice. — *Oryza sativa* L. *Proc. Imp. Acad.*, Japan, 1931, 7, pp. 383-4.
- MORINAGA T., KURIYAMA H. — Japonica type rice in the sub-continent of India and Java. — *Jap. J. Breed.*, (Tokyo), 1955, 5, pp. 149-53.
- MORINAGA T., KURIYAMA H. — Intermediate type of rice in the sub-continent of India and Java. — *Jap. J. Breed.*, (Tokyo), 1958, 7, pp. 253-9.
- NAKAMURA S. — The haploid plant in rice. — *Jap. J. Genet.*, (Tokyo), 1933, 8, pp. 223-7 (en japonais).
- NIIZEKI H., OONO K. — Rice plants obtained by anther culture. — *In* : *Les cultures de tissus de plantes*, Strasbourg, 1970. *Colloques Internationaux CNRS*, 1970, n° 193, pp. 251-7.
- NITSCH J.P. — La production *in vitro* d'embryons haploïdes : Résultats et perspectives. *In* : *Les cultures de tissus de plantes*, Strasbourg, 1970. *Colloques Internationaux CNRS*, 1971, n° 193, pp. 281-94.
- OKA H. — Phylogenetic differentiation of the cultivated rice plant. I - Variation of various characters and character combination among rice varieties. — *Jap. J. Breed.*, (Tokyo), 1953, 3 (3), pp. 33-43.
- OKA H. — Phylogenetic differentiation of the cultivated rice plant. II - Classification of rice varieties by intervarietal hybrid sterility. — *Jap. J. Breed.*, (Tokyo), 1954, 3 (3), pp. 1-6.
- OKABE S. — Breeding for high yielding varieties in Japan. — *In* : *Rice breeding*. — Los Banos, IRRI, 1971, pp. 47-60.
- PARTHASARATHY N. — Rice breeding in tropical Asia before 1960. — *In* : *Rice breeding*. — Los Banos, IRRI, 1972, pp. 5-30.
- PARTHASARATHY N., RAMANUJAM S. — An asynaptic mutant in rice. — *Proc. Indian Acad. Sci.*, (Bangalore), 1935, 2, pp. 90-7.
- RAMANUJAM S. — Male sterility in rice. — *Madras Agric. J.*, (Coimbatore), 1935, 23, p. 190.
- RAMIAH K. — Inheritance of height of plant in rice. — *Indian J. Agric. Sci.*, (Delhi), 1933, 3, pp. 411-32.
- RAMIAM K., PARTHASARATHY N. — Inheritance of grain length in rice. — *Indian J. Agric. Sci.*, (Delhi), 1933, 3, pp. 808-19.
- SAMPATH S. — Suggestions for a revision of the genus *Oryza*. — *In* : *Rice genetics and cyto genetics*. — Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1964, pp. 22-3.
- SETHI R.L. — Root development of rice under different conditions of growth. — *Mem. Dept. Agric. India. Bot. Ser.*, (Calcutta), 1930, 18, pp. 57-80.
- SHASTRY S.V.S. — Chromosome structural differentiation. Isolating mechanisms and speciation in *Oryza*. — *In* : *Rice genetics and cyto genetics*. — Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1964, pp. 111-7.
- STEBBINS G.L. — *Variation and evolution in plants*. — London, Oxford University Press, 1950.

STRICKBERGER N.W. — Genetics. — New York, Macmillan Company, 1971, 858 p.

SYAKUDO K., TOMINAGA M., KAWASE T., HAYASHI K. — Studies on quantitative inheritance (9). A. Rice (1). Inheritance of the height of culms and the quantitative function of the causal genes in their height determination. (2) on the quantitative function of the two multiple genes and the dwarf gene D. — Jap. J. Breed. (Tokyo), 1952, 2, pp. 81-8.

TAKAMASHI N. — Studies on the linkage relations between the factors for endosperm characters and sterility in the rice plant, with special reference to selective fertilisation. 1936.

TERAO H., MIZUSHIMA V. — Some consideration on the classification of *Oryza sativa* L. into two subspecies, co-called, Japonica and Indica. — Jap. J. Bot., (Tokyo), 1939, 10, pp. 213-58.

WAGENAAR G.A.W., VAN SCHOUWENBURG J.C., SIREGAR H. — Semi-sterility of rice hybride in Indonesia in relation to the Indica-Japonica problem. — Contr. Gen. Agric. Res. Stat., Bogor, 1962, 127, p. 21.

WEERARATNE H. — Progress of rice breeding in Ceylan since, 1960. — *In* : Rice breeding. — Los Banos, IRRI, 1972, pp. 137-40.

WU H.K., KWAN S.C., LI H.W. — A preliminary note on the Pachytene analysis of Japonica X Indica hybrides. — *In* : Rice genetics and cytogenetics. — Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1964, pp. 167-8.