Approches génétiques à l'ORSTOM

LE CAS

DE QUELQUES PLANTES TROPICALES

(Riz, mil, panicum maximum, gombos)

Jean-Marc LEBLANC et Gilles BEZANCON, coordinateurs *

* Chercheurs à l'ORSTOM, Commission scientifique "Sciences du monde végétal" (C.S. 4).

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 24526 ex 3

Cote : A

L'ORSTOM mène des programmes génétiques relatifs à certaines des principales espèces cultivées en Afrique : panicum, café, riz, igname, manioc, mil, sorgho.

La première tâche consiste à collecter à travers champs les espèces cultivées rustiques traditionnelles (cultivars) et les espèces sauvages rattachées sur toute leur aire de distribution. Ces opérations de collecte sont en grande partie financièrement soutenues par l'International Board for Plant Genetic Resources (I.B.P.G.R.). Au cours des quinze dernières années, environ 30 prospections ont ainsi été accomplies par l'ORSTOM dans une vingtaine de pays africains, avec une attention particulière sur les espèces sauvages du fait de leur raréfaction en raison de la déforestation et de la sécheresse dans le Sahel.

Les échantillons recueillis sont conservés sous forme de collections vivantes quand il s'agit d'espèces pérennes, comme le panicum, le café, manioc et les riz sauvages vivaces ; elles sont alors régulièrement renouvelées. Quant aux autres espèces, leurs semences sont stockées dans des chambres froides ou congelées pour des conservations de longue ou moyenne durées. Ces collections sont enrichies grâce à des échanges avec d'autres organismes chargés de la préservation des ressources génétiques.

La deuxième étape de ce travail concerne l'évaluation génétique. Elle implique l'utilisation de diverses méthodes :

- l'électrophorèse en gel d'amidon horizontal permet la révélation de 15 enzymes différents. Il s'agit de l'examen de routine d'un grand nombre de variétés originelles destiné à déterminer le niveau du polymorphisme enzymatique.
- les barrières reproductives entre espèces différentes sont évaluées par l'étude des hybridations interspécifiques. Cette étude comprend l'examen de la reproduction croisée et des observations sur la fertilité et la cytogénétique (étude des chromosomes) F1 (*) ainsi que de leur descendance.

(*) Première génération.

- la variabilité morphologique et la potentialité des échantillons sont mesurées en testant de nombreuses caractéristiques d'intérêt agronomique à la faveur de programmes de recherche en coopération avec divers organismes français, nationaux et internationaux.

Les résultats ainsi obtenus apportent une contribution importante à l'étude de la phylogénèse et à la connaissance systématique de ces plantes, y compris du processus évolutif de leur domestication. Ils contribuent également à établir de nouveaux plans de sélection adaptés aux systèmes de culture tropicaux et fondés sur une meilleure utilisation de la variabilité génétique. Certains d'entre eux sont aujourd'hui mis en oeuvre avec succès dans le domaine de la sélection végétale, l'exemple du panicum au Brésil en témoigne.

LE RIZ ET SES ORIGINES : LE ROLE DE LA DOMESTICATION

Par Gérard SECOND *

Parmi les graminées qui nourrissent le monde, le riz occupe une place particulière, tant du point de vue de son importance, c'est la première céréale, que du point de vue botanique et de son écologie : il est proche des graminées les plus primitives.

Les racines asiatiques du riz cultivé commun Oryza sativa n'ont jamais été mises en doute mais, déjà, de Candolle dans son "Origine des plantes cultivées" publié en 1883 semblait hésiter entre une origine chinoise ou indienne de cette céréale des régions chaudes.

Kato au début du siècle décrit scientifiquement l'existence de deux sous-espèces parmi le riz asiatique cultivé : japonica et indica, ce que les Chinois reconnaissaient traditionnellement dans les types "Keng" et "Hsien".

Portères, du Museum de Paris, enleva néanmoins à l'Asie le seul bénéfice de la domestication du riz en reconnaissant une origine indépendante, africaine, à Oryza glaberrima cultivé en Afrique de l'Ouest mais dont l'importance économique est faible. Nous n'avons donc pas "un" riz mais "des" riz, avec 3 espèces ou sous-espèces et une richesse en agro-écotypes et en variétés fabuleuse.

Des traces archéologiques d'utilisation du riz et probablement de domestication remontent vers le 5ème ou le 7ème millénaire avant notre ère, tant en Chine qu'en Inde et en Thaïlande. Ces restes archéologiques sont néanmoins peu nombreux. Par contre, les hypothèses sur l'origine du riz sont multiples et contradictoires, souvent empreintes de nationalisme.

L'analyse du polymorphisme des riz, cultivés et sauvages, au niveau moléculaire (protéines enzymatiques, ADN et métabolites secondaires du type flavonoïde) vient au contraire probablement de nous dévoiler de ma-

* Département "Indépendance alimentaire", Unité de recherche E07.

nière cohérente l'histoire des riz depuis le milieu de l'ère tertiaire. Cette histoire est lue au travers de la diversité génétique couplée à la diversité géographique qui en sont l'empreinte.

Le genre Oryza a son origine au cours de l'ère tertiaire en Eurasie mais l'ancêtre provenait probablement antérieurement de l'Afrique. Le fossile découvert près du lac de Constance en Suisse et nommé Oryza exasperata par Heer en 1855 est le seul fossile d'épillet connu du genre Oryza, bien qu'il ne soit pas possible de l'authentifier sur la simple illustration dont nous disposons.

De ce genre primitivement adapté aux forêts humides se sont détachés, probablement au cours de la coévolution des graminées et des herbivores, deux complexes d'espèces que l'on retrouve actuellement sous tous les tropiques, depuis la Chine du Centre jusqu'au Nord de l'Australie et l'Ouest de l'Inde en Asie et Océanie d'une part et en Afrique et Amérique inter-tropicales d'autre part. L'un comprend des espèces d'ombre et de pleine lumière (Latifolia), l'autre ne possède que des espèces de pleine lumière : c'est le groupe Sativa qui inclut les riz cultivés.

L'analyse de la diversité des protéines enzymatiques par électrophorèse dans une collection mondiale de représentants de ces deux complexes d'espèces permet une application remarquable du concept d'horloge moléculaire avec des taux d'évolution qui se révèlent n'être pas très différents de ceux que l'on observe pour les mêmes protéines chez les vertébrés.

Un scénario d'évolution qui fait appel à la tectonique des plaques et aux modifications du paléoenvironnement depuis le milieu de l'ère tertiaire en émerge. L'introduction des riz sauvages en Australie remonterait à l'époque, il y a une quinzaine de millions d'années, où la collision des plaques australasienne et du Sud-Est asiatique fit émerger des cordons d'îles à la topographie mouvante qui ont représenté un couloir possible à la migration de certaines plantes et de quelques animaux. Les riz seraient ensuite restés isolés sur cette plaque jusqu'à une autre vague d'introduction beaucoup plus récente, au pléistocène durant les glaciations, lorsque le niveau des mers était au plus bas.

La migration des riz sauvages d'Eurasie en Afrique a pu accompagner les migrations de mammifères entre les deux continents. Elle fut interrompue par l'ouverture de la mer Rouge mais surtout par l'aridification et le refroidissement du climat qui ont fait refluer les riz vers l'Equateur. Il est remarquable de trouver des "dates de divergence" entre espèces africaines et asiatiques d'autant plus anciennes (2 à 15 millions d'années) que les exigences écologiques des espèces concernées correspondent à celles de climats plus humides. Aucune espèce anciennement introduite en Afrique n'est cependant adaptée aux forêts humides. On peut y discerner ici la nécessité à laquelle elles ont été confortée de traverser la zone saharienne, déjà plus ou moins aride bien avant leur arrivée en Afrique.

Alors que l'Asie du Sud-est est un refuge pour les espèces du genre Oryza adaptées aux forêts humides, l'Asie centrale, plus sèche, a probablement été un berceau pour les riz sauvages de pleine lumière et particulièrement les formes annuelles à gros grains que l'on trouve dans les mares temporaires des zones de savane sèche où la perturbation par les animaux est intense à la fin de la saison des pluies, c'est-à-dire lorsque les grains mûrissent. On peut donc voir, dans la différenciation des formes actuelles de riz sauvage entre la Chine et l'Asie du Sud (que l'on retrouve parmi les riz cultivés sous la forme des sous-espèces indica et japonica), l'influence de la chaîne de l'Himalaya qui s'est élevée en barrière à la migration des animaux donc aux plantes qu'ils transportent ; celle-ci est relativement récente à l'échelle géologique puisque la faune à Hipparion (Cheval à 3 doigts) n'est pas différente dans ses fossiles au Nord et au Sud de l'Himalaya. Notre datation pointe vers 2 à 3 millions d'années pour la séparation des ancêtres du riz cultivé en Chine et en Asie du Sud sous l'influence de l'Himalaya.

Au contraire, sur la même base, la parenté des riz sauvages d'Amérique avec ceux d'Asie indique leur introduction très récente, probablement au cours de la colonisation hispanique. De même, les riz sauvages semblent bien n'avoir été introduits à Madagascar que récemment, avec le riz cultivé.

Pour situer l'importance de la datation moléculaire ci-dessus, il suf-

fit de rappeler que la distribution pan-tropicale des riz sauvages était interprétée antérieurement comme reflétant la fragmentation de l'ancien territoire du Gondwana, soit entre 50 et 100 millions d'années : on était bien loin de la réalité !

Le transport de riz sauvages par l'homme vers l'Amérique n'est qu'un aspect de la perturbation de la paléo-distribution qui s'est effectuée directement ou indirectement sous l'influence humaine. On peut déceler également des transports d'espèces asiatiques vers l'Afrique et l'Australasie et de l'Afrique vers l'Asie du Sud et du Sud-Est. La confrontation d'espèces ou sous-espèces préalablement isolées pendant des millions d'années s'est traduite par l'apparition de nouvelles espèces allotétraploïdes mais aussi par l'apparition de nouvelles formes hybrides ou plus exactement introgressées. Il est possible également que cette confrontation de génomes ait eu un effet mutagène qui a élargi encore la diversité génétique sur laquelle pouvait s'effectuer la domestication des riz.

Cette histoire évolutive du genre Oryza éclaire donc d'un jour nouveau celle de la domestication des riz. Tant la domestication indépendante du riz africain que la distinction de deux sous-espèces principales indica et japonica dans l'espèce asiatique cultivée est confirmée au niveau moléculaire.

En revanche, il n'est pas possible de préciser des zones géographiques d'origine exactes de la domestication. On doit plutôt voir trois "non centres" d'origine en Chine, Asie du Sud et Afrique sahélienne.

Cette double origine du riz asiatique, Chine et Asie du Sud explique probablement son succès en permettant des échanges génétiques générateurs de diversité. C'est ainsi par exemple que des variétés que l'on ne trouve qu'à Madagascar ont sans nul doute été sélectionnées sur la Grande Ile en l'absence de riz sauvage. Complémentairement, il est indéniable que, par exemple, le riz asiatique introduit en Afrique a introgressé des gènes du riz sauvage africain probablement responsables d'adaptation locale. Ce double brassage génétique, entre variétés cultivées et avec le riz sauvage, a sans aucun doute existé en Asie depuis des millénaires conduisant à la situation actuelle, avec relativement peu de formes sauvages dans leur habi-

tat d'origine mais beaucoup de formes dites "adventices", car spontanées mais inféodés à la pratique culturale.

La domestication apparaît ainsi comme un processus historique. Sa connaissance doit non seulement permettre de le poursuivre en utilisant les processus d'évolution naturelle que nous dévoilons mais de gérer et de préserver plus efficacement les ressources génétiques qui sont représentées tant par les cultivars traditionnels, de plus en plus abandonnés que par les diverses formes sauvages menacées dans leur intégrité par le développement de la riziculture.

LES RIZ D'AFRIQUE

Depuis 1974, l'ORSTOM a développé un programme d'étude des ressources génétiques du complexe Oryza sativa en Afrique. Grâce à des financements de l'IBPGR et en collaboration avec l'IDESSA et l'IRAT en Côte d'Ivoire, ce programme s'est traduit par des prospections extensives dans 16 pays d'Afrique qui ont permis de constituer une importante collection des espèces cultivées O.sativa et O.glaberrima ainsi que des espèces sauvages O.breviligulata et O.longistaminata.

O.sativa, cultivé dans le monde entier, a été introduit anciennement en Afrique de l'Est et à Madagascar, mais beaucoup plus récemment en Afrique de l'Ouest, vraisemblablement par les Portugais vers le 16ème siècle. Il est possible de distinguer 2 groupes de variétés appelés O.japonica et O.indica. Cette distinction, qui est caractérisée par une forte association de caractères morpho-physiologiques variés (encore qu'il existe de nombreuses formes intermédiaires), peut être retrouvée par un test biochimique simple basé sur la réaction au phénol des glumelles. En outre, O.sativa montre une très grande diversité de types variétaux adaptés à des milieux et à des systèmes de cultures très différents.

O.glaberrima a au contraire une importance limitée à l'Afrique de l'Ouest et se voit progressivement remplacé par O.sativa. Deux écotypes seulement peuvent être clairement distingués : une forme flottante, tardive, et une forme dressée, précoce, qui est cultivée en système pluvial ou dans les zones moyennement inondées.

O.breviligulata présente une forme typiquement sauvage dans les mares temporaires isolées en zones de savane ; il existe également une forme adventice dans les champs cultivés ou les jachères récentes, mais qui est limitée à l'aire de répartition d'O.glaberrima.

O.longistaminata est une espèce pérenne grâce à de vigoureux rhizomes et se rencontre le plus souvent dans les zones régulièrement inondées. Le système d'auto-incompatibilité qui régit l'allogamie de cette es-

pèce ménage cependant des formes partiellement autofertiles dans les petites populations adventices.

L'analyse de la variabilité enzymatique par électrophorèse d'isozymes d'un grand nombre d'échantillons originaux a permis de préciser les relations phylogénétiques entre les différentes espèces et l'origine de la diversité génétique des riz cultivés, en particulier :

- La domestication d'O.glaberrima s'est faite indépendamment d'O.sativa et à partir d'O.breviligulata en s'accompagnant d'une réduction de la variabilité enzymatique.
- La nature de la variabilité d'O.longistaminata exclut toute relation phylétique proche avec les autres espèces du complexe Sativa.
- La grande diversité génétique d'O.sativa est fondamentalement organisée en deux groupes se superposant remarquablement bien à une distinction Indica-Japonica obtenue par la réaction au phénol. Cette diversité proviendrait de deux domestications indépendantes suivies d'introgessions réciproques entre les types primitifs ainsi qu'avec les riz sauvages dans toute leur distribution géographique.

L'extension de l'étude du polymorphisme enzymatique à d'autres collections comprenant les formes asiatiques du complexe Sativa et à un échantillonnage des espèces du complexe Latifolia montre une évolution similaire de ces deux groupes. Il est possible de formuler une hypothèse cohérente en accord avec les événements tectoniques et climatiques prévalant depuis 20 millions d'années selon laquelle une origine lointaine eurasiatique a été suivie d'une dispersion terrestre puis d'une isolation en 4 groupes géographiques : Afrique, Australie, Asie du Sud et Chine. Par la suite, les migrations humaines ont rompu cet isolement et ont permis la conquête de nouvelles zones géographiques et écologiques (Amérique) avec l'apparition d'espèces tétraploïdes pour le complexe Latifolia et la possibilité de nombreuses introgessions réciproques pour le complexe Sativa, largement confirmées par les observations de terrain et l'étude des barrières reproductives.

Outre une meilleure connaissance de l'évolution des végétaux et du

processus de domestication, ces résultats permettent d'envisager de nouvelles perspectives dans l'amélioration du riz en redonnant de l'intérêt à O.glaberrima et aux variétés traditionnelles d'O.sativa en Afrique. Il est possible de reconsidérer la notion de conservation de ressources génétiques en la basant non pas uniquement sur des aspects quantitatifs donnant la priorité au nombre d'accessions, mais également sur des aspects qualitatifs privilégiant la recherche de formes primitives.

L'exploitation des ressources génétiques, en amélioration des plantes, semble être évidente tant les échanges génétiques sont importants dans le complexe Sativa ; cependant, cette valorisation ne se ramène pas à la simple introduction d'un ou de plusieurs caractères particuliers par des méthodes classiques qui ont toutes chances d'échouer en brisant des blocs de gènes coadaptés. Au contraire, la recherche de nouveaux ensembles génétiques équilibrés nécessite de repenser l'architecture des plantes à obtenir et suppose des méthodes et des critères de sélection différents.

Enfin, la voie de la polyplôïdisation, pourtant essayée depuis longtemps sans succès, peut être réexaminée d'une manière nouvelle à la lumière de l'évolution du complexe Latifolia en envisageant plus raisonnablement la recherche de formes tétraploïdes dans le complexe Sativa.

LE MIL

Le mil (Pennisetum typhoides/Burn - Staff et Hubb) est parmi les plantes vivrières cultivées en Afrique l'une des rares qui soit entièrement africaine. Son centre d'origine pourrait se situer aux confins du Soudan et de l'Ethiopie.

C'était à l'origine une plante sans doute très voisine du mil sauvage que les botanistes ont baptisé du nom de Pennisetum violaceum (Rich). Le passage de la forme sauvage à la forme cultivée s'est fait uniquement par l'accumulation naturelle de variations héréditaires, dont la conservation a été largement favorisée par les premiers agriculteurs qui ont su très tôt en reconnaître l'intérêt. Bon an, mal an, cette plante particulièrement rustique était capable d'assurer une récolte malgré des techniques et un outillage rudimentaires ne permettant qu'une maîtrise très imparfaite du milieu de culture.

Plante originaire de régions aux conditions climatiques difficiles, le mil semblait donc destiné à devenir par le jeu du hasard et de la nécessité une plante particulièrement bien adaptée au manque d'eau, aux fortes températures et à la faible fertilité des sols.

La pratique de semis du mil illustre bien la prise en compte du risque climatique. Réalisée sur un sol sableux, manuellement et sans travail préalable du terrain, cette opération réclame une quantité de semences très réduite (3kg/ha) et une faible dépense de travail de 8 à 9 h/ha. Tout le potentiel de main-d'oeuvre familiale, jeunes enfants compris, est mis à contribution si nécessaire pendant un bref laps de temps. Ces conditions expliquent que l'agriculteur accepte de prendre des risques considérables en semant à l'occasion de pluies très précoces (1) et sont par ailleurs néces-

(1) Espérance improbable d'un rendement élevé, mais enjeu peu important.

La maîtrise technique repose ici précisément sur la conséquence bénigne de perdre un pari très risqué.

saires, dans des sols très perméables à faible pouvoir de rétention, pour tirer parti au mieux d'une pluie isolée en semant le plus rapidement possible la superficie requise (surface moyenne de 2,5 ha par parcelle et de 0,80 ha par habitant). Le resemis partiel, parfois total, est une pratique habituelle qui se répète souvent plusieurs fois jusqu'à l'installation véritable des pluies. Des semis tardifs sont également réalisés, traduisant le pari que le mil parviendra à maturité grâce à des pluies tardives de fin de saison. Le nombre de grains semés par poquet (plus de cinquante en moyenne), leur étagement dans les dix premiers centimètres du sol contribuent en outre à accroître les chances de levée puis de survie de quelques plantules. L'agriculteur module enfin sa technique en fonction de la répartition de la fumure animale sur la parcelle (en évitant de semer trop précocément les zones les plus fumées de crainte de voir le mil "brûler" si les pluies suivantes tardent trop) et des caractéristiques de surface du sol (en sols de piémont, semis plus précoces des plaçages sableux que des zones battues où l'eau ruisselle).

La production globale annuelle se situe autour de 6,5 millions de tonnes en Afrique pour un emblavement évalué à 12 millions d'hectares, soit un rendement moyen d'environ 500 kg/ha. Les variations du rendement en milieu paysan sont toutefois importantes : 250 kg/ha à 700 kg/ha suivant les conditions climato-édaphiques et les systèmes de culture.

ESSAI D'AMELIORATION DE LA PRODUCTION DE LA CULTURE TYPE

Chez les céréales très évoluées comme le blé, par exemple, la matière sèche représentée par le grain correspond environ à la moitié de la quantité de matière sèche totale produite par la plante. Chez le mil cultivé traditionnellement en Afrique, la matière sèche totale produite par le grain ne représente que le 1/5 au plus de la matière sèche totale produite par la plante. Le mil est encore dans l'état actuel de son évolution d'un type beaucoup plus fourrager que céréalier.

Sans négliger l'apport fourrager important que pourraient constituer les cannes de mil à l'élevage en zone sahélienne, les études actuelles sont

dirigées essentiellement sur la recherche d'une structure plus céréalière à cycles végétatifs plus courts mieux adaptés à la durée de la courte saison pluvieuse des régions sahéliennes.

Une collection des mils de l'Afrique de l'Ouest constituée pour le compte de l'IBPGR (2) par l'ORSTOM a permis de réunir une vaste représentation de la variabilité naturelle de cette espèce. C'est ainsi que l'on a pu identifier toute une gamme de génotypes aux cycles très différents (80 à 180 jours).

L'utilisation de cette variabilité permet d'offrir des variétés mieux adaptées à la durée de la saison des pluies qui varie du nord au sud de un à six mois.

D'autres exemples de variétés adaptées au milieu ont pu être décrits et collectés tant en ce qui concerne la résistance à certains parasites que la résistance au froid, critère important d'adaptation à la culture en contre-saison (culture de décrue ou d'irrigation).

C'est ainsi que, dans le cadre de l'adaptation au milieu, les travaux de l'ORSTOM se placent en amont de la sélection variétale. C'est la collecte et la connaissance des différentes formes d'adaptation naturelle qui permettra d'offrir à un cultivateur placé dans une condition écologique particulière un cultivar déjà a priori adapté au milieu.

(2) IBPGR : International Board for Plant Genetic Resources.

Exemple d'amélioration de la production fourragère

LE PANICUM MAXIMUM

L'herbe de Guinée, Panicum maximum JACQ, graminée fourragère tropicale, est d'une importance économique indéniable dans la zone inter-tropicale. Des cultures en grande surface sont faites en Australie, en Amérique du Sud, en Afrique de l'Est et aux Antilles.

Le Panicum maximum se multiplie de façon asexuée par formation de graines apomictiques par aposporie. Les graines résultent du développement d'un sac embryonnaire non réduit qui ne subit pas de fécondation. Ces graines ont rigoureusement le même génotype que la plante mère. Ce mode de reproduction, désigné par l'expression "apomixie par aposporie", rend inopérant les méthodes de sélection par croisement, propres à améliorer les variétés cultivées.

Ce sont des prospections réalisées par l'ORSTOM en 1967 et 1969 en Tanzanie et au Kenya qui ont permis de révéler l'existence d'une forme entièrement sexuée. Le déterminisme génétique simple de la sexualité a permis de transférer ce caractère dans les variétés à améliorer et de promouvoir ainsi un schéma de sélection intéressant.

Les premiers travaux ont consisté à réunir la variabilité du groupe des *Maximae* au sein d'une collection, à sélectionner des variétés fourragères à haut rendement (ORSTOM G23 et ORSTOM K187B) et à mettre au point un schéma d'amélioration génétique.

Dans la pratique, la sélection des variétés se fait en trois étapes. Les souches présentant un aspect fourrager (vigueur et tallage important, densité élevée de feuillage, etc.) sont testées près d'Abidjan pour leur comportement en monoculture dense. Les meilleures, associant à la fois une forte productivité, une seule épiaison annuelle de septembre à octobre et une bonne appétabilité, sont ensuite comparées pour leurs aptitudes semencières à Bouaké.

Enfin, les sélections produisant plus de 200 kg/ha de semences sont expérimentées dans différentes structures d'accueil (SODEPRA, SODEPALM, PALMINDUSTRIE, etc.) réparties dans la zone de climat guinéen. On y étudie alors leurs potentialités d'adaptation à des conditions particulières en ne se limitant pas seulement aux caractéristiques pédologiques et climatiques locales, mais en considérant aussi la résistance au piétinement, à l'ombrage (implantation sous cocoteraies) ou bien encore le type d'exploitation (ovins/bovins, pâturage/ensilage, intensif/extensif).

Les nouvelles variétés vulgarisées en Côte d'Ivoire se caractérisent par une forte vigueur (celle-ci autorise la première année des rythmes d'exploitation de 3 à 4 semaines), un taux de matière sèche supérieur à 17 % (et pouvant atteindre 26 %) et un comportement floral assurant un compromis entre les potentialités semencières et l'utilisation en pâturage (moins de 2 mois de montaison par an).

Les rendements grainiers à l'hectare de ces variétés ont doublé, voire quadruplé au cours de la dernière décennie. Actuellement, la production semencière par ensilage dépasse 200 kg/ha avec un taux de germination de 75 % au moins. L'installation par semis en ligne d'une prairie permanente nécessitant 2,5 kg/ha de semences germant à 100 %, les valeurs obtenues assurent des multiplications environ 100 fois supérieures.

La souche ORSTOM T58 constitue un bon fourrage pour les bovins en produisant 36 t/ha/an de matière sèche, avec un taux de 17 % de matière sèche. L'hybride ORSTOM 1A50 présente aussi de bonnes qualités fourragères avec une préférence pour les conditions climatiques du sud de la Côte d'Ivoire. Son aspect morphologique, proche de ORSTOM T58, oriente son utilisation vers les bovins. La variété ORSTOM C1 est renommée pour sa teneur en matière sèche voisine de 26 % et une production de 34 t/ha/an de matière sèche. Elle est utilisable aussi bien pour les bovins que pour les ovins et supporte très bien l'ombrage sous cocoteraies.

Cette possibilité d'exploitation pour les bovins et les ovins est aussi une caractéristique des hybrides ORSTOM 2A5, 2A6, 2A8 et 2A22. Ces variétés plus productives atteignent 39 t/ha/an de matière sèche tout en présentant un taux intermédiaire de 20 à 22 % de matière sèche.

Cette diversité de variétés assure aux utilisateurs une gamme de haut niveau capable de répondre à des besoins divers.

D'autres résultats ont été obtenus dans le cadre de la coopération franco-brésilienne à l'EMBRAPA.

Le Brésil est actuellement le principal utilisateur des plantes fourragères tropicales (près de 35 % des pâturages sont cultivés). Des millions d'hectares de monoculture de Brachiaria decumbens ont provoqué une telle pullulation d'insectes prédateurs (des genres *Deois* et *Ulia*) qu'au plus fort des attaques, ils ont commencé à affecter les cultures voisines. Cette même monoculture a aussi provoqué des pertes animales importantes, par l'intermédiaire d'un champignon associé spécifiquement à ce fourrage (maladie appelé photosensibilisation des veaux).

L'ORSTOM participe à l'effort de diversification fourragère au Brésil au travers de l'introduction et de l'évaluation des ressources génétiques du *Panicum maximum*.

Si l'apomixie par aposporie est un caractère limitant pour un programme de sélection basé sur des fécondations croisées, on conçoit à l'inverse l'intérêt de cette particularité pour la multiplication des semences de variétés améliorées en vue de leur diffusion.

Ce mode de reproduction existe dans les pools secondaires ou tertiaires (souvent sauvages) de céréales importantes. C'est pourquoi l'ORSTOM étendra ce programme à la recherche et au transfert de l'apomixie au maïs et au sorgho.

LES GOMBOS

Les Gombos comprennent l'ensemble des espèces du genre Abelmoschus (ils ne font plus partie des Hibiscus). Ce genre est composé de six espèces proposées par Van Borssum Waalkes en 1966. Cette classification est vivement critiquée mais sert encore aujourd'hui de référence.

Trois espèces sont cultivées :

- A. esculentus. Répartition pan-tropicale, consommation des jeunes fruits, origine indienne résultant d'une "hybridation" entre deux espèces spontanées.
- A. moschatus. Répartition pan-tropicale mais moins fréquente que A. esculentus, utilisation des graines pour la fabrication de parfums (ambrette) et consommation accessoirement des fruits. Origine inconnue mais indépendant des autres espèces.
- A. manihot. Espèce très complexe, rencontrée en Inde et dans l'Asie du Sud-Est. Consommation principale des feuilles. Origine génétique confuse due au regroupement arbitraire de formes trop différentes. En 1982, 350 échantillons ont été légués à l'ORSTOM par le Centre Néerlandais de Côte d'Ivoire. Elles s'est très rapidement enrichie à la suite de prospections où sont intervenus des chercheurs de l'Institut et par le transfert systématique des échantillons collectés lors de diverses missions générales financées par l'IBPGR. Elle comprend actuellement plus de deux mille échantillons originaux, pour la grande majorité d'origine africaine.

Les travaux de Siemonsma (1977 à 1980) ont montré qu'en Côte d'Ivoire coexistent deux espèces cultivées : la forme classique, pan-tropicale, d'origine vraisemblablement indienne, Abelmoschus esculentus et une seconde espèce, non décrite, évoquée par Chevalier en 1940 comme une nouvelle variété de A. manihot.

En raison de leur aire préférentielle respective de culture, ces deux

formes furent caractérisées par Siemonsma comme de type soudanien et de type guinéen.

L'étude de la collection actuelle montre clairement que l'espèce nouvelle occupe une aire minimale de répartition qui s'étend du Nord-Ouest de la Guinée (Conakry) au Sud-Est du Cameroun avec un prolongement probable vers la Centrafrique.

L'évaluation expérimentale utilisant une liste importante de descripteurs (variables) fait ressortir une opposition entre les formes cultivées en Afrique et sur d'autres continents. Les premières sont caractérisées par une très grande homogénéité morpho-phénologique (petites plantes, précoces, peu ramifiées, de couleur verte,...). Les cultivars collectés essentiellement en Afrique de l'Ouest sont beaucoup plus polymorphes. Les fruits de certaines variétés peuvent atteindre, à maturité complète, des dimensions importantes (40 cm de longueur ou 5 cm de diamètre). La hauteur des plantes en fin de cycle oscille, suivant l'origine, entre 60 cm et 3 à 4 mètres. La précocité de floraison varie entre 50 jours à plus de trois mois. Ceci pour ne présenter que quelques exemples.

L'évaluation complémentaire faisant appel à l'électrophorèse des protéines enzymatiques montre que la variabilité des formes cultivées est faible. Elle semble, de plus, diminuer lorsque l'on progresse de l'Afrique de l'Est vers l'Afrique de l'Ouest et, dans cette dernière région, du Bénin vers la Guinée.

Les zymogrammes fréquemment complexes permettent cependant une identification rapide en particulier au niveau de la discrimination des types soudanien et guinéen dont les graines ont un aspect identique.

L'hypothèse selon laquelle le type guinéen serait issu d'une hybridation entre A.esculentus et A.manihot spp Manihot n'est pas confirmée par cette technique.

La barrière reproductive (possibilité ou non d'hybrider deux espèces différentes) entre les deux formes cultivées africaines est relativement lâche. Dans la mesure où l'allopollinisation peut se réaliser spontanément (entomophilie et synchronisme de floraison), il n'est pas rare d'observer des hybrides de première génération dans des plantations. Ceux-ci présentent

cependant une stérilité très importante (fruits pseudo-parthénocarpiques, formation de fruits avec très peu de graines).

Les affinités en croisement avec les autres espèces sont variables. Elles oscillent entre une très bonne acceptation de l'espèce sauvage A.mahoe à un refus systématique avec A.moschatus.

Les différentes voies de sélection en suivant un schéma de complexité croissante sont :

- 1) L'utilisation immédiate de cultivars mis en évidence par la phase d'évaluation et de multiplication.
- 2) Après l'acquisition d'une bonne connaissance de la variabilité intraspécifique et des modalités de sa transmission génétique, elle consiste en un cumul de caractères désirables présents initialement chez plusieurs cultivars différents.
- 3) Par voie semi-complexe qui consiste en "l'extraction" de caractères particuliers présents chez des espèces apparentées : résistance à la virose leaf curl (A. sp), aptitude au bouturage (A.tetraphyllum, etc.) et en son insertion dans le génome de l'espèce cultivée. Elle nécessite le retour vers un bon niveau de fertilité, processus souvent délicat à réaliser.
- 4) Enfin par la reconstitution intégrale d'une espèce synthétique basée sur le processus évolutif et l'origine des formes cultivées. Cette voie permet de contourner le phénomène dit du "goulot d'étranglement" qui est en quelque sorte la diminution de la variation observée lors de l'apparition d'une nouvelle espèce.

Ce qui fut fréquemment le cas pour de nombreuses plantes actuellement cultivées.

ELEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

CAFE

BERTHAUD J., ANTHONY F., LE PIERRES P. (1983). Les caféiers sauvages de la nana. Résultats des observations faites en collection en Côte d'Ivoire. Café, Cacao, Thé (Paris), Vol. XXVIII n° 1 : 3-12.

BERTHAUD J., ANTHONY F., LOURD M. (1984). Les caféiers sauvages de Tanzanie : résultats d'une mission de prospection effectuée du 5 mars au 11 avril 1982. Café, Cacao, Thé, Vol. XXVII, n° 4 245-258.

BERTHAUD J. (1984). Gene flow and population structure in *Coffea canephora* populations in Africa. C.N.R.S. Biologie des populations végétales (Port Camargue, mai 84). In : P. JACQUARD, G. HEIM, J. ANTONOWICS eds Genetic differentiation and dispersal in plants. Springer Verlag ARW Series.

BERTHAUD J. (1986). Les ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers africains diploïdes. Ed. de l'ORSTOM Col. "Travaux et Documents" (Paris), n° 188 : 379 p.

CHARRIER A., BERTHAUD J. (1985). Botanical classification of Coffee. In Coffee by CLIFFORD (M.N.) WILLSON (K.C.) Eds. CROOM HELM (London) pp. 33-47.

HAMON S., ANTHONY F., LE PIERRES D. (1984). La variabilité génétique des caféiers spontanés de la section des *Mozambicoffea* (A. Chev.). I. Précisions sur 2 formes affines *Coffea pseudozanguebariae* Bridson et C. sp. A. Adansonia (Paris) n° 2 : pp. 207-223.

GOMBO

CHARRIER A. (1983). Les ressources génétiques du genre *Abelmoschus*. IBPGR (Rome) 61 p.

CHARRIER A. (1984). Genetic resources of the genus *Abelmoschus* IBPGR (Rome) 75 p.

HAMON S., CHARRIER A., (1983). Large variation of Okra collected in Benin et Togo. Plant, Genet., Res. Newsletter (Rome), n° 56 : pp. 52-58.

HAMON S. (1985). Collaboration entre l'ORSTOM et l'IBPGR : les ressources génétiques du genre *Abelmoschus*. Plant, Genet. Res. Newsletter (Rome). 61 : pp. 26-28.

HAMON S., CLEMENT J., LEBLANC J.M., DE KOCHKO A. (1986). The cultivated okra of west Africa : Inquiries given by collecting mission in Guinea. Plant. Genet. Res. Newsletter (Rome) 65 : pp. 34-37.

HAMON S., YAPO A. (1986). Perturbation induced within the genus *Abelmoschus* by the discovery of a second edible okra species in West Africa. Acta horticulturae, 182 : pp. 133-144.

MIL

CLEMENT J.C. (1984). Les mils penicillaires de l'Afrique de l'Ouest : prospections et collectes (Rome). IBPGR-ORSTOM 226 p.

LEBLANC J.M., PERNES J. (1983). Enzyme polymorphism of *Pennisetum americanum* in the Ivory Coast. Jap. J. of Genetics. 58 (2) : pp. 121-132.

MARCHAIS L., PERNES J. (1985). Genetic divergence between wild and cultivated pearl millets (*Pennisetum typhoides*) II. Characters of domestication. Z. pflanzenzuchtg, 95 : pp. 245-261.

RIANDEY M.F. (1984). Variabilité allélique du système alcool déshydrogénase (ADH) chez le mil (*Pennisetum americanum*) : mise en évidence de classes d'électromorphes par différentes conditions de migration. C.R. Acad. Sci. (Paris) T. 299, série 3, n° 8 : pp. 321-326.

TOSTAIN S. (1985). Mise en évidence d'une liaison génétique entre un gène de nanisme et des marqueurs enzymatiques chez le mil pénicillaire (*Pennisetum glaucum* L.). Can. J. of genetic and cytology. 27 (6) : pp. 751-758.

TOSTAIN S., RIANDEY M.F. (1985). Polymorphisme et déterminisme génétique des enzymes de mil (*Pennisetum glaucum*) : 1) étude de l'alcool déshydrogénases, catalases, endopéptidases et estérases. Agronomie tropicale.

TOSTAIN S., RIANDEY M.F. (1985). Polymorphisme et déterminisme génétique des enzymes du mil pénicillaire (*Pennisetum glaucum* L.) : Etude des malate-déshydrogénases. Agronomie, 5 (3) : pp. 227-238.

TOSTAIN S., LAVERGNE D. (1986). Les différents isoenzymes de la glutamate oxaloacétate transaminase du mil (*Pennisetum glaucum* L.) I. Polymorphisme et déterminisme génétique. C.R. Acad. Sci (Paris). t. 302, Sér. III, n° 6 : pp. 181-184.

PALMAE

ENGELMANN F., DUVAL Y., DEREUDRE J. (1985). Survie et prolifération d'embryons somatiques de palmier à huile après congélation dans l'azote liquide. C.R. Acad. Sci. (Paris). Sér. III, 3 : 111-116.

ENGELMANN F., DUVAL Y. (1986). Cryoconservation d'embryons somatiques de palmier à huile. Oléagineux 41 : pp. 169-174.

HANOWER J. (1984). Inhibition et stimulation en culture in vitro de l'embryogenèse des souches issues d'explants foliaires de Palmier à huile. C.R. Acad. Sc. (Paris). Vol. 298, série III, n° 2 : pp. 45-48.

PANICUM

NOIROT M., MESSENGER J.L., DUBOS B., MIGUEL M., LAVOREL O. (1986) La production grainière des nouvelles variétés de *Panicum maximum* sélectionnées en Côte d'Ivoire. Fourrages. 106 : pp. 11-19.

NOIROT M., PERNES J., CHAUME R., RENE J. (1986). Amélioration de la production fourragère en Côte d'Ivoire par l'obtention de nouvelles variétés de *Panicum maximum*. Fourrages. 105 : pp. 63-75.

SAVIDAN Y. (1983). Genetics and utilization of apomixis for the improvement of guineagrass (*Panicum maximum* Jacq.). Proc. XIVth. Int. Grassl. Congr., (Lexington). (1981) : pp. 182-184.

SAVIDAN Y. (1986). Apomixis as a new tool to increase grain crop production in semi-arid tropics - a research projet. agriculture, Ecosystems and Environment. 16 : pp. 285-290.

RIZ

BEZANCON G., DE KOCHKO A., KOFFI G. (1984). cultivated and wild species of rice collected in Guinea. Plant genet Res. Newsletter (Rome). n° 57 : pp 43-46.

DE KOCHKO A. (1985). Collecting rice varieties in lake alaotra region in Madagascar. Plant Genet. Res. Newsletter (Rome). 63 : pp. 8-9.

SECOND G. (1984). Different rates of genome divergence presumed between two species groups in the genus *Oryza*. The Nucleus 27 (1,2) : pp. 44-48.

SECOND G. (1984). The study of isozymes relation to the distribution of the genus *Oryza* in the paleoenvironment and the subsequent origin of cultivated rice. In : R.O. White ed. The Evolution of the East Asian Environment, Volume II : pp. 664-681.

SECOND G. (1984). Geographic origins genetic diversity and the molecular clock hypothesis in the Oryzaeae. C.N.R.S. Biologie des populations végétales. (Port Camargue mai 1984) In : P. JACQUARD, J. ANTONOWICS, G. HEIM eds Genetic differentiation and dispersal in plants. SPRINGER VERLAG-ARW Série.

SECOND G. (1985). A new insight into the genome differentiation in *Oryza* L. through isozymic studies. A comparison with similar studies in Dactylis and Triticum. In : A.K. SHARMA and ARCHANA eds. Advances in Chromosomes and Cell Genetics. Oxford and I.B.H. Publishing Co. (New Dehli). pp. 45-78.

SECOND G. (1985). Evolutionary relationships in the Sativa group of *Oryza* based on isozyme data. Genet Sel. Evol. 17, (1), : pp. 89-114.

SECOND G. (1985). Relations évolutives chez le genre *Oryza* et processus de domestication des riz. éd. de l'ORSTOM Col. Etudes et Thèses (Paris).

AUTRES**"GESTION DES RESSOURCES GENETIQUES DES PLANTES"**Tome 1 : Monographies

- SAVIDAN Y., COMBES D., PERNES J. : Panicum maximum
- BERTHAUD J., CHARRIER A., GUILLAUMET J.L., LOURD M. : les Caféiers
- BEZANCON G., SECOND G. : les Riz
- PERNES J., COMBES D., LEBLANC J.M. : le Mil

Tome 2 : Manuel

- PERNES J., LOURD M. : Organisation des complexes d'espèces
- GUILLAUMET J.L., PERNES J. : Stratégies de prospection
- LOURD M., PERNES J., SAVIDAN Y., SECOND G. : Evaluation
- NGUYEN VAN E., PERNES J. : Les bases de données et leur exploitation statistique
- CHARRIER A., LOURD M., PERNES J. : La conservation des ressources génétiques
- PERNES J. : Centres de ressources génétiques et formation des personnels de gestion.