

La caractérisation et l'évaluation des plantes à racines et tubercules et des bananes plantains

Vincent Lebot*

20 Introduction

Les cultivars des plantes à racines et tubercules (Colocasia, Dioscorea, Ipomoea, Manihot, Xanthosoma spp. ...) et des bananes plantains (Musa spp.) ont d'importantes caractéristiques communes : leur stérilité et leur multiplication végétative exclusive. L'une impliquant habituellement l'autre, le paysan n'utilise jamais de graines lors de ses plantations.

La plupart des cultivars sont en effet stériles pour diverses raisons d'ordre génétique (hauts niveaux de ploïdie, mutations inhibitrices de la sexualité, parthénocarpie). Ils ne bénéficient donc pas des recombinaisons génétiques obtenues par voie sexuée pour s'adapter à un nouvel environnement. Ces plantes sont donc vulnérables lorsqu'un nouveau pathogène est introduit et leurs potentialités adaptatives sont donc quasi nulles par rapport à des espèces à multiplication sexuée. Les ressources génétiques sont par conséquent de très grande valeur et doivent être soigneusement conservées et protégées d'une part, parce que la sélection d'un matériel végétal sain et performant en dépend et d'autre part, parce que pour bon nombre de ces plantes l'amélioration génétique reste problématique. Pour le moment, seule la sélection clonale produit rapidement des résultats intéressants.

* CIRAD-CA : Centre de Recherche Nord, BP 6 Pouembout, 98825 Nouvelle-Calédonie

Toutes ces espèces sont par ailleurs, fortement hétérozygotes du fait de leur allogamie et pour certaines de leur dioécie. En conséquence, leurs germoplasmes exhibent régulièrement un fort polymorphisme. Il s'exprime de manière spectaculaire au niveau morphologique, mais existe aussi aux niveaux moléculaire et physico-chimique. La sélection de cette remarquable variabilité détermine directement le potentiel des cultures, des récoltes et donc la qualité du produit final livré aux consommateurs. En fait, c'est toute la filière qui est dépendante des performances et caractéristiques du matériel végétal sélectionné. La culture d'un clone plutôt qu'un autre, peut suffire à faire périliciter ou au contraire à développer une filière et les exemples sont trop nombreux pour être cités ici.

La caractérisation et l'évaluation des cultivars sont donc des étapes fondamentales dans le processus d'amélioration et de développement de ces cultures. Leur variabilité génétique est généralement analysée à l'aide de mesures morpho-agronomiques et leur diversité génétique à l'aide de marqueurs moléculaires. Les concordances de résultats sont ensuite exploitées pour décider des modes de conservation et des stratégies d'amélioration les mieux adaptées. Une méthodologie commune à ces espèces peut être utilisée. Elle est décrite dans le présent article et divers exemples sont utilisés (ignames, taro, plantains, kava) pour illustrer l'approche retenue.

Matériels et Méthode

La caractérisation et l'évaluation des accessions disponibles visent d'abord à décrire le plus finement possible la variabilité existante de manière à faciliter la sélection clonale mais aussi à identifier des indicateurs de divergence pour assurer les bases des futurs schémas d'amélioration. Les descriptions doivent permettre *in fine* une taxonomie intraspécifique du matériel qui sera sélectionné et une évaluation précise des sélections variétales qui seront retenues. Cette caractérisation est effectuée à divers niveaux hiérarchisés, morphologique, cytologique, moléculaire et physico-chimique.

La collecte du germoplasme

Du fait de la multiplication végétative, ce germoplasme est volumineux et il n'est pas toujours possible de récolter un grand nombre d'accessions. La stratégie de collecte est

récolter des échantillons sélectifs
--

basée sur un échantillonnage sélectif plutôt qu'aléatoire puisque les agriculteurs ne cultivent pas des populations, des provenances ou des descendances, mais des clones stériles. Il s'agit donc d'identifier au champ des formes qui présentent des divergences, essentiellement d'ordre phénotypique, et de récolter un échantillonnage de la variabilité morphologique observée. Dans certains cas, et lorsqu'un pathogène exerce une forte pression, il faut aussi identifier les individus présentant des caractères de tolérance ou de résistance.

Les morphotypes

Les accessions récoltées sont mises en collection *ex situ* en milieu contrôlé et en environnement homogène pour s'affranchir des interactions génotype-milieu. Les caractères morphologiques les plus discriminants sont préférentiellement retenus pour les descriptions. Pour la quasi totalité des espèces concernées, il existe désormais des listes internationales standardisées de descripteurs morphologiques (IPGRI). A chaque descripteur (par exemple, la couleur du limbe d'une feuille) correspond plusieurs modalités (par exemple, jaune, vert clair ou vert sombre). Chaque modalité se voit attribuée un code qui facilite la description systématique des accessions au champ (par exemple, jaune = 1, vert clair = 2, vert sombre = 3). Un morphotype peut donc se définir comme un phénotype décrit et codé dans un milieu donné à l'aide de descripteurs reconnus comme fiables et suffisamment discriminants. Un premier traitement des données à l'aide d'un simple logiciel de gestion de fichiers (par exemple, Dbase, Foxpro, Quattropro...) permet d'indexer et de classer les individus sur certains caractères, d'identifier le nombre de morphotypes distincts et les accessions qui présentent des morphotypes identiques. Des morphotypes identiques ne correspondent pas forcément à un seul génotype, mais peuvent être une même expression phénotypique codée de génotypes distincts.

Les techniques modernes de taxonomie numérique, du type Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), Analyse en Composantes Principales (ACP) et d'autres analyses multivariées, permettent aujourd'hui de traiter des matrices de données composées d'un grand nombre d'accessions et de variables. Ces variables peuvent, pour chaque caractère morphologique codé, être traduites en variables qualitatives de présence (1) ou d'absence (0) du

une description internationale standardisée

caractère. Par exemple, la couleur vert sombre du limbe d'une feuille sera codée en 001: 0 (pour le jaune), 0 (pour le vert clair) et 1 (pour le vert sombre). Les matrices deviennent importantes mais les données qualitatives sont facilement traitées par la plupart des logiciels disponibles (Ntsys, MVSP, Statitcf, Systat, SAS...). L'organisation et la structure de la variabilité morphologique sont alors visualisées à l'aide de diverses techniques graphiques, comme les dendrogrammes ou les projections en deux ou trois dimensions. Les résultats obtenus par l'utilisation d'une méthode d'analyse sont habituellement confirmés par une autre et les groupes du dendrogramme peuvent servir à délimiter les nuages de points d'une ACP projetée sur deux axes. Il s'agit en fait d'identifier des convars, c'est à dire des groupes de cultivars affines.

Généralement, ces descriptions doivent être confirmées pendant deux ou trois cycles successifs de culture. Les premières descriptions se font dans le désordre mais la procédure gagne en rigueur et précision au fil des cycles. En effet, les accessions sont replantées au champ dans l'ordre du premier classement obtenu par CAH, ce qui permet de rapidement identifier les doublons et les hors-types, de confirmer et/ou d'infirmier les descriptions pour obtenir au bout de deux ou trois saisons de descriptions morpho-agronomiques, un fichier précis des morphotypes rassemblés en convars. Par exemple, tous les morphotypes présentant une forte pigmentation anthocyanée, ou tous les morphotypes présentant des bulbilles ou des épines sur les tiges principales... etc.

Les cytotypes

Il est rare que les cultivars des plantes à racines et tubercules et des bananes plantains soient tous des diploïdes et la plupart ont divers niveaux de ploïdie. Il est utile de caractériser les cytotypes ($2n = 2x, 3x, 4x, \dots 10x$) car il s'agit souvent d'une première classification intraspécifique utile pour la compréhension de la structuration de la variabilité. Les comptages chromosomiques sont nécessaires, bien que longs et fastidieux, mais la cytométrie en flux permet désormais de caractériser un grand nombre d'accessions en un temps relativement court.

Les zymotypes

Les isozymes, protéines solubles dans l'eau, facilement séparables par électrophorèse, restent encore les mar-

et une recherche
analytique
informatisée

pour obtenir un fichier
de morphotypes

l'isozyme : marqueur
moléculaire simple et
neutre

queurs moléculaires les plus faciles à utiliser dans les pays du Sud du fait de la simplicité de la technique et de ses faibles coûts. Cette technique permet d'attribuer précisément des empreintes à plusieurs centaines d'accessions. Selon le nombre de systèmes enzymatiques utilisés, les électromorphes (bandes révélées par coloration et mobiles dans le champ magnétique), correspondent à autant de caractères qualitatifs qui sont codés en présence ou absence et permettent donc de compléter des matrices de caractérisation. Ces zymogrammes sont donc traités comme des phénotypes et un zymotype se traduit par la série codée, pour tous les systèmes enzymatiques révélés, des présences et absences d'électromorphes. Le zymotype est indépendant des facteurs du milieu et présente donc l'avantage d'être un marqueur neutre. Les données obtenues par les isozymes sont aussi analysées suivant les techniques classiques de taxonomie numérique et permettent de révéler des convars d'individus génétiquement apparentés qui ont probablement échangé des gènes avant d'être domestiqués par voie clonale.

Les génotypes

Les diverses techniques d'extraction de l'ADN, de son découpage en différents sites par des enzymes de restriction, et d'amplification des extraits ainsi obtenus par PCR, permettent grâce à l'électrophorèse de séparer de nombreux électromorphes (RAPD, RFLP, AFLP) qui correspondent à autant de caractères qualitatifs, pouvant être traités par les analyses multivariées. Les résultats sont dans ce cas aussi, traités comme des phénotypes et l'on compare en fait des présences et absences de bandes. Les niveaux d'intensité ne sont généralement pas pris en compte. Ces techniques permettant d'avoir accès directement à l'ADN, il est donc possible d'identifier précisément des génotypes distincts. La lourdeur et la cherté des manipulations et des produits nécessaires limitent cependant le nombre d'accessions qui peuvent ainsi être analysées, surtout dans les laboratoires des pays du Sud. Il est souvent préférable de procéder à un premier criblage des nombreuses accessions à l'aide d'isozymes puis de préciser la variabilité intra-zymotype à l'aide de ces techniques.

Les chimiotypes

Les caractéristiques physico-chimiques sont essentielles et les cultivars ont généralement été sélectionnés pour cer-

technique coûteuse
utile en analyse
complémentaire

essentiels pour le
producteur mais
instable

taines d'entre elles de manière empirique mais efficace par les agriculteurs. Il s'agit principalement des teneurs en matière sèche, en amidon, amylose, protéines, sucres totaux... etc. qui sont d'un intérêt primordial pour les industriels intéressés par la transformation de ces produits amylacés. Ces caractéristiques peuvent cependant être affectées par les facteurs du milieu. Une évaluation précise de la variabilité des caractéristiques physico-chimiques de amidons ne peut donc être convenablement réalisée que si les nombreuses accessions sont cultivées en collection, dans un environnement homogène et en milieu contrôlé pour s'affranchir des interactions.

La sélection clonale

Les concordances et/ou discordances entre convars de morphotypes, cytotypes, zymotypes, chimiotypes et génotypes permettent de se faire une idée précise de la structuration de la variabilité. Des accessions représentatives des convars peuvent alors être inscrites sur la liste des cultivars qui seront retenus pour composer une collection essentielle. Cette liste peut être déterminée en fonction des objectifs de sélection et des caractères qui sont retenus pour définir les idéotypes. Une caractérisation et une évaluation précises des cultivars permettent donc des sélections variétales fiables. En l'absence de réels programmes d'amélioration dans la plupart des pays du Sud, pour qui ces cultures sont pourtant essentielles, la performance de la sélection clonale est déterminante. Ces obtentions végétales sont autant de variétés méritant protection et inscription sur un catalogue lorsque la législation existe en la matière. Une sélection clonale mérite en effet protection lorsque les travaux de caractérisation et d'évaluation ont été rigoureusement menés.

sélection variétale
fiable

Résultats

Quelques résultats encourageants ont été obtenus à l'aide de ces méthodes.

Les ignames

Dioscorea cayenensis-rotundata

Les cultivars appartenant au complexe *cayenensis-rotundata* de Côte d'Ivoire, ont été étudiés pour leurs variabilités morphologique, isozymique et cytologique. Les

sélection de cultivars
selon la longueur des
cycles végétatifs

et la possibilité de
deux récoltes par an

quelques 800 accessions étudiées révèlent une grande diversité des morphotypes se distribuant en 20 convars distincts formant eux-mêmes deux grands groupes (18 + 2 convars) sur la base de la durée du cycle végétatif et de l'aptitude à produire une ou deux récoltes par an (Hamon and Touré, 1990).

La variabilité de cinq isozymes a été examinée sur près de 450 accessions. Certains convars de morphotypes ne présentent qu'un seul zymotype tandis que d'autres sont plus ou moins hétérogènes. Des électromorphes lents caractérisent les zymotypes correspondant aux cultivars ayant un cycle végétatif long.

Les études de cytologie, effectuées par cytométrie en flux, ont montré que les accessions à cycle végétatif court sont tétraploïdes ($2n=40$) tandis que les autres sont hexa- ou octoploïdes (Hamon *et al.*, 1992).

Dioscorea alata

Le CIRAD-CA entretient et caractérise en Nouvelle-Calédonie une collection d'environ 130 accessions de *Dioscorea alata* récoltées localement. Les accessions maintenues au champ ont été décrites pour leur variabilité morpho-agronomique à l'aide de 31 descripteurs standardisés. Les données obtenues par les descriptions morpho-agronomiques ont ensuite été traduites en 89 variables qualitatives. Ces données montrent que les morphotypes diffèrent pour quelques caractères tels que les pigmentations anthocyanées, les formes des feuilles ou la coloration de la chair des tubercules.

Une étude de la variabilité isozymique rassemblant les cultivars néo-calédoniens et 138 accessions, originaires de diverses zones géographiques d'Afrique de l'Ouest, d'Amérique du Sud, des Antilles, et d'Océanie, a ensuite été conduite à partir de plants *in vitro* à Montpellier. En tout, 269 accessions ont été caractérisées pour leur variabilité à quatre systèmes enzymatiques et on a ainsi identifié 66 zymotypes. Les 131 accessions néo calédoniennes se regroupent en 27 zymotypes et de nombreux morphotypes distincts exhibent des zymogrammes identiques pour les quatre systèmes étudiés.

La variabilité des zymogrammes observée dans les limites de l'étude, peut être considérée comme faible, compte tenu de la diversité des origines du matériel végétal utilisé. On observe que des cultivars d'origines géographiques très diverses exhibent des zymotypes identiques et vice versa, des cultivars d'une même origine géogra-

les zymotypes est un
critère essentiel de
caractérisation

phique exhibent des zymotypes distincts. Il est probable que de nombreux cultivars soient issus de mutations somatiques au sein d'un même clone, ils présentent des morphotypes distincts mais des zymotypes semblables. Il est aussi fort probable que ces cultivars ont été distribués sur de très grandes distances sous forme de clones puisque la plupart sont stériles.

Bien que peu de travaux existent sur la diversité génétique de l'espèce, on pense aujourd'hui que sa forte variabilité morpho-agronomique résulte à la fois de recombinaisons par voie sexuée, opérées avant domestication, et de mutations somatiques sélectionnées par clonage. Si l'on en juge par la variabilité des cultivars étudiés, le *D. alata* semble donc être une espèce cultivée à base génétique étroite.

Les caractéristiques physico-chimiques des amidons semblent extrêmement variables. Elles sont en cours d'évaluation et permettront d'identifier les chimiotypes.

Le taro

Les cultivars correspondent à deux variétés botaniques : le *Colocasia esculenta* var. *esculenta* (dasheen) et le *Colocasia esculenta* var. *antiquorum* (eddoe). Les dasheens sont surtout cultivés en terrasses irriguées et les eddoes tolèrent les systèmes pluviaux. La variabilité est considérable et des descripteurs permettent de distinguer de nombreux morphotypes en fonction des pigmentations des tiges, feuilles et cormes, mais aussi du nombre de stolons ou de feuilles. Les caractéristiques organoleptiques sont aussi très variables et certains cultivars doivent bénéficier de modes de cuisson appropriés.

La variabilité morphologique de 1 417 cultivars et formes sauvages originaires d'Asie et d'Océanie a été étudiée. Ils correspondent à plus de 700 morphotypes distincts. Le polymorphisme enzymatique de plus de 2 000 accessions, représentant les cultivars et certains hybrides F_1 , a aussi été étudié pour préciser cette première caractérisation (Lebot and Aradhya, 1991). Les sept systèmes enzymatiques les plus polymorphes ne permettent pas une interprétation génétique des zymogrammes, mais le codage de 56 électromorphes indique cependant les origines géographiques présentant une grande diversité allélique. Les analyses multivariées montrent que les 143 zymotypes identifiés sont nettement différenciés en quatre groupes d'origines géographiques distinctes. Les cultivars présen-

espèce cultivée à
base génétique
étroite

sept systèmes
enzymatiques

mutations somatiques
sélectionnées par les
agriculteurs

tent une base génétique très étroite et la plupart résultent vraisemblablement de mutations somatiques sélectionnées et conservées par les agriculteurs. Quelques gènes seulement sont responsables de la variabilité de certains caractères qualitatifs et correspondent à différents morphotypes d'une même origine génétique. Cette étude a donc démontré l'importance des nouvelles introductions pour élargir la base du germoplasme utilisé par les programmes d'amélioration.

Les isozymes restent cependant de bons indicateurs de divergence entre les accessions des collections. Ils fournissent des empreintes fiables et permettent donc d'éviter les introductions et échanges de cultivars génétiquement très proches, sur de grandes distances, avec tous les risques pathologiques que cela peut présenter.

Les rendements moyens en culture irriguée sont actuellement de 40 à 50 tonnes/ha et d'environ 20 tonnes/ha en culture pluviale, système qui présente le plus fort potentiel de développement. La variabilité génétique rassemblée dans ces collections (tableau 1), devrait permettre d'identifier des cultivars adaptés à la culture pluviale plutôt qu'irriguée. La triploidie semble, par ailleurs, être agronomiquement plus performante et mieux adaptée au système pluvial. L'avenir des programmes d'amélioration

Origine	Morphotypes	Zymotypes	Dissimilarité	Cytotypes
Hawaii	82	1	0	2x
Polynésie Française	35	3	5,7	2x
Ile de Pâques	9	1	0	2x
Cooks	3	1	0	2x
Niuc	5	1	0	2x
Samoa	43	1	0	2x
N. Zélande	6	1	0	2x
Ponapé	11	3	5,7	2x
Papouasie Nlle. Guinée	452	70	53	2x, 3x
Salomon	262	43	51	2x, 3x
Nlle. Calédonie	82	18	51	2x, 3x
Vanuatu	154	8	15,1	2x, 3x
Fidji	47	3	5,7	2x, 3x
Indonésie	52	38	80	2x, 3x
Malaisie	3	3	64	2x
Thaïlande	1	1	0	2x
Inde	5	4	66	2x
Philippines	146	3	5,4	2x
Japon	18	7	73	2x, 3x
Chine	1	1	0	2x

Tableau 1 - Nombre d'accessions de taro récoltées et caractérisées

Zymotypes= identifiés par 7 systèmes enzymatiques ;

Dissimilarité = 100 - nombre d'électromorphes identiques.

passé probablement par la recherche d'indicateurs de divergence fiables pour cibler les croisements potentiellement intéressants et donc permettre l'obtention de cultivars de type eddoe, triploïdes, présentant une bonne conservation post-récolte et des cornes faciles à récolter.

Les plantains

Les plantains du Pacifique sont difficiles à récolter, décrire et classer du fait des problèmes que pose la récolte de germoplasme. Le transport de matériel végétal est délicat car ces mouvements risquent d'introduire des pathogènes. Par conséquent, ces cultivars ont été peu étudiés et leur classification génomique restait à confirmer. Les plantains du Pacifique sont un sous-groupe AAB nettement différencié des autres plantains d'Asie du Sud-Est. Trois cultivars composent ce sous-groupe et sont connus sous leurs noms Hawaïens de *Maoli*, *Popoulu* et *Iholena*. Ils sont cultivés aussi bien en Mélanésie, en Polynésie qu'en Micronésie.

des études locales

La variabilité intra-cultivar est importante et les agriculteurs dénomment et reconnaissent en moyenne une dizaine de morphotypes distincts pour chaque cultivar. Une clé dichotomique de détermination nous a permis de classer les nombreux morphotypes, que nous avons récoltés, et d'établir des concordances (Lebot *et al.*, 1994). En collaboration avec des chercheurs nationaux, des collections de germoplasme local ont été installées dans les pays concernés par ce programme (Papouasie-Nouvelle Guinée, Vanuatu, Nouvelle-Calédonie, Samoa occidentales, Polynésie française et Hawaï).

29

des mutants
somatiques

Au total, 563 accessions (tableau 2) appartenant aux différents groupes génomiques et à des descendance de diploïdes ont été étudiées pour leur polymorphisme enzymatique de manière à identifier des allèles spécifiques et sous spécifiques (Lebot *et al.*, 1993). Les zymotypes des cultivars de Nouvelle-Guinée indiquent qu'il existe dans cette région des triploïdes *M. acuminata* autochtones (AAA), ce qui semblait peu probable auparavant. Les plantains du Pacifique appartiennent bien au groupe des AAB mais sont nettement différenciés des triploïdes AAB Asiatiques par une contribution de *Musa acuminata* ssp. *banksii* à leur génome. Pour ces cultivars, les nombreux morphotypes connus sous des noms vernaculaires différents présentent des zymotypes identiques et sont donc probablement des mutants somatiques conservés par clo-

nage. La même observation reste vraie pour les groupes ABB et ABBB.

Origine	AA	AAA	AAB	ABB	ABBB	BB	Total
Descendances	240	—	—	—	—	120	360
Clones asiatiques	6	32	13	4	—	4	59
Hawaïi	1	0	20	—	—	—	21
Polynésie française	1	2	28	11	2	—	44
Samoa occidentales	0	0	4	1	1	—	6
Nouvelle Calédonie	0	0	21	5	—	—	26
Vanuatu	11	5	23	14	—	—	53
Papouasie-N. Guinée	133	70	86	57	8	—	354
Total accessions	152	109	195	92	11	4	563
Zymotypes	51	65	49	22	3	2	192

Tableau 2 - Nombre d'accessions de plantains récoltées et caractérisées.

On observe des allèles spécifiques à *Musa acuminata* et à *Musa balbisiana* et une bonne concordance entre la traditionnelle taxonomie des descripteurs morphologiques et la classification obtenue à partir des zymotypes. Les isozymes sont suffisamment discriminants pour permettre une identification précise des cultivars par empreinte électrophorétique. Les cultivars de plantains du Pacifique seraient certainement intéressants à vulgariser dans d'autres zones géographiques, notamment en Afrique.

Le kava

Cette plante est cultivée pour les remarquables propriétés anxiolytiques de ses principes actifs, les kavalactones, qui permettent d'obtenir une boisson relaxante à partir d'un extrait de racines. Il était nécessaire de caractériser son germoplasme pour pouvoir sélectionner les cultivars. Les prospections ont concerné 54 îles du Pacifique et 318 cultivars locaux de *P. methysticum* ont été récoltés (tableau 3). La variabilité est considérable et concerne

concordance entre les
classifications

aussi bien le rendement racinaire en matière sèche que les morphotypes. Des descriptions morpho-agronomiques effectuées à l'aide de huit descripteurs fortement discriminants nous ont permis d'identifier 118 morphotypes distincts (Lebot and Lévesque, 1996).

Pays	Morphotypes	Chimiotypes	Zymotypes	Cytotypes
Papouasie-N-Guinée	4	F	9,10	10x
Vanuatu	80	E, F, G, H	9,10	10x
Fidji	12	I	10	10x
Tonga	7	E, G	10	10x
Samoa Occ.	6	G, H, I	10	10x
Samoa Amér.	5	G, H	10	10x
Wallis & Futuna	3	E	10	10x
Cooks	1	I	10	10x
Tahiti	3	I	10	10x
Marquises	1	E	10	10x
Hawaii	11	E, I	10	10x
Ponapé	2	E, I	10	10x
Kosrae	1	E	10	10x

Tableau 3 - Nombre d'accessions de kava récoltées et caractérisées

Le kava contient plusieurs principes actifs très similaires dans leur structure. La composition chimique d'un cultivar est exprimée à l'aide d'un simple code. Il représente le chimiotype de l'extrait analysé suivant un ordre d'importance décroissante des six kavalactones majeures de l'extrait. Ce codage est désormais utilisé par l'industrie pharmaceutique et aide à représenter la composition chimique du cultivar. De plus, des analyses multivariées des données obtenues permettent de visualiser la variabilité chimiotypique et d'identifier 9 grands groupes.

On observe des variations de teneurs et de compositions importantes lorsque les cultivars sont cultivés dans un milieu donné et homogène (Lebot and Lévesque, 1996). Des essais agronomiques ont permis de conclure que la teneur en kavalactones était affectée par les effets du milieu et l'âge de la plante. Les teneurs peuvent varier de 4 à 21% en fonction du cultivar, et pour un même cultivar selon l'organe de la plante et l'environnement pédo-climatique. Par contre, le chimiotype d'un cultivar est parfaitement stable et indépendant de l'année ou de la saison de récolte et de l'île où il est cultivé. Le chimiotype est un indicateur de divergence fiable entre accessions et un

chimiotype stable

permettant une
sélection clonale

marqueur moléculaire robuste. C'est aussi le critère fondamental pour sélectionner les clones. La sélection clonale s'est faite d'abord sur les chimiotypes et accessoirement sur les morphotypes car les concordances entre morphotypes et chimiotypes ne sont pas évidentes; si des morphotypes identiques mais d'origines géographiques différentes peuvent présenter des chimiotypes semblables, l'inverse est aussi vrai.

L'étude du polymorphisme de huit systèmes enzymatiques démontre une base génétique très étroite pour les cultivars. En Polynésie et en Micronésie par exemple, 93 accessions représentant 28 morphotypes et quatre chimiotypes distincts n'ont pu être différenciées et présentent toutes le même zymotype. Les accessions du germoplasme, précédemment différenciées en 118 morphotypes et 9 chimiotypes, sont discriminées en seulement trois zymotypes sur la totalité de l'aire de distribution. Il existe une correspondance entre les chimiotypes et les zymotypes. Les chimiotypes les plus appréciés, c'est à dire ceux dont la teneur en dihydrométhysticine est faible et la teneur en kawaïne forte, présentent tous les mêmes profils électrophorétiques. Il est fort probable que ces chimiotypes soient le résultat d'une longue et intense sélection par les paysans.

zymotypes peu
nombreux et
correspondants aux
chimiotypes

Conclusion

Nous avons présenté dans cet article des résultats obtenus essentiellement par des chercheurs du CIRAD sur les plantes à racines et tubercules et les plantains. De nombreux résultats de même nature existent aussi pour le manioc, la patate douce, le macabo et d'autres espèces d'ignames. Tous ces résultats concordent pour révéler que, compte tenu des difficultés que rencontre l'amélioration génétique de ces plantes, il est urgent de caractériser et d'évaluer les ressources génétiques existantes car des cultivars d'intérêt potentiel méritent certainement d'être sélectionnés et multipliés. La méthode décrite ici est, à notre avis, la seule permettant de rapides avancées en la matière.

La précision des descriptions morpho-agronomiques effectuées ex situ paraît essentielle pour une première caractérisation de ces ressources génétiques. Pour toutes les espèces étudiées, différents morphotypes peuvent éventuellement présenter un même chimiotype et/ou zymotype, mais le contraire est rarement observé, peut être en raison

de la précision des descriptions morpho-agronomiques. Les concordances entre zymotypes et morphotypes ne sont pas évidentes puisque les isozymes sont généralement indépendants des diverses pressions de sélection exercées par l'agriculteur ou le milieu, à un zymotype peuvent donc correspondre plusieurs morphotypes et vice versa. Ces discordances ne sont pas gênantes, au contraire, les résultats obtenus par une technique plutôt qu'une autre, donnent des informations complémentaires sur la variabilité du matériel et précisent l'idée que l'on s'en fait.

Apparemment, de nombreux cultivars seraient issus d'une sélection de mutants somatiques opérée par les agriculteurs. En raison de l'étroitesse des bases génétiques, liées à la multiplication végétative, l'attitude raisonnée des agriculteurs aurait visé à diversifier leur matériel par multiplication clonale. Leurs résultats sont souvent aussi spectaculaires qu'utiles mais les potentialités adaptatives de ce matériel sont faibles. La modification des agrosystèmes est actuellement très rapide et la dispersion des pathogènes, souvent alarmante (Lebot, 1992). L'érosion génétique est réelle : sous l'effet combiné de la modification des agrosystèmes et de la vulnérabilité des cultivars dont la base génétique est très étroite, elle peut aller jusqu'à l'abandon des cultures traditionnelles au profit de nouvelles espèces.

Il est donc important de mettre aujourd'hui l'accent sur la caractérisation et sur la conservation des cultivars traditionnels dont le potentiel pour les programmes d'amélioration deviendra aisément évaluable lorsque les caractéristiques physico-chimiques des amidons seront déterminées.

Bibliographie

- HAMON P. and TOURÉ B., 1990a. Characterization of traditional yam varieties belonging to the *Dioscorea cayenensis-rotundata* complex by their isozymic patterns. *Euphytica*, 46: 101-107.
- HAMON P. and TOURÉ B., 1990b. The classification of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis-rotundata* complex) of West Africa. *Euphytica*, 47: 179-187.
- HAMON P., BRIZARD J. P., ZOUNDJHEKPON J., DUPERAY C., BORGEL A., 1992. Etude des index d'ADN de huit espèces d'ignames (*Dioscorea* spp.) par cytométrie en flux. *Canadian Journal of Botany*, 70: 996-1000.
- LEBOT V., and K. M. ARHADYA, 1991. Isozyme Polymorphism in Taro (*Colocasia esculenta* Schott.). *Euphytica*, 56: 55-66.
- LEBOT V., 1992. Genetic vulnerability of Oceania's traditional crops. *Experimental Agriculture*, 28 (3): 309-323.

- LEBOT V., ARHADYA M., R. M. MANSHARDT and B. MEILLEUR, 1993. Genetic relationships among cultivated bananas and plantains from Asia and the Pacific. *Euphytica*, 67: 163-175.
- LEBOT V., B. MEILLEUR, and R. M. MANSHARDT, 1994. Genetic diversity in Eastern Polynesian cultivated bananas. *Pacific Science*, 48 (1): 16-31.
- LEBOT V. and J. LÉVESQUE, 1996. Genetic control of kavalactones chemotypes in *Piper methysticum* cultivars. *Phytochemistry*, 43 (2): 397-403.

Résumé

L'agriculture des plantes à racines et tubercules (*Colocasia*, *Dioscorea*, *Ipomoea*, *Manihot*, *Xanthosoma spp.* ...) et des bananes plantains (*Musa spp.*) s'appuie essentiellement sur la multiplication végétative. La plupart des cultivars ne bénéficient donc pas des recombinaisons génétiques fournies par la sexualité. Leurs potentialités adaptatives sont quasi nulles par rapport à des espèces à multiplication sexuée. Les ressources génétiques sont par conséquent de très grande valeur et doivent être soigneusement conservées et protégées. La caractérisation et l'évaluation des cultivars sont des étapes fondamentales dans le processus d'amélioration et de développement de ces cultures. Une méthodologie commune à ces espèces peut être utilisée, elle

procède par étapes successives dans l'identification des morphotypes, zymotypes, chimiotypes, cytotypes et génotypes. Elle vise essentiellement à établir des concordances ou à révéler des discordances qui sont utilisées pour expliquer la structure de la variabilité. Les résultats obtenus pour les ignames, le taro, les plantains et le kava sont succinctement exposés et concordent pour révéler que, compte tenu des difficultés que rencontre l'amélioration génétique de ces plantes, il est urgent de caractériser et d'évaluer les ressources génétiques existantes car des cultivars d'intérêt potentiel méritent certainement d'être sélectionnés et multipliés. La méthode décrite ici est, à notre avis, la seule permettant de rapides avancées en la matière.