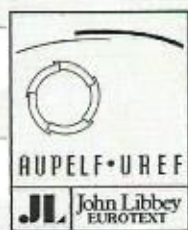


Agricultures

Biotechnologies
végétales et sécurité
alimentaire en Afrique :
cas des ignames

Jeanne Zoundjihékon



Tiré part

15. Coumans MP, Boutouchent B, Dusautoir JC, Kaan F. Obtention d'embryons par croisements interspécifiques entre le blé dur et d'autres céréales. In : Monneveux P, Ben Salem M, eds. *Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale*. INRA Les Colloques, n° 64, 1993 : 375-82.

16. Picard E, Touraine P, Ambroise A, De Buyser J. Chlorophyllian, anthocyanic and albinos *Triticum durum* plants derived from isolated microspore culture. In : Slinkard AE, ed. *Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium*, Saskatoon, 2-7 August 1998 ; 3 : 44-6.

17. Lashermes P. Screening for stress tolerant genotypes via microspore *in vitro* culture. In : Acevedo E, Conesa AP, Monneveux P, Srivastava

JP, eds. *Physiology-breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments*. Montpellier, France, July 3-6, 1989, INRA Colloques n° 55, 1991 : 461-74.

18. De Buyser J, Touraine P, Ambroise A, Picard E. Induction of androgenetic embryos and chlorophyllian plants of *Triticum aestivum* from isolated microspore culture. In : Slinkard AE, ed. *Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium*, Saskatoon, 2-7 August 1998, 1998 ; 3 : 175-7.

19. Belhassen E, This D, Monneveux P. L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. *Cahiers Agricultures* 1995 ; 4 : 251-61.

20. Monneveux P, Belhassen E. The diversity of

drought adaptation in the wide crosses. *Plant Growth Regulation* 1996 ; 20 : 85-92.

21. Xu X, Monneveux P, Damania AB, Zaharieva M. Variation of salt tolerance related traits in wheat and Aegilops. *IPBGR Plant Genetic Newsletter* 1994 ; 96 : 11-6.

22. Al Hakimi A, Monneveux P, Nachit MM. Direct and indirect selection for drought tolerance in alien tetraploid wheat x durum wheat crosses. *5th International Wheat Conference*, June 10-14, Ankara. Book of abstracts, 1996 ; 172.

23. Pagnotta MA, Impiglia A, Tanzarella OA, Nachit MM, Porceddu E. Variability present in durum wheat landrace Haurani. *5th International Wheat Conference*, June 10-14, Ankara. Book of abstracts, 1996 ; 67.

summary

An international durum wheat improvement programme for the Mediterranean basin

M. NACHIT, ET AL.

Durum wheat is a very important crop in the Mediterranean basin. It is a traditional component of the Mediterranean diet and a basic ingredient in many dishes (couscous, frikey, taboule, pastas, flat breads, etc.). Similar to other Mediterranean crops, durum wheat is submitted to severe environmental constraints such as drought, frost and heat. Some diseases (barley yellow dwarf virus, rusts, powdery mildew, etc.) and parasites (Hessian fly, cyst nematodes) that are widely distributed in these regions also affect the water deficit, thus causing marked reductions in yield.

Over the last 10 years, scientific collaborations have been developed with the aim of improving tolerance/resistance to these biotic and abiotic stresses, and enhancing durum wheat production. The SEWANA (South of Europe, West Asia and North Africa) durum wheat network was founded in 1995, with five main objectives: i) to study morphophysiological traits concerning tolerance to water and heat stress, to describe variations within durum wheat and related species, to conduct genetic analyses and define predictive criteria for yield stability and water-use efficiency; ii) to construct a genetic map of intraspecific and interspecific crosses and identify, using a QTL approach, regions of the genome involved in the genetic control of drought tolerance traits; iii) to improve grain quality through the use of protein and molecular markers; iv) to develop *in vitro* biotechnologies (haplodiploidization, cultures of immature embryos, embryogenic isolated cells and isolated microspores) and integrate them in breeding programs; v) to tap genetic resources more efficiently by improving their management and utilization. The SEWANA program combines physiological, biotechnological and molecular tools. Most laboratories involved (from research institutes, universities and international centers - see Figure 1) are conducting research on common genetic models (checks, reference collections, mapping populations, etc.) in order to promote information exchanges and multidisciplinary training. Training, visits and workshops also favour the development of these collaborations.

in vitro biotechnologies (haplodiploidization, cultures of immature embryos, embryogenic isolated cells and isolated microspores) and integrate them in breeding programs; v) to tap genetic resources more efficiently by improving their management and utilization. The SEWANA program combines physiological, biotechnological and molecular tools. Most laboratories involved (from research institutes, universities and international centers - see Figure 1) are conducting research on common genetic models (checks, reference collections, mapping populations, etc.) in order to promote information exchanges and multidisciplinary training. Training, visits and workshops also favour the development of these collaborations.

Cahiers Agricultures 1998 ; 7 : 510-5

résumé

Présentation d'un programme international d'amélioration du blé dur pour le bassin méditerranéen

M. NACHIT, ET AL.

Le retard accumulé en matière d'amélioration du blé dur, l'importance vitale de cette culture pour un certain nombre de pays méditerranéens (à l'origine de nombreux aliments traditionnels : couscous, taboulé, frikey, pâtes alimentaires, pains et galettes de semoule), le nombre relativement faible de chercheurs travaillant sur cette espèce et l'existence de collaborations bilatérales nombreuses ont sans doute favorisé l'émergence, puis le développement du réseau international *Durum Wheat SEWANA* ou Blé dur SEWANA (SE : Sud Europe ; OUA : Ouest Asie ; NA : Nord Afrique ou SEWANA en anglais avec WA pour West Asia) qui regroupe 40 institutions (centres internationaux CIMMYT/ICARDA, instituts nationaux agronomiques, universités) situées dans 16 pays (Bassin méditerranéen, États-Unis, Australie et Canada) et représentées par environ 80 chercheurs et dont trois réunions (Montpellier,

Alep, Rabat) ont déjà eu lieu. L'objectif du programme blé dur SEWANA est de promouvoir une approche globale de l'amélioration génétique de cette céréale pour la tolérance aux stress biotiques et abiotiques ainsi que pour ses qualités pastière et semoulière.

La sécheresse est la principale cause de pertes de rendement chez le blé dur (de 10 à 80 % de la récolte) dont la culture est principalement pratiquée sous des climats de type méditerranéen, caractérisés par des stress hydriques parfois intenses, et toujours imprévisibles. D'autres stress (températures extrêmes de froid et de chaleur terminale) ou dégâts causés par les maladies racinaires (*root rot*), la cécidomyie (mouche de Hesse), les nématodes et les virus, sont également dommageables. La sélection de la résistance/tolérance à ces contraintes est difficile à cause de leur nature complexe, de leur contrôle polygénique et des fortes interactions génotype x milieu observées dans leur expression.

Le projet scientifique du réseau SEWANA s'organise autour de 5 axes : l'étude des caractères morphophysologiques de tolérance aux stress hydrique ; le marquage moléculaire de caractères d'intérêt (résistance aux stress biotiques et abiotiques) ; l'amélioration de la qualité ; le développement des

biotechnologies *in vitro* (haplodiploïdisation, culture de cellules isolées embryogènes, culture de microspores isolées et sauvetage d'embryons immatures) et l'utilisation plus efficiente des ressources génétiques. Son objectif est de développer et de rendre plus efficaces les collaborations existantes, en les structurant autour de thématiques ou d'outils prioritaires pour l'amélioration génétique, en promouvant la prise en compte de plusieurs niveaux d'intégration, et en centrant les recherches autour d'un matériel commun (variétés-témoins, collections de référence, populations de SSD issues des mêmes croisements ou plus tard d'haploïdes doublés). Cette approche globale combine la sélection conventionnelle, avec les méthodes de cultures *in vitro*, les outils morphophysologiques et les marqueurs moléculaires, pour l'obtention d'un matériel végétal utilisable immédiatement par la sélection. Cela a déjà conduit au développement de variétés tolérantes aux stress biotiques et abiotiques, incluant la sécheresse. Ces nouvelles variétés, combinant productivité et tolérance à la sécheresse ainsi qu'à plusieurs maladies et ravageurs, devraient être prochainement développées.

Biotechnologies végétales et sécurité alimentaire en Afrique : cas des ignames

Jeanne Zoundjihékon, Alexandre Dansi,
Amani M. Kouakou, Haby Sanou, Perla Hamon,
Jacques Boccon-Gibod, Bakary Tio-Touré

Plusieurs espèces d'ignames sont d'origine africaine et présentent des intérêts alimentaires, socioculturels et économiques considérables. L'Afrique de l'Ouest fournit plus de 95 % de la production mondiale des ignames, avec en tête le Nigeria, suivi de la Côte d'Ivoire et du Bénin. Bien que l'igname figure au premier rang des cultures vivrières dans plusieurs pays africains, la production ne suffit pas à assurer la sécurité alimentaire des populations, préoccupation majeure des autorités de ces pays. Certains pays s'endettent régulièrement en important des céréales, tandis que d'autres comptent sur l'aide alimentaire internationale pour satisfaire leurs besoins intérieurs [1].

L'igname est une plante à multiplication végétative dont la culture au champ est confrontée à différentes contraintes telles que le faible taux de multiplication, des contraintes phytosanitaires comme l'antracnose causée par *Colletotrichum gloeosporioides*, la mosaïque des ignames, les nématodes et en particulier *Scutellonema bradyi*. De plus, une part importante de la récolte (environ 25 %) est utilisée comme

semence pour l'année suivante. À ce jour, les variétés cultivées ont été sélectionnées traditionnellement durant des millénaires par les paysans. Les méthodes classiques d'amélioration des plantes n'ont pas permis d'obtenir de variétés améliorées largement diffusées, car la recherche scientifique a longtemps négligé les ignames au profit des cultures d'exportation.

Diverses méthodes biotechnologiques comme le microbouturage, la culture de méristèmes ou de protoplastes sont utilisées par les chercheurs, afin de résoudre les problèmes de gestion des ressources génétiques, de viroses ou d'amélioration des plantes. Pour la description de la diversité génétique du matériel végétal, la cytométrie en flux, l'électrophorèse d'isozymes, les RFLP et RAPD sont de plus en plus utilisés.

Gestion des ressources génétiques d'ignames

Caractérisation du matériel végétal

Les variétés traditionnelles d'ignames appartenant au complexe *Dioscorea cayenensis-D. rotundata* et les espèces sauvages apparentées ont été caractérisées par des isozymes révélés par électrophorèse sur gel d'amidon [2, 3]. Trois des systèmes enzymatiques étudiés, la phosphogluconate déshydrogénase, l'isocitrate déshydrogénase et la shikimate déshydrogénase permettent de différencier les ignames d'origine annuelle avec des bandes à migration rapide, des ignames pérennes présentant des bandes lentes. Grâce à l'analyse de descen-

dances contrôlées, le déterminisme génétique des systèmes enzymatiques a été proposé, et huit locus avec quatorze allèles ont été mis en évidence [3].

Les travaux par RFLP sur l'ADN chloroplastique et l'ADN ribosomal pour quatorze cultivars du complexe *D. cayenensis-D. rotundata* et douze formes sauvages appartenant à sept espèces différentes ont révélé cinq génomes A à E. Le génome A est commun au complexe *D. cayenensis-D. rotundata* et aux espèces sauvages *D. praehensilis*, *D. abyssinica* et *D. liebrechtsiana*, tandis que les génomes B, C, D et E caractérisent respectivement *D. minutiflora*, *D. burkilliana*, *D. smilacifolia* et *D. togoensis* [4]. L'étude de la variation intraspécifique de l'ADN chloroplastique de *D. bulbifera* a montré que les génomes chloroplastiques d'Afrique et d'Asie ont divergé à une période ancienne et que le génome de type E, originaire du Sud-Est asiatique, serait le plus ancien. Des clones d'ADN complémentaire des gènes codant pour la protéine de réserve principale (la dioscorine du tubercule de *D. cayenensis*) ont été isolés et caractérisés [5]. Les analyses en RAPD permettent de décrire le polymorphisme intravariétal et interspécifique de cinq espèces d'ignames cultivées de la Jamaïque [6] : *D. alata*, *D. cayenensis*, *D. esculenta*, *D. rotundata* et *D. trifida*. L'étude de *D. bulbifera* de différentes origines par des marqueurs RAPD a montré que les accessions d'origine africaine formaient un groupe distinct, séparé des accessions asiatiques et polynésiennes qui étaient plus hétérogènes [7]. Les techniques de RAPD et de microsatellites ont permis à l'équipe de Ramser de différencier *D. cayenensis* de *D. rotundata* (à paraître). L'étude des index d'ADN de plusieurs espèces sauvages et cultivées, grâce à la cytométrie en flux, confirme l'existence de séries

J. Zoundjihékon : WWF, Fonds mondial pour la nature, BP 1776, Abidjan 08, Côte d'Ivoire.

A. Dansi : Institut international d'agriculture tropicale, BP 0932, Cotonou 08, Bénin.

A.M. Kouakou : Institut des savanes, BP 633, Bouaké 01, Côte d'Ivoire.

H. Sanou : Institut d'économie rurale, IER, BP 258, Bamako, Mali.

P. Hamon : Université Montpellier III, BP 5043, 34032, Montpellier cedex, France.

J. Boccon-Gibod : Institut national de l'horticulture, 2, rue Le-Nôtre, 49045, Angers cedex 01, France.

B. Tio-Touré : Unesco, 1, rue Miollis, 75015, Paris, France.

Tirés à part : J. Zoundjihékon

polyploïdes au sein des formes cultivées. Chez *D. alata*, les index d'ADN varient d'un facteur 1 à 3, chez *D. bulbifera*, la variation est de 1 à 2,25 et de 1 à 2 chez *D. cayenensis-D. rotundata*. De plus, le génome commun à *D. abyssinica*, *D. cayenensis-D. rotundata*, *D. praehensilis* et *D. mangenotiana* est différent du génome de *D. togoensis* [8].

Actuellement, la culture au champ est la méthode la plus utilisée pour la conservation des ressources génétiques d'ignames mais, depuis plus de 20 ans, une autre possibilité existe avec la culture *in vitro*.

Microbouturage et conservation des ressources génétiques d'ignames

Les ignames sont des plantes à multiplication végétative. Le microbouturage nodal permet d'élever le taux de multiplication, avec les conditions de culture (milieu de culture, température, lumière) qui peuvent varier d'une espèce à une autre. *D. alata* est l'espèce alimentaire ayant fait l'objet de micropropagation dès les années 70 [9], suivie d'autres espèces. La culture de méristèmes est utilisée pour la micropropagation chez *D. opposita* et des régénérations des pousses feuillées ont été obtenues à partir de bourgeons axillaires de deux à trois primordiums chez *D. alata* et *D. esculenta* [10]. Avec le microbouturage de l'igname, la tubérisation s'observe sous forme de microtubercules ou de microbulbilles et plusieurs facteurs peuvent affecter ce phénomène : présence ou absence de régulateurs de croissance, composition en saccharose ou en éléments minéraux dans le milieu de culture, photopériode et thérapie. L'effet de quelques régulateurs de croissance sur la tubérisation de *D. alata* et de *D. abyssinica in vitro* a été étudié [11].

Les plantules issues de micropropagation peuvent être utilisées pour la conservation des ressources génétiques d'ignames. Ainsi, plusieurs milliers d'échantillons sont conservés *in vitro*, à la fois en Afrique, en Europe et en Guadeloupe. Pour éviter de nombreux repiquages associés à une croissance rapide, la température est abaissée à 16-20 °C [12]. Actuellement, les principales vitrothèques d'ignames cultivées et sauvages existent au Nigeria, en Côte d'Ivoire, en France (ORSTOM, Montpellier) et en Guadeloupe. Il existe des contraintes liées à l'utilisation de cette voie, comme l'obtention d'une bonne asepsie, la présence de composés phénoliques dans le milieu, la période

de mise en culture [13, 14]. La cryoconservation a été initiée il y a une quinzaine d'années, chez l'espèce médicinale *D. deltoidea* [15], et vient d'être appliquée avec succès aux espèces comestibles *D. alata* et *D. bulbifera* [16].

Les ressources génétiques d'ignames étant le plus souvent conservées avec des viroses, il faut les assainir si l'on veut échanger ou transporter du matériel végétal.

Élimination des viroses

La baisse du rendement de l'igname due à la présence du virus de la mosaïque a été estimée à 20 % en Côte d'Ivoire [17]. Chez *D. trifida*, la thérapie sur microboutures a été utilisée pour éliminer le virus [18]. Après culture de méristèmes, et contrôle des plantes régénérées par immunoenzymologie, inoculation mécanique sur plantes hôtes et observation en microscopie électronique, le matériel cultivé *in vitro* peut circuler entre laboratoires ou entre pays différents. Dans le cadre du projet STD 2 - A - 0116 - CI sur l'amélioration et la valorisation de l'igname, la désinfection d'une partie des plants de la vitrothèque de Côte d'Ivoire a été assurée par la culture de méristèmes, la chimiothérapie et la thérapie par l'ORSTOM de Montpellier.

Autres axes d'amélioration des ignames par voies biotechnologiques

Outre l'accroissement du taux de multiplication par microbouturage, la gestion des ressources génétiques, l'éradication des viroses et l'utilisation des marqueurs moléculaires, d'autres axes d'amélioration des ignames font appel aux biotechnologies.

La culture de protoplastes a été exploitée chez les ignames [19, 20] avec un rendement moyen de 2.10^6 à 15.10^6 protoplastes par gramme de feuilles et un taux de 85 % de protoplastes viables, mais qui n'ont pas présenté de divisions. Des microcals de forme globulaire et à structure homogène ont toutefois été obtenus à partir de protoplastes chez deux cultivars de *D. alata* : oriental Lisbon et yellow Lisbon ; certains microcals ont évolué jusqu'à la régénération de plantes avec le cv oriental Lisbon [21]. Chez

quatre génotypes de *D. cayenensis-D. rotundata*, des colonies de 20 à 50 cellules issues de protoplastes ont été observées, mais seules quelques divisions ont été obtenues chez les protoplastes de *D. bulbifera* [21]. La culture d'embryons zygotiques matures ou immatures a été également exploitée chez l'igname dans le but de développer un programme d'amélioration chez *D. composita*, *D. cayenensis* [22], *D. alata* et *D. cayenensis-D. rotundata* [23] (tableau). Chez *D. opposita*, l'embryogenèse somatique a permis de régénérer des plantules à partir de suspensions cellulaires [25]. Chez *D. alata*, des cultures d'explants et de protoplastes ont fourni les premiers stades d'embryogenèse somatique [26]. Parfois, la proportion d'embryons somatiques régénérant des plantules a atteint 80 % chez *D. alata*.

Les essais de transformation génétique de l'igname ont été conduits soit à l'aide de souches sauvages d'*Agrobacterium* avec *D. bulbifera* [27], soit par l'électroporation avec incorporation d'ADN étranger et vérification par hybridation moléculaire ADN-ADN (Southern blot) [28].

La disparité entre les potentiels des différentes équipes nationales africaines dans les domaines précités impose une collaboration scientifique au sein d'une même sous-région.

Collaboration sous-régionale en vue des fécondations *in vitro*

Les pays ouest-africains appartiennent à la zone de « la civilisation de l'igname » [29]. Les ignames cultivées en Afrique, multipliées exclusivement par voie végétative, possèdent plusieurs niveaux de ploïdie avec $2n = 4x, 6x$ et $8x$. Le taux de fructification de ces plantes dioïques est très faible (généralement entre 0 et 10 %, et dépassant rarement 20 %), avec un taux de fruits mal formés très élevé. Les collectes réalisées au Bénin, au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire, en Guinée, au Mali et au Togo ont permis la caractérisation morphologique du matériel végétal et sa caractérisation isozymique par électrophorèse est en cours de réalisation. Grâce à une collaboration sous-régionale entre les structures nationales de recherche, et avec l'appui de l'PIITA, certains échantillons ont été mis en culture *in vitro*. La collaboration avec l'ORSTOM-

Tableau

Les méthodes biotechnologiques utilisées chez les principales ignames alimentaires en Afrique (d'après Hanson [24])

Espèces	Zone d'origine	Principales aires de culture ou de consommation	Outils biotechnologiques utilisés
<i>D. abyssinica</i> (S)	Afrique	Afrique	M
<i>D. alata</i> (C)	Asie du Sud-Est	Afrique de l'Ouest	CA ; CP ; CEZ ; ES ; M ; TG
<i>D. bulbifera</i> (S et C)	Asie du Sud-Est	Asie et Afrique	ES ; M ; TG ; CP
<i>D. cayenensis-D. rotundata</i> (C)	Afrique de l'Ouest	Afrique de l'Ouest	CA ; CP ; CEZ ; ES ; M
<i>D. dumetorum</i> (S et C)	Afrique	Afrique	M
<i>D. esculenta</i> (C)	Asie du Sud-Est	Asie et Pacifique	CA ; M
<i>D. praeheensis</i> (S)	Afrique	Afrique	M
<i>D. mangelotiana</i> (S)	Afrique	Afrique	M

C = cultivé ; S = sauvage ; CA = culture d'apex ; CEZ = culture d'embryons zygotiques ; ES = embryogenèse somatique ; M = microbouturage ; TG = transformation génétique ; CP = culture de protoplastes.

Biotechnological methods used with the main food yams in Africa

Montpellier devrait permettre de déterminer la teneur en ADN de ces ignames par cytométrie en flux. Ces résultats, associés à la connaissance de la biologie florale, permettront d'identifier les géniteurs potentiels pour la réalisation de fécondations *in vitro*. Ces fécondations seront suivies de sauvetage d'embryons *in vitro*, en vue de réduire le taux de fruits mal formés. Les dénombrements chromosomiques, en cours de réalisation sur les échantillons du Bénin et du Mali, confirment les résultats obtenus en Côte d'Ivoire avec des ignames tétraploïdes et hexaploïdes. Ce travail en réseau permet de pallier la disparité entre les différentes équipes nationales de la sous-région.

Transfert de biotechnologies, biosécurité et convention sur la diversité biologique

L'igname est « une plante séculaire et une culture d'avenir » pour les Africains. Les biotechnologies ont fait leur entrée dans plusieurs Instituts de recherche et universités d'Afrique. Toutefois, les travaux utilisant certaines biotechnologies ne se font que dans les pays du Nord. En Afrique de

l'Ouest, seul l'ITA (l'Institut international de recherche en agriculture tropicale) va au delà du microbouturage, en faisant de la culture de méristème pour l'éradication des viroses, en utilisant des techniques de biologie moléculaire (RFLP, RAPD-PCR, etc.) ou de cytométrie en flux pour la caractérisation des ressources génétiques d'ignames. Or, la Convention sur la diversité biologique, ouverte à la signature avec le sommet de Rio en 1992, et actuellement ratifiée par 172 pays dont la plupart des pays africains, stipule en son article 16, alinéa 1 que « chaque partie contractante, reconnaissant que la technologie inclut la biotechnologie, et que l'accès à la technologie et le transfert de celle-ci entre parties contractantes sont des éléments essentiels à la réalisation des objectifs de la Convention, s'engage... à assurer et/ou à faciliter à d'autres parties contractantes l'accès aux technologies nécessaires à la conservation et à l'utilisation durable de la diversité biologique, etc. » et en son article 19, alinéa 2 que « chaque partie contractante prend toutes les mesures possibles pour encourager et favoriser l'accès prioritaire, sur une base juste et équitable, des parties contractantes, en particulier des pays en développement, aux résultats et aux avantages découlant des biotechnologies fondées sur les ressources génétiques fournies par ces parties, etc. » [30]. Ainsi, les pays du Nord et du Sud devraient conjuguer leurs efforts pour que le transfert des biotechnologies appliquées à l'igname soit effectif en Afrique.

Par ailleurs, la Convention sur la diversité biologique, en son article 8-g, exige de chaque partie contractante, qu'elle « mette en place ou maintienne des moyens pour réglementer, gérer ou maîtriser les risques associés à l'utilisation et à la libération d'organismes vivants et modifiés résultant de la biotechnologie, qui risquent d'avoir sur l'environnement des impacts défavorables qui pourraient influencer sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, etc. ». C'est dans ce cadre qu'un protocole international est en cours d'élaboration et que la proposition africaine rédigée par l'Éthiopie, suite à la réunion des experts à Aarhus (Danemark, 1996), a été traduite en français par le WWF-Afrique de l'Ouest. La Côte d'Ivoire, conformément aux engagements internationaux pris, est en train de rédiger sa réglementation nationale sur la biosécurité, avec l'appui de l'ADRAO et du WWF.

Conclusion

Les méthodes biotechnologiques appliquées aux ignames devraient contribuer directement ou indirectement à la sécurité alimentaire en Afrique, en augmentant le taux de multiplication (microbouturage), en permettant une meilleure caractérisation des ressources génétiques et une meilleure compréhension de la phylogénie des ignames cultivées par les marqueurs moléculaires, ou en fournissant des plantes indemnes de virus par culture de méristème. D'autres voies peuvent également être exploitées : fourniture de semences sous forme de vitroplants, réalisation de pollinisation *in vitro*, sauvetage d'embryons *in vitro* pour augmenter le taux de fécondation des ignames cultivées. Pour aider au transfert de technologies, il convient de donner la priorité à la collaboration sous-régionale. La mise en œuvre de la Convention sur la diversité biologique constitue à cet égard un cadre idéal de réalisation du transfert de biotechnologies vers les pays du Sud, la coopération bilatérale ou multilatérale étant intégrée dans une approche régionale ■

Remerciements

Ce travail a été soutenu par l'Agence universitaire de la Francophonie (AUPELF-UREF) dans le cadre d'une prime de recherche du Fonds francophone de recherche qui a permis de mettre en place le groupe de travail ouest-africain IGAD (Igname-Gène-Agriculture-Développement). L'ITA et l'ORSTOM ont apporté des appuis techniques. Nous leur exprimons notre profonde gratitude.

Références

1. Okigbo BN. Le rôle des plantes-racines et des tubercules dans la crise alimentaire en Afrique. In : *Compte rendu du 3^e Symp. Trien. de la Sac. Intern. pour les plantes racines tropicales*, 17 au 23 août 1986. Nigeria, 1991 : 10-5.
2. Hamon P, Touré B. Characterization of traditional yam varieties belonging to the *Dioscorea cayenensis rotundata* complex by their isozymic patterns. *Euphytica* 1990 ; 46 : 101-7.
3. Zoundjihékpou J. *Biologie de la reproduction et génétique des ignames cultivées de l'Afrique de l'Ouest, D. cayenensis-rotundata*. Thèse de Doctorat d'État. Université nationale de Côte d'Ivoire, 1993 ; 306 p.
4. Terauchi R, Chikaleke VA, Thottappilly G, Hahn SK. Origin and phylogeny of Guinea yams as revealed by RFLP analysis of chloroplast DNA and nuclear ribosomal DNA. *Theo Appl Genet* 1992 ; 83 : 743-51.
5. Conlan RS, Griffiths LA, Napier JA, Shewry PR, Mantell SH, Ainsworth C. Isolation and characterisation of cDNA clones representing the genes encoding the major tuber storage protein (dioscorin) of yam (*D. cayenensis* Lam.). *Plant Molecular Biology* 1995 ; 28 : 369-80.
6. Asemota HN, Ramser J, Lopez Peralta C, Weising K, Kahl G. Genetic variation and cultivar identification of Jamaican yam germplasm by random amplified polymorphic DNA analysis. *Euphytica* 1996 ; 92 : 341-51.
7. Ramser J, Lopez-Peralta, Wetzel R, Weising K, Kahl G. Genetic variation and relationships in aerial yam (*D. bulbifera* L.) detected by random amplified polymorphic DNA. *Genome* 1996 ; 39 : 17-25.
8. Hamon P, Brizard JP, Zoundjihékpou J, Duperray C, Borgel A. Etude des index d'ADN de huit espèces d'ignames (*Dioscorea* sp.) par cytométrie en flux. *Canad J Bot* 1992 ; 70 : 996-1000.
9. Mantell SH, Haque SQ. Three techniques for rapid clonal propagation of white Lisbon yam (*D. alata* L.). *Nouv Agro Antille-Guyane* 1977 ; 3 : 413-27.
10. Niwata E, Matsunaka K, Fukushi K. Clonal propagation of chinese yam (*Dioscorea opposita*) from shoot meristem tips. *Tohoku Agricultural Research* 1983 ; 33 : 255-6.
11. Jean M, Cappadocia M. Effects of some growth regulators on *in vitro* tuberization in *D. alata* L. *Brazo Fuerte* and *D. abyssinica* Hoch. *Plant Cell Reports* 1992 ; 11 : 34-8.
12. Ng SYC, Hahn SK. Application of tissue culture to tuber crops at IITA. In : *Biotechnology in international Research*. Manila : IRRI, 1985 : 29-40.
13. Malaurie B, Pungu O, Dumont R, Trouslot MF. The creation of an *in vitro* germplasm collection of yam (*Dioscorea* spp.) for genetic resources preservation. *Euphytica* 1993 ; 65 : 113-22.
14. Zoundjihékpou J, Hamon P, Ahoussou N, Doukouré S, Tio-Touré B, Hamon S. Biotechnologies et gestion des ressources génétiques des ignames africaines. *Cinquièmes Journées scientifiques de l'AUFELF UREF*. Dakar, Sénégal, 1995 ; 18 p.
15. Butenko RG, Lipsky AK, Chernyak ND, Arya HC. Changes in culture medium pH by cell suspension cultures of *D. deltoidea*. *Plant Science Letters* 1984 ; 35 : 207-12.
16. Malaurie B, Trouslot MF. Cryopreservation of *in vitro* yam (*Dioscorea* sp.) apices by the encapsulation-dehydration technique. *Eucarpia meeting on Tropical plants*. 11-15 march 1996, Montpellier, France. Abstract book, 1996 : 252.
17. Thouvenel JC, Dumont R. Perte de rendement de l'igname infectée par le virus de la mosaïque en Côte d'Ivoire. *Agron Trop* 1990 ; 45 : 125-9.
18. Balagne M. Le microbouturage *in vitro* de l'igname coussou *D. trifida* en vue de son application pour la guérison des variétés atteintes de viroses. Thèse de 3^e cycle. USTL, Montpellier, 1985 ; 144 p.
19. Tardieu F. *Contribution à l'étude des techniques de culture in vitro de tissus et d'obtention de culture de protoplastes d'igname (Dioscorea spp.)*. Mémoire de fin d'étude ENSH et rapport de VSNA. ORSTOM, 1987 ; 69 p.
20. Okito P, Ahoussou N, Mulongoy K. Production et culture de protoplastes de *Dioscorea* sp. Poster. Séminaire régional : « L'Afrique face au défi des biotechnologies végétales : cas de l'igname ». IIRS-DA, Abidjan, Côte d'Ivoire, 1993 ; 1 p.
21. Mantell SH, Boccon-Gibod J. Vers la mise au point d'outils biotechnologiques pour l'amélioration génétique de l'igname (*Dioscorea* spp.). Séminaire international « L'igname, plante séculaire : culture d'avenir ». Montpellier, 3-6 juin 1997, CORAF-CIRAD, 1997 ; 12 p.
22. Viana AM, Mantell SH. Callus induction and plant regeneration from excised zygotic embryos of the seed-propagated yams *D. composita* Hemsc. and *D. cayenensis* Lam. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 1989 ; 16 : 113-22.
23. Arnolin R, Gamiette F, Degras L. Obtention de plantules d'ignames (*D. alata* et *D. cayenensis-rotundata*) par culture d'embryons *in vitro*. In : *Annual meeting of Caribbean Food Crops Society*. Guadeloupe, Gosier, 1-6 July 1989. INRA 25 : 646-59.
24. Hanson J. Methods of storing tropical root crop germplasm with special reference to yam. *FAO/IBPGR Plant Genetic Resources Newsletter* 1986 ; 64 : 24-32.
25. Nagasawa A, Finer JJ. Plant regeneration from embryonic suspension cultures of Chinese yam (*D. opposita* Thunb.). *Plant Science* 1989 ; 60 : 263-71.
26. Twyford C, Mantell SH. Cultural conditions required for cell division, callus induction and early stages of somatic embryogenesis in protoplast and tissue explants of *D. alata* L. cv. Oriental. *Proc 8th Symp. ISTRC*, Bangkok, Thailand, November 1988, 1990 : 624.
27. Shafer W, Gortz A, Gahl G. T-DNA integration and expression in a monocot crop plant after induction of *Agrobacterium*. *Nature* 1987 ; 327 : 529-32.
28. Tor M, Twyford CT, Funes I, Boccon-Gibod J, Ainsworth CC, Mantell SH. Isolation and culture of protoplasts from immature leaves and embryogenic cell suspensions of *Dioscorea* : tools for transient gene expression studies. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* (soumis pour publication).
29. Miège J. *Contribution à l'étude systématique des Dioscorea d'Afrique occidentale*. Thèse de Doctorat ès-Sciences. Paris, 1952 ; 266 p.
30. UNEP/CBD/94/1. *Convention sur la diversité biologique*. Texte et annexes. Nations Unies, 1998 ; 34 p.

Summary

Biotechnological strategies for yams – promoting food security in Africa

J. ZOUNDJIHÉKPOU, ET AL.

Food safety is still a major concern of African countries. The poor level of food production in Africa has obliged some countries to import cereals, thus increasing their national indebtedness, while others are simply relying on international food aid to meet their national needs. As traditional agricultural methods used to date have not ensured food security, other means (e.g. plant biotechnology) should help in reaching this target. Concerning yams, various biotechnological methods are being used, e.g. micropropagation, flow cytometry, molecular biology techniques (RFLP, RAPD, PCR, etc.). Hundreds of samples are preserved *in vitro* (in Africa and Europe), virus eradication methods are being developed and molecular markers identified. Moreover, protoplast cultures and genetic transformation tests have been initiated. The biotechnological methods used for the main food yams in Africa are summarized in Table 1. A subregional collaboration is under way among West African national research structures, supported by IITA and ORSTOM, for the cytogenetic study of African yams *D. cayenensis-D. rotundata* using flow cytometry, for the purposes of *in vitro* hybridization.

To an increasing extent, plant biotechnologies are presented alongside biosafety issues, especially in developing countries with few resources for the control of these new unknown technologies on their territories. The Convention on biological diversity thus provides a framework for the control of biotechnology uses, technology transfer and the risks involved. In this context, an international Protocol on biosafety is being drawn up, supported by the United Nations Environment Programme. The French version of the African proposal for this Protocol, developed by Ethiopia, based on a proposal by the first panel of government experts in Aarhus (Denmark), was drawn up by WWF Côte d'Ivoire for African French-speaking countries. In line with a decision put forward at the African Experts meeting in Abidjan (Côte d'Ivoire) in June 1996, Côte d'Ivoire has already developed a legal and regulatory text on biosafety, with technical assistance provided by WARDA (West African Rice Development Association) and WWF.

Apart from current biotechnological methods used for yams, other aspects may be envisaged, such as: providing farmers with seeds through vitropants, increasing the fertilization rate through *in vitro* hybridization, etc. Nevertheless, species and varieties of yams still have to be identified and exploited in order to improve the *Dioscorea* family. The sustainable and rational use of natural resources in Africa should be a priority for yam improvement, with biotechnologies developed parcimoniously.

Cahiers Agricultures 1998 ; 7 : 516-20.

Résumé **Biotechnologies végétales et sécurité alimentaire en Afrique : cas des ignames**

J. ZOUNDJIKPON, ET AL.

En Afrique, la sécurité alimentaire demeure l'une des préoccupations majeures des autorités de chaque pays. Les méthodes agricoles traditionnelles n'ayant pas permis d'obtenir la sécurité alimentaire, d'autres voies, comme celles des biotechnologies végétales, sont envisagées pour atteindre l'objectif visé. Pour les ignames, diverses méthodes sont utilisées : microbouturage, cultures de protoplastes, cytométrie en flux, biologie moléculaire (RFLP, RAPD-PCR, etc.), transformation génétique. La collaboration sous-régionale devrait permettre de réaliser des fécondations *in vitro*, à partir des études cytogénétiques utilisant la cytométrie en flux, et une meilleure connaissance de la biologie florale. Eu égard aux problèmes de biosécurité, la Convention sur la diversité biologique constitue un cadre idéal pour le contrôle des conditions d'utilisation et de transfert des biotechnologies, ainsi que pour la prévention des risques qui y sont associés.

Biotechnologies et conservation des ressources génétiques à l'Institut international des ressources phytogénétiques

Florent Engelmann

L'IPGRI (Institut international des ressources phytogénétiques), successeur de l'IBPGR (Bureau international pour les ressources phytogénétiques), est une organisation internationale autonome qui opère sous l'égide du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI). Le mandat de l'IPGRI est de faire progresser la conservation et l'utilisation des ressources génétiques pour le bénéfice des générations présentes et futures. L'IPGRI travaille en partenariat avec d'autres organisations, conduit des programmes de recherche et de formation et fournit des avis et informations scientifiques et techniques. L'IPGRI a quatre objectifs principaux : renforcer les programmes nationaux, contribuer à la collaboration internationale, améliorer les stratégies et techniques de conservation, et offrir un service international d'information [1].

La structure de l'IPGRI comprend un siège à Rome, cinq groupes régionaux, deux groupes thématiques ainsi que l'INIBAP (Réseau international pour l'amélioration du bananier et plantain). Les groupes régionaux ont la responsabilité des activités de l'Institut en Afrique sub-saharienne, en Asie occidentale et Afrique du Nord, en Asie, Pacifique et Océanie, aux Amériques et en Europe. Les groupes régionaux développent des stratégies régionales, appuient les programmes nationaux et régionaux et entreprennent des activités d'intérêt régional. Les deux groupes thématiques conduisent et coordonnent les activités de

recherche, d'information et de formation au niveau interrégional et global dans leurs domaines respectifs d'expertise, et fournissent un appui scientifique et technique aux groupes régionaux. Les deux groupes thématiques sont intitulés « Science et technologie des ressources génétiques » (GRST) et « Documentation, information et formation » (DIT). L'INIBAP a son siège à Montpellier, France, et des bureaux régionaux en Afrique, Asie, Amérique et Caraïbes. Le centre de transit de l'INIBAP, basé à l'Université catholique de Louvain, Belgique, maintient une collection *in vitro* de plus de 1 000 accessions de bananiers et plantains et en assure également l'assainissement et la diffusion au niveau mondial [2].

L'objectif de cet article est de présenter et d'illustrer les principales activités des deux groupes thématiques de l'Institut ayant trait à la recherche sur les biotechnologies et à leur utilisation.

Science et technologie des ressources génétiques

Le rôle du groupe GRST est d'apporter à l'Institut et à ses partenaires un appui scientifique et technique pour la conservation et l'utilisation des espèces cultivées et fourragères et des espèces sauvages apparentées, ainsi que des espèces forestières utiles en agroforesterie. Le groupe développe ses activités au travers de six projets complémentaires :

- localisation et évaluation de la diversité génétique ;
- stratégies et technologies de la conservation *ex situ* ;

F. Engelmann : IPGRI (Institut international des ressources phytogénétiques), Via delle Sette Chiese 142, 00145 Rome, Italie.

Tirés à part : F. Engelmann