

Les virus de l'igname : caractérisation immunologique et moléculaire du virus de la mosaïque de l'igname

C. URBINO, M. BOUSALEM, A. PINEL, D. FARGETTE, J. DUBERN
Lprc Orstom, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex, France

Résumé — L'igname (*Dioscorea* spp.) est une culture vivrière importante pour l'alimentation humaine en zone tropicale. Elle est sensible à de nombreux agents pathogènes — aux virus notamment — qui constituent une contrainte majeure pour son développement. La propagation par voie végétative, la transmission par insecte vecteur, ainsi que les introductions non contrôlées de matériel végétal infecté ont entraîné une dissémination des virus dans les différentes zones de culture. La mosaïque de l'igname (YMV) est l'une des principales maladies virales de l'igname. Les travaux menés par l'Orstom sur l'étiologie de la maladie, son importance économique, et certains aspects épidémiologiques sont présentés. Les résultats ont trait à la variabilité du YMV. Elle a été établie à partir d'une collection de 70 isolats provenant des différentes zones de production. Les isolats ont été comparés sur la base de la symptomatologie sur *Nicotiana benthamiana*, de la mobilité électrophorétique des protéines de capsid et de la reconnaissance par trois anticorps monoclonaux dirigés contre le YMV. L'étude moléculaire a permis de confirmer que les isolats étudiés appartiennent à la même espèce de potyvirus. Cinq groupes d'isolats ont ainsi été mis en évidence. Cette variabilité n'a pu être reliée ni à l'origine géographique des isolats, ni à l'espèce infectée. Ces travaux ont permis d'améliorer la qualité des outils de diagnostic du YMV. Le Lprc a mis au point un test sérologique basé sur l'utilisation d'anticorps monoclonaux et développé des amorces spécifiques du YMV pour la détection du virus par la technique Rt-Pcr.

Abstract — **Yam viruses: epidemiology and variability.** Yam (*Dioscoreas* spp.) is an important crop in tropical diets. It is sensitive to many pathogens — viruses particularly — which in fact seriously impede its development. Vegetative propagation, insect transmission and uncontrolled introductions of infected germplasm have resulted in spreading viruses over different cropping areas. Yam Mosaic Virus (YMV) is one of the most important yam viruses. This paper presents studies undertaken by Orstom on disease etiology, its economic impact and epidemiological aspects. The most recent results deal with the varia-

bility of YMV, established on comparative results between 70 isolates from different yam producing areas, involving symptomatology on *Nicotiana benthamiana*, electrophoretic mobility of capsid proteins and detection by three monoclonal antibodies against YMV. Six groups of isolates were differentiated. The molecular study was based on the phylogenetic analysis of the capsid protein of the virus and of the 3' non-coding region. It was confirmed that the isolates under investigation were all strains of the same potyvirus, despite large molecular differences. Five groups of isolates were thus identified. The variability was associated neither to the geographical origin of the isolates, nor to the species infected, except for the isolates from yam of isolated regions not or little involved in international exchanges which may be related to the host or to the geographical origin (Pilimpikou yams, *trifida* yams from Guyana). These studies helped to improve the quality of detection of diagnostic tools of YMV: a serological test using monoclonals was set and specific YMV primers were developed for RT-PCR amplification. These diagnostic tools will play a major role for control methods based on sanitation and for the control of international exchange of germplasm.

Introduction

En tant que culture vivrière, l'igname (*Dioscorea* spp.) joue un rôle important dans l'alimentation humaine en zone tropicale. Cette plante est sensible à de nombreux agents pathogènes et les virus constituent un important obstacle à son développement. Ils sont responsables de pertes de production (27 % de pertes pour *D. alata* dues au virus de la mosaïque de l'igname, THOUVENEL et DUMONT, 1990), de la disparition progressive de certaines espèces ou

cultivars dans les zones fortement infestées (*D. trifida* dans la Caraïbe) et sont des freins importants à l'échange de matériel végétal entre zones de production. La propagation de l'igname par voie végétative, la transmission des virus par des insectes vecteurs ainsi que les nombreuses introductions non contrôlées de matériel végétal infecté ont entraîné la dissémination des maladies à virus dans les différentes zones de culture.

La bibliographie fait état de nombreux virus, aussi bien sur les ignames alimentaires que médicinales, mais tous n'ont pas été caractérisés à ce jour. Ce document fait la synthèse des connaissances actuellement disponibles sur les virus des ignames, et développe plus particulièrement les aspects épidémiologiques de la mosaïque de l'igname, la variabilité immunologique et moléculaire du virus responsable, le yam mosaic virus (YMV).

Les virus des ignames

Les virus des ignames médicinales

Le virus latent de *Dioscorea* (*Dioscorea* latent potexvirus, Dlv) et le virus des bandes vertes de *Dioscorea* (*Dioscorea* greenbanding potyvirus, Dgbv) ont été décrits pour la première fois à Porto-Rico sur les espèces *D. floribunda* et *D. composita* utilisées à des fins pharmaceutiques. Le Dlv se caractérise par l'absence de symptômes sur la plupart des plantes hôtes inoculées mais provoque de faibles jaunissements sur les feuilles de *Philodendron selloum*. Il a pu être transmis mécaniquement à *N. megalosiphon* et *D. bulbifera*, mais pas à *D. alata* (PHILLIPS *et al.*, 1986). Le Dgbv a été trouvé en infection mixte avec le Dlv (HEARON *et al.*, 1978).

Les virus des ignames alimentaires

De nombreux virus affectent les ignames alimentaires dans les différentes zones de production.

Ainsi, le virus de la mosaïque du concombre (Cmv) a été détecté dans la Caraïbe et en Afrique de l'Ouest sur *D. cayenensis-rotundata*, *D. alata* et *D. trifida* (MIGLIORI, 1977), mais ne semble pas responsable de dégâts sur ces cultures.

Le virus responsable des nécroses sur l'igname de Chine (ChYnmv), est un virus flexueux filamenteux de 660 nm de long et de 12 nm de diamètre ayant les caractéristiques du groupe des carlavirus. Il a été décrit sur *D. batatus* au Japon (FUKUMOTO et TOCHIHARA, 1978 ; SHIRAKO et EHARA, 1986) et

provoque des taches chlorotiques et nécrotiques sur les feuilles. Il est transmis par puceron (*Myzus persicae*, *Aphis gossypii*) selon le mode non persistant.

Le virus responsable des taches brunes internes (yam internal brown spot badnavirus ou *Dioscorea* bacilliform badnavirus, Dbv) a été observé pour la première fois à la Barbade dans des tubercules de *D. alata* présentant ces symptômes. Les pertes de rendement ont été estimées entre 29 et 41 % de la production (MANTELL et HAQUE, 1978, 1979a). La microscopie électronique a mis en évidence la présence d'un virus bacilliforme de 130 x 29 nm, souvent présent en infection mixte avec un virus filamenteux de 750 x 13 nm (HARRISON et ROBERTS, 1973). La maladie est transmise par voie végétative et aucun vecteur n'a été identifié (MANTELL et HAQUE, 1979b). Les mêmes symptômes ont été observés sur *D. alata* en Côte d'Ivoire (THOUVENEL *et al.*, 1988) ; dans ce cas, les particules bacilliformes n'ont pas été retrouvées mais des particules flexueuses filamenteuses de mêmes dimensions que celles observées à la Barbade ont été identifiées comme étant un isolat du yam mosaic potyvirus. La relation entre les symptômes et le virus filamenteux n'a pas été établie.

Plusieurs potyvirus ont été observés sur igname dans les différentes zones de production. Ils se caractérisent par la présence de symptômes de mosaïque sur les feuilles. Ces virus ont été décrits sous des noms différents : Yam mosaic virus (YMV), en Côte d'Ivoire (THOUVENEL et FAUQUET, 1979) ; *Dioscorea trifida* virus en Guadeloupe (MIGLIORI, 1977) ; *Dioscorea* green banding mosaic virus, Dgbmv, et *Dioscorea alata* ring mottle virus, DaRmv, au Togo (PORTH et NIENHAUS, 1983) ; *Dioscorea alata* virus et DaV, au Togo (RECKHAUS et NIENHAUS, 1981).

Les principaux travaux de caractérisation de ces virus (PORTH *et al.*, 1987) ont permis de clarifier en partie la situation :

- le *Dioscorea trifida* virus et le Dgbmv sont des souches de YMV ;
- le DaV est relié sérologiquement au virus de la mosaïque de l'igname mais en diffère par sa non-transmissibilité ;
- enfin, le DaRmv serait une « souche igname » du beet mosaic potyvirus transmissible sur *N. benthamiana*.

Le virus de la mosaïque de l'igname YMV

Il a été identifié dans toutes les zones de production d'Afrique, de la Caraïbe, d'Amérique latine et de Nouvelle-Calédonie. Les symptômes de la maladie peuvent différer selon les espèces infectées et les conditions climatiques. Dans la plupart des cas, on observe des surcolorations nervaires, des mosaïques,

des cloques, et parfois un nanisme de la plante. Il infecte plusieurs espèces du genre *Dioscorea* : *D. cayenensis-rotundata*, *D. alata*, *D. trifida*, *D. esculenta*, *D. dumetorum*, *D. mangenotiana*, *D. togoensis*, *D. praehensilis*, *D. preussii*, *D. liebrechtsiana*. Ce virus peut être transmis mécaniquement à *N. benthamiana*, *N. clevelandii*, *N. megalosiphon*, et provoque des lésions locales chlorotiques sur les feuilles inoculées de *Chenopodium amaranticolor* (THOUVENEL et FAUQUET, 1986).

Les pertes de production ont été évaluées à 27 % sur *D. alata* en Côte d'Ivoire (THOUVENEL et DUMONT, 1990). La culture de *D. trifida* est actuellement en régression dans la zone caribéenne du fait de sa grande sensibilité à la maladie.

L'agent pathogène a été identifié par THOUVENEL et FAUQUET (1979). Il s'agit d'un virus flexueux filamenteux appartenant au groupe des potyvirus. Il mesure 785 x 13 nm, est transmis par puceron (*Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum maidis*, *Toxoptera citricidus*) sur le mode non persistant. Il est également propagé par voie végétative par les tubercules semences. La transmission par les graines n'a jamais été établie.

Les virus identifiés dans la collection de vitroplants d'igname du Lrgapt-Orstom

L'indexation a été réalisée sur 92 échantillons appartenant à plusieurs espèces d'igname : *D. cayenensis-rotundata*, *D. alata*, *D. trifida*, *D. esculenta*, *D. bulbifera*, *D. dumetorum*, *D. mangenotiana*, *D. togoensis*, *D. praehensilis*, *D. shimperiana*. Ces échantillons proviennent de différentes régions d'Afrique, de la Caraïbe, d'Amérique du Sud et d'Asie. Quatre virus ont été recherchés par la technique Elisa : Pvx (potato virus X, potexvirus) Pvy (potato virus Y, potyvirus), Cmv (cucumber mosaic cucumovirus), et YMV. Les résultats sont rassemblés dans le tableau I.

Cette étude a permis de constater qu'il était possible de détecter dans différentes espèces d'igname des virus sérologiquement reliés au Pvx et au Pvy avec des fréquences presque aussi élevées que pour le YMV. Des travaux supplémentaires devraient être effectués pour caractériser précisément ces isolats de virus et vérifier leur importance respective en conditions naturelles.

Tableau I. Indexation de la collection d'igname de l'Orstom.

Résultat Elisa	Pvx	Pvy	Cmv	YMV
Positifs %	5,5	6,3	2,1	7,7
Négatifs %	94,5	93,7	97,9	92,3

Les chercheurs de l'Orstom ont largement contribué à préciser l'étiologie de la maladie de la mosaïque de l'igname, son importance économique, les aspects épidémiologiques et à la mise au point des premiers tests de détection. Le Lprc mène depuis 1991 des recherches sur la variabilité de l'agent pathogène et la mise au point de tests de diagnostic sérologiques et moléculaires ; le Lrgapt travaille sur la variabilité génétique des ignames tandis que l'Iltab cherche à développer des stratégies de résistance par transgénose.

La mosaïque de l'igname : aspects épidémiologiques et variabilité du Yam mosaic virus

Suite à l'identification du YMV dans certaines zones de production, des études épidémiologiques ont été menées afin de connaître les facteurs responsables de la propagation de la maladie, d'une part, et, d'autre part, d'identifier des méthodes de lutte permettant de diminuer son incidence sur les cultures locales.

Aspects épidémiologiques de la maladie en Afrique de l'Ouest et en Guadeloupe

Le taux de prévalence de la maladie est très variable selon la zone géographique et l'espèce. Tandis qu'en Côte d'Ivoire, la mosaïque de l'igname affecte les principales espèces cultivées (THOUVENEL *et al.*, 1989), le virus a été détecté en Guadeloupe principalement sur 2 espèces (*D. trifida* et *D. cayenensis-rotundata*), fortement contaminées. L'espèce *D. alata* semble épargnée ; en effet, une enquête sérologique réalisée sur la collection de l'Inra Antilles-Guyane cultivée en zone de forte pression d'inoculum, a permis de détecter le virus uniquement dans 2 des 90 variétés testées (GOUDOU-SINHA, 1990).

Le taux de contamination décroît de 27 % dans le sud de la Côte d'Ivoire (zone à climat humide) à 6 % dans la région Nord au climat plus sec (THOUVENEL *et al.*, 1989). Au Burkina Faso, l'estimation de l'importance de la maladie a été réalisée à partir des comptages de plants présentant des symptômes typiques de la mosaïque de l'igname et de tests sérologiques effectués sur feuilles ou sur tubercules.

Il en ressort que le virus est présent dans 2 des 3 zones de production. Environ 10 % des plantes sont contaminées dans la zone Sud-Ouest (région contiguë à la zone de production du nord de la Côte d'Ivoire). Le virus n'a jamais pu être détecté dans la

région Sud sur les mêmes espèces cultivées bien que certaines plantes présentaient des symptômes foliaires de mosaïque et de cloques (GOUDOU-URBINO *et al.*, 1996 a). L'hypothèse de la présence d'un virus autre que le YMV ou d'isolats de virus sérologiquement différents du YMV dans la région Sud est en cours de vérification au Lprc-orstom.

Dans la région Centre du pays (plaine du Pilimpikou), le YMV a été détecté dans tous les échantillons testés (220 échantillons, feuilles ou tubercules). La situation de la région Centre est particulière du fait de son isolement par rapport aux autres zones de culture d'igname (plus de 200 km), de la présence d'une unique variété (Igname de Pilimpikou) adaptée aux conditions locales (courte saison des pluies, 600 mm de précipitations annuelles, sols hydromorphes à pseudogley). L'absence d'échange de semence avec les autres zones de production d'igname et l'utilisation année après année de tubercules infectés a conduit à l'infection quasi totale des plantes de ce cultivar.

Les symptômes dus à l'infection par le YMV peuvent varier selon les régions et les cultivars. Les observations effectuées en Afrique et dans la Caraïbe ont révélé que la présence de virus dans les plantes ne se traduisait pas systématiquement par la présence de symptômes ; d'autre part, il n'a pas été possible de détecter le YMV dans certaines plantes présentant des symptômes de cloques, de mosaïques ou de marbrures (THOTTHAPPILLY, 1983 ; THOUVENEL et FAUQUET, 1982 ; GOUDOU-URBINO, 1995).

Le suivi d'essais de contamination de plantes indemnes de YMV en conditions naturelles a montré que la propagation de la mosaïque de l'igname par les pucerons vecteurs était importante en Guadeloupe dans des zones à forte pression d'inoculum (GOUDOU-SINHA, 1990). En revanche, au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire, le faible taux de contamination de plants laisse supposer que les contaminations sont principalement dues à l'utilisation de tubercules semences infectés (THOUVENEL *et al.*, 1989, THOUVENEL et DUMONT, 1990 ; GOUDOU-URBINO, 1995).

Variabilité immunologique et moléculaire des isolats de YMV

La variabilité des isolats de YMV a — dans un premier temps — été étudiée à partir d'une collection de 70 isolats de potyvirus d'igname provenant des différentes zones de production dans le monde et reconnus par les anticorps polyclonaux anti YMV. Ces isolats ont été récupérés à partir de la collection d'igname du Lrgapt de l'Orstom (Afrique de l'Ouest et du Centre), de prospections effectuées en Afrique de l'Ouest (Burkina Faso, Bénin, Nigeria) et dans

la région Caraïbe (Guadeloupe, Guyane). Ils ont été comparés pour la mobilité électrophorétique des protéines de capsid et la reconnaissance par 3 anticorps monoclonaux dirigés contre le virus YMV.

Ensuite, 16 isolats représentatifs des différents groupes de YMV mis en évidence par GOUDOU-URBINO *et al.*, (1996b) ont été sélectionnés pour une caractérisation moléculaire (BOUSALEM *et al.*, 1995 ; 1997). Il proviennent de régions géographiques et d'espèces d'igname différentes. La protéine de capsid (Cp) et la région 3' non codante du génome du YMV (3' Ntr) ont été choisies comme marqueurs moléculaires du fait de leur intérêt taxinomique (SHUKLA *et al.*, 1994). Les régions choisies ont été amplifiées par Pcr et les fragments d'Adn ont été séquencés. Le séquençage direct des produits Pcr a été développé en routine pour la caractérisation moléculaire des isolats du YMV.

L'étude de la symptomatologie sur *N. benthamiana*, et de la mobilité électrophorétique des protéines de capsid des différents isolats a permis de mettre en évidence 6 groupes de variants (tableau II). Il n'a pas été possible d'établir de lien entre ces variants et l'origine géographique ou botanique des plantes étudiées (tableaux III). Seul le groupe F est restreint au cultivar « Igname de Pilimpikou ».

L'étude moléculaire a permis de constituer différents groupes phylogénétiques (BOUSALEM, 1997). L'analyse de la région centrale et de l'extrémité C-terminale de la Cp et de la 3' Ntr a permis de

Tableau II. Différents groupes d'isolats mis en évidence par la symptomatologie, la mobilité électrophorétique et l'immunologie.

Groupe	Surcoloration nervaire forte	Mobilité électrophorétique	Réaction avec le mab 15.3.3
A	-	1	+
B	-	2	+
C	+	3	+
D	-	3	+
E	-	4	+
F	-	4	-

Tableau III. Répartition des 6 groupes d'isolats de virus d'igname dans les espèces et les zones géographiques.

Espèces	Afrique de l'Ouest	Guadeloupe	Amérique du Sud
<i>D. cayensis-rotundata</i>	A, B, D	D, E	
<i>D. alata</i>	D	B, D	
<i>D. trifida</i>		B	B, C, D
Igname de Pilimpikou	F		

distinguer 5 groupes présentant respectivement entre 89,4 à 98 % et 77,2 à 87,9 % de similarité intergroupe. L'analyse phylogénétique des séquences de la Cp, complète pour 4 isolats, montre des taux de similarités de 81 à 90,4 %. Une analyse comparative intégrant plusieurs potyvirus confirme que dans le cas du YMV, les 2 marqueurs utilisés sont très variables. Les 16 isolats analysés peuvent cependant être considérés comme des souches d'un même potyvirus tout en étant pour certains très éloignés.

La topologie des arbres phylogénétiques obtenus par cette analyse peut être considérée comme représentative de la variabilité couvrant l'ensemble du génome du YMV (ALEMAN *et al.*, 1996).

Une importante délétion (12 acides aminés) caractérise la région N-terminale des isolats infectant les ignames de Pilimpikou. GOUDOU-URBINO (1995) avait mentionné l'impossibilité de transmettre ces isolats par puceron aussi bien en condition de laboratoire qu'en conditions naturelles dans la plaine de Pilimpikou. La délétion observée pourrait être impliquée dans cette perte de transmission ainsi que dans les caractéristiques immunologiques et électrophorétique particulières des isolats de cette zone.

L'utilisation de 3 anticorps monoclonaux a permis de différencier le groupe (F) correspondant aux isolats infectant un cultivar particulier de *D. cayenensis-rotundata*, (l'igname de Pilimpikou dans la région centre du Burkina Faso) des autres isolats. Cette particularité pourrait s'expliquer par une spéciation liée à l'isolement géographique de cette culture. Des études restent à faire pour définir plus précisément la variabilité sérologique parmi les autres isolats de YMV.

Concernant la diversité du YMV au sein des espèces d'ignames, les isolats qui infectent les principales espèces cultivées ne constituent pas de groupe distinct. En revanche, les isolats infectant les ignames à culture restreinte peu ou pas impliquées dans des échanges inter-régionaux peuvent être corrélés avec l'hôte d'origine : ainsi, le groupe 1 rassemble les isolats infectant les *D. trifida* originaires de Guyane, tandis que le groupe 5, très éloigné correspondent aux isolats récoltés sur l'igname de Pilimpikou (BOUSALEM *et al.*, 1997).

Il est difficile d'établir la répartition géographique de la diversité du YMV du fait des échanges non contrôlés de tubercules ; *D. cayenensis-rotundata* et *D. alata* ont notamment fait l'objet de nombreux échanges et introductions. Toutefois, une corrélation est possible pour les mêmes groupes 1 et 5 du fait de l'importance réduite et de l'isolement géographique de ces cultures.

Les études de variabilité sérologique et moléculaire ont été réalisées sur un nombre relativement restreint d'isolats étant donné la large répartition du YMV dans le monde. Les études moléculaires ont mis en évi-

dence une spéciation isolat-hôte d'origine pour deux groupes d'isolats et il serait intéressant d'étendre ce travail à des isolats d'origines géographiques et botaniques diverses.

Les outils de diagnostic

Depuis 1980, le test Das-Elisa, utilisant des anticorps polyclonaux dirigés contre la protéine de capside du virus a été utilisé pour rechercher le virus dans les échantillons de feuille et de tubercule d'igname (THOUVENEL et FAUQUET, 1980). Depuis 1995, un test Elisa basé sur l'utilisation d'anticorps monoclonaux et plus sensible que le précédent a été développé par le Lprc-Orstom. Il est actuellement au point et a montré son efficacité à détecter des isolats de virus de différentes zones géographiques.

L'alignement des séquences nucléotidiques des différents isolats a permis de sélectionner des couples d'amorces spécifiques au YMV en tenant compte de la variabilité observée précédemment. La technique Rt/Pcr mise au point avec ces amorces est une excellente alternative au test immunoenzymatique actuellement utilisé.

Les méthodes de contrôle de la maladie

La mise en place de méthodes permettant de diminuer l'incidence de la maladie est très importante pour des espèces telles que *D. trifida* sérieusement menacée par la mosaïque de l'igname dans la zone caraïbe et sud-américaine. La production de plants indemnes de virus et de nématodes est absolument nécessaire pour permettre les échanges de matériel végétal entre zones de production, échanges qui conditionnent le développement de programmes d'amélioration variétale des ignames cultivées.

Il n'existe actuellement aucune méthode de lutte en champ contre la mosaïque de l'igname. L'une des principales solutions réside dans la mise en place d'un programme de sanitation des plants de semence, associé à tout un ensemble de mesures préventives permettant d'éviter la contamination des plants sains.

Les principales techniques permettant d'obtenir des plants d'igname indemnes de viroses sont :

- la culture *in vitro* de méristème : elle a permis dans certains cas d'obtenir un clone non virosé pour une variété donnée (SALEIL *et al.*, 1990) ;
- la thermothérapie et/ou la chimiothérapie : associées à la culture de méristème, elles améliorent

l'éradication des virus dans les plantes (MALAURIE *et al.*, 1993) ;

– le passage par la graine issue de la reproduction sexuée : il est actuellement possible d'obtenir des plants indemnes de virus par germination de graine de *D. cayenensis-rotundata*, *D. trifida* ou sauvetage d'embryon (*D. alata*) ; cela permet la formation de nouveaux clones.

Un programme de sélection sanitaire et de multiplication des plants de semence basé sur le programme développé pour la production de plants de semence de pomme de terre indemnes de viroses pourrait être envisagé. La multiplication de matériel indemne de virus dans des zones à très faible pression d'inoculum permettrait le remplacement des ignames contaminées par des plantes saines. Cela nécessite la mise en place d'infrastructures administratives et scientifiques importantes et lourdes.

Les travaux de sélection génétique ont longtemps été freinés par la difficulté à multiplier certaines espèces par reproduction sexuée, les difficultés pour échanger du matériel végétal entre zones de production, le manque d'information concernant les maladies virales, et l'absence de test de détection très fiable. L'espèce *D. alata* est considérée comme relativement tolérante à la mosaïque de l'igname, mais le comportement des différentes variétés vis-à-vis de la maladie n'a pas été étudié.

Conclusion

La production de l'igname est affectée par différents virus, notamment le yam mosaic virus présent dans toutes les zones de production. La variabilité immunologique et moléculaire de ce virus n'a pu être reliée ni à l'origine géographique des isolats, ni à l'espèce infectée, exception faite des isolats provenant des ignames des zones de culture restreinte peu ou pas impliquées dans les échanges internationaux (igname de Pilimpikou, *D. trifida* de Guyane) qui peut être corrélée à l'hôte d'origine et à l'origine géographique.

Ces travaux ont permis d'améliorer la qualité des outils de diagnostic du YMV qui vont jouer un rôle important dans le développement de méthodes de lutte. Ces dernières reposent essentiellement sur la sanitation du matériel végétal et dans le contrôle des échanges internationaux de matériel biologique.

Références bibliographiques

- ALEMAN M.E., 1996. Caractérisation moléculaire, diversité génétique et contrôle du virus de la mosaïque de l'igname (YMV). Thèse ENSA, Montpellier, France, 138 p.
- ALEMAN M.E., GOUDOU-URBINO C., DUBERN J., FAUQUET C., 1996. Analysis of the sequence variations in the P1, HC, P3, NIb and CP regions of yam mosaic potyvirus isolates: implications for potyvirus intra-species molecular diversity. *J. of General Virology* 78: 1253-1264.
- BOUSALEM M., 1995. Mise au point d'outils immunologiques et moléculaires pour la détection et la caractérisation des potyvirus infectant l'igname. Caractérisation moléculaire préliminaire de l'isolat BFC56 du yam mosaic virus. Montpellier, France, Lprc-Orstom, 22 p. (document interne).
- BOUSALEM M., PINEL A., DUBERN J., FRUTOS R., FARGETTE D., 1997. Evaluation de la variabilité moléculaire du virus de la mosaïque de l'igname. Comptes rendus des 6^e rencontres de virologie végétale. Aussois, France, 9-13 mars 1997. Strasbourg, France, Ecole thématique, délégation régionale Alsace du Cnrs, 72 p.
- FUKUMOTO F., TOCHIHARA H., 1978. Chinese yam necrotic mosaic virus. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 44 : 1-5.
- GOUDOU-SINHA C., 1990. Etude épidémiologique multilocale de la contamination de 3 espèces d'igname par le virus de la mosaïque de l'igname à la Guadeloupe. Mémoire d'ingénieur Esat, Cnearc, Montpellier, France, 48 p.
- GOUDOU-URBINO C., 1995. La mosaïque de l'igname : aspects épidémiologiques au Burkina Faso et variabilité du virus. Thèse d'université, physiologie. Université sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, France, 120 p.
- GOUDOU-URBINO C., KONATE G., QUIOT J.B., DUBERN J., 1996a. Ecology and etiology of a yam mosaic disease in Burkina Faso. *Trop. Sc.* 36 : 34-40.
- GOUDOU-URBINO C., GIVORD L., KONATE G., BOEGLIN M., QUIOT J.B., DUBERN J., 1996b. Differentiation of yam viruses isolates by using symptomatology, western-blot and monoclonal antibodies. *J. Phytopathology* 144 : 235-240.
- HARRISON B.D., ROBERTS I.M., 1973. Association of virus like particles with internal brown spot of yam (*Dioscorea alata*). *Trop. Agriculture (Trinidad)* 50 : 335-340.
- HEARON S.S., CORBETT M.K., GILLASPIE Jr A.G., WATERWORTH H.E., 1978. Two flexuous-rod viruses in *Dioscorea floribunda* : symptoms, identification and ultra structure. *Phytopathology* 68 : 1137-1146.

- MALAUURIE B., PUNGU O., DUMONT R., TROUSLOT M.F., 1993. The creation of an *in vitro* germplasm collection of yam (*Dioscorea* spp.) for genetic resources preservation. *Euphytica* 65 : 113-122.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., 1978. Incidence of internal brown spot disease in White Lisbon (*D. alata*) during storage. *Experimental Agriculture* 14 : 167-172.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., 1979a. Disease free yams, their production, maintenance and performances. Caribbean Agricultural Research and Development Institute, Trinidad, yam virus Bull. 2.
- MANTELL S.H., HAQUE S.Q., 1979b. Internal brown spot disease of Yams Caribbean Agricultural Research and Development Institute, Trinidad, Yam virus project, Bull. 3.
- MIGLIORI A., 1977. Maladies à virus de l'igname (*Dioscorea* spp.). *Nouvelles agronomiques Antilles-Guyane* 3 (3-4) : 428-435.
- PHILLIPS S., PIGOTT J.D'A., BRUNT A.A., 1986. Further evidence that *Dioscorea* latent virus is a potyvirus. *Ann. Appl. Biol.* 109 : 137-145.
- PORTH A., NIENHAUS F., 1983. *Dioscorea alata* ring motle virus, a new potyvirus in yam in Togo. *Zeit Pflanz. Pflanz.* 90 : 352-362.
- PORTH A., LESEMANN D.E., VETTEN H.J., 1987. Characterization of potyvirus isolates from West African yams (*Dioscorea* spp.). *J. Phytopathology* 120 : 160-183.
- RECKHAUS P., NIENHAUS F., 1981. Etiology of a virus disease of white yam *D. rotundata* in Togo. *J. plant disease and protection* 88 (8-9) : 492-509.
- SALEIL V., DEGRAS L., JONARD R., 1990. Obtention de plantes indemnes de la mosaïque de l'igname (YMV) par culture *in vitro* des apex de *Dioscorea trifida* L. *Agronomie* 10 : 605-615.
- SHIRAKO Y., EHARA Y., 1986. Rapid diagnosis of chinese yam necrotic mosaic virus by electroblot immunoassay. *Ann. phytopath. Soc. Japan* 52 : 453-459.
- SHUKLA D.D., WARD C.W., BRUNT A.A., 1994. *The potyviridae*. Wallingford, Grande-Bretagne, Cab International, 516 p.
- THOTTAPPILLY G., 1983. Annual Report, IITA, Ibadan, Nigeria.
- THOUVENEL J.C., FAUQUET C., 1979. Yam mosaic, a new potyvirus infecting *Dioscorea cayenensis* in the Ivory Coast. *Ann Appl. Biology* 93 : 279-283.
- THOUVENEL J.C., FAUQUET C., 1980. Utilisation de la technique Elisa dans le diagnostic de la mosaïque de l'igname. *Compte rendus de la 2^e conférence internationale sur l'impact des maladies à virus sur le développement des pays africains et du Moyen Orient*. Nairobi, Kenya, 2-6 décembre 1980.
- THOUVENEL J.C., FAUQUET C., 1982. Les viroses de l'igname en Côte d'Ivoire. *In Yams, ignames*, MIEGE J. et LYONGA S.N., Eds. Oxford, Grande-Bretagne, Publication Clarendon Press, p. 245-282.
- THOUVENEL J.C., FAUQUET C., 1986. Yam mosaic virus. *In Description of plant viruses*, Cmi, Aab n° 314.
- THOUVENEL J.C., FARGETTE D., FAUQUET C., 1988. La maladie des taches brunes du tubercule d'igname en Côte d'Ivoire. *Comptes rendus du 7^e symposium de l'International Society of Tropical Root Crops*. Gosier, Guadeloupe 1-6 juillet 1985.
- THOUVENEL J.C., BORG-OLIVIER O., DUMONT R., 1989. Epidemiology of Yam mosaic virus. Importance of aphid transmission. *IV^e colloque international sur l'épidémiologie des virus des plantes*. Montpellier, 3-8 septembre 1989, p. 212-215.
- THOUVENEL J.C., DUMONT R., 1990. Pertes de rendement de l'igname infectée par le virus de la mosaïque de l'igname en Côte d'Ivoire. *L'Agronomie Tropicale* 45 (2) : 125-129.

Urbino C., Bousalem Moustapha, Pinel Agnès, Fargette Denis,
Dubern Jean. (1997)

Les virus de l'igname : caractérisation immunologique et
moléculaire du virus de la mosaïque de l'igname

In : Berthaud Julien (ed.), Bricas N. (ed.), Marchand J.L. (ed.)
L'igname, plante séculaire et culture d'avenir = Yam, old plant
and crop for the future

Montpellier : CIRAD, 205-211. L'Igname, Plante Séculaire et
Culture d'Avenir : Séminaire International, Montpellier (FRA),
1997/06/03-06. ISBN 2-87614-313-5