



Les virus et les maladies virales du maïs en Afrique tropicale

G. Thottappilly, H.W. Rossel, N.A. Bosque-Pérez



Guide de recherche de l'IITA n° 54

Les virus et les maladies virales du maïs en Afrique tropicale

G. Thottappilly, H.W. Rossel, N.A. Bosque-Pérez

Décembre 1998

Réproduit et adapté de l'article de Thottappilly, G.; Bosque-Pérez, N.A.; Rossel, H.W. 1993. Viruses and virus diseases of maize in tropical Africa. Plant pathology 42: 494-509.

Institut international d'agriculture tropicale (IITA)

Programme de formation

PMB 5320

Ibadan

Nigéria

Télécopie : (234-2) 241 2221

Téléphone : (234-2) 241 2626

Email : iita@cgiar.org

Guides de recherche de l'IITA

Les guides de recherche de l'IITA ont pour objectif d'informer et d'orienter les chercheurs, techniciens, vulgarisateurs, éducateurs et étudiants engagés dans des activités de recherche et de formation ayant trait à l'agriculture. Ils sont périodiquement mis à jour afin de refléter l'évolution des connaissances scientifiques.

L'IITA autorise la reproduction de ce guide de recherche à des fins non lucratives. Pour toute reproduction de nature commerciale, contacter le Service des publications de l'IITA.

Dessins
Mise en page
Traduction de l'anglais
Révision
Coordination

Chiweta Onianwa
Nancy Ibikunle
Clare Lord
Hervé Songré
Rainer Zachmann

Imprimé au Nigéria par IITA

ISSN 1118-6798
ISBN 978-131-137-1

Thottappilly G, Rossel HW, Bosque-Pérez NA. 1998. Les virus et les maladies virales du maïs en Afrique tropicale. Guide de recherche de l'IITA n° 54. Programme de formation, Institut international d'agriculture tropicale (IITA), Ibadan, Nigéria. 38 pages.

Les virus et les maladies virales du maïs en Afrique tropicale

Objectif. Ce guide a pour objectif de vous permettre :

- de discuter de l'importance des virus du maïs en Afrique
- de décrire la distribution géographique, les symptômes, la gamme d'hôtes, les vecteurs, les souches et leurs relations sérologiques, la structure particulière des maladies virales qui existent en Afrique tropicale et les possibilités de lutte contre elles

Matériel nécessaire

- Plants de maïs et d'autres plantes hôtes présentant des symptômes des virus.
- Vecteurs des virus.
- Photographies microscopiques des virus.
- Essais variétaux.

Travaux pratiques

- Identifier les maladies virales au champ.
- Identifier et caractériser les virus au laboratoire.
- Noter la sensibilité de différentes variétés du maïs dans le cadre des essais variétaux.

Questions

- 1 Quelle est la méthode de lutte la plus efficace contre les maladies virales du maïs en Afrique ?
- 2 Quelle est la distribution de la striure du maïs ?
- 3 Quelle est la gamme d'hôtes de la striure du maïs ?
- 4 Quel est le mécanisme de transmission de la striure du maïs ?
- 5 Quelle est la structure particulière de la striure du maïs ?
- 6 Quelle est la solution de lutte la plus pratique contre la striure du maïs ?
- 7 Quel type de résistance à la striure existe chez le maïs ?
- 8 Pourquoi n'existe-t-il pas de techniques d'identification de la marbrure/du rabougrissement chlorotique du maïs ?
- 9 Dans quelle région la marbrure/le rabougrissement chlorotique du maïs, est-elle très importante ?
- 10 Quelle est l'importance du virus des stries du maïs ?
- 11 Où est-ce que le virus de la mosaïque nanisante du maïs pose-t-il de sérieux problèmes ?
- 12 Quels sont les symptômes de la mosaïque nanisante du maïs chez les variétés sensibles ?
- 13 Où est-ce que le virus de la mosaïque du maïs a été signalé pour la première fois ?
- 14 Quel est le mécanisme de transmission du virus des taches ocellées du maïs ?
- 15 Où est-ce que le virus de la mosaïque verte du maïs a été signalé ?
- 16 Quelles autres maladies virales se manifestent dans les pays africains non tropicaux ?

Les virus et les maladies virales du maïs en Afrique tropicale

- 1 Les virus du maïs en Afrique**
- 2 Virus gémé de la striure du maïs (MSV)**
- 3 Marbrure/rabougrissement chlorotique du maïs (MMCSV)**
- 4 Tenuivirus des stries du maïs (MStpV)**
- 5 Potyvirus de la mosaïque nanisante du maïs (MDMV)**
- 6 Rhabdovirus de la mosaïque du maïs (MMV)**
- 7 Virus des taches ocellées du maïs (MESV)**
- 8 Potyvirus de la mosaïque de l'herbe de Guinée (GGMV)**
- 9 Maladies virales en Afrique non tropicale**
- 10 Bibliographie**
- 11 Conseils aux formateurs**

Résumé. Sept virus ont été signalés sur le maïs en Afrique tropicale; toutefois, peu d'informations sont disponibles sur ces virus. Le virus de la striure du maïs est très répandu en Afrique subsaharienne; d'autres virus le sont moins ou sont d'importance locale seulement. Des informations sur les virus et les maladies virales pourraient aider les sélectionneurs à établir leurs priorités. La sélection pour la résistance est la solution la plus pratique au problème de virus.

1 Les virus du maïs en Afrique

Le maïs (*Zea mays* L.) constitue une denrée de base en Afrique. Si sa production augmente depuis une décennie, cette augmentation n'est pas à la hauteur des exigences de la croissance démographique.

Dans l'agriculture de subsistance qui se pratique en Afrique tropicale, les rendements moyens du maïs sont encore faibles. Ils varient de 1 à 1,5 tonnes/ha, surtout à cause des dégâts occasionnés par les ravageurs et les maladies. Parmi les nombreux pathogènes, plusieurs virus infectent le maïs et leurs effets peuvent être dévastateurs.

Actuellement, la résistance de la plante hôte constitue la méthode de lutte la plus efficace contre les maladies virales du maïs en Afrique. Une connaissance adéquate de ces maladies et des souches qui existent dans les principales zones productrices du maïs en Afrique est un préalable à la mise au point d'une stratégie de lutte efficace grâce à la sélection pour la résistance.

Plus de 32 virus ont été signalés sur le maïs dans le monde, dont 7 en Afrique tropicale. Certains ne sont que d'importance locale, tandis que d'autres sembleraient être plus répandus, et d'autres encore n'apparaissent que ponctuellement, en tant qu'infections naturelles d'importance secondaire.

Dans le cas de plusieurs pays africains, les informations disponibles sur les maladies virales du maïs sont encore rares. Nous espérons que ce Guide stimulera d'autres recherches en vue d'une meilleure compréhension des virus du maïs en Afrique. Une telle information sera utilisée par les sélectionneurs pour établir leurs priorités dans la sélection pour la résistance aux virus.

Ce Guide fournit des informations sur la symptomatologie, les modes de transmission, la distribution géographique et les propriétés des virus. Ces informations sont tirées d'une revue de la littérature, des enquêtes effectuées dans les différents pays et d'une caractérisation détaillée des virus présents au Nigéria qui s'effectue à l'Institut international d'agriculture tropicale (IITA), à Ibadan, depuis quelques années.

2 Virus géminé de la striure du maïs (MSV)

Déjà en 1901 une maladie du maïs transmise par *Balclutha* (= *Cicadulina*) *mbila* Naudé a été décrite par Fuller comme "la bigarrure farineuse". Elle a été rebaptisée "striure du maïs" par Storey en 1925. Les recherches menées par Storey sur le rapport entre ce supposé virus et ses insectes vecteurs ont fait l'objet d'une série d'articles classiques d'intérêt primordial pour la virologie des plantes. Deux de ces articles ont été re-édités dans la série "American Phytopathological Society Phytopathological Classics". Depuis ce travail original de Storey, d'autres chercheurs ont également étudié le virus de la striure du maïs.

Distribution géographique. Le virus géminé de la striure du maïs est très répandu en Afrique subsaharienne, du Soudan jusqu'en Afrique du sud, et du Kenya à la Sierra Leone, aussi bien que dans les îles voisines comme l'île Maurice, la Réunion, Madagascar et São Tomé et Príncipe. Le virus de la striure du maïs a également été signalé en Egypte et au Yémen. Un virus du petit mil (*Pennisetum americanum*) et du blé (*Triticum aestivum*) semblable au virus de la striure du maïs a été observé en Inde, mais son identité exacte et son lien avec la striure du maïs restent à déterminer.

Symptômes. Chez le maïs, les symptômes de cette maladie consistent en des striures bien visibles, blanches et chlorosées qui se développent à travers et le long des nervures de la plupart des limbes foliaires (figure 1). Ces striures sont discontinues ou presque continues et, puisqu'il s'agit d'un virus systémique, les symptômes apparaissent sur les feuilles inoculées et subséquentes.

Le degré de sévérité des symptômes dépend du génotype concerné et du moment de l'infection. Chez les variétés très sensibles les striures chlorosées peuvent devenir une

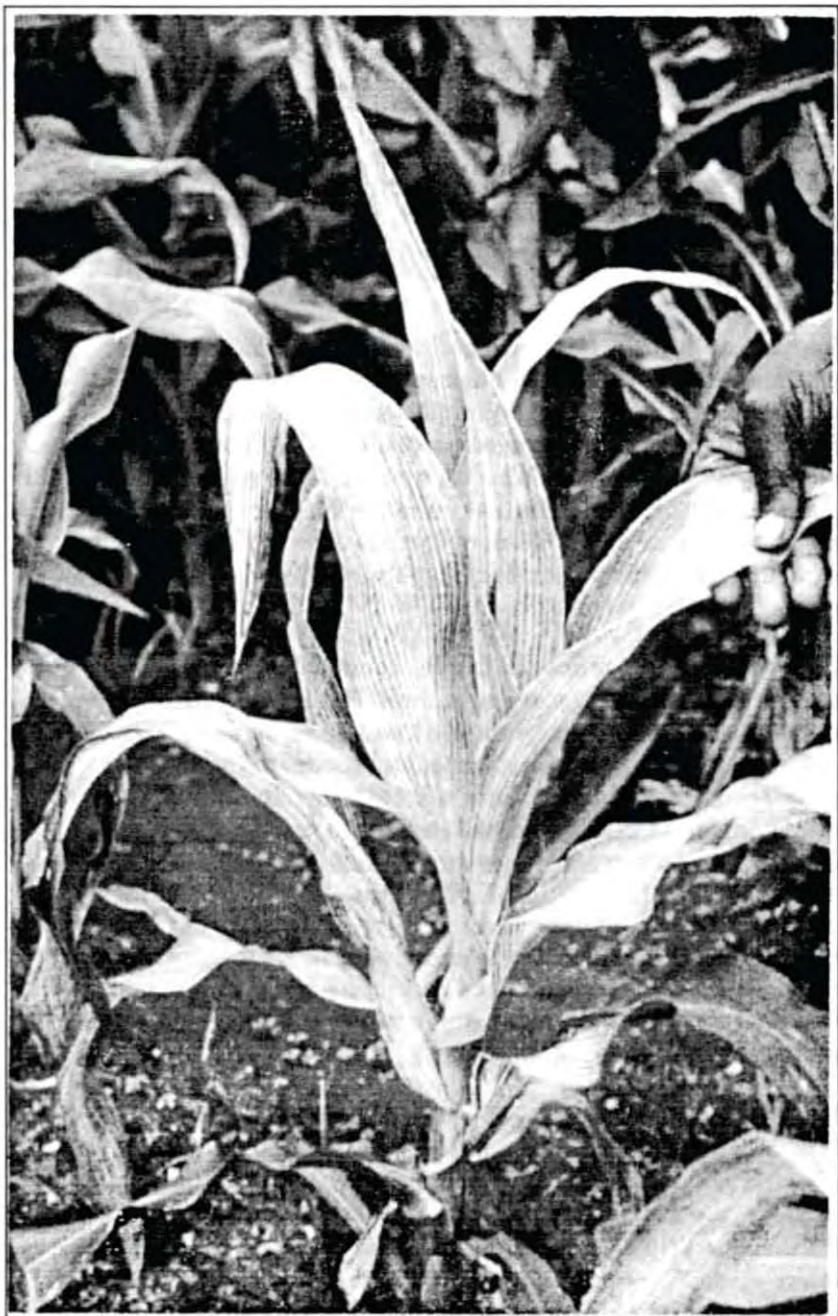


Figure 1. Le virus de la striure du maïs.

chlorose homogène sur la totalité du limbe, ce qui peut provoquer une nécrose progressive suivie de la mort du plant, surtout dans le cas d'infection à un stade précoce de la plantule.

Gamme d'hôtes. Le virus de la striure du maïs a une gamme d'hôtes très large chez les graminées, et se rencontre naturellement sur quelques graminées indigènes. Il provoque une maladie sérieuse du maïs dans plusieurs régions de l'Afrique. En plus du maïs, il a été signalé que d'autres cultures introduites comme le blé, l'avoine (*Avena sativa*) et la canne à sucre (*Saccharum officinarum*), sont infectées naturellement par le virus de la striure du maïs.

Des cultures indigènes d'Afrique, comme le petit mil, le sorgho (*Sorghum vulgare*) et le fonio (*Eleusine coracana*) peuvent également être infectées par le virus de la striure du maïs. Au Nigéria, toutefois, aucun plant infecté de sorgho, de mil ou de fonio n'a été rencontré au cours d'une épidémie du virus de la striure du maïs en 1983, à un moment où son incidence sur le maïs était de presque 100 %.

Certaines graminées sauvages, comme le *Brachiara deflexa*, le *B. distichophylla* et l'*Axonopus compressus*, ont été infectées naturellement par le virus de la striure du maïs au Nigéria.

Plusieurs auteurs n'ont pas réussi à transmettre des isolats du virus de *Brachiara mutica*, de *B. deflexa*, d'*Eleusine indica*, d'*Oryza sativa*, de *Rottboella cochinchinensis* et de *Panicum maximum* aux variétés de maïs sélectionnées à l'IITA. Des isolats de la striure de *P. maximum* et de *R. cochinchinensis* ont été facilement transmis à leurs hôtes originaux par *Cicadulina storeyi* (signalé comme *C. triangula*).

Les chercheurs de l'IITA ont pu récemment transmettre vingt-quatre (24) isolats provenant de cultures céréalières ou de graminées sauvages au cultivar de maïs "Golden bantam". Toutefois, plusieurs tentatives de transmission de certains ces isolats à une autre variété sensible à la striure ont échoué.

Vecteurs. Le virus de la striure du maïs est transmis par des cicadelles du genre *Cicadulina* China. Il existe vingt-deux (22) espèces de *Cicadulina*, dont dix-huit (18) en Afrique. Sur ces dix-huit (18), huit (8) espèces ont été confirmées comme vecteurs de la striure du maïs : *C. arachidis* China, *C. bipunctata* (= *bipunctella*) (Melichar), *C. ghaurii* Dabrowski, *C. latens* Fennah, *C. mbila*, *C. parazeae* Ghauri, *C. similis* China and *C. storeyi* (= *triangula*) China.

C. mbila semble être le vecteur le plus important de la striure en Afrique orientale; des études récentes ont révélé qu'il était le vecteur le plus répandu, en toutes saisons, dans les principales zones écologiques du Nigéria (forêt, savane sud guinéenne et savane nord guinéenne). Les cicadelles vecteurs se déplacent au sein d'une culture ou migrent à partir de cultures arrivées à maturité où d'hôtes de substitution pérennes.

Le virus de la striure du maïs se transmet de façon persistante; chez *C. mbila*, la période de latence est de 6 à 12 heures. Okoth et al. (1988) ont découvert une période de latence minimum chez *C. storeyi* (signalé comme *C. triangula*) de 14 à 18 heures, et une période de latence médiane (PL₅₀) de 16 à 20 heures. Asanzi (1991) a rencontré des PL₅₀ de 14 à 24 heures et de 12 à 14 heures respectivement pour *C. arachidis* et *C. ghaurii*.

Storey (1925, 1938) a démontré que *C. mbila* peut acquérir le virus d'un plant infecté en 15 secondes, et peut l'inoculer en 5 minutes. Pour *C. storeyi*, Zagre (1983) a identifié une période minimum d'acquisition de 30 secondes avec la transmission au bout d'une période de 2 heures.

Asanzi (1991) a constaté des périodes minimum d'acquisition de 15 minutes pour *C. arachidis* et d'une heure pour *C. ghaurii*, et une période minimum d'accès pour l'inoculation d'une heure pour les deux espèces. L'efficacité de transmission augmente avec la durée des périodes d'alimentation pour l'acquisition et l'inoculation. La nature de la striure à l'intérieur de ses insectes vecteurs a été étudiée en détail par Storey (1932, 1938, 1939).

Tout récemment, on a pu démontrer que le virus de la striure circule à l'intérieur de son vecteur, mais la même chose n'a pas été démontré pour *C. mbila* ou *C. chinai*.

On a signalé l'inoculation de plants avec de l'agrobactérium de la striure. L'utilisation des procédures d'agro-inoculation devrait aider dans la caractérisation des souches du virus, les études épidémiologiques et l'évaluation de la performance de sources de résistance.

Souches et relations sérologiques. Le virus de la striure du maïs existe en souches distinctes, dont certaines sembleraient être adaptées à certaines espèces hôtes. Des isolats pris sur du maïs, du *P. maximum*, de l'*E. indica* et de la canne à sucre se sont avérés morphologiquement indistinguibles et sérologiquement apparentés, mais pas identiques.

Des souches provenant du maïs, de la canne à sucre et du *Panicum* ont été signalés par Bock et al. (1974).

Ricaud et Felix (1978) ont identifié des souches du maïs, de la canne à sucre et de *Coix lacryma-jobi* et en ont conclu que celles du maïs et de *C. lacryma-jobi* étaient fortement apparentées.

Hugues et al. (1991) ont pu récemment conclure que l'agent causal de la maladie de la striure de la canne à sucre était différent du virus de la striure du maïs, et le décrivent comme le virus de la striure de la canne à sucre (SSV). Bridon et al. (1992) ont signalé que la souche de *Panicum* était, au niveau de la séquence, suffisamment distincte du virus de la striure du maïs pour la considérer comme un virus à part et ils l'ont appelée virus de la striure du *Panicum* (PSV).

Un virus qui infecte le *Digitaria setiger* (signalé auparavant comme *D. sanguinalis*) a été décrit à Vanuatu dans le Pacifique du sud comme une souche du virus de la striure du maïs. Des études récentes ont montré que l'agent causal, le virus de la striure du *Digitaria* (DSV), est sérologiquement apparenté, mais pas identique au virus de la striure du maïs.

Pinner et al. (1988) ont comparé 24 isolats du virus de la striure du maïs provenant de différentes plantes hôtes; ils en ont identifié 14 qui appartenaient à la même souche que celle qui infecte le maïs. Les auteurs, toutefois, sont arrivés à la conclusion qu'aucune adaptation aux graminées hôtes n'avait eu lieu puisque tous les isolats testés pouvaient être transmis au cultivar du maïs Golden bantam en utilisant le *C. mbila* comme vecteur. Les résultats de travaux plus récents, toutefois, semblent appuyer l'idée d'une adaptation à la plante hôte.

Guthrie (1977) a constaté que le virus de la striure du maïs du Nigéria réagissait avec un antisérum du virus en provenance de l'Afrique de l'Est, ce qui a été confirmé à l'IITA. Une grande diversité dans la réaction sérologique des isolats du virus a été détectée à l'aide d'anticorps polyclonaux et monoclonaux. Ngwira (1988) a démontré l'existence d'une relation sérologique entre des isolats du virus de la striure du maïs du Nigéria, du Malawi, de l'Ouganda, de l'Afrique du Sud et de l'Égypte.

Plus récemment, Peterschmitt et al. (1991) ont caractérisé des isolats du virus de onze pays d'Afrique et signalé leur appartenance à un même sérotype.

Sur 24 isolats de plantes graminées et céréalières étudiés récemment à l'IITA, 19 ont réagi avec un antisérum polyclonal à un isolat violent du virus de la striure du maïs.

Des différences ont été observées au niveau de la virulence entre les différents isolats testés: certains provoquent des symptômes légers qui ressemblent aux symptômes originaux trouvés sur les graminées, et peuvent être transmis à de faibles taux au maïs. Mesfin et al. (1990) ont identifié des isolats obtenus du *Dactyloctenium aegyptium*, du *Digitaria horizontalis*, du *Setaria barbata*, de l'*A. compressus* et du *B. lata* comme étant ceux qui provoquent le plus de dégâts sur le maïs.

Structure des particules. Bock et al. (1974) ont réussi les premiers à purifier et à préparer un antisérum contre le virus de la striure du maïs. Le virus avait une particule étrange et ressemblait à l'association de deux particules se présentant en doublets, dits géminés, d'où le terme "virus géminés". Le virus de la striure du maïs a des particules quasi-icosaédrales de 18 x 30 nm.

Une petite quantité de particules simples de 20 x 20 nm ont également été détectées dans des préparations purifiées. Les particules bisegmentées ont un coefficient de sédimentation d'environ 76 s et les particules simples de 54 s. Des particules semblables aux virus d'environ 18 à 20 nm de diamètre ont été observées dans les noyaux d'hôtes infectés par le virus de la striure du maïs, mais pas dans ceux des plants sains. L'acide nucléique du virus de la striure du maïs consiste en un brin simple d'ADN généralement en forme de molécules circulaires fermées d'une masse moléculaire de $7,1 \times 10^5$ Da.

La protéine capsidaire des particules du virus de la striure du maïs consiste en général en une seule espèce d'une masse moléculaire de 28.000 Da. Chaque particule encapsule une molécule d'ADN d'environ 2.700 nucléotides.

Un isolat du virus de la striure du maïs du Nigéria a été séquencé par Mullineaux et al. (1984), un isolat kenyan par Howell (1984) et un isolat sud-africain par Lazarrowitz (1988). Malgré la présence manifeste d'un génome bipartite chez les virus géminés transmis par les aleurodes, une seule espèce d'ADN a été détectée dans le virus de la striure du maïs.

En 1978, le Comité international de taxonomie des virus (CITV) a reconnu que les virus aux particules géminées formaient un groupe distinct identifiable au microscope électronique par la taille et l'aspect principalement géminé des particules du virus, ainsi que par la présence d'ADN à brin simple dans ces virus. Le virus de la striure du maïs a été désigné comme membre type du groupe.

Méthodes de lutte. Plusieurs pratiques culturales ont été proposées pour lutter contre le virus de la striure du maïs. Il s'agit, entre autres, de laisser des espaces vides comme "barrières" entre les champs de maïs semés tôt et ceux semés tard pour réduire le mouvement des cicadelles et la propagation ultérieure du virus; d'éviter de semer du maïs sous le vent par rapport à d'autres céréales semées auparavant; et de pratiquer une rotation de cultures susceptible de minimiser l'invasion des cicadelles virulifères. Des insecticides ont été utilisés pour combattre ces vecteurs, mais la sélection pour la résistance semble être le meilleur moyen de lutte contre le virus de la striure du maïs.

La résistance à la striure a été identifiée pour la première fois en Afrique orientale. A l'IITA, une source de résistance a été localisée dans une population du maïs de l'IITA appelée TZ-jaune; la variété locale, Révolution, collectée par l'Institut de recherche agronomique tropical (IRAT) de la Réunion s'est également avérée résistante. Des méthodes améliorées de criblage par infestation artificielle à l'aide de cicadelles infectieuses aussi bien en abri grillagé qu'au champ ont été mises au point et améliorées à l'IITA.

Chez la plupart des variétés à pollinisation libre et hybrides mises au point par l'IITA, la résistance au MSV prend la forme d'une moindre sévérité et d'une incidence plus faible du virus au champ. Des variétés très résistantes de l'IITA ont un faible titrage au virus. La résistance au virus de la striure du maïs dans le matériel génétique de l'IITA est contrôlée par deux ou trois paires de gènes majeurs avec l'implication éventuelle de gènes mineurs. L'immunité au MSV a été détectée chez des lignées endogames et un hybride expérimental en Afrique du Sud.

Des populations de maïs ont été mises au point à l'IITA qui combinent la résistance au virus de la striure du maïs avec d'autres caractères désirables. Certaines variétés exotiques prometteuses et d'autres variétés traditionnelles de différents pays africains ont été transformées par l'incorporation de la résistance au virus de la striure du maïs, en collaboration avec le Centre international d'amélioration du maïs et du blé (CIMMYT) basé au Mexique, ainsi qu'avec les programmes nationaux africains qui aident l'IITA à coordonner son programme international de tests en Afrique. De nombreux programmes de sélection en Afrique exploitent les sources de résistance mises au point à l'IITA pour incorporer cette résistance dans leurs variétés.

S'il est difficile d'obtenir des informations précises sur l'adoption et la distribution des variétés résistantes au virus de la striure du maïs en Afrique, on sait que ces variétés ont été multipliées et sont cultivées par les paysans de plusieurs pays, comme le Bénin, le Burkina Faso, le Cameroun, le Ghana, le Nigéria et le Togo. En outre, l'utilisation du matériel végétal résistant au virus de la striure du maïs est conseillée dans plusieurs autres pays d'Afrique.

3 Marbrure/rabougrissement chlorotique du maïs (MMCSV)

Au milieu des années 1930, Storey, qui étudiait le virus de la striure du maïs en Afrique de l'Est, a observé une forme du virus transmissible par les mêmes cicadelles vectrices utilisées pour étudier la transmission du virus de la striure du maïs, à savoir, *C. mbila*, *C. zea* et *C. storeyi*. La maladie était fugace, et ses symptômes semblables à ceux d'une carence nutritive. On a appelé l'agent causal "virus de la marbrure du maïs" car la transmission par *Cicadulina* spp. était démontrée.

Une maladie importante, le "rabougrissement chlorotique"; connue au Nigéria depuis plusieurs années, provoque à ses stades précoces des symptômes caractéristiques de marbrure semblables à ceux décrits par Storey; elle passait donc pour une manifestation du virus de la striure du maïs. Il a été découvert que cette maladie était transmise par *C. storeyi* (= *C. triangula*). Vu son vecteur et le fait qu'au Nigéria les symptômes de marbrure sont en général suivis de symptômes évidents de rabougrissement chlorotique, Rossel et Thottappilly (1983) ont proposé le nom marbrure/rabougrissement chlorotique du maïs.

Distribution géographique. Il est possible que la marbrure/le rabougrissement chlorotique du maïs existe partout en Afrique tropicale. Des symptômes de la maladie ont été observés sur le maïs dans toutes les zones écologiques du Nigéria. Des maladies semblables ou identiques ont été observées au cours d'enquêtes effectuées par des chercheurs de l'IITA au Bénin, au Togo, au Ghana, au Burkina Faso, à São Tomé, au Zaïre, au Kenya, au Rwanda, en Tanzanie, en Zambie, au Zimbabwe et au Botswana.

Symptômes. Les nouvelles feuilles en formation dans le bourgeon foliaire souffrent d'une marbrure et d'une chlorose légères, suivies chez les génotypes sensibles, d'un raccourcissement progressif des entrenœuds et d'une chlorose plus ou moins marquée, aboutissant au rabougrissement du plant.

Gamme d'hôtes. On n'a observé la marbrure/le rabougrissement chlorotique du maïs que sur le maïs, et comme la maladie ne se rencontre qu'en Afrique, probablement, elle provient de graminées africaines. Toutefois, on n'a pas encore découvert le(s) hôte(s) originel(s) de la marbrure/du rabougrissement chlorotique du maïs. Des espèces de graminées hôtes des vecteurs *Cicadulina* de la maladie sembleraient être les candidats les plus probables. L'absence de techniques de détection, résultant de la difficulté à purifier suffisamment de virus rendent difficile la recherche des hôtes originels.

Vecteurs. *C. storeyi* et *C. mbila* transmettent la marbrure/le rabougrissement chlorotique du maïs de façon persistante. Après 24 heures de contamination sur des plants infectés, des cicadelles ont pu, pendant au moins 2 semaines, transmettre facilement la marbrure/le rabougrissement chlorotique du maïs à une série de plantules de maïs grâce à des transferts quotidiens. *C. storeyi* peut acquérir la marbrure/le rabougrissement chlorotique du maïs en un minimum de 3 heures de contamination; autant d'heures d'inoculation suffisent pour que la transmission ait lieu.

Structure des particules. Des particules isométriques de 40 nm de diamètre ont été observées dans des extraits purifiés de la marbrure/du rabougrissement chlorotique du maïs.

Méthodes de lutte. La plupart de variétés résistantes au virus de la striure du maïs et les lignées endogames mises au point à l'IITA ont un niveau modéré à élevé de résistance à la marbrure/au rabougrissement chlorotique du maïs. Il est possible que, pendant la phase de criblage, les plants au champ aient été inoculés avec la marbrure/le rabougrissement chlorotique du maïs aussi bien qu'avec le virus de la striure du maïs, puisqu'on sait que les cicadelles *C. storeyi* utilisées pour le criblage contre ce dernier peuvent également transmettre la marbrure/le rabougrissement chlorotique du maïs. Des sources de résistance qui proviennent de l'IITA sont exploitées par une compagnie de production semencière (Seed Coopertive Company of Zimbabwe Ltd, Southern-ton, Harare) au Zimbabwe pour mettre au point des variétés hybrides de maïs pour la région, où la maladie est d'importance majeure.

Distribution géographique. La maladie des stries du maïs a été signalée pour la première fois en Afrique par Storey (1936). Des maladies identiques ou semblables ont été signalées au Kenya, au Venezuela, aux États-Unis, au Nigéria, en Inde, aux Philippines, au Pérou, en Guadeloupe, au Zaïre (CRDC), à São Tomé, en Australie, au Mozambique, à l'île Maurice, à la Réunion et au Botswana. La maladie semble exister dans le monde entier; elle se manifeste là où le cicadellidé vecteur *Peregrinus maidis* coexiste avec le maïs.

Même si la maladie des stries du maïs se manifeste chaque année, des enquêtes récentes ont indiqué qu'apparemment elle n'atteint jamais des proportions considérables ni au Nigéria ni ailleurs en Afrique tropicale continentale. Mais, lors de l'enquête menée en 1978, on a vu la maladie atteindre des proportions épidémiques à São Tomé.

Symptômes. Aux stades précoces du développement de la maladie, les plants infectés ont des stries ou des bandes continues de couleur jaune ou vert clair le long des nervures des limbes foliaires. A ce stade, les stries sont étroites (0,5–1 cm), mais elles deviennent plus larges sur les feuilles suivantes. Des bandes chlorotiques peuvent, tôt ou tard, recouvrir entièrement le limbe foliaire, condition souvent propice à la nécrose, à la dégénérescence et au rabougrissement sévère.

Gamme d'hôtes. En plus du maïs, différentes espèces de graminées sont naturellement infestées par la maladie des stries du maïs. En Afrique occidentale, il s'agit, entre autres, de *Rottboellia cochinchinensis*, de *Bracharia deflexa*, d'*Hyparrhenia dissoluta* et de *Sectaria* spp. Le sorgho peut également être frappé par cette maladie, comme cela a été signalé aux États-Unis, en Australie et au Nigéria.

Vecteur. Le ténuivirus des stries du maïs est transmis de façon persistante par *P. maidis*; il ne se transmet pas mécaniquement. Après la contamination, le virus demeure à l'état latent pendant 10 jours au moins. Le passage transovarien des insectes femelles à leurs descendants et la reproduction au niveau du vecteur ont été démontrés.

Relations sérologiques et structure des particules. Dans des tests de diffusion sur gelose d'agar, des extraits de maïs et de *R. cochinchinensis* infectés du Nigéria ont réagi spécifiquement avec des antisérums d'isolats de la maladie en provenance de l'Afrique orientale et de la Floride (Etats-Unis).

Kulkarni (1973a) a observé, chez des plants infectés par la maladie des stries du maïs au Kenya, des particules isométriques semblables à des virus et mesurant 40 nm de diamètre; Lastra (1977) a signalé un cas similaire au Venezuela. Toutefois, plusieurs autres laboratoires ont vainement tenté à maintes reprises d'identifier de telles particules. Gingery (1983) a donc estimé que les particules découvertes par Kulkarni (1973a) n'étaient pas à l'origine de la maladie des stries du maïs.

Des recherches ultérieures faites aux Etats-Unis ont démontré la présence, chez les plants infectés par la maladie des stries du maïs, d'une particule nucléoprotéique filamenteuse étrange mesurant 3 nm de large; on a constaté que cette nucléoprotéine était associée à l'infectiosité. Le virus a été classé dans un groupe distinct, de virus appelés ténuivirus.

Méthodes de lutte. L'IRAT a un projet en cours à la Réunion pour mettre au point des variétés résistantes à la maladie des stries du maïs et à d'autres virus du maïs. La variété Révolution y est utilisée comme source de résistance à la maladie des stries. Etant donné que la pression virale dans l'île de la Réunion est sévère, les cultivars locaux de maïs ont subi une rigoureuse sélection naturelle pour la résistance ou la tolérance au virus et constituent, pour le programme de sélection, des sources utiles de résistance.

Certaines variétés de l'IITA résistantes au virus de la striure du maïs, bien que sélectionnées en l'absence de la maladie des stries du maïs, présentent également une résistance à la maladie. La résistance semble provenir, en partie, de la population de maïs TZ-jaune d'où l'une des sources de la résistance au virus de la striure du maïs (IB-32) a été extraite pour la première fois. Parmi les plants de la population TZ-jaune, très peu étaient sensibles à la maladie des stries du maïs, et la variété donatrice de la résistance au virus de la striure du maïs (IB-32) était également très résistante à la maladie des stries.

5 Potyvirus de la mosaïque nanisante du maïs (MDMV)

Le potyvirus de la mosaïque nanisante du maïs, le virus de la mosaïque de la canne à sucre (SCMV) et leurs variations appartiennent à un complexe de potyvirus qui infectent les graminées tropicales. Des recherches récentes sur des souches du virus de la mosaïque de la canne à sucre ont montré qu'il est possible de les diviser en 4 potyvirus distincts : le virus de la mosaïque nanisante du maïs, le virus de la mosaïque de la canne à sucre, le virus de la mosaïque du sorgho d'Alep et le virus de la mosaïque du sorgho. Il faudrait, sur la base de ce nouveau système de classification, réexaminer tous les rapports sur les potyvirus du maïs et procéder à leurs regroupements.

Distribution géographique. Le virus de la mosaïque nanisante du maïs et le virus de la mosaïque de la canne à sucre se rencontrent partout dans les régions tempérées du monde. Le virus de la mosaïque nanisante est un problème sérieux depuis le début des années 1960 dans presque toutes les zones productrices du maïs aux Etats-Unis. Des symptômes de cette maladie ont été observés sur le maïs de haute à moyenne altitude au Rwanda au cours d'une enquête menée en 1983. Elle ne semble pas être répandue dans les régions tropicales humides et subhumides de basse altitude en Afrique.

Dans plusieurs sites en Côte d'Ivoire, le virus de la mosaïque nanisante du maïs a été détecté sur le maïs; on a également confirmé sa présence au Nigéria. Le virus de la mosaïque de la canne à sucre a été signalé en Afrique du Sud, à Madagascar et à la Réunion. Un potyvirus a été signalé sur le maïs au Mozambique, mais on ne sait pas encore s'il s'agit du virus de la mosaïque nanisante du maïs ou du virus de la mosaïque de la canne à sucre.

Symptômes. Les plants malades souffrent d'une chlorose irrégulière, de la marbrure, des stries et parfois des tachetures annulaires. Les variétés sensibles peuvent devenir très tordues et rabougries. La sévérité des symptômes peut varier énormément entre les plants d'une même population de maïs à pollinisation libre.

Gamme d'hôtes. Le maïs et le sorgho d'Alep (*Sorghum halepense*) (pour certaines souches) sont les hôtes naturels du virus de la mosaïque nanisante du maïs. La canne à sucre, le sorgho, le maïs, *Eleusine* spp., *Panicum* spp. et *Setaria* spp. sont les plantes hôtes du virus de la mosaïque de la canne à sucre.

Vecteurs. Le virus de la mosaïque nanisante du maïs est transmis de façon non persistante par plusieurs espèces de pucerons, dont : *Rhopalosiphum maidis*, *R. padi*, *Myzus persicae*, *Schizaphis graminum* et *Aphis craccivora*. Jusqu'à 25 espèces de pucerons ont été identifiées comme vecteurs de la maladie aux Etats-Unis, mais on ne sait pas encore combien d'espèces vectrices existent en Afrique. Le virus se transmet facilement par la sève et, dans une moindre mesure, par les graines.

Souches et relations sérologiques. Au sein du groupe du potyvirus de la mosaïque nanisante du maïs, les différentes souches sont désignées par A, B, C, D, E, F et O. Toutefois, des études avec des anticorps spécifiques à des virus, visant à détecter dix-sept souches du virus de la mosaïque de la canne à sucre venant d'Australie et des Etats-Unis, ont révélé que les souches pouvaient se diviser en quatre potyvirus différents; une nouvelle classification a donc été proposée.

Structure des particules. Les particules du virus de la mosaïque nanisante du maïs sont des filaments flexueux de 770 nm de long; le virus appartient au groupe des potyvirus.

Méthodes de lutte. Des hybrides et des variétés de maïs à pollinisation libre populations de maïs présentant un niveau élevé de résistance au virus de la mosaïque nanisante du maïs (ou au virus de la mosaïque de la canne à sucre) ont déjà été mis au point ou sont en cours d'élaboration par les programmes de sélection dans diverses parties du monde, y compris les Etats-Unis, l'Australie et le Kenya. Ces travaux sont facilités par la mise au point de techniques d'inoculation artificielle à grande échelle au champ.

Certaines populations de maïs et des hybrides est-africains testés avec des isolats obtenus de maïs du Kenya ont montré des taux modérés de résistance au virus de la mosaïque de la canne à sucre. Des variétés de maïs améliorées à pollinisation de l'IITA (TZPB, TZB et TZSR-W) ont été testées avec un isolat du virus de la mosaïque nanisante du maïs obtenu à l'IITA; elles ont montré des taux de résistance allant de modéré à élevé, mais qui se manifestait par des ségrégations.

Distribution géographique. La mosaïque du maïs a été signalée pour la première fois à Hawaïi. Depuis, le virus a été signalé dans divers pays de l'Amérique du Sud, aux Etats-Unis, à Fiji, en Inde, en Espagne, en Tanzanie, à l'île Maurice, à la Réunion, à Madagascar, au Mozambique, au Kenya et en Côte d'Ivoire. Une maladie du maïs signalée au Kenya et au Mozambique est, selon Autrey (1983), provoquée par le virus de la mosaïque du maïs.

Symptômes. Les symptômes du virus de la mosaïque du maïs varient selon la souche; ils ont été décrits par Autrey (1983). Le rhabdovirus de la mosaïque fine du maïs (MMV-F) provoque de fines stries jaunes le long de la plupart des feuilles, à l'exception des feuilles inférieures où apparaissent des taches chlorotiques.

Le rhabdovirus de la mosaïque grossière du maïs (MMVC) provoque des stries grossières jaunes parallèles aux nervures, et une striure sur les deux ou trois feuilles inférieures identique à celle provoquée par le rhabdovirus de la mosaïque fine du maïs sur ces mêmes feuilles. Des taches brunes nécrotiques peuvent apparaître le long des stries grossières. Les symptômes du rhabdovirus de la mosaïque cassée du maïs (MMV-B) prennent la forme de stries jaunes continues séparées par de larges zones vertes. Le raccourcissement des entrenœuds mène au rabougrissement du maïs.

Gamme d'hôtes. Les plantes hôtes naturelles sont *Sorghum verticilliflorum* R. *cochinchinenses* (= *R. exaltata*) et *Sectaria vulpiseta*, le maïs et le sorgho.

Vecteurs. Le rhabdovirus de la mosaïque du maïs est transmis par le *P. maidis* de façon persistante. Le virus peut être acquis en moins de 15 minutes, mais la

période optimale pour l'acquisition est de 24 heures. La période de latence du vecteur varie entre 9 et 12 jours. La transmission peut avoir lieu en l'espace de 15 minutes, mais l'efficacité de transmission augmente avec la longueur de la période d'accès de l'inoculation. On sait que le virus se multiplie dans son vecteur. Il n'est transmissible ni par la graine ni par la sève.

Structure des particules. Le rhabdovirus de la mosaïque du maïs a des particules bacilliformes mesurant 230 nm x 90 nm, ce qui est typique des rhabdovirus.

Méthodes de lutte. La destruction d'hôtes de substitution tels que le *S. verticilliflorum* s'est avérée efficace dans la lutte contre le rhabdovirus de la mosaïque du maïs à l'île Maurice. Des hybrides de maïs résistants ont été identifiés.

Distribution géographique. Un virus sérologiquement apparenté au sobémovirus de la mosaïque du *Panicum* (PMV), mais appelé virus des taches ocellées du maïs, a été signalé en Côte d'Ivoire.

Symptômes. Le virus des taches ocellées du maïs provoque sur les jeunes feuilles des taches ocellées qui, s'étendent généralement jusqu'à couvrir toute la feuille à mesure que le plant vieillit. Les plants infectés se rapetissent.

Gamme d'hôtes. Jusqu'à présent, le maïs est la seule plante hôte signalée. D'autres graminacées peuvent être infectées par des moyens artificiels, mais ne montrent pas de symptômes.

Méthodes de transmission. Le virus est facilement transmissible par la sève, mais aucun insecte vecteur n'a été identifié.

Souches et relations sérologiques. Fauquet et Thouvenel (1987) ont signalé une relation sérologique avec le sobémovirus de la mosaïque du *Panicum*, mais pas avec le virus de "Saint Augustin decline", pourtant fortement apparenté au précédent.

Structure des particules. Les particules sont isométriques et mesurent 26 nm de diamètre.

8 Potyvirus de la mosaïque de l'herbe de Guinée (GGMV)

Distribution géographique. Le potyvirus de la mosaïque de l'herbe de Guinée a été signalé sur le maïs au centre et au sud de la Côte d'Ivoire, où il est probablement très répandu.

Symptômes. Sur le maïs, les symptômes consistent en une mosaïque verte discrète sur les jeunes feuilles, disparaissant sur les feuilles âgées. L'absence de symptômes apparents peut expliquer peut-être le fait que la maladie n'ait jamais été signalée ailleurs qu'en Côte d'Ivoire.

Gamme d'hôtes et vecteur. Les hôtes naturels sont le *P. maximum*, le mil et le maïs. Le puceron *R. maidis* transmet la souche spécifique au maïs, la mosaïque verte du maïs (GGMV-B), de façon non persistante; le potyvirus de la mosaïque de l'herbe de Guinée peut se transmettre par la sève mais pas par les graines.

Souches et relations sérologiques. Plusieurs souches sérologiquement apparentées ont été identifiées: la souche spécifique à l'herbe de Guinée (GGMV-A), la souche spécifique au maïs, la mosaïque verte du maïs (GGMV-B), et la souche spécifique au petit mil, la mosaïque du mil (GGMV-D).

Structure des particules. Le potyvirus de la mosaïque de l'herbe de Guinée a des particules filamenteuses de 825 ± 15 nm de longueur et de 13 ± 1 nm de largeur.

Plusieurs autres maladies virales existent dans les pays africains non tropicaux. Parmi elles, figurent : le cucumovirus de la mosaïque du concombre (CMV), qui infecte parfois le maïs au sud du Maroc, ainsi que le rhabdovirus de la striure chlorotique du cynodon (CCSV), qui a été observé pour la première fois sur le maïs au sud du Maroc en 1974 et s'est ensuite avéré endémique sur *Cynodon dactylon*.

Le rhabdovirus de la striure chlorotique du cynodon se manifeste sur le cynodon en France, en Espagne, en Jordanie et en Tanzanie. Il provoque un rabougrissement et une striure chlorotique chez le cynodon et chez le maïs. Il est transmis par le delphacide *Toya propinqua*. Les particules du virus sont rondes et mesurent 72 x 240 nm. Le rhabdovirus de la striure chlorotique du cynodon semble être d'abord un virus de *C. dactylon* et ensuite un virus du maïs.

Le ténuivirus des stries jaunes du maïs (MYSV) (également appelé stries fines du maïs, ou rabougrissement chlorotique du maïs) a été signalé en Egypte; il infeste naturellement le maïs, le sorgho, le blé et l'orge. Il est transmis de façon persistante par *Cicadulina chinai*. En général, les particules sont flexueuses et mesurent 5,7 nm de large. Provisoirement, on considère le virus comme membre du groupe des ténuivirus. Il est possible qu'il infecte le maïs ailleurs en Afrique, puisque les hôtes et les vecteurs existent hors de l'Egypte.

Le bromovirus de la mosaïque du brome (BMV) se rencontre sur le maïs en Afrique du Sud, où il provoque une mosaïque discrète ou une nécrose létale chez les plantes. Il se rencontre également sur les graminées et le blé; il est transmis par *Diuraphis noxia* et d'autres pucerons des grains.

Un autre virus signalé sur le maïs en Afrique du Sud est l'hordéivirus de la mosaïque des stries de l'orge. Les plants de maïs infectés par ce virus se remarquent par leur croissance anormale et leur jaunissement.

Le lutéovirus jaune nanisant de l'orge (BYDV) a été signalé sur le maïs au Maroc. On sait qu'il infecte le blé et l'orge dans divers pays africains comme la Tunisie, l'Egypte, l'Ethiopie, le Kenya et l'Afrique du Sud, mais on ne sait pas s'il infecte également le maïs dans ces pays. Il conviendrait d'entreprendre d'autres études pour vérifier que le maïs sert de plante hôte au lutéovirus jaune nanisant de l'orge dans les régions tropicales d'altitude moyenne en Afrique.

Asanzi, M. 1991. Studies of epidemiology of maize streak virus and its *Cicadulina* leafhopper vectors in Nigeria. Ph.D thesis, Ohio State University, USA. 167 pages.

Autrey, L.J.C. 1983. Maize mosaic virus and other maize virus diseases in the islands of the Western Indian Ocean. In: Proceedings of the International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop, (Gordon DT, Knoke, JK Nault, LR, Richer R.M, eds.), pages 167–181. Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, USA. 266 pages.

Bock KR. 1974. Maize streak virus. In: Descriptions of Plant Viruses. No. 133. Kew: Commonwealth Mycological Institute/Association of Applied Biologists (MCI/ AAB), Kew, Surrey, UK. 4 pages.

Brunt A, Crabtree K, Gibbs A. 1990. Viruses of tropical plants. C.A.B. International, Oxon, UK. 707 pages.

Fauquet C, Thouvenel JC. 1987. Plant viral diseases in the Ivory Coast. ORSTOM—Paris, Documentation Techniques 46. 243 pages.

Gingery RE. 1983. Maize stripe virus. In: Proceedings of the International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop, (Gordon DT, Nault LR, Ritter RM, eds.), pages 67–74. Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, USA. 266 pages.

Gingery RE. 1985. Maize stripe virus; AAB Descriptions of plant viruses, M. 300. Association of Applied Biologists, Warwick, UK. 40 pages.

Gingery RE, Nault LR, Tsai JH, Lastra RJ. 1979. Occurrence of maize stripe virus in the United States and Venezuela. *Plant Disease Reporter* 63: 341-343.

Gingery RE, Nault LR, Bradfute OE. 1981. Maize stripe virus: Characteristics of a member of a new virus class. *Virology* 112: 99-108.

Harrison BD. 1985. Advances in geminivirus research. *Annual Review of Phytopathology* 23: 55-82.

Herold F. 1972. Maize mosaic virus. CMI/AAB Description of Plant Viruses. No. 94.

Kulkarni HY. 1973a. Comparison and characterization of maize stripe and maize line viruses. *Annals of Applied Biology* 75: 205-216.

Lamy D, Thouvenel J.C, Fauquet C. 1979. A strain of guinea grass mosaic virus naturally occurring on maize in the Ivory Coast. *Annals of Applied Biology* 93: 37-40.

Lastra RJ. 1977. Maize mosaic and other maize virus and virus-like diseases in Venezuela. In: *Proceedings of the International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop*, (Gordon DT, Nault LR, Williams LE, eds.), pages 30-38. Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, USA. 266 pages.

Mesfin T, Bosque-Perez NA, Buddenhagen IW, Thottappilly G. 1990. Studies of maize streak virus isolates in Nigeria. Abstract. In: Mesfin T, Bosque-Pérez NA, Buddenhagen IW, Thottappilly G. Combined meeting of the 7th International Anchenorrhyncha Congress and the 3rd International Workshop on leafhoppers and plant-

hoppers of economic importance. 13–17 August, 1990, Wooster, Ohio, USA.

Ngwira P. 1988. Serological differentiation of MSV isolates and epitope characterisation of the MSV capsid protein. Ohio State University. MSc Thesis, USA.

Peterschmitt M, Reynaud B, Pinner M.S, Markham PG, Markham RH, Dekker EL. 1988. Characterisation of MSV: Description of strains; symptoms. *Plant Pathology* 37: 74–87.

Ricaud C, Felix S. 1978. Strains of streak virus infecting sugarcane. *Proceedings of the International Society of Sugarcane Technologists* 16: 449–57.

Rose DJW. 1978. Epidemiology of maize streak disease. *Annual Review of Entomology* 23: 259–282.

Rossel HW, Thottappilly G. 1983. Maize chlorotic stunt in Africa: A manifestation of maize mottle virus. In: *Proceedings of the International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop*, (Gordon DT, Knoke JK, Nault LR, Ritter RM, eds.), pages 158–160. Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, Ohio, USA. 266 pages.

Storey HH. 1925. The transmission of streak disease of maize by the leafhopper *Balclutha mbila* Naudé. *Annals of Applied Biology* 12: 422–439.

Storey HH. 1932. The inheritance by an insect vector of the ability to transmit a plant virus. *Proceedings of the Royal Society of London* 112: 46–60.

Storey HH. 1938. Investigation on the mechanisms of the transmission of plant viruses by insect vectors. II. The part played by puncture in transmission. *Proceedings of the Royal Society of London* 125: 456-77.

Storey HH. 1939. Investigation on the mechanism of the transmission of plant viruses by insect vectors. III. The insects's saliva. *Proceedings of the Royal Society of London (Series B)* 127: 526-43.

Von Wechmar M.B. 1983. Viruses affecting maize in South Africa. In: *Proceedings of the International Maize Virus Disease Colloquium and Workshop. 2-6 August, 1982*, (Gordon DT, Knoke JK, Nault LR, Ritter RM, eds.), pages 161-163. Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, USA. 266 pages.

11 Conseils aux formateurs

Si vous choisissez d'utiliser ce guide pour la formation, voici ...

quelques conseils généraux :

- Distribuez les photocopiés (y compris ce Guide de recherche) aux stagiaires, un ou plusieurs jours **avant** votre cours, ou à la **fin** de celui-ci.
- **Ne** distribuez **pas** de photocopiés au début d'un cours. Autrement, les stagiaires se mettront à lire au lieu de vous écouter.
- Demandez aux stagiaires de **ne pas** prendre des notes, mais de concentrer toute leur attention sur le cours. Expliquez-leur que vos photocopiés (y compris ce Guide de recherche) contiennent toutes les informations dont ils ont besoin.
- Veillez à ce que les activités de formation soient pratiques. Limitez la théorie au minimum nécessaire à la compréhension des exercices pratiques.
- Utilisez toutes (ou une partie) des questions proposées à la page 4 pour les tests (interrogation rapide, contrôle périodique des connaissances, etc.). Lors de ces tests, permettez aux stagiaires de consulter les photocopiés et autres documents.
- Encouragez les échanges entre les stagiaires. Acceptez qu'ils vous posent des questions, mais ne vous écartez pas du sujet.
- Respectez le temps imparti.

quelques conseils spécifiques :

- Discutez avec les stagiaires de leurs expériences et des problèmes de maladies virales du maïs dans leur pays/région (10 minutes).
- Présentez et discutez le contenu de ce Guide, en exploitant le matériel didactique proposé à la page 3 (90 minutes). Limitez la présentation et la discussion aux maladies les plus importantes dans les pays des stagiaires. Préparez une quantité adéquate d'échantillons de plants vivants pour chaque stagiaire.

Ne présentez pas tous les détails dans le Guide de recherche. Ne consacrez pas trop de temps aux maladies pour lesquelles vous ne disposez pas d'échantillons de plants vivants.

- Organisez les travaux pratiques au champ et au laboratoire proposés à la page 3 en groupes de 3 à 4 stagiaires (une demi-journée). Veillez à ce que chaque stagiaire ait la possibilité de participer activement. Mettez des personnes ressources à la disposition de chaque groupe pour chaque exercice.



International Institute of Tropical Agriculture (IITA)
Institut international d'agriculture tropicale (IITA)
Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA)

The International Institute of Tropical Agriculture (IITA) is an international agricultural research center in the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), which is an association of about 50 countries, international and regional organizations, and private foundations. IITA seeks to increase agricultural production in a sustainable way, in order to improve the nutritional status and well-being of people in tropical sub-Saharan Africa. To achieve this goal, IITA conducts research and training, provides information, collects and exchanges germplasm, and encourages transfer of technology, in partnership with African national agricultural research and development programs.

L'Institut international d'agriculture tropicale (IITA) est un centre international de recherche agricole, membre du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI), une association regroupant quelque 50 pays, organisations internationales et régionales et fondations privées. L'IITA a pour objectif d'accroître durablement la production agricole, afin d'améliorer l'alimentation et le bien-être des populations de l'Afrique tropicale subsaharienne. Pour atteindre cet objectif, l'IITA mène des activités de recherche et de formation, divulgue des informations, réunit et échange du matériel génétique et encourage le transfert de technologies en collaboration avec les programmes nationaux africains de recherche et développement.

O Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) é um centro internacional de investigação agrícola pertencendo ao Grupo Consultivo para Investigação Agrícola Internacional (GCIAI), uma associação de cerca de 50 países, organizações internacionais e regionais e fundações privadas. O IITA procura aumentar duravelmente a produção agrícola para melhorar a alimentação e o bem-estar das populações da África tropical ao sul do Sahara. Para alcançar esse objetivo, o IITA conduz actividades de investigação e treinamento, fornece informações, reúne e troca material genético e favorece a transferência de tecnologias em colaboração com os programas nacionais africanos de investigação e desenvolvimento.