

## MISE AU POINT PHYTOPATHOLOGIQUE

# La " rouille américaine " du Maïs due au Puccinia polysora Underw.

Par BERNARD HUGUENIN.



Auprès des autres cultures céréalières tropicales le Maïs joue un rôle non négligeable dans l'alimentation des populations locales. Son introduction en Afrique remonte au xvi<sup>e</sup> siècle et se fit par deux voies très différentes, empruntées chacune par un Maïs bien particulier :

— la voie méditerranéenne prise par le Maïs corné en provenance d'Amérique centrale et propagé par les populations arabes à travers le Sahara (itinéraire Maroc-Sénégal) ou par les fleuves (itinéraire Nil-Bahr el Gazal),

— la voie guinéenne prise par les Maïs farineux ramenés d'Amérique du Sud par les commerçants espagnols et portugais.

Ces deux origines différentes expliquent la disparité des populations initiales de Maïs africain car il en est résulté une mise en place absolument accidentelle : Maïs corné dans la zone sèche, du Sénégal au Soudan, Maïs tendre dans la zone humide guinéenne. Cette séparation se retrouve aussi dans la destinée alimentaire de ces Maïs : le type corné est utilisé exclusivement comme céréale de soudure et, le plus souvent, est consommé en vert (grain à albumen laiteux) alors que le type farineux joue un rôle de céréale primaire au point d'avoir parfois évincé son concurrent direct, le Sorgho; c'est le cas en Sierra Leone où, non content d'avoir usurpé sa place, il a également pris son nom indigène. Une séparation aussi nette représente évidemment un schéma idéal qu'on ne saurait retrouver dans les populations de Maïs local, représentées le plus souvent par un Maïs tout-venant à caractères essentiellement variables. Toutefois elle correspond bien à une tendance générale de ce type tout-venant, plus corné en régions sèches et plus farineux en zone guinéenne. De plus les nombreuses introductions pratiquées par les stations agronomiques ont compliqué le problème,

les caractères cultureaux nécessaires n'étant pas toujours compatibles avec les caractères organoleptiques demandés par les populations locales.

Pour les territoires d'A.O.F.-Togo la situation est actuellement la suivante : dans les zones faisant immédiatement suite aux bandes forestières, le Maïs occupe 1.200.000 ha. Bénéficiant de conditions climatiques particulières, il peut alors donner deux récoltes par an avec un rendement de 700 kg/ha, ce qui est malgré tout assez faible. La quasi-totalité du Maïs ainsi produit étant utilisée par les populations locales, toute épiphytie destructrice peut prendre une importance prépondérante et les cultures sont toujours à la merci de l'apparition d'une nouvelle rante en étant à l'origine d'une famine. Ce danger est aujourd'hui latent, du fait de la présence de la « Rouille américaine » en Afrique race qui pourrait renouveler à son profit la grande épiphytie de 1950-1951.

### Historique de la maladie. Répartition géographique.

#### Répartition sur le continent américain (Fig. 1).

Le *Puccinia polysora* fut décrit pour la première fois en oct. 1891 par L. M. Underwood sur des feuilles de *Tripsacum dactyloides* L. récoltées à Auburn (Alabama, Etats-Unis). La diagnose en fut publiée en 1897 dans le Bulletin du *Torrey Botanical Club*.

Par la suite, cette rouille fut retrouvée en Amérique centrale et en Amérique du Nord. Elle est signalée en 1920 sur *Tripsacum dactyloides* au New Jersey, en Floride et à Saint-Domingue; sur *Tripsacum lanceolatum* au Mexique et sur *Tripsacum latifolium* à Cuba. En 1934, on la retrouve en Virginie sur *Tripsacum laxum* et en Floride sur *Erianthus divaricatus*. Sur *Tripsacum laxum*, Kern la signale en 1938 au Venezuela et Baker en 1940 au Honduras britannique et dans les îles du golfe du Mexique : Cuba, Jamaïque, Martinique, Sainte-Lucie, Trinidad, Tobago.

C'est seulement en 1941 que l'on se rendit compte de sa présence sur Maïs : elle était jusqu'alors confondue avec le *Puccinia sorghi* Schw. Cummins effectuant une étude critique d'un échantillon du *Puccinia sorghi* sur Maïs, déterminé et récolté par Stakman à Tengo Maria (Pérou), est alerté et par la présence de téliosores clos, indéhiscents, qui lui permettent de rectifier la précédente détermination en rapportant cette rouille au *Puccinia polysora* Underw. Il met ainsi l'accent sur la présence possible de ce parasite sur le Maïs.

Une révision des échantillons de l'Herbier Arthur permit alors à Cummins de montrer la confusion constante entre les deux rouilles; le plus ancien échantillon de Maïs atteint de *Puccinia polysora* a été récolté dès 1879. La même erreur avait d'ailleurs été commise par

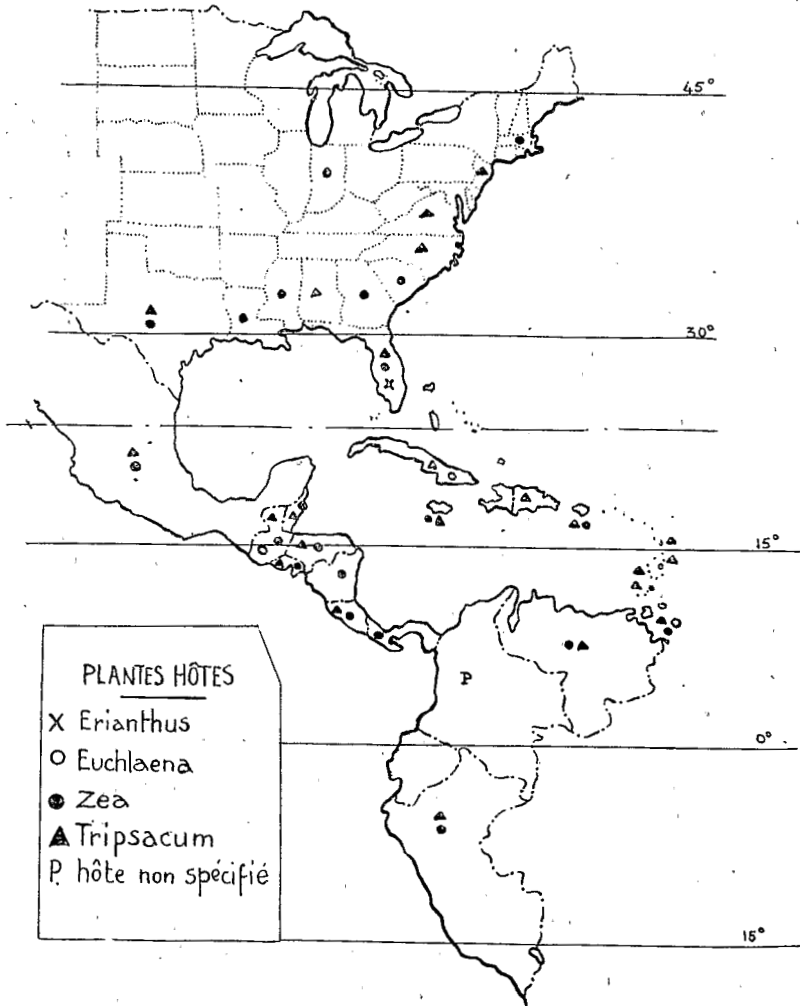


Fig. 1. — *Puccinia polysora* Underw. — Répartition sur le continent américain (d'après Wood et Lipscomb).

Ellis dans sa détermination des échantillons de la collection de Newton (Massachusetts); le *Puccinia polysora* est retrouvé sur des échantillons de Maïs rouillé en provenance du Honduras britannique, de Costa Rica, Cuba, Georgie, du Mexique, Mississippi, de Panama, Porto-Ricó et du Texas. Au Guatémala, Kellerman rectifie ses précédentes déterminations et le signale sur Téosite (*Euchlaena mexicana*) où, jusqu'en 1941 il l'avait confondue avec le *Puccinia sorghi*. Enfin en 1950, Nance le signale sur Maïs le long de l'Ohio en Indiana et Wright la même année à la Jamaïque. Brown en 1953 remarque sa présence constante à Trinidad et signale une légère résistance des Maïs antillais par rapport aux Maïs nord-américains.

#### **Apparition en Afrique.**

En Afrique tropicale, la rouille cosmopolite *Puccinia sorghi* était présente sur le Maïs mais elle n'occasionnait que des dégâts peu importants. En 1949 Deighton lui rapporte une attaque massive de rouille qui sévit en Sierra Leone. En 1950 cette attaque s'étend à toute la côte du Bénin et elle est rapportée par Meiffren au *Puccinia sorghi* Schw. associé à l'*Helminthosporium maydis* Nisik. et Miy. et au *Fusarium moniliforme* Sheld. L'importance inusitée des dégâts causés par cette rouille fit penser que l'on était en présence d'une race physiologique nouvelle particulièrement virulente.

Ce caractère attira l'attention des spécialistes du C.M.I. de Kew; sur les collections de Deighton (1949) et de Waterson (Nigeria, Gold Coast, 1950) Cummins et Bisby établissent la présence du *Puccinia polysora* Underw. Celui-ci est donc parvenu à s'introduire en Afrique. Mais de quelle manière?

Deux hypothèses sont en présence pour essayer d'expliquer cette introduction :

— Celle des auteurs anglais et de Mallamaire qui soutiennent l'introduction récente de cette rouille à la faveur d'importations de semences en provenance d'Amérique. Le *Puccinia polysora* aurait d'abord lutté contre son concurrent direct, le *Puccinia sorghi*, et une fois celui-ci évincé, se serait répandu dans toute la zone de culture du Maïs.

— Celle de Luc et Chevaugon qui admettent la coexistence pacifique de tous temps des deux rouilles, le *Puccinia polysora* étant alors sous une forme atténuée. Peu avant 1949 serait apparue en Sierra Leone une race plus virulente et plus compétitive du *Puccinia polysora* qui, éliminant rapidement son rival, aurait été à l'origine de l'épiphytie.

Dans ces deux positions le seul fait généralement accepté concerne l'éviction du *Puccinia sorghi* par le nouveau parasite. La rouille cosmopolite a en effet disparu sur les cultures de Maïs d'Afrique occiden-

tale pendant toute la durée de l'épiphytie. Actuellement, la maladie étant devenue emphytique, on voit réapparaître le *Puccinia sorghi* dans son aire d'extension initiale. Il semblerait donc que le *Puccinia polysora* ait perdu, avec une partie de sa virulence, son pouvoir compétitif. Nous retrouverons d'ailleurs ce fait avec d'autres exemples d'antagonisme entre la rouille et divers parasites du Maïs.

Les deux hypothèses signalées sont toutes deux appuyées par un certain nombre de faits. En particulier la seconde est soutenue par la

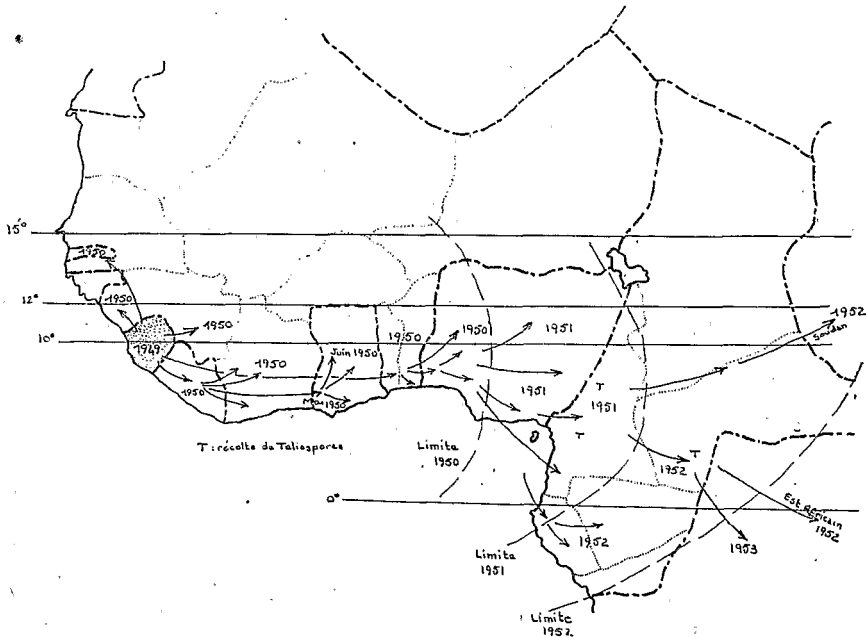


Fig. 2. — *Puccinia polysora* Underw. — Extension en Afrique occidentale durant la période 1949-1953.

difficulté qu'il y a à séparer exactement les deux rouilles, surtout sur un même hôte, ce qui est amplement démontré par les confusions déjà faites à cet égard. De plus, Chevaugon (1955) signale avoir trouvé dans un secteur isolé de Côte-d'Ivoire une race du *Puccinia polysora* n'occasionnant que des dégâts infimes sur le Maïs comme c'était le cas, avant 1949, pour le *Puccinia sorghi*; étant donné diverses considérations d'ordre géographique et écologique il conclut qu'il n'est pas impossible que cette souche représente la race originelle présente en Afrique avant 1949. Il est difficile de résoudre le problème et seule une étude critique approfondie d'échantillons antérieurs à 1949 peut le

tenter. Or une telle étude n'a pas encore été faite. Toutefois le C.M.I. de Kew a signalé que l'examen d'échantillons de Sierra Leone antérieurs à 1949 n'avait pu mettre en évidence que le *Puccinia sorghi*. Bouriquet, à Madagascar, aboutit à la même conclusion; or il semble impensable que la rouille ait pu sévir à l'état emphytique sur le continent africain sans atteindre par l'intermédiaire des courants aériens, comme elle le fera plus tard, la Grande Ile.

Dans l'état actuel de nos connaissances il est donc assez difficile de trancher entre les deux positions; cependant les faits que nous avons rapportés semblent militer plus en faveur d'une introduction récente du parasite que pour une présence emphytique préalable de celui-ci.

#### **Extension en Afrique tropicale et Asie du Sud-Est.**

1949 : foyer primaire de Sierra Leone,

1950 : la rouille s'étend à tout le Bénin côtier jusqu'à la vallée de l'Ogun (Nigeria), soit la Guinée, le Libéria, la Côte-d'Ivoire, la Gold Coast (Ashanti en mai, Transvolta en juin), le Togo-Dahomey et l'angle Sud-Est du Nigeria.

1951 : l'épiphytie continue dans les mêmes régions mais s'étend aussi à l'ensemble du Nigeria et au Cameroun où Grimaldi récolte des téliospores.

1952 : la rouille continue son extension en gagnant le Tchad, l'Oubangui-Chari (Saccas récolte des téliospores à Boukoko) et menace le Congo belge où elle apparaît en fin de saison à Yangambi.

Elle étend également son aire de répartition dans les autres régions d'Afrique tropicale; Tarr la signale au Soudan à Roseires près de la frontière d'Abyssinie. Dans l'Est Africain elle apparaît en juin-juillet au Kenya dans les districts côtiers de Mombasa et Taveta et très probablement dans la province de Nyanza. En août elle gagne l'Uganda et le protectorat de Zanzibar qu'elle envahit en entier y compris l'île Pemba. Enfin son apparition sporadique est rapportée dans les districts Nord du Tanganyika.

1953 : la rouille apparaît en février au Nyassaland à Toleza (ferme expérimentale de la N.F.C.). Puis elle apparaît simultanément dans tout le Tanganyika et la Rhodésie du Nord. En Rhodésie du Sud, elle est signalée en mars dans le district de Lomagundi puis s'étend à la Mazoe et à la vallée du Sabi. Elle est rapportée à la même époque du Mozambique dans les districts de la Chimoia, de Manica et du Buzi.

En dehors du continent africain, Bouriquet signale son apparition sur la côte Est de Madagascar en mars, à la Réunion en mai. Enfin Orian reconnaît la rouille en mars à l'île Maurice.

1954 : durant cette année aucune extension nouvelle de la rouille n'a été signalée. Etant donnée son évolution ultérieure ce trou est probablement dû au temps nécessaire pour traverser l'Océan Indien.

1955 : en mai elle est rapportée dans les îles de l'Océan Indien, Rodrigues et Agalaga. En septembre la rouille est signalée simultanément à Los Baos en l'île de Luzon (Philippines) et à Bangkok en Thaïland. Les deux déterminations ont été faites par G. B. Cummins. Reyes enfin signale qu'elle est apparue également dans les districts Nord de Bornéo.

1956 : son apparition est rapportée en Malaisie et à l'île Christmas. Reyes note son extension aux Philippines et la rapporte deux fois (février-août) à Mindanao.

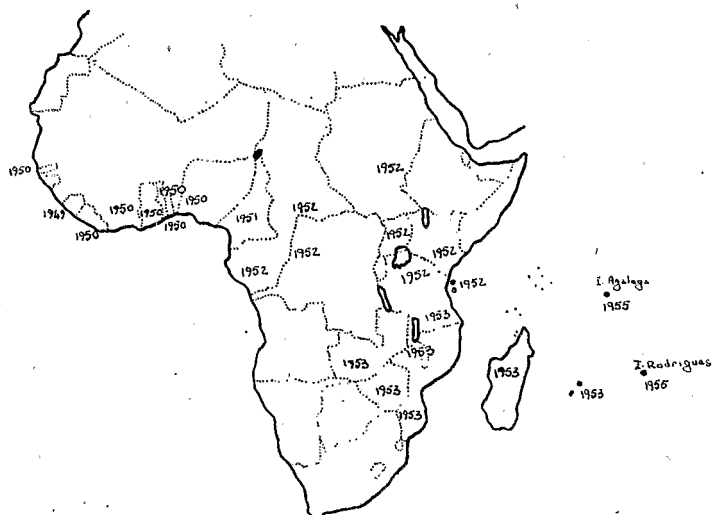


Fig. 3. — *Puccinia polysora* Underw. — Extension en Afrique tropicale et la partie occidentale de l'Océan Indien.

1957 : la rouille a envahi les Célèbes ainsi que l'île Visayan. On note la possibilité de son apparition aux Indes.

La Rouille américaine du Maïs a donc envahi le Sud-Est asiatique; cette invasion n'était pas une surprise et de nombreux auteurs l'avaient considérée comme inévitable, Orian et Wiltshire entre autres. Sa répartition actuelle suggère en tout cas une introduction par les courants aériens; il n'est pas exclu que d'autres moyens aient pu être employés comme le trafic aérien ou les importations de semences. Toutefois, il est à peu près certain que les courants aériens ont un rôle important, les nombreuses mesures sanitaires prises en Asie au

moment de l'apparition en Afrique du *Puccinia polysora* interdisant les importations de Maïs africain en provenance des territoires touchés par l'épiphytie.

**Répartition géographique actuelle.**

Après l'année 1957, il semble donc que l'on puisse assigner au *Puccinia polysora* le domaine suivant :

— Les limites Nord et Sud d'extension extrême sont formées par les isothermes annuelles de 20°, la zone de maximum d'intensité étant limitée par les isothermes de 25°.

— En Amérique la rouille semble arrêtée par le bassin Amazonien, ne dépassant pas au Sud le 15° degré de latitude. Au Nord, la maladie est arrêtée par les Montagnes Rocheuses et les zones arides, ne dépassant pas dans l'Ouest le 30° parallèle, alors que dans l'Est la rouille remonte jusqu'au 35° degré et atteint parfois le 40°.

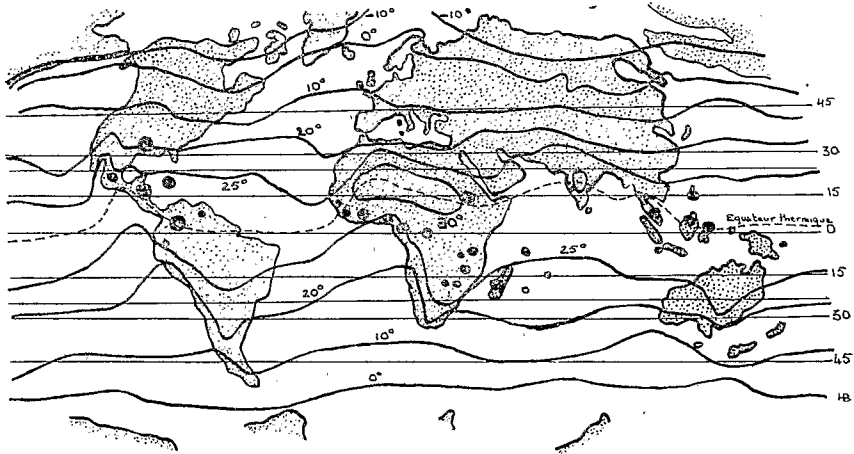


Fig. 4. — *Puccinia polysora* Underw. — Répartition mondiale en relation avec les isothermes annuelles et l'équateur thermique.

— En Afrique le facteur réducteur est l'aire d'extension du Maïs lui-même, ne dépassant pas au Nord le 15° degré et au Sud le tropique qui coïncide avec l'isotherme 25°.

— En Asie enfin, la limite est pour l'instant constituée par les isothermes de 25° mais il n'est pas exclu que la rouille puisse agrandir son domaine; en particulier du côté de l'Australie pour qui la menace semble se préciser.



En conclusion la rouille du Maïs due au *Puccinia polysora* couvre actuellement toute la zone tropicale et subéquatoriale de culture du Maïs, apparaissant ainsi comme une maladie exclusivement localisée, à quelques exceptions près, aux pays chauds, sa courbe de maximum d'intensité correspondant d'ailleurs assez exactement avec l'équateur thermique terrestre, tout au moins dans les zones où le taux d'humidité est compatible avec les exigences biologiques du parasite.

### Etiologie de la maladie.

#### a) Agent causal ; synonymie.

La rouille américaine du Maïs (= « Tropical Maize rust » = « South American Maize rust ») est occasionnée par une Puccinée dont Underwood décrivit le type en octobre 1891 sur des feuilles de *Tripsacum dactyloides* L. récoltées à Auburn (Alabama, Etats-Unis) par Duggar. Etant donnés ses caractères macroscopiques il lui attribua le nom de *Puccinia polysora* n. sp.

On peut relever deux synonymes de cette dénomination :

*Puccinia tripsaci* Diet. et Holw. (1897)  
= *Dicaeoma polysorum* (Underw.) Arth. (1906).

En raison des dates respectives de description et de publication, la détermination *Puccinia tripsaci* doit être abandonnée au profit de *Puccinia polysora*.

Pour la détermination d'Arthur deux positions sont valables :

— celle qui rejetant le genre *Dicaeoma* (S. F. Gray 1821) pris au sens d'Arthur, conserve son intégrité au genre *Puccinia*;

— celle qui, en accord avec les théories d'Arthur, considère le genre *Puccinia* comme un groupe synthétique qui doit être scindé en ses unités constitutives. Cette position sera d'accord avec la détermination d'Arthur *Dicaeoma polysorum*; toutefois ce point de vue est actuellement dépassé, en conséquence de quoi nous adopterons ici la dénomination : *Puccinia polysora* Underwood.

#### b) Caractères morphologiques et diagnose.

Le *Puccinia polysora* est une Urédinée à cycle encore inconnu, aucune phase haploïde n'en étant encore signalée. Cependant le passage par cette phase n'étant pas nécessaire à la conservation de la rouille sous les climats tropicaux, il n'est pas exclu que cette forme puisse se former dans des zones plus septentrionales, telles que les Etats-Unis par exemple. G. B. Cummins soutient cette hypothèse en considérant cette rouille comme hétéroxène.

Dans son étude récente (1953) des rouilles des *Andropogonées*, Cummins en donne d'ailleurs une diagnose complète :

Urédosores amphigènes, éparpillés ou légèrement groupés, brun cannelle, pulvérolents, ovales ou oblongs, longs de 0,4 à 2,0 mm, entourés par l'épiderme déchiré.

Urédosporos variables, souvent quelque peu anguleuses, à peu près ellipsoïdes ou obovales (20)23-29 × 29-36(40) μ; parois de 1-2 μ, jaunâtres ou brun doré, plutôt faiblement échinulées, à 4 ou 5 pores équatoriaux.

Téleutosores amphigènes, plus ou moins éparpillés en petits groupes souvent linéaires, brun noirâtre, indéhiscents.

Téleutosporos très variables, ellipsoïdes anguleuses, arrondies ou légèrement émoussées aux extrémités, rétrécies à la base, à constriction plus ou moins importante au niveau de la cloison (18)20-27 × 29-41(49) μ; parois uniformes de 1,5 μ ou très faiblement épaissies à l'apex, brun noisette, lisses; pédicelle jaunâtre ou brunâtre, à parois minces, long de 10 à 30 μ, persistant.

Mésosporos souvent abondantes, 22-31 × 15-19 μ.

### 1) *Le mycélium dans les gaines foliaires.*

Il se présente sous la forme de filaments grêles ayant 4 à 6 μ de large, à cheminement intercellulaire, formant fréquemment dans les méats des amas stromatiques plus ou moins importants. Ces amas apparaissent comme formés de cellules arrondies, plus larges que le mycélium qui leur a donné naissance. C'est le plus souvent au niveau de ces amas stromatiques que l'on rencontre le plus grand nombre de suçoirs dans les cellules de l'hôte. Ils sont en nombre variable par cellule mais le plus souvent très nombreux; nous avons pu en compter dix pour une seule cellule, la moyenne s'établissant vers cinq à sept.

Au point de vue cytologique ce mycélium apparaît comme très peu fourni en cytoplasme actif. On rencontre en effet de nombreuses hyphes vides de tout protoplasme et reconnaissables uniquement par les globules lipidiques jaunes qui ont subsisté. Au point de vue nucléaire ce mycélium apparaît comme normal et on rencontre de manière constante des dicaryons dans la zone active du mycélium. Nous n'avons pu observer que très isolément des groupements de noyaux aberrants, soit un noyau par cellule, soit trois noyaux.

### 2) *Histologie et formation des suçoirs.*

Le premier symptôme de la formation d'un suçoir est un léger gonflement de la paroi cellulaire qui forme ainsi une hernie dans la lumière de la cellule. Cette hernie correspond probablement à la pression exercée par le filament perforant; elle disparaît en effet par la suite dès que la pénétration est accomplie. Le premier stade du suçoir est alors une petite vésicule portée par un mince filament qui la relie, à travers la paroi cellulaire, à la cellule-mère du suçoir.

Cette cellule-mère apparaît comme un disque elliptique fortement appliqué contre la paroi cellulaire et présentant une forte affinité chromatique au niveau du point de pénétration. Le suçoir continue son évolution en se gonflant par apports cytoplasmiques et atteint ainsi

sa taille maximum soit 15 à 30  $\mu$ . Il est à ce stade de forme très variable, en général digité, et pouvant présenter des ramifications plus ou moins importantes. Au point de vue cytoplasmique il présente un cytoplasme dense, souvent chargé de globules lipidiques et comportant de 1 à 3 noyaux selon la cellule qui lui a donné naissance.

Selon les Maïs le suçoir reste à ce stade jusqu'à la fin de son activité ou poursuit une évolution. Chez le Maïs R 45 très sensible à la rouille, le suçoir reste à ce stade et demeure longtemps fonctionnel. Au contraire chez le Jaune de Boundiali la pénétration des suçoirs dans les cellules entraîne une réaction de ces dernières qui a tendance à neutraliser les suçoirs. Cette réaction est connue pour un grand nombre de rouilles et beaucoup d'autres parasites.

Cette réaction se traduit par le dépôt autour du suçoir de couches celluloses qui tendent à l'isoler complètement de la cavité cellulaire. Ce dépôt débute par le filament perforant, se traduisant par l'apparition d'un collier reliant la paroi cellulaire à la base du suçoir. Il se poursuit en remontant autour du suçoir et finit par l'englober totalement. Simultanément cette carapace s'accroît en épaisseur par le dépôt de nouvelles couches et, selon son âge, peut apparaître d'épaisseur très variable d'une partie du suçoir à une autre. Au stade ultime elle peut atteindre 5 à 6  $\mu$  d'épaisseur et le suçoir apparaît alors comme une masse volumineuse, très mamelonnée et étroitement soudée à la paroi cellulaire; il peut arriver même que la masse mycélienne enclose se cloisonne, ce que l'on n'observe pas chez le suçoir normal.

Ce phénomène peut également être observé sur le mycélium même lorsqu'il est devenu intracellulaire, à la base d'un sore par exemple.

### 3) Développement et évolution des urédosores.

Le premier urédosore formé à la suite d'une infection se forme au voisinage immédiat du point de pénétration. Cette formation débute par l'apparition sous-épidermique d'un massif cellulaire stromatique se substituant à l'épiderme lui-même et constituant le tapis sporogène. Celui-ci s'étend tangentiellement s'immisçant entre l'épiderme et la couche cellulaire sous-jacente et développe simultanément des urédospires et des paraphyses filiformes en massue à leur extrémité. La formation des spores est simple, une cellule-mère du tapis sporogène donnant une spore et non fasciculée comme c'est le cas pour d'autres rouilles. A ce stade les spores ont rempli une cavité sous-épidermique et le sore se traduit à la partie supérieure de la feuille par une protubérance jaunâtre. Cette formation continue et entraîne l'éclatement de l'épiderme distendu environ 10 jours après la pénétration, l'ensemble du processus durant de 5 à 6 jours. Une fois le sore ouvert il continue à produire des spores qui s'accumulent en une masse orangée au-dessus de la feuille. Ce sore peut rester fonctionnel très longtemps, sa

durée de vie étant liée à celle de la feuille qui le porte, mais on peut rencontrer sur une feuille apparemment morte des sores encore fonctionnels et présentant des spores à tous les stades de différenciation.

Entre 4 et 6 jours après l'apparition du premier sore on observe la formation d'une série de sores entourant le premier. Cammack considère ces sores comme le résultat de réinoculations naturelles de la

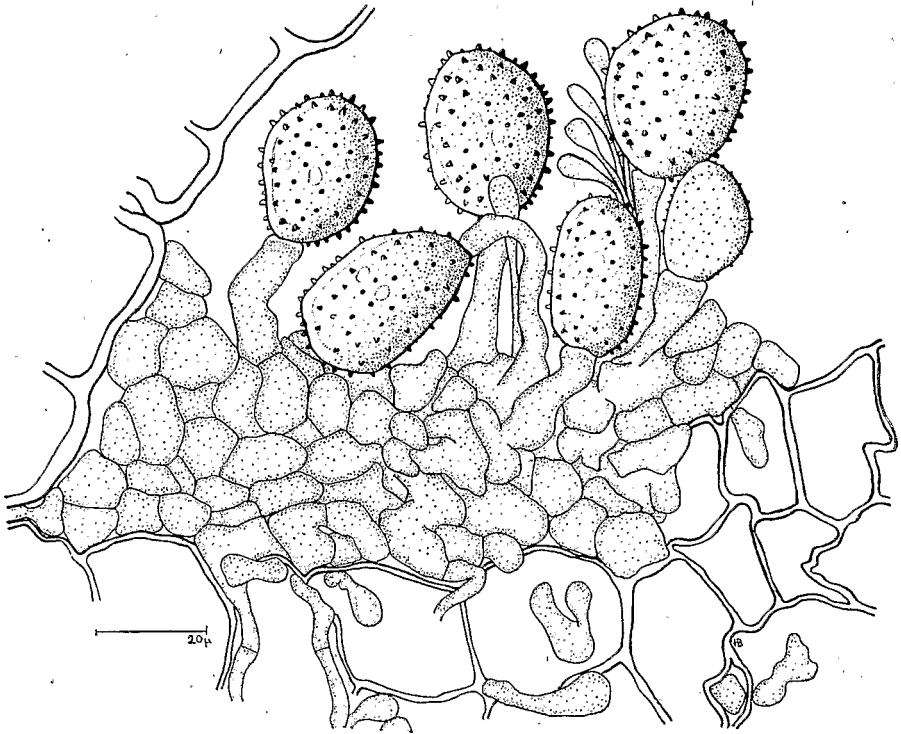


Fig. 5. — *Puccinia polysora* Underw. — Coupe transversale d'un urédosore sur feuille de Maïs.

rouille à partir du sore initial. Nous n'avons pu nous-même mettre en évidence de cordons mycéliens reliant les deux séries de sores. Il ne nous est donc pas possible de trancher. Toutefois il semble que les deux processus puissent jouer un rôle, certaines structures étant difficilement explicables par les réinoculations naturelles. Il nous est arrivé en effet de rencontrer des sores circulaires continus entourant un sore central âgé, l'ensemble mesurant 2 à 3 mm de diamètre. Une telle structure n'est explicable que par des cordons mycéliens qui

existent effectivement, mais de manière si peu manifeste qu'il est difficile de leur assumer toute la responsabilité de ces structures.

Les sores peuvent avoir, selon leur situation sur la plante, des aspects morphologiques très différents. Sur la feuille ils sont en général lenticulaires, très rarement allongés; mais cette dernière disposition est constante pour les sores formés soit sur la panicule mâle, soit sur les gaines foliaires et les bractées de l'épi femelle. Ce fait est dû à l'anatomie particulière de ces organes. Les sores sont en effet contraints de se développer entre deux bandes de sclérenchyme et ne peuvent s'accroître que selon une seule dimension, ce qui entraîne leur allongement souvent démesuré par rapport à la taille du sore foliaire. Nous avons pu observer sur gaines des sores atteignant 7 mm de long sur une largeur de 4 à 500  $\mu$ .

#### 4) Caractères biométriques.

La forme la plus fréquemment rencontrée est la forme urédosporée. La production de téléutospores est très rare en Afrique où elle n'a encore été signalée que trois fois: au Cameroun et en Oubangui-Chari par Grimaldi et Saccas, au Kenya par Nattrass. Leur production exceptionnelle a été signalée sur *Euchlaena mexicana* par Arthur et Cummins en Amérique du Nord.

Les téléutospores, comparables à celles du groupe morphologique *Rubigo-vera* (DC.) Wint., permettent par leur apex tabulaire peu épais et sans amorce de canal germinatif, une distinction certaine d'avec le *Puccinia sorghi* dont les spores présentent un épaississement apical de 6-9  $\mu$  avec amorce du canal germinatif. Ceci pose un problème pratique: étant donnée la rareté des téléutospores chez le *Puccinia polysora*, comment le distinguer du *Puccinia sorghi* à coup sûr et en se fondant sur la forme la plus fréquemment rencontrée, soit les urédospores? A cet effet, on a créé un indice morphologique basé sur les dimensions des urédospores qui, compte tenu de la variabilité des spores, permet une distinction assez nette des deux rouilles.

Cet indice est fondé sur le rapport Longueur/largeur des urédospores et les valeurs obtenues permettent d'établir une clé de distinction entre le *Puccinia polysora* et le *Puccinia sorghi*.

Urédosores très petits, punctiformes, rarement lenticulaires, rapprochés, déhiscents, couvrant quelquefois la totalité du limbe, orangés, pâlisant par dessiccation. Urédospores oranges, ovoïdes, rarement globuleuses, à 4-5 pores germinatifs équatoriaux peu visibles.

$L/l = 1,2$  et au-dessus..... *Puccinia polysora* Underw.

Urédosores lenticulaires, bien individualisés, épars, déhiscents, souvent localisés en petits amas orangés à brunâtres. Urédospores faiblement jaunâtres, globuleuses ou subglobuleuses, à 3-4 pores germinatifs équatoriaux bien visibles.

$L/l$  compris entre 1,08 et 1,14 (d'après Viennot-Bourgin).....  
*Puccinia sorghi* Schw.

Des mesures effectuées par divers auteurs (Luc, Saccas, Chevaugeon) et nous-même sur des échantillons d'Afrique occidentale ont donné les résultats suivants :

échantillon-type de la Jamaïque	L/l = 1,22
échantillon-type de Côte-d'Ivoire	L/l = 1,37
souche du Cavally (Chevaugeon)	L/l = 1,35
échantillon du Togo (selon provenance)	L/l = 1,30 à 1,40
échantillon d'A.E.F. (selon provenance)	L/l = 1,40 à 1,58

La différence ne semble être significative que pour le type américain par rapport aux types africains. Elle traduit peut-être morphologiquement le fait que nous nous trouvons en présence en Afrique d'une race physiologique différente de celle de la Jamaïque, ce qui pourrait expliquer la grande virulence de la rouille dans les territoires africains.

Durant notre récent séjour en Afrique nous avons effectué de nombreuses mensurations de spores pour déceler dans une population hétérogène des constituants caractérisés morphologiquement.

L'interprétation statistique des diagrammes obtenus, effectuée grâce à l'aide de M. Desjardins, ne nous a pas permis de mettre en évidence des résultats valables. La variabilité des spores est en effet trop grande pour pouvoir fonder sur des valeurs morphologiques un test de séparation à valeur essentiellement physiologique.

Le seul résultat valable que nous ayons obtenu est l'apparition d'un coefficient de corrélation Longueur/largeur constamment négatif, ce qui semble dénier toute valeur informatrice au rapport dimensionnel L/l couramment employé. Il paraîtrait donc plus rationnel d'employer un critère tel que le volume relatif des spores, basé sur le produit des deux dimensions et non leur rapport.

#### c) Caractères biologiques et écologiques.

Jusqu'ici la biologie du *Puccinia polysora* n'a fait l'objet d'aucune étude approfondie. Cependant, à la station de Boukoko, A. M. Saccas a obtenu une série de résultats qui furent publiés en 1955. Les expériences, faites selon le schéma donné par Weber pour le *Puccinia sorghi*, mettent en évidence un certain nombre de faits qui permettent d'expliquer la stricte inféodation de cette rouille aux régions tropicales.

Ces études ont porté sur les points suivants :

- germination des urédospores en fonction de la température et de l'humidité;
- vitalité des urédospores en fonction des conditions de conservation;
- pénétration du parasite et évolution du mycélium dans l'hôte.

*Action de la température sur la germination des urédospores.*

Au contact de petites gouttelettes d'eau, les urédospores du *Puccinia polysora* peuvent germer à des températures variant entre 20° et 32° C, la température optimum étant 28° C.

De 29° à 32° la germination a lieu dans la proportion de 20 à 42 % dans les premières heures. Mais l'action prolongée de ces températures ne la favorise pas; de plus les tubes germinatifs sont courts et ne prolifèrent pas. La température maximum de germination est 32° C. Au-dessus, les urédospores ne germent pas et sont tuées au bout d'un temps plus ou moins long :

- de 33° à 35° elles résistent 24 heures;
- à 40° elles résistent 12 heures;
- à 45° et 50° elles sont tuées respectivement au bout de 6 et 2-3 heures;
- de 20° à 23° C, la germination est lente et ne se déclenche qu'après 12 heures.

*Action de l'humidité sur la germination des urédospores.*

Saccas a montré que la germination ne se fait bien que si les spores sont disposées dans de petites gouttelettes d'eau; il employait pour obtenir cette disposition une pulvérisation sur lames des spores en suspension dans de l'eau glucosée. Les spores germent alors à 100 % en 3-4 heures.

En revanche il observe qu'en goutte pendant les spores germent mal et irrégulièrement, en particulier les spores réunies en masse au sommet de la goutte qui ne germent pas du tout, celles de la périphérie présentant toutefois une germination normale.

Saccas donne une explication possible de ces faits en concluant que la germination des urédospores demande beaucoup d'oxygène. Mais il n'est pas exclu que puisse intervenir ici un élément autoinhibiteur de la germination qui, produit en grande quantité dans les spores en masse, suffirait à empêcher leur germination alors que des spores plus isolées ne seraient pas affectées par cet élément. Un tel fait a d'ailleurs été démontré récemment pour le *Puccinia graminis* (Allen, 1955).

Saccas signale également qu'à sec et en atmosphère saturée à 28° C, le pourcentage de germination est faible : 15-20 %, et qu'il est nul en atmosphère non saturée.

Dans la nature, les rosées matinales, les pluies fines offrent à la rouille des conditions optimales de germination, la température étant presque toujours favorable dans les zones forestières tropicales et subéquatoriales.

Weber en 1922 donnait pour le *Puccinia sorghi* une température optimale de germination de 17° C. D'autre part, les conditions d'humidité sont moins strictes pour cette rouille que pour le *Puccinia polysora*; en effet Smith (1926) a montré qu'à 25° on obtenait une germination assez importante pour des spores à sec en air proche de la saturation, ce qui n'est pas le cas pour le *Puccinia polysora*.

Ceci permet d'expliquer pourquoi la rouille américaine reste confinée aux régions tropicales alors que le *Puccinia sorghi* peut remonter dans des zones plus septentrionales telles que le bassin méditerranéen et l'Europe centrale où les conditions, sinon optimales, lui permettent toutefois un développement suffisant.

#### *Vitalité des urédospores en fonction des conditions de conservation.*

Saccas étudie ce problème en plaçant des feuilles rouillées sous diverses conditions et arrive aux conclusions suivantes :

- les urédospores maintenues dans un milieu à faible teneur en humidité, peuvent conserver leur vitalité pendant au moins six mois mais leur pourcentage de germination diminue progressivement de 92 à 35 %;
- à l'abri de la pluie et dans les conditions naturelles d'humidité et de température, le pouvoir germinatif diminue sensiblement en six mois de 83 à 22 %;
- sur des pieds de Maïs restés en champ après la récolte des épis, la vitalité des urédospores diminue au cours des premiers mois et le pouvoir germinatif est nul au-delà de quatre mois;
- le pouvoir germinatif des urédospores n'est pas détruit sous l'influence de basses températures pendant un court laps de temps; les spores germent au contraire plus rapidement et leur filament germinatif est plus vigoureux que celui des urédospores maintenues en conditions naturelles.

Ces résultats montrent que c'est bien dans les zones forestières humides que le *Puccinia polysora* trouve des conditions optimales de germination, de développement et de conservation pour ses urédospores qui peuvent ainsi, après avoir passé la saison sèche dans les débris végétaux abandonnés sur le sol, envahir les cultures suivantes de Maïs. En cas d'arrêt de culture, dans un but prophylactique par exemple, la rouille pourra trouver un hôte d'attente parmi les Graminées spontanées appartenant aux Andropogonées. Elle semble en effet strictement inféodée à cette famille, bien que tout récemment Reyes ait signalé sa présence sur *Cyperus rotundus*, adventice des cultures de Maïs aux Philippines.



*Pénétration du parasite et modalités d'infection.*

Dans ses études expérimentales sur ce problème, Saccas utilisa des plantules d'un mois des variétés Yangambi 120 j., Jaune des Landes et Blanc nain. Il observa la germination des urédospores au contact des feuilles de Maïs, le mode de pénétration des hyphes d'infection et la durée d'incubation de la maladie jusqu'à l'apparition des premiers urédosores visibles à l'œil nu.

Par des contrôles effectués au bout de 3, 6 et 12 heures, 4, 10 et 12 jours, il aboutit aux conclusions suivantes :

— au bout de 3 heures : on observe 30 % de germination avec un tube germinatif trapu de  $10-20 \times 6-7 \mu$ , présentant un tropisme caractéristique vers les stomates, contrairement au *Puccinia sorghi*. Il y a formation d'un appressorium sur les stomates : renflement globuleux à discoïde, présentant un contenu cytoplasmique dense. Un point brillant central, non colorable au bleu Coton, de  $2,5$  à  $3 \mu$  de diamètre, à aspect de pore, constitue le point de départ de l'hyphe infectieuse.

A ce stade il n'y a aucune infection apparente et sur les spores germées, 5 à 10 % ont formé des appressoria.

— au bout de 6 heures : la germination atteint 50-70 % et on peut observer deux aspects différents dans les tubes germinatifs : certains présentent un allongement et une ramification désordonnée sans pénétration, d'autres sont courts et trapus avec un tropisme caractérisé vers les stomates, quelle que soit leur position relative.

On peut observer alors que, sur toutes les spores germées, 10 à 15 % d'infections ont été réalisées. L'hyphe infectieuse prend naissance au niveau de la papille brillante : cette hyphe grêle, cylindrique, à parois minces, incolore, gagne la chambre sous-stomatique et donne une vésicule globuleuse, d'aspect amiboïde formant l'hyphe primaire qui prolifère rapidement.

Il est rare que le tube germinatif pénètre directement dans un stomate sans former d'appressorium, et on n'a jamais observé de pénétration directe par la cuticule.

— au bout de 12 heures : les infections ne dépassent pas 20 à 30 % des spores germées et sont plus ou moins avancées; la cavité sous-stomatique est envahie avec parfois début d'invasion du mésophylle par des hyphes grêles à cheminement intercellulaire. On observe la formation de quelques suçoirs.

A ce stade, il n'y a pas d'altération macroscopique visible.

— au bout de 4 jours : le mycélium a envahi toute l'épaisseur de la feuille et présente une progression tangentielle importante. Il prolifère activement autour du point d'infection formant un stroma sous-épidermique de plus en plus épais qui comprime et déforme les cellules dont la cavité est envahie par le mycélium.

— au bout de 12 jours : on voit apparaître les premiers symptômes macroscopiques d'infection. Les urédospores apparaissent à 15-20 jours et les pustules éclatent 5 jours plus tard.

La durée d'incubation est donc de 15-20 jours dans les conditions d'expérience. De leur côté, Storey et Ryland avaient donné le chiffre de 14 jours pour la période d'incubation sur plants en serre.

Nos propres observations nous ont permis de constater que les tubes germinatifs s'appliquent étroitement contre la surface épidermique et suivent les sillons que présente cette surface. Ils manifestent d'ailleurs un certain nombre de tropismes, le plus marqué les orientant en direction des stomates. On peut cependant observer un haptotropisme constant vis-à-vis des poils qui hérissent l'épiderme supérieur de la feuille.

Le tube germinatif arrivant au contact d'un stomate commence par se renfler et différencie une vésicule où se rassemble tout le cytoplasme actif, ce qui entraîne une forte affinité chromatique. Cette vésicule de forme souvent irrégulière peut atteindre 20  $\mu$  dans sa plus grande dimension mais reste toujours supérieure à 12  $\mu$  de diamètre. Elle s'isole à ce stade du tube germinatif par une cloison et la pénétration débute. Dès que le filament pénétrant a franchi la barrière stomatique le contenu de l'appressorium s'inocule dans la cavité stomatique et y forme une vésicule globuleuse caractérisée par un volumineux globule lipidique très visible par transparence à travers l'épiderme. De cette vésicule qui constitue le filament infectieux primaire partent bientôt des filaments secondaires qui s'enfoncent dans le parenchyme foliaire en cheminant entre les cellules et forment dans leurs cavités les premiers suçoirs. A ce stade l'appressorium apparaît comme totalement vidé de son cytoplasme et a souvent disparu.

Il est intéressant de remarquer que l'appressorium n'est pas une structure finale. En effet si un certain nombre de tubes germinatifs n'en forment pas et dégèrent, il arrive parfois que l'appressorium soit formé sur une cellule épidermique banale. Dans ce cas ce n'est pas l'appressorium qui dégère mais une structure formée à partir de lui consistant en une vésicule restant superficielle et se résolvant en un certain nombre de filaments. L'ensemble présente exactement l'aspect d'une vésicule sous-stomatique d'infection et du mycélium infectieux secondaire. Cette même structure se retrouve dans les appressoria normaux mais n'ayant pu pénétrer par suite de la fermeture du stomate par exemple. La formation de l'appressorium est donc due à un stimulus bien défini qui induit chez le tube germinatif une série de réactions, qui se produiront nécessairement, la chaîne étant amorcée.

Il apparaît nettement que la formation de l'appressorium entraîne une fermeture du stomate, fermeture qui pourrait être considérée

comme une réaction de défense de la plante. Toutefois dans tous les cas cette fermeture nous est apparue comme irréversible, les stomates une fois pénétrés ne s'ouvrant plus. Il est possible que les cellules stomatiques soient tuées par des sécrétions de l'appressorium permettant ainsi au filament infectieux de se faire un passage. Toutefois ceci n'est qu'une pure hypothèse et n'a pu être étayé par des résultats expérimentaux.

Des expériences nous permettent de préciser que la lumière ne joue pas un rôle important dans la germination des spores; par contre elle a une grande influence sur la pénétration des tubes germinatifs.

Dans la nature, un fait frappe immédiatement: l'infection débute par l'extrémité des feuilles les plus basses puis continue vers la tige et attaque les feuilles plus élevées dans leur ordre d'apparition. Selon Luc (1952) ce mode particulier d'attaque est probablement dû au port spécial de la feuille de Maïs: lors des fortes premières pluies, les urédospores sont projetées, depuis le sol, sur les feuilles basses du Maïs où les gouttes d'eau, ne pouvant stagner du fait de la cuticule, s'établissent en goutte pendante à l'extrémité du limbe: c'est là que les spores germent et envahissent la feuille par les stomates, donnant ainsi les premiers sores qui vont gagner de proche en proche. Toutefois si, comme c'est souvent le cas pour le Maïs, les feuilles sont gaufrées, on peut observer l'apparition des premiers urédosores dans les creux où l'eau a pu stagner. Il en est de même à l'intérieur des gaines où les spores ont pu être entraînées par l'eau. Ce fait n'est pas dû à une différence anatomique entre les deux épidermes; Luc a en effet montré que la feuille retournée est infectée dans les mêmes conditions que la feuille en position normale.

#### *Le parasite dans la plante; symptomatologie microscopique.*

Dans le mésophylle, le mycélium issu des stromas sous-épidermiques, incolore, cloisonné, cylindrique ou à contours irréguliers, chemine entre les cellules parenchymateuses par la lamelle mitoyenne, formant parfois de petits amas stromatiques dans les méats. Au contact des cellules les hyphes émettent un filament grêle qui traverse la membrane et se renfle dans la cavité cellulaire en un suçoir cylindrique ou plus ou moins digité. Ses dimensions sont  $12-30 \times 7-12 \mu$  et on peut en compter de 1 à 7 par cellule.

A partir du stroma urédosporé primaire formé au niveau du point d'inoculation, la formation de nouveaux stromas se fait par deux mécanismes différents: soit à partir du mycélium envahissant sur son bord d'attaque ce qui permet l'extension en surface de la maladie (c'est ainsi que sont formés les sores sur la face inférieure de la feuille), soit par essaimage à partir des sores primaires formés qui émettent des cordons mycéliens se différenciant par la suite en stromas secon-

daires, lesquels donneront à leur tour des stromas tertiaires et ainsi de suite. Ce dernier mode assure l'extension en intensité de la maladie dans une zone déjà entièrement envahie par le mycélium et est très visible macroscopiquement : en début d'attaque les urédosores sont dispersés puis des sores intercalaires apparaissent, si bien qu'en fin d'attaque la feuille est totalement recouverte.

Les sores eux-mêmes sont constitués par un stroma substitué à la couche sous-épidermique, porteur de paraphyses hyalines et des stérigmates qui vont former les urédospores.

Au contact du mycélium les cellules de l'hôte sont peu altérées même celles envahies par les suçoirs. Par contre, au contact du stroma urédosporé, les cellules, déformées sous la pression de nombreuses hyphes, sont tuées et leur cavité est envahie par le mycélium.

Saccas a décrit également les infections par téléutospores mais nous n'avons pu nous-même en mettre en évidence dans le matériel qui nous est parvenu.

Au cours de leur progression les hyphes peuvent également envahir la tige où elles progressent rapidement. Le mycélium peut s'établir dans toute l'épaisseur des tissus et atteindre les cellules de la moelle. En général la mort des cellules ne survient que lentement ce qui est un caractère des variétés très réceptives.

#### d) Caractères physiologiques : spécialisation.

De nombreux travaux ont été consacrés aux Etats-Unis à la spécialisation physiologique chez le *Puccinia sorghi* et à l'heure actuelle neuf races ont été mises en évidence dont sept en Amérique du Nord et deux en Argentine.

Pour le *Puccinia polysora*, de telles études en sont encore à leurs débuts et nous ne signalerons ici que les recherches de Stanton et Cammack au Nigeria et celles de l'équipe dirigée à Muguga (Kenya) par H. H. Storey et A. K. Howland. D'après leurs travaux nous pouvons distinguer maintenant au moins trois races différentes chez le *Puccinia polysora*, peut-être quatre : dans cette dernière hypothèse, on peut distinguer la race américaine à virulence faible, la race africaine virulente à l'origine de l'épiphytie et ses deux dérivées récemment mises en évidence.

A Muguga, en effet, Storey et Howland ont signalé en 1955 l'apparition spontanée d'une race nouvelle donnant des réactions différentes sur diverses variétés de Maïs, soit :

	R. I	R. II
Maïs Afro 29 autofec.	R	S
hybride Afro 29 × Katumbili	R	1/2 R
hybride Afro 29 × Durum	R	S
Maïs Afro 250 autofec.	R	S

(R : résistant; 1/2 R : semi-résistant; S : sensible)

Ces réactions différentielles sont assez nettes et permettent de bien séparer les deux lignées de rouille.

De leur côté Stanton et Cammack signalent avoir tout récemment mis en évidence une nouvelle race en Nigeria par sa réaction différentielle sur des lignées résistantes de Maïs dérivant du Mexico 13.

Aucune explication n'a été donnée de l'apparition spontanée de ces races physiologiques. L'absence de phase haploïde reconnue permet de se demander si n'entre pas en jeu ici un phénomène non sexuel comme l'hétérocaryosis. Des études récentes ont en effet montré que l'hétérocaryosis pourrait jouer un rôle non négligeable dans la variabilité des rouilles. Seules des études d'ordre cytologique et génétique seraient en mesure de résoudre ce problème.

Ces travaux sur les races physiologiques du *Puccinia polysora* sont très récents et il n'est pas encore possible de se faire une idée exacte d'une éventuelle répartition géographique des races en Afrique. Il serait toutefois intéressant de voir s'il existe en Afrique des formes inféodées à tel ou tel hôte, bien que, si l'introduction de la rouille est aussi récente qu'on le pense généralement de telles formes spéciales aient très bien pu ne pas encore se différencier.

### Etude de la maladie.

#### a) Plantes attaquées par le *Puccinia polysora* Underw

Exception faite de sa présence sur *Cyperus rotundus*, signalée par Reyes aux Philippines, le *Puccinia polysora* semble exclusivement cantonné sur des Graminées appartenant aux tribus des Andropogonées et Maydées. Sa présence a en effet été relevée sur les plantes suivantes :

tribu des Andropogonées : *Andropogon* spp., *Erianthus divaricatus* (L.) Hitchc., *Erianthus alopecuroides* (L.) Ell.

tribu des Maydées : *Euchlaena mexicana* Schad., *Tripsacum dactyloides* L., *Tripsacum lanceolatum* Rup., *Tripsacum latifolium* Hitchc., *Tripsacum laxum* Nash., *Tripsacum pilosum* Schribn. et Men., *Zea Mays* L.

#### b) Organes attaqués, symptomatologie macroscopique sur Maïs.

La rouille peut se développer sur le Maïs à tous les stades de sa croissance et de son évolution physiologique. On peut trouver la rouille sur toute la plante avec cependant une nette prédilection pour les feuilles. On la connaît sur la tige, les gaines et elle se retrouve parfois sur les spathes de l'épi et sur les inflorescences mâles.

Sur ces divers organes on peut observer deux types de symptômes selon la classe de sensibilité du Maïs auquel on s'adresse. Nous étudierons ici les deux catégories principales, c'est-à-dire les Maïs sensibles et les Maïs résistants.

### 1) *Symptômes sur Maïs sensible.*

Sur les feuilles basses de la plante et vers l'extrémité de celles-ci, les premiers symptômes visibles sont de petits points beiges entourés d'un halo translucide de 1 à 2 mm de diamètre, bien visible par transparence. Ces points correspondent aux premières infections par les urédospores. Par la suite, ces points nécrotiques évoluent et donnent naissance, en leur centre, aux premiers urédosores typiques dont la déhiscence permettra l'évolution de la maladie sur le plant et sur les plants voisins.

Dans un second stade d'infection, la feuille est couverte de larges taches chloro-nécrotiques décolorées à jaunâtres où se forment les urédosores en très grand nombre; la feuille est entièrement ponctuée par les pustules. Les pustules sont légèrement allongées, de 1 à 3 mm de long, et donnent à la feuille une teinte jaune orangée, visible de loin, qui précède le dessèchement total du limbe à évolution caulipète. Une attaque massive se traduit alors par un dessèchement généralisé de la plante, avant la floraison dans les cas graves. Dans le cas de forte attaque sur pied jeune avant l'épiaison, le plant reste chétif ou se dessèche, les épis se forment mal ou restent stériles. Si les attaques sont plus tardives elles n'ont qu'une faible action sur la floraison mais les épis sont moins développés et les grains mal nourris. En fin d'attaque on peut alors trouver de nombreuses pustules sur les tiges, les spathes de l'épi et les épillets de l'inflorescence mâle. Ces pustules de 5 à 7 mm de long, deviennent souvent confluentes.

Au Kenya, Nattrass a décrit récemment un autre type de symptôme sur Maïs sensible, type qu'il caractérise par le terme « Leopard spot ». Il s'agit de taches oblongues parallèles à l'axe de la feuille et limitées sur les côtés par les grosses nervures. Ces taches, où se forment les pustules, sont assez rarement arrondies, ont de 5 à 10 mm de long et occupent toute la largeur de l'aire internervaire. Elles sont séparées longitudinalement les unes des autres par une distance de quelques millimètres mais certaines, occupant la même aire internervaire, se recouvrent à leurs extrémités avec effet d'imbrication bien qu'elles soient rarement confluentes. L'évolution générale de la maladie sur le plant est la même que dans le cas habituel. Ce nouveau type de symptôme, s'il s'avérait lié constamment à une même lignée de rouille, pourrait peut-être caractériser l'apparition d'une nouvelle race physiologique.

2) *Symptômes sur Maïs résistant.*

Les phénomènes de résistance s'apparentent en général à deux types : le phénomène d'immunité caractérisé par une incompatibilité du parasite avec la plante attaquée, ce qui se traduit soit par la non-pénétration du parasite, soit par sa mort immédiate en cas de pénétration, les conditions de nutrition lui étant défavorables; le deuxième type correspond au phénomène d'hypersensibilité de la plante-hôte, caractérisé par l'incompatibilité de celle-ci avec le parasite. La pénétration de ce dernier se traduit alors par une mort rapide des tissus envahis, ce qui pratiquement revient au même que la réaction d'immunité, le parasite ne pouvant poursuivre son développement et mourant à brève échéance.

Chez le Maïs, seule la réaction d'hypersensibilité vis-à-vis du *Puccinia polysora* a pu être mise en évidence, la réaction d'immunité vraie étant de toute manière très rare dans le monde végétal, tout au moins lorsqu'il s'agit d'un parasite et de ses hôtes habituels. Cette réaction de résistance est très intéressante car c'est sur elle que sont fondés les programmes de sélection du Maïs en Afrique tropicale en vue de l'obtention de lignées résistantes au *Puccinia polysora*.

Cette réaction d'hypersensibilité se caractérise par des plages rosâtres plus ou moins pourprées, mouchetées par une multitude de petites taches arrondies formées à partir d'un point central nécrotique entouré d'un halo rose pourpré.

3) *Classification des types de symptômes, échelles d'estimation.*

Une telle classification est très importante et nécessaire dès que l'on entame des recherches de génétique ou d'agronomie sur un problème posé par une rouille. Selon le but poursuivi l'échelle d'estimation peut présenter diverses formes dont nous retiendrons ici les deux principales : l'échelle de sensibilité de Storey et Howland et l'échelle d'intensité d'attaque d'Hemingway. A côté de ces deux extrêmes existe aussi une échelle intermédiaire, pouvant s'appliquer à l'un et l'autre cas, celle de Stanton et Cammack.

## ECHELLE DE SENSIBILITÉ DE STOREY ET HOWLAND.

— types résistants :

- 01 Lésions chloro-nécrotiques sans production de sores : réaction d'hypersensibilité.
- 1 Lésions chloro-nécrotiques avec production de quelques petits sores. Taille et fréquence rappelées par les signes — à ++.

— type sensible :

- 4 Pas de nécrose sur feuille; chlorose variable mais en général légère. Sores apparaissant sans trop influencer la physiologie de la feuille qui croît normalement.

— type intermédiaire :

X Intermédiaire entre 1 et 4. Lésions avec petits sores de type 1 et en plus des sores plus ou moins grands dans les tissus toujours verts.

Cette échelle est employée par Storey et Howland pour la lecture des résultats des infections expérimentales sur plantules de Maïs pour déterminer les réactions variétales au *Puccinia polysora* de diverses lignées employées dans le programme de sélection de Maïs résistants à la rouille.

#### ECHELLE D'INTENSITÉ D'HEMINGWAY.

Cette échelle, adaptée à la lecture d'une attaque de rouille en plein champ dans les conditions naturelles, comprend sept degrés correspondants aux divers stadés de l'attaque sur un même plant.

- 0 aucun signe de rouille;
- 1 sores isolés distribués sur le limbe foliaire;
- 2 petits groupes de sores en plus des sores isolés; pas de chlorose étendue ni de nécrose;
- 3 groupes plus grands de sores avec zone de chlorose étendue; coalescence fréquente entre grands groupes adjacents;
- 4 sores présents sur tout le limbe; très large chlorose autour des sores et entre eux; dessèchement nécrotique des bords et de l'extrémité du limbe, la nécrose couvrant moins de 50 % du limbe;
- 5 feuille moribonde; plus de 50 % du limbe nécrosé; encore un peu de couleur verte mais de type chlorotique;
- 6 feuille morte, souvent brisée à la base du limbe.

Cette échelle a permis à Hemingway de déterminer un degré moyen d'attaque pour une parcelle, caractérisé par un index arbitraire variant de 0 à 6. Cet index est calculé en multipliant le nombre de feuilles de chaque classe par le numéro de la classe et en divisant la somme de ces produits par le nombre total de feuilles :

$$\frac{1.n_1 + 2.n_2 + 3.n_3 + 4.n_4 + 5.n_5 + 6.n_6}{N} = i$$

Cet index permet à Hemingway de comparer l'importance de la rouille à diverses dates de plantation, les résultats étant ainsi tous donnés sous une forme homogène.

#### ECHELLE DE STANTON ET CAMMACK.

Cette échelle bien que peu différente de celle de Hemingway permet à ses auteurs, responsables du « Maize rust Research Unit » en Nigeria, de faire simultanément des estimations d'intensité d'attaque et des tests de sensibilité du Maïs à la rouille.

- 0 feuille verte et saine; pas de nécrose, un peu de chlorose;
- 1 pustules simples et isolées sur la feuille, jamais sur épi;
- 2 pustules en petits groupes sur le limbe, en général intercalés de quelques pustules isolées; feuille semblant encore saine, les symptômes pathologiques étant confinés à la périphérie des pustules;



- 3 coalescence des groupes de sores; la feuille a perdu sa vigueur et présente une chlorose générale sur les aires infectées due à la coalescence des halos chlorotiques;
- 4 pustules recouvrant toute la feuille qui a une apparence fortement rouillée; chlorose étendue précédant la mort de la feuille.

Grâce à cette échelle, Stanton et Cammack ont pu établir une classification des variétés de Maïs en accord avec la fréquence de répartition des degrés de résistance au *Puccinia polysora*.

A côté de ces échelles plus ou moins décalquées sur celles déjà utilisées pour les rouilles des autres céréales, il en existe une quatrième préconisée par Luc en 1953 et destinée à donner une évaluation de l'intensité d'attaque selon la répartition et la densité des sores sur le pied de Maïs; cette échelle comprend six degrés d'attaque : traces, 10 %, 25 %, 50 %, 75 %, 100 %. Ces degrés correspondent à peu près aux classes 1, 2, 3, 4, 5 et 6 de Hemingway avec cette différence que ce dernier juge de la maladie feuille par feuille, alors que Luc considère le plant dans sa totalité.

De toute manière, et quelle que soit l'échelle d'intensité employée, il faut toujours tenir compte dans une évaluation de l'âge du pied que l'on considère. A partir de la floraison, le Maïs présente en effet cinq stades durant lesquels il est très sensible à toute attaque un peu importante; ce sont :

- floraison mâle,
- floraison femelle,
- épi commençant à se former,
- épi déjà bien formé,
- épi mûr.

Il est nécessaire de tenir compte de ces stades physiologiques et de corriger en fonction de ceux-ci le degré d'estimation d'attaque. C'est ainsi qu'un pied fleuri à 25 % (échelle de Luc) doit être considéré comme gravement atteint, alors qu'un pied au stade épi mûr attaqué à 50 % est relativement peu atteint, le parasite ne pouvant plus influencer de manière importante sur le métabolisme de l'hôte, gênant ainsi la formation et la maturation des grains. Partant de cette distinction Luc a pu établir un tableau à double entrée groupant, aux divers stades physiologiques du Maïs, le nombre de pieds atteints à chaque degré. La ligne des moyennes, selon ses déplacements en fonction du temps, permet alors de suivre l'évolution en intensité de la maladie en plein champ.

Ce procédé peut être très intéressant pour faire une étude dynamique de la maladie en fonction des divers facteurs écologiques susceptibles d'entrer en jeu.

### c Evolution de la maladie sur le plant.

Partant généralement de l'extrémité des feuilles basses du plant, le mycélium envahit progressivement toute la plante. Un dessèchement gagne toutes les feuilles en progressant de leur pointe vers leur base, se manifestant en dernier lieu sur les tiges qui se brisent, entraînant ainsi assez souvent une verse prématurée du champ.

La présence du parasite provoque, lorsque l'infection est suffisamment précoce, une castration parasitaire qui se manifeste par l'avortement des fleurs femelles et des malformations de l'épi. Cette castration ne semble cependant pas affecter de manière sensible les fleurs mâles, sauf en cas d'attaque très précoce. Ce fait est peut-être dû à ce que la rouille a rarement atteint la panicule lors de son apparition. De plus, en cas d'attaque précoce grave, le panicule ne se forme pas, le plant mourant avant ce stade.

La durée de l'évolution de la maladie sur le pied en cas d'attaque grave est d'environ trois semaines à un mois, ce qui suffit pour passer d'un degré d'attaque de 10 % à 100 %. Ce temps est un peu plus court que celui qui va de la floraison à la maturité, ce qui explique les importants dégâts enregistrés.

### d) Maintien et transmission de la maladie

Les urédospores sont responsables de l'extension de l'infection à partir d'un foyer quelconque. Elles peuvent en effet, en fin de saison humide, jouer le rôle d'amphispores et assurer la conservation d'un inoculum.

Saccas, dans des études de survivance, a montré que les urédospores sont susceptibles en conditions naturelles, c'est-à-dire sur pied de Maïs coupé et abandonné en plein champ, de résister quatre mois, ce qui est largement suffisant pour assurer le maintien de la maladie d'une culture à l'autre. Les zones forestières peuvent ainsi jouer le rôle de foyer d'infection permanent vis-à-vis des zones plus sèches où la rouille se maintient plus difficilement.

### e La maladie en rapport avec la physiologie de l'hôte.

Comme beaucoup d'autres Urédinées, le *Puccinia polysora* n'est pas un parasite de faiblesse. Il demande pour son plein développement des plants sains, en pleine poussée végétative, sous des conditions aussi favorables que possible. On constate que la rouille est souvent très abondante sur les semis précoces, étant absente, ou presque, des derniers semis caractérisés par des plants ayant plus ou moins souffert du manque d'eau et sous-développés. Les observations de Le Conte faites depuis 1952 à Niaouli arrivent à cette conclusion. Il faut donc en déduire que, lors de la phase explosive de la maladie, la virulence du parasite était telle qu'il s'attaquait à tous les semis

quels que soient leur date et leurs conditions de végétation. Les semis les plus tardifs, soumis à la rouille et aux conditions défavorables, furent à peu près détruits, alors que les semis précoces donnèrent un rendement qui n'était pas nul, par suite des conditions de croissance plus favorables. Dans les années suivantes, avec l'atténuation de la maladie, celle-ci reste cantonnée sur les semis précoces, les autres n'étant pas attaqués et continuant malgré tout à donner des rendements médiocres.

De cette nécessité d'une plante-hôte en excellent état physiologique résulte un fait très important et qui peut jouer un grand rôle dans l'éradication naturelle de la rouille. Il s'agit de son incompatibilité à vivre sur une même plante-hôte côte à côte avec un autre parasite. Luc (1952) a observé ce fait à propos de la concurrence *Puccinia polysora-Helminthosporium maydis*. Selon cet auteur « il n'y a pas addition de symptômes entre la rouille et l'helminthosporiose mais compétition entre les deux parasites aboutissant en général à l'élimination de l'un d'eux ». Deux explications de ce fait sont possibles : antagonisme entre les deux champignons ou impossibilité pour le *Puccinia polysora* de s'établir sur une feuille déjà affaiblie par un autre parasite. A défaut d'études plus poussées et à la lumière des observations de Le Conte il semble bien qu'il faille adopter la seconde explication. Cette compétition est d'ailleurs telle qu'en Côte-d'Ivoire la rouille a été en 1953 presque totalement évincée par l'*Helminthosporium*.

#### f) Dégâts causés sur le Maïs. Importance économique.

Nous avons vu les divers effets par lesquels le *Puccinia polysora* peut agir sur la récolte : affaiblissement et parfois mort prématurée du plant, castration parasitaire. Les expériences d'Hemingway menées en 1952 à Nachingwea (Sud Tanganyika) ont permis à cet auteur de montrer que la baisse de rendement du Maïs rouillé était due à diverses causes : tout d'abord une diminution statistiquement significative du nombre d'épis par plant, cette diminution atteignant 0,12 épis par plante (seuil significatif 5 % : 0,08; 1 % : 0,12), ensuite le nombre de grains par livre qui montre une différence considérable quant au poids individuel du grain ce qui se traduit encore par un abaissement significatif du poids du boisseau de grain.

A l'heure actuelle la rouille américaine du Maïs ne pose plus en A.O.F. tout au moins, de problème aigu. Après la phase explosive de 1950-1951 il y a eu en effet stabilisation de l'épiphytie et, actuellement, le *Puccinia polysora* s'est intégré dans la flore cryptogamique africaine où il règne à l'état emphytique. Le problème s'est déplacé vers l'Est Africain et l'Asie du Sud-Ouest. Mais lors des premières apparitions de la maladie les dégâts furent parfois très importants, attei-

gnant même près de 100 % dans certains districts du Togo-Dahomey. Nous donnons ci-après un tableau des pertes enregistrées au cours de l'extension du *Puccinia polysora* à travers l'Afrique tropicale.

1949	Sierra Leone	50 % de pertes.	
1950	Dahomey	secteur Sud : deux récoltes par an.	
	Abomey	90 %	60 %
	Parahoué	60 %	30 %
	Athiébé	90 %	60 %
	Ouidah	70 %	18 %
	Pobé	45 %	10 %
	Sakété	65 %	5 %
	Adjohon	50 %	15 %
		secteur Nord : une récolte par an.	
	Kandi	30 %	
	Nikki	40 %	
	Parakou	50 %	
	Togo		
	Nuatja	35 %-40 %	45 %-55 %
	Sokodé	90 %	
1952	stabilisation dans tous les territoires à 35-50 % de pertes.		
1954	Nyassaland	sur maïs hybride de Sud Rhodésie 17 % de pertes.	
	Nigeria	cercle de Yandev (Benoué) 60 % de pertes.	
	Uganda	insignifiant sur les plateaux frais et secs (Jameson).	
	Tanganyika	Hemingway établit pertes moyennes en champ à 32,8 %.	
1956	Watts-Padwick indique des pertes légères mais au-dessus de 10 % pour les territoires de Ghana, Nigeria, Sierra Leone, Uganda.		

### La lutte contre la Rouille américaine du Maïs.

#### a) Autodéfense naturelle des populations de Maïs. Hyperparasites.

Nous avons vu que la maladie est passée, en Afrique occidentale, par trois stades successifs : une période d'éclosion très courte, une phase explosive de deux ou trois ans, enfin une stabilisation naturelle de l'infection. Cette perte de virulence est difficile à expliquer, du fait de l'intervention de multiples facteurs. Toutefois un de ceux-ci est bien connu, c'est l'autodéfense naturelle des populations de Maïs.

Au début de l'épiphytie nous étions en présence d'une population mélangée de Maïs pour laquelle la résistance variétale s'étalait sur une assez large bande. En 1950-1951 les populations de Maïs ont subi une contraction très sensible, par destruction de toutes les lignées sensibles. A partir de ce goulot d'étranglement, elles se sont à nouveau multipliées pour donner les populations actuelles. La physionomie génétique du Maïs a dû se modifier en conséquence, amenant un nouvel équilibre factoriel plus favorable à la résistance ou à la tolérance du Maïs vis-à-vis du champignon. Cette stabilisation est actuellement chose faite et elle tend à s'accuser de plus en plus dans le sens d'une tolérance au parasite.

Nous avons déjà signalé le rôle que peuvent jouer, dans l'éradication naturelle de la rouille, les autres parasites du Maïs et spécialement

*l'Helminthosporium maydis*. Bien que la présence du *Darluca flum* (Biv.) Cast. ait été souvent rapportée sur *Puccinia polysora*, cet hyperparasite ne semble pas jouer de rôle important dans le contrôle naturel de la rouille.

b) **Lutte culturale et chimique.**

Un des moyens préventifs les mieux applicables pour lutter contre la rouille est l'incinération des fanes de Maïs atteint après la récolte. Ce moyen permet de détruire les urédospores contenues dans les tissus de l'hôte et de diminuer l'intensité des attaques lors des cultures suivantes.

Selon les auteurs, la rotation culturale est un moyen préventif plus ou moins aléatoire. Tout dépend évidemment des conditions de culture. Dans une clairière forestière relativement bien protégée des apports extérieurs par voie éolienne, on pourra essayer ce remède mais, dans une zone largement ouverte, les infections pourront provenir d'autres foyers et rendre ce procédé inefficace. Le seul avantage dans ce cas est de retarder l'apparition de la rouille sur le Maïs. On conseille encore d'entretenir le Maïs dans de bonnes conditions de végétation : choix de terres riches, bien entretenues par des façons culturales appropriées, qui permettent à la culture de faire face à l'agression de la rouille.

Enfin le moyen le plus fréquemment préconisé est le semis précoce. C'est le premier moyen de lutte que l'on pût employer avant l'apparition de variétés résistantes sélectionnées par les généticiens. Les auteurs, tant Français qu'Anglo-Saxons, qui l'ont préconisé en donnent des justifications souvent très diverses. De toute manière le Maïs semé en début de saison des pluies verra la rouille apparaître à un stade plus tardif de son développement que le Maïs semé en pleine saison ou même en fin de saison qui peut être attaqué au stade herbacé.

Nous ne possédons pas encore d'anticryptogamique capable de lutter de manière curative contre les rouilles, au moins d'une manière économiquement rentable. Les traitements au Zinèbe qu'Ellis a expérimentés à Lilongway (Nyassaland) ont montré que ce produit ne supprime pas la rouille mais réduit le pourcentage de sores arrivant à maturité de moitié par rapport aux témoins non traités; malheureusement ces traitements, du fait de leur prix de revient prohibitif, ne sont pas utilisables de manière économique.

Il nous reste donc les traitements préventifs qui se montrent, eux aussi, souvent trop onéreux pour les conditions de culture autochtone. Hemingway, Luc et Saccas ont souligné l'intérêt des poudrages au soufre dans la prévention de la rouille. Ces poudrages, ou des pulvérisations de bouillie cuprique, sont très efficaces mais, étant donné qu'ils doivent être répétés deux fois par campagne, finissent par

revenir assez cher. Luc signale également l'intérêt que peuvent présenter des épandages de soufre à terre lors du semis; cette méthode peut en effet permettre d'éviter l'infection à partir du sol, des jeunes semis. Il est beaucoup plus sceptique quant à la désinfection des semences. Cependant Saccas recommande le trempage des semences soit dans le sulfate de cuivre à 1 % trente à soixante minutes, soit le formol à 0,5 % durant trente minutes. D'autre part, Mallamaire a signalé les essais de Jesel au Dahomey (1951). Cet auteur traitait les semences de variétés très infectées en les trempant dans une solution de sulfate neutre d'ortho-oxyquinoléine à 2 % ce qui lui permit de retarder de deux à trois semaines l'apparition de la rouille et par suite de diminuer l'importance des dégâts. Il semble donc que ce dernier moyen présente quelque intérêt pour la lutte préventive contre la rouille; cependant le moyen de lutte le plus efficace et le plus économique reste encore l'emploi de variétés résistantes ou à tout le moins tolérantes.

#### c) Lutte génétique.

Cette lutte cherche à éviter l'action du champignon par l'emploi de variétés résistantes ou tolérantes à la rouille. Divers organismes s'occupent actuellement de sélectionner ces variétés; nous pouvons citer les recherches de Le Conte à Niaouli, celles de la « West African Maize Rust Research Unit » dirigées au Nigeria par Stanton et Cammack, celles de Storey et Howland au Kenya, etc... Tous les Maïs africains testés se sont révélés pleinement sensibles, excepté peut-être la variété Yangambi 120 jours qui, d'après Saccas, peut être considérée comme légèrement tolérante. Parmi les Maïs d'origine étrangère les variétés antillaises sont beaucoup plus résistantes que les variétés nord-américaines; mais le stock le plus important de variétés résistantes se trouve chez les Maïs mexicains ou colombiens. Sur 25 lignées de cette origine, Storey et Howland ont pu mettre en évidence 10 lignées résistantes. De leur côté Stanton et Cammack étudiant la répartition des réactions de résistance et de sensibilité chez diverses lignées, ont classé ces Maïs en trois groupes, eux-mêmes divisés chacun en trois sous-groupes.

Tous ces auteurs signalent que la réaction de résistance observée s'apparente à la réaction d'hypersensibilité observée dans d'autres cas de rouilles de céréales. On n'a jamais trouvé de réactions d'immunité à la rouille.

Storey et Howland par des essais d'autofécondation de Maïs résistants et de croisement avec des Maïs sensibles africains, arrivent à la conclusion que la résistance est régie par un gène majeur dominant. Les différences dans les réponses classées dans le même degré de sensibilité pour les descendances testées et quelques descendances nord-

américaines, suggèrent la présence d'au moins un autre gène présentant un effet assez grand pour être utilisable dans la recherche de la résistance.

Des études semblables sont poursuivies dans les territoires français, en particulier au Dahomey (Niaouli) où Le Conte a mis au point un important programme de sélection, programme qui répond à trois buts :

— introduction dans les Maïs dahoméens de certains facteurs de résistance provenant de Maïs étrangers, dans la mesure où la résistance est absente du Maïs local;

— extraire et fixer les facteurs de résistance de ce Maïs local dans la mesure où la résistance était présente;

— sélectionner des souches qui, en dépit de leur apparence rouillée, soient susceptibles de fournir un fort rendement, c'est-à-dire de souches tolérantes.

A l'heure actuelle Le Conte a pu mettre au point un certain nombre de variétés, tant résistantes que tolérantes, qui, issues d'un tout-venant à tendances farineuses, ont pu être répandues dans les zones de culture indigène. Des résultats similaires ont été obtenus par les Anglo-Saxons.

En résumé, la rouille américaine du Maïs qui, de 1949 à 1952, a posé en Afrique occidentale des problèmes urgents quant à l'avenir des plantations de Maïs dans ces régions, ne présente plus actuellement ce caractère d'urgence et n'entraîne chaque année que des dégâts peu importants. Cependant, le problème reste latent car, selon les années, les attaques peuvent être plus ou moins sévères et entraîner des pertes plus ou moins lourdes. L'introduction, par les généticiens, de variétés résistantes, a permis d'éloigner ce danger, tout au moins jusqu'à l'apparition d'une race physiologique nouvelle de la rouille.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. — ANONYME. — Rust epidemic of West African Maize. *World crops*, p. 3-220, 1951.
2. — ANONYME. — A preliminary note on a new rust of maize (*Puccinia polysora*) in Nyasaland. *Nyasaland Farmer & Forester*, t. I, fasc. 2, p. 48-50, 1953.
3. — ANONYME. — 1953-54 maize investigations. *Nyasaland Farmer & Forester*, t. II, fasc. 3, p. 8-12, 1954.
4. — ANONYME. — Renseignements phytosanitaires : Rouille américaine du Maïs. *Bull. Protection des végétaux A.O.F.*, t. I, fasc. 1, 1954.
5. — ARTHUR J. C. — Manual of the rusts of USA and Canada. Lafayette, p. 117, 1934.

6. — ARTHUR J. C. & al. — *Aecidiaceae. North American Flora*, t. VII, p. 129-969, 1907-1931.
7. — BAKER R. E. D. — Distribution of fungous diseases of crop plants in the Carribean region. *Trop. Agr. (Trinidad)*, t. XVII, p. 90-94, 1940.
8. — BATES G. R. — Report of the Chief Botanist and Plant Pathologist for the year ending 30 th. September 1953. *Rhodesia Agr. Journal*, t. LI, p. 359-370, 1954.
9. — BATES G. R. — Notes from Southern Rhodesia. *Commonwealth Phytopath. papers*, n° 1, p. 61-62, 1955.
10. — BEATTIE A. G. — Annual report for the year 1951/52 by the Inspector-General of Agriculture. *Agr. Dept. Nigeria Annual Rept. 1951-52*, p. 1-10, 1954.
11. — BLANE M. A. — Maize rust disease in the Gold Coast. Results of investigations on Maize rust in Ashanti, Gold Coast, during 1951. *West African Inter-Territorial Secretariat, Dept. of Agric. & Forestry Research*. Accra, Memorandum n° 6, 22 p.
12. — BOURIQUET G. — Présence à l'île de la Réunion de *Puccinia polysora* Underw. auteur de la rouille américaine du Maïs. *Agron. Trop. (Nogent)*, t. VIII, p. 323, 1953.
13. — BOURIQUET G. — La rouille américaine du Maïs causée par *Puccinia polysora* Underw. présente à Madagascar. *Agron. Trop. (Nogent)*, t. VIII, p. 428, 1953.
14. — BRIANT A. K. — Annual report of the Dept. of Agric. Zanzibar protectorate, 1952-1953.
15. — BROWN W. L. — Maize of the West Indies. *Trop. Agr. (Trinidad)*, t. XXX, p. 141-170, 1953.
16. — CACHAN, HENRY, LUC. — Rapport de la mission ORSTOM pour l'étude du Maïs au Togo-Dahomey. ORSTOM, 1952.
17. — CAMMACK R. H. — Observations on *Puccinia polysora* Underw. in West Africa. *West African Maize rust Research Unit Annual Report.*, t. I, p. 16-31, 1954.
18. — CHEVAUGEON J. — Enquête phytopathologique dans la vallée du Cavally. *Suppl. Col. Rev. Myc.*, p. 21-22, 1956.
19. — C.M.I. — *Puccinia polysora* Underw. CMI Kew. *Distribution maps of plant diseases*. Carte n° 237 (2° édit.), 1954.
20. — Congo belge INEAC. — Division de phytopathologie et d'entomologie agricole. Laboratoire central de Yangambi. *Rapp. ann. pour l'exercice 1952 de l'INEAC*, p. 77-84, 1953.
21. — Congo belge INEAC. — Une nouvelle rouille du Maïs. *Bull. Inf. INEAC.*, t. II, p. 137-138, 1953.
22. — Congo belge INEAC. — Division de phytopathologie et d'entomologie agricole. Centre de recherches de Yangambi. *Rapp. ann. pour l'exercice 1953 de l'INEAC*, p. 100-117, 1954.
23. — COOMBS North G. A. — Agricultural division. *Mauritius Dept. Agr. Annual Rept. 1953*, p. 16-28, 1954.
24. — CUMMINS G. B. — Identity and distribution of three rusts of corn. *Phytopathology*, t. XXXI, fasc. 9, p. 856, 1941.
25. — CUMMINS G. B. — Rusts of the *Andropogonae*. *Uredineana*, 1953.



26. — DEIGHTON F. C. — Pant pathology Section. *Sierra Leone, Dept. Agr. Annual Rept. 1949*, p. 14-16, 1951.
27. — DEIGHTON F. C. — Plant pathology Section. *Sierra Leone, Dept. Annual Rept. 1950*, p. 20-21, 1952.
28. — ELLIS R. T. — Tolerance to the Maize rust *Puccinia polysora* Und. *Nature, London*, t. 174, fasc. 4439, p. 1021, 1954.
29. — ELLIS R. T. — Report on the incidence of *Puccinia polysora* maize rust in Nyasaland during the growing season 53/54. *Nyasaland Farmer & Forester*, t. II, p. 48-52, 1954.
30. — FRANCE ORSTOM. — Phytopathologie. *Courrier des chercheurs*, t. VIII, p. 161-186, 1954.
31. — GRIMALDI J. — Au sujet de la rouille américaine du Maïs, forme télécitosporée de *Puccinia polysora* au Cameroun. Mimeogr., 2 p.
32. — HEMINGWAY J. S. — Plant pathology studies. *East African Agr. Forestry Res. Organ. Annual Rept. 1953*, p. 84-85, 1954.
33. — HEMINGWAY J. S. — Effects of *Puccinia polysora* rust on yield of Maize. *East Afr. agr. J.*, t. XX, fasc. 3, p. 191-194, 1955.
34. — JAMESON J. D. — Annual report. Section of Botany and Pathology. *Uganda Dept. Agr. Annual Rept., 1954*, p. 102-106, 1955.
35. — Kenya Dept. Agric. — Plant Pathology. *Kenya Dept. Agr. Annual Rept. 1952*, t. I, fasc. 29, 1953.
36. — KERN F. D. — Additions to the Uredinales of Venezuela. *Mycologia*, t. XXX, p. 537-552, 1938.
37. — LE CONTE J. — Lutte génétique contre la rouille américaine du Maïs *Puccinia polysora* Underw. menée à Niaouli. *Riz et riziculture*, t. I, fasc. 4, p. 153-158, 1955.
38. — LUC M. — Présence de *Puccinia polysora* Underw. sur le Maïs en Côte-d'Ivoire. *Rev. Intern. Bot. appl. Agron. Trop.*, t. XXXII, p. 194-195, 1952.
39. — LYNN C. W. — Dept. Agr. Annual rept. for the year 1953. Plant pathology. *Northern Rhodesia Dept. Agr. Annual rept. 1953*, p. 20-21, 1954.
40. — MALLAMAIRE A. — La rouille américaine du Maïs en A.O.F. et au Togo, note dactylogr., 9 p.
41. — MEIFFREN M. — La maladie du Maïs au Dahomey. *Bull. Centre Rech. Agr. Bingerville*, t. I, 1950.
42. — MENDES O. — Recomendações sobre prevenção e combate a doenças encontradas em culturas de Milho e Tabaco. Ferrugem do Milho. *Gaz. Agric. Moçamb.*, t. V, fasc. 50, p. 202, 1953.
43. — Ministère belge des colonies. — L'évolution de l'agriculture indigène dans la zone de Léopoldville. *Bull. Agric. Congo belge*, t. XLV, p. 1125-1220, 1954.
44. — NATTRASS R. M. — Preliminary notice of the occurrence in Kenya of a rust (*Puccinia polysora*) on Maize. *East Afr. Agr. J.*, t. XVIII, p. 39-40, 4 fig., 1952.
45. — NATTRASS R. M. — Occurrence of *Puccinia polysora* Underw. in East Africa. *Nature, London*, p. 171-527, 1953.
46. — NATTRASS R. M. — Note on *Puccinia polysora* on Maize in Kenya. *East Afr. agr. J.*, t. XIX, fasc. 4, p. 260, 1954.

47. — Nigeria Agr. Dept. — Artificial inoculation of maize with *Puccinia polysora*. *Nigeria Agr. Dept. Agr., Abstr.*, t. II, fasc. 4, p. 4, 1952.
48. — Nigeria Agr. Dept. — Report of the Agricultural Department : Western provinces and Colony. *Nigeria Agr. Dept. Annual Rept. 1950-51*, p. 47-86, 1953.
49. — ORIAN G. — *Puccinia polysora* Underw. à l'île Maurice. *Rev. Agric. Maurice*, t. XXXIII, fasc. 1, p. 20, 1954.
50. — ORIAN G. — Occurrence of *Puccinia polysora* Underw. in the Indian Ocean area. *Nature, London*, t. 4402, fasc. 173, p. 505, 1954.
51. — PORTÈRES R. — L'introduction du Maïs en Afrique. *J. Agric. Trop. Bot. Appl.*, t. II, fasc. 5-6, p. 221, 1955.
52. — RESPLANDY R., CHEVAUGEON J., DELASSUS M., LUC M. — Première liste annotée des Champignons parasites des plantes cultivées en Côte-d'Ivoire. *Annales Epiphyties*, t. I, p. 1-61, 1954.
53. — The rust diseases of Maize. — A summary of information and bibliography. (Rhind D.). *West African Inter-Territorial Secretariat, Dept. Agric. & Forestry Research., Accra. Memorandum I*, 16 p., 91 ref.
54. — RHIND D. — American Maize rust in Africa. *World crops*, t. VI, fasc. 3, p. 97-98, 1954.
55. — RHIND D., WATERSTON J. M., DEIGHTON R. C. — Occurrence of *Puccinia polysora* Underw. in West Africa. *Nature, London*, t. 169, fasc. 4302, p. 631, 1952.
56. — RYLAND A. K., STOREY H. H. — Physiological races of *Puccinia polysora* Underw. *Nature, London*, t. 655, fasc. 176, 1955.
57. — SACCARDO. — *Sylloge Fungorum*, t. XIV, p. 347, 1899.
58. — SACCAS A. M. — La rouille américaine du Maïs (*Zea Mays* L.) due à *Puccinia polysora* Underw. au Cameroun et en A.E.F. *Agron. Trop.* (Nogent), n° 4, juillet-août 1955.
59. — STANTON, CAMMACK. — Resistance to the Maize rust *Puccinia polysora*. *Nature, London*, t. 172, fasc. 4376, p. 505, 1953.
60. — STOREY H. H., RYLAND A. K. — Resistance to the Maize rust *Puccinia polysora*. *Nature, London*, t. 4408, fasc. 173, p. 778, 1954.
61. — STOREY H. H., HAWLAND A. K. & al. — East African works on breeding Maize resistant to the tropical american rust *Puccinia polysora*. *The Empire Journal of Exp. Agric.*, t. XXVI, fasc. 101, p. 1, 1958.
62. — TARR S. A. J. — Diseases of economic crops in the Sudan I. Cereals. *F.A.O. plant protection Bull.*, t. II, p. 75-77, 1954.
63. — Uganda Dept. Agric. — Pests and diseases. *Uganda Dept. Agric. Annual rept., 1952*, p. 45-48, 1953.
64. — UNDERWOOD L. M. — Some new fungi, chiefly from Alabama. *Bull. Torrey Bot. Club*, t. XXIV, p. 81-86, 1897.
65. — VIENNOT-BOURGIN G. — Urédinales d'Afrique (3<sup>e</sup> note). Urédinales de Côte-d'Ivoire (2<sup>e</sup> note). *Uredineana*, 1953.
66. — WATTS-PADWICK G. — Losses caused by the plant diseases in the colonies. *C.M.I. Phytopath. papers*, n° 1, 1956.

67. — WEBER G. F. — Studies on corn rust (*Puccinia sorghi* Schw.). *Phytopathology*, t. XII, p. 89-97, 1922.
68. — WILTSHIRE S. P. — The spread of the south American maize rust. *C.M.I. Phytopath. News.*, t. I, p. 62, 1955.
69. — WOOD JESSIE I., LIPSCOMB B. R. — Spread of *Puccinia polysora* with a bibliography on the three rusts of *Zea Mays* L. *Plant disease epidemics & Identification Section, US. Dept. of Agriculture*. Publication spéciale n° 9, avr. 1956.
70. — CRUZ E. E. — Plant quarantine in the Philippines. *F.A.O. Pl. Prot. Bull.*, t. VI, fasc. 4, 1958.
71. — REYES G. M. — A note on the occurrence of a species of corn rust new to the Philippines. *Araneta J. Agric.*, t. III, fasc. 3, p. 68-71, 1956.
72. — REYES G. M. — Recent outbreaks of maize rust in the Philippines. *F.A.O. Pl. Prot. Bull.*, t. VI, fasc. 3, 1957.
73. — TARR S. A. J. — Recent observations on plant diseases in Sudan. *F.A.O., Pl. Prot. Bull.*, t. V, fasc. 12, 1957.

(Institut d'Enseignement et de Recherche tropicales,  
Bondy et Adiopodoumé.)

---

# REVUE DE MYCOLOGIE

dirigée et publiée

Par Roger HEIM

Membre de l'Institut

---

TOME XXIV, Fasc. 4

1er Novembre 1959

---

## La " rouille américaine " du Maïs due au Puccinia polysora Underw.

Par BERNARD HUGUENIN.



LABORATOIRE DE CRYPTO GAMIE  
DU MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE  
12, rue de Buffon, Paris (V°)

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire  
N° : 22781  
Cpte : B