

CN0100983

SL/KS

DOCUMENT N. 188/88

novembre 1988

PHYTOPATHOLOGIE DU SORGHO

*Vigueur des plantules et mycoflora du grain
revue bibliographique*

par

D. BOUAFI

ingénieur de recherches IRAT détaché à l'ISRA

PLAN

I. QU'EST-CE QUE LA VIGUEUR	1
II. MANIFESTATION ET MESURE DE LA VIGUEUR.....	2
III. CONTAMINATION DES SEMENCES ET QUALITE GERMINATIVE	3
IV, QU'EST-CE QUE LES MOISSISSURES DES GRAINS	6
V. DEPRECIATION DE LA QUALITE DES SEMENCES	7
VI, MODALITES DE L'INFECTION	8
VII. STRUCTURE ET COMPOSITION DU GRAIN	9
BIBLIOGRAPHIE	11

Viguer - Gokhale & Rafiq
- C. R. M. A.

- 1 -

1 - QU'EST-CE-QUE LA VIGUEUR ?

L'origine du mot vigueur est germanique. En effet ce terme caractérisait la capacité des racines de jeunes plantules de céréales à coloniser un substrat de caractéristiques physiques données. Les graines infestées Par *Fusarium* germaient bien mais l'appareil racinaire n'était pas capable de traverser ce substrat. Ce terme a ensuite été adopté indépendamment de la présence d'agents pathogènes et a pris peu à peu le sens moins précis de taux de germination. En fait c'est la capacité à croître vite et bien. Les conditions environnementales jouent sur celle-ci. Dans un lot de semences, la vigueur n'est pas uniformément ni normalement distribuée (32).

C'est en fait la vigueur de la plantule qui est l'expression la plus adéquate pour parler de la qualité de la graine. C'est un concept qui intègre beaucoup de facteurs. Ce serait le score à la suite d'une trajectoire que le milieu est susceptible de fortement modifier. La vigueur est mal mesurable par les tests ordinaires du laboratoire, c'est une résistance aux aléas biotiques et abiotiques. Cela pourrait être le pourcentage de graines capables de donner des plantules normales en conditions sous-optimales.

Un test pour la détermination de la vigueur est un test de germination dans des conditions difficiles, pour QUALIS et COOPER la vigueur de la plantule est mesurée par son poids après un temps donné dans un environnement donné (59).

Par contre il ne faut pas confondre les effets de la dormance, de la labilité ou de la maladie avec ceux du manque de vigueur. La vigueur peut également être considérée sous un point de vue purement physiologique, caractéristiques morphologiques de la graine et de la jeune plantule. L'histoire de la graine est également importante, dans l'expression de cette vigueur. Pour AUSTIN (7) la germination et la viabilité des semences peuvent varier beaucoup d'une année sur l'autre. Les tests de germination en laboratoire sont en général très différents de ceux observés au champ où les conditions sont beaucoup plus draconiennes. Les conditions climatiques avant et pendant la récolte jouent un rôle très grand sur la qualité de la semence.

Il est important de connaître comment les facteurs de l'environnement jouent sur les semences avant la récolte et peuvent affecter leur viabilité à la fois dans des conditions idéales et au champ, d'où la nécessité de connaître les conditions de développement du grain, de la fécondation à la maturité chez les plantes qui ont une inflorescence complexe pour laquelle la floraison s'étale sur une longue période, la variance du poids des grains est très grande (un CV de 60 p. 100 est normal). Le milieu influence fortement la composition des graines mûres, et des variations inter-localités et inter-années sont bien établies, surtout pour les céréales.

Dans les facteurs environnementaux un des aspects les plus importants ~~sont~~ les maladies. Elles restent une cause importante de variation non contrôlée dans la viabilité des semences.

II - MANIFESTATION ET MESURE DE LA VIGUEUR

On dit que des plantes vigoureuses sont physiologiquement jeunes. La vitesse de germination n'est pas forcément un critère de vigueur, on effectue les semences qui ont bien mûri sont plus longues à s'imbiber et des semences contaminées par un champignon peuvent être stimulées dans leur germination. La vigueur peut également être considérée comme une réponse à l'adversité, c'est l'approche écologique. A ce sujet deux écoles s'opposent. Pour l'une toute résistance à un quelconque stress est très corrélée à celle pour un autre stress, pour l'autre, chaque stress est spécifique. D'où l'existence liée à la première théorie d'une série de tests au laboratoire, test au froid, germination après vieillissement accéléré... mais il semble que leurs résultats on soient très relatifs.

Pour PERRY (56) la vigueur de la semence est un concept qui s'est développé sans définition précise, peut-être lié au fait qu'on observe très souvent une absence de relation entre la germination sur papier filtre et celle observée au champ. La vigueur pourrait être définie comme une propriété physiologique, génétiquement déterminée, et modifiée par l'environnement qui contrôlerait la capacité de la graine à produire rapidement une plantule dans le sol et la tolérance de cette graine à une certaine gamme de facteurs environnants. Par exemple, chez le pois les lots vigoureux germent mieux en conditions difficiles. L'effet du milieu sur la corrélation entre germination au laboratoire et émergence est d'autant meilleur que les conditions de milieu sont bonnes.

Des travaux sur la régulation génétique de la germination (74) il se dégage que si la variation due aux différences génétiques existe, celle due à l'environnement est beaucoup plus grande (variations dues à l'année et aux localités). Par ailleurs les différences entre variétés sont accentuées surtout si le taux d'émergence est faible.

Les divers constituants de la graine sont d'origine mâle et femelle. Ainsi les analyses génétiques doivent porter sur des croisements di-allèles complets. D'une manière générale il semble bien que les effets polygéniques soient très importants.

A travers l'obtention d'une bonne levée dans des conditions difficiles, l'expérimentation a souvent recherché à cribler des variétés ayant une bonne levée au champ et une résistance aux parasites. Pour WHALLEY (73) la vigueur est rarement définie quantitativement et la vigueur au champ est souvent associée à la résistance aux moisissures. Chez les graminées le poids et la taille des graines jouent sur la vitesse de croissance. Sur maïs Mc. CONNEL et GARDNER (43) ont pu obtenir par plusieurs cycles de culture en serre et des tests au laboratoire une augmentation

à chaque cycle de sélection du taux de germination en conditions de faible température. Cependant, ils ont obtenu une corrélation nulle avec les résultats au champ. Ils l'attribuent à la température douces des printemps durant leurs expérimentations. PERRY (57) décrit un test simple d'évaluation de la vigueur sur orge. Il mesure la croissance de la plantule à 20°C après 7 jours à l'obscurité. Les résultats de l'essai fait avec de très bonnes semences ne présentait une bonne corrélation qu'avec le levé au champ dans des conditions défavorables, alors qu'en général la relation entre germination et levé sont bonnes que si les conditions de levé le sont aussi. Ce concept de vigueur basé sur la croissance est important.

111 - COMMENT SE PRESENTE. LE PROBLEME DE LA CONTAMINATION DES SEMENCES ET DE L'ALTERATION DE LA QUALITE GERMINATIVE

Nous avons vu précédemment qu'un des principaux facteurs jouant sur la viabilité des semences est l'existence d'une microflore.

Les champignons des semences sont classés en plusieurs catégories suivant les caractéristiques de leur pouvoir pathogène (44,58) :

- 1) Maladie dont la graine est la source principale, son contrôle permet de contrôler la maladie,
- 2) Parasites pour lesquels la présence sur la graine est mineure vis-à-vis de la maladie,
- 3) parasites pour lesquels le pouvoir pathogène n'a pas été démontré,
- 4) Parasites qui infectent la graine au champ ou au cours du stockage et qui réduisent le rendement et la qualité germinative.

Dans ce dernier cas, on peut encore séparer les champignons strictement originaire du champ et ceux propres à la conservation. Pour se développer les champignons requièrent une humidité relative supérieure à 90%. Dans l'amidon d'une céréale cela correspond à 25% d'humidité pour un poids humide. La température des grains doit également rester basse (19).

L'aspect du grain ne laisse pas présager de la présence d'un champignon ; ainsi chez le blé on trouve sur des grains désinfectés de l'*alternaria*, Ceci indiquerait une récolte récente mais un stockage dans de bonnes conditions, qui n'ont pas permis l'invasion du grain. Ainsi *alternaria* est présent sur les boîtes graines, y compris celles provenant de culture irriguée.

Le mycelium d'Alternaria est souvent présent dans les couches sub-épidermiques, mais il est mort : d'une manière générale il n'est pas reconnu comme agent de détérioration du grain. Les effets des champignons sur la graine sont multiples, mais le terme de "Weathering" est considéré comme impropre. La diminution du pourcentage de germination est associée à Helminthosporium et Fusarium. Fusarium peut envahir et tuer l'embryon ~~en~~ ne provoquant aucune altération visible du péricarpe et de l'embryon, les graines apparaissent saines, mais peuvent être contaminées ou mortes (16,40).

Au delà des travaux généraux sur la vigueur des plantules saines, de nombreux travaux sont orientés sur l'altération de la germination et de la vigueur de la plantule, (2, 3, 23, 51). Les semences sont normalement porteuses d'une microflore complexe parmi laquelle les agents pathogènes de la plante représentent une très faible part. Au cours de la végétation la contamination des graines est surtout liée à l'humidité relative. La floraison est un stade de grande sensibilité, c'est à ce moment que les futures parties de la graine sont contaminées. Cette contamination peut être plus ou moins profonde ; superficielle elle est réalisée par le contact avec les parois des fruits infectés ; intermédiaire elle se localise à l'endocarpe ; profonde elle atteint les tissus de l'embryon.

Une batterie de tests existe pour détecter les champignons de la graine et étudier leurs effets sur la plantule. Certaines méthodes ne permettent pas aux antagonismes entre espèces de s'exprimer ce qui se traduit par un accroissement de la fréquence de certains champignons. Quelle que soit la méthode les résultats doivent être comparés à ceux obtenus au champ.

Enfin de nombreux travaux soulignent l'intérêt du test topographique au tétrazolium pour étudier la viabilité et la qualité des semences (1, 48, 49), et en particulier son usage avec des semences contaminées (6, 54).

Dans la microflore interne des graines de coton fraîchement récoltées les espèces de Fusarium prédominaient. Les espèces identifiées sont F. Moniliforme, F. oxysporum "GIBBOSUM", F. Trineticum et F. roseum. F. oxysporum est l'espèce la plus commune (20). Chez le glaucule F. Oxysporum est trouvé dans des bulbes apparemment sains et peu provoquer une pourriture on diminue le potentiel de floraison (4). Les relations entre dénombrement au laboratoire et au champ concordent souvent mal. Ainsi sur graine d'orge les tests en laboratoire (méthode de congélation sur papier buvard) permettent d'obtenir des taux plus importants de contamination par pyrenophora que les évaluations au champ, cependant aucune prévision de ce taux d'attaque ne peut être effectuée à partir des résultats du laboratoire. Un pré-traitement des semences à l'hypochlorite n'a que peu d'influence sur les résultats d'analyse, mais facilite les observations (33). Sur nié bé parmi 25 champignons déterminés on relève une forte incidence

de Macrophomina phaseolina et de Fusarium equiseti qui provoquent une mortalité de pré et post-émergence. C'est sur ces deux espèces que la désinfection superficielle est la moins efficace (70). Dans la fonte des semis de soja causée par Phytophthora blight, y sont également associés F. Oxysporum et F. Solani (65). Chez le zinnia ou le tournesol, Alternaria peut coloniser plus ou moins profondément la graine et provoquer selon les cas des pertes de pré ou de post-émergence (69). Des différences entre les résultats d'essais sur papier buvard et on serre sont soulignées et sont mises en relation avec la localisation du parasite dans la graine (28, 69). Cette différence dans les résultats associée au manque d'explication des essais aux champs par ceux du laboratoire est également observé avec Drechslera teres sur orge (3).

Les champignons les plus fréquemment responsables des contaminations des semences restent ceux appartenant au groupe des fusariums. Ainsi chez Phaseolus aureus on trouve dans les mauvais lots de semences de 80 à 100 pour cent de fusarium. F. equiseti provoque une fonte des semis tandis que F. moniliforme et F. Solani diminuent la capacité germinative (6). Chez le maïs les problèmes de post-émergence sont toujours associés à la présence de fusarium. Le pouvoir pathogène de F. graminearum serait maximal à 15°C tandis que celui de F. moniliforme le serait à 32°C (46, 47). Ce dernier inhibe le développement racinaire se traduisant par une nécrose et une fanaison. Le champignon est présent dans la graine mais a peu d'effet sur la germination elle-même, mais il intervient dès ce stade. Aux USA des collectes du Minnesota à la Géorgie ont permis de montrer que tous les échantillons étaient contaminés par fusarium. En climat sec et sans irrigation aucun fusarium n'est détecté (27). Ce F. moniliforme est également reconnu comme l'agent pathogène du dépérissement des plantules et de la pourriture des tiges des plantes adultes. L'infection serait ici systémique (24, 34). La localisation de F. moniliforme n'est pas forcément très profonde, cependant une désinfection puissante est nécessaire pour décontaminer les grains de maïs. Avec les échantillons examinés le taux d'infestation variait de 0 à 47% (25). La détermination du taux exact d'infestation n'est pas toujours facile, les résultats varient d'une méthode à l'autre. Dans les tests au champ il est préférable de se situer dans des conditions de température assez basses (22). Il semble bien que la contamination par le fusarium soit maximale au moment de la récolte. Sur une période de 5 à 15 mois le taux de contamination peut baisser de 50% (35). Fusarium est très sensible à la compétition des autres colonisateurs du sol, ainsi les attaques sont beaucoup plus importantes sur sable stérilisé (72). Sur orge en cas d'infection simultanée par F. Graminearum, et Bipolaris sorokiniana le taux de pourriture des plantules est réduit (64). Les Fusariums des grains produisent diverses toxines qui par elle-même provoque une croissance anormale des plantules (13). Au champ le vent et la pluie peuvent transporter des quantités importantes de propagules. Dans l'atmosphère située au-dessus

d'un champ de maïs 95% des propagules sont des *F. moniliforme* (53). Des essais d'analyse génétiques de la résistance des plantules de maïs au dépérissement dû aux *Fusariums* montrent que les effets maternels et additifs sont prépondérants et plus importants que ceux de dominance (37, 38).

IV - QU'EST CE QUE LES MOISSURES DES GRAINS ?

Le terme de moisissures du grain est utilisé pour décrire, d'une manière générale, l'altération de l'aspect du grain. Ces altérations résultent de la contamination du grain, par un ou plusieurs champignons, au champ, au cours de la formation du grain, après maturité si la récolte est retardée, ou au cours du stockage (75). Récemment Castor (16) a distingué deux types d'altération du grain, il distingue les moisissures proprement dites grain molding de l'échaudage - grain weathering.

Dans le premier cas il s'agit d'une maladie précoce, due à une contamination dès l'anthèse dans laquelle seraient en prioritairement impliqués *Fusarium moniliforme* et *curvularia lunata*. L'échaudage résulterait d'une interaction entre facteurs abiotiques et biotiques, ces derniers étant surtout représentés par *Fusarium semitectum*, *Alternaria* sp et *Cladosporium* sp. L'installation de ces champignons serait consécutive à une humidité prolongée après maturité physiologique.

Ainsi le concept de moisissures des grains inclut deux caractères :

- 1 - L'aspect du grain
- 2 - Les agents pathogènes de la mycoflore.

Au champ l'aspect du grain fait rejeter la variété par le sélectionneur c'est un critère de sélection largement utilisé (76), mais un grain de cet aspect peut-être contaminé par certains éléments de la mycoflore, notamment par *Fusarium* et *curvularia* (16, 40, 55).

Composition de la mycoflore des grains du Sorgho

plusieurs auteurs citent des listes plus ou moins exhaustives des différents champignons isolés des grains de sorgho (4, 5, 8, 10, 14, 30, 52, 62, 75, 77).

Cependant seuls quelques genres se retrouvent très fréquemment et semblent préjudiciables à la qualité de la semence. Ce sont : *Fusarium*, *curvularin*, *Alternaria*, *Helminthosporium* et *phoma*.

Pour les fusarium les espèces suivant sont citées :

- F. moniliforme
- F. graminearum
- F. semi tectum
- F. orthosporoides

Fusarium et curvularia sont des parasites du grain et pas seulement des moisissures en soi (5).

Effets des éléments de la microflore sur la qualité du grain

q) Aspect du grain

L'effet le plus visible des moisissures sur le grain est l'altération de son aspect, décoloration, taches (55) qui diminuent fortement son acceptabilité et par conséquent sa valeur marchande.

2) Modifications des qualités alimentaires

Les qualités nutritionnelles ne semblent pas particulièrement réduite en cas de présence modéré des moisissures. Cependant en Afrique de l'Ouest le tô préparé avec des grains moisiss est d'une couleur particulière (65).

Les agents pathogènes des moisissures du grain peuvent produire des mycotoxines (17,18,45,60,67,68) en particulier F. moniliforme, f. sporotrichoides, f. trititicum, f. poa et f. roseum (50,55). Une toxine 32 du groupe des trichothécènes semble particulièrement importante (9).

V - DEPRECIATION DE LA QUALITE DES SEMENCES

Sur les céréales tous les éléments de la microflore de l'épi ne sont pas parasites (2,55), mais il est des parasites qui tirent parti de tout et qu'on retrouve dans toutes les parties de la plante, de tels champignons polyphages passent souvent de l'état de parasite à celui de saprophyte et vice et versa, c'est le cas du genre fusarium. Quatre classes de symptôme sont reconnues (55) :

1) Nécrose et mort des semis

En cas de contamination forte la germination ne se fera pas ou mal et l'embryon à peine germé sera tué par le champignon que la graine hébergeait. La plantule n'atteindra pas la surface du sol. Si la contamination au cours de la culture précédente a été moindre ou plus tardive la graine germera, atteindre la surface du sol mais sera vite envahit par le fusarium et la plantule ne dépassera pas le stade de la première feuille.

- 2 - Mort des rosettes au cours du tallage
- 3 - Echaudage
- 4 - Fusarioses des épis

Les spores entraînées par le vent ou les insectes contaminent l'épi on formation, En conditions humides leur mycelium ~~se~~ colonnise les enveloppes florales, les étamines l'ovaire ou les grains on cours de formation, Chez le sorgho la perte de viabilité est également le premier effet dénoncé de fusarium et curvularia (15, 21, 40) mais leurs manifestations peuvent intervenir sur la croissance de la plantule (42). F. Moniliforme réduit l'élongation du coléoptile ainsi que C. protuberata qui ajoute une nécrose racinaire. F. Semitectum provoque une élongation du coléoptile. Curvularia et fusarium réduisent tous les deux le poids des tiges et racines (16). Un effet important de fusarium est une diminution de la levée au champ et une diminution de la vigueur des plantules qui deviennent alors très sensibles à tout autre stress, biotique ou abiotique, la sécheresse par exemple.

La productivité est également affectée par le biais d'une baisse de la taille et du poids des grains (17).

VI - MODALITES DE L'INFECTION - ROLE DES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX

Un temps chaud et humide durant la période de reproduction de l'épiaison à la récolte favorise l'apparition de moisissures (17, 76). La contamination peut s'effectuer dès l'anthèse (14, 15, 16, 62) et on particulier pour les fusarium et curvularia (21). Les contaminations du grain en cours de formation Curvularia lunata sont favorisées par la pluie et des températures comprises entre 24 et 30°C (36). Des pluies durant, l'anthèse suivies de périodes chaudes et humides durant la maturité du grain favorisent l'apparition de moisissures (37). En Afrique de l'Ouest les variétés dont la maturation s'effectue durant la saison des pluies sont particulièrement touchées par ces moisissures du grain (21, 26).

La contamination des tissus internes de la graine mère peut également se faire au moment du gonflement. C'est le cas de C. lunata qui pénètre par le hile ou le stylo au moment de l'imbibition (12).

La précocité de la contamination par fusarium ou curvularia se traduit par leur présence dans les tissus les plus internes de la graine et jusqu'à l'embryon (42).

VII - STRUCTURE ET COMPOSITION DU GRAIN DE SORGHO - RESISTANCE A LA DETERIORATION

La figure 1 représente une coupe longitudinale d'un grain de sorgho. La position des différents tissus y est représentée. Plusieurs études détaillées de la structure et de la composition chimique du grain ont été publiées (11, 29, 63). Certains travaux portent plus particulièrement sur les relations entre ces caractères physico-chimiques du grain et la résistance aux moisissures (29/6).

Le grain est composé de trois parties principales : de tissus externes, le péricarpe de l'albumen et de l'embryon.

Le péricarpe d'origine maternelle peut être divisé en quatre types de tissus (fig.2) : l'épicarpe, le mésoderme, les cellules transverses et les cellules tubulaires, l'une des principales fonctions de celles-ci est le transport, de l'eau au moment de la germination. L'épaisseur du mésoderme est contrôlée par le gène Z et semble impliquée dans la résistance aux moisissures, les sorghos à mésocarpe peu épais apparaissent globalement plus résistants.

Extérieurement le grain montre deux structures anatomiques intéressantes, le style et le hile. La toute première pénétration de l'eau dans la semence se fait dans la zone embryonnaire, par le hile et la vitesse d'absorption de l'eau semble positivement liée à la sensibilité aux moisissures. Une partie de l'imbibition s'effectue également par la zone ci-dessus : style. Chez les variétés résistantes la région du style semble colmatée par des composés pectiniques et la structure du hile montre une meilleure fermeture du grain. La pénétration des champignons semble se faire préférentiellement dans les régions du hile et du style.

Testa ou couche brune

Immédiatement après les tissus du péricarpe certaines variétés de sorgho montrent une couche très pigmentée appelée testa ou couche brune, dont la présence est gouvernée par deux gènes B₁ et B₂. Cette couche brune n'est pas uniformément répartie autour du grain, elle peut être inexistante en certains points du grain. Elle est toujours très fine au dessus de l'embryon. Son épaisseur varie également d'une variété à l'autre. Lorsque le gène S "spreader" est associé aux allèles dominants B₁ et B₂ le péricarpe est fortement pigmenté.

Présence de Tanins

Certaines variétés de sorgho contiennent des quantités importantes de tanins qui déprécient la qualité alimentaire et l'acceptabilité du grain. Cependant ces polyphénols confèrent aux variétés qui les possèdent une certaine résistance aux oiseaux et aux moisissures. Le taux de tanins est lié à la couleur du péricarpe à la présence et l'extension de la testa et aux conditions environnementales durant le développement du grain. Le taux de phénols est cependant génétiquement contrôlé. La plus grande partie est localisée dans la testa mais ils existent également

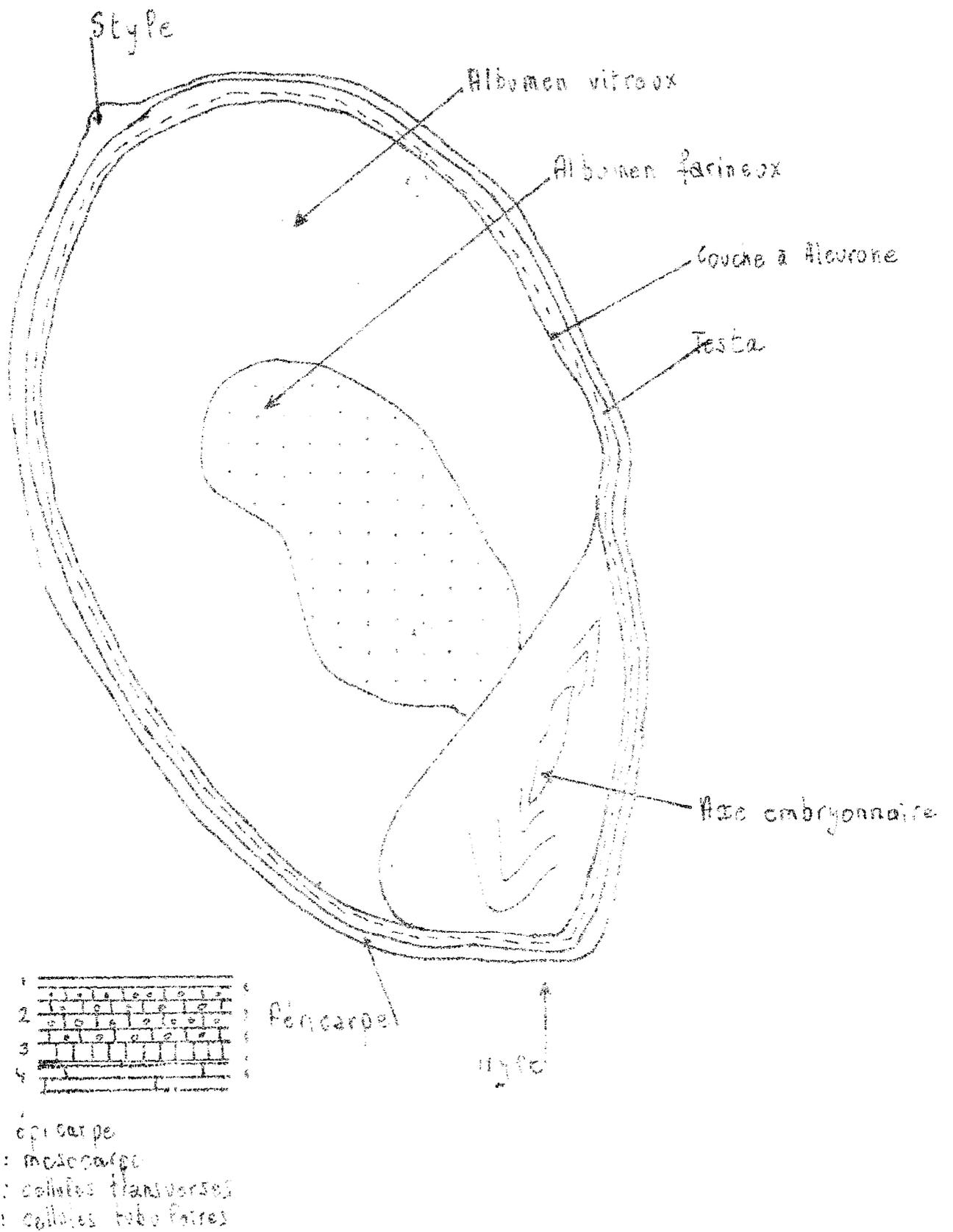


FIGURE 1 : CONSTITUTION SCHEMATIQUE D'UN GRAIN DE SORGHO.
(d'après Rooney et Miller 1981)

également dans les glumes, le péricarpe et l'albumen. En condition favorable d'humidité ils peuvent diffuser des glumes dans le péricarpe.

Si les microorganismes jouent un rôle déterminant dans la détérioration du grain, des enzymes du grain lui-même peuvent le dégrader à la suite d'alternance importante du taux de l'humidité ambiante et de fortes températures associées à une pluviométrie importante. La détérioration climatique du grain - grain weathering a pour conséquence des altérations physiques, chimiques et physiologiques du grain provoquant une désorganisation de sa structure et éventuellement une perte de viabilité. Le grain apparaît alors "sale". L'action individuelle ou combinée des enzymes produites par le métabolisme du grain et du champignon produisent un grain très fragile.

Les études comparatives détaillées de la structure et des propriétés physico-chimiques du grain ne permettent pas de dégager un "idéotype" de résistante. En général chez les variétés résistantes La proportion d'albumen vitreux est légèrement supérieure à celle de l'albumen farineux et la taille du grain n'est pas un facteur déterminant, si ce n'est que les variétés à grains moyens à petits sont moins sensibles à l'altération. Une coloration des grains et des glumes semble conférer un meilleur comportement mais beaucoup de variétés résistantes sont tan.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - AGRAWAL P. K., KAUR S., 1975. Standardisation of the tetrazolium test for ragi (*Eleusine coracana*) seed Sci. & Technol. (3), p. 565 - 568.
- 2 - ANSELME C., 1968. Morphogénèse et diagnose des parasites cryptogamiques transmis par les semences. Société Bot. de France. Mémoires 1968 : 115 p. 55 - 69.
- 3 - ANSELME C., CHAMPIGNON R., 1970. Importance en France de la transmission par les semences de deux champignons phytopathogènes. Proc. Int. Seed Test Ass. Vol 55 (1970) n° 1 p. 77-87.
- 4 - Anonyme 1972. Isolation of heads molds and assessment of mouldy grains in agronomically important sorghum varieties - Sorghum newsletter vol. 15 p. 71.
- 5 - Anonyme 1975. Cereal pathology. Ann. Report 74 - 75. ICRISAT.
- 6 - Anonyme. ISTA News Bulletin n° 67. Oct. 1981. Rapport sur la réunion ISTA de travaux pratiques sur les essais au T.T.C.
- 7 - AUSTIN R. B., 1972. Effects of environment after sowing on viability. In viability of seeds. Edited by E.H. Roberts Chapman and Hall. London p. 114 - 149.
- 8 - BAIN D.C., 1950. Fungi recovered from seed of sorghum vulgare Phytopathology n° 40. p. 521 - 522.
- 9 - BHAT P.V., RUKMINI C., 1980. Mycotoxins in sorghum: toxigenic fungi during storage and natural occurrence of T2 Toxin. Proc. of International Workshop on sorghum diseases, 11 - 15 Dec. 1978 ICRISAT p. 141 - 143.
- 10 - BORKAR G.M., BHAGWAT V. Y., 1972. Seed borne fungi of hybrid Jowar OSH - 1. Sorghum Newsletter vol. 15 p. 82-87.
- 11 - BLAKELY M.E., ROONEY L.W., SULLINS R.P., MILLER F.R., 1979. Microscopy of the pericarp and the testa of different genotypes of sorghum. Crop Science 19-C) p. 837-842.
- 12 - BLAKELY M.E., CASTOR L.L., 1979. Studies of infection of sorghum kernels with *Curvularia lunata*. Sorghum Newsletter Vol. 22 p. 127.

- 13 - BRODNIK T., 1975. Influence of toxic products of *Fusarium graminearum* and *Fusarium moniliforme* on maize seed germination and embryo growth. *Seed Sci. & Technology* (3), p: 691 - 696.
- 14 - CASTOR L.L., FREDERICKSEN R.A., 1980. *Fusarium* and *Curvularia* grain molds in Texas. Proc. of International Workshop on sorghum diseases. 11 - 15 dec. 1978. ICRISAT p. 93 - 102.
- 15 - CASTOR L.L., FREDERICKSEN R.A., 1981. Histopathology of *Fusarium moniliforme* infection of sorghum kernels. 72 nd Annual Meeting of APS 24 - 28 August 1980. (Abs.) *Phytopathology* 71 (2).
- 16 - CASTOR L.L., 1981. Grain mold histopathology, damage assessment and resistance screening within sorghum bicolor (L) Moench lines. Ph. D. Thesis. Texas A & M. University May 1981.
- 17 - CASTOR L.L., FREDERICKSEN R.A., 1982. Grain deterioration in sorghum. Proc. of the International Symposium on sorghum grain quality. 28 - 31 Oct. 1981. ICRISAT p. 163-169.
- 18 - CHRISTENSEN C.M., 1965. Fungi in cereals grains and their products. *Mycotoxins in Foodstuffs*. Edited by C.N. Wogan, The MIT press USA 578 p. p. 9 - 14.
- 19 - CHRISTENSEN C.M., 1972. Microflora and seed deterioration. In *viability of seeds*. Edited par E.H. Roberts. Chapman and Hall London 448 p. p. 51 - 93.
- 20 - DAILLOR C., 1977. *Fusarium* species in the international mycoflora of Mississippi cotton seed. *Seed Sc. & Technol.* (5), p. 587 - 591.
- 21 - DENIS S.C., GIRARD J.C., 1980. Factors affecting the development of sorghum grain molds in Senegal. Proc. International Workshop on sorghum diseases 11 - 15 Dec. 1978. ICRISAT p. 114 - 153.
- 22 - DE TEMPE J., 1973. Testings cereal seeds for *Fusarium* infections in the Netherlands. *Seed Sci. & Technol.* 1 p. 845 - 851.
- 23 - DE TEMPE J., LIMONARD T., 1973. Seed - fungal - bacterial interactions. Seed quality research symposium 1971. *Seed Sci. & Technol.* I p. 203 - 216.

- 24 - EL-MELEIGHI M.A., CLAFLIN L.E., 1981. Development of *Fusarium moniliforme* stalk rot in relation to water stress ; intermode location and sugar content. 72nd Annual Meeting of the APS - 24 - 26 August 1980. Abs. Phytopathology 71 (2).
- 25 - EL-MELEIGHI M.A., UYEMOTO J.K., CLAFLIN L.E., 1981. A method for removing *Fusarium moniliforme* from infested corn kernels. 72nd Annual Meeting of the APS. 24 - 28 August 1980. Abs. Phytopathology 71 (2).
- 26 - FUTRELL M.C., WEBSTER O.J., 1967. *Fusarium* scab of sorghum in Nigeria, Plant dis. Rep. 51 (3) p. 174 - 176.
- 27 - FUTRELL M.C., KILGORE H., 1969. Poor stand of corn and reduction of root growth cause by *Fusarium moniliforme*. Plant disease Report - 53 (3) p. 213 - 215.
- 28 - GAMBOGI P., TRIGLO E., VANNACCI G. . . , 1976. Experiments on the behavior of the seed borne fungus *Alternaria Zinniae*. Seed Sci. & Technol. 4, p. 333 - 340.
- 29 - GLUECK J.A. , ROONEY L.W. , 1980. Chemistry and structure in relation to mold resistance. International Workshop on sorghum diseases. II - 15 Dec. 1978. ICRISAT p. 119 - 140.
- 30 - GRAY E., LACEFIELD G.D., LOWE J.A., 1971. Head mold on grain sorghum. Plant Disease Reporter 55 (4) p.337-339.
- 31 - HAMPTON J.G., MATTHEWS D., 1980. The evaluation of seed borne *Drechslera teres* in Barley. Seed Sci. & Technol. 8, p. 371- 376.
- 32 - HEYDECKER W., 1972. Vigour in viability of seeds. Edited by E. H. Roberts. Chapman and Hall(448 p) p. 209 - 252.
- 33 - JORGENSEN J., 1977. Incidence of infections of barley seed by *Pyrenophora graminæ* and *P. teres* as revealed by the freezing blotter method and disease counts in the folds. Seed Sci. & Technol. 5, p. 105 - 110.
- 34 - KAISER R.P., NELSON P.E., 1981. The relationship between infection of corn seedling and stalk root caused by *Fusarium moniliforme*. 72nd Annual Meeting of the APS 24 - 28 August 1980. Abs Phytopathology 71 (2).

- 35 - KUCHARAK T.A., KOMMENDAHL I., 1966. Kernel infection and corn stalk rot caused by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 56 p. 983 - 984.
- 36 - LEON-GALLEGOS H.H., SANCHEZ CASTRO M.A., 1977. The occurrence in Mexico of *Curvularia lunata* on sorghum kernels. *Plant Dis. Reporter* 61 (2) p. 1082 - 1083.
- 37 - LUNSFORD J.N., FUTRELL M.C., SCOTT G.E., 1976. Maternal effects and type of gene action conditioning resistance to *Fusarium moniliforme* seedling blight in maize *Crop Science* 16 (1) p.105 - 107.
- 38 - LUNSFORD J.N., FIJTRELL M.C., SCOTT G.E., 1975. Maternal influence on response of corn to *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 65 (3) p. 223 - 225.
- 39 - LUTTRELL E.S., 1950. Grain sorghum diseases in Georgia. *Plant Dis. Rep.* 34 p. 45 - 52.
- 40 - MABESA R.C., 1980. Investigation on sorghum grain deterioration and a laboratory technique to determine resistance to *Fusarium moniliforme* Ph. D. thesis Mississippi State University, May 1980.
- 41 - MAGIE R.O., 1971. Carbon dioxide treatment of gliadulus corns reveals latest *Fusarium* infections. *Plant Dis. Report.* Vol. 55 (4) p. 340 - 341.
- X42 - MATHUR S.K., MATHUR S.G., HEERGAARD P., 1975. Detection of seed borne fungi in sorghum and location of *Fusarium moniliforme* in the seed. *Seed Sci. & Technol.* 3 p. 683 - 690.
- 43 - MC CONNEL R.L., GARDNER C.O., 1979. Selection for cold germination into corn populations. *Crop Science* (19) n° 6 p. 765 - 768.
- X44 - MC GEE D.C., 1981. Seed pathology : its place in modern seed production. *Plant disease* vol 65 (8) p. 638 - 642.
- 45 - MIROCHA C.I., CHRISTENSEN C.H., Fungus metabolites toxic to animals. *Ann. Rev. of Phytopathology* 1974 (12) p. 303 - 330.
- 46 - MOHAMED H.A., ASHOUR W.E., SIRRY A.R., FATHI S.M., 1978. Fungi causing seedling blight of corn in the U.A.R. *Plant Dis. Report.* 52 (1) p.84 - 86.

- 47 - MOHAMED H.A., ASHOUR., ASHOUR W.E., SIRRY A.R., FATHI S.M., 1968. Factors affecting severity of seedling blight of corn in the United Arab Republic. Plant Dis. Reporter 52 (1) p. 79 - 83.
- 48 - MOORE R.P., 1972. Effects of Mechanical Injuries on viability. In viability of seeds. Edited by E. H. Roberts. Chapman and Hall 448 p. London p. 94 - 113.
- 49 - MOORE R.P., 1973. Tetrazolium staining for assessing seed quality In Seed ecology - Edited by W. Heydecker, 578 p. London p. 347 - 366.
- 50 - MOREAU C., 1968. Moisissures toxines dans l'alimentation. Ed. Paul Lechevallier Paris 372 p.
- 51 - NEERGARD P., 1973. Detections of seed borne pathogens by culture tests. Seed Sciences & Technol. I p. 217 - 254.
- 52 - NENE Y.L., RAO K.N., SINCH S.D., 1975. Cereal pathology. ICRISAT.
- 53 - OOKA J.J., KOMMENDAHL T., 1977. Wind and rain dispersal of Fusarium moniliforme in corn fields. Phytopathology 67 p. 1023 - 1026.
- 54 - OVERAA P., 1979. Introduction to the biochemical test for viability programm. Seed Sci. & Technol. (7) p. 591 - 596.
- 55 - PARMENTIER C., 1973. Septorioses et fusarioses. Maladies de l'épi des céréales. Note technique 3/12. CRA GEMBLOUX.
- 56 - PERRY D.A., 1973. Interacting effects of seed vigour and environment on seedling establishment. In Seed Ecology. Edited by W. Heydecker, Butterworths 578 p. London p. 311 - 324.
- 57 - PERRY D.A., 1977. A vigour test for seeds of barley (Hordeum vulgare) based on measurement of plumule growth. Seed Sci. & Technol. 5 p. 709 - 719.
- 58 - PUGH G. J. F., 1973. Saprophytic fungi and seeds. In Seed Ecology. Edited by W. Heydecker, Butterworths 578 p. London p. 337 - 346.

- 59 - QUALISM., COOPER C.S., 1969. Germination growth and respiration rates of birdsfoot trefoil at three temperatures during the early non-photosynthetic stage of development. *Crop Science* 9, p. 755 - 760.
- 60 - RABIE C.J., MARASAS W.F., THIEL P.C., LUEBBENA, VLEGGAAR R., 1982. Moniliformin production and toxicity of different *Fusarium* species from southern Africa. *Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 43 (3), p. 517 - 521.
- 61 - RAM N., MATHUR S.B., NEERGAARD P., 1970. Seed borne fungi of mungbean (*Phaseolus annuus* Roxb) from India and their significance. *Proc. Int. Seed Test Ass.* Vol. 35 (I) p. 235 - 241.
- 62 - RAO K.N., WILLIAMS R.S., 1977. The ICF I SAT Sorghum Pathology program.
- 63 - ROONEY L. W., MILLER F.R., 1981. Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. *International Symposium on sorghum grain quality*. ICRISAT 28 - 31 Oct. 1981 p. 143 - 162.
- 64 - SCARDACT S.C., WEBSTER R.K., 1981. Antagonism between the cereal root rot pathogens *Fusarium graminearum* and *bipolaris sorokiniana*. *Plant Disease* 65 p. 765 - 767.
- 65 - SCHEURING J.F., SIDIBE S., KANTE A., 1982. Sorghum alkati T0 : quality considerations. *Proc. of the International Symposium on sorghum grain quality* 28 - 31 Oct. 1981. ICRISAT p. 24 - 31.
- 66 - SCHLUB R.L., LOCKWOOD J.L., 1981. Etiology and epidemiology of seedling rot of soybean by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 71 p. 134 - 138.
- 67 - SEITZ L.M., SAUER D.B., HOHR H.E., BURROUGHS P., 1975. Weathered grain sorghum: Natural occurrence of Alternariols and storability of grain. *Phytopathology* 65 (11), p. 1259 - 1263.
- 68 - SHOTWELL O.L., BENNETT G.A., GOULDEN M.L., PLATTNER R.B., HESSELTINE C.W., 1980. Survey for Tearalenone, aflatoxin, and Ochratoxin in U.S. grain sorghum from 1975 and 1978 crops. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 63 (4) p. 722 - 926.

- 69 - SING D., MATHUR S.B., NEERGAARD P., 1977. Histopathology of Sunflower Seeds infected by *Alternaria tenuis*. Seed Sci. & Technol. (5) p. 579 - 586.
- 70 - SINHA O.K., KHARE M.N., 1977. Seed borne fungi of cowpea and their significance. Indian phytopathology vol. 30 (4) p. 469 - 472 .
- 71 - TARR S.A.J., 1962. Diseases of Sorghum, Soudan grass and broom corn, Commonwealth Mycological Inst. Kew Surrey 3 80 p ,
- 72 - VASUDEVA R.S., R o y T.C. 1950. Tho effect of associated soil microflora on Fusarium odum (Butl), the fuscus causing with of pigeon pea (*cajanus cajan*) The Annals of Applied Biology 37 (2) 169-178.
- 73 - W HALLEY R.D.B., MCKELL C.M., GREEN L.R., 1966. Seedling vigour and the early non photosynthetic stage of seedling growth i n grasses. Crop Science 6 (2) p. 147 - 150.
- 74 - WHITTINGTON W.J., 1973. Genetic Regulation o f germination i n Seed Ecology. Edited by W - -Haydecker, Butterworths 578 p. London p. 5 - 30
- 75 - WILLIAMS R.J., RAO K.N., 1978. A review of sorghum grain mold. Proc. of the International Workshop o n sorghum. Diseases. 11 - 15 D e c , 1978. ICRISAT.
- 76 - z UMMO F. , 1974. Rapport du Phytopathologie OUA/CSTR. P.C. 2 6 SAMARU, NIGERIA,
- 77 - z UMMO Pi., 1980. *Fusarium* disease complex o f sorghum in West Africa. Proc. of the International Workshop o n Sorghom diseases 11 - 15 D e c , 1978. ICRISAT p. 297-m 299.