

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme
d'Ingenieur du Développement Rural
Option : **Agronomie**

INCIDENCE DU **COLLETOTRICHUM GRAMINICOLA** SUR LE DEVELOPPEMENT DU SORGHO

Laboratoire de Recherches du Service
de la Protection des Végétaux

B. P. 403 Bobo-Dioulasso — BURKINA FASO

*
* Aux laborieuses masses paysannes *
* qui aspirent à l'application des *
* sciences agronomiques pour la *
* concrétisation de l'auto-suffisance *
* alimentaire. *
*

AVANT PROPOS

Avant de présenter ce travail, je tiens à exprimer mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance à tous ceux qui ont contribué au bon déroulement de mon stage. Je citerai particulièrement :

- Le Camarade KABORE K. Blaise, Directeur du Laboratoire de Recherches de la Protection des Végétaux et maître de stage. Ces conseils, ses qualités d'encadrement de même que son entière disponibilité m'ont été très précieux.
- Le Camarade SANKARA Phillipe enseignant à l'I.S.P. qui a bien voulu suivre et coordonner mon stage.
- Le Professeur NACRO pour ses conseils.
- Les Camarades OUEDRAOGO Ibrahima, KHO Abdourahmane, et KAMEOU Georges tous au Laboratoire pour leur concours appréciable à ma formation pratique.
- Le Camarade DAO Boukary pour son soutien inestimable.
- La Camarade OUATTARA Jeanne qui a assuré la dactylographie de ce document.

Mes remerciements vont également aux techniciens et à l'ensemble du personnel du service.

S O M M A I R E

AVANT PROPOS

INTRODUCTION

I. GENERALITES SUR LE SORGHO ET SES PRINCIPAUX

ENNEMIS AU BURKINA FASO.....

1

4

I.1. QUELQUES DONNEES SUR LE SORGHO

I.1.1. Identification et description du sorgho...

4

I.1.2. Origine et dispersion.....

6

I.1.3. Importance économique.....

6

I.2. LES PRINCIPAUX PARASITES DU SORGHO.....

9

I.2.1. Maladies racinaires et des tiges.....

9

I.2.2. Les maladies foliaires.....

10

I.2.3. Les maladies des inflorescences et les
moisissures des grains.....

11

I.2.4. Quelques insectes nuisibles du sorgho.....

13

I.3. QUELQUES CONNAISSANCES SUR Colletotrichum

graminicola.....

14

I.3.1. Taxonomie et origine de Colletotrichum

graminicola.....

14

I.3.1. Pathogénicité et dégâts.....

15

II. INCIDENCE DU Colletotrichum graminicola SUR LE

DEVELOPPEMENT DU SORGHO.....

18

II.1. MATERIELS ET METHODES.....

19

II.1.1. Tests en Laboratoire.....

19

.../...

II.1.1.1. Isolement du <u>C. graminicola</u>	19
II.1.1.2. Méthodes d'évaluation des pertes au semis par inoculation artificielle des graines avec <u>C. graminicola</u>	21
II.1.2. Travaux aux champs	25
II.1.2.1. Incidence de la pourriture rouge des tiges causée par <u>C. graminicola</u>	25
II.1.2.2. Méthodologie des prospections phyto- sanitaires en milieu paysan pour le suivi de l'importance de l'antracnose ..	33
II.2. RESULTATS ET DISCUSSIONS	36
II.2.1. Effets du <u>C. graminicola</u> sur la germination des graines, la levée et la croissance des plantules	36
II.2.2. Incidence de la pourriture rouge sur le rendement du sorgho	41
II.2.3. Importance de l'antracnose en milieu paysan	73
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	75

.../...

ANNEXE 1 : Evolution de la production du sorgho au Burkina Faso
de 1977 à 1984.

ANNEXE 2 : Cycle schématique du Colletotrichum graminicola
sur le sorgho.

ANNEXE 3 : Recensement de la spermo flore fongique de cinq
lots (variétés) de sorgho récoltés en Haute-Volta
(1982).

II INTRODUCTION

La culture du sorgho dans le monde a couvert une superficie de 46,499 millions d'hectares en 1983 avec une production de 62,483 millions de tonnes (FAO, 1984). Sur le plan de la production, le sorgho se classe au quatrième rang mondial après le blé, le riz et la maïs. C'est une céréale de première importance surtout dans les pays tropicaux où il demeure l'alimentation de base. Dans l'ensemble sa production est insuffisante et le problème des pénuries alimentaires se pose de plus en plus de manière cruciale dans de nombreux pays où l'agriculture est encore à un stade arriéré. C'est notamment le cas des pays du Sahel où l'aide alimentaire, malgré ses implications politiques, est sollicitée chaque année pour sauver les populations menacées par la famine.

Le faible niveau de production du sorgho dans les pays tropicaux a pour origine de nombreux obstacles parmi lesquels les éléments climatiques, les pressions exercées par les complexes parasitaires et les diverses contraintes socio-économiques. Face à cette situation, des efforts de recherches sont entrepris par des instituts tels que l'ICRISAT, l'IRAT, et le CILSS pour améliorer et stabiliser les rendements. Ainsi la sélection de variétés plus performantes et la maîtrise de certains aspects agronomiques de la culture du sorgho sont entreprises dans des programmes de recherches à l'échelle nationale et régionale.

.../...

Au Burkina Faso, le sorgho occupe la première place dans la production céréalière. En ²⁰⁰³1984 sa production a été évaluée à 594.160 tonnes (statistiques du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, 1984). Pour l'année ²⁰⁰²1983, la FAO a estimé cette production à 600.000 tonnes pour une superficie totale d'environ 1.000.000 d'hectares (FAO, 1984). Le sorgho est l'aliment de base pour la grande majorité de la population burkinabè. Cependant le manque de planification rigoureuse, les difficultés d'acquisition de technologies modernes et les attaques parasitaires limitent sa production. Parmi les microorganismes du sorgho, nous nous sommes penchés sur les dégâts causés par le Colletotrichum graminicola (Cesati) Wilson, dégâts qui dans certains cas sont préjudiciables à sa production. Ce pathogène a été signalé comme agent responsable de l'antracnose et de la pourriture rouge des tiges. Toutefois les dégâts signalés dans de nombreuses régions n'ont fait l'objet d'aucune évaluation de pertes. L'identification correcte des ennemis potentiels des cultures est une nécessité pour la mise au point d'une politique phytosanitaire adéquate pour amoindrir les dégâts causés par les différents ravageurs. Aussi la défense des cultures est-elle un élément de formation indispensable à l'agronome pour l'aider à intervenir efficacement auprès des agriculteurs.

// Toutes ces considérations expliquent le choix de ce thème dont l'objectif principal est de déterminer les ^{dégâts} pertes relatives occasionnées par Colletotrichum graminicola. Notre stage a eu pour cadre la section pathologie du Laboratoire de Recherches du Service de la Protection des Végétaux. A travers nos différents travaux nous espérons apporter notre contribution aux multiples efforts de la recherche appliquée au service des producteurs. Ce travail réalisé s'articule en deux parties :

.../...

- une première partie abordera quelques caractères distinctifs du sorgho, sa pathologie et son importance économique.

- quant à la deuxième partie elle traitera des différents aspects de l'incidence du pathogène par des tests réalisés en Laboratoire et des travaux au champ. Nous mettrons en relief quelques points ouvrant des perspectives pour une étude plus approfondie du pathogène et de son incidence sur la production du sorgho.

.../...

Au sein de chaque race, il existe une subdivision selon la longueur du cycle des sorghos :

- variété hative : 80 à 110 jours
- variété semi-hative : 110 à 130 jours
- variété semi-tardive : 130 à 145 jours
- variété tardive : 145 à 190 jours.

Sur le plan agronomique, les sorghos sont classés en cinq catégories qui sont : les sorghos grains, les sorghos fourragers, les sorghos sucrés, les sorghos à sirop, les sorghos à balais et les sorghos herbacés.

Le sorgho est une plante généralement de grande taille d'où son nom tiré du latin "surgo" signifiant je m'élève. Ses tiges sont droites et pleines. Chaque noeud porte un bourgeon latéral qui peut rester rudimentaire ou bien évoluer pour donner naissance à des tiges secondaires. Les feuilles de sorgho en disposition alternée sont longues, larges entières, glabres, retombantes et pourvues de très longues gaines. La partie souterraine du sorgho est formée d'entrenoeuds très courts d'autant plus courts qu'ils sont près de la base. Ces entrenoeuds portent des racines toutes adventives, fibreuses et développant de nombreuses radicelles latérales.

L'inflorescence du sorgho est une panicule rameuse. Sa taille, sa compacité et la longueur de son axe sont des caractères variables selon les variétés. L'enveloppe florale est classiquement constituée de deux glumes et de deux glumelles qui forment la partie externe de la fleur abritant le pistil. Suivant les variétés, le grain peut être blanc, blanc jaunâtre, blanc et noir, brun, jaune et violet.

.../...

Le sorgho est une plante de climat chaud à arrière saison chaude et sèche. Sa température minimal de germination se situe entre 10 et 15°C. Le zéro de végétation est de 12°C. Le sorgho est une plante de jours courts c'est à dire que généralement le raccourcissement de la longueur des jours stimule la floraison. Le bon développement de son système racinaire et les dimensions réduites de ses stomates font du sorgho une plante résistante à la sécheresse. La période critique de déficit hydrique se situe entre le stade gonflement et le stade grains pateux.

I.1.2. Origine et dispersion

Le sorgho figure parmi les plantes domestiquées par l'homme entre le 4^e et le 3^e millénaire avant Jésus Christ. Il serait originaire de l'Ethiopie actuelle d'où il a été véhiculé à travers les continents par le mouvement des populations. De l'Ethiopie le sorgho aurait migré vers l'Afrique Occidentale à travers le Soudan aux environs du Néolithique. Le sorgho aurait migré vers le centre, l'Est et le Sud de l'Afrique durant la même période. Il atteindra le continent américain grâce à la traite des esclaves par la côte Ouest de l'Afrique occidentale.

I.1.3. Importance économique

En production, le sorgho se classe au quatrième rang mondial après le blé, le riz et la maïs. Sa zone de culture est comprise entre les latitudes 45° Nord et 45° Sud. C'est l'aliment de base de plus de 400 millions d'hommes répartis à travers les zones tropicales, subtropicales et tempérées.

.../...

Les grandes régions productrices sont les Etat-Unis d'Amérique, l'Inde et la Chine populaire. Dans les zones semi-arides tropicales le sorgho couvre environ 80% des superficies emblavées soit plus de 43,3 millions d'hectares (DAVIES, 1978). La répartition géographique en terme de superficie pour l'Afrique occidentale, l'Afrique de l'Est, l'Afrique australe, l'Amérique et l'Inde est respectivement de 24%, 22%, 19% et 10%. Le rendement moyen varie entre 500 et 800 kg/ha pour les régions semi-arides tropicales à 4194 kg/ha pour les pays à agriculture développée de l'Europe (DAVIES, 1978). Le tableau 1 illustre la production du sorgho à l'échelle mondiale et régionale de 1979 à 1983.

L'utilisation de la production du sorgho diffère selon les régions. Ainsi dans les pays dits en voie de développement le sorgho couvre près de 96% des besoins alimentaires de l'homme. Par contre pour les pays dits développés ce taux n'est que de 17%, le reste étant réservé à l'alimentation animale et à l'industrie. Là où le sorgho est à la base de l'alimentation humaine, son grain est utilisé pour la préparation de divers plats tels que les pâtes (localement appelé tô), le pain, le couscous, la bouillie. Traditionnellement les grains sont aussi utilisés pour fabriquer la bière locale (dolo). Par ailleurs les tiges sèches sont affectées à des usages domestiques tels que la confection de clôtures, de hangars, de nattes et la fabrication de la potasse. Les tiges servent également de source d'énergie compte tenu de la rareté du bois de chauffage surtout dans les pays sahéliens. Le sorgho peut également servir dans l'alimentation animale et à des fins industrielles. Dans le premier cas il s'agit d'aliments reconstitués à partir des grains et de pâturages de sorgho fourragers. Les diverses utilisations du sorgho dans l'industrie sont les suivantes :

- la fabrication de brosses et de balais à l'aide des panicules.
- la production d'alcool, de glucose, d'amidon, d'huile de germe et de tourteaux.

.../...

Tableau 1 : Production mondiale du sorgho de 1979 à 1983

(Source : FAO production Yearbook, 1981, 1982, 1983)

Continents et pays	Superficie X 1000 ha					Rendement (Kg/ha)					Production x 1000 tonnes				
	1979	1980	1981	1982	1983	1979	1980	1981	1982	1983	1979	1980	1981	1982	1983
MONDE	146243	144993	147762	147813	146499	1409	1241	1507	1463	1344	165171	155839	171984	169930	162483
AFRIQUE	114053	114572	115312	115608	115051	718	712	730	670	597	110083	10373	11174	10459	8986
BURKINA FASO	900	850	1200	1048	1000	678	658	625	581	600	610	559	750	609	600
NIGER	716	752	982	1136	1114	484	494	278	314	325	346	380	273	357	362
NIGERIA	6000	6000	6025	6025	5925	631	633	637	639	449	3725	3800	3835	3050	2660
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
ASIE	121639	12053	120840	120574	120811	958	946	987	1046	1109	120735	19432	20566	21516	23164
CHINE	3174	3103	3004	2786	2803	2412	2388	2500	3402	3573	7656	7410	7510	9478	10014
INDE	116674	115610	11600	116110	116500	699	673	719	663	727	111648	10504	11500	10676	12000
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
EUROPE	194	179	206	160	163	3620	3666	3526	3413	3287	714	657	727	547	535
ESPAGNE	43	37	60	27	20	5058	4785	3500	4259	4050	217	175	210	115	81
FRANCE	84	71	66	57	58	4075	4759	4827	4560	4314	339	336	320	259	236
URSS	80	95	92	132	200	1113	1214	1087	750	900	89	119	100	100	180
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
AMERIQUE (Nord + centre)	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
MEXIQUE	7185	7119	7793	7470	6342	3483	2814	3744	3559	3022	125027	20031	29174	2658	19167
U.S.A.	1456	1579	1767	1275	1896	1690	3048	3562	3689	3358	3917	4812	6296	4717	6367
	5221	5068	5555	5766	4006	3935	2903	4025	3707	3093	120546	14712	22360	21372	12270
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
OCEANIE	471	522	653	651	700	2401	1779	1680	2021	1416	1131	929	1098	1316	986
AUSTRALIE	449	519	649	649	698	2400	1779	1679	2020	1413	1125	922	1090	1311	986

1.2. LES PRINCIPAUX PARASITES DU SORGHO

Le sorgho est attaqué par divers agents pathogènes et qui sont à l'origine de plusieurs types de maladies :

- les maladies racinaires et des tiges,
- les maladies foliaires,
- les maladies des inflorescences et les moisissures des grains. ↗

1.2.1. Maladies racinaires et des tiges

Les cas de pourritures racinaires sont essentiellement dûs à Periconia circinata (Wang.) Saccardo et Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid., en association avec d'autres champignons et nématodes.

Doë (1978) a révélé une association entre plusieurs types de pourriture de tiges :

* la pourriture charbonneuse causée par Macrophomina phaseolina dont la forme imparfaite est Sclerotium bataticola Taub. Cette maladie est caractérisée par une verse abondante et un mauvais remplissage des grains. Les tissus des entrenœuds de la base sont désorganisés et présentent des fibres vasculaires nettement séparées avec de petits sclérotés noirs et durs.

* la pourriture sèche due à Gibberella fujikuroi (Saw.) et dont la forme imparfaite est Fusarium moniliforme Sheldon. Cette pourriture se présente sous forme de décolorations rouges à brunes des tissus internes du rachis et de la hampe florale.

.../...

* la pourriture rouge associée à Glomerella graminicola (Politis) avec comme forme imparfaite Colletotrichum graminicola (Cesati) Wilson. Des symptômes sont des décolorations rouges distinctes parsemées de tissus blancs dans les nœuds et les entrenœuds des tiges.

1.2.2. Les maladies foliaires

* L'antracnose a pour agent pathogène le Colletotrichum graminicola (Cesati) Wilson. Les plants infectés présentent de petites taches circulaires à elliptiques d'environ 5mm de diamètre sur le limbe foliaire et la nervure centrale. Ces taches sont de couleur paille au centre avec un pourtour rouge ou pourpre. Dans des conditions humides il se forme sur les lésions, des fructifications (acervules) sur lesquelles sont hérissés de petits piquants noirs correspondant aux soies.

* La maladie des "bandes de suie". L'agent pathogène responsable est le Ramulispora sorghi (Ellis et Everhart) Olive et Lefebvre. Les lésions allongées et de forme elliptique sont entourées d'un halo jaune bien distinct. Ces lésions se recouvrent d'une efflorescence grisâtre puis d'une poudre noire (formation de sclérotés) qui part facilement au toucher.

* L'helminthosporiose. L'agent pathogène Helminthosporium turcicum Pass. provoque de longues lésions nécrotiques et elliptiques sans halo bien distinct. Si les conditions sont humides, une discrète efflorescence grise ou brune correspondant aux conidiophores et conidies apparaît sur les lésions mais sans formation de sclérotés noirs.

.../...

* La maladie des "taches grises". Elle est causée par Cercospora sorghi Ellis et Everhart. Les lésions sont rectangulaires de 5 à 15 mm de longueur et de 2 à 5 mm de largeur. Elles sont typiquement de couleur rouge sombre à violacée avec un centre un peu plus clair.

* La maladie des "taches ovales". Elle est associée à Ramulispora sorghicola. Les symptômes sont des lésions grossièrement circulaires de 2 à 4 mm de diamètre avec un pourtour rouge sombre et un centre plus clair. L'absence de soies noires et saillantes sur les fructifications permet d'éviter toute confusion avec l'antracnose.

* La maladie des "grains de sable". L'agent causal est Ascochyta sorghina Saccardo. Les symptômes apparaissent sous forme de taches foliaires légèrement chlorotiques et sur lesquelles se développent des groupes de pycnides arrondies et noires. Les lésions deviennent coalescentes pour former de grandes plages nécrotiques, irrégulières et rugueuses au toucher.

* La maladie des "taches zonées". Elle est associée à Gloeosporium sorghi Bain et Edgerton. Elle est caractérisée par des lésions circulaires ou semi-circulaires avec des plages différemment colorés et disposées en zones concentriques.

1.2.3. Les maladies des inflorescences et les moisissures des grains

Les charbons et l'ergot sont les maladies les plus courantes au niveau des inflorescences.

.../...

* Le charbon de la panicule est associé à Sphacelotheca reiliana (Kuhn) Clinton. La panicule est partiellement ou complètement transformée en un gros sac blanchâtre dont la membrane se brise facilement. La rupture de cette membrane libère une poudre et de longs filaments noirs.

* Le charbon couvert est provoqué par Sphacelotheca sorghi (Link) Clinton les grains sont remplacés individuellement par de petits sacs coniques de couleur crème à brun clair contenant une poudre noire et dont les parois résistent au battage.

* Le charbon nu, Sphacelotheca cruenta (Kuhn) Potter transforme individuellement les grains en petits sacs remplis d'une poudre noire. Celle-ci est libérée avant ou juste après l'émergence de la panicule et laisse apparaître de longs organes pointus, noirs et souvent incurvés qui sont les restes des organes vasculaires.

* Le charbon allongé. Il est dû à Tolyposporium ehrebergii (Kuhn) Patouillard. Quelques grains disséminés sur la panicule sont remplacés par de longs sacs cylindriques blanchâtres contenant une poudre et des filaments noirs.

* L'ergot. Cette maladie causée par Sphacelia sorghi McRae est également appelée maladie sucrée. Sa caractéristique principale est la sécrétion par les fleurs infectées d'un liquide crémeux et collant, le miellat. L'abondance de cet exudat rend la panicule noire.

Quant aux moisissures des grains, elles sont provoquées par un complexe de plusieurs champignons dont les plus fréquents sur les grains moisies sont : Fusarium spp., Curvularia spp., Aspergillus spp., Penicillium spp.

.../...

I.2.4. Quelques insectes nuisibles du sorgho

Deux insectes sont signalés ~~comme~~ ravageurs dominants au Burkina Faso. Il s'agit de Contarinia sorghicola Coq. et de Busseola fusca Hems.

* Contarinia sorghicola ou cécidomyie du sorgho est une petite mouche qui pond sur les panicules au moment de la floraison. Les larves pénètrent dans l'épillet et se nourrissent de l'ovaire ce qui provoque l'avortement de la fleur. Une infestation de 75 à 100% de grains a été constaté en 1980 par l'ICRISAT dans les régions de Bobo-Dioulasso, Bazega, Koudougou, Ouagadougou, Tenkodogo et Fada N'Gourma.

* Busseola fusca a été identifié comme le principal foreur de tiges de sorgho dans les zones humides en dessous des isohyètes 900 mm (région de Banfora, Bourouriba et Bobo-Dioulasso). En 1980 l'ICRISAT a noté qu'au Sud Ouest du Burkina Faso 50 à 75% des tiges de sorgho étaient attaquées par Busseola fusca.

Outre ces parasites un certain nombre de bactéries dont Pseudomonas andropogoni (E.F. Smith) Stapp, P. syringae Van Hall et Xanthomonas holcicola (Elliot) Starr et Burkholder peuvent occasionner des pertes sensibles sur le sorgho. Du point de vue malherbologie le striga représente une mauvaise herbe redoutable pour le sorgho. L'espèce la plus courante dans nos régions est Striga hermonthica (Del.) Benth. avec des fleurs violettes.

.../...

I.3. QUELQUES CONNAISSANCES SUR COLLETOTRICHUM GRAMINICOLA

I.3.1. Taxonomie et origine de Colletotrichum graminicola

Le pathogène fait partie de :

- la classe des Septomycètes
- groupe des Deutéromycètes
- l'ordre des mélanconiales
- la famille des mélanconiées
- la sous-famille des Hyalosporées
- genre et espèce : Colletotrichum graminicola

Les Deutéromycètes regroupent un nombre important de champignons dont la forme parfaite de reproduction demeure encore inconnue. Leurs thalles se multiplient mais ne se reproduit pas au sens propre du terme. Les fructifications conidiennes remplacent la reproduction sexuée d'où le nom de Deutéromycètes donné par Saccardo (in Sutton 1980). Les mélanconiales constituent un ordre mal défini sur le plan de la morphologie mais du point de vue phytopathologie cet ordre rassemble des espèces dont les dégâts sont appelés couramment "anthracnose".

Colletotrichum graminicola a été découvert pour la première fois en Caroline du Nord et au Texas entre 1911 et 1912 mais il a été toutefois signalé en Inde et dans d'autres régions (Stevens et Hall, 1911 ; Heald, 1912 ; Tarr 1962). Ce champignon est responsable de deux maladies : la pourriture rouge des tiges et l'anthracnose. Les travaux de Berquist (1973) ont révélé que ces deux maladies sévissent surtout dans les régions chaudes et humides.

.../...

I I.3.2. Pathogénicité et dégâts

Colletotrichum graminicola est sans spécificité stricte et attaque de nombreuses plantes dont le sorgho, le maïs, la canne à sucre, le blé, le seigle, l'orge et l'avoine. Ainsi Colletotrichum graminicola isolé sur le maïs a pu infecter le sorgho mais la vulnérabilité a été faible sur le blé, l'avoine, le mil (Chowdhury, 1936). Par ailleurs une souche de ce champignon isolé à partir du sorgho a pu infecter le maïs. Certains critères morphologiques en particulier la forme et la dimension des apressorium ont permis à Sutton (1968) de distinguer les isolats parasites du sorgho et de ceux attaquant le maïs. Les résultats tendent à montrer que l'espèce Colletotrichum graminicola est en réalité un agrégat de souches morphologiques proches les unes des autres mais manifestent des différences importantes dans leur spécialisation parasitaire et leurs aptitudes pathogéniques (Sutton, 1968 ; Huguenin et al, 1982) et Sutton (1968) suggeraient au sein de l'espèce graminicola, l'existence de deux unités taxonomiques distinctes regroupant respectivement les souches parasites du maïs et celles attaquant le sorgho et les autres graminées. Huguenin et al (1982) ont proposé une approche biochimique (notamment par l'analyse des spectres protéiques et enzymatiques) afin de résoudre certains aspects taxonomiques des relations entre les différents isolats. La forme parfaite de Colletotrichum graminicola a été attribuée à Glomerella graminicola suite aux travaux de Politis (1975). Par ailleurs trois mauvaises herbes ont été signalés comme hôtes secondaires du pathogène. Il s'agit de Echinochloa colona (L.) Link, Digitaria sanguinalis (L.) Scop. et Dactyloctenium aegyptium (L.) P. Beauv. (ICRISAT Annual Report, 1982).

.../...

L'incidence de la pourriture rouge du sorgho associée à Colletotrichum graminicola est liée au degré de senescence des tissus de la tige (Katsanos et Pappelis 1965, 1969) et à l'absence de structures carbohydriques dans les tissus senescentés (Esechie et al, 1977). Du point de vue mécanisme d'infection, on admet généralement que les conidies et le mycelium du champignon pénètrent dans les tiges par les ouvertures naturelles ^{au niveau des} jeunes bourgeons axillaires et par les blessures mécaniques occasionnées lors de certaines pratiques culturales. Il existe une corrélation entre la pourriture rouge d'une part avec le stress hydrique (Rosenow, 1978) et d'autre part avec le stress photosynthétique (Dodd, 1978). Le stress photosynthétique inclut un certain nombre de facteurs tels que le déficit hydrique, la réduction de la lumière, celle du tissu foliaire et la déficience minérale. Dodd (1978) a noté une prédisposition des racines et des tiges au stress photosynthétique. Cette prédisposition débute avec la senescence des tissus racinaires du fait de l'insuffisance des éléments minéraux indispensables au métabolisme normal du sorgho. Les tissus senescentés deviennent incapables de synthétiser les métabolites de résistance et sont alors attaqués par le champignon. C'est ainsi que Katsanos et Pappelis (1966) ont montré que Colletotrichum graminicola ne pénètre dans les tissus qu'après stress induit par la coupure des racines.

Dans les conditions d'humidité favorables au développement de Colletotrichum graminicola, il occasionne des pertes considérables sur le sorgho. Le recensement de la mycoflore interne a été faite sur les graines de cinq variétés au Burkina Faso. Ainsi le pourcentage de grains naturellement contaminés par Colletotrichum graminicola était de 13,0%, 8,7%, 15,3%, 22,3% et 9,3% respectivement sur les variétés suivantes : 139 - 2, E35 - 1, Gnofing, Cuedzouré et S-29 (KABORE, 1982). Les graines de la

.../...

variété Gnofing, avec Colletotrichum graminicola ont présenté après 7 jours de croissance des plantules, une inhibition de croissance de 23,1% au niveau des tiges, 11,9% pour les racines et un taux de fontes de semis de 12,6% (Kaboré, 1982). L'inoculation du champignon aux graines de cette même variété a donné 23 à 36% de talles atteintes de pourriture rouge ce qui s'est traduit par des pertes de 7,80 à 31,86% en poids de grains récoltés (Laboratoire de Recherches de la Protection des Végétaux, Rapport annuel 1983). En Inde, Mishra et Siradhana (1979 b) ont estimé ces pertes en rendement de l'ordre de 1,2 à 16,4% en plein champ avec du sorgho naturellement infecté par Colletotrichum graminicola.

II. INCIDENCE DE Colletotrichum graminicola SUR LE
DEVELOPPEMENT DU SORGHO

Un certain nombre de recherches ont permis de recenser le mycoflore fongique des semences des céréales en général et celle du sorgho en particulier (Neergaard, 1979, KABORE, 1982). Les champignons les plus couramment rencontrés à la surface ou à l'intérieur des graines de sorgho sont Fusarium moniliforme, Macrophomina phaseolina, Phoma herbarum, Colletotrichum graminicola, Curvularia lunata, C. eragrostidis, C. clavata, C. pallescens, C. borrieriae et Ramulispora sorghi. Au cours de la présente étude nous nous sommes intéressés au cas particulier de Colletotrichum graminicola.

Les agriculteurs sèment chaque année des semences contaminées ce qui est à l'origine de pertes non évaluées tant au semis qu'à la récolte. Cette situation ne favorise donc pas une bonne récolte surtout que les techniques culturales demeurent à un stade traditionnel dans notre pays. Nous avons tenté de faire des évaluations de pertes dues à C. graminicola à partir des tests réalisés en Laboratoire et des travaux en plein champ. Au Laboratoire les tests ont visé à connaître les effets du pathogène sur la germination des graines ainsi que sur la levée et la croissance des plantules.

Au champ, les travaux comportaient deux aspects :

- une évaluation des pertes en rendement suite à des inoculations artificielles des tiges de sorgho.
- des enquêtes sur les attaques de l'antracnose à travers quelques localités dans l'Ouest du Burkina Faso.

.../...

II.1. MATERIELS ET METHODES

II.1.1. Tests en Laboratoire

II.1.1.1. Isolement du C. *graminicola*

La souche de C. graminicola (Ces) Wilson a été isolée à partir de graines de la variété Gnofing de la campagne 1983. Pour l'obtention de cette souche nous avons procédé par une série de manipulations :

- Désinfection superficielle des graines

La désinfection des graines est nécessaire avant toute incubation afin d'éviter la pollution à la surface des semences. La prolifération des saprophytes rend difficile l'isolement et la purification des souches pour le cas de semences non désinfectées. La technique consiste à tremper chaque échantillon de graines dans une solution d'éthanol à 70% pendant 15 secondes ensuite dans l'hypochlorite à 1% durant 10mn. Après plusieurs rinçages à l'eau distillée stérilisée, les graines sont essorées sur papier buvard stérile en boîte de Pétri.

- Incubation des graines

Après les différents pré-traitements, deux méthodes d'incubation ont servi à isoler le C. graminicola (Ces) Wilson.

- la méthode de milieu gelosé préconisée par ULSTER (Muskett, 1948)
- la méthode du papier buvard (Neergaard, 1979).

Concernant la première méthode nous avons choisi le milieu PDA (Patato Dextrose Agar) (Difco, 1974) jugé approprié pour stimuler le développement des champignons sur les grains.

.../...

On fait bouillir 200 g de pomme de terre épluchées dans un litre d'eau distillée et pendant 20 mn. Le jus recueilli est filtré et complété à 1 L. On y ajoute successivement 20g de Dextrose et 15g d' Agar

Le milieu est stérilisé à l'autoclave à 121°C pendant 20mn. Il est ensuite coulé aseptiquement dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre et préalablement stérilisées. Le coulage se fait à environ 45°C en y associant la streptomycine pure à raison de 4 ml par litre de milieu. L'utilisation de l'antibiotique permet d'éviter la contamination bactérienne qui pourrait perturber le développement du champignon. Les graines désinfectées sont ensuite ensemencées sur ce milieu à raison de 10 graines par boîte de Pétri. Après 5 à 6 jours d'incubation à l'obscurité à 28°C des colonies de champignons apparaissent au niveau de certaines graines. Après repiquage on procède à l'identification de C. graminicola.

Quant à la méthode du milieu buvard elle consiste à disposer 2 disques de papier buvard par boîtes de Pétri de 11cm de diamètre. Elles sont stérilisées au Four Pasteur à 250°C pendant 1H. Après refroidissement on humidifie les disques de papier buvard avec 4cc d'eau distillée stérilisée par boîte de Pétri.

L'ensemencement des graines se fait à raison de 10 par boîte de Pétri; Toutes ces manipulations se sont déroulées dans les mêmes conditions aseptiques que pour la première méthode. Après 5 à 6 jours d'incubation en chambre humide on observe à la loupe binoculaire le développement du pathogène.

... ..
.../...

La souche de C. graminicola isolé par l'une ou l'autre des 2 méthodes ainsi décrites est purifiée et conservée en mycothèque dans des tubes à essai contenant du milieu PDA. L'observation microscopique de la souche isolée a permis de noter les caractéristiques morphologiques suivantes : (Figure 1)

- conidiophores simples et hyalines
- conidies unicellulaires et hyalines contenant une ou plusieurs gouttelettes. Ces conidies sont falciformes et aigues aux 2 extrémités.
- dimensions des conidies : 25 à 28 u x 3,5 à 5 u
- présence d'acervules à stroma étalé pourvues de nombreuses soies longues, rigides et stériles. Ces soies sont de couleur brune, cloisonnées et retrécies à leur extrémité.
- présence de nombreux appressorium.

II.1.1.2. Méthodes d'évaluation des pertes au semis par inoculation artificielle des graines avec C. graminicola

Pour étudier l'action du pathogène nous l'avons testé sur des graines de la variété Gnofing par deux méthodes différentes :

- la méthode buvard pour mesurer l'effet du pathogène sur la germination des graines. (in Neergaard, 1979)
- la méthode des pots de sable initiée par Eggebrecht depuis 1949.

L'application de cette technique avec quelques modifications nous a permis de déterminer le pourcentage de fontes de semis et l'inhibition de la croissance des plantules issues de graines inoculées.

.../...

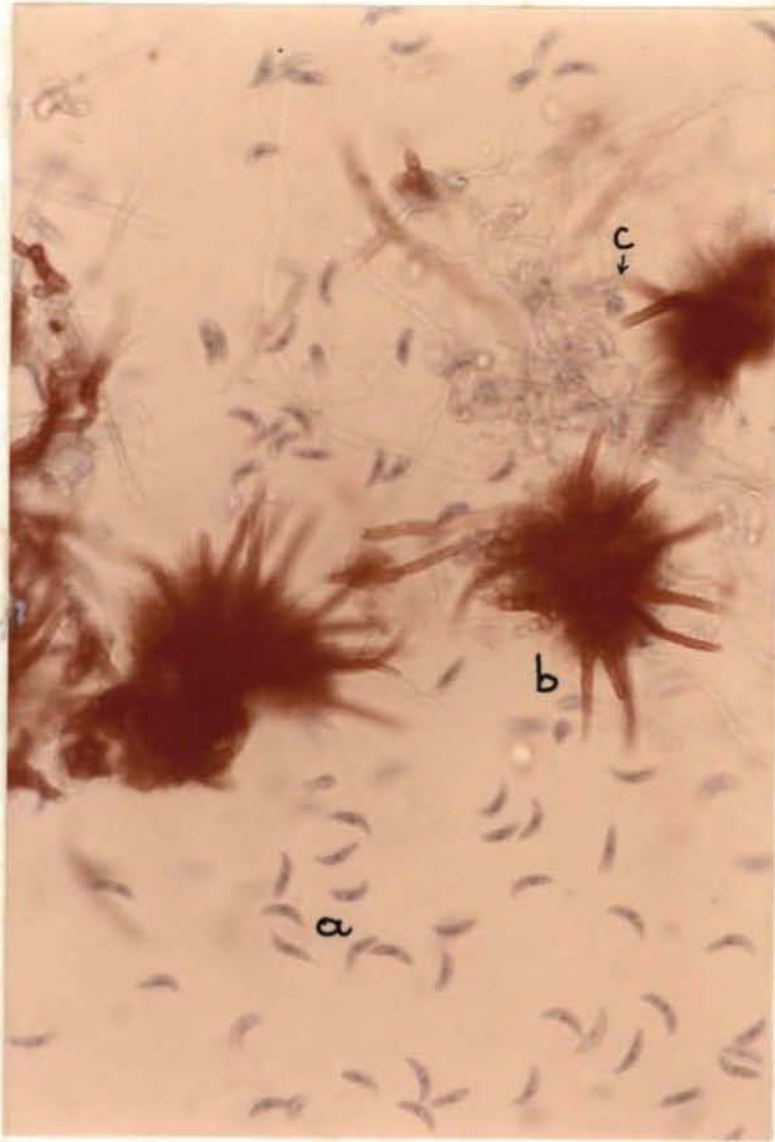


Figure 1 : Colletotrichum graminicola observé sur les graines du sorgho (X 300)

a = Conidies

b = acervules avec soies dressées

c = appressorium

- La méthode buvard

Notre objectif est de vérifier l'hypothèse selon laquelle les graines de sorgho contaminées par C. graminicola sont susceptibles d'avoir une germination amoindrie. Au total 1600 graines ont servi pour ce test. Les graines sont désinfectées superficiellement à l'éthanol 70% puis l'hypochlorite de sodium 1% selon la méthode classique décrite au paragraphe II.1.1.1.. L'inoculum est préparée à partir d'une culture pure du pathogène sur milieu PDA incubé à 28°C à l'obscurité pendant 14 jours. Une suspension de spores est préparée avec de l'eau distillée stérilisée à partir de la colonie obtenue. Après filtration avec deux couches de toile stérile, on procède à la détermination de la concentration de la suspension. Nous avons utilisé un hématimètre pour ajuster la concentration à $.2.10^7$ spores/ml. Le test comportait :

- 2 traitements : un lot de graines inoculées et un lot de graines non inoculées (témoin)
- 4 répétitions : pour chaque répétition nous avons retenu 200 graines inoculées et 200 graines non inoculées,

L'inoculation se fait par trempage des graines pendant 15mm dans la suspension de spores. Les graines sont ensuite ensemencées dans des boîtes de Pétri avec papier buvard stérile et humidifiée. L'incubation a lieu à 28°C à l'obscurité pendant 10 jours. Le comptage des germes normaux se fait successivement au 4^e jour, au 7^e jour et au 10^e jour après ensemencement.

Les résultats sont ensuite soumis au test de Khi-deux qui convient à ce genre d'essai.

.../...

- La méthode des pots de sable

Le but de cet essai est de déceler une éventuelle action de C. graminicola sur la levée et la croissance des plantules. Le test a été réalisé avec 1440 g réparties en 3 répétitions de 480 graines chacune. Nous avons retenu le bain de sable de sorte que les plantules infectées puissent révéler des symptômes comparables à ceux que présentent les cultures en plein champ. Les pots en plastique sont disposés sur le plateau d'un mini-phytotron et remplis au 2/3 avec du sable stérilisé à l'autoclave à 125° pendant 1h. Dans chaque pot nous avons fait quatre trous de semis de 2cm de profondeur. Le nombre total de pots pour l'essai était de 360 pots à raison de 120 pots pour chaque répétition. Les graines utilisées sont préalablement désinfectées à l'éthanol 70% et à l'hypochlorite de sodium 1%.

L'inoculum destiné à infester les graines a été préparé comme pour le test de germination. La concentration a été ajustée à 3×10^7 spores/ml. Les graines sont introduites dans les trous de semis à l'aide de pinces. A l'aide d'une pipette on dépose sur chaque graine du lot à inoculer 0,5ml de la suspension de spores avant de recouvrir la graine de sable. Les graines non inoculées sont semées de la même manière. Nous avons choisi une photopériode de 12h avec le mini-phytotron éclairé par 6 lampes de néon de 40 Watt chacune. L'arrosage se fait avec de l'eau pendant les 4 premiers jours. A partir du 4^e jour après semis et compte tenu de l'épuisement progressif du sable en éléments nutritifs, l'eau a été remplacée par une solution nutritive. Nous avons retenu la solution de Knop (in Beuriat, 1981) pour assurer le développement normal des plantules (Tableau 2).

.../...

Tableau 2 : Composition de la solution de Knop

<u>NOMS DES SELS</u>	<u>QUANTITES (G/L D'EAU)</u>
Nitrate de calcium	1
Nitrate de potassium	0,25
Sulfate de magnésium	0,25
Phosphate monopotassique	0,25
Chlorure ferrique	0,0125

Les mesures suivantes ont été faites au cours de l'essai :

- comptages du nombre de plantules fondues au 4^e jour, 7^e jour, 10^e jour, 14^e jour, 17^e jour et 21^e jour. Il s'agit de fontes post-levée, c'est à dire de plantules qui flétrissent et meurent après l'émergence du Coléoptyle.

- mesure de la hauteur des plantules non fondues au 21^e jour de croissance.

Les résultats ont été analysés par le test de Khi-deux

II.1.2. Travaux aux champs

II.1.2.1. Incidence de la pourriture rouge des tiges causée par le C. graminicola

L'étude de l'incidence de la pourriture rouge des tiges de sorgho due à C. graminicola est aujourd'hui une nécessité. Il nous est donc apparu opportun d'en préciser le niveau des dégâts afin de sensibiliser les vulgarisateurs et les producteurs sur l'importance de cette maladie. Pour cela nous avons utilisé du matériel et des méthodes appropriés que nous resumons ici.

- Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé était la variété Gnofing originaire de Koriba et classée dans la race Guinea. C'est une variété à longues tiges de 3 à 5m et dont les panicules sont lâches et retombantes. Les glumes sont

.../...

noires et contiennent des graines blanc-ivoires à bonne vitrosité et peu tacheté. Elle est photosensible et son cycle végétatif couvre 95 jours ; pour un semis du 15 juin la floraison a lieu le 20 Septembre. Sa zone de culture correspond aux régions situées au Sud de l'Isobryète 900 et englobe les ORD (Organismes Régionaux de Développement) du Centre-Nord, de la Bougouriba, de la Comoé, des Hauts-Bassins, de la Volta-Noire et de l'Est). Les potentialités de la variété Gnofing sont évaluées à 30 à 40q/ha. Les semences utilisées sont issues des essais de la campagne 1983.

- Dispositif expérimental

L'essai a été mené à Matourkou localité situé au Sud Ouest de Bobo-Dioulasso. Le dispositif expérimental adopté est celui du bloc de Fisher à 5 répétitions et 6 traitements. Les traitements sont ^{les} différents stades phénologiques du sorgho correspondants aux inoculations effectuées.

T₁ : Témoin

T₂ : Stade 5 à 6 noeuds

T₃ : Stade apparition feuille banniculaire

T₄ : Stade début épisaison

T₅ : 50% de floraison

T₆ : 50% de maturité laiteuse

Chaque parcelle élémentaire comportait 3 lignes de 11 poquets dont 3 lignes centrales sont réservées à la parcelle utile. Il a été retenu 0,80m comme distance entre les lignes de semis et 0,40m entre les poquets. La nature du sol est de type argilo-sablonneux avec faible taux de matières organiques. Après un labour au tracteur, le semis a été réalisé le 18 Juin 1984 avec des graines traitées au Thioral 25% à la dose de 250g/q. Au 10^e jour après le semis le furadan (Carbofuran 5G) a été appliqué en sillon à une distance de 2 à 3 cm des poquets et à la dose de 1,5g/poquet

soit 16,5g/10m de ligne de semis. Le fumon est un insecticide nématocide qui agit par contact et par **système**. Son utilisation est justifiée par les fortes attaques de borers de tiges constatées dans les essais de la campagne dernière. Pour la fertilisation l'engrais NPK (14 - 23 - 14) a été appliqué 12 jours après les semis, à la dose de 150kg/ha. Par la suite, l'urée (45 - 0 - 0) a été épandue à raison de 50kg/ha au 45^e jour pendant le buttage. Tous les travaux de désherbage, de sarclage, de buttage et de récolte ont été effectués manuellement.

- Méthode d'inoculation du pathogène aux tiges.

* Préparation de l'inoculum.

L'isolement du pathogène a été obtenu selon la méthodologie exposée au paragraphe II.1.1.1. Pour chaque traitement l'inoculum est préparé à partir de ^{la} culture pure de 7 jours afin de maintenir la viabilité de la souche. Comme technique d'inoculation du pathogène aux tiges, celle des cure-dents a été retenue. Nous avons utilisé la technique de Frederiksen et Rosenow (1979) en l'adaptant à nos conditions de travail. Les cure-dents en bois de 3 cm de longueur sont placés dans des boîtes de Pétri contenant 2 disques de papier buvard pour être stériliser au Four Pasteur à 250°C pendant 1h. Après refroidissement les cure-dents sont transférés aseptiquement sur le milieu PDA en boîtes de Pétri où le C. graminicola a été repiqué 48h auparavant. Chaque boîte de Pétri contenait 25 à 30 cure-dents. Ceux-ci sont disposés en cercle, les bouts effilés tournés vers le point de repiquage du pathogène. Les boîtes de Pétri ont été incubées sous le mini-phytotron précédemment décrit.

.../...

L'incubation a lieu à la lumière blanche vive et continue et pour cela les b.P. sont disposées à 45cm en dessous des lampes. Cette méthode vise à faire sporuler convenablement le pathogène (Neergaard, 1979). A l'issue des 10 jours d'incubation les cure-dents sont colonisés par le pathogène sur une longueur de 1,5 à 2cm. L'inoculum ainsi préparé est transféré au champ.

* Inoculation

L'inoculation consiste à faire un trou à l'aide d'une aiguille au milieu du 2è entrenœud visible à la base de chaque tige. Chaque cure-dent porteur de l'inoculum y est inséré (un cure-dent par tige) perpendiculairement à la tige sans la transpercer. Les inoculations ont été faites respectivement le 31 Août (T₂), le 10 Septembre (T₃), le 19 Septembre (T₄), le 26 Septembre (T₅) et le 8 Octobre (T₆). Ces dates correspondent aux stades phénologiques pré-cités. Les plants des parcelles témoins n'ont pas reçu d'inoculum. Le nombre de plants inoculés dans chaque parcelle utile était de 70 en moyenne soit un total de 2100 plants pour tout l'essai.

- Notations sur l'antracnose

En cours de végétation, les symptômes de l'antracnose sont notées tous les 15 jours. Il s'agissait d'apprécier la sévérité d'attaque au niveau des 5 dernières feuilles. Une note globale est attribuée à l'ensemble des plants de la parcelle utile selon une échelle de sévérité de 0 à 5 (Figure 2) établie comme suit :

N.B. boîtes de Pétri

.../...

0	:	feuille saine			
1	:	5 à 10% de surface foliaire atteinte			
2	:	11 à 25%	"	"	"
3	:	26 à 50%	"	"	"
4	:	51 à 75%	"	"	"
5	:	76 à 100%	"	"	"

L'objectif de ces notations était d'établir dans nos conditions, une éventuelle corrélation entre l'antracnose des feuilles et la pourriture rouge des tiges.

- Appréciation de la pourriture rouge par la D'ssection des tiges

Les tiges réservées aux dissections sont fendues longitudinalement de la base jusqu'à la hampe florale. A ce niveau 3 critères ont été retenus pour l'appréciation de la pourriture rouge. Ce sont :

- le nombre d'entrenœuds atteints
- la longueur (cm)
- la sévérité d'attaque à l'aide d'une échelle de 0 à 5 (Figure 3) établie comme suit :

0,0 = tige sans trace de décoloration ;

0,2 = petite décoloration limitée à la partie centrale de la moelle ;

0,5 = décoloration extensive évoluant vers les 2 nœuds d'un entrenœud ;

1,0 = un entrenœud presque ou totalement décoloré sans pénétration des régions nodales ;

1,5 = un entrenœud presque ou totalement décoloré avec début d'invasion 2^e entrenœud ;

2,0 = 2 entrenœuds presque ou totalement décolorés ;

2,5 = 2 entrenœuds presque ou totalement décolorés avec début d'invasion d'un 3^e entrenœud ;

.../...

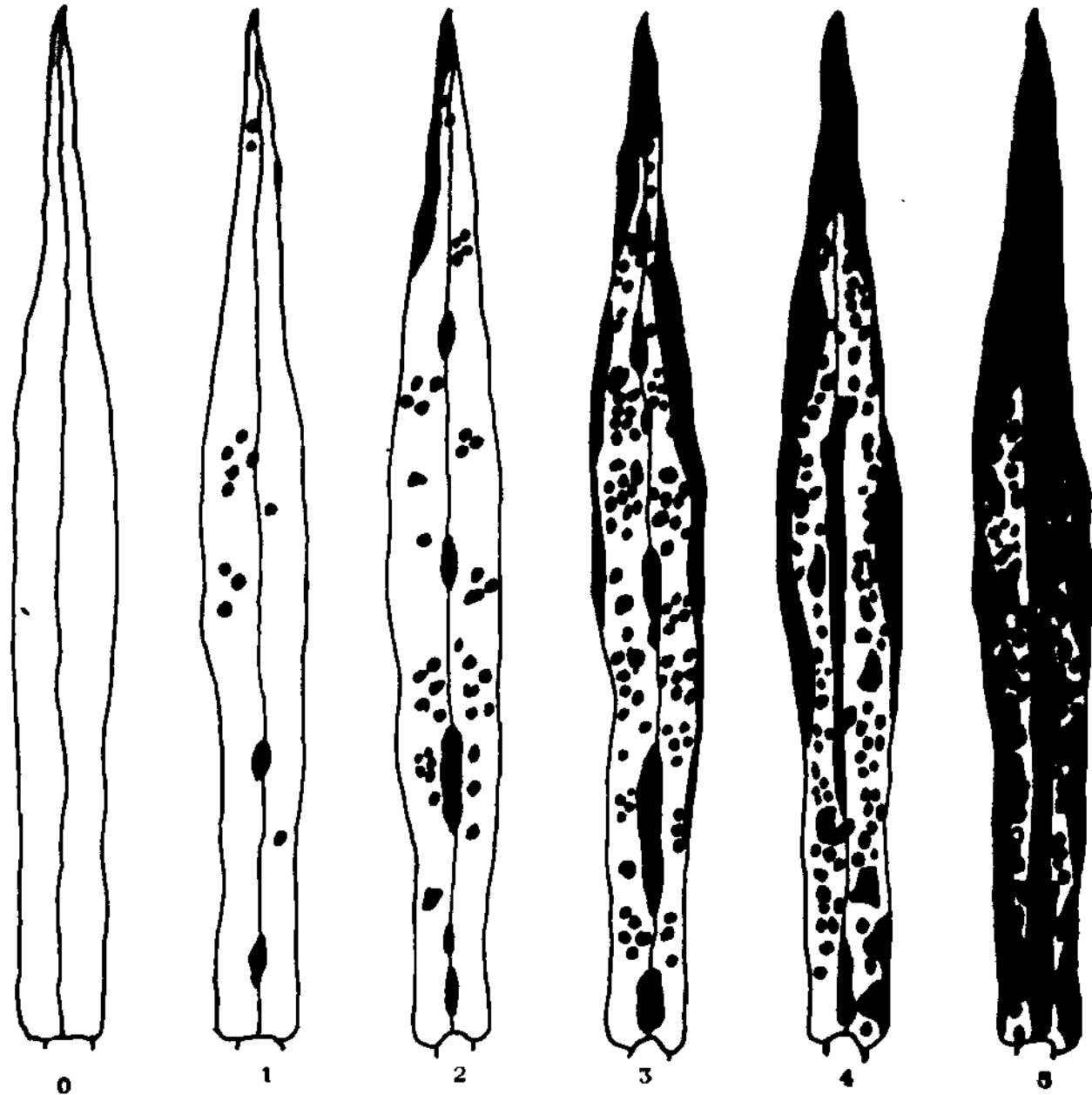


Figure 2 : Echelle de sévérité d'attaque d'antracnose du sorgho causé par Colletotrichum graminicola

- 3,0 = 3 entrenoeuds presque ou totalement décolorés ;
3,5 = 3 entrenoeuds presque ou totalement décolorés avec début
d'invasion d'un 3è entrenoeud ;
4,0 = 4 entrenoeuds presque ou totalement décolorés ;
4,5 = 4 entrenoeuds presque ou totalement décolorés avec début
d'invasion d'un 5è entrenoeud ;
5,0 = décoloration atteignant au moins 5 entrenoeuds.

Les données obtenues par le 3è critère retenu ci-dessus (Sévé-
rité d'attaque) ont permis de calculer le pourcentage de développement de
la pourriture rouge par tige (% DPR) selon la formule suivante :

$$\% \text{ DPR} = \frac{a}{N K} \times 100$$

avec a = note attribuée par tige selon l'échelle de sévérité

N = nombre total de plantes disséquées par parcelle utile

K = plus forte note de l'échelle de sévérité (K = 5)

.../...

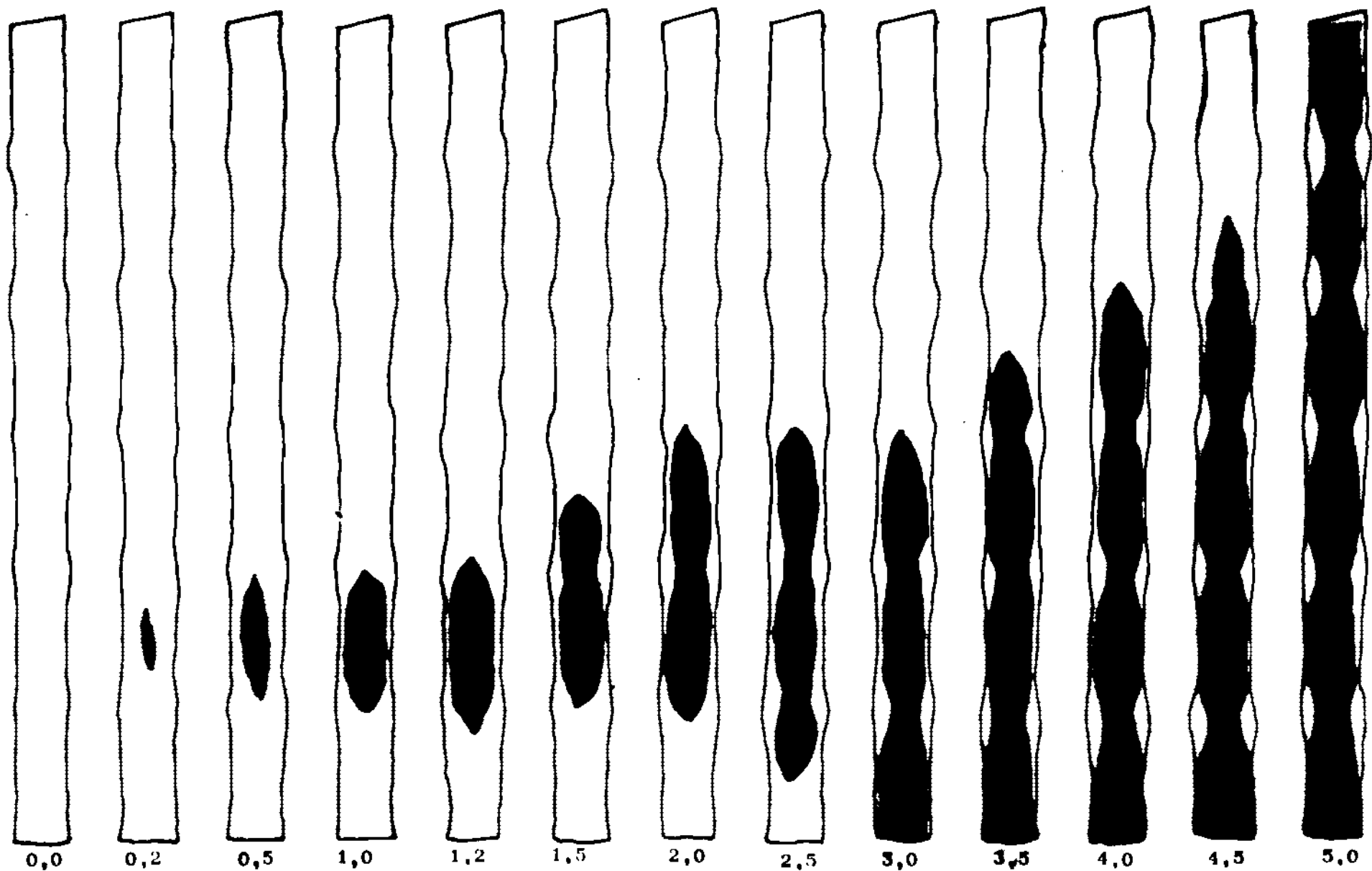


Figure 3 : Echelle de sévérité d'attaque de la pourriture rouge des tiges de sorgho causée par Colletotrichum graminicola

- Extraction du jus anthocyanique

A la récolte 150 tiges ont été retenues pour les extractions de jus anthocyanique soit 5 tiges par parcelle utile. Ces tiges sont choisies au hasard dans chaque parcelle utile. Pour chaque tige on prend une portion de 20 cm de part et d'autre du point d'inoculation. Après découpage en petits morceaux un échantillon de 20 g de moelle est broyé dans un petit mortier contenant 15 ml de tampon phosphate à pH 7,0. Le broyat est ensuite filtré et le jus recueilli est soigneusement conservé au frais dans un tube à essai étiqueté. Au total 150 tubes à essai contenant les jus anthocyaniques ont servi pour les lectures au spectrophotomètre de type COLEMAN 6/20A - Junior II A. Le pourcentage de transmittance et l'absorbance ont été mesurés pour chaque échantillon. Toutes ces lectures ont été faites à 430nm, longueur d'onde retenue après calibrage et étalonnage. Compte tenu de la concentration assez élevée du jus, nous avons dilué 5 fois chaque échantillon avant la lecture.

II.1.2.2. Méthodologie des prospections phytosanitaires
en milieu paysan pour le suivi de l'importance
de l'antracnose

L'objectif visé par les enquêtes en milieu paysan, c'est de connaître les réalités phytosanitaires du sorgho afin d'orienter en conséquence le travail de Laboratoire. La présente étude limitée à l'antracnose a couvert huit localités choisies dans l'Ouest du Burkina Faso. Les différents sites de prospections (cf carte de l'ORD des Hauts-Bassins) sont les suivants : Dandé, Fô, Karankasso-Vigué, Moundé, Mahon, Satiri, Sogossagasso, Toussiana). Dans toutes ces localités les agriculteurs utilisent des variétés locales de sorgho sans traitement de semences.

.../...

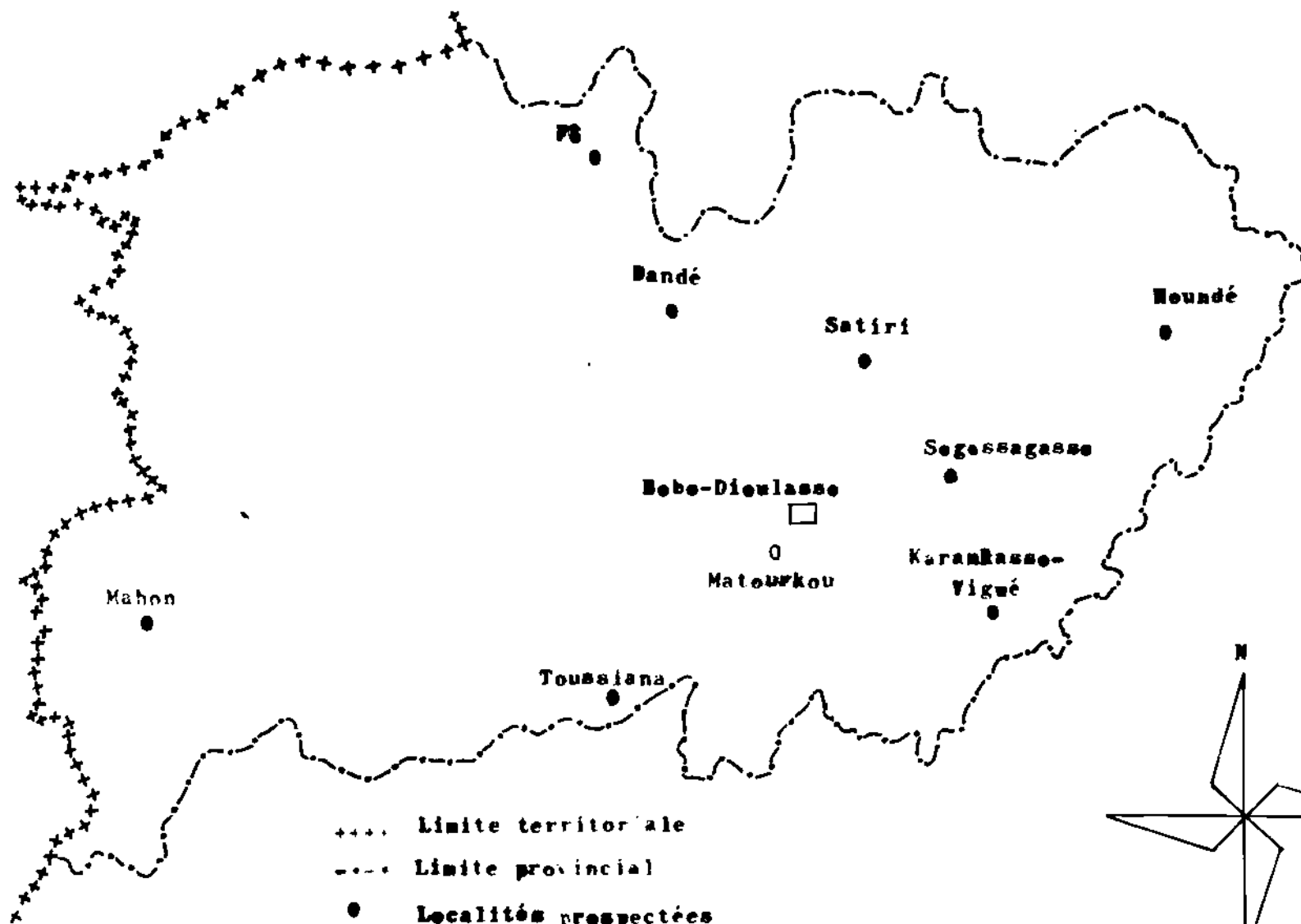
Les semences hébergent généralement des parasites dangereux comme le *C. graminicola* ce qui occasionne des pertes tant au semis qu'à la récolte. Dans chaque localité nous avons retenu des champs de 1 à 2 ha. Le comptage du nombre de tiges atteintes d'anthracnose s'effectue dans 5 carrés de 100 à 150 poquets pour chaque champ. Ces carrés sont choisis suivant la méthode des diagonales c'est à dire quatre carrés aux angles et le 5^e au centre du champ. Des passages multiples sont effectués dans chaque site afin de cerner l'évolution de la maladie au cours du cycle de développement du sorgho.

.../...

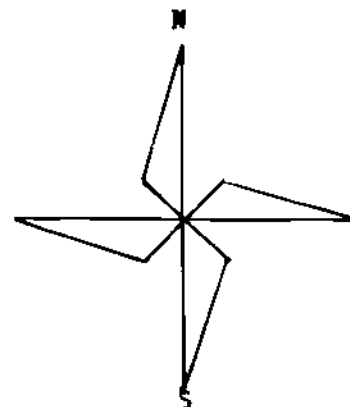
BURKINA FASO

R.D. des Hauts-Bassins

MALI



- +++ Limite territoriale
- Limite provinciale
- Localités prospectées
- Site de l'essai pourriture rouge



Echelle : 1/1 000 000è

II.2. REULTATS ET DISCUSSIONS

II.2.1. Effets du C. graminicola sur la germination des graines, la levée et la croissance des plantules

Au total 1600 graines ont été incubées en boîtes de Pétri à 28°C à l'obscurité pour déterminer le pourcentage de pertes à la germination. Les résultats obtenus ont été testés par la méthode du Khi-deux (X^2) avec correction de Yates.

Tableau 3 : Test de Khi-deux ^{appliqué} à l'effet du Colletotrichum graminicola sur la germination des graines du sorgho en boîtes de Pétri

Traitements	Effet du pathogène		Total
	Graines germées	graines non germées	
Graines non inoculées	728 (686,5)	72 (113,5)	800
Graines inoculées	645 (686,5)	155 (113,5)	800
Total	1373	227	1600

N.B. Les chiffres entre parenthèses sont des valeurs théoriques

$$X^2 = \left(\frac{\text{Valeur observée} - \text{valeur théorique} + 0,5}{\text{Valeur théorique}} \right)^2 = 34,52$$

X^2 théorique = 10,827 au seuil de 1 % 1 degré de liberté

Le X^2 calculé est nettement supérieur au X^2 théorique ce qui nous permet de conclure que le test est hautement significatif au seuil de 1 % . La différence de taux de germination entre les graines contaminées et non contaminées n'est donc pas l'effet du hasard. Le champignon en présence de la graine en germination exercerait une pression mécanique et physiologique

.../...

empêchant l'apparition de la radicule et du coléoptyle. Nous avons obtenu un taux de germination de 91,00% pour le ^{témoin} et 80,62 % pour le lot artificiellement contaminé. Cela correspond à une perte relative de 10,38%.

L'action du *C. graminicola* a été par ailleurs mesurée au niveau de la levée et de la croissance des plantules par la méthode des pots de sable. Ainsi l'infection artificielle des graines a permis de faire une appréciation quantitative et qualitative des fontes de semis observées. Sur 1440 graines semées en pots, seulement 1257 graines ont germé. L'examen de toutes les plantules a révélé que 1171 plantules sont normales tandis que 86 cas de fontes de semis ont été notés.

Tableau 4 : Test de Khi-deux (χ^2) appliqué au nombre de fontes post-levée des plantules de sorgho issues des graines artificiellement contaminées ou non par *Colletotrichum graminicola*

Traitements	Effet du pathogène		Total
	plantules normales	Plantules fondées	
Graines non inoculées	597 (557,09)	1 (40,91)	598
Graines inoculées	574 (613,91)	85 (45,09)	659
Total	1171	86	1257

N.B. Les chiffres entre parenthèses sont des valeurs théoriques

$$\chi^2 = \left(\frac{\text{Valeur observée} - \text{valeur théorique} - 0,5}{\text{Valeur théorique}} \right) = 77,79$$

χ^2 théorique = 10,827 au seuil de 1 % à 1 degré de liberté.

.../...

Le test de Khi-deux a révélé une différence hautement significative entre les graines contaminées et les graines non contaminées par rapport aux fontes qu'elles ont présentées. Les plantules issues des semences contaminées sont susceptibles de dépérir quelques jours après la levée. En mesurant les hauteurs des plantules au 21^e jour après le semis, nous avons obtenu une longueur ^{moyenne} de 20,54cm pour le lot témoin et 16,54cm pour les plantules issues de graines infectées (Tableau 5). Il en ressort que *C. graminicola* inhibe la croissance de la tige à un taux de 19,47% par rapport au témoin. Dans nos essais les premières fontes n'ont été observées qu'à partir du 7^e jour après semis avec un taux de 3,57%. Le taux passera de 6,97% entre le 10^e et le 14^e jour pour se stabiliser à 14,81% du 17^e au 21^e jour après semis comme le montre la figure 4.

Tableau 5 : Pourcentage de germination des graines et hauteurs moyennes des plantules de sorgho issues de graines artificiellement contaminées ou non par *Colletotrichum graminicola*

Traitements	Effet du pathogène	
	Pourcentage de germination des graines (a)	Hauteurs moyennes des plantules (cm) (b)
Graines non infectées	91	20,25
Graines infectées	80,62	16,54

(a) = pourcentage de germination après 10 jours d'incubation en boîtes de Pétri

(b) = hauteurs moyennes des plantules, 21 jours après semis en pots de sable.

.../...

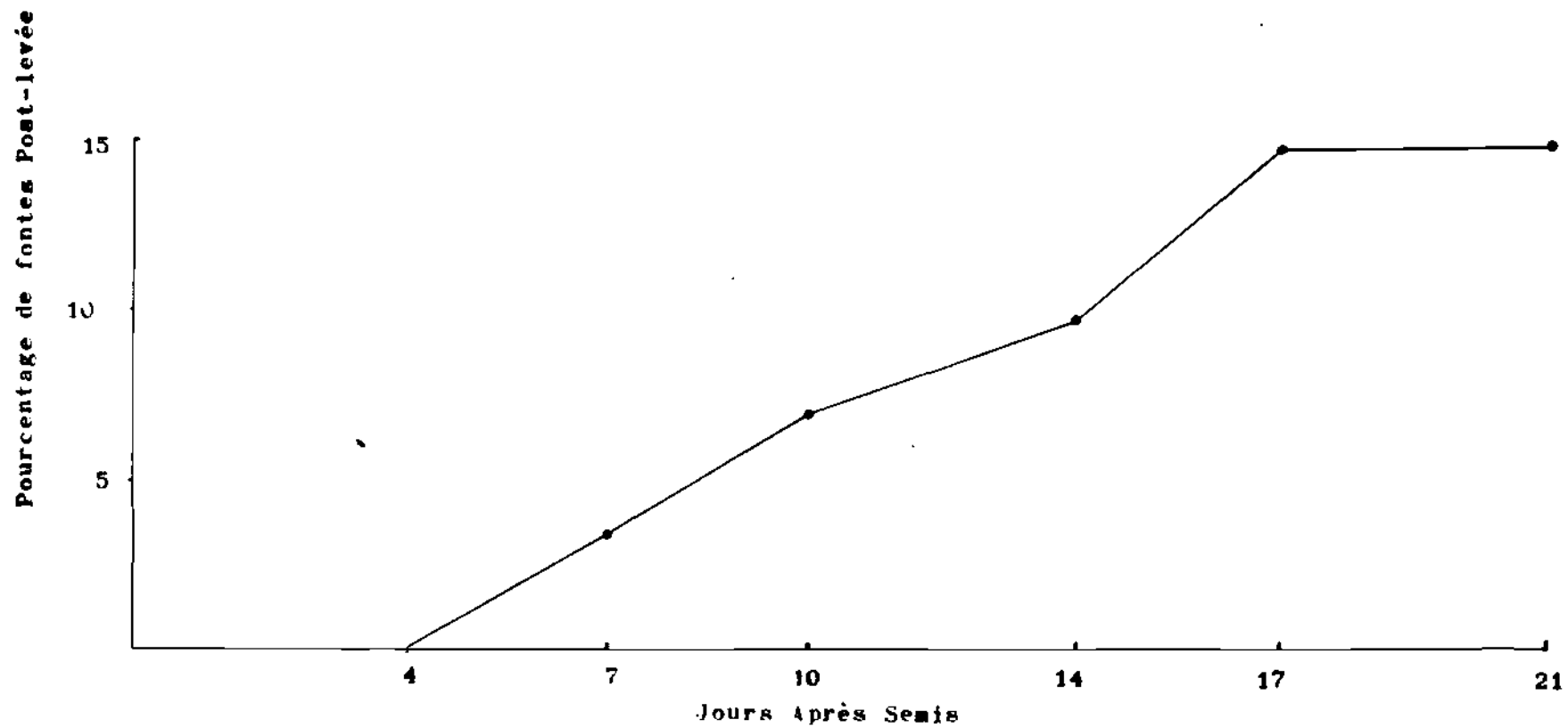


Figure 4 : Pourcentage cumulé des fontes post-levée des plantules de sorgho issues de grains artificiellement contaminées par *Colletotrichum graminicola*.

Les conclusions significatives obtenues selon les tests de Khidoux permettent de dire que C. graminicola agirait par émission de toxines pour inhiber la germination des graines et la croissance des plantules. En utilisant des sachets de croissance, Kaboré (1982) a obtenu des taux de fontes de semis de 12,6% dues à C. graminicola. Par ailleurs Betancourt (1978) a pu noter des taux d'infection de 2,5 à 3 dans une échelle de (0 à 5) avec C. graminicola inoculé à des hybrides de sorgho au Mexique. Nos résultats ont été certainement influencés par certains facteurs comme l'humidité relative, la température, la lumière, les conditions de prétraitement et le support nutritif (Neergaard, 1979 ; Nicholson et al 1980). Les mensurations n'ont pas été faites au niveau de la partie souterraine parce qu'en 3 semaines de croissance le système racinaire était beaucoup développé. La longueur des racines nous aurait peut être permis de faire une étude comparative du point de vue sensibilité au pathogène entre la partie aérienne et la partie souterraine de la plantule.

C. graminicola signalé comme agent de l'antracnose et de la pourriture rouge des tiges peut occasionner des dégâts aux semis. Sa présence sur les lots de semences peut réduire considérablement leur pouvoir germinatif. A la levée les plantules sont susceptibles de fondre, ce qui accentue d'avantage les pertes. Par ailleurs les plantules qui survivent aux fontes de semis peuvent subir une réduction de leur hauteur. Ces différentes pertes engendrent généralement des resemis ce qui n'est pas toujours possible à cause des interruptions irrégulières des pluies en début d'hivernage. Le danger de C. graminicola est d'autant plus grave qu'il peut survivre dans le sol jusqu'à 14 semaines (VIZVARY et Warren, 1982) et dans la graine pendant deux ans et demi (Nishra et Siradhana, 1979 a). La monoculture du sorgho étant une pratique généralisée dans notre pays et compte tenu de la durée de survie du pathogène, des mesures sanitaires doivent être prises pour réduire l'inoculum. L'analyse des grains et celles des résidus culturaux donneront plus d'informations en vue d'élaborer des méthodes de lutte.

.../...

II.2.2. Incidence de la pourriture rouge sur le rendement du sorgho

Les observations faites à la dissection ont montré que toutes les tiges ayant reçu l'inoculum ont présenté des symptômes de pourriture rouge. L'isolement et l'identification de C. graminicola à partir des tiges inoculées ont permis de vérifier et de retrouver la souche de départ. Les tissus colonisés par le champignon ont présenté une décoloration rouge à brune avec des parties nécrosées dans les cas de forte sévérité d'attaque. Les entrenœuds des tiges étaient presque ou totalement décolorés alors qu'au niveau des nœuds, la décoloration était moins étendue et réduite souvent à une bande plus ou moins fine (Figure 5). Les tiges issues des parcelles non inoculées (témoin) ont présenté des symptômes de pourriture rouge de très faible sévérité.

Pour certaines variétés de sorgho, il existerait une barrière au niveau des nœuds et qui empêcherait la progression du pathogène. Comparativement à Diplodia maydis qui se développe dans les cellules mortes des tiges du maïs, C. graminicola induit la senescence et la mort des cellules des tiges du sorgho (Katsanos et al, 1966).

Les données obtenues par stade d'inoculation sont exprimées sous forme d'histogrammes (Figure 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13).

.../...



Figure 5 : Symptômes de pourriture rouge des tiges du sorgho
due à Colletotrichum graminicola

A = Tige saine

B = tiges malades présentant des tissus moins brunis au niveau des noeuds.

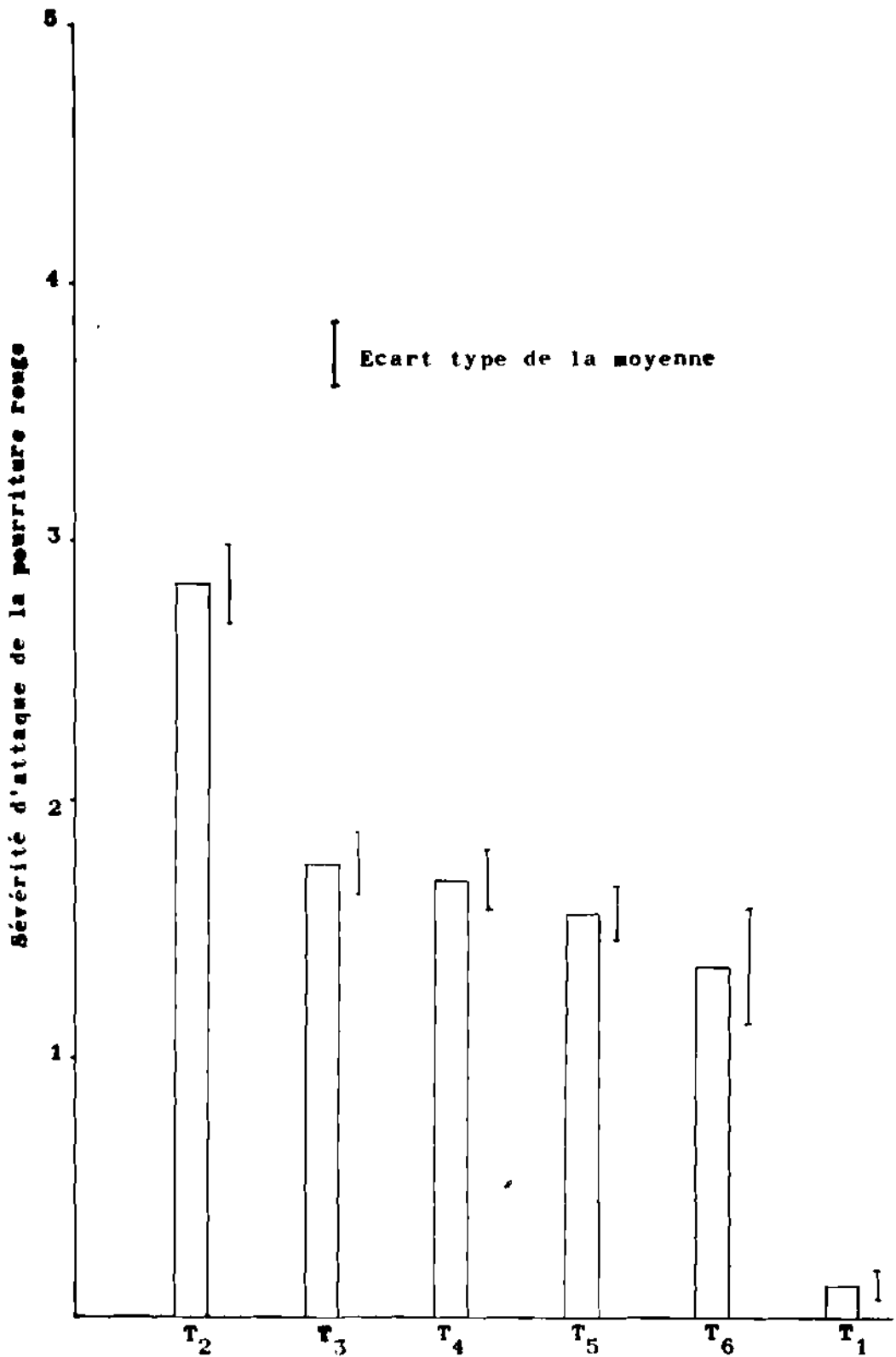


Figure 6: Sévérité d'attaque de la pourriture rouge en fonction des stades d'inoculation du Colletotrichum graminicola aux tiges de sorgho

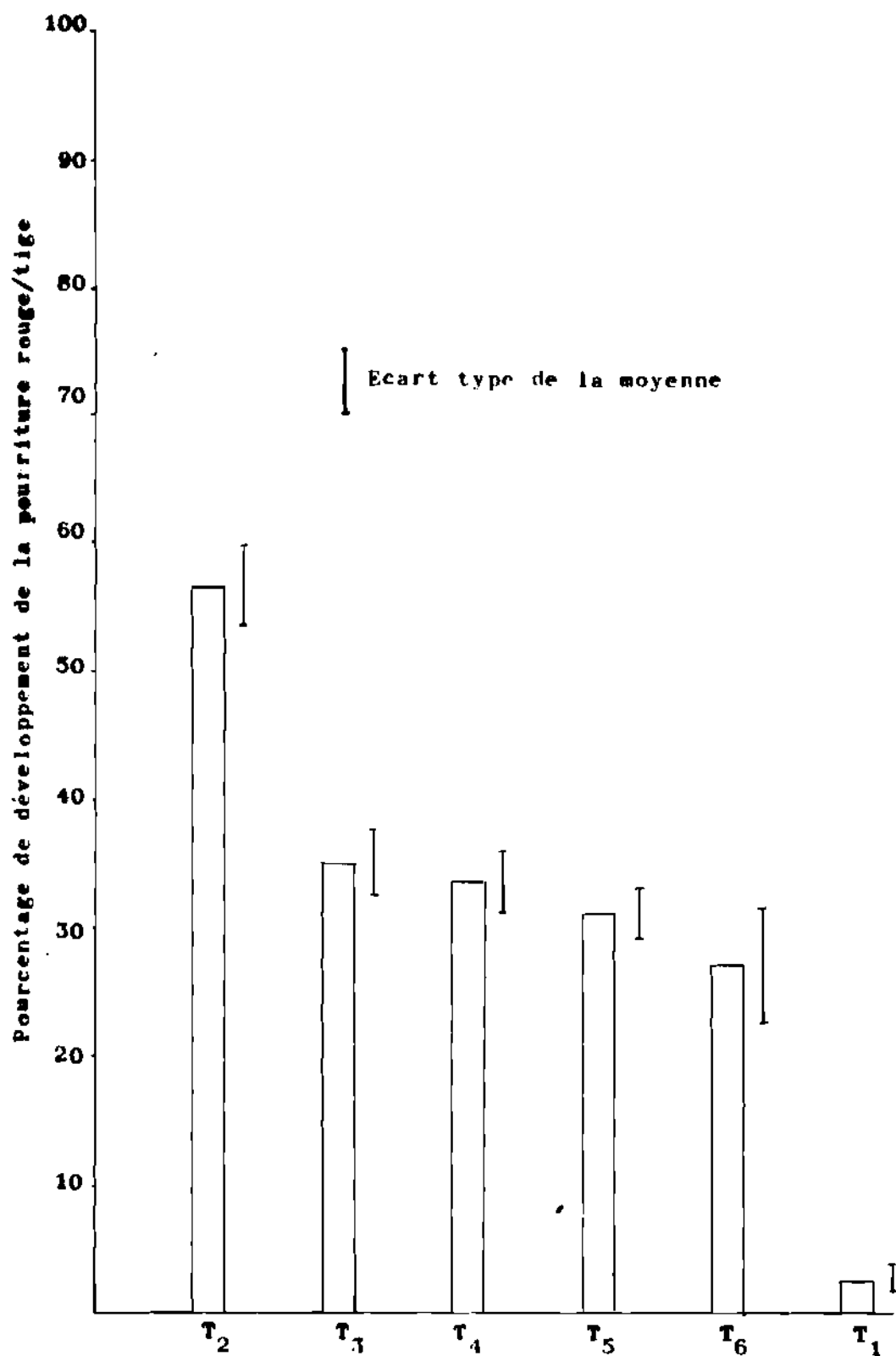


Figure 7 : Pourcentage de développement de la pourriture rouge par tige du sorgho en fonction des stades d'inoculation avec le Colletotrichum graminicola

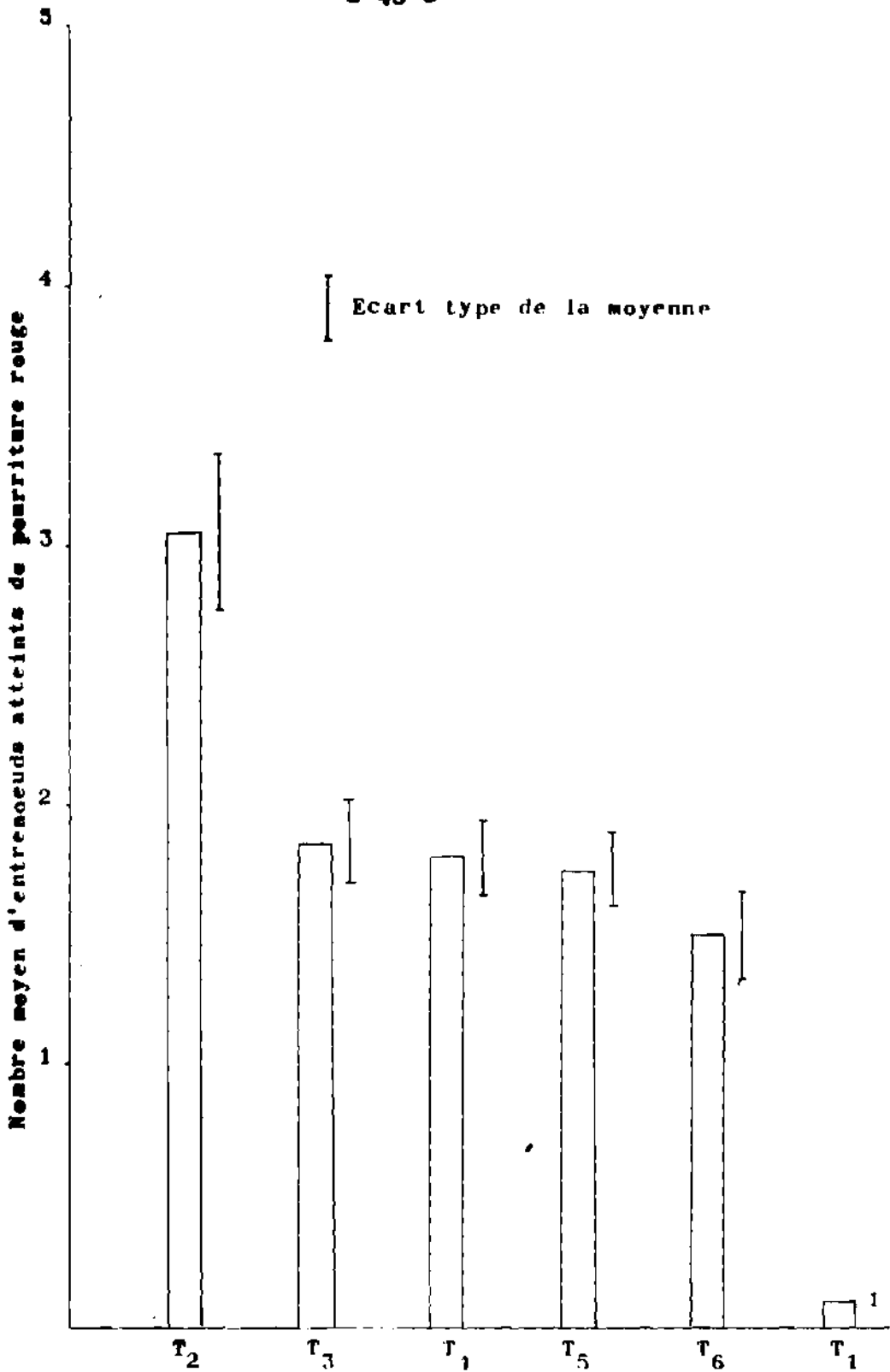


Figure 8 : Nombre moyen d'entre-nœuds de sorgho atteints de pourriture rouge en fonction des stades d'inoculation de Colletotrichum graminicola aux tiges.

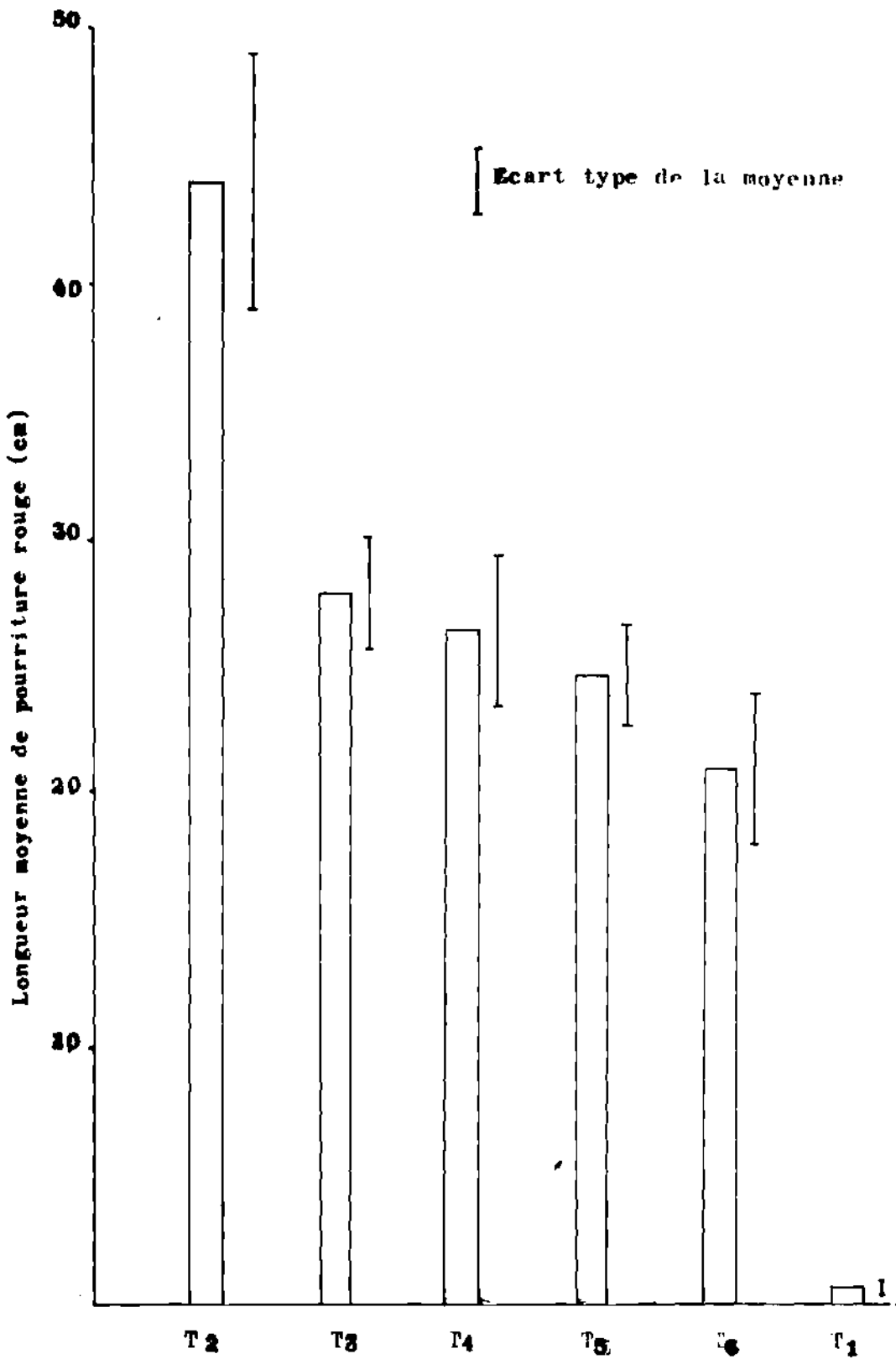


Figure 9 : Longueur moyenne de pourriture rouge en fonction des stades d'inoculation du Colletotrichum graminicola

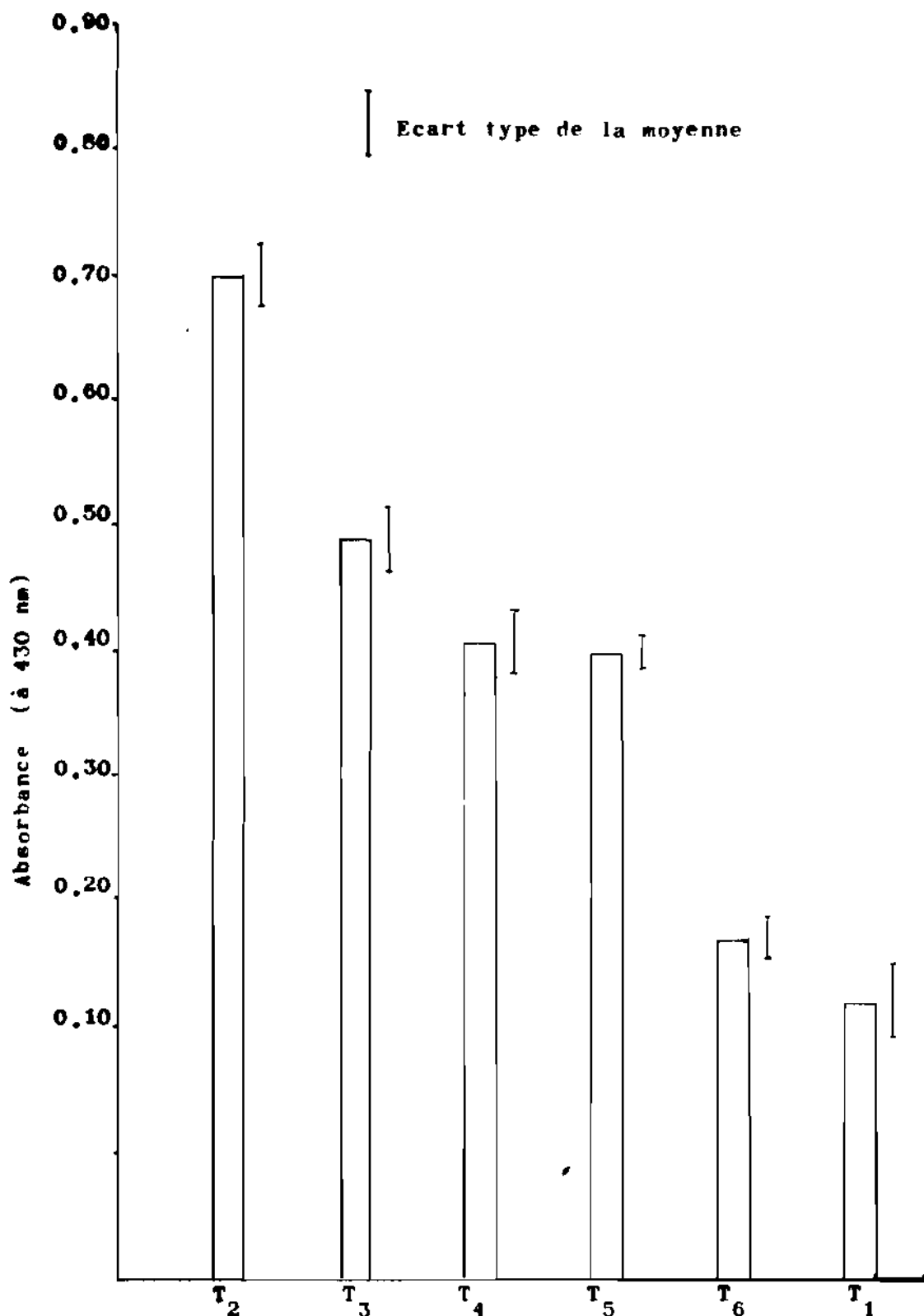


Figure 10: Absorbance moyenne des jus anthocyaniques en fonction des stades d'inoculation des tiges du sorgho du Colletotrichum graminicola aux tiges de sorgho.

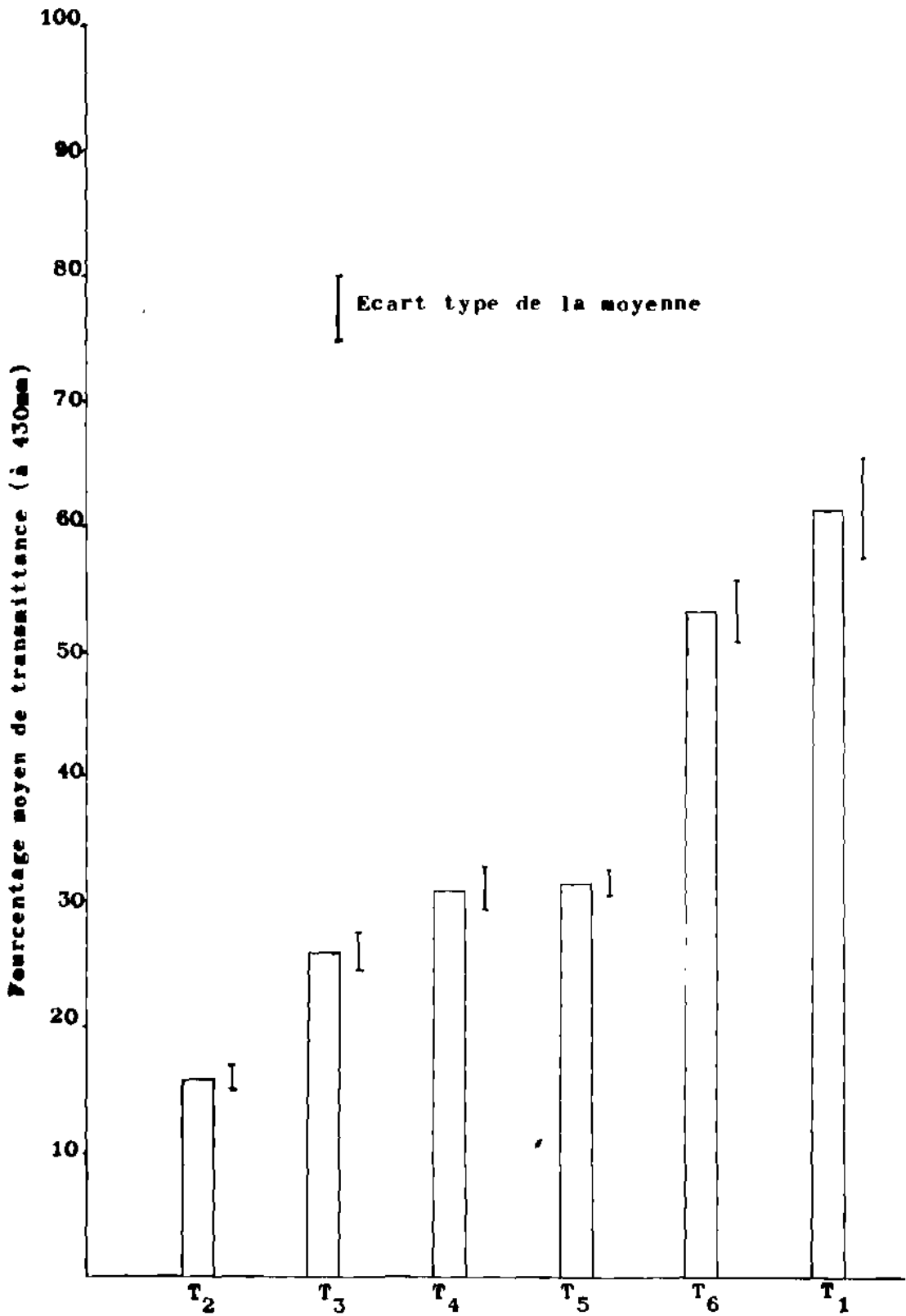


Figure 11: Pourcentage moyen de transmittance des jus anthocyaniques en fonction des stades d'inoculation des tiges du Colletotrichum graminicola aux tiges de sorgho

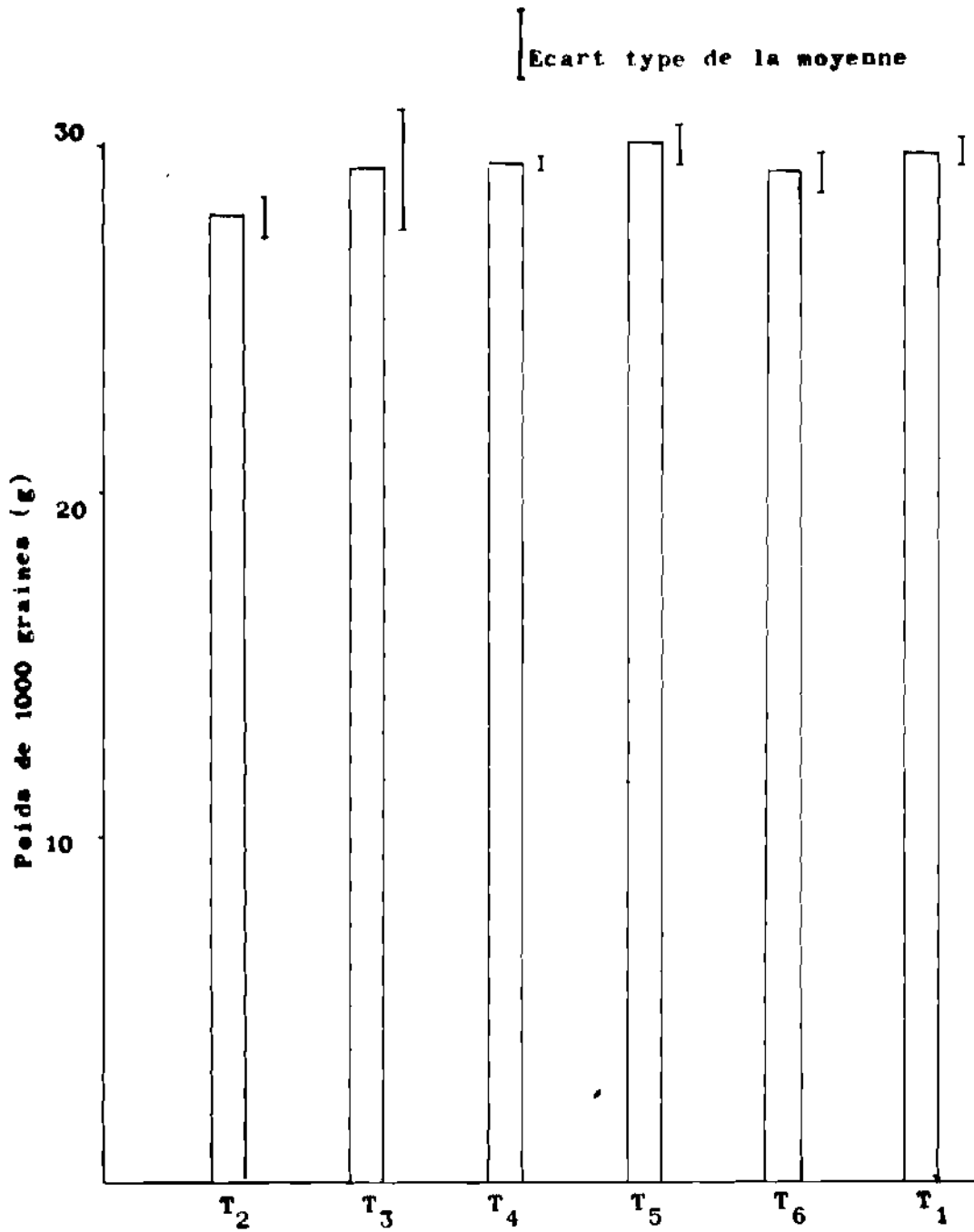


Figure 12: Poids de 1000 grains en fonction des stades d'inoculation du Colletotrichum graminicola aux tiges de sorgho.

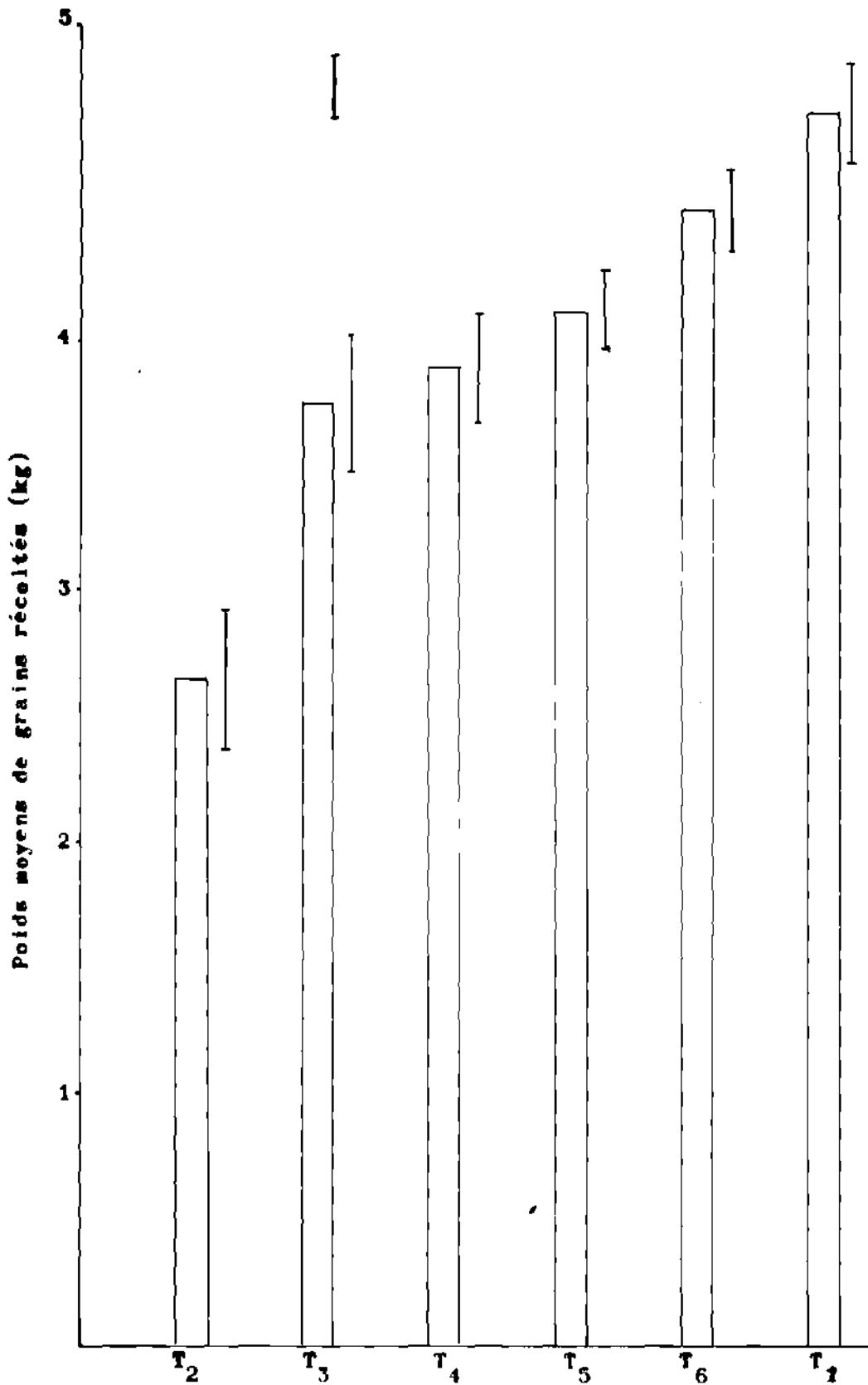


Figure 13: Poids moyens de grains récoltés en fonction des stades d'inoculation du Colletotrichum graminicola aux tiges de sorgho.

L'expression de la pourriture rouge à travers les différents paramètres étudiés fait ressortir un certain nombre de remarques :

Les quatre paramètres suivants ont été regroupés compte tenu de leurs similitudes. Il s'agit de :

- la sévérité de la pourriture rouge selon l'échelle de 0 à 5 .
(Figure 6)
- le pourcentage de développement de la pourriture rouge par tige (Figure 7)
- le nombre moyen d'entrenoeuds atteint de pourriture rouge
(Figure 8)
- la longueur moyenne de pourriture rouge (Figure 9)

L'observation des histogrammes correspondant aux quatre paramètres sus-mentionnés (Figures 6, 7, 8, 9) fait ressortir :

- une forte expression de la pourriture rouge au niveau des tiges inoculées au stade 5 à 6 noeuds.
- une attaque moyenne et plus ou moins homogène pour les autres stades d'inoculation : stade d'apparition de la feuille paniculaire, début épiaison, 50% de floraison et 50% de maturité laiteuse.
- une très faible attaque pour les tiges non inoculées (T_1)

Pour ce qui concerne l'absorbance c'est un paramètre quantificateur de la lumière transmise à travers les différentes solutions de jus anthocyaniques. Elle est variable selon le degré de rougissement ou de brunissement des tiges. La Figure 10 montre une répartition des lectures enregistrées en trois groupes :

.../...

- une faible absorbance de 0,22 et de 0,28 respectivement pour les jus recueillis sur les tiges issues des parcelles non inoculées (T_1) et de celles inoculées au stade 50% de maturité laiteuse.
- une absorbance moyenne de 0,59, 0,51 et 0,50, respectivement pour les échantillons issus des stades d'apparition de la feuille paniculaire, début épiaison et 50% de floraison.
- une forte absorbance de 0,80 par le cas des jus anthocyaniques issus des tiges inoculées au stade 5 à 6 noeuds.

La pourriture rouge a été par ailleurs appréciée en terme de transmittance. La mesure de la transmittance permet de quantifier la lumière transmise à travers les jus anthocyaniques. Le pourcentage moyen de transmittance des jus anthocyaniques en fonction des traitements fait ressortir les remarques suivantes d'après la figure 11.

- une faible transmittance de 15,98% pour les jus anthocyaniques issus des tiges inoculées au stade 5 à 6 noeuds.
- une transmittance moyenne et plus ou moins homogène de 25,88%, 31,02% et 31,50% respectivement pour les trois stades suivants : apparition de la feuille paniculaire, début épiaison et 50% de floraison.
- une forte transmittance de 61,39% et 53,38% au niveau du témoin et du stade 50% de maturité laiteuse.

.../...

Pour le poids de 1000 grains, la figure 12 montre que les résultats obtenus ^{sont} sensiblement égaux pour l'ensemble des traitements.

Quant au poids moyen de grains récoltés, les résultats illustrés par la figure 13 se répartissent de la façon suivante :

- un faible poids moyen de grains récoltés de 2,66kg/parcelle correspondant à l'inoculation au stade 5 à 6 noeuds.

- des poids moyens de grains récoltés élevés de 3,75kg/parcelle, 3,99kg/parcelle et 4,14kg/parcelle correspondant aux 3 stades suivants : apparition de la feuille paniculaire, début épisaison et 50% de floraison.

- des poids moyens de grains récoltés très élevés de 4,93kg/parcelle et 4,54kg/parcelle pour le témoin et le stade 50% de maturité laiteuse.

L'ensemble des données est appréciée par des méthodes statistiques (Thomas et al, 1978 ; Sma-decor et al, 1971).

Les résultats obtenus pour chaque paramètre ont fait l'objet d'une analyse de variance afin de déceler l'existence ou non de différence significative entre les traitements. Avant cette analyse une vérification de l'homogénéité des variances a été faite selon le test de Bartlett appliqué aux données brutes de chaque paramètre.

Pour le nombre moyen d'entrenoeuds et la longueur moyenne de pourriture rouge le test de Bartlett n'a été significatif qu'après transformation de leurs données brutes.

Ce test s'est révélé hautement significatif pour tous les paramètres comme l'indique le tableau 6.

.../...

Tableau 6 : Test de Bartlett appliqué aux différents paramètres étudiés

Origine de la variation	χ^2 calculé	χ^2 théorique	
		5 %	1%
Poids moyen de grains récoltés	1,42**	11,07	15,07
Poids de 1000 grains	5,11**	"	"
Nombre moyen d'entrenoeuds atteints de pourriture rouge (T)	9,21**	"	"
Longueur moyenne de pourriture rouge (T)	6,70**	"	"
Sévérité de pourriture rouge (échelle 0 à 5)	6,61**	"	"
Pourcentage de développement de la pourriture rouge par tige	7,28**	"	"
Pourcentage moyen de transmittance (à 430 nm)	10,89**	"	"
Absorbance moyenne (à 430nm)	3,11**	"	"

N.B. ** χ^2 calculé hautement significatif au seuil de 5%

(T) = donnée ayant fait l'objet d'une transformation de nature

$$\sqrt{x + 1}$$

A l'exception du poids de 1000 grains, l'analyse de variance a révélé une différence hautement significative entre les traitements (tableaux 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14).

L'évaluation des pertes relatives a été ensuite faite en tenant compte de deux composantes essentielles du rendement : le poids de 1000 grains et le poids moyen de grains récoltés. Les résultats consignés dans le tableau 15 montrent le degré de pertes relatives causées par la pourriture rouge des tiges.

.../...

**Tableau 7 : Analyse de variance : Sévérité d'attaque de la pourriture rouge des tiges
(selon l'échelle 0 à 5)**

Origine de la variation	Somme des carrés	Degré de liberté	Variance	F calculé	F théorique	
					5 %	1 %
Total	21,25					
Blocs	0,56	4	0,14	1,56	2,07	4,43
Traitements	10,05	5	3,77	41,89**	2,71	4,10
Erreur	1,84	20	0,09			

** Test hautement significatif

Coefficient moyen de variation = 19,35 %

**Tableau 8 : Analyse de variance : Pourcentage de développement de la pourriture rouge
par tige de sorgho**

Origine de la variation	Somme des carrés	Degré de liberté	Variance	F calculé	F théorique	
					5 %	1 %
Total	8800,53					
Blocs	228,74	4	55,94	1,52	2,07	4,43
Traitements	7539,89	5	1507,98	40,92**	2,71	4,10
Erreur	736,90	20	36,85			

Coefficient moyen de variation = 19,64

Tableau 9 : Analyse de variance : Nombre d'entrenoeuds atteints de pourriture rouge des tiges de sorgho

Origine de la variation	Somme des carrés	Degré de liberté	Variance	F calculé	F théorique	
					5%	1%
Total	2,70					
Blocs	0,08	4	0,02	2	2,07	4,43
Traitements	2,42	5	0,48	48**	2,71	4,10
Erreur	0,20	20	0,01			

Coefficient moyen de variation = 6,21%

Tableau 10: Analyse de variance : longueur moyenne de pourriture rouge des tiges de sorgho

Origine de la variation	Somme des carrés	Degré de liberté	Variance	F calculé	F théorique	
					5%	1%
Total	88,77					
Blocs	1,22	4	0,31	0,82	2,07	4,43
Traitements	80,12	5	16,02	43,3**	2,71	4,10
Erreur	7,43	20	0,37			

Coefficient moyen de variation = 12,89 %

1
05
1

Tableau 11: Analyse de variance : Absorbance moyenne des jus anthomyaniques recueillis à partir de 150 échantillons de tiges de sorgho

Origine de la variation	Somme des carrés	Degré de liberté	Variance	F calculé	F théorique	
					5 %	1 %
Total	1,21					
Blocs	0,01	4	0,0025	0,71	2,07	4,43
Traitements	1,14	5	0,23	65,71**	2,71	4,10
Erreur	0,07	20	0,0035			

Coefficient moyen de variation : 14,12 %

Tableau 12 Analyse de variance : Pourcentage de transmittance des jus anthocyaniques recueillis à partir de 150 échantillons de tiges de sorgho

Origine de la variation	Somme de carrés	Degré de liberté	Variance	F calculé	F théorique	
					5 %	1 %
Total	5077,96					
Blocs	74,23	4	18,56	0,70	2,07	4,43
Traitements	7465,65	5	1493,13	56,13**	2,71	4,10
Erreur	532,08	20	26,60			

Coefficient moyen de variation = 12,33 %

Tableau 13 : Analyse de variance, Poids de 1000 grains

Origine de la variation	Somme des carrés	Degré de liberté	Variance	F calculé	F observé	
					5 %	1 %
Total	124,90					
Blocs	8,91	4	2,23	0,52	2,87	4,43
Traitements	29,64	5	5,93	1,37	2,71	4,10
Erreur	86,24	20	4,32			

Coefficient moyen de variation = 13,50%

Tableau 14 : Analyse de variance, Poids moyens de grains récoltés de sorgho

Origine de la Variation	Somme des carrés	Degré de liberté	Variance	F calculé	F observé	
					5 %	1 %
Total	21,85					
Blocs	0,91	4	0,23	0,79	2,87	4,43
Traitements	15,13	5	3,03	10,45**	2,71	4,10
Erreur	5,81	20	0,29			

Coefficient moyen de variation = 7,12 %

1
52
1

Pour le poids de 1000 grains ces pertes oscillent entre 1,13% et 6,85%. Une augmentation de poids de 1000 grains a été noté au niveau de T5 (inoculation au stade 50% de floraison) par rapport au Témoin T1. Dans le cas du poids moyen des grains récoltés les pertes relatives (par rapport au témoin) sont de 46,04%, 23,94%, 20,89%, 16,02% et 7,91% respectivement par le stade 5 à 6 noeuds, apparition de la feuille paniculaire, début épiaison, 50% de floraison et 50% maturité laiteuse. Si l'inoculation au stade 50% de floraison n'a pas eu d'incidence négative sur le poids de 1000 grains et a pourtant engendré une perte de 16,02 % en poids moyen de grains récoltés, on peut penser que le pathogène a perturbé la formation des grains, entraînant de la sorte l'avortement probable de certaines fleurs. Il importe de souligner cependant que les grains formés se sont remplis normalement.

Le test de comparaison multiples de DUNCAN (au seuil de 5%) a été retenu pour mieux comparer les moyennes au niveau de chaque paramètre. L'analyse des résultats de ce test montre que :

- pour la longueur moyenne, le nombre moyen d'entrenoeuds, la sévérité et le pourcentage de développement de la pourriture rouge par tige les résultats sont similaires (Tableau 15). C'est ainsi que le stade 5 à 6 noeuds diffère significativement des autres traitements alors que ces derniers ne diffèrent pas significativement entre eux, excepté le témoin.
- pour l'absorbance moyenne (tableau 16) et le pourcentage moyen de transmittance (tableau 17) l'analyse est identique sauf entre le témoin et le stade 50% de maturité laiteuse. Le stade 5 à 6 noeuds est différent de tous les traitements tandis que les stades apparition de la feuille paniculaire, début épiaison et 50% floraison ne présentent pas de différence significative entre eux.

Tableau 15 : Pertes relatives en poids de 1000 grains et en Poids moyens de grains récoltés en fonction des stades d'inoculation du Colletotrichum graminicola aux tiges de sorgho

Paramètres étudiés	T R A I T T E M E N T S						
	Témoin(T ₁)	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	
Inoculation	Date	-	31/08/84	10/09/84	19/09/84	26/09/84	03/10/84
	Stade	-	5 à 6 nœuds	apparition feuille pani- culaire	début apiai- son	50% florai- son	50% maturité laiteuse
	J.A.S.	-	75	85	94	101	113
Poids de 1000 grains (g)	30,08	28,02	29,52	29,74	30,32	29,36	
Ecart moyen sur T ₁ (g)	-	-2,06	-0,56	-0,36	+0,24	-0,72	
Ecart moyen sur T ₁ (%)	-	6,85	1,86	1,13	0,80	2,39	
Poids moyens de grains récoltés (kg)	4,93	2,66	3,75	3,90	4,14	4,54	
Ecart moyen sur T ₁ (kg)	-	- 2,27	-1,18	-1,03	-0,79	-0,39	
Ecart moyen sur T ₁ (%)	-	46,04	23,94	20,89	16,02	7,91	

J.A.S. : Jours Après Semis.

Tableau 16 : Comparaison par le test de DUNCAN au seuil de 5% des moyennes des variables mesurées

Traitements	Longueur moyenne de la pourriture rouge des tiges (cm)	Nombre moyen d'entrenoeuds de atteints de pourriture rouge des tiges	Sévérité d'attaque de la pourriture rouge des tiges (échelle de 0 à 5)	% de développement de la pourriture rouge /tige	Absorbance moyenne
T1	1,34a	1,05a	0,12a	2,48a	0,22a
T6	4,65 b	1,58 b	1,34 b	26,80 b	0,28a
T5	5,05 b	1,65 b	1,56 b	31,16 b	0,50 b
T4	5,22 b	1,67 b	1,68 b	33,56 b	0,51 b
T3	5,36 b	1,69 b	1,74 b	34,28 b	0,59 b
T2	6,67 c	2,00 c	2,83 c	56,60 c	0,50 c

N.B. Les chiffres suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%

Tableau 17 : Comparaison par le test de DUNCAN au seuil de 5% des moyennes de transmittance et de poids de grains récoltés

Traitements	Pourcentage moyen de transmittance	Poids moyens de grains récoltés (kg)
T2	15,98 a	2,66 a
T3	25,88 b	3,75 bc
T4	31,02 b	3,90 cd
T5	31,50 b	4,14 cd
T6	53,38 c	4,54 de
T1	61,39 d	4,93 c

N.B. Les chiffres suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %

- 3 -

Le témoin et le stade 50% de maturité laiteuse

diffèrent significativement du point de vue pourcentage de transmittance mais ne sont pas en terme d'absorbance : ceci serait simplement attribuable à une erreur de manipulation.

- au niveau du poids moyen de grains récoltés (Tableau 17) ; le stade 5 à 7 noeuds diffère significativement des autres traitements tandis que le témoin diffère de tous les autres sauf du stade 50% de maturité laiteuse. Cela pourrait dire qu'au stade 50% de maturité laiteuse, le pathogène a peut être moins d'incidence sur le rendement. Le test de DUNCAN a révélé que stade 5 à 6 noeuds (T_2) est une phase critique où la pourriture rouge cause le plus^{de} pertes en grains.

L'étude des corrélations linéaires a été faite pour mieux apprécier le degré de liaison entre les paramètres. C'est ainsi que les corrélations ont été recherchées d'une part entre le poids moyen de grains récoltés et les critères d'appréciation de la pourriture rouge (Figure 14, 15, 16, 17, 18), d'autre part entre ces mêmes critères (Figure 19, 20, 21).

Il en ressort que le poids moyen de grains récoltés est fortement corrélié avec la sévérité de la pourriture rouge (Figure 14 ; $r = - 0,949$), le nombre moyen d'entre-noeuds atteints de pourriture rouge (Figure 15 ; $r = - 0,935$), l'absorbance moyenne (Figure 16 ; $r = - 0,975$), le pourcentage de transmittance (Figure 17 ; $r = + 0,924$) et la longueur moyenne de pourriture rouge (Figure 18 ; $r = - 0,941$).

.../...

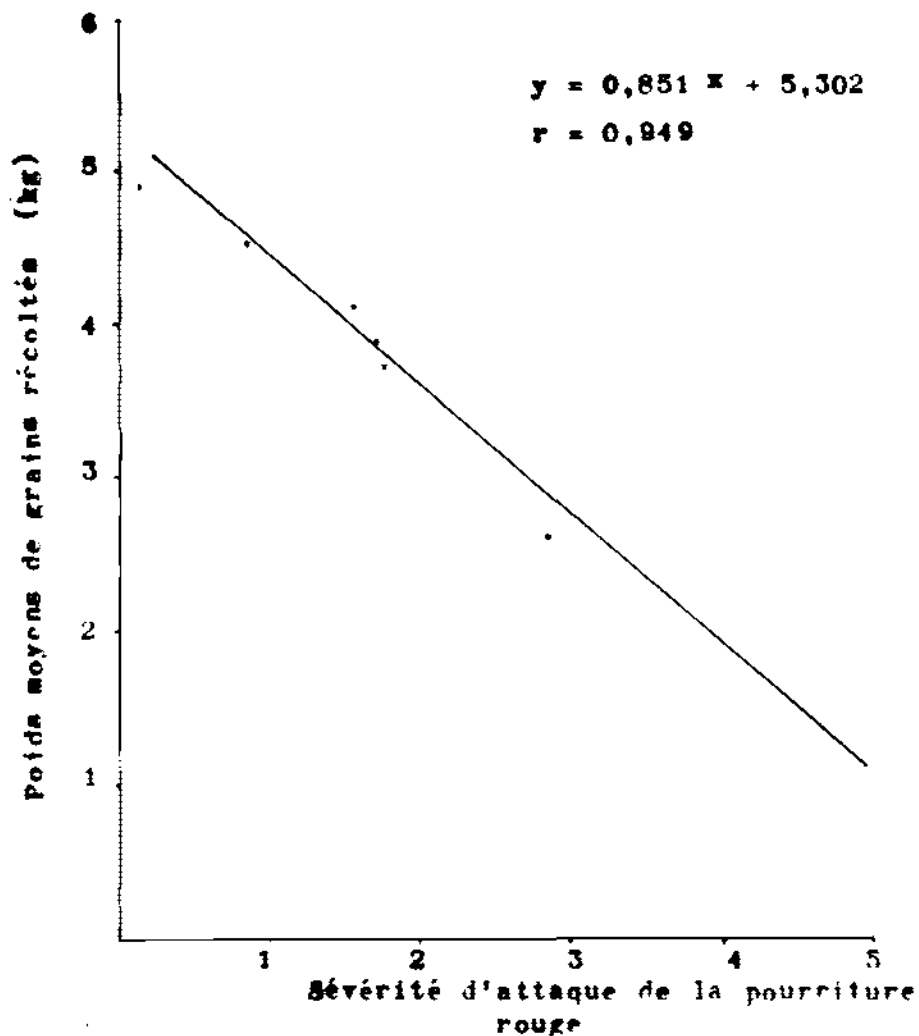


Figure 14: Correlation entre la sévérité d'attaque de la pourriture rouge des tiges du sorgho et les poids moyens de grains récoltés

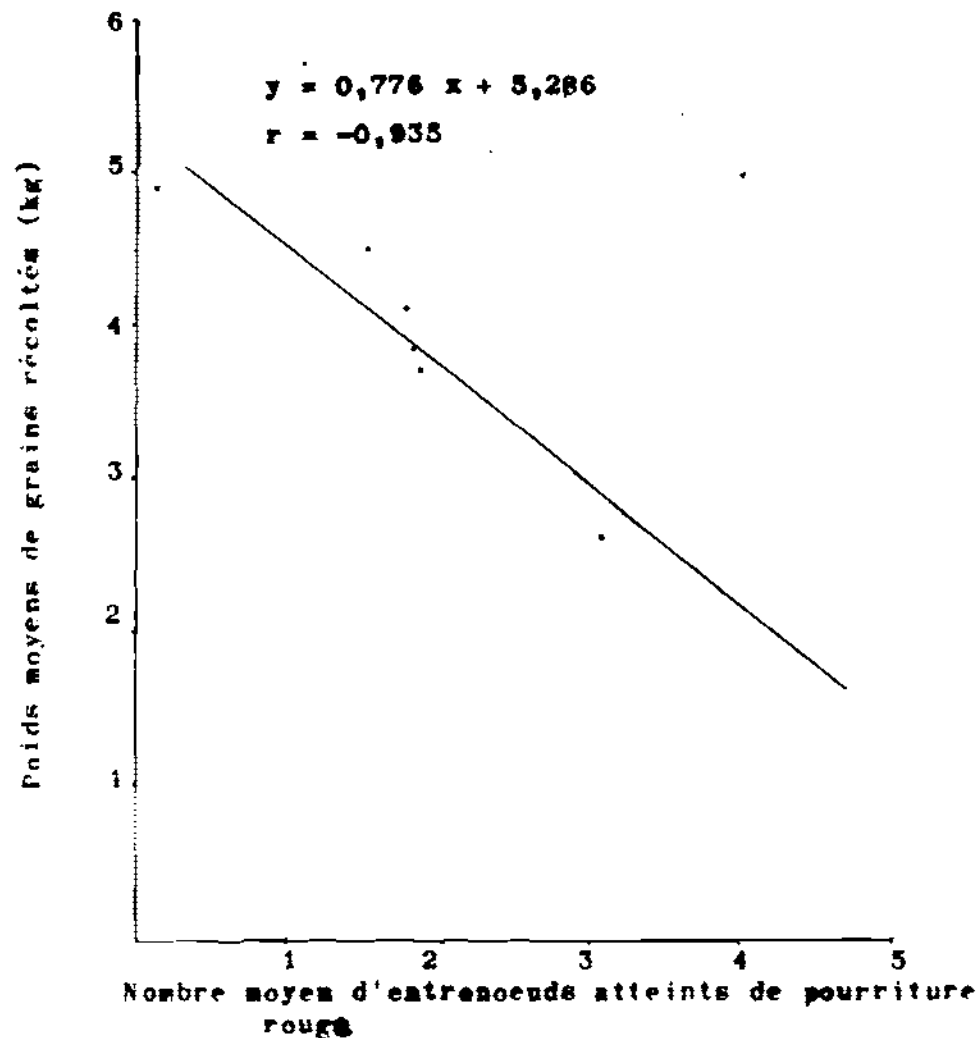


Figure 15: Correlation entre le nombre moyen d'entrenoeuds du sorgho atteints de pourriture rouge et les poids moyens de grains récoltés.

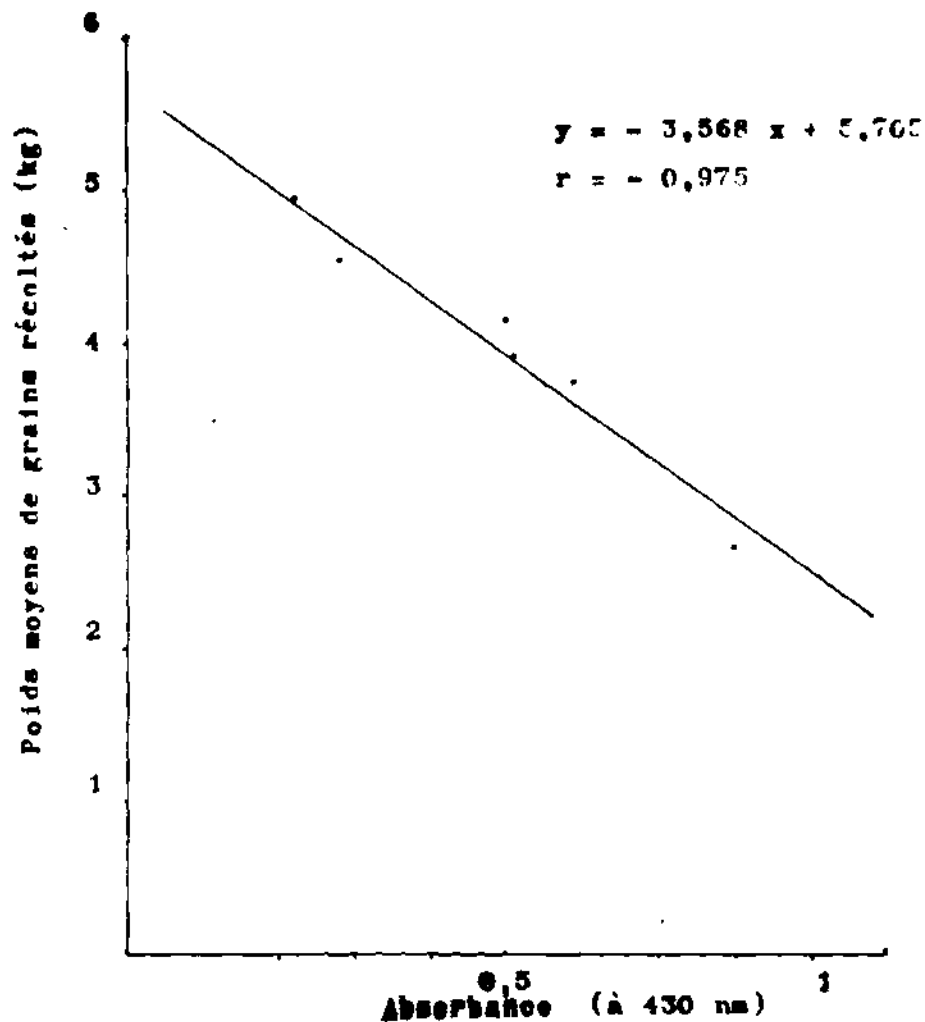


Figure 16 : Correlation entre les poids moyens de grains de sorgho récoltés et l'absorbance moyenne des jus anthocyaniques extraits des tiges

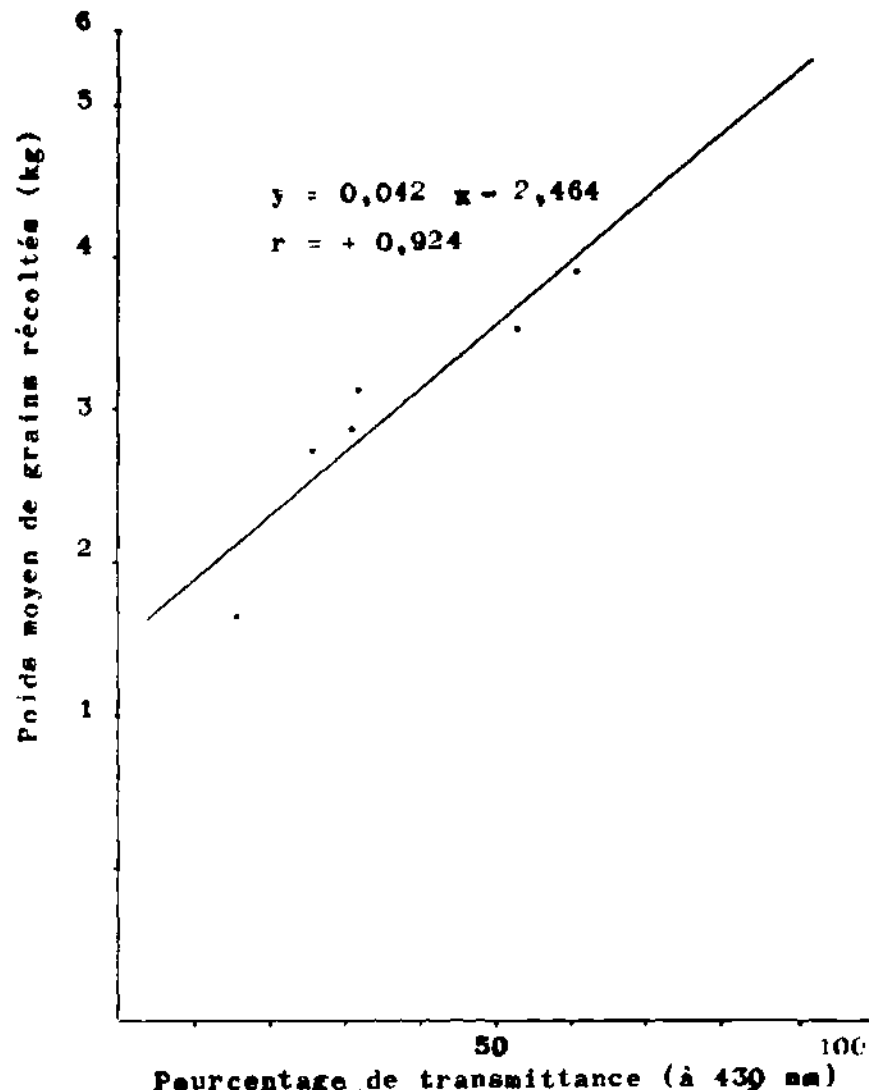


Figure 17 : Correlation entre les poids moyens de grains de sorgho récoltés et la transmittance moyenne des jus anthocyaniques extraits des tiges.

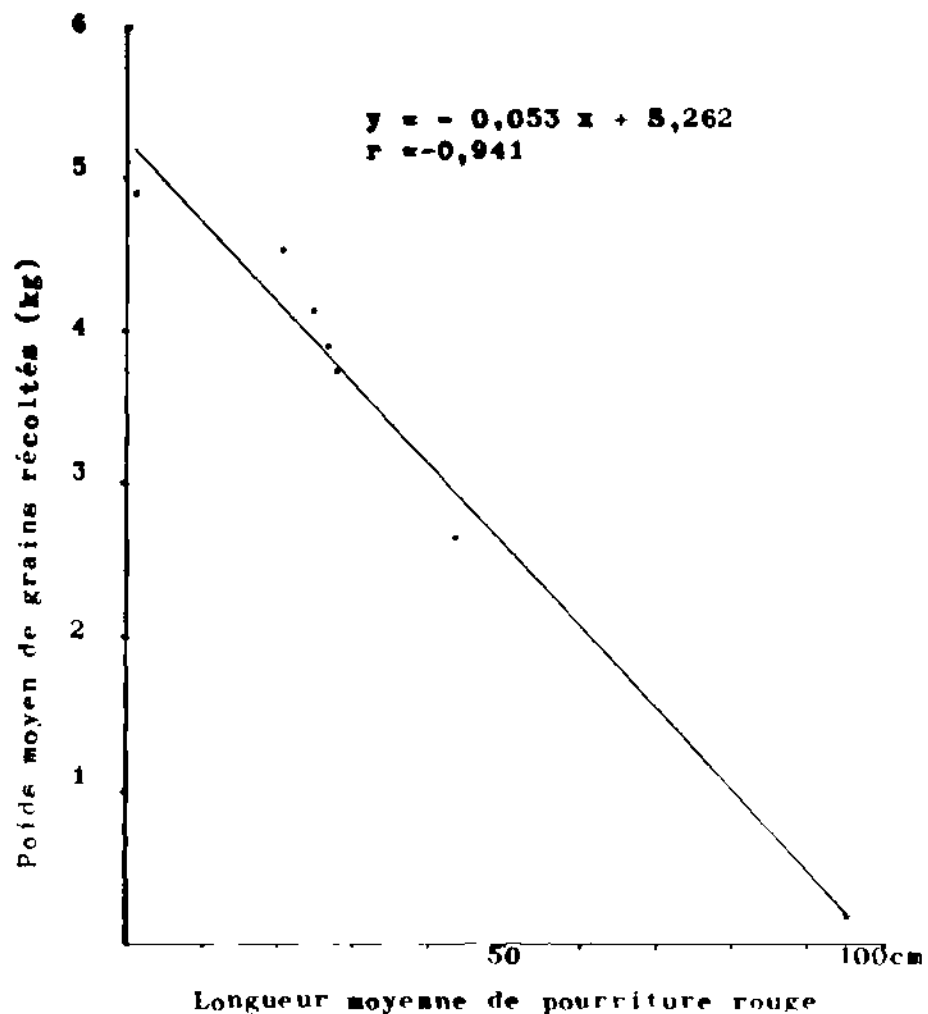


Figure 18: Correlation entre longueur moyenne de pourriture rouge des tiges du sorgho et les poids moyens de grains récoltés

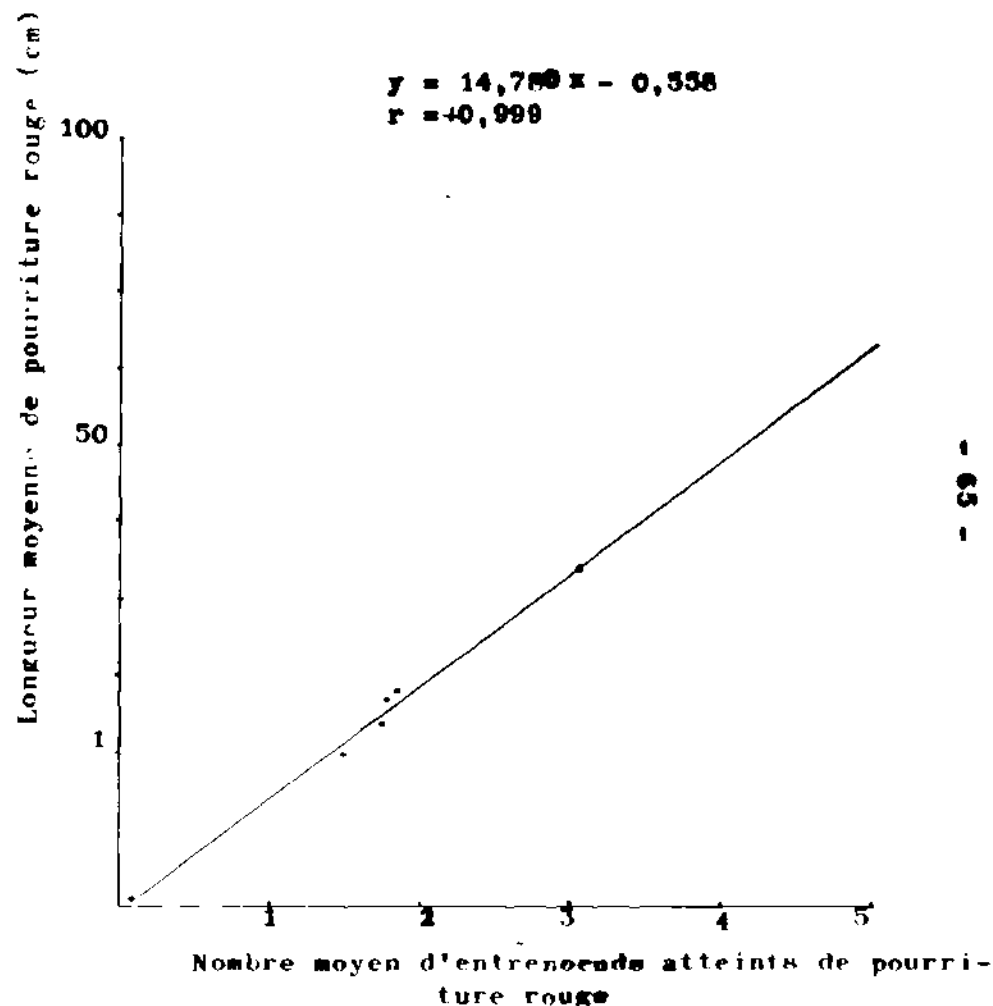


Figure 19: Correlation entre le nombre moyen d'entre-nœuds du sorgho atteints de pourriture rouge et la longueur moyenne de pourriture rouge.

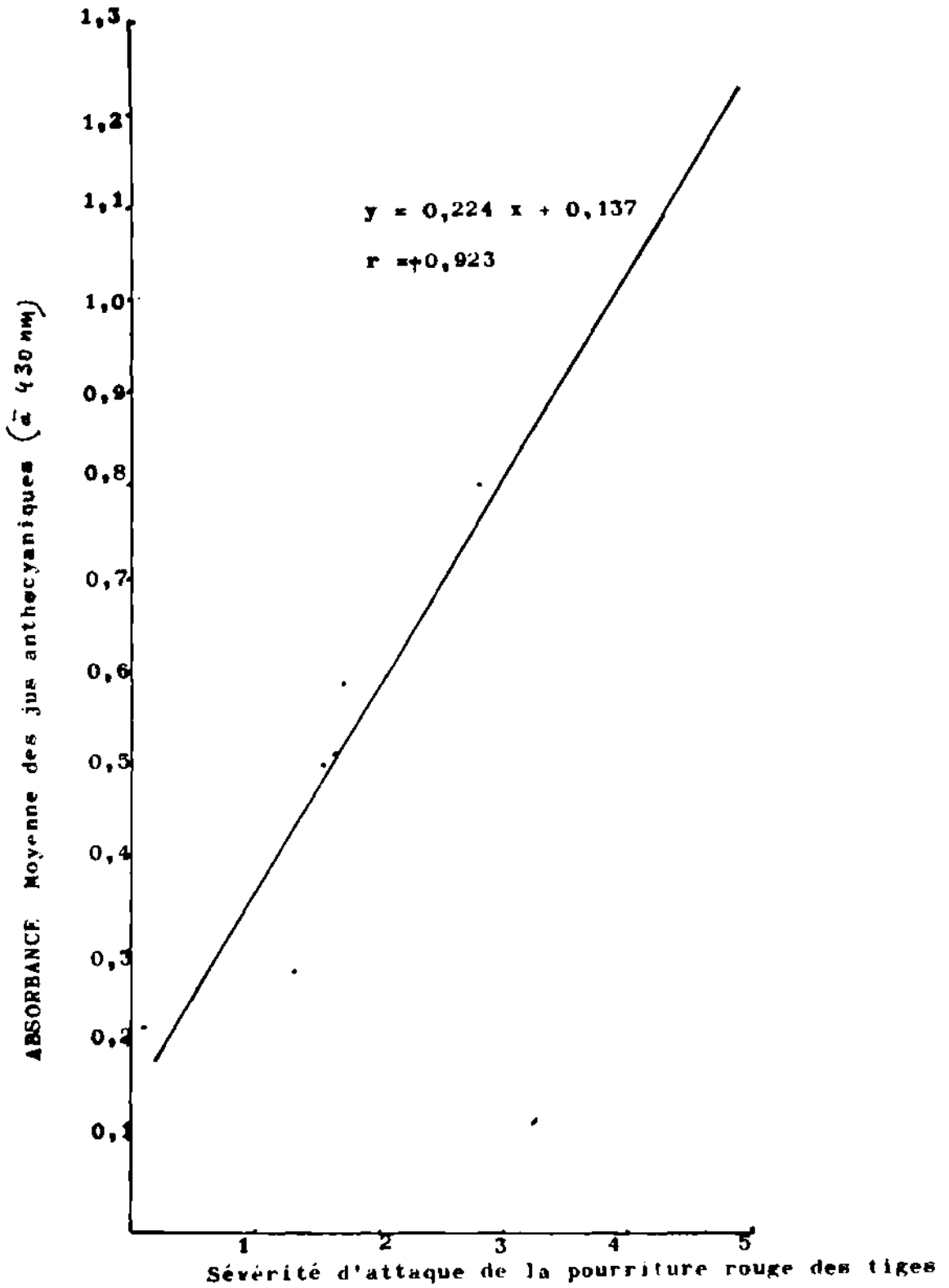


Figure 20: Correlation entre la sévérité d'attaque ^{de} pourriture rouge des tiges et l'absorbance moyenne des jus anthocyaniques.

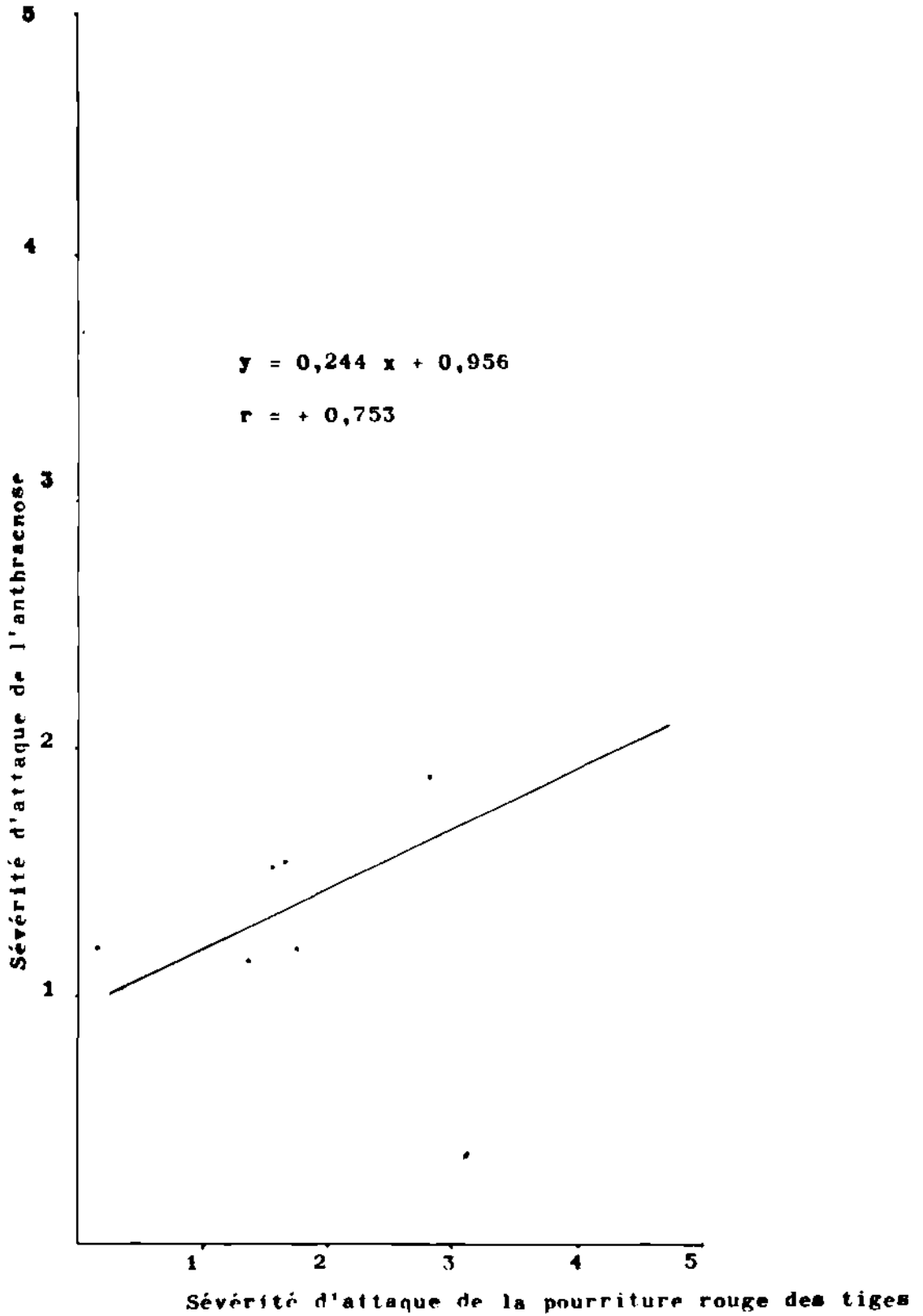


Figure 21 : Correlation entre sévérité d'attaque de la pourriture rouge des tiges et sévérité d'attaque de l'antracnose observée sur le sorgho.

De même le nombre moyen d'entrenoeuds et la longueur de la pourriture rouge sont corrélés positivement (Figure 19; $r = + 0,999$) comme c'est le cas entre l'absorbance moyenne et la sévérité de la pourriture rouge (Figure 20 ; $r = + 0,923$).

Le tableau 18 indique la liaison entre la sévérité de la pourriture rouge et les pertes en grains.

Tableau 18 : Relation entre la sévérité d'attaque de la pourriture rouge et les pertes en grains

Sévérité de la pour- riture rouge	1,02	1,60	2,17	2,75	3,33	3,91	4,49
Pertes en grains (%)	10	20	30	40	50	60	70

D'après le tableau 18 pour une sévérité de l'ordre de 3,33 sur l'échelle 0 à 5 on peut s'attendre à des pertes en grains d'au moins 50%, même en cas de faible attaque de pourriture rouge a une incidence assez sensible sur le rendement du sorgho.

Il existe par ailleurs une corrélation positive entre la sévérité de la pourriture rouge et celle de l'antracnose (Figure 21 ; $r = + 0,753$).

En nous basant sur les travaux de Van Der Plank, (1974) nous avons estimé le taux de progression de la pourriture rouge dans les tiges.

.../...

Le taux a été calculé à l'aide des valeurs brutes des longueurs moyennes de pourriture rouge par traitement et les intervalles de temps entre les dates d'inoculation. La formule de la loi de Van Der Plank est la suivante :

$$r = \frac{2,3026}{t} \log \frac{x}{x_0}$$

avec r = taux de progression de la pourriture rouge dans les tiges.

x = quantité de maladie au temps t

x₀ = quantité de maladie au temps t₀

Le taux moyen de progression obtenu est de 0,43 mm/jour de pourriture rouge. Cela signifie qu'à partir du stade 1 noeud, la pourriture rouge peut atteindre 23,47cm dans la tige au bout de 78 jours temps nécessaire pour atteindre le stade de maturation des graines. Une telle longueur de tige pourrie entraînera nécessairement un blocage des éléments nutritifs indispensables à la formation des grains, ce qui aura par conséquent une incidence négative sur le rendement.

Nous avons choisi la méthode des cure-dents parce qu'elle permet un transfert facile de l'inoculum et se révèle aussi plus pratique pour l'expression de la pourriture rouge. En nous inspirant des travaux de Frederiksen et al, (1979), nous avons pu élaborer une échelle de sévérité de la pourriture rouge adaptée à la particularité des symptômes observés au cours des dissections des tiges.

.../...

L'évaluation des pertes a montré que C. graminicola peut limiter considérablement la production du sorgho avec des pertes relatives de 7,91% à 46,04% en poids moyen de grains récoltés. La comparaison des moyennes par le test de DUNCAN a permis de conclure que pour tous les paramètres étudiés, l'inoculation au stade 5 à 6 noeuds a donné des résultats significativement différents des autres stades. Ceci confirme que la pourriture rouge a une incidence réelle et justifie le choix des critères d'appréciation de la pourriture rouge. Le faible niveau de corrélation entre la sévérité de la pourriture rouge des tiges et la sévérité de l'antracnose ($r = + 0,753$) peut avoir deux origines :

- l'importance de l'inoculum secondaire véhiculé par le vent et l'eau de pluie dont la tendance est d'homogénéiser l'antracnose sur l'ensemble du champ ;
- le développement de l'antracnose suite à l'inoculation artificielle des tiges est faible en tenant compte du nombre de jours entre la date d'inoculation et la récolte. Dans nos parcelles le sorgho présentait des symptômes d'antracnose avant l'inoculation du C. graminicola.

Cette étude ouvre quelques perspectives pour les recherches futures orientées sur C. graminicola. Il s'agit notamment de :

- 1°/ L'étude de l'interaction entre la pourriture rouge et le stress hydrique sur la base de l'hypothèse émise par Dodd (1977). On pourra envisager des essais en pots ou en plein champ avec une maîtrise de l'eau pour apprécier l'effet du niveau hydrique du sol sur le développement de la pourriture rouge. De tels travaux pourraient être orientés dans le sens d'une maîtrise de la lutte contre le pathogène.

.../...

2°/ L'utilisation de la méthode ^{des} curc-dents associée à une échelle de pourriture rouge pour des essais de criblage de variétés de sorgho en vue de tester leur résistance au C. graminicola.

Nos conditions matériels de travail n'ont pas permis d'aborder les implications d'ordre biochimique, physiologique, et génétique de la pourriture rouge. **Cela** aurait certainement permis de comprendre la nature et le rôle des changements provoqués par la pourriture rouge.

II.2.3. Importance de l'antracnose en milieu paysan

Les enquêtes réalisées en milieu paysan ont permis d'établir une répartition géographique de l'antracnose à travers les zones de prospection. Les pourcentages moyens de talles malades par localité et par stade sont résumés dans le tableau 19.

Tableau 19 : Pourcentage d'attaque de l'antracnose en fonction des localités et des stades phénologiques du sorgho.

Localités	Pourcentages de talles malades	
	Phase végétative	Phase reproductive
Toussiana	3,20	----- a
Satiri	18,42	25,90
Sogossagasso	36,17	97,30
Karankasso-Vigué	13,69	80,95
Houndé	33,10	93,47
Fô	--- a	31,10
Dandé	--- a	89,00
Mahon	15,00	---- a

a = Prospections non effectuées.

Les résultats consignés dans le tableau 19 font ressortir que l'antracnose sévit dans toutes les localités visitées à des degrés variables. Une forte progression de la maladie a été notée à la phase reproductive pour l'ensemble des sites visités. Cela peut être lié aux conditions climatiques (notamment l'humidité relative de l'air élevée et alternée de temps sec) devenues favorables au développement de *C. graminicola*. Les localités se répartissent en 3 catégories selon l'ampleur de la maladie :

- localité à attaque très faible : Toussiana
- localités à attaque moyenne : Satiri, Mahon, Fô
- localités à forte attaque : Dandé, Houndé, Karankasso-Vigué et Sogossagasso.

L'appréciation de la sévérité moyenne de l'antracnose a été faite selon l'échelle 0 à 5 (Figure 2). La répartition de cette sévérité est la suivante :

- localité à très faible sévérité d'attaque (0,5) : Toussiana
- localités dont la sévérité d'attaque est faible ou moyenne (1,5 à 2) : Fô, Dandé, Satiri, Babon, Sogorsagasso
- localités à forte sévérité d'attaque (3 à 4) : Houhédé et Karankasso-Vigué.

Bien que cette sévérité soit moyenne dans l'ensemble, la maladie pourra s'intensifier si des mesures de protection ne sont pas prises pour limiter la pression parasitaire. A l'heure actuelle les agriculteurs au Burkina Faso ne disposent d'aucun fongicide pour contrôler C. graminicola ce qui explique en partie les pertes en grains toutefois non estimées.

La corrélation positive entre la sévérité de la pourriture rouge des tiges et celle de l'antracnose ($r = +0,753$) laisse supposer que le sorgho de la plupart des champs visités est atteint de pourriture rouge des tiges. Dans des zones comme Houhédé et Karankasso-Vigué on peut s'attendre à des pertes sensibles en grains.

Compte tenu des résultats obtenus à la suite à nos enquêtes en milieu paysan, nous formulons ici quelques recommandations pour les années à venir :

- la poursuite des prospections phytosanitaires en augmentant le nombre de localités pour une meilleure couverture de l'Ouest du pays.

.../...

- l'intensification de l'échantillonnage en vue de rechercher des pathotypes locaux de C. graminicola.
- la mise en oeuvre d'un programme de prospection sur la pourriture rouge des tiges. Des champs pourraient être retenus en milieu paysan pour des dissections de tiges à la récolte. Cela permettra d'apprécier le pourcentage de talles malades et la sévérité de la pourriture rouge des tiges. Une telle étude apportera des informations précieuses pour cerner d'avantage l'incidence de C. graminicola sur la production du sorgho.
- l'intensification des campagnes de sensibilisation avec les agriculteurs sur les ennemis des cultures. L'association constante des structures de la Protection des Végétaux aux journées de démonstration organisées par les O.R.D. apportera une plus large contribution en faveur des masses paysannes.

. . . O.R.D. = Organismes Régionaux de Développement.



CONCLUSION GENERALE

Ce stage nous a permis de nous informer d'avantage sur les problèmes phytosanitaires en général et sur ceux du sorgho en particulier. Cela a été l'occasion de nous initier à la ^{pathologie} des semences, élément important dans l'élaboration d'un système de défense des cultures. Les semences contaminées constituent un moyen privilégié de transmission et de dissémination de nombreux champignons dont Colletotrichum graminicola

Le sorgho est la base de l'alimentation de la grande majorité des Burkinabè. Il est l'hôte d'un pathogène redoutable dont nous avons tenté de faire une ^{évaluation} de pertes qu'il cause. La contamination artificielle des graines par le C. graminicola a révélé des pertes de 10,38% à la germination, 14,81% de fontes de semis et une inhibition de la croissance des tiges de 19,47% ; C. graminicola est aussi responsable de l'antracnose. Les prospections en milieu paysan ont permis d'apprécier le niveau d'attaque de l'antracnose. Dans certaines régions C. graminicola semble être présent dans la plupart des champs de sorgho et la pression parasitaire est assez forte quand les conditions atmosphériques deviennent favorables au pathogène. La corrélation linéaire ($r = +0,733$) entre la pourriture rouge des tiges et l'antracnose laisse supposer que des plants fortement atteints d'antracnose sont susceptibles ^{de présenter} des symptômes de pourriture rouge des tiges. Tout cela laisse prévoir une expansion et une intensification de cette maladie tendant à hypothéquer les cultures des agriculteurs.

L'inoculation artificielle de C. graminicola aux tiges par la méthode des cure-dents a ^{engendré} 7,91 à 46,04% de pertes relatives, en poids moyen de grains récoltés. Ces résultats nous amènent à insister d'avantage sur le fait que la pourriture rouge est un danger potentiel pour la production

.../...

du sorgho. Il y a lieu de rechercher les solutions pour contrôler ce pathogène afin d'éviter une catastrophe en année d'épiphytie. La méthode d'inoculation artificielle du pathogène aux tiges à l'aide des cure-dents s'est révélé assez pratique pour l'estimation des pertes. Cependant il serait souhaitable que les recherches soient approfondies sur la pourriture rouge grâce à un travail d'équipe associant des chimistes, des biochimistes, des phytopathologistes et des sélectionneurs. Cette collaboration facilitera une meilleure appréciation de la maladie par une approche qualitative et quantitative de l'anthocyanose produite dans les tiges suite à la pénétration et au développement de *C. graminicola*.

Dans l'optique de la satisfaction des besoins alimentaires en céréales de la population, un certain nombre de mesures sont à entreprendre :

- une priorité agricole basée sur les cultures vivrières afin de créer les conditions nécessaires à la concrétisation de l'autosuffisance alimentaire.
- L'élaboration par le service de la Protection des Végétaux d'une législation phytosanitaire, élément fondamental dans un système de défense des cultures visant à minimiser les pertes occasionnées par les organismes nuisibles.
- la mise au point de mesures visant à contrôler *C. graminicola*. L'utilisation de la lutte chimique par les traitements des semences peut contribuer à réduire considérablement l'inoculum sur les graines. La recherche de fongicides plus efficaces que le thioral est à poursuivre.
- sensibiliser d'avantage les agriculteurs sur le rôle et l'importance de la protection des cultures. Ainsi l'organisation régulière de journées de démonstration permettra aux agriculteurs d'acquérir progressivement les méthodes de lutte élaborées par les instituts de recherches.

L'étude que nous avons réalisé nous a permis de jeter les bases d'une connaissance plus approfondie de ce parasite et dans ce sens constitue une contribution à la mise en place d'un système de défense des cultures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1983. Rapport de Synthèse du Laboratoire de Recherches de la Protection des Végétaux. 93 p.
- ANONYME, 1984. Statistiques Agricoles du Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage. Non encore publié.
- BEURIAT, B. 1981. Analyse de la microflore des semences de mil de Haute-Volta, Pennisetum typhoides. Mémoire de DEA à l'Institut Polytechnique de Lorraine, Nancy, France. 52 p.
- BERQUIST, R.R. 1973. Colletotrichum graminicola in Sorghum bicolor in Hawaii. Plant Disease Reporter 57 : 272 - 275
- BETANCOURT, V.A. 1978. Sorghum diseases in Mexico. Proceedings of the International workshop on sorghum diseases, 11 - 15 December 1978, Hyderabad, India, p 22 - 28.
- CHONDENURY, C.C. 1936. A disease of Zea mays caused by Colletotrichum graminicola (Ces) Wilson. Indian Journal of Agricultural Sciences 6 : 833 - 843.
- DAVIES, J.C. 1978. The importance of sorghum in the Semi-Arid Tropics. Proceedings of the International workshop on sorghum diseases, 11 - 15 December 1978, Hyderabad, India, p. 6 - 7.
- DIFCO, 1974 . Difco Manual of Dehydrated culture media and reagents for microbiological and clinical laboratory Procedures. 9th édition Difco Laboratory Incorporated Detroit, Michigan, U.S.A. 350 p.
- DOBB, J.L. 1977. A photosynthetic stress-translocation balance concept of corn stalk rot. Proceedings of the 32nd Annual Corn and Sorghum Research Conference (eds- H.D. Loden and D. Wilkinson). American Seed Trade Association Washington, D.C. U.S.A. p. 122 - 130.

.../...

- DODD, J.L. 1978. The photosynthetic stress-translocation balance concept of sorghum stalk rots, in Sorghum Diseases, a world review : Proceedings of the International workshop on sorghum diseases, 11 - 15 December 1978, Hyderabad, India. p 300 - 305.
- DOGGETT, H. 1970. Sorghum. Longmans, Green and Co. Ltd, London, 403 p.
- ESECHIE, H.A., MAFANVILLE J. W. et ROSS, W.M. 1977. Relationship of stalk morphology and chemical composition to lodging resistance in sorghum. Crop science 17 : 609 - 612.
- FAO, 1982, 1983, 1984. Production yearbook , volumes 35, 36, 37.
- FREDERIKSEN, R.A. et ROSENOW, D.T. 1979. Breeding for diseases resistance in sorghum, in Biology and Breeding for resistance to Arthropods and Pathogens in Agricultural Plant. Proceeding of the International short course on host plant resistance, Texas, July 22 - August 4, 1979. p 137 - 167.
- HEALD, F.D. 1912. A plant disease survey in the vicinity of San Antonio Texas, United States. Bureau of Plant industry Bulletin p. 226.
- HUGUENIN, B, LOURD, B.M. et GEIGER, J.P. 1982. Comparaisons entre isolats de Colletotrichum falcatum et Colletotrichum graminicola sur la base de leurs caractéristiques morphologiques, physiologiques et pathologiques. Phytopathologische Zeitschrift 105 : 293 - 304.
- ICRISAT, 1981; Rapport Annuel 1980. ICRISAT/Haute-Volta - Ouagadougou.
- ICRISAT, 1983. Annual Report 1982. Patancheru , India : ICRISAT.
- KABORE, K.B. et COUTURE, L. 1982. Analyse de la microflore des semences du sorgho (Sorghum bicolor) cultivé en Haute-Volta. Naturaliste Canadien (Rev. Ecol. Syst.) 110 : 453 - 457.
- KATSANOS, R.A. et FAPELIS, A.J. 1965. Seasonal trends in density and cell death in sorghum stalk tissue. Phytopathology 55 : 97 - 99.

.../...

- KATSANOS, E.A. et PAPPALIS, A.J. 1966. Effect of root injury on cell death in sorghum stalk tissue and susceptibility to Colletotrichum graminicola. Plant Disease Reporter 50 : 287 - 288.

- KATSANOS, E.A. et PAPPALIS, A.J. 1969. Relationship of living and death cells to spread of Colletotrichum graminicola in sorghum stalk tissue. Phytopathology 59 : 132 - 134.

- LEBEAU, F.J. 1950. Pathogenicity studies with Colletotrichum from different hosts on sorghum and sugar cane. Phytopathology 40 : 430 - 438.

- LEBEAU, F.J., STOKES, I.E. et COLEMAN, O.H. 1951. Anthracnose and red rot of sorghum. United States Department of Agriculture Bulletin 1035.

- LELAND; R.E. 1983. A guide to sorghum breeding, 2th edition. International crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, India 233 p.

- MISHRA, A. et SIRADHANA B.S. 1979 a. Studies on the survival of sorghum anthracnose (Colletotrichum graminicola) pathogen. Philippine Agriculturist, 62 (2) : 149 - 152.

- MISHRA, A. et SIRADHANA ^{B.S.} 1979 b. Estimation of losses due to anthracnose of sorghum. Indian Journal of Mycology and Plant Pathology, 9 : 257.

- MUSKETT, A.E. 1940. Technique for the examination of seeds for the presence of seed-borne fungi. Trans. Brit. Mycology Society, Vol 30 : 74 - 83

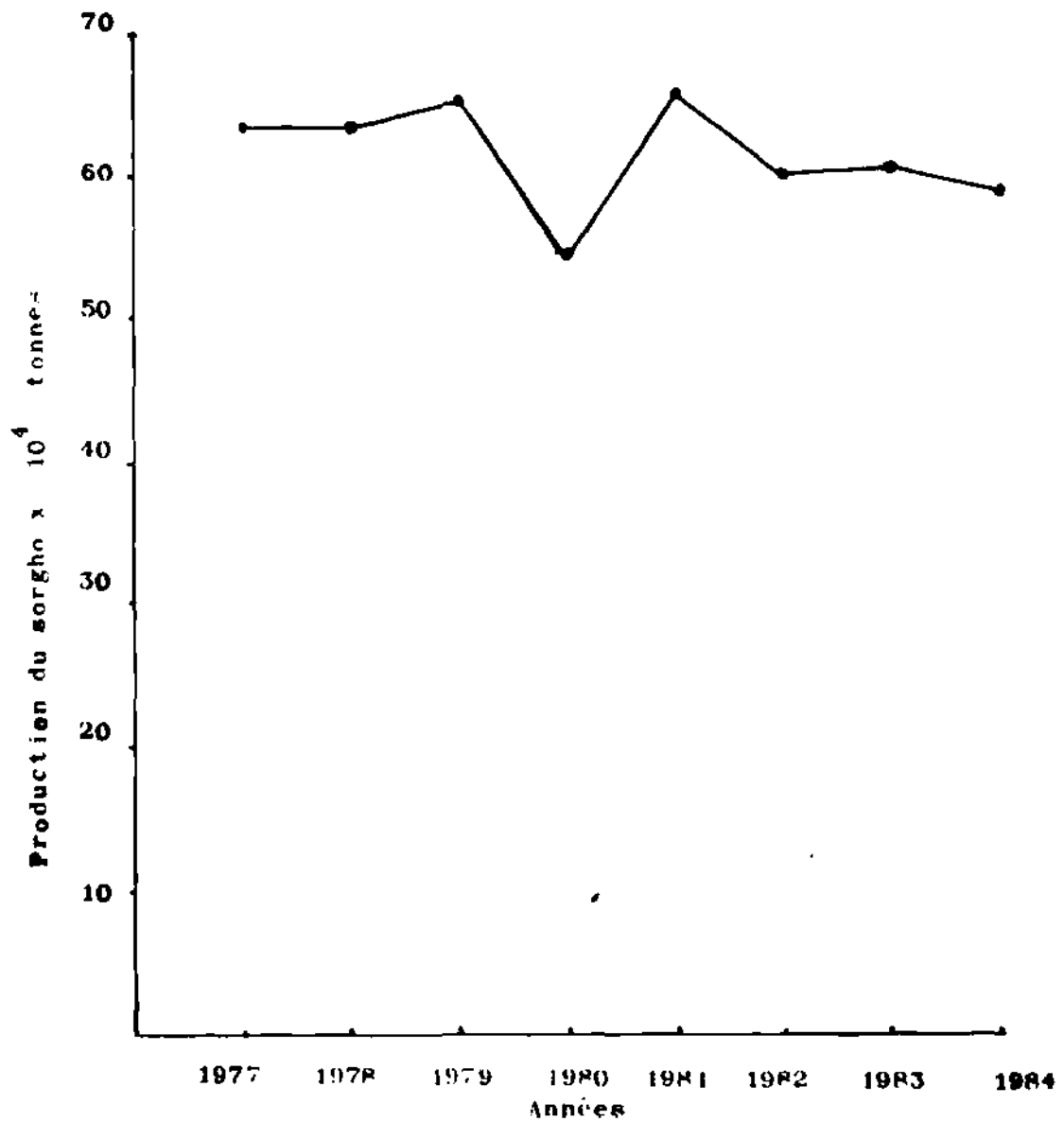
- NEERGAARD, P. 1979. Seed Pathology. I and II, edition Reviewed Mac Millan Press Ltd, London, 1191 p.

- NICHOLSON, R.L. et MORAES, W.B.C. 1980. Survival of Colletotrichum graminicola : importance of the spore matrix. Phytopathology 70 : 255 - 261.

.../...

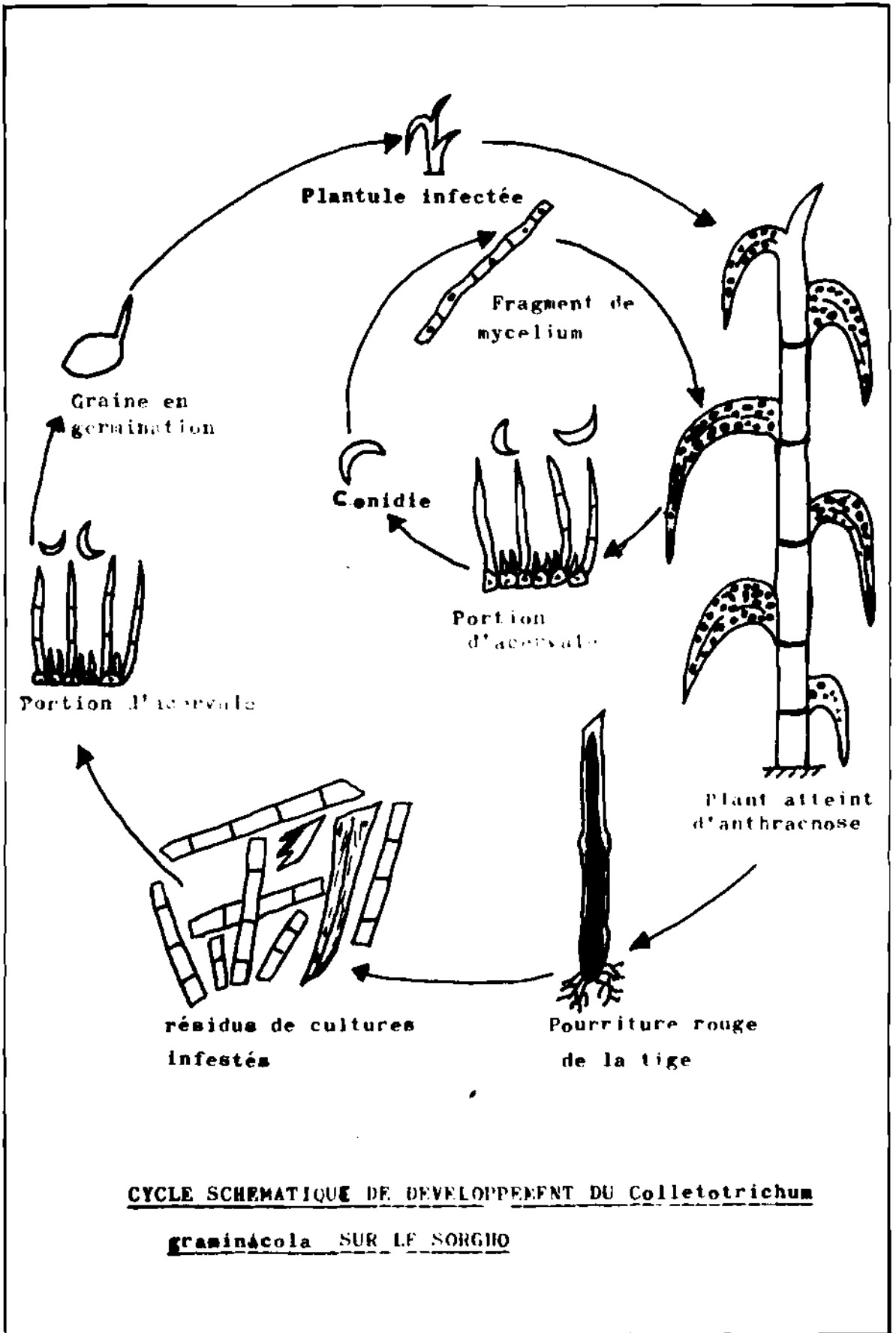
- POLIUIS, D.J. 1975. The ^{Identity} and perfect stage of Colletotrichum graminicola. Mycologia 67 : 56 - 62.
- RESENOW, D.T. 1979. Stalk rot resistance breeding in Texas, in Sorghum Diseases, World Review. Proceedings of the International workshop on sorghum diseases, 11 - 15 December, Hyderabad, India : ICARISAT, p 306 - 314.
- SNEDECOR, W.G. et COCHRAN, 1971. Méthodes Statistiques. Traduit par BOELLE, H. et CANHAJI, E. Association de Coordination Technique Agricole 149, Rue de BERCY, 75 Paris 12è 649 p.
- STEVENS, F.L. et HALL, J.E. 1911. Notes on plant diseases occurring in North Carolina. North Carolina Agricultural Experimental Station 33 : 59 - 72.
- SUTTON, B.C. 1968. The appressorium of Colletotrichum graminicola and Colletotrichum falcatum. Canadian Journal of Botany 46 : 873 - 876.
- SUTTON, B.C. 1980. The Coelomycetes. Commonwealth Mycology Institute, Kew, 686 p.
- TARR, S.A.J. 1962. Diseases of sorghum, sudan grass and broom corn. Commonwealth Mycology Institute, Kew, Surrey, U.K. 380 p.
- THOMAS, M.L. et JACKSON, F.L. 1978. Agricultural Experimentation. Design and Analysis. John Wiley and Sons. New York. 350 p.
- VAN DER PLANK, 1974. Resistance des plantes aux maladies. Traduit de l'anglais par BARAT, H. Academic Press Inc. New York. 223 p.
- VIZVARY, M.A. et WARREN, H.L. 1982. Survival of Colletotrichum graminicola in soil. Phytopathology 72 : 522 - 525.

ANNEXE 1



Evolution de la Production du sorgho au Burkina Faso
de 1977 à 1984

(Source : Statistique agricole du Ministère de l'Agriculture
et de l'Elevage, 1984)



**CYCLE SCHEMATIQUE DE DEVELOPPEMENT DU *Colletotrichum*
graminicola SUR LE SORGHO**

ANNEXE 3

Recensement de la spermatoflore fongique de cinq lots (variétés) de sorgho récoltés en Haute-Volta

Champignons	Pourcentage de graines contaminées					\bar{x}
	139-2	E35-1	Gnofing	Ouedzouré	S-29 1980	
<i>Aspergillus niger</i> van Tiegh.	0,3	5,0	0,3	0,3	2,7	1,7
<i>Sipolaris cookei</i> (Sacc.) Shoem.	---	---	0,7	---	0,7	0,3
* <i>S. cetransera</i> (McKinney) Shoem.	---	---	---	---	1,7	0,3
* <i>Cephalosporium acremonium</i> Corda	9,3	2,7	2,7	4,3	0,3	3,9
<i>Colletotrichum graminicola</i> (Ces.) Wilson	13,0	8,7	15,3	22,3	9,3	13,7
* <i>Curvularia borreiae</i> (Viégas) M.B. Ellis	0,3	---	0,7	0,3	---	0,3
<i>C. brachyspora</i> Boedijn	---	2,7	0,7	---	1,3	0,9
<i>C. clavata</i> Jain	1,7	7,0	5,0	2,7	4,7	4,6
<i>C. crepinii</i> (Westend.) Boedijn	---	1,0	---	---	---	0,2
<i>C. eragrostidis</i> (P. Henn.) J.A. Meyer	0,7	1,0	2,3	1,3	0,3	1,1
<i>C. lunata</i> (Hekker) Boedijn	1,3	8,0	5,3	1,3	2,7	3,8
<i>C. lunata</i> var. <i>aeria</i> (Batista, Lima & Vasconcelos) M.B. Ellis	---	1,3	---	---	---	0,3
* <i>C. ovoidea</i> (Miroe & Watan.) Muntanola	---	1,7	---	---	---	0,3
<i>C. pallidescens</i> Boedijn	4,0	3,0	3,3	0,7	1,0	2,3
<i>C. pennsylvanica</i> (Mitra) Boedijn	1,0	1,0	---	---	---	0,4
* <i>Drechslera dematioidea</i> (Bud. & Wroo.) Subram. & Jain	2,3	2,0	2,7	---	2,7	1,9
<i>Eurotium</i> spp.	---	---	0,7	---	---	0,1
<i>Exserchilium rostratum</i> (Dresch.) Leonard & Suggs emend. Leonard	---	2,7	2,4	0,7	0,3	1,0
<i>E. turanicum</i> (Pass.) Leonard & Suggs	0,3	---	---	---	---	0,1
<i>Fusarium</i> spp.	0,7	0,6	2,3	2,0	---	1,1
<i>F. avenaceum</i> (Corda ex Fr.) Sacc.	1,7	---	0,3	1,0	---	0,6
<i>F. graminearum</i> Schwabe	1,3	---	---	---	---	0,3
<i>Fusarium moniliforme</i> Sheldon	0,7	3,0	1,3	0,3	---	0,5
<i>Ramulispora sorghi</i> (Ellis & Everh.) Olive & Lefebvre	8,7	1,0	0,3	6,7	0,3	3,4
* <i>Rhynchosporium</i> spp.	1,7	---	0,3	2,3	0,3	0,9
<i>Thielavia</i> sp.	0,3	---	---	---	---	0,1
TOTAL	49,3	30,7	48,0	46,2	29,9	

* non encore signalées sur les semences de sorgho

(Source : Kaboré, 1982)