

Evaluation de la résistance de l'arachide à la cercosporiose précoce en conditions naturelles et en milieu contrôlé

Amos MININGOU¹, Fanja MONDEIL², Paco SÉRÉMÉ¹

Résumé

L'étude de la résistance de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) à la cercosporiose précoce causée par *Cercospora arachidicola* (Hori) a été effectuée au Burkina Faso en vue d'y déceler des sources de résistance à la maladie. Treize variétés d'arachide d'origines et de caractéristiques diverses ont d'abord été évaluées pendant deux ans dans quatre localités du Burkina Faso pour connaître leur niveau de résistance à la maladie. Le stade de développement auquel l'arachide est le plus sensible à la maladie a ensuite été déterminé en conditions contrôlées. En conditions naturelles, l'évaluation de la maladie sur les dernières feuilles des tiges principales à 75 jours après semis (jas) a été la plus efficace pour déterminer la résistance de l'arachide à la cercosporiose précoce. Par contre, la notation effectuée sur les 3^{es} feuilles est inappropriée. Les variétés Nama et SH 67A ont été identifiées pour leur résistance moyenne à la maladie, tandis que NCAc 17090 confirmait cette résistance pendant les deux années d'étude. Ces variétés peuvent être utilisées comme sources de résistance de l'arachide à la cercosporiose précoce.

Nos résultats ont aussi permis de montrer en conditions contrôlées que la sensibilité de l'arachide à l'infection par *C. arachidicola* se situe entre 50 et 60 jas. Ces stades sont par conséquent indiqués pour le criblage des géotypes d'arachide pour leur résistance à la cercosporiose précoce.

Mots-clés : Arachide, résistance, cercosporiose précoce, *Cercospora arachidicola*, Burkina Faso

Evaluation of groundnut resistance to early leaf spot under natural and controlled conditions

Abstract

Study on the resistance of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to early leaf spot due to *Cercospora arachidicola* (Hori) was performed in Burkina Faso in order to detect resistance sources. Thirteen varieties of groundnut from various origins and characteristics were first evaluated for their resistance to the disease in four areas in Burkina Faso for two years. on their resistance to the disease. The most sensitive development stage of groundnut was then determined under controlled conditions. Scoring on the last leaves of the main stems at 75 days after sowing (das) allowed a better evaluation of groundnut resistance to early leaf spot under natural conditions on one hand. On the other hand, scoring on the third leaves is not appropriate. Varieties Nama and SH 67A were found moderately resistant to the disease, while NCAc 17090 was resistant during the two years of experiment. They may be used as sources of resistance to the early leaf spot. Our results showed that under controlled conditions, the most sensitive development stage of groundnut to the infection by *C. arachidicola* occurs between 50 and 60 das. This stage is therefore appropriate for screening groundnut genotypes for resistance to early leaf spot.

Keywords: Groundnut, resistance, early leaf spot, *Cercospora arachidicola*, Burkina Faso

¹ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/CREAF-Kamboisé,

01 BP 476 Ouagadougou 01, e-mail : miningou_amos@yahoo.fr ou paco.sereme@coraf.org

² Université de Cocody, Laboratoire de génétique, UFR-Biosciences, e-mail : mmondeil@yahoo.fr

Introduction

La cercosporiose précoce causée par *Cercospora arachidicola* (Hori) est répandue partout où l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) est cultivée dans le monde (ABDOU *et al.*, 1974 ; FOSTER *et al.*, 1981). Bien qu'elle soit présente partout au Burkina Faso, son importance varie en fonction des zones écologiques (MINOUNGOU *et al.*, 1990). La zone de prédominance se situe dans les régions Centre et Est du pays aux isohyètes inférieures à 900 mm. Elle occasionne seule, ou en association avec la cercosporiose tardive et/ou la rouille, des pertes de rendement considérables situées entre 30 et 50 % (HAMID *et al.*, 1981 ; GHEWANDE *et al.*, 1992).

Cependant, il n'existe pratiquement pas de variétés totalement résistantes à la maladie qui aient été identifiées ; seule une bonne tolérance à la défoliation a été trouvée dans une collection du Pérou (ABDOU *et al.*, 1974). Au Burkina Faso, toutes les variétés d'arachide cultivées à ce jour sont sensibles à la cercosporiose précoce. Par ailleurs, la résistance à la maladie n'est pas un phénomène statique, mais elle est influencée simultanément par les caractéristiques de la plante hôte (adaptabilité à divers milieux) et la variabilité génétique de l'agent pathogène (WYNNE *et al.*, 1991). Face à cette situation, nous avons entrepris la présente étude pour identifier d'éventuelles sources de résistance à la cercosporiose précoce dans les conditions du Burkina Faso. Pour ce faire, nous avons d'abord évalué pendant deux ans, dans quatre localités du Burkina Faso où la cercosporiose précoce est prédominante, le degré de sensibilité et la stabilité de résistance de treize variétés d'arachide d'origines et de caractéristiques botaniques diverses.

Il nous est également paru nécessaire de déterminer en conditions contrôlées, le stade de développement végétatif auquel l'arachide est la plus sensible à la maladie en vue d'un criblage ultérieur des variétés.

Matériel et méthodes

Matériel biologique

Treize variétés d'arachide ayant des origines et des caractéristiques botaniques différentes ont été choisies et utilisées pour la variabilité qu'elles présentent (tableau I). Les six premières variétés de ce tableau ont été utilisées pour déterminer le stade de développement végétatif auquel l'arachide est plus sensible à la maladie en conditions contrôlées.

L'agent pathogène de la cercosporiose précoce (*Cercospora arachidicola*) utilisé pour les inoculations artificielles a été isolé à partir de feuilles d'arachide naturellement infectées au champ et prélevées à Kamboinsé en 1996. Il a été caractérisé par son profil enzymatique (les estérases) comportant deux bandes aux références frontales (Rf) comprises entre 0,70 et 0,78 (MININGOU *et al.*, 2003).

Méthodes

L'évaluation en conditions naturelles

Dispositif expérimental

L'expérimentation a été réalisée durant deux campagnes pendant les saisons pluvieuses de 1995 et 1996 dans quatre sites selon un dispositif en blocs de Fisher à quatre répétitions. Elle n'a pas

été reconduite dans le même emplacement au cours des deux années. Un épandage d'engrais minéral a été effectué au semis sur les parcelles à raison de 100 kg/ha de NPK (15 - 23 - 15). La parcelle élémentaire dans chacune des répétitions était constituée de quatre lignes de six mètres de long chacune. La densité de semis observée a été de 166 000 plants/ha, soit un écartement de 40 cm x 15 cm. Les parcelles ont été semées à raison d'une graine par poquet. Les dates de semis ont été déterminées en fonction de l'installation des pluies dans les sites d'étude.

Sites d'étude

Quatre zones de prédominance de la maladie ont été retenues comme sites d'expérimentation :

- Kamboinsé (12° 28' N, 01° 33' E, 300 m d'altitude) est situé à 15 km de Ouagadougou au Centre du Burkina Faso en zone soudano-sahélienne. La pluviométrie annuelle y est comprise entre 500 et 700 mm. Ses sols sont de type ferrugineux tropicaux lessivés très légers avec très peu de matières organiques ;
- Saria (11° 56' N, 02° 9' O) situé à 90 km à l'ouest de Ouagadougou est aussi une zone soudano-sahélienne avec une pluviométrie variant entre 600 et 800 mm par an. Les sols y sont de type hydromorphe, peu humifère à pseudogley ;
- Kouaré (11° 56' N, 0° 18' E) à l'Est du pays, est à 220 km de Ouagadougou dans la zone soudanienne à pluviométrie située entre 700 et 900 mm par an. Les sols sont limono-sableux et plus profonds.
- Pobé-Mengao (14° 06' N, 01° 37' E, 274 m d'altitude) au nord, est à 250 km de Ouagadougou dans la zone sahélienne. La pluviométrie annuelle se situe entre 400 et 600 mm et les sols sont sablonneux.

Observations

Elles ont été faites sur dix plantes identifiées au hasard sur les deux lignes centrales de chaque parcelle élémentaire. Elles ont porté sur l'importance de la cercosporiose précoce sur les différentes variétés et sur le niveau de défoliation des plantes. Les notations de la maladie ont été faites sur les 3^{es}, 5^{es} et dernières feuilles des tiges principales (T.P.) des plantes à 60 et 75 jours après semis (jas) en utilisant l'échelle de l'ICRISAT proposée par SUBRAHMANYAM *et al.* (1982). L'échelle comporte 9 notes allant de 1 (faibles attaques) à 9 (attaques sévères). Au niveau de la parcelle élémentaire, la sévérité de la maladie sur une variété à un étage donné (3^e, 5^e ou dernière feuille) est obtenue en faisant la moyenne des notes des dix plantes à cet étage. Lorsque la note est inférieure à 5, la variété est dite résistante, quand elle est comprise entre 5 et 7, la variété est moyennement résistante, et à partir de 7 et au delà, la variété est sensible. La défoliation par plante a été estimée en faisant le rapport du nombre de feuilles tombées sur le nombre total de feuilles émises sur la tige principale.

Analyse statistique des données

Des analyses de variances suivies de comparaisons de moyennes au seuil de 5 % par le test de Newman-Keuls sont effectuées sur la sévérité de la maladie et la défoliation à l'aide du logiciel STATITCF (version 5) pour apprécier les différences entre les facteurs étudiés.

Evaluation en conditions contrôlées

La chambre de culture dans laquelle l'on a placé les plantes inoculées était soumise à une température comprise entre 23 et 25 °C, à une lumière blanche de 5 000 Lux alternée d'obscurité (12 h / 12 h) et à une humidité relative maintenue entre 60 et 80 % à l'aide d'un humidificateur électrique.

Culture de l'arachide en pots

Les graines des six premières variétés citées (tableau I) ont été semées dans des pots plastiques aux dimensions de 12 cm de diamètre et 20 cm de haut (environ deux litres), à raison d'une graine par pot. Chaque variété a été semée en quatre répétitions et cela répété pour chaque stade de développement étudié. Autrement dit, un dispositif factoriel à deux facteurs (stades de développement et variétés) a été mis en place pour cette étude. Les semis ont été faits à intervalle de 10 jours de manière à avoir pour l'inoculation des plantes à différents stades de développement : début floraison (30 jas), élongation des gynophores (40 jas), formation des jeunes gousses (50 jas), formation des gousses (60 jas) et remplissage des gousses (70 jas). Ainsi, 120 pots ont été utilisés à raison de 24 pour chaque stade. Chaque pot renferme un mélange de sable, d'argile et de fumier dans la proportion 3/1/1. Ce mélange au préalable stérilisé à 120 °C pendant une heure permet une bonne aération des racines et contient suffisamment des nutriments pour le développement de la plante. Les pots sont arrosés deux fois par semaine.

Tableau I. Caractéristiques des cultivars d'arachide utilisés*.

Variétés	Origine (Institution / Pays)	Type botanique (jours)	Cycle S.M.	sens. à CP
1 CN 94C	INERA / Burkina Faso	Spanish	90	S
2 TS 32-1	INERA / Burkina Faso	Spanish	90S	
3 QH 243C	INERA / Burkina Faso	Spanish	90	I
4 IC 79-2I	INERA / Burkina Faso	Fastigiata	90	I
5 NCAc 17090	ICRISAT / Niamey	Fastigiata	90	I
6 Nama	Université /Ouaga (BF)	Virginia	110	MR
7 SH 67A	INERA / Burkina Faso	Spanish	90	MR
8 SH 462C	INERA / Burkina Faso	Spanish	90	I
9 Te 3	INERA / Burkina Faso	Spanish	90	S
10 KH 149A	INERA / Burkina Faso	Spanish	90	S
11 Chico	ISRA / Sénégal	Spanish	90	S
12 73-30	ISRA / Sénégal	Spanish	90	S
13 Flower 113	INERA / Burkina Faso	Spanish	90	S

S.M. = semis maturité ; sens. à CP = sensibilité à la cercosporiose précoce ; BF = Burkina Faso

S : sensible ; I : intermédiaire ; MR : moyennement résistant

* : Toutes les variétés utilisées sont des variétés cultivées.

Culture de l'agent pathogène et production d'inoculum

Le champignon est isolé sur le milieu de culture FA, celui utilisé par SUBBA RAO *et al.* (1992), à partir de feuilles d'arachide naturellement infectées et prélevées dans la localité de Kamboinsé en 1996. Le milieu FA est préparé à base de feuilles d'arachide. Les conidies de l'agent pathogène sont prélevées à l'aide d'une baguette fine de verre et déposées sur le milieu FA dans des boîtes de Pétri, puis mises en culture pendant 10 à 14 jours à une température comprise entre 23 et 25 °C sous lumière blanche continue (intensité de 5 000 lux) selon les conditions de SMITH (1971). Afin d'obtenir suffisamment d'inoculum (100 à 120 ml), un explantat de la culture précédente est écrasé dans deux millilitres d'eau distillée stérile. La suspension conidienne ainsi obtenue est étalée uniformément dans trois boîtes de Pétri sur le milieu de culture FA et incubée dans les mêmes conditions. Pour recueillir le maximum de conidies, 30 ml d'eau distillée stérile sont versés dans chaque boîte de Petri et la surface de la colonie est minutieusement brossée à l'aide d'un pinceau fin. La suspension conidienne ainsi recueillie est additionnée de deux gouttes de Tween 80 à 10 %. La concentration est ajustée à $3 - 5 \times 10^4$ conidies / ml à l'aide de la cellule de Malassez .

Méthode d'inoculation

Les inoculations ont été effectuées sur les plantes des six variétés à différents stades de développement (30, 40, 50, 60 et 70 jas). L'inoculum recueilli est appliqué une seule fois à la face supérieure des feuilles des plantes d'arachide à l'aide d'un atomiseur à pression manuelle de façon à en obtenir de fines gouttelettes. Les pots placés dans la chambre de culture ont été ensuite recouverts de sachets plastiques transparents pendant 48 à 72 h afin d'accroître l'humidité relative nécessaire à l'infection des plantes.

Observations et analyse statistique des données

L'évaluation de la maladie et du pourcentage de défoliation des variétés inoculées en conditions contrôlées a été réalisée à 90 et 110 jas selon le cycle (semis – maturité) de chaque variété. L'échelle de notation de 1 (résistante) à 9 (sensible) utilisée est celle de l'ICRISAT proposée par SUBRAHMANYAM *et al.* (1995) qui consiste à donner une note globale à la plante entière. La sévérité de la maladie sur une variété est obtenue en faisant la moyenne des notes des quatre répétitions.

Une analyse de variance à deux facteurs, à savoir le génotype et le stade de développement, suivie de la comparaison des moyennes par le test de Newman-Keuls a été effectuée afin de déterminer le stade et le génotype les plus sensibles. Le logiciel utilisé est STATITCF version 5.

Résultats

Evaluation en conditions naturelles

L'analyse de variance pluriannuelle a porté sur la sévérité de la cercosporiose précoce à 60 et 75 jas et à chacun des trois étages des plantes (3^{es}, 5^{es} et dernières feuilles) des 13 variétés d'arachide. Elle a porté aussi sur le taux de défoliation des mêmes variétés à 60 et à 75 jas.

Résultats de la campagne agricole de 1995

Sévérité de la cercosporiose précoce sur les 3^{es} feuilles d'arachide

A 60 jas, la sévérité de la maladie a été inférieure à 2 sur l'échelle de 1 à 9 pour l'ensemble des variétés (tableau II a). La forte variation due à l'effet de la localité ($F = 247,5$ ddl = 3, $P = 0,01$) a permis de noter une sévérité légèrement plus élevée à Kouaré (2,04) qu'à Kamboinsé et Saria où le niveau était identique (fig. 1a). C'est à Pobé-Mengao que la sévérité moyenne de la cercosporiose précoce sur les 3^{es} feuilles à 60 jas a été la plus faible.

A 75 jas, la sévérité de la maladie a été relativement plus importante qu'à 60 jas avec une moyenne de 2,62 (tableau II a). L'importance de l'effet de la localité est demeurée prépondérante ($F = 51,4$; ddl = 3 ; $P = 0,01$) et le site de Kamboinsé a été le plus favorable à l'expression de la maladie (fig. 1b).

Sévérité de la cercosporiose précoce sur les 5^{es} feuilles d'arachide

La sévérité moyenne de la maladie à 60 jas a été de 2,45 sur l'échelle de 1 à 9 (tableau II b). Les faibles valeurs se sont situées à 2,20 tandis que les plus fortes étaient de l'ordre de 2,63 (tableau II b). La sévérité de la maladie en fonction des localités a été significativement plus élevée ($F = 92,5$; ddl = 3 ; $P = 0,01$) à Kouaré (2,97) et à Saria (2,95) qu'à Kamboinsé (2,06). A Pobé-Mengao, elle a été plus faible (1,82), (fig. 1c).

A 75 jas, la sévérité moyenne de la maladie est passée à 3,98 sur l'échelle de 1 à 9 (tableau II b). Toutes les variétés apparaissent alors résistantes à la cercosporiose précoce avec des notes de sévérité comprises entre 2,76 et 4,76. Cependant, les variétés Nama, NCAc 17090 et SH 67A, avec des notes comprises entre 2,76 et 3,18 ont eu un niveau de résistance significativement plus élevé ($F = 28,2$; ddl = 12 ; $P = 0,01$) que les autres (tableau II b). L'expression de la sévérité en fonction des localités a permis de noter une pression légèrement plus élevée de la maladie à Kamboinsé (4,5) qu'à Pobé-Mengao (4,1) et Kouaré (3,9) (fig. 1d). Elle a été relativement plus faible à Saria.

Les effets d'interaction entre variétés et localités (figure 2) montrent des différences significatives ($F = 2,1$; ddl = 36 ; $P = 0,01$). Ainsi, des variétés telles que CN 94 C, Chico et TS 32-1 ont été plus sensibles à la maladie dans les localités de Kamboinsé et de Pobé-Mengao et ont présenté un niveau de sévérité moindre dans les localités de Kouaré et de Saria. Par ailleurs, si QH 243 C et 73-30 ont montré toutes deux une sévérité moindre à Saria, c'est à Kouaré que QH 243 C a présenté un degré de sensibilité plus élevé à la maladie tandis que 73-30 a montré sa sensibilité à Kamboinsé.

Sévérité de la cercosporiose précoce sur les dernières feuilles d'arachide

A 60 jas, on peut distinguer les variétés résistantes Nama et SH 67A (avec une sévérité moyenne de la maladie inférieure à 5), des autres qui se sont montrées moyennement résistantes (notes comprises entre 5 et 7), tableau II c. A 75 jas, une évolution de la sévérité de la maladie est observée si bien qu'il n'apparaît que des variétés moyennement résistantes (Nama, SH 67A et NCAc 17090) avec des notes comprises entre 5,77 et 6,98 et des variétés sensibles avec des notes supérieures à 7.

Tableau II. Sévérité de la cercosporiose précoce chez 13 variétés d'arachide sur les 3^{es} (a), les 5^{es} (b) et les dernières feuilles (c) ainsi que la défoliation (d) à 60 et à 75 jours après semis (jas) (moyenne de 4 localités, année 1995).

a (3 ^{es} feuilles)			b (5 ^{es} feuilles)			c (dernières feuilles)			d		
Variétés	Sévérité de la cercosporiose		Variétés	Sévérité de la cercosporiose		Variétés	Sévérité de la cercosporiose		Variétés	Pourcentage de défoliation	
	60 jas	75 jas		60 jas	75 jas		60 jas	75 jas		60 jas	75 jas
TS 32-1	1,81 a	3,19 a	CN 94C	2,67 a	4,66 a	CN 94C	5,96 a	8,07 a	73-30	35,72 a	47,08 a
CN 94C	1,81 a	2,89 a	TS 32-1	2,67 a	4,62 a	Te 3	5,70 ab	8,12 a	CN 94C	35,58 a	47,00 a
Chico	1,81 a	2,99 a	Chico	2,63 a	4,76 a	Chico	5,64 ab	8,13 a	KH 149A	35,35 a	47,71 a
SH 462C	1,79 a	2,72 ab	IC 79-21	2,57 ab	3,69 c	KH 149A	5,59 ab	7,70 abc	Te 3	35,4 a	49,75 a
Te 3	1,77 ab	2,72 ab	Te 3	2,54 ab	4,28 abc	TTS 32-1	5,59 ab	7,76 abc	QH 243C	35,01 a	47,46 a
QH 243C	1,75 ab	2,67 ab	SH 462C	2,52 ab	4,19 abc	SH 462C	5,59 ab	7,57 bc	TS-32-1	34,07 a	48,8 a
Flower 113	1,72 ab	3,19 a	KH 149 A	2,42 abc	4,41 ab	Flower 113	5,49 abc	7,88 ab	Flower 113	33,66 a	48,44 a
KH 149A	1,71 ab	2,75 ab	QH 243 C	2,41 abc	3,89 bc	73-30	5,42 abc	7,05 de	Chico	32,15 a	44,81 ab
73-30	1,69 ab	2,23 abc	Flower 113	2,39 abc	4,50 ab	NCAc 17090	5,17 bcd	6,98 e	SH 462C	31,19 ab	47,24 a
IC 79-21	1,66 abc	2,11 cde	73-30	2,36 abc	3,76 c	QH 243C	5,02 cd	7,41 cd	IC 79-21	30,00 ab	43,37 ab
NCAc 17090	1,63 abc	1,82 e	Nama	2,28 bc	2,76 d	IC 79-21	5,01 cd	7,05 de	SH 67A	28,41 ab	40,40 b
SH 67A	1,56 bbc	2,00 de	NCAc 17090	2,20 c	3,02 d	SH 67A	4,88 d	6,67 e	Nama	25,59 b	34,62 c
Nama	1,49 c	2,11 cde	SH 67A	2,19 c	3,18 d	Nama	4,15 e	5,77 f	NCAc 17090	25,30 b	33,66 c
Moyennes	1,71	2,62	Moyennes	2,45	3,98	Moyennes	5,32	7,38	Moyennes	32,2	44,6
ET	0,2	0,49	ET	0,30	0,63	ET	0,53	0,44	ET	6,4	6,5
CV (%)	11,8	18,5	CV (%)	12,4	15,9	CV (%)	9,9	6,0	CV (%)	19,9	14,5

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par le test de Newman Keuls.

L'interaction variété x localité a été certes significative ($F = 1,9$; $ddl = 36$; $P = 0,01$), mais son effet représente une faible part (moins de 1 %) dans la variation totale.

Avec une sévérité moyenne de 6,40, Kouaré a été le site où la pression de la maladie était la plus élevée à 60 jas (fig. 1e). A 75 jas, les niveaux de sévérité ont été supérieurs à 7 dans l'ensemble des quatre localités (fig. 1f).

Taux de défoliation des variétés

Il a montré des différences significatives entre les variétés aussi bien à 60 ($F = 4$; $ddl = 12$; $P = 0,01$) qu'à 75 jas ($F = 23,8$; $ddl = 12$; $P = 0,01$). Le taux moyen de défoliation a été de 32,2 % à 60 jas. Les variétés qui ont moins défolié, à savoir Nama et NCAc 17090, ont présenté des taux respectifs de 25,59 et 25,30 % (tableau II d). A 75 jas, le taux moyen de défoliation est passé à 44,6 %. Les variétés Nama et NCAc 17090 sont restées celles qui ont présenté les plus faibles taux de défoliation (34,62 et 33,66 %).

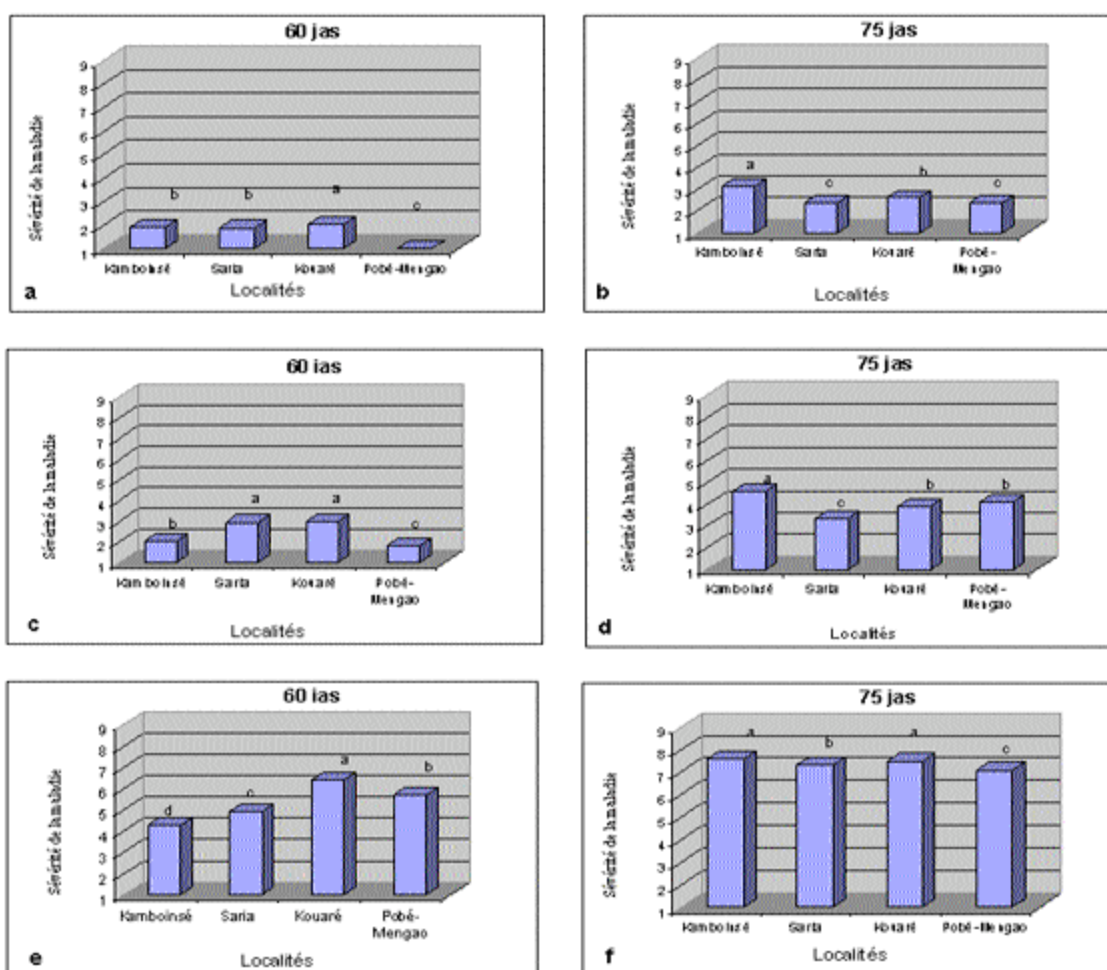


Figure 1. Importance de la cercosporiose précoce sur les 3^{es} (a, b) et dernières feuilles (e, f) de l'arachide à 60 et à 75 jours après semis (jas) et en fonction des localités.

Les histogrammes portant la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

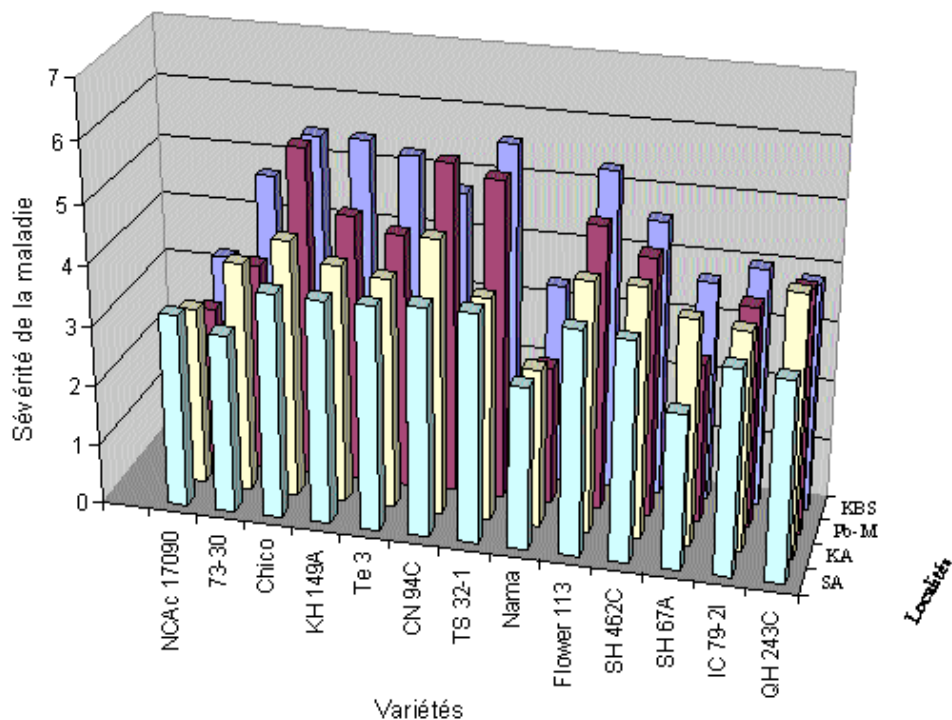


Figure 2. Sévérité de la cercosporiose précoce sur les 5^{es} feuilles de 13 variétés d'arachide à 75 jours après semis et dans 4 localités du Burkina Faso (1995)

KBS = Kamboinsé ; Pb-M = Pobé-Mengao ; KA - Kouaré ; SA = Saria.

Résultats de la campagne agricole de 1996

Sévérité de la cercosporiose précoce sur les 3^{es} feuilles d'arachide

Elle est apparue très faible aussi bien à 60 qu'à 75 jas avec des valeurs moyennes respectives de 1,55 et 2,34 (tableau III a). La forte variation due à l'effet de la localité a permis de déceler à 75 jas une pression de la maladie relativement plus élevée à Kamboinsé et à Saria que dans les deux autres sites (figure 3a).

Sévérité de la cercosporiose précoce sur les 5^{es} feuilles d'arachide

La sévérité moyenne de la maladie est apparue encore faible à 60 jas avec une évolution significative à 75 jas (tableau III b). On remarque à 75 jas que toutes les variétés apparaissent résistantes (notes comprises entre 2,80 et 4,32), mais l'on peut distinguer celles qui ont un niveau de résistance significativement plus élevé, à savoir Nama, NCAc 17090, SH 67A et 73-30 (sévérités comprises entre 2,80 et 3,33) de celles moins résistantes (notes entre 3,52 et 4,32). L'importance de la maladie en fonction des localités montre qu'à Saria la pression de la cercosporiose précoce sur les 5^{es} feuilles a été plus forte (fig. 3 b).

Sévérité de la cercosporiose sur les dernières feuilles d'arachide

L'importance de la maladie a connu une évolution avec des sévérités moyennes respectives de 4,46 et 6,27 à 60 et 75 jas (tableau III c). A 75 jas, toutes les variétés se sont montrées moyennement résistantes avec des notes de sévérité variant de 5,64 à 6,92 à l'exception de Nama qui est demeurée résistante (4,68). L'importance de la cercosporiose précoce en fonction des localités indique encore qu'à Saria la pression de la maladie sur les dernières feuilles a été plus forte (fig. 3c).

Tableau III. Sévérité de la cercosporiose précoce chez 13 variétés d'arachide 3^{es} (a), 5^{es} (b), (c) ainsi que la défoliation (d) à 60 et à 75 jours après semis (jas) (moyenne de 4 localités, année 1996).

a (3 ^{es} feuilles)			b (5 ^{es} feuilles)			c (dernières feuilles)			d		
Variétés	Sévérité de la cercosporiose		Variétés	Sévérité de la cercosporiose		Variétés	Sévérité de la cercosporiose		Variétés	Pourcentage de Défoliation	
	60 jas	75 jas		60 jas	75 jas		60 jas	75 jas		60 jas	75 jas
Chico	1,77 a	2,76 a	KH 149 A	2,82 a	4,03 ab	CN 94C	5,02 a	6,8 ab	SH 462C	26,87 a	42,23 a
Te 3	1,69 ab	2,46 abc	CN 94C	2,69 a	4,4,09 ab	TS 32-1	4,91 ab	6,73 ab	Flower 113	26,77 a	42,15 a
KH 149A	11,69 ab	2,55 ab	Chico	2,77 a	4,32 a	KH 149A	4,85 abc	6,73 ab	TS 32-1	25,51 ab	43,09 a
TS 32-1	1,63 ab	2,66 a	TS 32-1	2,71 ab	4,08 ab	Chico	4,82 abc	6,92 a	CN 94C	25,49 ab	43,17 a
Nama	1,58 ab	2,10 cde	Te 3	2,69 ab	3,89 ab	Te 3	4,74 abc	6,75 ab	KH 149A	25,42 ab	40,07 a
CN 94C	1,58 ab	2,61 a	Flower 113	2,45 abc	40,3 ab	Flower 113	4,6 abc	6,68 ab	Te 3	24,93 ab	43,05 a
QH 243C	1,57 ab	2,44 abc	SH 264C	2,41 abcd	3,52 cdc	SH 462C	4,43 bcd	6,21 c	Chico	24,46 ab	39,25 a
Flower 113	1,54 ab	2,61 a	QH 243C	2,340abcd	3,75 bc	73-30	4,36 bcd	6,05 cd	Nama	24,13 ab	32,54 b
SH 462C	1,52 ab	2,53 bcd	73-30	2,32 bcd	3,33 de	QH 243C	4,31 cd	6,28 bc	QH 243C	23,71 ab	42,62 a
IC 70-2I	1,42 ab	2,11 cde	IC 79-2I	2,24 cd	3,46 cd	NCAc 17090	4,30 cd	5,64 d	73-30	23,53 ab	41,19 a
NCAc 17090	1,41 ab	1,82 e	NCAc 17090	2,05 d	2,80 f	SH 67A	4,27 cd	6,07 cd	SH 67A	22,52 ab	38,48 a
73-30	1,39 b	2,00 de	Nama	2,02 d	2,99 ef	IC 79-2I	3,90 d	5,89 cd	IC 79-2I	22,22 ab	40,03 a
SH 67A	1,33 b	2,11 cde	SH 67A	2,01 d	3,28 de	Nama	3,48 e	4,68 e	NCAc 17090	20,65 b	25,52 c
Moyennes	1,55	2,34	Moyennes	2,44	3,66	Moyennes	4,46	6,27	Moyennes	24,32	39,49
ET	0,35	0,45	ET	0,44	0,49	ET	0,61	0,64	ET	4,42	5,33
CV (%)	11,822,5	19,5	CV (%)	17,9	18,5	CV (%)	9,913,6	10,3	CV (%)	18,2	13,5

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % par le test de Newman Keuls.

Taux de défoliation des variétés

A 60 jas, le taux moyen de défoliation des variétés a été de 24,32 %. La variété NCAc 17090 a eu le plus faible taux de défoliation (20,65 %) tandis que SH 462C (26,87 %) et Flower 113 (26,77 %) ont présenté les plus forts pourcentages (tableau III d). Les autres variétés ont eu des taux de défoliation intermédiaires. A 75 jas, le pourcentage de défoliation s'est accru (tableau III d) et les variétés Nama (32,54 %) et NCAc 17090 (25,52 %) sont apparues les moins défoliées. Les autres variétés ont eu des taux similaires élevés. La défoliation en fonction des localités montre un pourcentage relativement plus élevé à Saria que dans les autres localités (fig. 3d). Pobé-Mengao est le site où il y a eu moins de défoliation.

Analyse comparée des résultats des campagnes agricoles de 1995 et 1996

La sévérité moyenne de la maladie sur les 5^{es} et dernières feuilles des 13 variétés d'arachide a été d'une manière générale plus élevée en 1995 qu'en 1996 (tableau IV). Mais l'importance du taux de défoliation n'a pas été similaire.

L'interaction année x localité permet de montrer à 75 jas que sur les 5^{es} feuilles, la pression de la maladie a été plus élevée à Kamboinsé durant les deux années ainsi qu'à Saria en 1995 (tableau IV). Dans la localité de Pobé-Mengao en 1996, la pression a été la plus faible. Sur les dernières feuilles, la pression de la maladie a été plus forte à Kamboinsé (7,59) et à Kouaré (7,51) en 1995 ainsi qu'à Saria durant les deux années (7,32 et 7,45 respectivement). Le plus faible niveau de la maladie a été observé à Pobé-Mengao en 1996 avec une moyenne de 3,97. Le taux de défoliation a été plus élevé à Saria en 1996 que dans les autres localités au cours des deux années. Il est suivi de celui de Saria en 1995 qui est similaire au taux de Kouaré en 1995. C'est à Pobé-Mengao en 1996 qu'il y a eu le plus faible taux de défoliation (tableau IV).

Tableau IV. Sévérité de la cercosporiose précoce en fonction de la localité et de l'année sur les 5^{es} (NF5-2) et dernières feuilles (NDF-2) d'arachide ainsi que le taux de défoliation (PFT-2) à 75 jours après semis.

Année et localité	NF5-2	NDF-2	PFT-2
1995 - Saria	4,57 a	7,32 a	49,63 b
1995 - Kamboinsé	4,54 a	7,59 a	40,38 d
1996 - Kamboinsé	4,31 a	6,81 c	44,98 c
1995 - Pobé-Mengao	4,08 b	7,08 b	39,15 d
1995 - Kouaré	3,85 c	7,51 a	49,38 b
1996 - Kouaré	3,45 d	7,01 bc	41,19 d
1996 - Saria	3,43 d	7,45 a	56,64 a
1996 - Pobé-Mengao	2,20 e	3,67 d	13,45 e
Moyennes	3,81	6,84	41,85
Ecart – type	0,59	0,56	5,82
CV (%)	15,5	8,2	13,9

Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 1 %.

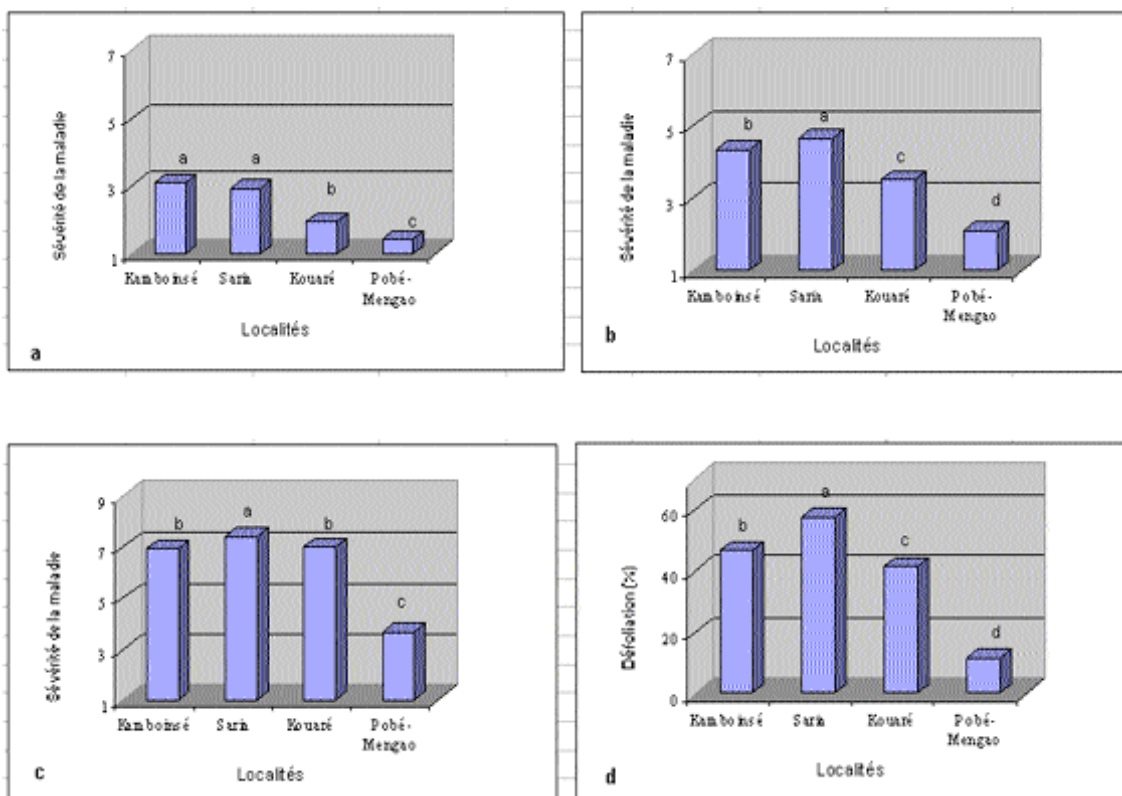


Figure 3. Sévérité de la cercosporiose précoce de l'arachide sur les 3^{es} (a), 5^{es} (b) et dernières feuilles (c) ainsi que le taux de défoliation (d) à 75 jours après semis et en fonction des localités.

(Les histogrammes portant la même lettre indiquent que les moyennes ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %).

Etude en conditions contrôlées de la résistance de l'arachide à la cercosporiose précoce

La sévérité de la maladie

La sévérité de la cercosporiose précoce sur les six variétés d'arachide inoculées à différents stades de développement végétatif présente des différences significatives aussi bien pour les stades de développement des plantes ($F = 32,8$; $ddl = 4$; $P = 0,01$) que pour les variétés ($F = 159,6$; $ddl = 5$; $P = 0,01$). Une interaction significative entre la variété et le stade de développement auquel la plante est infestée est également notée ($F = 4,8$; $ddl = 20$; $P = 0,01$). La variation due à l'effet variété est prédominante et représente 75,3 % de la variation totale.

La sévérité de la maladie a été plus importante sur les plantes inoculées au stade 60 jas et a présenté une valeur moyenne de 7,2 (fig. 4a). D'une manière générale, les variétés TS 32-1, CN 94C et QH 243C ont été les plus sensibles tandis que NCAc 17090 et Nama ont été les moins sensibles (fig. 4b).

Le taux de défoliation

Un effet variétal ($F = 33,9$; $ddl = 5$; $P = 0,01$) et un effet stade de développement des plants au moment de l'inoculation ($F = 38,7$; $ddl = 4$; $P = 0,01$) ont été mis en évidence dans l'étude des taux de défoliation. Une interaction significative a été également mise en évidence entre les deux facteurs ($F = 5,96$; $ddl = 20$; $P = 0,01$).

L'inoculation à 60 jas entraîne les plus fortes défoliations tandis que les plus faibles résultent de l'inoculation à 40 jas (fig. 4c). La forte prépondérance de l'effet variétal dans l'interaction entre les deux facteurs étudiés permet de distinguer les variétés moyennement résistantes, Nama et NCAc 17090 avec un taux moyen de défoliation inférieur à 45 % (fig. 4d). Par contre, les variétés sensibles que sont CN 94C et TS 32-1 ont eu un taux de défoliation de 62 %.

Des interactions entre la variété et le stade de développement auquel on infecte la plante existent, mais leur importance est moindre comme l'indique la faible part de variation qu'elles représentent.

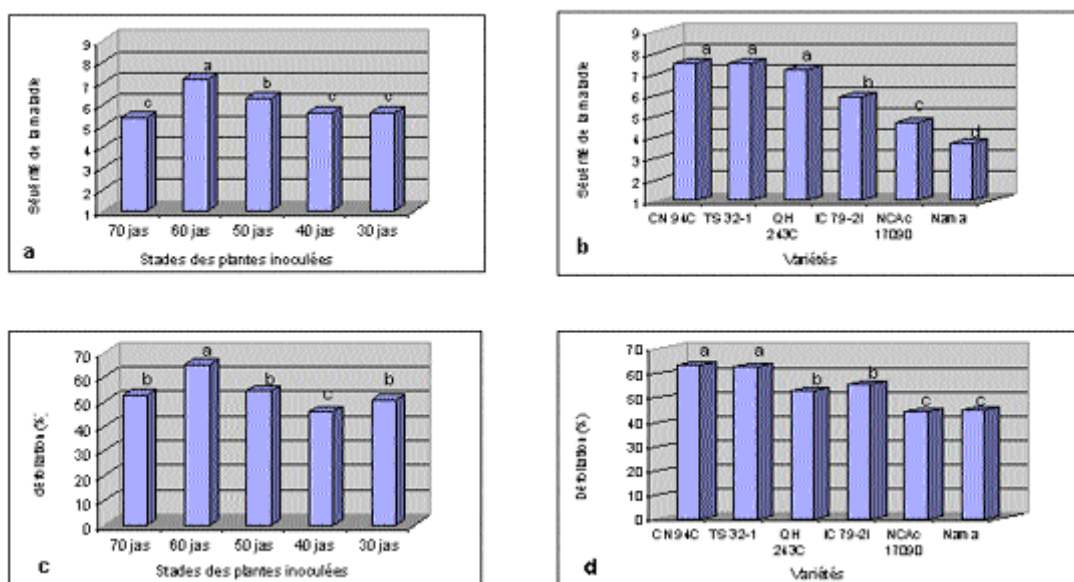


Figure 4. Sévérité de la cercosporiose précoce (a, b) et pourcentage de défoliation (c, d) de l'arachide à 90 jours après semis (jas) en fonction du stade auquel la plante est inoculée et en fonction de la variété.

(Les histogrammes portant la même lettre indiquent que les moyennes ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %).

Discussion et conclusion

En conditions naturelles, la sévérité de la cercosporiose précoce sur les 3^{es}, les 5^{es} et les dernières feuilles des tiges principales d'arachide à 60 et 75 jours après semis (jas) montre que seules les observations sur les dernières feuilles et dans une moindre mesure sur les 5^{es} feuilles à 75 jas sont celles qui permettent de déterminer plus adéquatement le niveau de sensibilité des variétés testées. Ainsi, en tenant compte de la sévérité de la maladie sur les dernières feuilles, trois variétés se sont révélées moyennement résistantes et stables dans les conditions pédo-climatiques du Burkina Faso et peuvent être utilisées comme sources de résistance ; ce sont : Nama, NCAc 17090 et SH 67A. La variété NCAc 17090, testée par NÉVILL (1981) et l'équipe de SUBRAHMANYAM *et al.* (1995) à l'ICRISAT en Inde, a été reconnue moyennement résistante à la cercosporiose précoce. Des sources de résistance ont été ainsi identifiées en conditions de champ par d'autres auteurs tels HASSAN et BEUTE (1977) en se basant sur le taux de défoliation. Il s'agit des variétés NC 5, NC 3033 et AC 3139. FOSTER *et al.* (1981) ont effectué des tests similaires en serre ou en plein champ en incluant des espèces sauvages. Ces dernières étaient généralement plus résistantes que les lignées cultivées qui se rangeaient plutôt de très sensibles à modérément résistantes.

De fortes variations de sévérité de la maladie et de défoliation sont apparues en fonction de la localité et de l'année (plus de 90 % de la variation totale). En effet, les conditions du milieu sont déterminantes dans l'expression de la maladie. La pluviométrie plus abondante en 1995 (entre 471 mm à Pobé-Mangao et 887 mm à Saria) par rapport à 1996 (242 et 797 mm respectivement à Pobé-Mengao et Kamboinsé) pourrait être à l'origine de la différence de pression de la maladie entre les localités et les années. Les effets d'interaction significative variété x milieu marquant la différence de comportement des génotypes, s'apparentent à ceux de WALLS *et al.* (1985) et de WYNNE *et al.* (1991) qui ont constaté des interactions significatives entre variétés et conditions du milieu pour d'autres caractères tels que le rendement ou les caractéristiques des graines de l'arachide.

L'inoculation artificielle à différents stades de développement des variétés d'arachide a montré qu'à 60 jours après semis, l'arachide est plus sensible à la maladie. Cependant, cela appelle quelques remarques : les plantes inoculées à un stade jeune, c'est-à-dire 30 jours après semis, ont développé la maladie, mais la contamination des nouvelles feuilles a été nulle en conditions contrôlées pour les raisons suivantes :

- la cercosporiose précoce est une maladie de contact et non une maladie systémique. Elle se propage par le dépôt des conidies sur d'autres feuilles au moyen du vent, des éclaboussures d'eau ou des insectes ; ces vecteurs sont absents en conditions contrôlées ;
- la difficulté d'infection des nouvelles feuilles serait due à l'accumulation des phytoalexines comme l'a montré COLE cité par STRANGE et SUBBA RAO (1994). En effet, l'auteur a montré que les feuilles ayant subi une attaque précoce par *C. arachidicola* produisent une phytoalexine, la médicarpine, qui est un composé fongitoxique.

Face à ces conditions spécifiques, difficiles pour la propagation de la maladie et à la nature non systémique de la maladie, les plantes inoculées au stade précoce présentent chaque fois un profil d'infection faible jusqu'à la fin de son cycle. Par contre, les plantes inoculées à un stade avancé (60 jours) où la majorité des feuilles est émise et n'auraient pas accumulé un certain taux de

phytoalexines présentent les symptômes les plus spectaculaires à savoir, une sévérité élevée de la maladie suivie d'une forte défoliation dans les deux à trois semaines qui suivent. Ainsi, les variétés Nama et NCAc 17090 se sont révélées plus tolérantes en conditions contrôlées et ont été celles qui ont montré une résistance moyenne à la maladie dans les différentes localités en conditions naturelles.

Au terme de ces travaux, il est possible de déterminer la sensibilité des variétés d'arachide à la cercosporiose précoce en conditions contrôlées. Ainsi, un grand nombre de géotypes pourrait être criblé en un temps relativement court par rapport au criblage en conditions naturelles en vue de trouver des sources de résistance à la maladie pour des programmes ultérieurs d'amélioration variétale.

Références citées

- ABDOU Y.A.-M., GREGORY W.C and GOOPER W.E., 1974.** Sources and nature of resistance to *Cercospora arachidicola* (Hori) and *Cercosporidium personatum* (Beck curtis) Deighton in *Arachis* species. *Peanut Sci.*, 1: 6-11.
- FOSTER D.J., STALKER H.T., WYNNE J.C. and BEUTE M.K., 1981.** Resistance of *Arachis hypogaea* L. and wild relatives to *Cercospora arachidicola* (Hori). *Oléagineux*, 36: 139-143.
- GHEWANDE M.P., DESAI S., PREM NARAYAN and KAMBLE S.D., 1992.** Some sources of resistance to early leaf spot of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in India. *Trop. Agric.* 69 (3) : 284-286.
- HAMID M.A., ISLEIB T.G., WYNNE J.C. and GREEN C.C., 1981.** Combining ability analysis of *Cercospora* leaf spot resistance and agronomic traits in *Arachis hypogaea* L. *Oleagineux*, 36 (12) : 605-612.
- HASSAN H.N. and BEUTE M.K., 1977.** Evaluation of resistance to cercospora leafspot of peanut germplasm potentially useful in a breeding program. *Peanut Sci.*, 4: 78-83.
- MININGOU A., MONDEIL F. et SEREME P. 2003.** Caractérisation pathologique et biochimique de *Cercospora arachidicola* (Hori), agent pathogène de la cercosporiose précoce de l'arachide. *Bulletin de la recherche agronomique du Bénin*. 39 : 14-32.
- MINOUNGOU A., BONKOUNGOU S., BOSCH J.P. et SANKARA P. 1990.** Synthèse des résultats en défense des cultures au Burkina Faso. *Arachide infos* n° 3 : 17-19.
- NEVILL D.J. 1981.** Components of resistance to *Cercospora arachidicola* and *Cercosporidium personatum* in groundnut. *Annu. Biol.* 99: 77-86.
- SMITH D.H. 1971.** A simple method for producing *Cercospora arachidicola* conidial inoculum. *Phytopathology* 61: 1414.
- STRANGE R.N. and SUBBA RAO P.V. 1994.** The phytoalexin response of groundnut and its role in disease resistance. *Oléagineux*, 49 (5) : 227-233.
- SUBBA RAO P.V., RENARD J.L. and McDONALD D. 1992.** Variability in isolates of *Cercospora arachidicola* Hori. Report of ICRISAT/CIRAD collaborative research. 88p.
- SUBRAHMANYAM P., DONALD D. M., GIBBONS R.W., NIGAM S.N. and NEVILL D.J. 1982.** Resistance to rust and late leaf spot diseases in some genotypes of *Arachis hypogaea*. *Peanut Sci.*, 9: 6-10.
- SUBRAHMANYAM P., DONALD D.M., WALIYAR F., REDDY J.L., NIGAM S.N., GIBBONS R.W., RAMANATHA RAO V., SINGH A.K., PANDE S., REDDY P.M., and SUBBA RAO P.V. 1995.** Screening methods and sources of resistance to rust and late leaf spot of groundnut. *Information Bulletin* n° 47. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics., Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India, 20 p.
- WALLS S.B. WYNNE J.C. and BEUTE M.K. 1985.** Resistance to late leaf spot of peanut progenies selected for resistance to early leaf spot. *Peanut Sci.*, 12 : 17-22.
- WYNNE J.C., BEUTE M.K. and NIGAM S.N. 1991.** Breeding for disease resistance in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Annu. Rev. Phytopathol.*, 29 : 279-303