

# ETUDE SUR LA RESISTANCE AU CHARBON DE DIFFERENTES LIGNEES DE MAIS

J. WEGRZECKI \*

## SOMMAIRE

Avant-Propos. But de l'étude  
Introduction  
Matériel et Technique  
Résultats\*\*  
Conclusions

### Avant-propos — But de l'étude

L'Institut d'Amélioration et d'Acclimatation des Plantes de Varsovie (Pologne) a mis en œuvre depuis quelques années un programme de recherches ayant pour but la création et la sélection de maïs hybrides, ainsi que l'amélioration de ces hybrides en ce qui concerne leur résistance contre les maladies provoquées par des champignons parasites.

Les premiers hybrides simples, créés en 1964, ont été expérimentés pendant trois ans en vue de leur inscription au catalogue. Quelques-uns étaient cependant assez sensibles aux attaques de charbon, *Ustilago maydis* (D. C.) Cda.

\* Chef de la Station Expérimentale de Deroua (D.R.A. - Tadla).

\*\* Les calculs et l'analyse statistique des résultats ont été effectués par M. SALAH BENNANI Ahmed, Chef de la Section des Essais Phytosanitaires de la D.R.A. - RABAT.

La lutte chimique contre ce parasite est à peu près impossible, et ce n'est que par la sélection de variétés résistantes qu'on peut espérer résoudre ce problème.

C'est pourquoi, nous avons mis en place, en 1965, à la Station du Pont de la Maye et à la Station Expérimentale du maïs de St. Martin de Hinx (France), des essais destinés à comparer les résistances au charbon de neuf lignées polonaises et six lignées françaises.

Nous avons répété cet essai en 1966 à la Station Expérimentale de Bakow (Pologne); en 1967 nous l'avons continué au Maroc, à la Station Expérimentale de Deroua (Tadla - Province de Beni Mellal) en utilisant des lignées polonaises et des lignées marocaines et américaines fournies par les Stations Centrales de la D.R.A. à Rabat.

## Introduction

### 1. Le parasite

Le Charbon du maïs (*Ustilago maydis*) forme des tumeurs ou galles sur les tiges, feuilles, panicules et épis de la plante.

Les galles mûres libèrent en s'ouvrant des masses de spores brunes ou chlamydo-spores qui tombent sur le sol et se conservent sur les déchets de récoltes.

Au printemps, les conditions de température et d'humidité devenant favorables, les spores germent en donnant des sporidies que le vent et la pluie dispersent sur les plants de maïs, où elles causent de nouvelles infections.

La lutte contre le charbon est difficile car il peut persister dans le sol pendant plusieurs années. Il est donc préférable de cultiver des variétés ou hybrides résistants à cette maladie.

La création d'hybrides résistants au charbon a été très étudiée aux Etats-Unis où E. C. STAKMAN (16) a approfondi la génétique de la résistance à ce champignon. Ses travaux montrent qu'on isole facilement des lignées autofécondes dont les sensibilités au charbon sont très différentes; on peut donc en conclure que la résistance ou la sensibilité dépendent d'un petit nombre de facteurs. D'une génération à l'autre, on peut comparer les résultats de l'infection et la plus ou moins grande résistance est alors une caractéristique de la lignée.

2. Les données météorologiques de la Station de Deroua en 1967  
(du 1-3 au 31-8)

Pour la période de 6 mois considérée, les conditions moyennes ont été :

Moyennes mensuelles des températures, des précipitations  
et de l'humidité relative

| Mois    | Températures<br>° C |      | Précipitations<br>en mm 1/10 | Humidité relative<br>% |           |
|---------|---------------------|------|------------------------------|------------------------|-----------|
|         | Max.                | Min. |                              | 7 heures               | 18 heures |
| Mars    | 27,1                | 6,6  | 0,2                          | 78                     | 40        |
| Avril   | 23,3                | 8,5  | 2,0                          | 79                     | 53        |
| Mai     | 27,3                | 11,1 | 1,2                          | 73                     | 27        |
| Juin    | 33,6                | 14,8 | 0,0                          | 73                     | 26        |
| Juillet | 40,8                | 18,3 | 0,0                          | 64                     | 22        |
| Août    | 39,5                | 18,1 | 0,1                          | 65                     | 21        |

Température

Moyenne des maxima : 28,6°C

Moyenne des minima : 12,9°C

Humidité relative

Moyenne à 7 heures : 72 %

Moyenne à 18 heures : 31 %

Les conditions climatologiques pendant la période des essais ont donc été favorables au développement du champignon parasite *Ustilago maydis*, introduit artificiellement dans les différentes parties des plants de maïs.

## II. Matériel et technique

### 1. Matériel expérimenté

Nous avons mis en place deux essais dans lesquels nous avons utilisé la semence de diverses lignées de maïs provenant de Pologne et du Maroc.

a. lignées polonaises envoyées par la Station Expérimentale de l'Institut d'Amélioration et d'Acclimatation des plantes-Bakow.

- |                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| 1. — 44 - lignée pure  | 5. — 380 - lignée pure         |
| 2. — 154 - lignée pure | 6. — 494 - lignée pure         |
| 3. — 188 - lignée pure | 7. — 690 - lignée pure         |
| 4. — 277 - lignée pure | 8. — Wigor - Variété Polonaise |

b. Lignées marocaines et américaines reçues de la D. R. A. - Rabat.

- |              |   |        |   |                      |
|--------------|---|--------|---|----------------------|
| 1 — T 61     | — | U.S.A. | — | Lignée pure          |
| 2 — W 61 A   | — | »      | — | » »                  |
| 3 — T 105    | — | »      | — | » »                  |
| 4 — U 135    | — | Maroc  | — | Population marocaine |
| 5 — U 159    | — | »      | — | » »                  |
| 6 — A 188    | — | U.S.A. | — | Lignée pure          |
| 7 — MR 492   | — | Maroc  | — | » »                  |
| 8 — P 198890 | — | U.S.A. | — | » »                  |

## 2. Matériel de traitement

Les galles de charbon, prises sur les diverses parties des plants de maïs, ont été reçues au début de mai 1967, par l'intermédiaire de la Station de la Protection des Végétaux de Marrakech.

Elles ont été exposées au soleil pendant quelques jours afin d'obtenir une poudre sèche de chlamydozoospores.

Pour préparer l'inoculum, on a utilisé un mélange composé de : 1 litre d'eau, 2 g de glucose et 2 g de chlamydozoospores sèches.

## 3. Technique employée

### a. Méthode statistique

On a utilisé la méthode des blocs, avec 4 répétitions, chacune d'elles étant composée de 16 parcelles (une par lignée) qui étaient divisées en 4 parcelles élémentaires (une par époque de contamination, plus le témoin).

### b. Méthode d'inoculation

Sur l'essai « A », on a utilisé la méthode de contamination de MESSIAEN et LANSADE (8, 10, 11). Cette méthode consiste à inoculer les plantes aux divers stades de végétation avec des chlamydozoospores mises en suspension dans l'eau. On a modifié la composition de

l'inoculum, en utilisant au lieu de 5 g de poudre de spores par litre d'eau, seulement 2 g de cette poudre ; mais pour faciliter la germination de ces dernières on a ajouté à la suspension 2 g de glucose.

Les plantes étaient contaminées avec une seringue hypodermique à raison de 2 cm<sup>3</sup> d'inoculum de la façon suivante :

1. Au centre de la pseudo-tige formée par les gaines foliaires et les jeunes feuilles, un ou deux centimètres au-dessus de la jeune panicule. Cette contamination était effectuée le 26.V.1967, 50 jours après le semis, soit environ 35 jours après la levée, quand les plantules de maïs atteignent 30 - 40 cm de haut.

2. Au fond du cornet, approximativement au niveau de la panicule ou au-dessous, juste avant l'apparition de celle-ci. Cette contamination était effectuée le 12.VI.1967, 70 jours après le semis, soit à peu près 50 jours après la levée.

3. Entre les spathes et l'épi de la plante, au moment où celui-ci commençait à émettre ses stigmates. Cette contamination était effectuée le 26.VI.1967, 84 jours après le semis, soit environ 64 jours après la levée.

Dans l'essai « B », on a utilisé la même méthode modifiée par RALSKI (13). Elle consiste à contaminer les plants de maïs dans les mêmes périodes, mais au lieu d'utiliser l'inoculum liquide introduit dans les divers organes de la plante avec la seringue, on a projeté les chlamydo-spores sèches du champignon avec une poire en caoutchouc prolongée par une canule. Pour éviter la dispersion des spores, on a construit un écran spécial en tôle, coiffant la plante. Les contaminations étaient effectuées en sec sur les mêmes organes de la plante et aux mêmes stades de développement, soit : 1<sup>o</sup> contamination le 26.V, 2<sup>o</sup> le 13.VI et 3<sup>o</sup> le 26.VI.1967.

### III. Résultats \*

#### 1. Interprétation des résultats

On a utilisé pour les notations (effectuées tous les 10 jours) les coefficients suivants établis au cours de travaux antérieurs effectués à la Station du Pont de la Maye (Gironde - France).

\* Nous remercions M. P. RIEUF, Chef de la Station de Phytiairie et M. A. SALAH BENNANI de l'aide qu'ils nous ont apportée pour l'étude du protocole d'essai et la présentation des résultats.

| Signification  | Nombre de grosses galles (G)   | Nombre de moyennes galles (M) | Nombre de petites galles (P) |
|----------------|--|-------------------------------|------------------------------|
| Pas de charbon | 0  | 0                             | 0                            |
| Pa             | —  | 1,5                           | 1                            |
| T*             | 3  | 2                             | 1,5                          |
| T <sub>*</sub> | 2  | 1,5                           | 1                            |
| F              | —  | —                             | 1                            |
| RNE            | 4  | 2                             | 1                            |
| RE             | 10 s'il y a deux épis sur la plante<br>20 s'il y a qu'un épi sur la plante |                               |                              |

#### Légende

Pa : galle sur panicule ; T\* : galle sur tige, au-dessus de l'épi ; T<sub>\*</sub> : galle sur tige, au-dessous de l'épi ; RNE : galle sur épi avec rafle non envahie ; RE : galle sur épi, rafle envahie.

A l'aide de cette notation, on obtient par exemple pour un plant les chiffres suivants :

|  |             |
|--|-------------|
| 1 galle moyenne sur panicule : Pa. M = 1 × 1,5                       | 1,5         |
| 3 galles petites sur tige, au-dessus de l'épi : 3 T* P =             |             |
| 3 × 1,5  | 4,5         |
| 5 galles moyennes sur tige, au-dessous de l'épi : 5 T <sub>*</sub> M |             |
| 5 × 1,5  | 7,5         |
| <b>Total</b>   | <b>13,5</b> |

Ce total représente la sensibilité et la réaction de la plante aux infections. Les chiffres obtenus pour chaque lignée ont servi à l'analyse statistique des résultats observés.

## 2. Calcul et analyse statistique des résultats

### a. Analyse de la variation totale de l'essai A :

L'analyse de la variation totale a été faite en deux parties : la première à partir des résultats des blocs pour apprécier l'importance de la variation due aux lignées, la seconde à partir des résultats des 64 parcelles élémentaires, destinée à apprécier l'influence des différentes époques de contamination.

| Origine de la variation                      | Somme des carrés | Degrés de liberté | Variance | F calculé | F théorique |      |
|--|------------------|-------------------|----------|-----------|-------------|------|
|  |                  |                   |          |           | 5 %         | 1 %  |
| <b>Blocs</b>                                 |                  |                   |          |           |             |      |
| Variation totale                             | 3 705,01         | 63                |          |           |             |      |
| Blocs  | 60,55            | 3                 | 20,18    | 0,70      | 2,81        | 4,24 |
| Lignées                                      | 2 362,34         | 15                | 157,48   | 5,52      | 1,91        | 2,50 |
| Erreur                                       | 1 282,78         | 45                | 28,50    |           |             |      |
| <b>Parcelles élémentaires</b>                |                  |                   |          |           |             |      |
| Variation totale                             | 9 851,86         | 255               |          |           |             |      |
| Parcelles initiales                          | 2 705,01         | 63                | 58,80    |           |             |      |
| Périodes de contamination                    | 123,41           | 3                 | 41,13    | 1,26      | 2,67        | 3,91 |
| Interaction lignées-période de contamination | 1 392,43         | 45                | 30,94    | 0,94      | 1,44        | 1,66 |
| Erreur                                       | 4 631,01         | 144               | 32,61    |           |             |      |

Le test de F montre que seule la variation entre lignées est hautement significative.

#### Classement des lignées d'après l'essai A

|              |                    |               |   |
|--------------|--------------------|---------------|---|
| 1. 188       | — Lignée polonaise | — 0,00 ± 1,34 |   |
| 2. Wigor     | — Variété »        | — 0,00 ± »    |   |
| 3. 690       | — Lignée »         | — 0,09 »      |   |
| 4. W 64 A    | — » U.S.A.         | — 0,35 »      |   |
| 5. 154       | — » »              | — 0,37 »      |   |
| 6. T 105     | » polonaise        | — 0,45 »      |   |
| 7. T 61      | — » marocaine      | — 0,46 »      | Lignées de sensibilités ne différant pas significativement. |
| 8. 44        | — » polonaise      | — 0,67 »      |   |
| 9. MR 492    | — » »              | — 0,76 »      |   |
| 10. 277      | — » U.S.A.         | — 1,28 »      |   |
| 11. 494      | — » polonaise      | — 1,40 »      |   |
| 12. P 198890 | — » U.S.A.         | — 2,53 »      |   |
| 13. 380      | — » polonaise      | — 2,96 »      |   |
| 14. A 188    | — » U. S. A.       | 6,17 »        |   |
| 15. U 159    | — » pop. maroc.    | — 7,79 »      |   |
| 16. U 135    | — » »              | — 10,40 »     | Lignées nettement p'us sensibles                            |

La plus petite différence significative est 3,81 (à 5 %) ; l'erreur affectant la sensibilité moyenne de chaque lignée étudiée est de

$$\sqrt{\frac{28,5}{16}} = \pm 1,34. \text{ La lignée 188 et la variété Wigor s'étant}$$

montrées les plus résistantes, c'est à elles que nous avons comparé les autres lignées.

b. Analyse de la variation totale de l'essai B :

| Origine de la variation                       | Somme des carrés | Degrés de liberté | Variance | F calculé | F théorique |      |
|---|------------------|-------------------|----------|-----------|-------------|------|
|   |                  |                   |          |           | 5 %         | 1 %  |
| <b>Blocs</b>                                  |                  |                   |          |           |             |      |
| Variation totale                              | 4 658,60         | 63                |          |           |             |      |
| Blocs   | 477,11           | 3                 | 159,03   | 3,08      | 2,81        | 4,24 |
| Lignées                                       | 2 814,90         | 15                | 187,66   | 3,63      | 1,91        | 2,50 |
| Erreur  | 2 320,81         | 45                | 51,57    |           |             |      |
| <b>Parcelles élémentaires</b>                 |                  |                   |          |           |             |      |
| Variation totale                              | 12 008,57        |                   |          |           |             |      |
| Variation due aux parcelles initiales         | 4 658,60         | 63                | 73,94    |           |             |      |
| Période de contamination                      | 62,15            | 3                 | 20,71    | 0,45      | 2,67        | 3,91 |
| Interaction lignées-périodes de contamination | 894,84           | 45                | 19,88    | 0,44      | 1,44        | 1,66 |
| Erreur  | 6 392,98         | 144               | 44,39    |           |             |      |

Dans l'essai B, la variance des lignées est hautement significative, mais la variance des blocs est significative ce qui signifie que les blocs étaient différemment favorables à la propagation du parasite. Le classement des variétés obtenu d'après l'essai B est différent de celui obtenu par l'essai A :

Classement des variétés d'après l'essai B :

La plus petite différence significative de sensibilité entre lignées est 5,09 ; l'erreur sur la sensibilité moyenne constatée est de

$$\sqrt{\frac{51,57}{16}} = \pm 1,79. \text{ On obtient le classement suivant :}$$

|             |                    |               |   |
|-------------|--------------------|---------------|---|
| 1. 188      | — lignée polonaise | — 0,00 ± 1,79 |   |
| 2. T 61     | — » U.S.A.         | — 0,00        | » |
| 3. W 64     | — » »              | — 0,04        | » |
| 4. 154      | — » polonaise      | — 0,11        | » |
| 5. Wigor    | — variété »        | — 0,53        | » |
| 6. 277      | — lignée »         | — 0,64        | » |
| 7. P 198890 | — » U.S.A.         | — 0,85        | » |
| 8. 380      | — » polonaise      | — 0,95        | » |
| 9. T 105    | — » U.S.A.         | — 0,96        | » |
| 10. MR 492  | — » marocaine      | — 1,00        | » |
| 11. 494     | — » polonaise      | — 1,64        | » |
| 12. A 188   | — » U.S.A.         | — 1,85        | » |
| 13. 44      | — » polonaise      | — 2,67        | » |
| 14. 690     | — » »              | — 5,41        | » |
| 15. U 135   | — pop. maroc.      | — 9,61        | » |
| 16. U 159   | — » »              | 11,14         | » |

Aucune différence significative n'a été notée entre ces lignées de maïs concernant leur sensibilité au charbon.

Lignées et populations de maïs nettement plus sensibles.

#### IV .Conclusions

Les deux essais mis en place sur la résistance au charbon (*Ustilago maydis*) de lignées de maïs polonaises, marocaines et américaines permettent d'aboutir aux conclusions suivantes :

— La lignée polonaise 188 est restée immune dans les deux essais ; on peut la considérer comme résistante.

— Les lignées A 188 (américaine), 44 et 690 (polonaise), et les lignées marocaines U 135 et U 159 ont une sensibilité élevée.

— Les autres lignées, bien qu'attaquées par le charbon ne diffèrent pas significativement de la lignée polonaise 188.

— La variation entre périodes de contamination et l'interaction lignées-période de contamination ne sont pas significatives.

### دراسة لمختلف سلل الذرة المقاومة للسواد

ان الطريقة الوحيدة المتبعة في المكافحة ضد سواد الذرة:  
 تتجسم في خلق سلالة مقاومة وفحص حساسيتها بتلقيح غير طبيعية .  
 أجريت تجربتان (أ) و (ب) لمقاومة 8 سلل بولونية 5 أمريكية و 3 مغربية  
 وقد انجزت العفونات الغير الطبيعية تبعاً لطرق (تلقیح بتعليق سائل) و  
 (تلقیح بالتجفيف) مع تحول خفيف .  
 وبثبت بعد هتين التجربتين، ان النوع البولوني 188 يأتي في الرتبة  
 الاولى من مجموعة أنواع لا تظهر تمايزاً معيناً بينها، ومجموعة ثانية مكونة  
 من 5 أنواع قد أظهرت حساسية واضحة للسواد .

#### RÉSUMÉ

La seule méthode pratique pour lutter contre le charbon du maïs (*Ustilago maydis* (D. C.) Cda.) consiste à créer des lignées résistantes en testant leur sensibilité par des inoculations artificielles.

Deux essais ont été mis en place pour comparer 8 lignées polonaises, 5 américaines et 3 marocaines. Les infections artificielles ont été effectuées suivant les méthodes de MESSIAEN et LANSADE (inoculation en suspension liquide) et de RALSKI (inoculation en sec) légèrement modifiées.

Il s'avère d'après ces essais, que la lignée polonaise 188 se classe en tête d'un groupe de variétés ne présentant pas de différences significatives entre elles. Un deuxième groupe de 5 variétés est nettement plus sensible au charbon.

#### RESUMEN

Sobre la resistencia de algunas líneas de maíz al carbon

El único método práctico para combatir el carbon del maíz (*Ustilago maydis* (D.C.) CDA.) consiste en crear líneas resistentes, probando su sensibilidad por inoculaciones artificiales.

Por tal motivo se plantearon dos ensayos para comparar 8 líneas polacas, 5 americanas y 3 marroquíes. Las infecciones artificiales se efectuaron según los métodos, ligeramente modificados, de Messiaen y Lansade (inoculación en suspensión líquida) y de Ralski (inoculación en medio seco).

Averiguase según estos ensayos que la variedad polaca 188 se coloca al frente de un grupo de variedades que no presentan diferencias significativas entre ellas. Un segundo grupo de 5 variedades es claramente más receptivo.

#### SUMMARY

On the resistance of different strains of maize to common smut

The only practical method to control common smut of maize (*Ustilago maydis* (D.C.) CDA.) consists in selecting resistant varieties by testing their susceptibility by means of artificial inoculations.

Two trials have been set up in order to compare 8 polish, 5 american and 3 moroccan strains. The artificial infections were carried out according to the method — slightly modified — of Messiaen and Lansade (inoculation in liquid suspension) and of Ralski (dry inoculation).

As appears from these trials, the polish variety 188 ranks first in a group of strains that do not offer significant differences among one another. A second group of 5 varieties is clearly more susceptible to smut.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. CAUDERON, A. — 1964. La Recherche Agronomique et le Maïs. — Revue Française de l'Agriculture, Printemps, n° 4.
2. CHRISTENSEN, J.J. and E.C. STAKMAN — 1926. Physiology specialisation and mutation in *Ustilago Zeae*. — Phytopathology, Décembre, vol. 16, n° 12, pp. 979-999.
3. EMBERGER, L. — 1964. La position phytogéographique du Maroc dans l'ensemble méditerranéen. — Al Awamia, 12, pp. 1-15.
4. HESS, C., G. MISSANTE et U. SCHOEN — 1964. Etude minéralogique des argiles de quelques roches, mares et sols des Beni Moussa (Tadla). — Al Awamia, 10, pp. 115-139.
5. IONESCO, T. — 1965. Considérations bioclimatiques et phytocologiques sur les zones arides du Maroc. — Les Cahiers de la Recherche Agronomique, 19, pp. 1-69.

6. IONESCO, T., CH. SAUVAGE, Y. SELOD et E. STEFANESCO — 1966. Légende de la carte des types de végétation et de l'utilisation des terres au Maroc. — *Al Awamia*, **18**, pp. 77-88.
7. JUGENHEIMER, R.W. — 1959. La sélection des maïs hybrides et la production des semences. — Collection FAO: Progrès et mise en valeur, Cahier n° 62.
8. LANSADE, M. — 1949. Observations sur le charbon du Maïs *Ustilago zae* (Beck.) Unger. — Comptes rendus du II<sup>e</sup> Congrès International du Maïs, Pau, pp. 203-209, 5 pl.
9. MESSIAEN, C.M. — 1963. Physiologie du développement chez *Zea mays* — *Ann. des Epiphyties*, vol. 14, n° hors série, **11**, pp. 39-43.
10. MESSIAEN, C.M. et R. LAFON — 1956. L'intérêt des méthodes de contamination artificielle dans l'amélioration du maïs. — *Ann. de l'Amél. des Plantes*, n° 3, pp. 388-390, I.N.R.A.
11. MESSIAEN, C.M. — 1957. Le charbon du maïs. — Extrait de la revue de Zoologie Agricole et Appliquée, (quatrième trimestre 1957).
12. MISSANTE, G. — 1963. Les sols du Tadla et leur répartition schématique au 1/50 000'. — *Al Awamia*, **9**, pp. 155-190.
13. RALSKI, E. et H. RIEGEROWA — 1963. Recherches sur la résistance des lignées du maïs contre le charbon à Borek Faliki (en polonais). — Département des Céréales, Bull. de l'institut d'Amel. et d'Acclimat. des Plantes, n°s **5, 6**.
14. RIEGEROWA, H. et A. SLABONSKI — 1957. Recherches sur la résistance des variétés du maïs contre le charbon en utilisant la méthode des contaminations en plein champ (en polonais). — *Plant Breeding, Acclimation and Seed Production*, Vol. 1, Cahier, **1**.
15. ROWELL, J.B. and J.E. DE VAY — 1953. The partial vacuum inoculation of seedling corn with *Ustilago zae* — *Phytopathology* **43**, pp. 654-662.
16. STAKMAN, E.C. and J.G. HARRAR — 1957. Principles of plant pathology. The Ronald Press Company. — New York.
17. VALDEYRON, G. — 1961. — Génétique et amélioration des plantes. — Nouvelle Encyclopédie Agricole, J. B. Baillière et Fils, Paris, p. 358.