



La résistance à la pyrale, *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lep. Pyralidae) dans un diallèle de 14 lignées précoces de maïs, *Zea mays* L

François Kaan, Pierre Anglade, Armand Boyat, Antoine Panouille,
Jean-Claude Vible, Michel Dupin, Marc Bédère, Jacques Cognot

► To cite this version:

François Kaan, Pierre Anglade, Armand Boyat, Antoine Panouille, Jean-Claude Vible, et al.. La résistance à la pyrale, *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lep. Pyralidae) dans un diallèle de 14 lignées précoces de maïs, *Zea mays* L. *Agronomie*, 1983, 3 (6), pp.507-512. hal-00884538

HAL Id: hal-00884538

<https://hal.science/hal-00884538>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La résistance à la pyrale, *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lep. *Pyralidae*) dans un diallèle de 14 lignées précoces de maïs, *Zea mays* L.

François KAAAN, Pierre ANGLADE (*), Armand BOYAT & Antoine PANOUILLE (**)

avec la collaboration de Jean-Claude VIBLE (*), Michel DUPIN (**), Marc BÉDÈRE & Jacques COGNOT

I.N.R.A., Station d'Amélioration des Plantes, 9, place Viala, F. 34060 Montpellier

(*) I.N.R.A., Station de Zoologie, Centre de Recherches de Bordeaux, F. 33140 Pont-de-la-Maye.

(**) I.N.R.A., Station expérimentale du Maïs, F. 40590 Saint-Martin-de-Hinx.

RÉSUMÉ

En 1979, un diallèle de 14 lignées précoces de maïs a été étudié en 4 lieux pour la réaction à la pyrale, le rendement en grain, la précocité de floraison et de maturité du grain, la pourriture des tiges.

Les différences de réaction à la pyrale sont en relation avec les pertes de rendement observées en conditions d'infestation.

La résistance à la pyrale se comporte dans cet essai comme un caractère additif moyennement héritable.

Une association a été trouvée entre la résistance à la pyrale et la tardiveté de floraison et de maturité du grain, ainsi qu'entre les résistances à la pyrale et la pourriture des tiges.

SUMMARY

Resistance to the European corn borer, Ostrinia nubilalis Hbn. in a diallel of 14 early maize inbreds.

During 1979, a diallel trial of 14 maize inbreds was scored in 4 locations for European corn borer resistance, grain yield, earliness in silking and grain maturity, and stalk-rot. The differences in European corn borer ratings were related to yield losses under infestation conditions. In this trial, corn borer resistance behaved as an additive quantitative character, with fair heritability. Corn borer resistance was found to be associated with late silking and grain maturity; it was also associated with stalk-rot resistance.

I. INTRODUCTION

La pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hbn., est actuellement considérée comme le ravageur le plus important du maïs, *Zea mays* L., en France. Présente dans toutes les régions de production, l'espèce développe dans certaines zones — et notamment dans le Bassin parisien — des populations de niveaux très élevés (plus de 3 chenilles par plante en moyenne à la récolte). La méthode de lutte chimique à l'aide d'insecticides granulés, mise au point il y a plus de quinze ans en France par le Groupe Pyrale AGPM-INRA-SPV, est largement pratiquée avec succès, mais impose des contraintes d'application. Des formulations liquides récemment utilisées se révèlent parfois néfastes par leurs effets secondaires. Par ailleurs, aucune forme de lutte biologique *sensu stricto* n'a encore été utilisée en vraie grandeur.

La recherche de la résistance génétique est poursuivie à l'I.N.R.A. depuis près de 20 ans par les stations de Zoologie de Bordeaux et d'Amélioration des Plantes de Mont-

pellier — Saint-Martin-de-Hinx. Dans un premier temps, les méthodes de production de pontes de pyrale, d'infestation artificielle et d'observation ont été adaptées de l'expérience américaine et mises au point pour nos conditions (ANGLADE, 1961, 1962; ROBIN, 1964), puis appliquées à l'ensemble des lignées de maïs créées ou introduites. Les notations de dégâts sur feuilles (« leaf-feeding »), après infestation au stade cornet permettent notamment de vérifier dans nos conditions écologiques les niveaux de « résistance à la 1^{re} génération » du matériel américain. La possibilité d'utiliser ce critère en sélection en pépinière a été vérifiée (ANGLADE & RAUTOU, 1970 a et b). Une corrélation entre la résistance à ce type d'attaque de la pyrale et au développement de l'infection par *Helminthosporium turcicum* Pass. a été trouvée (ANGLADE & MOLOT, 1967). Le critère « note générale » (« general damage »), proposé par ANGLADE & HADZISTEVIC (1970) et codifié ensuite par le groupe IWGO (ANGLADE, 1973), mieux adapté aux conditions européennes, rendant compte de l'ensemble des rela-

tions plante-insecte, est utilisé en sélection en vue de créer des lignées associant une meilleure résistance à la pyrale à une bonne aptitude à la combinaison pour les autres caractères d'intérêt agronomique ; des formules hybrides commerciales présentant un niveau de résistance amélioré ont également été obtenues.

Nous avons voulu vérifier sur le matériel précoce européen que nous avons introduit ou sélectionné les résultats obtenus dans d'autres régions du monde, en particulier aux Etats-Unis. Ces informations, qu'elles aient trait aux méthodes de sélection pour la résistance à la pyrale ou à leur efficacité, sont d'ailleurs relativement limitées.

L'hérédité de la résistance a été étudiée pour les différents types d'attaque. Les caractères de résistance aux attaques précoces sur les feuilles du cornet (type « 1^{re} génération ») et tardives sur les gaines et la tige (type « 2^e génération ») ne seraient pas conditionnés par les mêmes facteurs (JENNINGS *et al.*, 1974 ; RUSSEL *et al.*, 1974) qui agiraient cependant tous sur le mode additif (KLUN *et al.*, 1970 ; JENNINGS *et al.*, 1974). La relation entre lignées parentales et hybrides paraît relativement bonne (GUTHRIE et STRINGFIELD, 1961 ; SCOTT *et al.*, 1967 ; KLUN *et al.*, 1970 ; JENNINGS *et al.*, 1974). Cependant PAINTER considèrerait en 1951 que la tolérance des hybrides résultait d'interactions complexes entre vigueur hybride et caractères apportés par les géniteurs. Les méthodes de sélection à utiliser s'appuient sur ces conclusions. GUTHRIE & STRINGFIELD (1961) pensent qu'il est inutile d'essayer des « test-cross » pour la résistance à la pyrale et qu'un tri des S2 pour leur valeur propre sous infestation artificielle est suffisant.

Le développement récent de l'infestation dans le Bassin parisien et la sélection de matériel génétique précoce pour la résistance à la pyrale ont pu créer des conditions nouvelles d'interaction plante-insecte. C'est pourquoi nous avons jugé intéressant d'essayer dans 4 stations, un dispositif de croisements diallèle de 14 lignées qui paraissaient manifester divers niveaux de résistance.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Un essai préliminaire regroupant 29 lignées, issues d'un 1^{er} tri pour la valeur vis-à-vis de la pyrale, a été réalisé à Bordeaux en 1977 avec 4 répétitions de 10 plantes sous infestation artificielle. D'après les résultats obtenus, 14 lignées relativement résistantes ont été choisies en vue de constituer un diallèle.

- des Etats-Unis - Minnesota : A 641 (ND 203 × B 14)
- des Etats-Unis Minnesota : A 665 (ND 203 × A 635⁺)
- de Bulgarie - Roussé : BGR 1184
- De France - I.N.R.A. Mons : F 231 [(F7 × F2) × Ill.Hi.Protein]
- De France - I.N.R.A. Mons : F 243 (F 101 × W 401)
- De France - I.N.R.A. Mons : F 264 (F 188 × 186)
- Clermont-Ferrand : F 1444 (W 153 R × F 26)
- Montpellier - St-Martin-de-Hinx : F 549 (F 49 × F 19)
- Montpellier - St-Martin-de-Hinx : F 564 (F 7 × F 64)
- Montpellier - St-Martin-de-Hinx : F 602 (F 19 × PB 40)
- Montpellier - St-Martin-de-Hinx : F 617 (F 47 × F 522)
- Montpellier - St-Martin-de-Hinx : F 627 (F 2 × PB 40)
- Montpellier - St-Martin-de-Hinx : F 654 (F 2 × BGR 447)
- d'Italie - Lodi : Lo 516.

Les semences des 91 hybrides simples correspondants ont été produites en 1978. Les semences de chaque croisement

et de son réciproque ont été mélangées pour obtenir les lots nécessaires aux essais implantés en 1979 dans les 4 lieux :

1 — Saint-Martin-de-Hinx (Landes) à raison de 3 répétitions de 40 plantes, en conditions de très faible infestation naturelle de pyrale.

2 — Bordeaux (Gironde) à raison de 3 répétitions de 40 plantes, sous infestation artificielle par la technique citée en introduction.

3 — Levesville la Chenard (Eure-et-Loir) à raison de 3 répétitions de 64 plantes, en conditions d'infestation naturelle très importante.

4 — La Minière (Yvelines) à raison de 6 répétitions de 32 plantes, en conditions de très faible infestation naturelle.

Les notations suivantes ont été exploitées :

— date de floraison femelle, en nombre de jours après le semis, à Saint-Martin-de-Hinx ; elle permet d'apprécier la précocité de floraison.

— humidité du grain à la récolte exprimée en pourcentage, dans les 4 lieux ; elle permet d'apprécier la précocité de maturation du grain.

— rendement en grains à 15 p. 100 d'humidité, en q/ha, dans les 4 lieux.

— pourriture des tiges avant la récolte, estimée par pression manuelle des tiges, en pourcentage de plantes atteintes transformé en radians (méthode de BLISS : $2 \text{ Arc sin } \sqrt{\frac{x}{100}}$), à Saint-Martin-de-Hinx et Levesville.

— note générale pyrale : moyenne des notes individuelles par plante selon une échelle de 1 à 9 (1 : dégâts faibles, 2 : casse de la panicule, 3 : casse de la panicule et de feuilles, 4 et 5 : casse de la tige au-dessus de l'épi, 9 : casse de la tige en dessous de l'épi ou chute de l'épi), à Bordeaux (1977 et 1979) et Levesville.

— notes de dissection : pourcentage d'entre-nœuds attaqués par plante, nombre de trous de sortie de larve visibles sur la tige (par plante), nombre de larves par plante, à Bordeaux en 1979.

III. RÉSULTATS

A. Relation entre la résistance des lignées et celle des hybrides

La comparaison porte sur les 2 essais de Bordeaux sous infestation artificielle sur les lignées en 1977 et sur les hybrides en 1979. En 1977, les résultats des infestations ont été beaucoup moins sévères qu'en 1979 (note générale moyenne 1,28 contre 3,81). Cet essai a cependant révélé sur l'ensemble des 29 lignées étudiées des différences très hautement significatives (seuil 1 p. 1000) pour la note générale pyrale. Toutefois, il n'apparaît pas de différence significative au seuil 5 p. 100 pour cette même note entre les 14 lignées retenues pour constituer le diallèle. Aucune relation avec la résistance des hybrides n'a donc pu être établie.

B. Relations entre les notations pyrale et les diminutions de rendement attribuables à la pyrale

Nous avons procédé à une appréciation grossière des diminutions de rendement causées par la pyrale en calculant la différence de rendement entre un lieu non infesté et un lieu infesté de la même grande zone de production c'est-à-dire, pour l'Aquitaine, entre St-Martin-de-Hinx et Bordeaux et, pour le Bassin parisien, entre la Minière et Levesville.

La corrélation entre la note générale pyrale des hybrides à Bordeaux et la différence de rendement entre St-Martin-de-Hinx et Bordeaux est positive et significative au seuil 1 p. 1000 (+ 0,37); la corrélation entre la note générale pyrale à Levesville et la différence de rendement entre la Minière et Levesville est positive et significative au seuil 1 p. 100 (+ 0,27).

La figure 1 exprime pour les différentes lignées parentales, la relation entre l'aptitude générale à la combinaison pour la note générale pyrale dans les 2 lieux infestés, d'une part, et l'aptitude générale à la combinaison pour la différence de rendement entre les 2 lieux non infestés et les 2 lieux infestés, d'autre part (fig. 1).

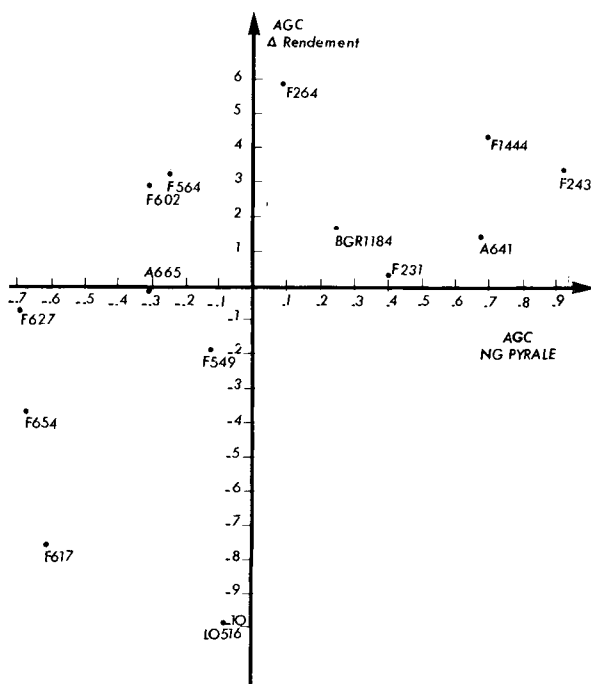


Figure 1

Relation entre l'aptitude générale à la combinaison pour la note générale pyrale (moyenne des 2 lieux infestés) (AGC NG pyrale) et l'aptitude générale à la combinaison pour la différence de rendement entre lieux non infestés et lieux infestés (AGC Δ rendement) en q/ha.

Relation between general combining ability for corn borer rating (mean of the 2 infested locations) "AGC NG pyrale" and general combining ability for yield difference between non infested locations ("AGC Δ rendement") in quintals per ha.

Si on examine les régressions (tabl. 1), il apparaît un gain moyen de 3,6 q/ha par point de note générale pyrale en moins à Bordeaux et un gain moyen de 4,6 q/ha par point de note générale en moins à Levesville.

Les corrélations entre notes de dissection et différences de rendement entre Saint-Martin-de-Hinx et Bordeaux sont inférieures à la corrélation entre note générale pyrale à Bordeaux et différence de rendement entre St-Martin et Bordeaux : respectivement + 0,24 pour le pourcentage d'entre-nœuds attaqués, + 0,25 pour le nombre de trous de sortie, + 0,22 pour le nombre de larves contre + 0,37 pour la note générale. Nous n'avons donc pas poursuivi l'étude de ces notations de dissection dont la réalisation est longue et coûteuse et dont la relation aux pertes économiques est relativement faible dans cet essai.

C. Note générale d'attaque pyrale

Pour analyser les résultats des diallèles à Bordeaux et Levesville nous avons utilisé le modèle de GRIFFING (1956).

Sous infestation artificielle à Bordeaux, la moyenne des notes est plus élevée qu'en conditions d'infestation naturelle à Levesville (3,81 contre 2,70). Les notations des hybrides sont en bonne relation entre les 2 lieux (corrélation de + 0,41 significative au seuil 1 p. 1000). L'analyse du dispositif bloc randomisé à 2 facteurs a donné les résultats indiqués au tableau 2. Les effets hybrides sont significatifs dans les 2 cas, ainsi que l'effet bloc à Bordeaux. Il est donc possible de poursuivre l'analyse des effets d'aptitude à la combinaison.

Dans les 2 lieux, nous trouvons des effets d'aptitude générale à la combinaison très hautement significatifs. Ils paraissent encore plus marqués à Bordeaux où les conditions d'infestation artificielle ont sans doute été plus sévères en comparaison avec les conditions d'infestation naturelle de Levesville. Par contre, les effets spécifiques d'aptitude à la combinaison n'apparaissent pas significatifs (tabl. 3).

Quoique les lignées constitutives du diallèle aient été choisies pour leur relative résistance à la pyrale, elles n'en ont pas moins une base génétique très large et le diallèle manifeste une variabilité importante pour ce caractère. Il nous a donc paru intéressant de fournir les estimations des paramètres génétiques pour la population de référence (tabl. 4) correspondant à une interprétation en modèle aléatoire, encore que la non signification des effets d'aptitude spécifique à la combinaison indique déjà que les

TABLEAU 1

Régression (b) entre (1) la différence de rendement en grain (y en q/ha) entre lieux non infestés et infestés et (2) la note générale d'attaque pyrale (x) dans les lieux infestés.

Regression (b) between (1) yield difference (y : quintals/ha) between non-infested and infested locations and (2) corn borer rating of the infested locations (x).

Lieu non infesté (non infested location)	Lieu infesté (infested location)	Régression	Limite de confiance du coefficient de régression (seuil 5 p. 100 limit) (Confidence limit for regression coefficient)
La Minière	Levesville	$y = 8,61 + 4,56 x$	$b > 1,73$
St-Martin-de-Hinx	Bordeaux	$y = 4,17 + 3,57 x$	$b > 2,00$
La Minière et St-Martin-de-Hinx	Levesville et Bordeaux	$y = 6,61 + 3,91 x$	$b > 2,10$

TABLEAU 2

Analyse de variance de la note générale d'attaque pyrale dans un dispositif bloc randomisé à 2 facteurs.
Analysis of variance of the European corn borer general damage ratings in a two-way randomized design.

Source de variation (Origin of variation)	Degrés de liberté (Degrees of freedom)	Somme des carrés des écarts (Sum of square deviations)		Carré moyen (Mean square)		Test F (F test)	
		Bordeaux	Levesville	Bordeaux	Levesville	Bordeaux	Levesville
Hybride (Hybrid)	90	329,98	145,85	3,67	1,62	3,18***	2,80***
Bloc (Block)	2	89,75	1,98	44,87	0,99	39,95***	1,71
Erreur (Error)	180	207,40	104,04	1,15	0,58		
Total	272	627,13	251,87				

*** significatif au seuil 1 p. 1000 (significant at the 0.1 % level)

TABLEAU 3

Analyse de l'aptitude à la combinaison pour la note générale d'attaque pyrale.
Combining ability analysis for European corn borer damage ratings.

Source de variation (Origin of variation)	Degrés de liberté (Degrees of freedom)	Somme des carrés des écarts (Sum of square deviations)		Carré moyen (Mean square)		Test F (F test)	
		Bordeaux	Levesville	Bordeaux	Levesville	Bordeaux	Levesville
Aptitude générale à la combinaison (General combining ability)	13	74,19	30,15	5,71	2,32	4,95***	4,01***
Aptitude spécifique à la combinaison (Specific combining ability)	77	35,81	18,47	0,47	0,24	0,40	0,42
Erreur (Error)	180			1,15	0,58		

*** significatif au seuil 1 p. 1000 (significant at the 0,1 % level)

TABLEAU 4

Estimation des paramètres génétiques pour la note générale d'attaque pyrale.
Genetic parameter estimates for European corn borer general damage ratings.

Lieu (Location)	Bordeaux	Levesville
Variance additive (Additive variance)	0,874	0,347
Variance de dominance (Dominance variance)	0,000*	0,000*
Variance phénotypique (Phenotypic variance)	2,026	0,925
Héritabilité au sens large (Broad-sense heritability)	0,431	0,375
Héritabilité au sens strict (Narrow-sense heritability)	0,431	0,375

* ajustée à 0 car la 1^{re} estimation est négative
 (adjusted to 0 because primary estimate was negative)

effets de dominance étaient négligeables dans nos conditions expérimentales. L'estimation de l'héritabilité au sens étroit est donc identique à l'estimation de l'héritabilité au sens large. Malgré une variance phénotypique inférieure en conditions d'infestation naturelle (Levesville), les héritabilités sont comparables en conditions d'infestation naturelle ou artificielle.

D. Relations entre la note générale d'attaque pyrale et d'autres caractères d'intérêt agronomique

1. Rendement en grain

Nous avons vu que les attaques de pyrale étaient en relation avec une perte de rendement entre lieux infestés et lieux non infestés (§ B).

Dans le but d'établir une éventuelle relation entre productivité et résistance à la pyrale, les 2 corrélations entre rendement dans un lieu non infesté (St-Martin-de-Hinx et La Minière) et note générale pyrale dans la zone de production correspondante (Bordeaux et Levesville respectivement) ont été calculées. Aucune n'est significative au seuil 5 p. 100.

TABLEAU 5

Corrélations entre la note générale d'attaque pyrale (NGA) et précocité des hybrides.
Correlations between European corn borer general damage ratings (NGA) and earliness of the hybrids.

1 ^{er} caractère (1st. trait)	1 ^{er} lieu (1st. location)	2 ^e caractère (2nd. trait)	2 ^e lieu (2nd. location)	Coefficient de corrélation (Correlation coefficient)	Signification (significance)
NGA	Bordeaux	Date de floraison femelle (silking date)	St-Martin-de-Hinx	– 0,66	***
NGA	Bordeaux	Humidité du grain (grain moisture)	St-Martin-de-Hinx	– 0,58	***
NGA	Bordeaux	Humidité du grain (grain moisture)	Bordeaux	– 0,30	**
NGA	Levesville	Humidité du grain (grain moisture)	Levesville	– 0,47	***
NGA	Levesville	Humidité du grain (grain moisture)	La Minière	– 0,34	***

** significatif au seuil de 1 p. 100 (significant at the 1 % level)
 *** significatif au seuil de 1 p. 1000 (significant at the 0.1 % level)

2. Précocité de floraison femelle et de maturation du grain

La précocité de floraison femelle est évidemment en relation inverse avec la date de floraison femelle, de même que la précocité de maturation du grain est en relation inverse avec l'humidité du grain à la récolte.

Dans chaque grande zone de production, aucune corrélation significative n'apparaît entre la note générale d'attaque pyrale (à Bordeaux et Levesville) d'une part, et la différence de précocité de maturation du grain (entre St-Martin-de-Hinx et Bordeaux pour l'Aquitaine, entre La Minière et Levesville pour le Bassin parisien), d'autre part.

Nous n'avons donc pas établi de relation de cause à effet entre les attaques de pyrale et la précocité de maturation du grain de maïs.

Par contre, toutes les corrélations entre note d'attaque pyrale et caractères liés à la précocité (date de floraison femelle et humidité du grain à la récolte) sont significatives au seuil 1 p. 100 lorsqu'elles sont appréciées dans la même région de production (tabl. 5).

Les hybrides précoces sont donc statistiquement plus sensibles à la pyrale.

3. Pourriture des tiges

La corrélation entre note générale d'attaque à Bordeaux et pourriture des tiges à St-Martin-de-Hinx est positive et significative au seuil de 1 p. 1000 (+ 0,34) ainsi que la corrélation entre note générale à Levesville et pourriture des tiges dans le même lieu (+ 0,45).

Cette relation se manifeste nettement, même dans un cas où les plantes sur lesquelles la pourriture des tiges est notée sont épargnées par la pyrale.

Les hybrides les plus résistants à la pyrale apparaissent donc statistiquement plus résistants à la pourriture des tiges.

Enfin, la résistance à la pourriture des tiges n'apparaît pas statistiquement liée à la précocité puisqu'à St-Martin-de-Hinx la corrélation entre pourriture des tiges et date de floraison femelle n'est pas significative au seuil 5 p. 100.

IV. DISCUSSION

En comparant sur le même matériel végétal les résultats obtenus en conditions d'infestation artificielle et en infestation naturelle, on doit reconnaître que, malgré ses imperfections et son coût, la méthode de jugement sous infestation artificielle doit être préférée car elle assure une certaine régularité d'infestation ; elle permet d'ajuster la date d'infestation à la précocité du matériel, elle évite les effets éventuels de préférence des femelles pour la ponte.

Malgré les efforts accomplis pour améliorer les systèmes de notations, ceux-ci présentent parfois des résultats trop liés aux conditions de milieu et au notateur lui-même. Les notations à la dissection des tiges à la récolte (pourcentage d'entre-nœuds attaqués, nombre de trous de sortie, nombre de larves par tige) sont, dans nos essais, moins directement liées aux pertes de rendement que la note générale d'attaque. Leur intérêt est plutôt d'ordre biologique et épidémiologique et l'utilisation de la note générale d'attaque devrait suffire à la réalisation d'un programme de sélection pour la résistance à la pyrale.

L'effet direct de la résistance, apprécié par la note générale, qui préserve le rendement en présence d'attaque de pyrale paraît largement confirmé par nos résultats exposés au paragraphe B.

Pour le matériel que nous avons étudié et dans la mesure où l'analyse diallèle selon le modèle aléatoire peut être exploitée, l'hérédité de la résistance est essentiellement additive et l'héritabilité est appréciable. Les résultats obtenus aux Etats-Unis seraient donc applicables à nos maïs précoces.

Cependant la relation entre lignées et hybrides n'a pu être retrouvée. Ce résultat surprenant est également en contradiction avec notre expérience de sélectionneurs. Il est vrai que les lignées constitutives du diallèle ont été choisies en fonction de leur relative résistance, mais, comme nous l'avons déjà vu, la base génétique reste large et une varia-

bilité importante s'exprime pour ce caractère chez les hybrides. Nous pensons donc que ce résultat provient d'un faible niveau d'attaque des lignées à Bordeaux en 1977 et devrait être vérifié.

L'association entre précocité et sensibilité à la pyrale est très nette. Elle peut être due à des phénomènes génétiques (pleiotropie, linkage) ou plus simplement à des effets de dérive ou d'échantillonnage, la base génétique des maïs européens précoces étant en effet assez restreinte. De plus, la pression de sélection pour la résistance à la pyrale a jusqu'à présent été nulle ou presque en Europe du Nord.

L'association entre pourriture des tiges et note générale d'attaque pyrale est nette, même lorsque l'observation de pourriture des tiges est faite en l'absence d'attaque de pyrale. Il est vrai que la casse des tiges sous les épis peut jouer un rôle important dans la notation d'attaque pyrale. Réciproquement, la pyrale peut servir à révéler une éventuelle faiblesse de la tige. Un facteur d'antibiose joue un rôle général de résistance des feuilles de maïs à la pyrale et à l'helminthosporiose due à *H. turcicum* (ANGLADE & MOLOT, 1967 a). Des mécanismes analogues pourraient se manifester dans la tige, selon l'hypothèse d'ANGLADE & MOLOT (1967 b), sans exclure d'autres facteurs d'association. Si cette relation se maintient, elle ne peut que faci-

liter le travail du sélectionneur qui, en améliorant un seul caractère, obtiendra un progrès pour les 2 résistances.

V. CONCLUSION

Malgré les fluctuations des attaques de pyrale observées dans nos essais, ceux-ci ont montré que les méthodes de sélection qui exploitent la variance additive paraissent applicables à l'amélioration de la résistance à la pyrale des maïs précoces européens à condition que la nette association entre précocité et sensibilité puisse être surmontée.

Reçu le 13 juillet 1982
Accepté le 3 février 1983

REMERCIEMENTS

Ce travail a pu être réalisé grâce à l'aide de M. FELIX et de son équipe de La Minière, des Etablissements Ciba-Geigy Semences à Levesville-la-Chenard, de Madame Sylvie DERRIDJ et de nos collègues de la Station de Zoologie I.N.R.A. de Versailles qui ont participé aux notations dans le Bassin parisien et enfin grâce à l'appui informatique de Madame Jeannine BOYAT.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anglade P.**, 1961. Essais d'application d'une méthode américaine de jugement des lignées de maïs au moyen de la notation des dégâts provoqués par infestation artificielle de pyrale (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). *Rev. Zool. agric.*, **60**, 139-150.
- Anglade P.**, 1962. Orientation des recherches françaises sur la résistance du maïs à la pyrale et à la sésamie. *Proc. Eucarpia maize and sorghum section meeting*, Roma.
- Anglade P.**, 1973. Comparative study of three characteristics used for judging the susceptibility of corn lines to *Ostrinia nubilalis*. p. 48-61. In *Rep. of the Int. Proj. on Ostrinia nubilalis*. Part. 1, 1969-1970. *Agric. Res. Int. Hung. Acad. Sci. Martonvasar*. 168 p.
- Anglade P., Hadzistevic D.**, 1970. International cooperative study of resistance of several European inbred lines of maize to the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). *Publ. OEPP*, Série A., **54**, 57-62.
- Anglade P., Molot P.-M.**, 1967 a. Mise en évidence d'une relation entre les sensibilités de lignées de maïs à la pyrale (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) et à l'helminthosporiose (*Helminthosporium turcicum* Pass.). *Ann. Epiphyt.*, **18**, 279-284.
- Anglade P., Molot P.-M.**, 1967 b. Facteurs biochimiques de résistance du maïs commune à certains insectes et cryptogames pathogènes. p. 328-337. In *C.R. Symp. int. Phytopharm. Phytiatr.*, Rijksfac. Landbouwwet., Gand, 1061 p.
- Anglade P., Rautou S.**, 1970 a. Etat actuel en France de l'amélioration du maïs pour la résistance à la pyrale (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). *Publ. OEPP*, Série A, **54**, 45-55.
- Anglade P., Rautou S.**, 1980. Programme et premiers résultats de l'amélioration du maïs pour la résistance à la pyrale. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 389-396.
- Griffing B.**, 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. biol. Sci.*, **9**, 463-493.
- Guthrie W.D., Stringfield G.H.**, 1961. Use of test crosses in breeding corn for resistance to European corn borer. *J. econ. Entomol.*, **54**, 784-787.
- Jennings C.W., Russell W.A., Guthrie W.D.**, 1974. Genetics of resistance in maize to first and second brood of European corn borer. *Crop Sci.*, **14**, 394-398.
- Klun J.A., Guthrie W.D., Hallauer A.R., Russell W.A.**, 1970. Genetic nature of the concentration of 2,4 dihydroxy-7-methoxy-2H-1,4 benzoxazin 3 (4H) one and resistance to the European corn borer in a diallel set of 11 maize inbreds. *Crop Sci.*, **10**, 87-90.
- Painter R.H.**, 1951. *Insect resistance in crop plants*. Mc Millan, New York, 520 p.
- Robin J.-C.**, 1964. Techniques utilisées pour la production de pontes de pyrale et l'infestation artificielle des maïs. *Rev. Zool. agric.*, **63**, 164-167.
- Russel W.A., Guthrie W.D., Grindeland R.L.**, 1974. Breeding of resistance in maize to first and second brood of the European corn borer, *Crop Sci.*, **14**, 725-727.