



HAL
open science

Les lignées d'addition blé - *Aegilops ventricosa*. I. - Étude du comportement vis-à-vis du piétinverse des différentes lignées obtenues

Francoise F. Dosba, Gérard Doussinault

► To cite this version:

Francoise F. Dosba, Gérard Doussinault. Les lignées d'addition blé - *Aegilops ventricosa*. I. - Étude du comportement vis-à-vis du piétinverse des différentes lignées obtenues. *Agronomie*, 1981, 1 (6), pp.503-511. hal-02726131

HAL Id: hal-02726131

<https://hal.inrae.fr/hal-02726131>

Submitted on 2 Jun 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.

Les lignées d'addition blé - *Aegilops ventricosa*.

I. - Étude du comportement vis-à-vis du piétin-verse des différentes lignées obtenues

Françoise DOSBA & Gérard DOUSSINAULT

avec la collaboration technique d'Anne-Marie TANGUY et Henri JOUAULT

I.N.R.A., Station d'Amélioration des Plantes, Centre de Recherches de Rennes, B.P. 29, F 35650 Le Rheu.

RÉSUMÉ

Blé tendre,
Triticum aestivum,
Aegilops ventricosa,
Piétin-verse,
Cercospora herpotri-
choïdes,
Hybridations interspécifi-
ques,
Lignées d'addition,
Analyse génétique,
Résistance aux maladies.

Les différentes lignées d'addition des chromosomes M^V d'*Aegilops ventricosa* n° 11 obtenues dans le génotype de la variété de blé tendre « Moisson » et sur cytoplasme blé (lignées m) ou sur cytoplasme *Aegilops* (lignées v) ont été analysées de 1972 à 1980 pour leur comportement vis-à-vis du piétin-verse (tabl. 1). Au stade plantule, celui-ci est estimé de manière qualitative — stroma d'aspect différent chez les plantes peu sensibles (type R) et chez les plantes sensibles (type S) — et de manière quantitative (nombre moyen de gaines attaquées par plante). Au stade adulte, le critère de notation est le pourcentage de la section de la tige envahie par le parasite. En 1974 (tabl. 1), la comparaison des populations de lignées v et m révèle que la fréquence des familles présentant un pourcentage important de plantes de type R est plus élevé chez les lignées v que chez les lignées m (fig. 1). Le pourcentage de gaines pénétrées est généralement plus important chez les lignées m que chez les lignées v. Chez les lignées v, le nombre de plantes de type R passe de 18 p. 100 en 1974 à 40 p. 100 en 1978. Au stade adulte, le pourcentage de plantes résistantes se stabilise au niveau de 20. Chez les lignées m, le nombre de plantes de type R diminue de 1973 à 1977. Il ne semble pas y avoir de lien entre l'évolution chromosomique des lignées et le comportement vis-à-vis du piétin-verse (fig. 1). Les 2 lignées m présentant un bon niveau de résistance au piétin-verse ont perdu leur chromosome additionnel.

Onze lignées v ont un très bon niveau de résistance au piétin-verse. Chez 2 d'entre elles (v 260 et v 261), la résistance n'est pas liée au chromosome additionnel ; pour les 9 lignées restantes, la stabilisation de la résistance et du nombre de chromosomes vont de pair (fig. 2). La résistance qui serait apportée par le chromosome additionnel n'est détectée que si elle est combinée à celle introduite par recombinaison à partir du génome D^V d'*Aegilops ventricosa*. Des tests réalisés au stade plantule, en 1979 et 1980, confirment le très haut niveau de résistance de 9 lignées v et d'une lignée m (tabl. 2 et 3). Au stade adulte (tabl. 4), il faut remarquer, en 1979, le bon comportement de la lignée v 22 qui apparaît résistante à l'invasion des tiges. La différence de comportement entre les lignées v et m serait due essentiellement au fait que 2 rétrocroisements par la variété sensible « Moisson » ont eu lieu pour les lignées v, alors qu'il y en eut 3 ou 4 pour les lignées m.

Afin de préciser la part des chromosomes additionnels dans l'expression de la résistance des lignées au piétin-verse, des études complémentaires mettant en jeu des techniques très fines d'infection et de notation sont envisagées. L'objectif de ces études est l'accumulation des différents gènes de résistance portés par ces lignées.

SUMMARY

Soft wheat,
Triticum aestivum,
Aegilops ventricosa,
Eyespot, Cercospora,
herpotrichoides,
Interspecific hybridiza-
tion,
Addition lines,
Genetical analysis,
Disease resistance.

The addition lines wheat - *Aegilops ventricosa* I. - Behaviour towards eyespot

The M^V addition lines wheat - *Ae. ventricosa* extracted on wheat cytoplasm (m-lines) or on *Aegilops* cytoplasm (v-lines) were inoculated with eyespot from 1972 to 1980 (table 1). At the seedling stage, the attack is estimated by the qualitative reaction of susceptible plants (S type characterized by brown and diffuse stromas) and resistant plants (R type with black and limited stromas) or by the mean number of attacked leaf-sheaths. At the adult stage, the stem attack is assessed by the percentage of stem section invaded.

In 1974, the frequency of families with a high percentage of R type plants is higher in v-lines than in m-lines (table 1, fig. 1). The percentage of penetrated leaf-sheaths varies in the same way as the qualitative score. Under selection pressure for R type plants, the percentage of these plants grew from 18 in 1974 to 40 in 1978 inside the v-lines. At the adult stage, it stabilized at 20 p. 100. For the m-lines, the number of R type plants decreased from 18 p. 100 in 1973 to 2 p. 100 in 1977. The behaviour towards eyespot does not seem linked to the chromosome number (fig. 1). The 2_m -lines which have a good level of resistance lost their added chromosome.

Among the 11 v-lines resistant to eyespot, 2 (v 260, v 261) show a resistance independent of the additional chromosome (fig. 2). For the other nine, the stabilization of the resistance and of the chromosome number occurs simultaneously (fig. 2). The resistance which would be linked to the added chromosome is only detected if the resistance of D^V genome of *Ae. ventricosa* has been introduced.

Tests carried out at the seedling stage in 1979 and 1980, confirm the high level of resistance of 9 v-lines and one m-line (tables 2 and 3). At the adult stage (table 4), the resistance to the stem infestation is demonstrated for line v 22. The difference in the behaviour of the v- and m-lines is mainly due to the number of backcrosses done (respectively 2 and 3 or 4).

The role of the M^v added chromosome in resistance to eyespot remains to precise with the help of more accurate techniques of infection, scoring and analysis methods.

The aim of these studies is to accumulate in a genotype the major part of the resistance.

I. INTRODUCTION

Le piétin-verse du blé est provoqué par un champignon : *Cercospora herpotrichoides* Fron. Il est relativement facile à combattre, par l'application de traitements fongicides effectués lors du tallage. A ce stade, le piétin-verse est pratiquement la seule maladie présente et l'introduction de variétés offrant un bon niveau de résistance devrait permettre l'économie d'un traitement.

Depuis les travaux de SPRAGUE (1936), on connaît le très bon comportement d'*Aegilops ventricosa* Tausch. vis-à-vis du parasite, tandis qu'au sein du genre *Triticum* L. (*s. str.*) il n'a pas été détecté de géniteurs de résistance. Au cours des essais réalisés jusqu'à présent, aucun isolat de *C. herpotrichoides* n'a montré de virulence particulière à l'égard d'*Ae. ventricosa*. Le haut niveau de résistance que manifestent certaines souches, surtout au stade plantule, est stable (SCOTT *et al.*, 1976). La biologie de *C. herpotrichoides*, parasite facultatif qui n'a pas de reproduction sexuée connue, nous permet d'estimer comme faible le risque de voir apparaître une race ayant acquis les gènes de virulence capables de contourner la résistance d'*Ae. ventricosa*. Ce risque sera d'autant plus faible que l'on aura réussi à cumuler, sur un même génotype, les plus hauts niveaux de résistance possibles, effectifs à tous les stades du développement de l'épidémie. Les différentes tentatives d'introgession des facteurs de résistance d'*Ae. ventricosa* chez le blé tendre (*T. aestivum* (L.) Thell, *ssp. vulgare* (Vill) M.K.), n'ont pas totalement abouti (KIMBER, 1967 ; DOUSSINAULT *et al.*, 1974 ; DELIBES *et al.*, 1977 ; DOSBA & DOUSSINAULT, 1977, 1978).

La constitution génomique d'*Ae. ventricosa* (2n = 28, génomes D^v M^v) laisse à penser que l'on avait introduit essentiellement l'information génétique portée par le génome D^v, les chromosomes M^v ne se recombinant généralement pas avec ceux du blé tendre (2n = 42, génomes ABD). La constitution de lignées d'addition des chromosomes M^v d'*Ae. ventricosa*, dans le génotype d'un blé tendre, a été réalisée notamment dans le but de préciser le rôle du génome M^v dans le déterminisme de la résistance au piétin-verse. L'étude a été menée sur les cytoplasmes de *T. aestivum* et d'*Ae. ventricosa*, afin de comparer leurs effets sur l'expression des caractères.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A) Matériel

Les lignées d'addition des chromosomes M^v d'*Ae. ventricosa* ont été isolées :

— sur cytoplasme *Ae. ventricosa* (lignées v), à partir du croisement (*Ae. ventricosa* n° 11 × *T. aestivum* n° IA) × *T. aestivum* cv. « Moisson »³ (DOSBA *et al.*, 1978).

La lignée IA de *T. aestivum* Jakubz, ainsi que « Moisson » sont sensibles au piétin-verse. L'utilisation de « l'espèce pont », *T. aestivum*, s'est avérée nécessaire pour l'extraction des lignées v, car le croisement direct *Ae. ventricosa* × *T. aestivum* n'a jamais encore été réussi ;

— sur cytoplasme blé tendre (lignées m), à partir du croisement (*T. aestivum* cv. « Moisson » × *Ae. ventricosa* n° 11) × « Moisson »⁴. Pour quelques lignées fertiles en autofécondation, il n'y a eu que 3 rétrocroisements par « Moisson ». Le croisement direct entre le blé tendre et *Ae. ventricosa*, qui est à l'origine des lignées m, a été réussi pour la 1^{re} fois en 1970 (DOSBA & CAUDERON, 1972).

Chez les lignées v, les observations concernant le comportement vis-à-vis du piétin-verse ont été réalisées de la 1^{re} génération suivant le 1^{er} rétrocroisement par « Moisson » (génération F₁ de R₁ en 1972) à la 8^e génération d'autofécondation après le 2^e rétrocroisement (génération F₈ de R₂ en 1980, cf. tabl. 1). Au cours de cette période, plus de 10 000 plantes ont été analysées au stade plantule et près de 55 000 au stade adulte. Au stade plantule, la majorité des plantes semées en pots ont été contrôlées cytologiquement (dénombrements chromosomiques).

Le comportement des lignées m vis-à-vis du piétin-verse a été analysé depuis la génération suivant le 2^e rétrocroisement par « Moisson » (F₁ de R₂ en 1973), jusqu'à la 6^e génération d'autofécondation après le 4^e rétrocroisement (F₆ de R₄ en 1980). En 8 ans, environ 6 500 plantes ont été observées au stade plantule et 23 000 au stade adulte (tabl. 1). Comme pour les lignées v, les tests au stade plantule ont été réalisés en pots, pour le plus grand nombre, et les plantes ont été contrôlées cytologiquement.

Au cours des premières générations, ont été retenues, au sein des lignées d'addition, les plantes présentant une méiose régulière et une bonne fertilité.

B) Méthodes

1. Méthodes cytologiques

Les dénombrements chromosomiques sont effectués sur méristèmes racinaires de toutes les plantules testées pour leur comportement vis-à-vis du piétin-verse. Les méristèmes placés dans une solution saturée d'α bromonaphtalène (16 h à 5 °C) sont fixés dans une solution aqueuse d'acide acétique (90 p. 100) pendant 30 mn et colorés en utilisant la réaction nucléale de Feulgen après hydrolyse dans HCl(IN), 12 mn à 60 °C.

2. Observations du comportement vis-à-vis du piétin-verse

Le comportement global d'une variété de blé vis-à-vis du piétin-verse peut être décomposé en 3 facteurs principaux (DOUSSINAULT, 1973) :

— La probabilité de contamination des plantes pour un niveau d'inoculum déterminé. On peut apprécier ce facteur

au champ par une observation au stade plantule ou par une culture sous tunnel maraîcher, après inoculation, à la levée, par du mycélium broyé (PONCHET, 1959).

— La vitesse de pénétration du parasite à travers les gaines de la plantule mesurée par le pourcentage de gaines foliaires traversées (JAHIER, 1978). Cette caractéristique est déterminée après infection des plantes, en terrines ou en pots, au stade coléoptile, par un manchon de paille colonisé par une souche de piétin-verse, selon la technique de MACER (1966), et dans des conditions de température et d'hygrométrie précédemment décrites (DOUSSINAULT & DOSBA, 1977).

— L'envahissement des tiges au stade adulte, mesuré au champ par le pourcentage de la section de la tige détruite. L'infection au champ se fait par épandage de grains d'avoine stérilisés, puis inoculés selon la technique de BRUEHL & NELSON (1964), sur de jeunes semis implantés début octobre.

Le classement des génotypes pour ces 3 paramètres n'est pas exactement identique ; cependant, la vitesse de pénétration du parasite à travers les gaines constitue une bonne approche de l'estimation du comportement des génotypes (DOUSSINAULT, 1973). Ces notations, de type quantitatif, ne permettant pas une analyse génétique simple de la résistance, nous avons aussi cherché une appréciation qualitative du comportement individuel de chaque plante. La traversée complète d'une gaine par le champignon s'achève par la formation d'un stroma sur la gaine suivante. Sur les plantes possédant un bon niveau de résistance, par exemple chez la variété « Roazon », ce stroma n'est pas visible ou apparaît tardivement et se présente alors sous la forme de petites ponctuations brunes. Les plantes présentant ces caractéristiques seront appelées de type R. Sur les plantes présentant un niveau de résistance plus faible, comme chez « Cappelle », ou sensibles, comme chez « Moisson », le stroma est étendu et noirâtre. Les plantes montrant ce

symptôme de sensibilité seront appelées de type S. Ce mode de notation mis au point à partir de 1974 a été décrit par JAHIER (1978).

La réaction des plantes à l'infection ne se traduit pas par des symptômes identiques sur une lignée pure : nombre de gaines traversées différent et même absence de stroma caractéristique sur quelques plantes des lignées sensibles. Le jugement d'un génotype doit se faire sur un ensemble de plantes. De plus, le niveau d'attaque n'est pas analogue d'une année à l'autre, en raison essentiellement des conditions de milieu différentes.

Aussi ne rapporterons-nous ici que les résultats des essais où le niveau d'infection est suffisant. Ce niveau est apprécié par l'observation du comportement de la variété sensible « Moisson » : au stade plantule, les plantes ayant échappé à l'infection ne devront pas dépasser 5 p. 100 et les plantes observées au stade adulte auront toutes une tige envahie sur au moins 50 p. 100 de sa section. En dessous de ces seuils, nous considérons que l'infection est trop faible pour permettre un jugement convenable du matériel.

Tout au long du programme d'extraction des lignées d'addition, le comportement du matériel a été étudié sur des familles de 10 à 25 plantes, en pots placés sous châssis froid après infection par la technique de MACER (1966) et notation au stade plantule. A partir des générations F_3 de R_2 (lignées v) et F_2 de R_4 (lignées m), les lignées ont été semées à raison de 50 grains au champ et comparées au stade adulte à « Moisson », témoin de sensibilité, et à « Roazon », témoin de résistance.

Afin de préciser leur comportement en fin de fixation, les lignées les plus résistantes ont été analysées en terrines (6 répétitions de 5 grains) et au champ (3 répétitions de 50 grains), à partir de 1979, et en tunnel (3 répétitions de 50 grains) en 1980.

On rapportera les résultats complets concernant toutes les lignées, les générations F_2 de R_2 (lignées v) et F_1 de R_3

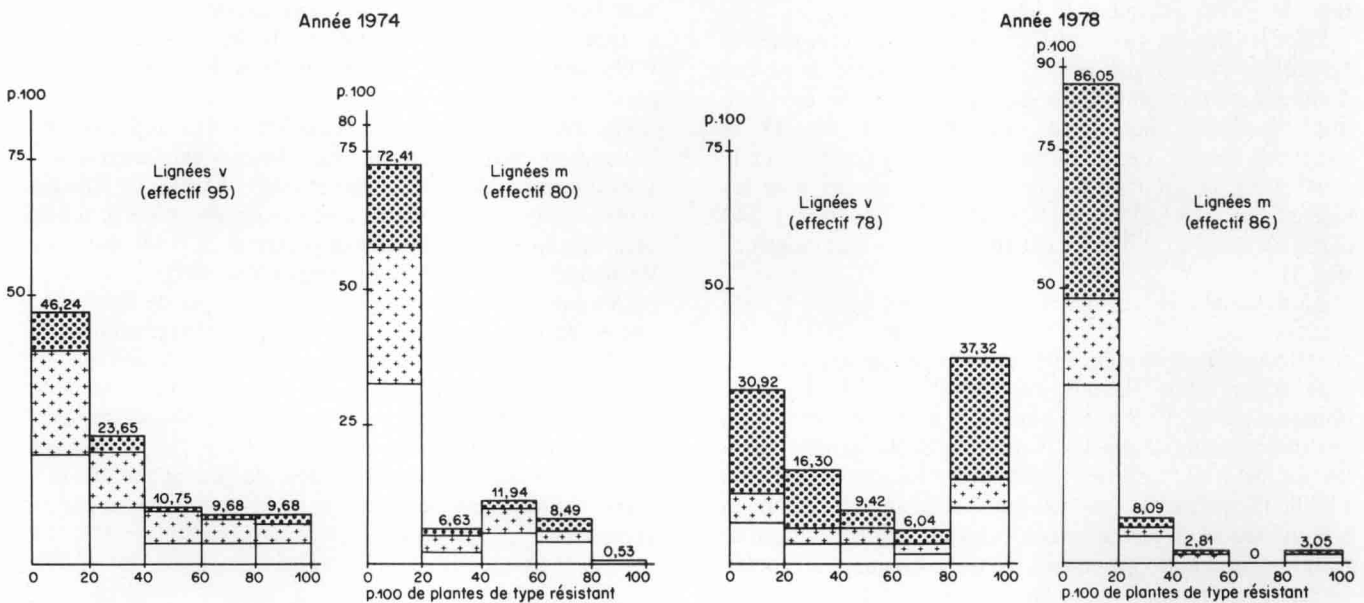
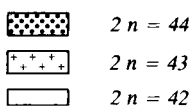


Figure 1

Fréquence des plantes à $2n = 42, 43$ ou 44 dans les familles regroupées en fonction du pourcentage de plantes de type R (années 1974 et 1978).
Frequency of plants with $2n = 42, 43$ or 44 in the families gathered in terms of the percentage of type R plants (years 1974 and 1978).



(lignées m) observées en 1974, où l'ensemble du matériel végétal est représenté. Pour les générations suivantes, seules les lignées qui montrent en fin de sélection, un intérêt pour l'amélioration de la résistance seront analysées en détail.

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

A) Comportement global des lignées en début d'extraction

Le comportement vis-à-vis du piétin-verse est mesuré sur un minimum de 10 plantes individualisées par descendance. Les notations de type qualitatif et quantitatif ont été effectuées pendant la période de tallage. L'infection, en 1974, était homogène et d'un bon niveau. Globalement, on constate une grande variabilité entre descendances et à l'intérieur des descendances. Une seule lignée, m 196, s'est montrée homogène pour la résistance. Si l'on classe les familles selon le pourcentage de plantes de type R dans l'analyse quantitative (fig. 1), on constate que les 2 populations de lignées m et v se distinguent nettement en 1974 : la fréquence des familles présentant moins de 20 p. 100 de plantes de type R est bien plus élevée dans le 1^{er} cas. De même, la fréquence des familles présentant plus de 50 p. 100 de plantes de type R est bien plus élevée pour les lignées v (19,4 p. 100 de familles) que pour les lignées m (9 p. 100). On remarque aussi la fréquence élevée de familles présentant un niveau de résistance au piétin-verse supérieur à celui de « Moisson », qui se situe généralement dans la classe la plus sensible.

Si l'on se réfère à l'analyse quantitative et si l'on compare le pourcentage de gaines pénétrées par le parasite pour chaque classe, définie selon l'analyse qualitative dans les 2 populations, les lignées m présentent toujours le pourcentage de gaines attaquées le plus élevé.

Chez les lignées v et m testées vis-à-vis du piétin-verse et contrôlées cytologiquement, l'analyse comparée du niveau d'attaque et du nombre chromosomique met en évidence une répartition homogène des plantes à 42, 43 et 44 chromosomes. Les familles ne sont pas fixées pour le nombre de chromosomes ; en 1974, les lignées v et les lignées m ont environ 50 p. 100 de plantes à 42 chromosomes, 40 p. 100 à 43 et 10 p. 100 à 44 chromosomes (fig. 1).

La descendance des plantes F_2 de R_2 des lignées v a été analysée au stade adulte l'année suivante (tabl. 1). Le coefficient de corrélation entre le pourcentage de plantes de type S au stade plantule des familles F_1 de R_2 et le pourcentage des tiges ayant plus de 50 p. 100 de leur section envahie au stade adulte des familles F_2 de R_2 correspondantes est de 0,42. Ce coefficient, qui n'est pas très élevé, traduit l'imprécision des notations au stade adulte sur un effectif réduit de plantes, mais aussi les disjonctions qui se manifestent à cette génération. Si on le compare au coefficient de corrélation de 0,76, obtenu entre ces mêmes pourcentages pour les générations F_5 de R_2 et F_6 de R_2 , on peut affirmer que ces disjonctions ont joué un grand rôle dans les premières générations.

Seulement 6 familles, parmi la population des lignées m, ont présenté moins de la moitié des tiges analysées avec des symptômes s'étendant sur plus de 50 p. 100 de leur section et ont ainsi montré un bon niveau de résistance à l'envahissement des tiges.

B) Etude du comportement vis-à-vis du piétin-verse et du nombre chromosomique

Au stade plantule, les plantes de type R en F_1 de R_2 ont gardé dans leur descendance ce caractère de résistance. Un test très précoce aurait donc pu rapidement limiter le matériel à manipuler si l'objectif avait été la simple introgression d'un certain niveau de résistance.

Toutes les descendances issues de familles F_1 de R_2 présentant plus de 50 p. 100 de plantes de type S sont également de type S. Le(s) caractère(s) de résistance au piétin-verse exprimé(s) au stade plantule est (sont) donc au moins partiellement dominant(s).

Pour les lignées v, le pourcentage de plantes de type R au stade plantule en F_1 de R_2 s'élève à 18 p. 100 puis s'accroît jusqu'à 40 p. 100, si l'on ne tient pas compte des notations de 1975 et 1979. Dans les lignées en disjonction, seules les formes de type R ont été conservées. Le nombre de lignées présentant un bon niveau de résistance à l'envahissement des tiges au stade adulte varie peu et se situe aux environs de 20 p. 100.

Pour les lignées m, le pourcentage de plantes de type R au stade plantule en F_1 de R_2 est de l'ordre de 18 p. 100, mais les 2 rétrocroisements par « Moisson », qui se sont avérés nécessaires à cause de la stérilité en autofécondation, et la perte du matériel due à cette stérilité ont provoqué la perte de la résistance en F_3 de R_4 où 2 p. 100 seulement des plantes sont de type R. De même, au stade adulte en F_2 de R_4 , 1,2 p. 100 des familles présentent un bon niveau de résistance à l'envahissement des tiges.

Parmi les 34 lignées v analysées sans discontinuité au stade plantule, 6 familles se montrent homogènes pour la résistance dès la génération F_3 de R_2 et le restent par la suite. Au moins un caractère de résistance introduit est donc génétiquement simple. Dans 3 familles (v 24, v 191, v 394), généralement résistantes, quelques plantes de type S apparaissent à chaque génération, au sein d'effectifs importants. Pour 2 d'entre elles, v 24 et v 191, cette situation est peut-être due au fait qu'elles sont issues de plantes estimées de type S en 1977 et 1978, alors que les lignées sœurs v 22 et v 193 sont issues de plantes de type R et sont, elles, parfaitement fixées.

En 1978, année où l'inoculation a été satisfaisante, l'évolution chromosomique des plantes s'est faite dans le sens d'une stabilisation au niveau $2n = 44$ (fig. 1). Elle est toutefois moins bien réalisée chez les lignées m (18 p. 100 de plantes à $2n = 43$ et 40 p. 100 de plantes à $2n = 44$), que chez les lignées v (16 et 58 p. 100 respectivement).

Cette différence observée entre les 2 types de lignées est due essentiellement au fait que les lignées m (génération F_4 de R_4) ont moins de générations d'autofécondation que les lignées v (génération F_6 de R_2). Il ne semble pas y avoir de lien entre l'évolution chromosomique et le niveau de résistance au piétin-verse entre 1974 et 1978 (fig. 1). Ceci indique que les chromosomes additionnels ne jouent pas un rôle prépondérant dans l'expression de la résistance au piétin-verse.

C) Choix et étude des lignées présentant un intérêt pour leur niveau de résistance

Toutes les lignées d'addition ont été conservées, mais nous avons choisi de suivre plus particulièrement celles qui, dans le cadre de cette étude, présentaient un intérêt sur le plan de la résistance au piétin-verse. La totalité des lignées résistantes, aux stades plantule et adulte, en fin de sélection,

TABLEAU 1

Récapitulation des différents tests piétin-verse réalisés au cours des générations d'extraction des lignées d'addition v et m à partir de 1973
 Recapitulation of the different eyespot tests done during the extraction of the v and m addition lines from 1973 till 1980

Lignées	Stade	Année d'observation et Génération											
		1973 F ₁ de R ₂	1974 F ₂ de R ₂	1975 F ₃ de R ₂	1976 F ₄ de R ₂	1977 F ₅ de R ₂	1978 F ₆ de R ₂	1979 F ₇ de R ₂	1980 F ₈ de R ₂				
v	Plantule	(f)	(f)	(f)	(f)	(f)	(g)	(f)	(f)	(h)	(g)	(h)	
		(a)	24	150	33	35	50	43	79	64	21	12	15
		(b)	314	3 536	894	704	972	2 150	1 009	873	1 050	1 800	300
		(c)	5	21	22	9	12	18	29	23	20	12	14
		(d)	57	1 022	586	302	246		552	458	817		274
Adulte				(a)	239			222	34			14	
				(b)	11 950	10 100	12 500	11 100	5 100			4 200	
				(e)	69	46	39	46	8				

Lignées	Stade	Année d'observation et Génération											
		1973 F ₁ de R ₂	1974 F ₁ de R ₃	1975 F ₁ de R ₄	1976 F ₂ de R ₄	1977 F ₃ de R ₄	1978 F ₄ de R ₄	1979 F ₅ de R ₄	1980 F ₆ de R ₄				
m	Plantule	(f)	(f)			(f)	(g)	(f)	(f)	(h)	(g)	(h)	
		(a)	17	80			72	60	84	6	1	2	2
		(b)	95	877			1 347	3 000	903	102	40	300	40
		(c)	5	4			1	3	3	5	1	2	2
		(d)	18	130			26		92	91	39		40
Adulte					(a)	229	147		71	7		1	
					(b)	11 450	7 350		3 550	450		300	
					(e)	6	7		12	4			

(a) Nb. de familles analysées.

(b) Nb. de plantes testées.

(c) Nb. de familles ayant moins de 50 p. 100 de gaines attaquées et moins de 40 p. 100 de plantes de type S.

(d) Nb. de plantes de type R.

(e) Nb. de familles ayant en moyenne moins de 50 p. 100 de section de tige attaquée.

(f) Essai en pots.

(g) Essai en tunnel.

(h) Essai en terrines.

tion, sont issues de famille F₁ de R₂, présentant plus de 60 p. 100 de plantes de type R et moins de 50 p. 100 de leurs gaines attaquées. C'est pourquoi l'évolution du comportement vis-à-vis du piétin-verse a été suivie plus particulièrement sur ces familles. Nous avons appliqué le même critère de choix des familles pour les lignées m. Une lignée est dite résistante au piétin-verse lorsqu'elle est de type R et que le pourcentage de gaines pénétrées ainsi que le pourcentage de tiges ayant plus de 50 p. 100 de leur section envahie par le parasite sont identiques à ceux du témoin de résistance : la variété « Roazon ».

Lignées m

L'analyse des lignées m, à différentes générations, au stade plantule ou au stade adulte, a révélé un certain nombre de familles résistantes. En 1974, parmi les 4 familles F₁ de R₃ détectées résistantes au stade plantule, 2 (160 et 172) ont été perdues à cause de leur stérilité. La lignée 176 ne s'est pas révélée supérieure à « Roazon » au stade adulte en 1976. La lignée 196, qui a subi une génération de fécondation libre avant le rétrocroisement par « Moisson », n'a pas été retenue en raison de son origine incertaine et de son comportement méiotique irrégulier. En 1976, 6 lignées présentaient au stade adulte un niveau de résistance supérieure à celui de « Moisson » sans jamais atteindre celui de « Roazon ». En 1977, 2 lignées (m 407 et m 408) issues d'une plante à 43 chromosomes de type R, en 1974, ont été repérées pour leur bon niveau de résistance au stade adulte.

Ces lignées ont perdu leur chromosome additionnel et sont fixées pour le nombre chromosomique (2n = 42) et pour la résistance au piétin-verse. Les tests réalisés en 1980 les situent au niveau des meilleures lignées v (tabl. 2, 3 et 4).

Lignées v

Les lignées v présentant un niveau élevé de résistance au piétin-verse sont fixées depuis 1978 sur le plan cytologique (majorité des plantes avec au moins un chromosome additionnel et un comportement méiotique régulier).

Deux lignées sœurs, v 260 et v 261, présentent un bon niveau de résistance. Ces lignées sont isogéniques de la lignée v 246 qui a perdu son niveau de résistance au piétin-verse au cours de sa fixation. Le chromosome additionnel de ces lignées est identique et a des effets similaires sur la morphologie des plantes ainsi que sur le comportement vis-à-vis de l'oidium et de la rouille brune (DOSBA *et al.*, 1980). De plus, à partir de la lignée v 246, est dérivée, en 1976, une lignée à 42 chromosomes résistante au piétin-verse. De même, en 1977, la lignée v 261, en dépit de son nombre relativement faible de plantes à 43 ou 44 chromosomes, avait un bon niveau de résistance au piétin-verse (fig. 2). Donc, dans le cas des lignées v 260 et v 261, le chromosome additionnel ne joue sans doute pas de rôle dans le déterminisme de la résistance.

Chez les autres lignées homogènes résistantes (v 22, v 130, v 193, v 201, v 205, v 208, v 359, v 361, v 396), l'évolution de leur nombre chromosomique laisse présumer que le

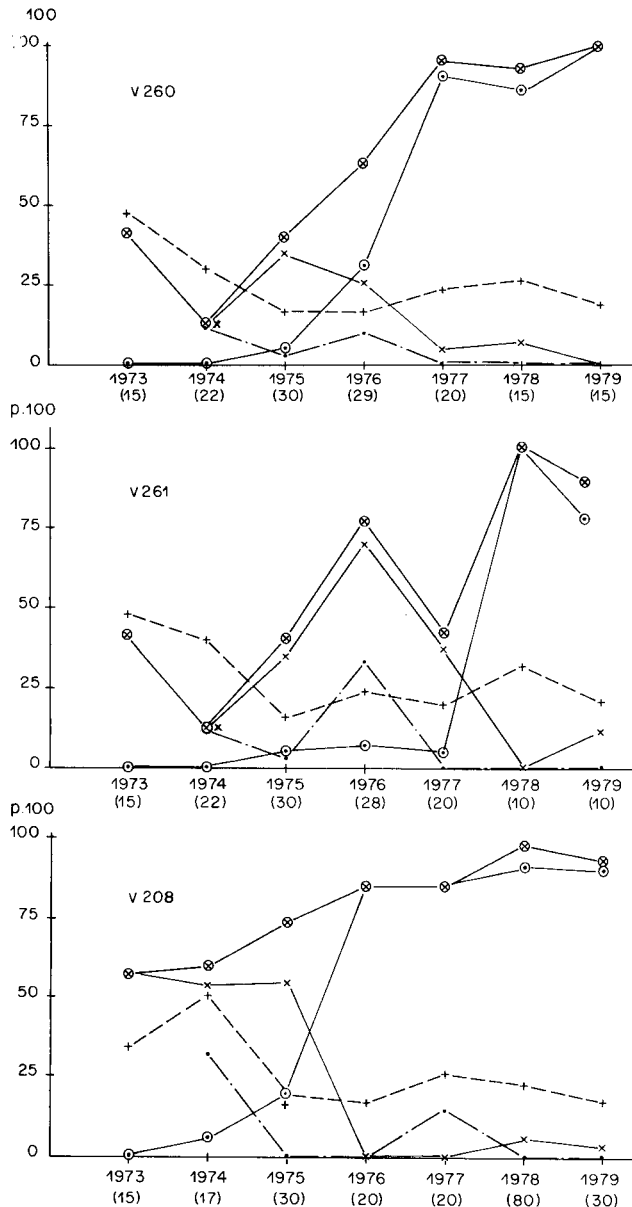


Figure 2

Evolution comparée du nombre de chromosomes et du comportement vis-à-vis du piétin-verse chez les lignées v 208, v 260 et v 261. Comparison in the evolution of the chromosome number and the behaviour towards eyespot in the addition lines v 208, v 260 and v 261.

pourcentage des plantes attaquées

+ pourcentage de gaines attaquées

⊗ pourcentage de plantes à $2n = 43$ et 44

○ pourcentage de plantes à $2n = 44$

× pourcentage de plantes à $2n = 43$

niveau de résistance est en partie lié au chromosome additionnel. En effet, la stabilisation de la résistance semble correspondre à celle de la lignée d'addition disomique (fig. 2). De plus, la majorité des lignées résistantes appartiennent à des types cytologiques, morphologiques et physiologiques définis, caractéristiques d'un chromosome additionnel particulier. Ainsi, les lignées v 22, v 193, v 201, auxquelles on peut adjoindre les lignées v 191 et v 24 qui sont en cours de fixation, possèdent un chromosome additionnel identique. Les lignées v 205 et v 208 ont une paire de chromosomes additionnels différente du groupe précédent. Les autres lignées ne sont pas encore parfaite-

ment identifiées. Il semble toutefois que la résistance apportée par le génome M^v d'*Ae. ventricosa* n'est détectée, dans les conditions actuelles d'analyse, que lorsqu'elle est combinée à celle introduite par recombinaison à partir du génome D^v de ce même *Aegilops*. L'étude des générations F₂, issues de croisements entre les lignées résistantes et « Moisson », devrait permettre de définir la part des 2 types de résistance, grâce à des techniques plus précises que celles utilisées jusqu'ici. On utilisera en outre ces techniques pour comparer à « Moisson » les lignées ayant le même chromosome additionnel mais qui ne se sont pas avérées résistantes en 1^{re} analyse.

En fin de sélection, on a tenté de mettre en évidence les lignées possédant le plus haut niveau de résistance au piétin-verse. L'analyse a porté sur le comportement au stade plantule, en terrine et en tunnel, et au stade adulte.

L'analyse en terrines, menée 2 années successives (tabl. 2), montre l'existence d'un groupe de lignées semblables à « Roazon » et à *Aegilops ventricosa* n° 11 : v 22, v 130, v 193, v 201, v 205, v 260, v 359, m 407. Compte tenu de la bonne précision de ces essais, on peut dire que la résistance à la pénétration des gaines par le champignon est identique pour ces lignées. Les lignées v 191 et v 394 restent en disjonction à l'issue de 7 années d'autofécondation après le dernier recroisement. Pour v 191, la fréquence des plantes sensibles est plus élevée (15 à 30 p. 100) que pour v 394 (3 à 10 p. 100) et le pourcentage de gaines pénétrées sur les plantes sensibles est plus grand.

L'essai réalisé en tunnel, moins précis, ne permet pas de mettre en évidence de différences pour la contamination des lignées (tabl. 3). La plupart échappe à l'infection alors que le témoin « Moisson » et la lignée v 209 sont systématiquement attaqués. On peut cependant remarquer que le niveau de résistance de v 209 est un peu plus élevé que celui de « Moisson ».

Au champ, la lignée v 22 se montre plus résistante que « Roazon », en 1979 (tabl. 4). Leur précocité d'épiaison étant identique, la vitesse d'envahissement des tiges pour la lignée d'addition est moins rapide ; ce caractère est particulièrement intéressant.

La lignée v 22 présente un niveau de résistance supérieur à celui des géniteurs utilisés jusqu'à maintenant. La lignée v 191, que l'on sait en disjonction au stade plantule, présente aussi un niveau de résistance élevé au stade adulte. La lignée v 209 a également à ce stade un meilleur comportement que ne le laisse prévoir l'analyse au stade plantule (tabl. 4).

L'essai réalisé en 1980, moins précis, ne permet pas de retrouver la supériorité de la lignée v 22, par rapport à « Roazon » (tabl. 4). Mises à part les lignées m 278 et v 24, cet essai confirme cependant l'existence, pour l'ensemble des lignées, d'un niveau de résistance comparable à celui de « Roazon ».

IV. CONCLUSION

L'examen détaillé des lignées alloplasmiques blé - *Aegilops ventricosa* fait apparaître qu'il est relativement facile d'introduire, chez le blé, une partie de la résistance au piétin-verse, par recombinaisons entre le génome D du blé et le génome D^v d'*Aegilops ventricosa*. Cette résistance, que l'on observe aussi chez « Roazon » et chez les lignées issues du géniteur « VPM », est sous la dépendance d'un système dominant et oligogénique. Elle ne s'exprime pas avec la même fréquence chez les lignées m et les lignées v. Trois

TABLEAU 2

Comportement des lignées d'addition vis-à-vis du piétin-verse observé au stade plantule en terrine. Evaluation globale du comportement et classement des pourcentages de gaines attaquées après transformation angulaire de Bliss, par le test de Duncan

Comparison using Duncan's multiple range test of the behaviour towards eyespot of the addition lines, « Moisson », « Roazon », and *Ae. ventricosa*, at the seedling stage in seedpans

1979				1980			
Lignée	Analyse qualitative	Analyse quantitative	Classement	Lignée	Analyse qualitative	Analyse quantitative	Classement
v 22	R	34,6	}	« Roazon »	R	30,0	}
v 260	R	35,2		v 22	R	30,2	
v 201	R	35,5		v 261	R	30,2	
v 382	R	35,7		v 201	R	30,6	
m 407	R	35,9		m 407	R	30,7	
v 359	R	36,1		m 408	R	30,7	
v 130	R	36,5		v 130	R	30,9	
v 188	R	36,6		v 359	R	31,3	
v 361	R	37,1		v 396	R	31,4	
« Roazon »	R	37,7		« vent 11 »	R	32,0	
v 284	R	37,8		v 260	R	32,5	
v 396	D	38,5		v 208	R	34,0	
v 394	D	39,2		v 212	R	34,5	
v 212	D	39,9		v 24	R	34,8	
v 261	R	40,0		v 205	R	35,1	
v 193	R	40,1		v 193	R	36,3	
v 208	R	41,0		v 394	D	36,8	
v 205	R	42,0		v 191	D	41,2	
« Roazon » m.s.	R	42,0	v 209	S	57,5		
v 391	D	42,1	« Moisson »	S	58,7		
v 24	D	42,2					
v 191	D	42,8					
v 209	S	47,3					
« Moisson »	S	51,9					
v 318	S	54,0					
Coefficient de variation 7 %				Coefficient de variation 10,6 %			

R : famille homogène de type R.

D : famille présentant des plantes de types R et S.

S : famille homogène de type S.

m.s. : mâle-stérile.

TABLEAU 3

Comportement des lignées d'addition, d'*Aegilops ventricosa*, de « Moisson » et de « Roazon » vis-à-vis du piétin-verse, observé au stade plantule, en tunnel, à partir du nombre moyen de gaines attaquées par plante

Comparison, using Duncan's multiple range test of the behaviour towards eyespot of addition lines, *Ae. ventricosa*, « Moisson » and « Roazon », at the seedling stage in plastic tunnel

Lignée	Nombre moyen de gaines pénétrées	Classement
m 407	0,111	}
« Roazon »	0,137	
« Vent 11 »	0,166	
m 408	0,167	
v 193	0,187	
v 22	0,238	
v 205	0,269	
v 396	0,277	
v 201	0,288	
v 394	0,302	
v 24	0,356	
v 208	0,400	
v 261	0,404	
v 212	0,405	
v 191	0,620	
v 209	3,448	
« Moisson »	4,180	
Coefficient de variation 31,3 %		

hypothèses peuvent être faites pour expliquer cette différence :

— L'utilisation d'une espèce pont, *T. aethiopicum*, pour l'obtention des lignées v a pu favoriser les recombinaisons lors des méioses des plantes de type $\frac{ABD^v}{ABD} M^v$.

— Le cytoplasme d'*Aegilops ventricosa* serait légèrement plus favorable à l'expression de la résistance que celui du blé tendre (DOUSSINAULT *et al.*, 1974), mais son effet est faible et ne peut expliquer l'ampleur des différences de comportement entre les lignées v et les lignées m.

— Le nombre différent de rétrocroisements par la variété sensible « Moisson » constitue probablement l'hypothèse la plus vraisemblable pour expliquer ces différences. Les lignées v ont en effet subi 2 rétrocroisements et les lignées m, 3 ou 4. D'ailleurs, les 2 lignées m 407 et m 408, à $2n = 42$ chromosomes, qui se situent au niveau des meilleures lignées v pour leur comportement vis-à-vis du piétin-verse, n'ont subi que 3 rétrocroisements. Il semble difficile de concilier l'obtention de lignées d'addition sur un fond génétique pur et la création de géniteurs de résistance au piétin-verse. Par ailleurs, les plantes issues de recombinaisons favorables ont pu ne pas être sélectionnées au cours des rétrocroisements, étant donné l'effectif limité observé à chaque génération.

TABLEAU 4

Comparaison des lignées d'addition, de « Roazon » et de « Moisson » pour leur comportement vis-à-vis du piétin-verse au champ : classement des pourcentages de tiges ayant plus de 50 p. 100 de leur section envahie par le parasite après transformation angulaire de Bliss, par le test de Duncan

Comparison using Duncan's multiple range test of the behaviour towards eyespot at adult stage of the addition lines, « Roazon » and « Moisson »

1979			1980		
Lignée	%	Classement	Lignée	%	Classement
v 22	33,38		v 208	44,7	
v 191	40,57		m 408-36	46,3	
v 260	41,71		v 130	48,5	
v 396	44,67		VPM	49,6	
v 193	45,40		m 408-40	51,3	
v 209	49,48		v 394	52,5	
v 359	50,96		« Roazon »	52,8	
v 284	52,15		v 212	54,4	
v 208	53,67		v 205	56,1	
v 188	54,18		v 22	57,1	
« Roazon »	55,01		v 201	57,8	
v 205	55,12		v 261	62,2	
v 261	55,69		v 191	63,3	
« Roazon » m.s.	56,58		v 260	64,3	
v 130	57,27		v 193	64,8	
v 361	59,86		v 396	65,4	
m 407	59,93		v 24	66,3	
v 24	60,39		« Moisson »	77,3	
v 394	61,68		m 278	78,4	
v 201	62,00				
v 391	62,78				
v 382	62,91				
v 212	62,98				
« Moisson »	77,64				
Coefficient de variation 19,7 %			Coefficient de variation 23,6 %		

m.s. : mâle-stérile.

La résistance qui serait apportée par le(s) chromosome(s) additionnel(s) impliqué(s) est difficile à détecter :

— En l'absence de gènes majeurs de résistance portés par le génome D^v, l'effet du chromosome M^v est moindre et l'analyse qualitative est incapable de le révéler ou bien 2 chromosomes du génome M^v ont des effets complémentaires et c'est leur présence simultanée qui induit la résistance.

— En présence de gènes majeurs, ceux-ci masquent l'effet des chromosomes M^v.

Il faut élaborer des techniques d'infection progressive et de notations quantitatives qui puissent détecter des différences fines imputables au chromosome M^v ajouté à l'état monosomique ou disomique, sur fond génétique aussi bien sensible que résistant. Cette analyse permettra peut-être

d'identifier des résistances partielles qui avaient été masquées par la résistance majeure apportée par le génome D^v et de les utiliser pour constituer des génotypes nouveaux qui accumulent ces différents facteurs de résistance. On devrait ainsi pouvoir limiter les risques de contournement de la résistance.

Reçu le 22 octobre 1980.

Accepté le 16 mars 1981.

REMERCIEMENTS

Nous remercions toutes les personnes qui ont contribué à ce travail et toutes celles qui ont aidé à sa publication.

Nous remercions particulièrement J. PONCHET (I.N.R.A., Antibes) et G. SALESSES (I.N.R.A., Bordeaux), qui ont accepté d'être les lecteurs de cet article et nous ont apporté leurs critiques constructives.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bruehl G. W., Nelson W. L., 1964. Technique for mass inoculations of winter wheat in the field with *Cercospora herpotrichoides*. *Plant Dis. Rep.* **48**, 863-865.

Delibes A., Dosba F., Doussinault G., Garcia-Olmedo F., Sanchez-Monge R., 1977. Resistance to eyespot (*Cercospora herpotrichoides*) and distribution of biochemical markers in hexaploid lines derived from a double cross (*Triticum turgidum* × *Aegilops ventricosa*) × *Triticum aestivum*. *Proc. 8th EUCARPIA Congress*, Madrid, 91-97.

Dosba F., Cauderon Y., 1972. A new interspecific hybrid : *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* × *Aegilops ventricosa*. *Wheat Inform. Serv.*, **35**, 22-24.

Dosba F., Doussinault G., 1977. Introduction into wheat of the resistance to eyespot in *Aegilops ventricosa*. *Proc. 8th EUCARPIA Congress*, Madrid, 99-107.

Dosba F., Doussinault G., 1978. Création de lignées de blé présentant les caractéristiques agronomiques favorables d'*Aegilops ventricosa*. *Ann. Amélior. Plantes*, **28**, 27-44.

- Dosba F., Doussinault G., Rivoal R.**, 1978. Extraction, identification and utilization of the addition lines *T. aestivum*-*Ae. ventricosa*. *Proc. 5th int. Wheat Genet. Symp.* New Delhi, 332-337.
- Dosba F., Tanguy A. M., Douaire G.**, 1980. Study of the characteristics linked to the M¹ chromosome of *Aegilops ventricosa* in an addition line wheat × *Aegilops*. *Cereal Res. Com.* **8**, 501-507.
- Doussinault G.**, 1973. Comportement de 12 variétés de blé tendre vis-à-vis du piétin-verse. (*Cercospora herpotrichoides* Fron). Conséquence pour la sélection. *Ann. Amélior. Plantes*, **23**, 333-346.
- Doussinault G., Dosba F.**, 1977. An investigation into increasing the variability for resistance to eyespot in wheat. Eyespot — variability in the subtribe *Triticinae*. *Z. Pflanzenzüchtg.*, **79**, 122-133.
- Doussinault G., Koller J., Touvin H., Dosba F.**, 1974. Utilisation des géniteurs VPM1 dans l'amélioration de l'état sanitaire du blé tendre. *Ann. Amélior. Plantes*, **24**, 215-241.
- Jahier J.**, 1978. *Etude des relations hôtes-parasites aux stades plantule et adulte chez les Triticinées, dans le cas de Cercospora herpotrichoides* Fron, agent du piétin-verse. Thèse de Docteur Ingénieur Ser. C n° 78-1. Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes, 79 pp.
- Kimber G.**, 1967. The incorporation of the resistance of *Aegilops ventricosa* to *Cercospora herpotrichoides* into *Triticum aestivum*. *J. agric. Sci.*, **68**, 373-376.
- Macer R. C. F.**, 1966. Resistance to eyespot disease (*Cercospora herpotrichoides* Fron) determined by a seedling test in some forms of *Triticum*, *Aegilops*, *Secale* and *Hordeum*. *J. agric. Sci.*, **67**, 389-396.
- Ponchet J.**, 1959. La maladie du piétin-verse des céréales : (*Cercospora herpotrichoides* Fron). Importance agronomique, biologie, épiphytologie. *Ann. Epiphyties*, **10**, 45-98.
- Scott P. R., Defosse L., Vandam J., Doussinault G.**, 1976. Infection of lines of *Triticum*, *Secale*, *Aegilops* and *Hordeum* by isolates of *Cercospora herpotrichoides*. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, **66**, 205-210.