



**HAL**  
open science

# Comportement d'une variété de blé (*Triticum aestivum* L.) vis-à-vis du virus de la mosaïque modérée du dactyle souche blé

Djabbar D. Hariri, Hervé Lapiere

## ► To cite this version:

Djabbar D. Hariri, Hervé Lapiere. Comportement d'une variété de blé (*Triticum aestivum* L.) vis-à-vis du virus de la mosaïque modérée du dactyle souche blé. *Agronomie*, 1981, 1 (5), pp.391-398. hal-02723846

**HAL Id: hal-02723846**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02723846>**

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.

# Comportement d'une variété de blé (*Triticum aestivum* L.) vis-à-vis du virus de la mosaïque modérée du dactyle souche blé

Djabbar HARIRI & Hervé LAPIERRE

I.N.R.A., Station de Pathologie végétale, Route de Saint-Cyr, F 78000 Versailles.

## RÉSUMÉ

*Virus (VMMD<sub>B</sub>),  
Blé,  
Systémicité,  
Mosaïque,  
Nécrose.*

Le virus de la mosaïque modérée du dactyle souche blé (VMMD<sub>B</sub>), décrit en France en 1977 sous le nom de virus de la nécrose et mosaïque du dactyle, se distingue des différentes souches du virus type décrit en Allemagne par sa gamme d'hôtes et en particulier sa capacité à infecter le blé.

L'expression du VMMD<sub>B</sub> chez le blé var. « Etoile de Choisy » a été étudiée. Chez cette plante, on peut mettre en évidence la multiplication du virus pour différentes températures comprises entre 10 et 29 °C.

Les symptômes nécrotiques observés sur la feuille inoculée ne se manifestent qu'entre 10 et 17 °C à température constante. Néanmoins, un séjour de 6 h à 15 °C est suffisant pour induire l'apparition des symptômes nécrotiques à 24 °C. L'infection systémique de la plante par le virus n'est observée qu'à une température au moins égale à 17 °C. Seuls les transferts de température permettent l'expression des symptômes de type mosaïque. Ceux-ci sont obtenus si les plantes séjournent au moins 36 h à 24 °C avant d'être transférées à 15 °C. Une forte lumière accélère l'apparition des symptômes et en augmente l'importance. Des transferts alternés entre 24 et 15 °C permettent un accroissement considérable de la concentration virale ; celle-ci peut atteindre 1 mg par g dans la 8<sup>e</sup> feuille de blé.

Les conditions d'expression des symptômes de nécrose et de mosaïque dus au virus de la mosaïque du tabac sur *Nicotiana tabacum* var. *xanthi* « nc » se distinguent fondamentalement de celles qui sont exigées dans le cas du VMMD<sub>B</sub> sur blé. En effet, pour ce dernier virus, les symptômes de nécrose et mosaïque sont observés à la même température. Lorsque l'infection systémique est acquise, après un séjour suffisant à haute température celle-ci se maintient à basse température.

## SUMMARY

*Virus (VMMD<sub>B</sub>),  
Wheat,  
Systemic infection,  
Mosaic,  
Necrosis.*

*Behaviour of a variety of wheat (Triticum aestivum L.) infected by cocksfoot mild mosaic virus (wheat strain)*

Virus content of symptoms expression have been investigated in CMMV<sub>B</sub>-infected wheat (var. « Etoile de Choisy ») at temperatures ranging from 10 to 29 °C.

Necrotic symptoms were observed on the inoculated leaves only between 10 and 17 °C. Nevertheless only 6 h at 15 °C were required for the production of necrotic symptoms at 24 °C. Systemic infection of the plant by the virus could be observed only at temperatures exceeding 15 °C. Production of mosaic symptoms occurred only after transfers in temperature. They occurred when the plants were kept at least 36 h at 24 °C before transfer to 15 °C. They appeared earlier and were more pronounced under intense illumination.

Successive transfers between 24 °C and 15 °C resulted in a considerable increase in virus concentration that was in the order of 1 mg/g in the 8th wheat leaf.

Conditions for production of necrotic and mosaic symptoms in tobacco mosaic virus-infected *Nicotiana tabacum* var. *xanthi* nc are basically different from those required in VMMD<sub>B</sub>-infected wheat. For the latter combination, virus necrosis and mosaic symptoms could be observed at the same temperatures. Once the systemic symptoms had appeared after sufficient time at high temperature, they remained after transfer to lower temperatures.

## I. INTRODUCTION

Le virus de la nécrose et mosaïque du dactyle (VNMD) décrit en France par HARIRI & LAPIERRE (1977) est rattaché au groupe du phleum mottle (HARIRI & LAPIERRE, 1979a). Le virus de la mosaïque modérée du dactyle (VMMD) ou cocksfoot mild mosaic virus décrit en Allemagne par

HUTH (1968) est relié sérologiquement (double diffusion en gélose) au VNMD (HARIRI & LAPIERRE, 1977). Cependant, l'extrait brut de plantes contenant les souches 1 ou 39 du VMMD (PAUL *et al.*, 1974), aimablement fournies par le Dr HUTH, n'ont pas réagi en ELISA avec un sérum anti-VNMD.

Par ailleurs le VNMD infecte le blé contrairement aux

observations faites en Allemagne pour les différentes souches de VMMD. Un virus de type VNMD a été isolé en Irlande par TORRANCE (comm. pers.).

Nous maintiendrons donc encore l'appellation de virus de la mosaïque modérée du dactyle souche blé (VMMD<sub>B</sub>) pour l'isolat français nommé VNMD en attendant une étude plus approfondie des 2 types de virus. La variété de blé « Etoile de Choisy » infectée par le VMMD<sub>B</sub>, exprime des symptômes de nécrose sur les feuilles inoculées et une mosaïque sur les étages foliaires plus jeunes (HARIRI & LAPIERRE, 1977, 1979b). Les modalités de l'expression de ces symptômes, en fonction de la température, ont été étudiées. Les analogies de ce système plante-virus en particulier avec celui de tabac infecté par le virus de la mosaïque du tabac ont été analysées.

## II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### A) Le virus

Le VMMD<sub>B</sub> est maintenu sur la variété « Etoile de Choisy » sur les plantes ayant subi 3 j après leur inoculation un transfert de 24 °C à 15 °C. Le virus est purifié à partir de ces plantes suivant un protocole déjà décrit (HARIRI & LAPIERRE, 1977).

### B) Détection et dosage du virus

Les tests immuno-enzymatiques de type ELISA (VOLLER *et al.*, 1976), mis en œuvre pour détecter le virus ou estimer sa concentration, sont réalisés en suivant le protocole décrit par HARIRI & LAPIERRE (1979b). Une meilleure homogénéité des températures autour des plaques de microtitration a été recherchée. Pour cela, les plaques sont maintenues dans des bacs contenant de l'eau sur une épaisseur de 8 mm. L'enregistrement de la densité optique du contenu d'une alvéole est effectué à l'aide d'un lecteur de plaque du type Flow Titertek Multiskan. Chaque mesure rapportée correspond à la moyenne de 3 répétitions au niveau de la plaque.

### C) Matériel végétal

Les semences de la variété « Etoile de Choisy » sont mises à germer en serre. Les plantules sont portées en chambres climatisées (photo période 15 h, température de 8 à 30 °C), où elles sont soumises à une intensité lumineuse de 4 000 lux, sauf pour les essais portant sur ce paramètre.

### D) Conditions d'inoculation

L'inoculum, constitué par une suspension du virus purifié ou un extrait de plante infectée, est préparé avec un tampon phosphate monopotassique disodique 0,1 M pH 7 en présence de carborundum.

Les plantes sont inoculées au stade une feuille (mesurant environ 6 cm) puis abondamment lavées.

## III. RÉSULTATS

### A) Conditions d'expression des symptômes nécrotiques sur la feuille inoculée

Le tableau 1 récapitule les différents types de manifestations pathologiques observés sur le blé inoculé et maintenu à une température constante, entre 8 et 30 °C. A partir de

10 °C on note l'apparition très tardive (plus de 10 j après inoculation) des symptômes nécrotiques. Pour les températures de 12 à 15 °C, les premiers symptômes de nécrose apparaissent entre 4 et 5 j après l'inoculation. Au fur et à mesure que la température s'élève, entre 15 et 26 °C, les symptômes deviennent de plus en plus légers et s'expriment sous forme de taches chlorotiques. Les feuilles inoculées des étages 1 à 3 ont un comportement similaire.

Des essais non rapportés ici montrent que les symptômes sont d'autant plus précoces que la plante a une croissance plus active et que l'inoculum est plus concentré.

#### 1. Effet de la lumière

Des plantes inoculées à 15 °C et maintenues à cette température sont soumises à 3 niveaux différents d'intensité lumineuse (tabl. 2). L'importance des symptômes nécrotiques et la précocité de leur apparition sont fonction de l'éclairage. Avec une intensité lumineuse de 4 000 lux, on observe des symptômes 4 j 1/2 après l'inoculation. Avec 600 lux, les premières manifestations de l'infection virale ne s'expriment qu'un jour plus tard.

#### 2. Effet des transferts de température sur l'induction de la nécrose

Des plantes sont inoculées à 15 °C et transférées, à des temps variables, à 24 °C, température pour laquelle on n'observe que des taches chlorotiques.

Les symptômes nécrotiques n'apparaissent que sur les plantes ayant séjourné plus de 4 h à 15 °C. L'importance des symptômes, à 24 °C, est fonction de la durée de séjour des plantes à 15 °C (tabl. 3). Lorsque le temps de séjour à 15 °C est suffisant pour permettre l'expression des symptômes à 24 °C, on n'observe pas de modification du temps de latence.

TABLEAU 1

*Expression et importance des symptômes sur la feuille inoculée en fonction de la température*  
*Expression and extent of symptoms on the inoculated leaf as a function of the temperature*

Tempé- rature en °C	Nombre de j après inoculation		
	4 · 1/2	7	17
8	0	0	0
10	0	0	NNNN
12	NN	NNN	NNNN
15	N	NN	NNN
18	LTC	LTC	LTC
24	LTC	LTC	LTC
26	0	LTC	LTC
30	0	0	0

N = Nécrose (échelle 0 à 4 N en fonction de la surface nécrosée).  
LTC = Légères taches chlorotiques.  
0 = pas de symptôme.

TABLEAU 2

*Effet de la lumière sur l'expression du symptôme de nécrose à 15 °C sur la feuille inoculée*  
*Effect of light on the expression of necrosis symptoms at 15 °C on the inoculated leaf*

Nombre de j après inoculation	4 · 1/2	5	5 · 1/2
Intensité lumineuse (LUX)			
4 000	N	NN	NNN
2 500	0	N	N
600	0	0	N

Les notations (0 à 4 N) sont effectuées 4 · 1/2, 5, 5 · 1/2 j après inoculation (50 plantes par échantillon).

TABLEAU 3

*Expression des symptômes de nécrose à 24 °C après différents temps de séjour à 15 °C (stade 1 feuille)*  
*Expression of necrosis at 24 °C after time spent at 15 °C*

Temps de séjour à 15 °C (en h)	4	6	8	24
Importance des symptômes nécrotiques	0	N	N	NNN

Les notations (0 à 4 N) sont effectuées 7 j après inoculation (50 plantes par échantillon).

3. *Effet d'un séjour à haute température sur le temps nécessaire à l'expression de la nécrose à basse température*

Les lots de blé sont inoculés à 24 et 29 °C. Des plantes sont transférées chaque jour à 15 °C. Un séjour de 2 j à 24 °C ou de 1 j à 29 °C ne retardent pas l'expression des symptômes nécrotiques (fig. 1). Un allongement du temps de séjour à haute température s'accompagne d'un allongement du temps nécessaire à l'expression des symptômes à basse température.

Pour les séjours compris entre 3 et 10 j à 24 °C, les symptômes à 15 °C sont observés 1 j seulement après le transfert de température. Au-delà de 10 j de séjour à 24 °C, les symptômes n'apparaissent à 15 °C qu'après des délais de plus en plus longs.

Les plantes maintenues 2 j à 29 °C n'expriment les symptômes de nécrose à 15 °C qu'avec un retard de 1 j par rapport aux plantes ayant séjourné à une température constante de 15 °C. Entre 3 et 6 j de maintien des plantes à 29 °C, 4 j sont nécessaires après le transfert à 15 °C pour que l'on puisse observer des symptômes nécrotiques. Au-delà de 6 j à 29 °C, les symptômes n'apparaissent à 15 °C qu'après des délais de plus en plus longs (supérieurs à 4 j).

4. *Effet du temps de séjour à 24 °C sur l'importance des symptômes nécrotiques à 15 °C*

Les plantes sont inoculées à 24 °C et maintenues des temps variables à cette température avant d'être transférées

Temps nécessaire à l'apparition des symptômes de nécrose après le transfert à 15 °C (en jours)

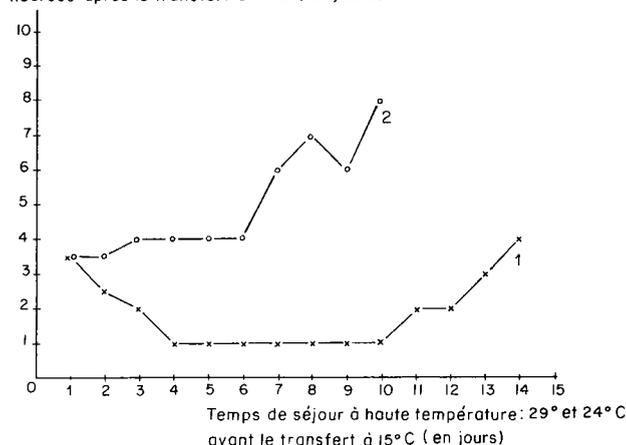


Figure 1

*Temps nécessaire à l'expression des symptômes de nécrose à 15 °C en fonction des temps de séjour à 24 ou 29 °C.*

1 = transfert de 24 à 15 °C.

2 = transfert de 29 à 15 °C.

*Pour chaque transfert de température 20 plantes sont étudiées.*

*Time required for the expression of necrosis at 15 °C as a function of time spent at 24 °C or 29 °C.*

1 = transfert from 24 to 15 °C.

2 = transfert from 29 to 15 °C.

*20 plants are studied for each temperature transfert.*

à 15 °C (tabl. 4). Le nombre de lésions nécrotiques est d'autant plus grand que le temps de séjour à 24 °C a été plus important. Dix jours après l'inoculation on compte 3 fois plus de lésions sur les plantes ayant séjourné 8 j à 24 °C que sur celles maintenues à 15 °C.

B) *Conditions d'expression des symptômes de type mosaïque*

1. *A température constante*

Sur la variété « Etoile de Choisy », il n'a pas été possible d'obtenir des symptômes de type mosaïque quelle que soit la température constante retenue. D'autres variétés de blé (résultats non publiés) ont un comportement différent.

2. *Transferts de température*

Des plantes sont inoculées au stade 1 feuille bien développée et sont maintenues des temps variables à 24 °C avant d'être transférées à 15 °C. Les symptômes de mosaïque sont observés sur la 3<sup>e</sup> feuille des plantes qui ont séjourné plus d'1 j à 24 °C. Après 2 j à 24 °C, toutes les plantes transférées

TABLEAU 4

*Effet de différents temps de séjour à 24 °C sur l'importance des symptômes nécrotiques à 15 °C*  
*Effect of time spent at 24 °C on extent of necrosis at 15 °C*

Temps de séjour à 24 °C avant le transfert à 15 °C (en j)	0	2	4	6	8
Nombre de lésions	10	15	25	30	32

Les comptages de lésions ont été effectués sur 3 plantes pour chaque échantillon 5 j après chaque transfert pour les plantes portées à 24 °C.

à 15 °C présentent les symptômes de mosaïque 12 j après inoculation. Ces symptômes de mosaïque peuvent aussi être observés sur la 2<sup>e</sup> feuille si la 1<sup>re</sup> feuille mesure moins de 2 cm lors de l'inoculation. Les plantes qui ont présenté les symptômes de mosaïque après le transfert de température expriment sur les nouvelles feuilles les mêmes symptômes jusqu'à la floraison.

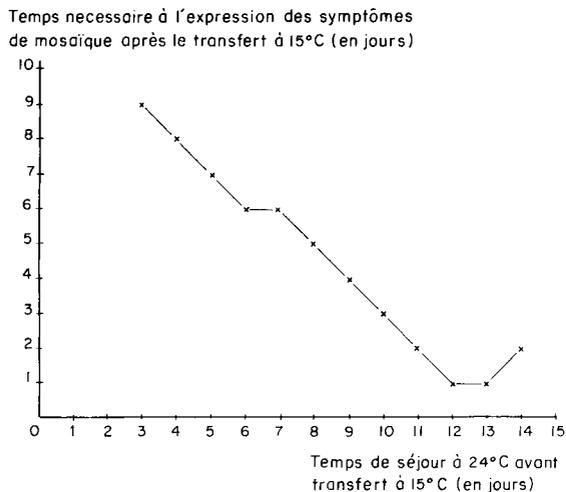


Figure 2  
Effet de différents temps de séjour à haute température sur l'expression du symptôme de mosaïque à basse température (3<sup>e</sup> feuille). Pour chaque transfert de température 20 plantes sont étudiées.  
Effect of different periods spent at high temperature on the expression of mosaic symptom at low temperature (3rd leaf). 20 plants are studied for each temperature transfert.

3. Effet de la lumière

Des plantes sont inoculées à 24 °C et sont soumises à une intensité lumineuse de 4 000 lux. Après un séjour de 4 j à cette température, les plantes sont transférées à 15 °C. A cette température il faut au moins 2 500 lux pour obtenir les symptômes de mosaïque (tabl. 5). Des plantes n'ayant reçu que 600 lux après le transfert à basse température peuvent toutefois exprimer les symptômes de mosaïque si on les soumet ultérieurement à une intensité lumineuse de 4 000 lux.

TABLEAU 5

Effet de la lumière sur l'expression du symptôme de mosaïque à 15 °C sur des plantes ayant préalablement séjourné 4 j à 24 °C  
Effect of light on the expression of mosaic symptom at 15 °C on plants after 4d at 24 °C

Intensité lumineuse (lux)	Nombre de j après inoculation		
	12	15	18
4 000	+	++	+++
2 500	0	+	++
600	0	0	0

Echelle de notation : 0, nul ; +, léger ; ++, net ; +++ fort.

C) Effet de la température sur l'infection systémique du VMMD<sub>B</sub>

1. Développement de l'infection à température constante

Des plantes sont soumises aux températures déjà retenues lors des essais concernant l'expression de la nécrose (tabl. 1). Vingt et un jours après l'inoculation réalisée au stade une feuille, une estimation de la concentration virale est effectuée sur la 3<sup>e</sup> feuille. Seuls les extraits de plantes maintenues à une température supérieure à 15 °C et jusqu'à au moins 24 °C réagissent positivement en ELISA (fig. 3). Cette localisation du virus à la zone inoculée d'une feuille a pu être précisée en effectuant des infections limitées d'une partie de feuille de blé maintenue à 15 °C. Pour cela on détermine trois aires sur des feuilles et l'on inocule leur 1<sup>er</sup> tiers distal. Cinq jours après l'inoculation, aucune détection du virus n'est possible dans les deux zones foliaires proximales non inoculées (tabl. 6).

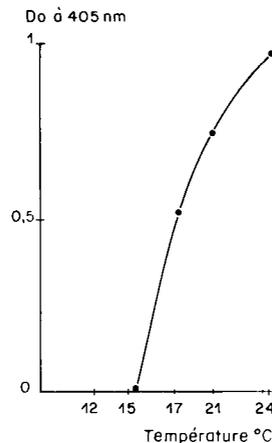


Figure 3  
Migration du VMMD<sub>B</sub> en fonction de la température. La détection du virus en ELISA est effectuée dans la 3<sup>e</sup> feuille, 21 j après inoculation. Pour chaque température 50 plantes sont analysées.  
VMMD<sub>B</sub> migration as a function of the time. Virus detection by ELISA in the 3rd leaf 21 days after inoculation. 50 plants are studied for each temperature.

TABLEAU 6

Détection en ELISA du VMMD<sub>B</sub> dans les différentes parties de feuilles inoculées dans leur portion distale  
Detection by ELISA of VMMD<sub>B</sub> in the different parts of leaves inoculated in their distal area

Parties de feuilles	DO
Distales (inoculées)	1,279
Médianes	0,087
Proximales	0,074
Plantes saines	0,085

Chaque échantillon est composé de 10 fractions foliaires (Les D.O. correspondent à la moyenne de deux répétitions).

## 2. Effet du temps de séjour à 15 °C sur l'infection systémique à 24 °C

Des plantes au stade 1 feuille sont inoculées à 15 °C, puis transférées à 24 °C toutes les 12 h pendant 6 j. La présence du virus est recherchée dans la 3<sup>e</sup> feuille. L'invasion de la plante n'est effective que si le séjour à 15 °C n'a pas dépassé 3 j avant le transfert à 24 °C (fig. 4, ligne 2). Un dosage du virus effectué chez la feuille inoculée indique qu'au bout de 3 j le cycle viral s'achève (fig. 4, ligne 1).

## 3. Effet de la longueur de séjour à 24 °C sur l'infection systémique à 15 °C

Nous avons utilisé l'expression des symptômes de mosaïque pour définir plus précisément le temps minimum de séjour à 24 °C nécessaire à la réalisation d'une infection systémique à 15 °C.

Des plantes inoculées à 24 °C au stade une feuille sont transférées à 15 °C toutes les 6 h. Un séjour de 36 h à 24 °C est nécessaire pour déterminer ultérieurement sur la 3<sup>e</sup> feuille de blé des symptômes de mosaïque (tabl. 7). Pour des séjours à 24 °C inférieurs à 36 h, une éventuelle infection systémique sans symptôme n'a pas été analysée.

## D) Facteurs de variation de la concentration virale dans la plante

### 1. Effet de la température sur la concentration du virus

#### a) Cycle viral dans la feuille inoculée

Des plantes sont infectées au stade une feuille à différentes températures (fig. 5). Des échantillons sont prélevés chaque jour et conservés à 4 °C. Un broyage des échantil-

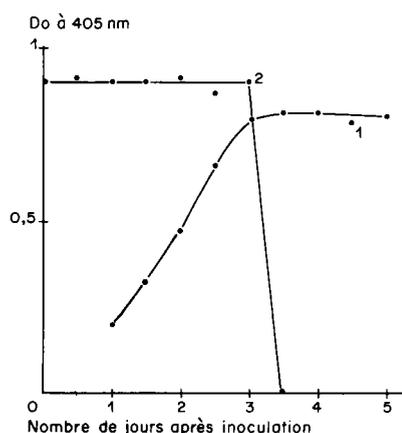


Figure 4  
Cinétique de la multiplication du VMMD<sub>B</sub> dans le blé (1<sup>re</sup> feuille) et sa généralisation dans la plante (3<sup>e</sup> feuille).

1 = Détection du virus dans la 1<sup>re</sup> feuille des plantes inoculées et maintenues à température constante (15 °C).  
2 = Détection du virus, 21 j après l'inoculation, dans la 3<sup>e</sup> feuille de plantes ayant subi des transferts échelonnés de 15 à 24 °C entre le 1<sup>er</sup> et le 4<sup>e</sup> j 1/2. (Pour les deux expériences, deux répétitions de 25 plantes ont été analysées pour chaque prélèvement.) La détection du virus est réalisée par la méthode ELISA.

VMMD<sub>B</sub> multiplication kinetics in wheat (1st leaf) and systemic infection in the plant.

1 = Virus detection in the 1st leaf of plants inoculated and kept at constant temperature (15 °C).

2 = Virus detection 21 days after inoculation in the 3rd leaf of plants which were subjected to various transfers from 15 to 24 °C between the 1st and the 4th and a half day. For both experiments two replicates of 24 plants were examined for each sampling. The virus is detected by ELISA method.

TABLEAU 7

Effet de la longueur du temps de séjour à 24 °C sur l'expression du symptôme de type mosaïque à 15 °C (20 plantes sont inoculées pour chaque temps de séjour)

Effect of time spent at 24 °C on the expression of mosaic symptom (20 plants have been inoculated for each period)

Temps de séjour à 24 °C (en h)	Nombre des plantes présentant des symptômes de mosaïque à 15 °C
6, 12, 18, 24 ou 30	0
36	17
42	20

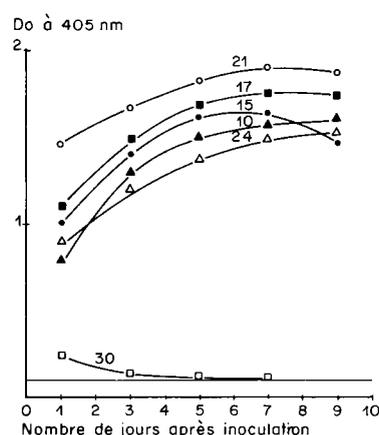


Figure 5

Effet de différentes températures constantes sur la multiplication du VMMD<sub>B</sub> dans la feuille inoculée de blé.

Pour les différents prélèvements, 50 feuilles par échantillon sont utilisées. La concentration virale est estimée par la méthode ELISA.

Effect of different constant temperatures on VMMD<sub>B</sub> multiplication in the inoculated wheat leaf.

20 leaves per sample are used. Virus concentration is determined by ELISA method.

lons ou leur conservation à congélation entraîne une dégradation partielle des particules virales. L'éventualité d'une répllication résiduelle du virus à 4 °C pendant la période de conservation des échantillons n'a pas été analysée. Les feuilles sont broyées au bout de 9 j dans le tampon ELISA (3 volumes/poids), l'extrait est ensuite dilué 10 fois avant d'être déposé dans les alvéoles des plaques de microtitration. Le dosage du virus montre que la concentration virale la plus élevée est obtenue à 21 °C, température pour laquelle l'infection est systémique.

#### b) Effet des transferts de température sur la concentration du virus dans les 3 premières feuilles de blé

Ayant observé l'importance des transferts de température sur l'expression des symptômes de mosaïque nous avons étudié l'effet de ce même paramètre sur la concentration virale. Pour cela les plantes ont été maintenues à 15 ou 24 °C puis transférées 1 ou 2 fois d'une température vers l'autre. Au bout de 21 j, le dosage du virus est effectué sur les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> feuilles. La figure 6 présente sous forme d'histogramme les concentrations virales pour les différentes situations dans lesquelles on a maintenu les plantes. Pour les situations 1, 2 et 3 le virus reste localisé à la feuille inoculée.

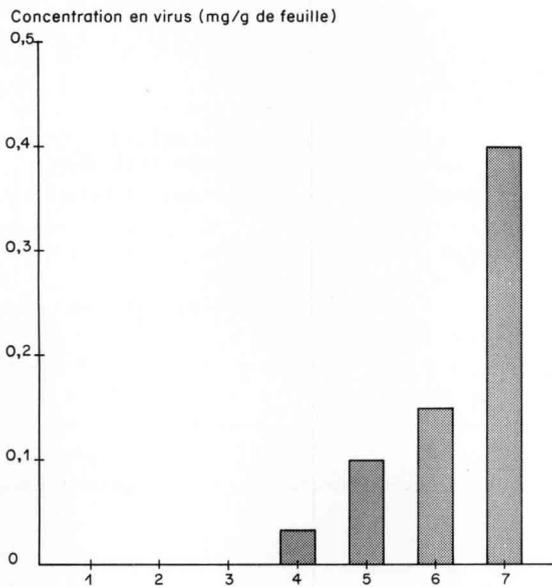


Figure 6

Concentration du VMMD<sub>B</sub> dans l'ensemble des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> feuilles de blé maintenues à différentes températures constantes ou variables (Dosage ELISA sur des échantillons de 50 plantes).

1 = 15 °C ; 2 = 15 °C, 4 j puis 24 °C, 17 j ; 3 = 15 °C, 6 j puis 24 °C, 15 j ; 4 = 24 °C ; 5 = 24 °C, 4 j puis 15 °C, 17 j ; 6 = 24 °C, 6 j puis 15 °C, 15 j ; 7 = 24 °C, 4 j puis 15 °C, 3 j puis 24 °C, 24 j.

VMMD<sub>B</sub> concentration in the whole 2nd and 3rd wheat leaves kept at different constant or variable temperatures (Determination of the virus concentration by ELISA method on 50 plants).

1 = 15 °C ; 2 = 15 °C, 4 days then 24 °C, 17 days ; 3 = 15 °C, 6 days then 24 °C, 15 days ; 4 = 24 °C ; 5 = 24 °C, 4 days then 15 °C, 17 days ; 6 = 24 °C, 6 days then 15 °C, 15 days ; 7 = 24 °C, 6 days then 15 °C, 3 days then 24 °C, 24 days.

Dans les situations 4 à 7 on observe l'invasion de la plante par le virus. La concentration virale est alors liée au nombre de changements de température que subit la plante. En particulier lorsque l'on effectue deux transferts (situation 7), la concentration en virus dans les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> feuilles atteint 0,4 mg/g de feuille.

## 2. Concentration virale dans les différents étages foliaires d'une plante à infection systémique

Des plantes, inoculées au stade une feuille, sont maintenues à 24 °C 3 j avant d'être transférées à 15 °C jusqu'au stade 8 feuilles. L'histogramme (fig. 7) indique les concentrations virales mesurées dans les différents étages foliaires. Ces dosages ont été effectués en 3 temps (1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> feuilles ; puis 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup>, 6<sup>e</sup> feuilles ; enfin 7<sup>e</sup>, 8<sup>e</sup> feuilles) en utilisant un marqueur commun de concentration virale. On observe un accroissement régulier de la concentration virale à partir du 3<sup>e</sup> étage foliaire.

## IV. DISCUSSION

Le VMMD<sub>B</sub> déterminé sur la feuille inoculée du blé « Etoile de Choisy » des symptômes nécrotiques dans une gamme limitée de température (10-17 °C). Au-delà de 17 °C seules des taches chlorotiques sont visibles. Celles-ci s'estompent aux températures supérieures à 26 °C. Cette dépendance des symptômes vis-à-vis de la température a été observée pour de nombreux systèmes hôtes virus en particulier pour les couples tabac-virus de la mosaïque du tabac (TMV) et haricot-virus du southern bean mosaic (SBMV) (KUNH & ADAMS, 1976) sans que le déterminisme en soit

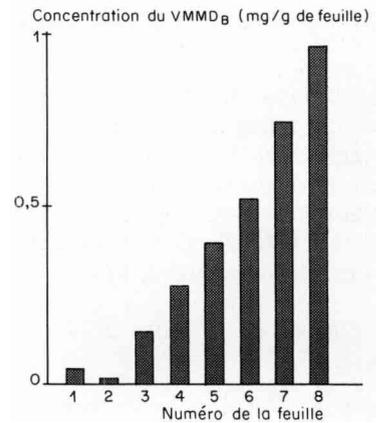


Figure 7

Mesure de la concentration du VMMD<sub>B</sub>, par la méthode ELISA, dans les différents étages foliaires du blé inoculé au stade 1 feuille et ayant subi un passage de 3 j à 24 °C (chaque échantillon est composé de 25 feuilles).

Determination of VMMD<sub>B</sub> concentration by ELISA method in different leaf levels of wheat which was inoculated at the one leaf stage. After a period of three days at 24 °C, the plants are kept 3 days at 24 °C (each sample is made of 25 leaves).

encore clair. Pour le VMMD<sub>B</sub> sur blé comme pour le TMV sur tabac (*Nicotiana tabacum* var. *xanthi* « nc »), l'induction des symptômes s'effectue dans un temps très court à basse température (environ 6 h) ; l'expression de la nécrose est ensuite possible à haute température après un temps équivalent à celui qui est nécessaire à basse température.

Après un séjour de 4 à 7 j à haute température, les transferts vers les basses températures agissent globalement de la même façon dans les 2 couples TMV-tabac, VMMD<sub>B</sub>-blé pour la feuille inoculée. Le retour à basse température s'accompagne du déclenchement de la nécrose dans des délais respectivement de 12 et 24 h pour le TMV (MARTIN, 1966) et le VMMD<sub>B</sub>. Pour ce dernier virus, ce délai s'allonge si la plante séjourne plus de 10 j à 24 °C.

Dans le cas du VMMD<sub>B</sub>, pour les températures encore plus élevées (29 °C), le retour à basse température ne modifie pas la chronologie décrite lorsque le séjour à haute température ne dépasse pas 2 j. Au-delà de ce délai, pratiquement tout le cycle est « réinitialisé » et s'achève par des symptômes nécrotiques.

Le comportement du couple VMMD<sub>B</sub>-blé se distingue fondamentalement du couple TMV-tabac sur deux points :

- contrairement à ce que l'on observe dans le cas du TMV sur tabac, un séjour de 3 j à basse température du blé infecté entraîne une localisation irréversible du virus ;

- un séjour de plus d'un jour à haute température du blé infecté entraîne une infection systémique irréversible.

Différentes hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer la localisation irréversible du virus 3 j après l'inoculation à basse température :

- La réaction de la plante entraîne une dénaturation du virus : cette hypothèse ne peut pas être retenue. Un dosage immunologique montre en effet qu'il n'y a pas de baisse de concentration des nucléoprotéines virales à ce stade de l'infection ; par ailleurs, il est possible de préparer un inoculum infectieux à partir de ce matériel végétal.

- L'induction, la synthèse ou encore l'activation d'un ou plusieurs facteurs responsables de la localisation s'effectue 3 j après le début du cycle viral. Cette phase, contrairement à la précédente, n'est pas thermosensible à 24 °C. La substance hypothétique responsable de la localisation pré-

TABLEAU 8

Effet de température basse (t°) et haute (T°) sur l'expression des symptômes pour trois systèmes hôte-virus  
Effect of low and high temperature on expression of symptoms for three host-virus systems

	Feuille inoculée		Feuille à infection systémique	
	A	B	C	D
	Accroissement du symptôme nécrotique à t° après séjour à T°	Temps à t° nécessaire à l'induction du symptôme nécrotique pour des plantes transférées ensuite à T°	Effet du transfert de T° vers t°	Symptôme à T°
SBMV-cs sur <i>Vigna unguiculata</i> var. « Clay » (KUHN & ADAMS, 1976)	+	50-60 h	Nécrose	0
TMV sur <i>Nicotiana tabacum xanthi-nc</i> (MARTIN, 1966)	+	6 h	Nécrose	Mosaïque
VMMD <sub>B</sub> sur <i>Triticum aestivum</i> (var. « Etoile de Choisy »)	+	6 h	Mosaïque	0

sente une faible diffusion dans la plante. En effet, on a pu montrer dans des expériences, non rapportées ici, qu'une surinfection 3 j après la 1<sup>re</sup> inoculation est possible. Aucun lien apparent ne peut être défini entre la localisation du virus et le phénomène d'hypersensibilité : 6 h à basse température suffisent pour induire le cycle aboutissant à l'expression de lésions nécrotiques quelle que soit la température entre 15 et 24 °C.

Si à 24 °C un seul jour suffit pour déterminer la systémicité définitive du virus, ce n'est qu'à basse température que les symptômes de mosaïque peuvent se manifester. Le retour à 24 °C entraîne une disparition progressive des symptômes de type mosaïque sur les nouveaux étages foliaires apparus. Deux mécanismes peuvent être proposés pour expliquer l'absence de mosaïque à 24 °C :

— On peut imaginer que le produit d'un gène viral est thermosensible ou que le niveau de réplication virale à cette température est insuffisant.

La température de 24 °C retenue dans ces essais est supraoptimale pour la multiplication virale (fig. 5).

— Chez la tomate le gène Tm-1 bloque l'expression de la mosaïque induite par le TMV souche tomate O et réduit la concentration virale dans la plante (FRASER et LOUGHLIN, 1980). L'activité à haute température d'un gène de ce type peut être envisagée chez le blé.

L'hypothèse d'une résistance de la plante à 24 °C n'est pas à exclure. Une étude en cours montre que certaines variétés de l'espèce *Triticum aestivum* permettent l'expression de la mosaïque à 24 °C.

Les infections par le TMV du *Nicotiana glutinosa* mon-

trient le rôle joué par l'épiderme dans la formation des lésions locales. Dans les zones foliaires dépourvues d'épiderme, l'infection virale ne détermine pas ou peu l'expression des lésions nécrotiques (KONTAXIS, 1961 ; YAMAGUCHI & SHIMOMURA, 1968). Lors de l'infection systématique de *Nicotiana tabacum* var. *xanthi-nc* on peut penser que les zones en réplication se nécrosent, après transfert à basse température, à partir du tissu épidermique par analogie au phénomène décrit pour la feuille inoculée. Chez le blé « Etoile de Choisy », un tel processus ne se manifeste pas lorsque l'on transfère les plantes de 24 °C vers 15 °C ou même 12 °C. Le séjour à 24 °C ou (et) l'infection systémique qui en découle ont modifié les relations hôte-virus sans que le mécanisme en soit très clair.

L'effet de la température pour quatre situations différentes et trois systèmes virus-hôte est proposé au tableau 8, sous forme d'un essai de synthèse. En effet les expériences réalisées pour ces trois systèmes ne sont pas parfaitement superposables.

On note la similitude de l'effet de la température dans la situation A pour ces trois systèmes. L'induction de la nécrose à basse température (situation B) est déclenchée plus tardivement pour le SBMV-cs que pour le TMV et le VMMD<sub>B</sub>. Dans la situation C, on peut au contraire rapprocher le SBMV-cs du TMV. Ces résultats soulignent la complexité des interactions hôte-virus et montrent la nécessité d'une approche biochimique pour en mieux comprendre les mécanismes.

Reçu le 5 novembre 1980.  
Accepté le 13 février 1981.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Fraser R. S. S., Loughlin S. A. R., 1980. Resistance to Tobacco Mosaic Virus in Tomato: Effects of the Tm-1 Gene on Virus multiplication. *J. gen. Virol.*, **48**, 87-96.
- Hariri Dj., Lapiere H., 1977. Le Virus de la Nécrose et Mosaïque du Dactyle (*Dactylis glomerata* L.). *Ann. Phytopathol.*, **9** (3), 281-286.
- Hariri Dj., Lapiere H., 1979a. Type de liaisons responsables de la stabilité d'un virus du groupe Phleum Mottle Virus. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **288**, 721-714.
- Hariri Dj., Lapiere H., 1979b. Etude de la concentration d'une souche de virus de la Mosaïque Modérée du Dactyle (VMMD<sub>B</sub>) dans le Dactyle (*Dactylis glomerata* L.) et le Blé (*Triticum aestivum* L.). *Ann. Phytopathol.*, **11** (2), 251-258.
- Huth W., 1968. Untersuchungen über ein neues Virus von *Dactylis glomerata*, Cocksfoot Mild Mosaic Virus, *Phytopathol. Z.*, **62**, 300-303.
- Kontaxis D. G., 1976. Movement of Tobacco Mosaic Virus through epidermis of *Nicotiana glutinosa* leaves. *Nature*, **192**, 581-582.
- Kuhn C. W., Adams D. B., 1976. Synthesis and movement of Southern Bean Mosaic Virus in Cowpea hosts with Virus-Induced Necrotic Local lesions. *Phytopathology*, **66**, 1298-1301.
- Martin C., 1966. Contribution à l'étude du phénomène d'hypersensibilité au virus de la Mosaïque du Tabac. *Bull. Soc. fr. Physiol. végét.*, **12**, 345-356.
- Paul H. L., Huth W., Querfuth G., 1974. Cocksfoot Mild Mosaic Virus-Phleum Mottle Virus: a comparison. *Intervirology*, **2**, 253-260.
- Voller A., Bartlett A., Bidwell D. E., Clark M. F., Adams A. N., 1976. The detection of viruses by Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). *J. gen. Virol.*, **33**, 165-167.
- Yamaguchi A., Shimomura T., 1968. Role of epidermis in necrotic lesion formation on leaves of *Nicotiana glutinosa* by Tobacco Mosaic Virus and its Nucleic Acid. *Acta phytopathol. Acad. Sci. Hungar.*, **3**, 293-300.