



**HAL**  
open science

# La stérilité mâle cytoplasmique chez *Vicia faba* L. I - Historique et hypothèses

Hervé Thiellement

► **To cite this version:**

Hervé Thiellement. La stérilité mâle cytoplasmique chez *Vicia faba* L. I - Historique et hypothèses. Annales de l'Amélioration des Plantes, 1977, 27 (2), pp.203-209. hal-02730327

**HAL Id: hal-02730327**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02730327>**

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.

## La stérilité mâle cytoplasmique chez *Vicia faba* L.

### I. — Historique et hypothèses

H. THIELLEMENT

Laboratoire d'Amélioration des Plantes, Université de Paris-Sud-Orsay, Bât. 360,  
91405 Orsay Cédex

#### Résumé

Les particularités de la stérilité mâle cytoplasmique de la Féverole (et du Mil) peuvent être rapprochées des phénomènes cytoplasmiques observés dans les genres *Drosophila* et *Paramecium*. Une interprétation en termes d'équilibre entre 2 types de cytoplasmones est proposée. Parmi les hypothèses de travail avancées, le génotype du mainteneur, la transmission par le pollen et l'hétérogénéité de la lignée femelle, l'accent est mis sur la variabilité cytoplasmique probable de la lignée mâle-stérile. On peut, de ce fait, envisager une sélection de type somatique ou maternelle pour aboutir à un cytoplasme stable.

#### I. — Historique

##### 1. — Introduction

L'exploitation du potentiel agronomique de la Féverole (*Vicia faba* L.) ne peut se réaliser qu'à travers l'utilisation de l'hétérosis.

La stérilité mâle cytoplasmique découverte chez cette espèce par BOND (1966) rendait possible l'obtention en quantité commercialisable de semences hybrides de première génération. Malheureusement cette source d'andro-stérilité, comme d'ailleurs la seconde trouvée par BERTHELEM quelques années plus tard, s'est révélée inutilisable en sélection à cause de son « instabilité ».

Les cas d'« instabilité » de la stérilité mâle cytoplasmique, c'est-à-dire l'apparition de plantes ou de secteurs de phénotype fertiles dans la descendance du croisement mâle-stérile par mainteneur ont été signalés chez un certain nombre d'espèces d'intérêt agronomique. Outre la Féverole, on peut citer le Mil pénicillaire

(SEQUIER, 1971; CLEMENT, 1975), le Maïs sur cytoplasme U.S.D.A. (SINGH et LAUGHNAN, 1972) et récemment le Tournesol (LECLERCQ; VEAR).

Chez le Maïs et chez le Tournesol, on a pu montrer qu'une partie au moins des plantes fertiles observées, alors que l'on attend une descendance entièrement stérile, résulte de l'apparition d'un gène de restauration (chez le Maïs, mutation  $r/3 \rightarrow R/3$ , LAUGHNAN et GABAY, 1975).

Par contre, chez le Mil et la Féverole, les plantes ou les secteurs fertiles constatés se comportent comme des mainteneurs de stérilité. Dans ce cas le changement de phénotype de stérile vers fertile pourrait résulter d'une modification cytoplasmique.

## 2. — Particularités

Chez la Féverole, comme d'ailleurs chez le Mil (*Pennisetum typhoides*), on connaît au moins deux constitutions cytoplasmiques conférant la stérilité mâle (on les distingue par les gènes de restauration de la fertilité). Ils se comportent de la même façon :

1) le taux de retour à la fertilité varie selon le génotype du mainteneur (BERTHELEM, 1970; PICARD (J.), 1972, sur la Féverole; CLEMENT, 1975, sur le Mil);

2) le retour à la fertilité peut avoir lieu au sein d'une plante stérile (BOND *et al.*, 1966);

3) chez la Féverole, la stérilité mâle cytoplasmique présente une autre particularité : la restauration permanente. La  $F_1$  du croisement mâle-stérile par restaurateur, autofécondée, ne donne que des plantes fertiles alors que l'on attend environ un quart de stériles (1 gène majeur de restauration). Dans cette descendance fertile on retrouve des mainteneurs, ce qui différencie cette restauration permanente d'une restauration gamétophytique (cytoplasme U.S.D.A. du Maïs). Dans ce cas tout se passe comme si le cytoplasme stérile, une fois mis au contact avec le (s) gène (s) de restauration, était redevenu fertile.

## 3. — Interprétations

CLEMENT (1975) qui étudie la stérilité mâle cytoplasmique du Mil, interprète ces phénomènes d'instabilité phénotypique en termes de mutations de cytoplasmes (génomes cytoplasmiques). Le taux de mutation variable selon le génotype résulterait de l'existence d'un gène mutateur à pénétrance variable. C'est-à-dire que ce gène, qui provoque la mutation du cytoplasme de stérile vers fertile, s'exprimerait différenciellement selon le contexte génétique.

On pourrait interpréter ces phénomènes en termes de modifications d'équilibres cytoplasmiques.

Considérons l'hypothèse du support mitochondrial de la stérilité mâle cytoplasmique, émise pour la première fois par RHOADES (1943) puis reprise et développée notamment par BERVILLÉ et DEMARLY (1970). Cette hypothèse a été récemment confortée par la mise en évidence par LEVINGS et PRING (1976) de différences

LA  
dans la struc  
Texas (mâle-s  
des populatio  
stériles instab  
le type condu  
à la stérilité  
si en général  
une ségrégati  
Et les cellule  
plante seront  
également de  
semi-stériles.

En consi  
(ATANASOFF,  
particules vi  
admettre d'u  
et que, d'autr  
lité du phénc

Récemm  
des plantes e  
(C.S.B. : Cyt  
ne peuvent a  
d'une conséc

Chez *Dr*  
stérilité fem  
de croisement  
« Réacteur »  
la ressembla  
montré (BU  
sément (les fé  
au cours des  
(BUCHETON,  
cules cytopl

Chez *Pa*  
chondries po  
ou à l'érythr  
et BEISSON,  
génomme d'un  
disparaître;  
(SAINARD *e*  
patible peut  
cellulaires.

dans la structure du D.N.A. mitochondrial entre Maïs de cytoplasme normal et Texas (mâle-stérile). En reprenant les idées de DEMARLY (1974), sur la pluralité des populations mitochondriales, on peut concevoir qu'au sein des plantes mâle-stériles instables, coexistent deux types d'organites. Nous appellerons « compatible » le type conduisant à la viabilité du pollen et « incompatible » le type conduisant à la stérilité mâle. Les plantes mâle-stériles instables sont alors des plantes où, si en général le type « incompatible » prédomine, il arrive qu'au cours des mitoses une ségrégation somatique occasionne une nouvelle répartition des deux types. Et les cellules filles qui vont être à l'origine d'un rameau ou d'un secteur de la plante seront constituées par le type « compatible ». Ceci permet de rendre compte également des plantes ou rameaux de phénotype intermédiaire, semi-fertiles ou semi-stériles.

En considérant l'hypothèse du support viral de la stérilité mâle cytoplasmique (ATANASOFF, 1971), on pourrait concevoir de la même façon une ségrégation de particules virales entraînant l'apparition de secteurs guéris. Il faudrait alors admettre d'une part qu'il peut y avoir guérison spontanée au sein d'une plante et que, d'autre part, le virus ne peut plus réinvestir les secteurs guéris (irréversibilité du phénomène) ni se transmettre par greffe (BOND *et al.*, 1966).

Récemment, EDWARDSON *et al.*, (1976) ont mis en évidence dans les cellules des plantes et des talles stériles de Féverole, des corps sphériques cytoplasmiques (C.S.B. : Cytoplasmic Spherical Bodies) d'apparence virale. Les auteurs eux-mêmes ne peuvent affirmer s'il s'agit là des agents viraux, causes de la stérilité mâle, ou d'une conséquence d'un état cytoplasmique particulier.

## II. — Analogies

Chez *Drosophila melanogaster*, PICARD G. (1971) a mis en évidence un cas de stérilité femelle à déterminisme cytoplasmique. Ce phénomène, apparu au cours de croisements entre souches, dépend à la fois de facteurs cytoplasmiques (facteurs « Réacteur ») et de facteurs liés au génome nucléaire (facteurs « Inducteur »). Outre la ressemblance avec la stérilité mâle cytoplasmique chez les végétaux, l'étude a montré (BUCHETON et PICARD G., 1975) que les modifications induites par le vieillissement (les femelles âgées sont plus fertiles) se maintiennent, bien qu'en s'atténuant, au cours des générations. On peut penser, en reprenant l'hypothèse des auteurs (BUCHETON, 1973), qu'il y a eu une sorte de dérive au sein de populations de particules cytoplasmiques.

Chez *Paramecium aurelia*, si l'on injecte dans une souche sauvage des mitochondries porteuses de mutations, par exemple de résistance au chloramphénicol ou à l'érythromycine, ces dernières vont progressivement être éliminées (ADOUTTE et BEISSON, 1972). Inversement, des mitochondries sauvages au contact d'un génome d'un type donné (porteur de la mutation  $cl-1/cl-1$ ) vont progressivement disparaître; seul subsistera le type mitochondrial compatible avec cette mutation (SAINARD *et al.* 1974). La vitesse d'élimination du type mitochondrial incompatible peut varier entre une dizaine et quelques centaines de générations cellulaires.

### III. — Hypothèses explicatives

Pour tenter d'expliquer les trois particularités de la stérilité mâle cytoplasmique de la Féverole (instabilité phénotypique, reversion somatique, restauration permanente) trois types d'hypothèses peuvent être avancées.

#### 1. — *Le génotype du mainteneur*

On peut penser qu'au cours des rétrocroisements effectués pour introduire des lignées d'intérêt agronomiques dans le cytoplasme mâle-stérile, on amène à l'état homozygote des gènes mineurs récessifs de restauration, ce qui pourrait expliquer qu'une fraction de la descendance retourne à l'état fertile.

Cette hypothèse ne rend pas compte des reversions somatiques ou alors il faut admettre, comme pour le modèle de CLEMENT d'un gène mutateur, que ces gènes peuvent se manifester au cours du développement de la plante.

BERTHELEM (1970) a superposé au programme de conversion des lignées d'intérêt agronomique en mâle stérile, la sélection généalogique du parent mâle. On aurait du, dans ce cadre, trouver les arrangements géniques favorables à l'expression de la stérilité mâle, écarter les allèles responsables de la reversion phénotypique, ou le gène mutateur.

#### 2. — *La transmission par le pollen*

On peut imaginer qu'à chaque rétrocroisement de la lignée mâle stérile par le mainteneur, ce dernier amène une fraction de son cytoplasme par le tube pollinique. Les cytoplasmes « compatibles » ainsi introduits se multiplieraient plus ou moins vite selon le contexte génétique. Un phénomène de ce type concernant les chloroplastes (plastidomes) est décrit chez *Pelargonium* (TILNEY-BASSET, 1963, 1965, 1970). Ce type d'explication pourrait rendre compte de l'hétérogénéité cytoplasmique et de la restauration permanente. Le restaurateur se définirait comme une plante qui fait passer systématiquement ses cytoplasmes « compatibles », que la moitié mâle du génome (ou le noyau hybride) sélectionne rapidement en quelques dizaines ou centaines de divisions cellulaires. Les mainteneurs seraient alors caractérisés par leur moindre aptitude à transmettre leurs cytoplasmes et / ou à les sélectionner. Mais cette distinction restaurateur-mainteneur est compliquée par le fait que chez la Féverole (comme d'ailleurs chez le Mil) on connaît au moins deux constitutions cytoplasmiques stériles. Et une même lignée mâle, porteuse de cytoplasmes compatibles (et du génome sélectif correspondant) peut restaurer un cytoplasme et maintenir l'autre.

#### 3. — *L'hétérogénéité de la lignée femelle*

On trouve entre les plantes d'une même lignée mâle-stérile cytoplasmique instable, comme entre les tiges d'une même plante, une grande variabilité au niveau de l'expression de la stérilité mâle. Que l'on examine le taux d'autoféconda-

tion sur les cha  
des étamines  
plante ou un s  
grains de polle  
fertile (grenais  
peut alors se f  
les plantes pos  
tions variables  
permet de rend  
de la restaura  
concevoir qu'a  
de milieu, et s  
du noyau puis

### IV. — I

Les phéno  
conséquence é  
En effet, on ré  
graines issues  
implique 4 à  
lignée mâle-st  
du rendement  
sible. Les hyp  
agronomique.  
cytoplasmique

Une expé  
trative. Au S  
chandelles les  
successives à  
reste encore c  
suffisamment  
envisager un

Sur la Fé  
approche simi  
LEMENT, 1975  
lité est le moi  
on espère app  
« compatibles

Reste po  
plante mâle-  
l'efficacité de

Soit l'hé  
BOND (cytopl  
et a été de

tion sur les chandelles de Mil ou la structure du pollen par observation cytologique des étamines de Féverole, on trouve tous les intermédiaires possibles entre une plante ou un secteur entièrement stérile (0 grains en autofécondation, tous les grains de pollen vides de cytoplasme) et une plante ou un secteur entièrement fertile (grenaison abondante en autofécondation, pollen normal). L'hypothèse peut alors se formuler ainsi : dans une lignée mâle-stérile cytoplasmique instable, les plantes possèdent deux types de cytoplasmes (de chondriomes?) en proportions variables. Le génome nucléaire intervient comme un agent sélectif. Ceci permet de rendre compte du taux de retour à la fertilité, variable selon le génotype, de la restauration permanente et de la réversion somatique. En effet, on peut concevoir qu'au cours de la morphogenèse de la plante, en fonction des conditions de milieu, et suivant les mécanismes de répression/dérépression, le rôle sélectif du noyau puisse varier.

#### IV. — Incidences agronomiques, application et vérification

Les phénomènes d'« instabilité », tels qu'ils sont décrits plus haut, ont pour conséquence évidente l'impossibilité d'obtenir une population entièrement hybride. En effet, on récolte sur la lignée femelle une fraction plus ou moins importante de graines issues d'autofécondations. Le faible pouvoir de multiplication de la Féverole implique 4 à 5 générations de multiplication en champ, sans tri possible, de la lignée mâle-stérile. Les retours à la fertilité pollinique entraînent une telle chute du rendement attendu du lot hybride que l'exploitation commerciale en est impossible. Les hypothèses proposées permettent d'envisager une solution à ce problème agronomique. Elle consisterait en une sélection à l'intérieur de la variabilité cytoplasmique probable d'une lignée mâle-stérile.

Une expérience entreprise par SEQUIER (1975) sur le Mil est à cet égard démonstrative. Au Sénégal, en retenant sur la lignée Tift. 239 d<sub>2</sub>A<sub>2</sub> (mâle-stérile) les chandelles les moins stériles et en les autofécondant, on arrive par autofécondations successives à accroître significativement la fertilité des plantes. Néanmoins, il reste encore chez ces plantes « presque fertiles », après 3 cycles d'autofécondation, suffisamment de variabilité entre les chandelles (entre les tiges) pour qu'on puisse envisager une démarche inverse, vers la stérilité.

Sur la Féverole, où le problème agronomique est plus aigu, on envisage une approche similaire. En multipliant par voie végétative (AUBRY *et al.*, 1975; THIELLEMENT, 1975) et / ou par voie sexuée, les secteurs où le taux de retour à la fertilité est le moins fréquent, ou bien les plantes où la stérilité mâle est la plus complète, on espère appauvrir progressivement (ou brutalement) la plante en cytoplasmes « compatibles ».

Reste posé le problème de l'origine de l'hétérogénéité cytoplasmique d'une plante mâle-stérile « instable », la fréquence de ce phénomène conditionnant l'efficacité de la sélection somatique ou maternelle.

Soit l'hétérogénéité préexistait dans les deux plantes retenues, l'une par BOND (cytoplasme anglais dit « 447 »), l'autre par BERTHELEM (cytoplasme « 350 »), et a été depuis entretenue au cours des programmes de conversion.

Soit l'hétérogénéité cytoplasmique est due à une mutation (réverse « incompatible » → « compatible ») ou au passage par le pollen d'éléments « compatibles ». Dans ce cas, la sélection pour le mainteneur doit avoir prise sur le phénomène, le taux de mutation ou de transmission étant lié au génotype du parent récurrent.

### Conclusion

En retenant l'interprétation de la stérilité mâle cytoplasmique chez la Féverole en termes de modifications d'équilibre de populations de cytoplasmes, et pour rendre compte des trois particularités (instabilité phénotypique, réversion somatique, restauration permanente), le génome nucléaire est considéré comme un agent sélectif. Il s'ensuit que la sélection généalogique pour le mainteneur qui a pu être entreprise, constitue une phase indispensable. Il semble néanmoins qu'une lignée mâle-stérile instable est hétérogène du point de vue cytoplasmique. En conséquence, une sélection à l'intérieur de la variabilité existante entre les plantes (ou entre les différents secteurs d'une même plante) doit permettre de progresser vers la stabilisation du cytoplasme mâle-stérile.

Reçu pour publication en mai 1976.

### Remerciements

Je tiens à remercier MM. A. BERVILLÉ et J. SEQUIER pour de fructueuses discussions et MM. Y. DEMARLY, P. DOMMERGUES, G. PELLETIER et M<sup>lle</sup> F. VEAR qui ont contribué par leurs critiques constructives à l'élaboration de cette note.

### Summary

#### *Cytoplasmic male-sterility in Vicia faba L.*

##### I. — *Historical and hypothetical aspects*

Instability of cytoplasmic male-sterility in field bean (*Vicia Faba L.*) is described. The particularities observed in cytoplasmic phenomena in *Drosophila* and *Paramecium* may provide useful comparisons. An interpretation in terms of equilibrium between cytoplasmic populations is presented. Among the proposed hypothesis, accent is put on cytoplasmic heterogeneity of the male-sterile line. A somatic or maternal type of selection may, in this case, provide the stability of the male-sterile cytoplasm.

### Références bibliographiques

- ADOUTTE A., BEISSON J., 1972. Evolution of mixed populations of genetically different mitochondria. *Nature*, **235**, 393.  
 ATANASOFF D., 1971. The viral nature of cytoplasmic male sterility in plants. *Phytopathol. Z.*, **70**, 306-322.  
 AUBRY A.-M., DUTUIT P., THIELLEMENT H., BERVILLÉ A., 1975. Propagation végétative de la Féverole (*Vicia faba*) à partir de fragments de tiges. *Ann. Amélior. Plantes*, **25**, 225-229.  
 BERTHELEM P., 1970. *Rapport d'activité de la Station de Rennes, I.N.R.A.*, 1968-1970.

LA S  
 BERVILLÉ A., DE  
*La stérilité mâ*  
 BOND D.-A., FYE  
 sterility with  
 BUCHETON A., 19  
*phila melanoga*  
*C. R. Acad. Sc*  
 BUCHETON A. et  
 l'âge sur un pl  
*Paris*, série D  
 CLEMENT W. M.,  
*typhoides. Gen*  
 DEMARLY Y., 19  
**29**, 9, 871-891  
 EDWARDSON J.-I.  
*Vicia Faba L.*  
 LAUGHANAN J.-R.  
 in S male steri  
 LECLERCQ P. (no  
 LEVINGS III C. S.  
 DNA form no  
 PICARD J., 1972.  
 PICARD G., 1971.  
 mis maternell  
 RHOADES M.-M.  
*Sci, U.S.A.*,  
 SAINSAARD A., C  
 function of m  
 SEQUIER J., 19  
 SEQUIER J., 197  
*penicillaire. T*  
 SINGH A. and L  
**71**, 607-620.  
 THIELLEMENT H  
*par bouturage*  
 Université de  
 TILNEY-BASSET  
*Heredity*, **18**,  
 VEAR F. (non

- BERVILLÉ A., DEMARLY Y., 1970. La stérilité mâle cytoplasmique chez les Végétaux. *Eucarpia. La stérilité mâle chez les plantes horticoles*. Versailles, 147-161.
- BOND D.-A., FYFE J.-L., TOYNBEE-CLARKE G., 1966. Male-sterility in field beans III — Male-sterility with a cytoplasmic type of inheritance. *J. agric. Sci.*, **66**, 359-367.
- BUCHETON A., 1973. Contribution à l'étude de la stérilité femelle non mendélienne chez *Drosophila melanogaster*. Transmission héréditaire des degrés d'efficacité du facteur « réacteur ». *C. R. Acad. Sci. Paris*, série D, **276**, 641-644.
- BUCHETON A. et PICARD G., 1975. Mise en évidence d'une influence partiellement héritable de l'âge sur un phénomène de stérilité femelle à déterminisme non mendélien. *C.R. Acad. Sci. Paris*, série D, **281**, 1 035-1 038.
- CLEMENT W. M., 1975. Plasmon mutations in cytoplasmic male-sterile pearl millet, *Pennisetum typhoides*. *Genetics*, **79**, 583-588.
- DEMARLY Y., 1974. Quelques données nouvelles en amélioration des Plantes Agron. tropicale, **29**, 9, 871-891.
- EDWARDSON J.-R., BOND D.-A. and CHRISTIE R.-G., 1976. Cytoplasmic sterility factors in *Vicia Faba L.* III *Genetics*, **82**, 443-449.
- LAUGHNAN J.-R. and GABAY S.-J., 1973. Mutations leading to nuclear restoration of fertility in S male sterile cytoplasm in Maize. *Theor. appl. Genet.*, **43**, 109-116.
- LECLERCQ P. (non publié).
- LEVINGS III C. S. and PRING D.-R., 1976. Restriction endonuclease analysis of mitochondrial DNA form normal and Texas cytoplasmic male-sterile maize. *Science*, **193**, 158-160.
- PICARD J., 1972. *Rapport d'activité de la Station de Dijon. I.N.R.A.*, 1968-1972.
- PICARD G., 1971. Un cas de stérilité femelle chez *Drosophila melanogaster* lié à un agent transmis maternellement. *C.R. Acad. Sci. Paris*, série D, **272**, 2 484-2 487.
- RHOADES M.-M., 1943. Genic induction of inherited cytoplasmic difference. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, **29**, 327-329.
- SAINARD A., CLAISSE M., BALMEFREZOL M., 1974. A nuclear mutation affecting structure and function of mitochondria in *Paramecium Molec. gen. Genet.*, **130**, 113-125.
- SEQUIER J., 1971, 1972, 1973, 1974. *Rapports d'activité O.R.S.T.O.M.*
- SEQUIER J., 1975. *Étude de la stabilité de la stérilité mâle cytoplasmique chez la lignée de mil pénicillaire. Tifton 239 DA*. D.E.A. Université de Paris-Sud, Orsay, 18 p.
- SINGH A. and LAUGHNAN J.-R., 1972. Instability of S male-sterile cytoplasm in maize. *Genetics*, **71**, 607-620.
- THIELLEMENT H., 1975. *Sur la stérilité mâle cytoplasmique de la Féverole. Multiplication végétative par bouturage in vitro de mâles-stériles cytoplasmiques et de mâles fertiles isogéniques*. D.E.A. Université de Paris-Sud, Orsay, 36 p.
- TILNEY-BASSET R.A.E., 1963, 1965, 1970. Genetics and plastid physiology in *Pelargonium*. *Heredity*, **18**, 485-504, **20**, 451-466, **25**, 89-103.
- VEAR F. (non publié).