



HAL
open science

Action des basses températures nocturnes sur une collection variétale de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). I. Etude de la production de fruits et de la valeur fécondante du pollen

Brigitte B. Maisonneuve, J. Philouze

► **To cite this version:**

Brigitte B. Maisonneuve, J. Philouze. Action des basses températures nocturnes sur une collection variétale de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). I. Etude de la production de fruits et de la valeur fécondante du pollen. *Agronomie*, 1982, 2 (5), pp.443-452. hal-02716849

HAL Id: hal-02716849

<https://hal.inrae.fr/hal-02716849>

Submitted on 1 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.

Action des basses températures nocturnes sur une collection variétale de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

I. - Etude de la production de fruits et de la valeur fécondante du pollen

Brigitte MAISONNEUVE & Jacqueline PHILOUZE

avec la collaboration technique de Maguy MILESI

I.N.R.A., Station d'Amélioration des Plantes maraîchères, Centre de Recherches agronomiques d'Avignon, BP 94, F 84140 Montfavet.

RÉSUMÉ

Serre de printemps non chauffée,
Rendement,
Poids moyen des fruits,
Quantité de graines,
Lycopersicon esculentum.

Une collection de 55 variétés de tomate a été observée en culture de printemps (plantation à la mi-février) en serre en verre non chauffée, en 1976 et/ou en 1977. Les températures nocturnes ont été inférieures à 10 °C pendant plusieurs semaines, les températures diurnes dépassaient le plus souvent 20 °C du fait d'un ensoleillement satisfaisant en général.

L'étude globale des rendements et des poids moyens des fruits a permis de préciser quelques points déjà connus. Les différentes variétés réagissent de façon différente aux basses températures. La vibration des inflorescences améliore fortement la production de fruits et leur contenu en graines chez la plupart des variétés.

L'étude de la quantité de graines produites en pollinisant les fleurs d'une variété femelle, cultivée en serre chauffée, par le pollen de chacune des 45 variétés cultivées en serre non chauffée en 1976, a permis de classer ces variétés d'après la valeur fécondante de leur pollen produit au froid. Une étude similaire, effectuée de manière plus approfondie en 1977 avec 2 variétés seulement, a permis de vérifier que le froid affecte la formation du pollen environ 2 semaines avant l'anthèse.

La comparaison de 2 hybrides F₁ avec leurs lignées parentales a montré qu'il y a hétérosis ou dominance au niveau du rendement, hétérosis au niveau du contenu des fruits en graines et hétérosis au niveau de la valeur fécondante du pollen formé au froid.

SUMMARY

Unheated spring greenhouse,
Yield,
Average fruit weight,
Seed quantity,
Lycopersicon esculentum.

Effect of low night temperatures on a varietal collection of tomato (Lycopersicon esculentum Mill).
I. - Study of fruit production and fertilization ability of pollen

A collection of 55 tomato cultivars was observed during spring cultivation (mid-February planting) in an unheated greenhouse in 1976 and/or 1977. Night temperatures were below 10 °C for several weeks, whereas daytime temperatures were in most cases above 20 °C owing to generally satisfactory sunlight levels.

An over-all study of yields and average fruit weights led to a more accurate definition of some results which were already known. The varieties reacted differently to low temperatures. Vibration of the inflorescences improved fruit production considerably and also seed content in most cultivars.

Seed production was examined following pollination of a female cultivar, grown in an heated greenhouse, with pollen from each of the 45 cultivars grown in an unheated greenhouse in 1976 ; this allowed the cultivars to be ranked for fertilization ability of pollen at low temperatures. A similar study, carried out in 1977 with only 2 cultivars, confirmed that low temperatures do affect the pollen formation about 2 weeks before anthesis.

Comparison of 2 F₁ hybrids with their parental lines showed that there is heterosis or dominance for yield, heterosis for seed content of the fruit and heterosis for the fertilization ability of pollen produced at low temperatures.

I. INTRODUCTION

Les températures nocturnes optimales préconisées pour la culture de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sous abris chauffés au printemps sont de 14° à 15 °C. La nécessité

de réduire la consommation d'énergie et celle d'améliorer la production de fruits, tant sur le plan quantitatif que qualitatif, en conditions de culture peu ou pas chauffée, nous ont incitées à étudier le comportement d'une collection variétale au printemps sous serre en verre non chauffée

pour rechercher des variétés peu sensibles aux basses températures nocturnes. Cette étude a été conduite en 1976 et 1977 (PHILOUZE & MAISONNEUVE, 1978 ; MAISONNEUVE, 1978).

On sait que les basses températures nocturnes agissent sur les 3 phases de la production des fruits : l'initiation des inflorescences et la formation des fleurs jusqu'à l'anthesis, la nouaison et la croissance du jeune fruit jusqu'à la maturité. Cependant, dans cette étude, nous n'aborderons que l'effet des basses températures sur la nouaison.

La nouaison est très sensible aux basses températures (SMITH, 1932 ; WARD, 1956 ; CHARLES & HARRIS, 1972). Chez les espèces à fruits charnus comme la tomate, l'ovaire arrête sa croissance à l'anthesis ; son grossissement ne reprend, chez les variétés non parthénocarpiques, que si les ovules sont fécondés (NITSCH, 1970). CHARLES & HARRIS (1972) ont étudié la fécondation de quelques lignées à 10,0 °C et à 18,3 °C ; le pollen développé à 10,0 °C n'est pas viable, tandis que l'utilisation de pollen formé à 18,3 °C pour féconder des ovules développés à 10,0 °C permet d'obtenir une bonne nouaison ; ces auteurs concluent au rôle prédominant du pollen dans la faible nouaison au froid. La pollinisation est souvent mauvaise à basses températures ; dans ce cas, la vibration des inflorescences l'améliore en favorisant la chute du pollen sur le stigmate. Les basses températures ralentissent aussi la germination du pollen et la croissance des tubes polliniques (SMITH & COCHRAN, 1935 ; DEMPSEY, 1969). Cependant, si le pollen germe 5 fois plus lentement à 10 °C qu'à 25 °C, le pourcentage final de germination est peu affecté à 10 °C (DEMPSEY, 1970).

Plusieurs auteurs ont signalé des différences variétales dans la sensibilité aux basses températures au niveau de la nouaison. Ainsi « Puck » (FRAZIER, 1951) peut nouer à des températures minimales moyennes inférieures à 12,8 °C. « Fireball », « Puck », « Valnorth », « Valiant », « Red Cloud », « Victor », « Farthest North » et quelques autres lignées peuvent nouer à températures nocturnes relativement basses (DAUBENY, 1961). « Immun Prior Beta » et « Narcarlang » ont un pourcentage de fruits noués supérieur à 50 p. 100 dans des expériences conduites par CURME (1962) en hiver, à une température nocturne de 7,2 °C. Parmi les variétés utilisées par les chercheurs canadiens pour transmettre une bonne aptitude à la nouaison, LYALL (1962) cite entre autres, « Meteor », « Rideau », « Immun Prior Beta », « Atom », « Fireball », « Narcarlang ». La variété « Earlinorth » est capable de nouer à des températures nocturnes de 4,4 °C (NONNECKE & KEMP, 1963). Enfin, la série des variétés « Sub Arctic » a été sélectionnée au Canada pour l'aptitude à nouer en été en régions nordiques (HARRIS, 1976).

Certaines variétés, signalées pour leur bonne nouaison au froid, présentent aussi une bonne nouaison quand la température nocturne est élevée ; c'est le cas de « Narcarlang », originaire des Philippines (SCHAIBLE, 1962), et de variétés canadiennes telles que « Coldset », « Early Alberta », « Early Lethbridge », « Earlinorth », « Swift » (YOUNG, 1963). ROBINSON *et al.* (1966) ont suggéré que les mêmes gènes pourraient être en jeu pour l'aptitude à nouer à températures basses ou à températures élevées.

De nombreux auteurs ont souligné l'avantage des hybrides F₁ par rapport à leurs lignées parentales ; l'expérience courante met en évidence que cette supériorité des hybrides est d'autant plus nette que les conditions de nouaison sont plus difficiles.

Les essais présentés ici, conduits 2 années consécutives, ont permis d'étudier 55 variétés en serre froide. Les températures froides n'ont été appliquées qu'après la plantation ;

nous considérons en effet que l'élevage du plant, du semis à la plantation, peut être effectué à des coûts non prohibitifs dans des conditions optimales de températures. Nous avons étudié globalement les rendements et les poids moyens des fruits des variétés en collection ; la fertilité des gamètes mâles formés au froid a été estimée d'après leur valeur fécondante.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. Matériel végétal

Cette étude rassemblait 55 variétés, le terme « variété » étant utilisé ici dans son sens large et pouvant désigner aussi bien une variété-lignée qu'une variété-hybride. Notre choix a été motivé par les renseignements donnés dans la littérature sur le comportement des différentes variétés en conditions difficiles de température ou par la connaissance des conditions rigoureuses dans lesquelles certaines sont cultivées. La collection comprenait 16 lignées sélectionnées au Canada, 10 lignées sélectionnées aux Etats-Unis, 4 lignées et 2 hybrides d'Europe du Nord, 3 lignées et 1 hybride soviétiques, 4 lignées d'Europe centrale, 1 lignée israélienne ainsi que 7 lignées et 7 hybrides sélectionnés en France. Parmi les hybrides F₁ sélectionnés en France, 2 d'entre eux ont été comparés à leurs lignées parentales (« Montfavet n° 63-4 » = « Porphyre » × « Apéca » ; « Montfavet n° 63-5 » = « Porphyre » × « Apédec »).

B. Méthodes

1. Conditions expérimentales

a) Techniques culturales

Deux cultures de printemps ont été implantées sous serre en verre non chauffée, en 1976 et en 1977. L'élevage du plant a été effectué en conditions de température normale selon le calendrier suivant :

— semis fin décembre (23/12/75 et 22/12/76) (température minimale 18 °C) ;

— prémunition contre le virus de la mosaïque du tabac quelques jours avant le repiquage ;

— repiquage à la mi-janvier, en serre chauffée (température minimale 15 °C).

Les plantations ont été faites vers la mi-février (12/2/76 et 10/2/77) en pleine terre dans une serre en verre dont le chauffage a été arrêté 1 à 2 jours après la mise en place des plantes ; celles-ci ont donc été installées en sol chaud. La densité de plantation était de 2,86 plantes au m² en 1976 et 3,17 plantes au m² en 1977.

b) Rythme des températures en serre froide

La serre était équipée d'un chauffage antigel qui fonctionnait quand la température était inférieure à 3 °C. Les aérations s'ouvraient automatiquement à 20 °C.

Les plantes ont subi des températures très fluctuantes (fig. 1). En 1976, les minima sont descendus en-dessous de 7 °C entre le 20 février et le 25 mars ; puis la température est remontée pour atteindre à partir du 2 mai un niveau proche de celui actuellement préconisé sous serres (minima supérieurs à 12 °C). En 1977, l'évolution des températures a

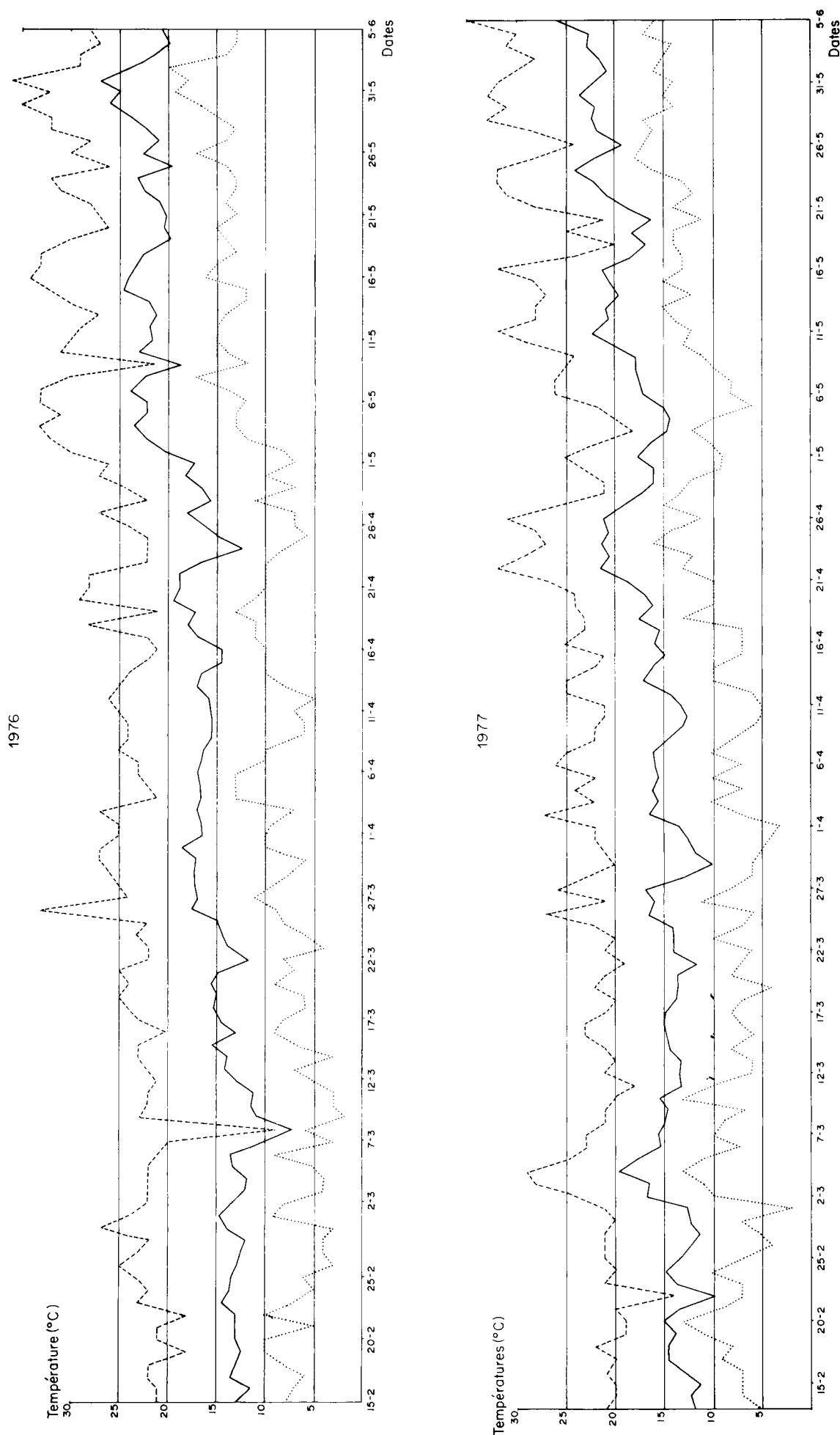


Figure 1
 Evolution des températures journalières en serre de printemps non chauffée, en 1976 et 1977.
 - - - - - températures maximales journalières.
 ——— températures moyennes journalières (moyennes de 12 mesures relevées toutes les 2 heures).
 températures minimales journalières.

Daily temperatures in the unheated spring greenhouse, in 1976 and 1977.
 - - - - - maximum daily temperatures.
 ——— mean daily temperatures (means of 12 measures noted every 2 hours).
 minimum daily temperatures.

été beaucoup plus irrégulière, avec des périodes froides fin février et fin mars. Du fait du bon ensoleillement, les températures maximales ont atteint au moins 20 °C presque chaque jour dans nos serres de culture.

2. Mesures effectuées

a) Estimation globale des rendements et des poids moyens des fruits

En 1976 et en 1977, nous avons étudié les rendements et les poids moyens des fruits obtenus en serre froide, après 2 traitements :

— inflorescences vibrées : vibration brève (1 ou 2 s) avec un vibreur électrique, de toute inflorescence présentant une fleur épanouie ; ce traitement est effectué 3 fois par semaine ;

— inflorescences non vibrées.

En 1976, nous avons observé 2 répétitions de 1 plante avec vibration et de 4 plantes sans vibration pour 43 variétés et 1 répétition seulement pour « Atom » et « Stupické Polni Rané ». En 1977, nous avons observé 2 répétitions de 2 ou 3 plantes avec vibration et de 2 ou 3 plantes sans vibration, pour 31 variétés déjà étudiées en 1976, et 1 répétition seulement pour 10 variétés non encore étudiées. Les plantes ont été tuteurées, conduites sur une tige pour les variétés à croissance indéterminée, sur 1 ou 2 tiges pour celles à croissance déterminée, et taillées à 4 inflorescences.

D'autre part, en 1976, nous avons étudié plus précisément l'effet de la vibration sur des inflorescences pour lesquelles une majorité de fleurs a supporté des températures minimales basses 2 semaines avant l'anthèse ; il s'agit de la 1^{re} inflorescence de la majorité des variétés à croissance indéterminée et de la 2^e inflorescence pour 3 d'entre elles plus précoces (« Apédice », « Précoce » et « Stupické Polni Rané »), de la 1^{re} ou la 2^e inflorescence des variétés à croissance déterminée et de la 3^e inflorescence pour 4 d'entre elles plus précoces (« Atom », « Earlinorth », « Scotia », « Swift »). Pour les 45 variétés cultivées, nous avons comparé les poids moyens des fruits formés sur ces inflorescences ainsi que le poids des graines qu'ils contiennent pour chacun des 2 traitements (avec et sans vibration des inflorescences).

b) Estimation, d'après leur valeur fécondante, de la fertilité des gamètes mâles formés au froid

Une estimation de la valeur du pollen formé au froid est fournie par les résultats de la pollinisation, après castration, d'un même parent femelle, « Moneymaker », cultivé en pots en serre chauffée, par du pollen prélevé sur différentes variétés cultivées en serre froide. « Moneymaker » a été choisie comme parent femelle car cette variété forme des fruits réguliers à 2 loges.

En 1976, les 45 variétés cultivées en serre froide ont été étudiées ; les pollinisations ont été effectuées du 9 au 19 mars à raison de 2 à 22 fleurs (10,9 fleurs en moyenne) de « Moneymaker » par parent mâle. Tous les fruits formés, même très petits, ont été récoltés, les graines extraites et comptées. Le témoin est constitué par des fruits de « Moneymaker » obtenus après pollinisation avec du pollen de « Apédice » prélevé sur des plantes cultivées en serre chauffée.

Afin d'évaluer plus précisément, pour une même variété, l'influence de la température sur la valeur fécondante du pollen, nous avons effectué en 1977 des pollinisations de fleurs de « Moneymaker », par du pollen de 2 variétés,

« Montfavet n° 63-4 » et « Puck », cultivées en serre froide. Les pollinisations ont été faites à 11 reprises, du 4 mars au 8 avril, avec en moyenne 14 fruits de « Moneymaker » par date de pollinisation et par variété. Pour chaque date de pollinisation, les fruits obtenus ont été pesés, les graines extraites et comptées.

Un complément d'information sur la valeur du pollen formé au froid est donné par une étude du contenu en graines de fruits récoltés sur des inflorescences ayant subi l'action du froid ; nous avons comparé, en 1976 uniquement, des fruits issus d'autopollinisation après vibration des inflorescences et des fruits issus de pollinisation avec un pollen de bonne qualité formé en serre chauffée. Les fruits issus d'autopollinisation ont été récoltés sur des inflorescences dont une majorité de fleurs a supporté des températures froides avant l'anthèse. Les fruits issus de pollinisation croisée ont été obtenus par pollinisation, du 10 au 19 mars, de fleurs préalablement castrées de chacune des 45 variétés étudiées en serre froide, avec du pollen prélevé sur des plantes de « Apédice » élevées en pots en serre chauffée ; « Apédice » a été choisie pour son aptitude à produire du pollen en abondance. Ces pollinisations croisées ont été effectuées sur 2 répétitions (parfois 1 seule répétition) de 1 plante cultivée à cet effet. Les inflorescences ont été limitées à 8 fleurs maximum, avec en moyenne 3,7 fleurs par inflorescence. Les fruits obtenus ont été pesés, les graines extraites et pesées.

III. RÉSULTATS

A. Estimation globale des rendements et des poids moyens des fruits

1. Rendements par plante et poids moyens des fruits calculés sur l'ensemble des récoltes (tabl. 1)

Dans le tableau 1, nous présentons les résultats obtenus sur 4 inflorescences, avec ou sans vibration des inflorescences, pour les 55 variétés étudiées en 1976 et en 1977. Les chiffres n'ont qu'une valeur indicative, ils ont été obtenus sur des nombres de répétitions et de plantes variables. Ils illustrent cependant bien les potentialités de rendement des différentes variétés.

Parmi les 23 variétés produisant plus de 3 kg par plante (moyennes de 1976 et 1977) après vibration des inflorescences, figurent les 10 hybrides F₁ étudiés. Parmi les 9 meilleures variétés, nous trouvons 6 hybrides F₁ sélectionnés en France (« Juboline », « Luca », « Lucy », « Montfavet n° 63-4 », « Montfavet n° 63-5 », « Pyros ») et 1 en U.R.S.S. (« Virovskij Skorospelij ») ; les lignées « Pinkdeal » et « Wintermarmande » sont également très productives. La comparaison des résultats obtenus avec les 2 hybrides « Montfavet n° 63-4 » et « Montfavet n° 63-5 » et leurs lignées parentales met bien en évidence l'effet d'hétérosis ou de dominance au niveau du rendement.

Les résultats présentés dans le tableau 1 montrent l'amélioration très nette des rendements et des poids moyens des fruits à la suite de la vibration des inflorescences. Cependant, il y a des différences variétales très importantes dans la réponse à la vibration. Le gain moyen de rendement est supérieur à 50 p. 100 après vibration chez 14 variétés, compris entre 11 et 50 p. 100 chez 29 variétés. Cependant, pour 12 variétés, l'amélioration est nulle ou ne dépasse pas 10 p. 100.

TABLEAU 1

Rendements (kg par plante) et poids moyens des fruits (g) obtenus sur 4 inflorescences chez 55 variétés, avec et sans vibration des inflorescences.
Yields (kg per plant) and average fruit weights (g) harvested on 4 inflorescences of 55 cultivars, with or without vibration of the inflorescences.

Variétés	Type de croissance (¹)	1976				1977			
		Vibré		Non vibré		Vibré		Non vibré	
		Rendements (kg)	Poids fruits (g)	Rendements (kg)	Poids fruits (g)	Rendements (kg)	Poids fruits (g)	Rendements (kg)	Poids fruits (g)
Acc 55 VF	sp	2,56	190	1,53	92	1,58	131	1,56	85
Anabelle	sp	2,06	124	1,46	97	2,14	156	1,85	123
Apéca	sp	3,29	98	2,62	70	3,44	90	3,19	68
Apédice	+	3,18	81	2,51	57	3,49	72	3,08	52
Atom	sp	0,54	21	0,31	8	0,55	15	0,44	14
Break-O-Day	+	2,90	148	2,64	95	—	—	—	—
Clustermato	+	3,20	200	2,83	142	—	—	—	—
Coldset	sp	1,29	54	0,73	31	1,43	66	0,98	38
Earlicrop	sp	0,95	61	0,77	37	—	—	—	—
Earlinorth	sp	1,21	64	1,02	46	0,98	45	1,00	44
Early Sub Arctic	sp	—	—	—	—	0,60	19	0,57	17
Espalier	+	2,15	14	1,62	17	—	—	—	—
Fireball	sp	1,56	76	0,86	33	1,70	85	1,37	47
Highlander	sp	1,70	88	1,20	50	—	—	—	—
Hotset	+	3,86	114	3,03	74	3,25	91	1,92	48
Juboline (F ₁)	+	3,88	152	3,58	141	—	—	—	—
Leningradskij Skorospelij	+	—	—	—	—	3,06	135	3,38	127
Luca (F ₁)	sp	4,12	118	3,13	83	3,72	104	3,26	84
Lucy (F ₁)	+	5,14	139	4,32	107	4,90	125	4,58	105
Moneymaker	+	3,66	78	3,33	66	3,49	86	2,39	58
Montfavet n° 63-4 (F ₁)	sp	3,13	106	3,01	98	4,39	128	3,15	96
Montfavet n° 63-5 (F ₁)	+	4,12	133	3,71	102	4,30	108	3,24	90
Montfavet n° 63-18 (F ₁)	sp	3,53	131	2,41	88	3,57	132	2,50	73
N° 10	+	2,88	51	1,78	32	—	—	—	—
Pearl Harbor	sp	2,37	114	1,39	68	2,68	139	1,57	69
Pennheart	sp	2,09	187	1,60	115	—	—	—	—
Pinkdeal	+	4,69	181	2,63	109	3,27	153	2,34	97
Porphyre	sp	3,09	132	2,25	88	4,33	153	2,63	98
Potentate	+	3,25	90	2,36	54	2,84	71	1,89	47
Précoce	+	2,05	36	2,38	36	2,61	43	2,48	32
Primabel	sp	1,18	108	0,75	37	1,90	92	1,27	52
Puck	sp	1,35	47	0,99	39	1,63	54	1,37	55
Pyros (F ₁)	+	5,00	182	3,86	132	3,62	139	2,99	108
Revermun (F ₁)	+	3,22	92	2,99	69	3,91	103	2,92	62
Rocket	sp	1,32	35	0,90	20	1,52	42	1,62	36
Saint-Pierre	+	3,02	134	2,35	90	2,42	147	1,54	72
Scotia	sp	1,21	68	0,79	33	—	—	—	—
Severianin	sp	1,61	94	1,46	90	—	—	—	—
Sonato (F ₁)	+	—	—	—	—	3,65	75	2,27	48
Stupické Polni Rané	+	3,54	55	3,37	44	—	—	—	—
Sub Arctic Cherry	sp	—	—	—	—	0,08	14	0,10	8
Sub Arctic Maxi	sp	—	—	—	—	0,73	38	0,54	40
Sub Arctic Midi	sp	—	—	—	—	1,15	30	0,60	25
Sub Arctic Plenty	sp	—	—	—	—	1,21	26	0,95	15
Summertime	sp	—	—	—	—	1,34	58	0,69	30
Supermarmande	+	3,21	125	2,69	105	3,24	117	3,27	105
Swift	sp	1,23	82	0,70	44	1,55	104	1,09	62
Vantage	+	2,50	98	1,60	53	—	—	—	—
Veebrite	sp	1,18	91	0,95	59	—	—	—	—
Veeccrop	sp	2,34	124	1,34	64	2,05	120	1,52	80
Vendor	+	3,77	176	2,49	85	2,78	157	1,91	93
Virovskij Skorospelij (F ₁)	+	—	—	—	—	4,47	133	3,99	108
Vision	sp	0,87	47	1,09	37	—	—	—	—
Volgogradskij 5/95	+	—	—	—	—	2,81	161	1,75	129
Wintermarmande	+	4,74	110	4,37	110	3,82	115	3,47	79

Serre de printemps non chauffée, en 1976 et 1977.

Moyennes de 2 répétitions, parfois 1 seule répétition.

(¹) Type de croissance : indéterminée (+) ou déterminée (sp).

Unheated spring greenhouse, in 1976 and 1977.

Averages of 2 replicates, sometimes only 1 replicate.

(¹) Type of growth : indeterminate (+) or determinate (sp).

TABLEAU 2

Poids moyens des fruits (g) et quantités de graines par fruit. Etude de 45 variétés en serre de printemps, en 1976.

Average fruit weights (g) and weights or numbers of seeds per fruit. Study of 45 cultivars in an unheated spring greenhouse, in 1976.

Variétés	A. Fruits de chacune des 45 variétés						B. Fruits de (Moneymaker)	
	A1. Autopollinisation				A2. Pollinisation par « Apédice »		Nombre fruits récoltés	Nombre graines par fruit
	Poids des fruits (g)		Poids de graines par fruit (mg) (*)		Poids des fruits (g)	Poids graines par fruit (mg) (*)		
	Vibré	Non vibré	Vibré	Non vibré				
Ace 55 VF	155	70	238	5	135	134	2	6
Anabelle	65	70	41	2	310	400	8	3
Apéca	88	57	223	74	77	100	16	36
Apédice	66	40	106	32	77	62	22	27
Atom	12	8	12	0	22	14	8	1
Break-O-Day	52	48	11	1	115	208	4	20
Clustermato	124	55	105	18	157	224	6	14
Coldset	41	26	40	2	101	126	19	6
Earlicrop	41	35	26	10	48	98	2	12
Earlinorth	48	47	64	16	71	47	6	20
Espalier	17	11	86	35	19	70	3	6
Fireball	71	24	109	10	74	85	14	6
Highlander	60	34	41	1	100	150	18	8
Hotset	66	36	36	3	89	123	7	13
Juboline (F ₁)	144	75	339	71	89	100	7	16
Luca (F ₁)	118	73	254	93	104	138	20	34
Lucy (F ₁)	110	76	236	85	95	137	8	47
Moneymaker	62	24	163	12	96	157	12	19
Montfavet n° 63-4 (F ₁)	105	93	269	168	117	193	14	40
Montfavet n° 63-5 (F ₁)	102	67	229	88	102	154	13	48
Montfavet n° 63-18 (F ₁)	119	64	273	57	114	143	17	27
N° 10	45	23	99	28	53	83	14	19
Pearl Harbor	42	45	9	9	159	329	20	2
Pennheart	158	109	44	4	224	224	7	9
Pinkdeal	130	31	158	14	91	44	5	12
Porphyre	110	57	205	18	164	189	17	12
Potentate	64	28	197	29	102	253	5	32
Précoce	34	28	117	35	60	74	4	46
Primabel	78	32	119	11	123	198	17	11
Puck	43	38	165	82	74	229	14	21
Pyros (F ₁)	130	78	194	45	156	157	13	24
Revermun (F ₁)	65	33	104	13	121	190	5	29
Rocket	35	16	153	17	42	94	12	6
Saint-Pierre	70	43	124	18	142	228	10	13
Scotia	50	36	92	21	101	273	4	29
Severianin	88	90	0	0	106	ε	7	5
Stupické Polni Rané	53	45	72	18	67	35	5	44
Supermarmande	128	51	352	25	163	325	19	22
Swift	44	40	55	21	97	176	9	11
Vantage	55	28	59	1	106	114	7	15
Veebritc	39	45	21	4	87	63	9	5
Veecrop	72	53	77	7	169	343	8	3
Vendor	137	46	233	8	147	184	5	40
Vision	34	34	8	0	112	199	8	2
Wintermarmande	79	68	95	25	167	369	18	11

A. Fruits de chacune des 45 variétés récoltés en serre non chauffée, sur des inflorescences ayant subi l'action du froid peu avant l'anthèse (moyennes de 2 répétitions, parfois 1 seule répétition).

A1. Fruits issus d'autopollinisation après vibration et sans vibration des inflorescences.

A2. Fruits issus de pollinisation par du pollen de la variété « Apédice » cultivée en serre chauffée.

B. Fruits de « Moneymaker », récoltés en serre chauffée. Fruits issus de pollinisation par du pollen formé au froid de chacune des 45 variétés.

(*) Environ 250 à 300 graines par gramme de graines.

A. Fruit of each of the 45 cultivars harvested in an unheated greenhouse, on inflorescences exposed to low temperatures a little before anthesis (averages of 2 replicates, sometimes only 1 replicate).

A1. Fruit formed by self-pollination, with or without vibration of inflorescences.

A2. Fruit formed by pollination with pollen from the « Apédice » cultivar grown in a heated greenhouse.

B. Fruit of « Moneymaker », harvested in a heated greenhouse. Fruit formed by pollination with cold-formed pollen from each of the 45 cultivars.

(*) About 250 to 300 seeds per gram of seeds.

2. *Effet de la vibration sur le poids moyen des fruits et sur le poids des graines qu'ils contiennent, pour les fruits formés sur des inflorescences ayant subi l'action du froid avant l'anthèse (tabl. 2)*

La vibration augmente, dans la très grande majorité des cas, le poids moyen des fruits formés sur des inflorescences ayant subi l'action du froid avant l'anthèse. Pour ce qui est du poids de graines par fruit, nous observons un effet bénéfique de la vibration, qui est le plus souvent considérable, à 2 exceptions près : « Pearl Harbor », dont les fruits contiennent 9 mg de graines avec ou sans vibration, et « Severianin », dont les fruits ne renferment aucune graine quel que soit le traitement.

Notons l'effet d'hétérosis manifesté, dans chacun des 2 traitements au niveau du contenu en graines des fruits chez les 2 hybrides « Montfavet n° 63-4 » et « Montfavet n° 63-5 » ; cet effet est particulièrement marqué en l'absence de vibration avec, chez l'hybride, une quantité de graines supérieure au double de celle récoltée chez le meilleur parent.

B. Estimation, d'après leur valeur fécondante, de la fertilité des gamètes mâles formés au froid

1. *Quantités de graines obtenues dans des fruits de « Money-maker » issus de pollinisation par du pollen de différentes variétés (tabl. 2 et fig. 2)*

En 1976, le témoin (croisement avec du pollen de « Apédice » récolté en serre chauffée) a donné des fruits contenant en moyenne 51 graines (moyenne de 16 fruits). Pour 9 des 45 variétés étudiées (tabl. 2), les fruits de « Money-maker » obtenus après pollinisation avec du pollen

formé en serre froide contenaient entre 50 et 30 graines : « Apéca », « Luca », « Lucy », « Montfavet n° 63-4 », « Montfavet n° 63-5 », « Potentate », « Précoce », « Stupické Polni Rané », « Vendor ». Pour 22 variétés, nous avons obtenu entre 30 et 10 graines par fruit. Enfin, 14 variétés ont donné moins de 10 graines : « Ace 55 VF », « Anabelle », « Atom », « Coldset », « Espalier », « Fireball », « Highlander », « Pearl Harbor », « Pennheart », « Rocket », « Severianin », « Veebrite », « Veecrop », « Vision ». Notons l'effet d'hétérosis manifesté au niveau de la valeur fécondante du pollen chez les 2 hybrides « Montfavet n° 63-4 » et « Montfavet n° 63-5 ».

En 1977, l'étude sur une longue période de la valeur fécondante du pollen des 2 variétés « Montfavet n° 63-4 » et « Puck » montre la variation des résultats en fonction des dates de pollinisation (fig. 2). Comme en 1976 (tabl. 2), les fruits de « Money-maker » issus de pollinisation par du pollen formé au froid de « Montfavet n° 63-4 » contenaient plus de graines que ceux obtenus avec du pollen de « Puck ». Pour les 2 variétés, nous avons observé la même évolution en 1977, avec une baisse de la valeur fécondante du pollen à 3 dates : 11 mars, 25 mars et 1^{er} avril. L'étude des températures minimales, dans la période qui a précédé les pollinisations, suggère que ces résultats peuvent être mis en relation avec des minima faibles 13 j avant la pollinisation (4 °C, 6 °C et 4 °C respectivement), ce qui correspond à 10-12 j avant l'anthèse, puisque nous prélevons le pollen 1 à 3 j après l'épanouissement de la fleur.

2. *Comparaison du contenu en graines de fruits issus d'autopollinisation après vibration des inflorescences et de fruits issus de pollinisation avec du pollen de « Apédice » obtenu en serre chauffée (tabl. 2)*

Cette comparaison est malaisée, car elle concerne des inflorescences portant un nombre très différent de fleurs : nombre non limité en autopollinisation, limité à 8 maximum en pollinisation avec « Apédice ». D'autre part, la castration, mutilant la fleur, peut vraisemblablement diminuer sa potentialité à former des graines.

Cependant nous pouvons considérer que la production de pollen des plantes cultivées au froid est mauvaise quand il y a une grande différence dans le poids de graines entre les 2 traitements : croisement avec « Apédice » et autopollinisation après vibration. La pollinisation par « Apédice » donne au moins 2 fois plus de graines que la vibration chez 15 variétés : « Anabelle », « Break-O-Day », « Clustermato », « Coldset », « Earlicrop », « Highlander », « Hotset », « Pearl Harbor », « Pennheart », « Scotia », « Swift », « Veebrite », « Veecrop », « Vision » et « Wintermande ». Notons que « Severianin » forme très peu de graines après pollinisation par « Apédice » (33 graines pour 24 fruits).

3. *Comparaison entre méthodes d'estimation, d'après leur valeur fécondante, de la fertilité des gamètes mâles (tabl. 2)*

Il y a en général un bon accord entre le poids de graines par fruit en serre froide après vibration des inflorescences et la valeur fécondante du pollen estimée après pollinisation sur « Money-maker ». Il y a cependant quelques exceptions. « Break-O-Day », de valeur moyenne en pollinisation sur « Money-maker » (20 graines), donne de mauvais résultats après vibration (11 mg de graines) ; ce n'est pas le nombre d'ovules qui est en cause (208 mg de graines après pollinisation par « Apédice ») ; dans ce cas, nous pouvons incriminer une faible quantité de pollen formé ou un mauvais transfert

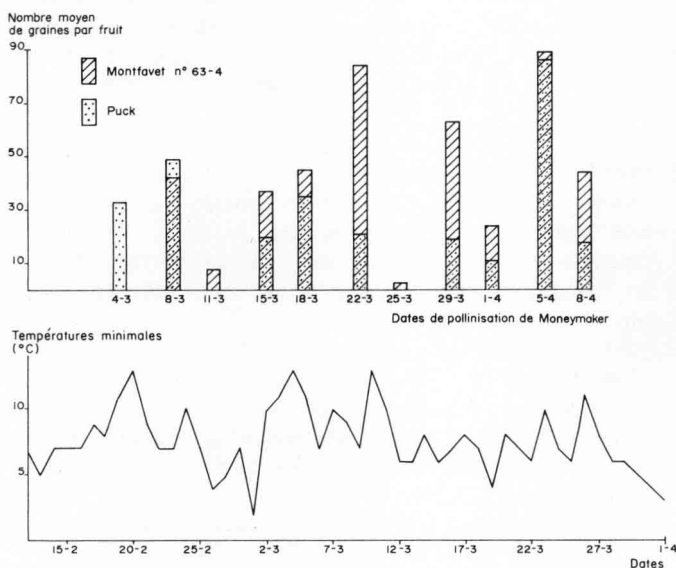


Figure 2
 Evolution, en fonction des dates de pollinisation, du nombre moyen de graines par fruit obtenu après pollinisation de fleurs de « Money-maker » cultivée en serre chauffée par du pollen formé en serre froide de « Montfavet n° 63-4 » et de « Puck » (Printemps 1977).
 Evolution des températures minimales en serre non chauffée (l'échelle des dates est décalée de 13 jours par rapport à celle des dates de pollinisation).
 Variation in the average number of seeds per fruit in relation to pollination date for fruit harvested in a heated greenhouse from « Money-maker » flowers pollinated with cold-formed pollen from « Montfavet n° 63-4 » and « Puck » (Spring 1977).
 Variation of minimum temperatures in the unheated greenhouse (the time scale is offset by 13 days in relation to nollination dates).

sur le stigmate. A l'opposé « Ace 55 VF » (mais dans ce cas 2 fruits seulement de « Moneymaker » ont été récoltés), « Fireball » « Rocket » ont un pollen de mauvaise qualité d'après les pollinisations sur « Moneymaker » (6 graines par fruit) et donnent plus de 100 mg de graines en autopolinisation après vibration des inflorescences. « Supermarmande », de valeur moyenne en croisement avec « Moneymaker » (22 graines), donne au contraire d'excellents résultats en autopolinisation (352 mg de graines). Ces quelques désaccords montrent qu'il convient de considérer avec une certaine prudence les résultats obtenus en croisements avec « Moneymaker ». Ils semblent *a priori* les seuls réellement valables pour estimer la qualité du pollen ; cependant le fait même de castrer introduit un biais.

IV. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Nos résultats sont difficiles à confronter avec ceux obtenus par d'autres auteurs, étant donné que les conditions expérimentales sont bien différentes. Nous avons travaillé sur une importante collection (55 variétés, tabl. 1) en serre de printemps non chauffée ; les températures étaient fluctuantes, les minima nocturnes souvent inférieurs à 10 °C, les maxima diurnes étant très rarement inférieurs à 20 °C ; les conditions de luminosité n'ont pas semblé limitantes pendant la durée de nos essais réalisés 2 années consécutives, en 1976 et en 1977.

L'étude globale des rendements et des poids moyens des fruits des 55 variétés en collection nous a permis de préciser quelques aspects de la production de fruits de tomate à basses températures et d'observer d'importantes différences variétales dans les réponses aux températures basses.

La vibration des inflorescences améliore les rendements et les poids moyens des fruits chez la plupart des variétés (tabl. 1) ; dans ce cas, la vibration favorise la dispersion du pollen. Cependant, chez plusieurs variétés, la vibration n'améliore pas, ou que très peu, les rendements. Ceci peut s'expliquer, chez certaines variétés, par une richesse en pollen suffisante pour assurer une pollinisation correcte même en l'absence de vibration ; parmi ces variétés, nous pouvons citer « Précoce », « Stupické Polni Rané », « Supermarmande ». « Leningradskij Skorospelij » peut être rattachée à ce groupe ; chez cette variété, qui ne figurait pas dans notre étude en 1976, nous avons observé, en 1977, que les fruits obtenus avec ou sans vibration des inflorescences étaient de grosseur et d'apparence très voisines et qu'ils contenaient de nombreuses graines quel que soit le traitement. L'absence d'effet de la vibration sur le rendement peut aussi s'expliquer, chez d'autres variétés, par une production de pollen si mauvaise que la pollinisation est nulle, même après vibration ; le cas extrême est représenté par « Severianin » dont la remarquable aptitude à la parthénocarpie naturelle a déjà été soulignée (PHILOUZE & MAISONNEUVE, 1978 ; MAISONNEUVE, 1978).

L'action des basses températures sur la valeur fécondante du pollen a pu être étudiée. Notre protocole expérimental ne nous a pas permis une étude similaire sur la fertilité des ovules.

Nous avons trouvé de grandes différences variétales dans la sensibilité du pollen au froid, la qualité du pollen ayant été estimée par sa valeur fécondante en croisement. Cette méthode d'estimation, qui semble *a priori* la plus valable, est cependant d'une grande lourdeur (temps nécessaire à la castration et à la pollinisation ; délai de plusieurs semaines entre la pollinisation et la récolte du fruit) et exigerait que la castration soit toujours effectuée à un même stade de développement de la fleur, de même que la pollinisation. Ces difficultés nous ont incitées à utiliser une méthode plus rapide d'estimation de la qualité du pollen par simple observation du pollen *in vitro* ; les résultats obtenus seront présentés dans un autre article (MAISONNEUVE & PHILOUZE, 1982).

Nos essais, réalisés en conditions de températures fluctuantes, ne permettent pas de déterminer quel stade de la microsporogénèse est sensible au froid. Cependant nos tentatives pour relier la valeur fécondante du pollen des 2 variétés « Montfavet n° 63-4 » et « Puck » (valeur testée à 11 reprises sur une période de plus d'un mois) avec les minima nocturnes plusieurs jours avant les pollinisations (fig. 2), sont en accord avec les résultats de ROBINSON *et al.* (1965), SHANNON *et al.* (1965) qui ont trouvé que le froid agissait au moment de la microsporogénèse, environ 2 semaines avant l'anthèse.

Parmi les 9 meilleures variétés d'après la valeur fécondante du pollen, nous trouvons : « Précoce » et « Stupické Polni Rané » (de même type variétal), « Apéca » (issue par sélection d'un croisement entre « Ace » et « Précoce »), les hybrides « Montfavet n° 63-4 », « Montfavet n° 63-5 », « Luca » et « Lucy » (l'un des parents de chacun de ces 4 hybrides ayant la variété « Précoce » dans sa généalogie) et enfin les variétés « Potentate » et « Vendor », dont les généalogies n'ont aucune parenté avec les variétés précédentes.

Parmi les variétés les plus sensibles au froid d'après la valeur fécondante du pollen, nous remarquons plusieurs variétés canadiennes et américaines signalées dans la littérature pour leur bon comportement au froid ; ceci peut cependant s'expliquer par des différences importantes entre nos conditions climatiques et celles dans lesquelles ces variétés ont été jugées.

La comparaison des hybrides F₁ « Montfavet n° 63-4 » et « Montfavet n° 63-5 » avec leurs lignées parentales a montré qu'il y a en général hétérosis ou dominance au niveau du rendement global (tabl. 1), hétérosis au niveau du contenu en graines des fruits formés sur les inflorescences dont les fleurs ont subi l'action du froid (tabl. 2) et hétérosis au niveau de la valeur fécondante du pollen formé au froid.

Reçu le 5 février 1981.
Accepté le 14 janvier 1982.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Charles W. B., Harris R. E., 1972. Tomato fruit-set at high and low temperatures. *Can. J. Plant Sci.*, **52** (4), 497-506.
- Curme J. H., 1962. Effect of low night temperatures on tomato fruit set. *Proc. Plant Sci. Symp.*, Campbell Soup Company, 99-108.
- Daubeny H. A., 1961. Earliness in tomato varieties with special reference to the ability to set fruit at low temperatures. *Proc. am. Soc. hort. Sci.*, **78**, 445-449.
- Dempsey W. H., 1969. Temperature effects on pollen tube growth and fruit set in the tomato. *Abstr. Pap. 11th Int. Bot. Congr.* Seattle, 44.
- Dempsey W. H., 1970. Effects of temperature on pollen germination and tube growth. *Rep. Tomato Genet. Coop.*, **20**, 15-16.
- Frazier W. A., 1951. A variety with unusual ability to set fruit at low temperatures. *Rep. Tomato Genet. Coop.*, **1**, 6.

- Harris R. E.**, 1976. Breeding tomatoes for the subarctic regions. *Can. Agric.*, **21** (1), 27-29.
- Lyll L. H.**, 1962. Tomato breeding for processing in Canada. 16th *Int. Hortic. Congr.*, Brussels, **2**, 132-138.
- Maisonneuve B.**, 1978. *Nouaison de la tomate* (*Lycopersicon esculentum* Mill.) à basses températures. Sensibilité du pollen au froid et possibilités d'utilisation de la parthénocarpié naturelle. Thèse de 3^e cycle, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Académie de Montpellier, 177 p.
- Maisonneuve B., Philouze J.**, 1982. Action des basses températures nocturnes sur une collection variétale de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). II - Etude de la quantité et de la qualité du pollen. *Agronomie*, **2** (5), 453-458.
- Nitsch J. P.**, 1970. Hormonal factors in growth and development. In *Food Science and Technology*. A series of Monographs, Hulme A.C. (Ed.), Academic Press London, **1**, 427-472.
- Nonnecke I. L., Kemp G. A.**, 1963. Note on Earlinorth tomato. *Can. J. Plant Sci.*, **43**, 239-240.
- Philouze J., Maisonneuve B.**, 1978. Breeding tomatoes for their ability to set fruit at low temperatures. Genotype and environment in glasshouse tomato breeding. *Proc. Meeting Tomato Working Group, Eucairpia*, Leningrad (USSR), May 1978, 54-64.
- Robinson R. W., Mishanec W., Shannon S.**, 1966. Fruit setting ability in relation to extreme temperatures. *Rep. Tomato Genet. Coop.*, **16**, 33.
- Robinson R. W., Shannon S., Mishanec W.**, 1965. Low temperature influences pollen production and fruit set of tomatoes. *Farm. Res.*, **31** (1), 13-15.
- Schaible L. W.**, 1962. Fruit setting responses of tomatoes to high night temperatures. *Proc. Plant Sci. Symp.*, Campbell Soup Company, 89-98.
- Shannon S., Robinson R. W., Mishanec W.**, 1965. Male sterility induced by cold temperature. *Rep. Tomato Genet. Coop.*, **15**, 57.
- Smith O.**, 1932. Relation of temperature to anthesis and blossom drop of the tomato together with a histological study of the pistils. *J. agric. Res.*, **44** (2), 183-190.
- Smith O., Cochran H. L.**, 1935. Effect of temperature on pollen germination and tube growth in the tomato. *Cornell Univ. agric. Exp. Stn., Mem.*, **175**, 3-11.
- Ward K. M.**, 1956. Temperature and fruit set in the tomato. *Queensland agric. J.*, **82**, 641-644.
- Young P. A.**, 1963. Two-way varieties for hot or cold climes. *Am. Veg. Grow.*, **11** (5), 13.