



# Effet de la température sur la viabilité du pollen et la pollinisation

Marc Bonhomme UMR PIAF Clermont-Ferrand



# INTRODUCTION

L'adaptation des espèces au changement climatique est liée à leur capacité à maintenir un bon niveau de reproduction.

Cela passe évidemment par une bonne fécondation des ovules, elle-même assujettie à une bonne production de pollen, une bonne viabilité et capacité germinative de celui-ci.

Je vais vous présenter quelques éléments de bibliographie (qui n'a pas la prétention d'être exhaustive) sur les relations entre conditions climatiques (température) et viabilité du pollen.

# INTRODUCTION

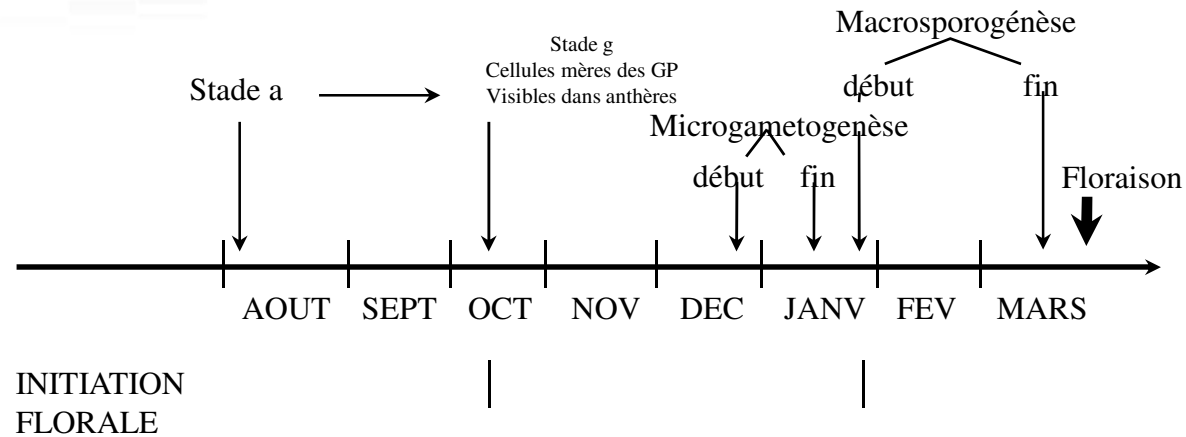
Le développement du pollen est la résultante de deux processus :

microsporogénèse et microgamétogénèse qui conduisent , suite à la méiose, à la formation de grains de pollen mature apte à produire un tube pollinique permettant d'assurer la fécondation

Viendra ensuite la phase de germination sur le plateau stigmatique , suivie de la croissance du tube pollinique dans le style pour atteindre l'ovule faisant aussi intervenir les interactions avec la partie gynécée

# Positionnement dans le temps

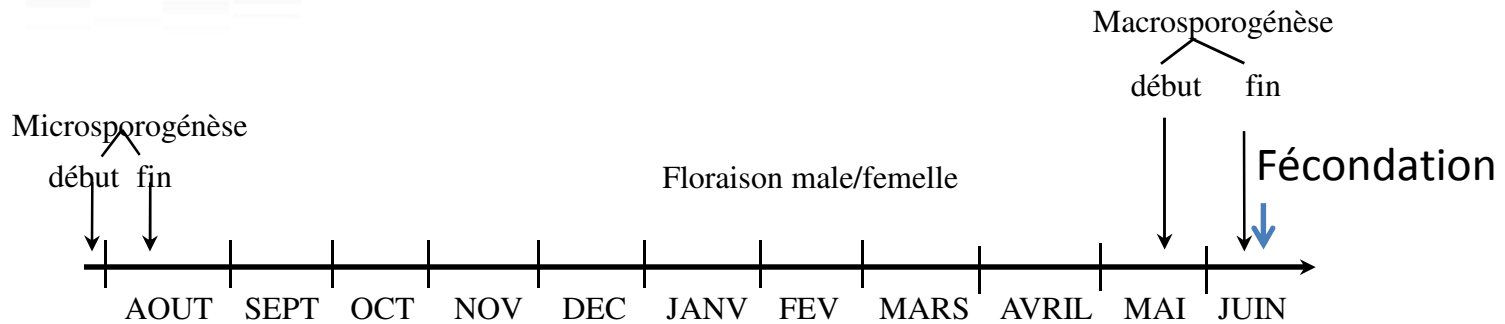
## Exemple 1 : Le pêcher



Développement du bourgeon floral de pêcher au cours du cycle annuel. D'après Monet (1983)

# Positionnement dans le temps

Exemple 2 : le noisetier



	decembre	janvier	fevrier	mars
ronde piemont	—	—	—	
fertile coutard		—	—	
segorbe		—	—	
negret		—	—	
coxford			—	—
longue Espagne			—	—
merveille bollwiller			—	—

Dimoulas 1979

# Méthodes d'évaluation de la qualité du pollen

**3 grandes méthodologies :**

**Une coloration des grains avec diverses substances (acetocarmin, Alexander's stain, iode, lactophenol blue, tetrazolium, diacetate de fluoresceine ....) qui donne des taux de viabilité**

**Des tests de germination in vitro sur des milieux de cultures (avec plus ou moins de saccharose et de l'acide borique et a des températures variables mais souvent 20-25°C) qui donne des taux de germination**

**Des observations de germination sur des styles (microscopie dont microscopie en épi fluorescence via observation de la callose) qui donne des taux de germination et des longueurs de tube pollinique dans le style et atteinte ou pas des ovules**

## Influence de la température

Beaucoup d'études portent sur des températures de stockage des grains de pollen permettant de maintenir leur capacité germinative, voire les températures à adopter dans les tests de germination in vitro

Les études d'influence de « stress thermiques » se font avec des températures de + 5°C par rapport aux conditions de contrôle (le plus souvent sans justification de ce choix) ou aux alentours de -5°C pour les stress thermiques froids

# Influence de la température

## ❖ Température basse

une température inférieure à 15°C serait défavorable à une bonne capacité de germination des grains de pollen de fraisier (Zebrowska 1997)

une température inférieure à 14°C engendrerait une absence de germination des grains de pollen de noyer (Luza et al 1987 cité par Irenaus et Mitra 2014); 4°C pour poirier japonais (Wu et al 2012)

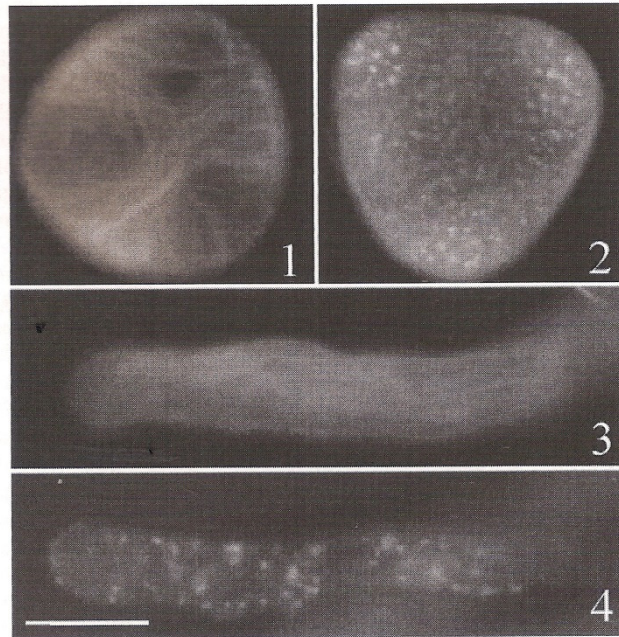
Cités par Irenaus et Mitra 2014

18°C pour les citrus (Luza et al 1987)

Alors que à 5°C elle serait possible mais lente pour Amandier (Griggs et Iwakiri 1975), abricotier (Egea et al 1992) et cerisier (Luza et al 1987)

Selon (Demotes-Mainard et al 1996) une température 8/1.5°C engendrerait une baisse de viabilité des grains de pollen de blé de 93 % pour le control à 68% pour le traité  
Singh et al 2013: 12/9°C à l'anthèse diminue la viabilité





**Fig. 2.** LT-induced pollen and pollen tube actin cytoskeleton alteration. Phalloidin labeling of actin cytoskeleton in pear pollen grains and pollen tubes. (1 and 3) Actin cytoskeleton in normal pollen grains and pollen tubes with fibrous structure. (2 and 4) At 10 min after 4 °C treatment, actin cytoskeleton in pollen grains and pollen tubes appears as coarse punctuate foci. Bar = 20  $\mu$ m.

Pyrus pyrifolia à 4°C  
Wu et al 2012

Perturbations au niveau du cytosquelette,  
Flux  $Ca^{++}$  et  $K^+$  perturbés = signal de réaction au stress

# Influence de la température

## ❖ Température chaudes

### Effets sur la viabilité

Fraisier : pas de différence 32/27°C pas de différence  
Pipattanawong et al 2009

Poids chiche on passe de 93% à 75 ou 40%

Haricot 35/20°C diminue la viabilité Halterlein et al 1980  
Haricot 32/27°C pollen anormal si Trait 9 J avant anthèse  
Porch et Jahn 2001

Si pendant microsporogénèse : stérilité male Gross et  
Kigel 1994

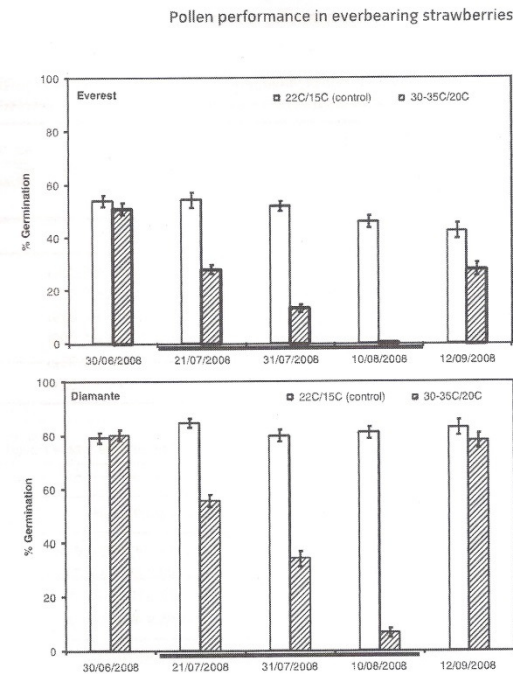
### Effet sur la germination

Fraisier : 32/27°C pas de différence Pipattanawong et  
al 2009

Effet négatif  $T > 25^{\circ}\text{C}$  Zebrowska 1997

Poids chiche on passe de 75% à 45 ou 12%

Si pendant microsporogénèse : stérilité male Gross et  
Kigel 1994 et pb de déhiscence anthères

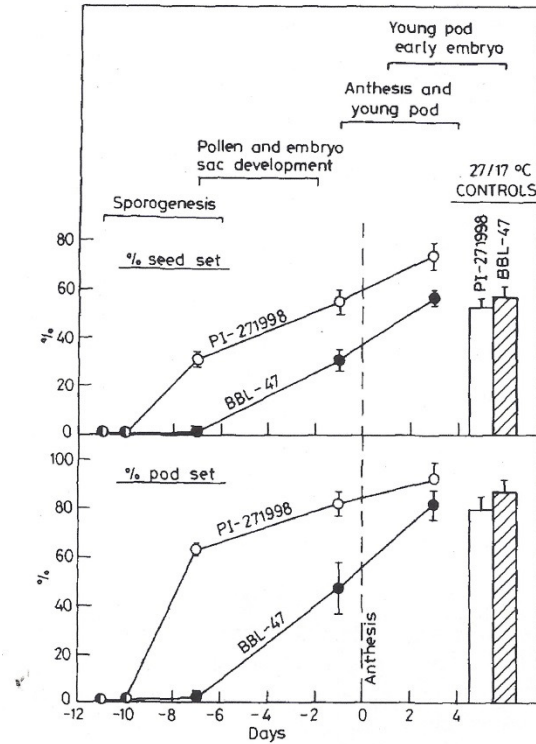


**Figure 3** Mean percentage (%) *in vitro* pollen germination in 'Everest' and 'Diamante' in 2008 for the two temperature treatments [22°C/15°C and 30–35°C/20°C (day/night)] before, during and after treatment application. Error bars represent standard errors of the mean. The thickened line on the x-axis indicates the treatment application period.

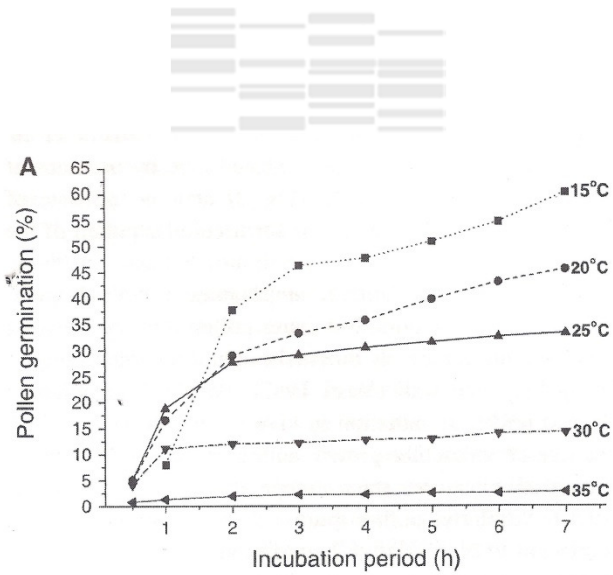
Taux de germination, fraiser, 2 variétés 30/20°C vs 22/15°C Karapatzak et al 2012



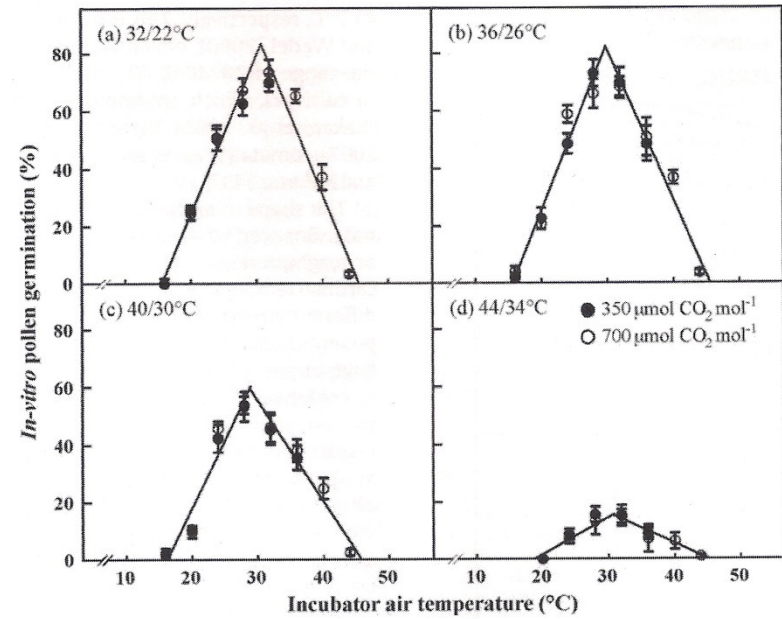
Taux de germination, haricot, 2 variétés 30/20°C vs 22/15°C Gross et Kigel 1994



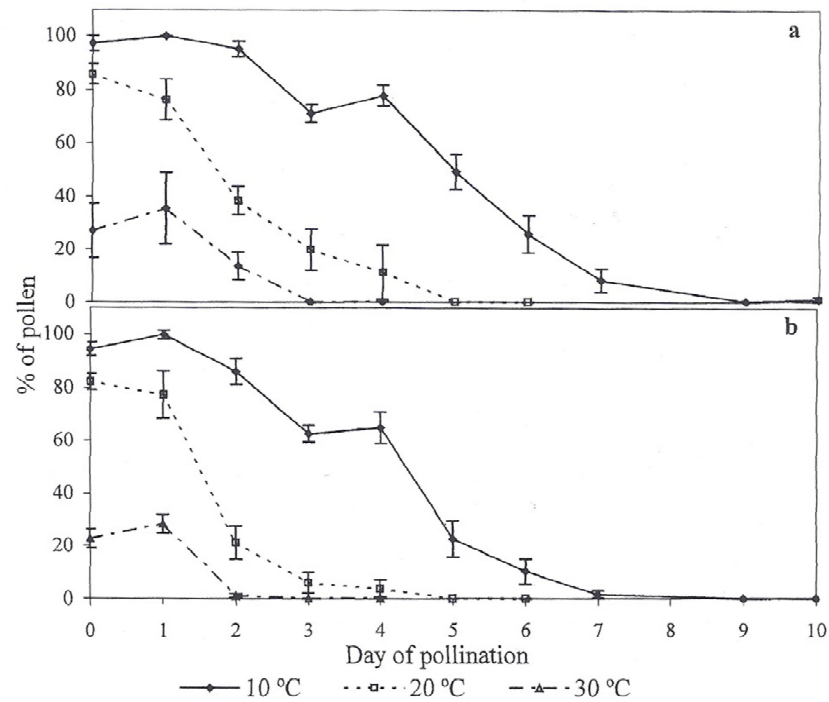
**Fig. 3.** Changes in sensitivity to 32/27°C in BBL-47 (●) and PI-271998 (○) as measured by pod set and seed set. Columns represent values for controls at 22/17°C. Flowers were exposed to 5 days of 32/27°C at different stages of their development, as indicated. Bars indicate SE.



Réponse in vitro  
tomate  
Karapanos et al 2010



Réponse in vitro  
peanut  
Prasad et al 2011



Réponse in vivo  
 prunus avium  
 Hedhly et al 2003

**Figure 3.** Effect of temperature on germination and penetration of pollen on the stigma at 10, 20 and 30 °C, expressed as (a) the percentage of germinated pollen grains (mean  $\pm$  SE) and (b) the percentage of pollen tubes (mean  $\pm$  SE) penetrating to the transmitting tissues.

© 2003 Blackwell Publishing Ltd, *Plant, Cell and Environment*, **26**, 1673–1680

# Influence de la température

Pour la germination du pollen, les optimum de température sont souvent donné vers :

15-20°C abricotier et cerisier (germination chute au dessus de 25°C)

16°C amandier

23°C pêcher

18-20°C le fraisier (germination chute au dessus de 25°C)

20°C chêne pédonculé

28°C noyer regia ?

20-25°C olive in vitro (germination chute à 30°C)

17-22°C blé (germination chute dès 23°C)

30°C coton (germination chute à 35°C)

30°C riz

15°C tomate (mais LTP max à 25°C)

# Influence de la température

## ❖ Température chaudes

Les courbes de réponses sont pas souvent disponible

Das et al 2014 riz

Sorkheh et al 2011 Prunus  
A droite

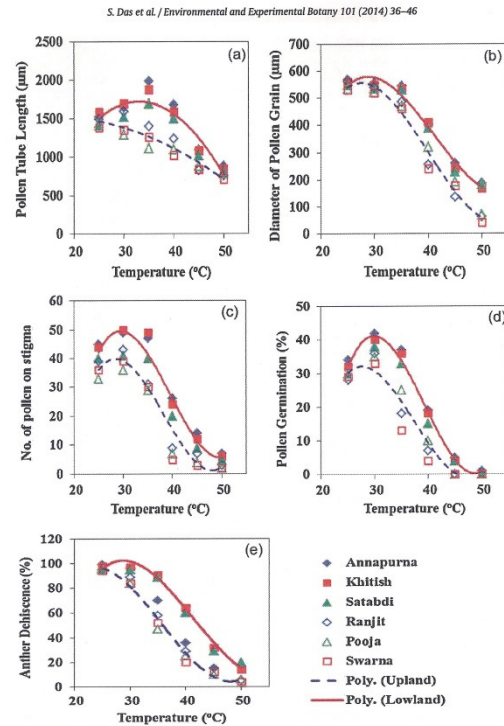


Fig. 1. Morphological changes in pollen of lowland and upland rice cultivars exposed to different temperature conditions.

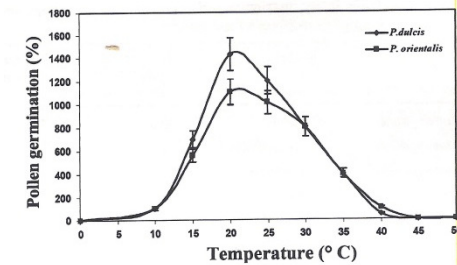


Fig. 3 Response of pollen germination of *Prunus dulcis* and *P. orientalis* to temperature. *Prunus* species with variation for maximum pollen germination are presented for clarity. Error bars indicate ± SD

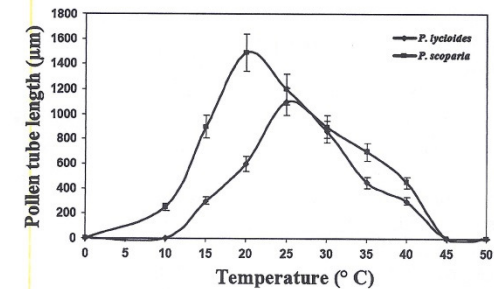


Fig. 4 Response of pollen tube length of *Prunus lycoides* and *P. scoparia* to temperature. *Prunus* species with variation for maximum pollen germination are presented for clarity. Error bars indicate ± SD

# Influence de la température

## ❖ Températures chaudes : les mécanismes impliqués

**Pas forcément méiose elle-même (en tout cas chez la vigne 42°C pdt 4h à la méiose n'a pas d'effet Pereira et al 2014)**

**Pour d'autres le stade méiose serait très sensible (review de Hedhly 2011 : poivron, arachide, vigna unguiculata ... )**

**Mais aussi sur le développement des tissus de l'anthere au niveau du tapetum (13 gènes liés chez le riz Endo et al 2009) et lien avec métabolisme carboné (review de Irénaeus et Mitra 2014) via une diminution des glucides dans l'anthere qui entrainerait une mauvaise alimentation des GP , entraînant une diminution de la viabilité et des avortement précoces (chez coton Echer et al 2014)**

**Pbs de teneur en protéines (Das et al 2014 chez le riz)**

**Pbs de stabilité membranaires (Das et al 2014 chez le riz )**

**Pbs de déhiscence des anthères (également dans cas du froid chez le blé Demotes-Mainard 1996)**



# Autres facteurs

## ❖ *La génétique*

La variabilité inter espèce est forte

Pourcentages de germination in vitro

Exemple dans genre prunus  
(Sharafi 2011)

P Dulcis	40-95%
P armeniaca	27-82%
P domestica	46-72%
P salicina	28-70%
P cerasus	50-76%
P avium	38-86%

## Autres facteurs

### ❖ *La génétique*

La variabilité de la sensibilité au stress thermique intra espèce est forte

Exemple chez cerisier (Radicevic et al 2013)	Variété Regina	47%
	Variété Kordia	27%
	Variété Karina	28%
	Variété Summit	29%

Exemple chez *Cicer arietinum* (Kaushal et al 2013)

Genotypes tolérants on passe de 93% à 75%

Genotypes sensibles on passe de 93% à 40%

## conclusions

Globalement un impact négatif des températures chaudes pendant la microsporogénèse via un effet sur le développement du pollen mais pas forcément via la méiose elle-même mais difficile à apprécier car souvent seulement 2 régimes thermiques sont comparés.

Regarder la viabilité seule n'est pas suffisant

Il faut aussi regarder la capacité de germination in vivo ou in vitro (pbs de standardisation de méthode si on veut introduire cela dans les obs perpheclim et réseau forestier)

## conclusions

Il faudra étudier la variabilité intra spécifique notamment chez les fruitiers

Faire éventuellement le lien avec les besoins de froids

Chercher des QTLs et ensuite les gènes impliqués pour avoir des marqueurs de sélection pour une moins grande sensibilité

En parallèle il faudra bien regarder la question de la réceptivité des stigmates (hors pb d'incompatibilité)

## conclusions

Les risques liés au réchauffement semblent donc être relativement limité pour les espèces précoces, pour les espèces à floraison plus tardive ... c'est une autre affaire

Les problèmes éventuels viendront plus selon moi

De la sensibilité coté femelle (réceptivité du style et viabilité des ovules qui décroît très vite avec l'augmentation de la température)  
des anomalies de développement floral et des pbs de désynchronisation flo male / flo femelle



Merci de votre attention  
Références biblio a la suite

## Références biblio utilisées

Das S, Krishnan P, Nayak M, Ramakrishnan B 2014. High temperature stress effects on pollen of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Environmental and experimental Botany* 101, 36-46.

Demotes-Mainard S, Doussinault G, Meynard JM 1996. Abnormalities in male developmental programme of winter wheat induced by climatic stress at meiosis. *Agronomie* 16, 505-515

Dimoulas I 1979. Etude de divers aspects de la reproduction sexuée chez le noisetier (*Corylus avellana* L.). Thèse de docteur Ingénieur. Université de Bordeaux II. 162pp.

Echer FR, Oosterhuis DM, Loka DA, Rosolem CA 2014. High night temperatures during the floral bud stage increase the abscission of reproductive structures in cotton. *Journal of Agronomy and crop science* 200, 191-198.

Egea J, Burgos L, Zoroa N, Egea L 1992. Influence of temperature on in vitro germination of pollen of apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Journal of Horticultural science* 67, 247-250.

Endo M, Tsuchiya T, Hamada K, Kawamura S, Yano K, Ohshima M, Higashitani A, Watanabe M, Kawagishi-Kobayashi M 2009. High temperatures cause male sterility in rice plants with transcriptional alterations during pollen development. *Plant cell physiology* 50, 11, 1911-1922.

Griggs WH, Iwakiri BT 1975. Pollen tube growth in almond flowers. *California Agriculture* 29, 4-7.

Gross Y, Kigel J 1994. Differential sensitivity to high temperature of stages in the reproductive development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Research* 36, 201-212.

## Références biblio utilisées

Halterlein AJ, Clayberg CD, Teare ID 1980. Influence of high temperature on pollen grain viability and pollen tube growth in styles of *Phaseolus vulgaris* L. *Journal of American Society of Horticultural Science* 105, 1, 12-14.

Hedhly A 2011. Sensitivity of flowering plant gametophytes to temperature fluctuations. *Environmental and Experimental Botany* 74, 9-16.

Hedhly A, Hormaza J I, Herrero M 2003. Effect of temperature on stigmatic receptivity in sweet cherry *Prunus avium* (Rosaceae). *Plant Cell and Environment* 26, 1673-1680.

Irenaus Thingreingam KS, Mitra S.K 2014. Understanding the pollen and ovule characters and fruit set of fruit crops in relation to temperature and genotype – a review. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 87, 157-167.

Karapanos IC, Akoumianakis KA, Olympios CM, Passam H C 2010. Tomato pollen respiration in relation to in vitro germination and pollen tube growth under favourable and stress-inducing temperatures. *Sexual Plant Reproduction* 23, 219-224.

Karapatzak EK, Wagstaffe A, Hadley P, Battey NH 2012. High temperature induced reductions in cropping in everbearing strawberries (*Fragaria x ananassa*) are associated with reduced pollen performance. *Annals of Applied Biology* 161, 255-265.

Kaushal N, Awasthi R, Gupta K, Gaur P, Siddique Kadambot HM, Nayyar H 2013. Heat stress-induced reproductive failures in chickpea (*Cicer arietinum*) are associated with impaired sucrose metabolism in leaves and anthers. *Functional Plant Biology* 40, 1334-1349.

Luza JG, Polito VS, Weimbaum SE 1987. Staminate bloom date and temperature responses of pollen germination and the tube growth in two walnut (*Juglans*) species. *American Journal of Botany* 74, 1898-1903.

Monet R 1983. *Le pêcher, génétique et physiologie*. Masson (Ed), Paris, 133pp



## Références biblio utilisées

Pereira HS, Delgado M, Avo AP, Barao A, Serrano I Viegas W 2014. Pollen grain development is highly sensitive to temperature stress in vitis vinifera. Australian Journal of Grape and wine research 20, 474-484

Pipattanawong R, Yamane K, Fujishige N, Bang S W, Yamaki Y 2009. Effects of high temperature on pollen quality, ovule fertilization and development of embryo and achene in Tochiotome strawberry. Journal of the Japanese Society of Horticultural Science 78, 3, 300-306.

Porch TG, Jahn M 2001. Effects of high-temperature stress on microsporogenesis in heat-sensitive and heat-tolerant genotypes of Phaseolus vulgaris. Plant Cell and Environment 24, 723-731.

Prasad PVV, Boote KJ, Allen LH Jr 2011. Longevity and temperature response of pollen as affected by elevated growth temperature and carbon dioxide in peanut and grain sorghum. Environmental and experimental botany 70, 51-57.

Radicevic S, Nikolic D, Cerovic R, Dordevic M 2013. In vitro pollen germination and pollen grain morphology in some sweet cherry (Prunus avium L.) cultivars. Romanian Biotechnological Letters 18, 3, 8341-8349.

Sharafi Y 2011. In vitro pollen germination in stone fruit tree of rosaceae family. African Journal of Agricultural research 6, 28, 6021-6026.

Singh RP, Prasad VV, Reddy KR 2013. Impacts of changing climate and climate variability on seed production and seed industry. Advance in Agronomy, 118, 49-110.

Sorkheh K, Shiram B, Rouhi V, Khodambashi M 2011. Influence of temperature on the in vitro pollen germination and pollen tube growth of various native Iranian almonds (Prunus L. spp.) species. Trees 25, 809-822

### Références biblio utilisées

Wu J Y, Jin C, Qu HY, Tao ST, Xu GH, Wu J, Wu HQ, Zhang SL 2012. Low temperature inhibits pollen viability by alteration of actin cytoskeleton and regulation of pollen plasma membrane ion channels in *pyrus pyrifolia*. *Environmental and experimental Botany* 78, 70-75.

Zebrowska J 1997. Factors affecting pollen grain viability in the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Jouranl of horticultural science* 72, 2, 213-219.

### Références : quelques autres pour info

Cerovic R, Ruzic D 1992. Senescence of ovules at different temperatures and their effect on the behaviour of pollen tubes in sour cherry. *Scientia horticulturae* 51, 321-327.

Cerovic R, Ruzic D, Micic N 2000. Viability of plum ovules at different temperatures. *Annals of applied Biology* 137, 53-59.

Demotes-Mainard S, Doussinault G, Meynard JM 1995. Effects of low radiation and low temperature at meiosis on pollen viability and grain set in wheat. *Agronomie* 15, 357-365.

Hedhly A, Hormaza J I, Herrero M 2005. Effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth and stigmatic receptivity in peach. *Plant Biology* 7, 476-483.

Hedhly A, Hormaza J I, Herrero M 2004. Effect of temperature on pollen tube kynetics and dynamics in sweet cherry *Prunus avium* (Rosaceae). *American Journal of Botany* 91, 4, 558-564.

Sharafi Y 2011. An investigation on pollen germination and tube growth in some *Prunus persica* genotypes and cultivars. *African Journal of microbiology research* 5, 14, 2003-2007.