

Effets des températures élevées sur le développement des fleurs (arbres fruitiers)



état des connaissances-perspectives

Jean-Michel Legave⁽¹⁾, Isabelle Farrera⁽²⁾,
UMR AGAP

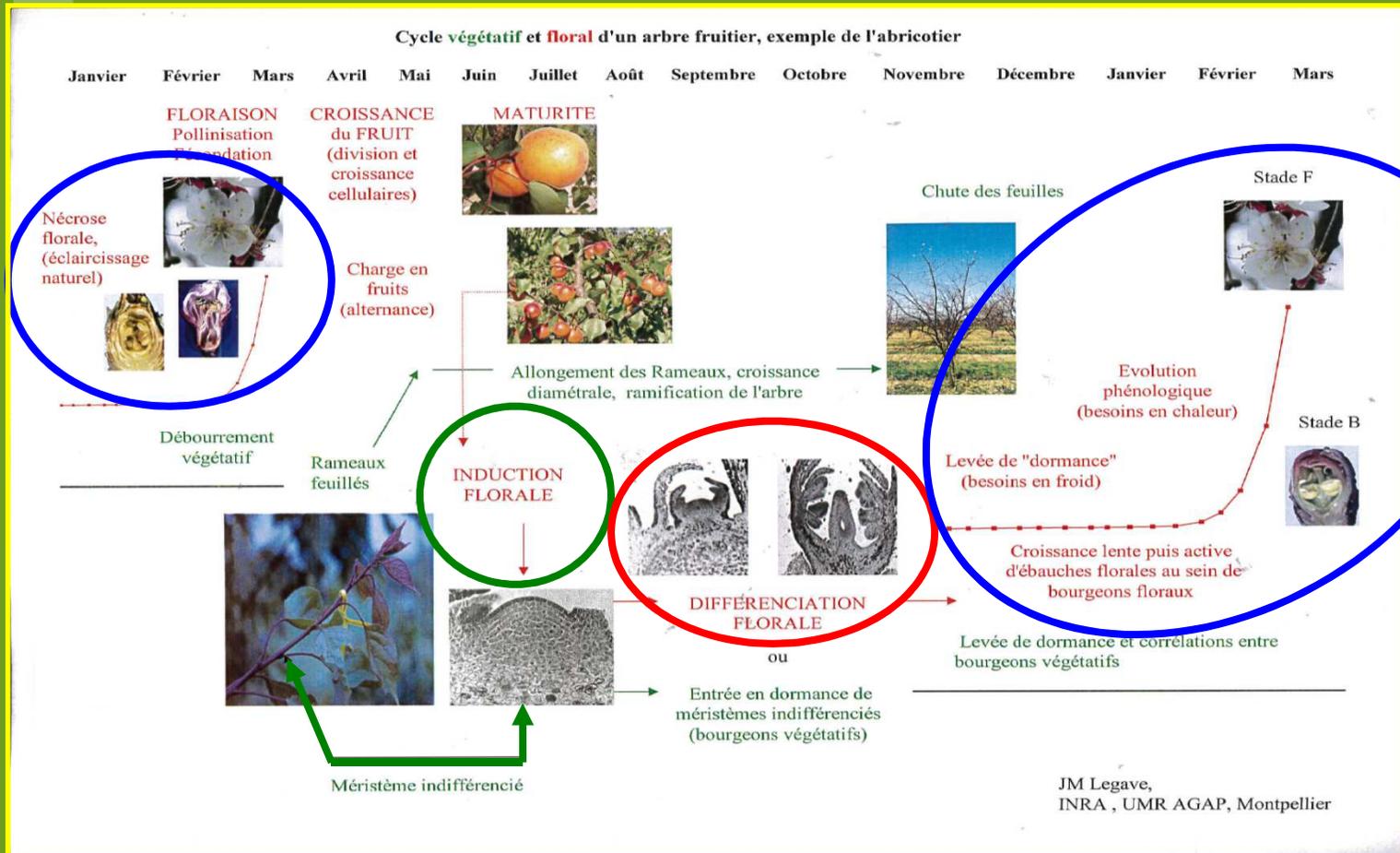
⁽¹⁾ INRA Montpellier, ⁽²⁾ Montpellier SupAgro



Journées d'échanges
Méta-programme ACCAF
Paris, 9-10 / 04 / 2015

Rappel

Développement des fleurs Un processus continu couramment décrit en trois phases



Hypothèses Quel « à priori » sur les effets de températures 'élevées', dans le contexte du réchauffement climatique ?

- **Plutôt une induction d'effets 'négatifs'** (par dépassement de seuils, ...) sur de multiples processus du cycle de l'arbre
 - ✓ modification de cinétique
 - ✓ réduction d'intensité
 - ✓ anomalie et altération

- **Un niveau variable des températures dites 'élevées'**
 - ✓ suivant la saison où se situe le processus
 - ✓ suivant le génotype (variété, espèce)

Effets

Températures 'élevées' durant l'induction florale

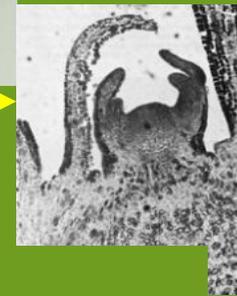
- **Induction florale chez les arbres fruitiers** (Luckwill, 1970)
 - ✓ pas de déterminisme thermique clairement identifié
 - ✓ induction par équilibres endogènes (ralentissement/arrêt végétation, équilibres hormonaux, niveau réserves carbonées, ...)
- **Peu de travaux sur les effets de la température**
 - ✓ conditionnements à la chaleur: réduction marquée de l'intensité de floraison
 - à partir de **26°C** (mi-mars à mi-juillet) pour le pommier (Tromp, 1976, 1993)
 - vs. **30-36°C** (novembre-janvier) pour agrumes (Hall et al., 1977)
 - (antagonisme végétation/floraison; inhibition par gibbérellines, ...)
- **Effet de réduction de l'induction florale en climat doux**
 - ✓ insuffisante floraison du poirier liée à une excessive végétation au Brésil

Effets

Températures 'élevées' durant la différenciation florale: anomalies de l'organogenèse pistillaire (Philp, 1933; Tucker, 1935 !)

▪ Double pistils

- ✓ anomalie florale (année N-1) → double fruits
- ✓ $T^{\circ} > 30-35^{\circ}C$ (Beppu, Kataoka, 2000; kumar et al., 2011)
- ✓ stade de sensibilité maximale
- ✓ diminué par $5^{\circ}C$ nuit/ $20^{\circ}C$ jour en été (Beppu et al., 2001)
- ✓ augmenté par stress hydrique estival (Naor et al., 2005)



▪ Sensibilité différente suivant le génotype

- ✓ Cerisier/Pêcher (20%) > Prunier (11%) > Abricotier (4%) (Zec et al., 2013)
- ✓ Pommier, Poirier: moins sensibles, mais effet potentiel ?

- Déjà une large occurrence de cette anomalie en climats tempérés (Europe, Japon, USA) et variation annuelle (20 à 40%) (Zec et al., 2013)



Effets

Températures 'élevées' (N-1) antérieurement à la levée de dormance(N-1 à N): modification de la cinétique florale

Floraison retardée par des conditionnements à la chaleur:

18°C à 21°C (juin à novembre) (Pommier; Jonkers, 1979)

15°C (octobre à novembre) (Poirier; Atkinson et Taylor, 1994)

- ✓ effets sous-jacents sur l'entrée en dormance (Lavarenne et al., 1975) et l'endodormance ?
- ✓ hypothèse (Jonkers, 1979) : les floraisons tardives observées en climats 'doux' (Cossa-raynaud, 1956) ne seraient pas uniquement dues à une satisfaction insuffisante des 'besoins en froid'

Effets

Températures 'élevées' durant la levée de dormance:
réduction des 'quantités de froid' accumulées

Annulation d'effets de 'chilling' par des $T^{\circ} >15-18^{\circ}C$

(Erez and Lavee, 1971; Erez et al., 1979; Young, 1992; Dennis, 2003) (étude sur Pêcher et Pommier)

- ✓ annulation du 'chilling' seulement quelques jours avant l'occurrence des T° élevées
- ✓ intensité de l'annulation fonction du rythme d'alternance entre les périodes de T° 'basses' et de T° 'élevées'
- ✓ inversement, une alternance T° 'basses' ($0^{\circ}C$ à $12^{\circ}C$) et 'moyennement élevées' ($13-15^{\circ}C$) est favorable à la levée dormance et la floraison
- ✓ différents modèles (chilling) établis pour rendre compte de ces effets ('Utah', 'Dynamic') (Richardson et al., 1974; Erez et al., 1990)

Effets

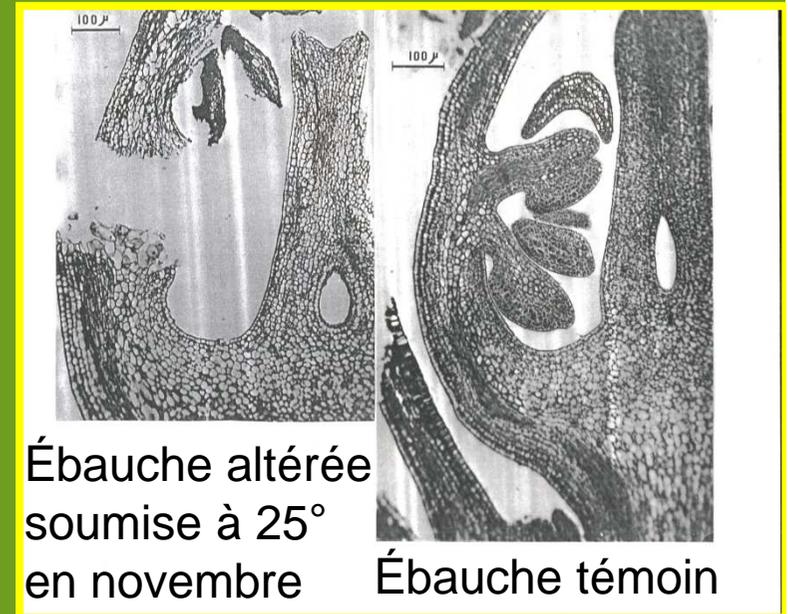
Températures' élevées' de la différenciation (N-1)
à l'entrée en croissance active (N):
sensibilité changeante de l'ébauche florale

Trois phases de sensibilité à 25°C (Monet et Bastard, 1971)

(étude sur Pêcher)

- ✓ relative tolérance durant l'organogenèse florale (1)
- ✓ altération durant la croissance lente (2)
(levée de dormance)
- ✓ tolérance durant la croissance active (3)
(mais anthères sans pollen)

(1) septembre-octobre (2) (3) début janvier



sensibilité en phase 2 .08

Effets

Températures 'élevées' durant la levée de dormance
et la pré-floraison: altération des bourgeons

Nécroses plus ou moins précoces



chutes de bourgeons et de fleurs



- ✓ des espèces et variétés particulièrement sensibles: abricotier (Legave, 1978; Albuquerque et al., 2003), poirier japonais (Nakasu et al., 1995)
- ✓ nécroses en climats doux: pommier (Oukabli et al., 2003)
poirier (Gonçalves et al., 2014)
- ✓ absence de relations (étroites) avec la satisfaction des besoins en froid
(Legave, 1978; Viti et Monteleone, 1995; Albuquerque et al., 2003 et 2004)
- ✓ relations entre nécrose pistillaire et conditionnement à la chaleur
durant la pré-floraison de l'abricotier (6°C min-25°C max)

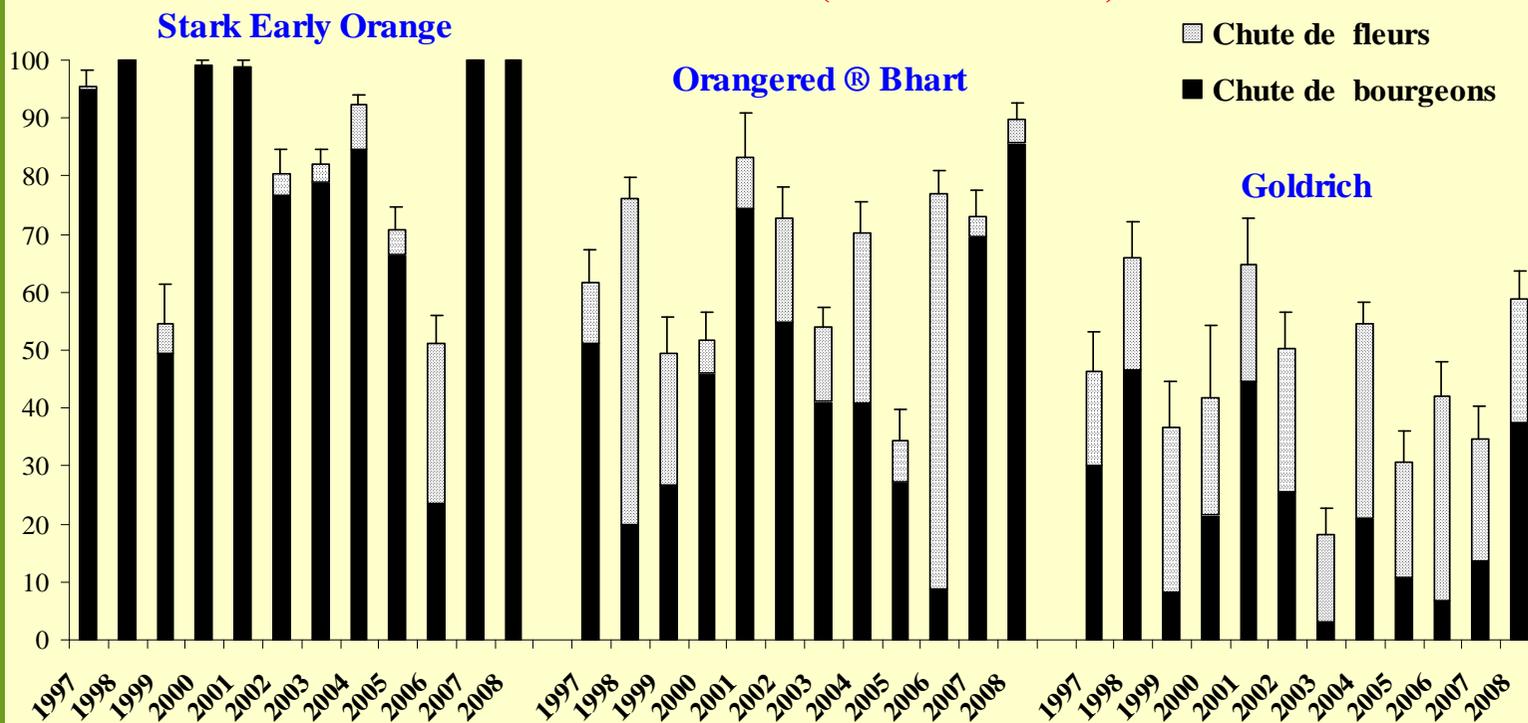
(Rodrigo et Herrero., 2002)

.09

Effets

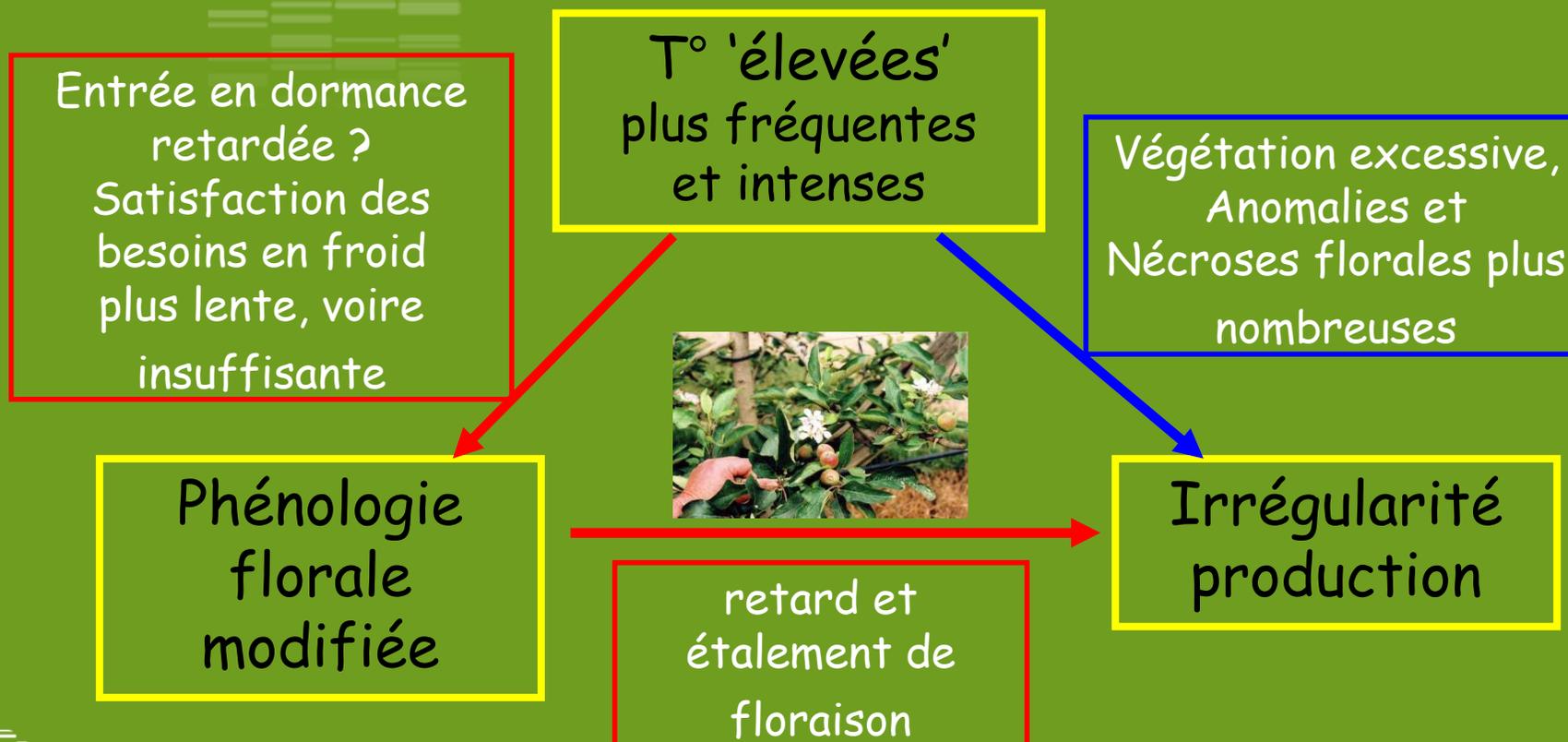
Altération des bourgeons: composante génétique notable

Intensité de la nécrose florale chez l'abricotier, exprimée en % du nombre initial de bourgeons, pour 3 variétés durant 12 années successives à Nîmes (INRA Amarine)



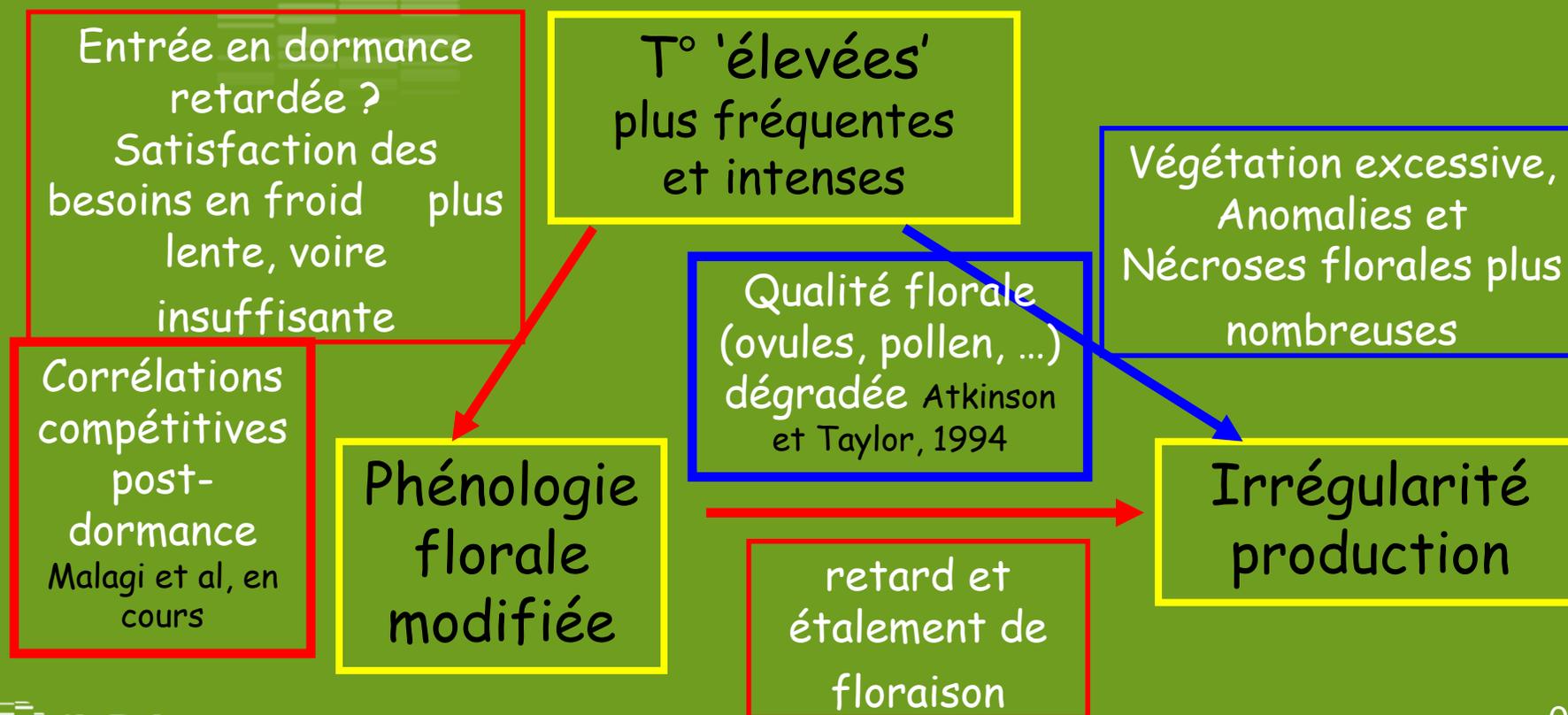
Synthèse

Quelles bases de recherche et que prédire ?



Synthèse

Quelles autres effets potentiels ?



Synthèse Des acquis et des faiblesses de connaissances

- Niveaux de sensibilité variable suivant le processus et son évolution durant le cycle floral
- Notables différences de sensibilité suivant l'espèce et la variété
- Nombreuses inconnues sur les mécanismes d'action des T° 'élevées', la réalité en verger, les relations entre effets
 - ✓ peu d'études (années 70), fragmentaires, en conditions contrôlées, éloignées des conditions thermiques journalières
 - ✓ conclusions hypothétiques, voire erronées: nécroses corrélées à une satisfaction insuffisante des besoins en froid (Ruiz et Egea, 2008)

Synthèse Perspectives de recherche sur les processus

- **Établir des priorités**
 - ✓ suivant la vulnérabilité de l'espèce (double fruit/cerisier, nécrose pistil/abricotier,)
 - ✓ suivant la vulnérabilité des régions (bassin méditerranéen)
- **Rechercher des connaissances sur les processus par de nouvelles expérimentations, en vue de modélisations**
(ex. Liennard, 2001, prédiction nécroses florales)
 - ✓ recherches in situ multi-sites à échelle mondiale (climats tempérés et 'doux')
 - ✓ recherches ciblées en conditions contrôlées

Bibliographie

- Albuquerque, N., Burgos, L., Egea, J., 2004. Influence of flower bud density, flower bud drop and fruit set on apricot productivity. *Scientia Horticulturae*, 102, 397-406.
- Albuquerque, N., Burgos, L., Egea, J., 2003. Apricot flower bud development and abscission related to chilling, irrigation and type of shoots. *Scientia Horticulturae*, 98, 265-276.
- Atkinson, C.J., Taylor L., 1994. The influence of autumn temperature on flowering time and cropping of *Pyrus communis* cv. Conference. *Journal of Horticultural Science*, 69, 1067-1075.
- Beppu, K., Kataoba, I., 2000. Artificial shading reduces the occurrence of double pistils in 'Satohnishiki' sweet cherry. *Scientia Horticulturae*, 83, 241-247.
- Beppu, K., Ikeda, T., Kataoba, I., 2001. Effect of high temperature exposure time during flower bud formation on the occurrence of double pistils in 'Satohnishiki' sweet cherry. *Scientia Horticulturae*, 87, 77-84.
- Dennis, F.G., 2003. Problems in standardizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. *HortScience*, 38 (3), 347-350.
- Erez A., Couvillon G.A. et Hendershott C.H., 1979. Quantitative chilling enhancement and negation in peach buds by high temperatures in a daily cycle. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 104(4), 536-540.
- Erez, A., Fishman S., Linsley-Noakes, G.C., 1990. The Dynamic Model for Rest Completion in Peach Buds. *Acta Horticulturae*, 276, 165-173.
- Erez, A., Lavee S., 1971. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds I. Temperature. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 96(6), 711-714.

.015

- Jonkers, H., 1979. Bud dormancy of apple and pear in relation to the temperature during the growth period. *Scientia Horticulturae*, 10, 149-154.
- Kumar, K. et al. 2011. Effects of high temperature on fruit crops. *Applied Botany*, 39, 4745-4747.
- Lavarenne, S., Champagnat, P., Barnola, P., 1975. Influence d'une même gamme de température sur l'entrée et la sortie de dormance des bourgeons du Frêne (*Fraxinus excelsior*). *Physiologie Végétale*, 13 (2), 215-224.
- Legave J.M., Audergon, J.M., Richard, J.C., Viti, R., 2004. Inheritance of floral abortion in apricot tree. *Acta Horticulturae*, 663, 393-396.
- Legave, J.M., 1978a. Quelques aspects de nécroses florales avant la floraison chez l'Abricotier. *Annales d'amélioration des plantes*, 28 (3), 333-340.
- Legave, J.M., 1978b. Essai d'interprétation de nécroses florales avant la floraison chez l'Abricotier en relation avec une étude des besoins en froid des bourgeons pour la levée de dormance. *Annales d'amélioration des plantes*, 28 (5), 593-607.
- Liennard, 2001. Contribution à l'étude de la prévision de la précocité de floraison et du déterminisme climatique des nécroses florales de l'Abricotier, *Prunus armeniaca* L., dans le contexte des changements climatiques, DSHA «Horticulture : Produits, Marché, Qualité» 45 p.
- Luckwill, L.C., 1970. The control of growth and fruitfulness in apple. In: *Physiology of tree crops*. Academic Press, London, 237-54.

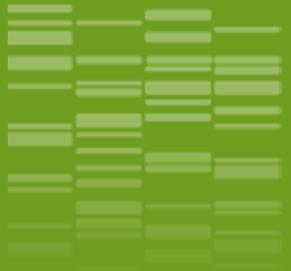
- Monet, R., Bastard, Y., 1971. Effet d'une température modérément élevée : 25°C sur les bourgeons floraux du Pêcher. *Physiologie Végétale*, 9(2), 209-226.
- Nakasu, B.H., Herter, F.G., Leite, D.L., Raseira, M.C.B., 1995. Pear flower bud abortion in southern Brazil. *Acta Horticulturae*, 395, 185-192
- Naor, A., Stern, R., Peres, M., Greenblat, Y., Gal, Y., Flaishman, M.A., 2005. Timing and severity of postharvest water stress affect following-year productivity and fruit quality of field-grown 'Snow Queen' nectarine. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 130 (6), 806-812.
- Philp, G.L., 1933. Abnormality in sweet cherry blossoms and fruit. *Bot. Gaz.* 94, 815-820.
- Richardson, E.A. et al., 1974. A Model for Estimating the Completion of Rest for 'Redhaven' and 'Elberta' Peach Trees. *Hortscience*, 9(4), 331-332.
- Rodrigo, J., Herrero, M., 2002. Effects of pre-blossom temperatures on flower development and fruit set in apricot. *Scientia Horticulturae*, 92, 125-135.
- Ruiz, D., Egea, J., 2008. Analysis of the variability and correlations of floral biology factors affecting fruit set in apricot in a Mediterranean climate. *Scientia Horticulturae*, 115, 154-163.
- Silva, J.B. et al. 2010. Fruit set of pear fruits 'Garber' in the. *Acta Horticulturae*, 872, 289-293.
- Tromp, J., 1976. Flower-bud formation and shoot growth in apple as affected by temperature *Scientia Horticulturae*, 5, 331-8.
- Tromp, J., 1993. Lateral shoot formation and flower-bud formation in apple in the first year after budding as affected by air temperature and exposure to red light. *Journal of Horticultural Science*, 68 (2) 255-260.

Tucker, L.R., 1934. Notes on sweet cherry doubling Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 32, 300-302.

Viti, R., Monteleone, P., 1995. High temperature influence on the presence of flower bud anomalies in two apricots varieties characterized by different productivity. Acta Horticulturae, 384, 283-289.

Young, E., 1992. Timing of high temperature influences chilling negation in dormant apple trees. Journal of the American Society for Horticultural Science, 117, 271-272.

Zec, G., Milatovic, D., Durovic, D., Dordevic, B., Colic, S., 2013. The influence of meteorological parameters on fruit doubling in stone fruit species. IV International Symposium Agrosym, 370-374.



Merci pour votre attention