

Physiologie intégrée de l'arbre fruitier : analyse et modélisation du fonctionnement de l'arbre en relation avec le climat

J.S. FROSSARD
P. CRUIZAT
Unité associée
bioclimatologie-PIAF
INRA
Domaine de Crouelle
F-63039 Clermont-Ferrand
cedex 02
France

Reçu : mars 1994
Accepté : juin 1995

Physiologie intégrée de l'arbre fruitier : analyse et modélisation du fonctionnement de l'arbre en relation avec le climat.

RÉSUMÉ

La biologie de l'arbre fruitier présente de nombreuses particularités qui rendent son étude délicate : pérennité caractérisée par la succession dans le temps de cycles annuels, mise en place d'organes et présence de mécanismes assurant la transition d'une saison de végétation à la suivante, grande dimension et complexité structurale. Cela conduit à considérer que le développement de l'arbre découle d'un ensemble d'interactions entre fonctions et structures dont il résulte que les facteurs climatiques (ou les techniques culturales) peuvent avoir des répercussions à la fois immédiates et très fortement différées. La prise en compte de ces interactions et des répercussions des facteurs du milieu est brièvement évoquée et divers types possibles d'intégration des connaissances en physiologie sont succinctement présentés.

Integrated approach to fruit tree physiology: analysis and modeling of fruit tree functioning in relation to climate.

ABSTRACT

Fruit tree biological functioning is a complex system somewhat difficult to study. It is characterized by perennial aspect with a succession of annual cycles, production of organs during which time transition mechanisms will appear from one season to another, large and complex woody structures. Fruit tree biological function involves a complex and difficult to analyse system. It is characterized by a perennial aspect, with a succession of annual cycles, production of organs with the concomitant appearance of transition mechanisms between seasons, and large complex woody structures. This indicates that tree development is the result of a set of structural and functional interactions, with climatic factors (or cultivation techniques) having immediate to very delayed effects.

Fisiología integrada del árbol frutal : análisis y modelización del funcionamiento del árbol frutal en relación con el clima.

RESUMEN

La biología del árbol frutal presenta numerosas particularidades que vuelven su estudio delicado : perennidad caracterizada por la sucesión en el tiempo de ciclos anuales, colocación de órganos y presencia de mecanismos que aseguran la transición de una estación de vegetación a la siguiente, gran dimensión y complejidad de las estructuras. Esto conduce a considerar que el desarrollo del árbol resulta de un conjunto de interacciones entre funciones y estructuras del que resulta que los factores climáticos (o las técnicas culturales) pueden tener consecuencias a la vez inmediatas y muy diferidas. Unas ilustraciones de este enfoque son evocadas.

Fruits, vol 50, n° 3, p 221-224
© Elsevier, Paris

MOTS CLÉS

Arbre fruitier, biologie, fonction physiologique, stade de développement végétal, initiation du bourgeon, dormance, facteur climatique, modèle de simulation.

KEYWORDS

Fruit trees, biology, physiological functions, plant developmental stages, bud initiation, dormancy, climatic factors, simulation models.

PALABRAS CLAVES

Arboles frutales, biología, función fisiológica, etapas de desarrollo de la planta, iniciación de la yema, dormición, factores climáticos, modelos de simulación.

La compréhension de l'effet des facteurs du climat sur le développement de l'arbre est une des conditions essentielles à toute intervention raisonnée en arboriculture, en zone tempérée ou en zone tropicale. De nombreuses études ont ainsi été développées pour appréhender la biologie de l'arbre fruitier.

Cette biologie présente de multiples originalités qui rendent son étude délicate : la pérennité, les mécanismes de transition entre saisons de végétation, la complexité structurale.

La pérennité est caractérisée par la succession dans le temps de cycles annuels. Chaque cycle est lui-même une suite chronologique d'étapes correspondant à des stades de développement, des modalités de fonctionnement différentes non in-

dépendantes. Deux cycles annuels successifs se chevauchent partiellement, notamment en ce qui concerne les organes reproducteurs : initiés au cours de la saison n , ils n'achèveront leur évolution que pendant la saison $n+1$ (fig 1).

La transition d'une saison de végétation à une autre résulte de la mise en place d'organes particuliers et de la présence de mécanismes assurant cette transition : constitution de bourgeons, dormance de ces bourgeons, lignification des structures, stockage de réserves mobilisables à plus ou moins long terme. Les grandes dimensions et la complexité structurale se manifestent en particulier dans la forme du végétal. Celle-ci est la conséquence de relations dynamiques (stimulation ou inhibition) qui s'établissent entre ses différents constituants.

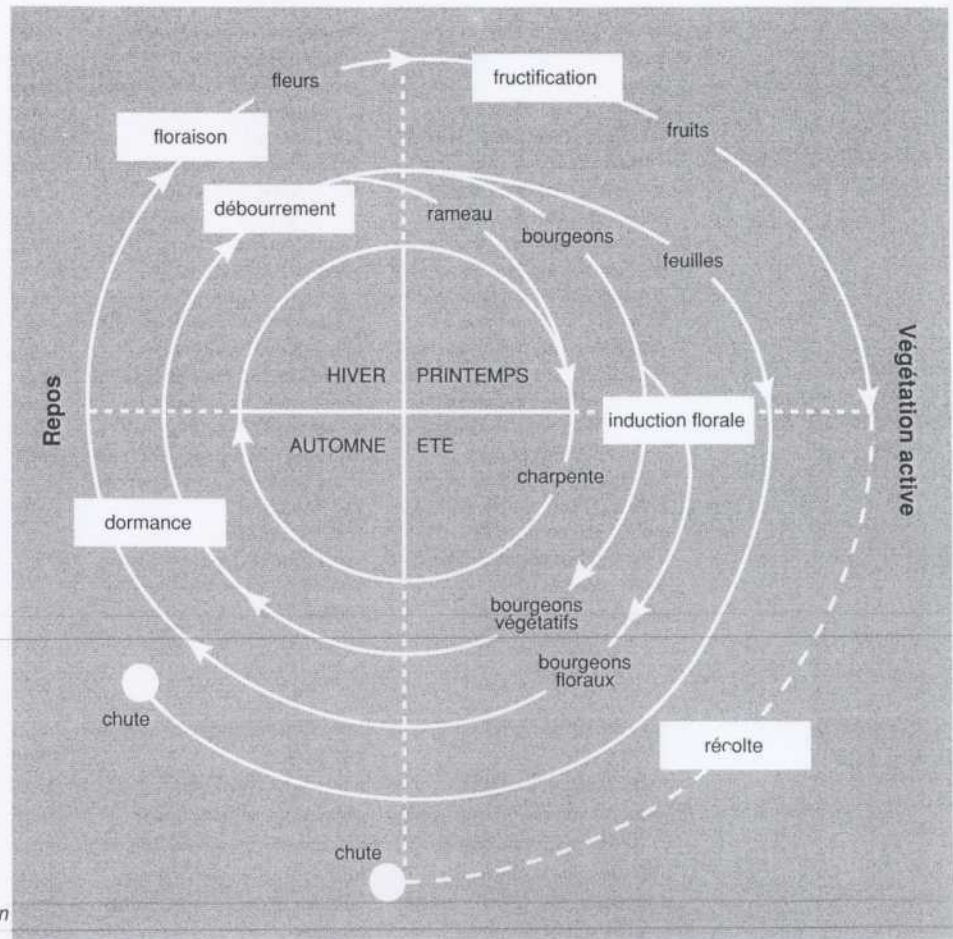


Figure 1
Cycle annuel d'un arbre fruitier en climat tempéré.

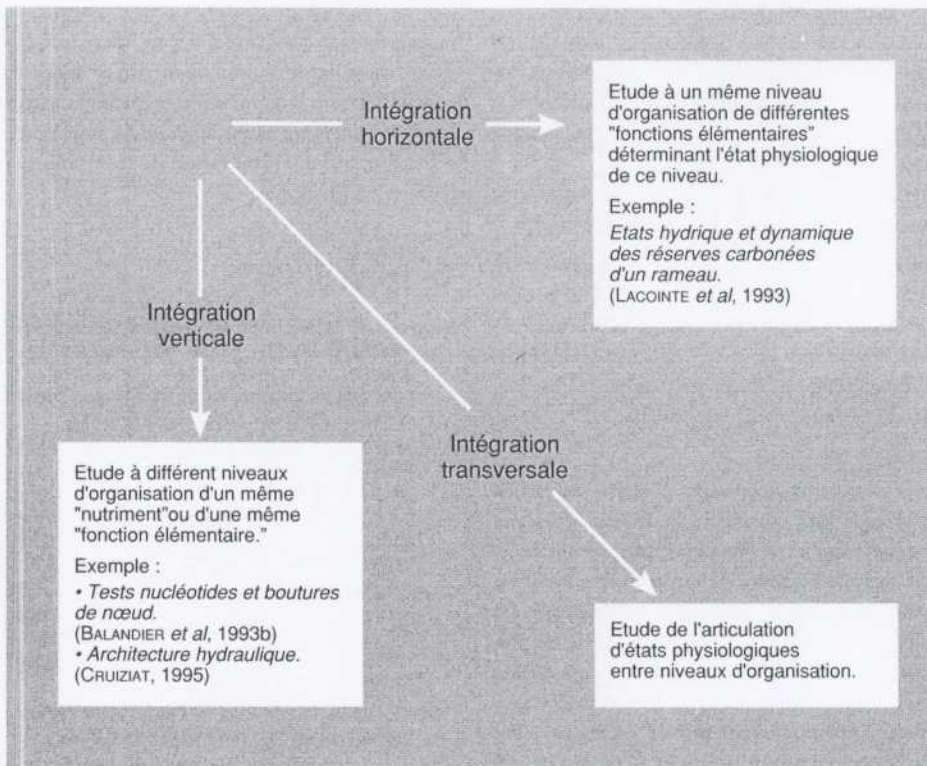


Figure 2
Trois types d'intégration physiologique.

L'énumération précédente conduit à considérer que le développement de l'arbre découle d'un ensemble d'interactions entre structures et fonctions. Ainsi, les facteurs climatiques (ou les techniques culturales) peuvent avoir à la fois des répercussions immédiates mais également très fortement différées pour des arbres fruitiers cultivés en zone tempérée, ou en zone tropicale comme le litchi (COSTES, 1995).

La prise en compte de ces interactions et des répercussions des facteurs du milieu a conduit à l'élaboration de systèmes de représentation des connaissances qui, tout en prenant en compte la complexité, peuvent constituer une aide à la décision. Une bonne illustration de cette approche est donnée par les travaux de HABIB *et al* (1995) sur le pêcher et le kiwi. Un autre exemple de la prise en compte de la complexité est donnée par l'approche architecturale développée entre autres sur le litchi (COSTES, 1995).

Néanmoins, la modélisation de l'effet des facteurs climatiques sur un phénomène complexe comme

la dormance se heurte à un certain nombre de limites difficiles à surmonter, comme le met en évidence, par exemple, le travail de BALANDIER *et al* (1993 a) réalisé sur pêcher.

A travers les exemples cités ci-dessus, il apparaît que les limites des représentations proviennent de plusieurs facteurs. Deux d'entre eux sont particulièrement importants. Le premier tient au fait que nombre de phénomènes biologiques ne sont pas encore assez connus pour être représentés sous une forme mathématique précise du type équation. Le second est une conséquence de l'aspect actuel, à la fois multiforme et fragmenté, des connaissances actuelles concernant la physiologie de l'arbre.

Chercher à jeter les bases d'une physiologie intégrée de l'arbre, fruitier en particulier, suppose donc :

- de prendre en compte et d'organiser une somme importante de connaissances appartenant à différents niveaux d'organisation de la plante (cellule, tissu, organe, etc) et concernant divers

aspects physiologiques ; il faut souligner que ces connaissances sont en partie incertaines, imprécises, multifformes et ne peuvent pas être transcrites directement en langage mathématique ;
 – d'expliciter les liens logiques entre ces connaissances ;
 – de trouver l'outil conceptuel le plus adapté pour représenter ces connaissances et leurs relations.

L'intérêt de relier les niveaux d'organisation apparaît par exemple dans l'analyse de la dormance des bourgeons de pêcher en climat tropical, développée par BALANDIER *et al* (1993b), ou dans l'étude de la répartition et de l'utilisation du carbone chez le noyer (LACOINTE *et al*, 1995).

Plusieurs types d'intégration de connaissances en physiologie sont possibles ; il est donc nécessaire de définir l'objectif de cette « physiologie intégrée », car la forme qu'elle prendra sera fonction de l'utilisation souhaitée. Ainsi, par exemple, les connaissances à intégrer dans un modèle de prévision du rendement d'un verger ne seront pas les mêmes que celles retenues pour aider des chercheurs à mieux comprendre la « logique » du fonctionnement d'un arbre à l'échelle de l'année. Même en ce qui concerne ce dernier point, la figure 2 montre trois types d'intégration physiologique possibles, appelés respectivement intégration horizontale, verticale et transversale. Dans cet esprit, deux stratégies complémentaires peuvent être mises en œuvre :

– la mise au point d'expériences transversales impliquant l'analyse de différentes fonctions physiologiques à plusieurs niveaux d'organisation (LACOINTE *et al*, 1993) ;

– la prise en considération de l'intégration comme objet d'étude à part entière, en utilisant les outils aujourd'hui disponibles (MARC *et al*, 1992) pour structurer les connaissances acquises et reconnaître les lacunes pour lesquelles un effort d'investigation est nécessaire.

Cette démarche pourrait permettre à terme une planification beaucoup plus précise des expérimentations.

L'unité bioclimatologie-physiologie intégrée de l'arbre fruitier a entrepris depuis deux ans une démarche en ce sens, afin de mettre au point un modèle basé sur la connaissance représentant tout le fonctionnement physiologique du noyer dans ses rapports avec l'élaboration de sa structure et les facteurs du climat.

● références

- Balandier P, Bonhomme M, Rageau R, Capitan F, Parisot E (1993 a) Leaf bud endodormancy release in peach trees. Evaluation of temperature models in temperate and tropical climates. *Agric For Meteorol* 67, 95-113
- Balandier P, Gendraud M, Rageau R, Bonhomme M, Richard JP, Parisot E (1993 b) Bud break delay on single node cuttings and bud capacity for nucleotide accumulation as parameters for endo- and paradormancy in peach trees in a tropical climate. *Scientia Horti* 55, 249-261
- Cruziat P (1995) L'architecture hydraulique : une introduction. In : *L'eau dans la vie de l'arbre*, CR Séminaire du Groupe d'Etude de l'Arbre, 14-15 avril 1994, Clermont-Ferrand (France). Cruziat P éd, 39-65
- Coste E (1995) Description de l'architecture et de la floraison du litchi. *Fruits* 50 (3), 191-204
- Habib R, Agostini DT, Genard M (1995) Une approche par modélisation de l'élaboration du rendement des fruitiers ligneux : cas du pêcher et du kiwi. *Fruits* 50 (3), 215-220
- Lacointe A, Kajji A, Ameglio T, Daudet A, Cruziat P, Archer P, Frossard JS (1993) Storage and mobilization of carbon reserves in walnut and its consequences on the water status during winter. In: *International walnut meeting*, International meeting, ISHS, Tarragona (Espagne) 21-25 octobre 1991. Aleta N, Girona J, Tacias J Eds, *Acta Horti* 311, 201-209
- Lacointe A, Kajji A, Daudet FA, Archer P, Frossard JS (1995) Seasonal variation of photosynthetic carbon flow rate into young walnut and its partitioning among the plant organs and functions. *J Plant Physiol*, 146, 222-230
- Marc C, Couchat P, Cruziat P (1992) Protee: an exemple of a tool for combining knowledge of plant cell physiology. In: *Artificial intelligence and expert systems applications*. 4th International Conference, Paris (France), 21-22 octobre 1992, 355-360