

QualiTree

Un modèle arbre pour la prédiction
de la croissance et de la qualité des fruits
prenant en compte les interventions culturales

M. Génard, F. Lescourret, P. Valsésia, G. Vercambre

Plantes et Systèmes de culture Horticoles, Avignon



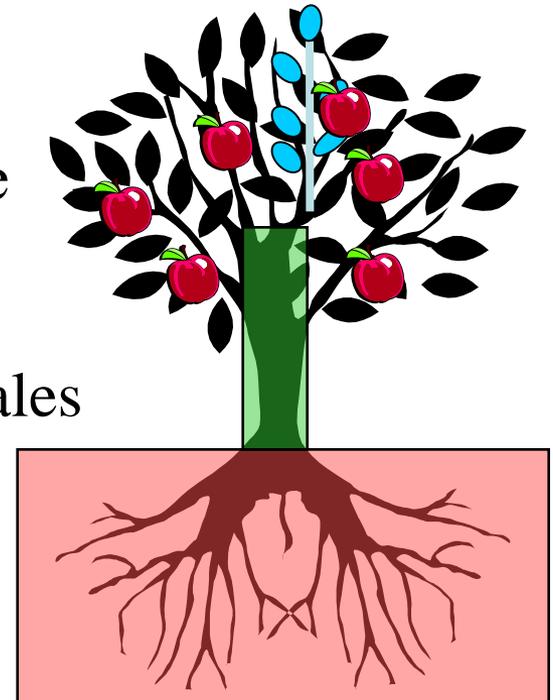
Plantes et Systèmes
de culture Horticoles

qualiTree : modèle de culture

- Modèles déjà développés en horticulture :
 - Modèles « écophysio » : pas de prise en compte des actes techniques
 - Modèles de culture : pas de considération de la variabilité

Qualitree : modèle de culture axé sur la croissance du fruit et sa qualité en lien avec les pratiques culturales

- Simuler la croissance des fruits et de leur variabilité dans l'arbre
- Simuler la qualité des fruits
- Prendre en compte les pratiques culturales
 - Taille
 - Eclaircissage
 - Irrigation



qualiTree : modèle de culture

modèle de culture axé sur **la croissance du fruit et sa qualité**
en lien avec les **pratiques culturales**

- L'arbre est composé de différents compartiments :

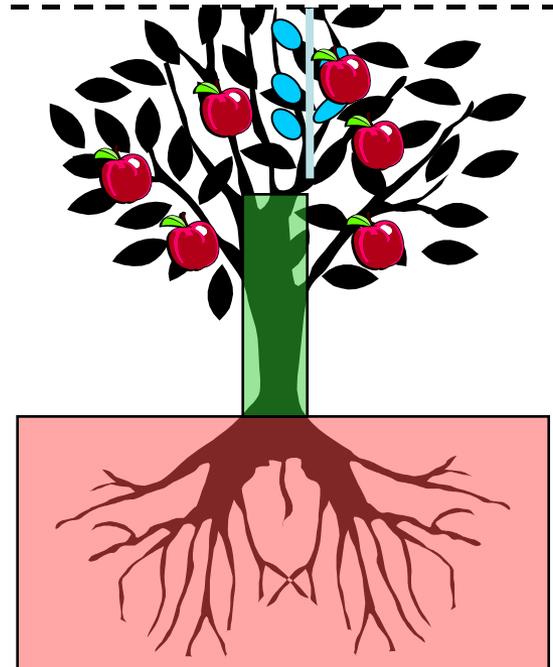
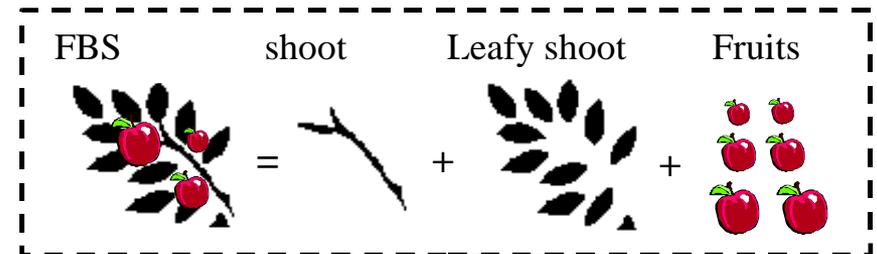
➤ **Racines :**

- Vieilles racines
- Jeunes racines en croissance

➤ **Vieux bois**

➤ **Gourmands**

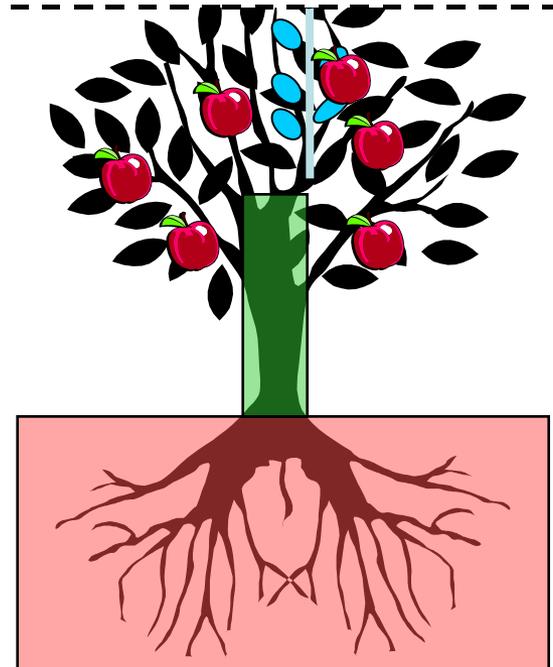
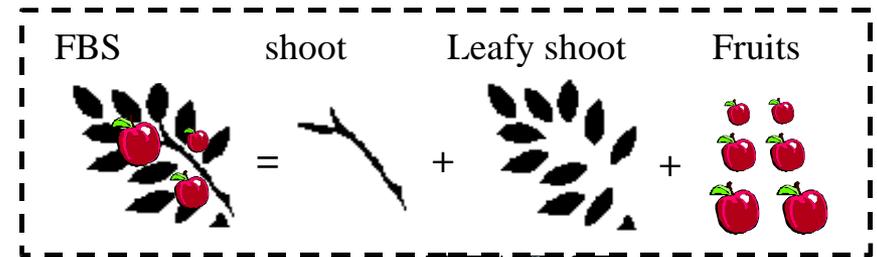
➤ **Rameaux mixtes**



qualiTree : modèle de culture

modèle de culture axé sur la **croissance du fruit et sa qualité**
en lien avec les **pratiques culturales**

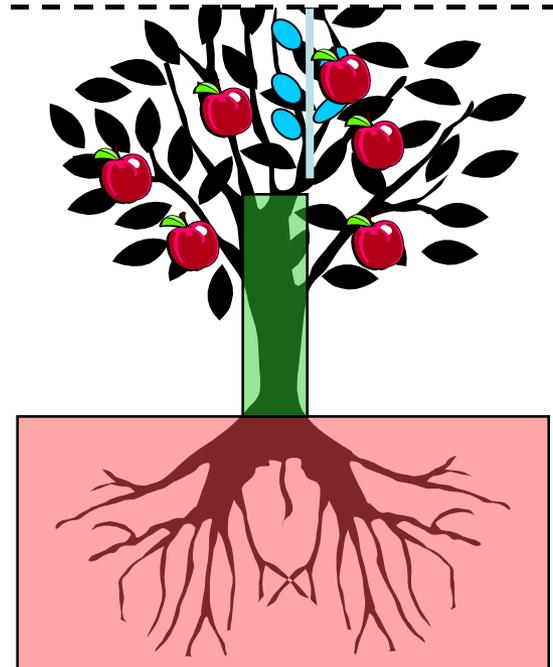
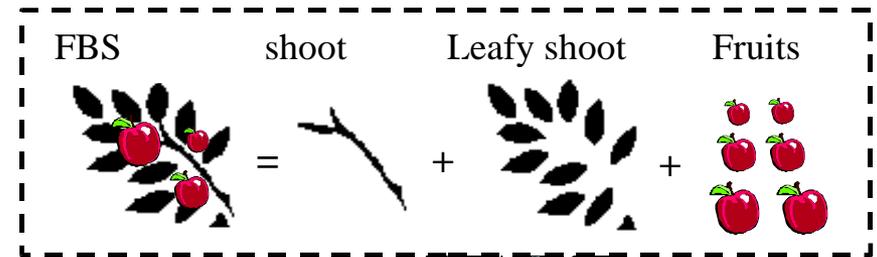
- L'arbre est composé de différents compartiments :
- **Certains processus physiologiques sont modélisés :**
 - Carbone :
 - Photosynthèse
 - Stockage/remobilisation
 - Allocation carbone
 - Respiration
 - Croissance
 - Eau
 - Transpiration
 - Transfert dans la plante
 - Croissance en MF des fruits



qualiTree : modèle de culture

modèle de culture axé sur **la croissance du fruit et sa qualité**
en lien avec les **pratiques culturales**

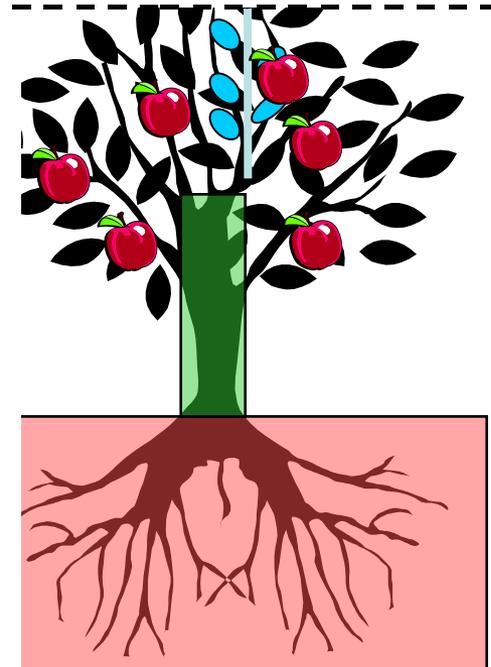
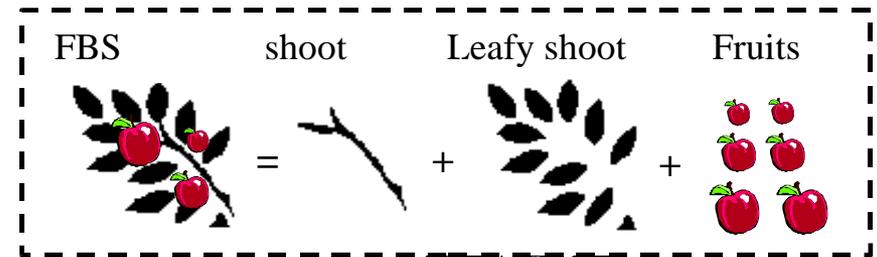
- L'arbre est composé de différents compartiments
- Certains processus physiologiques sont modélisés
- **Données d'entrées**
 - **Climatiques :**
 - Température/Humidité
 - Rayonnement
 - Vent
 - **Plante :**
 - Date de floraison
 - Architecture
 - Masses initiales des différents compartiments



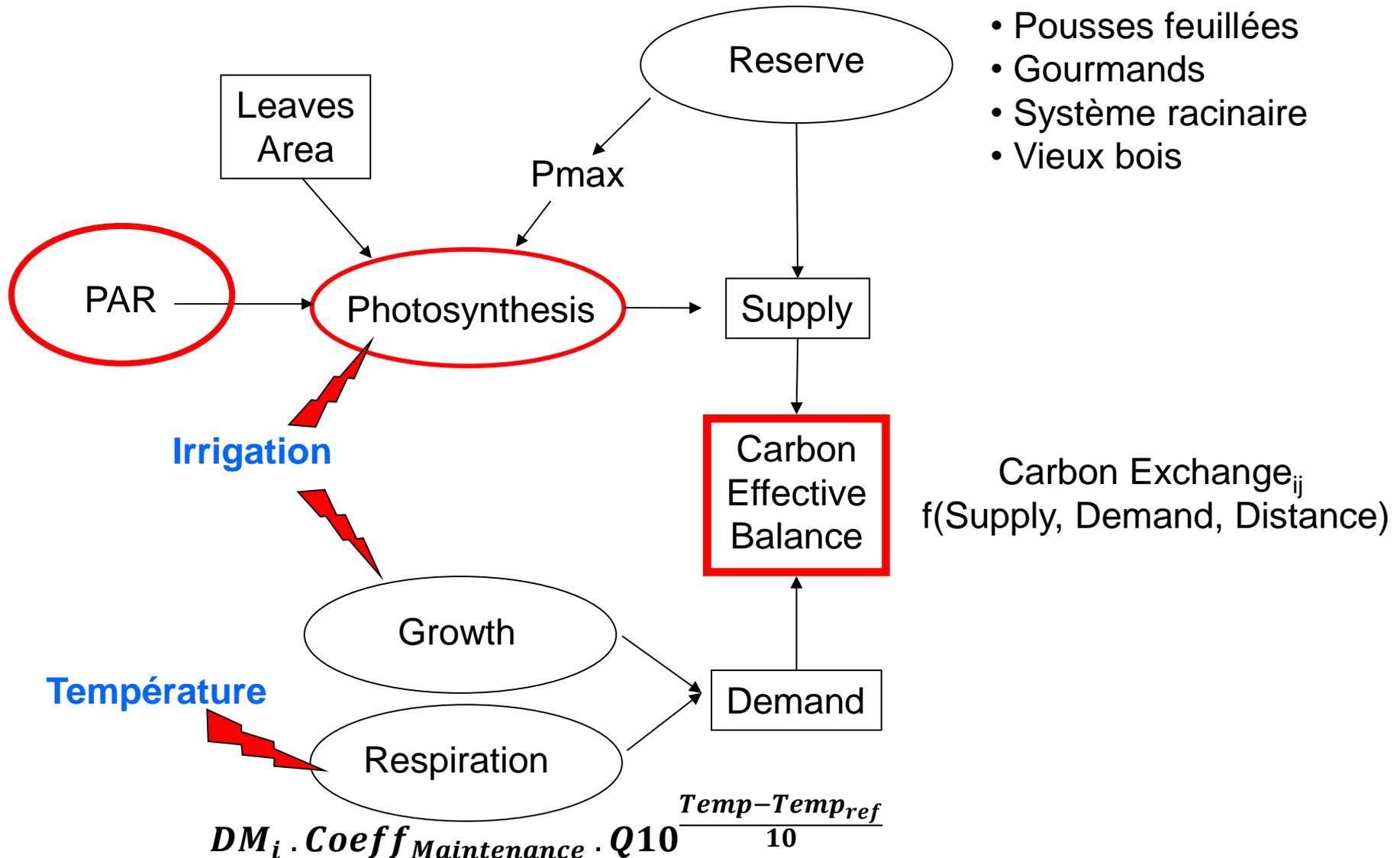
qualiTree : modèle de culture

modèle de culture axé sur la croissance du fruit et sa qualité en lien avec les pratiques culturales

- L'arbre est composé de différents compartiments
- Certains processus physiologiques sont modélisés
- Données d'entrées
- **Simulation de la croissance de l'arbre et des fruits au cours d'une saison de végétation**
 - Pas de modification de l'architecture de l'arbre
 - Simulation de la croissance après la floraison jusqu'à récolte des fruits
 - Pas de simulation pluriannuel
 - Pas de temps de la simulation : journalier



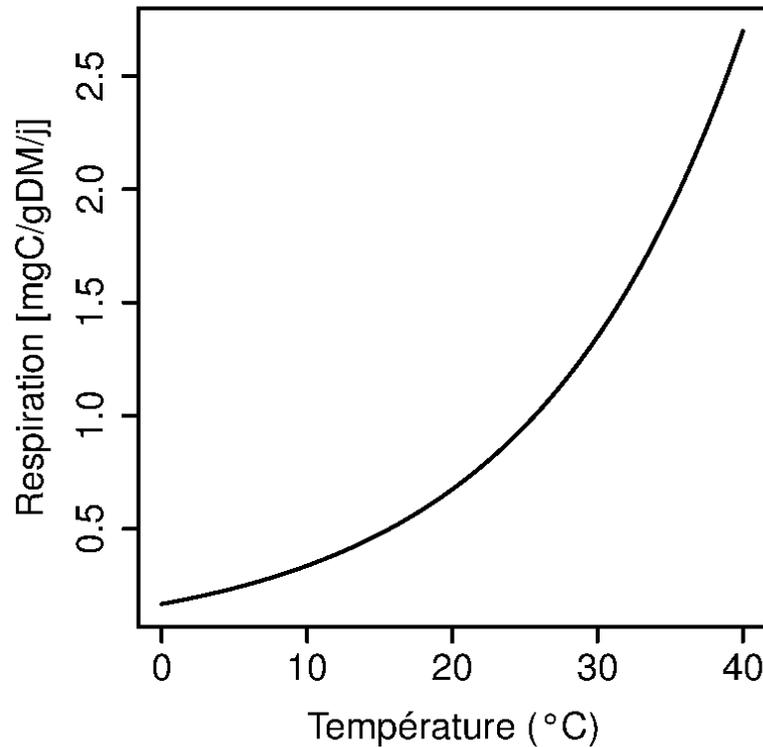
qualiTree : acquisition, demande, allocation C



qualiTree : acquisition, demande, allocation C

- **Respiration**

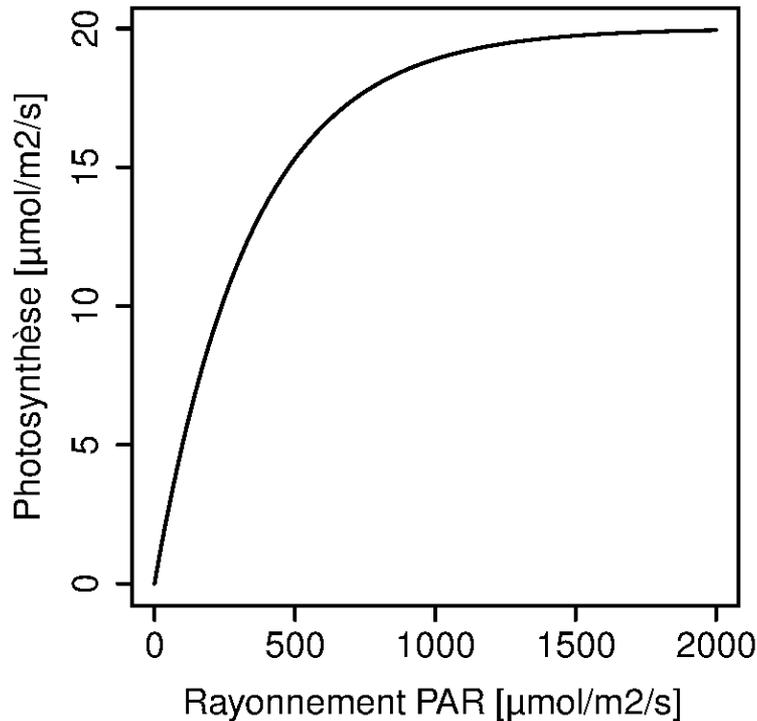
$$MR_{ls} = \left(DM_{leaf} MRR_{leaf} \cdot Q_{10}^{\frac{TEMP - \Theta_{ref}}{10}} \right)$$



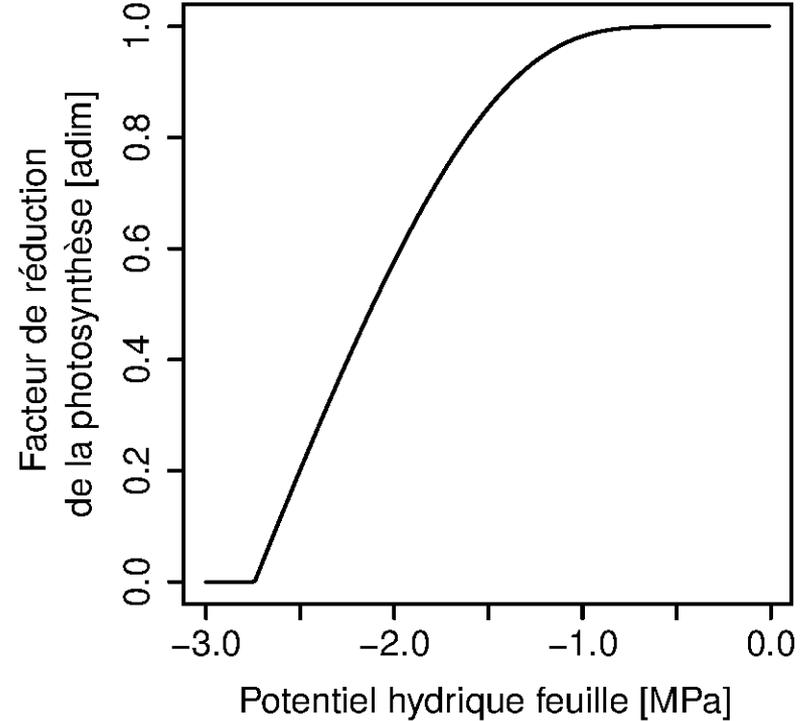
qualiTree : acquisition, demande, allocation C

- Respiration
- Photosynthèse

$$P_l = (p_{max} + alpha) \cdot \left(1 - e^{-\frac{p_4 \cdot PAR(i)}{p_{max} + alpha}} \right)$$



$$P_{max} = P_{max} \left(1 - e^{B_h \cdot \left(A_h + \frac{1}{\Psi} \right)} \right)$$

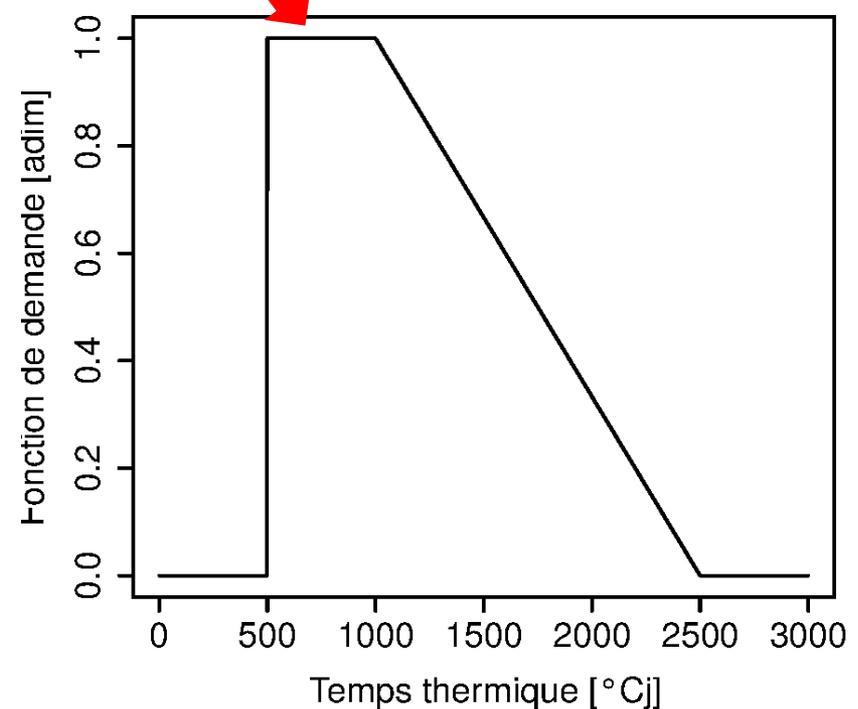
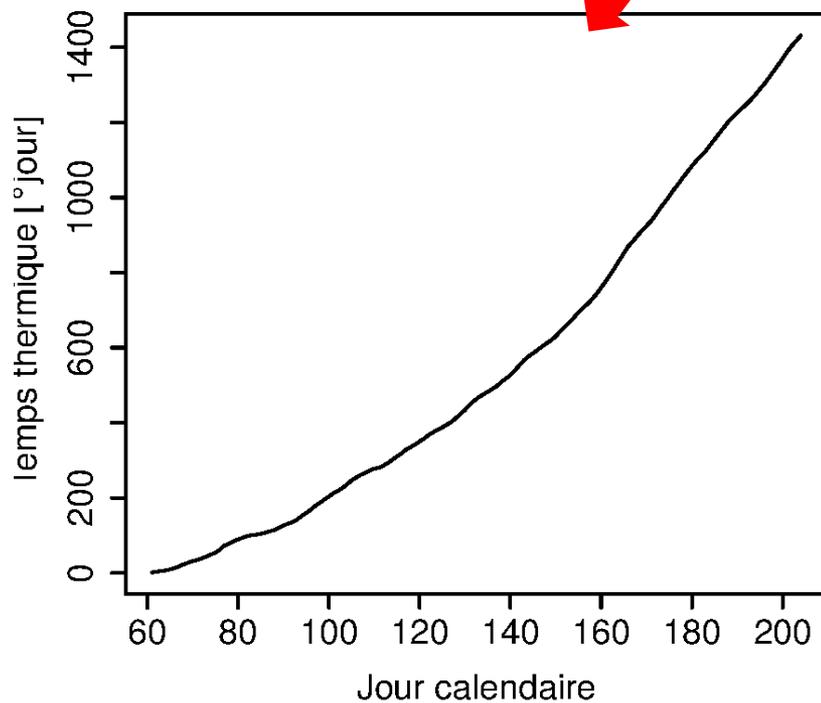


=> pas d'effet de la température sur la photosynthèse

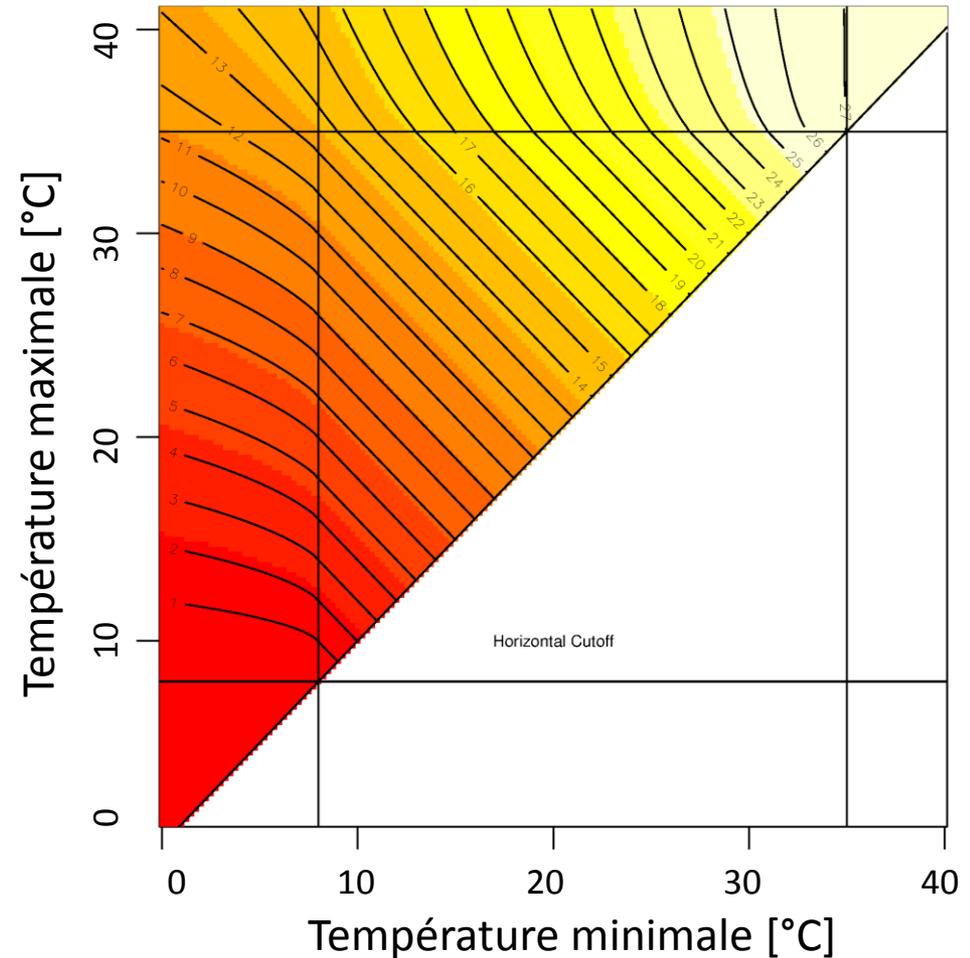
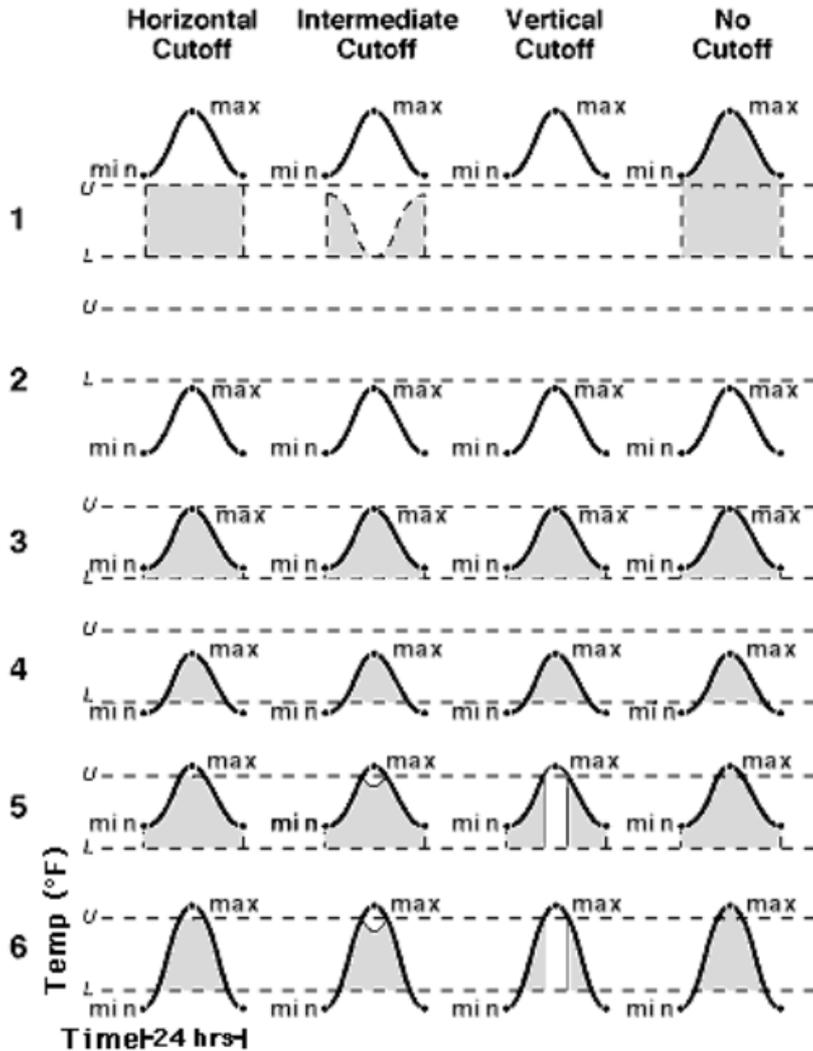
qualiTree : acquisition, demande, allocation C

- Respiration
- Photosynthèse
- Croissance

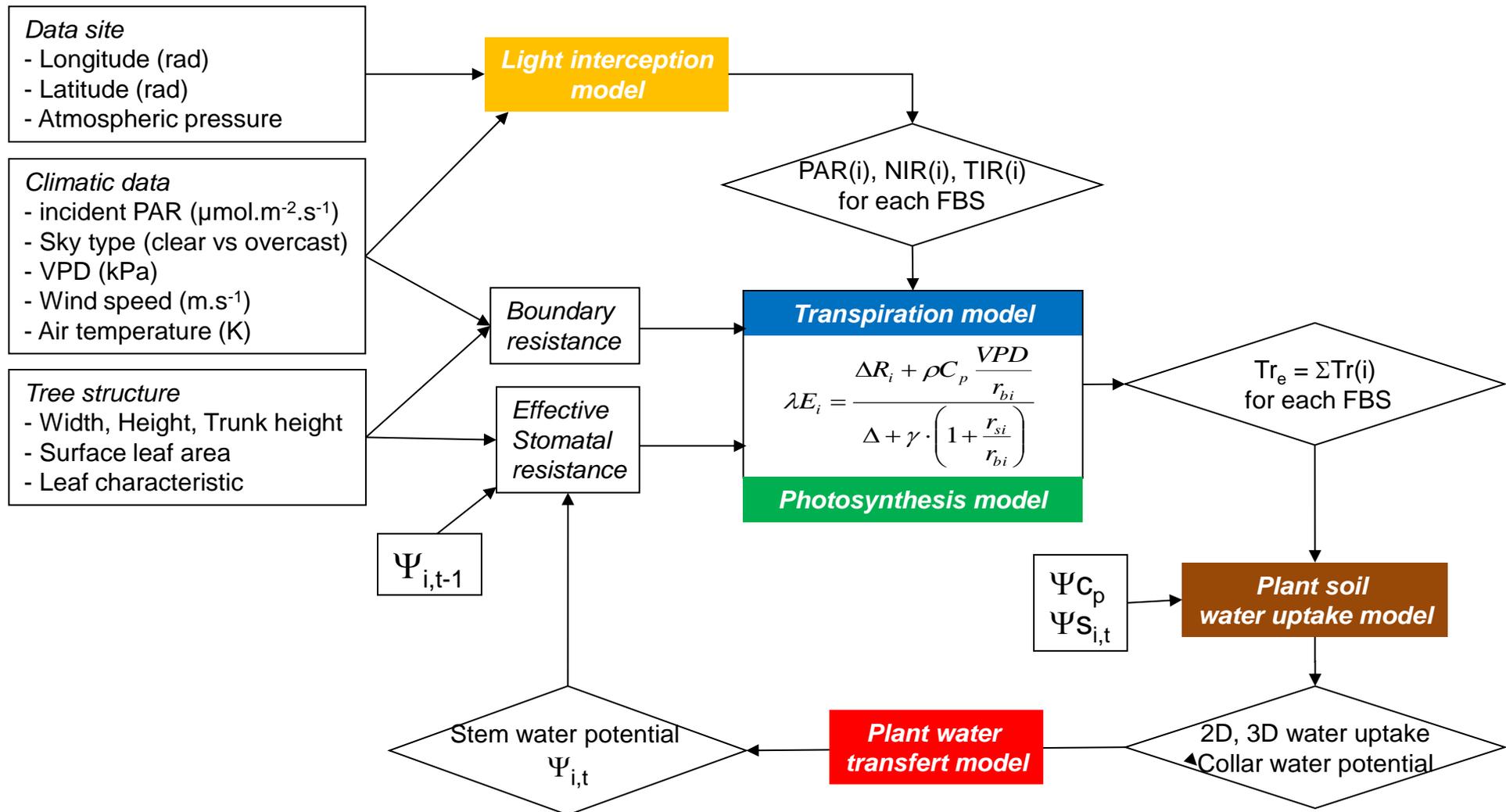
$$D_{ls} = Mb^{-1} \times (CC_{ls} + GRC_{ls}) \times \Delta DD \times RGR_{ls}^{ini} \times f(dd) \times W_{ls} \left(1 - \frac{SB_{ls} \times Mb}{SB_{ls}^{max}} \right) \times f(psi)$$



qualiTree : acquisition, demande, allocation C



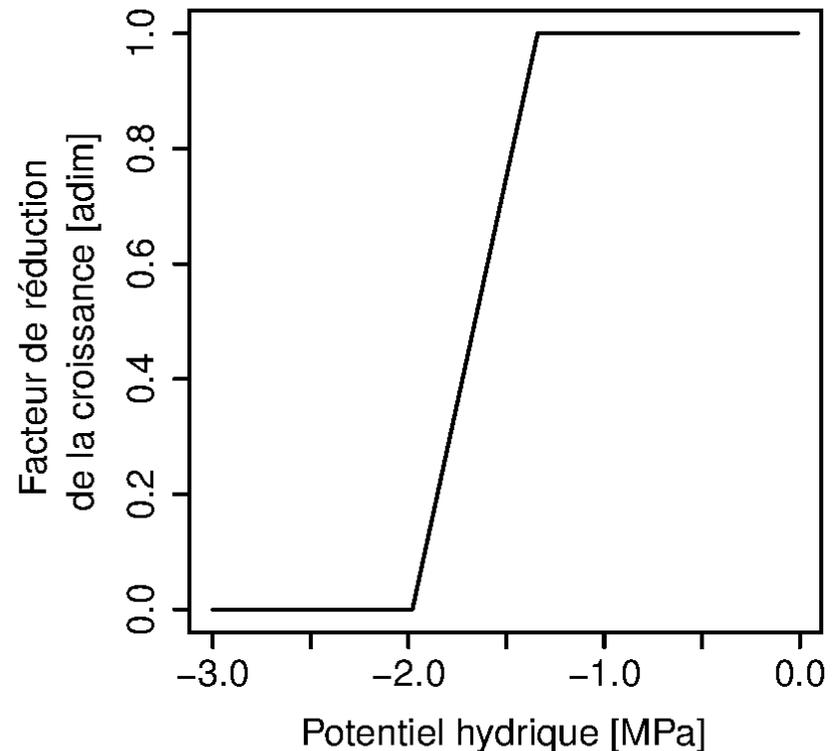
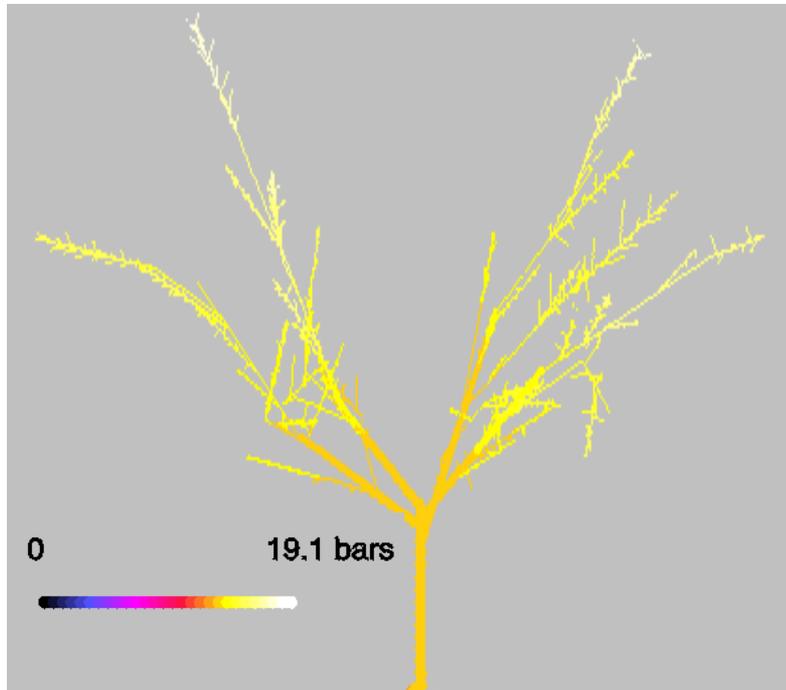
qualiTree : transpiration, disponibilité en eau, croissance



qualiTree : transpiration, disponibilité en eau, croissance

- Distribution du potentiel hydrique dans la plante
- Croissance des fruits : modèle fruit virtuel simplifié
- Croissance végétative :

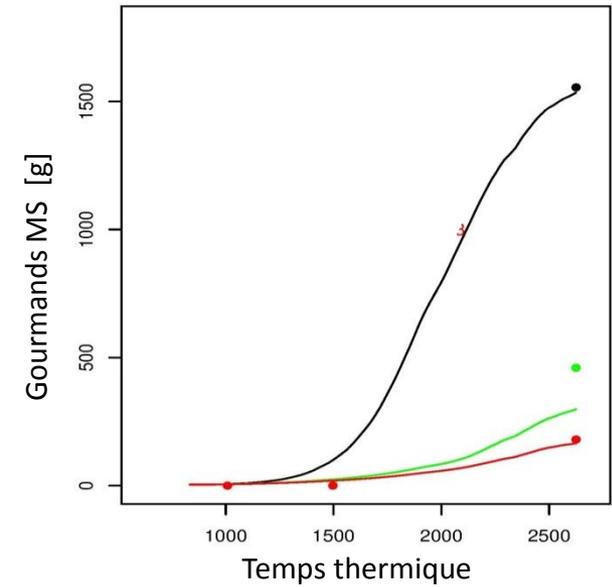
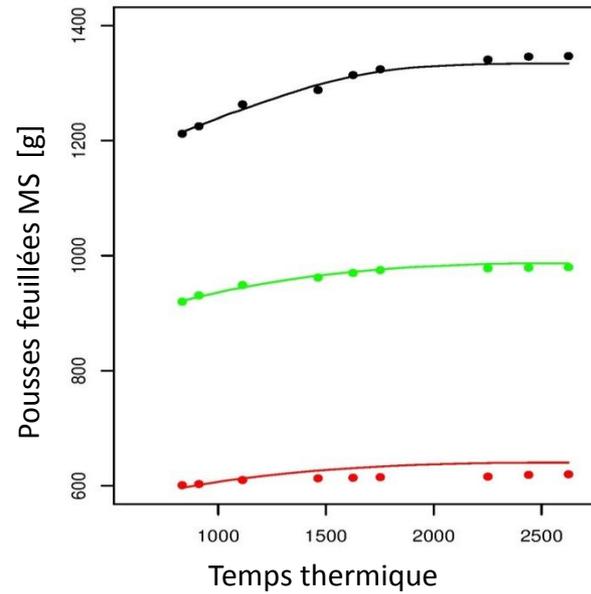
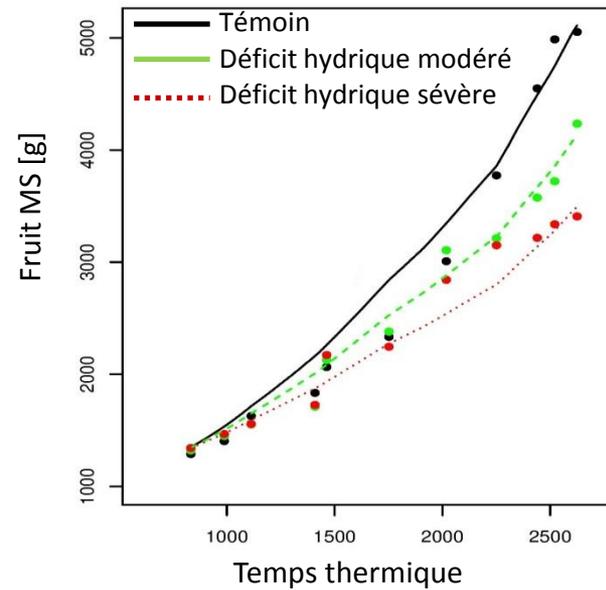
$$D_{ls} = Mb^{-1} \times (CC_{ls} + GRC_{ls}) \times \Delta DD \times RGR_{ls}^{ini} \times f(dd) \times W_{ls} \left(1 - \frac{SB_{ls} \times Mb}{SB_{ls}^{max}} \right) \times f(psi)$$



qualiTree : validations

1. Croissance en MS des différents compartiments en réponse à un déficit hydrique

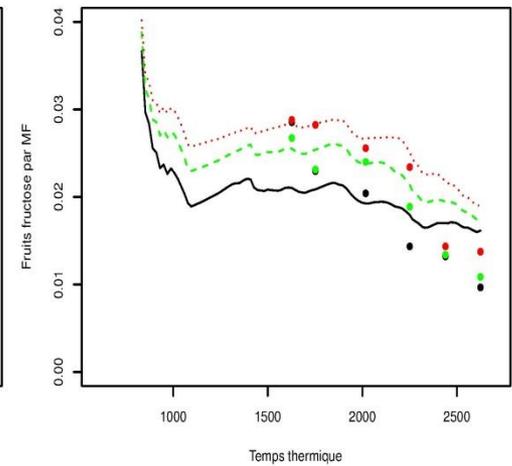
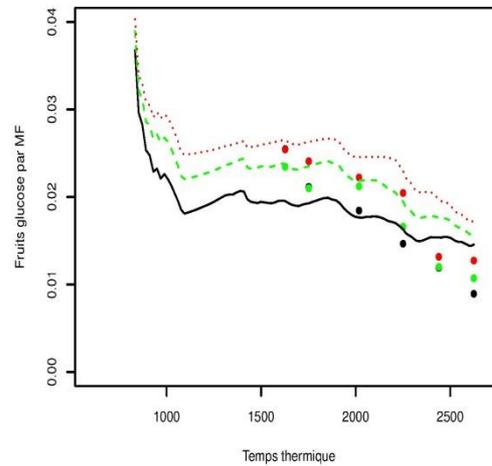
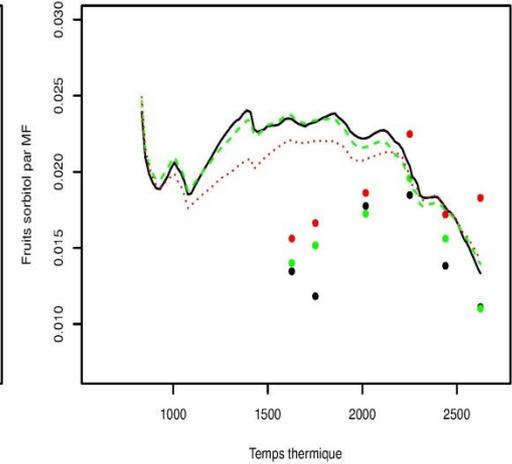
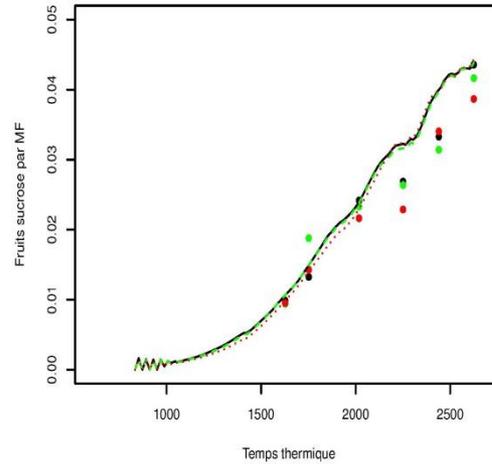
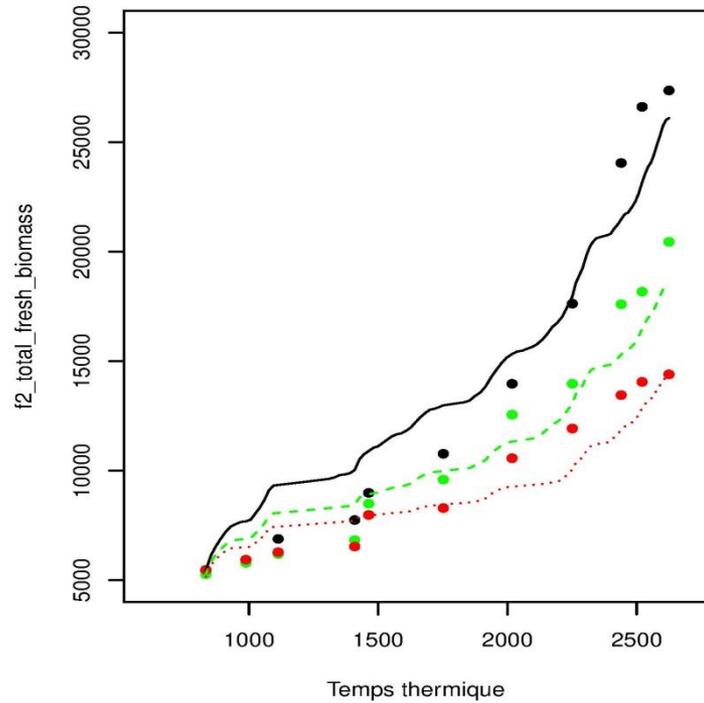
Rahmati et al., in prep.



qualiTree : validations

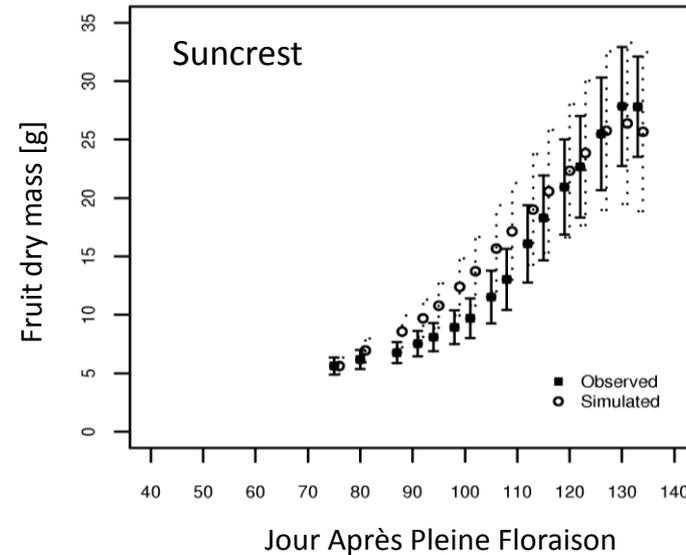
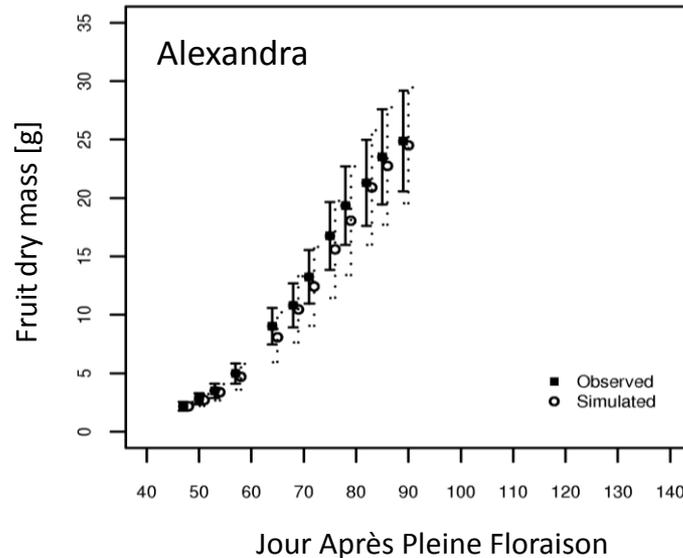
1. Croissance en MS des différents compartiments en réponse à un déficit hydrique
2. **Croissance en MF et des concentrations pour les fruits**

Rahmati et al., in prep.



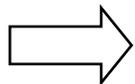
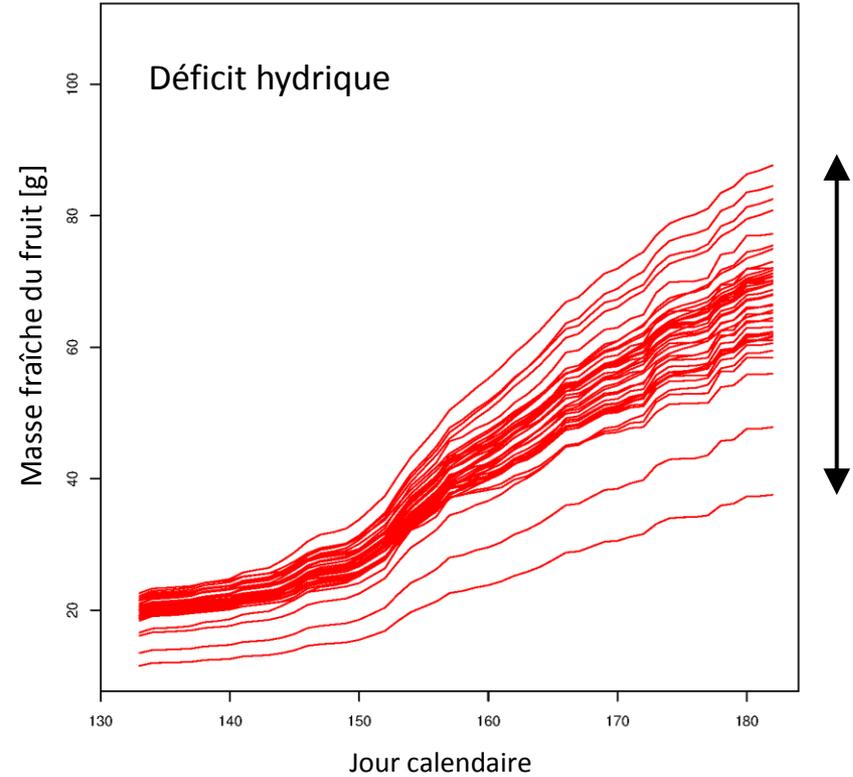
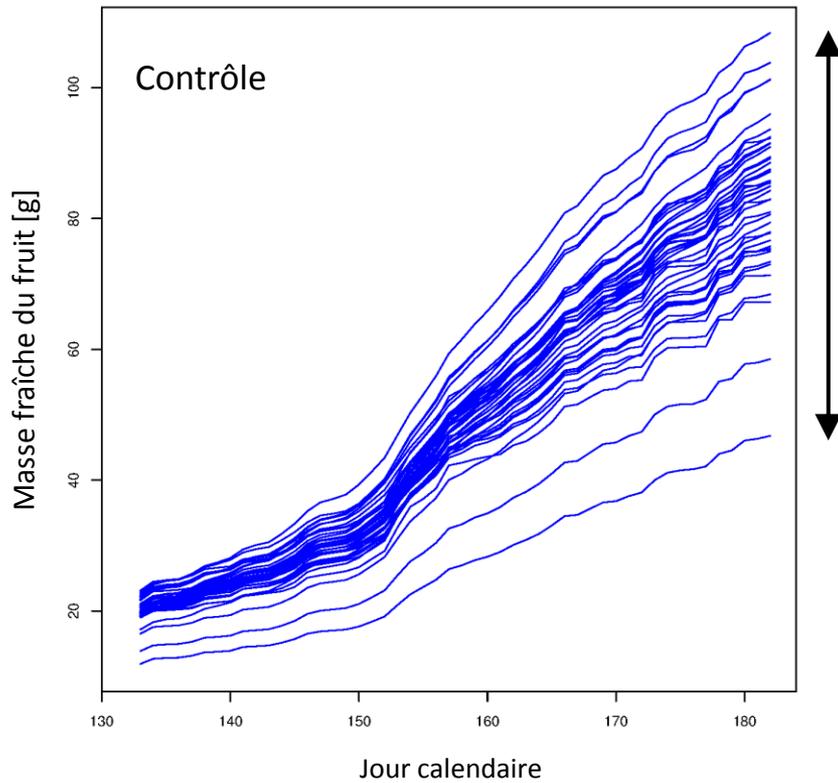
qualiTree : validations

1. Croissance en MS des différents compartiments en réponse à un déficit hydrique
2. Croissance en MF et des concentrations pour les fruits
3. **Variabilité de la croissance des fruits**
pour différentes variétés avec des dynamiques différentes



qualiTree : quelques simulations

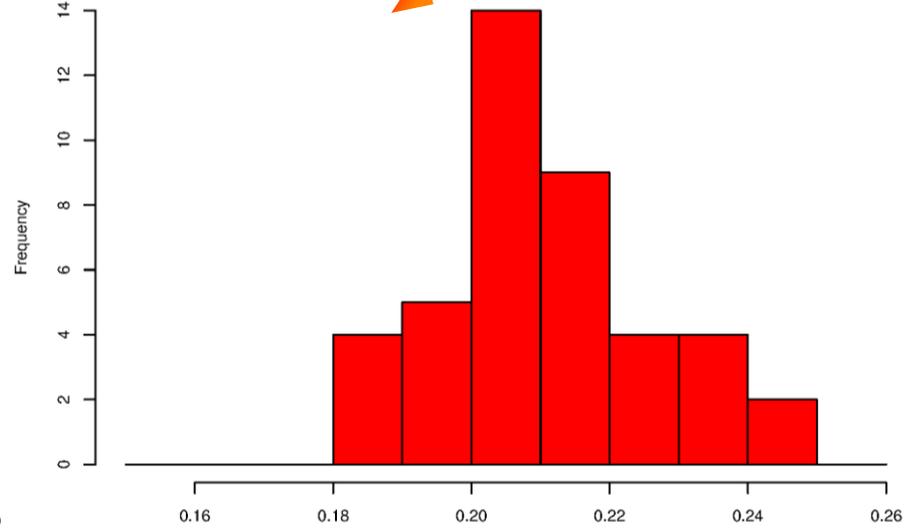
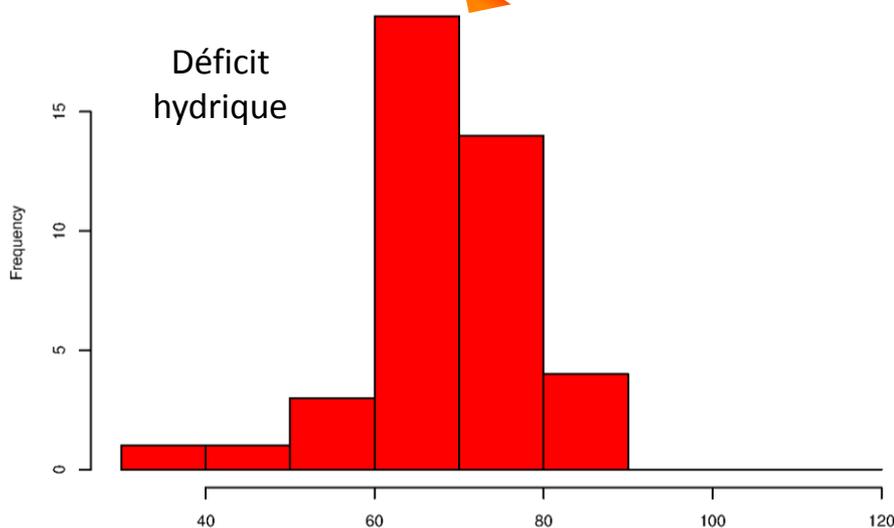
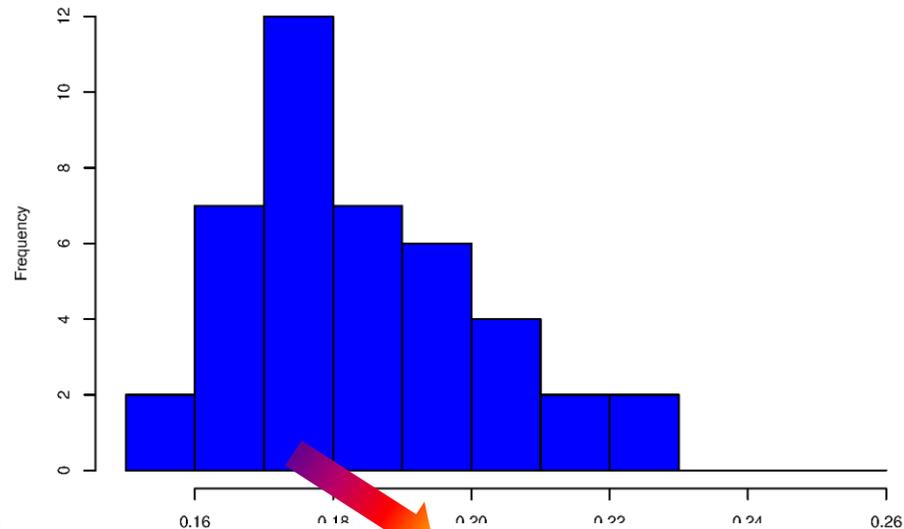
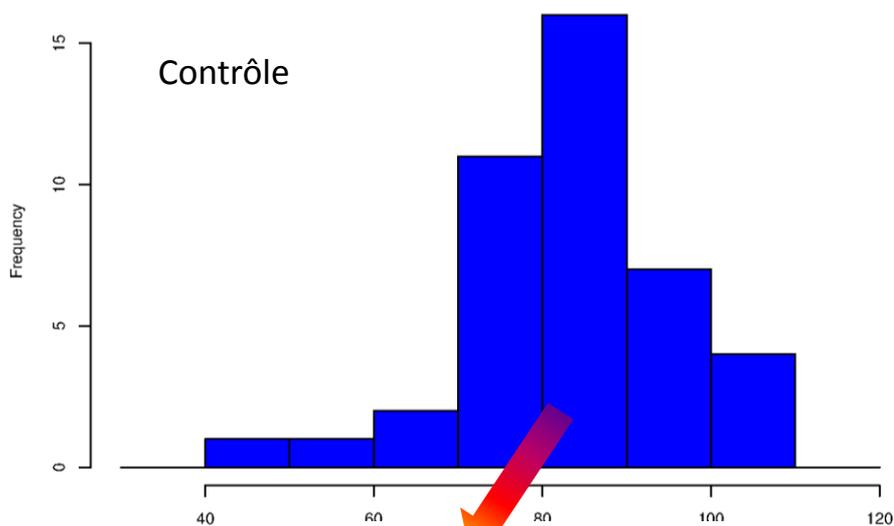
1. Forte variabilité de la croissance des fruits au sein de l'arbre



Variabilité de la croissance des fruits au sein de l'arbre

qualiTree : quelques simulations

1. Forte variabilité de la croissance des fruits au sein de l'arbre
2. **Effet du déficit hydrique sur la calibre du fruit et sa teneur en MS**

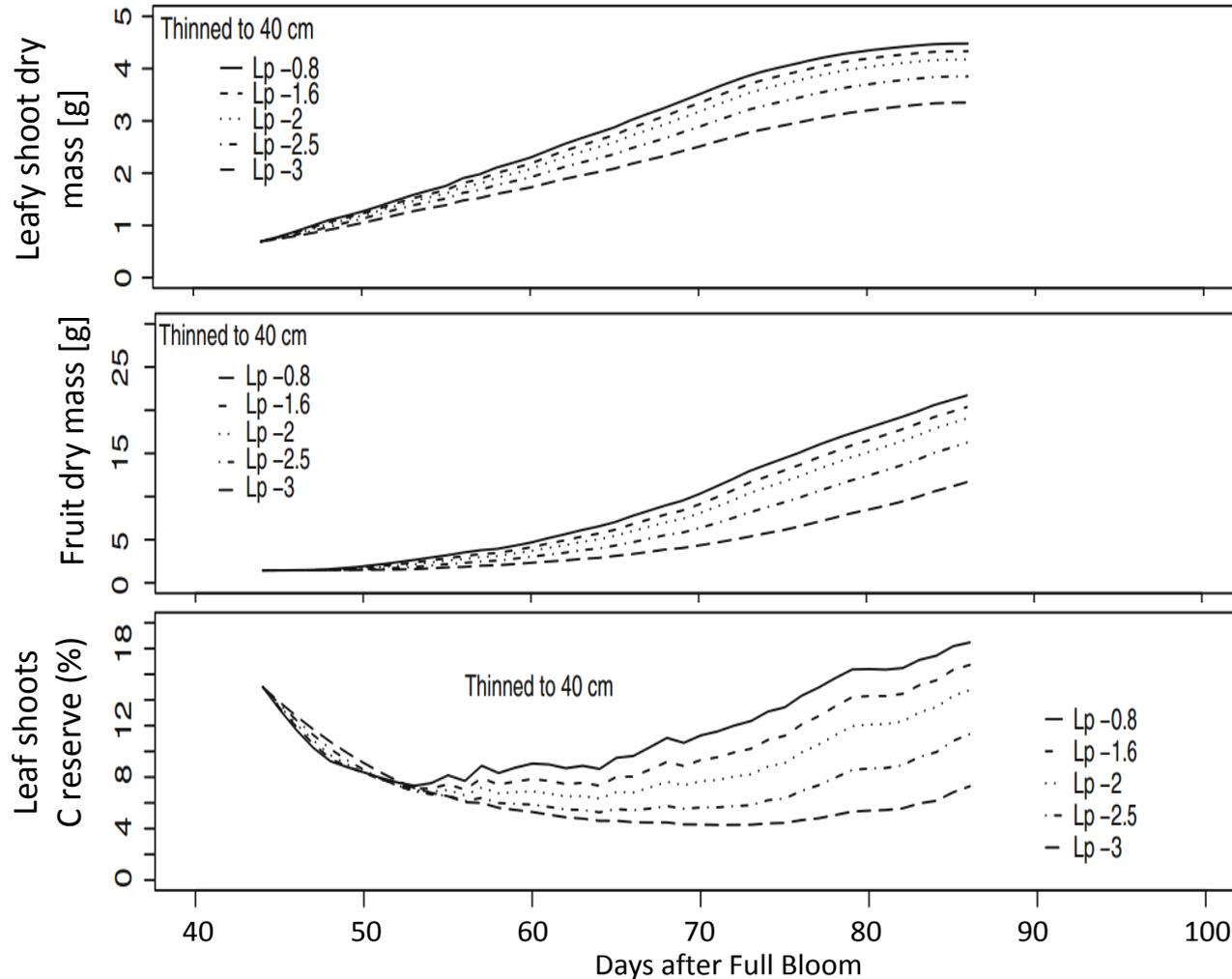


Masse fraîche du fruit à la récolte [g]

Teneur en MS du fruit à la récolte [g]

qualiTree : quelques simulations

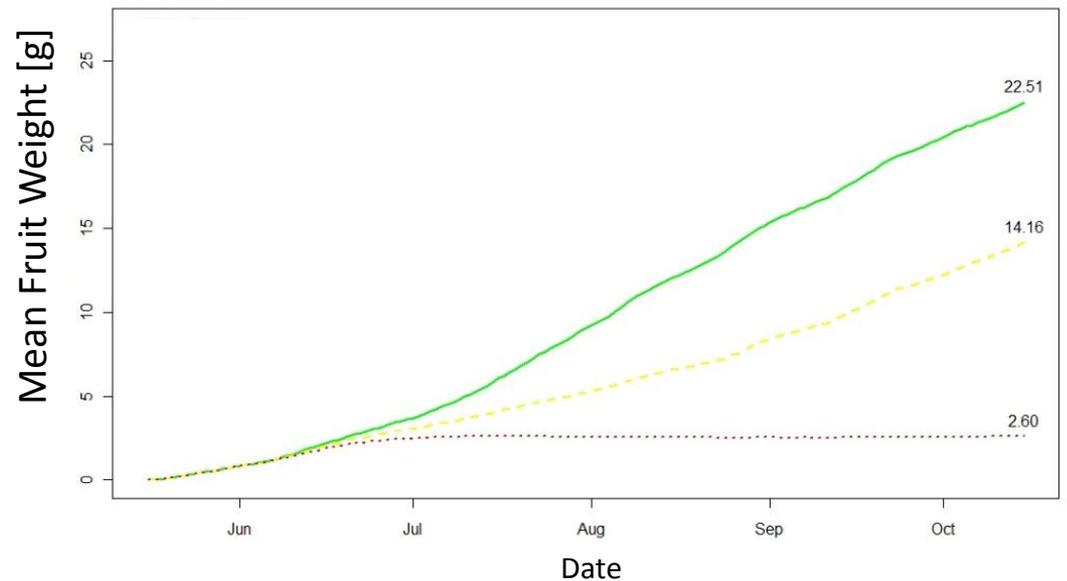
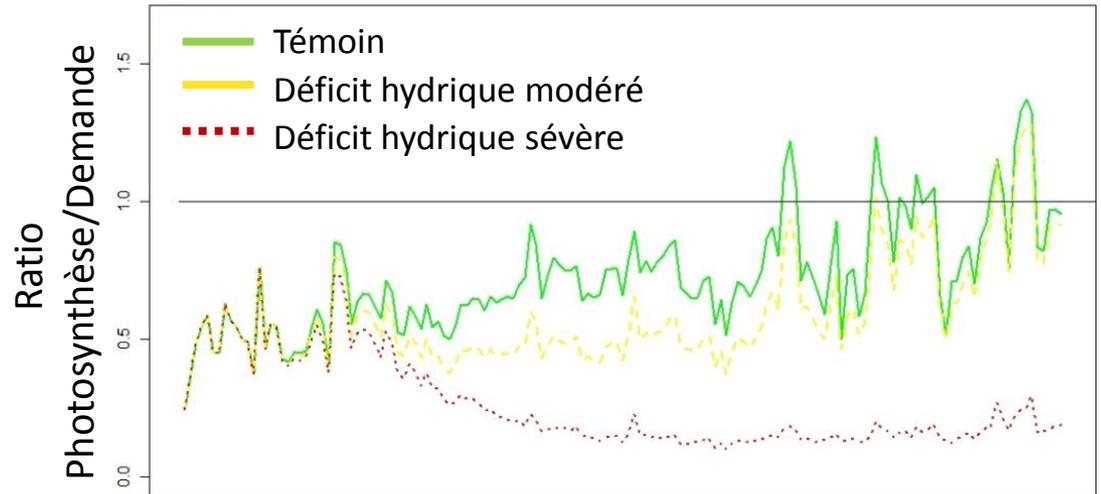
1. Forte variabilité de la croissance des fruits au sein de l'arbre
2. Effet du déficit hydrique sur la calibre du fruit et sa teneur en MS
3. **Effet des pratiques sur le fonctionnement de la plante et la croissance des fruits**



qualiTree : quelle généricité ?

Collab. INRA-AGAP : D. Da Silva, W. Yang, B. Pallas, E. Costes

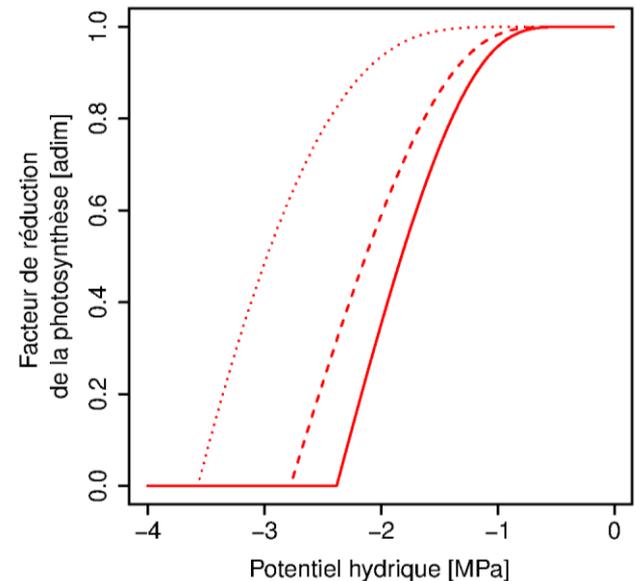
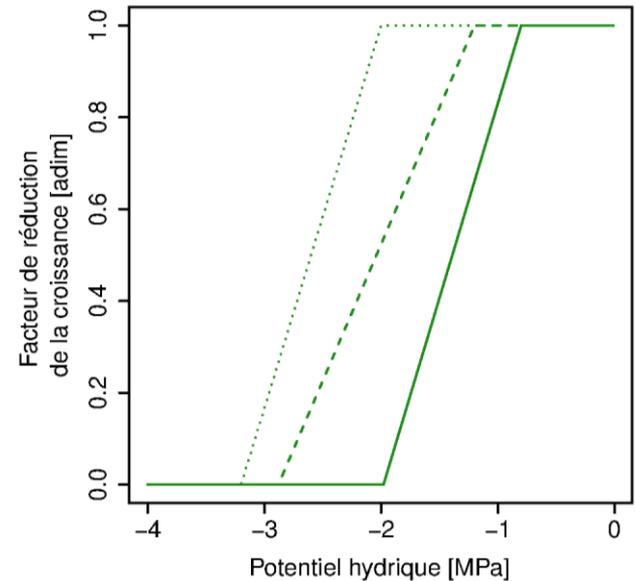
Couplage avec MAppleT : modèle simulant l'architecture du pommier



qualiTree : quelle généricité ?

Paramétrage du modèle qualiTree

- Croissance des organes
 - Croissance potentielle des organes
 - Dynamique de croissance
 - Sensibilité aux facteurs environnementaux :
 - déficit hydrique,
 - température ...
- Assimilation
 - Effet du niveau de rayonnement
 - Feedback négatif de l'accumulation d'amidon sur la photosynthèse
 - Effet du déficit hydrique sur l'assimilation
- Qualité des fruits



qualiTree : conclusions / perspectives

□ Conclusion

- Intérêt du modèle comme outil d'intégration des effets des facteurs du milieu sur de nombreux processus en interaction

exemple d'une augmentation de la température de l'air

- Emergence, durée de croissance :
 - Mise en place plus rapide de la surface foliaire
 - Raccourcissement de la phase de croissance du fruit
 - Photosynthèse :
 - Augmentation de la photosynthèse à l'échelle de l'arbre (via surface foliaire)
 - Effet positif/négatif de la température sur la photosynthèse surfacique
- ⇒ Quel effet sur la croissance du fruit et sa qualité ?

qualiTree : conclusions / perspectives

❑ Conclusions

- Intérêt du modèle comme outil d'intégration des effets des facteurs du milieu sur de nombreux processus en interaction
- Simulation pour des scénarios climatiques variables :
 - températures diurne et nocturne,
 - précipitation/irrigation ...
- Adaptation des pratiques culturelles dans le cadre du changement climatique
 - Éclaircissage
 - Taille ...

qualiTree : conclusions / perspectives

❑ Conclusions

- Intérêt du modèle comme outil d'intégration des effets des facteurs du milieu sur de nombreux processus en interaction
- Simulation pour des scénarios climatiques variables :
 - températures diurne et nocturne,
 - précipitation/irrigation ...
- Adaptation des pratiques culturales dans le cadre du changement climatique
 - Éclaircissage
 - Taille ...

❑ Perspectives

- Effet de la température sur d'autres processus que seulement la respiration et la croissance et pas seulement sous la forme du temps thermique
- Notion de température seuil/optimale/maximale pour différents processus :
 - émergence, croissance, photosynthèse ...
- Simulation plus précoce
 - Effet de la température sur floraison (date, intensité, qualité), fécondation, nouaison ...
- Simulation pluriannuelle : effet cumulatif

qualiTree : transpiration, disponibilité en eau, croissance

Light interception and radiative balance at the FBS scale

- PAR_i : incident PAR on the FBS
- Rn_i : net radiation absorbed by the FBS
- $LeafTemp_i$: leaf temperature

Model :

- Plant is represented as a set of ellipsoid
- Leaves are assumed to be uniformly distributed within the ellipsoid
- Light traversing the ellipsoid is attenuated according to Beer's law
- Estimation :
 - for the PAR,
 - for the NIR,
 - for longwave radiation (thermal infrared),
- with specific parameters dealing with scattering and transmission

