



Observation de la phénologie : Signaux moléculaires & tissulaires



Qui sommes-nous ?

Bénédicte Wenden

- Floraison
- Plantes annuelles
- Arbres fruitiers
- Phénologie
- Dormance
- Biologie moléculaire
- Réseaux de gènes
- Modélisation
- Analyse et visualisation de données

Guillaume Charrier

- Résistance au gel
- (Eco)Physiologie des arbres
- Métabolisme carboné
- Dormance
- Phénologie
- Nucléation / Propagation de la glace
- Conductivité hydraulique
- Stress abiotique
- Modélisation mécaniste





Qu'entendons-nous par signaux biologiques?





Contexte de l'atelier

Phénologie : on pense souvent à des stades visibles

→ Echelle BBCH, ateliers signaux optiques

MAIS certains stades sont invisibles à l'œil nu ou difficiles à observer

- Initiation florale
- Levée de dormance
- Sénescence

Méthodes pour suivre ces stades:

⇒ Echelle moléculaire (Béné)

⇒ Echelle Tissulaire (Gui)





Contexte de l'atelier

Modèles biologiques

- ⇒ Microorganismes
- ⇒ Animaux
- ⇒ Plantes en général (dormance graines)
- ⇒ Plantes annuelles (vernalisation)
- ⇒ Plantes pérennes (dormance)
 - ⇒ Herbacés
 - ⇒ **Ligneux**



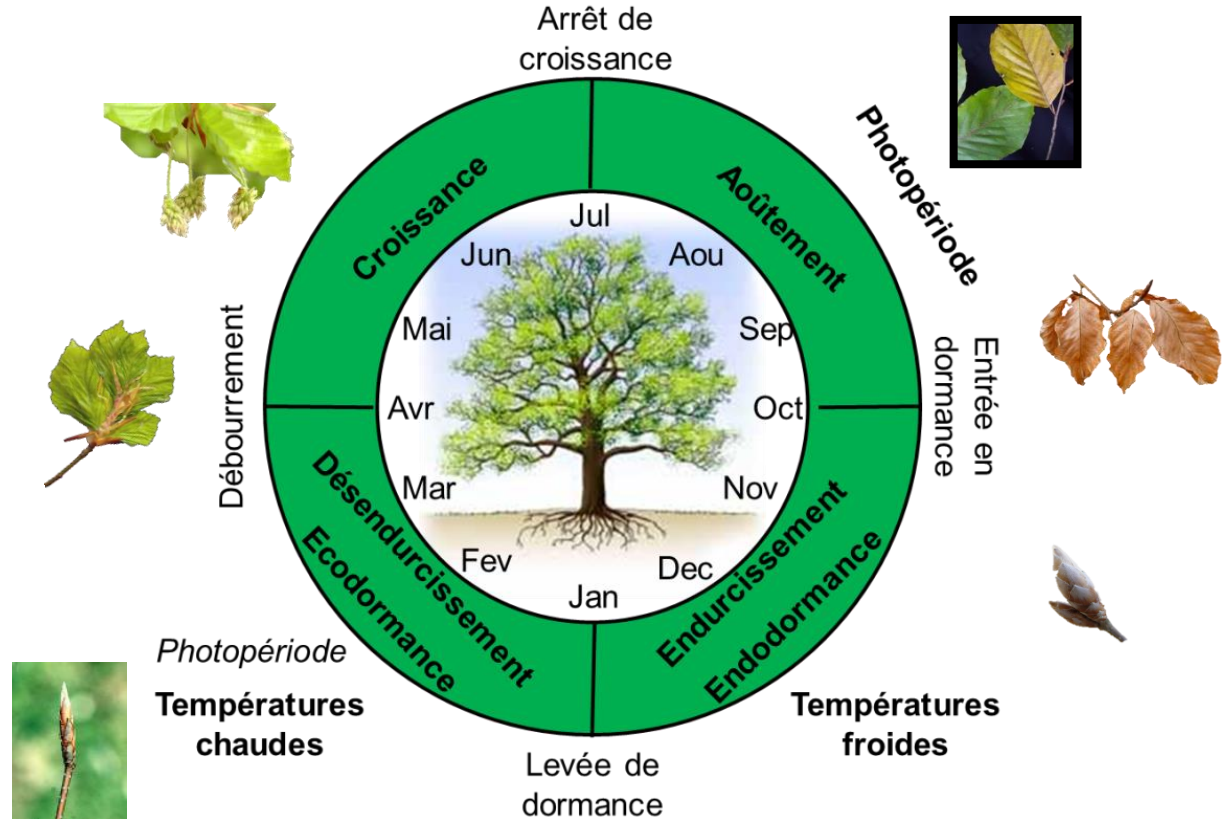


Exemple des plantes pérennes

Paradormance : inhibitions de croissance extérieure au bourgeon (ex. présence des feuilles)

endodormance : inhibition intrinsèque : levée par température froide

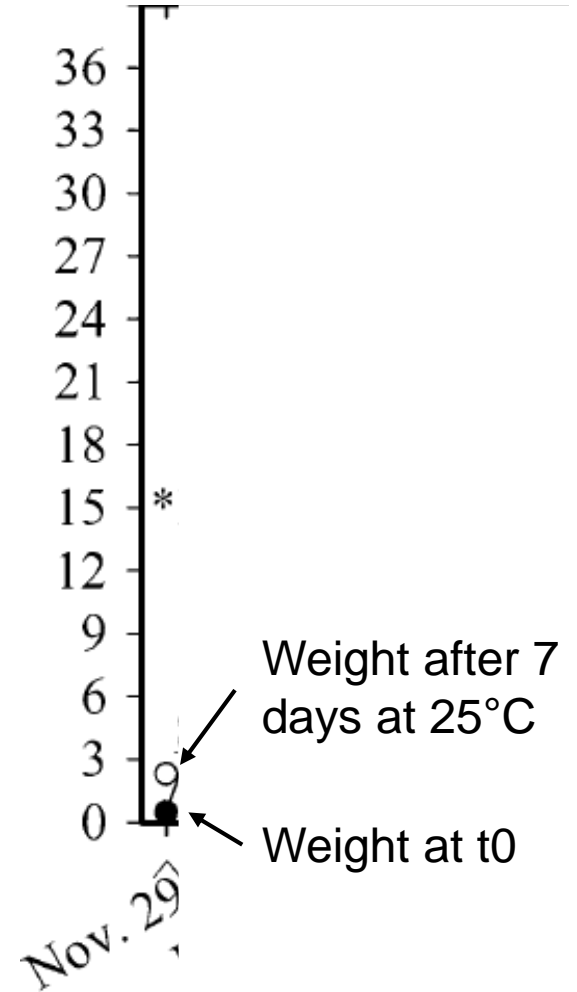
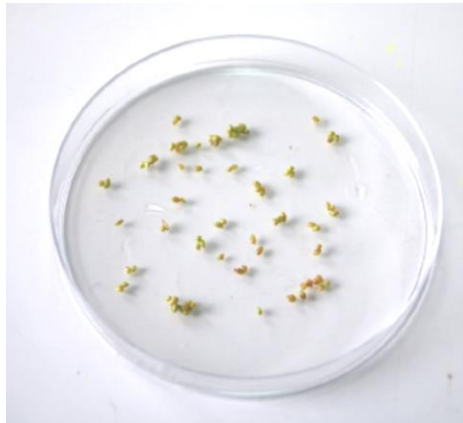
écodormance : inhibition liée aux conditions environnementales : levée par température chaude, jours longs



Comment suivre la dormance ??



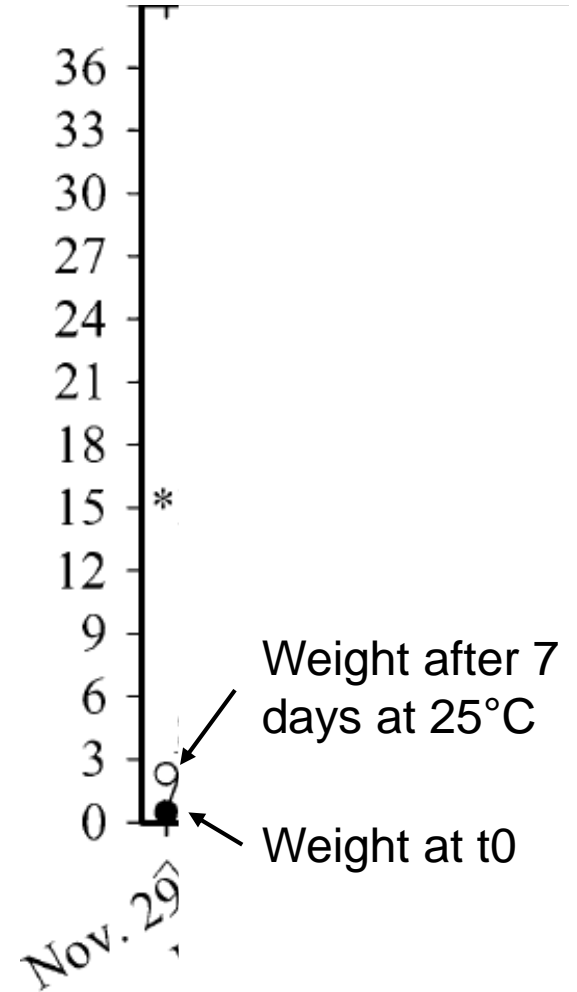
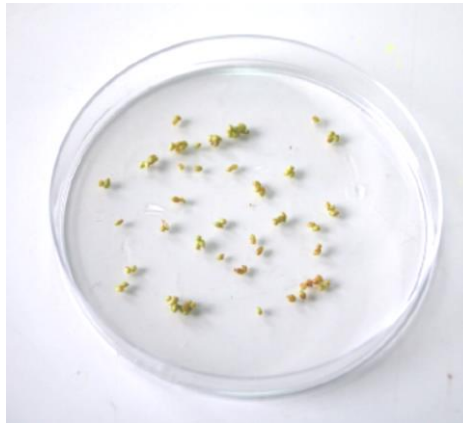
Test de Tabuenca



Comment suivre la dormance ??



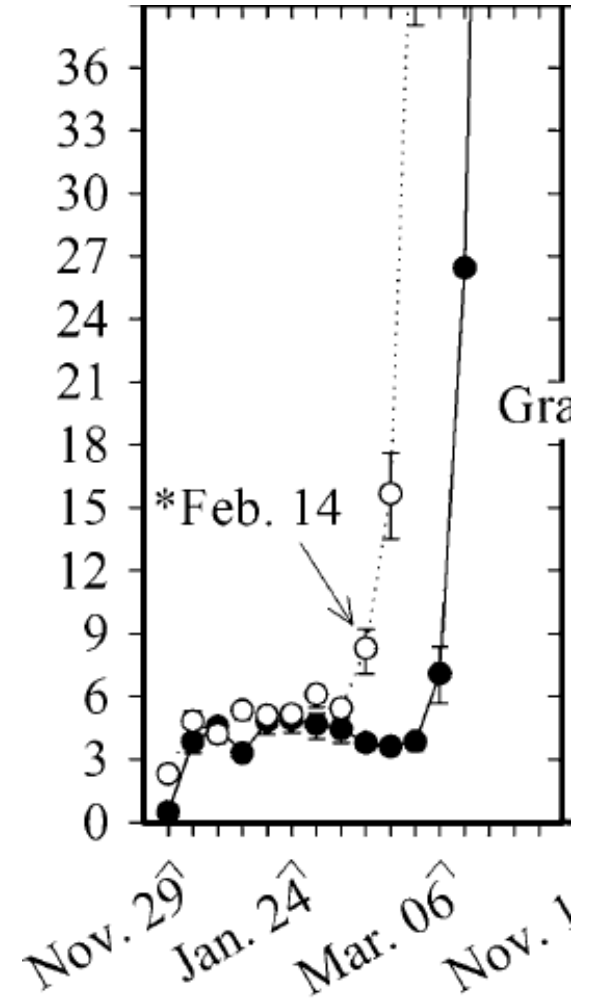
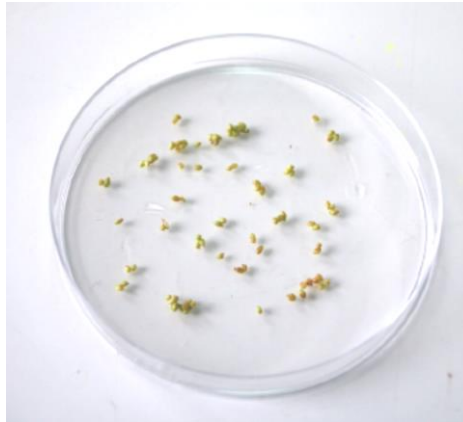
Test de Tabuenca



Comment suivre la dormance ??



Test de Tabuenca



Comment suivre la dormance ??



Test de boutures de nœuds



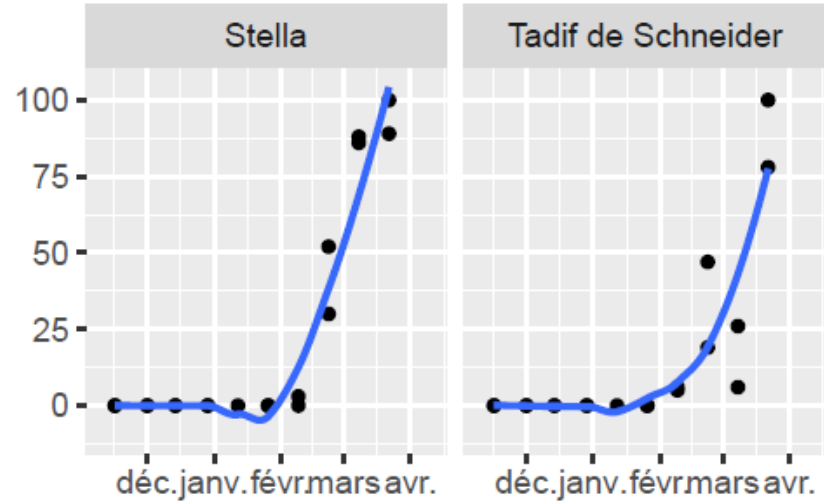
Comment suivre la dormance ??



Forçage sur rameaux



Pourcentage de débourrement après 10 jours en forçage





Comment suivre la dormance ??

- Test de Tabuenca
- Test de boutures de nœuds
- Forçage sur rameaux
 - Gourmand en matériel
 - Chronophage
 - Biais des conditions de forçage
 - Résultat à posteriori



Question scientifique sous-jacente



Peut-on suivre les stades phénologiques cachés en analysant les signaux internes aux organismes au cours de leur cycle ?



Question scientifique sous-jacente

➡ Peut-on suivre les stades phénologiques cachés en analysant les signaux internes aux organismes au cours de leur cycle ?

➡ Quels marqueurs ?

➡ Comment ?



Signaux biologiques à l'échelle moléculaire





Quelles molécules ?

Point important : connaître certains mécanismes

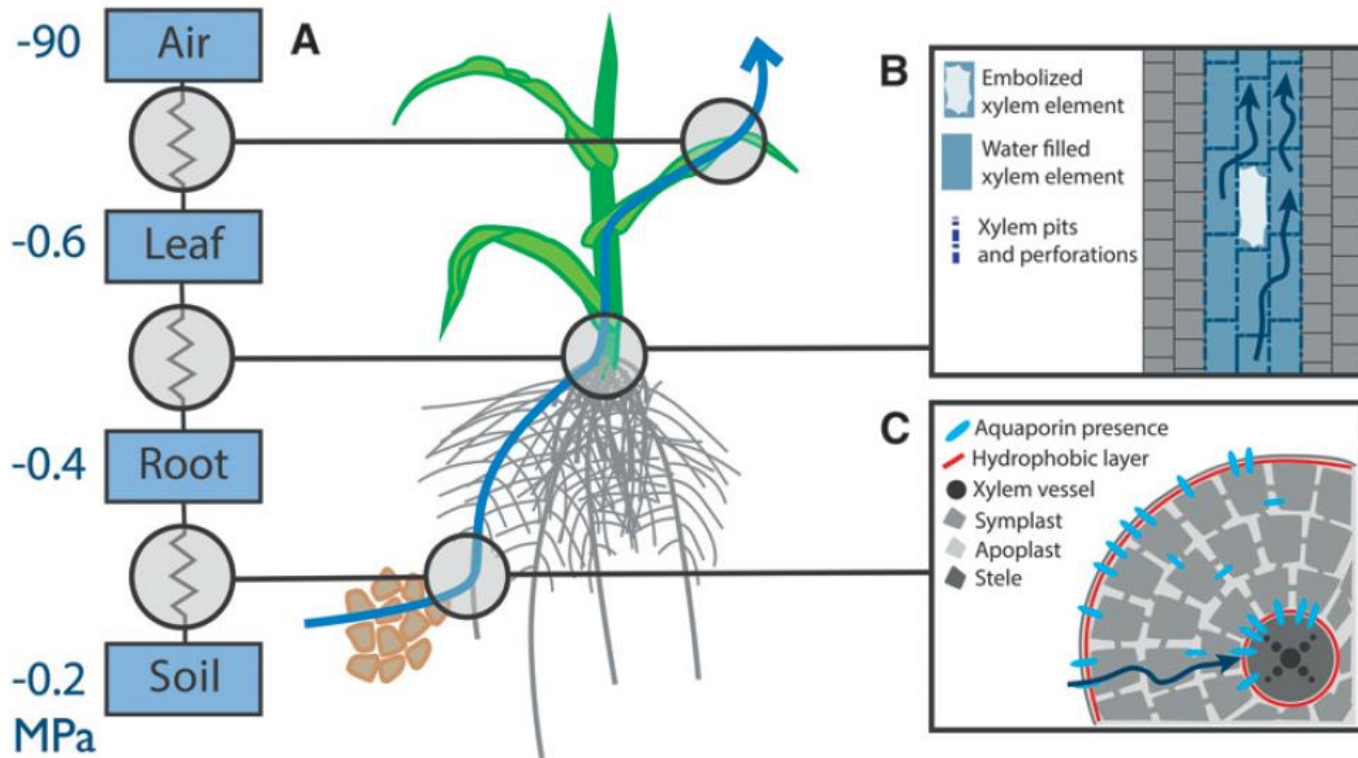
- Physiologie
- Ecophysiologie
- Métabolisme / Energie
- Statut hydrique

- Sucres/amidon
- Gènes exprimés
- Protéines
- Nucléotides (NTP, ATP)
- Hormones (ABA, GA, CK, Aux, ...)
- ROS (H₂O₂)



Quelles molécules ? Eau

Contenu en eau et potentiel hydrique



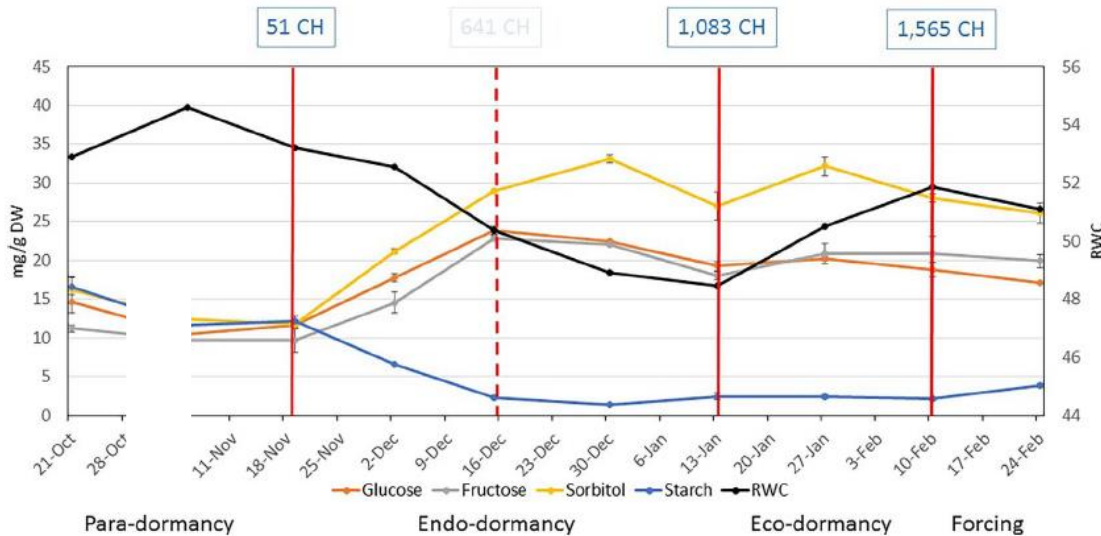


Quelles molécules ? Eau

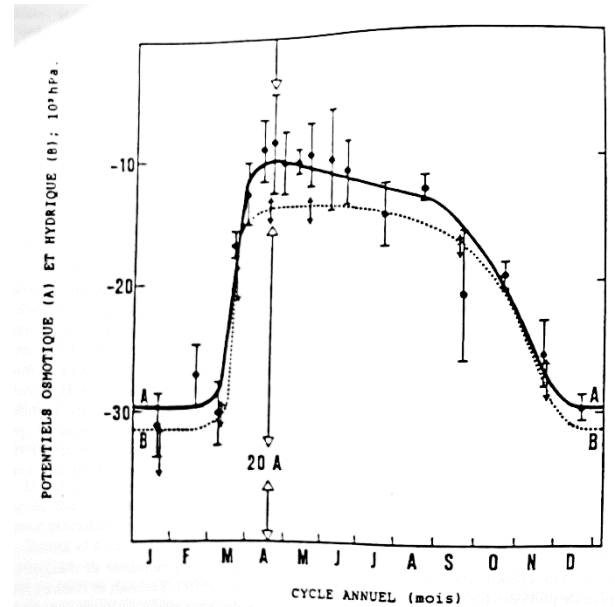


Contenu en eau, potentiels hydrique et osmotique
Exemple de la dormance des arbres

Carbohydrate and RWC content over the course of winter 2014/15
cv. 'Schneiders'



Haufmann & Blanke, 2017, J. Plant Physiol.



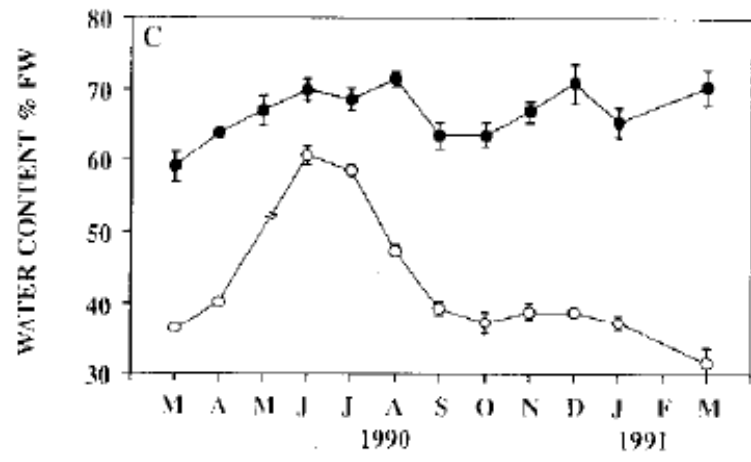
Cottignies, 1990



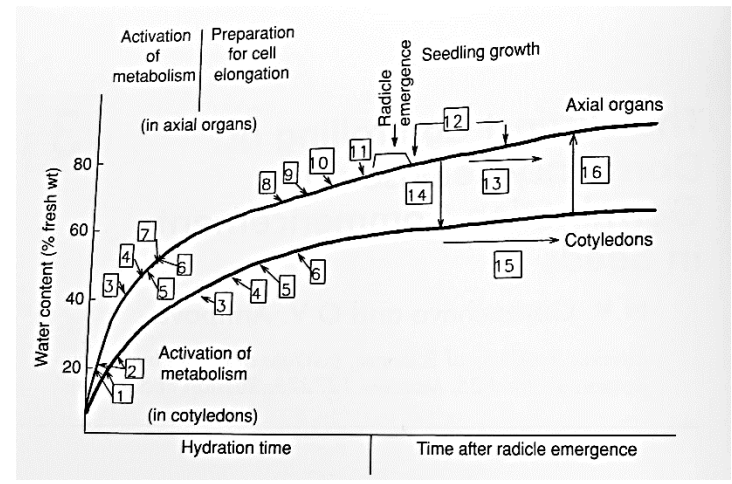
Quelles molécules ? Eau

Contenu en eau et potentiel hydrique

Exemple de la dormance des arbres, de la germination de graines



Rinne et al., 1994, Tree Physiol.



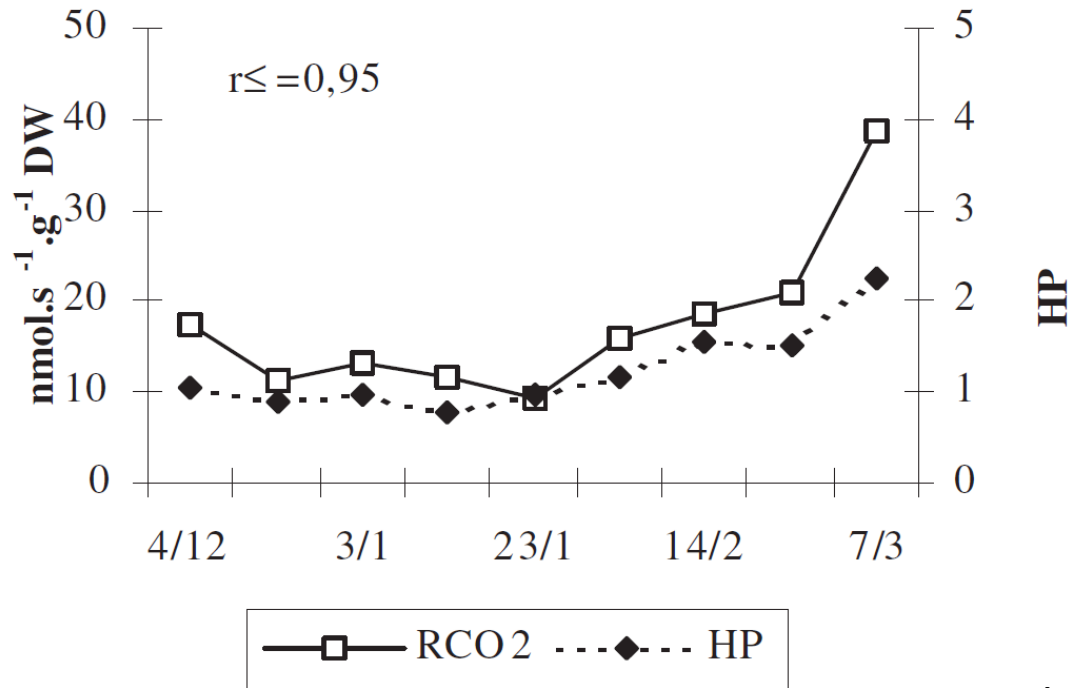
Obroucheva & Antipova, 2000





Quelles molécules ? Eau et énergétique

Contenu en eau et reprise d'activité métabolique



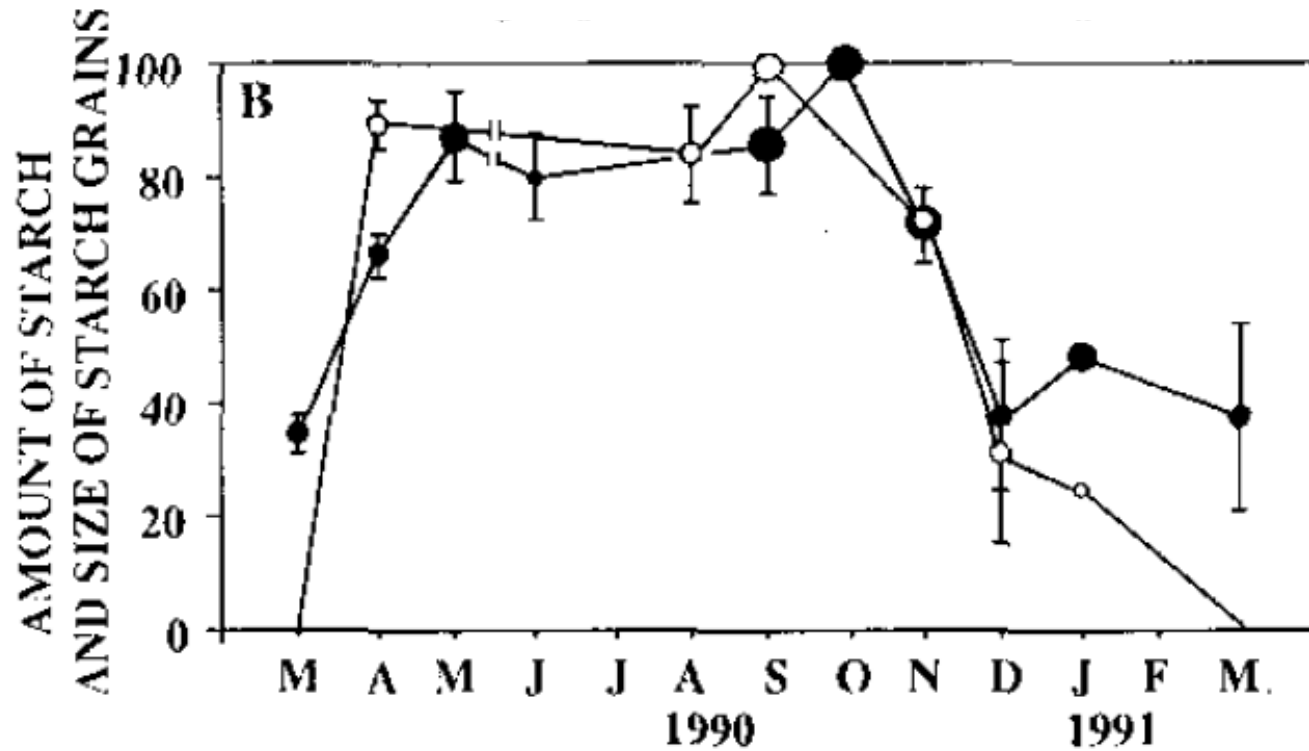
Leite *et al.*, 2006

Respiration et contenu en eau (Pêcher)



Quelles molécules ? Sucres

Sucres et composés carbonés – exemple de la dormance des arbres

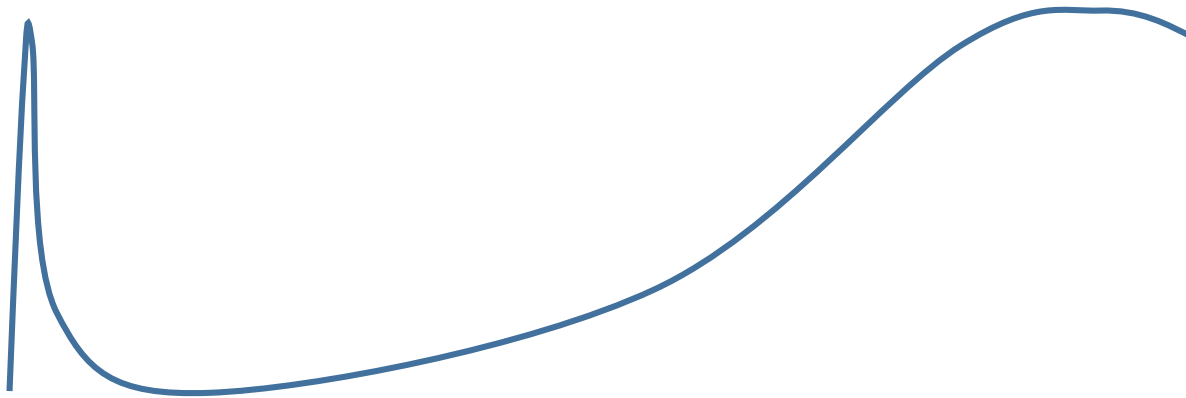
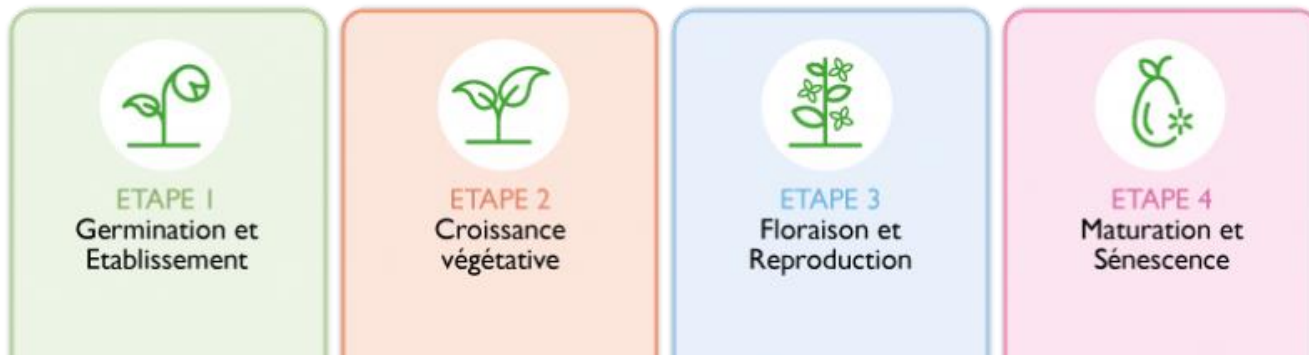




Quelles molécules ? Hormones

Acide abscissique

- Intervient à des étapes clés du développement des plantes





Quelles molécules ? Hormones

Acide abscissique

- Intervient à des étapes clés du développement des plantes
- Hormone du stress
- Dormance de la graine
- Sénescence et dormance





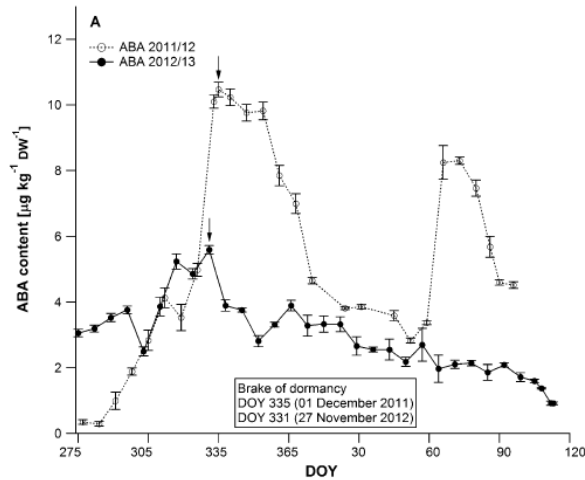
Quelles molécules ? Hormones



Acide abscissique – exemple de la dormance des arbres

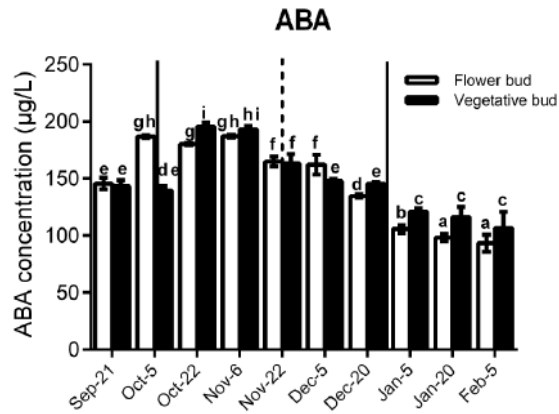
Cerisier

(Götz *et al.*, Scientia Horticulturae, 2014)



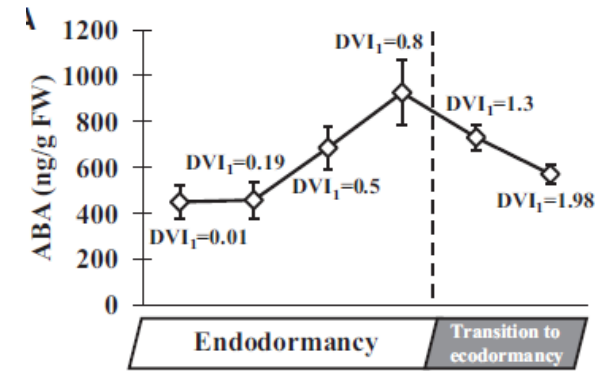
Pêcher

Wang *et al.*, Frontiers in Plant Science, 2016



Poirier

Tuan *et al.*, PCP, 2017



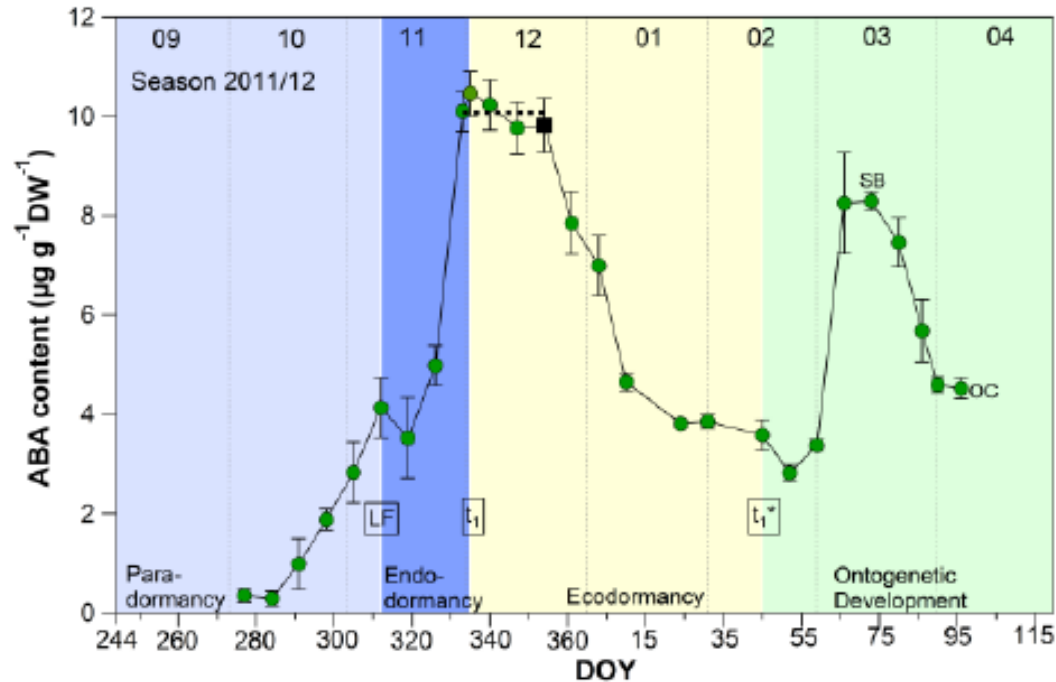


Quelles molécules ? Hormones



Acide abscissique – exemple de la dormance des arbres

Suivi des phases de dormance chez le cerisier (Chmielewski et al., 2017, Journal of Horticulture)



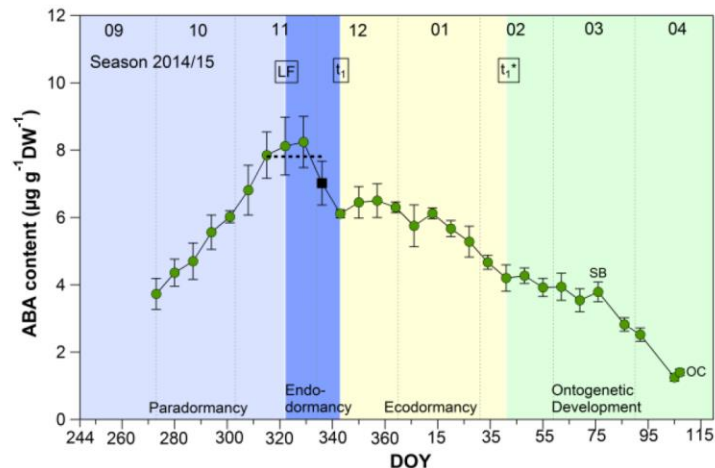
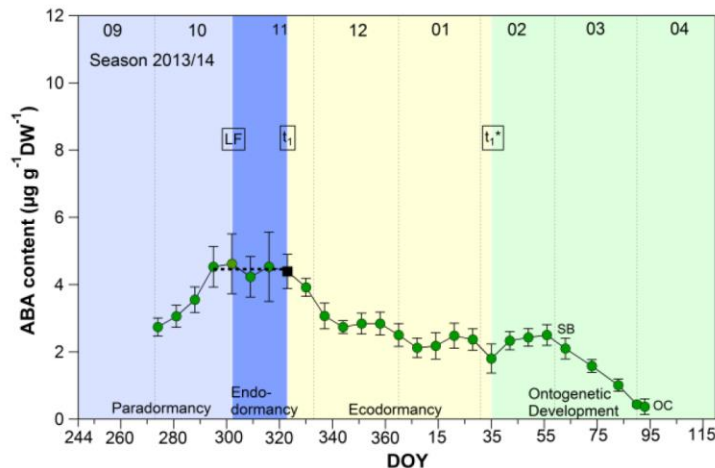
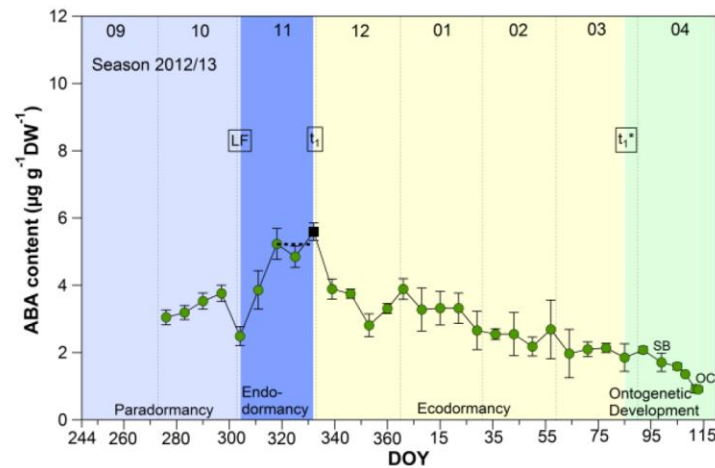
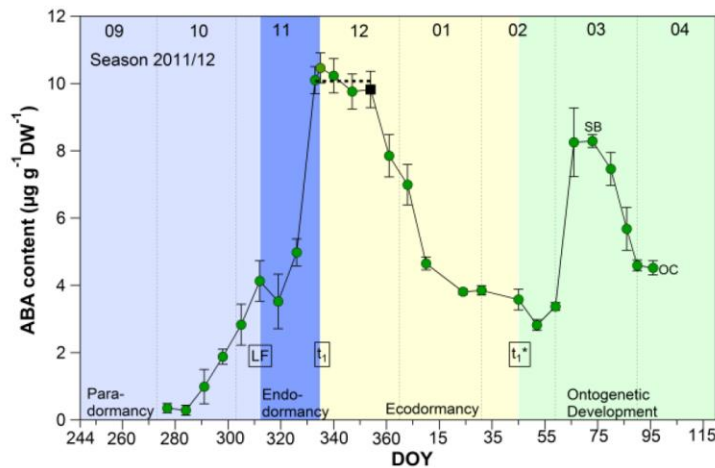


Quelles molécules ? Hormones



Acide abscissique – exemple de la dormance des arbres

Suivi des phases de dormance chez le cerisier (Chmielewski et al., 2017, Journal of Horticulture)

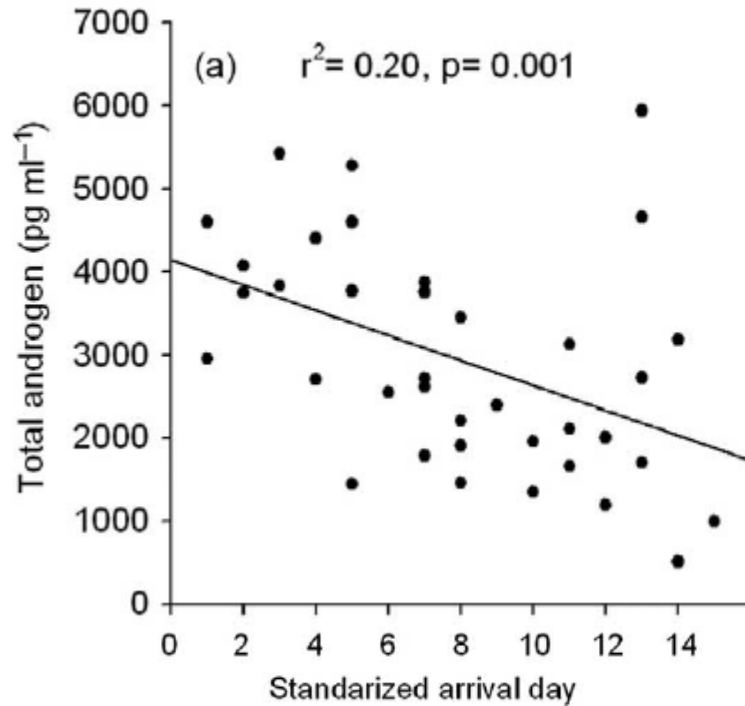




Quelles molécules ? Hormones

Androgènes – exemple de la reproduction d'un oiseau migrateur

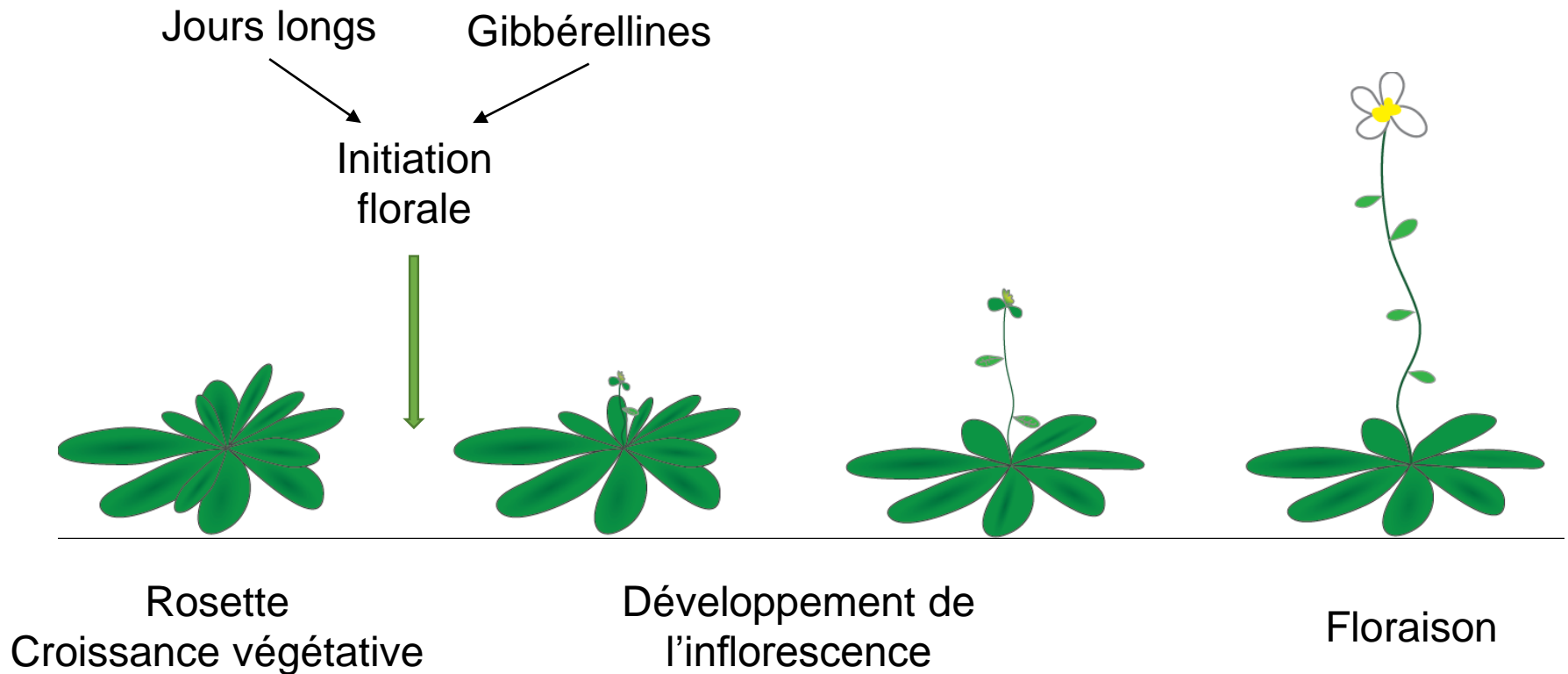
La quantité d'androgènes chez les mâles influence la date d'arrivée au site de reproduction





Quelles molécules ? Gènes candidats

Exemple de l'initiation florale chez *Arabidopsis thaliana*

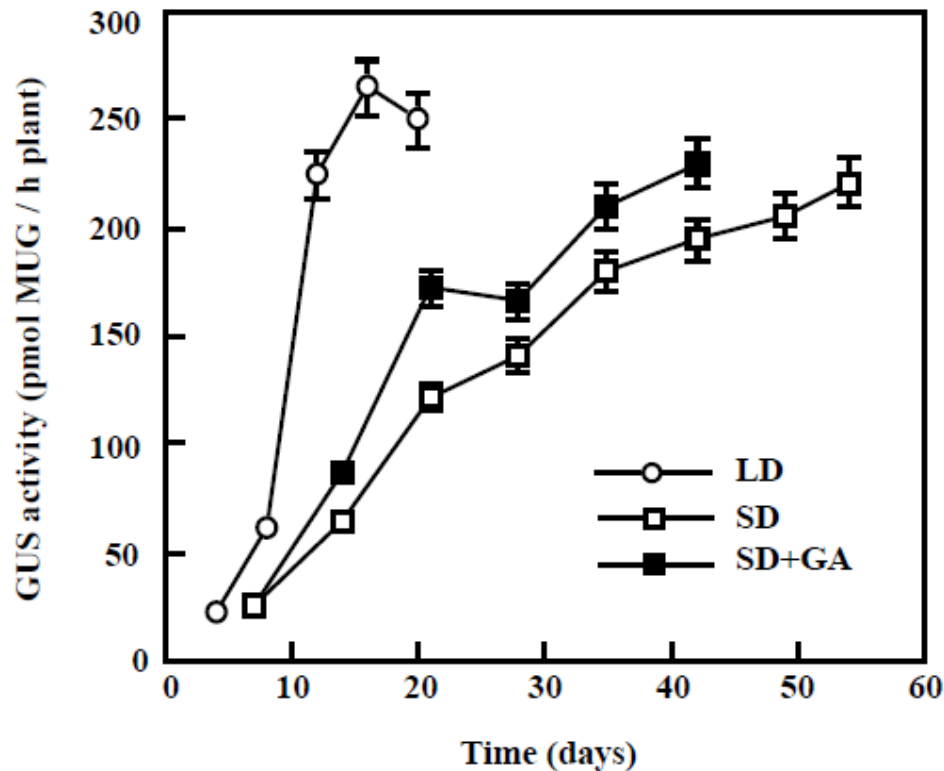




Quelles molécules ? Gènes candidats

Exemple de l'initiation florale chez *Arabidopsis thaliana*

L'augmentation de l'expression de *LFY* marque l'initiation florale

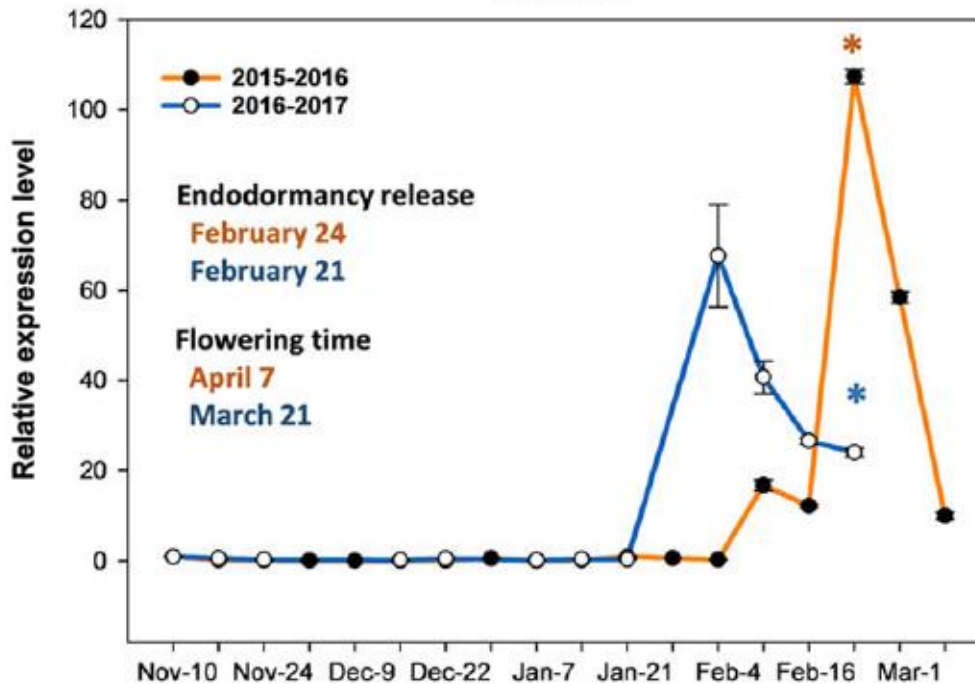




Quelles molécules ? Gènes candidats

Suivi de la levée de dormance chez l'amandier

L'augmentation de l'expression de la catalase *PdP40* marque la levée de l'endodormance





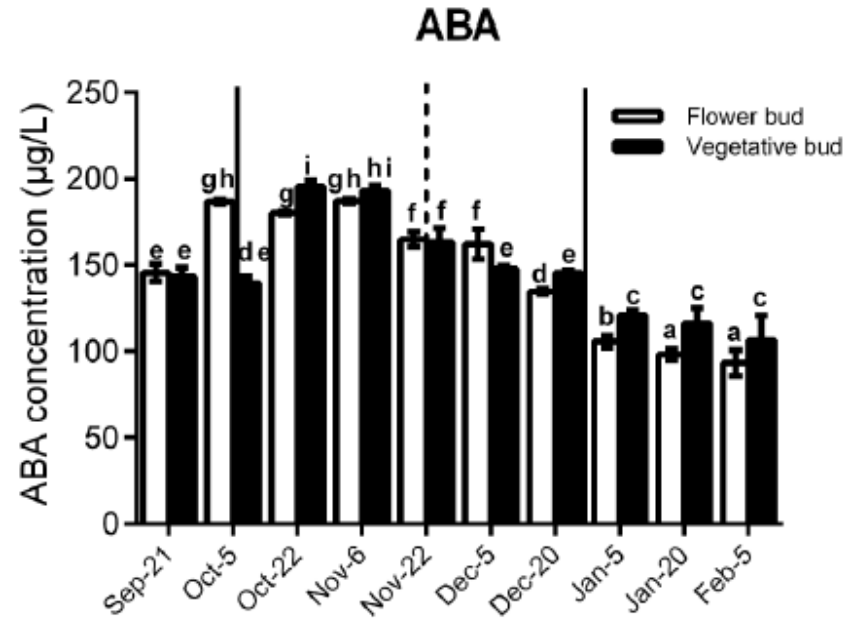
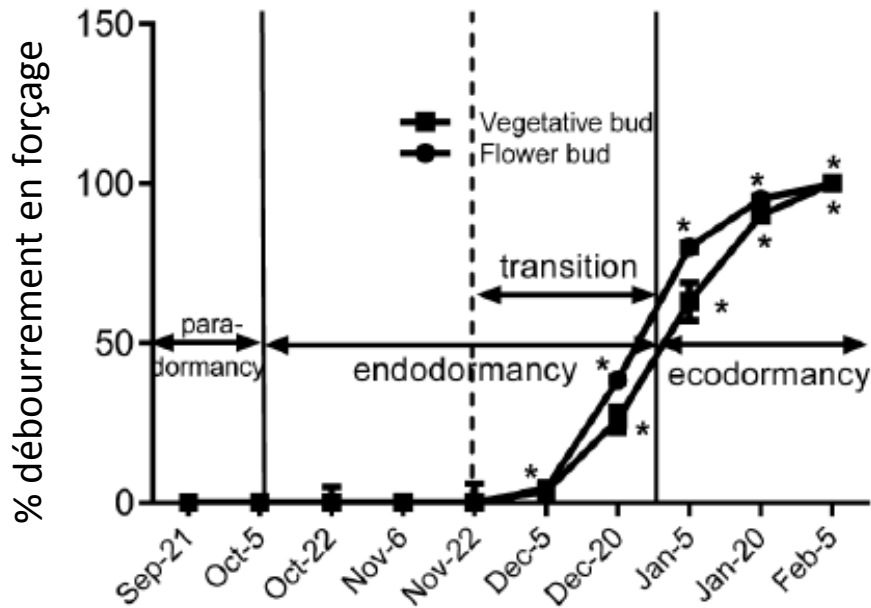
Points de vigilance





Points de vigilance

- Comparaison avec les techniques « classiques » de phénotypage



Pêcher

Wang *et al.*, *Frontiers in Plant Science*, 2016





Points de vigilance

- Quels stimuli environnementaux on veut tester ?
 - ⇒ Lumière
 - ⇒ Quantité
 - ⇒ Qualité
 - ⇒ Température
 - ⇒ Froid
 - ⇒ Chaud
 - ⇒ Mécanique
 - ⇒ Rapport Croissance primaire / secondaire



Points de vigilance

- L'échantillonnage est clé
 - Quels individus ?
 - Quels organes ?
 - Quel calendrier ?
 - Au moins 3 réplicats biologiques !!!





Points de vigilance

- Techniques mises en œuvre
 - Expertise
 - Equipement
 - Plateformes
 - Budget (!)



Points de vigilance

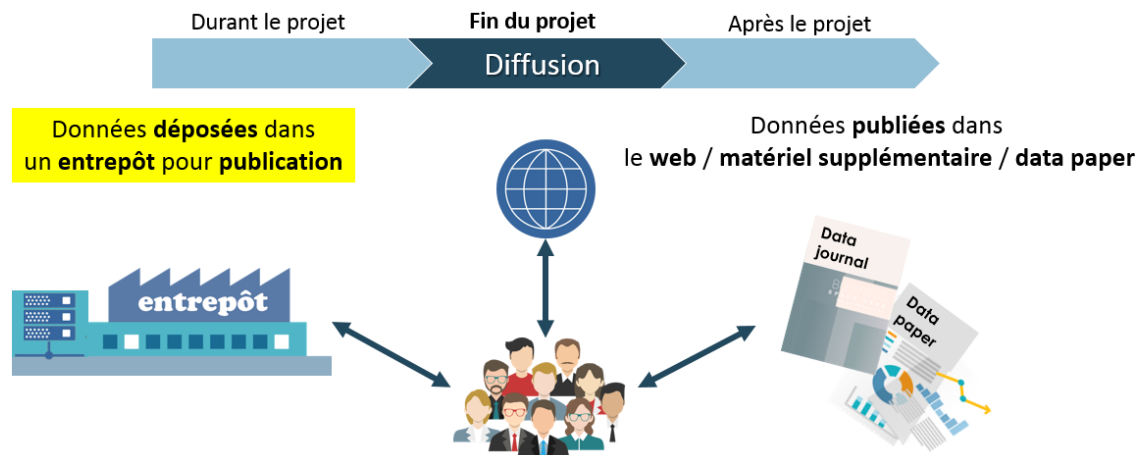
- Traitement des données
 - Expertise
 - Stagiaires ? Post-docs ?
 - Formation personnelle

➡ La visualisation des données est essentielle



Points de vigilance

- Stockage et mise à disposition des données
 - Entrepôts de données (Dryad, Zenodo, data.inra.fr)
 - Mise à disposition de plus en plus demandée par les journaux



La diffusion a un objectif de **partage**, de **publication**. Vous ouvrez vos données pour le processus d'évaluation et de validation (peer review), ou pour permettre l'accès à un **public plus large**.
La diffusion peut se faire via le dépôt dans un **entrepôt de données**, la mise en ligne sur le **site web** du projet de recherche, dans le **web des données** (linked data), ou encore une publication en **matériel supplémentaire** d'un article (supplemental data) ou dans un **Data paper** (d'une revue ou d'un Data journal).



Qu'entendons-nous par signaux biologiques?

Retour sur les mots clés

