



**Mise à l'échelle des déterminismes anatomiques,
physiologiques et moléculaires de la transpiration au
niveau de la feuille à l'efficacité d'utilisation de l'eau de
la plante entière chez le peuplier**

Maxime Durand, Didier Le Thiec, Oliver Brendel

► **To cite this version:**

Maxime Durand, Didier Le Thiec, Oliver Brendel. Mise à l'échelle des déterminismes anatomiques, physiologiques et moléculaires de la transpiration au niveau de la feuille à l'efficacité d'utilisation de l'eau de la plante entière chez le peuplier. 2016. hal-02950691

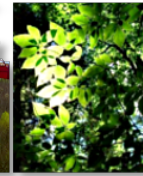
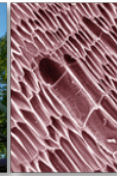
HAL Id: hal-02950691

<https://hal.inrae.fr/hal-02950691>

Submitted on 28 Sep 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Mise à l'échelle des déterminismes anatomiques, physiologiques et moléculaires de la transpiration au niveau de la feuille à l'efficiencia d'utilisation de l'eau de la plante entière chez le peuplier

Journée des doctorants et post-doctorants de l'UMR EEF

5 Juillet 2016

Par : **Maxime Durand**

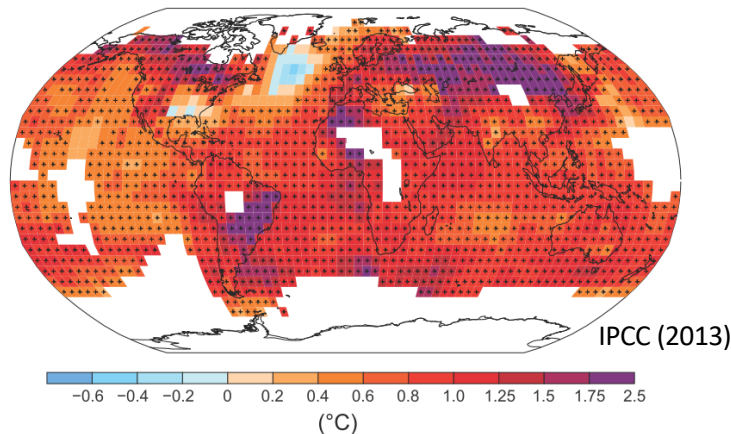
Sous la direction de : Didier Le Thiec et Oliver Brendel

UMR INRA – UL 1137 Ecologie et Ecophysiologie Forestières

Contexte : Evolution des températures et des précipitations

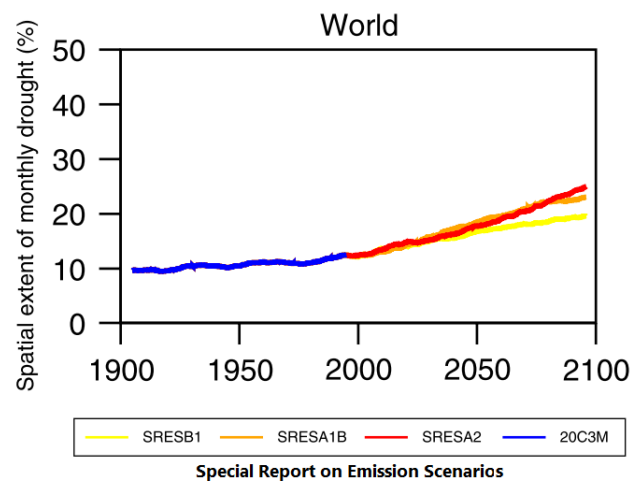
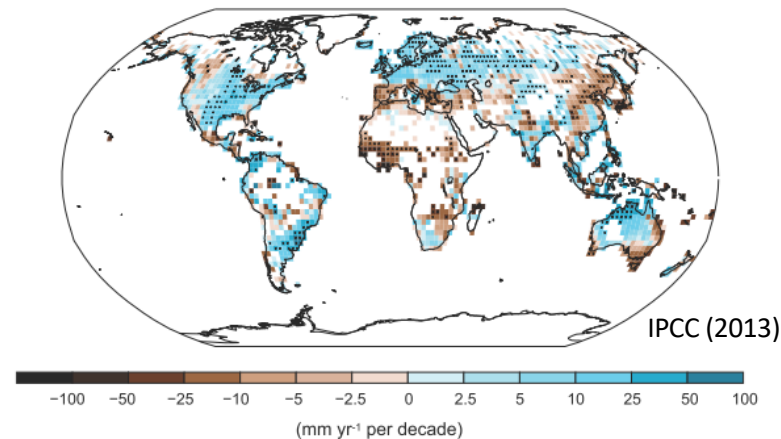
Augmentation observée des température
à l'échelle du globe...

Observed change in surface temperature 1901–2012



... qui pourrait entraîner une augmentation de
l'intensité et de la durée des sécheresses.

Observed change in annual precipitation over land
1951–2010



Shieffield & Wood (2008)

ipcc	Likelihood of further changes
Increases in intensity and/or duration of drought	<i>Likely (medium confidence)</i> on a regional to global scale ^h

Contexte : Impacts des changements globaux sur les forêts

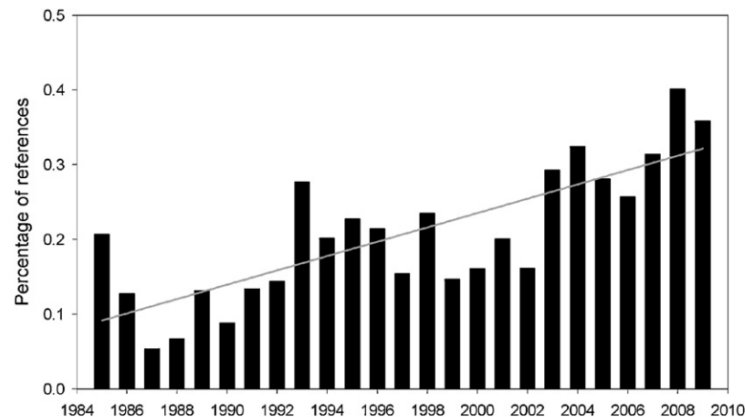
Les changements globaux pourraient favoriser une augmentation de la mortalité des forêts...



A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests

Craig D. Allen^{a,*}, Alison K. Macalady^b, Haroun Chenchouni^c, Dominique Bachelet^d, Nate McDowell^e, Michel Vennetier^f, Thomas Kitzberger^g, Andreas Rigling^h, David D. Breshearsⁱ, E.H. (Ted) Hogg^j, Patrick Gonzalez^k, Rod Fensham^l, Zhen Zhang^m, Jorge Castroⁿ, Natalia Demidova^o, Jong-Hwan Lim^p, Gillian Allard^q, Steven W. Running^r, Akkin Semerci^s, Neil Cobb^t

Nombre d'études reportant une mortalité des forêts relative aux changements globaux



... mais les données disponibles ont de nombreuses limitations :

- Les observations de mortalité pourraient être biaisées par une attention actuelle de la communauté scientifique accrue de la mortalité des forêts.
- Les études divergent dans leur méthode et définition de la sévérité des stress.
- Il n'existe pas à l'heure actuelle de programme de surveillance systématique et global de la mortalité des forêts.

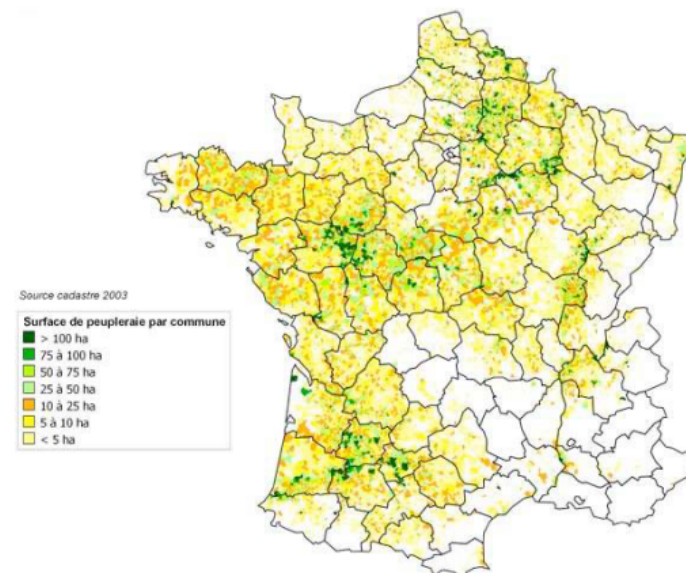
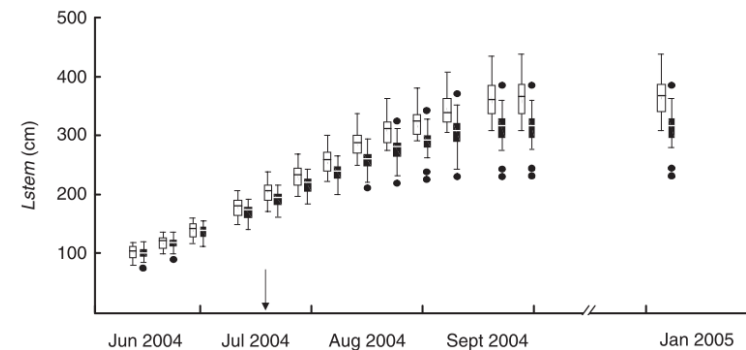
Néanmoins, on sait qu'une baisse de disponibilité en eau induit une réduction de croissance :



Research

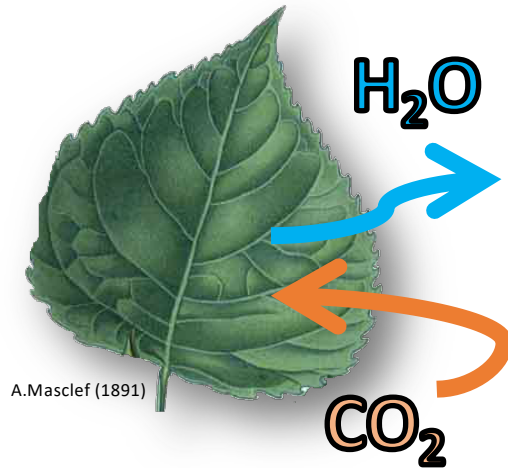
Impact of drought on productivity and water use efficiency in 29 genotypes of *Populus deltoides* × *Populus nigra*

Romain Monclus^{1,2,3}, Erwin Dreyer², Marc Villar³, Francis M. Delmotte¹, Didier Delay¹, Jean-Michel Petit¹, Cécile Barbaroux¹, Didier Le Thiec², Claude Bréchet² and Franck Brignolas¹



Contexte : Intérêt de l'efficacité d'utilisation de l'eau

Trait complexe se définissant à plusieurs échelles



Efficacité d'utilisation de l'eau instantanée

$$WUE_i = \frac{\text{Assimilation } CO_2 (A)}{\text{Transpiration } (E)}$$

$$E = VPD \times \text{Conductance stomatique } (g_w)$$

Efficacité d'utilisation de l'eau intrinsèque

$$W_i = \frac{A}{g_w}$$

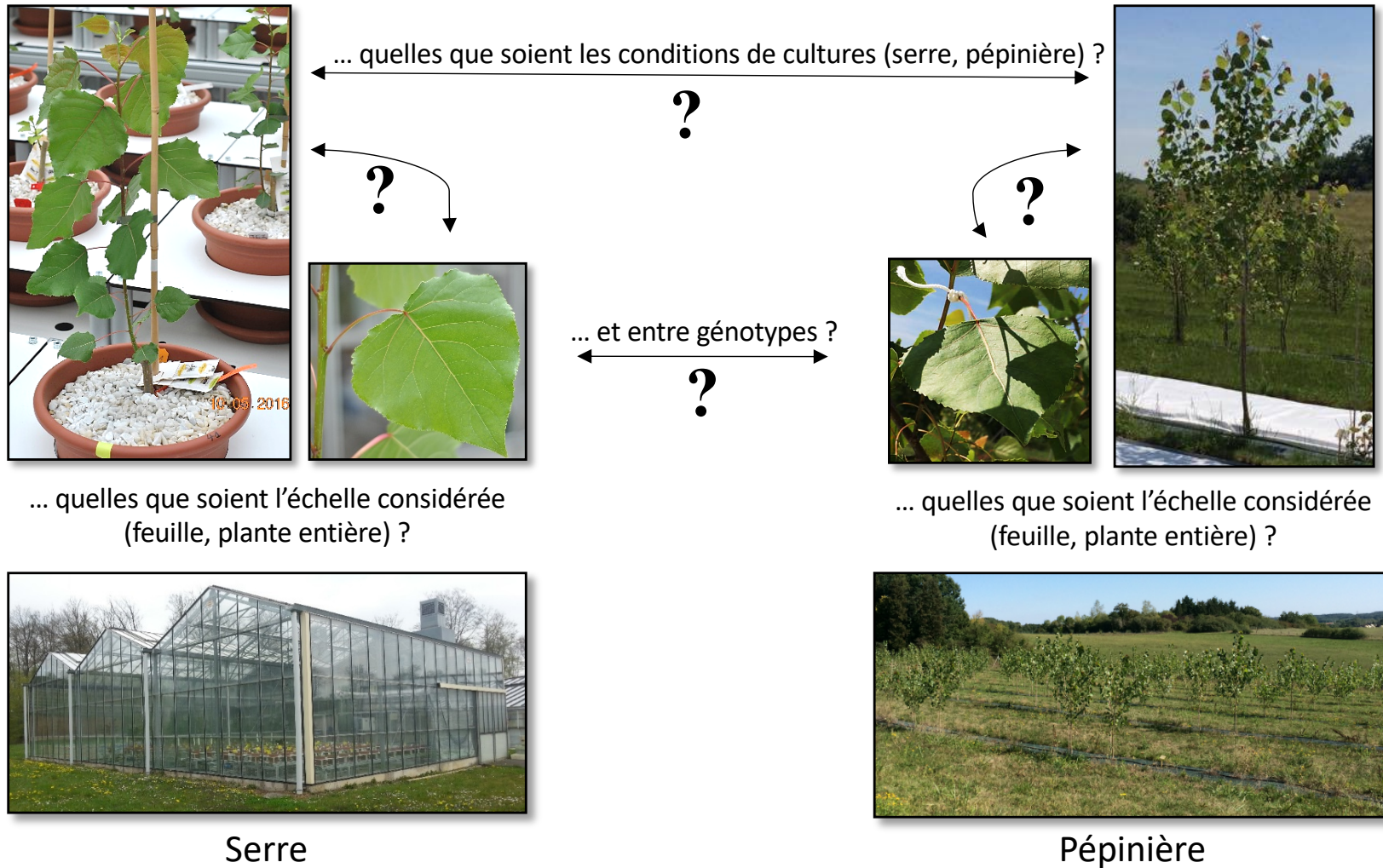
Efficacité de transpiration

$$TE = \frac{\text{Biomasse accumulée}}{\text{Eau utilisée}}$$

**A quel point ces traits
sont-ils liés ?**

Contexte : Comprendre le lien et les différences du WUE à différentes échelles

Les déterminants de l'efficience d'utilisation de l'eau sont-ils les mêmes...



Objectifs de la thèse

I. Les différences de dynamique des mouvements stomatiques entre génotypes sont-elles les mêmes en conditions contrôlées (serre) et en conditions naturelles (pépinière) ? Et à quelles variables environnementales sont-elles reliées (lumière, teneur en eau du sol, VPD) ?

II. Quels traits, influençant le fonctionnement des stomates aux niveaux morphologique et moléculaire, sont impliqués dans les processus d'ouverture et de fermeture des stomates sous conditions de sécheresse édaphique ?

III. Est-ce que les différences observées au niveau foliaire sont les mêmes au niveau de la plante entière ? Et comment les déterminants du WUE sont modifiés d'une échelle à l'autre ?

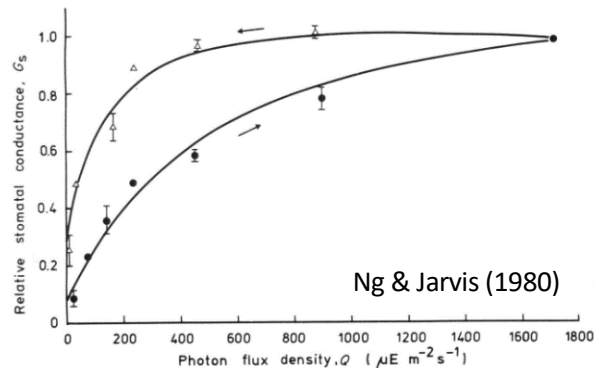
Objectifs : Les déterminants de l'efficacité d'utilisation de l'eau

$$W_i = \frac{A}{g_w} \rightarrow$$

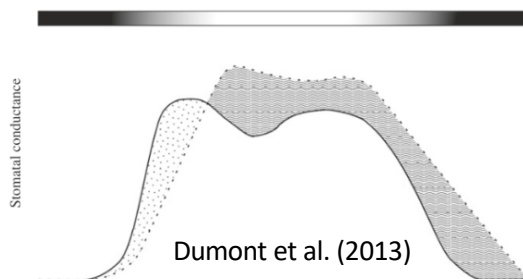
- Machinerie photosynthétique
- Conductance mésophyllienne

Régulation de la conductance stomatique

De nombreux facteurs environnementaux induisent des **mouvements stomatiques** (e.g. lumière, sécheresse, VPD)

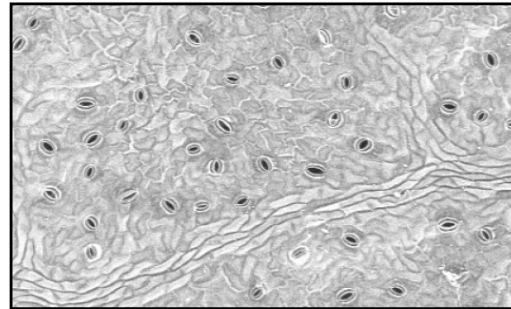


hystérésis de la réponse stomatique



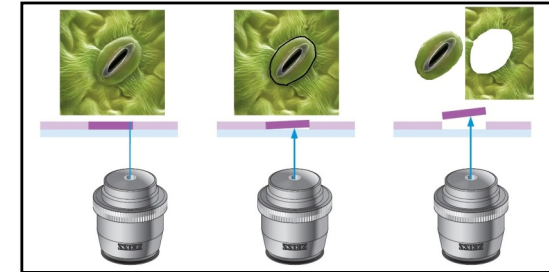
Dynamique journalière

Anatomie foliaire



- Densité stomatique
- Taille de l'ostiole
- Taille des stomates

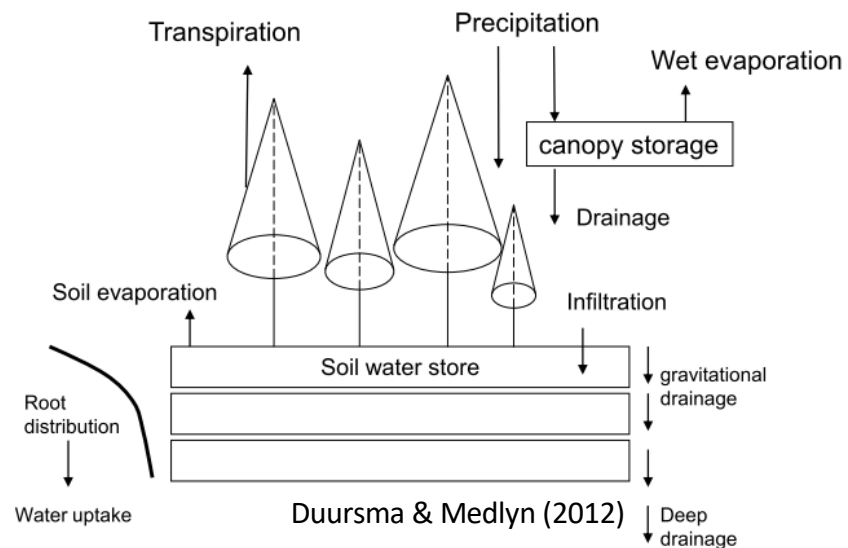
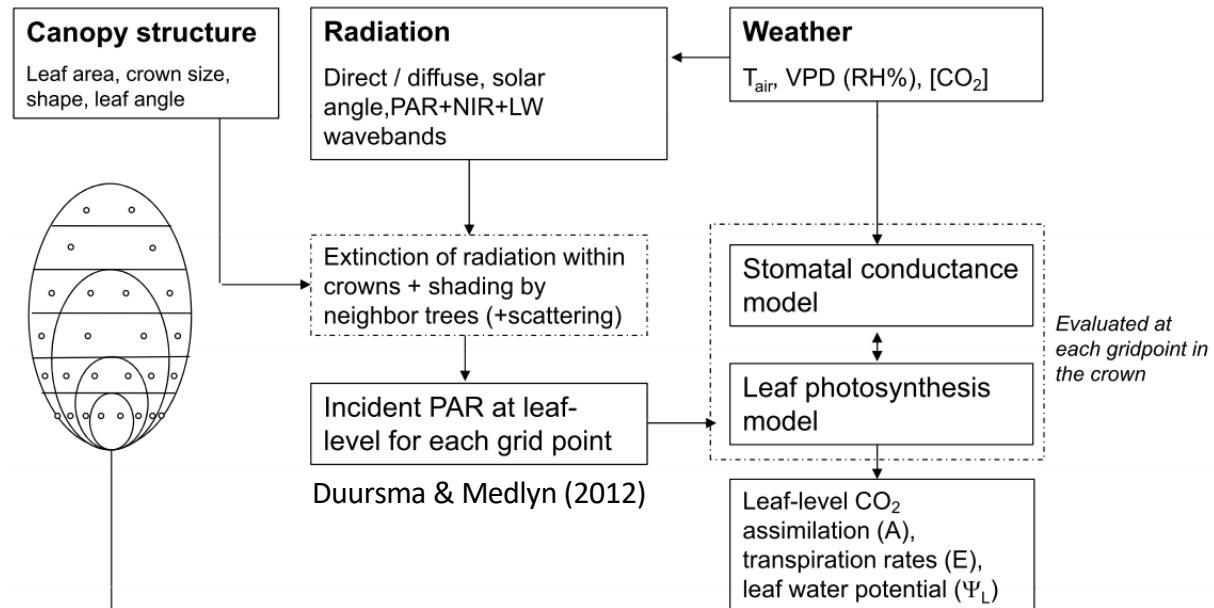
Microdissection et expression quantitative



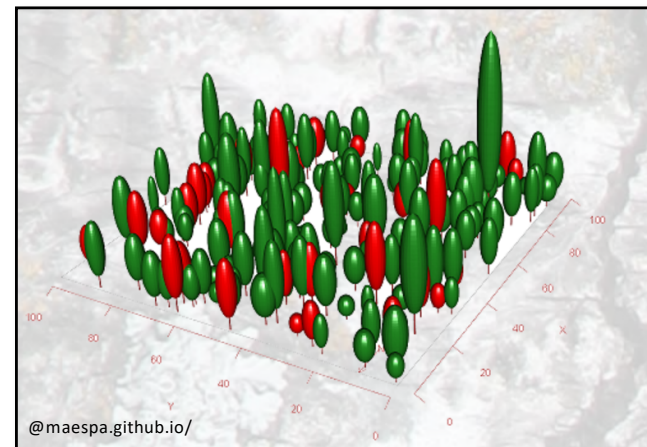
RT - qPCR

Comment l'**expression des canaux ioniques** responsables des mouvements stomatiques sont-ils modifiés en condition de **sécheresse** et entre **génotypes** ?

Méthode : Modélisation avec MAESPA



Exemple de modélisation d'une forêt



Méthode : Expérimentation de sécheresse en serre



Automate de pesée et arrosage

- 48 individus au total (6 répétitions)
- 2 espèces de peupliers séparés en 4 génotypes :
 - Carpaccio et I214 (*Populus euramericana*)
 - 6J29 et N38 (*Populus nigra*)
- 2 régimes hydriques (contrôle et stress hydrique)

Une sécheresse modérée (65% de CaC) a été appliquée au 61^e jour de croissance et maintenue pendant 25 jours.

La croissance, l'humidité du sol, la conductance stomatique et l'assimilation photosynthétique ont été suivis régulièrement.

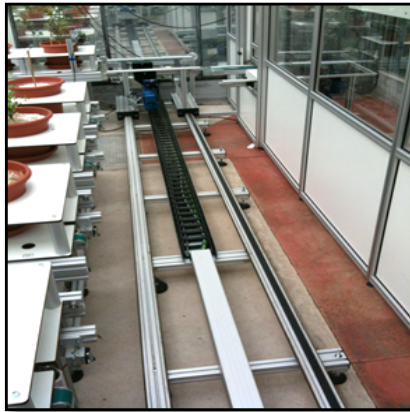
Des **récoltes de biomasse** avant et après la mise en sécheresse, en relation avec **l'eau consommée** nous permettra de calculer **l'efficacité de transpiration**.

Des courbes A-Ci nous permettront de calculer des **paramètres photosynthétiques** (Jmax, Vcmax, respiration à l'obscurité).



De gauche à droite : boutures de peupliers (*P. euramericana* et *P. nigra*) à 0, 40 et 85 jours.

Méthode : Expérimentation de sécheresse en serre



Automate de pesée et arrosage

Des mesures de **vitesse d'ouverture et de fermeture des stomates** en réponse à un changement de **lumière ou de VPD** nous permettront d'ajuster un **modèle de conductance stomatique dynamique**.

Des mesures de **surface foliaire et de position des feuilles** nous permettra d'ajuster une **fonction de répartition de la surface foliaire radiale et en hauteur**.

Bilan :

- 48 mesures de surface foliaire totale (et de position des feuilles).
- 58 courbes de réponse au VPD
- 60 courbes A-Ci
- 79 courbes de réponse à la lumière
- 450 mesures de croissance.
- 680 mesures d'échange gazeux dont 530 pour obtenir une cinétique journalière de la conductance stomatique.
- 28 842 pesées uniques (merci Castor)

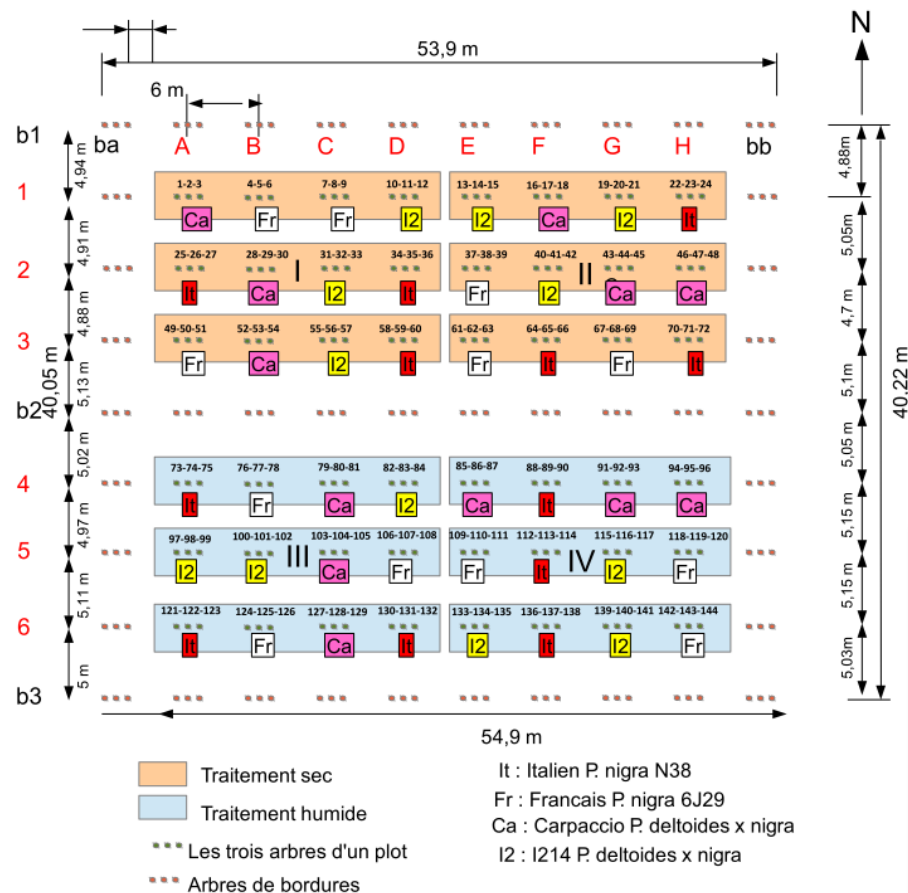


De gauche à droite : boutures de peupliers (*P. euramericana* et *P. nigra*) à 0, 40 et 85 jours.

Méthode : Expérimentation de sécheresse en pépinière

Description du dispositif :

- **Plantation en Avril 2014** (3m de hauteur en moyenne).
- **144 arbres** séparés en 2 espèces et 4 génotypes (Carpaccio, I214, 6J29 et N38) répartis aléatoirement.
- Plantation **par groupes de 3 individus**.



Mise en place de la sécheresse :

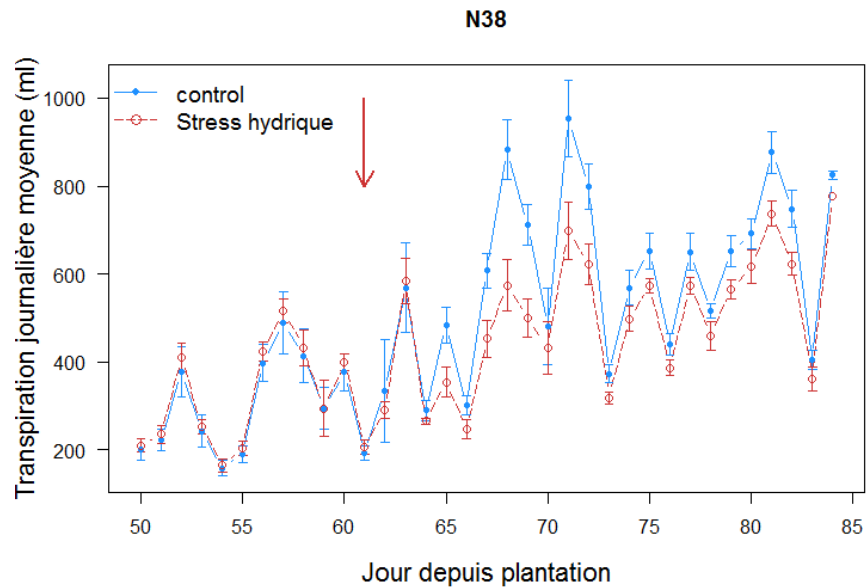
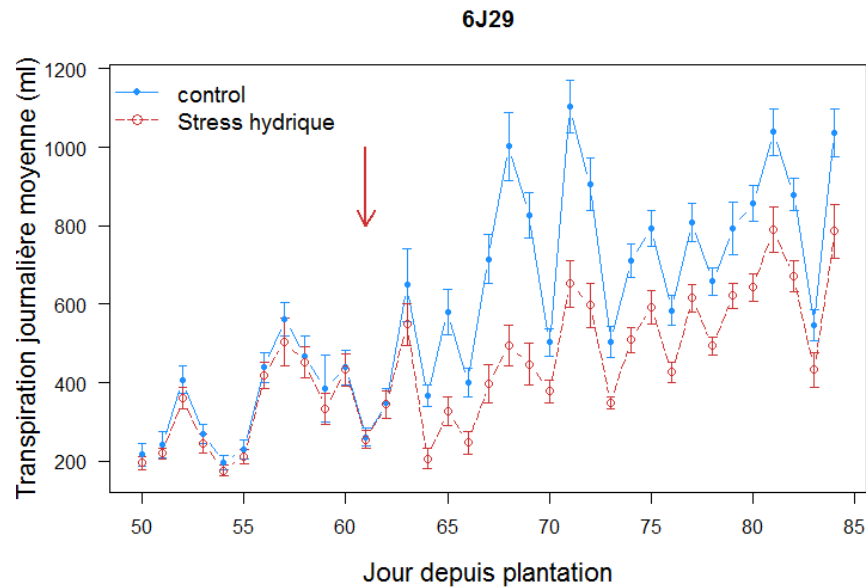
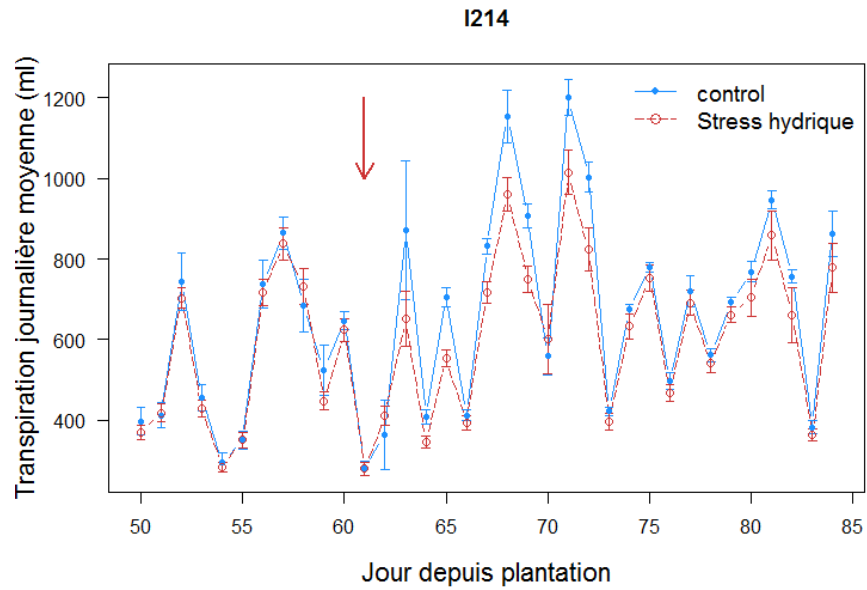
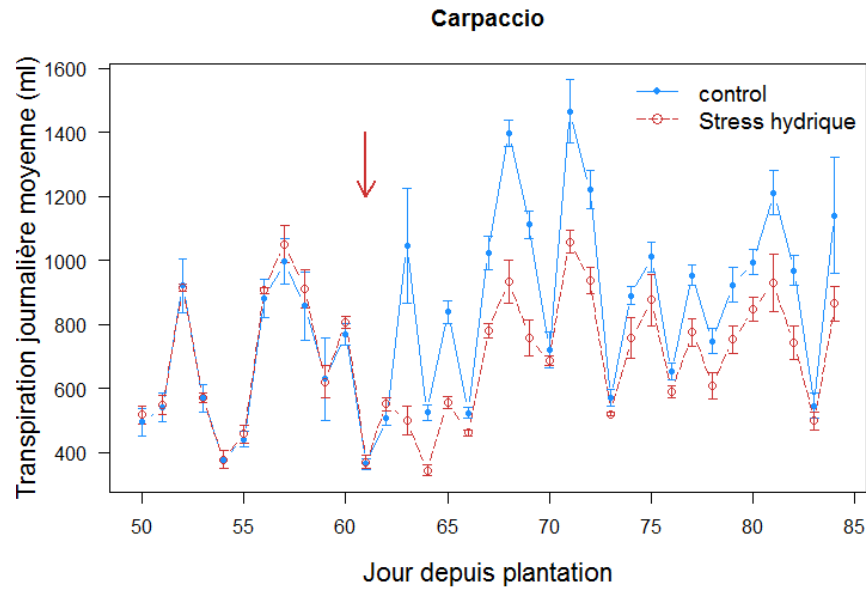
- Mise en place de **bâches imperméables** laissant **circuler la vapeur d'eau**.
- Couverture par un **géotextile blanc** afin de **limiter la hausse des températures** sous les bâches.
- Après la creusée des tranchées, **360 mètres de gouttières** ont été placées pour évacuer l'eau.
- Au total : **80% de la surface est recouverte par le dispositif d'exclusion de pluie**.

Installation en cours et à venir :

- Sondes à neutrons (humidité volumique du sol)
- Capteurs de flux de sève (transpiration de la plante entière)
- Hamacs

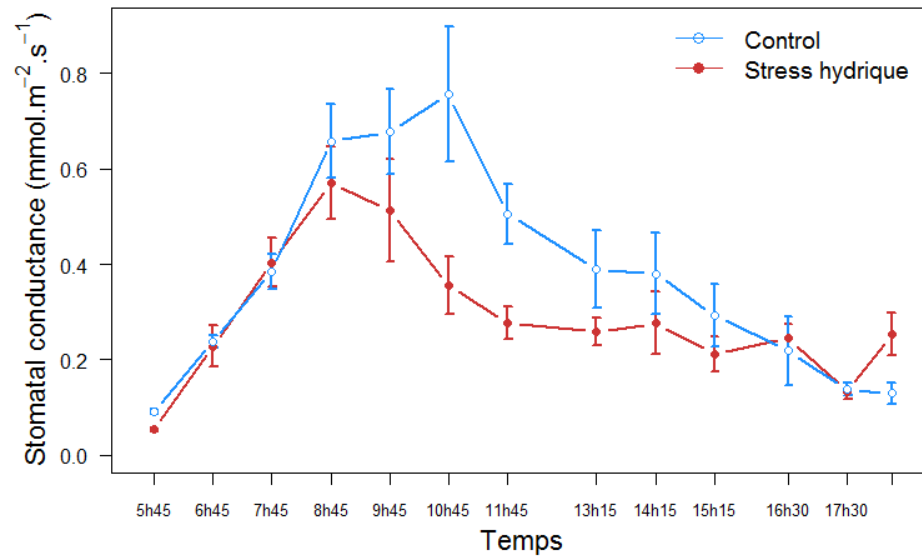


Résultats : Comparaison de l'eau utilisée

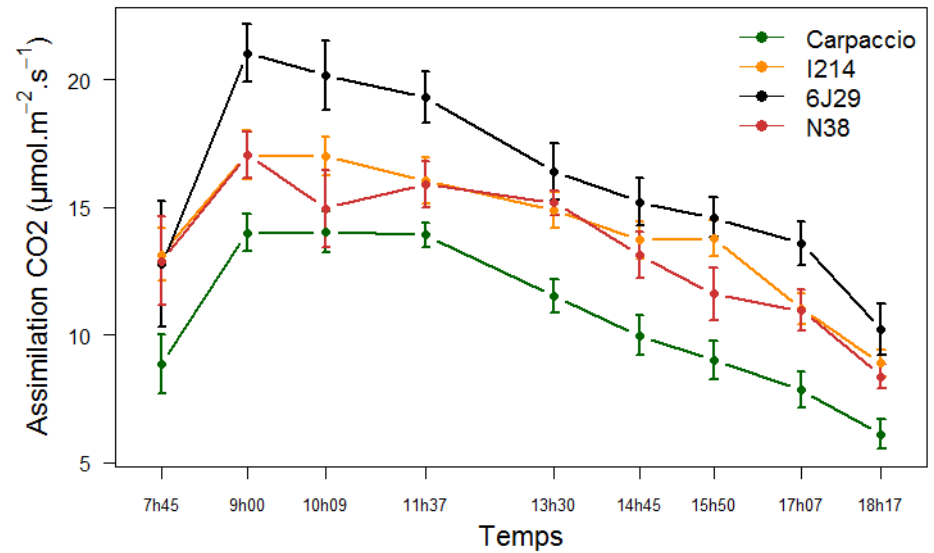
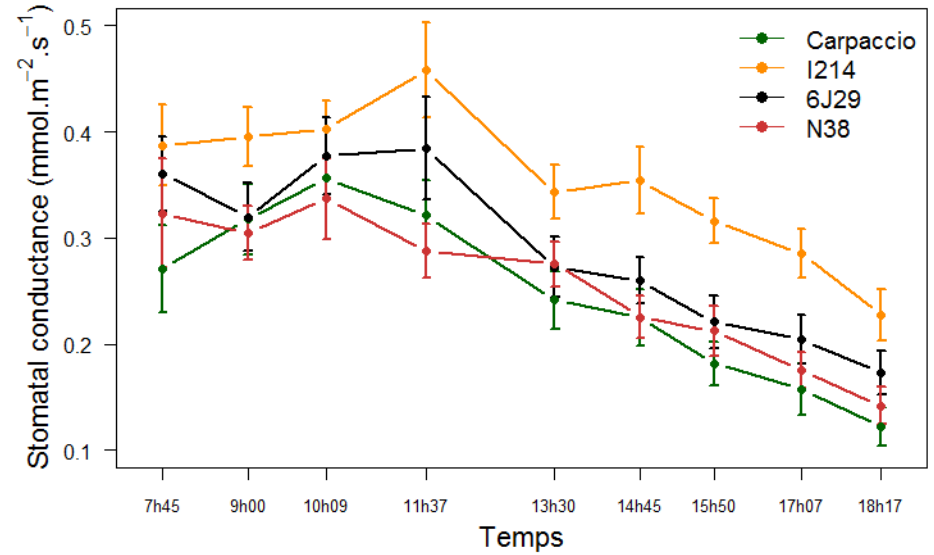
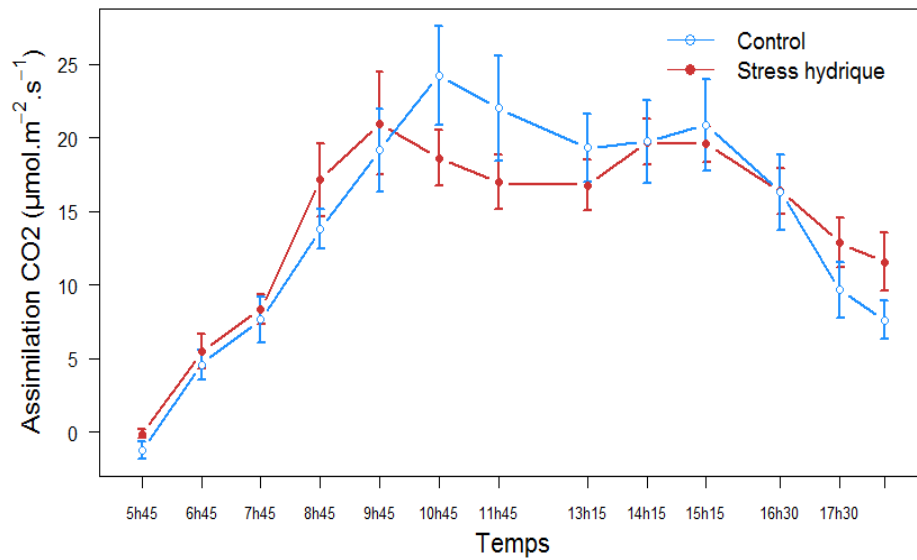


Résultats : Cinétiques journalières

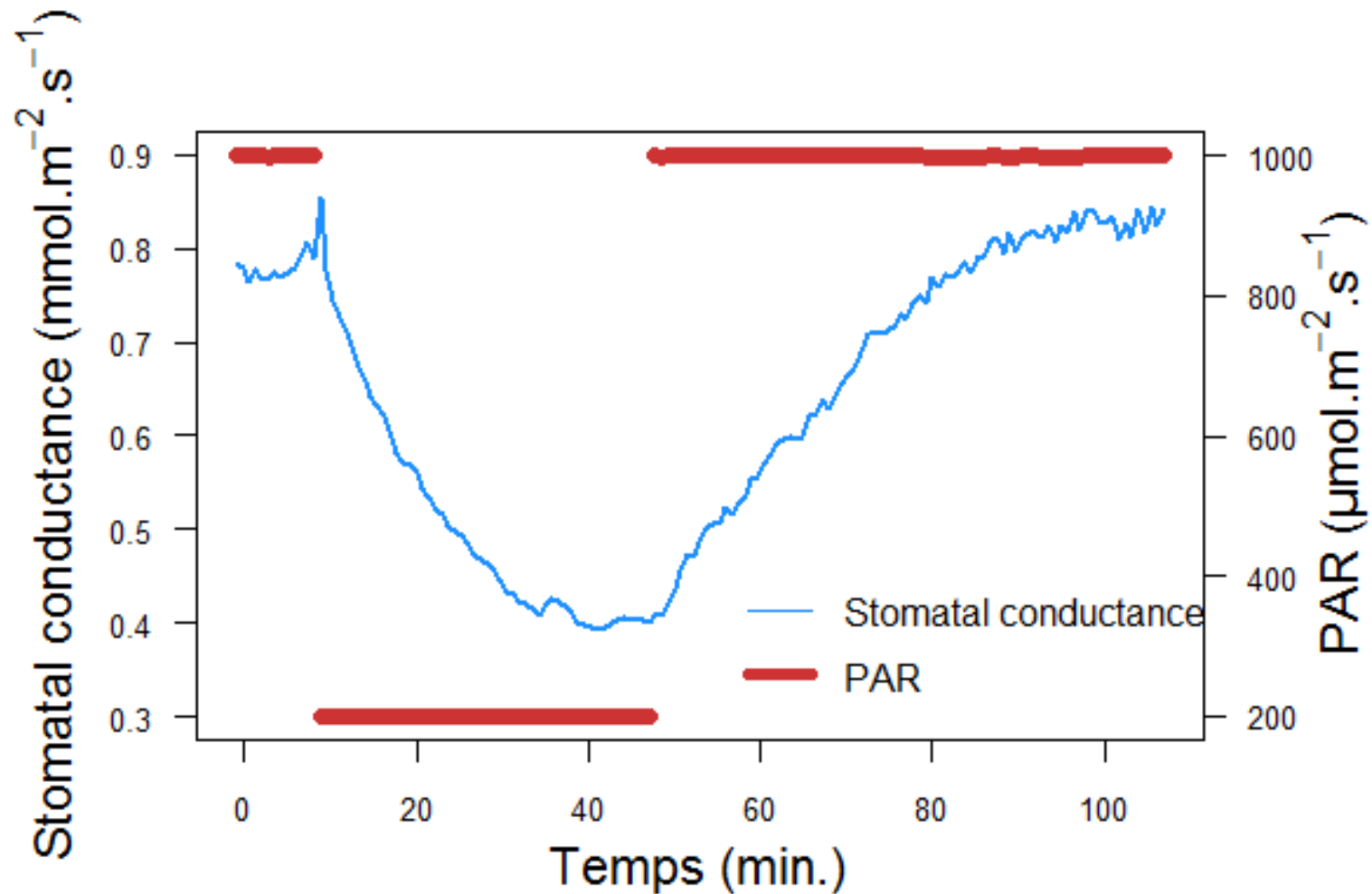
6J29



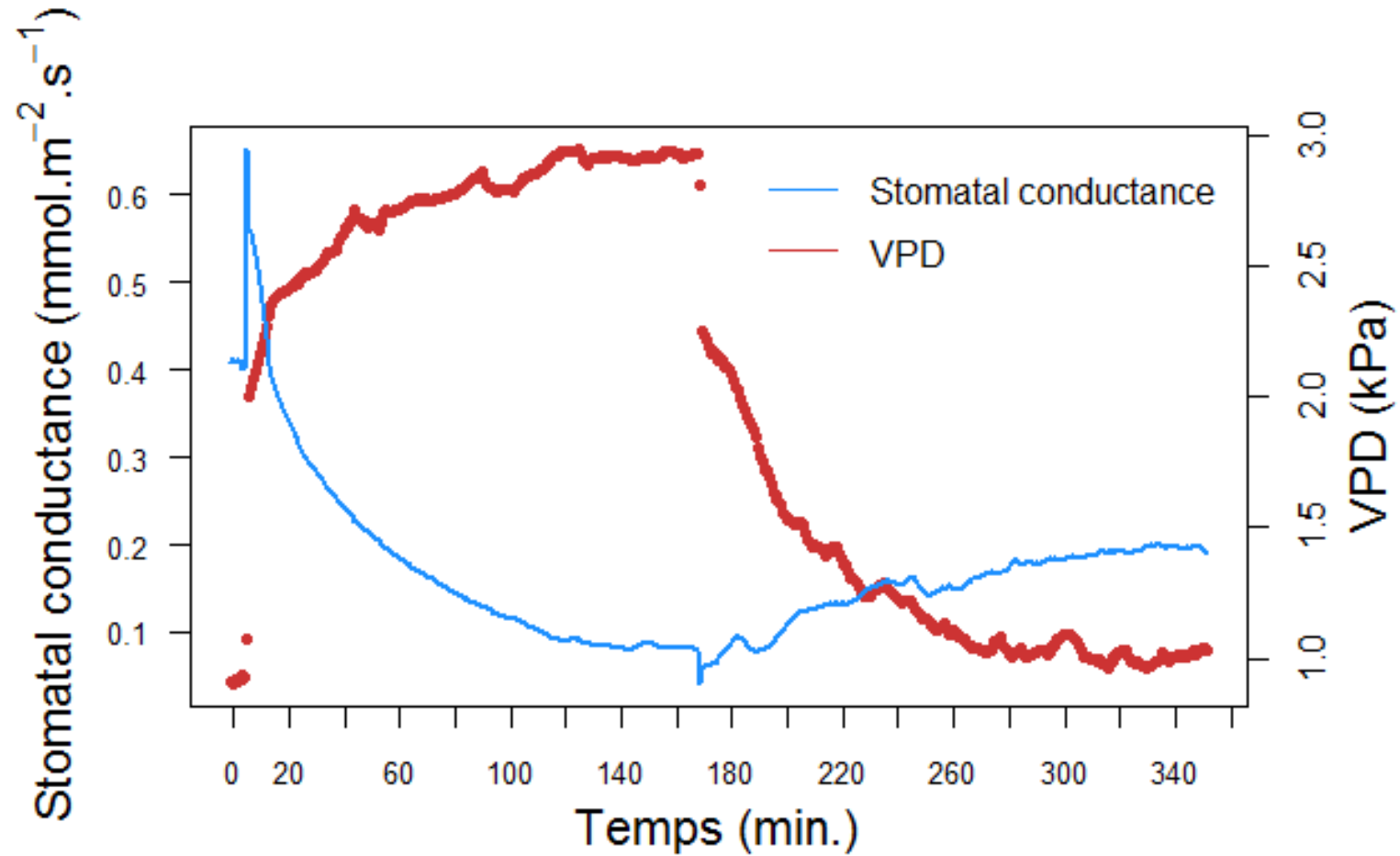
6J29



Résultats : Exemple de courbe de réponse à la lumière



Résultats : Exemple de courbe de réponse au VPD



Merci de votre attention.