



# Ecophysiologie de la réponse et de l'adaptation des plantes fourragères et prairiales au changement climatique

J.-L. Durand, J. Lorgeou, C. Picon Cochard,  
F. Volaire

URP3F, INRA; Arvalis Institut du Végétal; UREP, INRA, CEFE, INRA-CNRS



CLIMAGIE

[www.inra.fr/climagie](http://www.inra.fr/climagie)



## Plan

- Les gammes de changement et les composantes climatiques
- Le schéma de fonctionnement d'une plante
- Les lois de réponses
  - Les effets de la température
  - Les effets du CO<sub>2</sub>
  - Les effets de la sécheresse
- La pérennisation des prairies semées
- Fourrages annuels

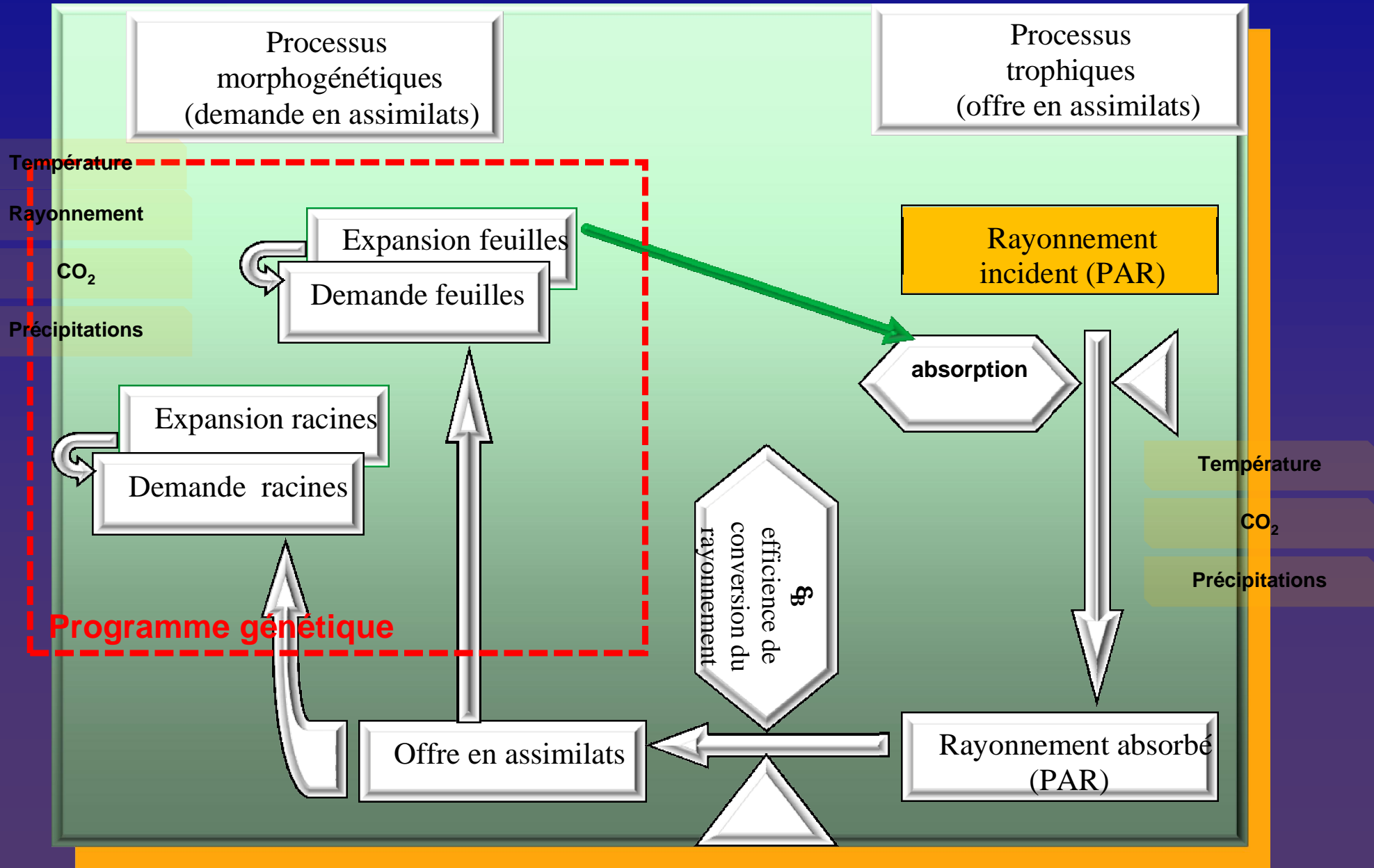
## Variables climatiques possibles d'ici 2100

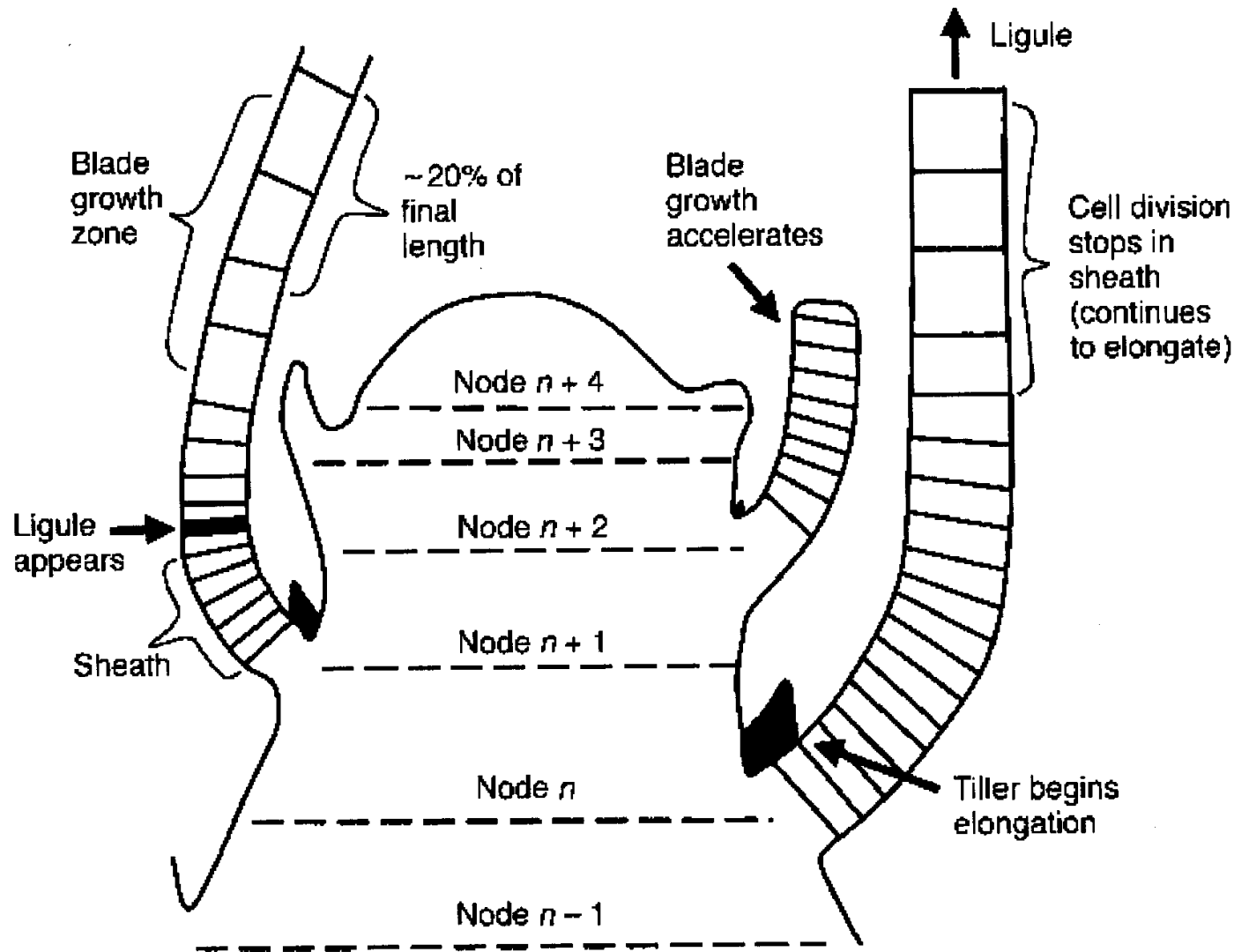
Variable	Gamme	Gamme connue de la réaction des plantes
Température	+ 2 + 4 °C	15 - 30 °C
CO <sub>2</sub>	380 -> 700 ppm	350 - 1000 ppm
Eau (déficit estival)	250 -> 500 mm	250 - 700 mm
Rayonnement	Quantité de rayonnement Photopériode	0-1500 W.m <sup>-2</sup>

## **Variables induites directement**

- Baisse tendancielle de l'humidité relative en été**
- augmentation de l'ET°**
- Température des plantes (liée à la baisse de la conductance foliaire)**
- Micro-organismes du sol**
- Autres organismes vivants**

# Un schéma conceptuel de réponse au climat





**Fig. 6.6.** Diagram of longitudinal section through a shoot apex showing synchrony among events occurring at different positions (adapted from Skinner and Nelson, 1994c, 1995).

Synthèses

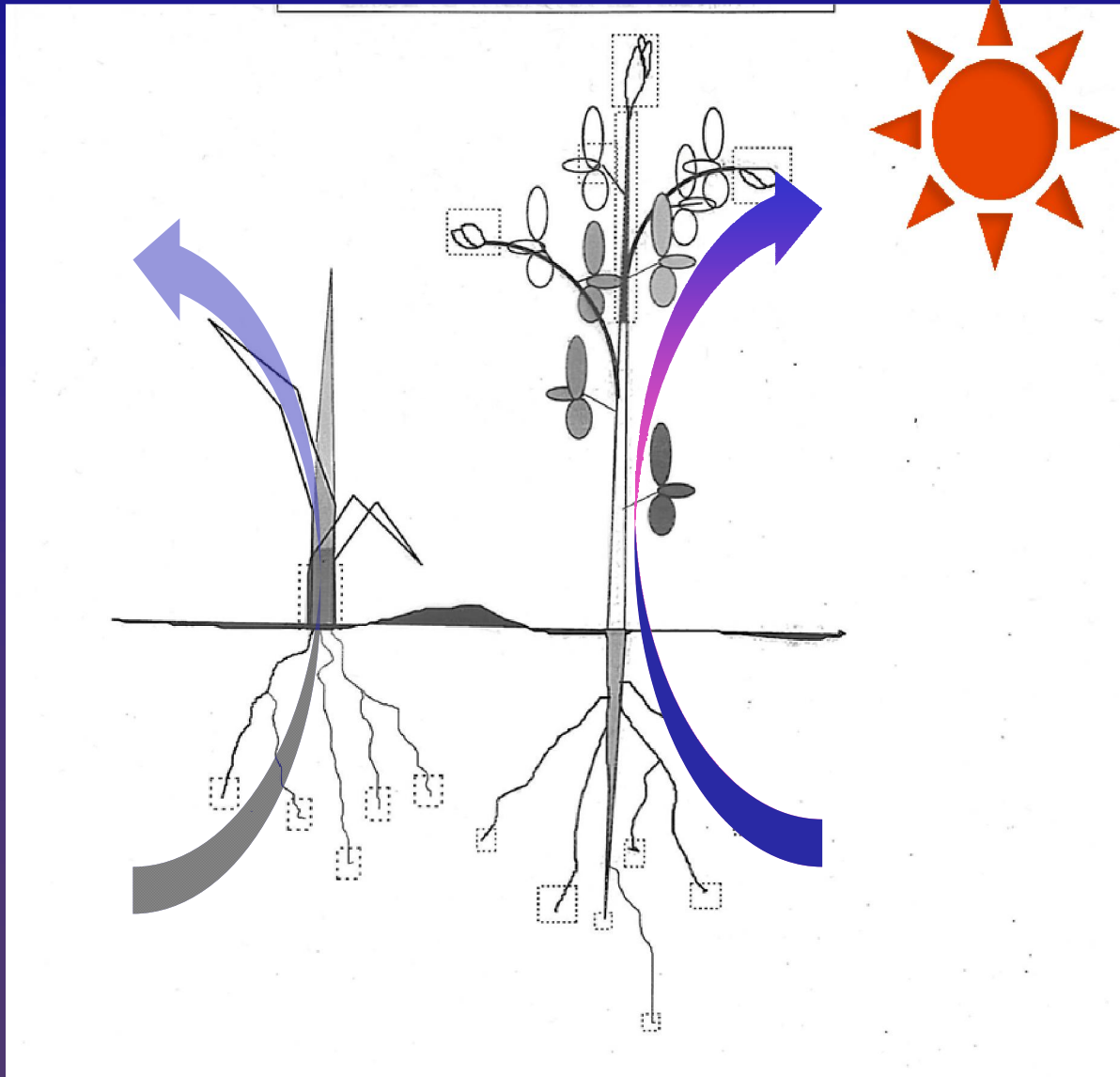
Comment l'herbe pousse

Développement végétatif, structures clonales et spatiales des graminées

Michel Lafarge, Jean-Louis Durand



## De la température de l'air à la température des plantes



## Réponses à la température 1

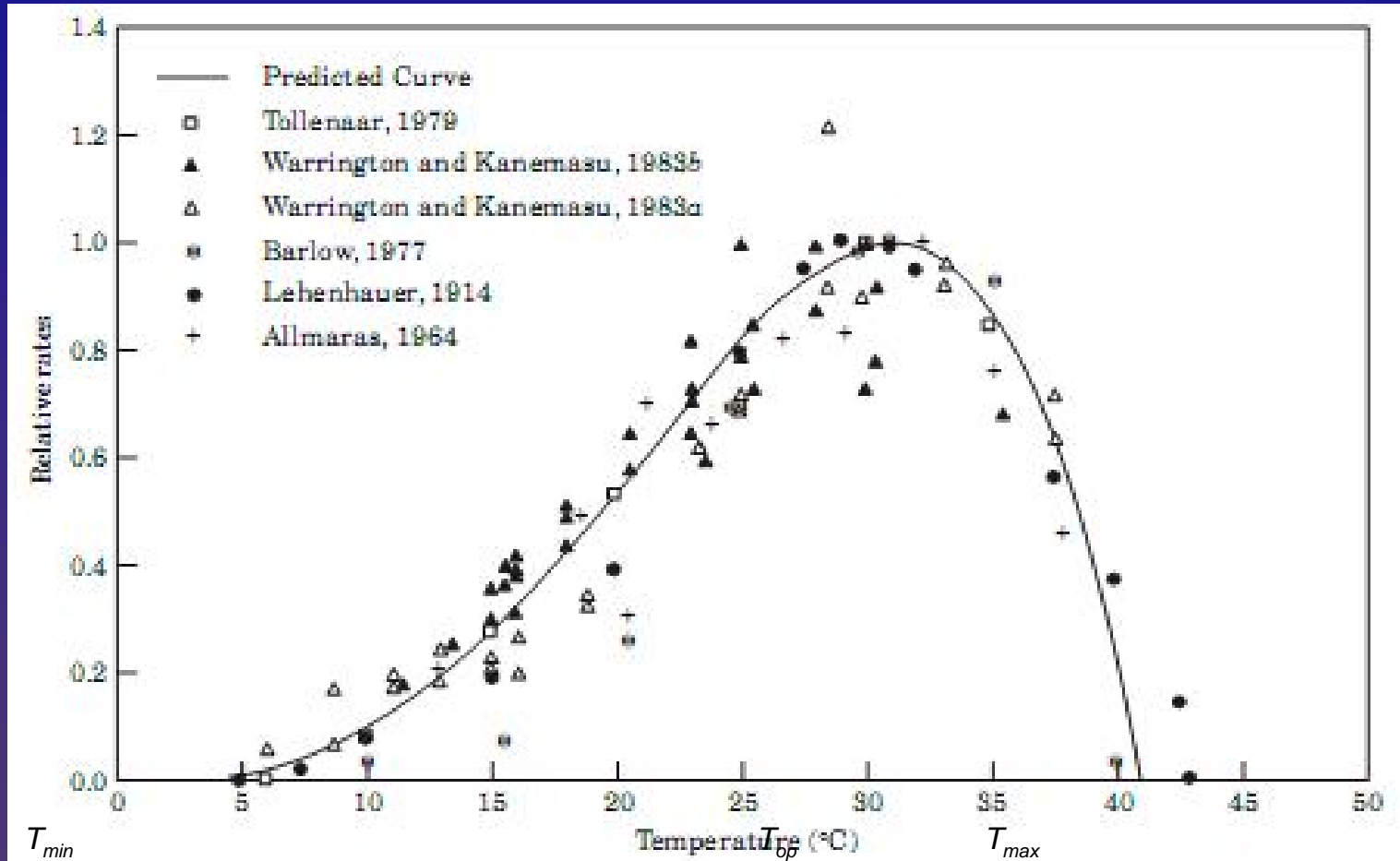
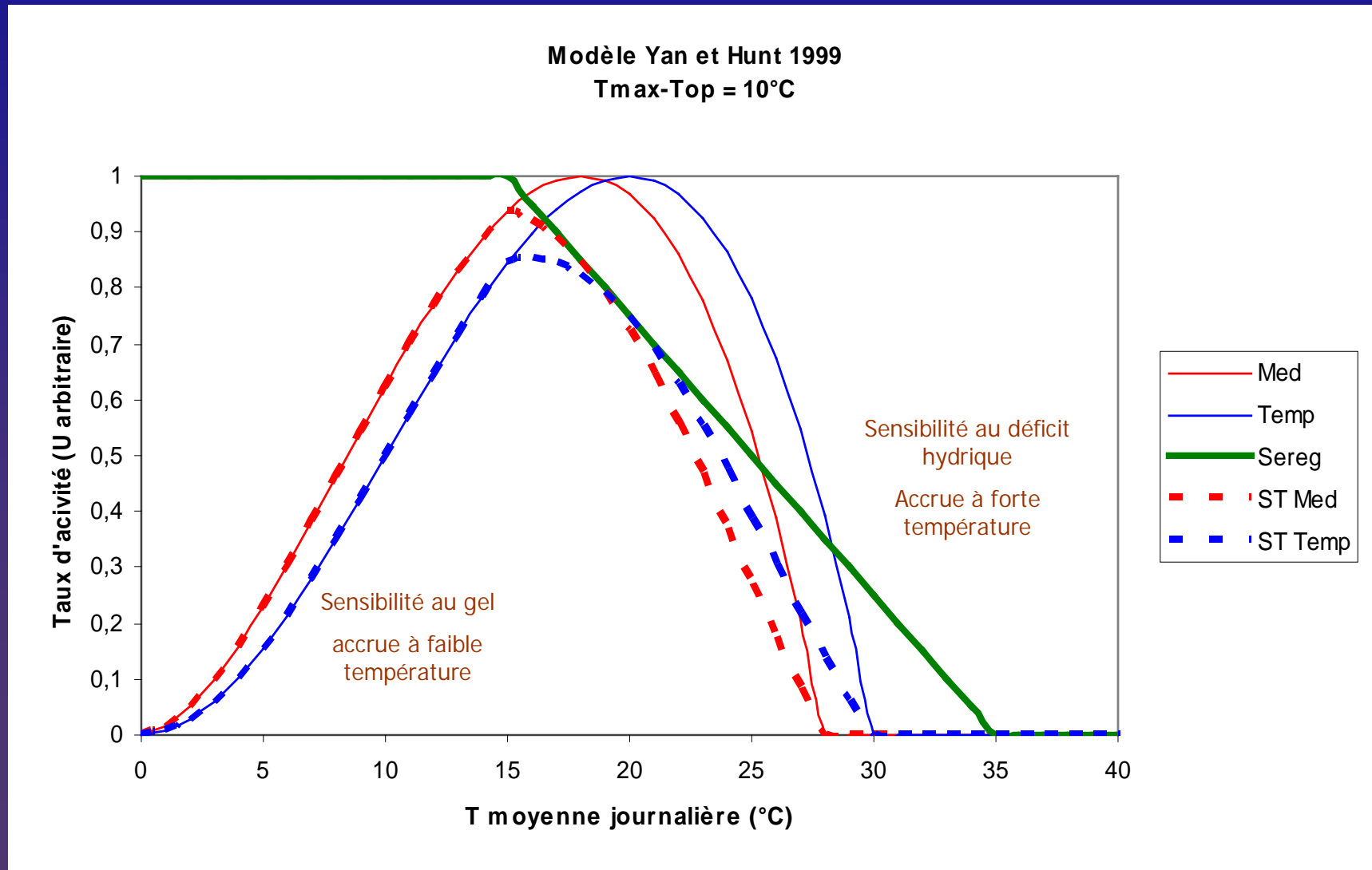


Figure 1. Réponse à la température de la croissance des feuilles de maïs. (d'après Yan et Hunt 1999)



## Compromis types méditerranéen/tempéré

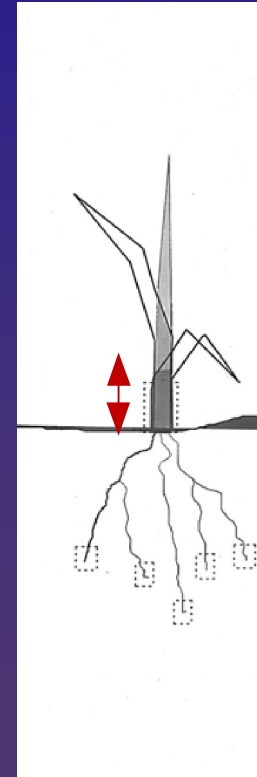


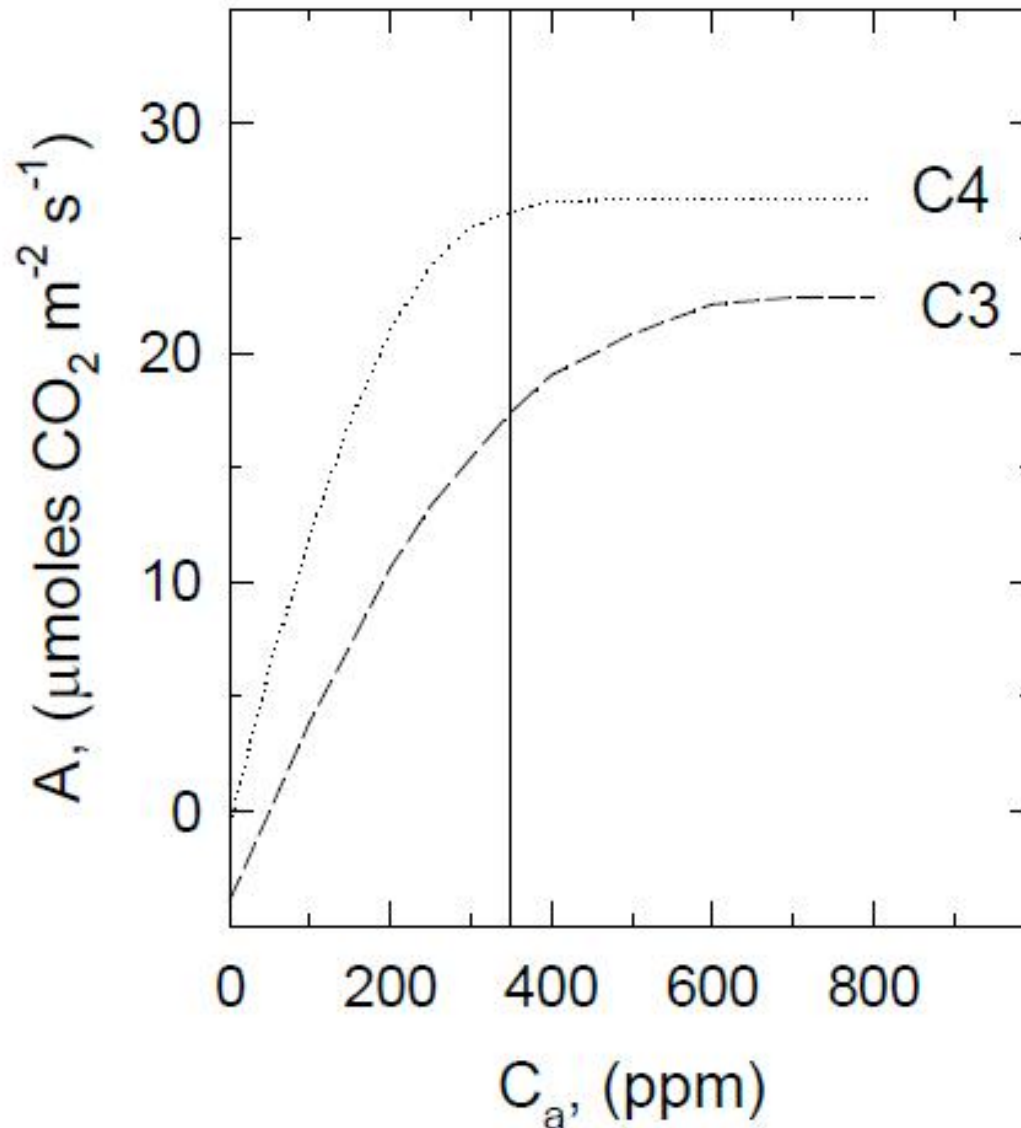
## Réponses à la température 2

### Vagues de chaleur

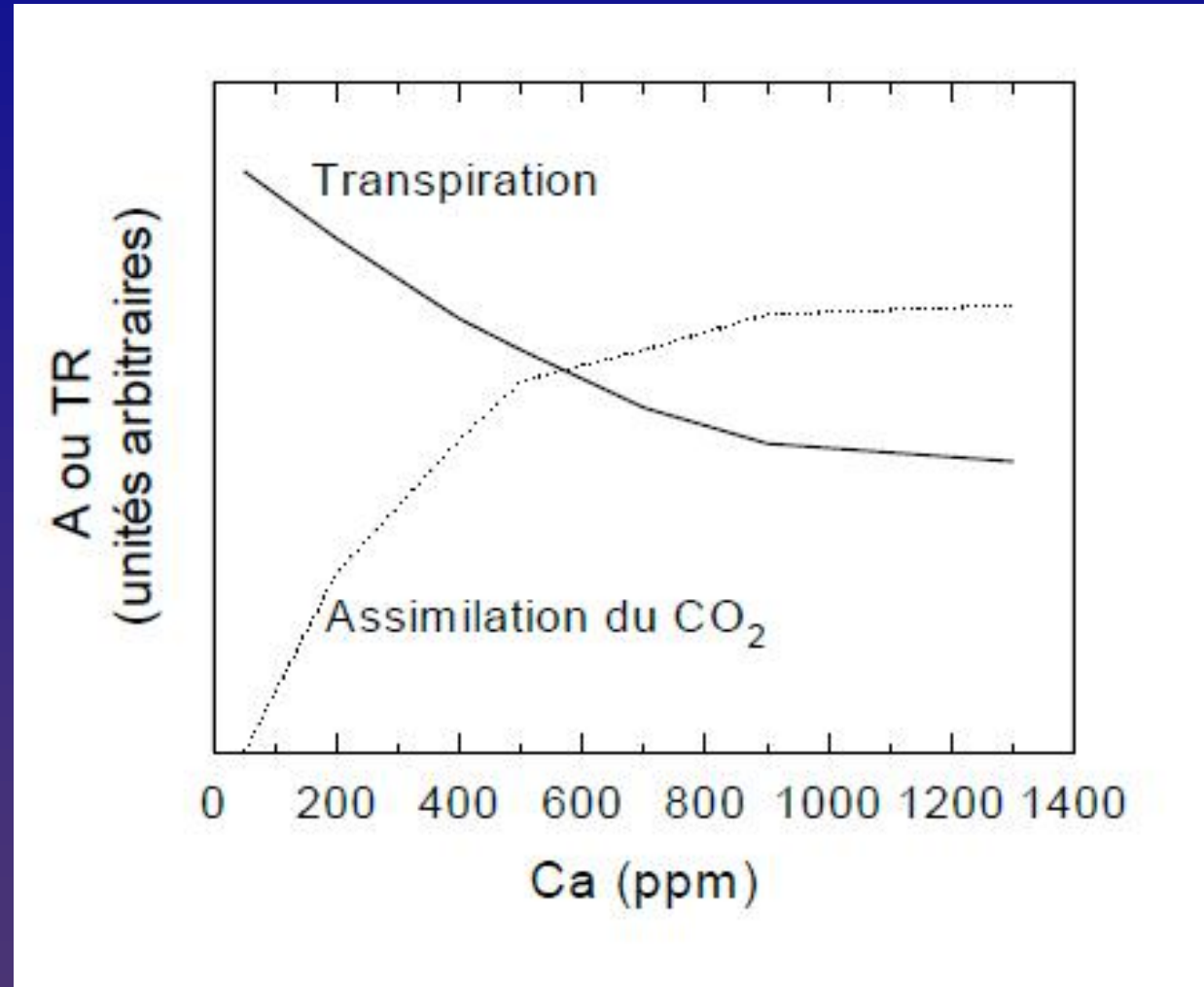


Poirier et al. 2012. Global Chang Biology.



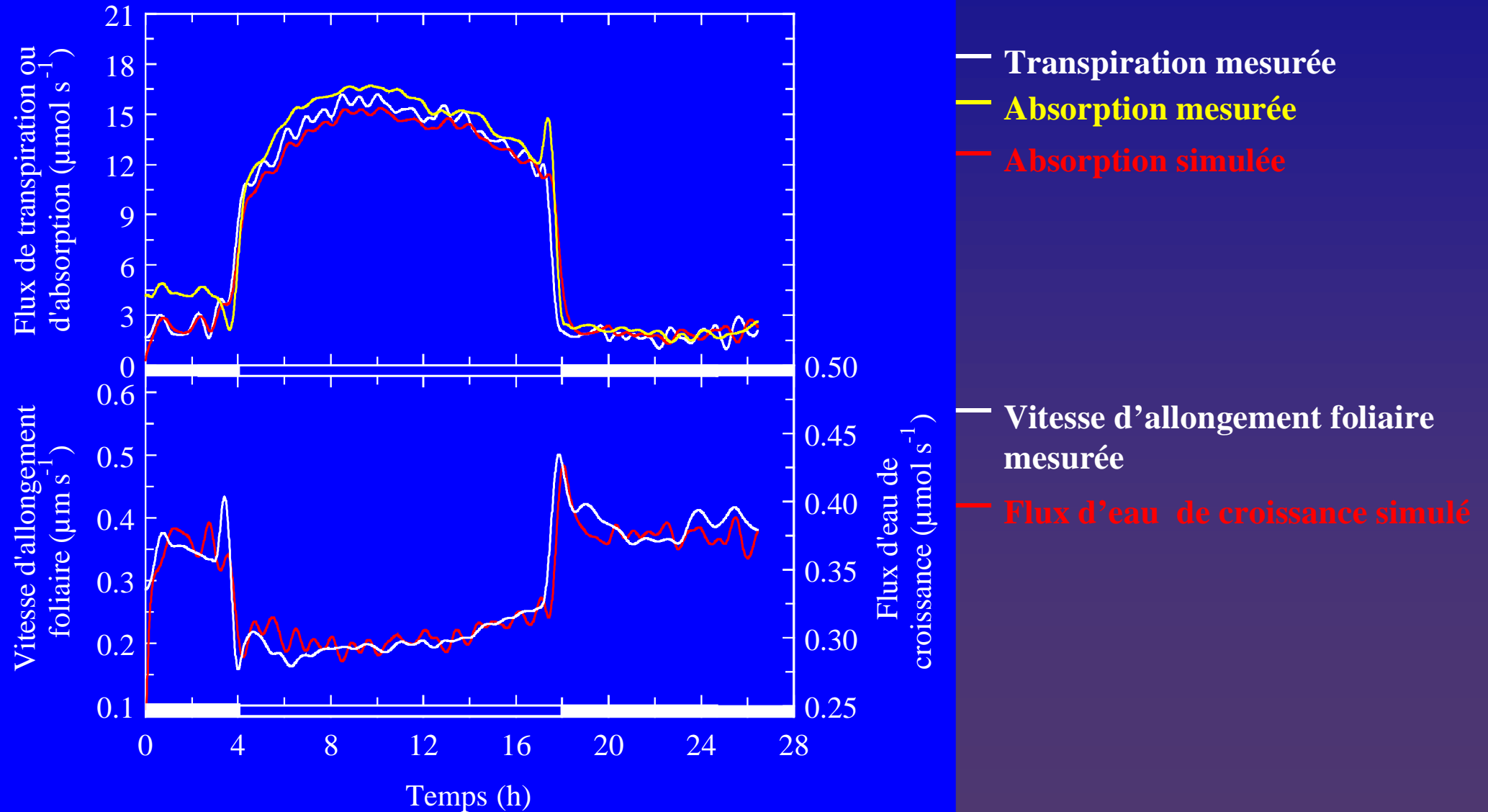


- A  $\text{CO}_2$  actuel, le maïs est au plafond
- Dans le futur, les C4 conservent un certain avantage

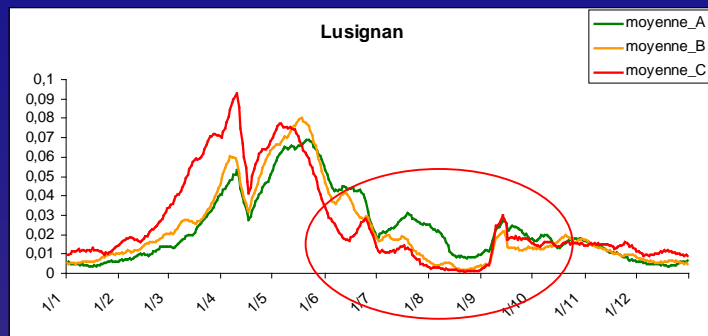


- La croissance du CO<sub>2</sub> augmente la photosynthèse et baisse la transpiration.

- La croissance du CO<sub>2</sub> augmente la vitesse d'expansion des tissus aériens

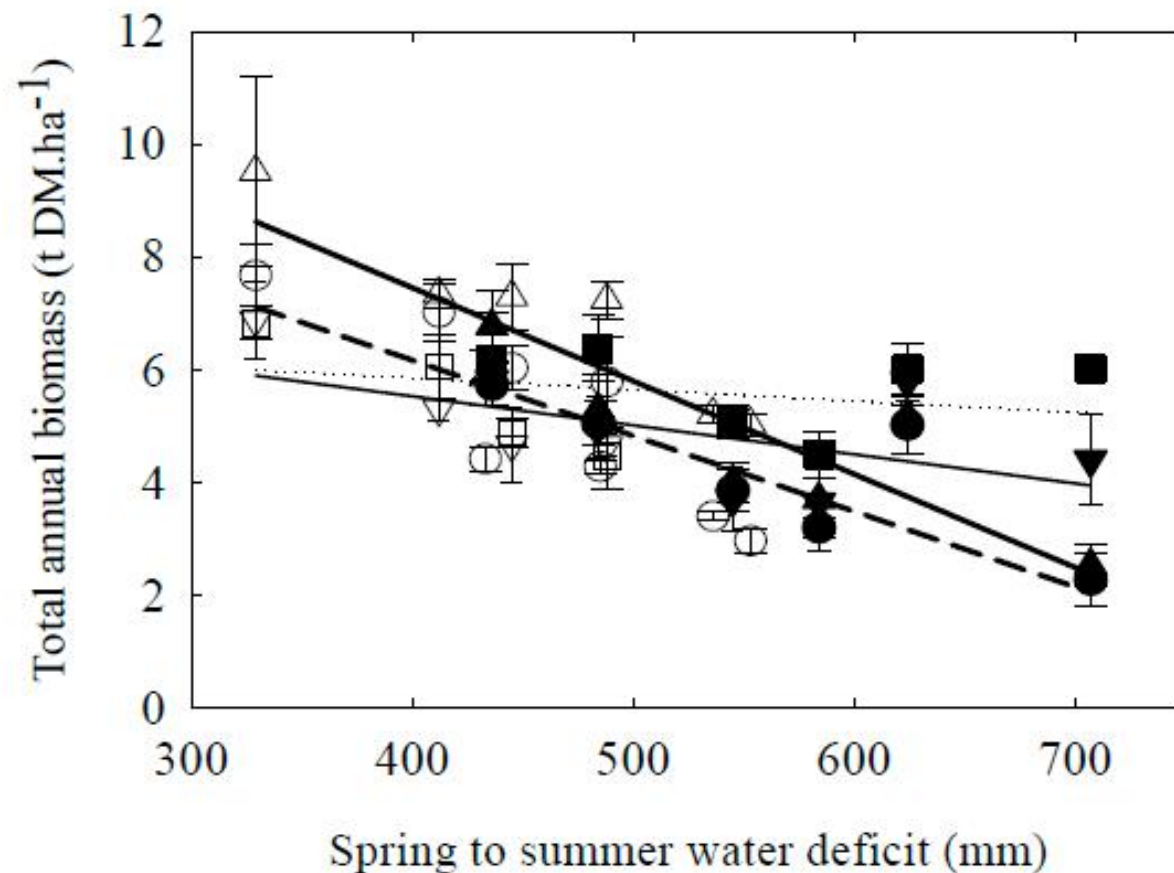


# Précipitations, bilan hydrique



Durand et al 2010

Poirier et al 2012

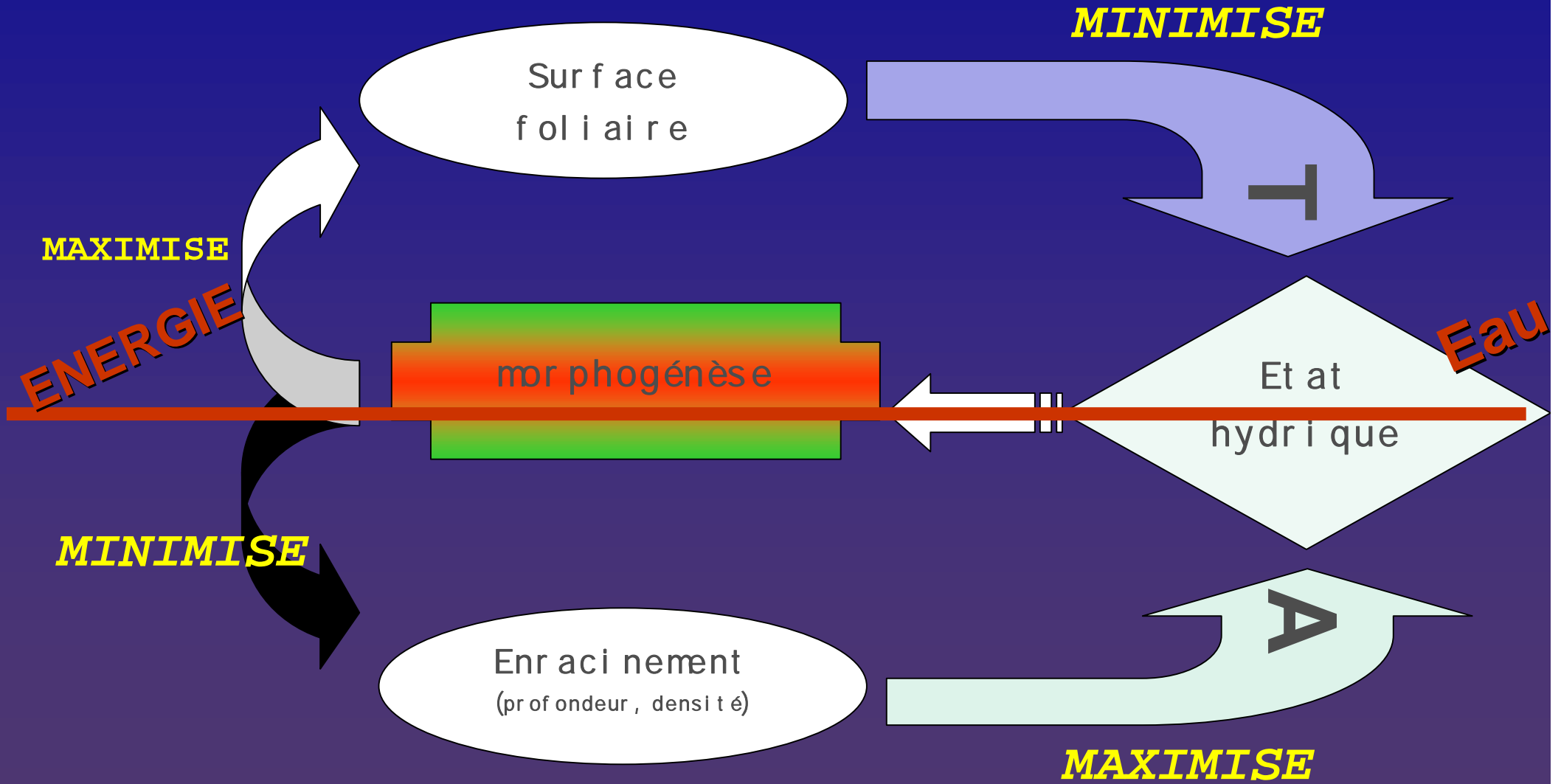


- ∇ Med-Fa ;  $r^2=0.33$  ;  $P=0.084$
- ..... □ Med-Dg ;  $r^2=0.07$  ;  $P=0.450$  (ns)
- △ Temp-Fa ;  $r^2=0.79$  ;  $P<0.001$
- - - ○ Temp-Dg ;  $r^2=0.67$  ;  $P<0.001$

# Précipitations, bilan hydrique

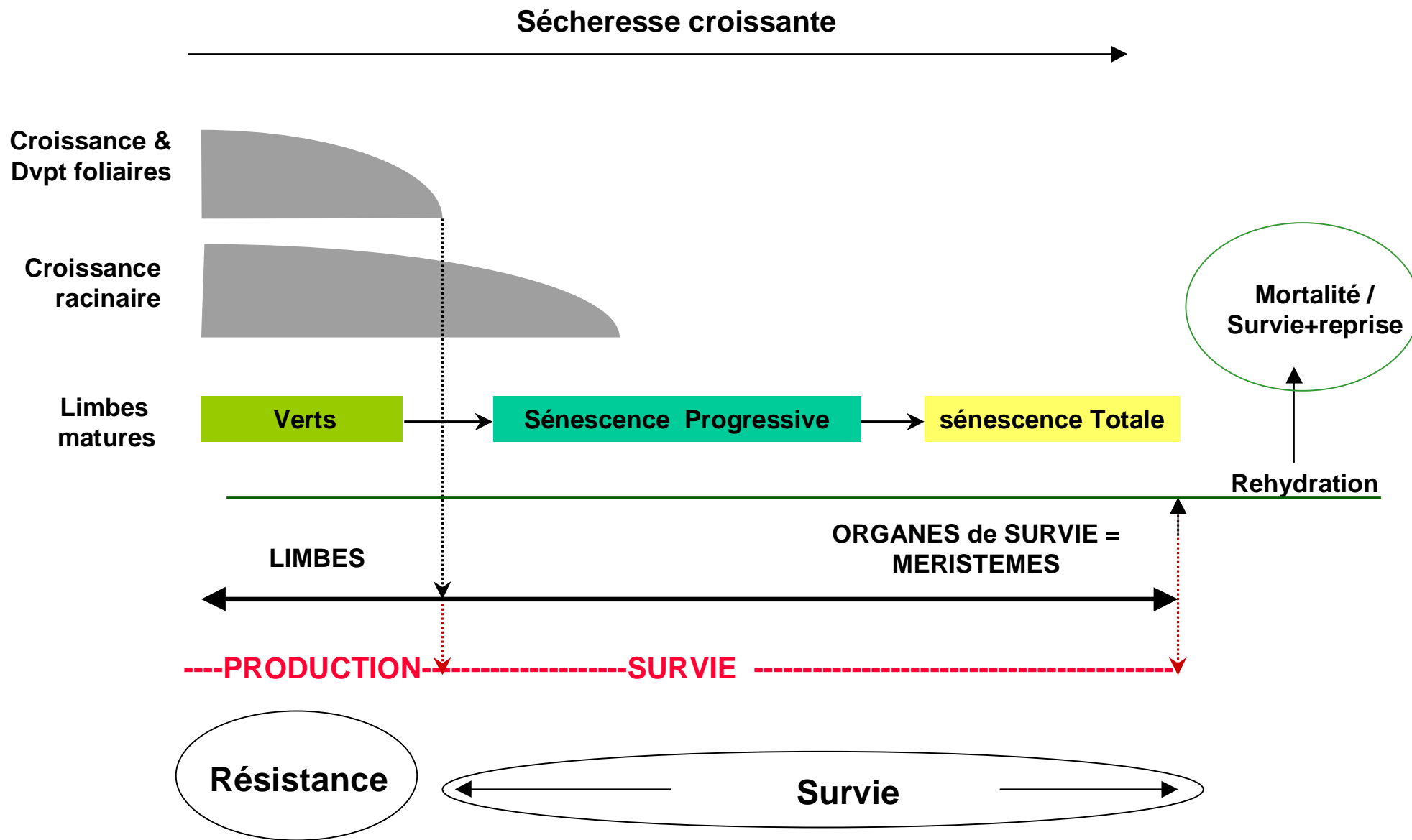


Réponses adaptatives pour assurer la production sous contrainte



**Compromis**

## Réponses adaptatives pour assurer la survie





## Sécheresse, azote et qualité

Effet sur  
l'acquisition  
de l'azote

Effet sur  
morphogénèse

Ex, luzerne

ADF, IVDOM et MAT

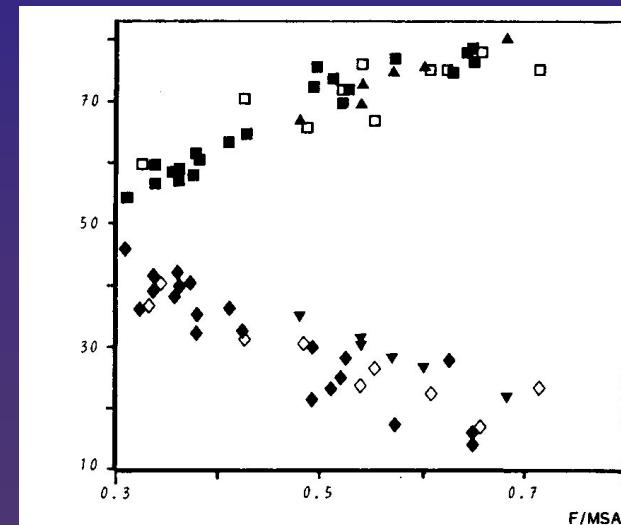
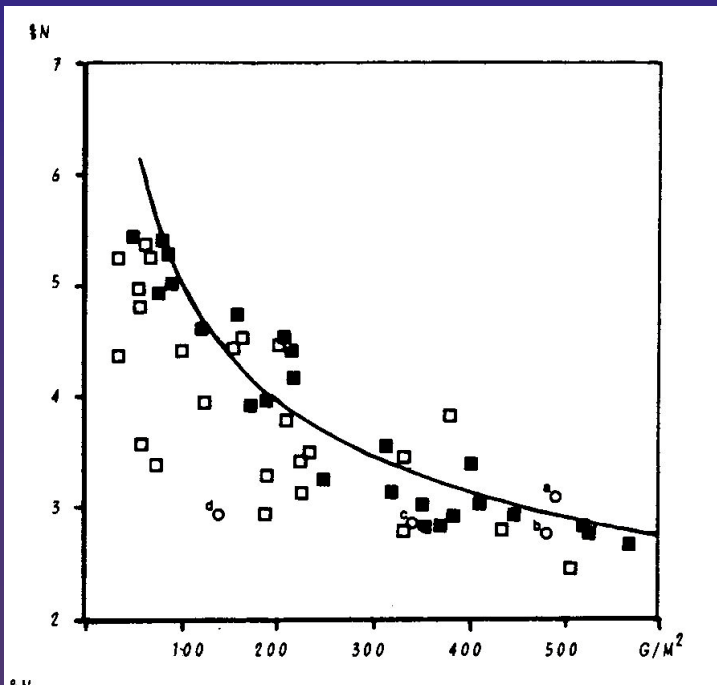


Fig. 9. Teneur en ADF ( $\diamond$ ), et digestibilité ( $\square$ ) de la MSA en fonction de la part des feuilles dans la matière sèche exportée.  $\square$  : sec;  $\blacksquare$  : irrigué,  $\blacktriangledown$  et  $\blacktriangle$  : respectivement teneur en ADF et digestibilité d'après les données du tableau 3 in Vough et Marten 1971.

D'après Lemaire & al. 1989

# Pérennisation

✓ Déplacement ,  
occupation du terrain  
(phalange/guerilla)

✓ Nombre de points  
végétatifs

✓ Pâturage

✓ Survie aux fortes T et  
sécheresses intenses

✓ Maintien des méristèmes  
et points sous contraintes



# Maïs, Sorgho



- Absence de l'effet positif du CO<sub>2</sub> – mais garde une efficacité photosynthétique > C<sub>3</sub>
- Amélioration du bilan hydrique
- Réduction du cycle - > variétés plus tardives
- Accroissement de T - > +150 °J depuis milieu du XX<sup>e</sup> siècle -> progrès agronomique maintenu grâce à la génétique, adaptation des dates de semis, irrigation...
- Valorise mieux les fortes températures, mais projection sur gels empêchent d'envisager la pérennisation
- Besoins en eau accrus (bilan ET°/gS,/IF)
- Meilleure efficacité de l'azote du sorgho

# Conclusions

- Forte capacité de résistance des plantes des prairies semées (graminées: spécialistes de la résilience)
- Large variabilité inter-espèces plus ou moins adaptées à des conditions plus chaudes et plus sèches
- Existence d'une forte variabilité génétique (Cf *Voltaire et al.*) mais la réponse à la température doit être explorée.
- Forte dépendance des conditions de nutrition minérale.
- Manque d'études à  $[CO_2]$  élevé mais incite à l'optimisme.
- Avenir des C4 assuré dans régions où l'eau est disponible. Arbitrages si conflits d'usages.