



Viticulture et stress hydrique

► Mardi 17 juin 2014



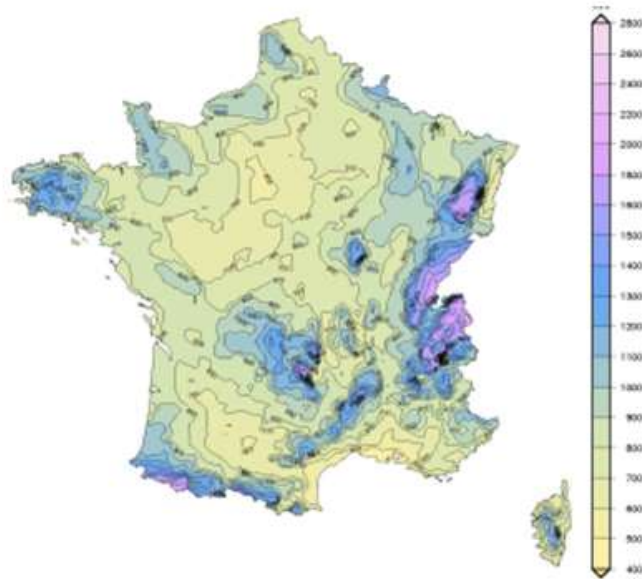


Effets du déficit hydrique sur les flux d'eau et la teneur en sucres dans les baies de raisin

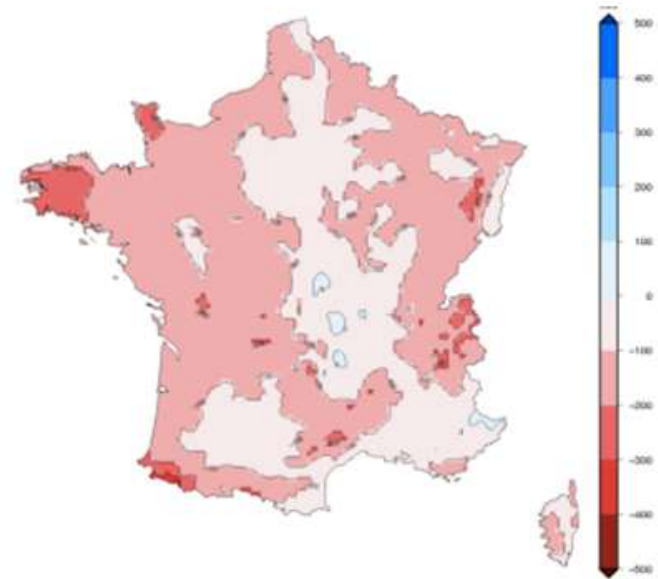
Serge Delrot , Grégory Gambetta , Jean-Pascal Goutouly, ZhanWu Dai

Evolution climatique attendue au XXIème siècle

Composante hydrique

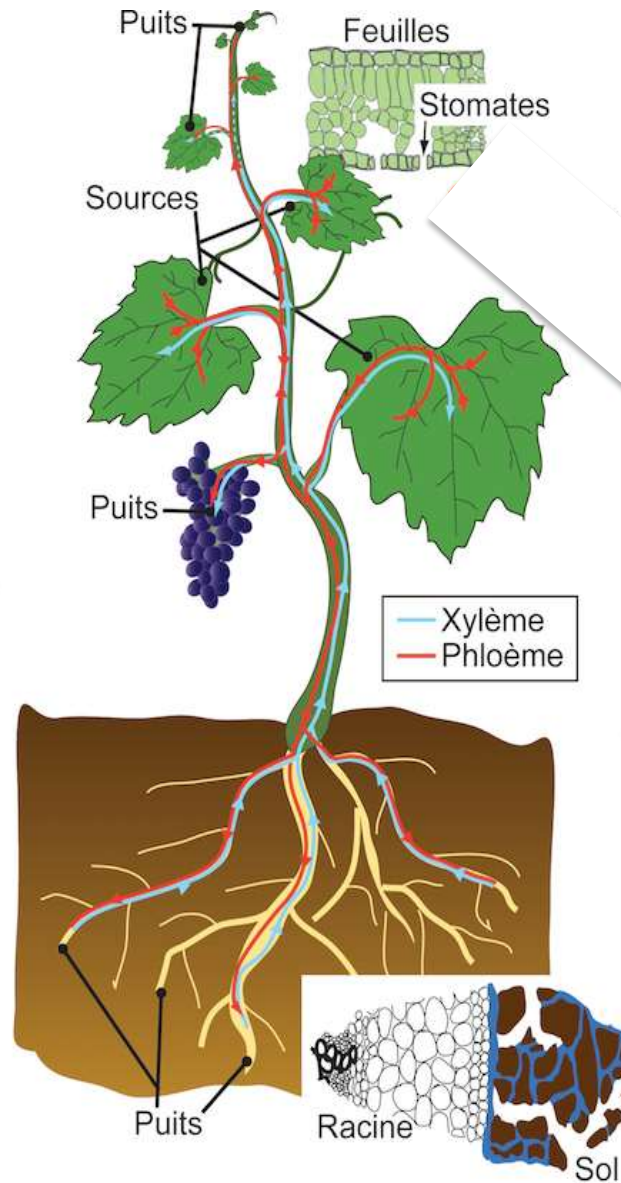


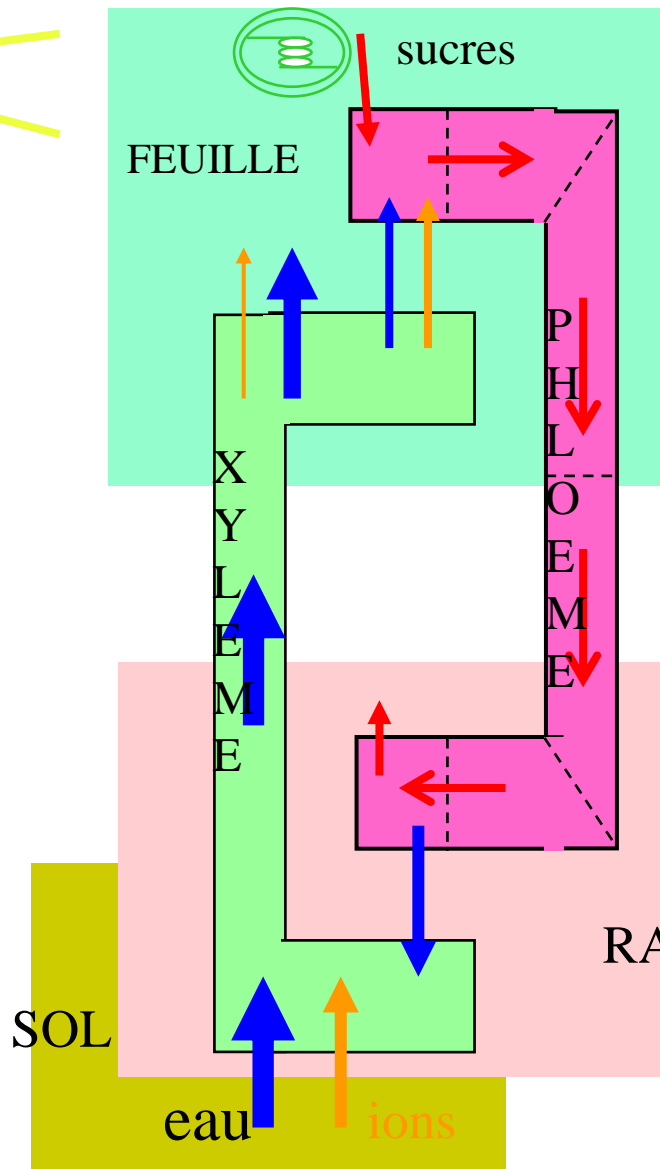
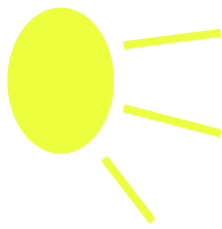
Cumul annuel des précipitations en France
dans les années 1970.
Arpège V4.6 - Source : GICC/DRIAS



Evolution du cumul annuel des précipitations en France
dans les années 2055.
Scénario A1B – Arpège V4.6 - Source : GICC/DRIAS

Les flux de sève chez les plantes



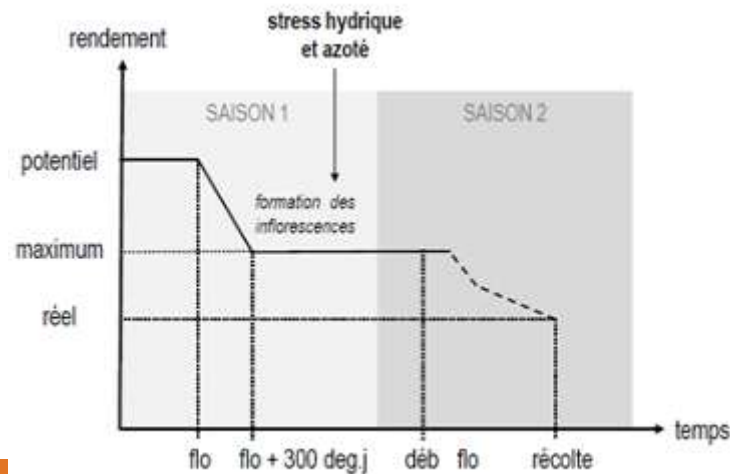
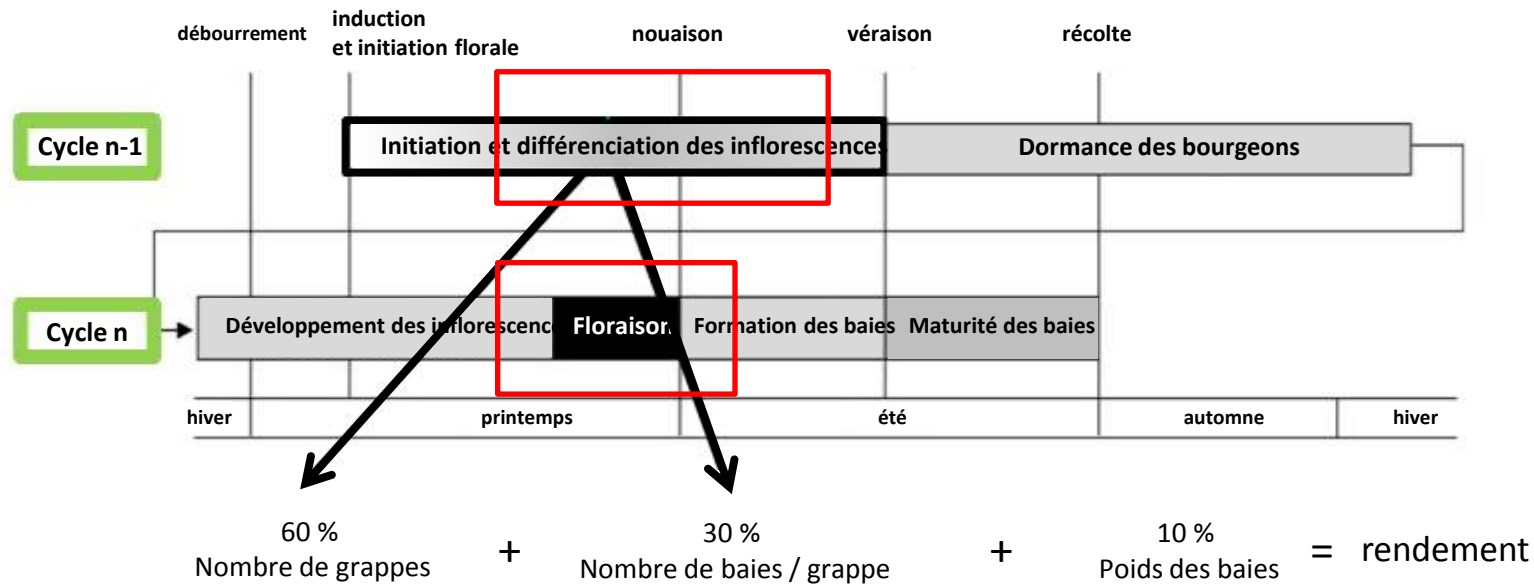


Les deux flux de sève
sont couplés
et
dépendent de l'énergie
lumineuse

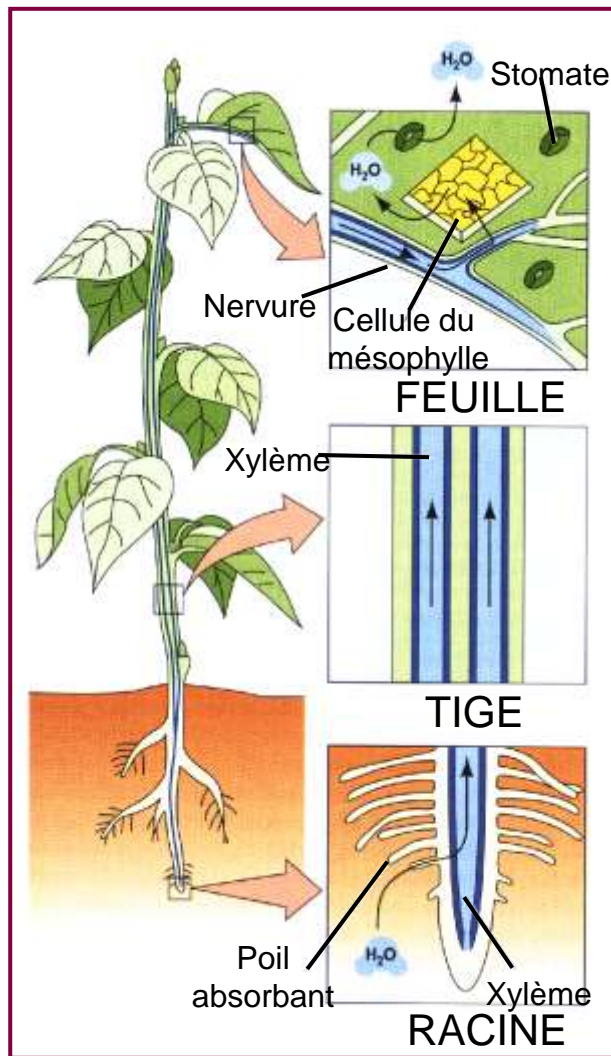
RACINE OU ORGANE RECEVEUR

SOL

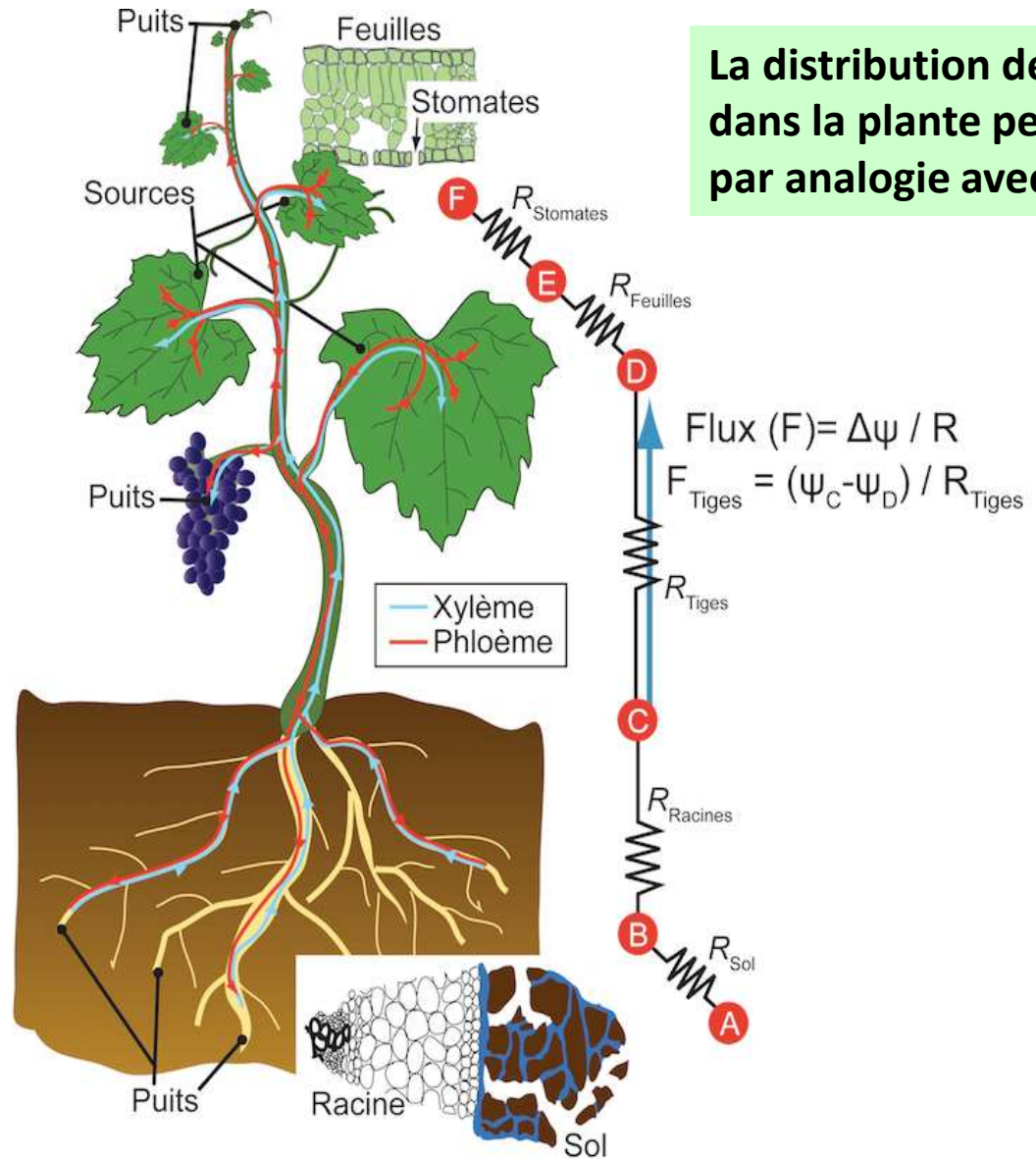
eau ions



Transport de l'eau chez les plantes : le continuum sol- plante-atmosphère



La distribution des flux hydriques dans la plante peut être modélisée par analogie avec la loi d'Ohm



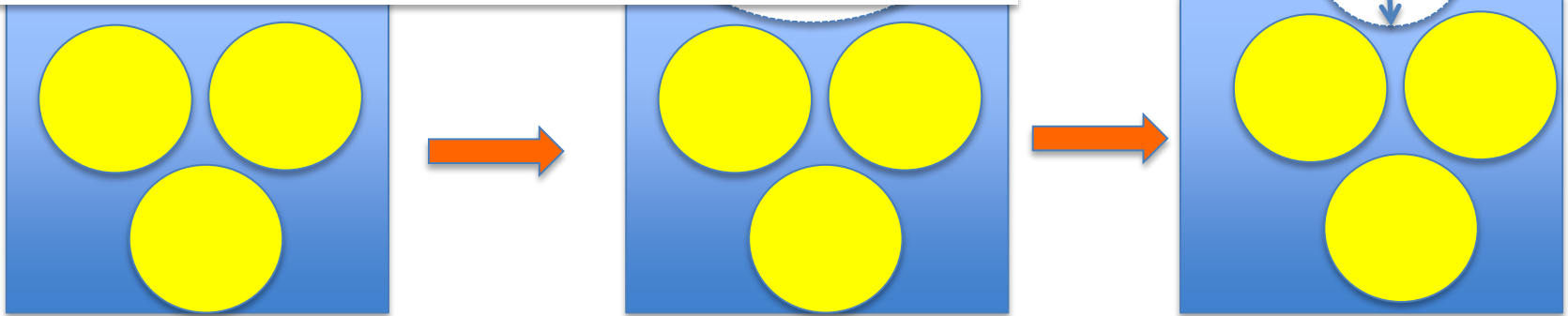
Potentiel hydrique dans le sol

Au fur et à mesure du dessèchement du sol, l'eau va se retirer dans les interstices du sol, et former des ménisques.

L'eau sous ces surfaces courbes développe une tension, ou pression négative, donnée par la formule :

$$P = -2T/r$$

où T est la tension de surface de l'eau ($7,28 \cdot 10^{-8} \text{MPa}\cdot\text{m}$) et r est le rayon de courbure du ménisque (en m)



Potentiel hydrique dans une cellule

$$\Psi = \psi^* + \psi_p + \psi_s + \rho_w g h + \psi_m$$

Avec

Ψ = potentiel hydrique (total)

ψ^* = potentiel hydrique standard

ψ_s = potentiel des solutés = potentiel osmotique (quantité négative égale à $-P$, pression osmotique)

ψ_p = potentiel de pression = pression hydrostatique (pression de turgescence)

$\rho_w g h = \psi_g$ = potentiel gravitationnel, avec ρ_w = densité de l'eau;
 g , accélération due à la gravité; h , hauteur de l'eau au-dessus de l'état de référence; $\rho_w g = 0,01 \text{ MPa.m}^{-1}$

ψ_m = potentiel matriciel, dû à l'interaction électrostatique de l'eau avec les parois pectocellulosiques

$\psi^* = 0$ par définition

Ψ_g est négligeable jusqu'à une hauteur de 5 ou 10 m

Ψ_m n'intervient que dans les états de déshydratations extrêmes, et peut souvent être négligé en pratique.

L'équation de base peut donc être simplifiée: $\Psi = \psi_p + \psi_s = \psi_p - P$

Potentiel hydrique dans l'atmosphère

La différence entre la pression de vapeur d'eau dans l'air à un moment donné (p) et la pression saturante à la même température (p_0) est appelée déficit de saturation en vapeur d'eau : $DS = p - p_0$

L'humidité relative **HR** est le rapport exprimé en % de la pression existante à la pression saturante à la même température: $HR = 100 p/p_0$

p = pression atmosphérique de l'échantillon gazeux

p_0 = pression atmosphérique de l'atmosphère saturée en eau

La quantité d'énergie dont est réduit le potentiel chimique des molécules d'eau dans la vapeur est donnée par:

$$\mu_i - \mu_{i0} = RT \text{Log}_n(p/p_0)$$

Le potentiel hydrique est donc $\Psi = [RT/V] \text{Log}_n(p/p_0)$

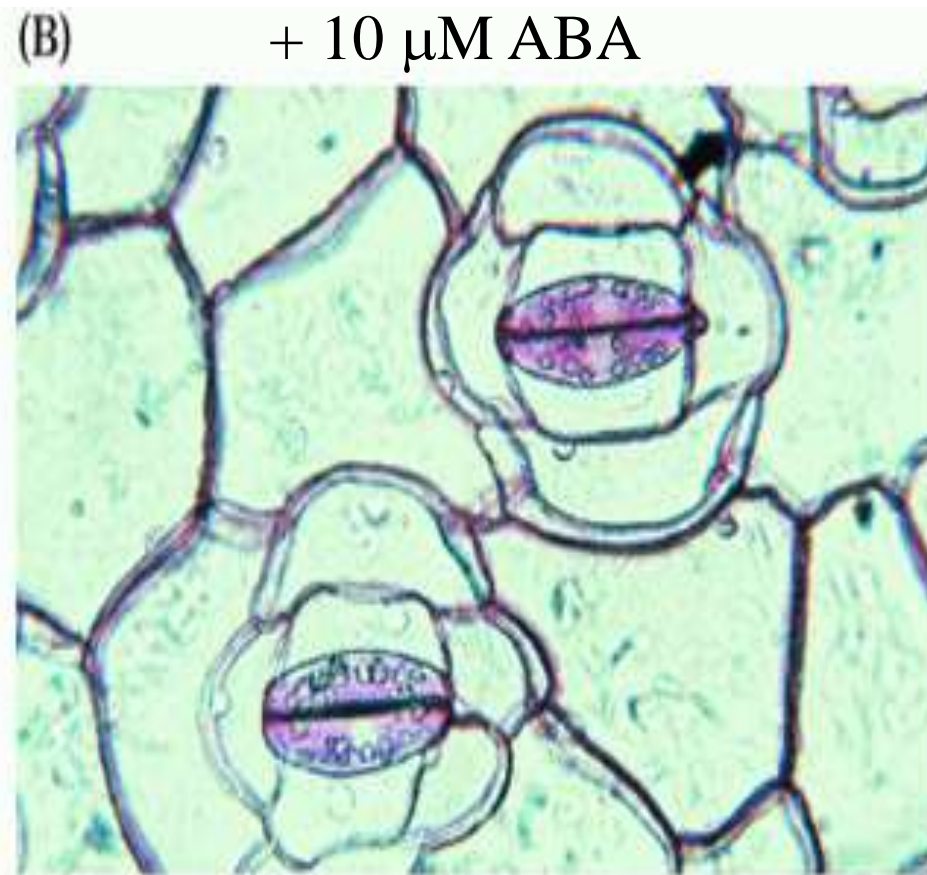
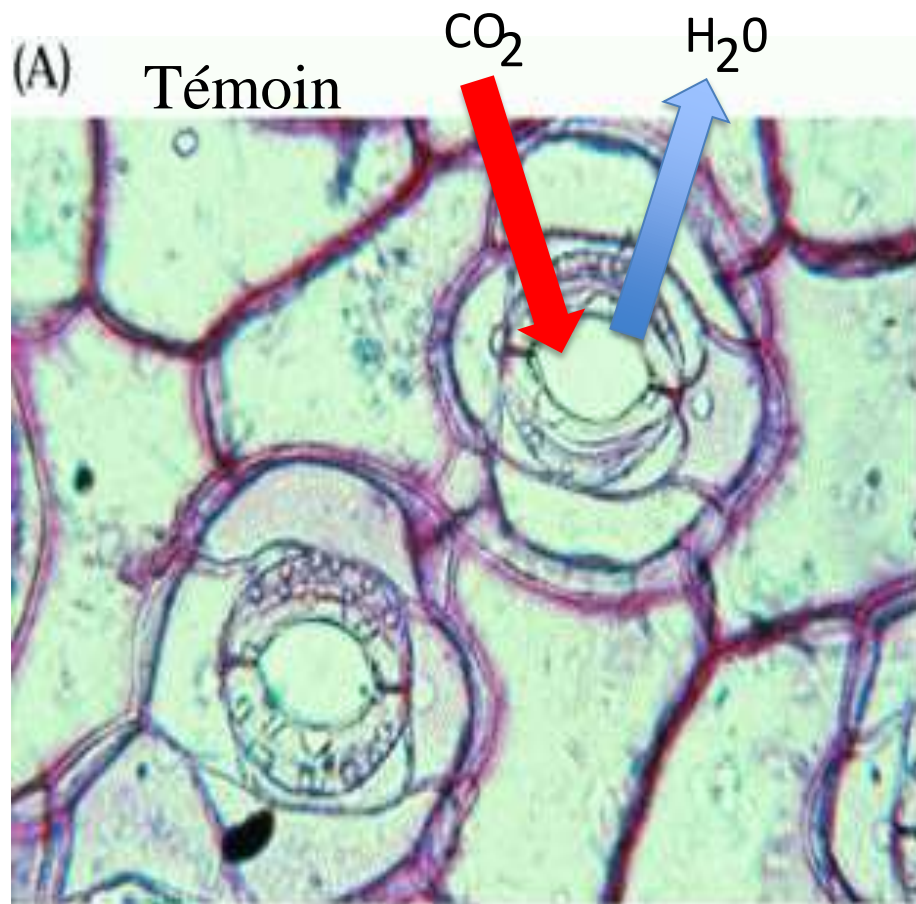
avec R = constante des gaz parfaits; T = température absolue ($^{\circ}$ K); V = volume molaire de l'eau

$R = 8,31 \text{ J.}^{\circ} \text{ K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ à 20° C

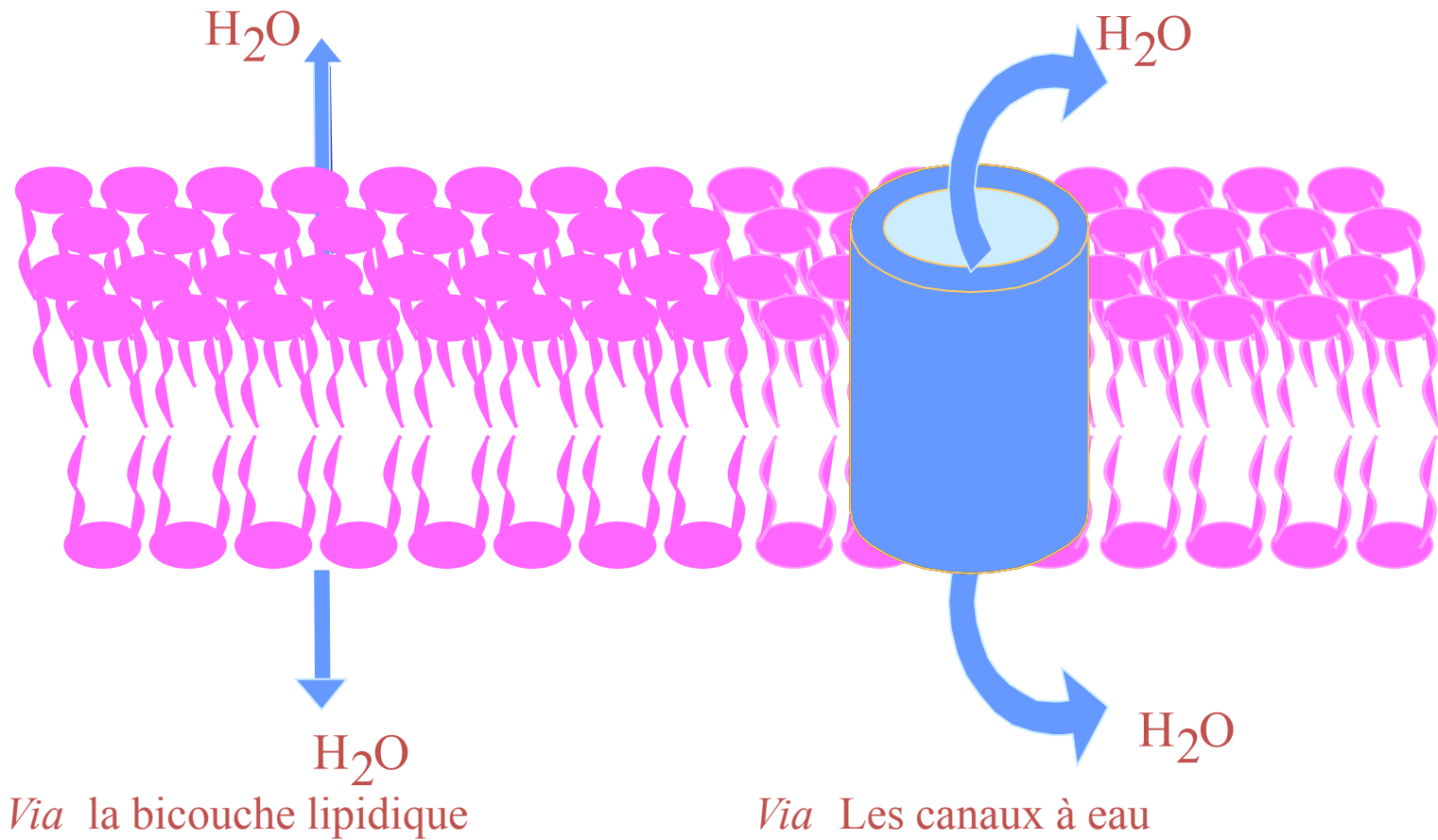
$$\Psi \text{ (bar)} = [RT/V] \text{Log}_n(\text{HR}/100) = 1,355 \text{Log}_n(\text{HR}/100)$$

% HR	100	99,6	99	90	50
Ψ (bar)	0	-5	-14	-142	-941

Les stomates, lieux d'échanges gazeux contrôlés par l'acide abscissique



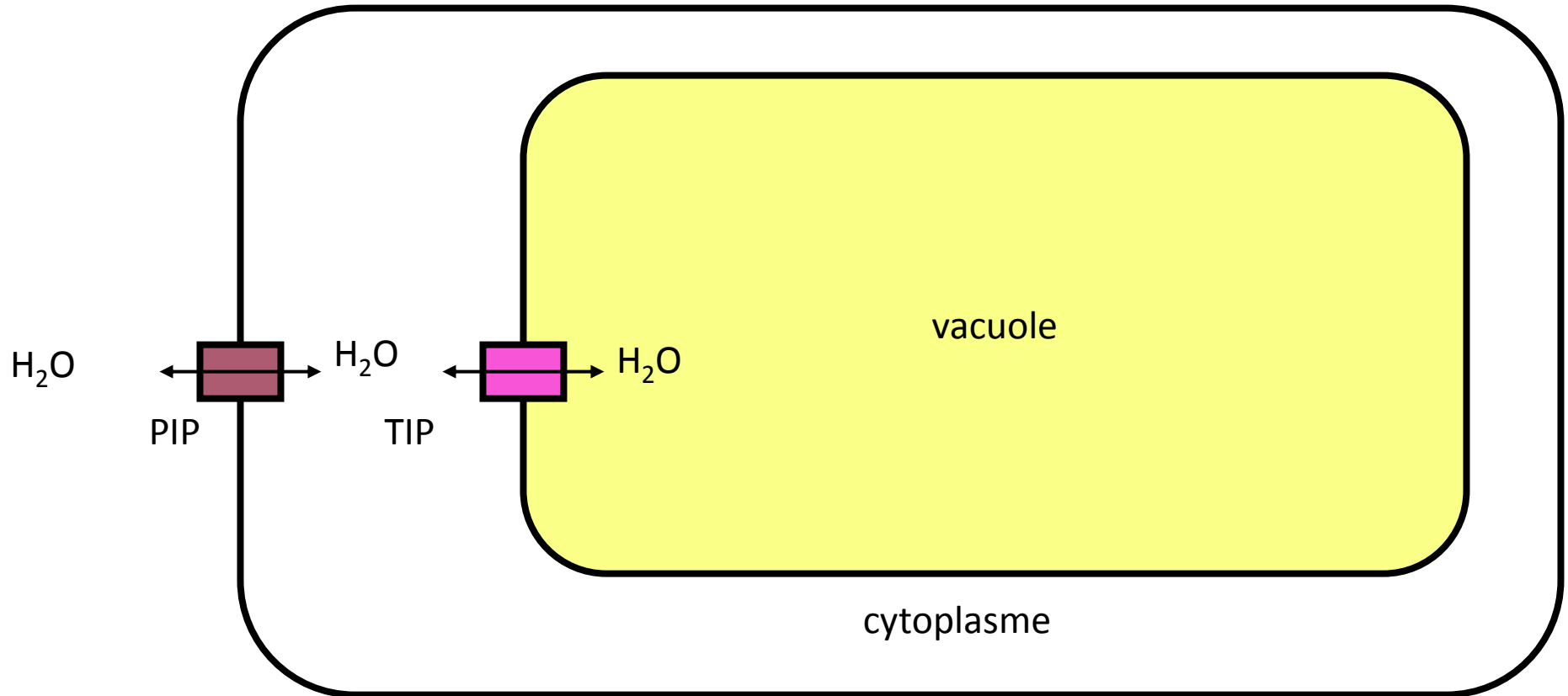
Transport de l'eau à travers une membrane biologique



$E_a > 10 \text{ kcal.mol}^{-1}$
Insensible au Hg
Fermeture impossible

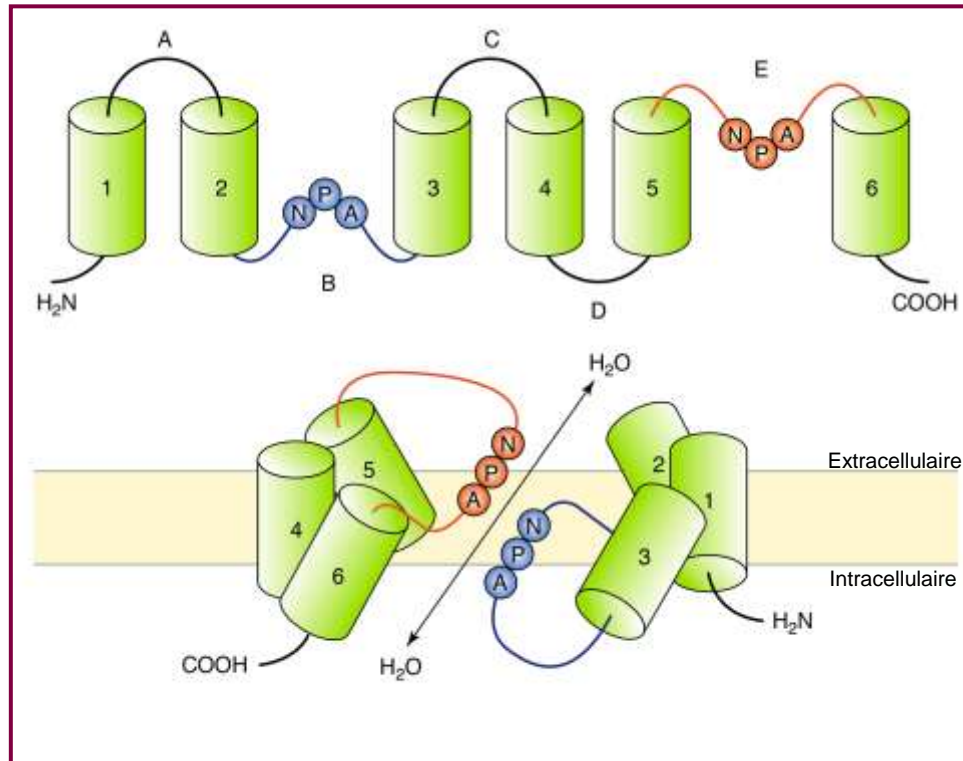
$E_a < 5 \text{ kcal.mol}^{-1}$
Sensible au Hg
Fermeture possible

Les aquaporines (canaux à eau) font partie de la famille des MIP (membrane intrinsic protein) et sont présentes sur la membrane plasmique (PIP = plasma membrane intrinsic protein) et sur le tonoplaste (TIP = tonoplast intrinsic protein)



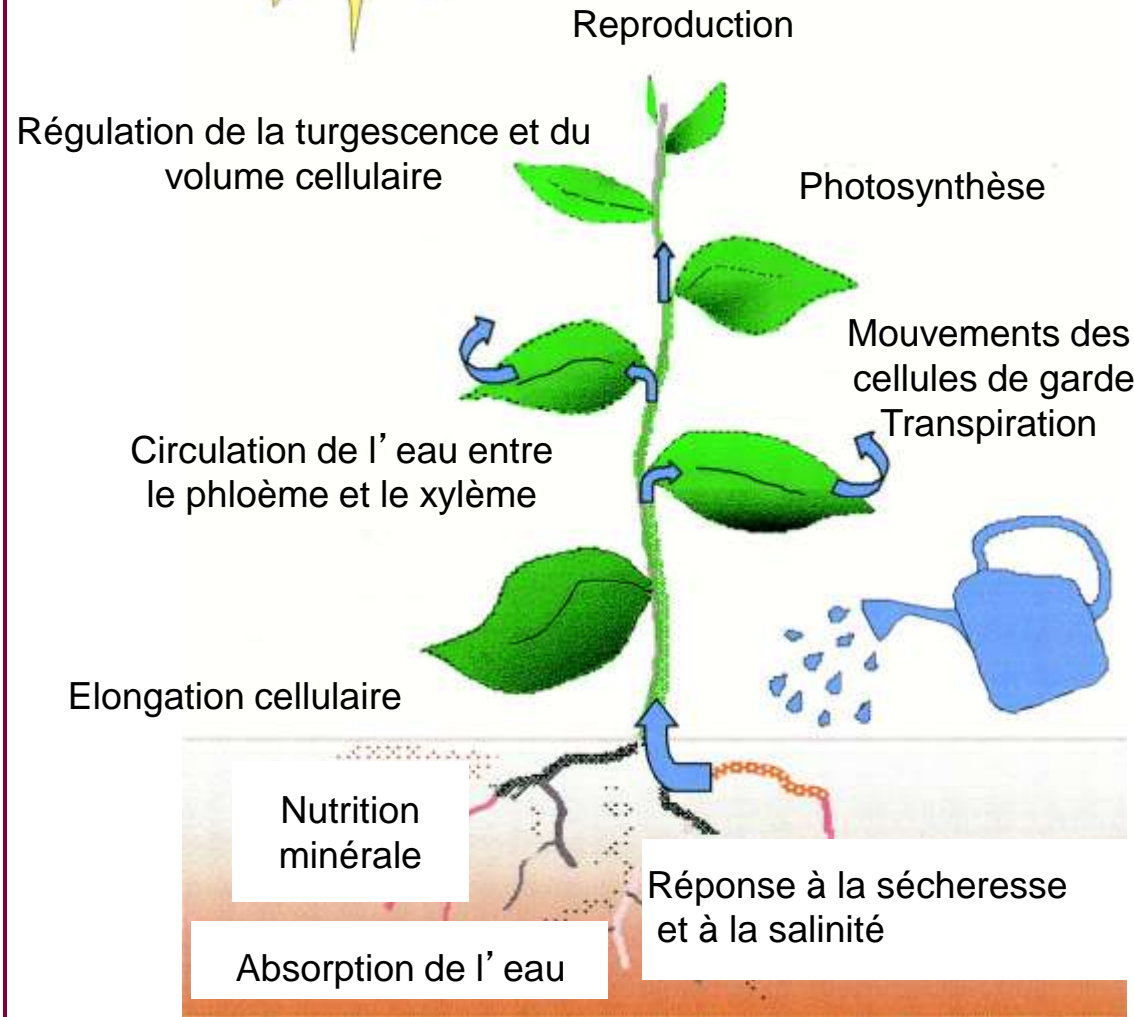
Les aquaporines

- Découvertes en 1992
- Protéines membranaires appartenant à la famille des MIPs (26 à 34 Kda)

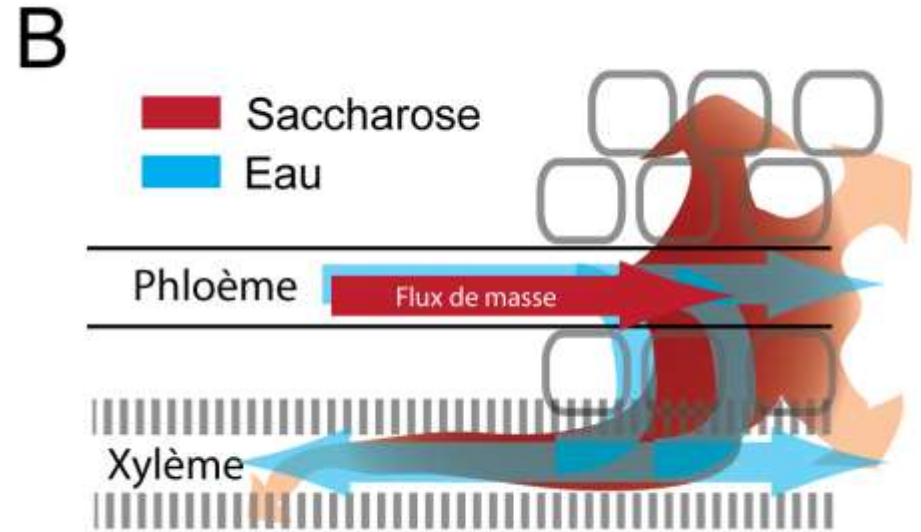
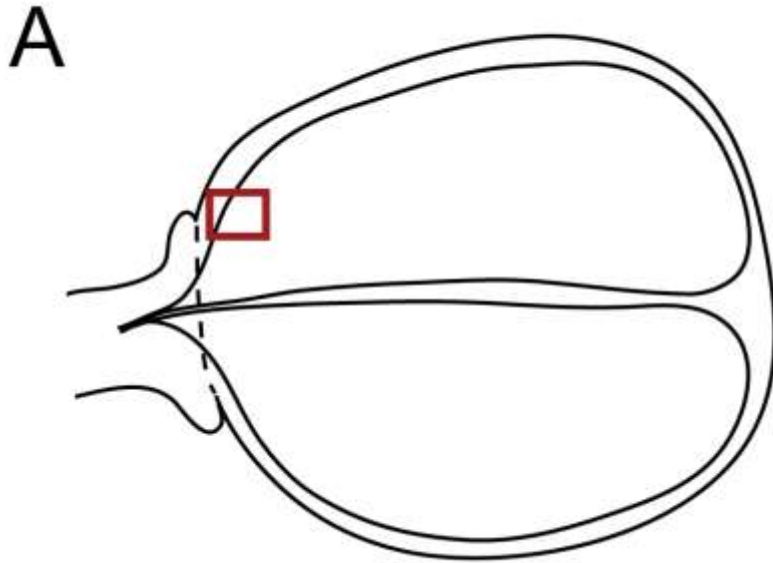


- 6 domaines transmembranaires + motifs NPA
- Forment des tétramères, régulées par le pH, par phosphorylation, méthylation...

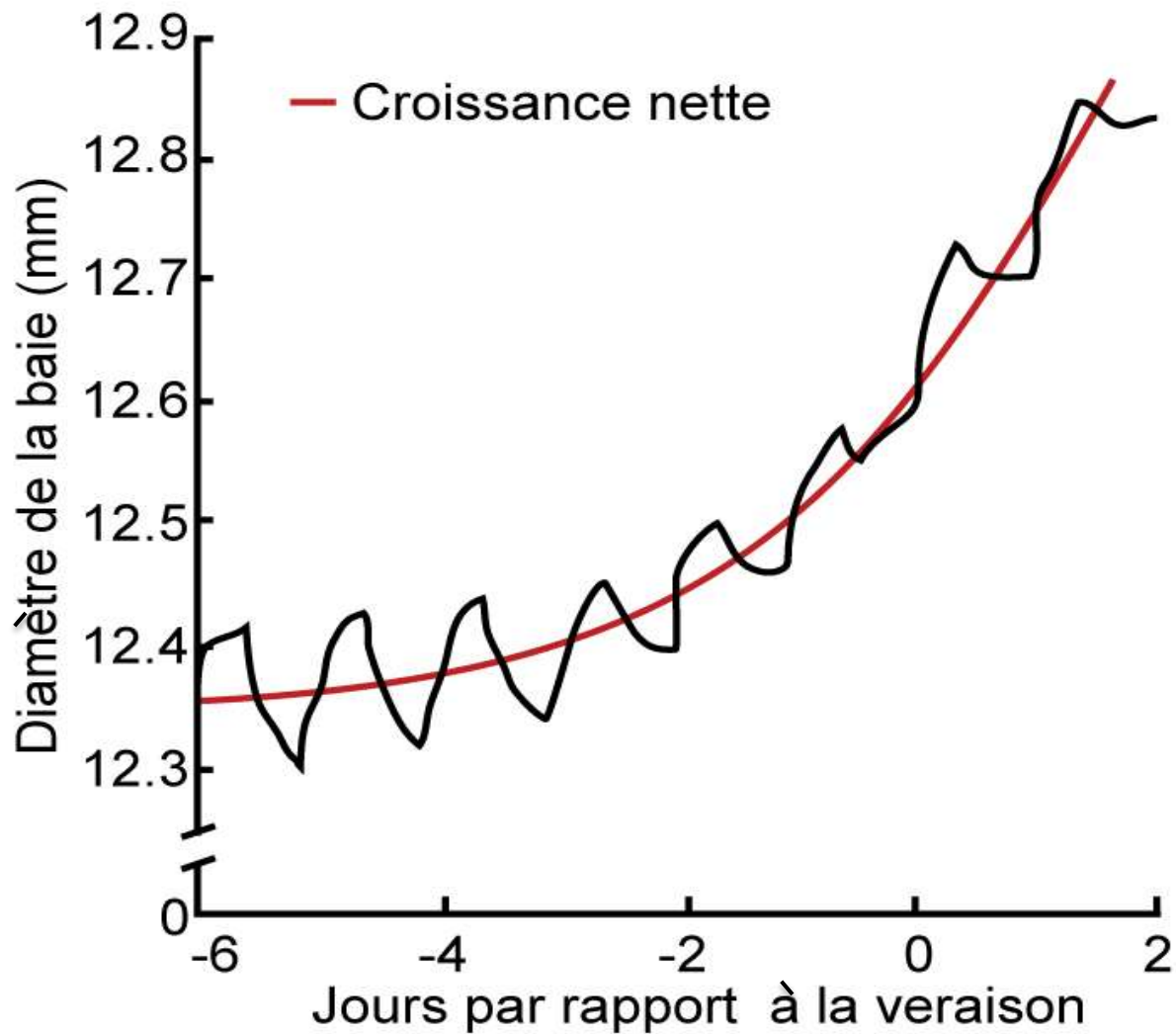
Les aquaporines: des rôles physiologiques multiples



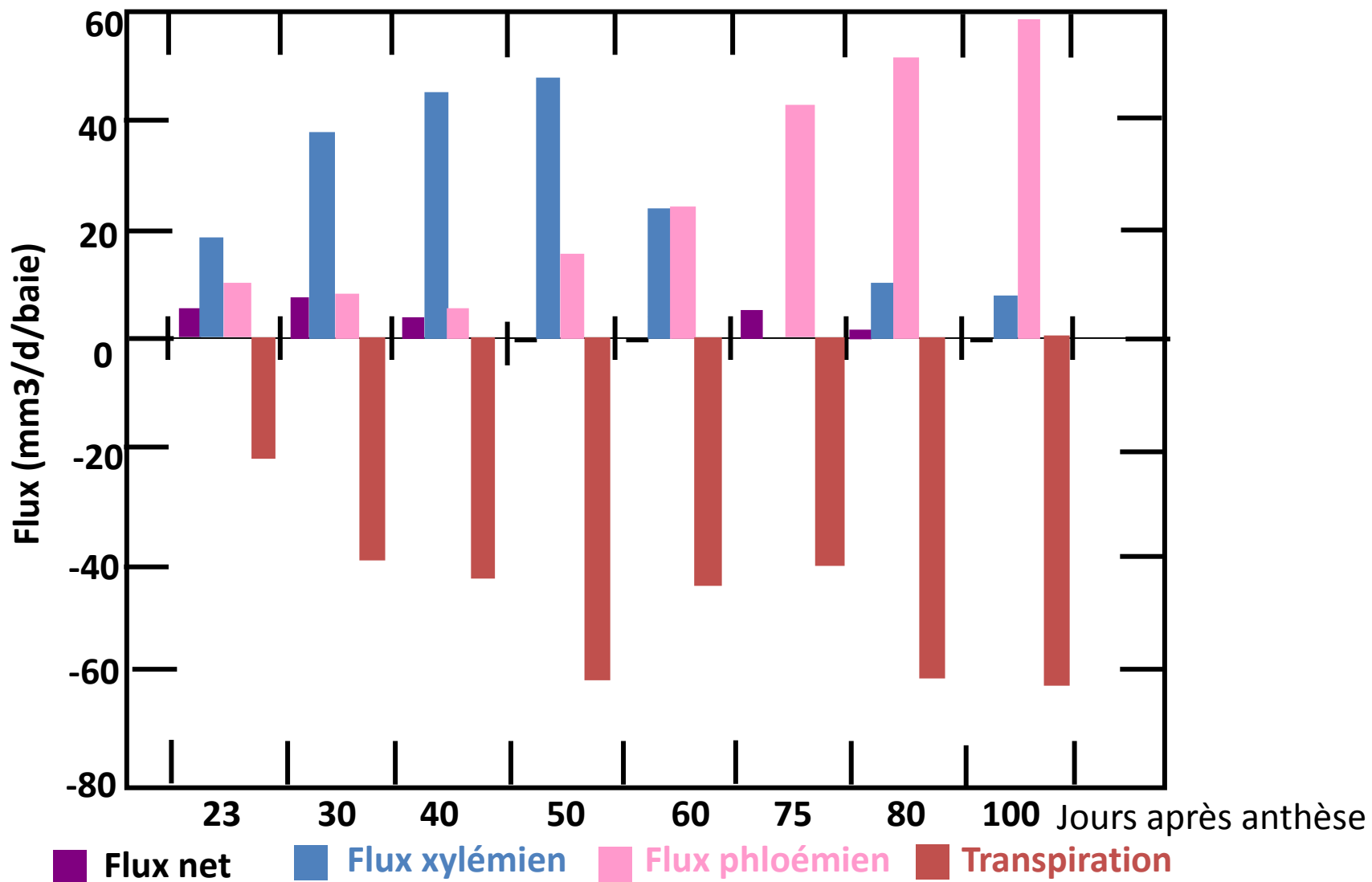
Flux de sucres et d'eau dans la baie



Rythme nycthéral de la croissance des baies

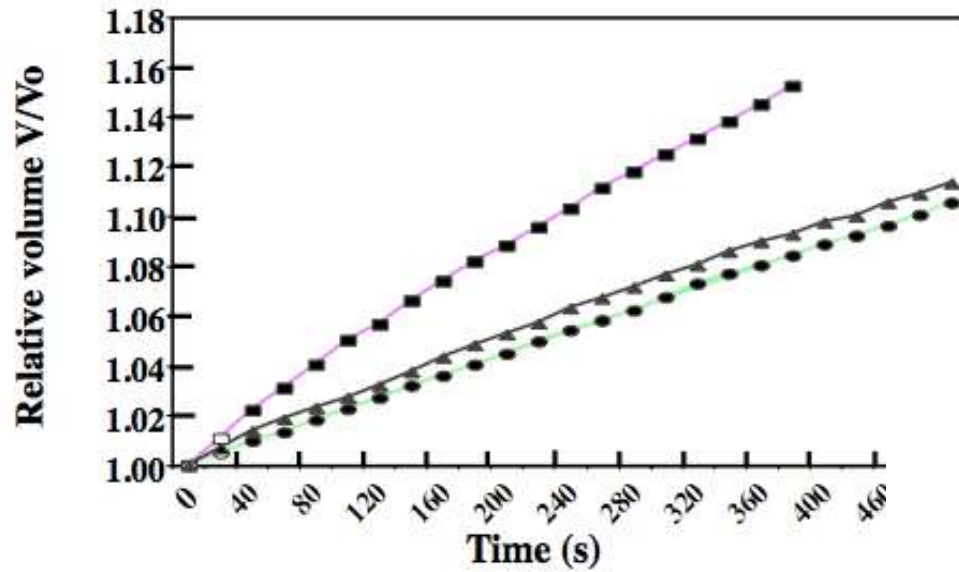


Composants de l'équilibre hydrique de la baie au cours du développement (Ollat et Gaudillère, 1997)

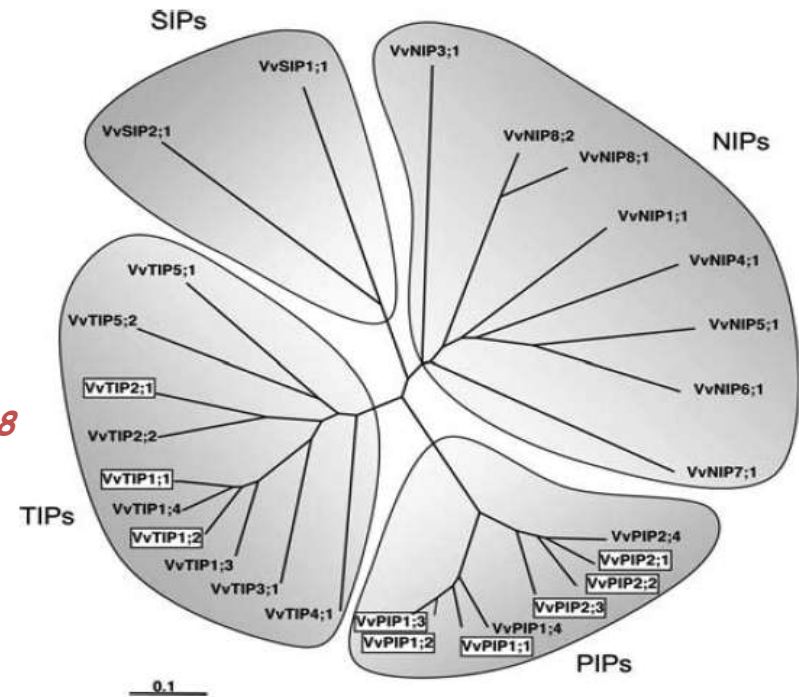


Caractérisation des aquaporines exprimées dans la baie de raisin

Picaud et al., 2005

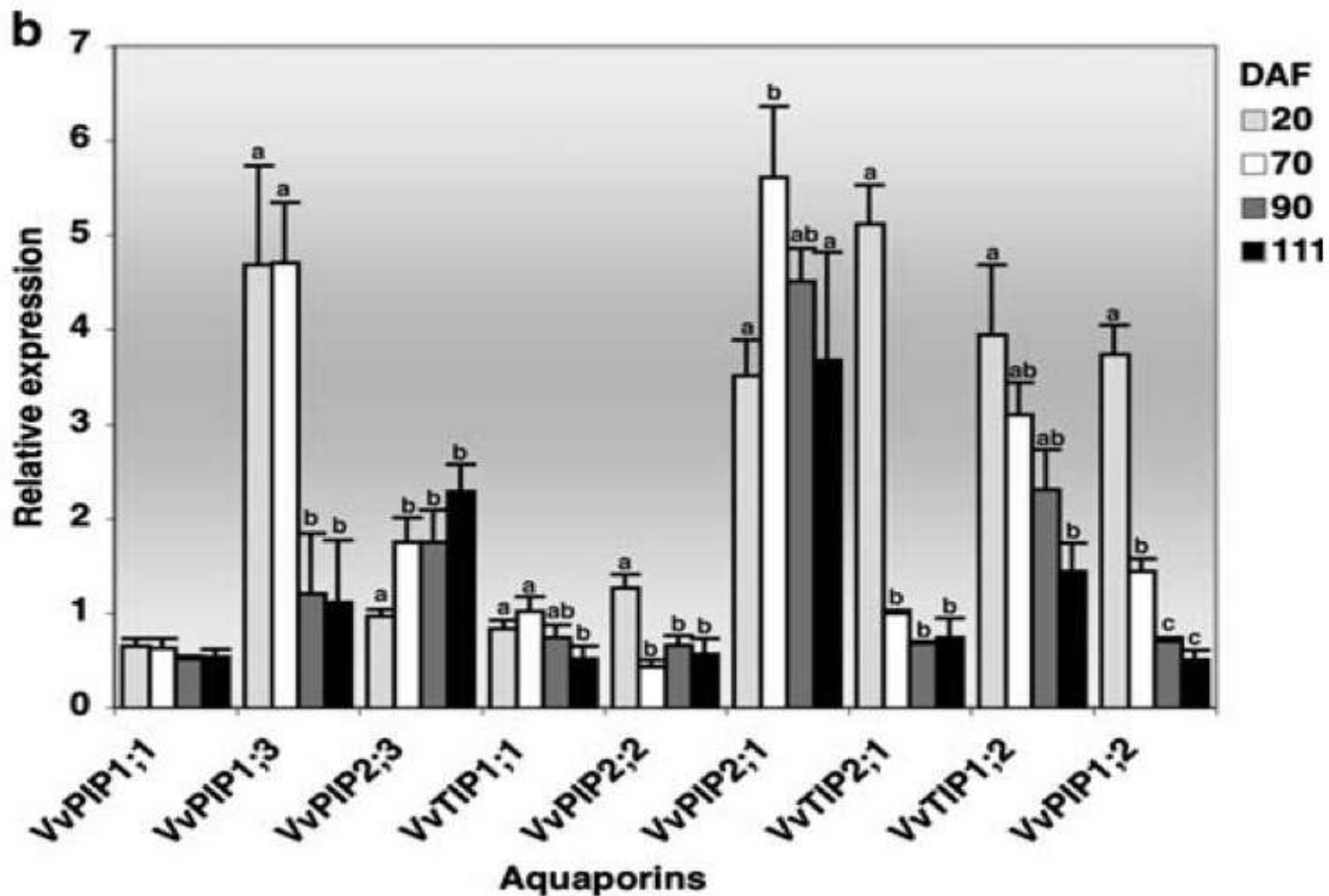


Noronha et al., 2013

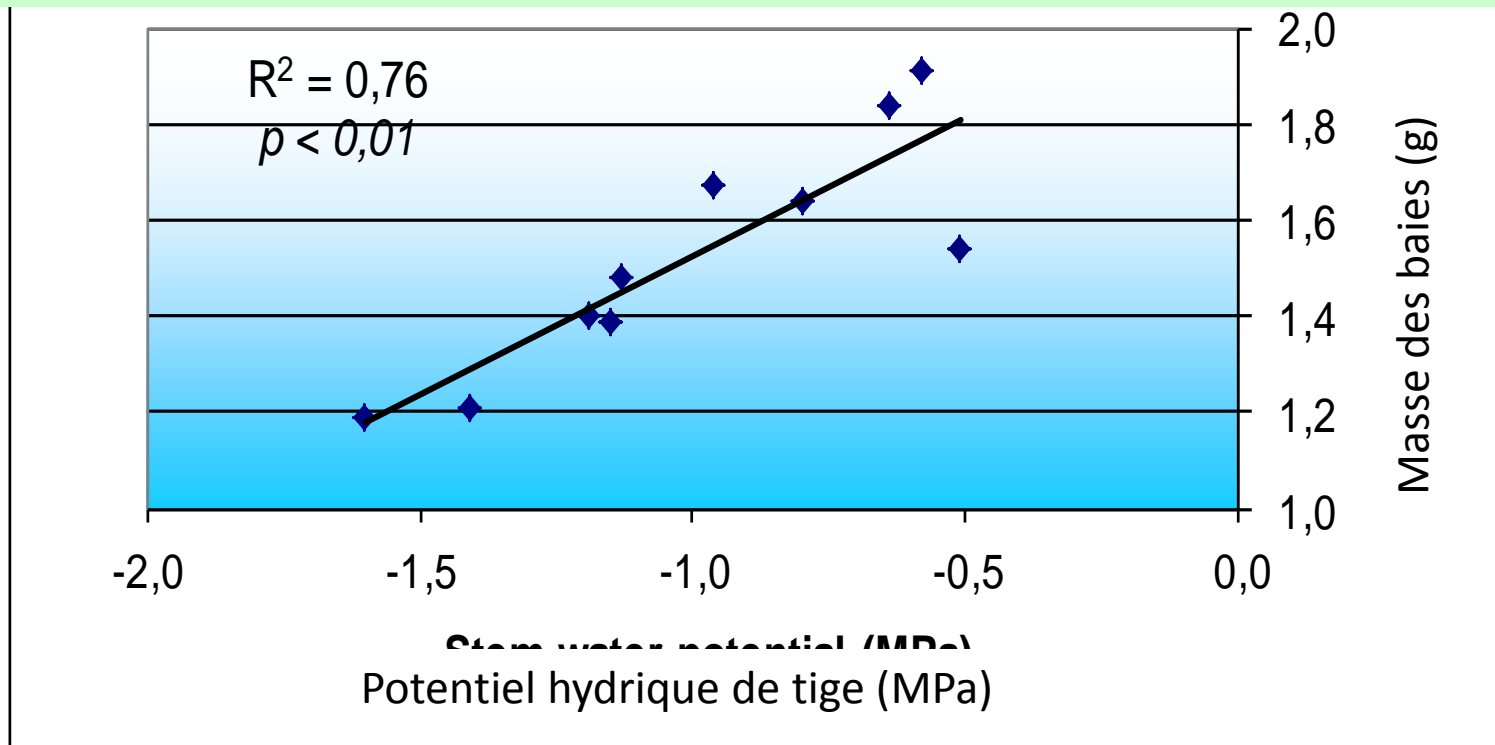


Fouquet et al., 2008

Fig. 2 Phylogenetic analysis of putative grapevine aquaporins.

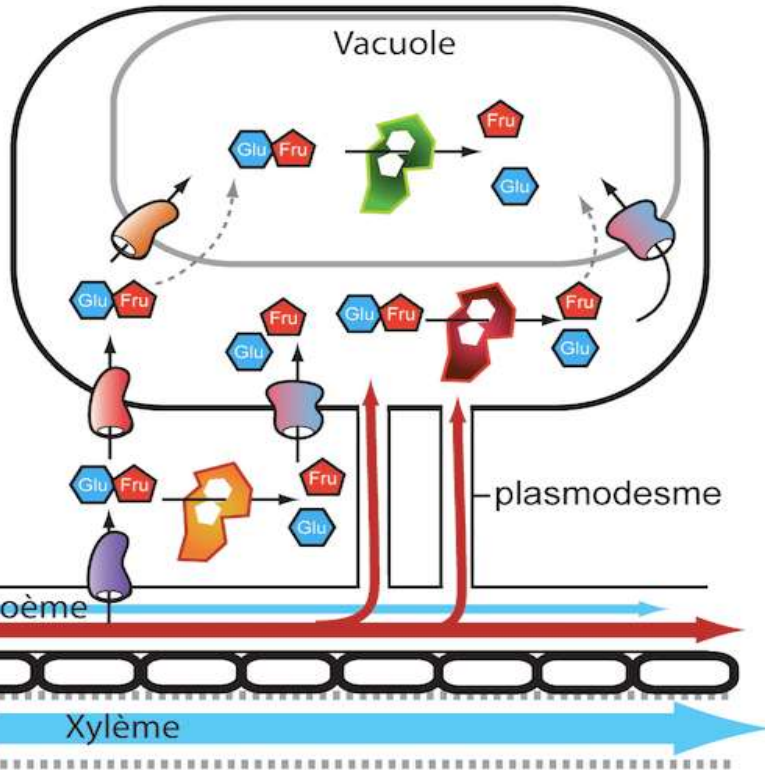


Corrélation entre potentiel hydrique de tige minimal et masse des baies (Van Leeuwen et al.) Merlot, 2000

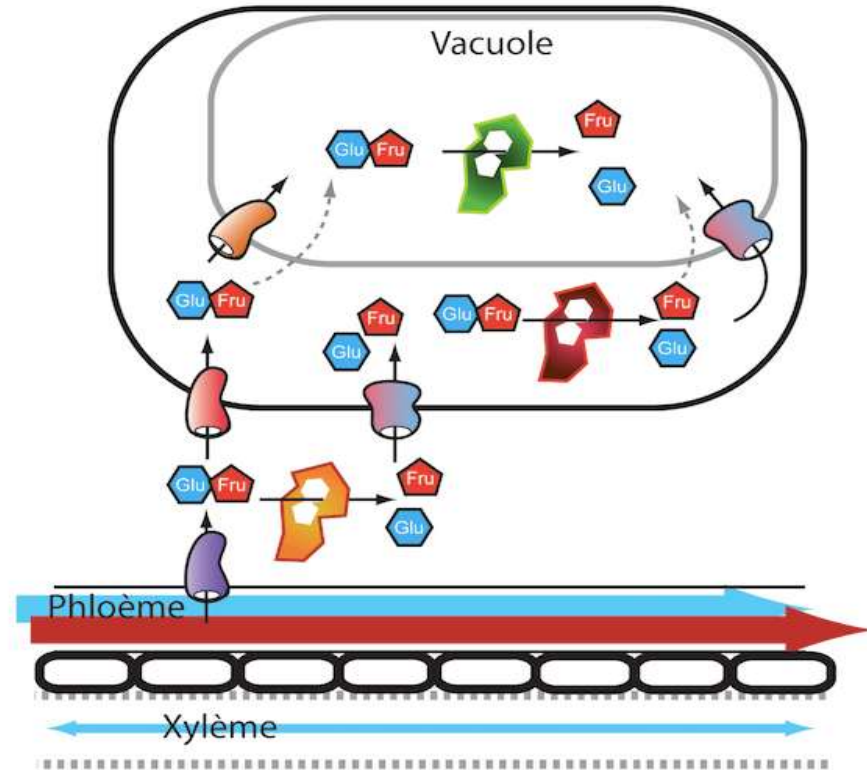


Mécanismes de l'accumulation des sucres dans la baie

Pré-véraison



Post-véraison



Les transporteurs de sucres exprimés dans la baie de raisin

VvSUC11 (VvSUT1) } $K_m = 1 \text{ mM}$
VvSUC12

VvSUC27 $K_m = 10 \text{ mM}$
(VvSUT2)

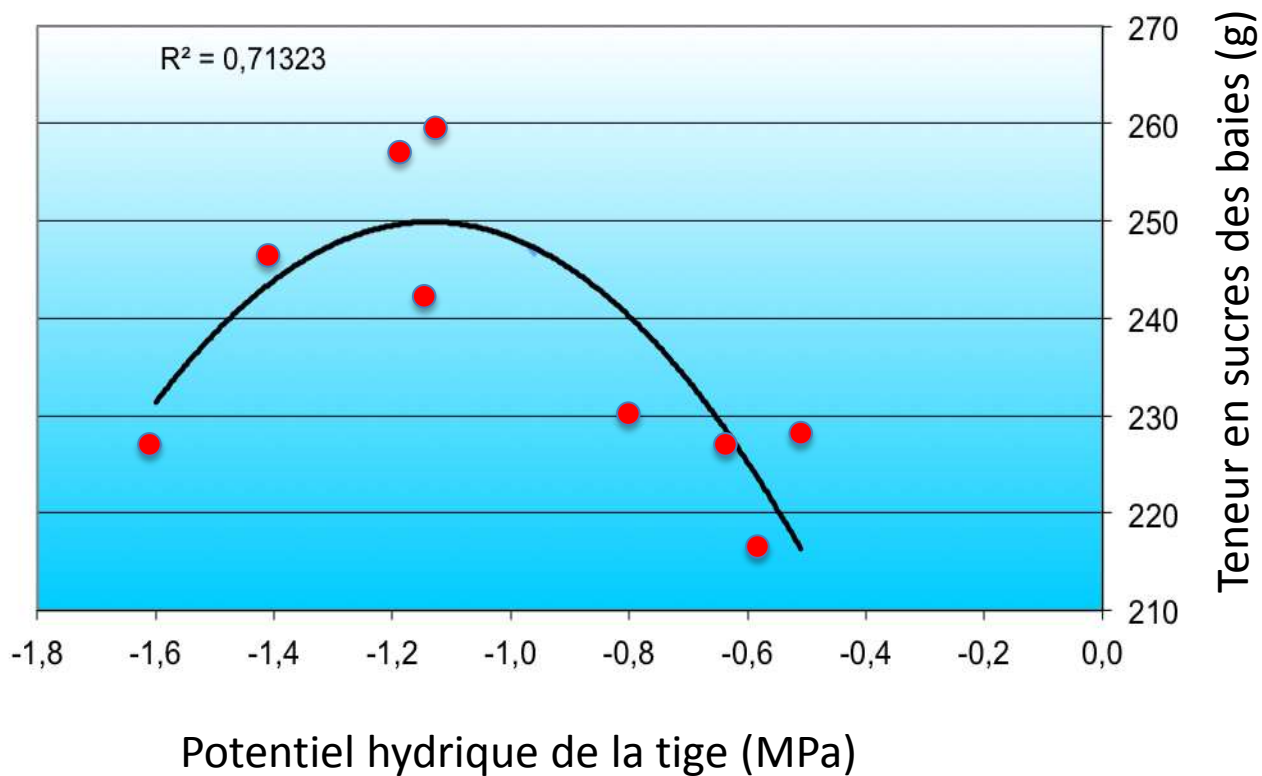
VvHT1 (VvHT8) $K_m = 70 \text{ }\mu\text{M}$ glucose
VvHT2

VvHT3 } $K_m = 150 \text{ }\mu\text{M}$ glucose
VvHT4 } glucose + fructose
VvHT5 } glucose (?)

VvHT6 (VvTMT1)

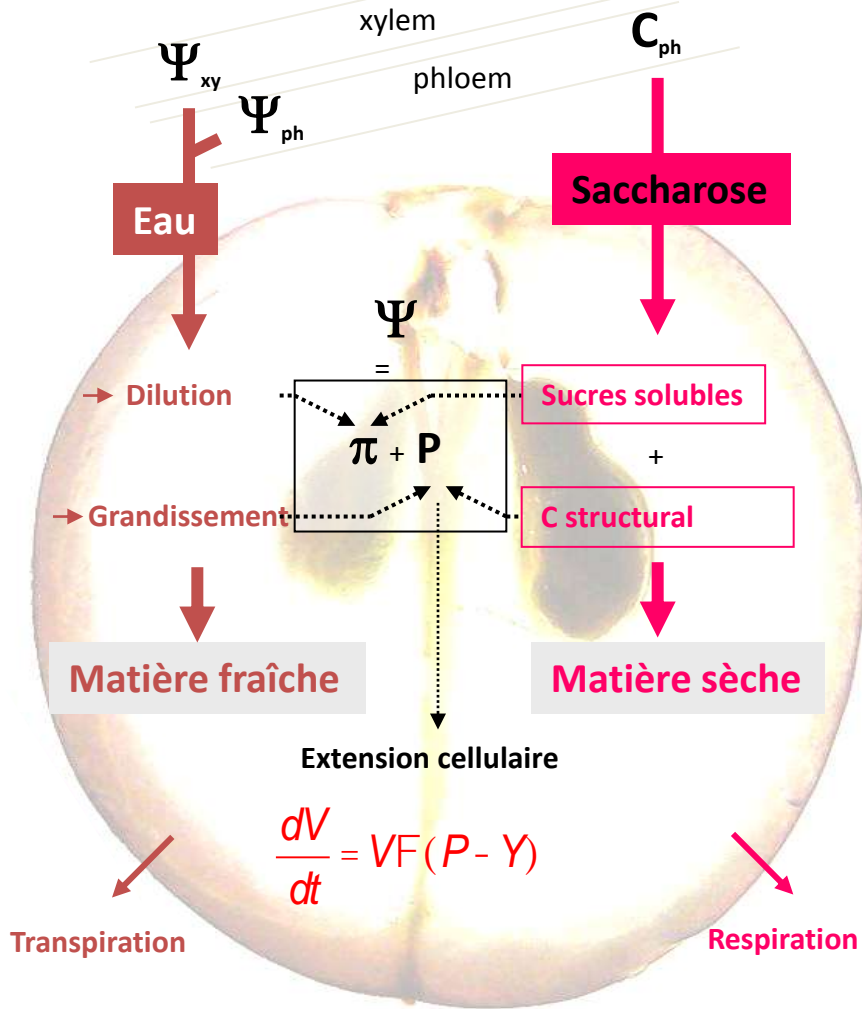
SWEETS

Corrélation entre teneur en sucres des baies et potentiel hydrique de la tige (Van Leeuwen et al.)



Sous-modèle de croissance

D'après Fishman et Génard (1998)



• Principaux processus physiologiques :

Influx d'eau

Flux de masse = $f(L_p, \sigma, a_f, \Delta\Psi)$

Perte d'eau

Transpiration = $f(\rho, A_f, T, RH)$

Influx de carbone

Transport actif = $f(V_m, L_m, t^*, \tau, C_{ph})$

Flux de masse = $f(L_p, \sigma, a_f, \Delta\Psi)$

Diffusion passive = $(P_s, A_f, \Delta C_{sug})$

Perte de carbone

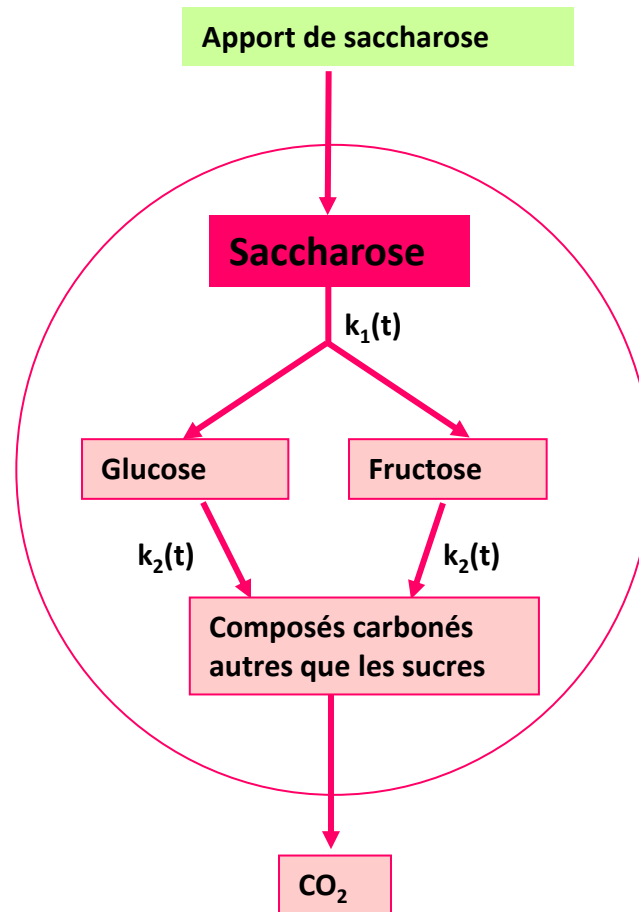
Respiration = $f(q_m, q_g, Q_{10}, T)$

• Période de simulation: post-veraison

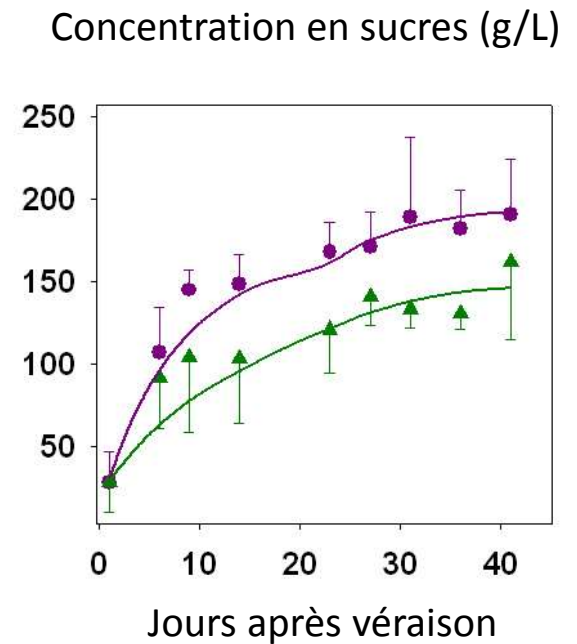
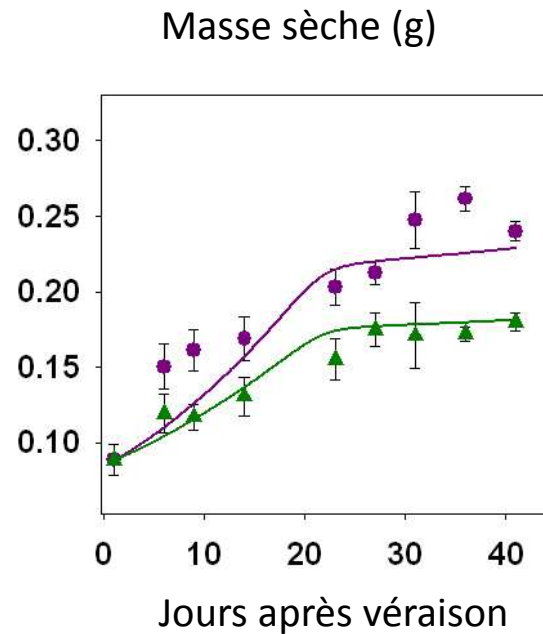
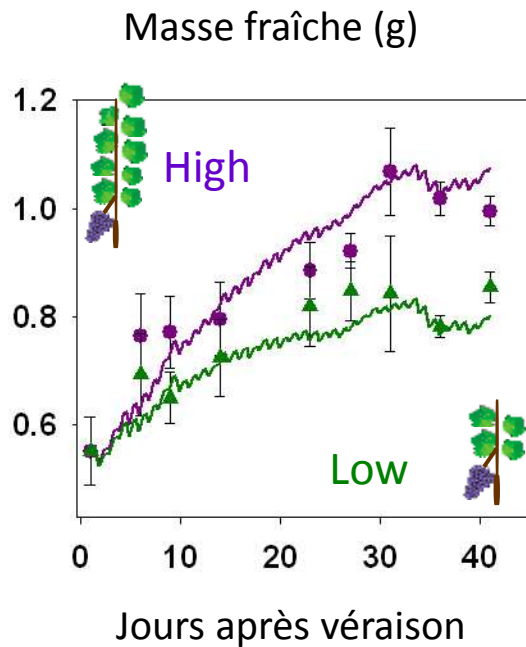
• Pas de temps: 1 h

Sous-modèle de concentration en sucres

D'après Souty and Génard (1996)



Dynamique post-véraison de la masse fraîche et sèche et de la concentration en sucres (Dai et al., 2009)



Conditions initiales:

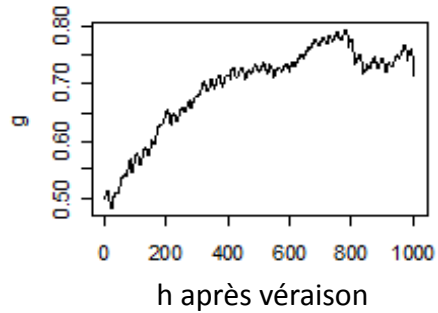
- Même masse initiale des baies à la véraison
- Différentes concentrations de sucres dans le phloème

Conditions initiales:

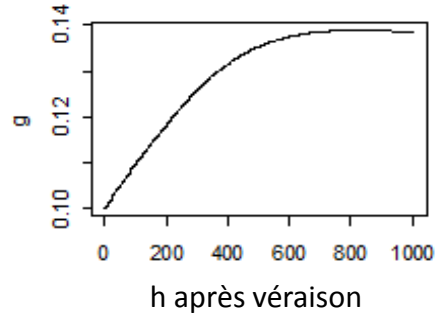
- Dynamiques de masse fraîche et sèche

Sorties potentielles du modèle

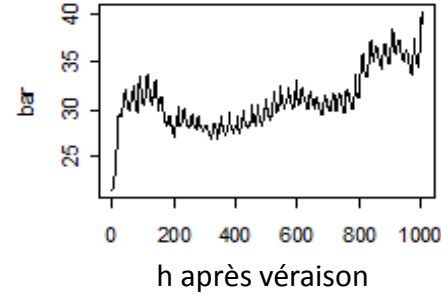
Masse fraîche



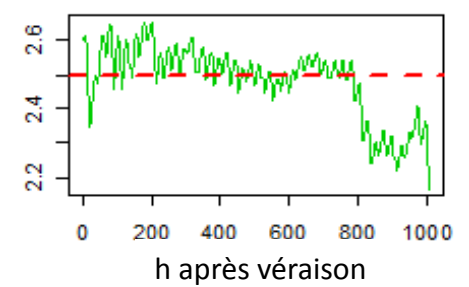
Masse sèche



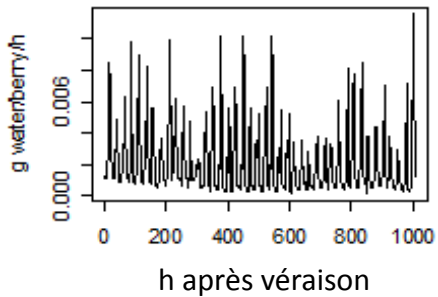
Potentiel osmotique



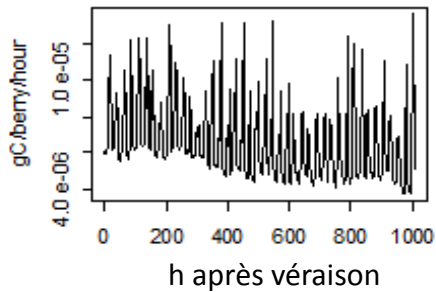
Potentiel de turgescence



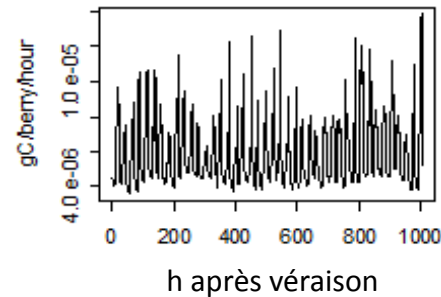
Transpiration



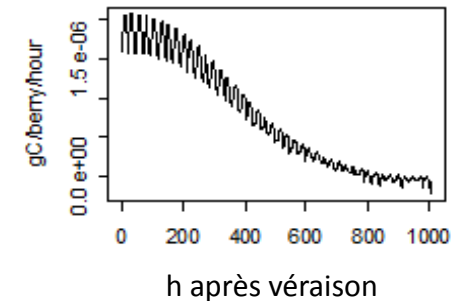
Respiration



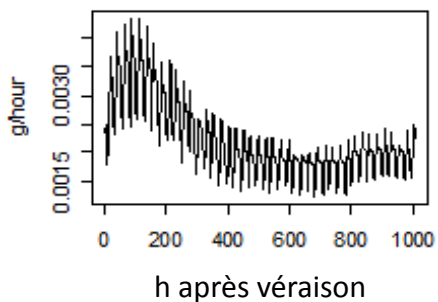
Respiration de maintien



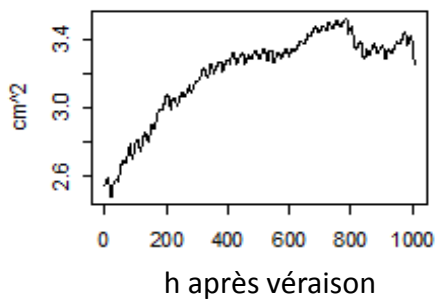
Respiration de croissance



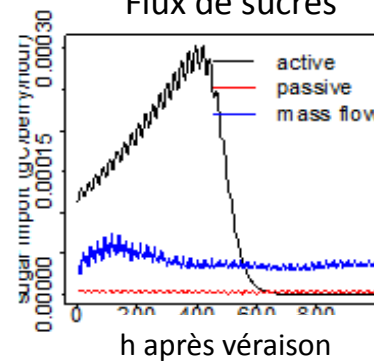
Influx d'eau par le phloème



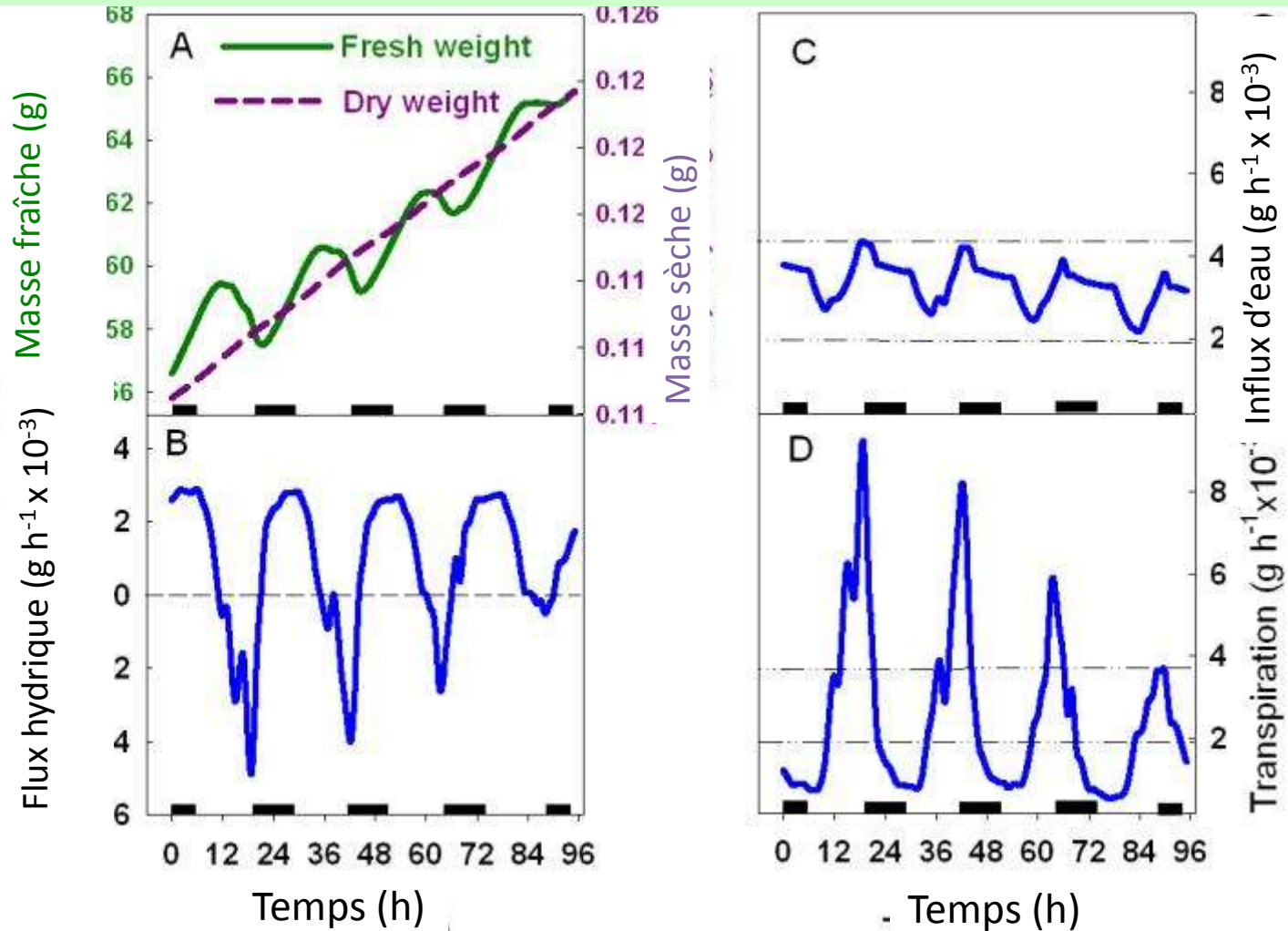
Surface



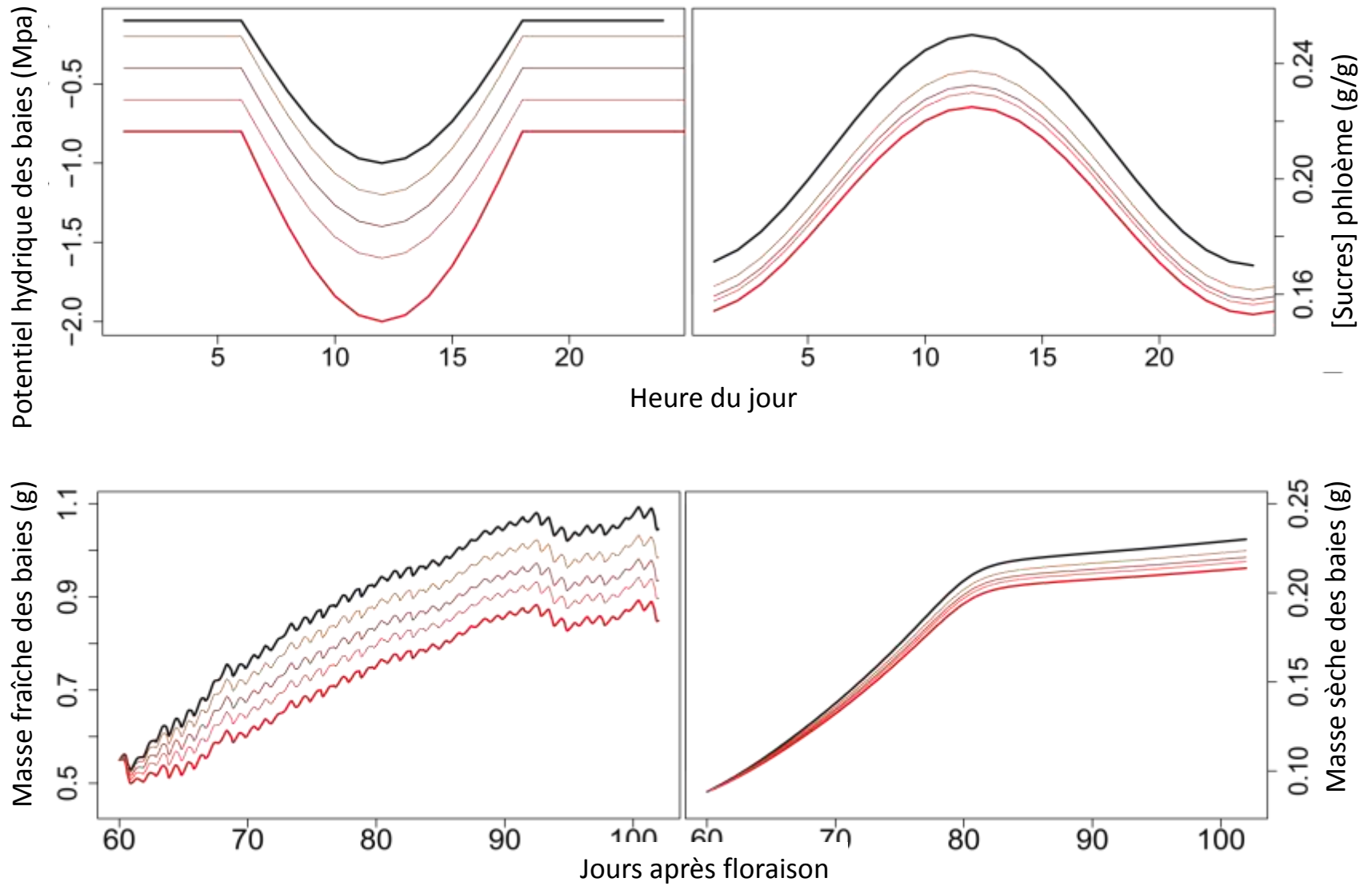
Flux de sucres



Dynamique de la masse fraîche des baies (A), de l'équilibre hydrique (B), de l'influx d'eau (C) et de la perte d'eau par transpiration (D)



Simulations de l'effet des régimes hydriques sur le développement de la baie (Dai, non publié)



Conclusions

- Véritable enjeu
- Eau/azote
- Effets N-1
- Pré-véraison/post véraison
- Croissance plus sensible que teneur en sucres
- Progrès dans les connaissances des bases physiques, biologiques et moléculaires des flux hydriques et des flux de sucres dans les baies
- Progrès en modélisation
- Doivent être plus utilisés pour mieux comprendre les impacts du déficit hydrique sur

Merci pour votre attention !