



# **Gestion de l'eau et des minéraux chez la vigne (*Vitis vinifera* L.)**

## **Discussion sur quelques principes physiologiques**

Alain Deloire<sup>1</sup>, Anne Pellegrino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département de Biologie-Ecologie, SupAgro, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier, France

[alain.deloire@supagro.fr](mailto:alain.deloire@supagro.fr)    [anne.pellegrino@supagro.fr](mailto:anne.pellegrino@supagro.fr)

VINITECH - RIVULIS

21 Novembre 2018

Dimensionnement  
et  
installation de l'irrigation  
Système d'irrigation

Outils d'Aide à la Décision

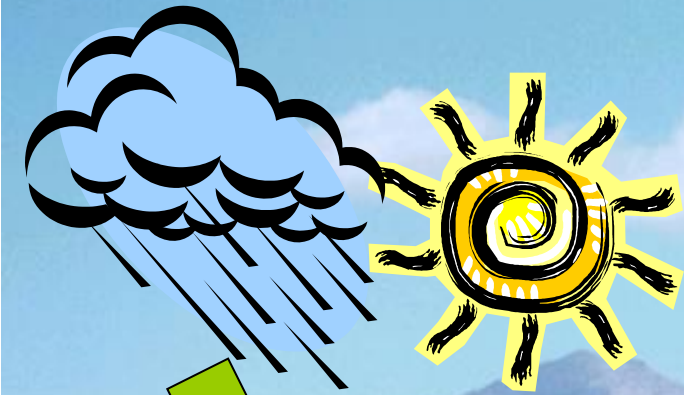
- Mesure de l'état hydrique du sol (! Positionnement des sondes en fonction du système d'irrigation)
- Mesure de l'état hydrique et de la vigne (! Prise en compte de la demande climatique)
- Mesure/calcul de l'Evapotranspiration (bilan hydrique)
- Estimation de l'hétérogénéité d'un vignoble (expression végétative, sarments/vigueur, fertilité, volume des baies)

Rôle de l'eau chez la vigne

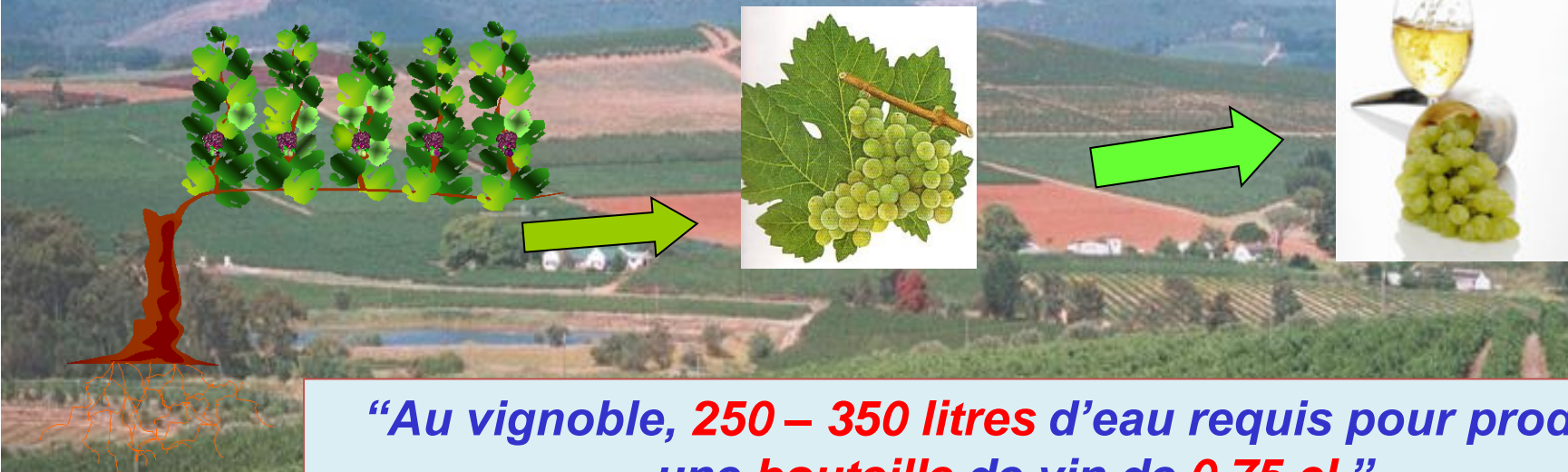
- 1) Pérennité de la plante: fonctionnements hydrique et carboné; (pluri annuel)
- 2) Développement de la canopée, architecture et microclimat (rameaux I et II)
- 3) Développement racinaire
- 4) Elaboration du rendement- fertilité (deux années consécutives)
- 5) Développement et volume de la baie; Composition de la baie (qualité)
- 6) Style de vin (typicité)



# Le climat, en particulier l'eau: un facteur clé du terroir.

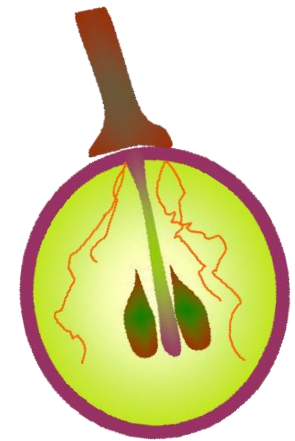
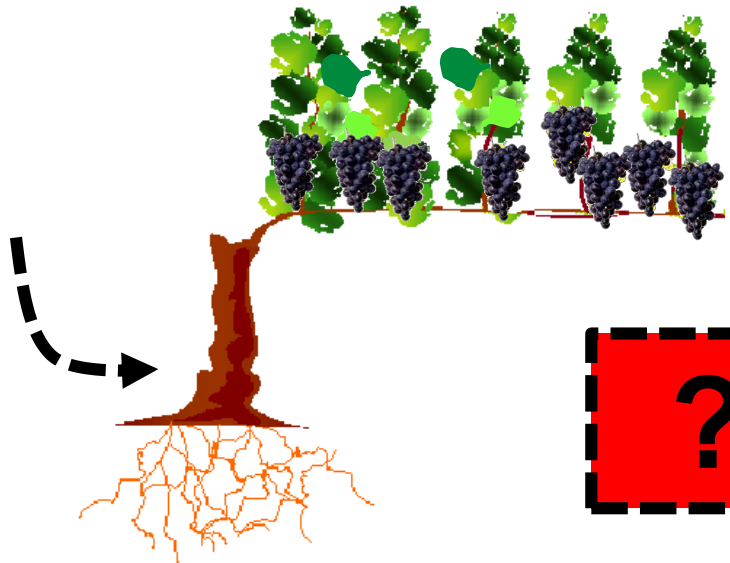


Température  
Rayonnement  
Vent  
Humidité de l'air  
**Eau (pluie – irrigation)**

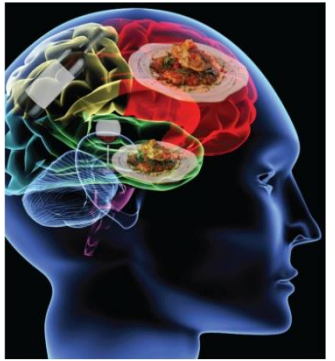


**“Au vignoble, 250 – 350 litres d'eau requis pour produire une bouteille de vin de 0.75 cl.”**

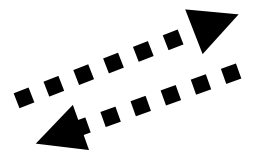
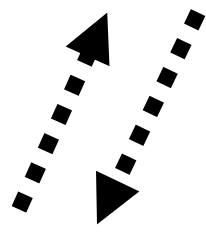
# Quelles relations entre l'eau et les minéraux, la composition des fruits et le style du vin?



Croissance des baies  
Composition des baies  
Maturation des baies

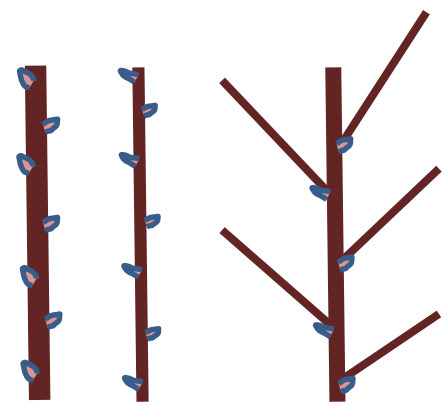
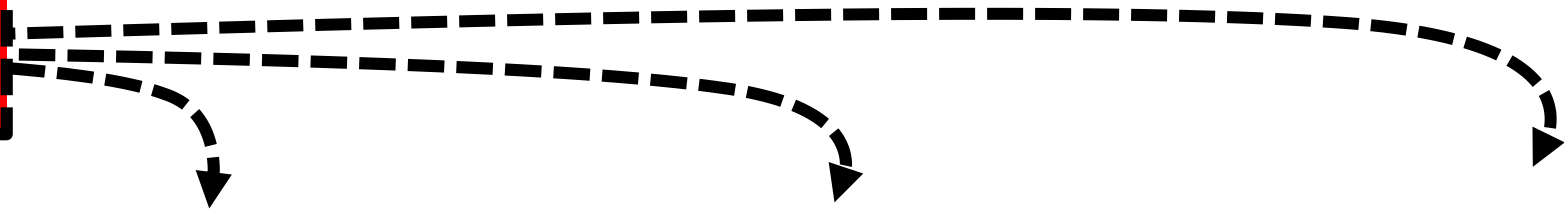
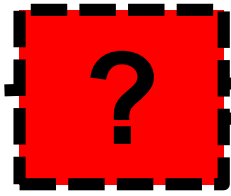


Composition du vin  
Style du vin  
Profil sensoriel du vin





# Quelle relations entre l'eau, les minéraux et la vigueur - rendement?



## Vigueur

- Poids des rameaux primaires et secondaires
- Le diamètre des rameaux primaires influe sur leurs fertilité



## Fertilité

- Nombre d'inflorescences par rameau primaire
- Nombre de fleurs par inflorescence



## Production

- Nombre de grappes par rameau primaire
- Nombre de baies par grappes
- Volume/poids frais des baies



**PUISSANCE = VIGUEUR + RENDEMENT**

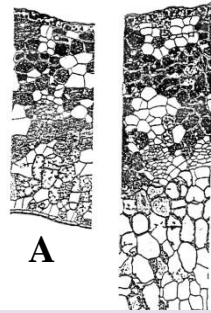
# L'irrigation / fertirrigation = outils à raisonner selon les objectifs de production



L'irrigation-fertirrigation permet le contrôle notamment de :

- L'expression végétative (dimension) de la canopée, le **microclimat** dans la zone des fruits.
- la **photosynthèse**,
- le ratio **feuilles/fruits**,
- le **volume** des **baies** (jusqu'à un certain point),
- la **composition** des **baies** (azote, K) (jusqu'à un certain point),
- le niveau de **remplissage** de la **réserve utile du sol** avant le débourrement (en cas d'hiver sec)

Floraison, fécondation-chute du capuchon floral



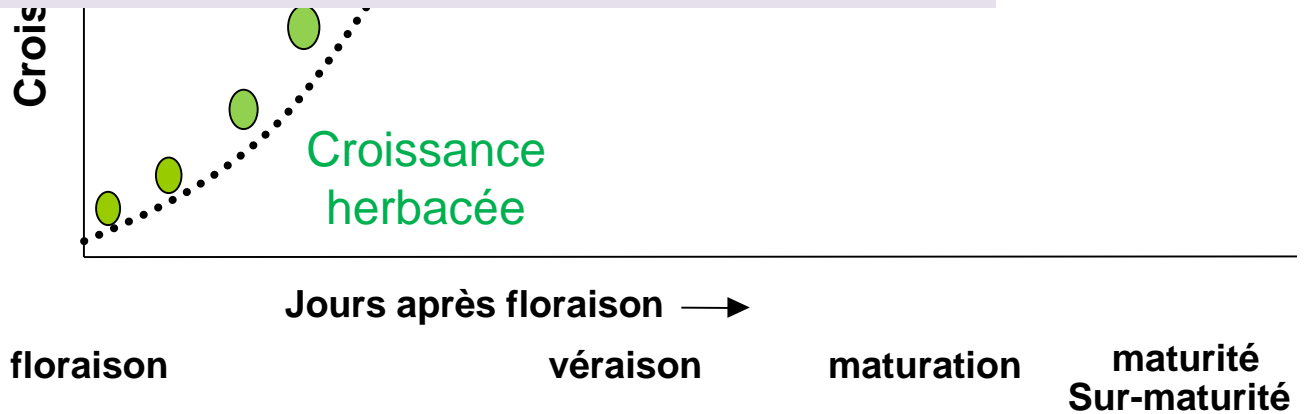
Floraison et fécondation, l'initiation de la croissance de la baie

Les déterminants du développement-volume du fruit sont:

- l'eau
- les sucres
- les pépins
- l'azote
- le nombre de cellules?



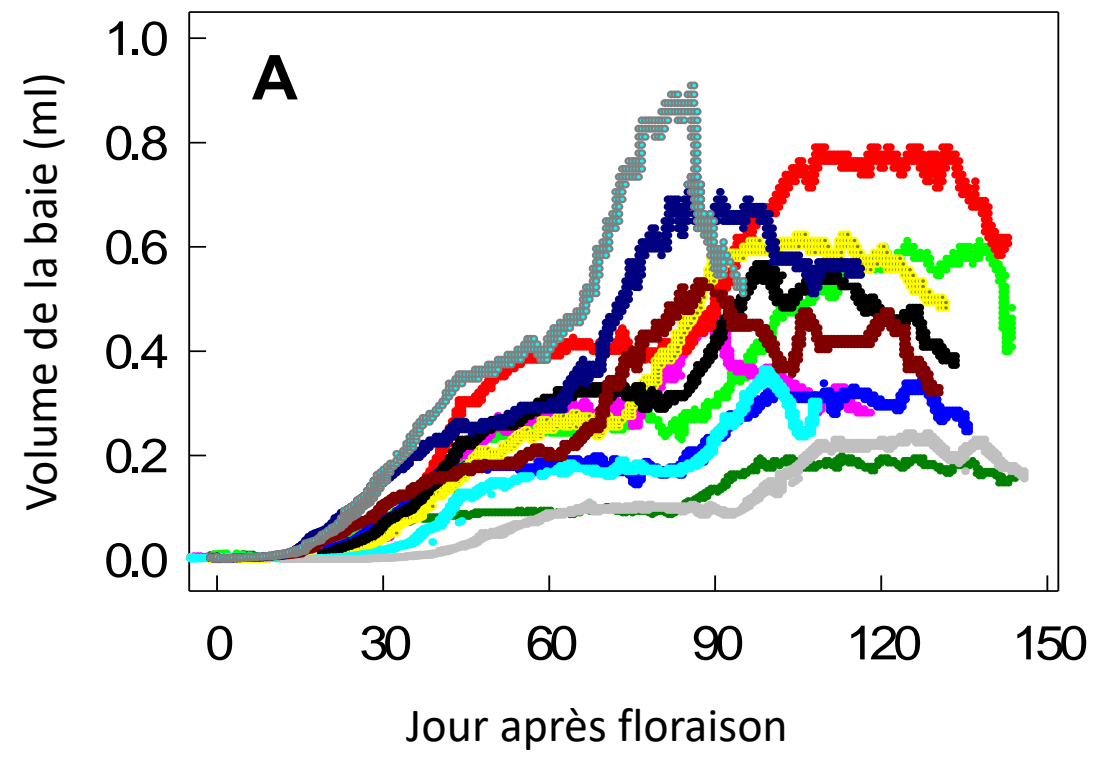
Fécondation des ovules de l'ovaire par le pollen: 1 à 4 graines par baie. 1 graine suffisante pour assurer un développement normal de la baie.



Ovaire (coupe transversale) (x 50; from A.C. Bernard, Agro Montpellier; Harris *et al.*, 1968).



# Hétérogénéité et asynchronie du développement des baies au sein d'une grappe



Recalculé à partir du diamètre de la baies (Friend *et al.*, 2009); Courtesy of Rezk Shahood & Charles Romieu, 2017



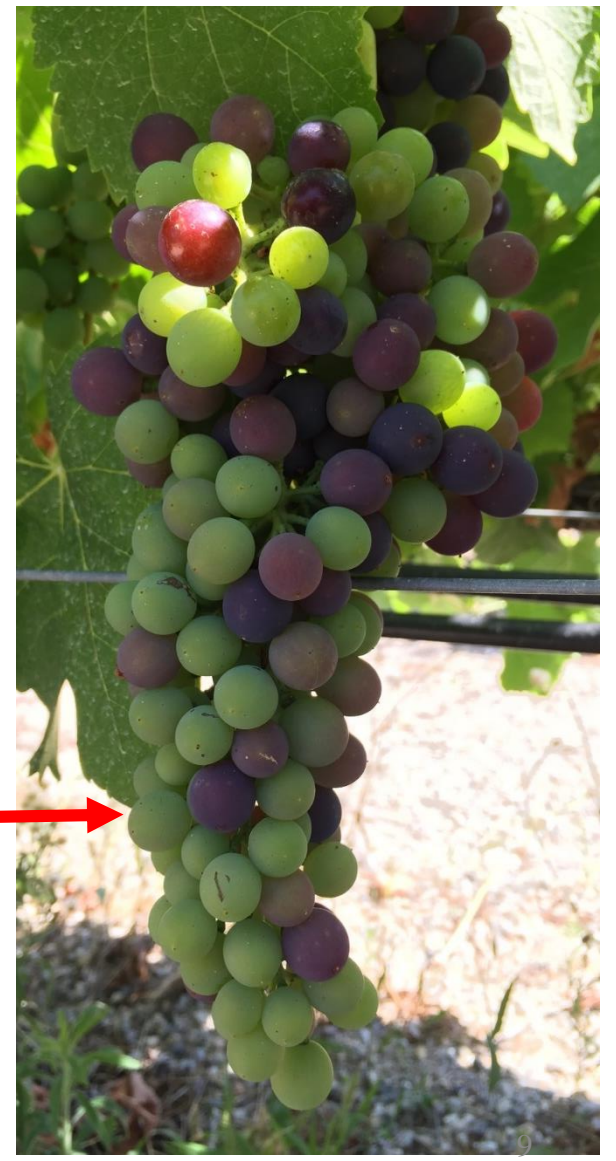
# Absence de gradient du développement des baies au sein d'une grappe



**Pas de gradient de la masse des baies ni du nombre de pépins par baie**



**Pas de gradient de la couleur des baies (véraison) ou de leur maturation**





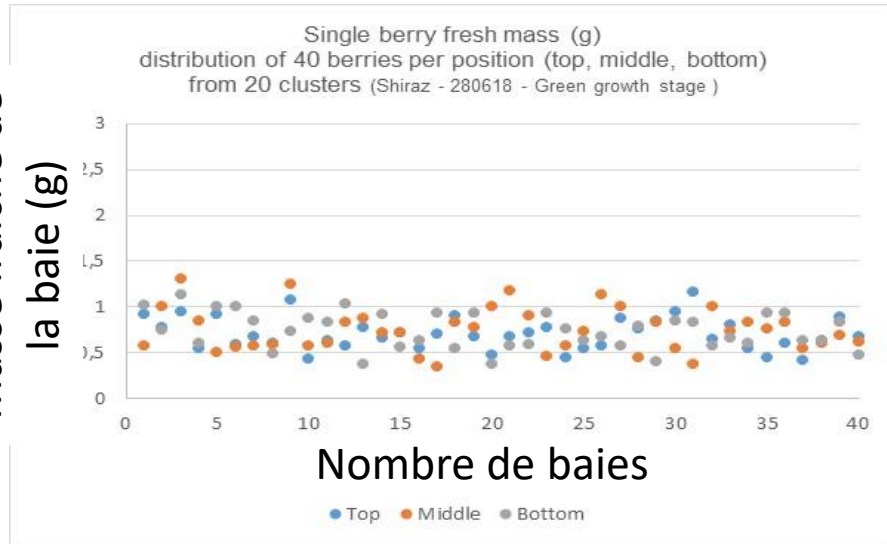
Les baies entre en **maturation** (ramollissement puis coloration) de façon **asynchrone**.

Le ramollissement des baies est suivi par l'accumulation de sucres.

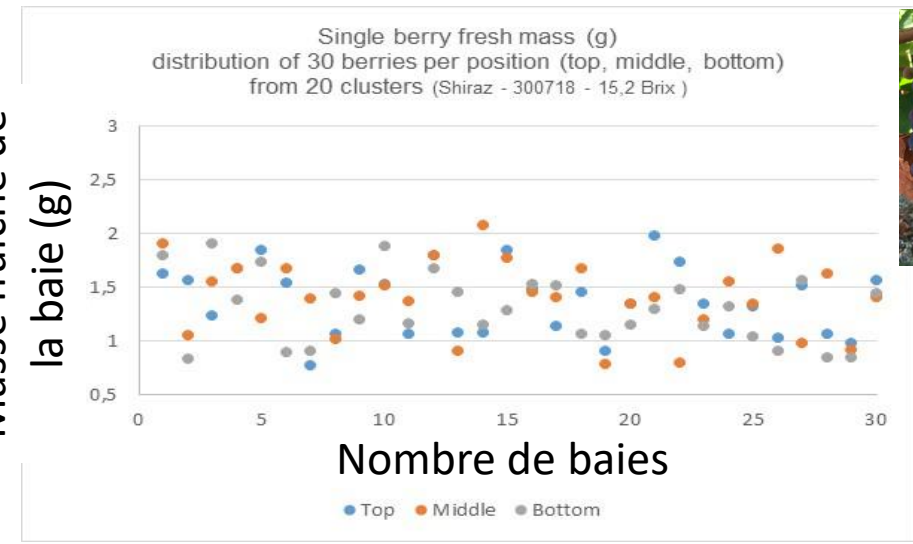


# Evolution de l'hétérogénéité des baies du stade de croissance herbacée à la vendange (poids frais et concentration en sucre)

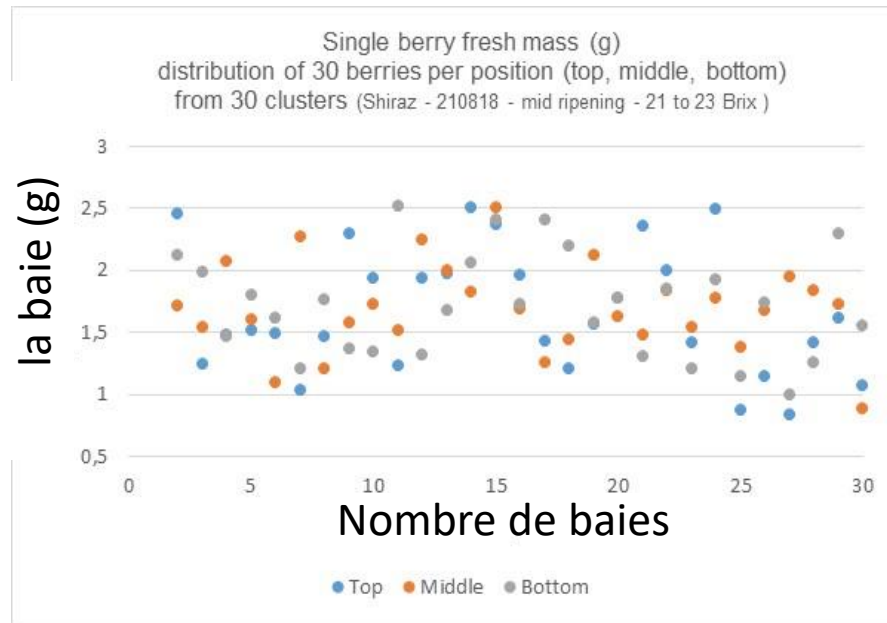
Masse fraîche de la baie (g)



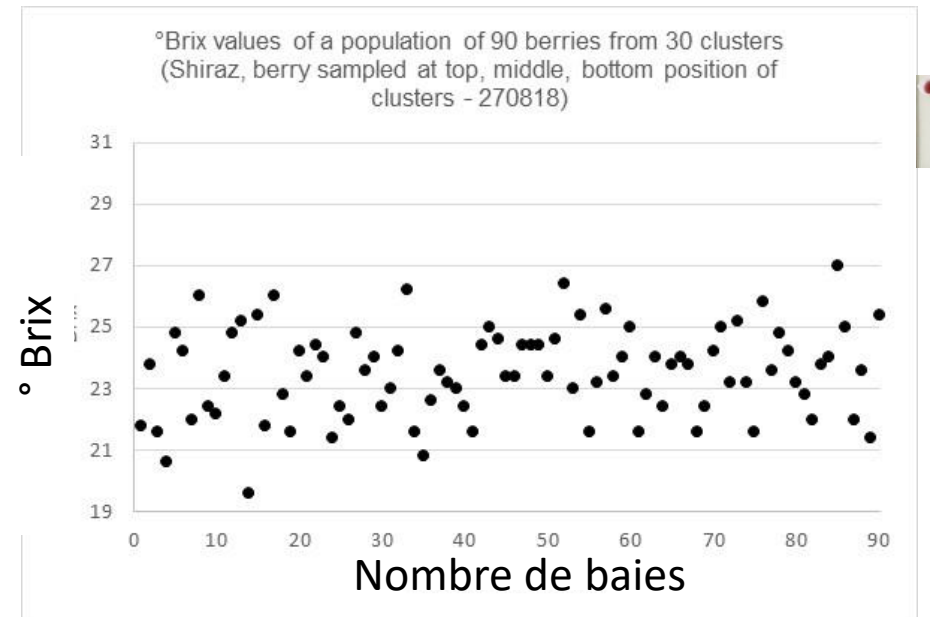
Masse fraîche de la baie (g)



Masse fraîche de la baie (g)

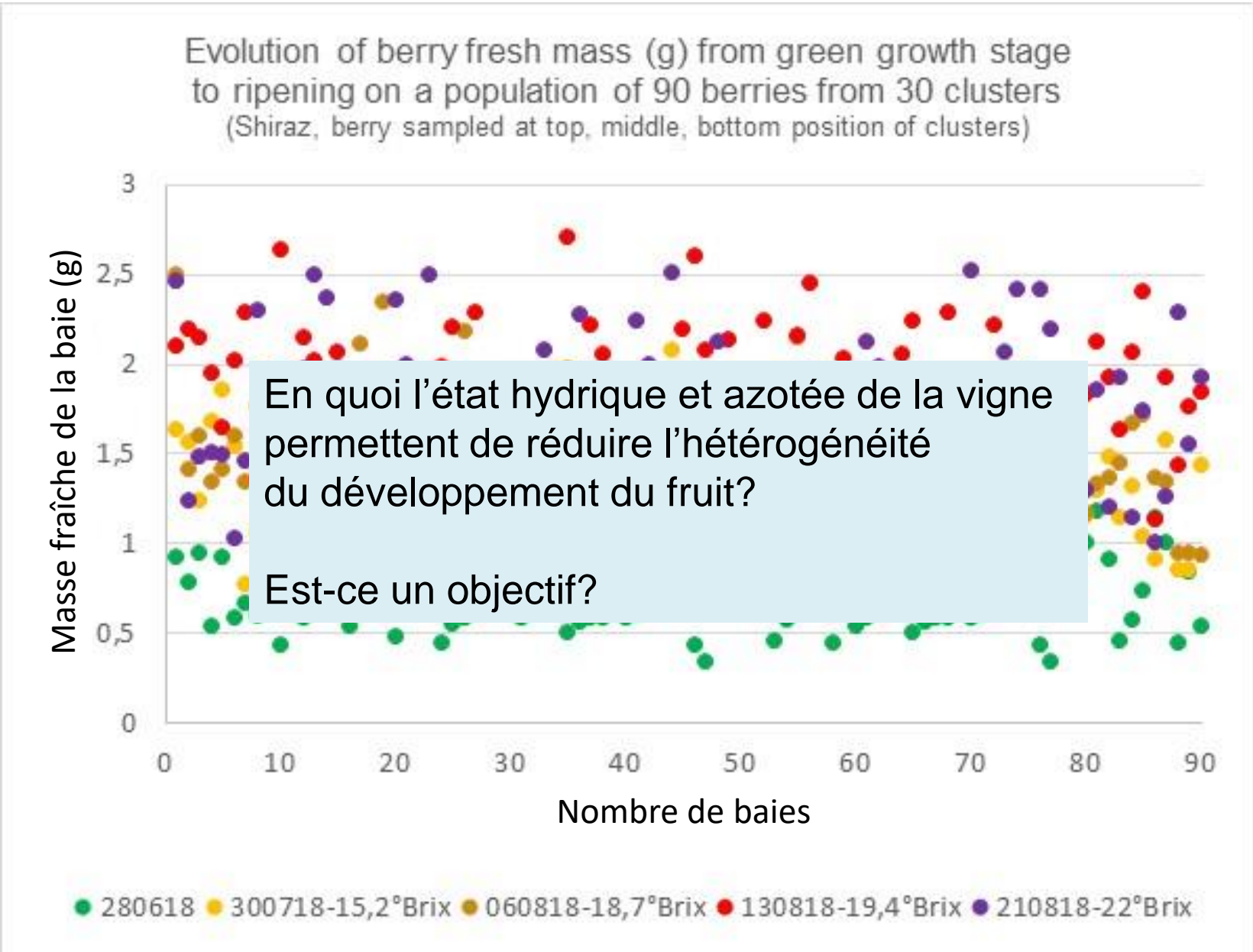


° Brix





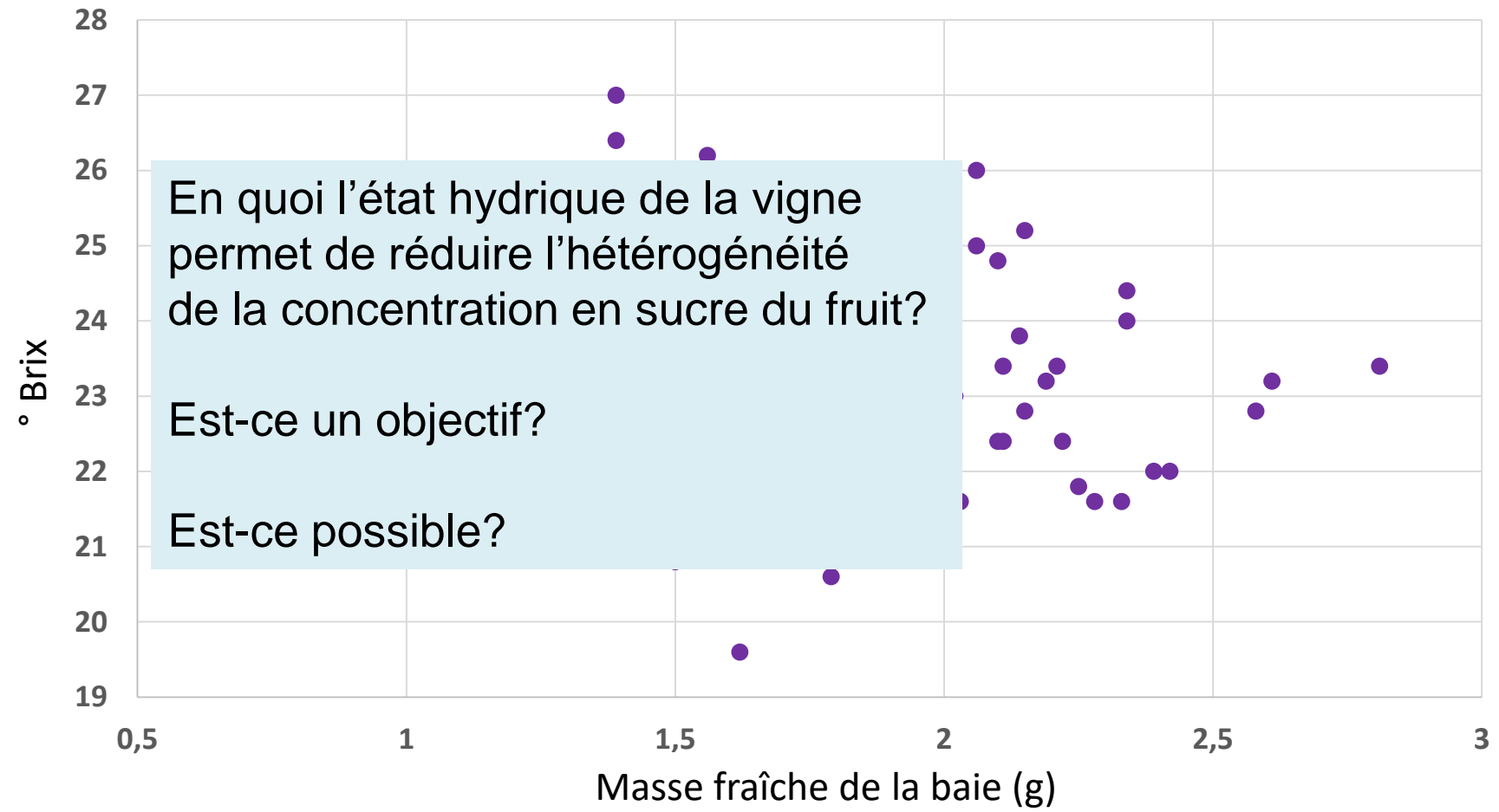
# Asynchronie du développement des baies au cours du temps



**Augmentation de l'hétérogénéité** du développement des baies entre les stades de **croissance herbacée** et de **maturation** des baies

# Quelle relation entre la **taille de la baie** et **sa teneur en sucre**?

Berry fresh mass (g) and °Brix values of a population of 90 berries from 30 clusters (Shiraz, berry sampled at top, middle, bottom position of clusters - 270818)



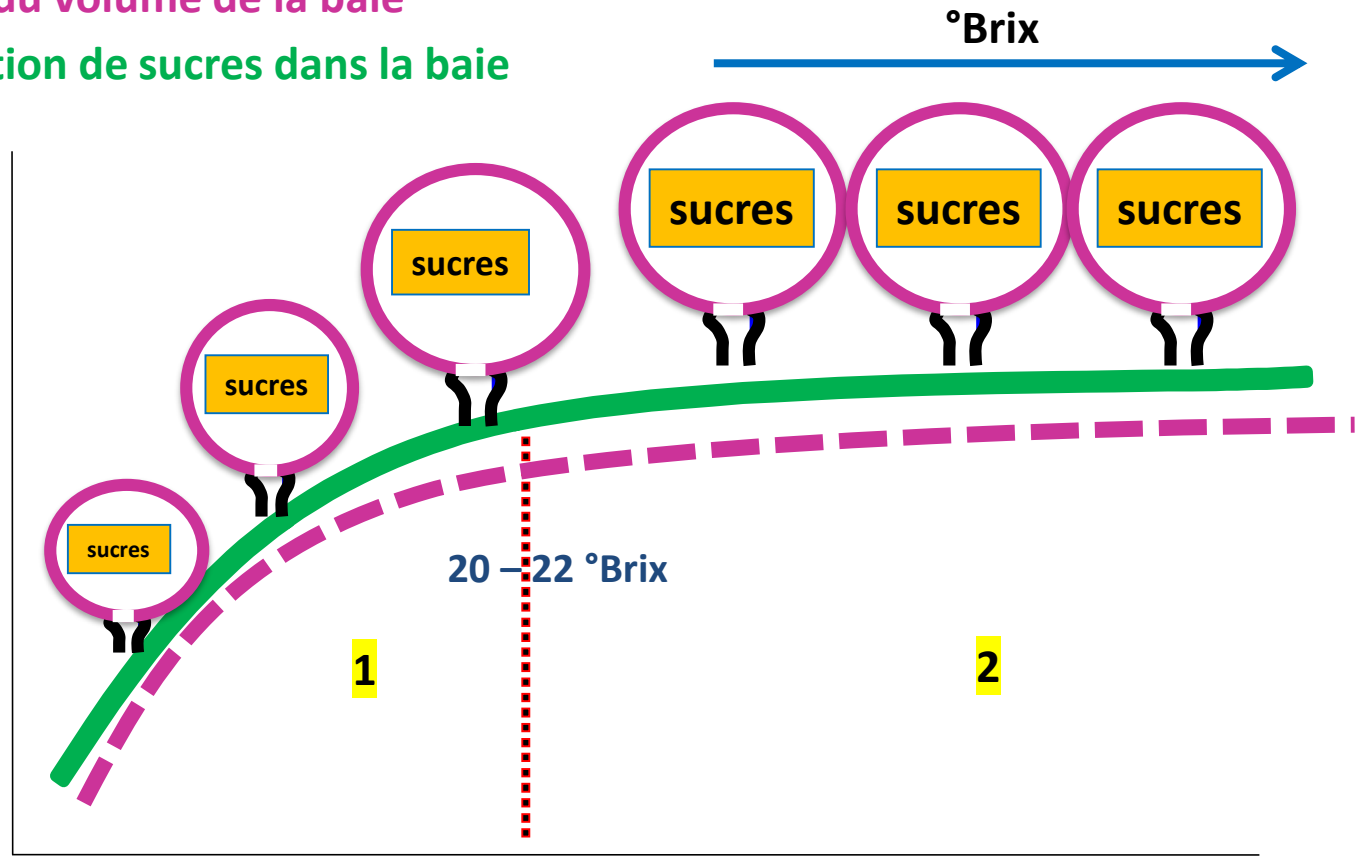
En quoi l'état hydrique de la vigne permet de réduire l'hétérogénéité de la concentration en sucre du fruit?  
 Est-ce un objectif?  
 Est-ce possible?

La **masse fraîche** de la baie n'est **pas corrélée** au **°Brix** (concentration en sucres).

Chaque point représente une baie

Evolution du volume de la baie

Accumulation de sucres dans la baie



**Début de véraison**  
(ramollissement de la baie)

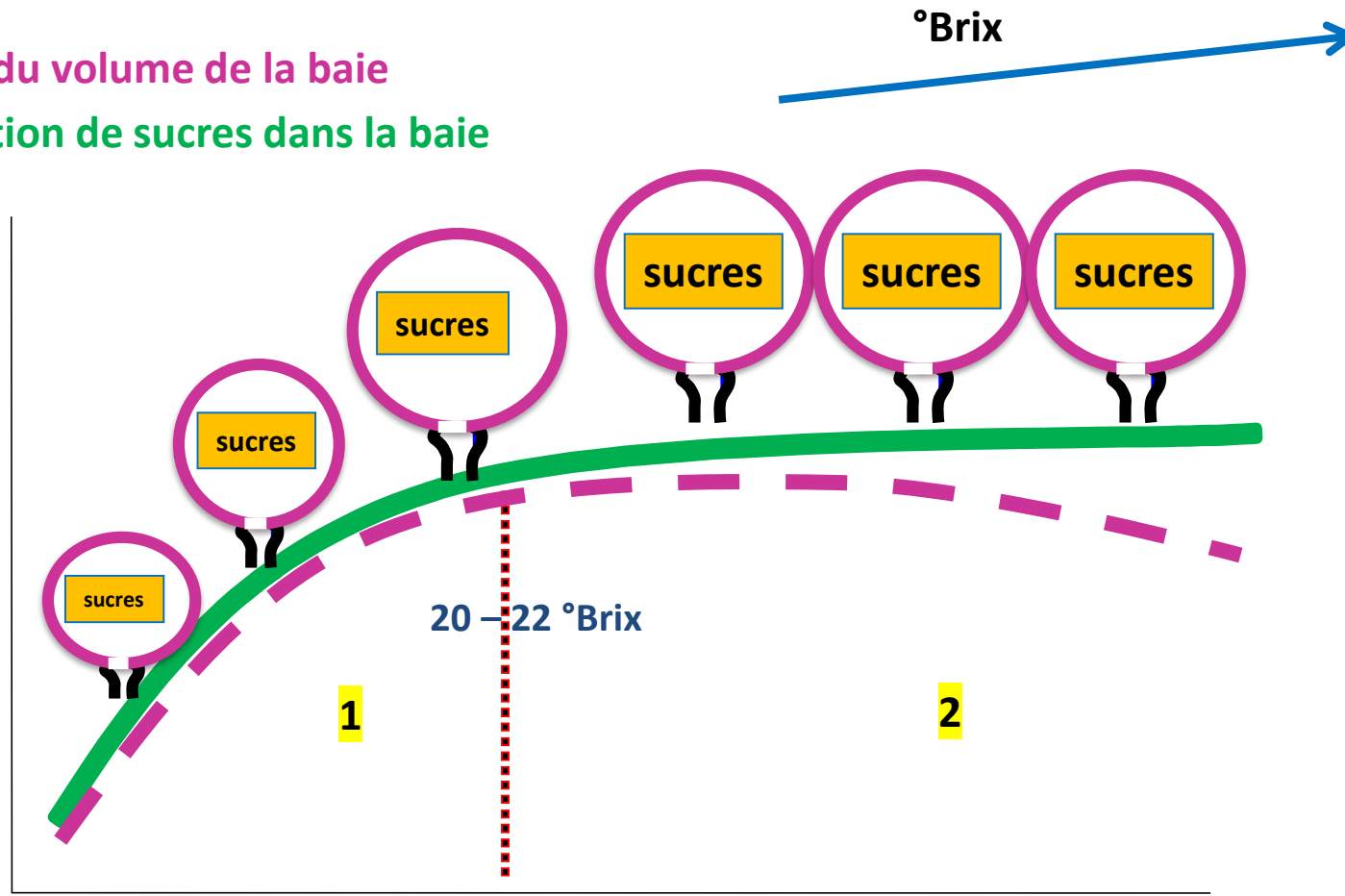
**maturation**

**récolte**

**dates**



Evolution du volume de la baie  
 Accumulation de sucres dans la baie



**Début de véraison**  
 (ramollissement de la baie)

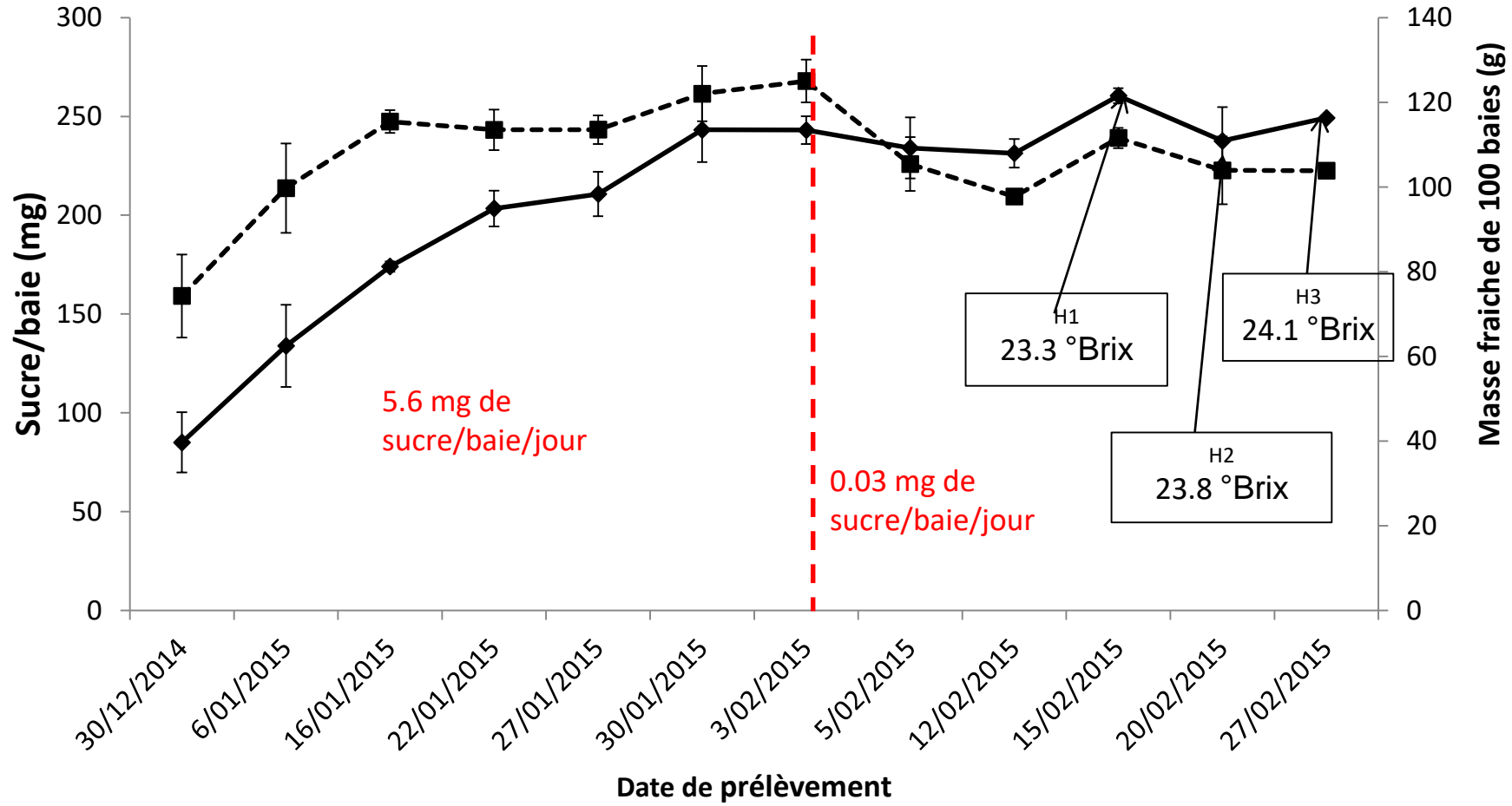
maturation

récolte

dates

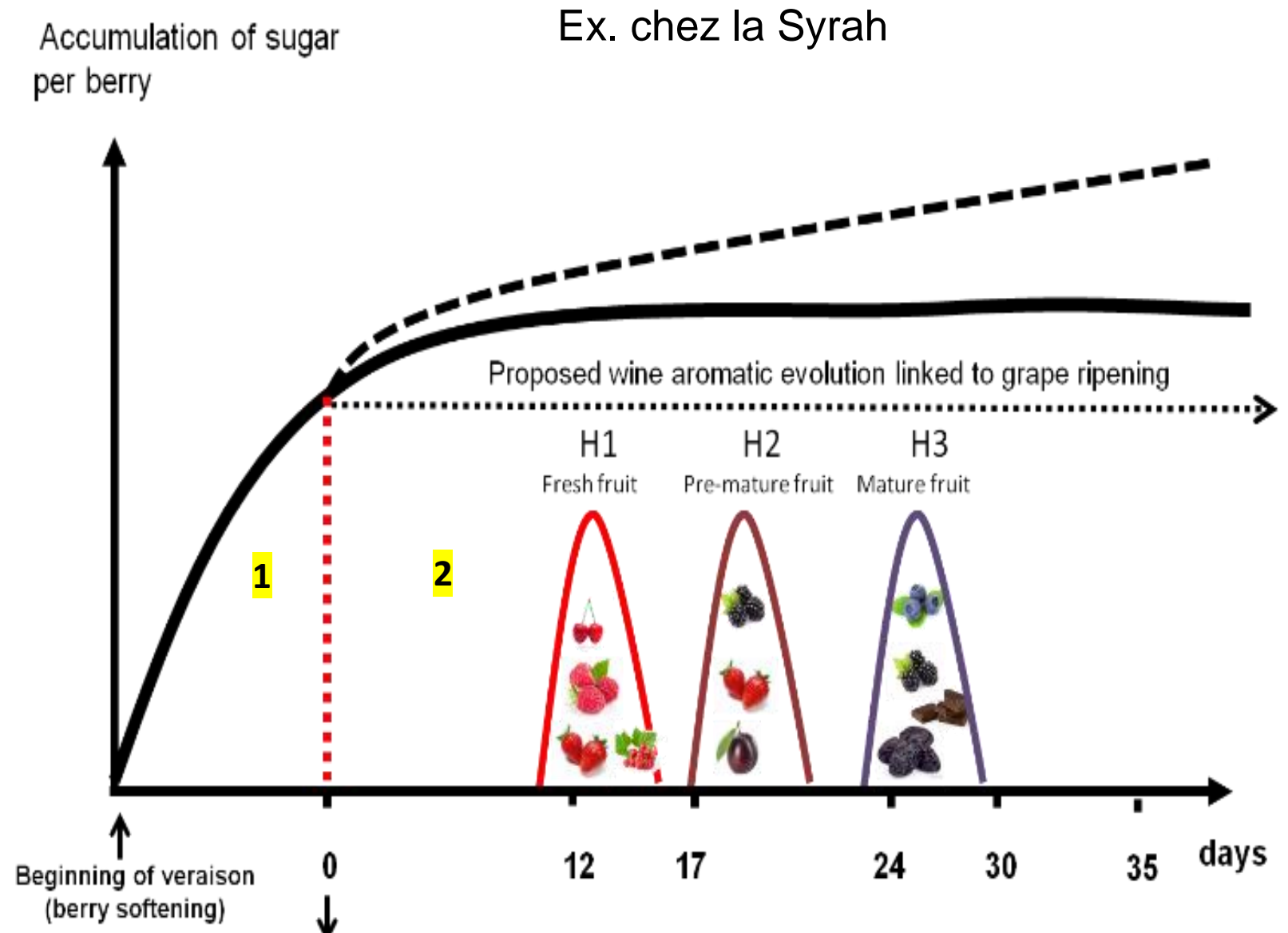
Quand la **quantité de sucres** par baie atteint un plateau, les diminutions du volume de la baie causées par des **pertes en eau** provoquent l'augmentation de la concentration en sucre (**°Brix**)

Ex. Syrah – accumulation de sucre et de masse fraiche par baie



Suklje et al, 2015

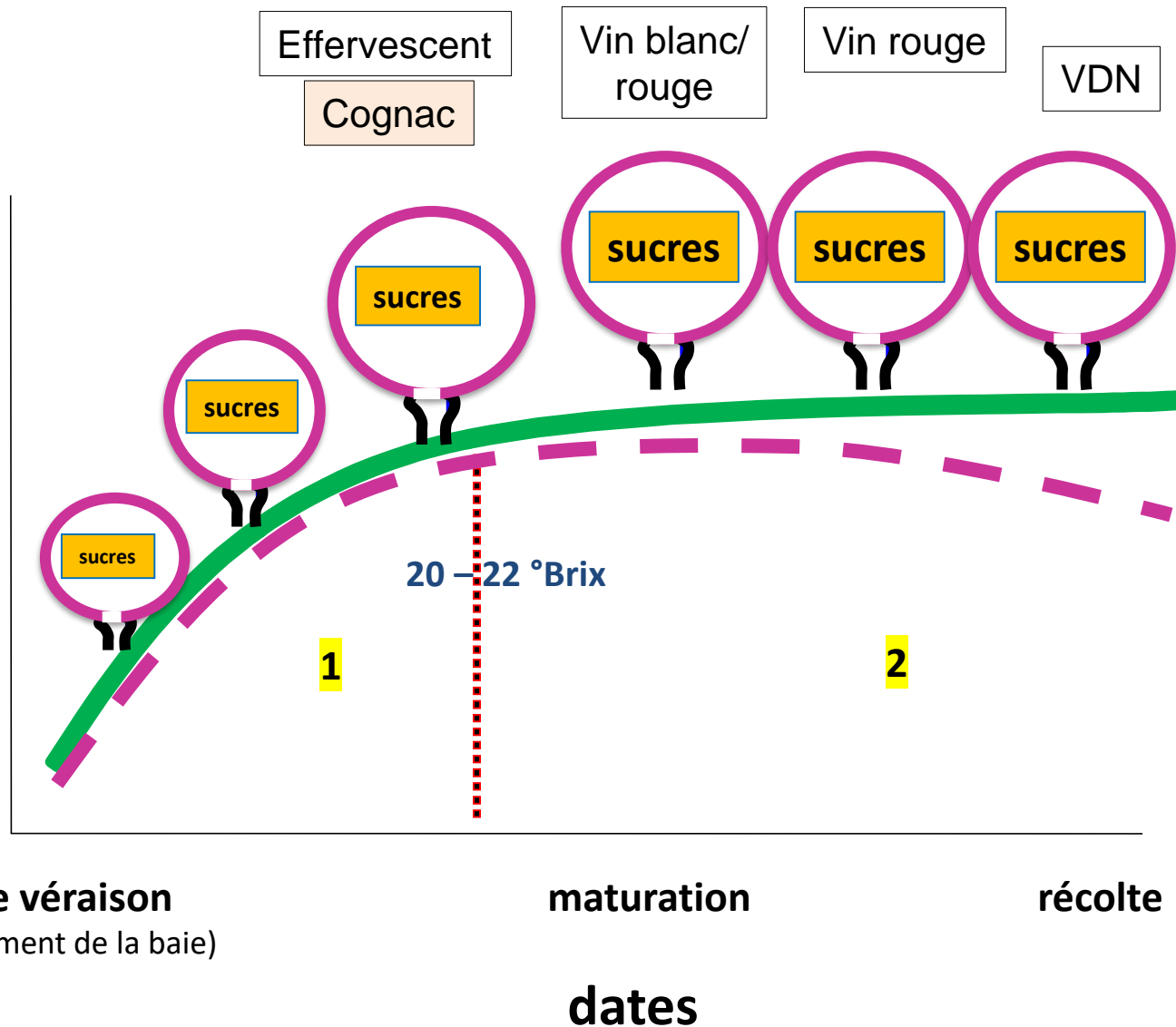
◆ Sugar/berry    -■- 100 berries fresh mass



Day 0 = when sugar per berry reaches a plateau, preferably at 20-22 Brix (from Deloire, 2013)



# Accumulation de sucres dans les baies et catégorie/style de vin



## Attention

Les **pertes en eau** des baies au cours de la maturation peuvent être **irréversibles** quelque soit le statut hydrique de la vigne

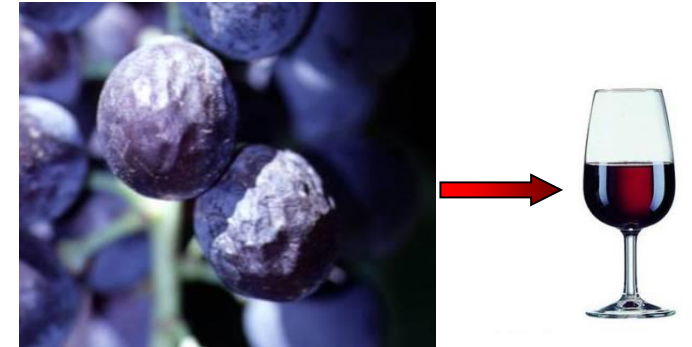
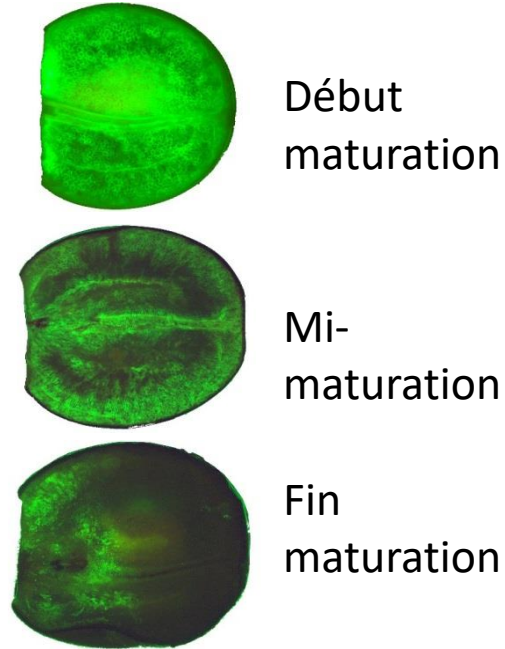


- Le chargement en sucre dans les baies diminue ou atteint un plateau 20 à 30 jours après le début de la véraison (i.e. ramollissement des baies)
  - Interruption du phloème des baies?
  - Mort cellulaire des baies?
  - Pression osmotique des baies?
  - Autres?
- Quid de l'accumulation d'eau dans les baies après le plateau du chargement en sucre?





A l'intérieur du mésocarpe:  
Anoxie ↑  
Ethanol ↑  
ROS ↑  
Dégradation de membrane ↑  
Libération d'électrolyte ↑



- Spécifique du cultivar
- Exacerbée par les températures élevées et la sécheresse
- Conduit à la déshydratation des baies avec des conséquences sur rendement et le style du vin

# Impacts des apports en eau et azote sur le chargement en sucres du fruit et la mise en réserve

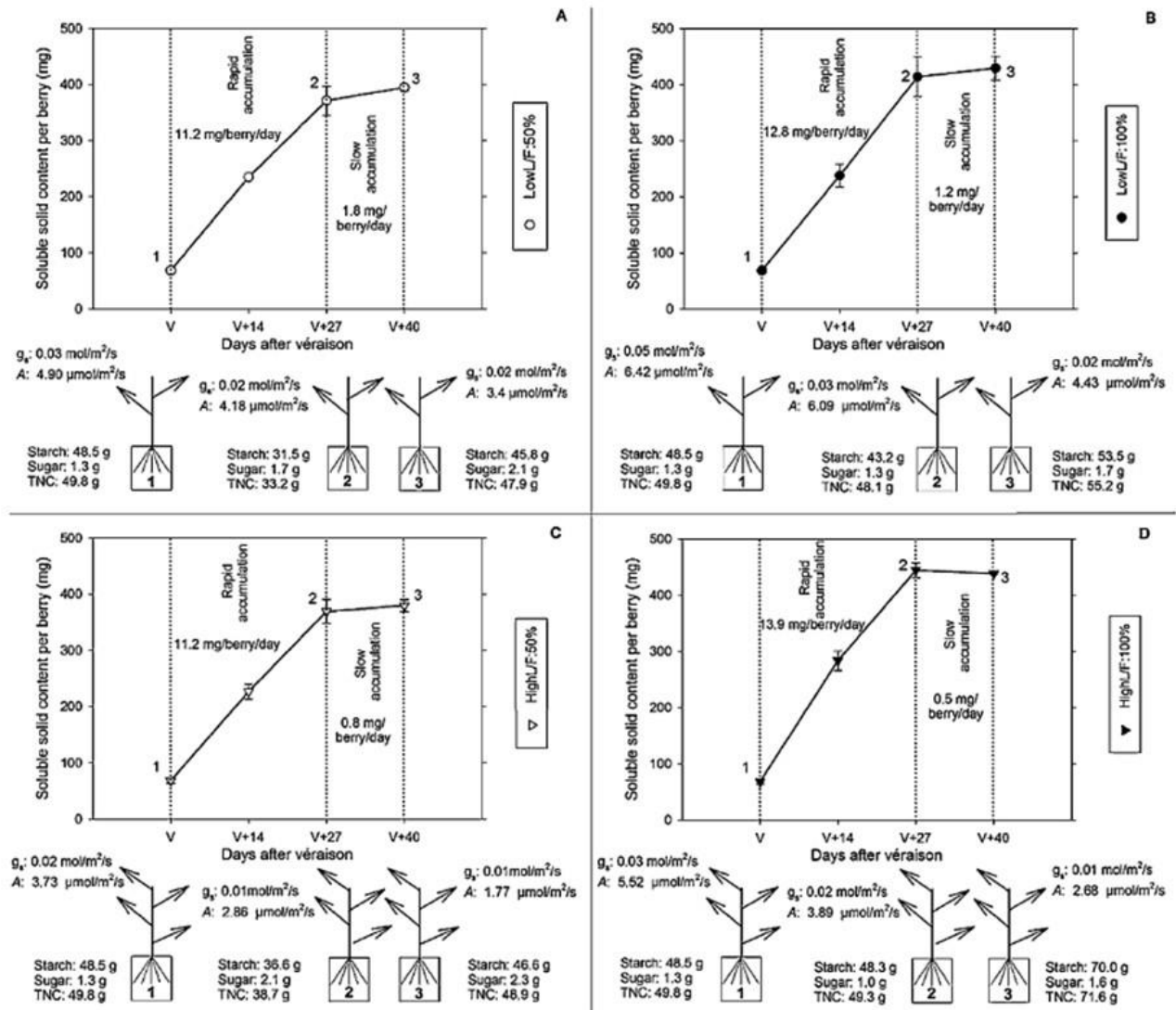
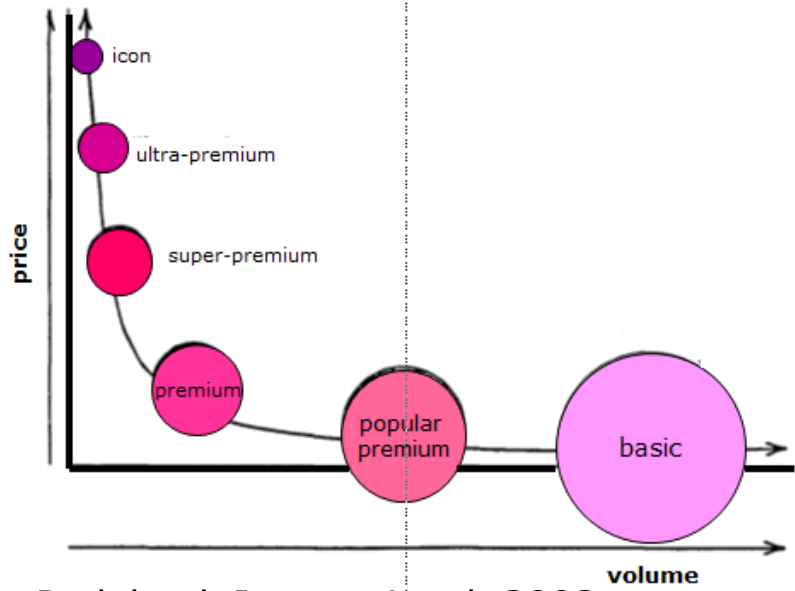


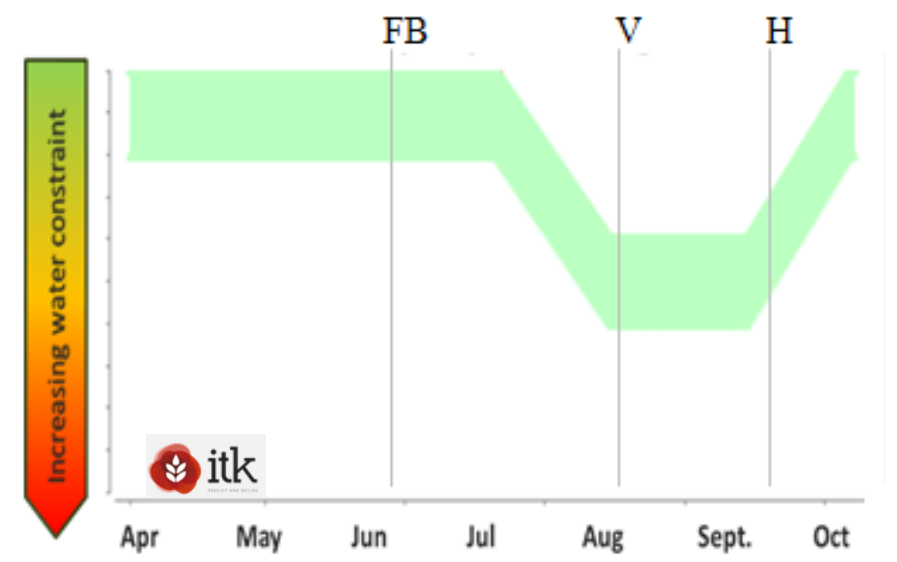
Fig. 1. Effects of the different irrigation and leaf-to-fruit ratio treatments (A: LowI/F:50%, B: LowI/F:100%, C: HighI/F:50% and D: HighI/F:100%) on the soluble solid content per berry, leaf stomatal conductance ( $g_s$ ) and photosynthesis (A), and root starch, soluble sugar and total non-structural carbohydrate (TNC) content evolution per vine ( $n = 3$ ).

## Un objectif de production et de qualité



Radobank International, 2003

## Un exemple d'itinéraire hydrique du sol



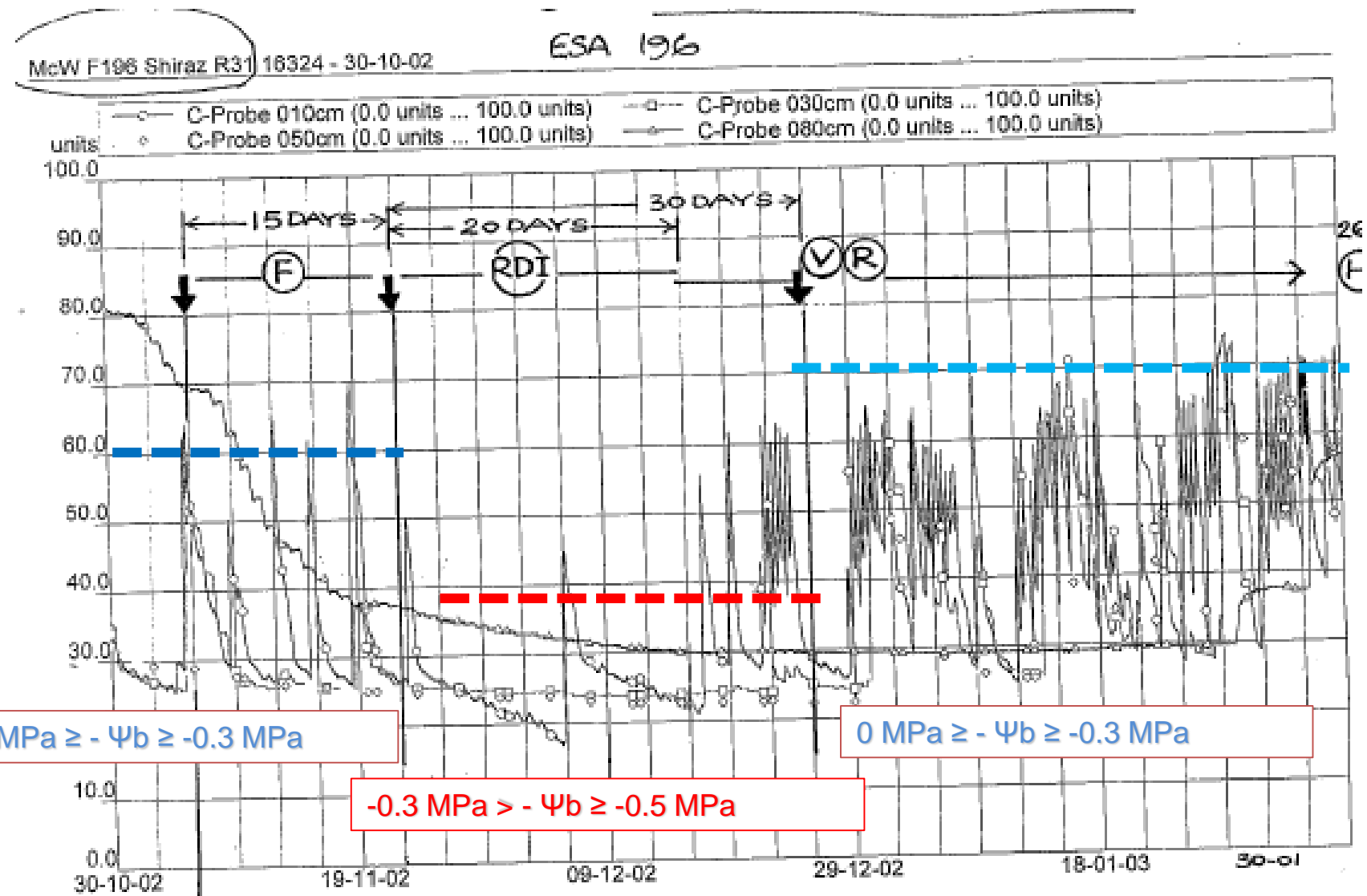
## Des outils pour contrôler l'irrigation

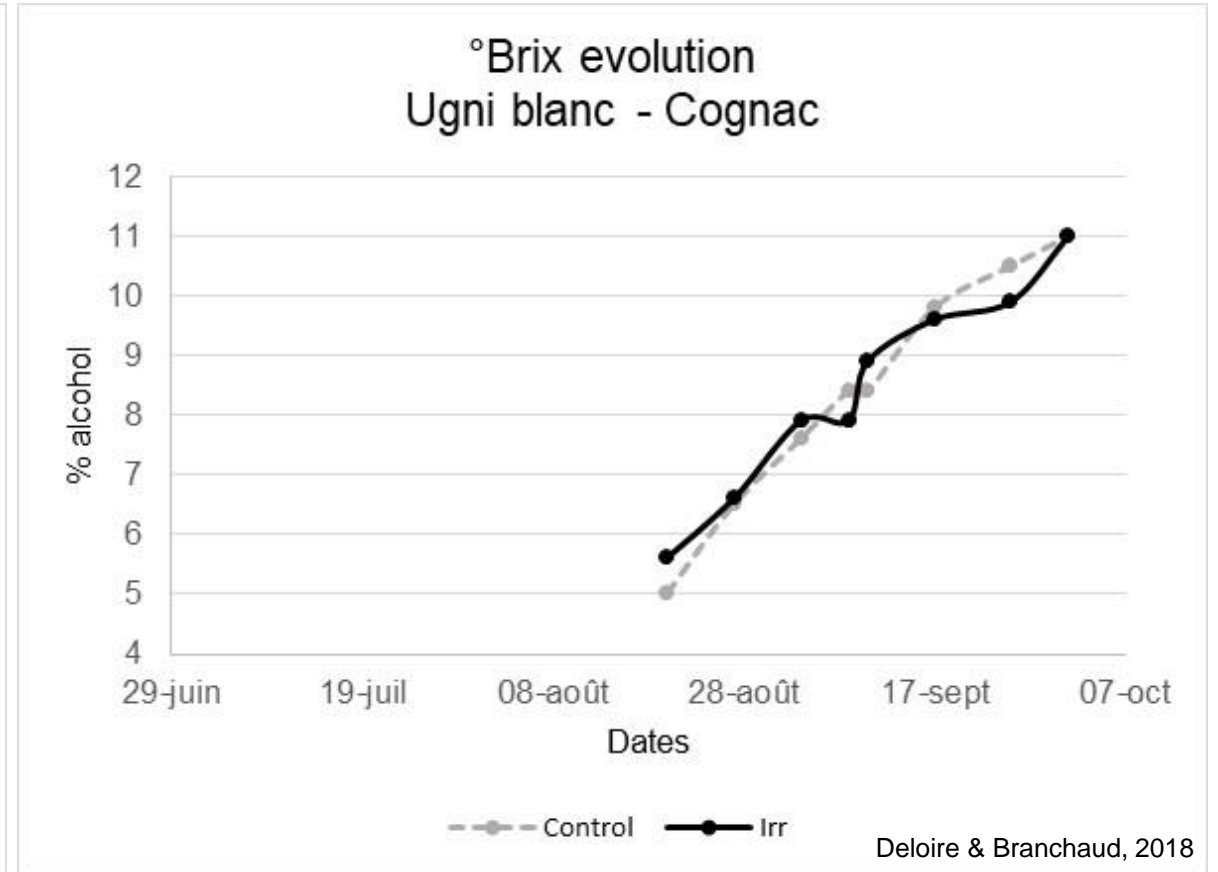
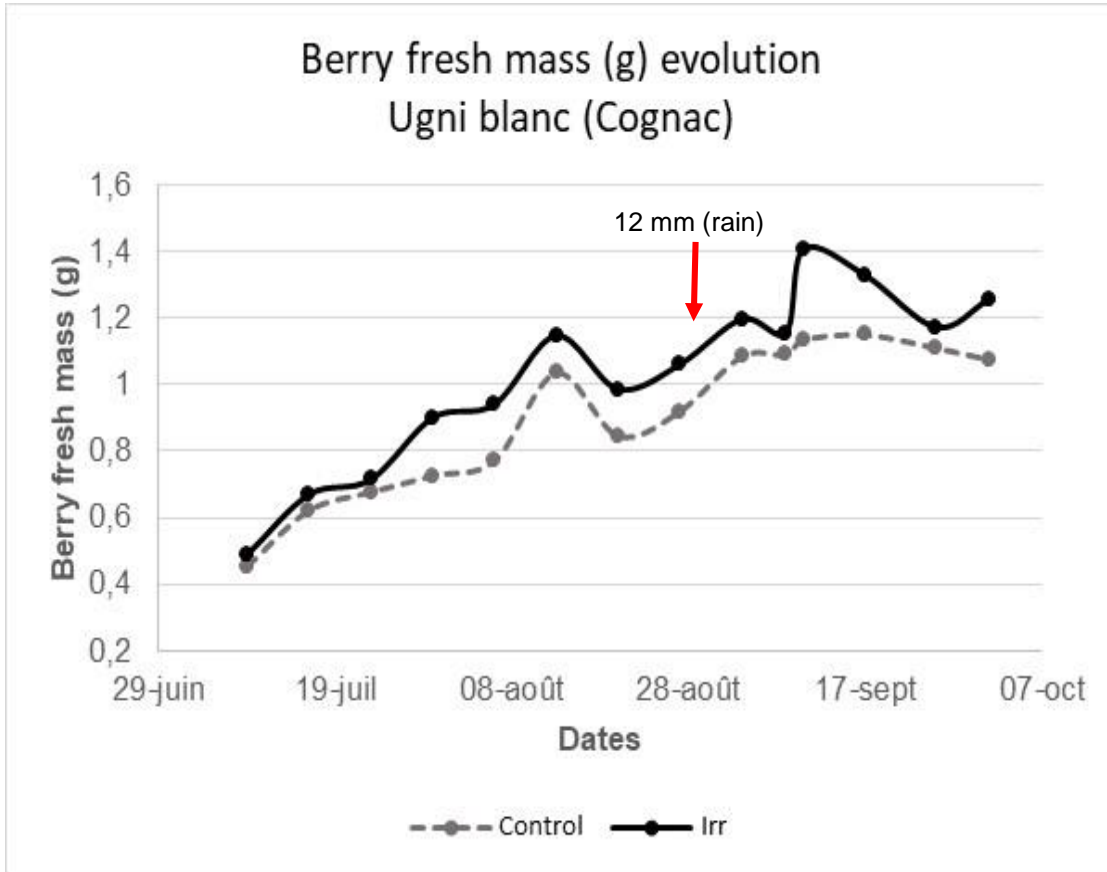


- ETP
- Etat hydrique de la plante
- Etat hydrique du sol



# Exemple de parcours hydrique du sol pour réduire la taille des baies et améliorer la qualité





<b>Fertirrigated</b>	<b>Dates</b>	<b>Berry fresh mass of 100 berries (g)</b>	<b>Single berry fresh mass(g)</b>	<b>TAVP</b>	<b>Sugar per berry (mg)</b>	<b>sugar/berry/day</b>	<b>Nitrogen (mg/l)</b>	<b>pH</b>	<b>total acidity 5g/l)</b>
	02/07/2018	51	0,51						
	09/07/2018	98	0,98						
	16/07/2018	134	1,34						
	23/07/2018	180	1,8						
	30/07/2018	188	1,88						
	13/08/2018	229	2,29						
	20/08/2018	197	1,97	5,6	187,54				
	27/08/2018	212	2,12	6,6	237,86	7,19			
	03/09/2018	239	2,39	7,9	320,98	11,87			
12 mm rain 05/09/2018	08/09/2018	231	2,31	7,9	310,23	5,97			
analysis Hennessy lab	22/08/2018						94	2,86	13,94
<b>None Irrigated</b>	02/07/2018	44	0,44						
	09/07/2018	90	0,9						
	16/07/2018	124	1,24						
	23/07/2018	135	1,35						
	30/07/2018	145	1,45						
	13/08/2018	207	2,07						
	20/08/2018	169	1,69	5	143,65				
	27/08/2018	184	1,84	6,58	205,82	8,88			
	03/09/2018	217	2,17	7,6	280,36	10,65			
12 mm rain 05/09/2018	08/09/2018	218	2,18	8,4	311,3	6,19			
analysis Hennessy lab	22/08/2018						42	2,82	14,95



- Produire moins de grappe avec des baies plus grosses?
- Produire plus de grappes avec des baies plus petites?
- Produire plus de grappes avec des baies plus grosses?

En d’autres termes, comment optimiser le compromis taille d’hiver de la vigne et développement de la baie par hectare sans compromettre le style des vins?

- par exemple: augmenter la masse fraîche des baies de 1,2 g à 1,4 g pourrait permettre d’augmenter le rendement (et la rentabilité) par 15-20% sans compromettre la qualité!
- la stratégie d’irrigation serait alors de maintenir un volume de baie stable aussi longtemps que possible pendant la maturation et/ou **éviter le flétrissement!**

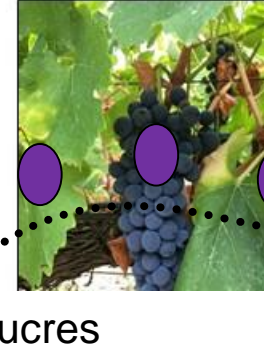
hiver



printemps



été



automne



Acides organiques  
 Acides aminés  
 Tannins  
 Pyrazynes  
 Minéraux

Sucres  
 Potassium  
 Anthocyanines  
 Acides aminés

dormance

débourrement floraison-nouaison

véraison

maturation

post-récolte

Recharger l'état hydrique du sol avant le débournement

Assurer les prélèvements d'eau et de minéraux par les racines

Eviter les déficits en eau et en azote

Déficit hydrique modéré:  
 - Pour contrôler la croissance végétative  
 - Pour contrôler la taille des baies  
 Pour éviter l'inhibition de l'élaboration de la qualité

Déficit hydrique modéré:  
 - Pour contrôler la croissance végétative  
 - Pour contrôler la taille des baies  
 - Pour éviter l'inhibition de l'élaboration de la qualité

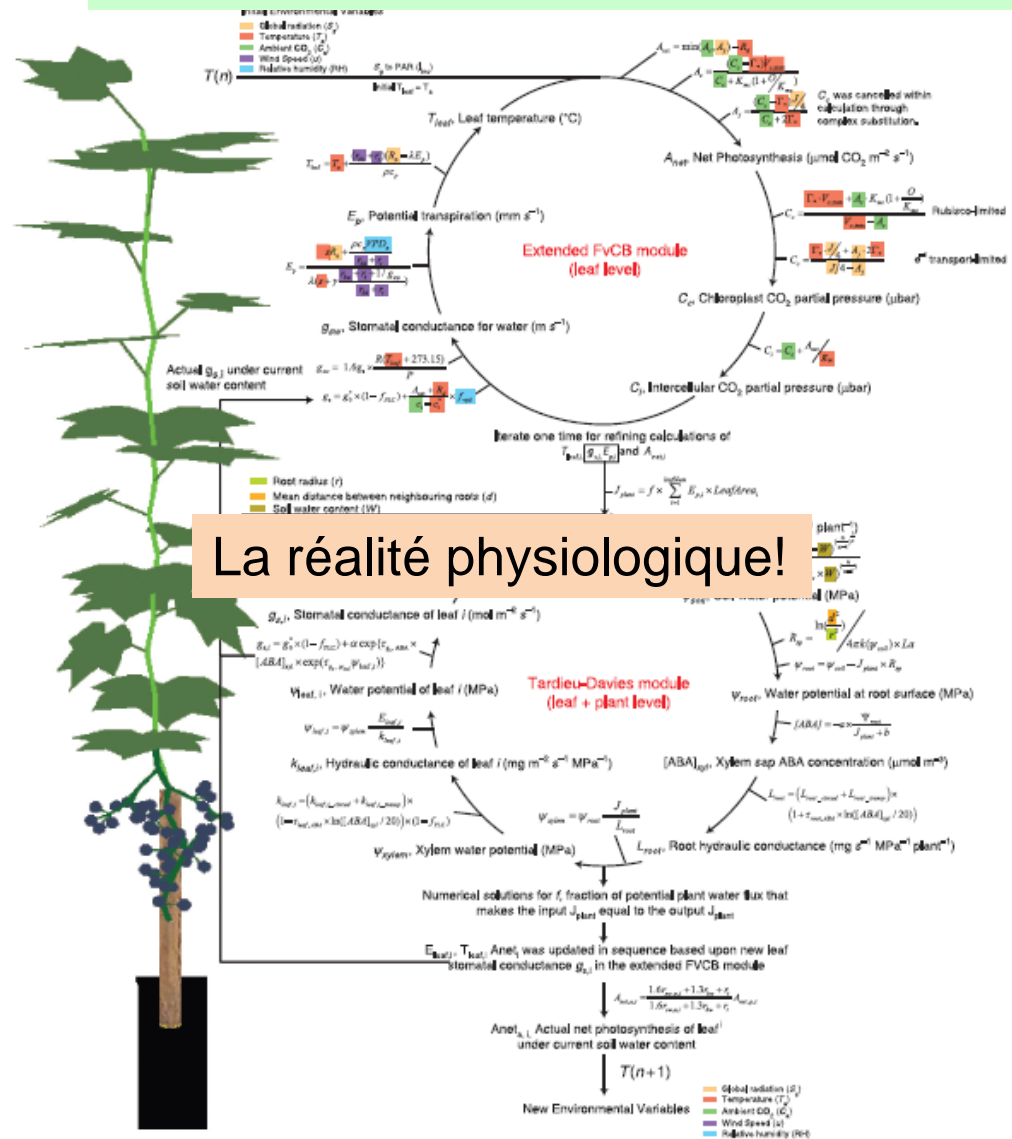
Pour permettre la reconstitution des réserves carbonées et azotées et éviter des carences C/N



année n-1

Année n

année n+1



Quelques commentaires:

- 1) Connaissance de la **physiologie de la vigne** essentielle
- 2) **Approche intégrée** de la vigne au vin requise
- 3) **Besoin d'outils d'aide à la décision** pour contrôler précisément la fertirrigation.
- 4) **Pas de recette !**

FIG. 2. Schematic representation of the coupling of the extended-FvCB module with the Tardieu-Davies module. Plant water status and leaf gas exchange were coupled in three steps. In the first, potential values of leaf photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and leaf temperature were calculated in sequence by the extended-FvCB module based on current ambient conditions without accounting for plant water status. One iteration was used as follows: leaf photosynthesis was first calculated using air temperature instead of leaf temperature; the calculated leaf photosynthesis was then used to find stomatal conductance, which is subsequently used to calculate transpiration and leaf temperature; leaf temperature was then input for the second round of calculation of photosynthesis. In the second step, the potential values of leaf  $g_s$  and leaf transpiration were input into the Tardieu-Davies module to numerically solve the actual leaf transpiration and actual  $g_s$  under the given ambient and soil conditions. This numerical method tries to find a plant water flux ( $J_{plant}$ ) that makes the summed leaf transpiration determined by  $\psi_{leaf}$  and  $[ABA]_{xylem}$ , which was influenced by  $J_{plant}$  (see eqn 3), equal to itself (eqns S11–S24). Finally, the actual leaf transpiration was fed back to



# The dream team...



Dr Elena Kraeva-Deloire



Dr Leigh SCHMIDTKE



Nicolas Bernard  
Vivelys



Dr Suzy Rogiers



Prof Laurent Torregrosa



Dr Anne Pellegrino



Dr Charles Romieu



Dr Katja ŠUKLJE



Dr Guillaume ANTALICK







[www.supagro.fr](http://www.supagro.fr)

Site web d'Alain

[www.grapevine-paradise.com](http://www.grapevine-paradise.com)