



# Anatomie et physiologie de la vigne

## Conduite de la vigne Flux de sèves Adaptation à la sécheresse

V. Zufferey, J.-L. Spring,  
K. Gindro, T. Verdenal, O. Viret  
F. Murisier et collaborateurs/trices



Udine, 18 juillet 2023



# Conduite de la vigne

## Architectures diverses

A Pergola dans le Trentin

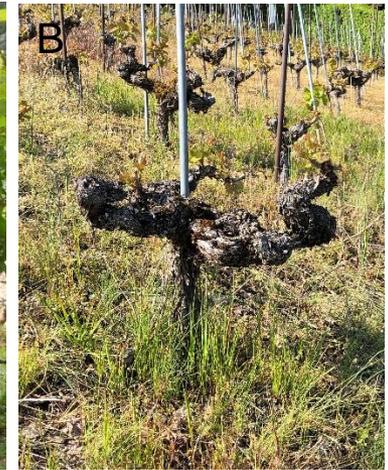
B Gobelet en Suisse

C Espalier, palissage vertical

D Bellussera dans le Venetto

E Taille Chablis, Champagne

F Cordon tressé, Tenerife





# Culture de la vigne sur l'île de Lanzarote (Canaries) cuvettes creusées dans la cendre volcanique et protégées du vent



Adaptation à un climat aride



# Une souche de vigne couvrant 400 m<sup>2</sup> au sol

Davis, Californie





# Conduite de la vigne

Systemes de taille

Densité de plantation

Distance interligne et inter-cep

Orientation des rangs

Architecture de la végétation

Charge en bourgeons

Travaux en vert

Rapport feuille-fruit

...





## **La conduite de la vigne est déterminante pour:**

**L'interception  
de l'énergie lumineuse**

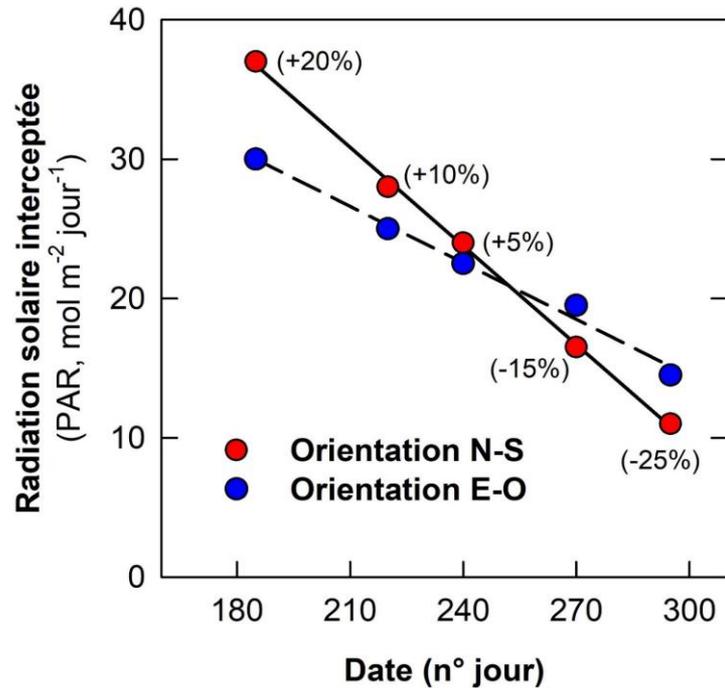
**La capacité photosynthétique  
du couvert végétal**

**La mise en réserve  
des glucides et des minéraux...**





# Conduite de la vigne (orientation des rangs) et interception de l'énergie lumineuse





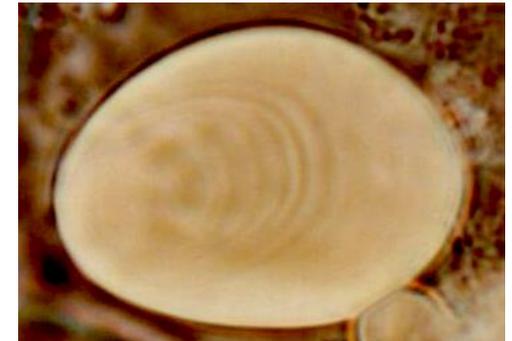
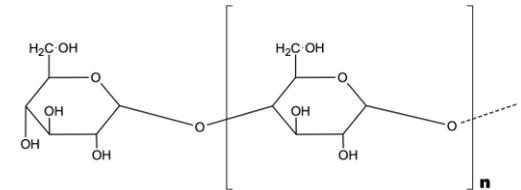
# Mesure de la photosynthèse diverses approches



Analyseur à infrarouge  
Feuille isolée



Souche entière  
Ballon plastique



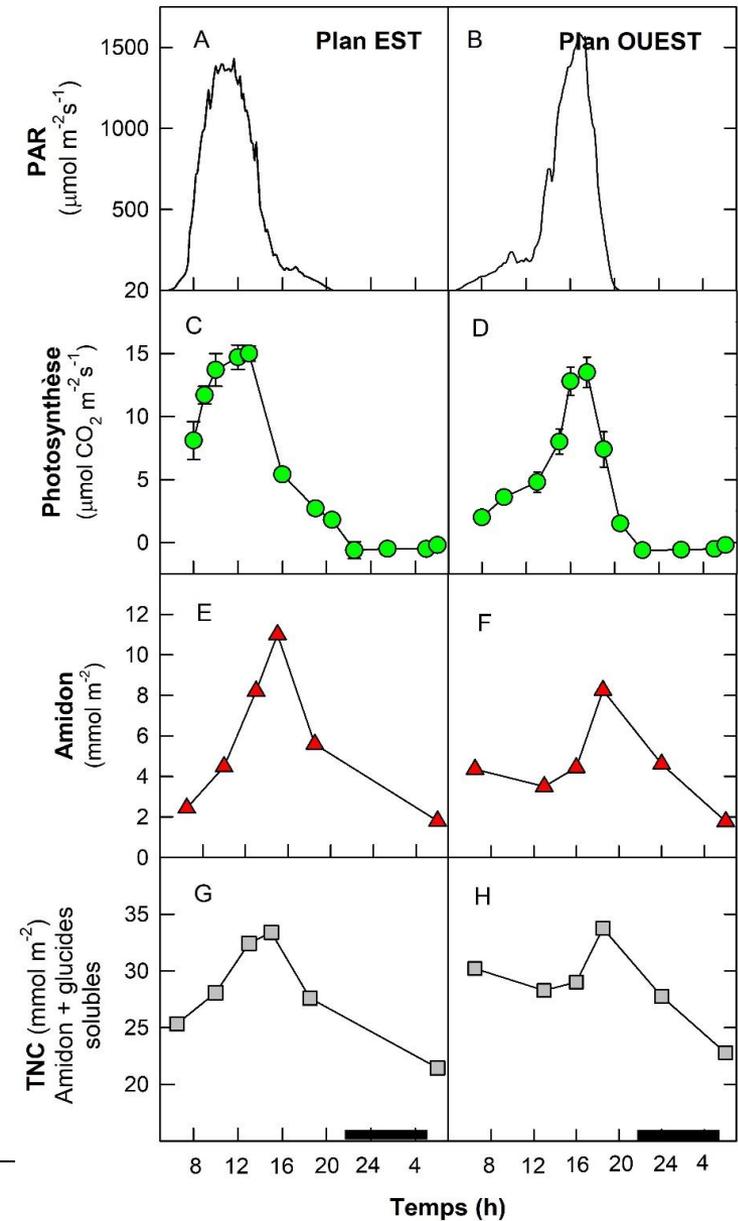
Analyse des glucides  
formés (grain d'amidon)



# Radiation solaire interceptée (PAR) Photosynthèse Teneur en amidon et glucides solubles des feuilles des plans EST et OUEST de rangs orientés N-S.

Chasselas, Pully Suisse  
7-8 août 1998

## Orientation N-S

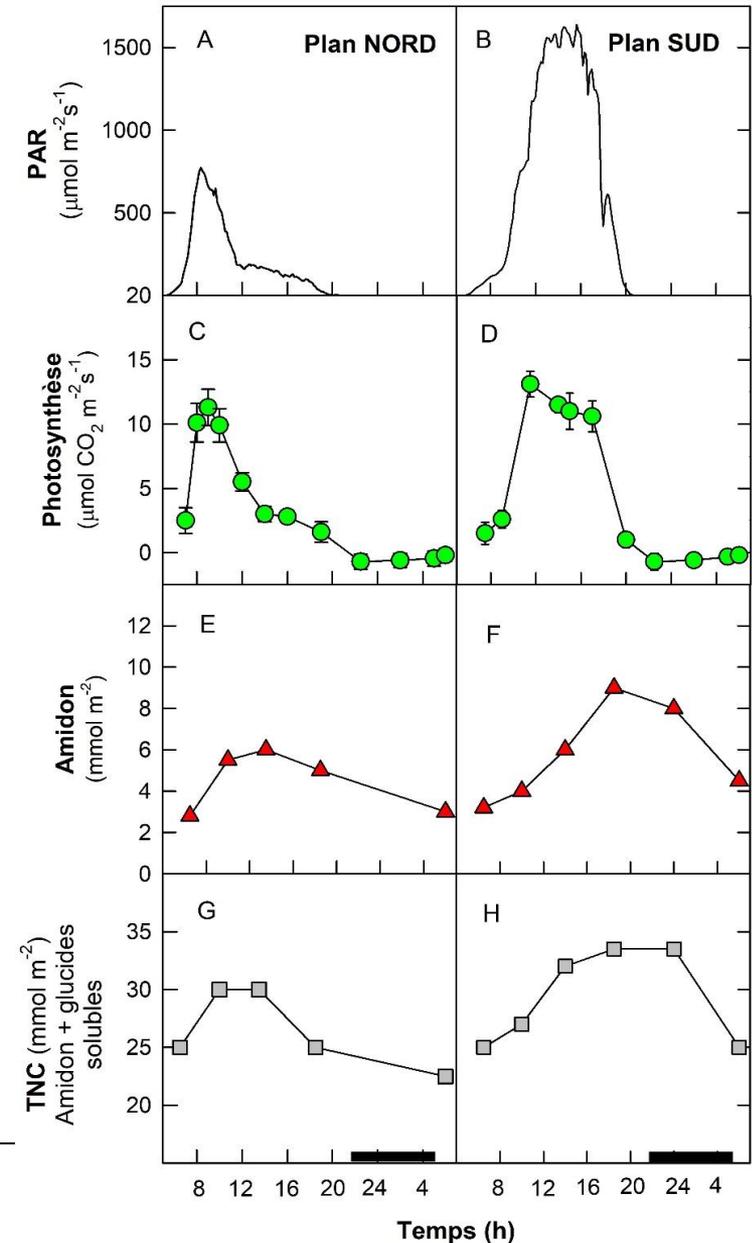




# Radiation solaire interceptée (PAR) Photosynthèse Teneur en amidon et glucides solubles des feuilles des plans NORD et SUD de rangs orientés E-O.

Chasselas, Pully Suisse  
7-8 août 1998

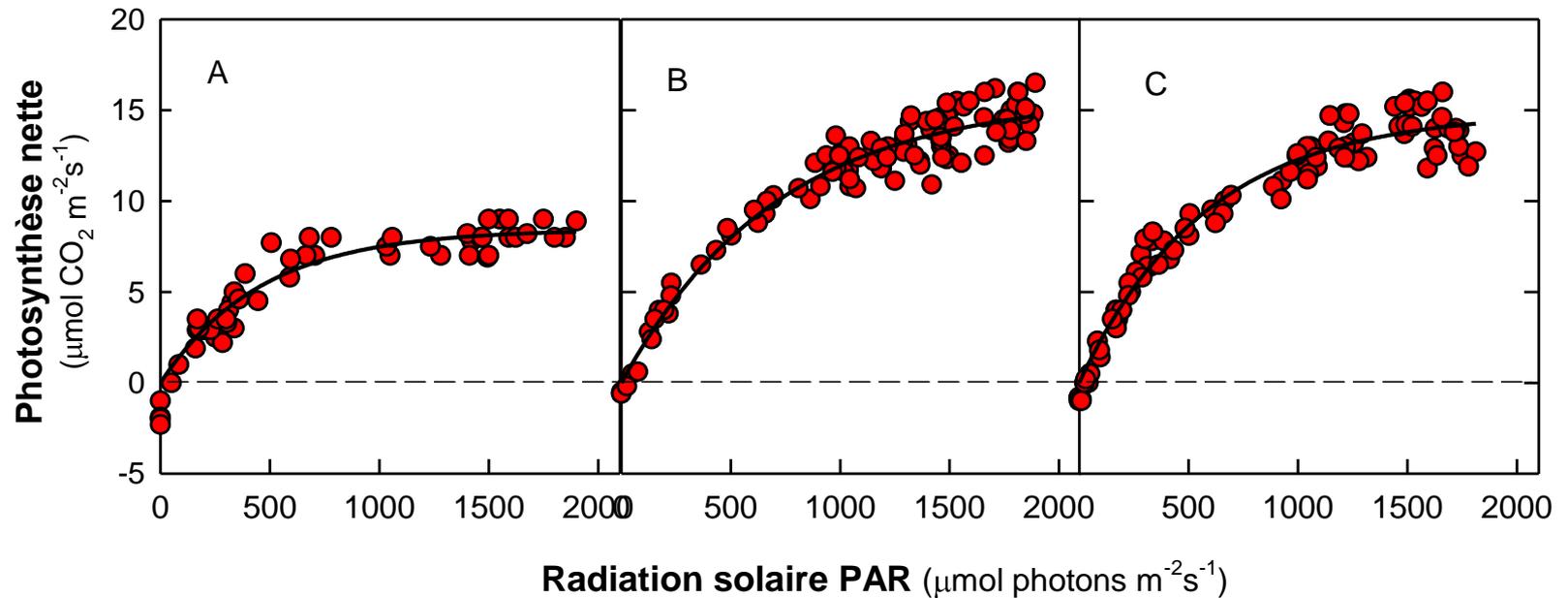
## Orientation E-O





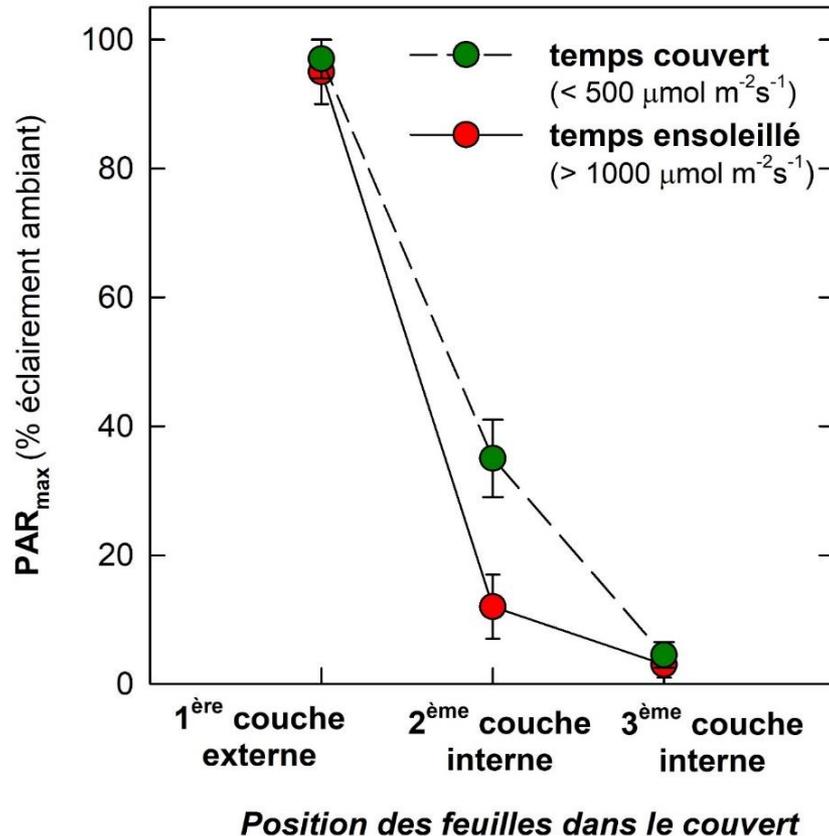
# Relation entre la radiation solaire interceptée (PAR) et la photosynthèse des jeunes feuilles en croissance (A) des feuilles adultes principales (B) et d'entre-cœurs (C)

Chasselas, Pully Suisse 1994-1998





# Radiation solaire interceptée en fonction de la position des feuilles dans le couvert végétal

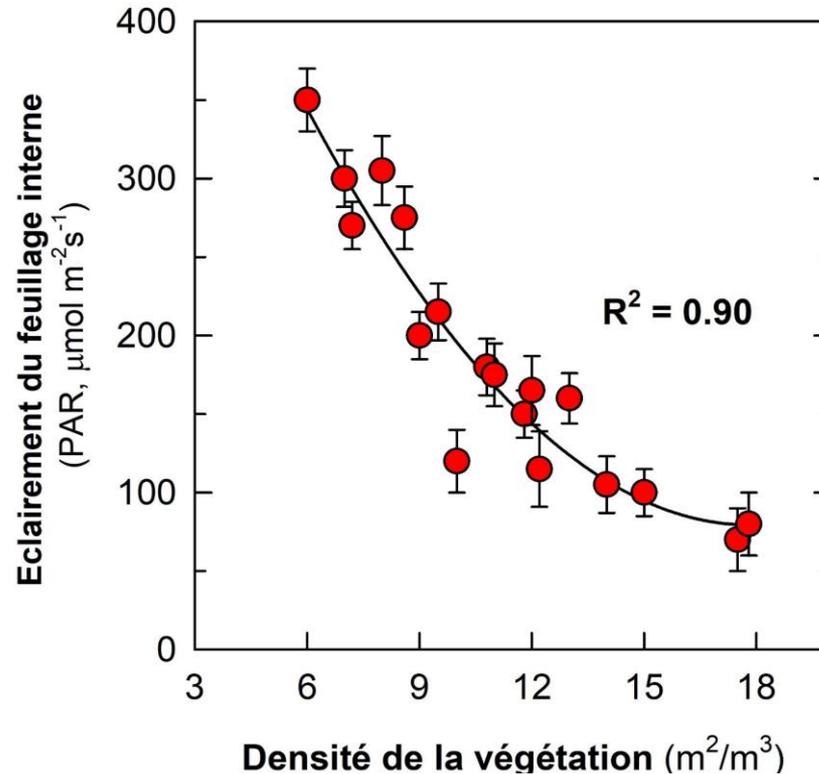


Barre de cellules photoélectriques mesurant l'éclairage ambiant (PAR)



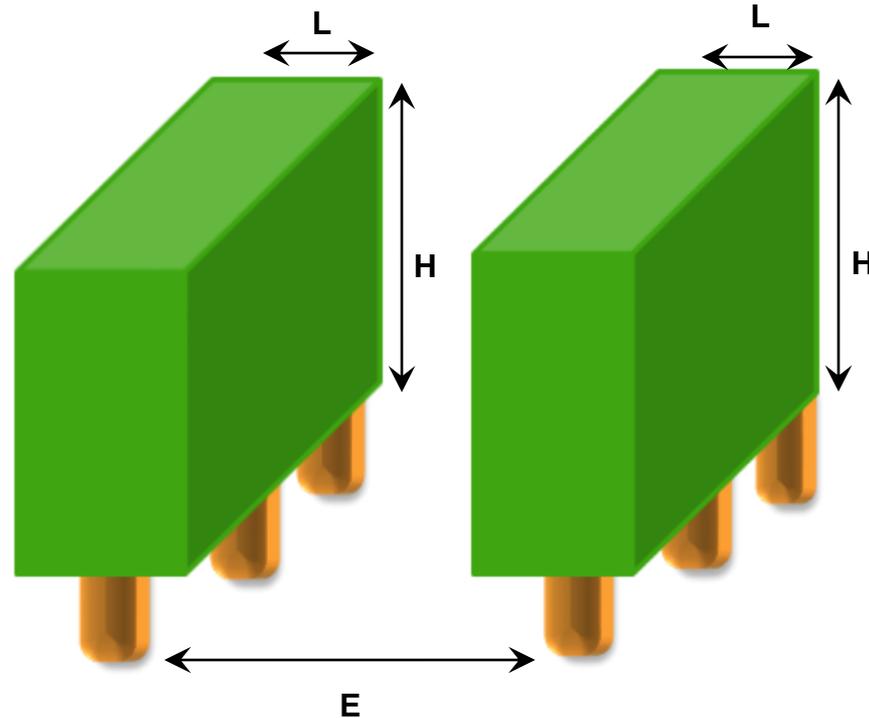
# Densité de la végétation

(m<sup>2</sup> de surface foliaire/ m<sup>3</sup> de volume occupé)  
et éclairage des feuilles situées en 2<sup>ème</sup> couche





# Notion de surface foliaire exposée (SFE)



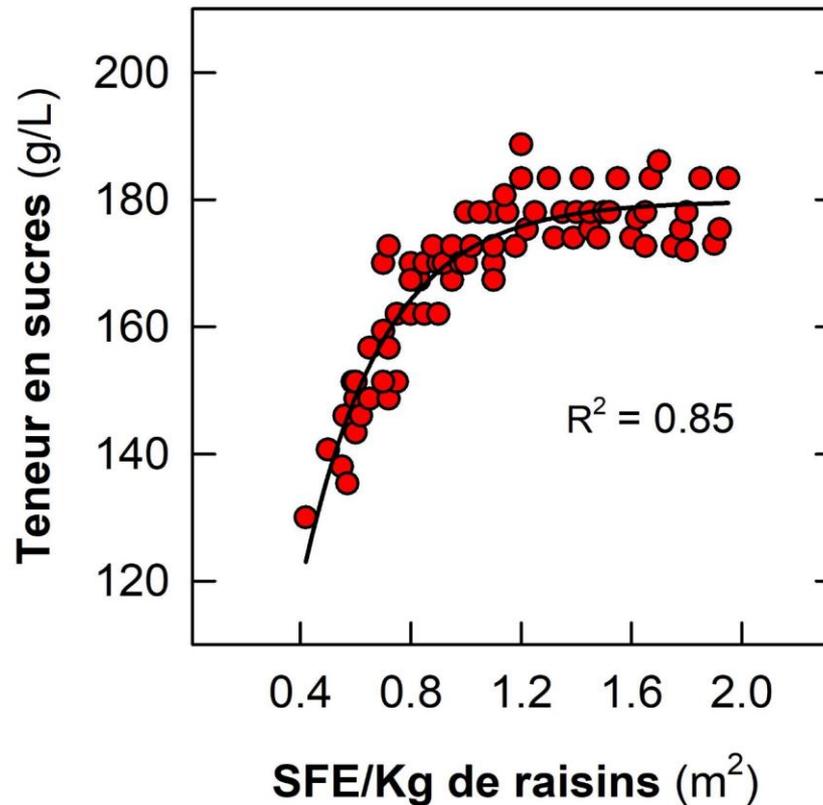
$$\text{SFE} = [(2 \times H) + L]/E \times (1 - \% \text{ trous})$$

Exemple:  $\text{SFE} = [(2 \times 1.2\text{m}) + 0.3 \text{ m}]/2.0\text{m} \times (1 - 0.1) = 1.2 \text{ m}^2$



# Relation entre la teneur en sucres des raisins et la surface foliaire exposée par kg de raisins produits

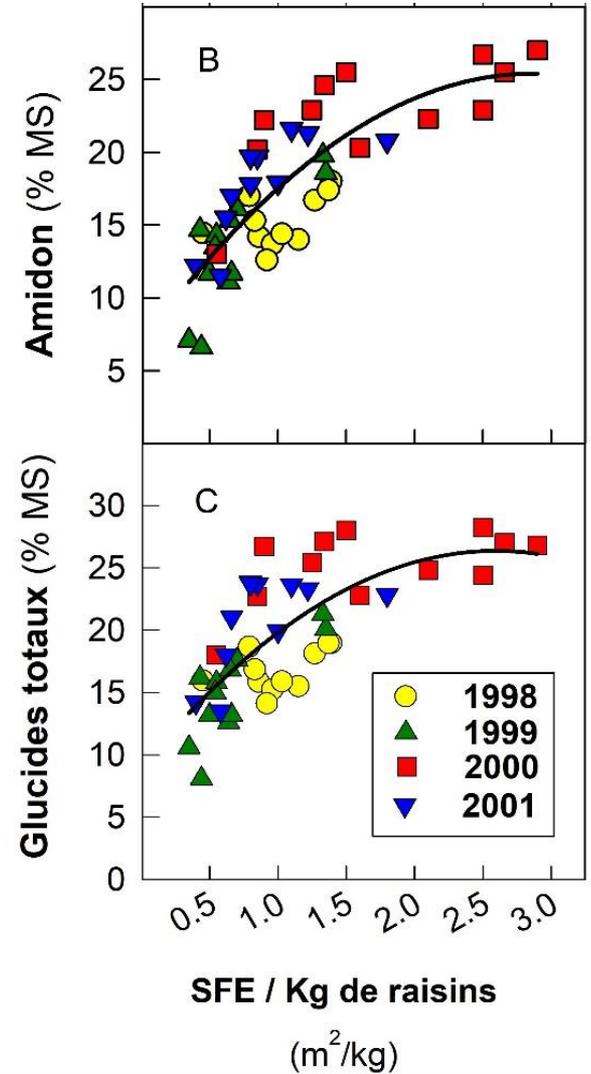
Chasselas, Pully, Suisse 1996





# Relation entre la teneur en glucides des racines (amidon et glucides totaux) et la surface foliaire exposée par kilo de raisins (SFE/kg) à la récolte

Chasselas, Pully (Suisse)  
1998-2001



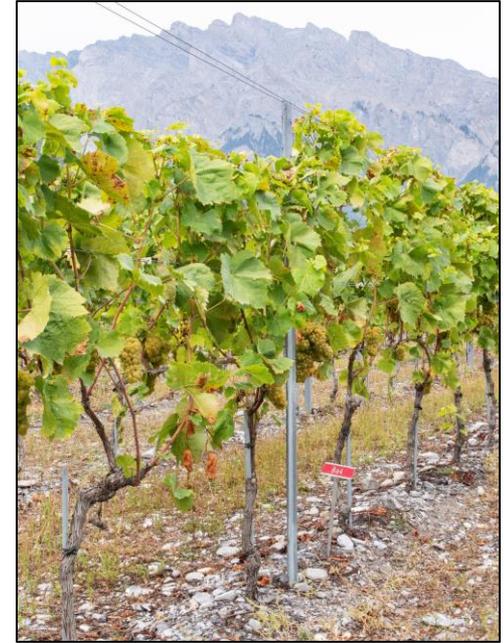


# Rapport feuille-fruit

**Valeurs optimales  
pour une bonne maturité des raisins**

**1.0 à 1.2 m<sup>2</sup> SFE/kg**  
(Chasselas, Pinot, Gamay...)

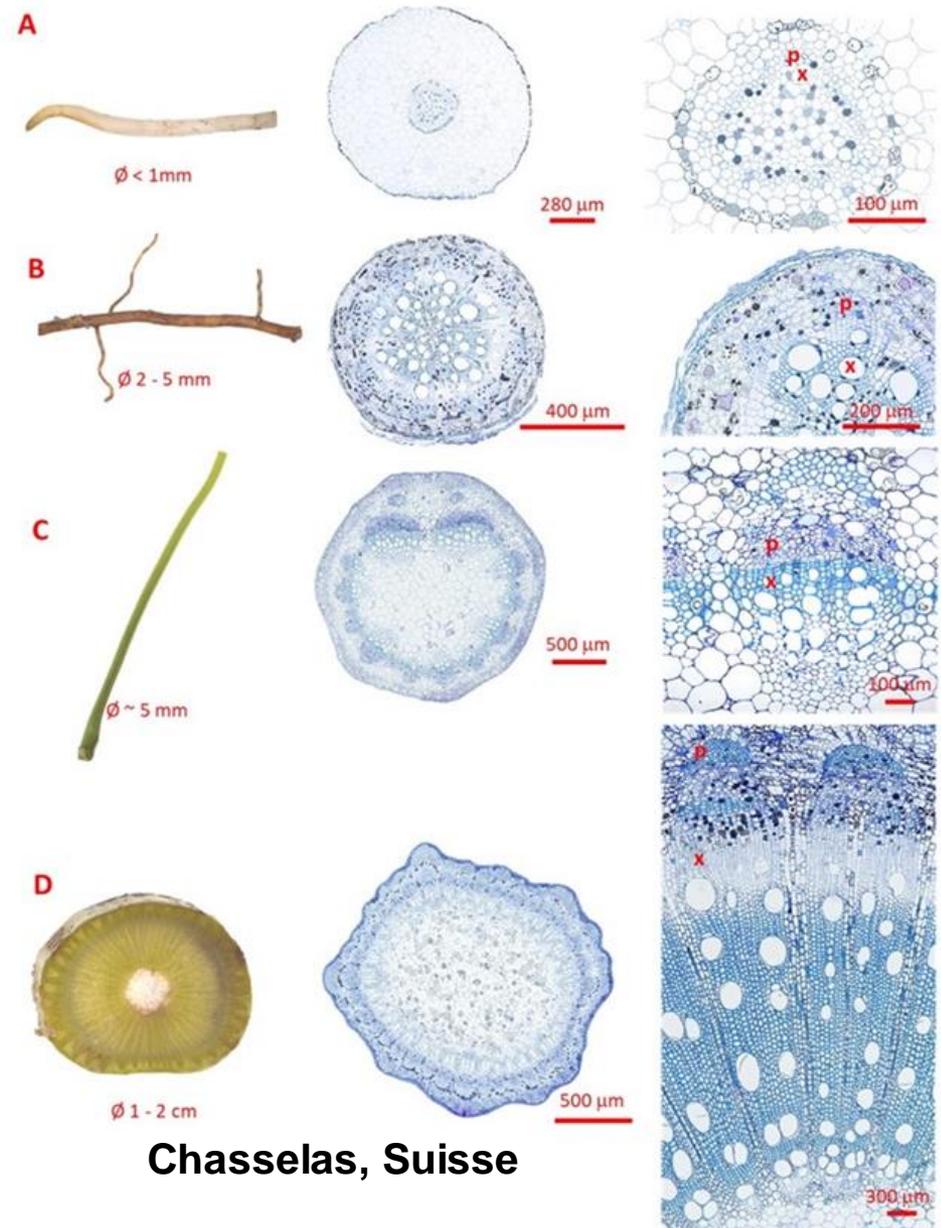
**1.3 à 1.5 m<sup>2</sup> SFE/kg**  
(cépages tardifs à exigences thermiques élevées)





# Anatomie de la conduction de l'eau et des minéraux

## Système vasculaire des différents organes de la vigne





# Les tissus de la vigne (histologie)

Groupement de cellules végétales de même origine embryologique

**Méristème primaire, apical** (croissance en longueur)

**Méristème secondaire** (croissance en épaisseur, **cambium**)

**Les tissus de revêtement** : épiderme (ep), suber ou liège

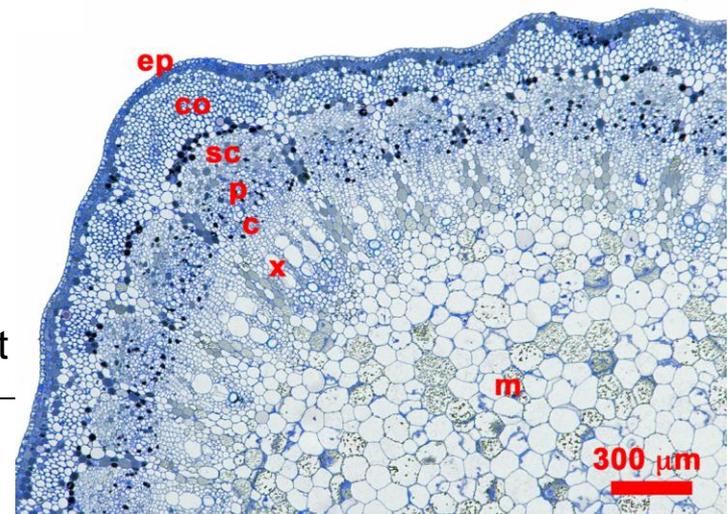
**Les tissus de soutien** : collenchyme (co), sclérenchyme (sc)

**Les tissus de réserve** : parenchyme

**Les tissus conducteurs**: xylème (x), phloème (p)

...

Anatomie  
du rameau vert



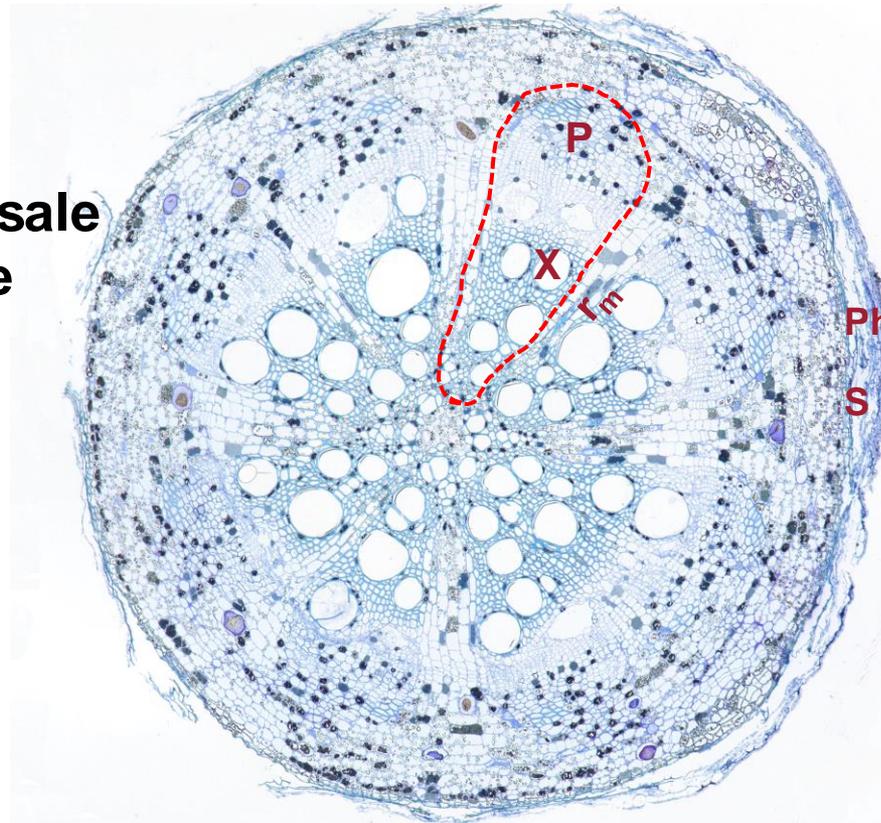


# Les tissus conducteurs

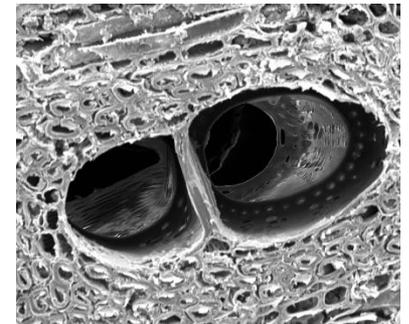
**Xylème** : vaisseaux, trachéides (sève brute)

**Phloème**: tubes criblés (sève élaborée)

Coupe transversale  
d'une racine



P = phloème  
X = xylème  
 $r_m$  = rayon médullaire  
Ph = phelloderme  
S = suber (liège)



Vaisseaux du xylème



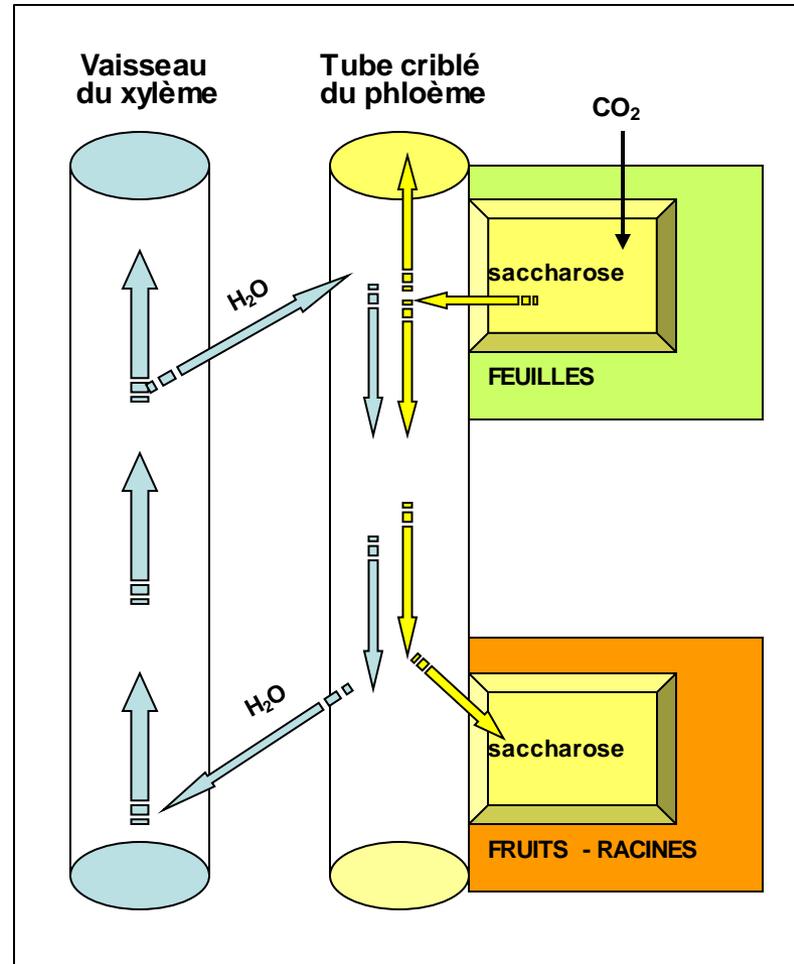
# Systeme vasculaire (vaisseaux) et transferts de sèves dans la plante

## sève brute Xylème

Composition:

Eau  
des ions minéraux  
(azote, calcium, ...)

Un peu d'hexoses,  
Acides organiques  
Hormones (auxine...)



## sève élaborée phloème

Composition:

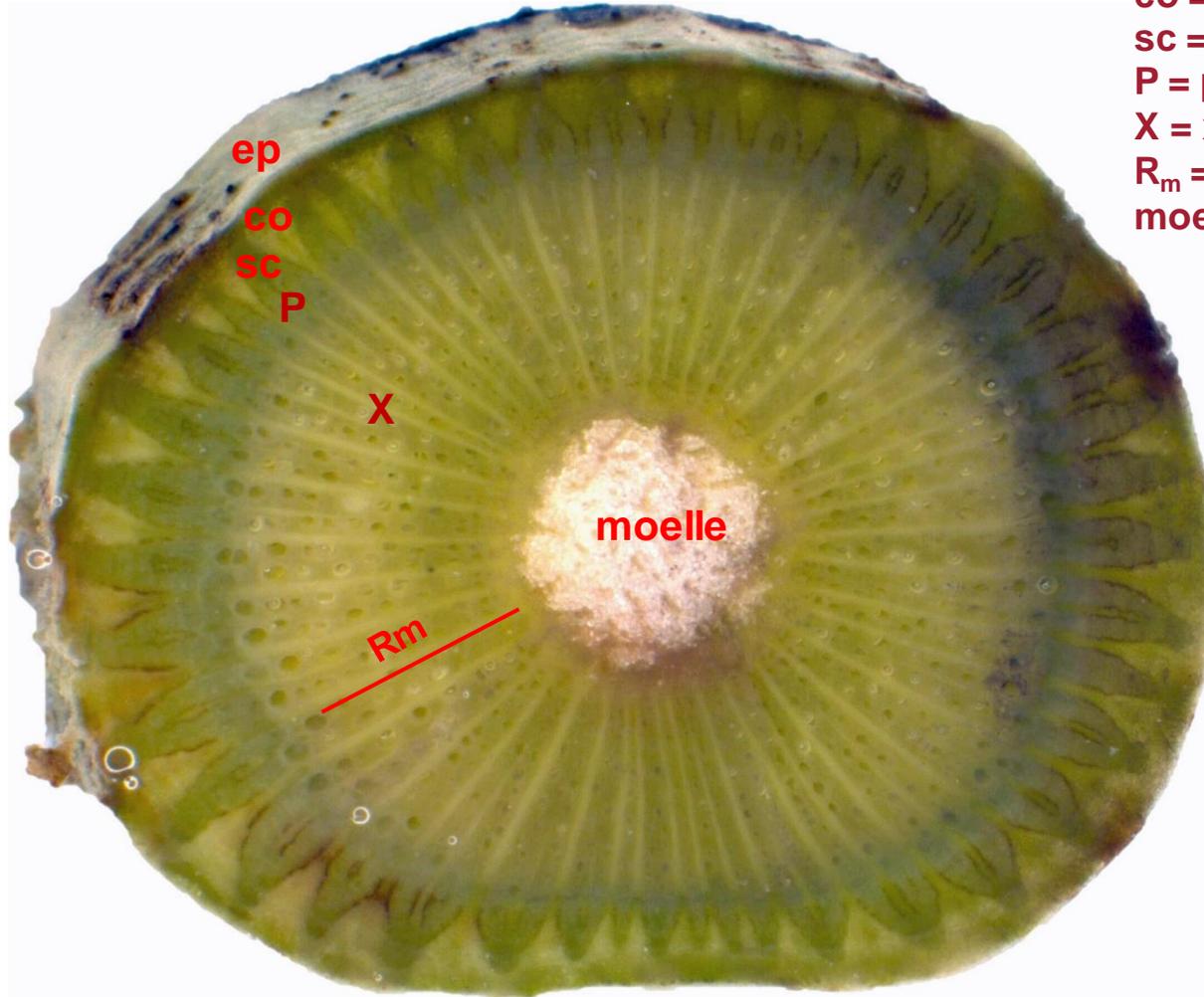
Saccharose  
Acides aminés  
Hormones (auxine...)  
Acide abscissique ABA  
Potassium

Selon Hopkins (2003)



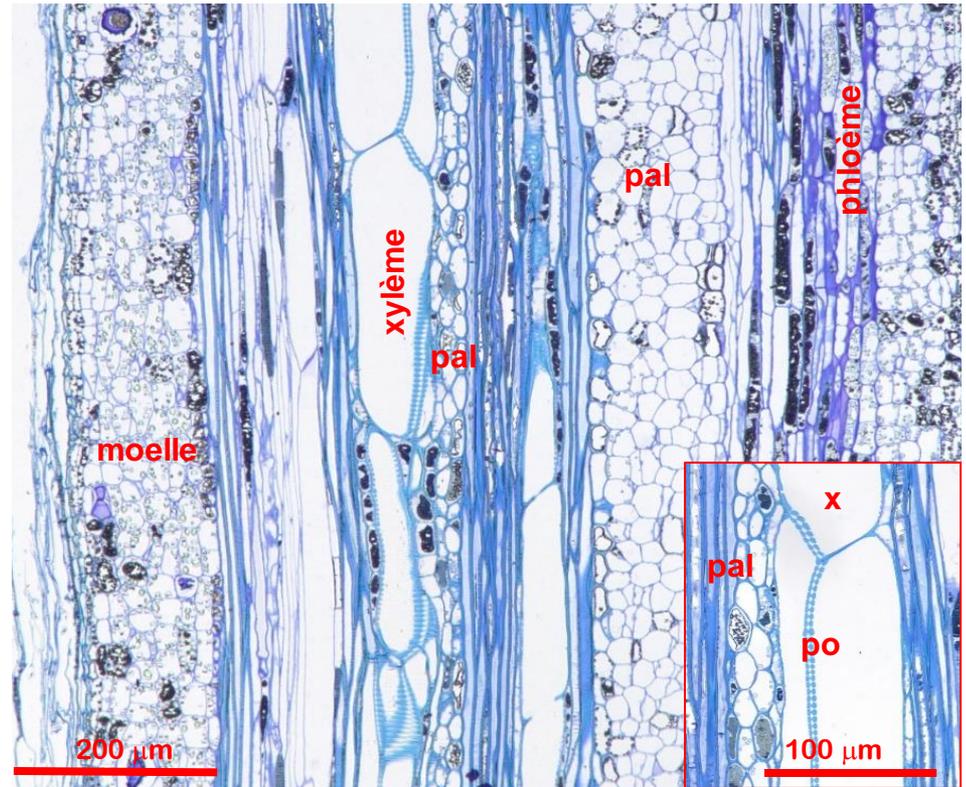
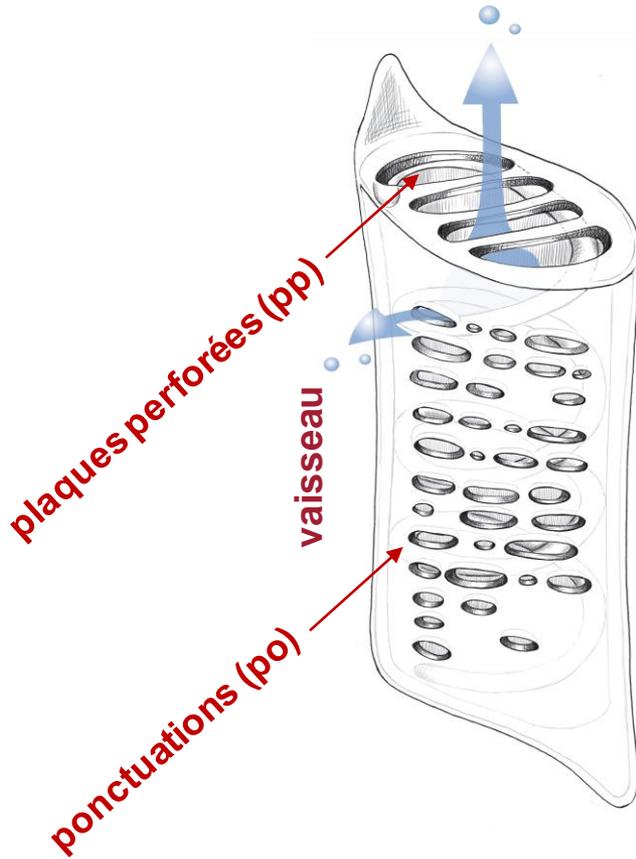
# Coupe transversale d'un rameau vert

ep = épiderme  
co = collenchyme  
sc = sclérenchyme  
P = phloème  
X = xylème  
R<sub>m</sub> = rayon médullaire  
moelle = parenchyme





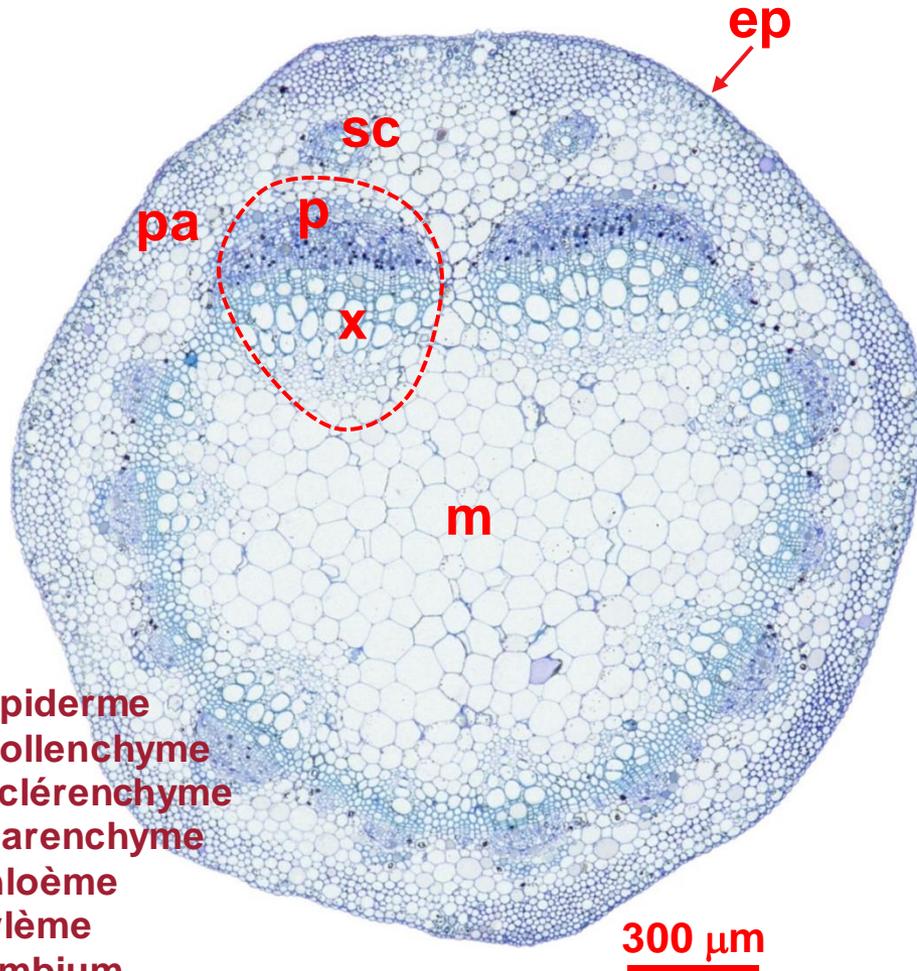
# Coupe longitudinale d'une stèle de faisceaux conducteurs et d'un vaisseau conducteur



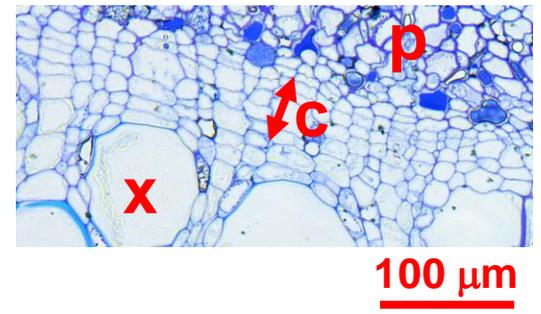
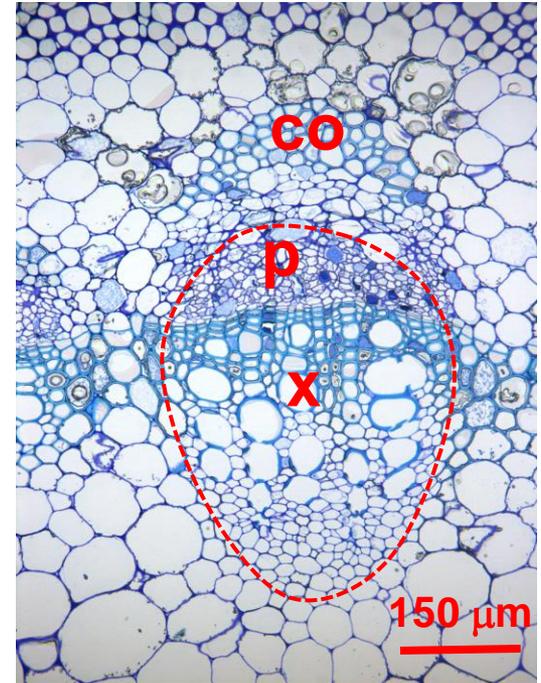
x : xylème  
pal: parenchyme lignifié  
po: ponctuation



# Coupe transversale d'un pétiole de feuille



ep = épiderme  
co = collenchyme  
sc = sclérenchyme  
pa = parenchyme  
P = phloème  
X = xylème  
c = cambium  
m = moelle





# Nombre, diamètre et longueur des vaisseaux

## Nombre de vaisseaux

- pétioles de feuilles: en moyenne 300
- rameaux: en moyenne > 300
- racines: 100-200

## Diamètre des vaisseaux

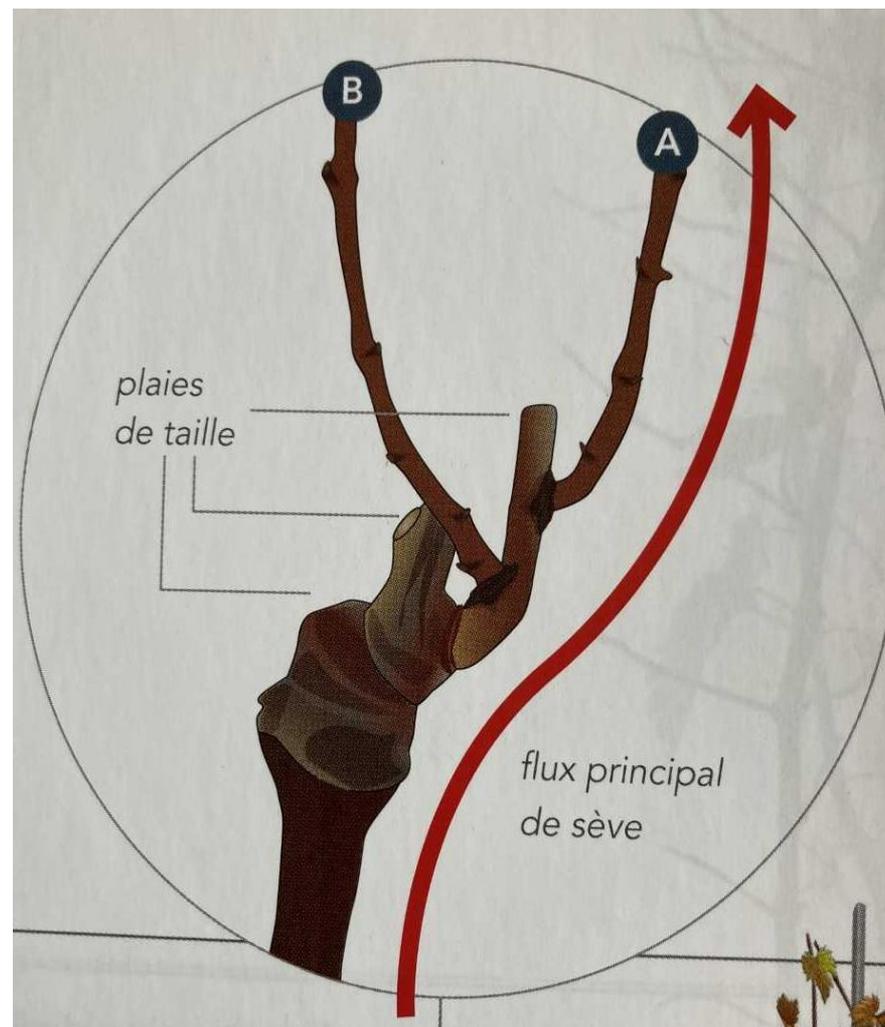
- pétioles de feuilles: 10-50  $\mu\text{m}$
- rameaux: 150-300  $\mu\text{m}$
- racines: 5-45  $\mu\text{m}$

## Longueur des vaisseaux

- pétioles de feuilles: 5-10 cm
- rameaux: 10-70 cm
- racines: 10-50 cm



# Respect des flux de sève à la taille selon Marco Simonit

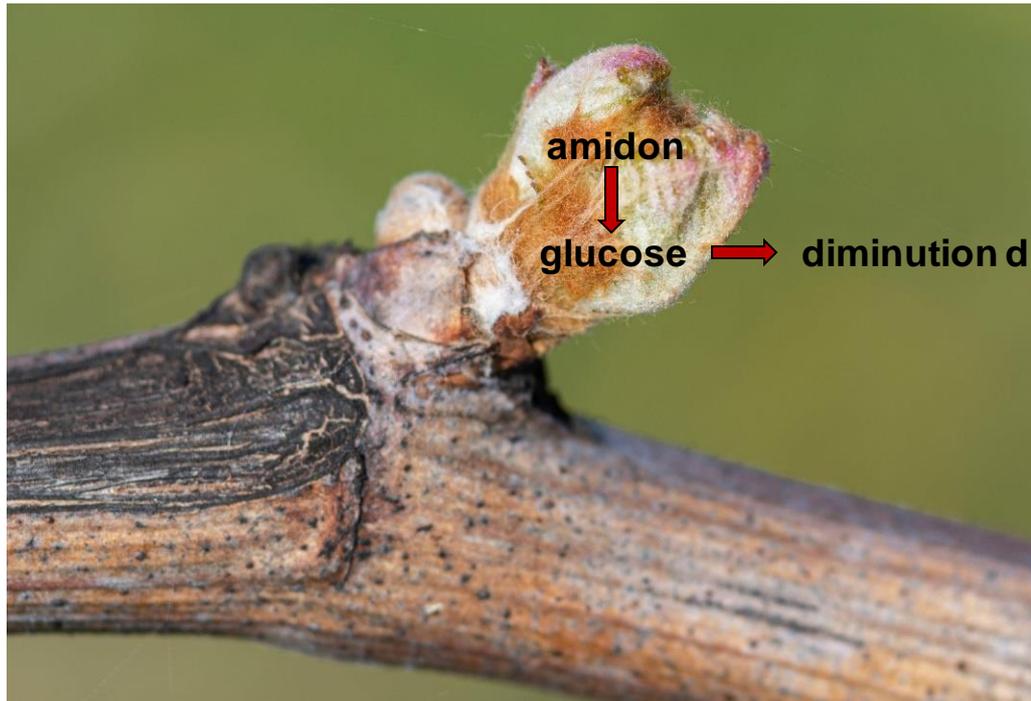




# Ascension de la sève brute

## Au stade débourrement

- Dans les bourgeons: transformation de l'amidon en sucres solubles (glucose)
- Diminution du potentiel osmotique cellulaire ( $\Psi_o$ ) et hydrique ( $\Psi$ )
- Sève sous pression, poussée racinaire (1 à 3 bars)
- Résorption de l'embolie hivernale (bulles d'air dans les vaisseaux) avec les pleurs de la vigne



diminution du potentiel hydrique ( $\Psi$ )



l'eau est attirée  
dans les bourgeons



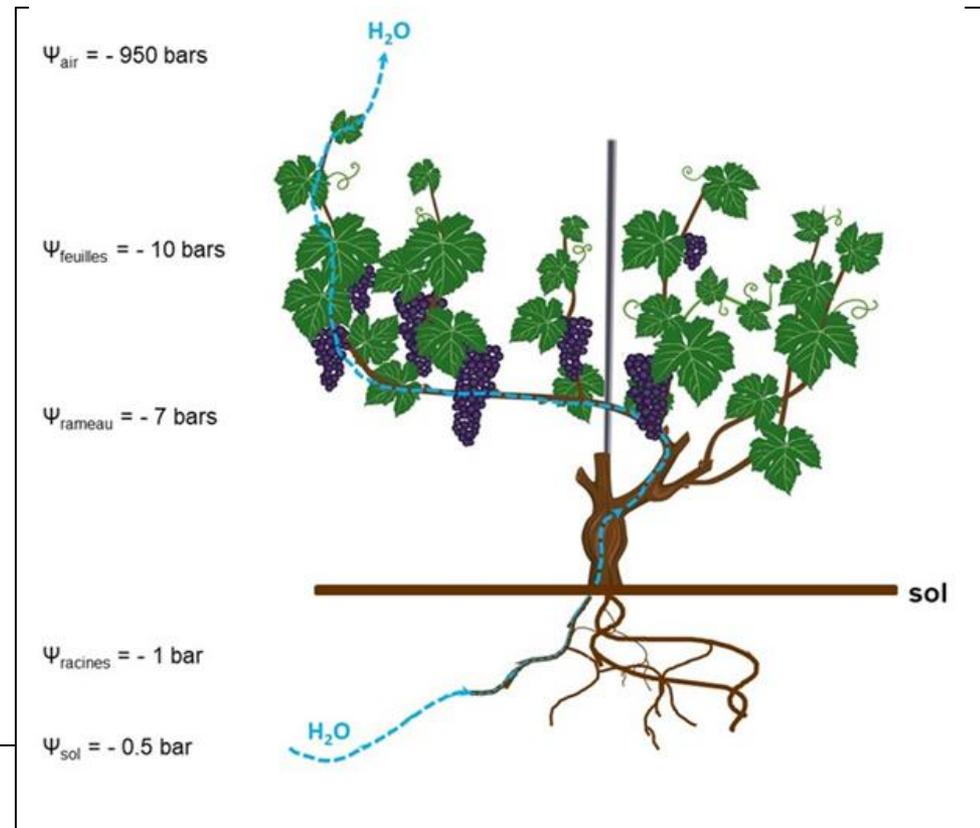
# Ascension de la sève brute

Avec le développement foliaire

**Transpiration:**  
force motrice de l'ascension de la sève

**Sève sous tension**  
(valeurs négatives  
du potentiel hydrique,  $\Psi$ )

**Gradient de potentiel hydrique**  
entre le sol, la plante et l'atmosphère

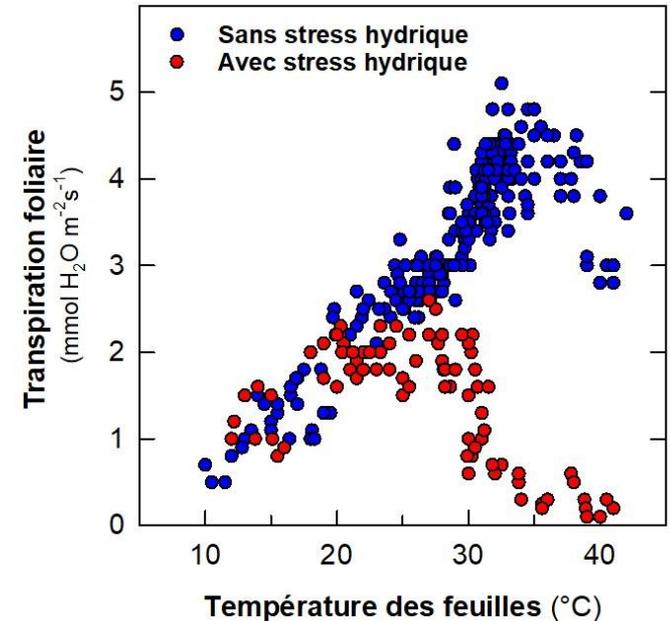




# Réponses de la vigne à la sécheresse

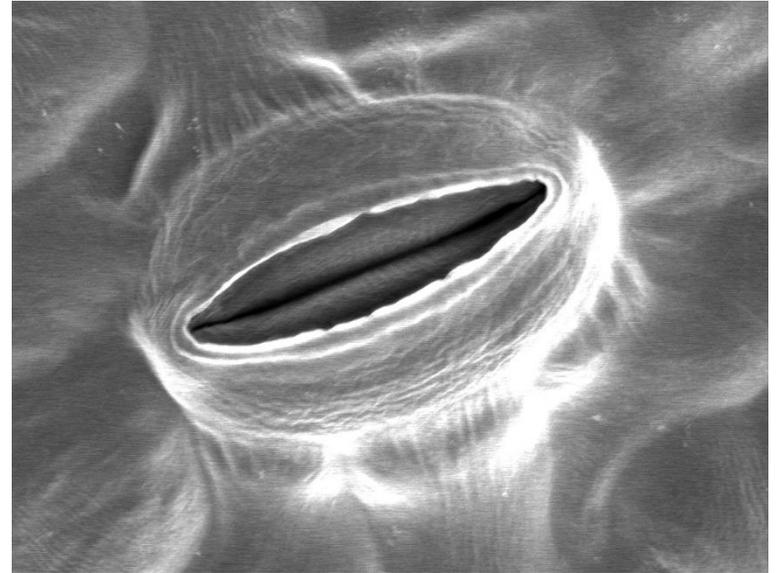
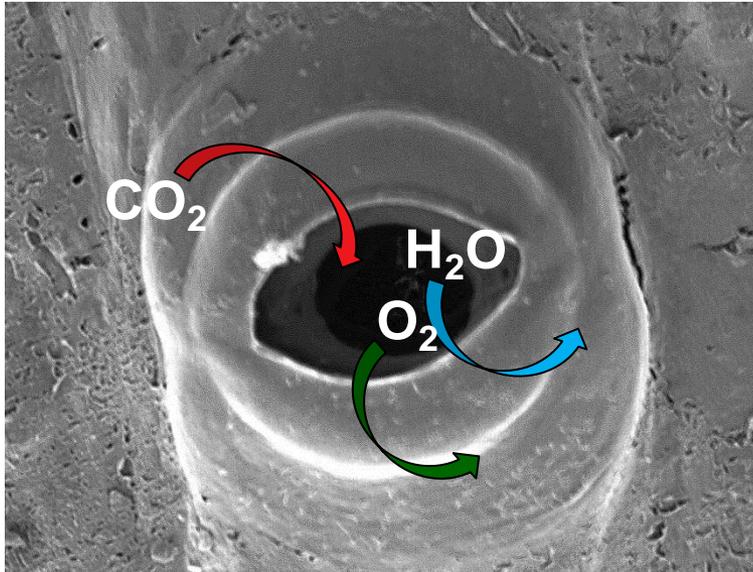
## Mécanismes de régulation de la transpiration foliaire

- Fermeture progressive des stomates
- Diminution de la conductivité hydraulique
- Message chimique des racines-feuilles  
(production d'acide abscissique ABA, ...)





# Ouverture et fermeture des stomates



**100 à 300 stomates par mm<sup>2</sup> de feuille**

Echanges gazeux  
(transpiration H<sub>2</sub>O)  
(photosynthèse et respiration CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>...)



# Mesure de la conductance stomatique

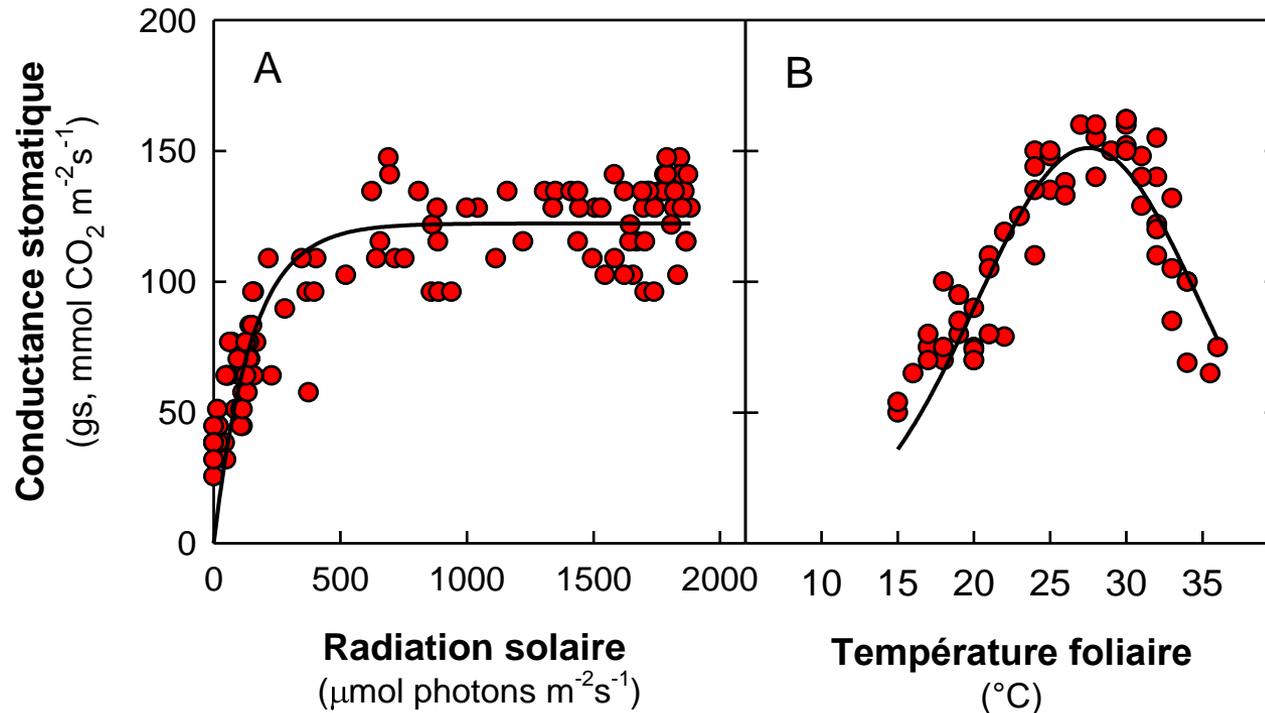
(diffusion du  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$   
à travers les stomates)

## de la photosynthèse et de la transpiration foliaire



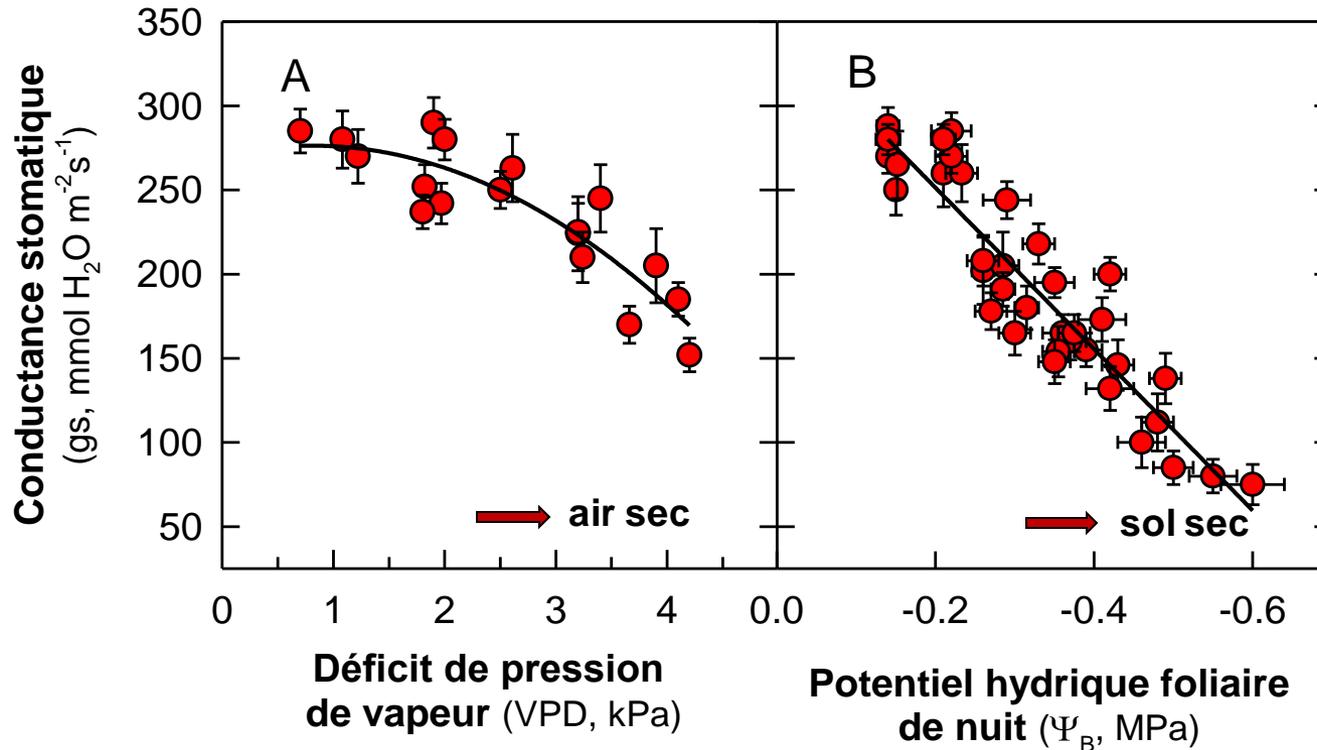


# Conductance stomatique (ouverture des stomates) en fonction de l'éclairement et de la température (Chasselas, Suisse)





# Conductance stomatique (ouverture des stomates) en fonction du déficit hydrique de l'air (VPD) et du stress hydrique (Chasselas, Suisse)

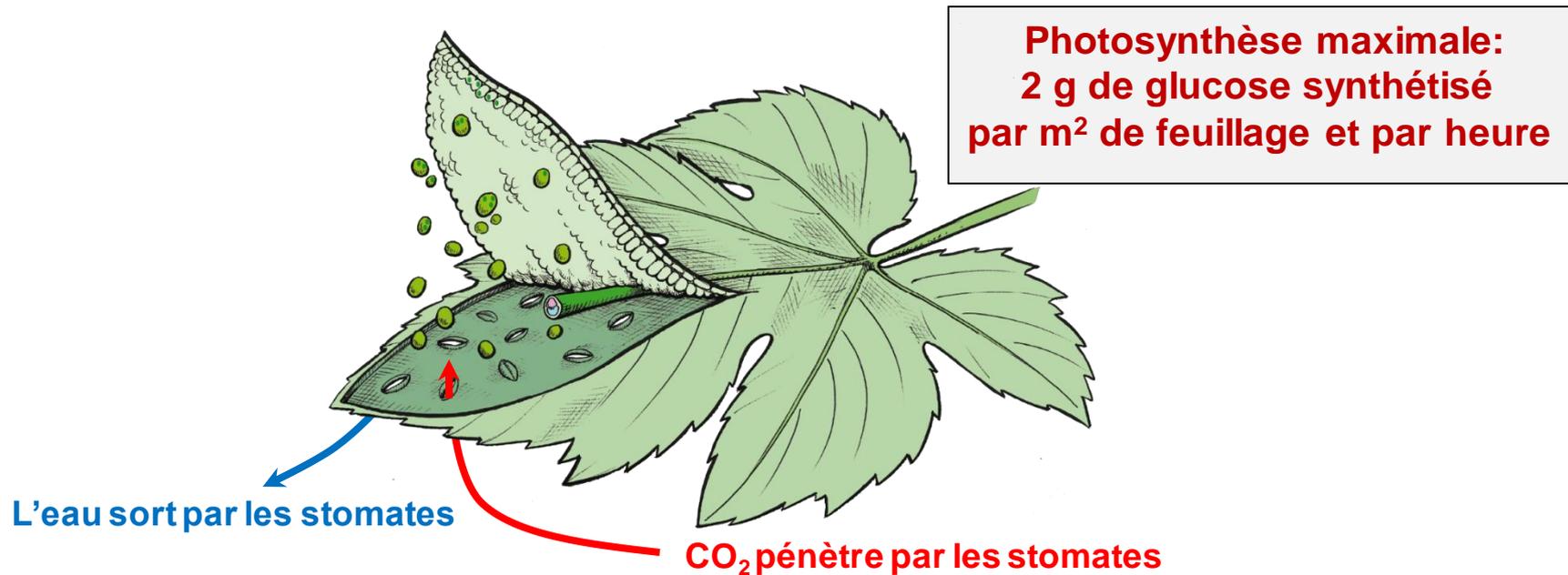




# Compromis entre photosynthèse et transpiration

Pour fixer 1 g de  $\text{CO}_2$  : perte de 100-120 g d'eau

Pour fixer 1 g de glucose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ): perte de 150 g d'eau

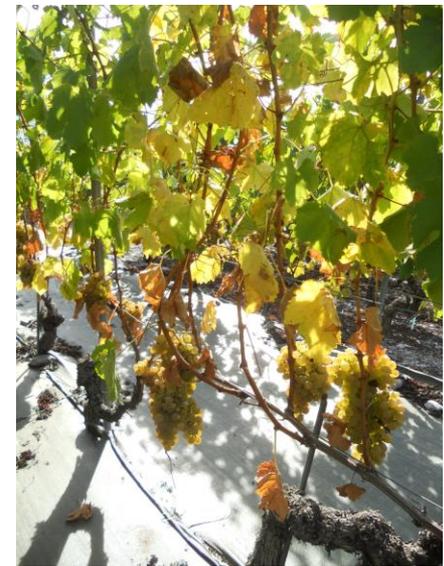




# Sécheresse et canicule

## Accidents physiologiques

Embolie gazeuse, folletage, apoplexie...



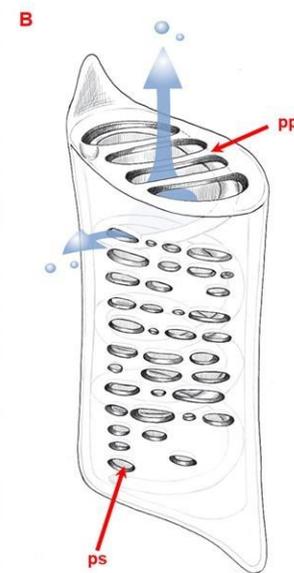
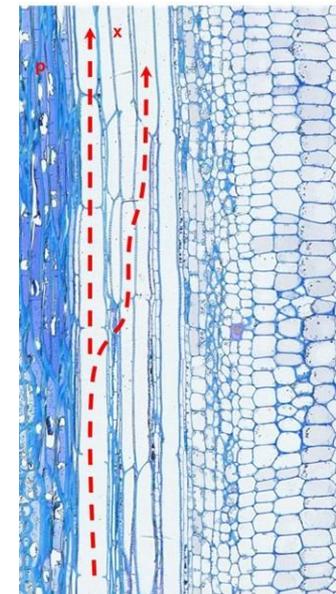
### Sensibilité variétale à l'embolie

### Anatomie des vaisseaux et trachéides

La taille des vaisseaux (50-300 $\mu$ m),  
des trachéides (10-50  $\mu$ m)  
leur densité, les types de ponctuations ...

### Résorption de l'embolie

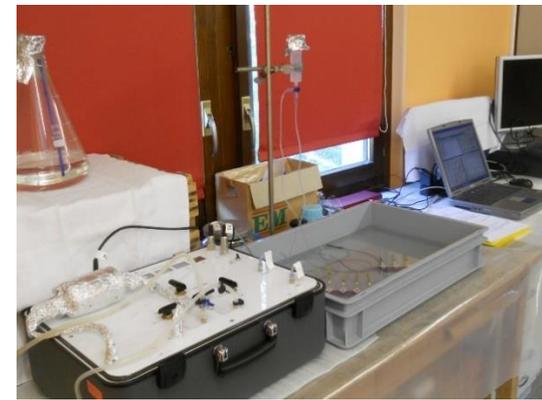
Connections tubes criblés et vaisseaux...  
Canaux hydriques (aquaporines)





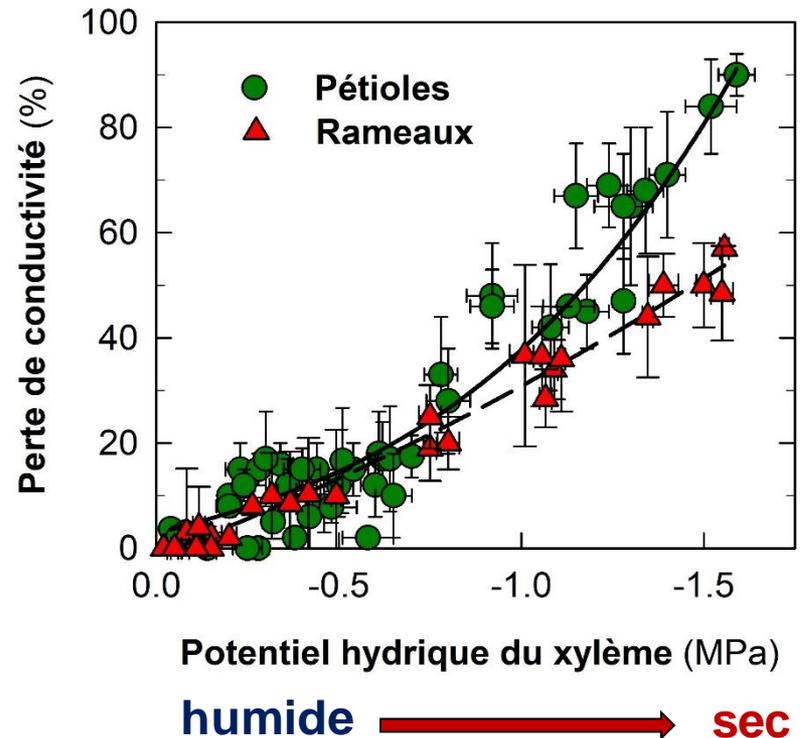
# Perte de conductivité hydraulique due à l'embolie

Chasselas, Suisse



Les organes de la vigne sont différemment sensibles à l'embolie

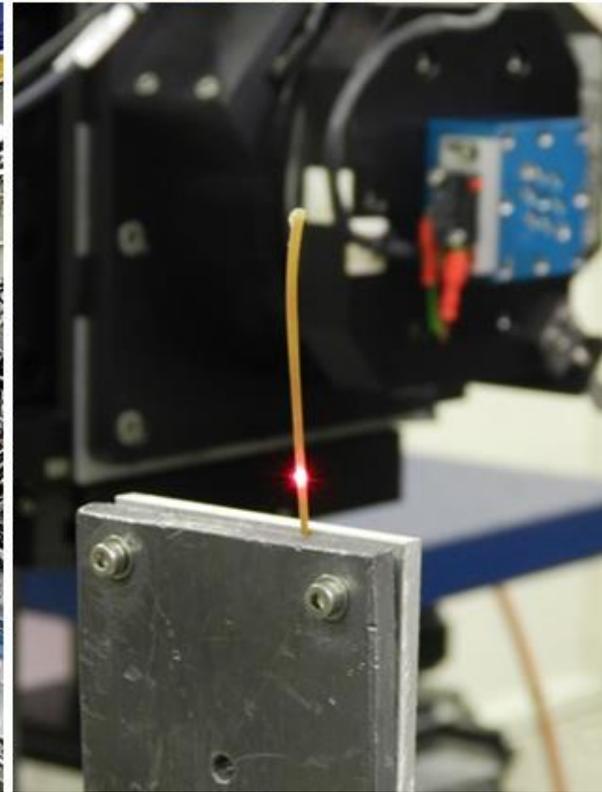
**Pétioles** agissent comme des «**fusibles hydrauliques**» en limitant la transpiration et la propagation de l'embolie dans les grappes ou rameaux





# Synchrotron accélérateur de particules Diamond, Didcot en Angleterre

## Imagerie à rayons X

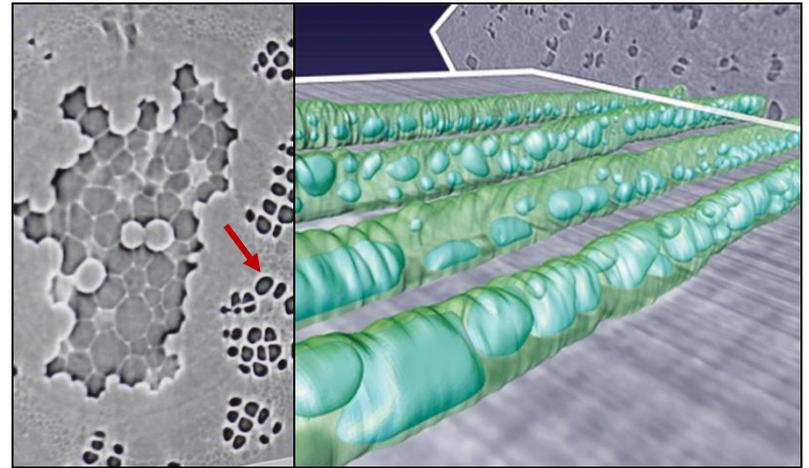
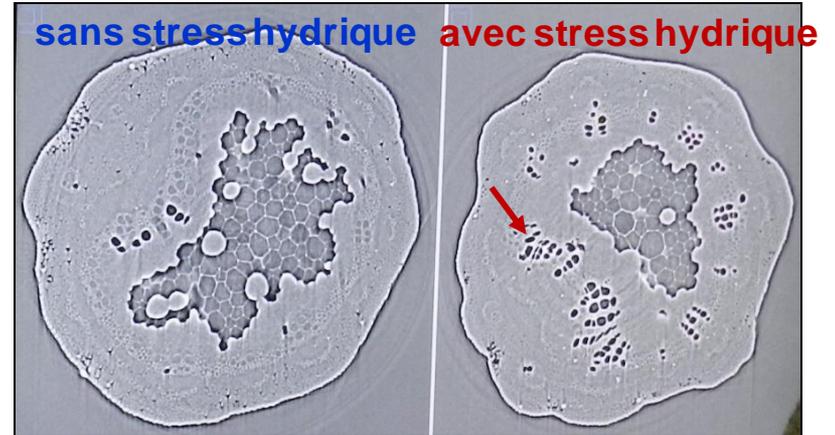
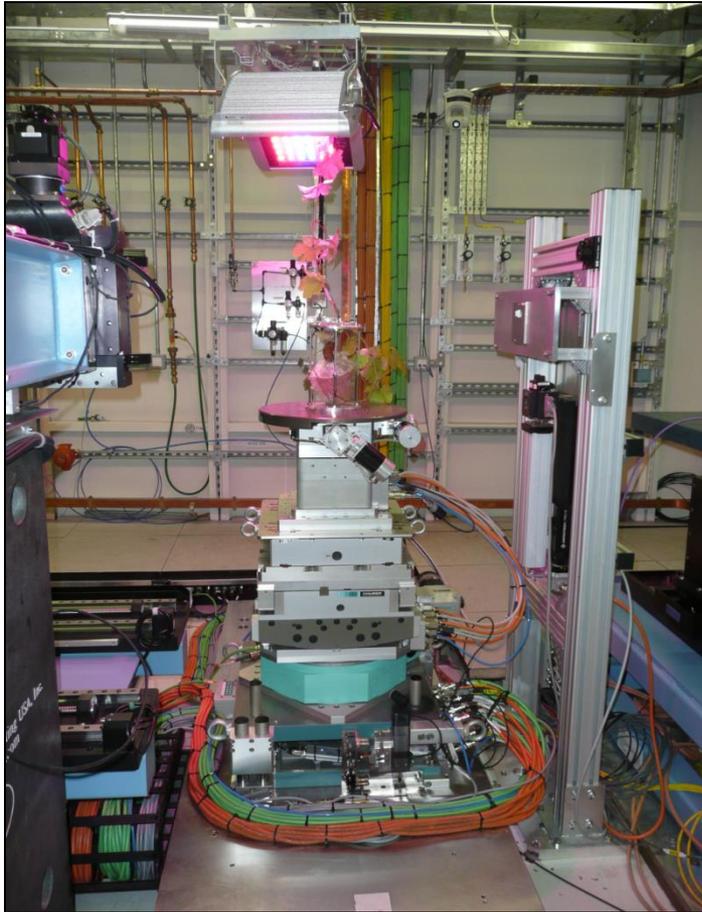




# Formation d'embolie:

## bulles d'air dans les vaisseaux

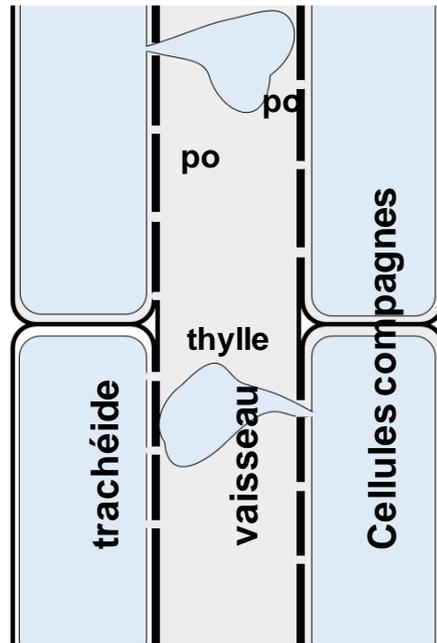
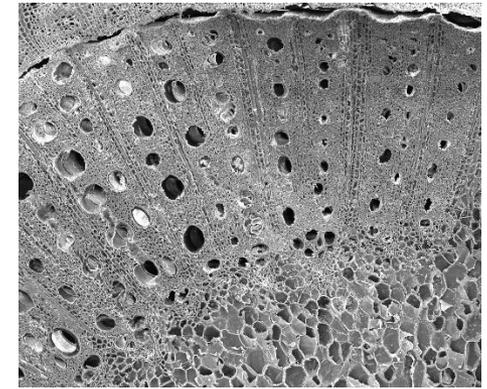
Images en rayons-X des pétioles de feuilles de Chasselas



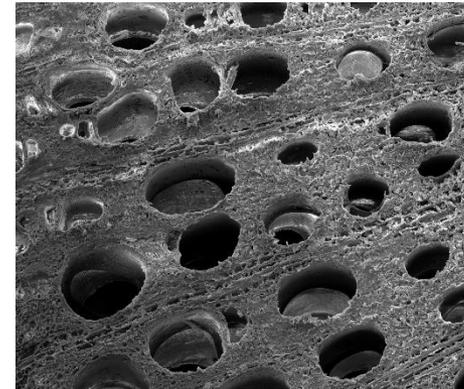


# Perturbations mécaniques des flux de sèves

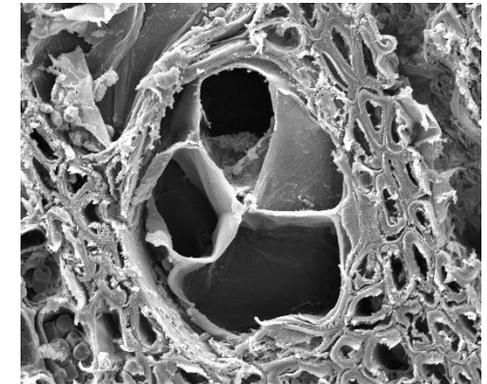
**Accidents physiologiques**  
Thyllose, dépression extrême...



Po = ponctuation



**Thyllose**  
dans les vaisseaux  
de Chasselas

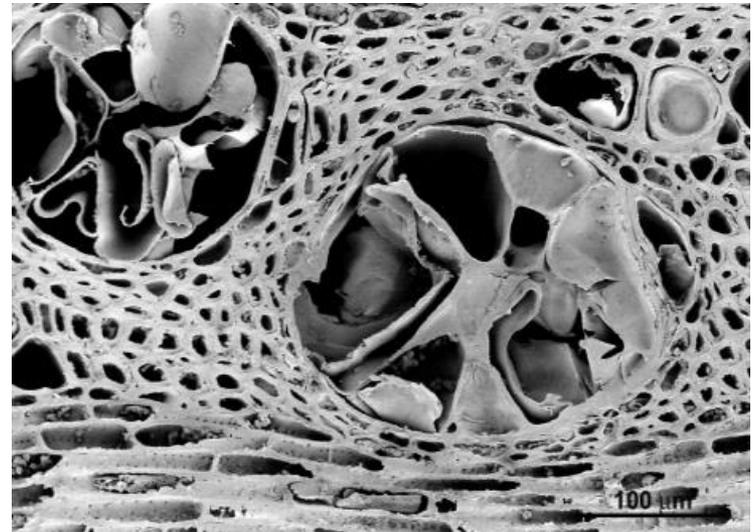




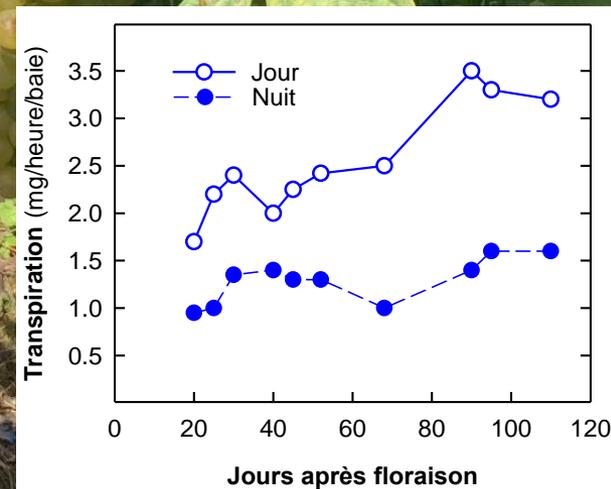
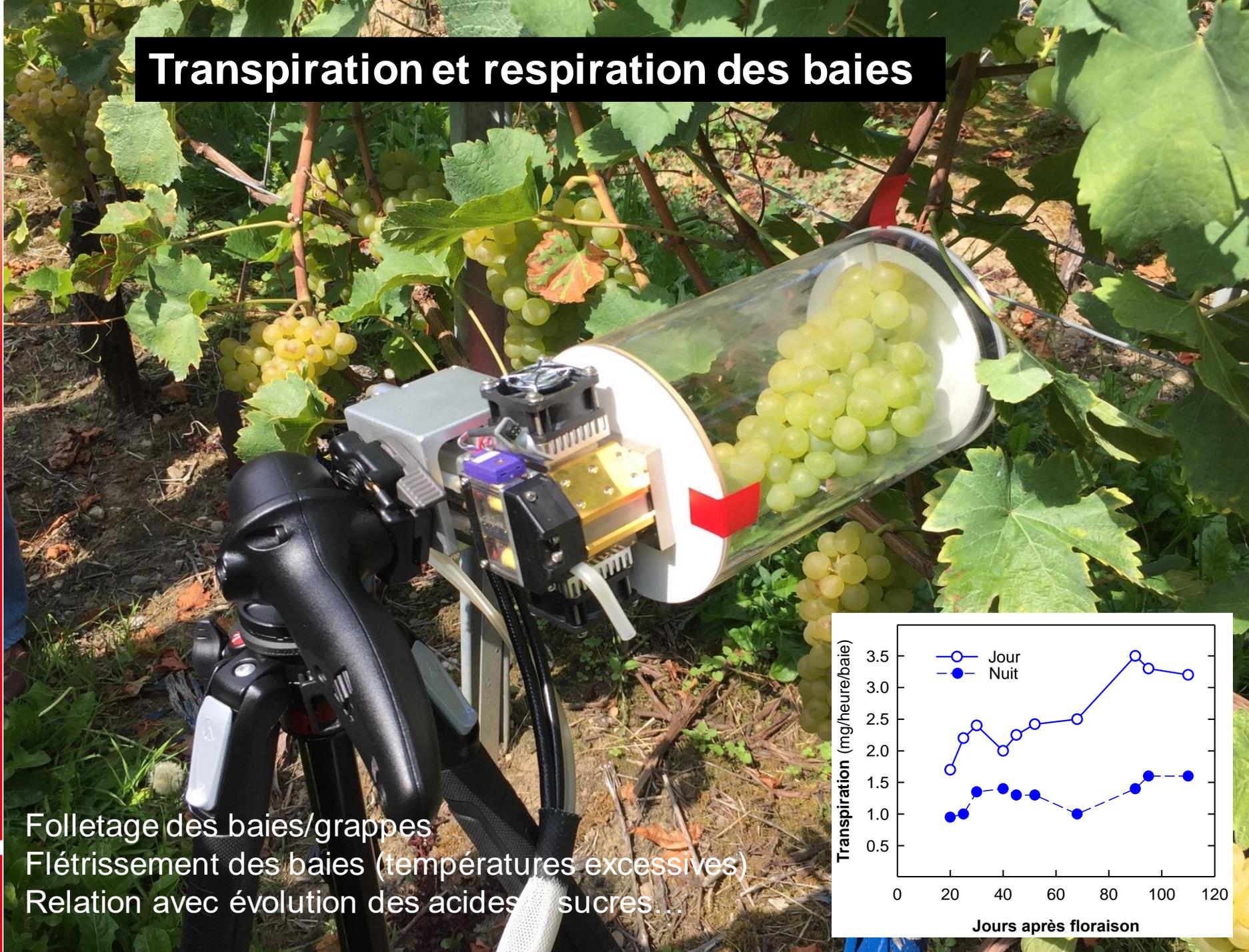
# Mécanismes de protection de la vigne lésions, plaies de taille, écimage...

**Production de substances gommeuses (gels, mucilages...)  
Formation de thylls (thyllose) dans les vaisseaux**

- **Occlusion des vaisseaux**  
par des hernies ou thylls
- **Invagination des membranes**  
de cellules compagnes  
au niveau des ponctuations
- **Phénomène irréversible**  
vaisseaux non fonctionnels



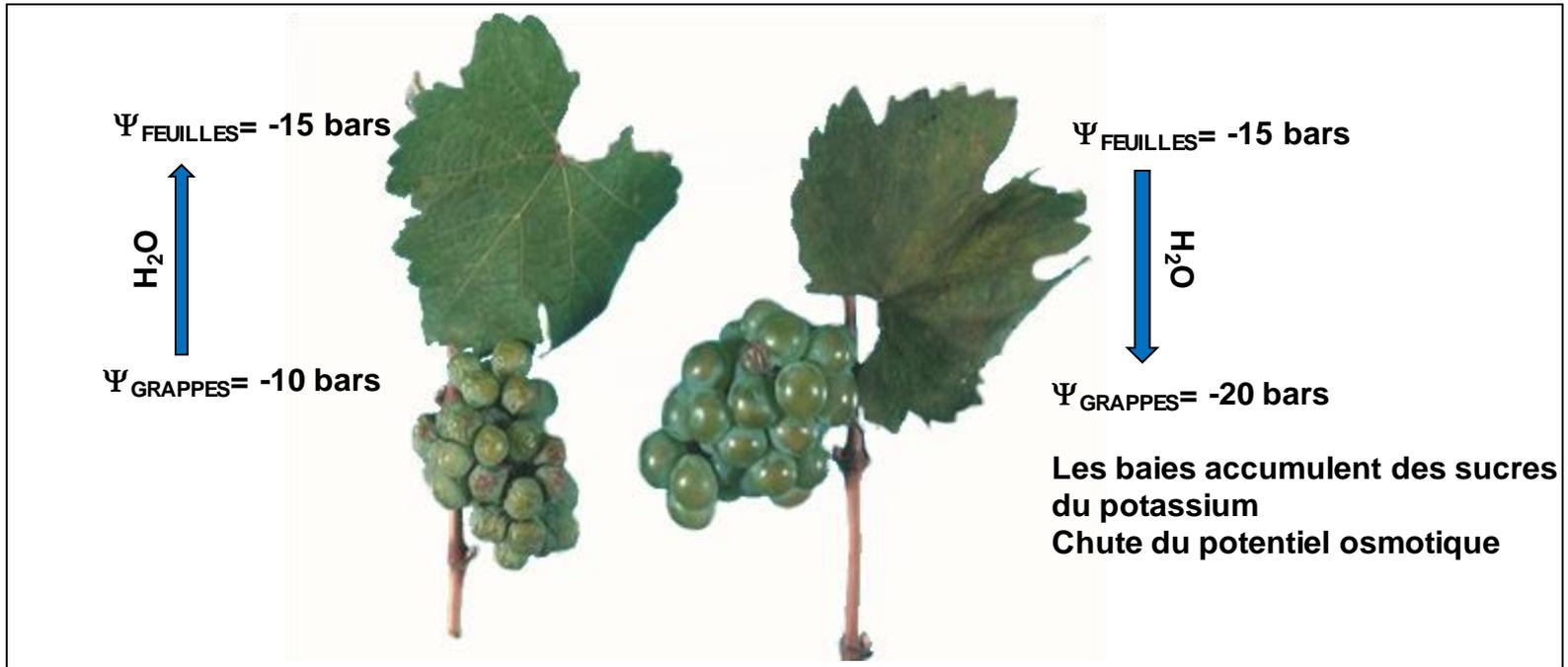
# Transpiration et respiration des baies



Folletage des baies/grappes  
Flétrissement des baies (températures excessives)  
Relation avec évolution des acides / sucres...



# Transit de la sève entre les feuilles et les grappes



## Avant la véraison

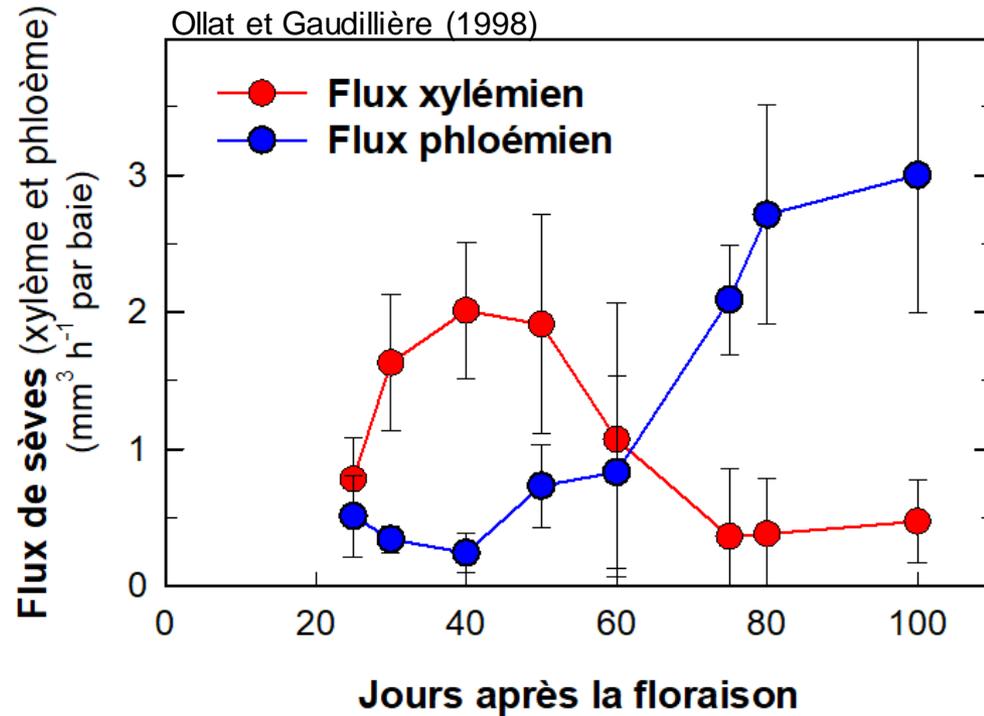
La sève brute transite par le xylème  
La croissance des baies sensible au stress hydrique: **baies bien connectées au xylème**  
Elles peuvent transmettre l'eau aux feuilles

## Après la véraison

La croissance des baies est moins sensible au stress hydrique: **“les baies sont protégées des variations hydriques de la plante”**  
Les baies ne transmettent pas l'eau aux feuilles (l'inverse est possible, pluies en fin de maturation)



# Flux de sèves par le xylème et le phloème vers la baie en cours de saison

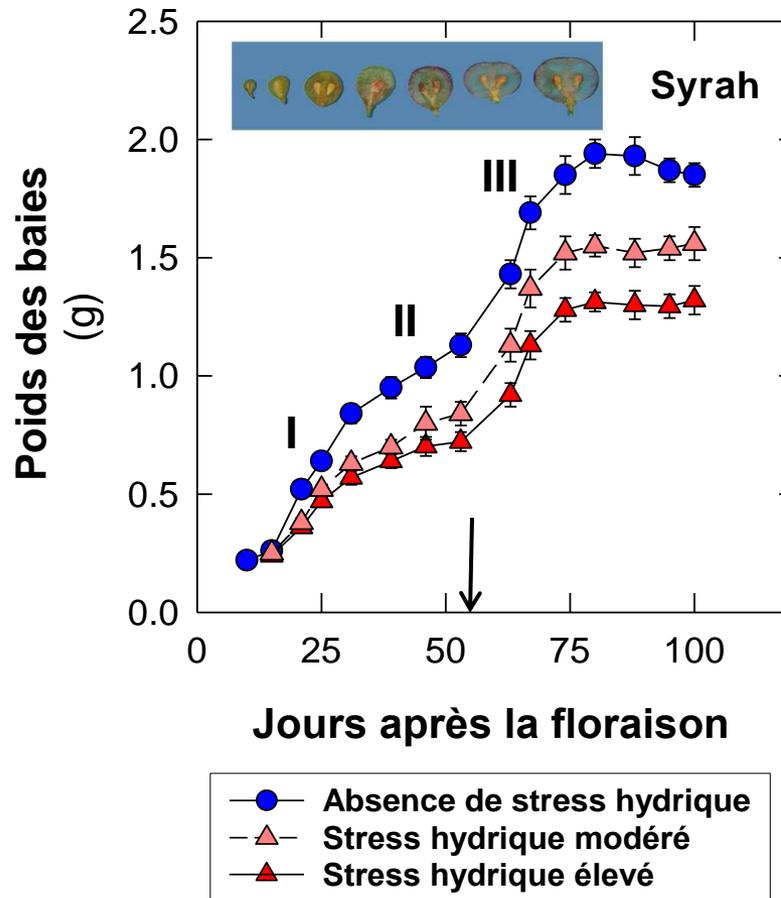


## Après la véraison

La sève brute (eau) transite principalement par le **phloème**  
Résistance au flux dans le **xylème**: Fonctionnement partiel



# Croissance des baies et alimentation en eau



**Phase I: phase de croissance herbacée**  
(5-6 semaines) multiplication cellulaire

**Phase II: phase de ralentissement**  
10-15 jours, peu avant la véraison

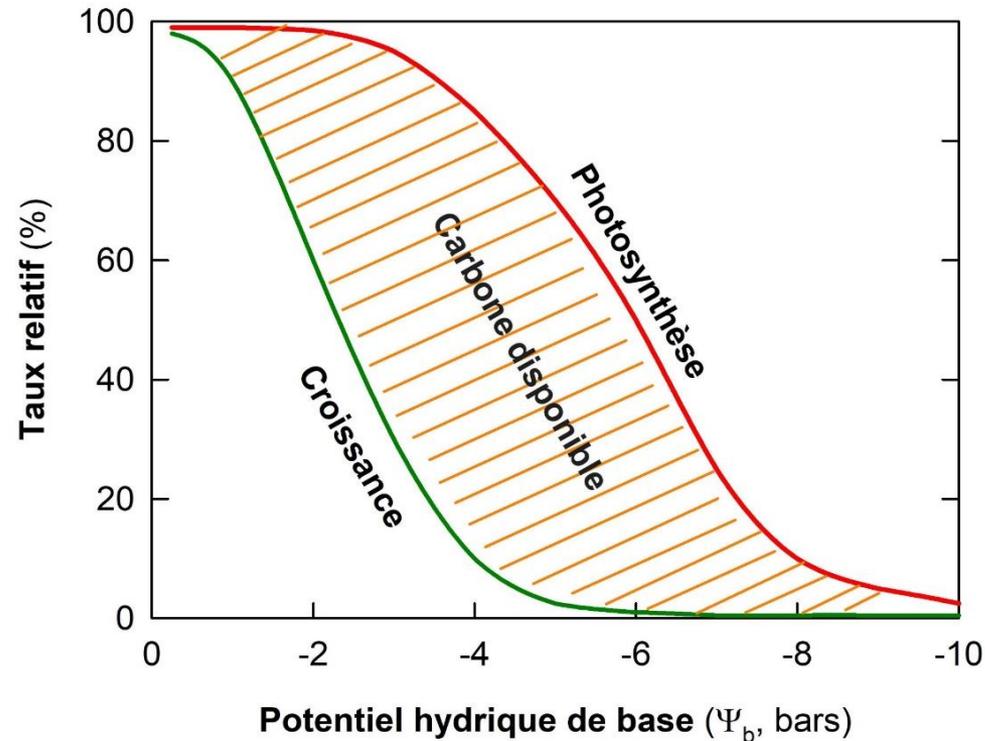
**Phase III: reprise de la croissance**  
(grandissement cellulaire)

*Zufferey et Smart (2004)*



# Notion de contrainte hydrique modérée

Relation entre l'alimentation en eau, la croissance, la photosynthèse et le carbone disponible

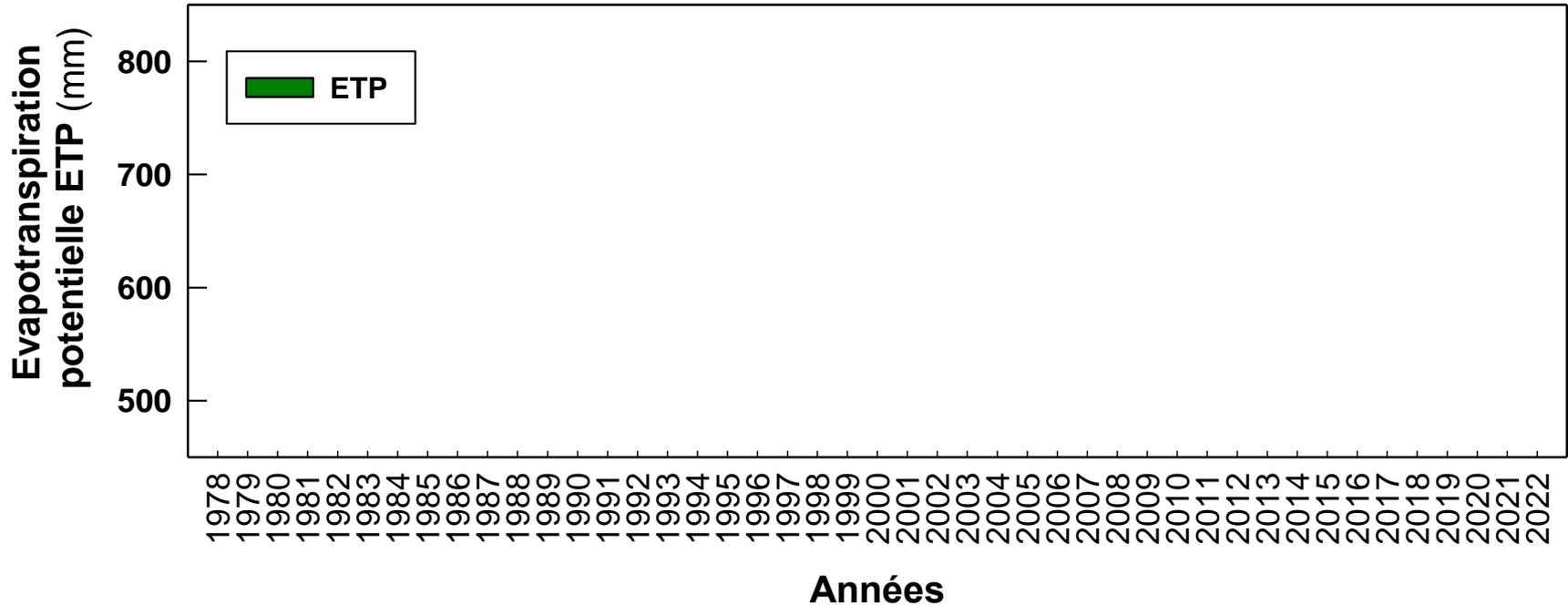


L'intensité, la période et la durée de la contrainte hydrique à considérer

Contrainte faible  Contrainte forte



# Evolution de l'évapotranspiration potentielle (ETP) du 1<sup>er</sup> avril au 30 septembre 1978 à 2022 (données MétéoSuisse, Sion Valais)



**Augmentation l'évapotranspiration**  
**Diminution de la réserve hydrique des sols**  
Disponibilité des minéraux dans le sol ?



# Indicateurs physiologiques

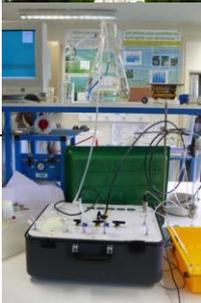
## Estimation de l'état hydrique de la vigne:

Croissance végétative (apex)  
Perte de turgescence des feuilles, des vrilles...  
Jaunissement et chute des feuilles  
Vigueur des rameaux (poids bois de taille)

**Potentiel hydrique des feuilles ( $\Psi$ )**  
Conductance stomatique (gs)  
Flux de sève brute  
Température de la canopée  
Composition isotopique ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ )  
Dendrométrie (diamètre du tronc)  
Modèles de bilan hydrique

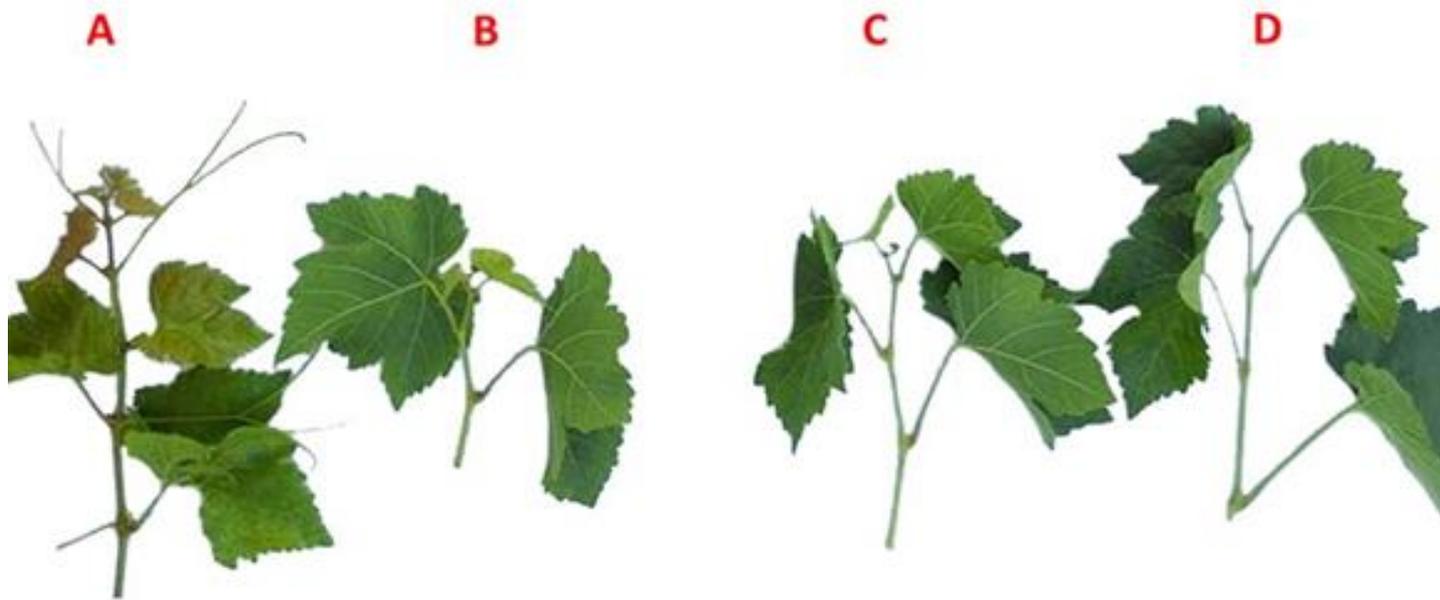
Conductivité hydraulique  
Emissions acoustiques

...





# Arrêt de la croissance végétative (Chasselas)



**A** apex en croissance, jeunes feuilles

**B** arrêt de la croissance

**C** brunissement des apex

**D** chute des apex

aucune contrainte hydrique

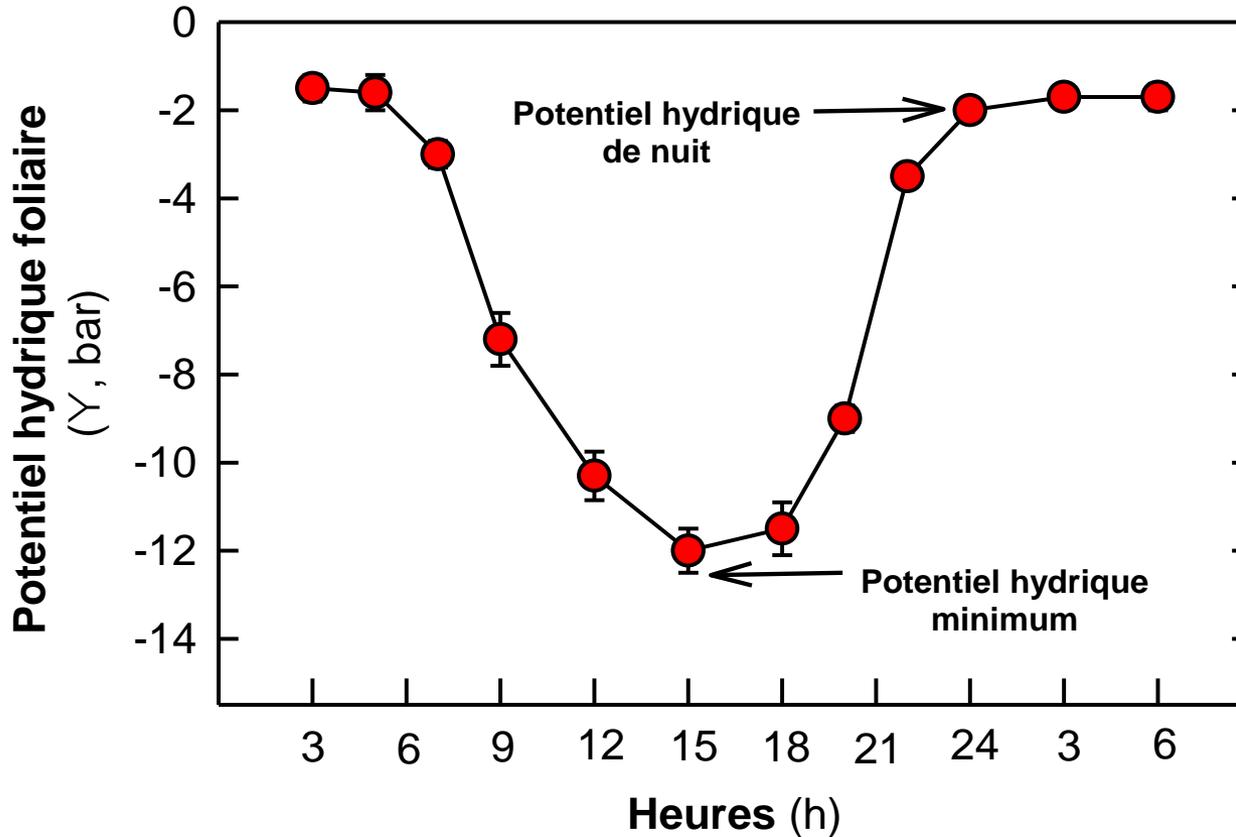
contrainte hydrique faible

contrainte hydrique modérée

Stress hydrique fort et prolongé



# Mesure du potentiel hydrique foliaire ( $\Psi$ ) Chasselas, Changins 2003



Disponibilités  
en eau du sol  
(absence de transpiration)

Disponibilités  
en eau du sol  
+ demande climatique  
(avec transpiration)



# Contrainte hydrique et valeurs du potentiel hydrique foliaire stade **véraison** ( $\Psi$ , bar)



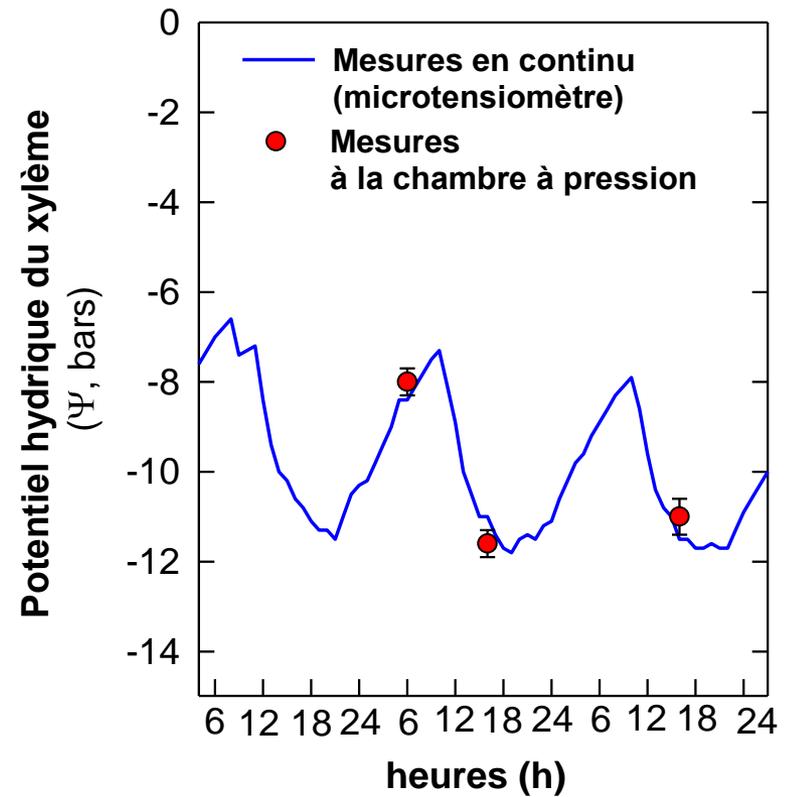
Valeurs en bars	$\Psi$ feuilles (de nuit)	$\Psi$ feuilles ombre (après-midi)
Aucun stress	-0.5 à -1.5	> -7
Stress faible	-1.5 à -3	-7 à -10
Stress modéré	-3 à -5	-10 à -12
Stress fort	-5 à -8	-12 à -15
Stress sévère	< -8	< -15

L'époque et la durée du stress hydrique sont déterminantes



# Potentiel hydrique du système vasculaire

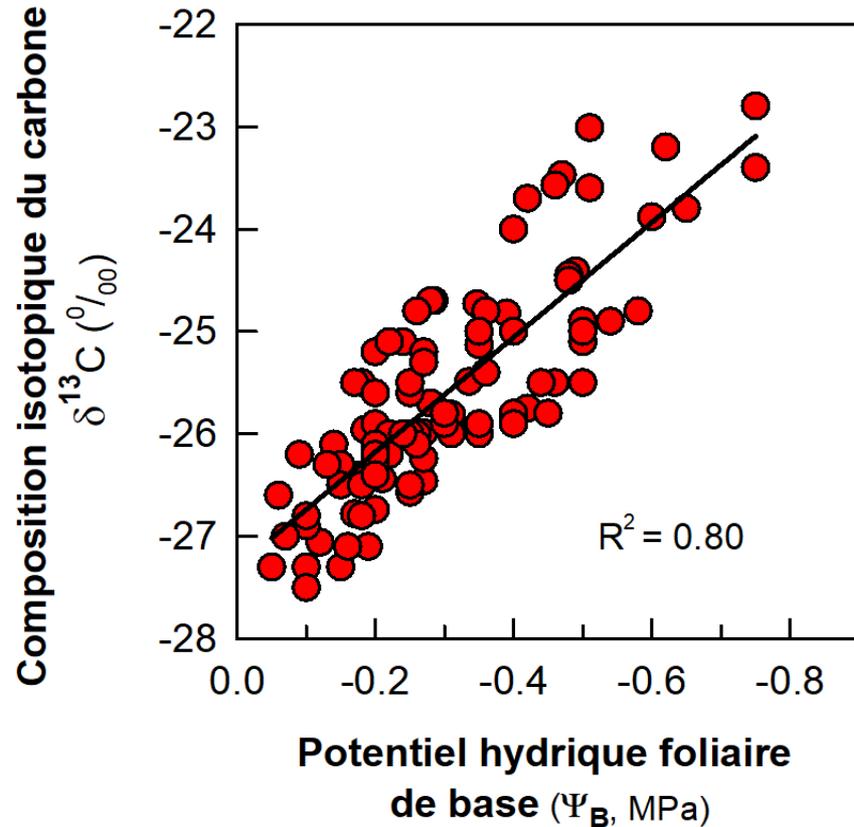
Pinot noir, Leytron août 2022





# Composition isotopique du carbone ( $\delta^{13}\text{C}$ ) dans les moûts et potentiel hydrique foliaire

Chasselas 2003-2012

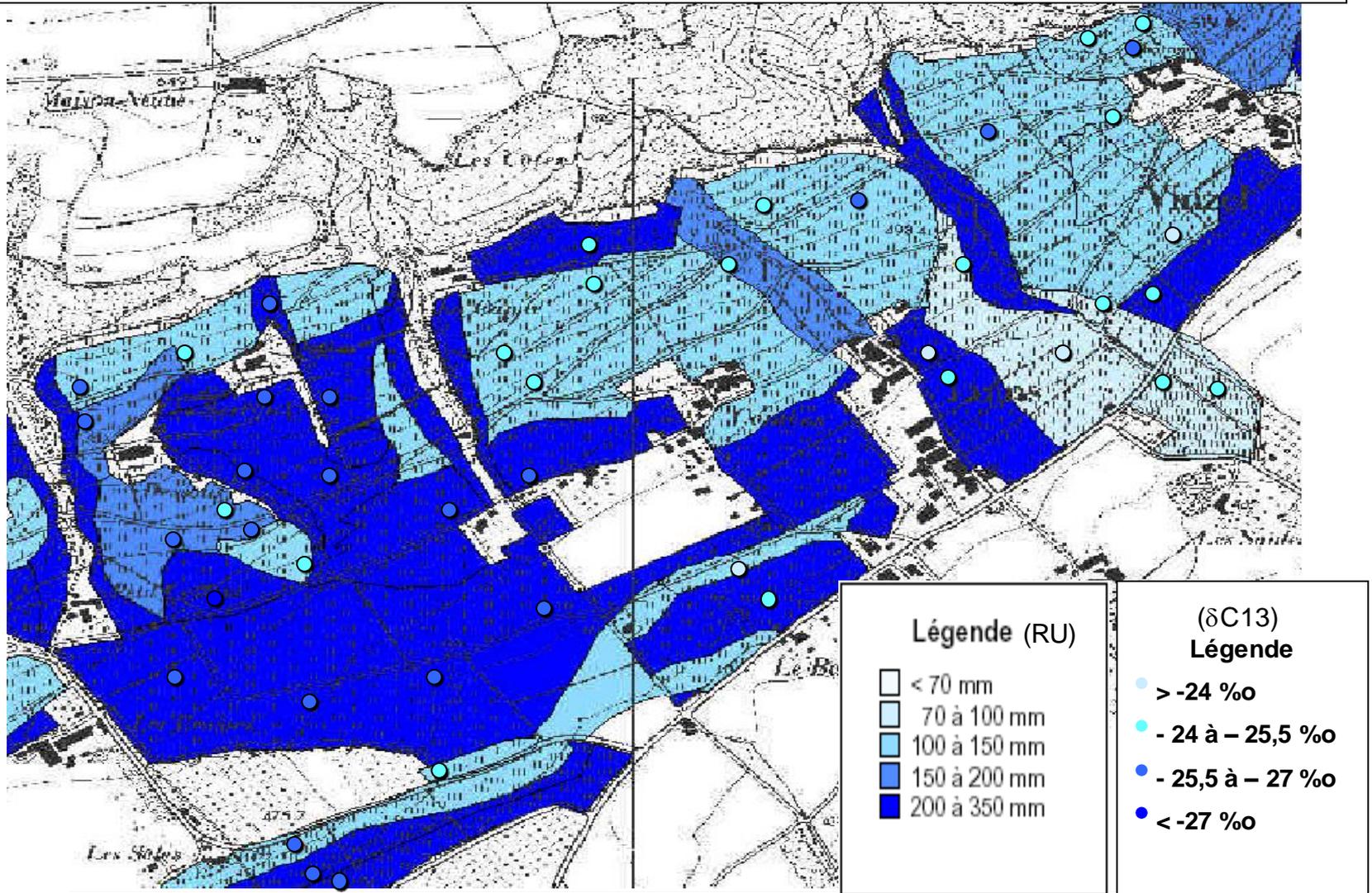


Deux isotopes  $^{13}\text{C}$  et  $^{12}\text{C}$  dans les sucres  
des raisins (rapport  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ )

Stress hydrique:  
Enrichissement en  $^{13}\text{C}$

**Indicateur global de la contrainte hydrique  
durant la phase d'accumulation des sucres**

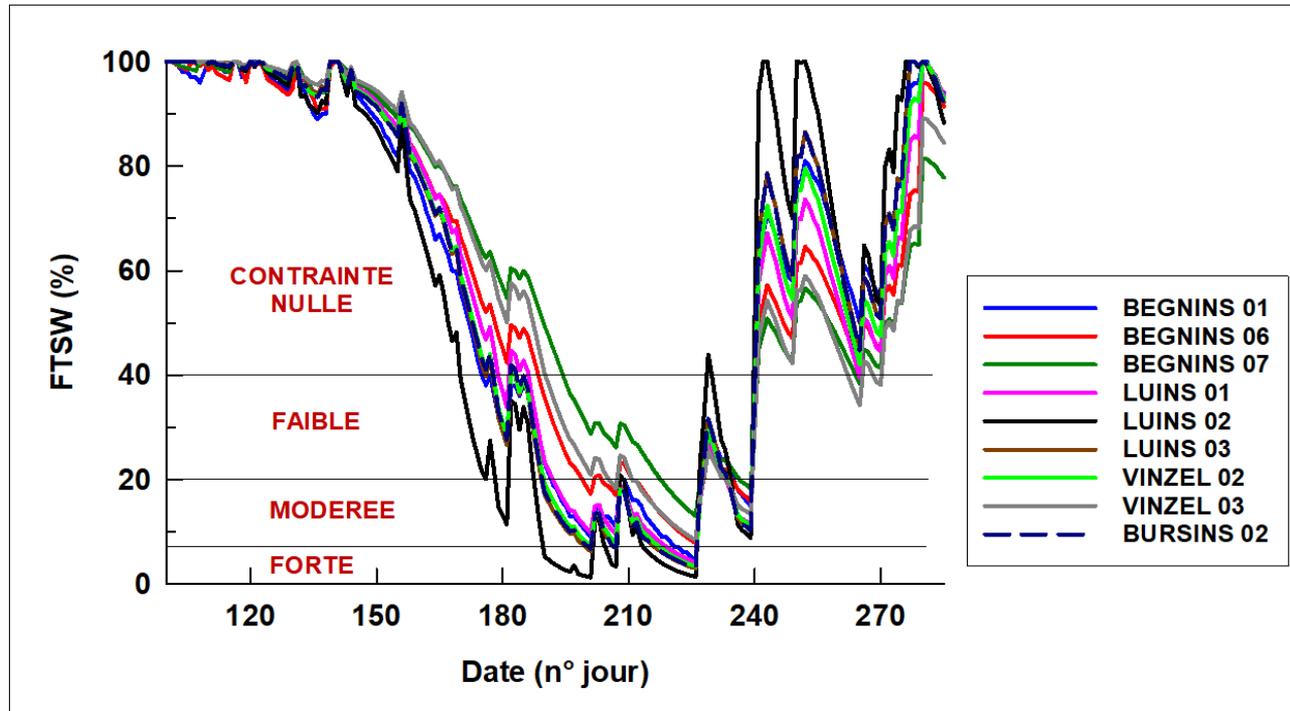
# Composition isotopique du carbone ( $\delta C13$ ) dans le moût à la vendange selon la réserve utile des sols (RU). Chasselas, Begnins, Luins, Vinzel 2005





# Modèles de bilan hydrique (WaLIS)

Fraction d'eau du sol disponible pour la vigne FTSW  
Chasselas Canton de Vaud 2003



**Modèle basé sur:**

- données climatiques
- caractéristiques parcellaires
- gabarit de la végétation
- validation par la plante (potentiel hydrique)

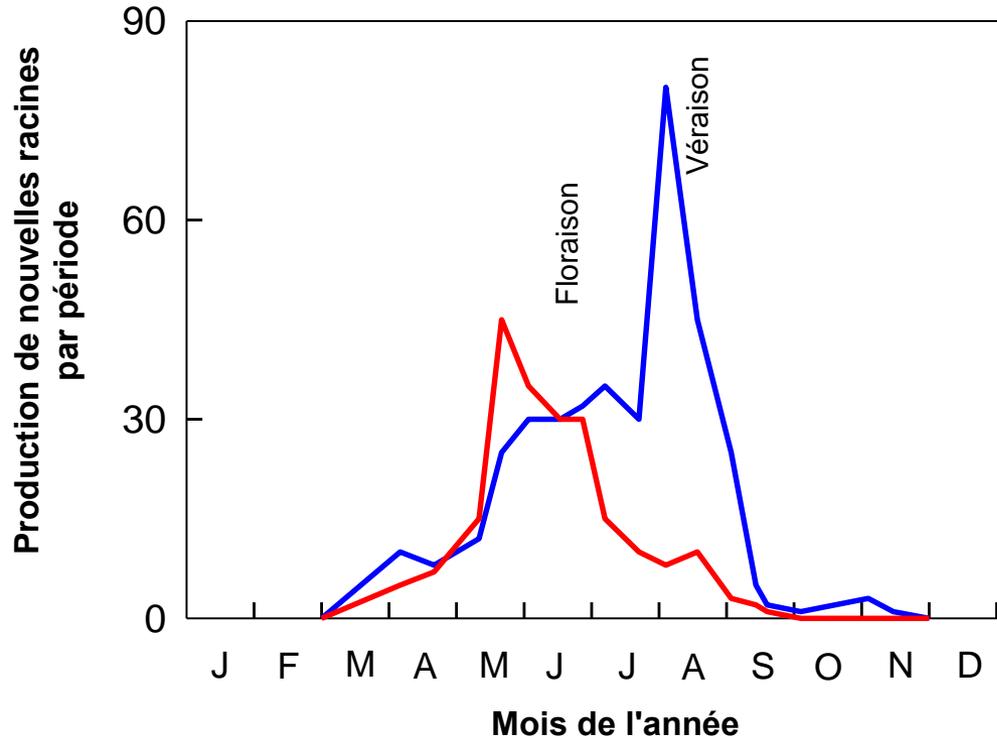
**Suivi de la réserve hydrique du sol en cours de saison**



# Sécheresse et production de nouvelles racinelles

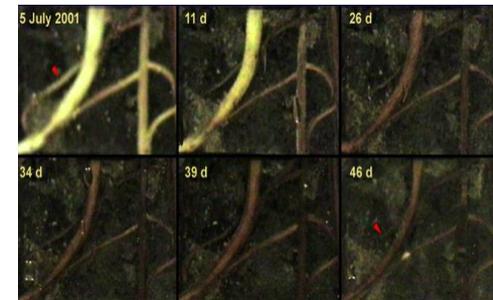
Cépage Concord, Geneva (NY)

Alan Lakso 2005



## Importance des petites racines blanches:

- Prélèvement des éléments minéraux (N, P, K...)
- Production d'hormones en relation avec le stress (ABA...)





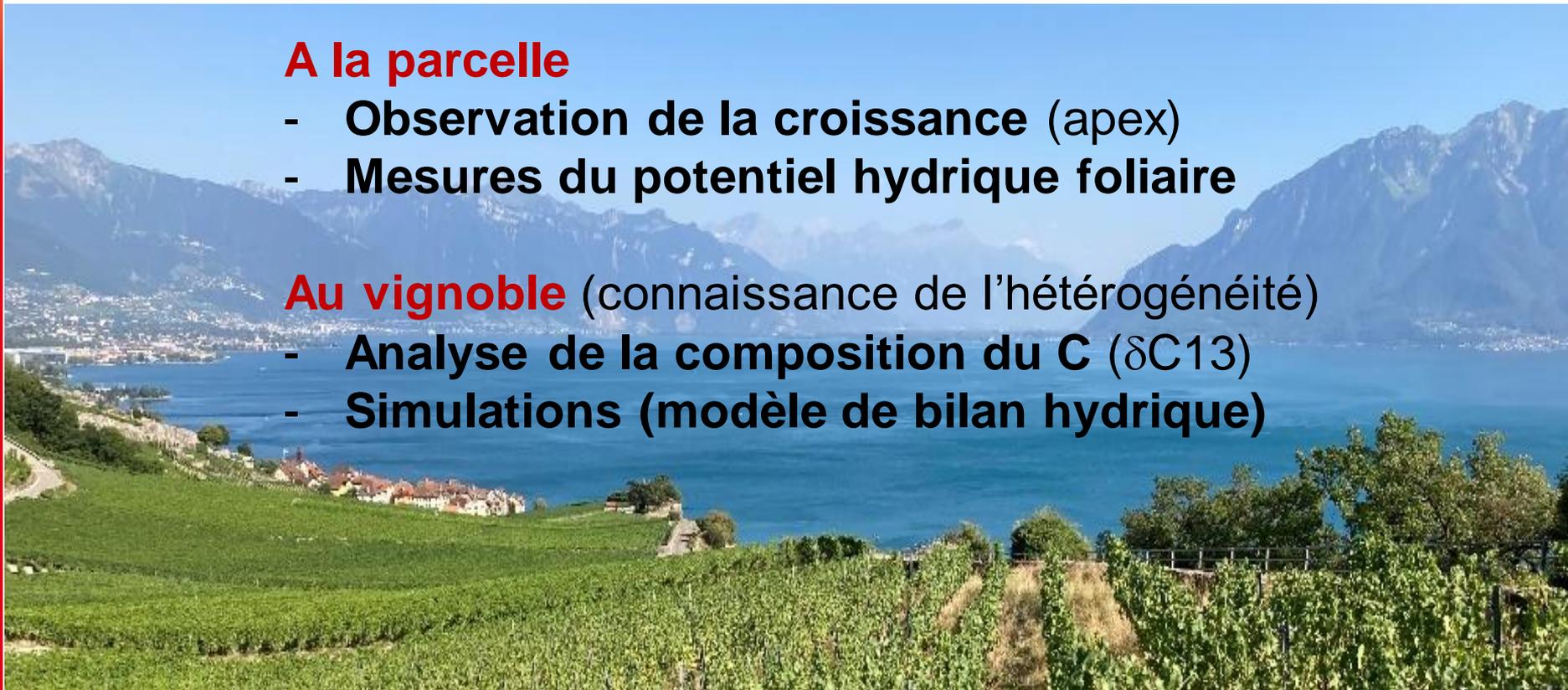
# Nécessité de disposer d'indicateurs pertinents de la contrainte hydrique

## A la parcelle

- Observation de la croissance (apex)
- Mesures du potentiel hydrique foliaire

## Au vignoble (connaissance de l'hétérogénéité)

- Analyse de la composition du C ( $\delta C^{13}$ )
- Simulations (modèle de bilan hydrique)





# Alimentation en eau de la vigne

## Etudes menées à Agroscope



**Indicateurs de la contrainte hydrique**

**Adéquation sol-climat-cépage** (terroir)

**Sensibilité et adaptation des cépages** (cépage/porte-greffe)

**Conduite de la vigne** (rapport feuille-fruit, système de taille...)

**Entretien du sol** (gestion de l'enherbement, composition botanique)

**Accidents physiologiques** (embolies, folletage des grappes...)

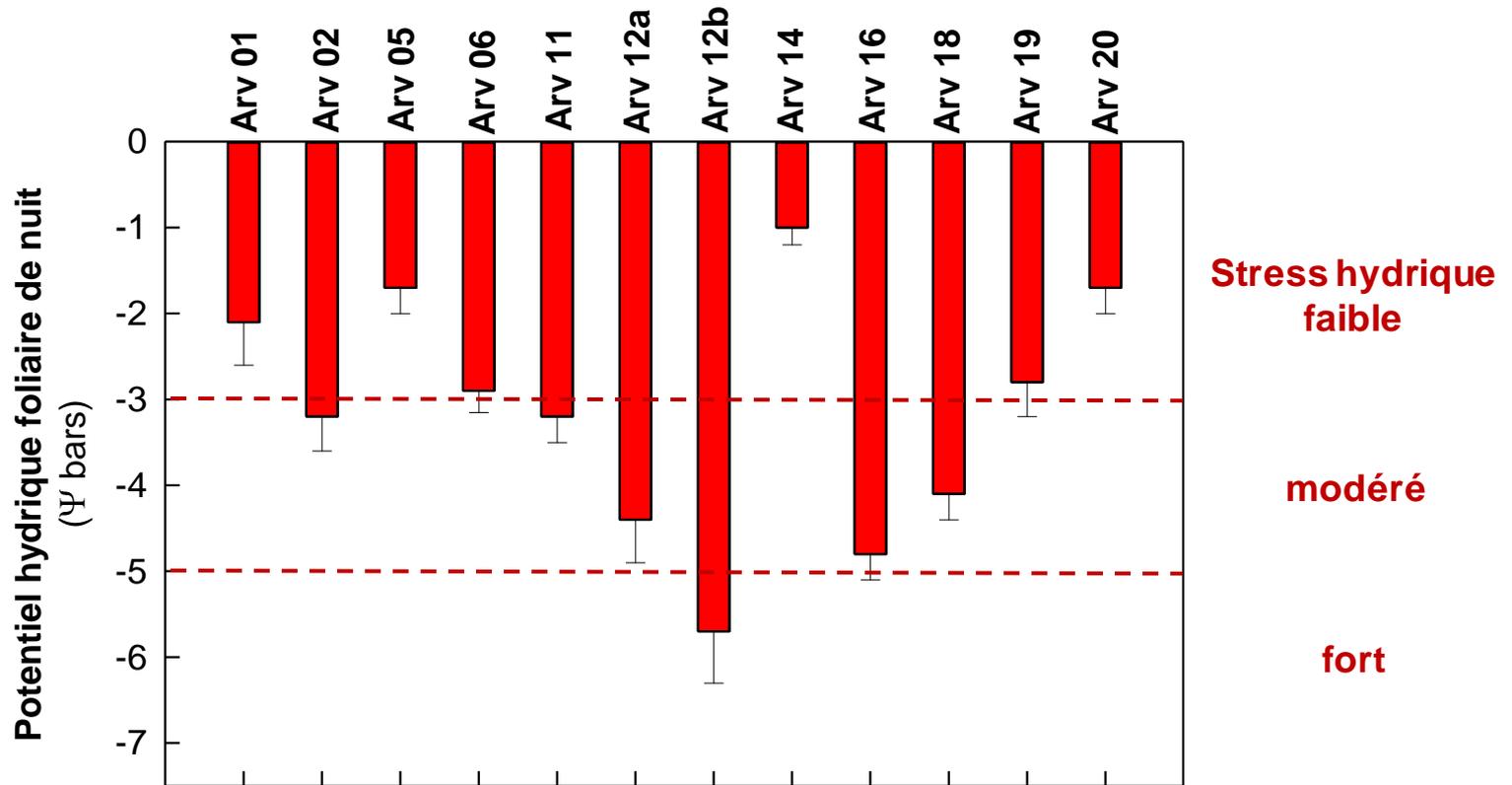
**Qualité des raisins et des vins**

---



# Terroirs et alimentation en eau de la vigne

Potentiel hydrique foliaire: **Arvine**, Fully (01.09.2009)

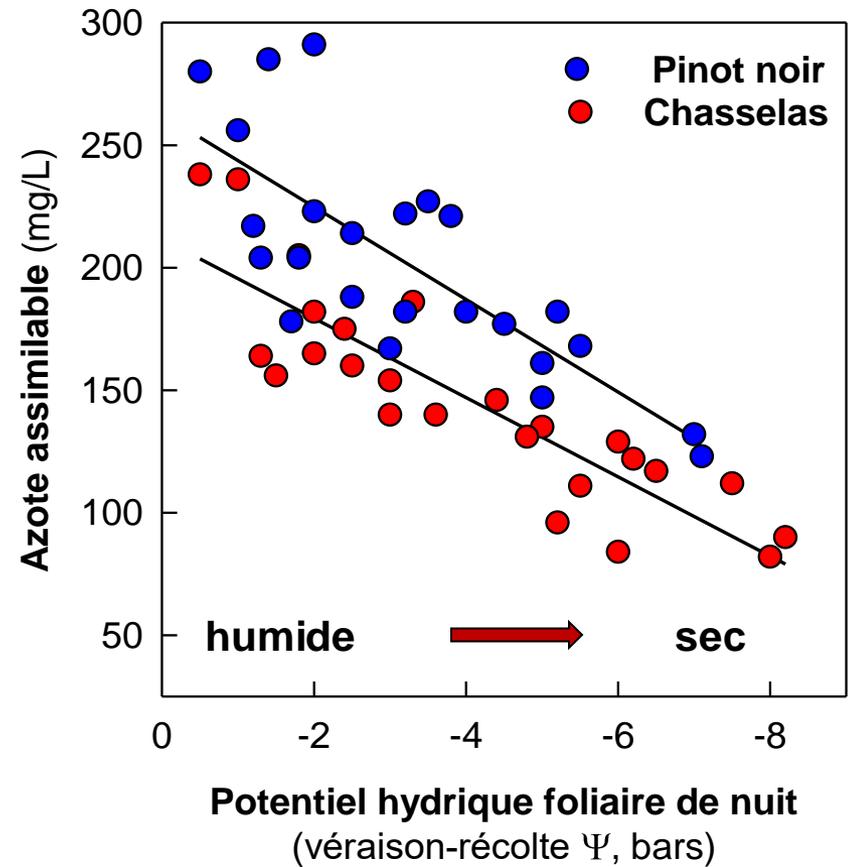
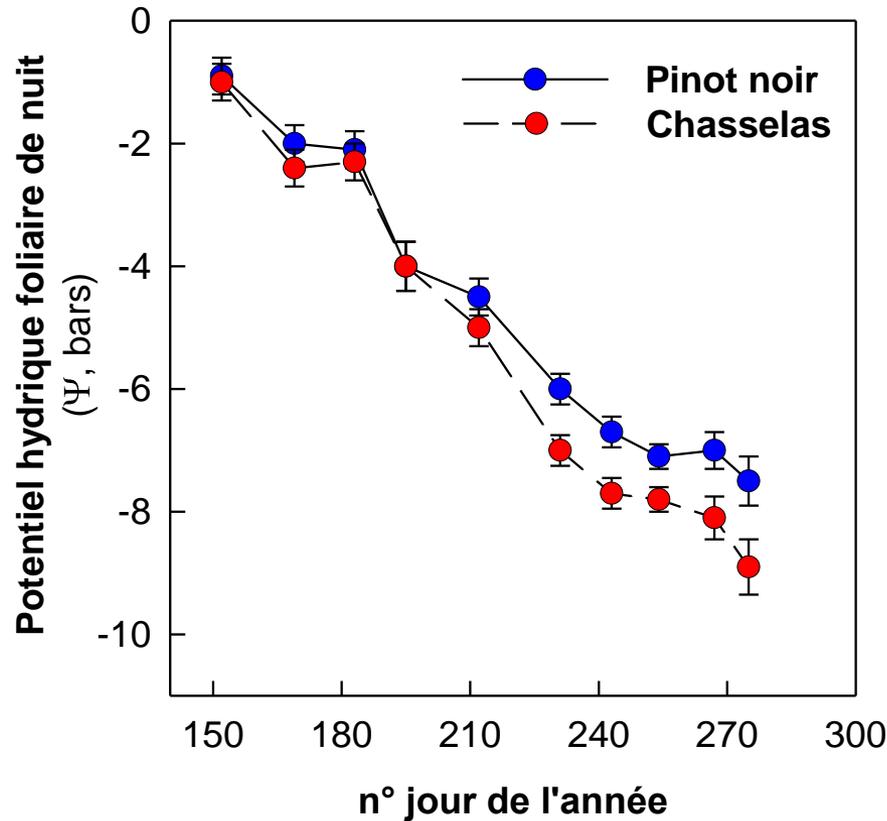




# Sensibilité des cépages à la sécheresse

Potentiel hydrique 2009 et azote assimilable (2009-2018)

Leytron, Pinot noir et Chasselas





# Sensibilité des cépages au stress hydrique



## **Cépages blancs: Chasselas, Arvine, Sylvaner...**

- Chute rapide du potentiel hydrique
- Fermeture des stomates, diminution de la photosynthèse
- Jaunissement et chute des feuilles, stratégie d'évitement
- Perte de typicité du bouquet, astringence, amertume en bouche

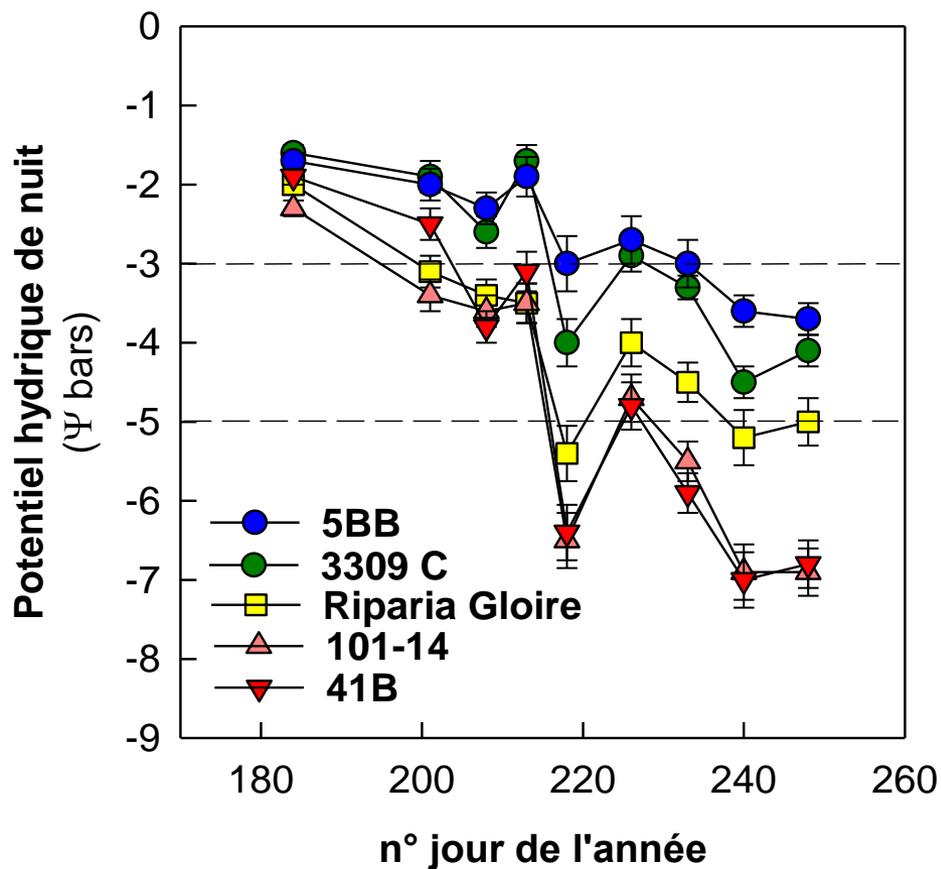
## **Cépages rouges: Pinot noir, Gamay, Humagne rouge...**

- Stratégie de tolérance
- Fermeture progressive des stomates, photosynthèse maintenue
- Contrainte modérée très favorable (composés phénoliques, anthocyanes)
- Si stress très fort: tanins durs et astringents



# Sensibilité des porte-greffes à la sécheresse

## Pinot noir, Leytron 2017



# Porte-greffes (PG) et résistance à la sécheresse

<b>Elevée</b>	5 BB, Fercal
<b>Moyenne</b>	161- 49, 3309C (vigueur conférée)
<b>Faible</b>	Riparia Gloire, 101-14, 41B, 420A



Spring *et al.*, 2012, 2016, 2019

## Essais en cours et en développement

<b>Tests de porte-greffes:</b>	<b>1103P, 110 Richter, 140 Ruggieri, M1, M4 ...</b>
Avec différents cépages:	Chasselas, Arvine, Cornalin, Gamaret et Merlot
Différents terroirs Agroscope:	Changins, Pully, Leytron, Cugnasco

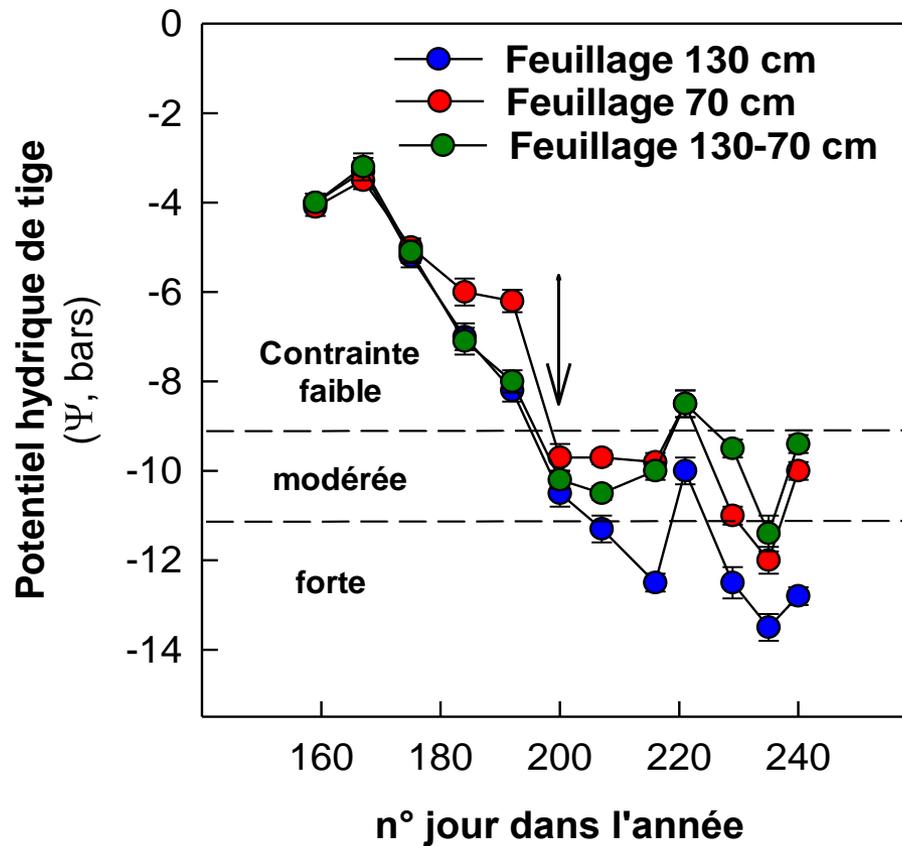
**PROJET: Terroirs vaudois et PG «résistants»  
(1103P, 110R, 140 Ruggieri) en comparaison 3309C**

---



# Hauteur de la haie foliaire et statut hydrique

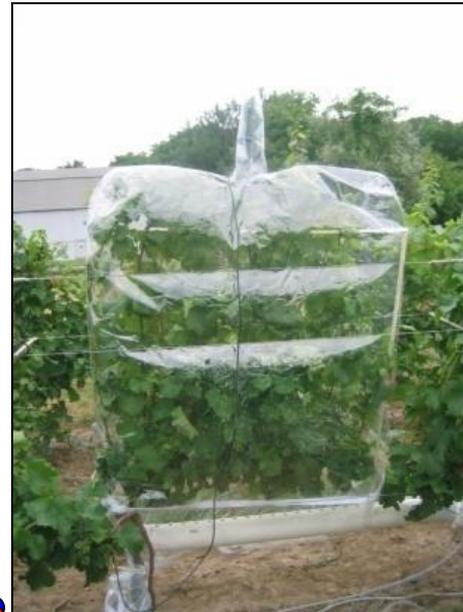
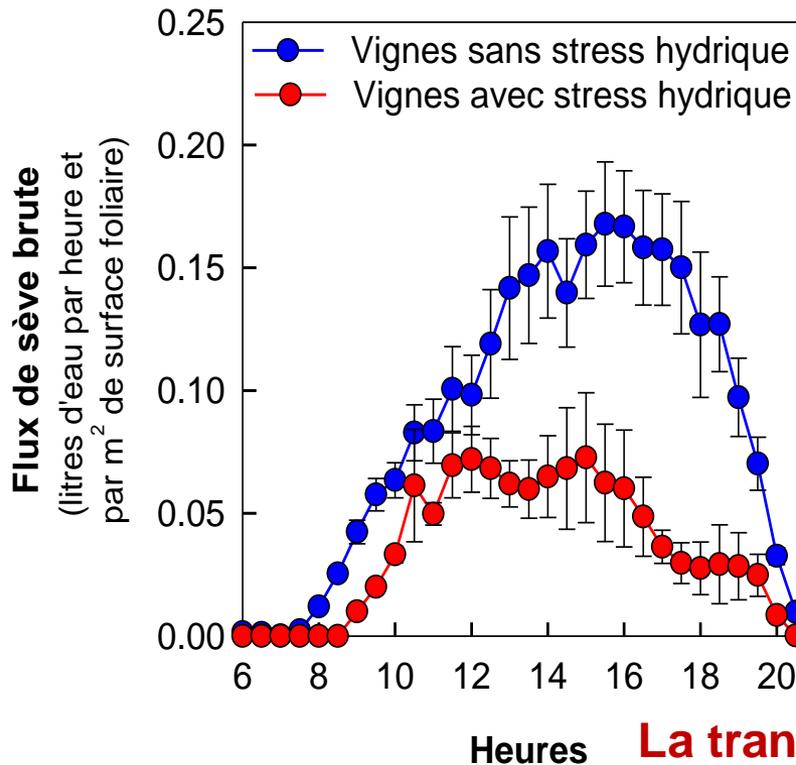
## Pinot noir, Leytron 2018





## Hauteur de feuillage et surface foliaire exposée élevée

→ consommation plus rapide de la réserve hydrique du sol  
par transpiration plus importante des souches

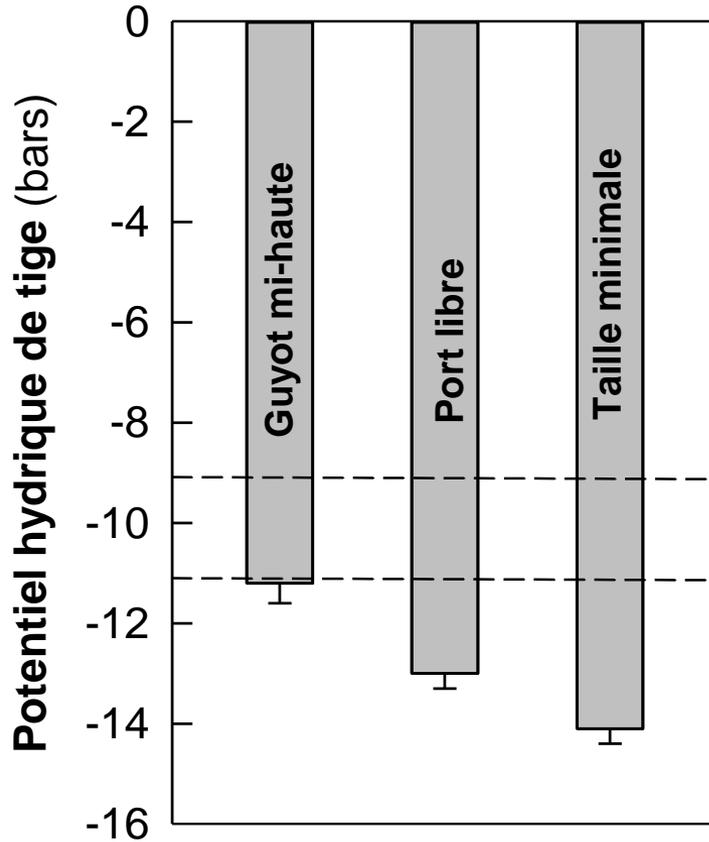


**La transpiration du couvert: 2-3 litres par jour  
et par m<sup>2</sup> de surface foliaire exposée**



# Systemes de conduite et statut hydrique

Divico, Pully août 2018





# Entretien des sols

- **Défis importants**
  - **Diminution des intrants** (herbicides, fumure...)
  - **Préservation des ressources naturelles** (eau...)
  - **Biodiversité, durabilité ...**
  - **Vignobles peu ou pas mécanisables**  
(forte pente, densité élevée ...)
  - **Gestion entre les lignes et sous les ceps**
  - **Climat chaud et sec, sols avec une faible réserve en eau** (concurrence hydro-azotée...)
  - ...





# A la recherche d'un enherbement peu concurrentiel

- **Essais d'enherbement des vignes menés à Agroscope**
  - Couverts végétaux du commerce (*Lenta, Schweizer...*)
  - Brome des toits, orge des rats, trèfle souterrain...
  - Couverts végétaux à faible croissance  
(collaboration Hepia-Agroscope-Changins)
  - Enherbement spontané



# Domaine de Leytron

## Essai d'enherbement interligne et intercep

### Cépages:

Chasselas, Arvine, Sylvaner

Pinot, Gamay, Humagne rouge, Diolinoir

### Variantes:

**Sol nu irrigué**

**Sol nu non irrigué**

**Mélange MCS4\* irrigué**

**Mélange MCS4 non irrigué**

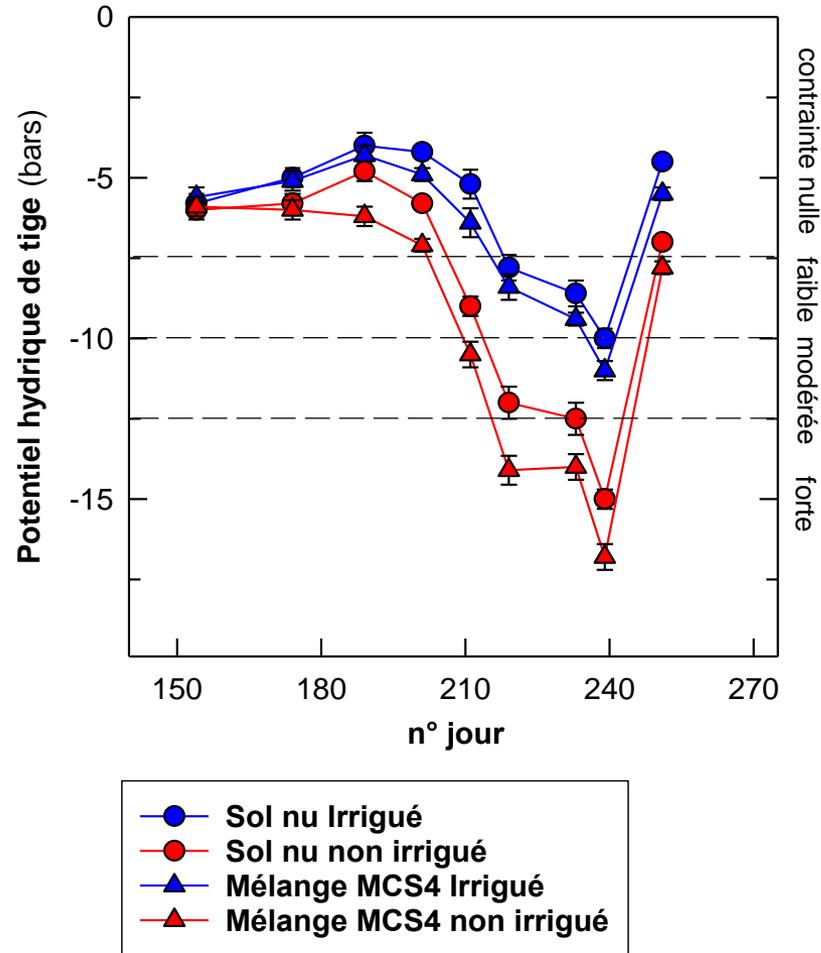
*\* brome des toits, lotier corniculé, luzerne lupuline, pâturin comprimé, brunelle commune, pimprenelle*





# Entretien du sol et régime hydrique

## Leytron, Chasselas 2020





# Entretien du sol et irrigation

## Résultats viticoles

### Leytron, Chasselas 2020

	Rdt (kg/m <sup>2</sup> )	Sucres (°Oe)	Acidité totale (g/l)	Azote assimilable (mg/l) 2020	Azote assimilable (mg/l) 2021
<b>Sol nu irrigué</b>	1.1	78	5.0	141	201
<b>Sol nu non irrigué</b>	1.0	81	4.6	122	182
<b>Mélange MCS4 irrigué</b>	1.1	80	4.6	82	78
<b>Mélange MCS4 non irrigué</b>	0.9	82	4.1	65	71

#### Azote assimilable:

valeur optimale 200 mg/l

carence modérée 140 – 200 mg/l

carence forte < 140 mg/l



# Entretien du sol et irrigation

## Dégustation

Leytron, Chasselas 2020

	Qualité - finesse	équilibre	amertume	Impression générale
Sol nu irrigué	4.1	4.3	2.3	<b>4.1</b> a
Sol nu non irrigué	4.1	4.2	2.6	<b>3.9</b> ab
Mélange MCS4 irrigué	3.8	4.3	2.8	<b>3.7</b> ab
Mélange MCS4 non irrigué	3.8	4.2	3.0	<b>3.5</b> b

Notation de 1 à 7 (1= faible, 7 = élevé)



# Domaine expérimental de Leytron

## Essais d'irrigation

(2009-2015)

**Chasselas**, **Arvine**, Sylvaner  
**Pinot noir**, Gamay  
Humagne rouge, Diolinoir



### Différents régimes en eau

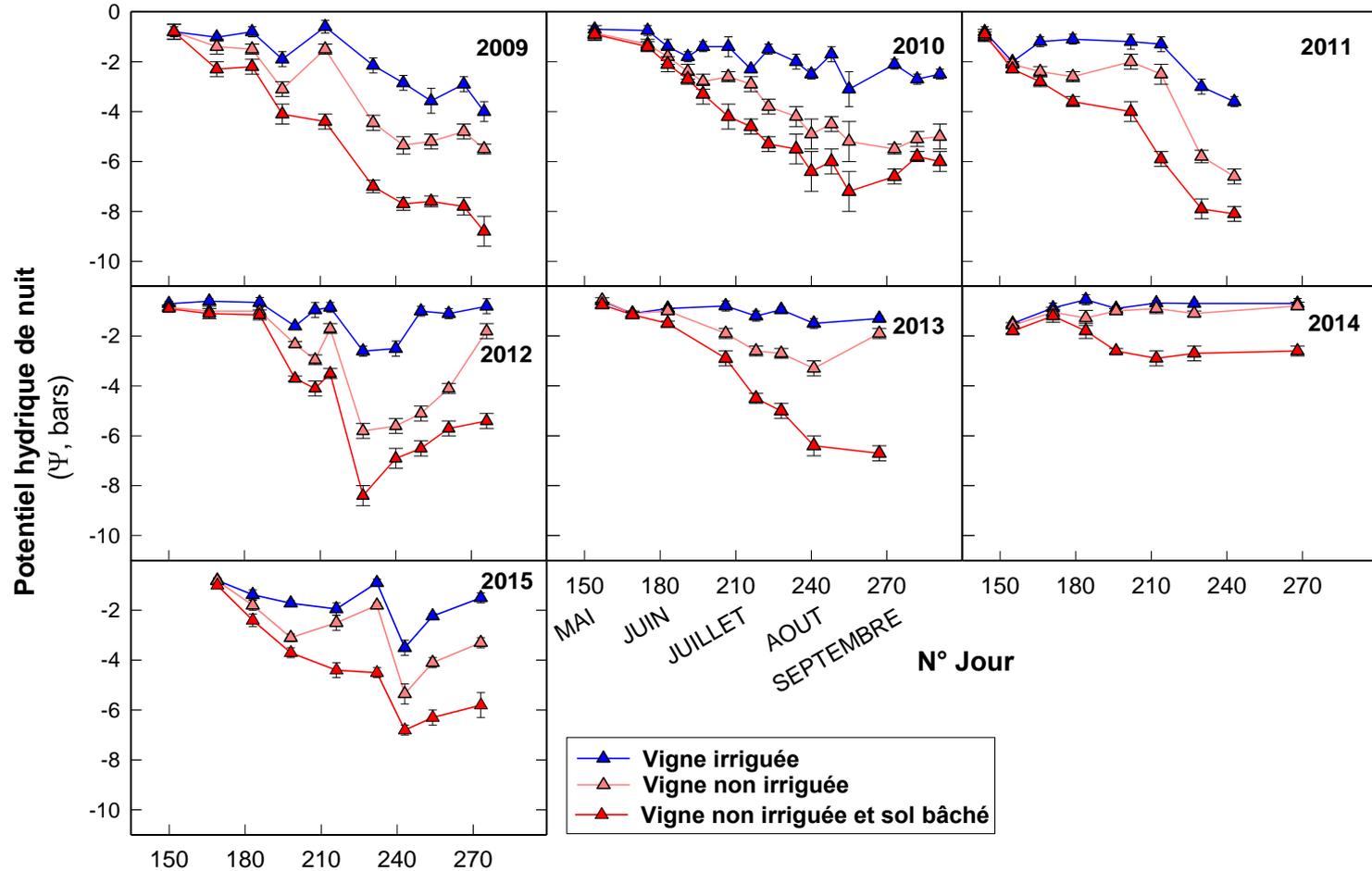
- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| <b>1 – Vigne irriguée (floraison-véraison):</b> | <b>aucune contrainte</b>          |
| <b>2 – Vigne non irriguée:</b>                  | <b>contrainte modérée</b>         |
| <b>3 – Vigne non irriguée et sol bâché:</b>     | <b>contrainte modérée à forte</b> |

Goutte à goutte, 1x par semaine (9L/m<sup>2</sup>)



# Evolutions saisonnières du potentiel hydrique en relation avec le niveau d'irrigation

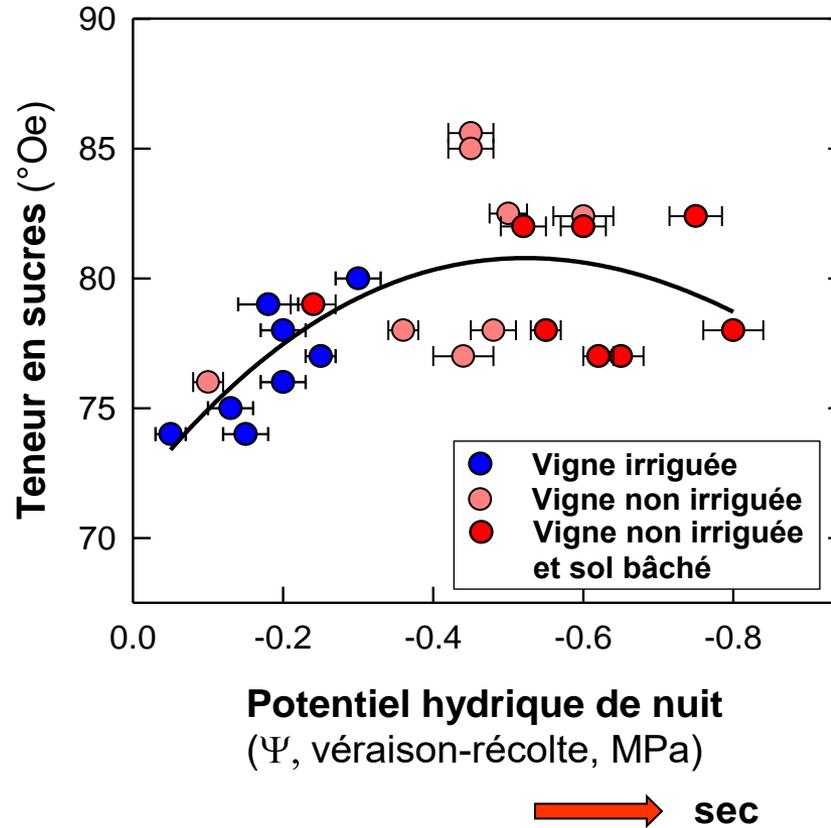
Leytron, **Chasselas 2009-2015**





# Alimentation en eau de la vigne et teneur en sucres des moûts

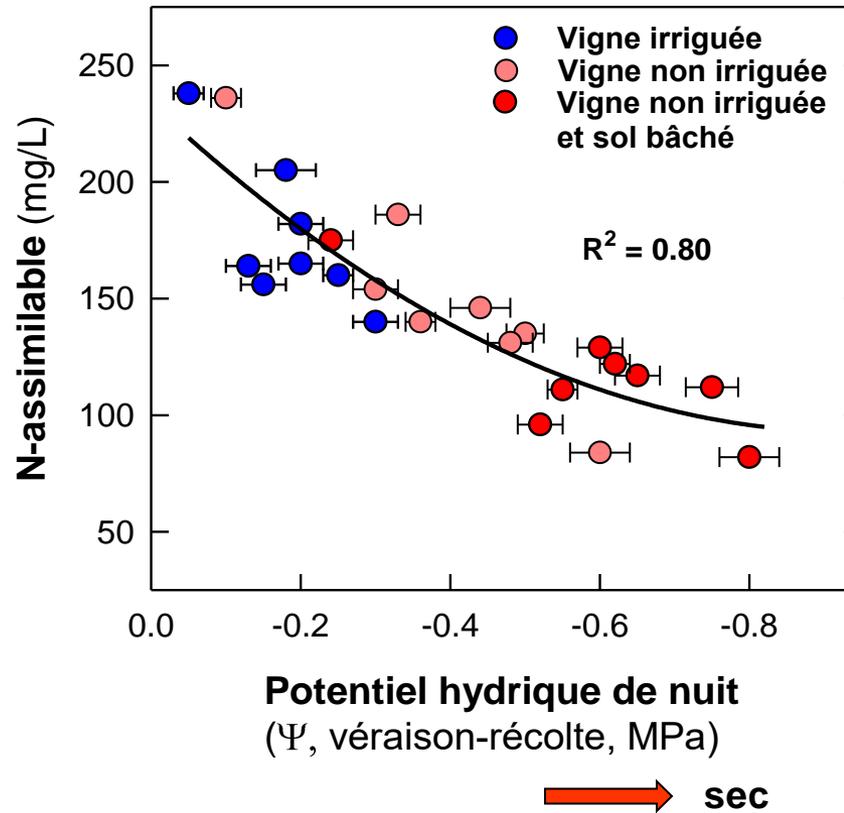
Chasselas, Leytron 2009-2016





# Alimentation en eau de la vigne et azote assimilable des moûts

Chasselas, Leytron 2009-2016

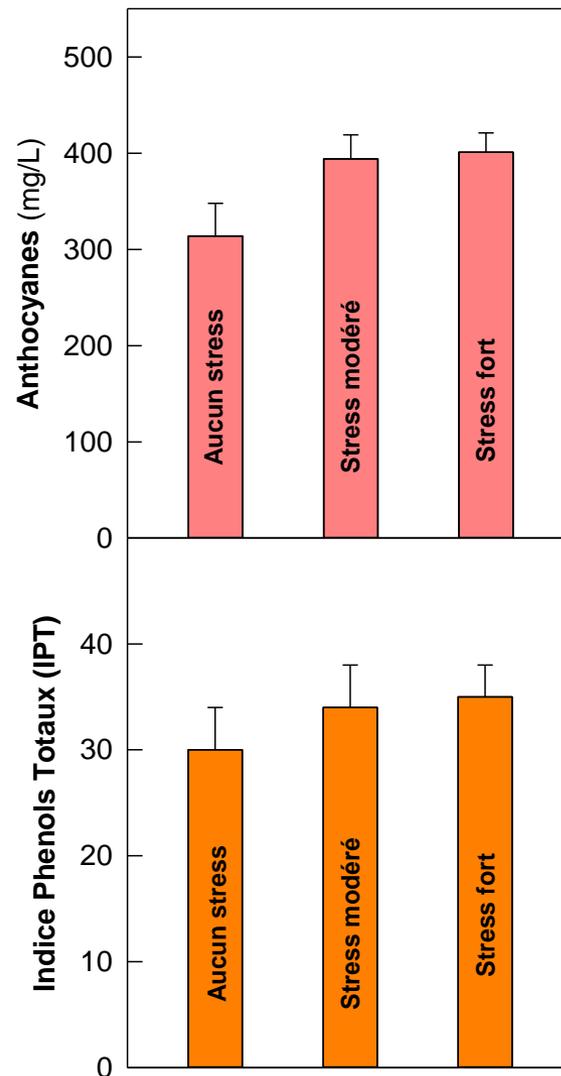




# Anthocyanes et phénols totaux dans les vins

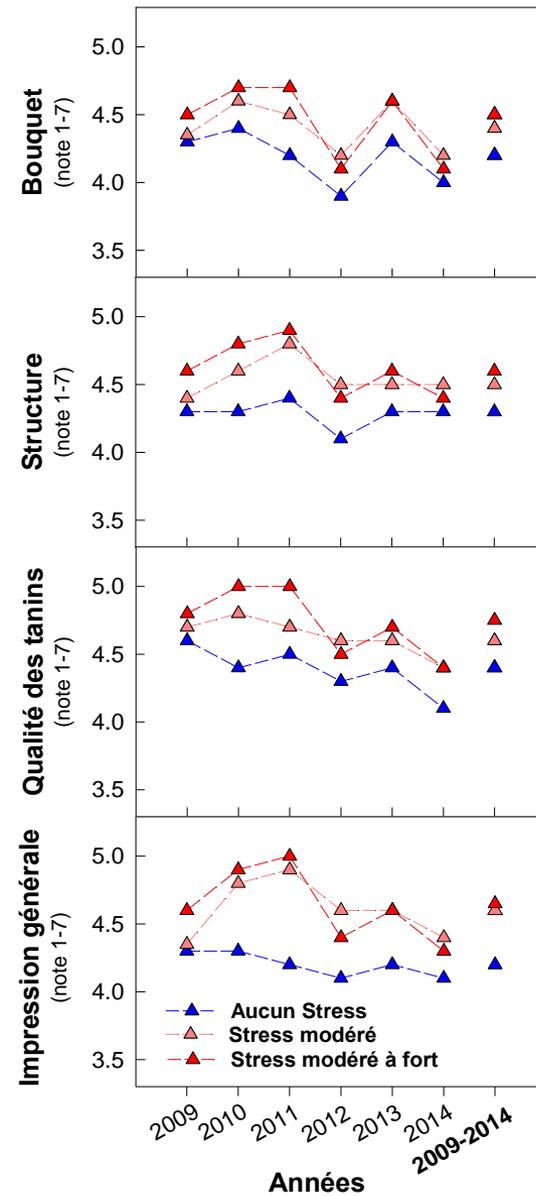
**Pinot noir**

Leytron 2009-2015





# Appréciation organoleptique des vins de **Pinot noir** Leytron 2009-2014





# Alimentation hydrique de la vigne et les types de vins recherchés



## Vins blancs aromatiques

Contrainte hydrique légère (à modérée) et progressive  
durant la période de la maturation  
(favorise l'accumulation des sucres et des précurseurs aromatiques)

## Vins rouges fruités

Contrainte hydrique modérée et progressive dès la véraison

## Vins plus concentrés, structurés, vins rouges de garde

Contrainte modérée (à forte)

à partir de la véraison et durant la maturation

(favoriser la réduction de la taille des baies, favoriser la concentration et la synthèse des composés phénoliques, anthocyanes)



# Evolution climatique

**Composition de l'atmosphère**  
(CO<sub>2</sub> et gaz à effets de serre)

**Températures diurnes et nocturnes**  
(amplitudes thermiques, vagues de chaleur...)

**Précipitations et hygrométrie de l'air**  
(répartition et disponibilité en eau sol-plante-air)

**Qualité de la lumière**  
(rayonnement UV, infrarouge)

**Evènements extrêmes** (gel, grêle, incendies...)



# Collaboration Simonit-Sirch et Agroscope





# Essais en Suisse

## Domaine de Changins-Vaud:

**Chasselas et Gamaret**

Précipitations annuelles: 1000 mm  
moraine compacte de fond



## Domaine de Leytron-Valais:

**Humagne rouge**

Précipitations annuelles: 500 mm  
Cône de déjection très caillouteux



## Domaine de Cugnasco-Tessin:

**Merlot**

Précipitations annuelles: 1800 mm  
Sol caillouteux de bas de coteau





# Domaine expérimental de Changins

Chasselas et Gamaret

**Guyot simple**

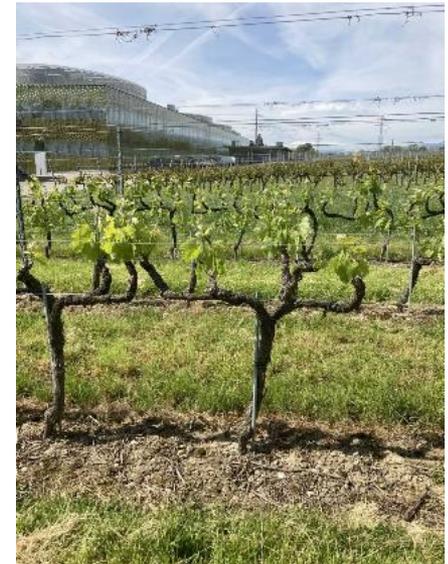
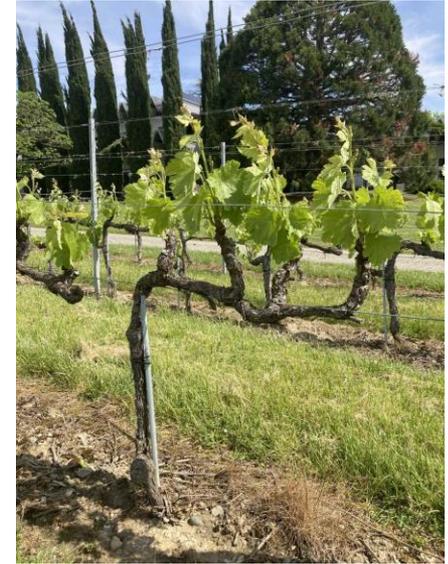
**Cordon Royat**

**Guyot Simonit et Sirch**

**Cordon Simonit et Sirch**

**Guyot double Simonit et Sirch**

**Cordon double Simonit et Sirch**





# Domaine expérimental de Changins

Chasselas/ 3309C

Plantation: 2009

	9	10	11	12	13	
						9 ceps tampon
Clones de Merlot						20 ceps
	F4	G4	C4	E4	B4	
			Tampon			20 ceps
	E3	A4		D4	F3	
						20 ceps
	D3	B3	G3	C3	A3	3 ceps tampon
						2 ceps tampon
Clones de Merlot						20 ceps
	C2	E2	F2	G2	D2	
			Tampon			20 ceps
	B2	G1		A2	E1	
						20 ceps
	A1	C1	D1	F1	B1	1 ceps tampon
<b>A:</b>	<b>Guyot simple, témoin</b>					
<b>B:</b>	<b>Cordon, témoin</b>					
<b>C:</b>	<b>Guyot simple, Simonit</b>					
<b>D:</b>	<b>Cordon, Simonit</b>					
<b>E:</b>	<b>Cordon double, Simonit</b>					
<b>F:</b>	<b>Guyot à prolongement</b>					
<b>G:</b>	<b>Guyot double, Simonit</b>					



# Domaine expérimental de Changins

## Résultats viticoles **Chasselas** moyenne 2015-2022

<b>Variantes</b>	<b>Fertilité</b> (grappes/ rameau)	<b>Poids baie</b> (g)	<b>Rendement</b> (Kg/m <sup>2</sup> )	<b>Vigueur</b> (g/sarment)
<b>Guyot simple</b>	1.9	2.9	1.3	52
<b>Cordon Royat</b>	1.5	3.0	1.2	58
<b>Guyot Simonit Sirch</b>	1.8	2.8	1.3	47
<b>Cordon Simonit Sirch</b>	1.4	3.1	1.2	54
<b>Cordon double Simonit</b>	1.4	3.1	1.3	56
<b>Guyot double Simonit</b>	1.7	2.9	1.3	53



# Domaine expérimental de Changins

## Résultats viticoles **Chasselas**

Moyenne 2015-2022

Variantes	% Brix	pH	Acid.totale (g/l)	Azote assimilable (mg/l)
<b>Guyot simple</b>	19.9	3.4	4.6	142
<b>Cordon Royat</b>	19.6	3.4	4.9	140
<b>Guyot Simonit Sirch</b>	20.1	3.4	4.6	144
<b>Cordon Simonit Sirch</b>	19.7	3.4	4.9	140
<b>Cordon double Simonit</b>	19.6	3.4	4.9	141
<b>Guyot double Simonit</b>	19.9	3.4	4.7	146



# Domaine expérimental de Changins

## Mesure du potentiel hydrique de tige ( $\Psi_T$ )

Chasselas, août 2022

Variantes	Potentiel hydrique de tige ( $\Psi_T$ ) en bars
Guyot simple	-11.5
Cordon Royat	-11.8
Guyot Simonit Sirch	-11.4
Cordon Simonit Sirch	-11.8
Cordon double Simonit	-11.2
Guyot double Simonit	-11.5

Contrainte hydrique modérée subie par la vigne



# Domaine expérimental de Changins

Observations des **symptômes Esca**  
**Chasselas/3309C**, plantation 2009  
Résultats 2016-2022

Années	Pourcentage de ceps symptomatiques (%)					Guyot double Simonit
	Guyot simple	Cordon Royat	Guyot simple Simonit	Cordon Simonit	Cordon double Simonit	
2016	0	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	1	0	0
2018	0	0	1	0	0	0
2019	0	1	1	1	0	0
2020	0	0	0	2	0	1
2021	1	1	0	1	1	0
2022	0	0	0	0	0	0
Moyenne 2016-2022	<b>0%</b>	<b>0.2%</b>	<b>0.2%</b>	<b>0.8%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>



# Domaine expérimental de Changins

## Résultats viticoles **Gamaret** moyenne 2015-2022

Variantes	Fertilité (grappes/ rameau)	Rendement (Kg/m <sup>2</sup> )	Vigueur (g/sarment)
Guyot simple	2.3	1.1	47
Cordon Royat	1.9	1.0	52
Guyot Simonit Sirch	2.2	1.1	45
Cordon Simonit Sirch	1.8	1.0	48
Cordon double Simonit	1.8	1.1	49



# Domaine expérimental de Changins

Résultats viticoles **Gamaret**

Moyenne 2015-2022

Variantes	% Brix	pH	Acid.totale (g/l)	Azote assimilable (mg/l)
<b>Guyot simple</b>	23.8	3.1	7.1	67
<b>Cordon Royat</b>	23.7	3.1	7.1	68
<b>Guyot Simonit Sirch</b>	24.0	3.1	7.1	68
<b>Cordon Simonit Sirch</b>	23.8	3.1	7.2	69
<b>Cordon double Simonit</b>	23.9	3.1	7.1	69



# Domaine expérimental de Changins

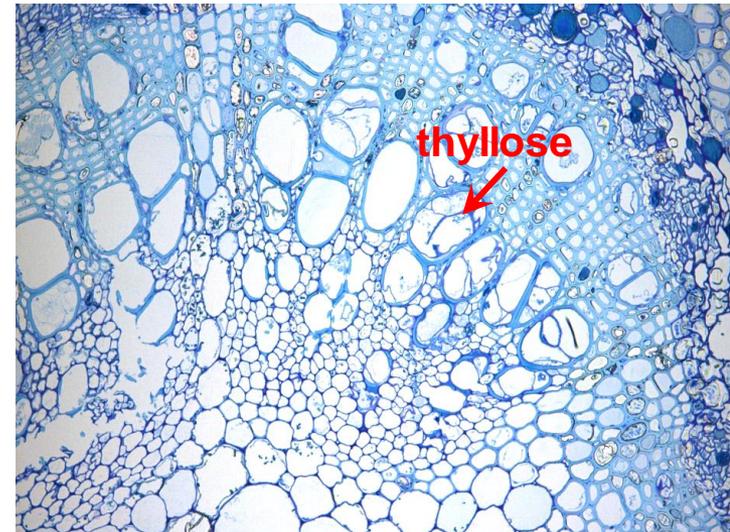
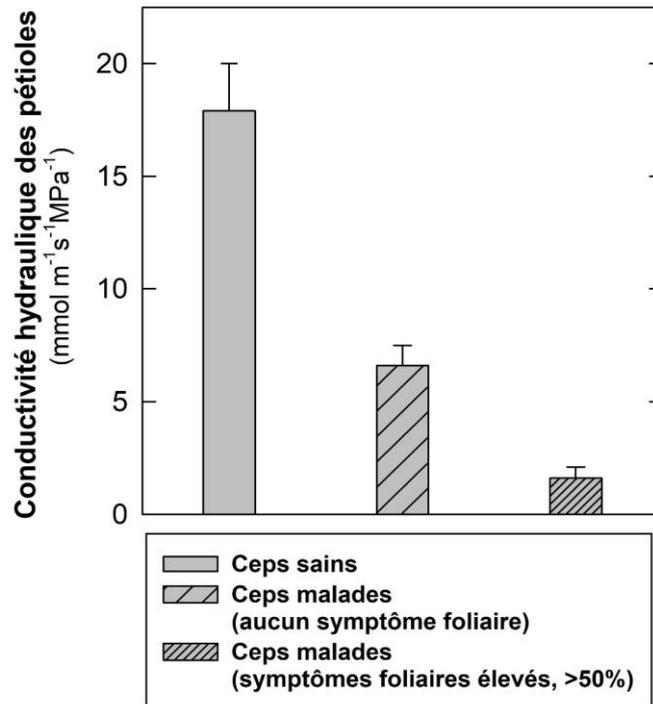
Observations des **symptômes Esca**  
**Gamaret/3309C**, plantation 2009  
Résultats 2016-2022

	Pourcentage de ceps symptomatiques (%)				
Années	Guyot simple	Cordon Royat	Guyot simple Simonit	Cordon Simonit	Cordon double Simonit
2016	2	0	2	0	2
2017	0	2	0	0	2
2018	2	2	2	0	0
2019	8	2	10	8	3
2020	5	6	8	11	10
2021	8	10	2	12	6
2022	10	13	8	6	8
<b>Moyenne 2016-2022</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>4.5%</b>	<b>5%</b>	<b>4.5%</b>



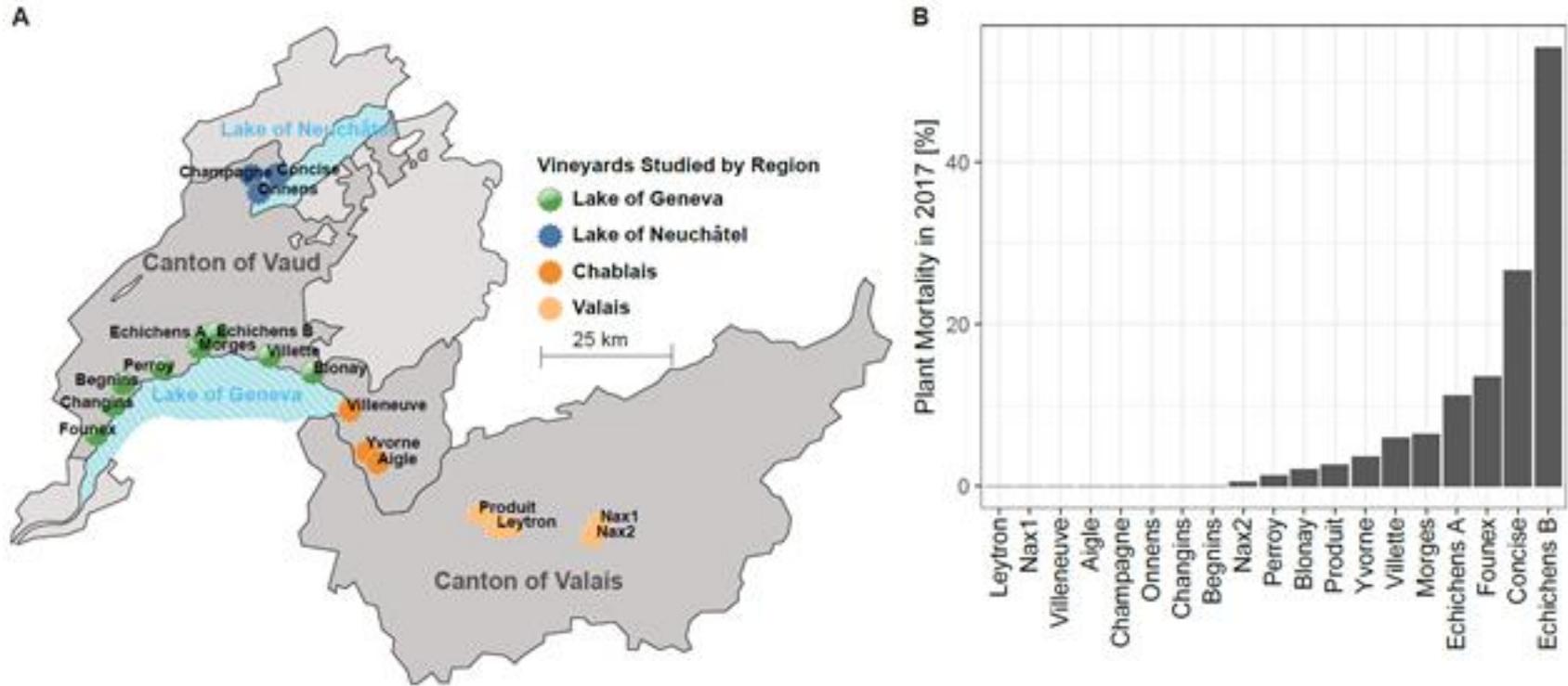
# Symptômes de l'Esca et thylose

Perte de conductivité hydraulique avec la présence de thylose dans les vaisseaux de pétioles (Gamaret, Pully, 2014)





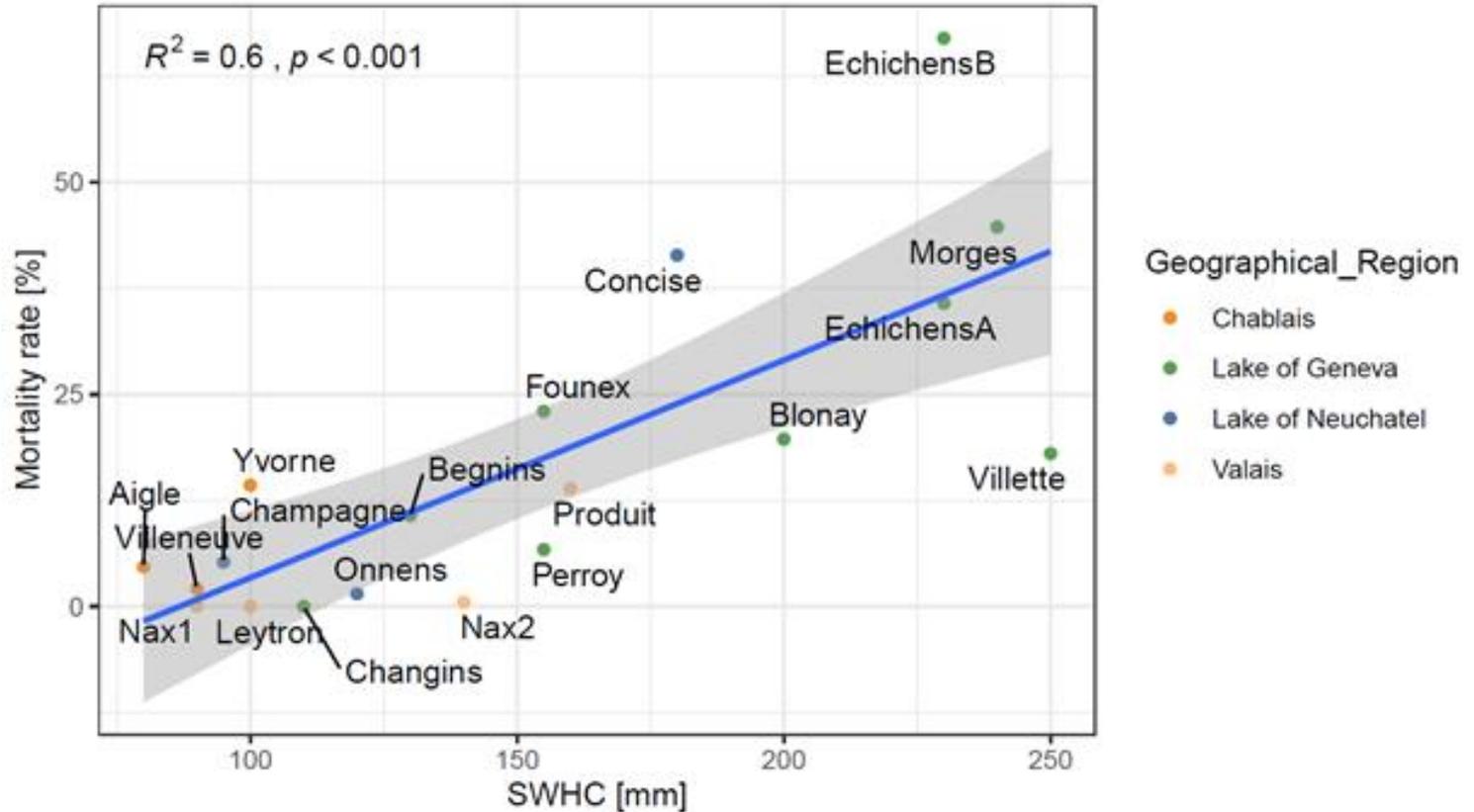
# Réseau de parcelles de Gamaret en Suisse et taux cumulé de mortalité de ceps dû à l'esca entre 2003-2017





# Relation entre la réserve en eau des sols (SWHC) et le taux de mortalité des ceps (esca) après 15 ans

Gamaret, terroirs vaudois et valaisans (2022)





# Domaine expérimental de Cugnasco

## Merlot / 3309C

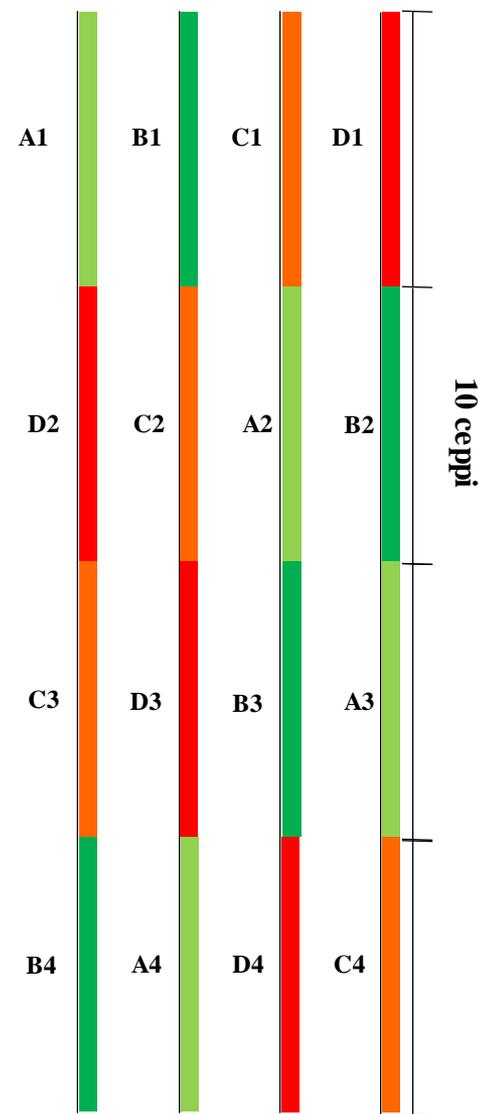
### 8a – Parcella potatura Simonit

Impianto: 2011

Sesti: 180x 0.90  
40 piante /fila

- A -Guyot semplice
- B -Cordone
- C -Guyot Simonit
- D -Guyot Simonit Cordone

Variantes	Fertilità (grappes/ rameau)	Rendimento (Kg/m <sup>2</sup> )	Vigueur (g/sarment)
Guyot simple	1.7	1.0	42
Guyot Simonit Sirch	1.8	1.1	41
Cordon Royat	1.5	1.0	43
Cordon Simonit Sirch	1.5	1.0	44

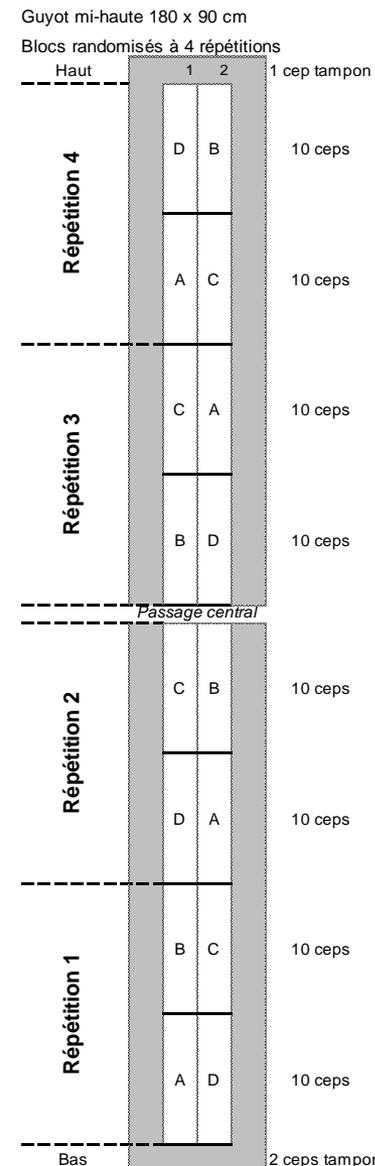




# Domaine expérimental de Leytron

## Résultats viticoles **Humagne rouge** moyenne 2016-2022

Variantes	Fertilité (grappes/ rameau)	Rendement (Kg/m <sup>2</sup> )	Vigueur (g/sarment)
Guyot simple	1.3	1.2	60
Guyot Simonit Sirch	1.2	1.2	64
Cordon Royat	0.8	0.8	61
Cordon Simonit Sirch	0.9	0.8	64



A : GUYOT SIMPLE CLASSIQUE	95
B : GUYOT SIMONIT	
C : CORDON ROYAT CLASSIQUE	
D : CORDON SIMONIT	



**Merci de votre attention**

