



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 m² 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**

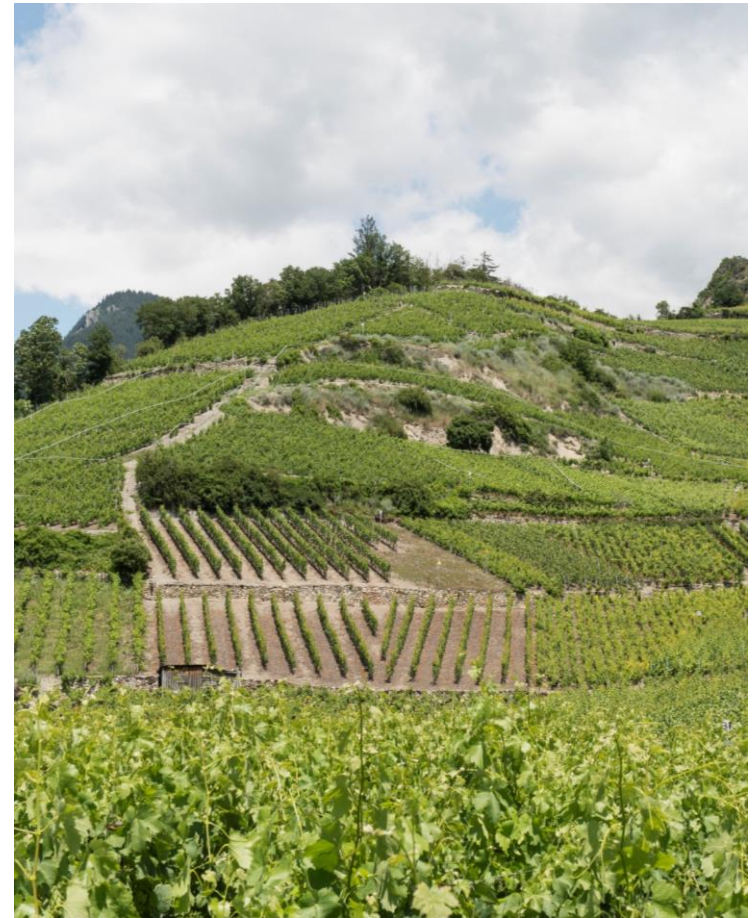
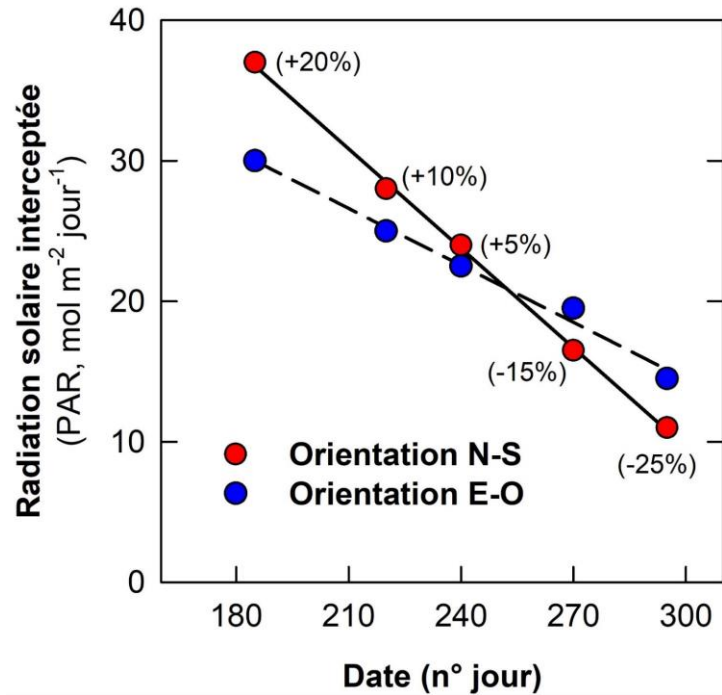
**La capacité photosynthétique
du couvert végétal**

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





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





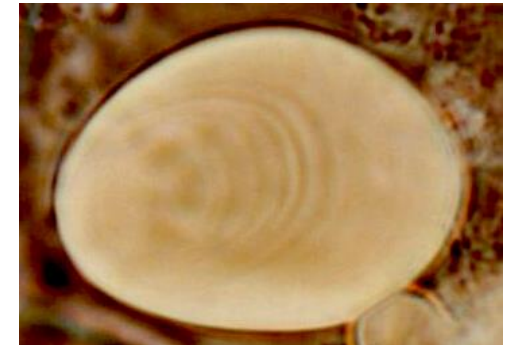
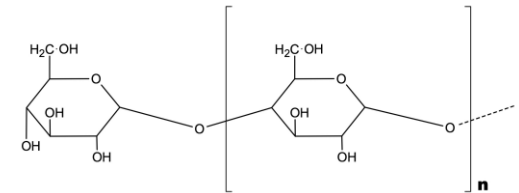
Mesure de la photosynthèse diverses approches



Analyseur à infrarouge
Feuille isolée



Souche entière
Ballon plastique



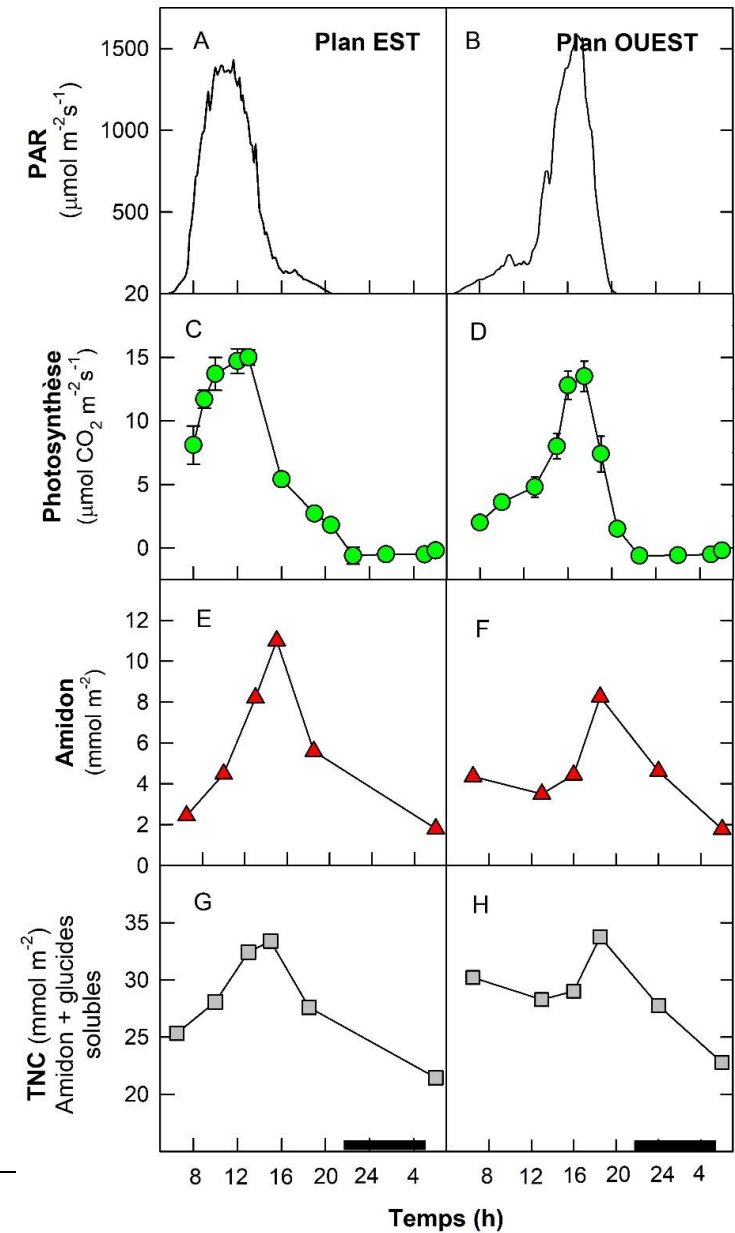
Analyse des glucides
formés (grain d'amidon)



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

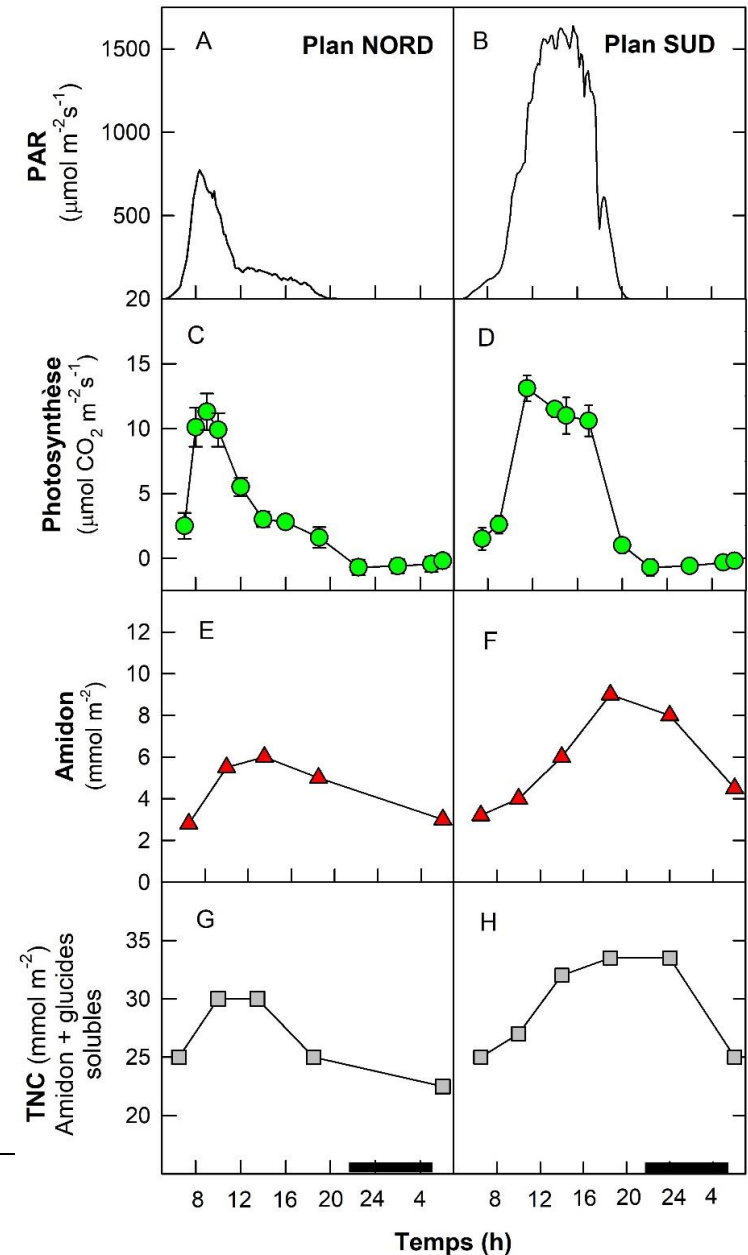




Radiation solaire interceptée (PAR) Photosynthèse Teneur en amidon et glucides solubles des feuilles des plans NORD et SUD de rangs orientés E-O.

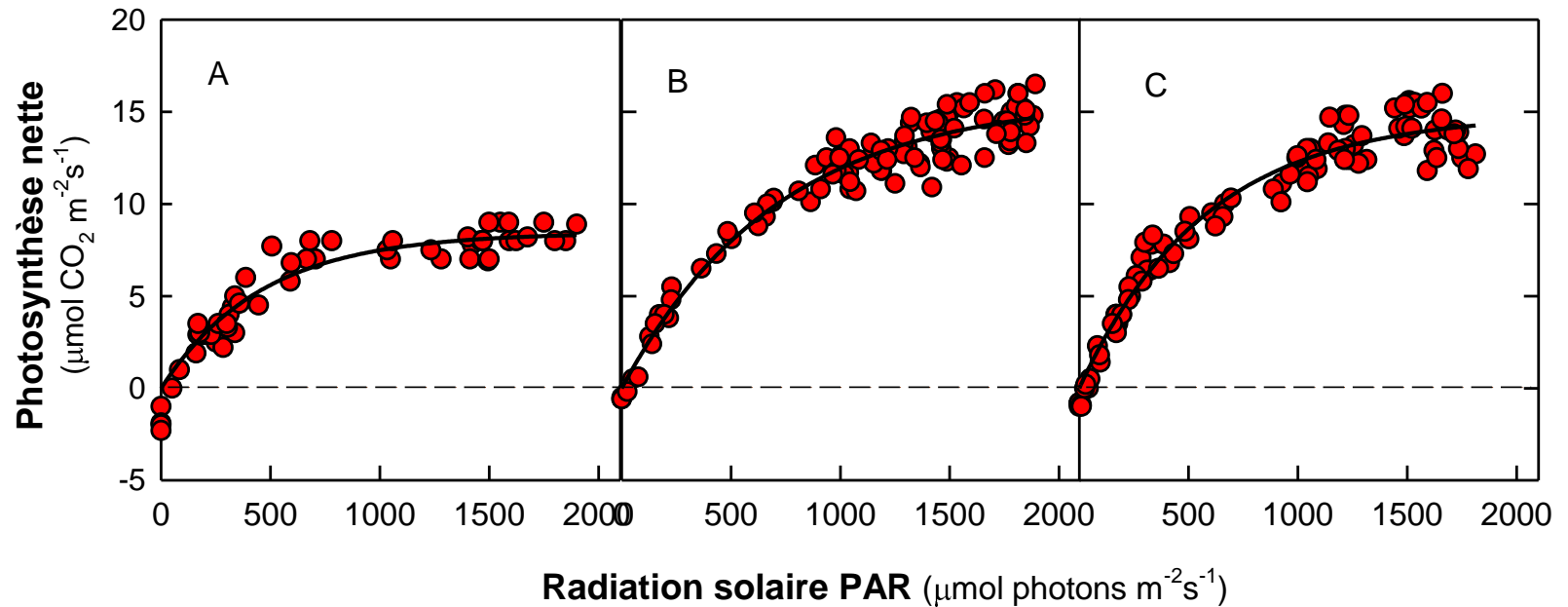
Chasselas, Pully Suisse
7-8 août 1998

Orientation E-O



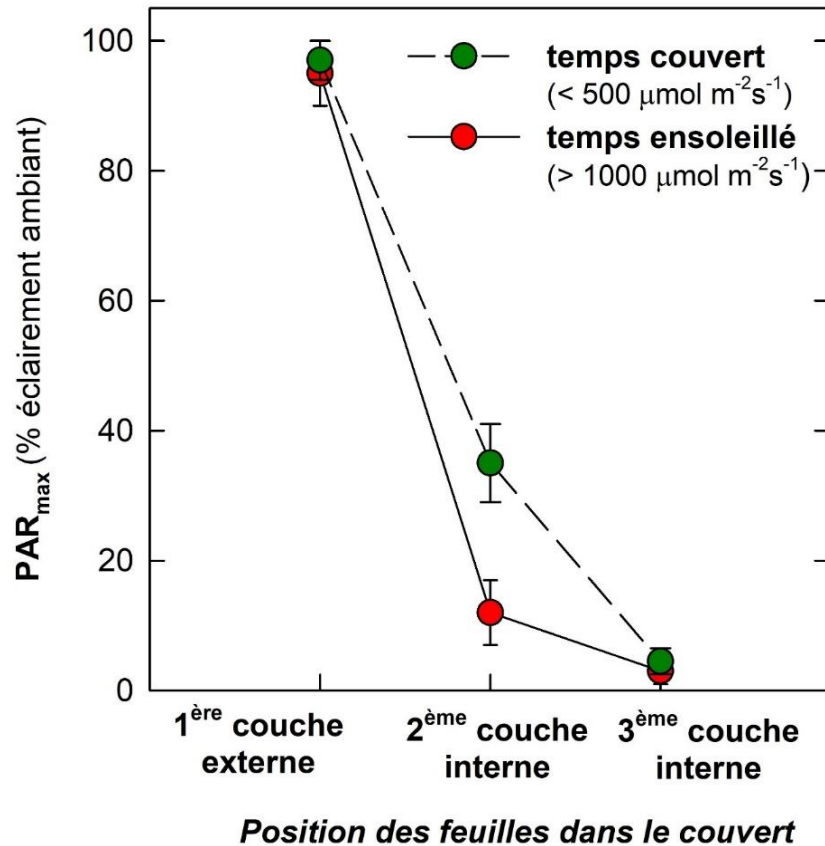


Relation entre la radiation solaire interceptée (PAR) et la photosynthèse des jeunes feuilles en croissance (A) des feuilles adultes principales (B) et d'entre-cœurs (C) Chasselas, Pully Suisse 1994-1998





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

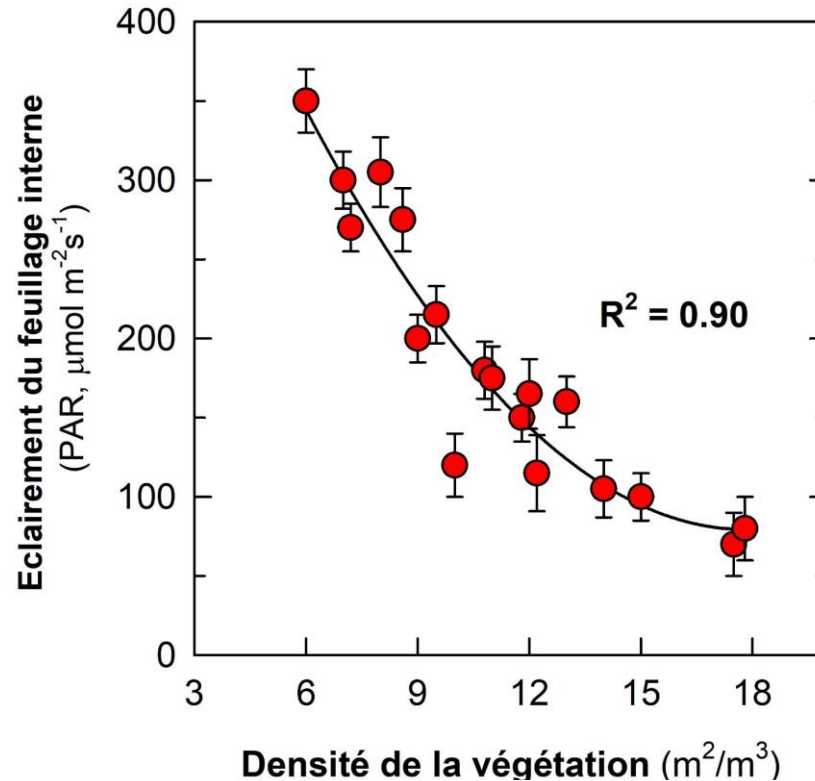


Barre de cellules photoélectriques mesurant l'éclairage ambiant (PAR)



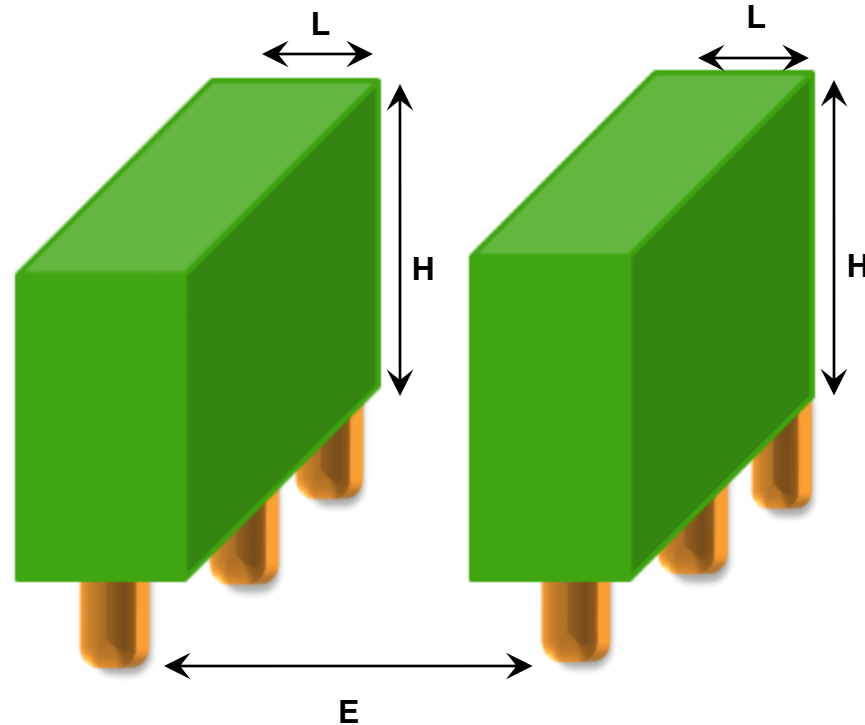
Densité de la végétation

(m² de surface foliaire/ m³ de volume occupé)
et éclairage des feuilles situées en 2^{ème} couche





Notion de surface foliaire exposée (SFE)



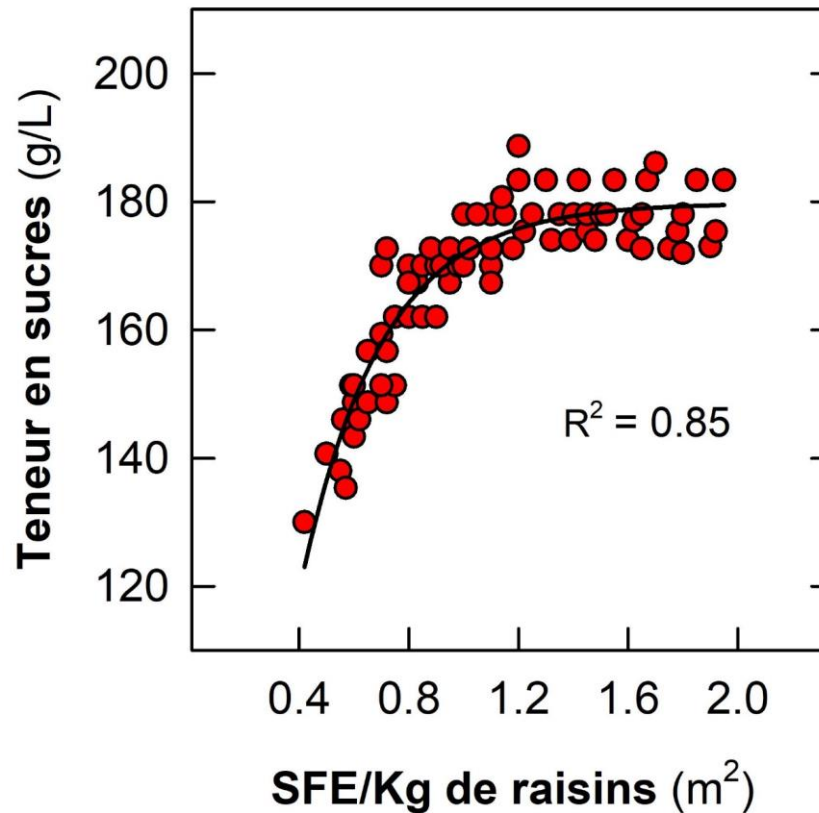
$$\text{SFE} = [(2 \times H) + L] / E \times (1 - \% \text{ trous})$$

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

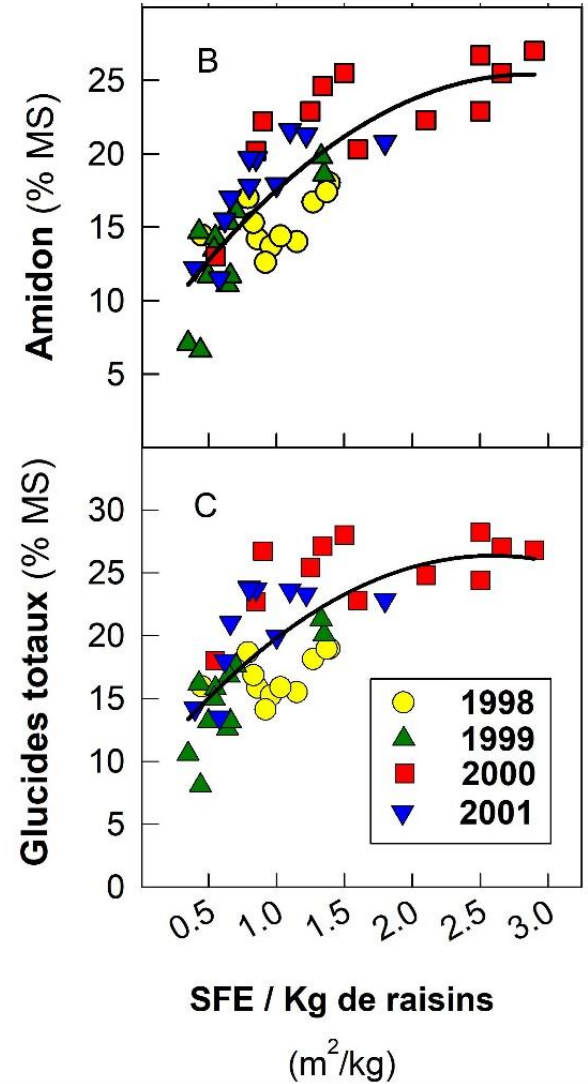
Chasselas, Pully, Suisse 1996





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 m² SFE/kg
(Chasselas, Pinot, Gamay...)

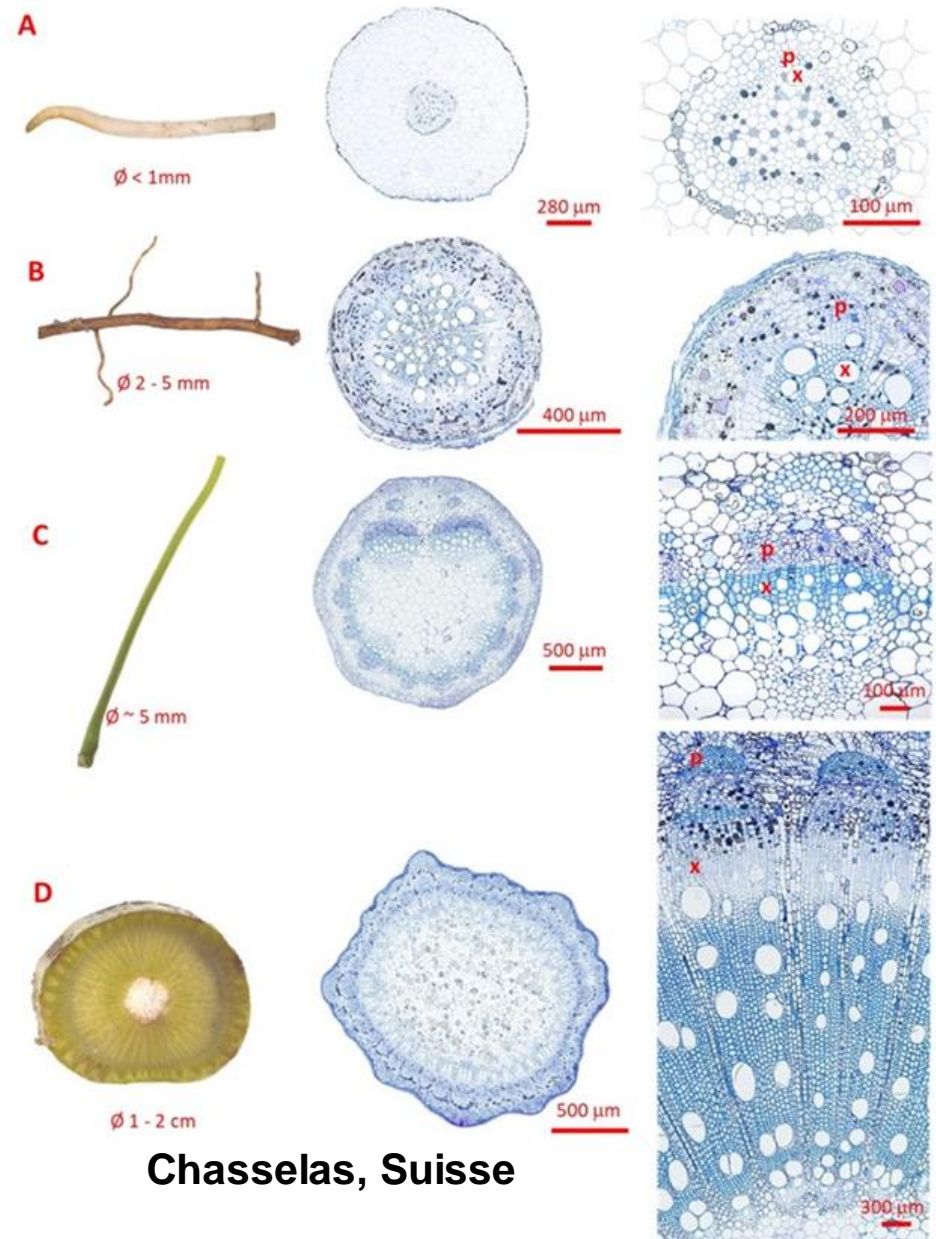
1.3 à 1.5 m² SFE/kg
(cépages tardifs à exigences thermiques élevées)





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

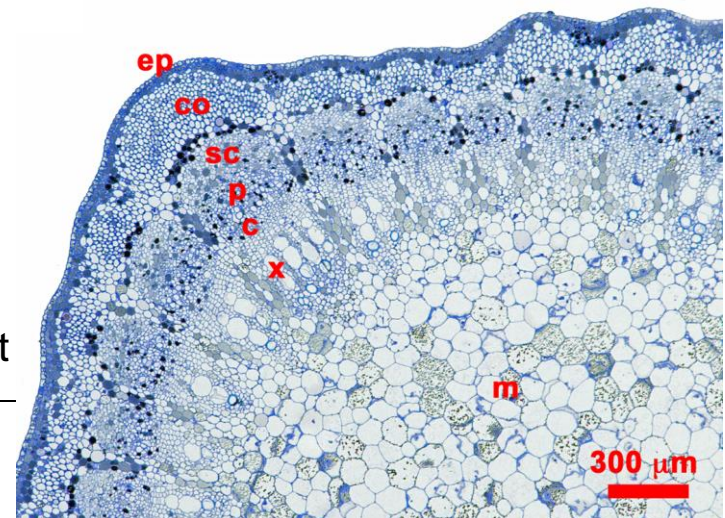
Les tissus de soutien : collenchyme (co), sclérenchyme (sc)

Les tissus de réserve : parenchyme

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

...

Anatomie
du rameau vert



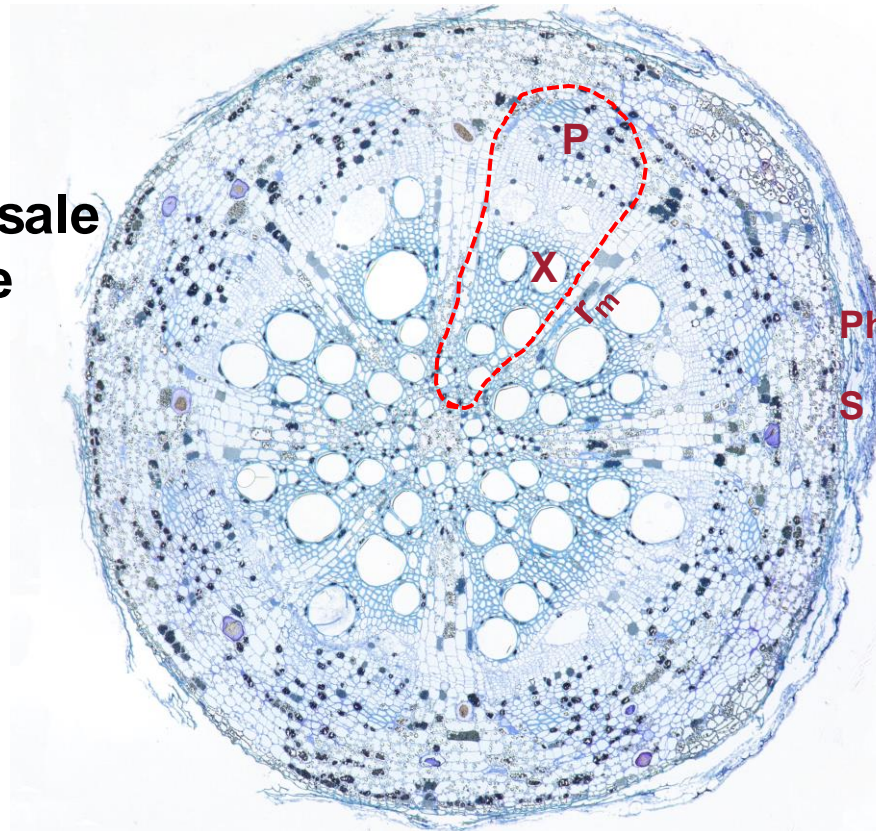


Les tissus conducteurs

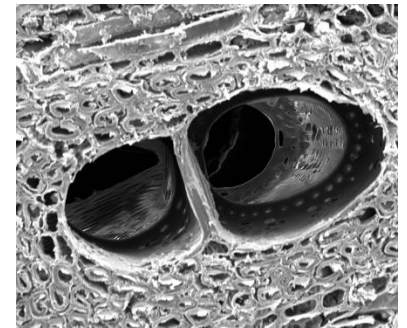
Xylème : vaisseaux, trachéides (sève brute)

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



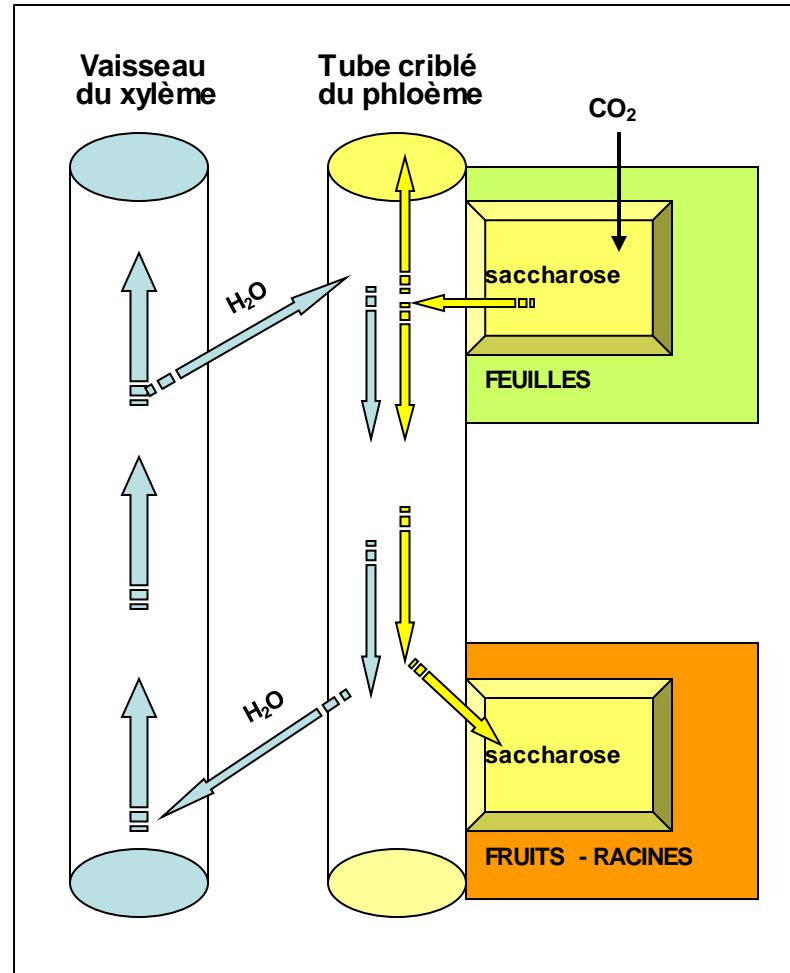
Systeme vasculaire (vaisseaux) et transferts de sèves dans la plante

sève brute Xylème

Composition:

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

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



sève élaborée phloème

Composition:

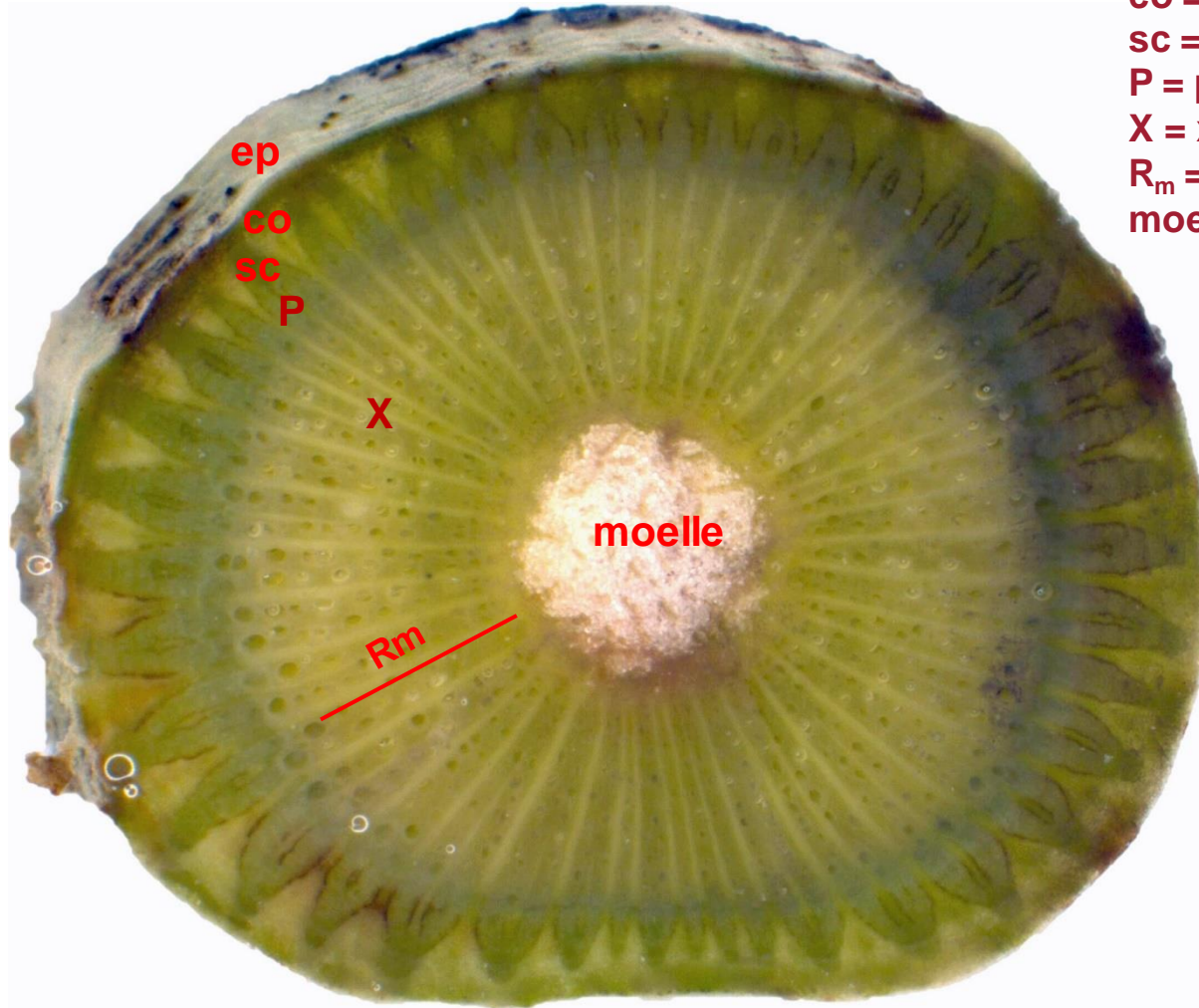
Saccharose
Acides aminés
Hormones (auxine...)
Acide abscissique ABA
Potassium

Selon Hopkins (2003)



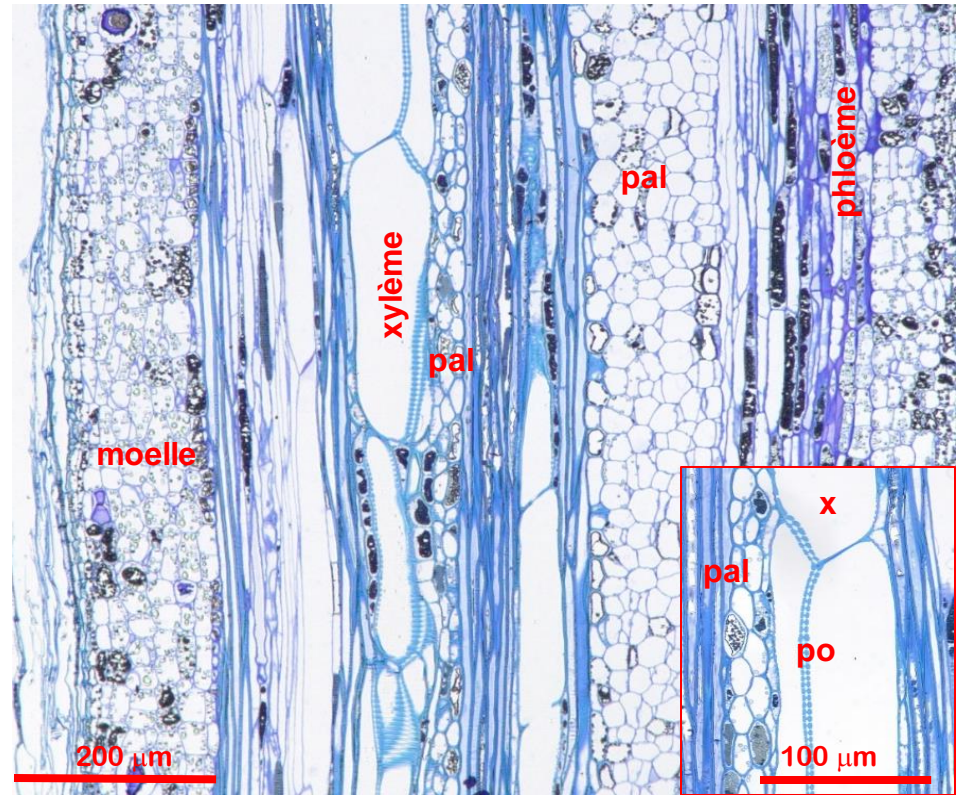
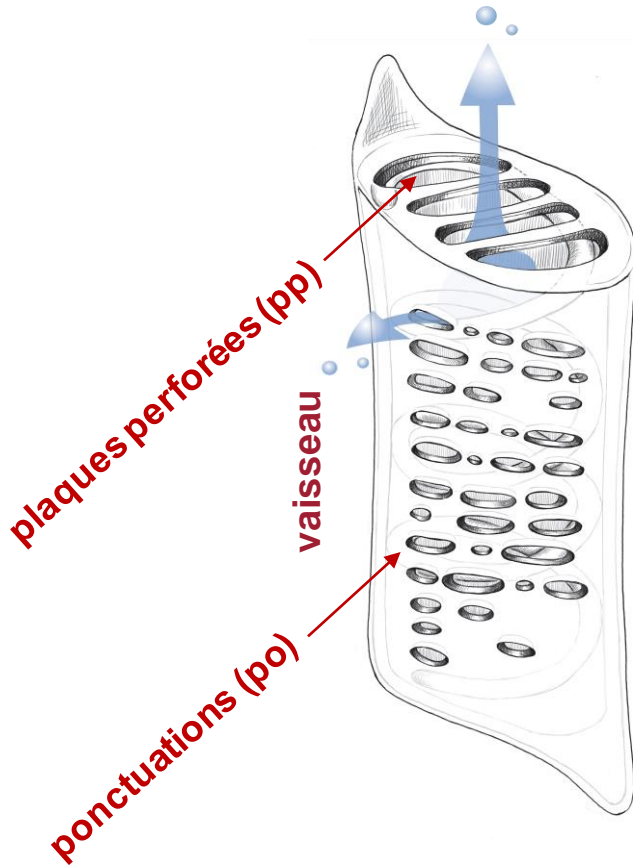
Coupe transversale d'un rameau vert

ep = épiderme
co = collenchyme
sc = sclérenchyme
P = phloème
X = xylème
R_m = rayon médullaire
moelle = parenchyme





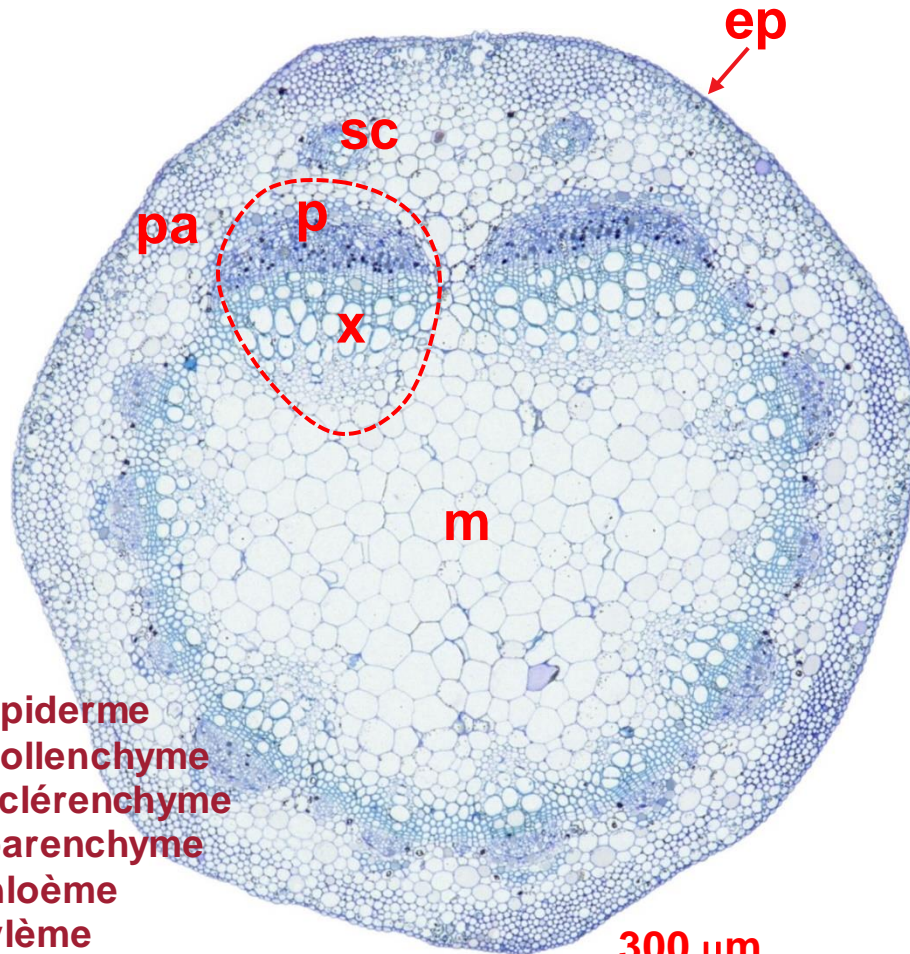
Coupe longitudinale d'une stèle de faisceaux conducteurs et d'un vaisseau conducteur



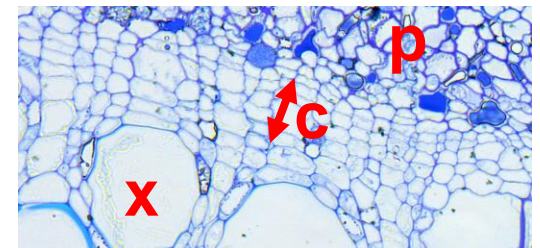
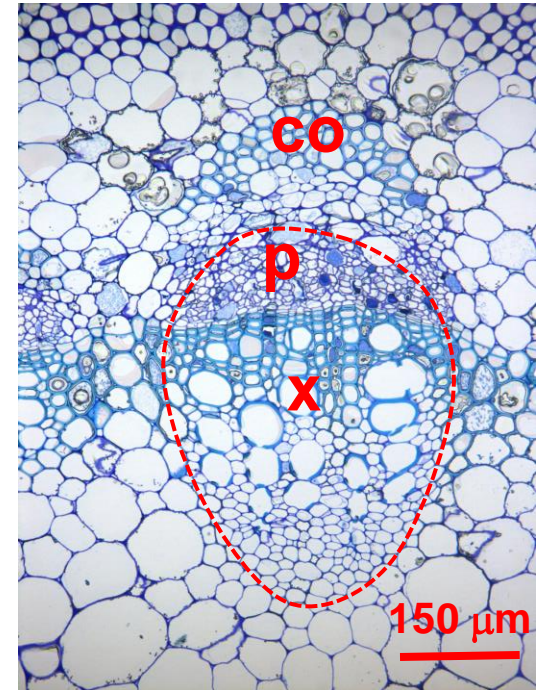
x : xylème
pal: parenchyme lignifié
po: ponctuation



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

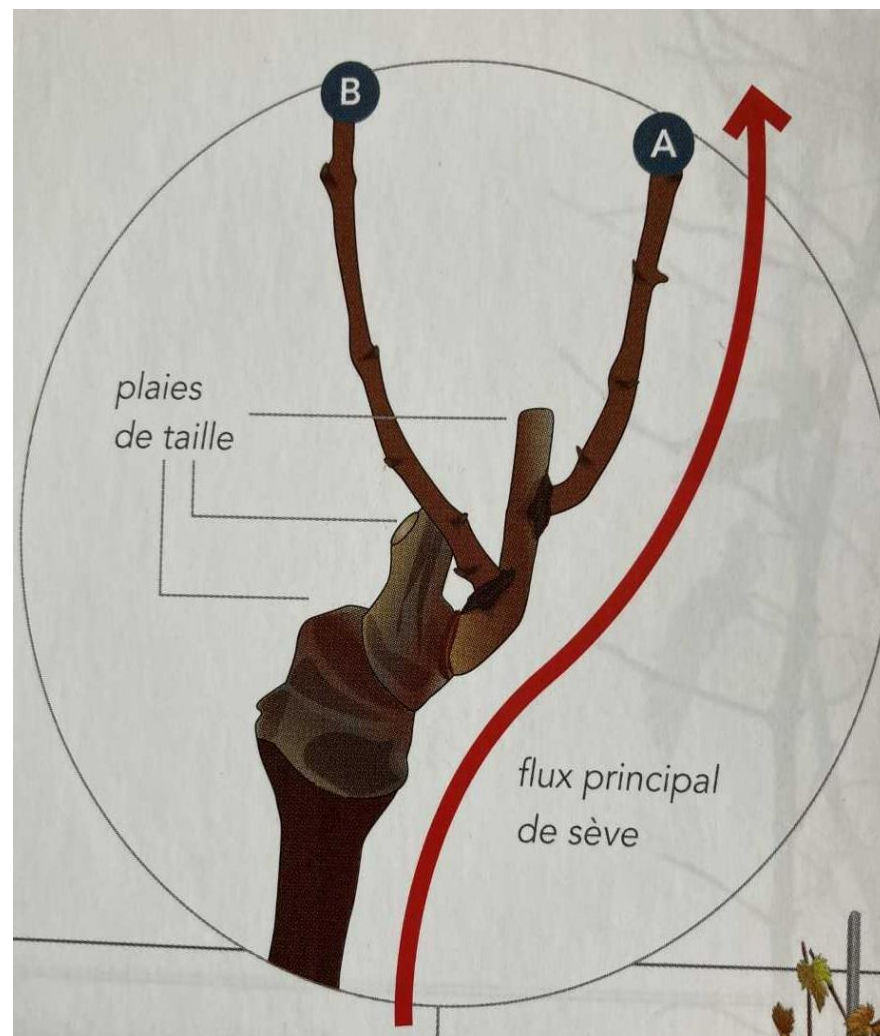
- pétioles de feuilles: 10-50 μm
- rameaux: 150-300 μm
- racines: 5-45 μm

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

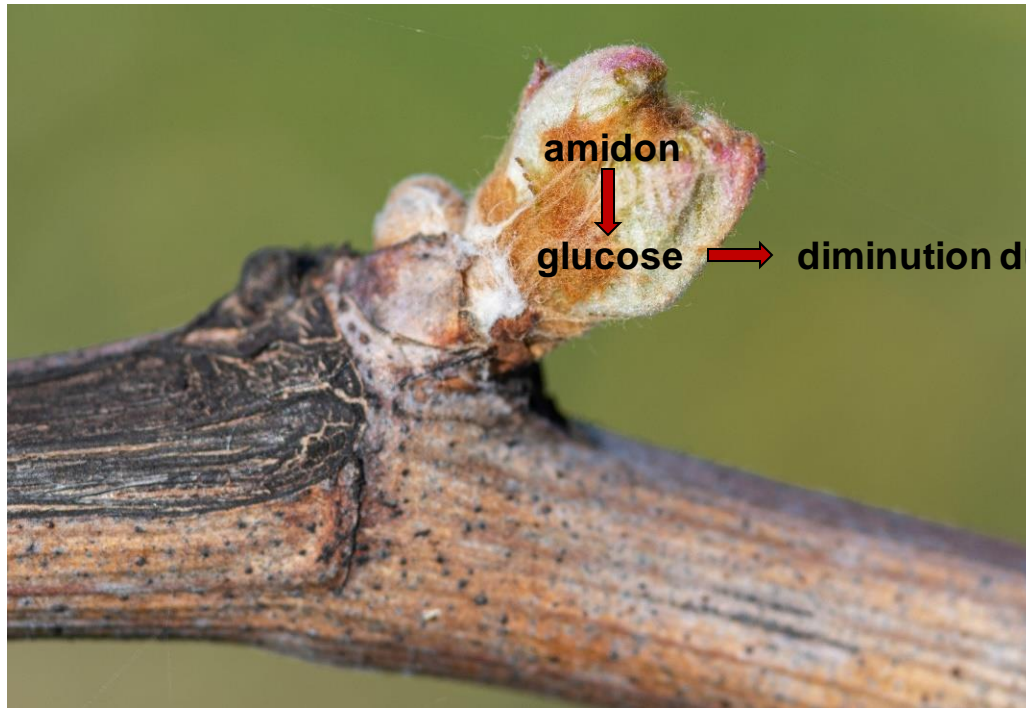




Ascension de la sève brute

Au stade débourrement

- Dans les bourgeons: transformation de l'amidon en sucres solubles (glucose)
- Diminution du potentiel osmotique cellulaire (Ψ_o) et hydrique (Ψ)
- 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 (Ψ)



l'eau est attirée
dans les bourgeons



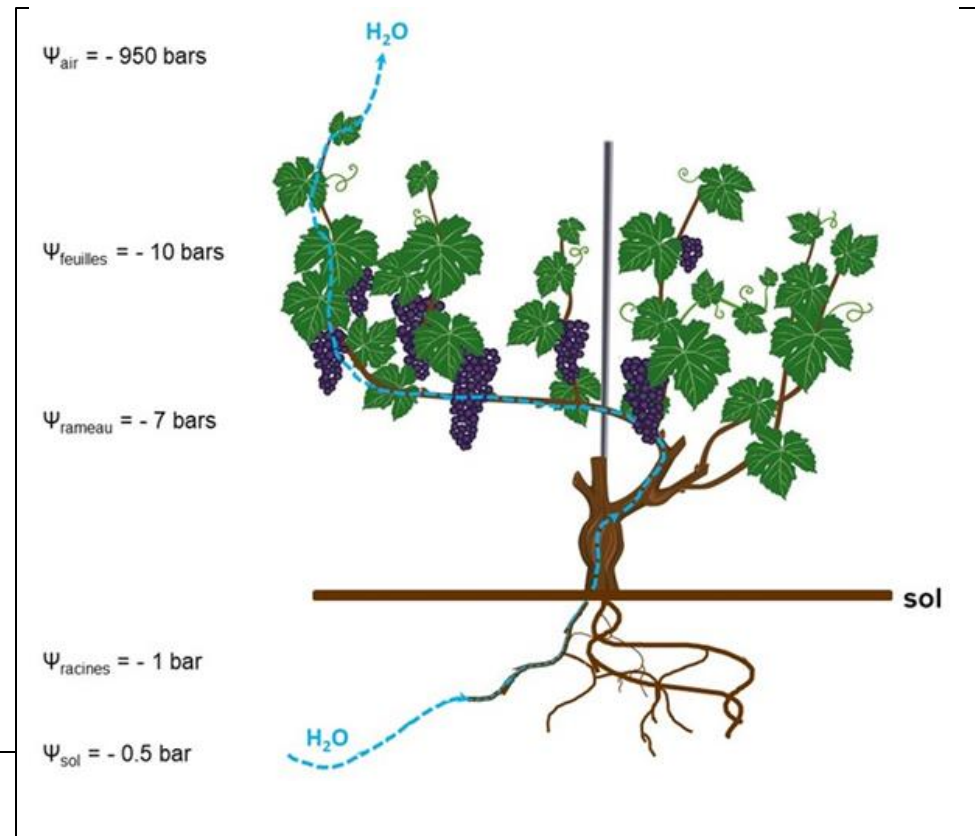
Ascension de la sève brute

Avec le développement foliaire

Transpiration:
force motrice de l'ascension de la sève

Sève sous tension
(valeurs négatives
du potentiel hydrique, Ψ)

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

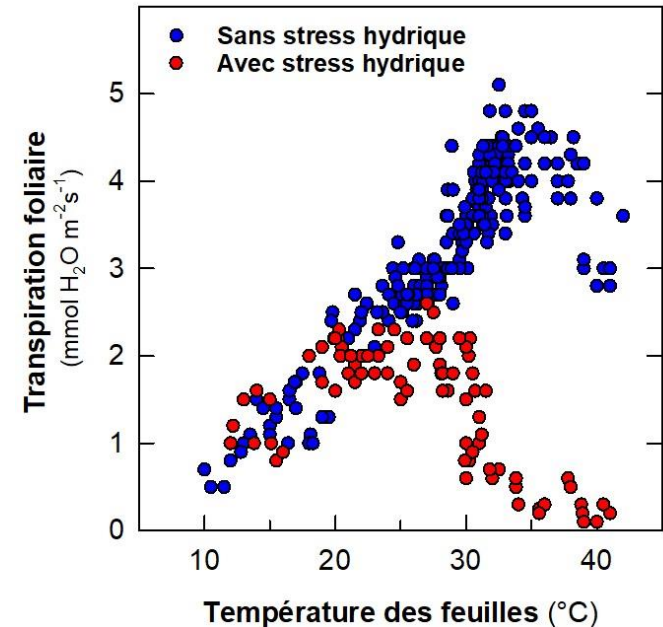




Réponses de la vigne à la sécheresse

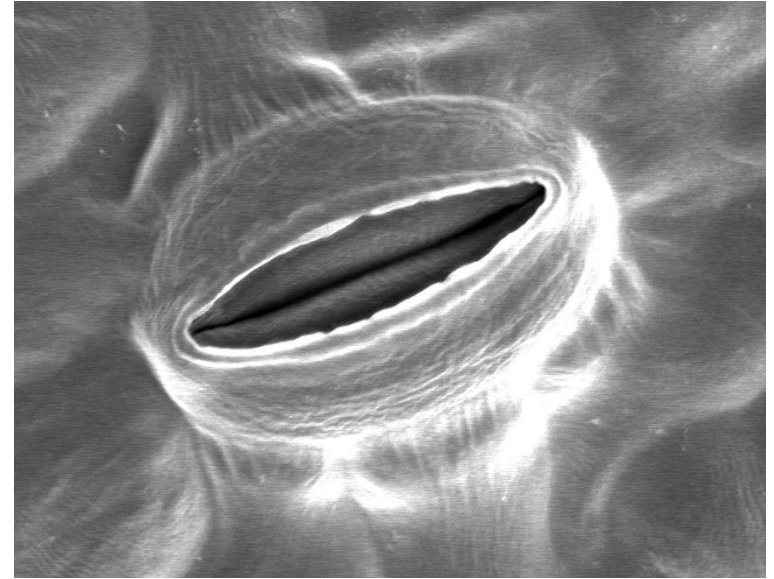
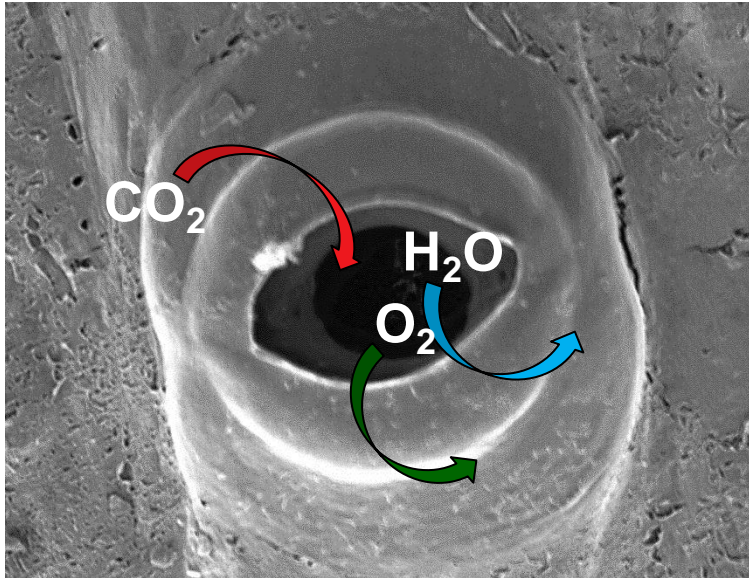
Mécanismes de régulation de la transpiration foliaire

- 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 mm² de feuille

Echanges gazeux
(transpiration H₂O)
(photosynthèse et respiration CO₂, O₂...)



Mesure de la conductance stomatique

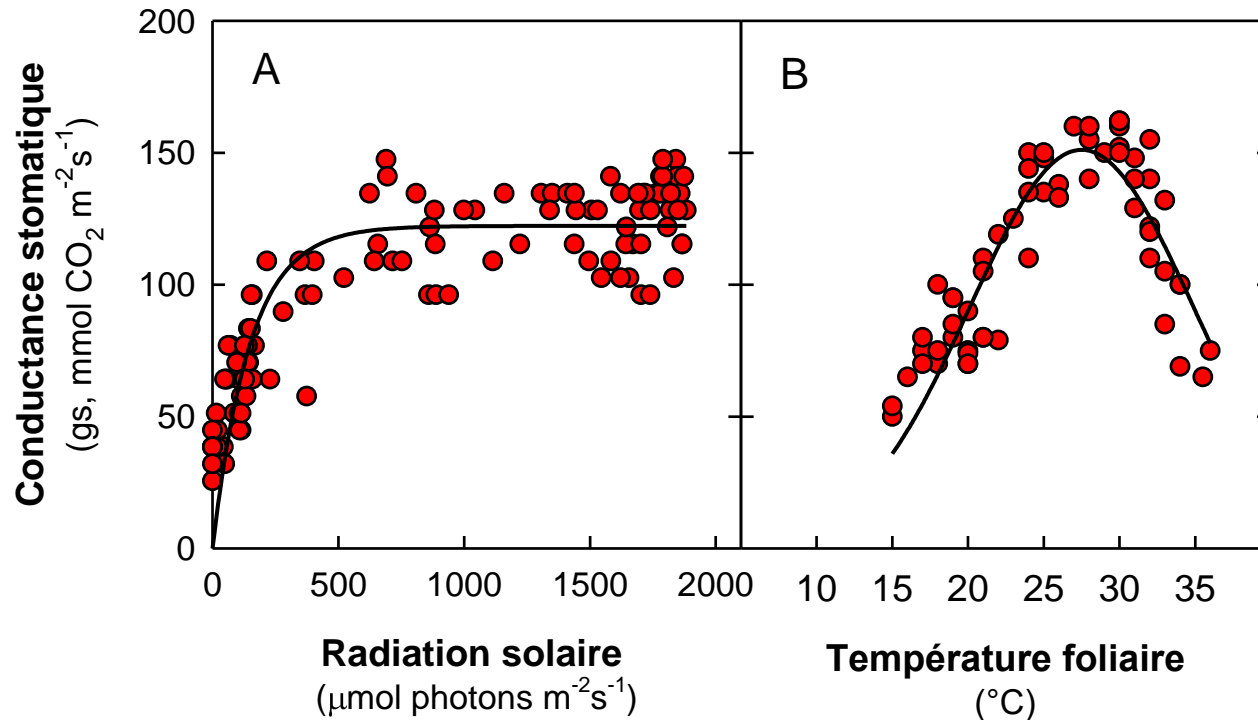
(diffusion du $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$
à travers les stomates)

de la photosynthèse et de la transpiration foliaire



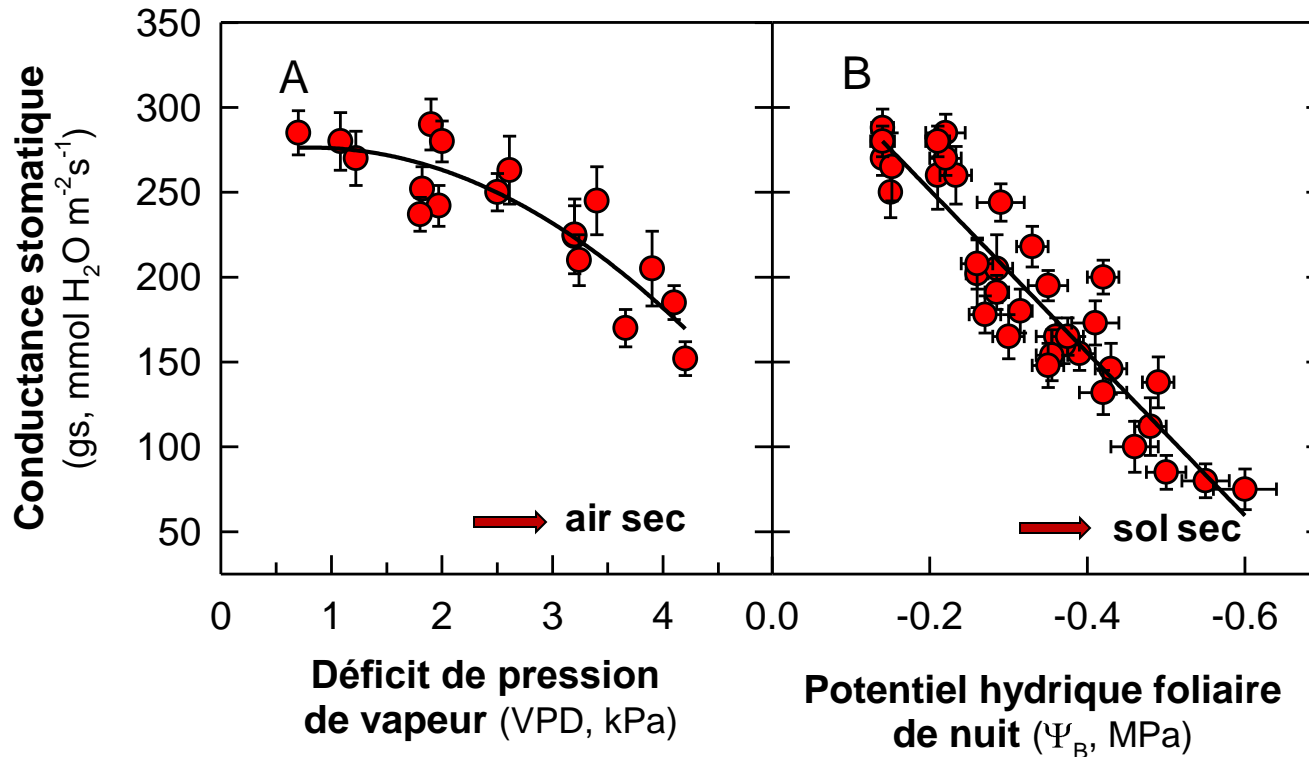


Conductance stomatique (ouverture des stomates) en fonction de l'éclairement et de la température (Chasselas, Suisse)





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

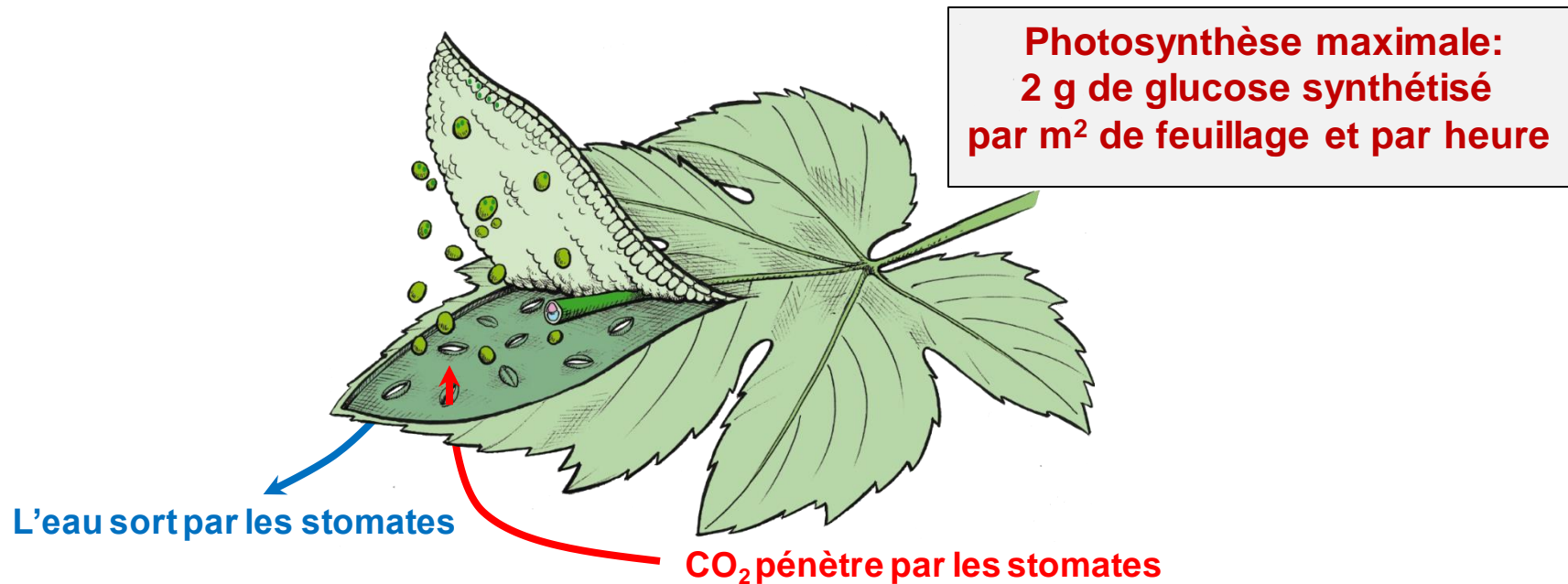




Compromis entre photosynthèse et transpiration

Pour fixer 1 g de 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...



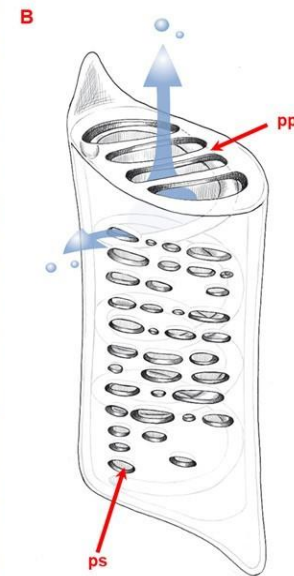
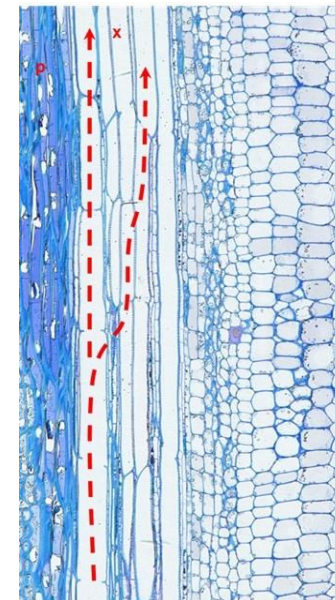
Sensibilité variétale à l'embolie

Anatomie des vaisseaux et trachéides

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

Résorption de l'embolie

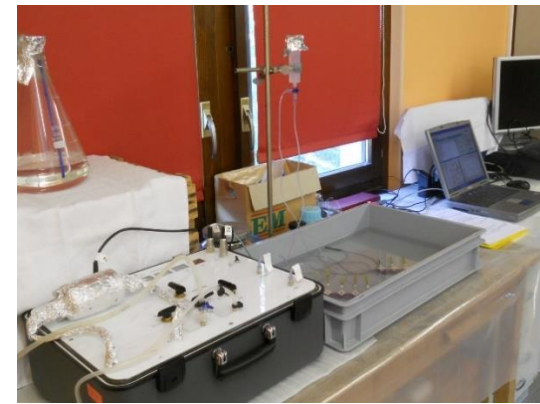
Connections tubes criblés et vaisseaux...
Canaux hydriques (aquaporines)





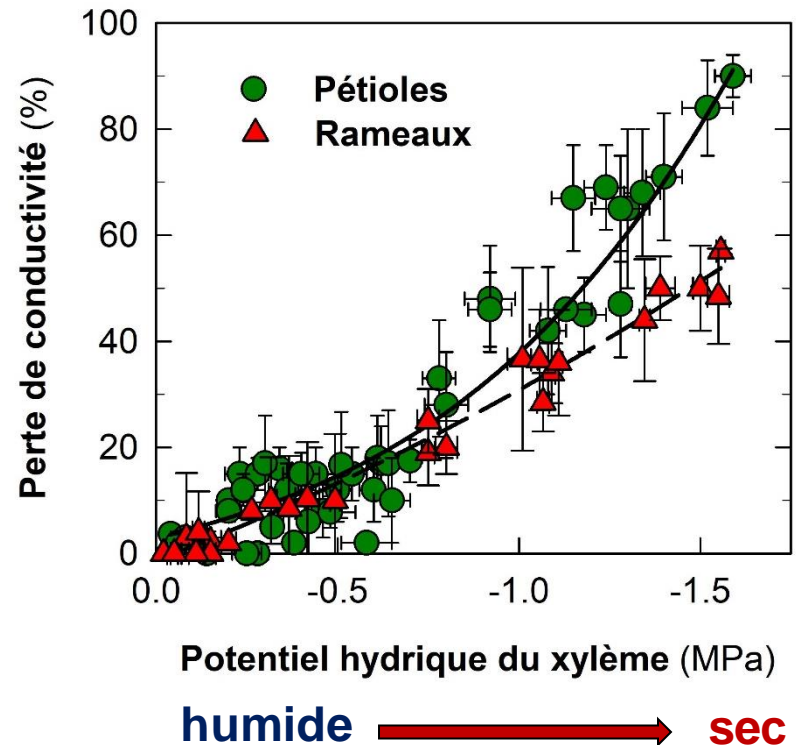
Perte de conductivité hydraulique due à l'embolie

Chasselas, Suisse



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

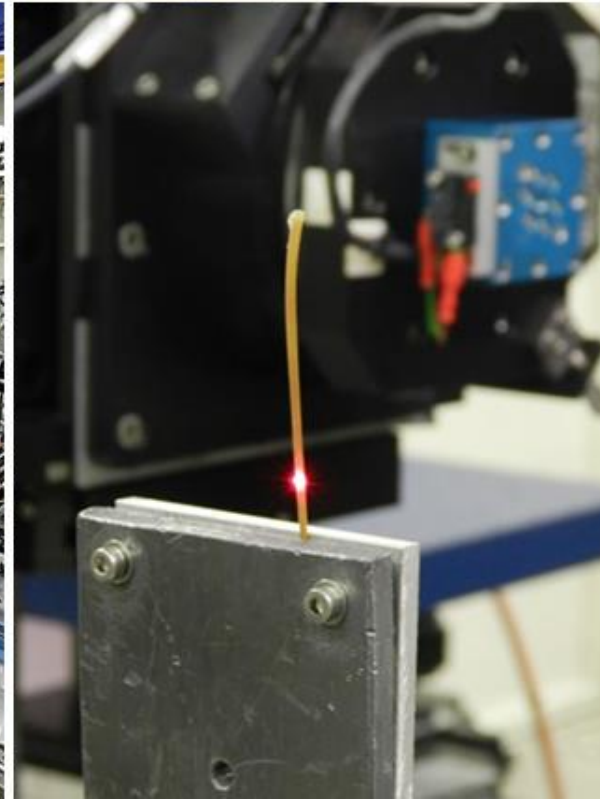
Pétioles agissent comme des «**fusibles hydrauliques**» en limitant la transpiration et la propagation de l'embolie dans les grappes ou rameaux





Synchrotron accélérateur de particules Diamond, Didcot en Angleterre

Imagerie à rayons X

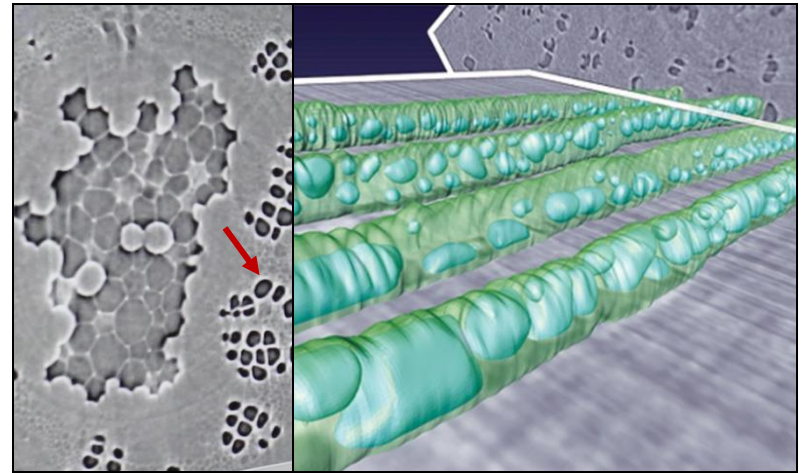
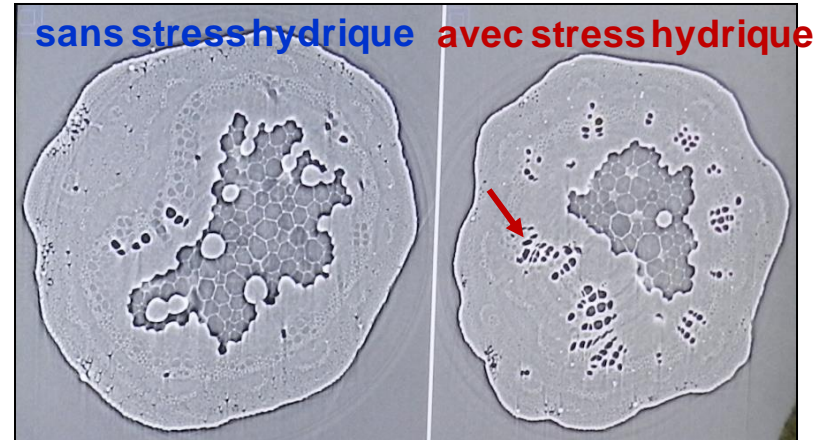
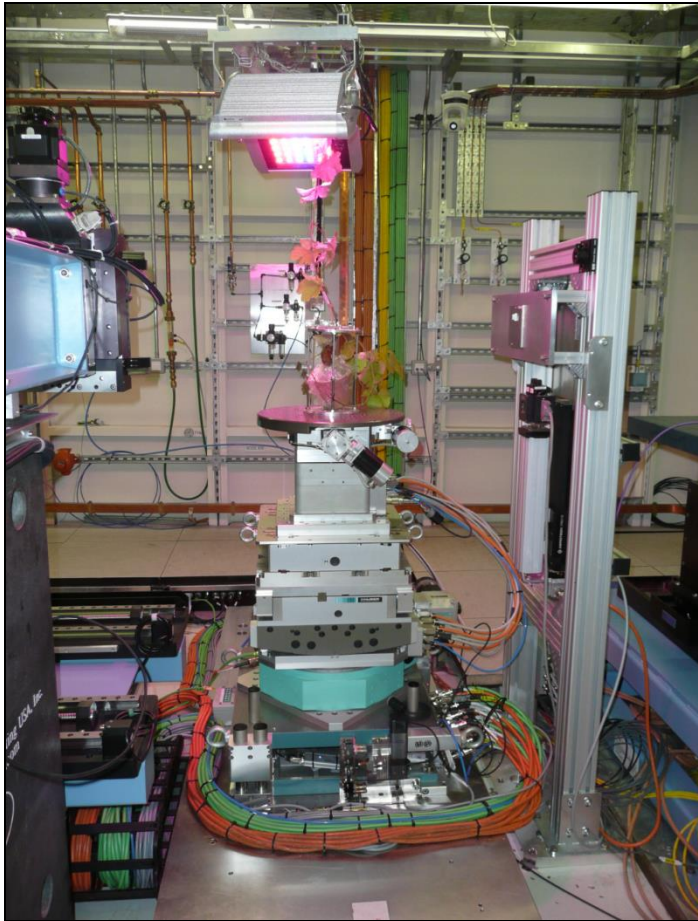




Formation d'embolie:

bulles d'air dans les vaisseaux

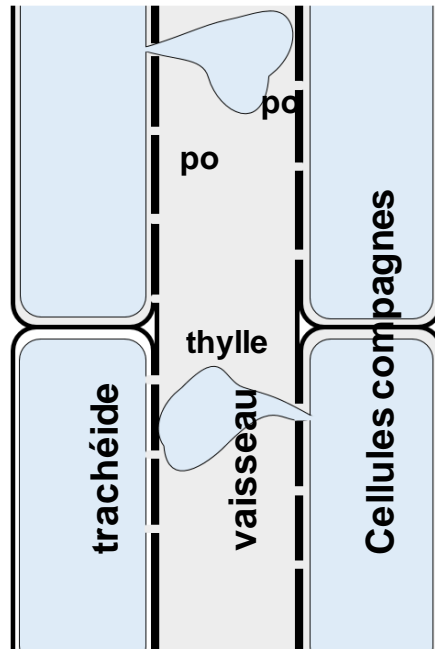
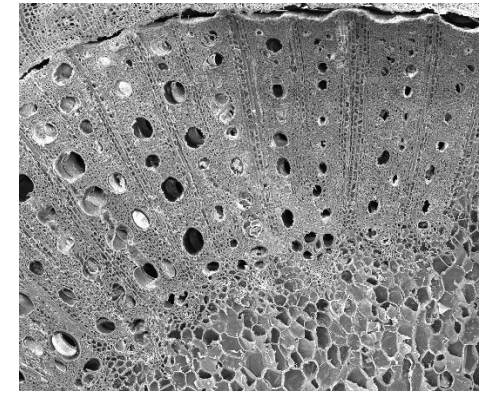
Images en rayons-X des pétioles de feuilles de Chasselas



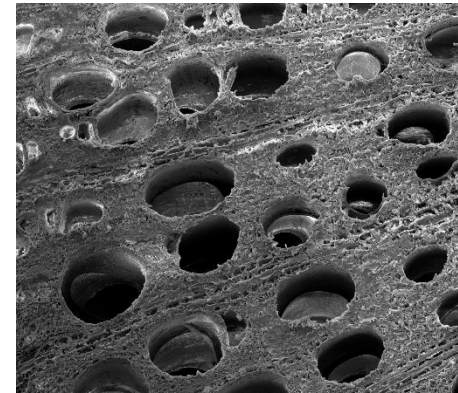


Perturbations mécaniques des flux de sèves

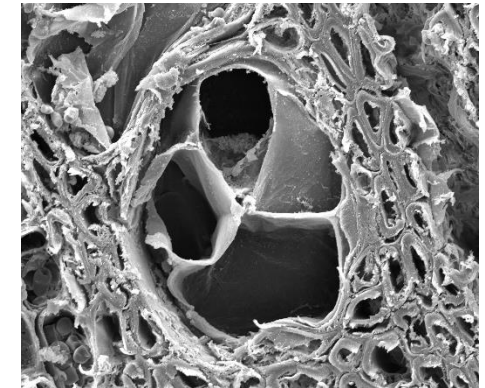
Accidents physiologiques
Thyllose, dépression extrême...



Po = ponctuation



Thyllose
dans les vaisseaux
de Chasselas

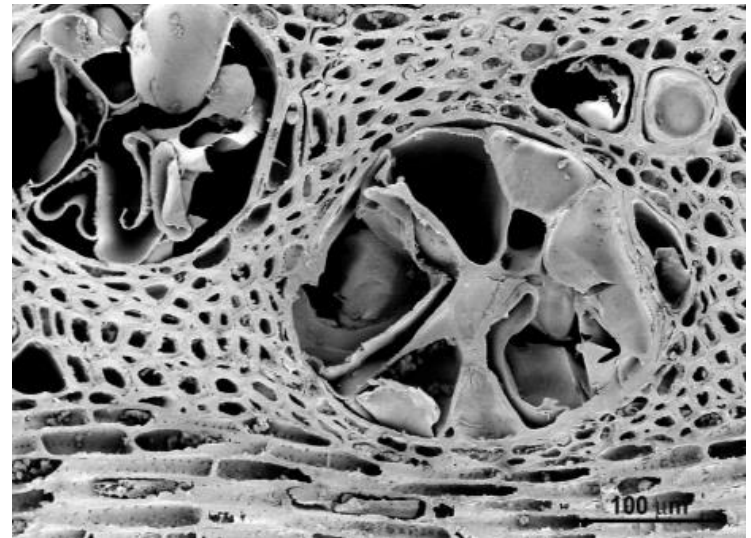




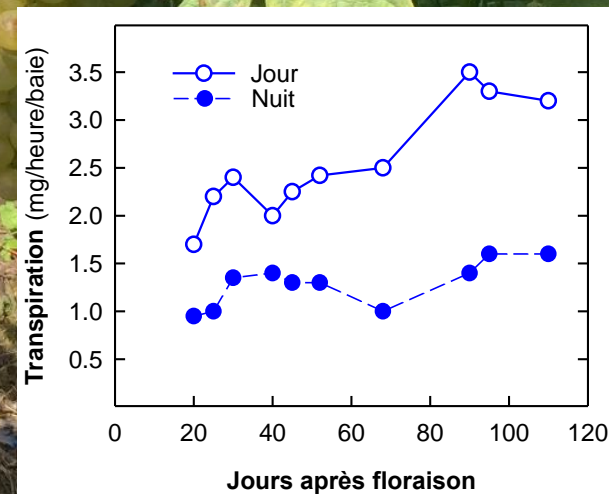
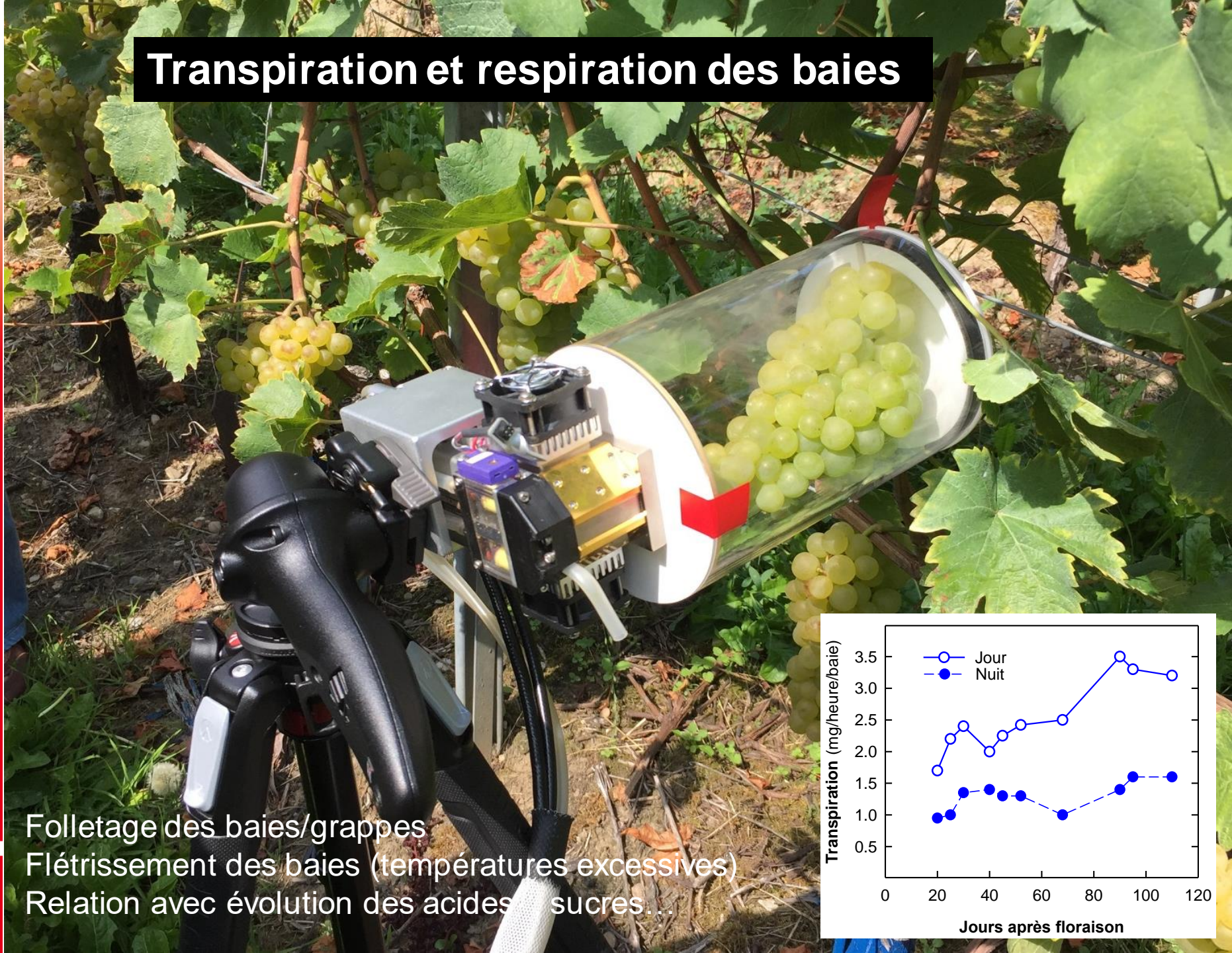
Mécanismes de protection de la vigne lésions, plaies de taille, écimage...

**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



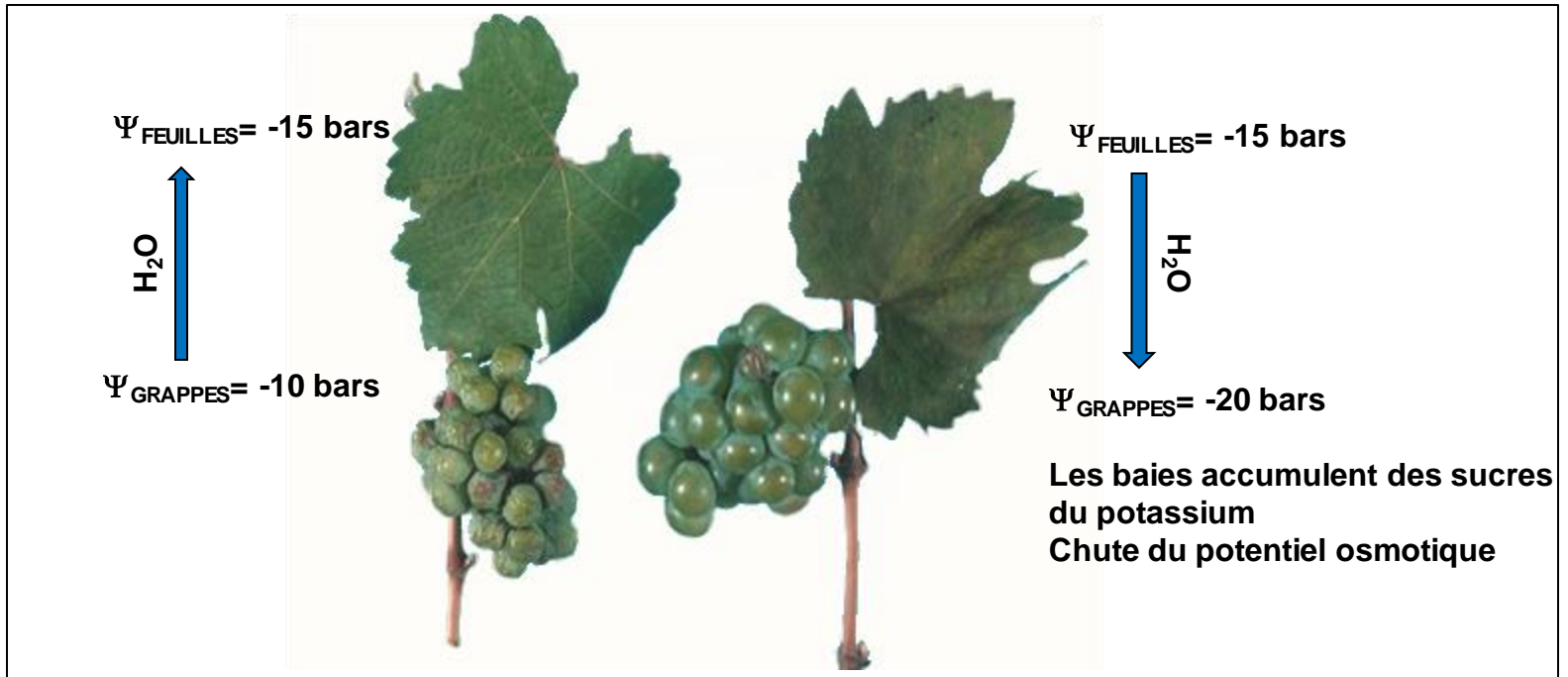
Transpiration et respiration des baies



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

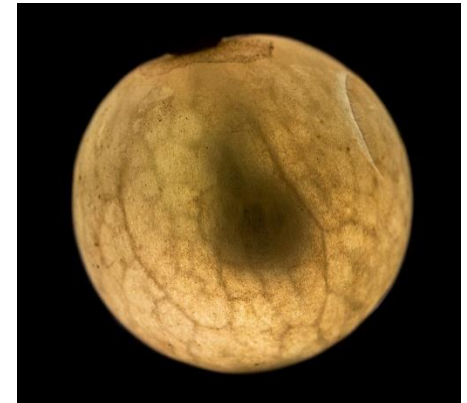
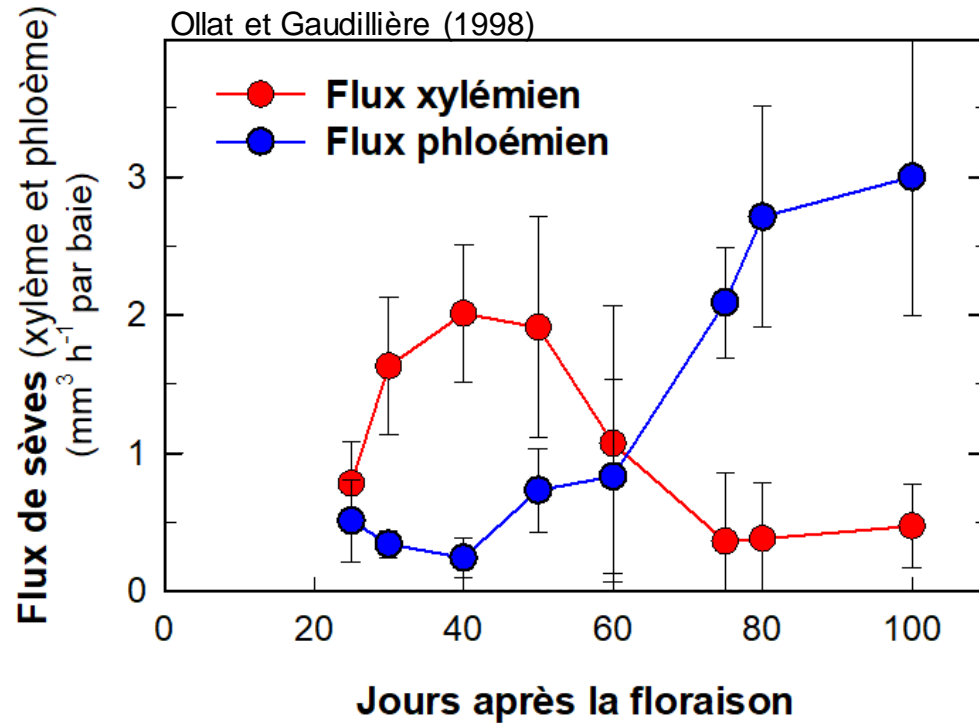
La sève brute transite par le xylème
La croissance des baies sensible au stress hydrique: **baies bien connectées au xylème**
Elles peuvent transmettre l'eau aux feuilles

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

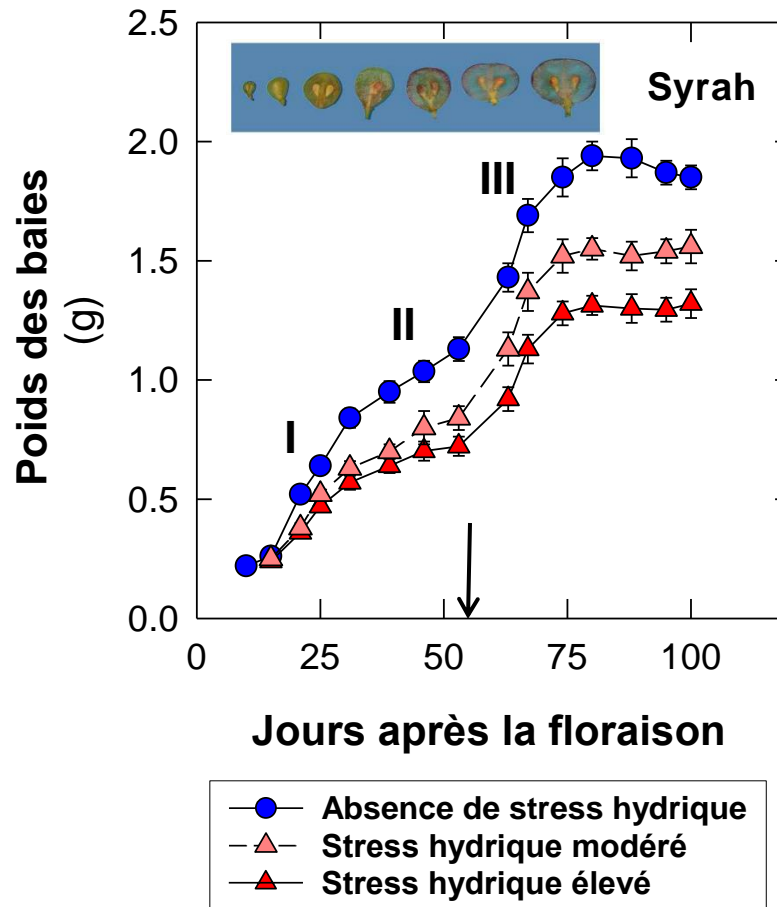


Après la véraison

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

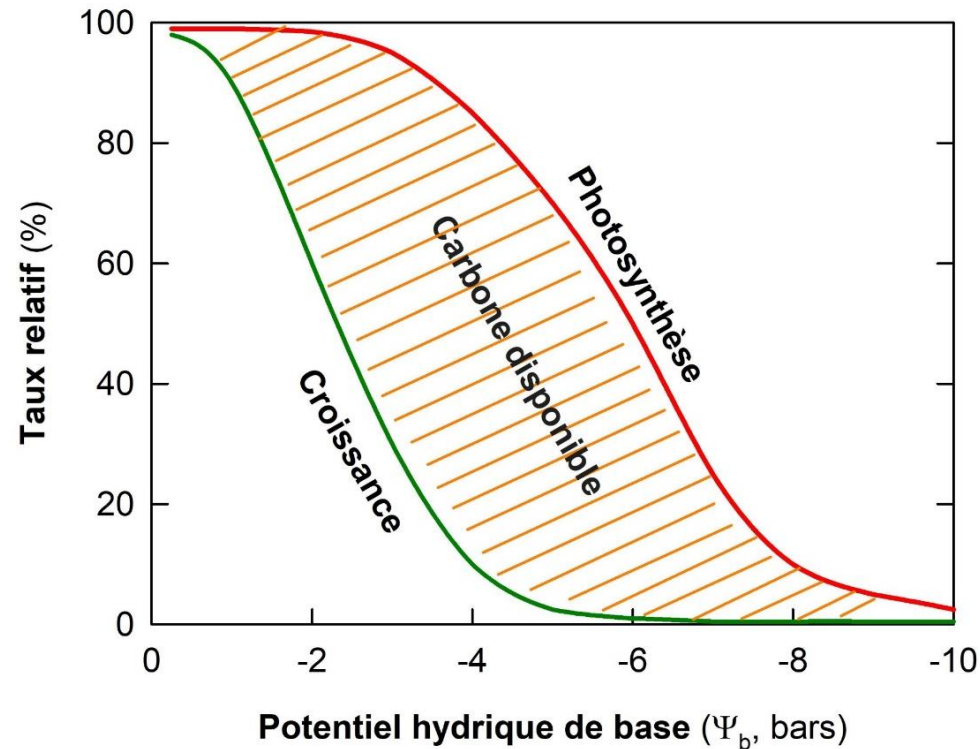
Phase III: reprise de la croissance
(grandissement cellulaire)

Zufferey et Smart (2004)



Notion de contrainte hydrique modérée

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

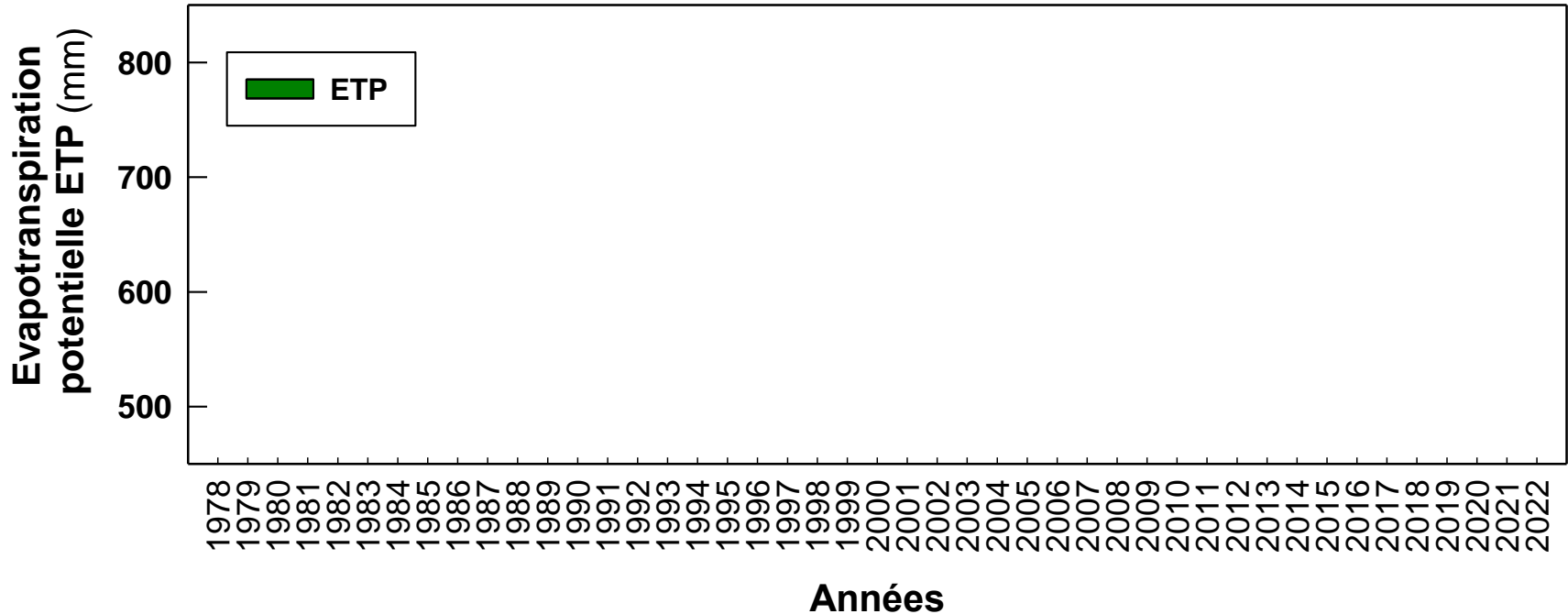


L'intensité, la période et la durée de la contrainte hydrique à considérer

Contrainte faible  Contrainte forte



Evolution de l'évapotranspiration potentielle (ETP) du 1^{er} 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

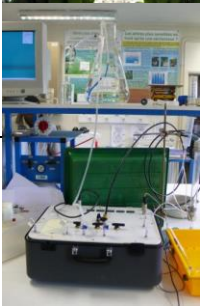
Estimation de l'état hydrique de la vigne:

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 (Ψ)
Conductance stomatique (gs)
Flux de sève brute
Température de la canopée
Composition isotopique (^{13}C , ^{18}O , ^2H)
Dendrométrie (diamètre du tronc)
Modèles de bilan hydrique

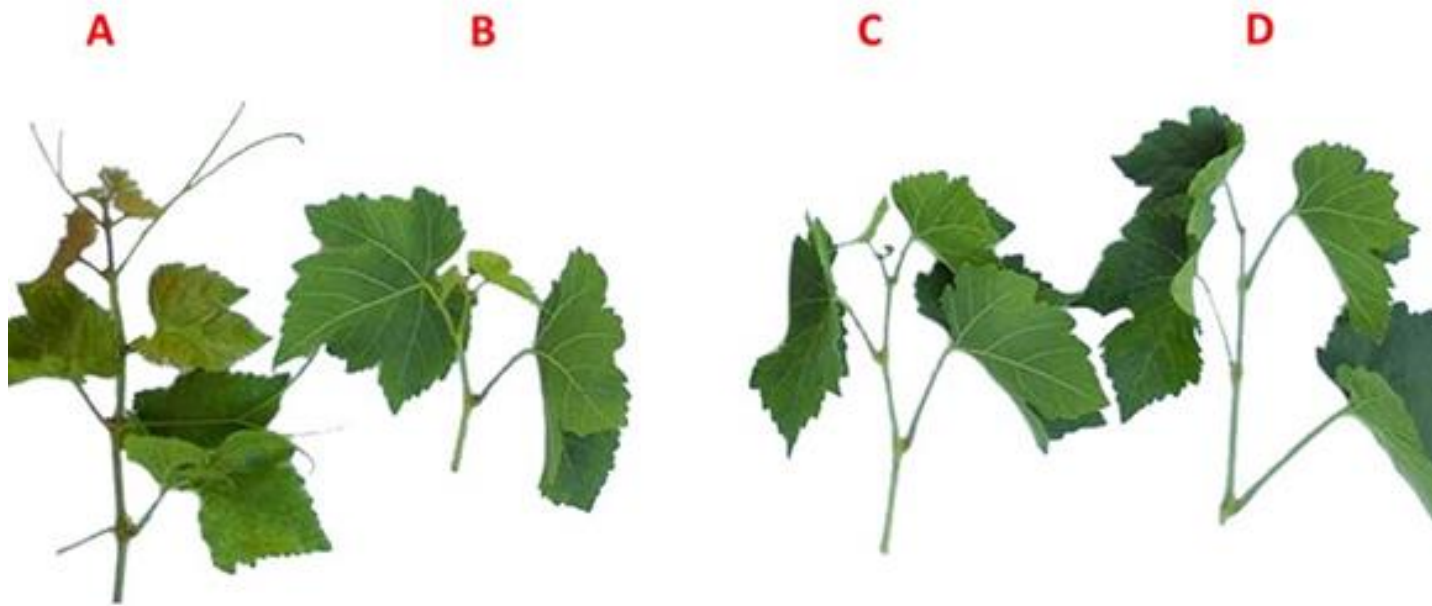
Conductivité hydraulique
Emissions acoustiques

...





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

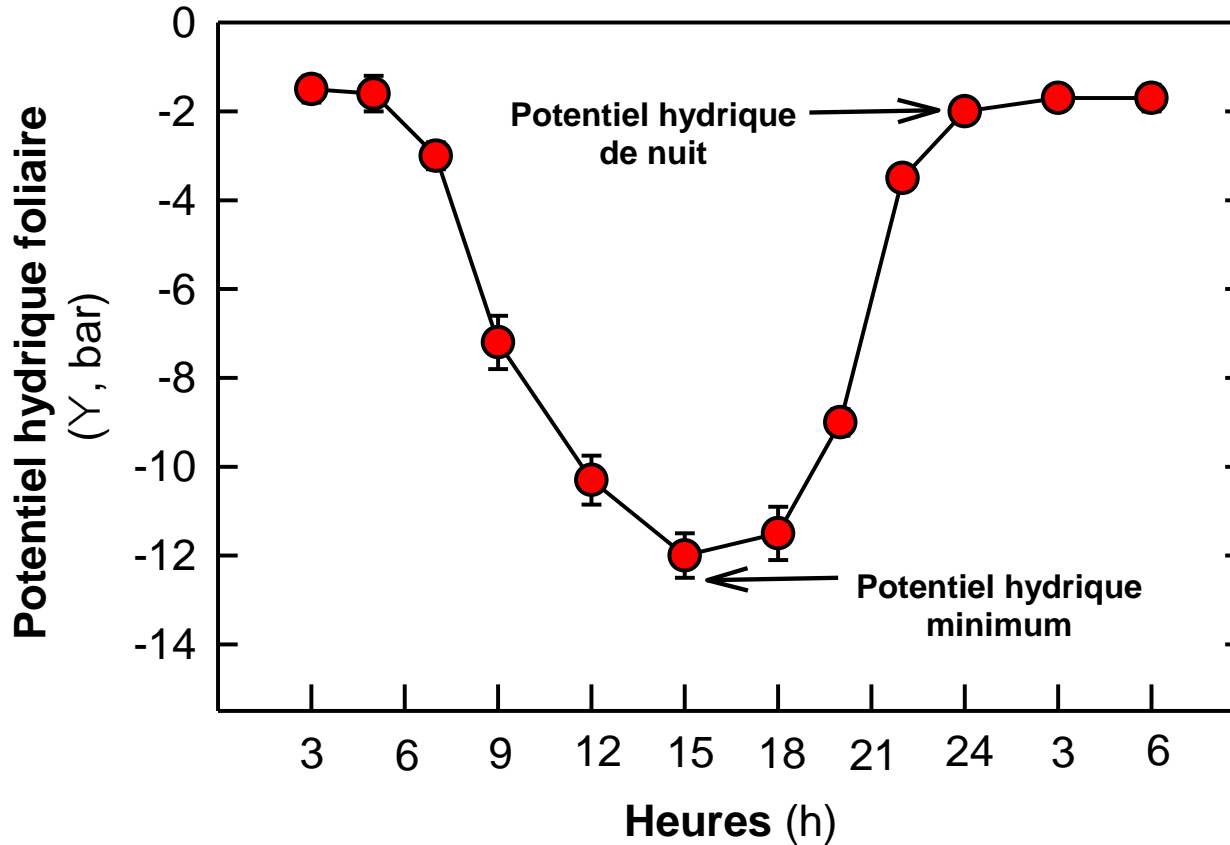
contrainte hydrique faible

contrainte hydrique modérée

Stress hydrique fort et prolongé



Mesure du potentiel hydrique foliaire (Ψ) 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** (Ψ , bar)



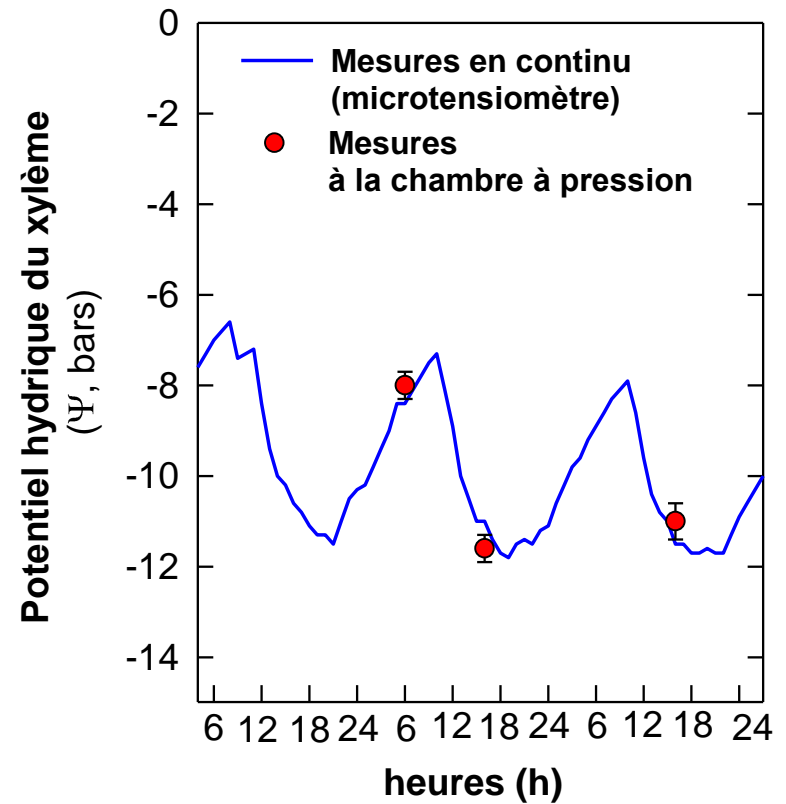
Valeurs en bars	Ψ feuilles (de nuit)	Ψ feuilles ombre (après-midi)
Aucun stress	-0.5 à -1.5	> -7
Stress faible	-1.5 à -3	-7 à -10
Stress modéré	-3 à -5	-10 à -12
Stress fort	-5 à -8	-12 à -15
Stress sévère	< -8	< -15

L'époque et la durée du stress hydrique sont déterminantes



Potentiel hydrique du système vasculaire

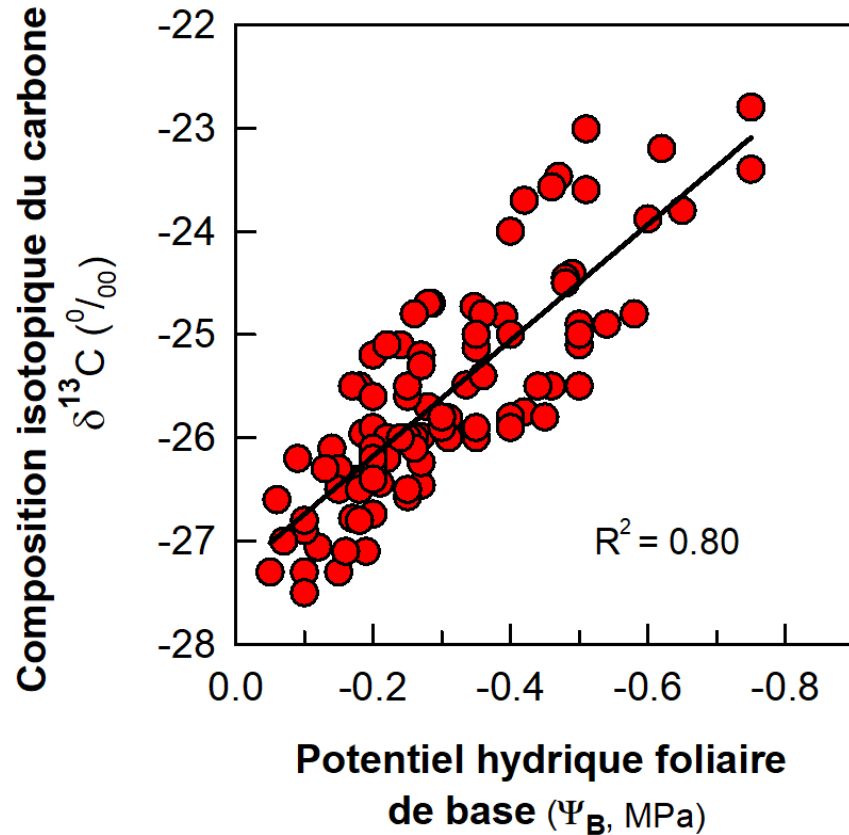
Pinot noir, Leytron août 2022





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

Chasselas 2003-2012

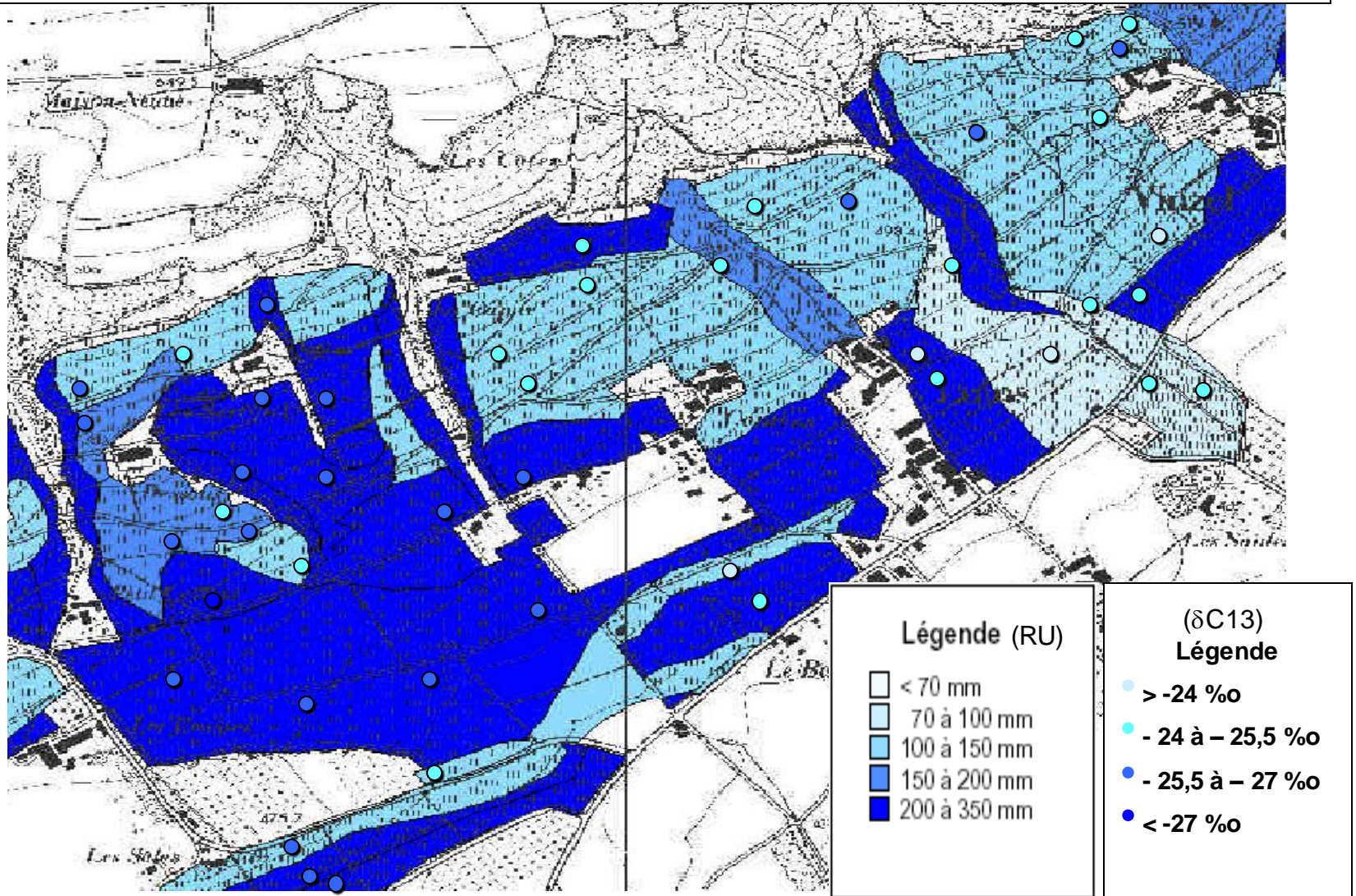


Deux isotopes ^{13}C et ^{12}C dans les sucres
des raisins (rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)

Stress hydrique:
Enrichissement en ^{13}C

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

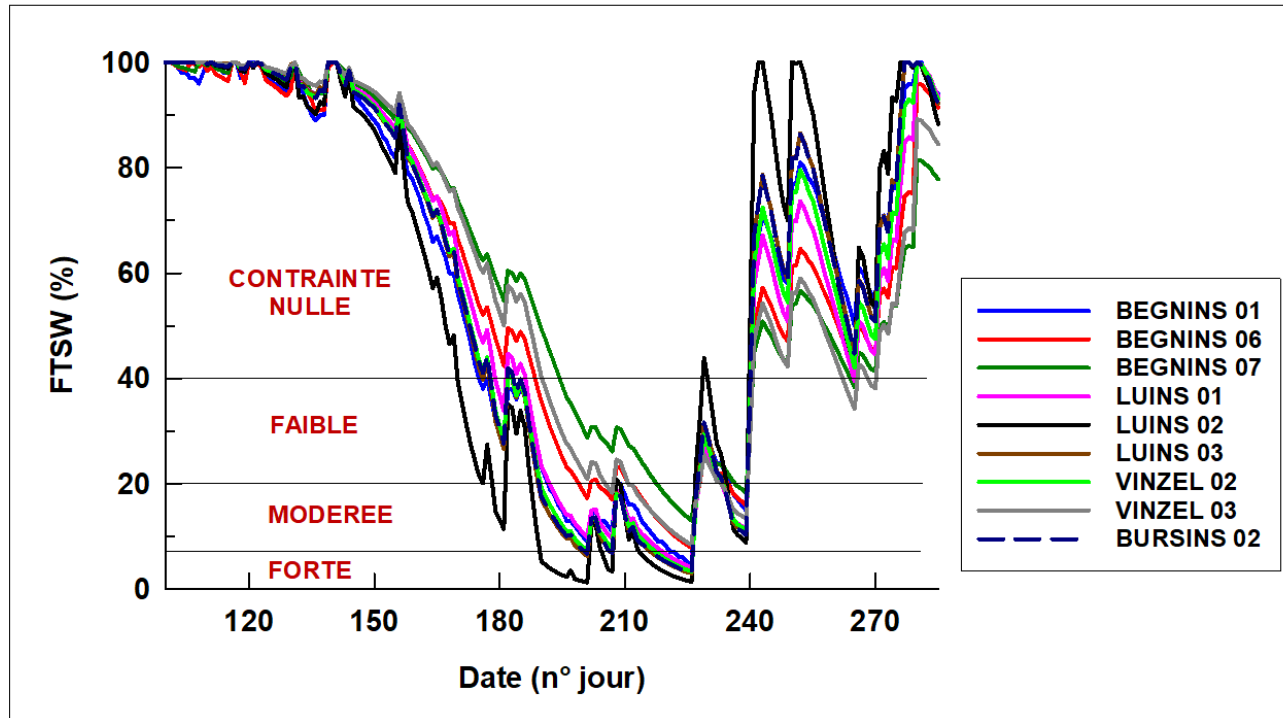
Composition isotopique du carbone ($\delta C13$) dans le moût à la vendange selon la réserve utile des sols (RU). Chasselas, Begnins, Luins, Vinzel 2005





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)

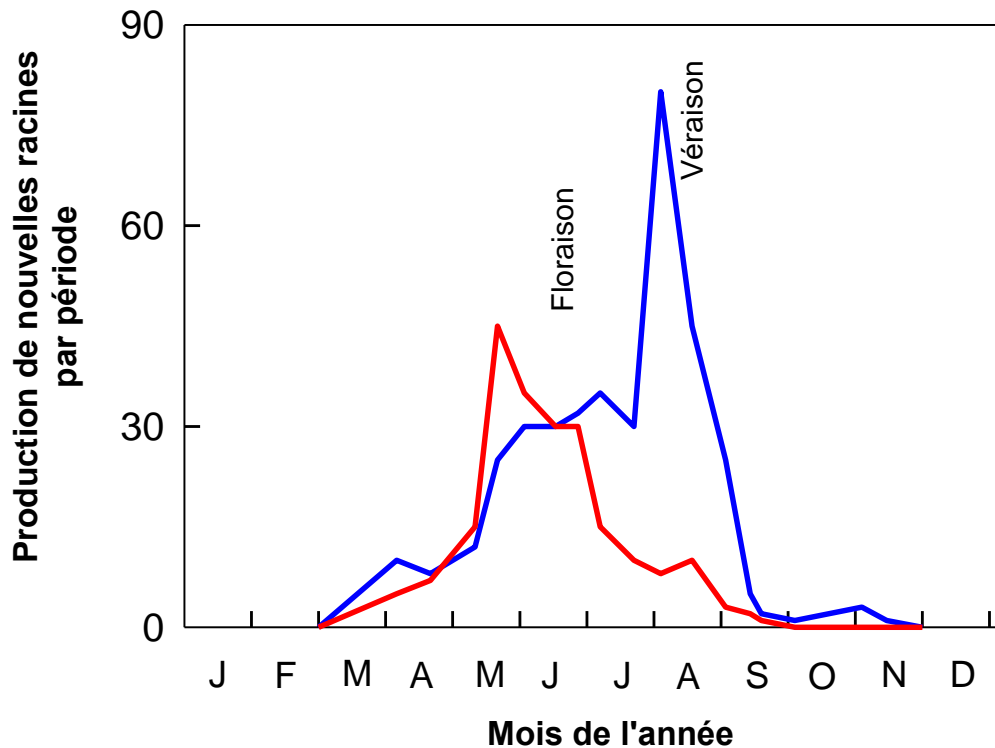
Suivi de la réserve hydrique du sol en cours de saison



Sécheresse et production de nouvelles racinelles

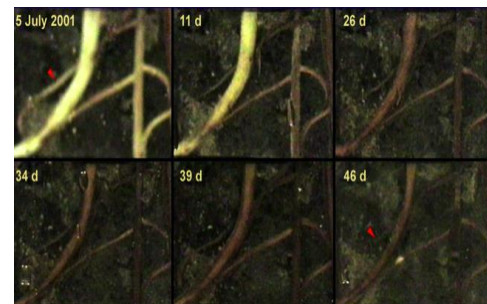
Cépage Concord, Geneva (NY)

Alan Lakso 2005



Importance des petites racines blanches:

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





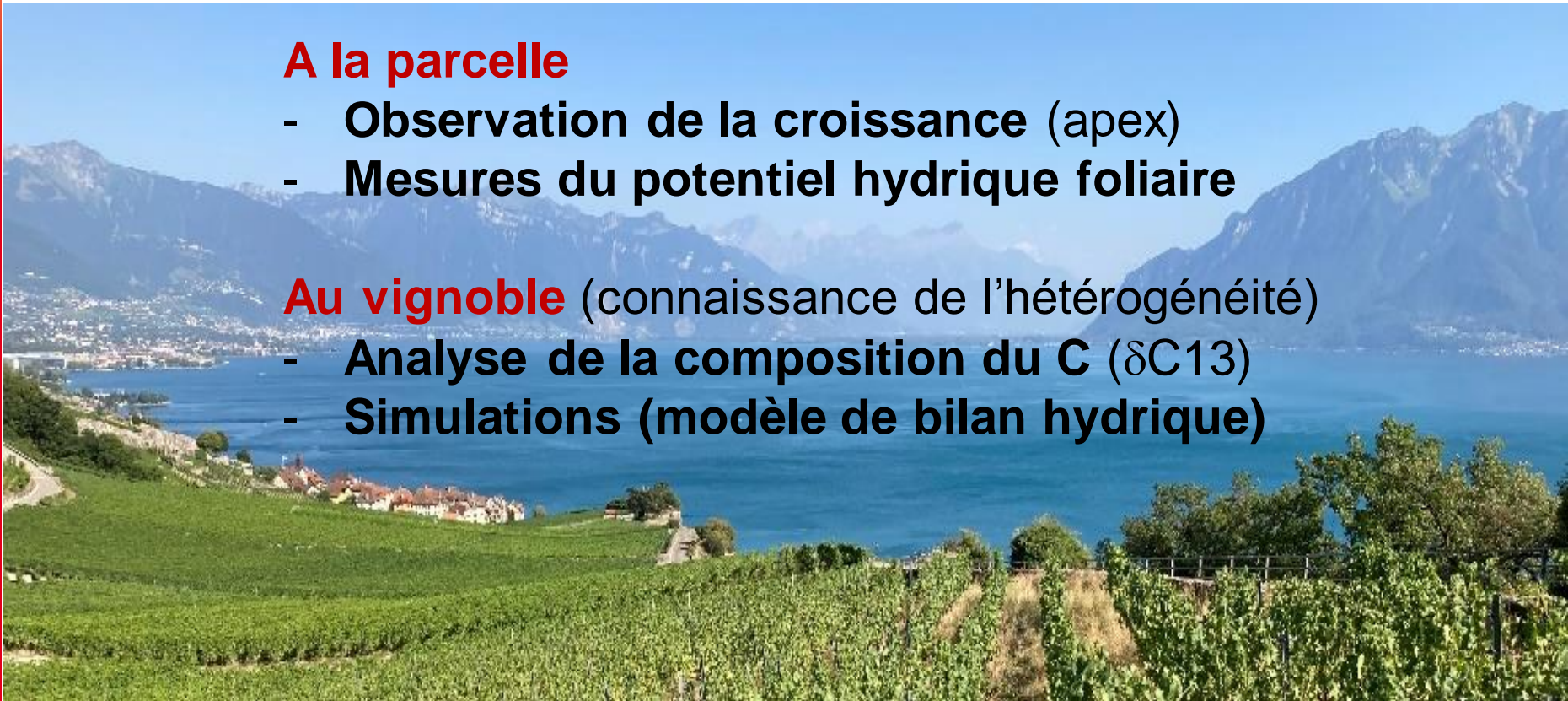
Nécessité de disposer d'indicateurs pertinents de la contrainte hydrique

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 (δC^{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)

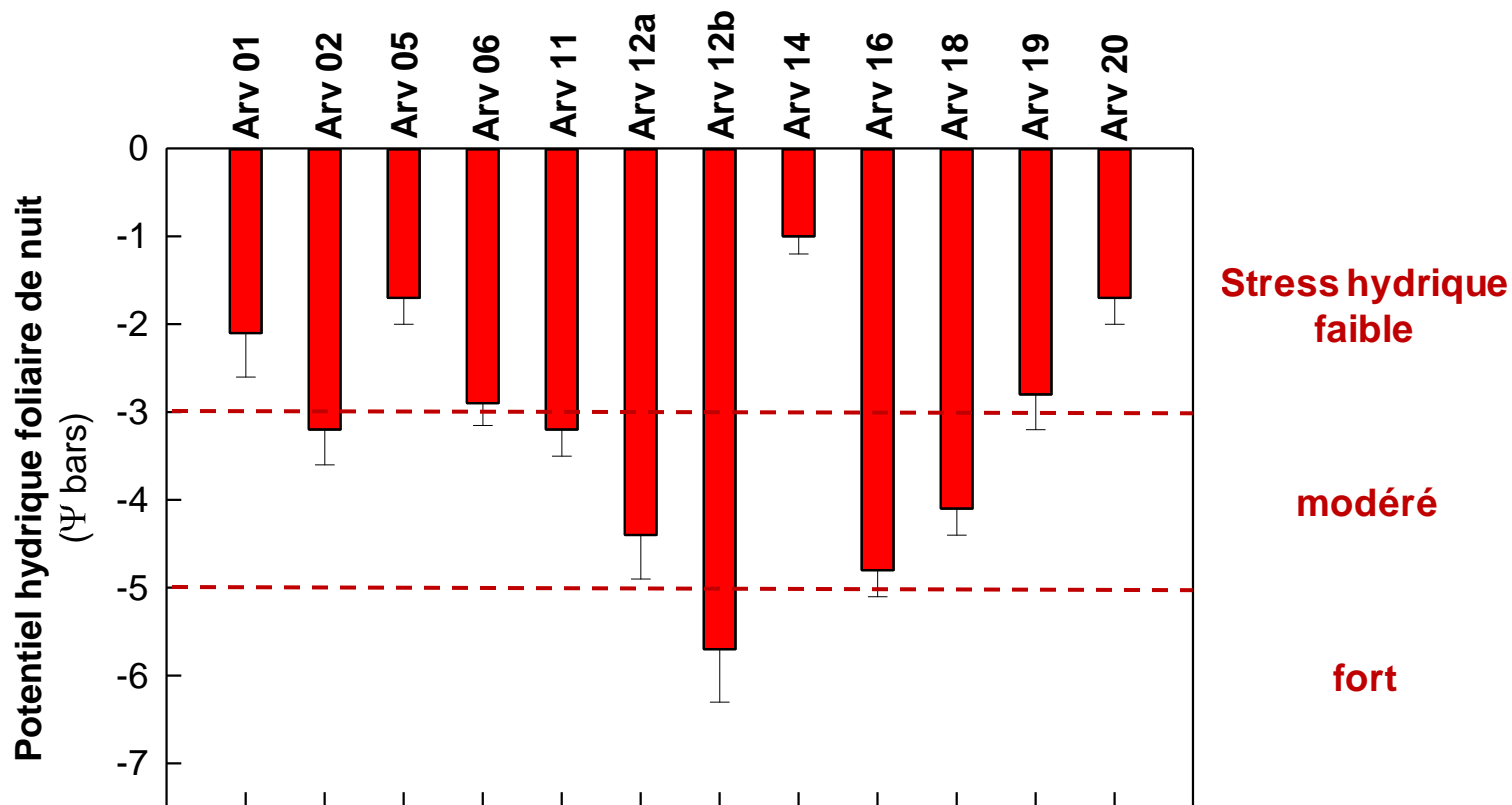
Accidents physiologiques (embolies, folletage des grappes...)

Qualité des raisins et des vins



Terroirs et alimentation en eau de la vigne

Potentiel hydrique foliaire: Arvine, Fully (01.09.2009)

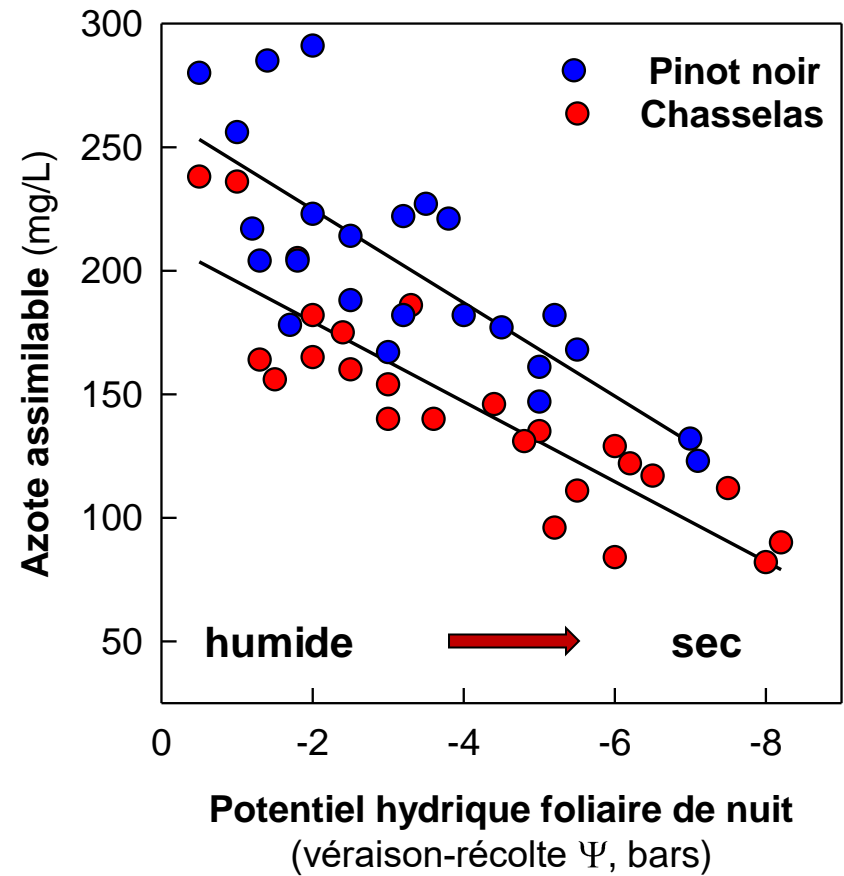
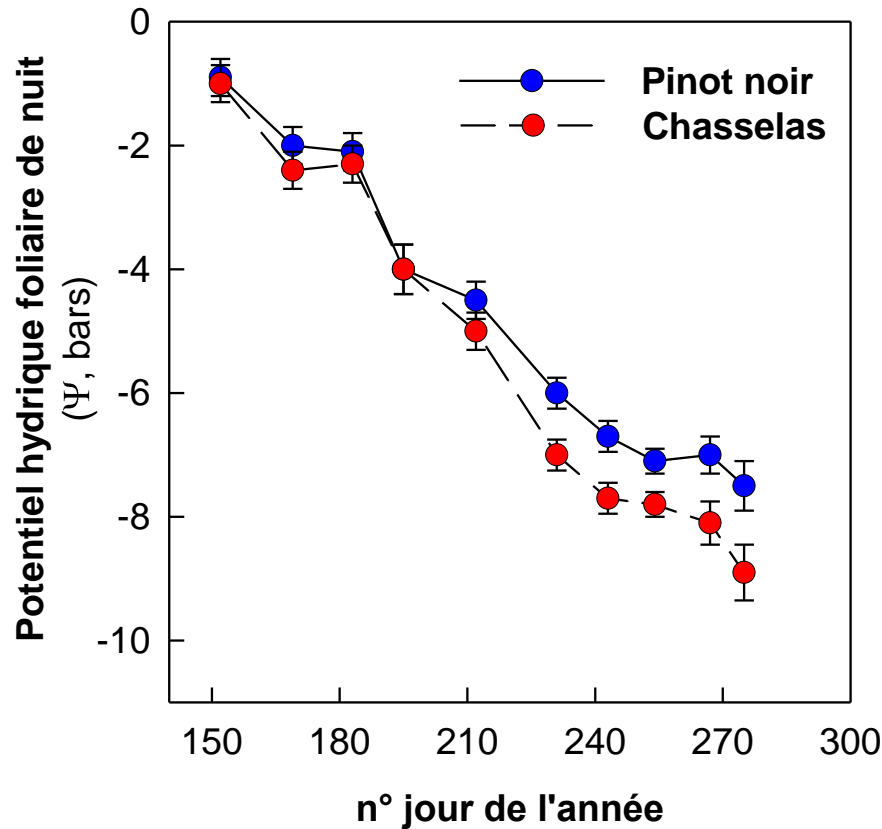




Sensibilité des cépages à la sécheresse

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

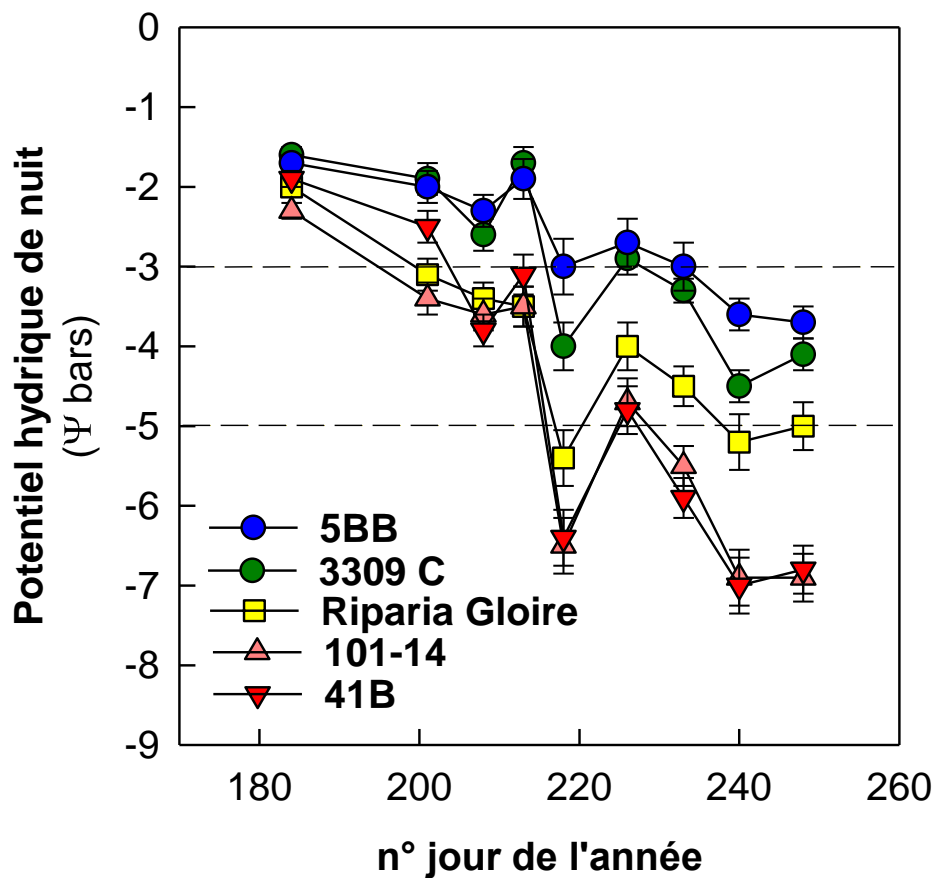
Cépages rouges: Pinot noir, Gamay, Humagne rouge...

- 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

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



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

Essais en cours et en développement

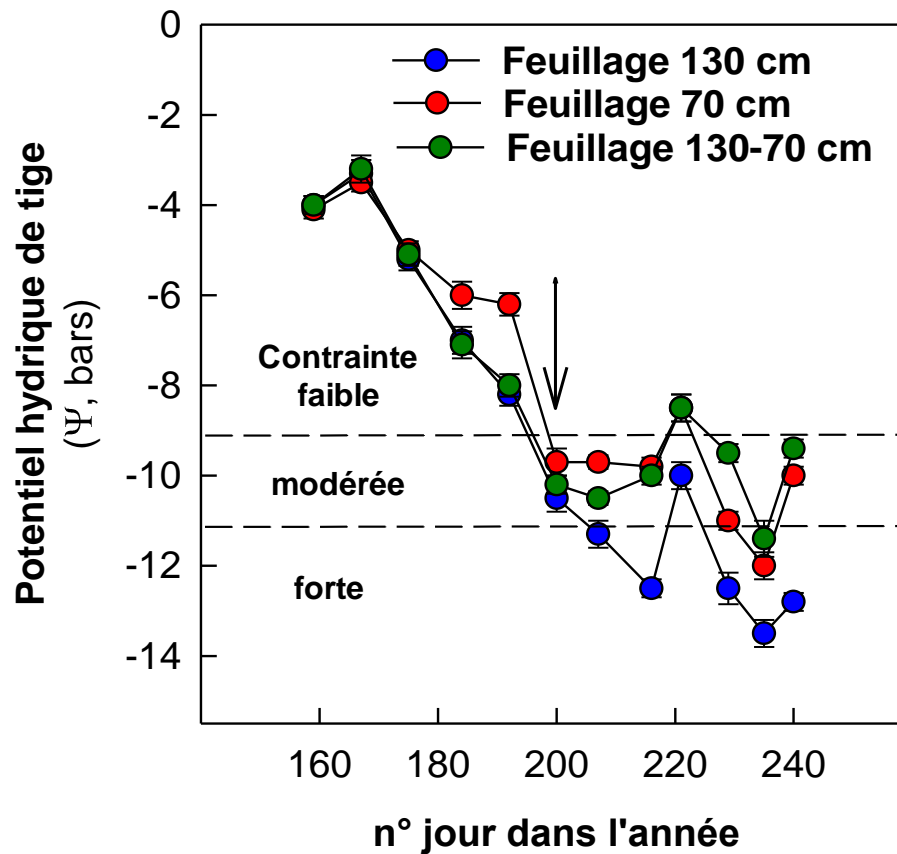
Tests de porte-greffes:	1103P, 110 Richter, 140 Ruggieri, M1, M4 ...
Avec différents cépages:	Chasselas, Arvine, Cornalin, Gamaret et Merlot
Différents terroirs Agroscope:	Changins, Pully, Leytron, Cugnasco

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



Hauteur de la haie foliaire et statut hydrique

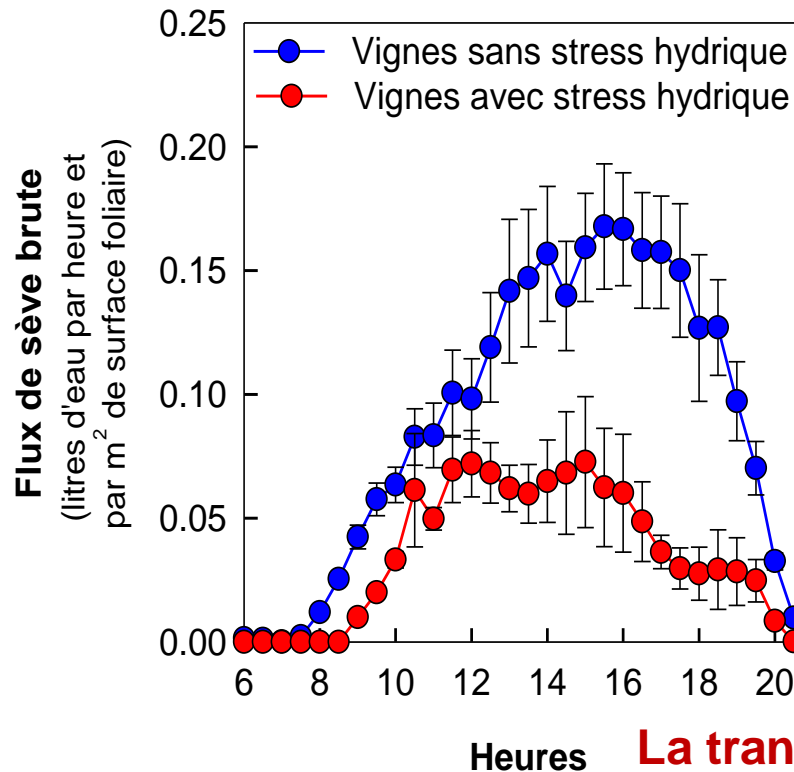
Pinot noir, Leytron 2018





Hauteur de feuillage et surface foliaire exposée élevée

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

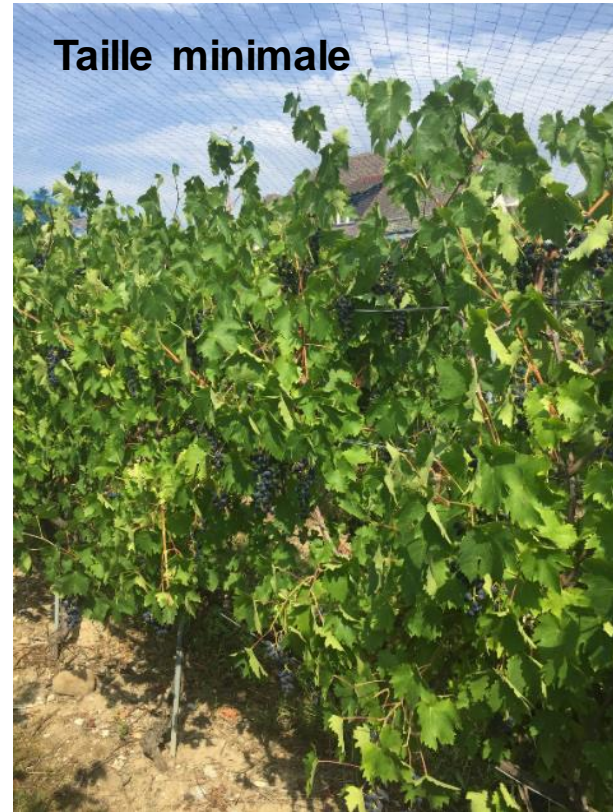
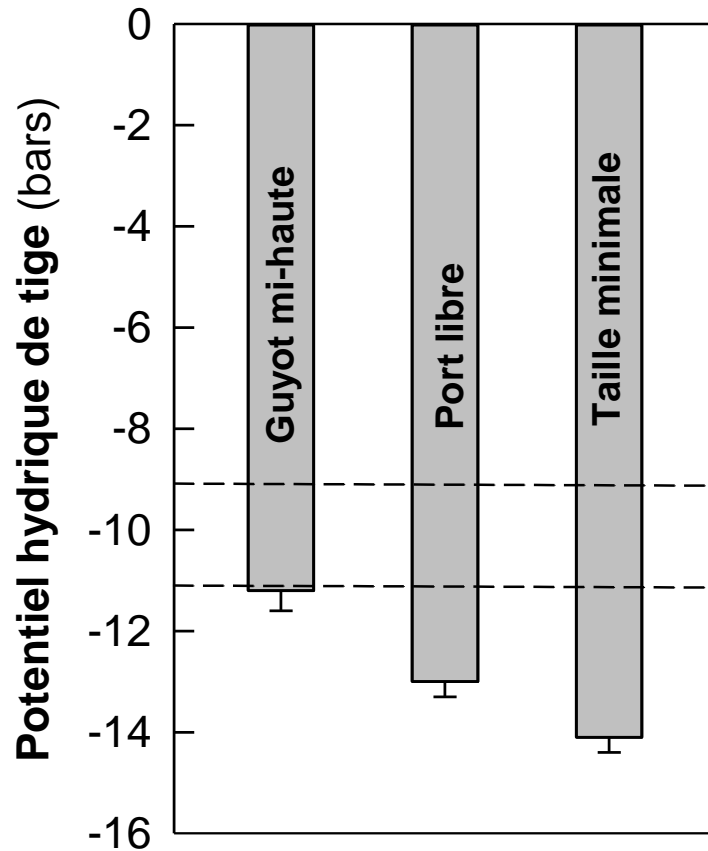


**La transpiration du couvert: 2-3 litres par jour
et par m² de surface foliaire exposée**



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

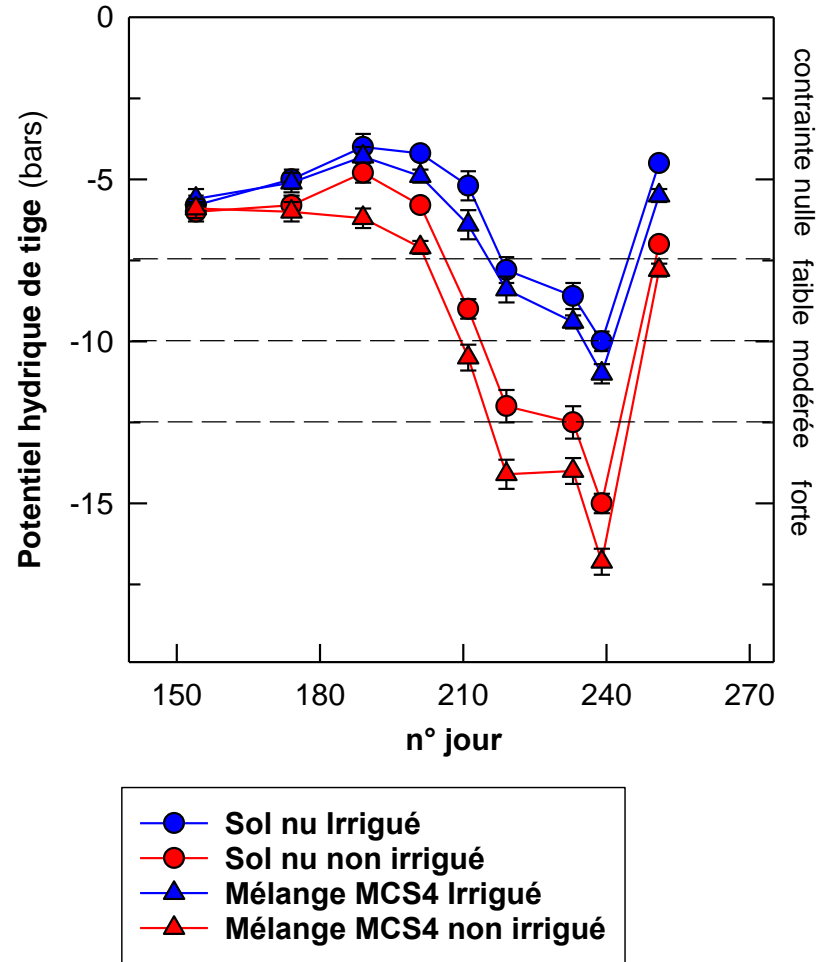
** brome des toits, lotier corniculé, luzerne lupuline, pâturin comprimé, brunelle commune, pimprenelle*





Entretien du sol et régime hydrique

Leytron, Chasselas 2020





Entretien du sol et irrigation

Résultats viticoles

Leytron, Chasselas 2020

	Rdt (kg/m ²)	Sucres (°Oe)	Acidité totale (g/l)	Azote assimilable (mg/l) 2020	Azote assimilable (mg/l) 2021
Sol nu irrigué	1.1	78	5.0	141	201
Sol nu non irrigué	1.0	81	4.6	122	182
Mélange MCS4 irrigué	1.1	80	4.6	82	78
Mélange MCS4 non irrigué	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	4.1 a
Sol nu non irrigué	4.1	4.2	2.6	3.9 ab
Mélange MCS4 irrigué	3.8	4.3	2.8	3.7 ab
Mélange MCS4 non irrigué	3.8	4.2	3.0	3.5 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

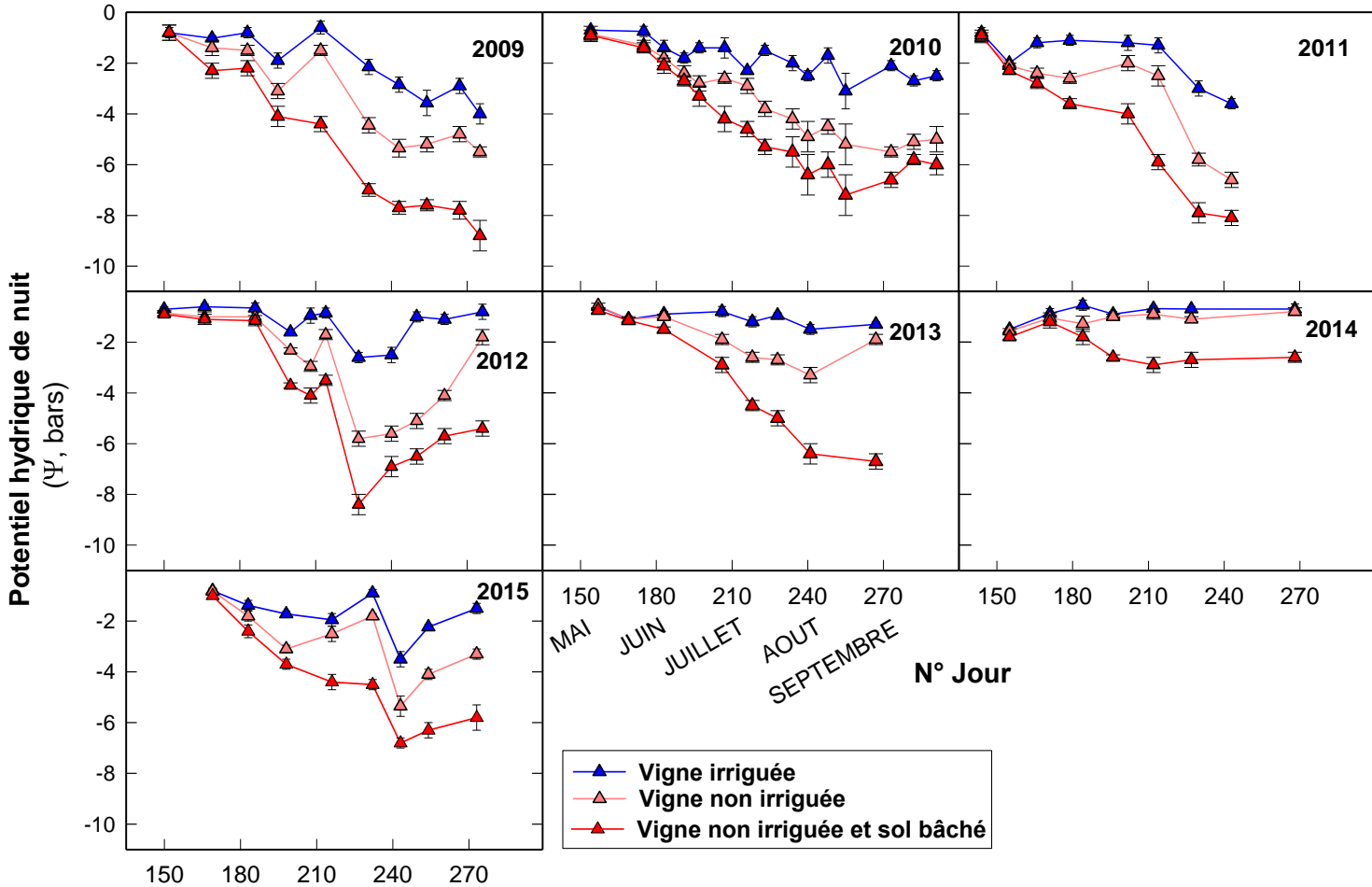
- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1 – Vigne irriguée (floraison-véraison): | aucune contrainte |
| 2 – Vigne non irriguée: | contrainte modérée |
| 3 – Vigne non irriguée et sol bâché: | contrainte modérée à forte |

Goutte à goutte, 1x par semaine (9L/m²)



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

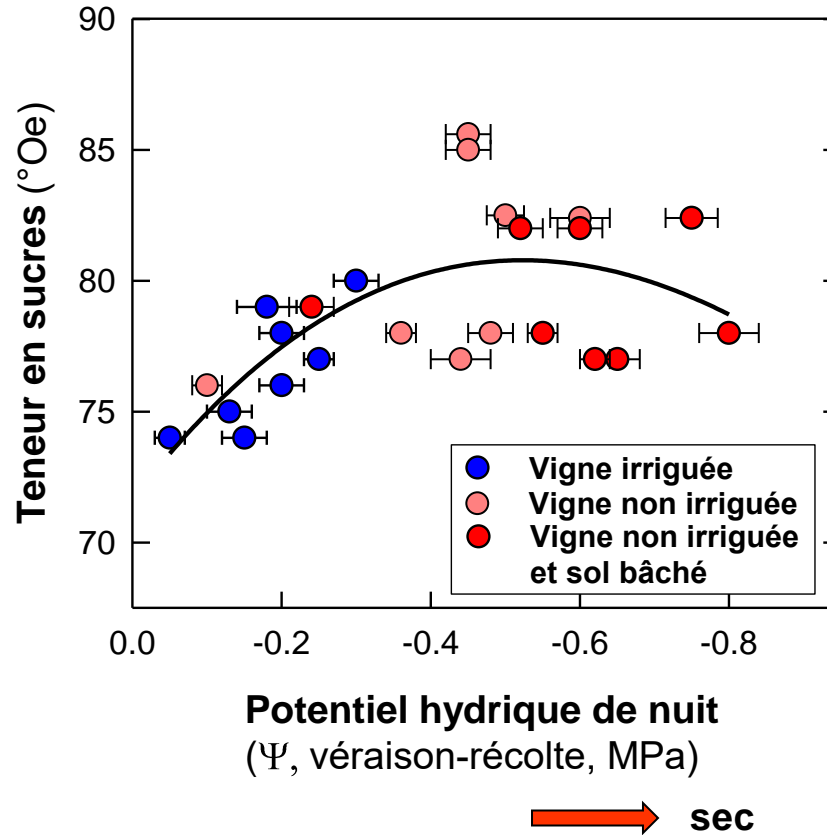
Leytron, **Chasselas 2009-2015**





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

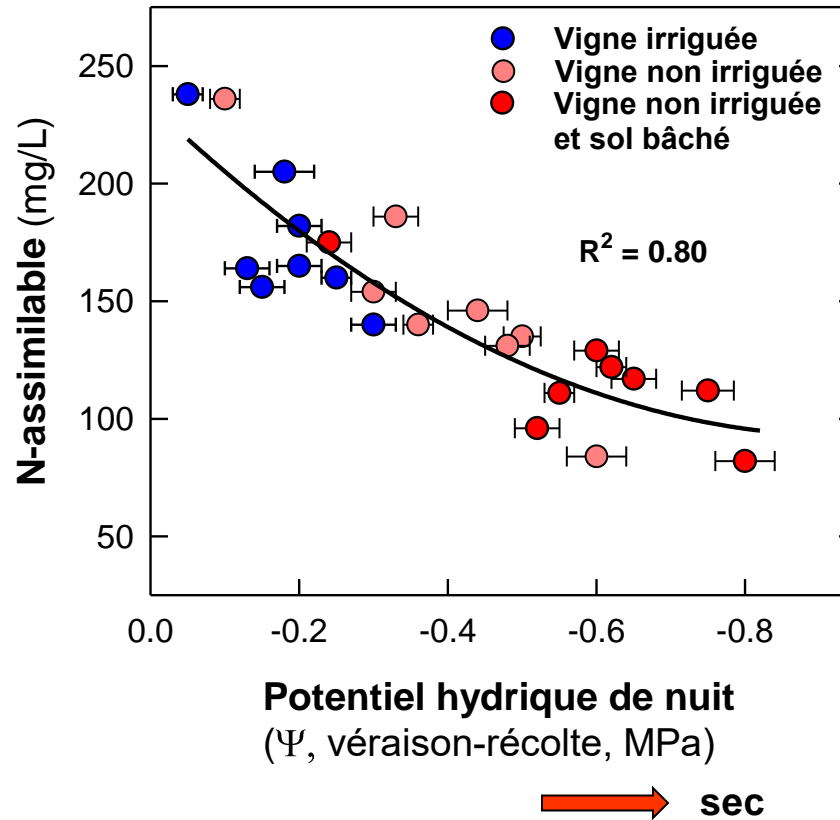
Chasselas, Leytron 2009-2016





Alimentation en eau de la vigne et azote assimilable des moûts

Chasselas, Leytron 2009-2016

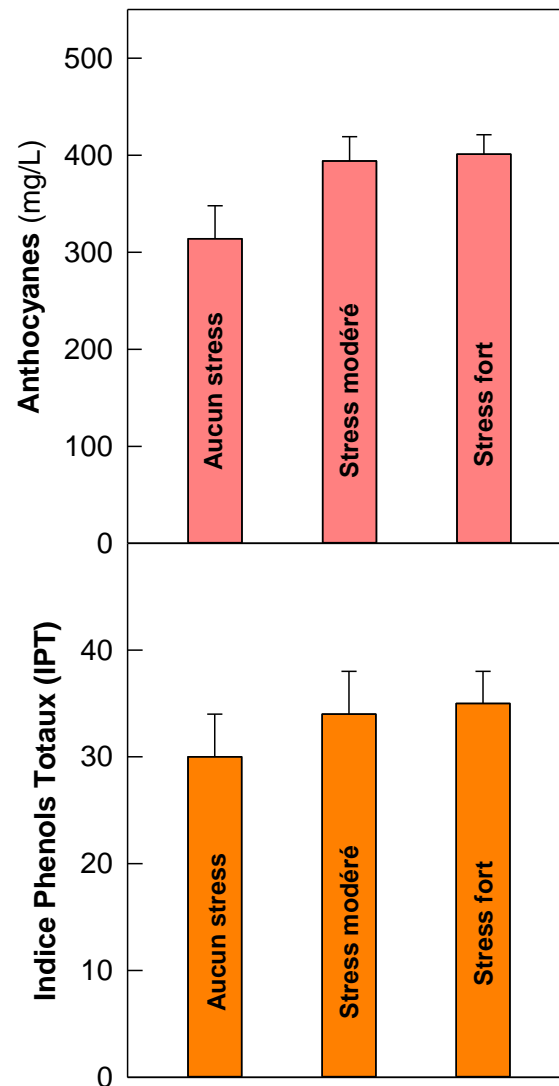




Anthocyanes et phénols totaux dans les vins

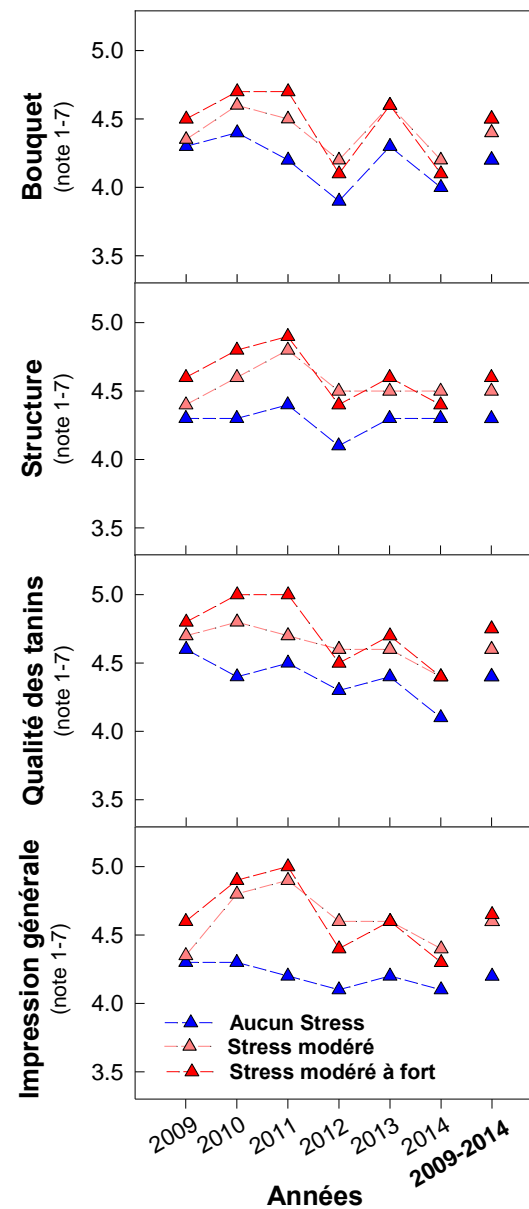
Pinot noir

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
(CO₂ 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

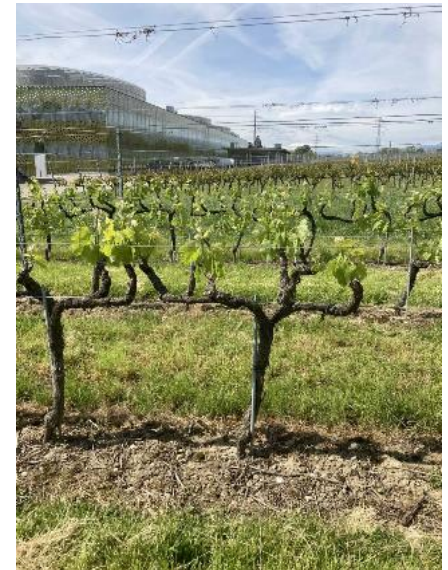
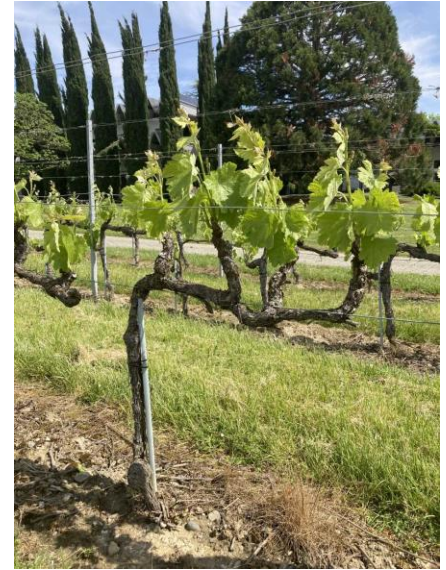
Cordon Royat

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
A:	Guyot simple, témoin					
B:	Cordon, témoin					
C:	Guyot simple, Simonit					
D:	Cordon, Simonit					
E:	Cordon double, Simonit					
F:	Guyot à prolongement					
G:	Guyot double, Simonit					



Domaine expérimental de Changins

Résultats viticoles **Chasselas** moyenne 2015-2022

Variantes	Fertilité (grappes/ rameau)	Poids baie (g)	Rendement (Kg/m ²)	Vigueur (g/sarment)
Guyot simple	1.9	2.9	1.3	52
Cordon Royat	1.5	3.0	1.2	58
Guyot Simonit Sirch	1.8	2.8	1.3	47
Cordon Simonit Sirch	1.4	3.1	1.2	54
Cordon double Simonit	1.4	3.1	1.3	56
Guyot double Simonit	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)
Guyot simple	19.9	3.4	4.6	142
Cordon Royat	19.6	3.4	4.9	140
Guyot Simonit Sirch	20.1	3.4	4.6	144
Cordon Simonit Sirch	19.7	3.4	4.9	140
Cordon double Simonit	19.6	3.4	4.9	141
Guyot double Simonit	19.9	3.4	4.7	146



Domaine expérimental de Changins

Mesure du potentiel hydrique de tige (Ψ_T)

Chasselas, août 2022

Variantes	Potentiel hydrique de tige (Ψ_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	0%	0.2%	0.2%	0.8%	0%	0%



Domaine expérimental de Changins

Résultats viticoles **Gamaret** moyenne 2015-2022

Variantes	Fertilité (grappes/ rameau)	Rendement (Kg/m ²)	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)
Guyot simple	23.8	3.1	7.1	67
Cordon Royat	23.7	3.1	7.1	68
Guyot Simonit Sirch	24.0	3.1	7.1	68
Cordon Simonit Sirch	23.8	3.1	7.2	69
Cordon double Simonit	23.9	3.1	7.1	69



Domaine expérimental de Changins

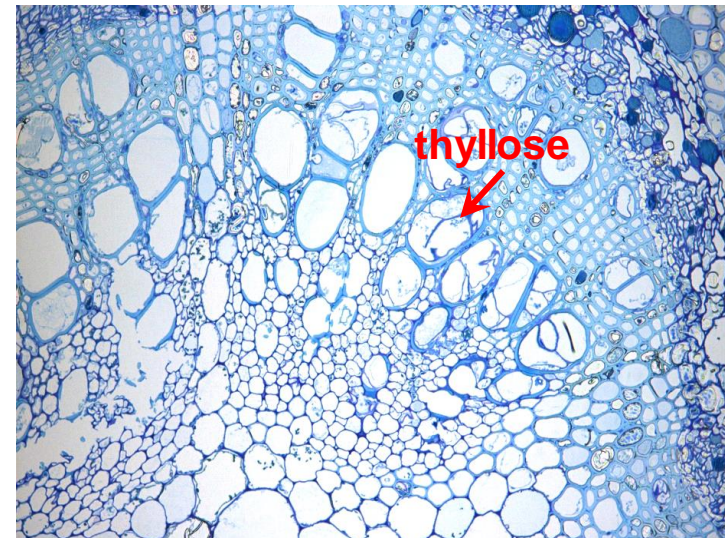
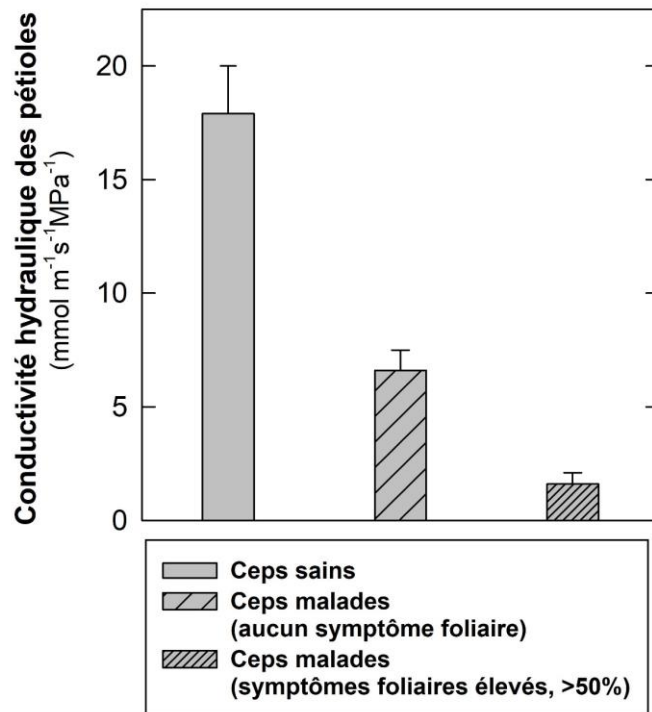
Observations des **symptômes Esca**
Gamaret/3309C, plantation 2009
Résultats 2016-2022

	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
Moyenne 2016-2022	5%	5%	4.5%	5%	4.5%



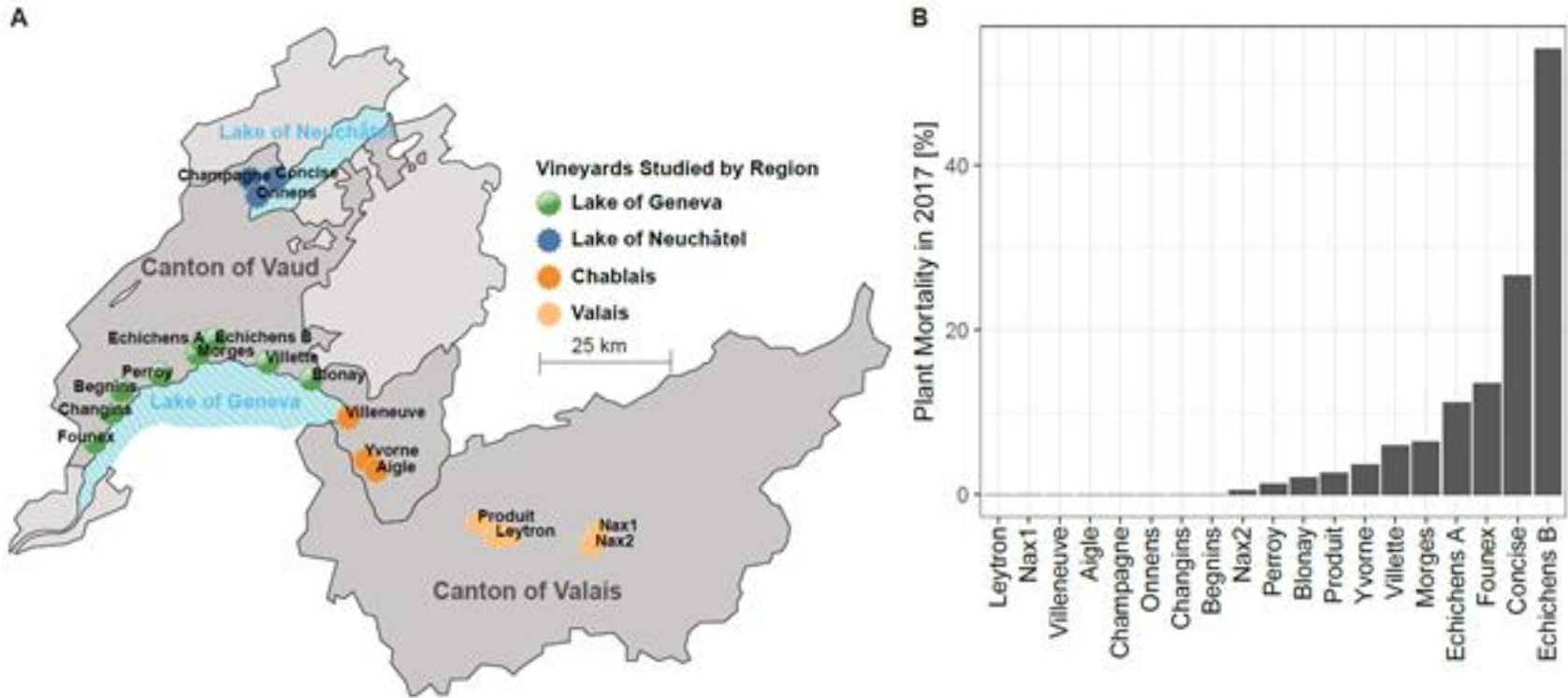
Symptômes de l'Esca et thylose

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





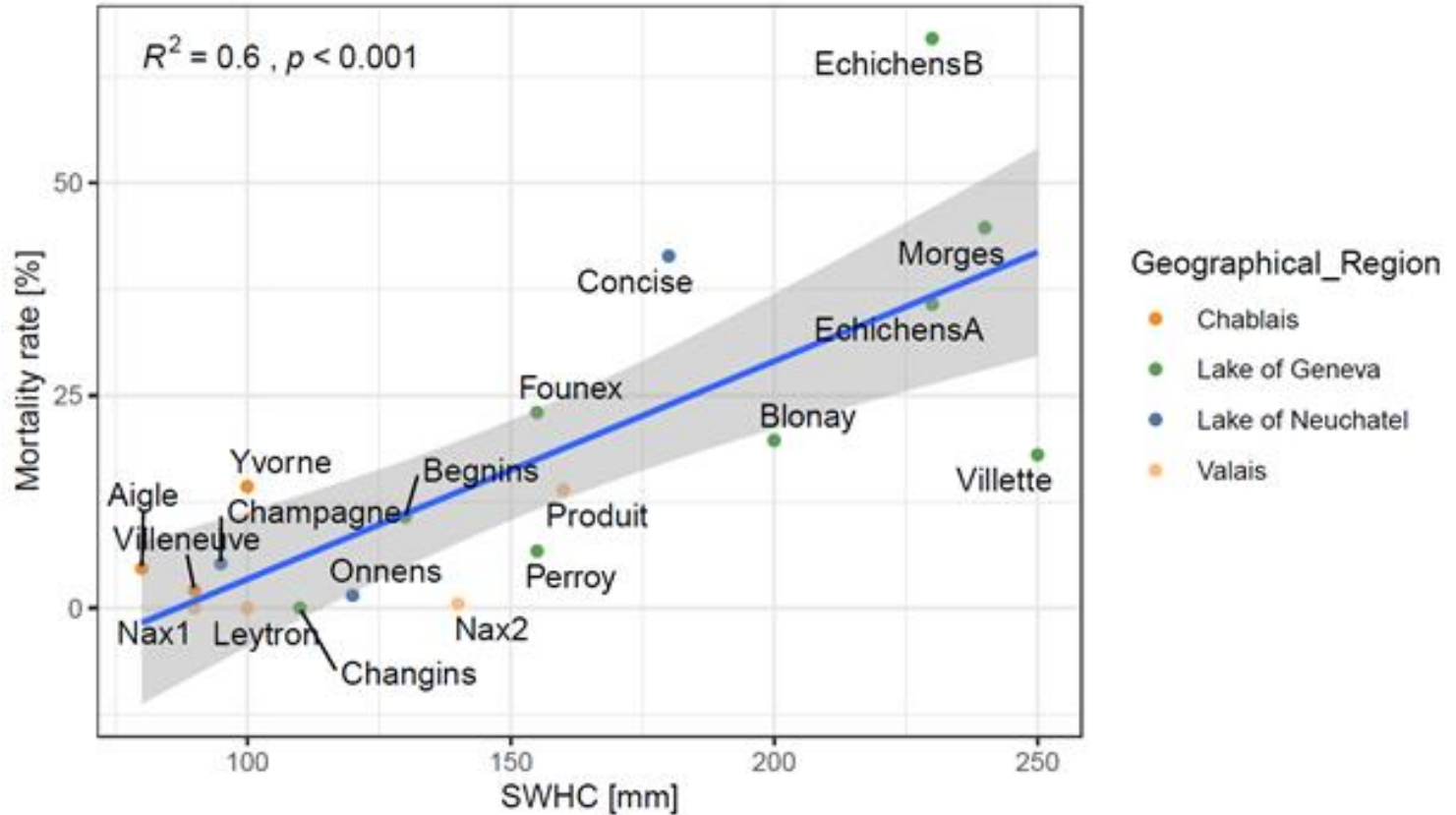
Réseau de parcelles de Gamaret en Suisse et taux cumulé de mortalité de ceps dû à l'esca entre 2003-2017





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

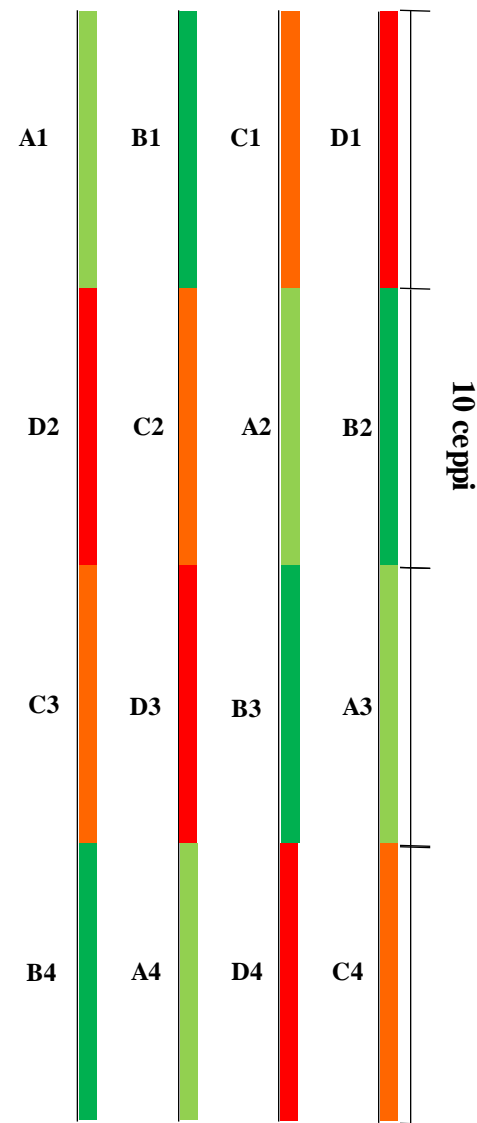
8a – Parcella potatura Simonit

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 ²)	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

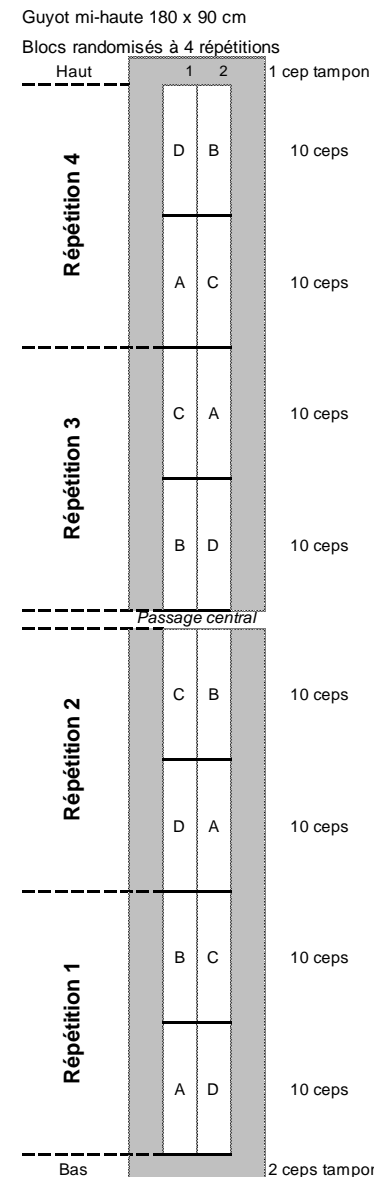




Domaine expérimental de Leytron

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

Variantes	Fertilité (grappes/ rameau)	Rendement (Kg/m ²)	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
B : GUYOT SIMONIT
C : CORDON ROYAT CLASSIQUE
D : CORDON SIMONIT



Merci de votre attention

