



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,  
de la formation et de la recherche DEFR

**Agroscope**

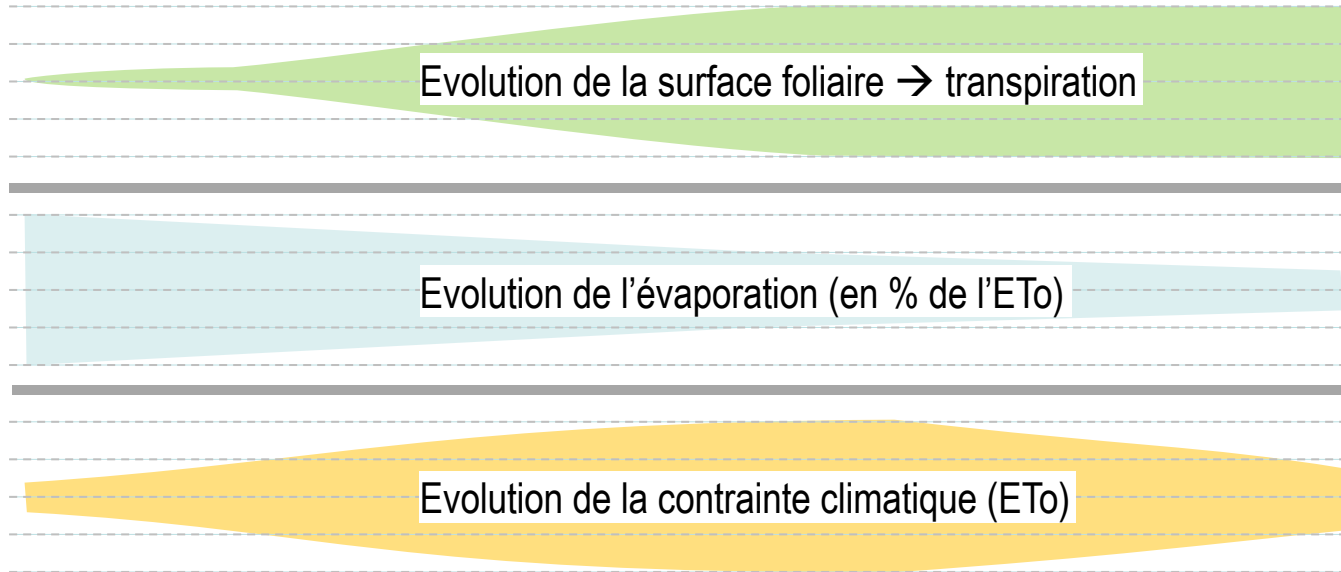
# Stratégies d'irrigation

## Principes pour la gestion du goutte à goutte en verger

**Monney Ph. Quennoz M. Monney A.  
Magnollay L.**



# Paramètres influençant les besoins en eau





# Irrigation selon la saison



Nouaison



Division cellulaire



Croissance végétative



*Pousses courtes, pousses longues*

Induction florale



Grossissement cellulaire



Phase 1	P2	P3	P4	P5
<p>⚠ <u>Hiver sec</u></p> <p>→ Surveillance météo</p> <p>→ Surveillance sondes</p> <p>→ Irriguer si nécessaire</p>	<p>Arrosages de confort</p> <p>Pas d'excès</p>	<p>⚠ <u>Pas d'excès</u></p> <p>Légère restriction pour éviter redémarrage</p>	<p>Arrosage de confort ou légère restriction en fonction du calibre et de la charge</p>	<p>⚠ <u>Pas d'à-coups</u></p> <p>Restreindre en vue de :</p> <p>→ Qualité</p> <p>→ Conservation</p>

# Fréquences recommandées (goutte à goutte)



P1	P2	P3	P4	P5
2-3 fois/semaine	Progressivement jusqu'à 1x/jour	1x/jour	Augmenter à 2x/jour si possible : si $E_{To} \geq 5$ mm si 2 mm/jour n'est pas suffisant	1x/jour



# Le climat comme base de calcul

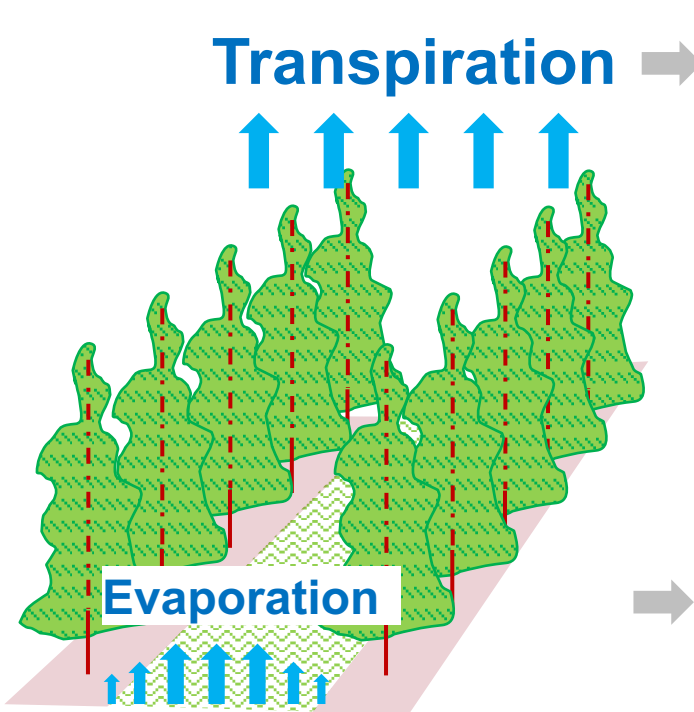


- Température
- Radiation solaire
- Humidité relative
- Vent
- Pluviométrie

- Calcul de la contrainte climatique ( $ET_0$ )
- Bilan hydrique, modèle adapté aux vergers



# Calculs en fonction du climat



Sap flow, leaf area, net radiation and the Priestley–Taylor formula for irrigated orchards and isolated trees

Antonio Roberto Pereira <sup>a,\*</sup>, Steve R. Green <sup>b</sup>, Nilson Augusto Villa Nova <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, SP 13418-900, Brazil

<sup>b</sup> Environment and Risk Management Group, HortResearch Institute, Private Bag 11-030, Palmerston North, New Zealand

**Transpiration d'un arbre avec surface foliaire et surface au sol occupée connus**

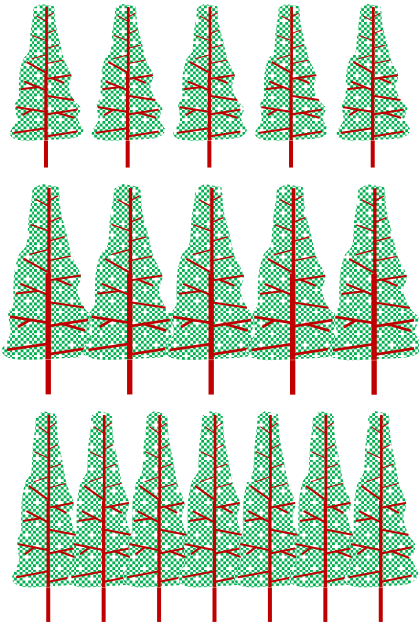
+

**Evaporation depuis la surface de l'interligne**  
Empiriquement  $K_e = 0.1 \text{ à } 0.4 * ET_o$

||

**Consommation d'eau /m<sup>2</sup>**

# Surface foliaire et besoins en irrigation

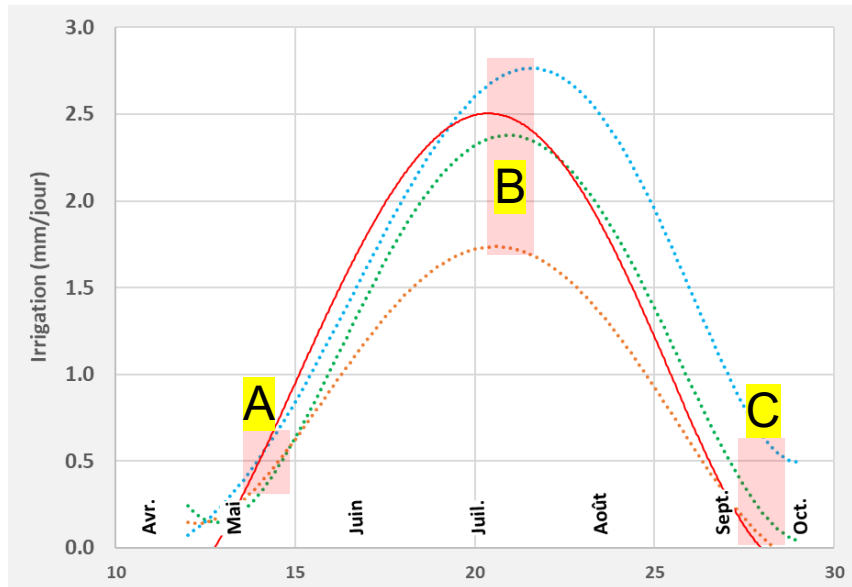


Distances et densités	Surface foliaire par arbre (m <sup>2</sup> )	Indice foliaire (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	Irrigation (calcul 2023)
4.0 x 1.25 2'000 a/ha <b>3-4 ans</b>	5.0	1.0	<b>151 mm</b>
4.0 x 1.25 2'000 a/ha <b>&gt;7 ans</b>	10.0	2.0	<b>225 mm</b>
3.5 x 0.8 3'600 a/ha <b>&gt;5 ans</b>	5.5	2.0	<b>225 mm</b>

 Les besoins en irrigation dépendent de l'indice foliaire (âge et vigueur du verger)



# Doses journalières typiques (2023)



- Parcelles les plus irriguées
- Moyenne toutes parcelles
- Parcelles les moins irriguées
- Irrigation calculée

Réseau d'observation on farm (VD)  
Echantillon de 16 parcelles avec une gestion de l'irrigation jugée correcte  
Indice foliaire moyen: env. 2

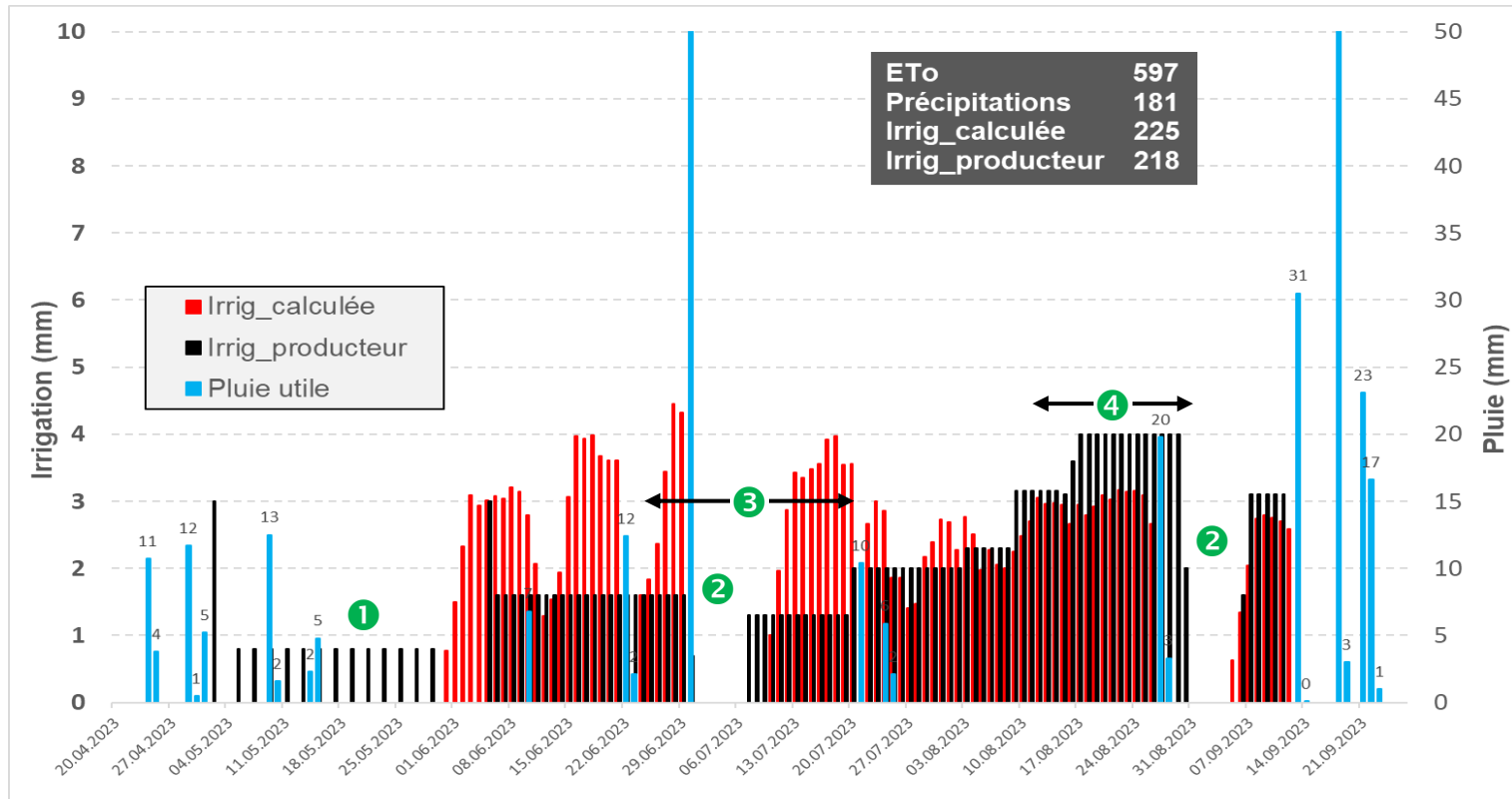
Les doses correspondent à une moyenne par décade à partir du 20 avril (BBCH 61-65)

- A** Début de saison: env. 0.3 à 0.7 mm/jour (1 heure chaque 2 jours)
- B** Juillet: 1.7 à 2.8 mm/jour
- C** Mi-septembre: 0 à 0.6 mm/jour





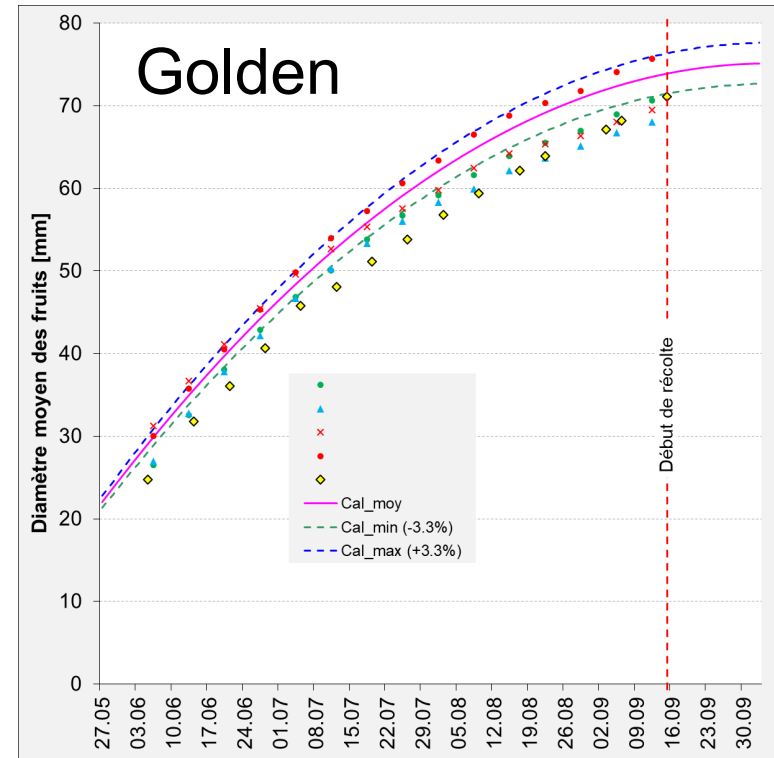
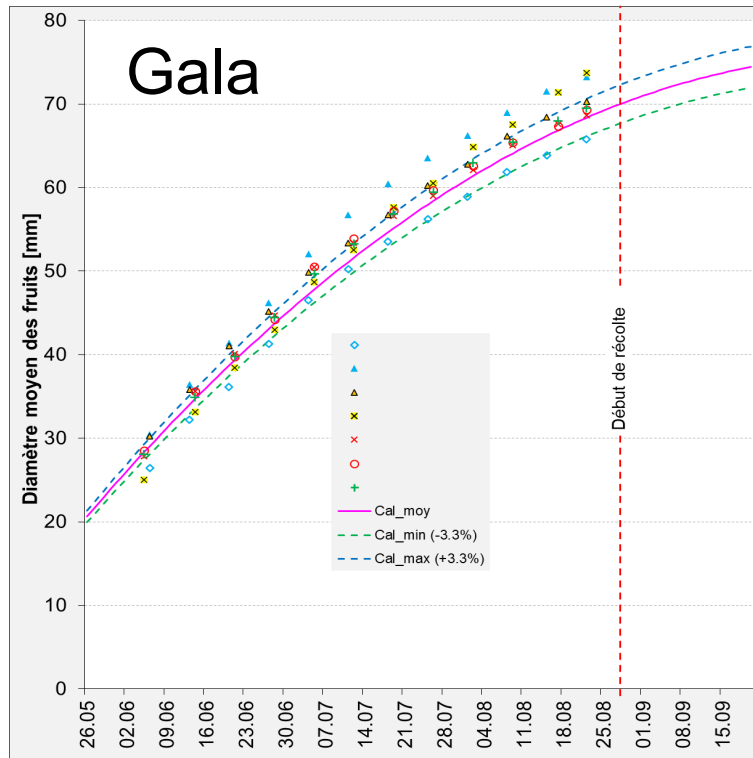
# Exemple de bonne gestion en 2023



La parcelle est équipée de **sondes Watermark** et l'irrigation commandée par un **programmeur**

- ① 1 jour sur 2 (maintenir un bulbe humide)
- ② Les irrigations ne sont interrompues qu'en cas de fortes pluies. Il ne faut pas tarder à reprendre.
- ③ Plutôt pas assez en début d'été (observé dans une majorité de cas)
- ④ Plutôt trop en fin de saison (observé dans une majorité de cas)

# Influence de la charge en fruits (2023)



- Eclaircissage sur Gala réalisé tôt (OK pour 6 vergers sur un total de 7)
- Eclaircissage sur Golden et variétés tardives réalisé tard (OK 1/5)

 Vergers très chargés: irrigation plus élevée, ne compense pas le déficit de calibre

# Irrigation programmée ou automatique ?

## Irrigation programmée

2023, sur 16 vergers, moyenne de 91 jours avec irrigation  
Juillet-août, parfois 2 voire 3 irrigations par jour

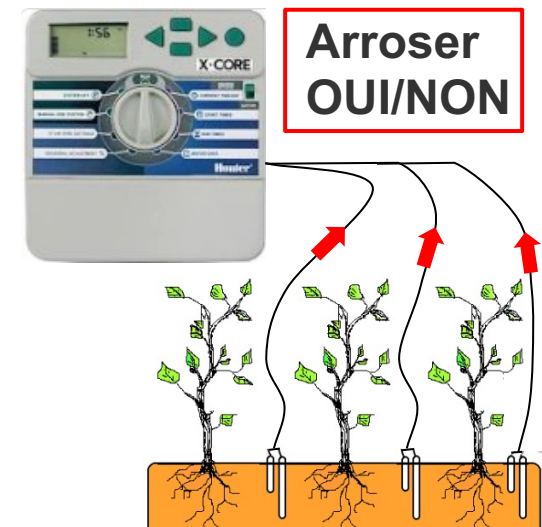
- Peu coûteux et pratiquement indispensable
- Accès aux données via plateforme dédiée
- Modification manuelle des réglages

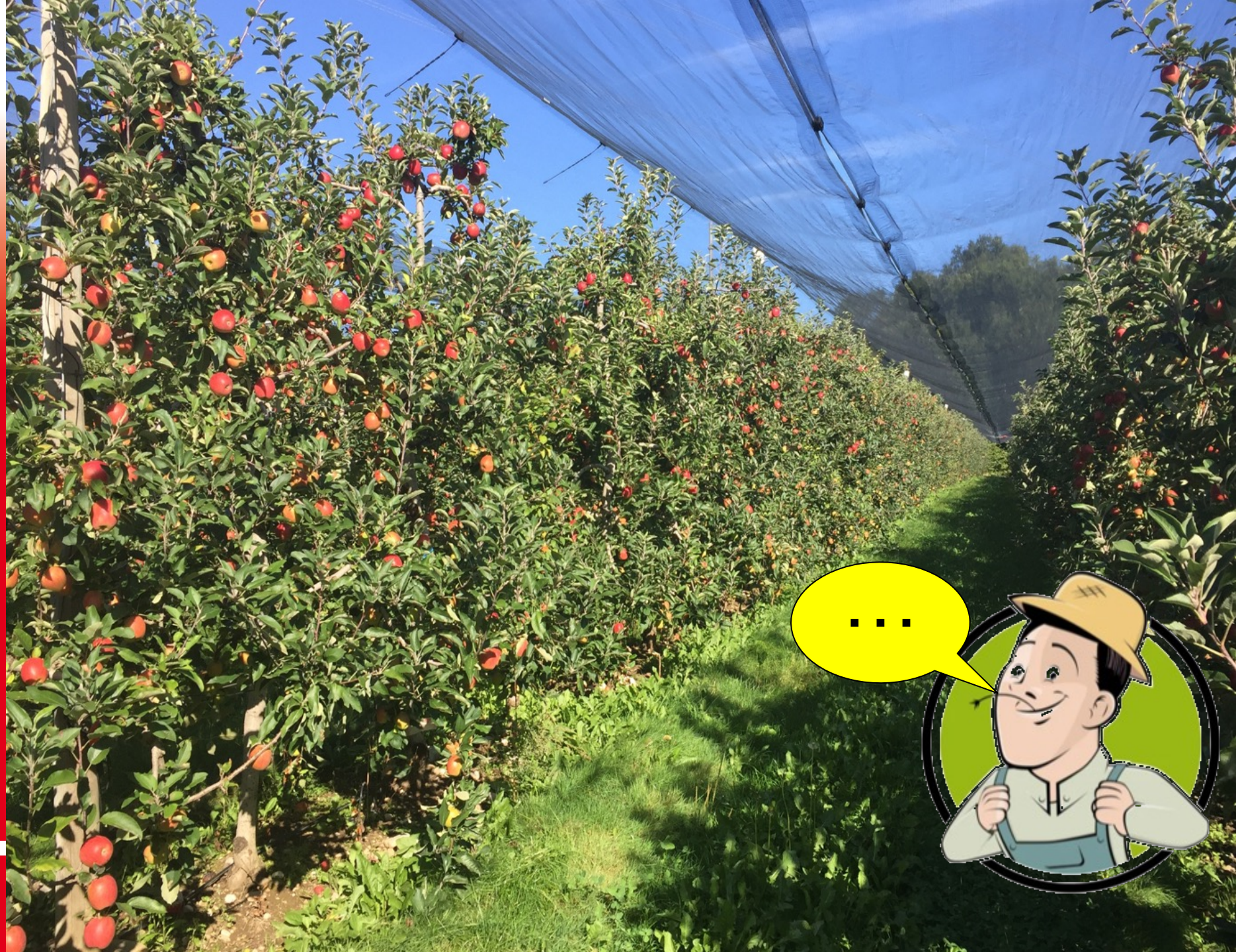


## ~~Irrigation automatique~~

~~Les sondes commandent l'ordre d'irrigation  
Sol sec → OUI  
Sol humide → NON~~

- ~~Problèmes de fiabilité~~
- ~~Désactivé par une majorité de producteurs~~







# Le sol comme indicateur

## Potentiel hydrique (tensiomètres ou Watermark, KPa)

Exprime la force d'attraction de l'eau par le sol

→ +/- grande facilité d'absorption par la plante



## Teneur en eau (sondes capacitatives %)

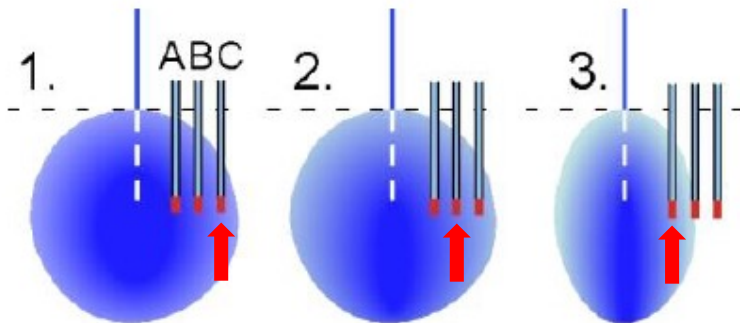
- Calibration selon texture du sol
- Capacité au champs sol moyen = env. 35%  
sol léger = env. 20%





# Placement des sondes (Watermark)

## Sonde de **sol** (S) profondeur (25-30 cm)



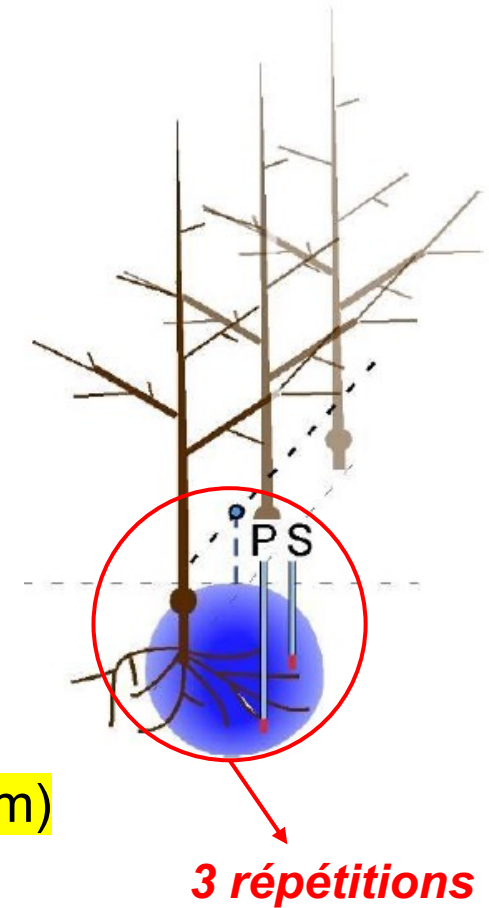
### Distance au goutteur (cm)

1. *Sol lourd* → **C** (40)
2. *Sol moyen* → **B** (25-30)
3. *Sol léger* → **A** (20-25)

## Sonde de **sous-sol** (P) profondeur (50-60 cm)

### Distance au goutteur (cm)

*Tous types de sol* → 10-15

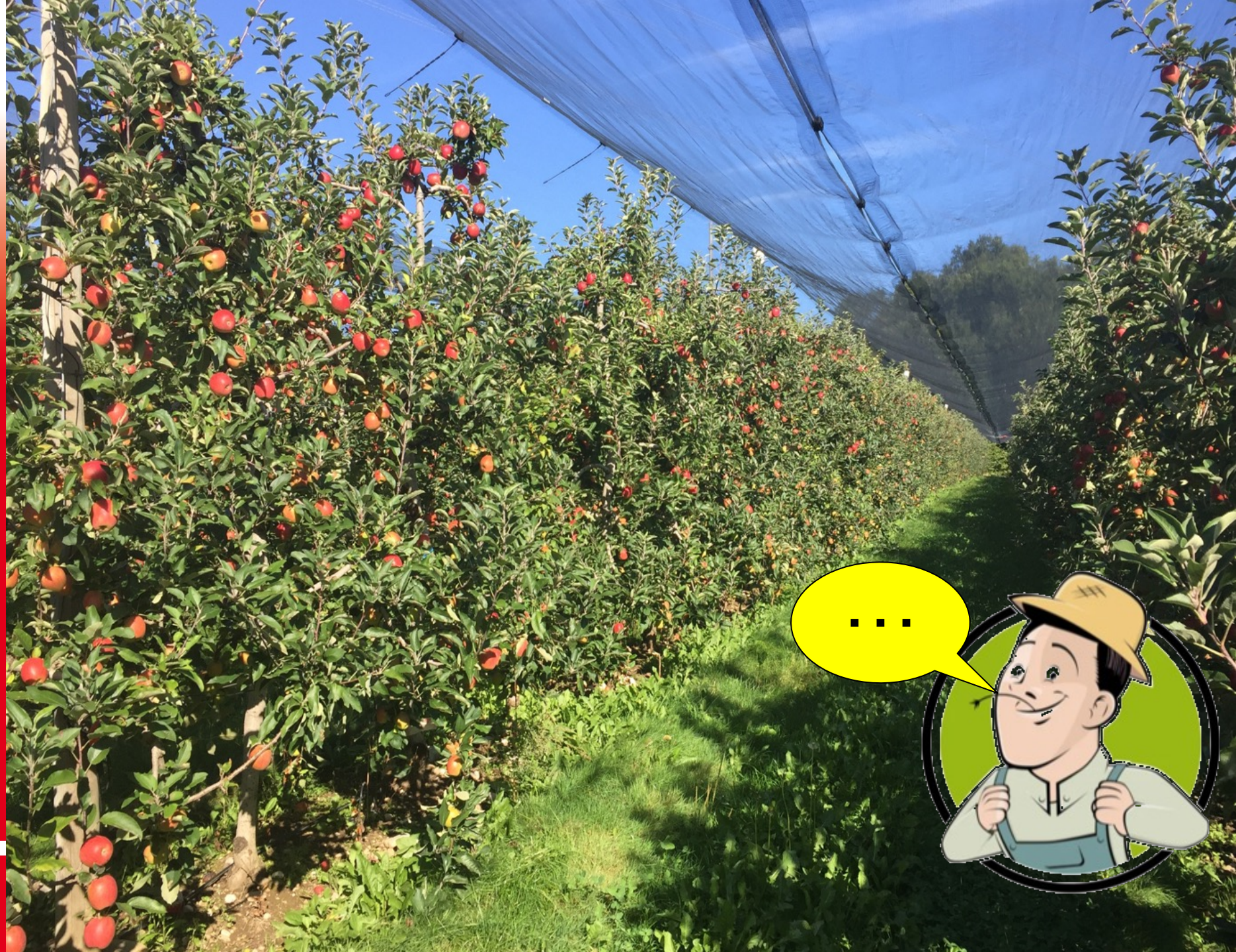




# Placement sonde capacitive



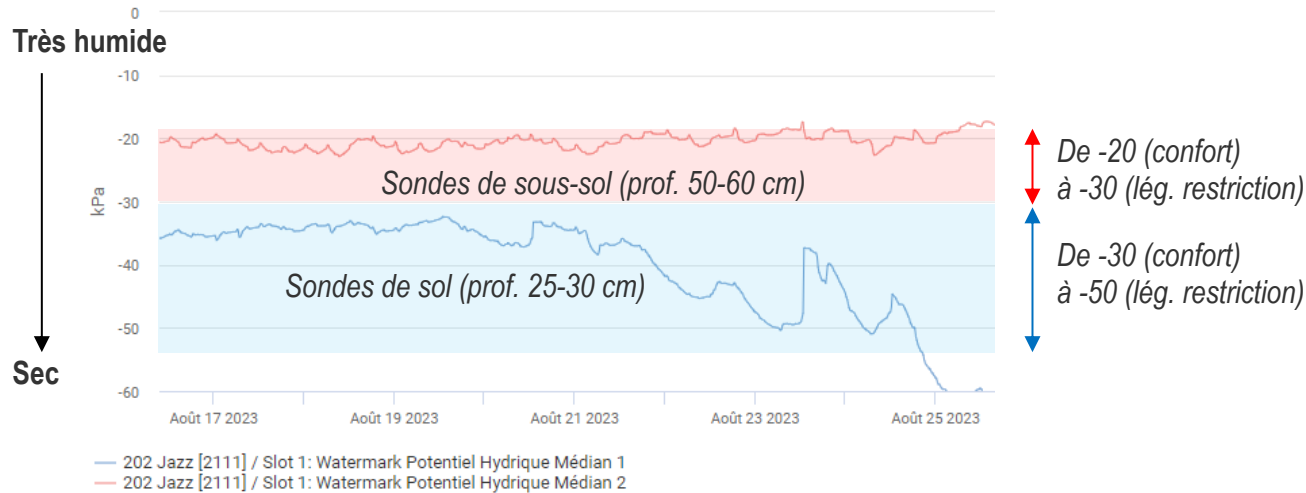
- Tube avec 6 capteurs espacés de 10 cm
- Mesure dans un volume de sol  
◀ 30-40 cm ▶
- 1 sonde par verger
- Placer à 20-25 cm du goutteur
- **Résultats satisfaisants**







# Gestion avec sondes Watermark



- Maintenir -30 à -50 en sol, -20 à -30 en sous-sol
- Lorsque l'éclaircissage est bien réalisé, augmenter progressivement la restriction en fin de saison
- ⚠ Pas de sur-irrigation pour corriger les effets de la surcharge en fruits

# Sonde capacitive, interface utilisateur

Golden Etoy - 118116

Météo parcelle Notes / Conseils Modifier la station

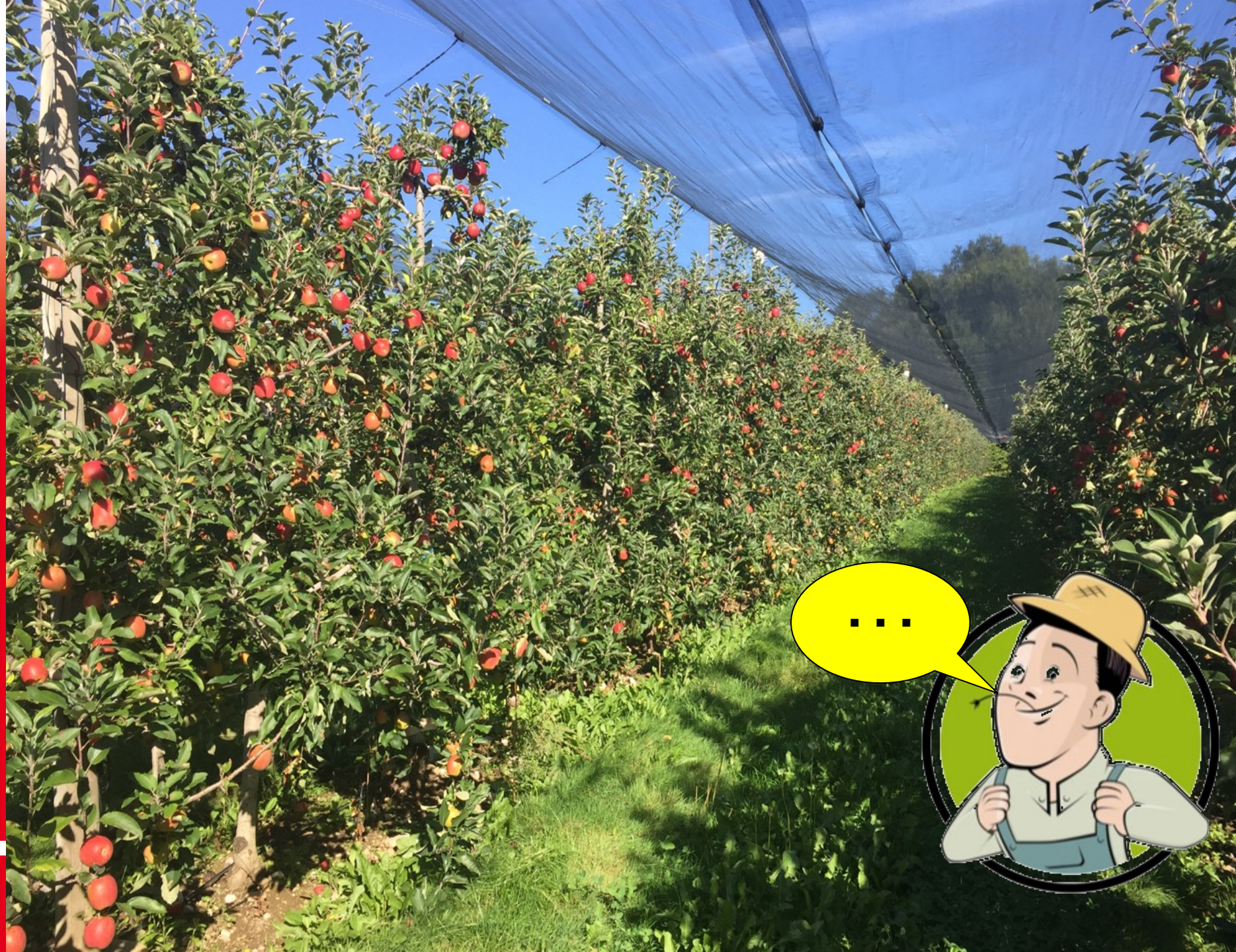
Campagne 2023 Parcelle Golden Date de reprise de végétation 05/03/2022 Type de culture Pommier Variété Golden  
Système d'irrigation Goutte à goutte Type de sol Limono Argilo Sableux Capacité au champ 35,9% Bas de RFU max 27% RFU max 8,9% (mm)

Zoom 1j 7j 1m 3m 6m 1a Tout

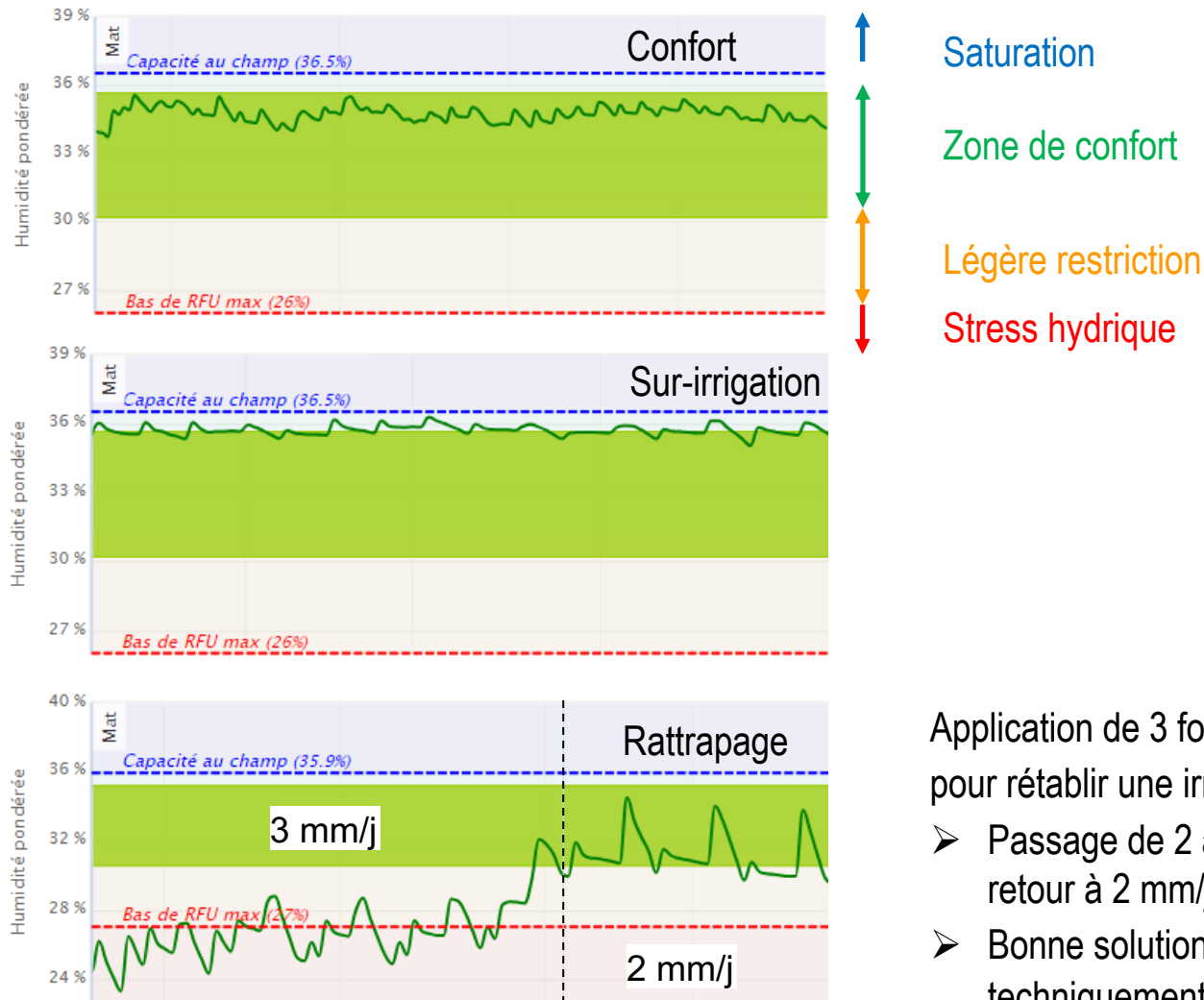
Du 12/07/2023 au 14/08/2023



Humidité du sol Température du sol Volt. batterie



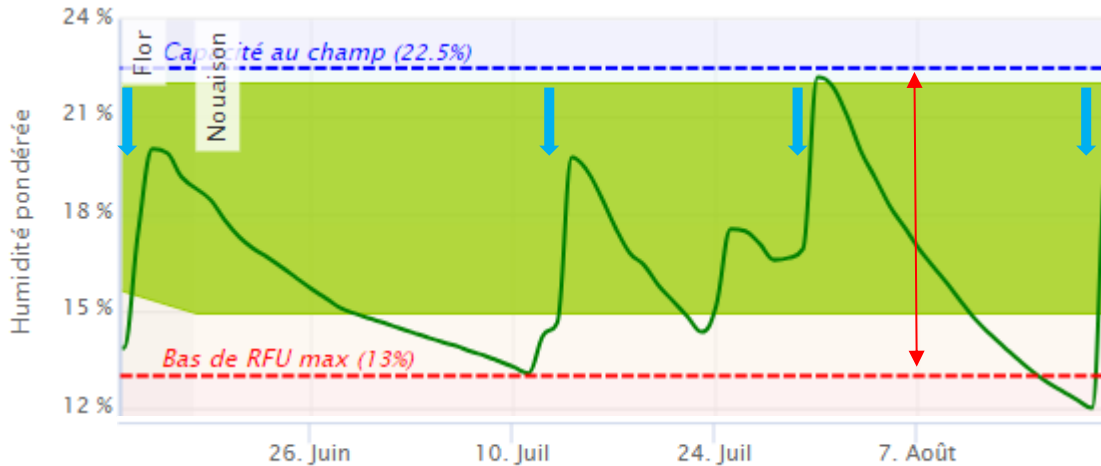
# Gestion avec sonde capacitive (Corhize)



- Application de 3 fois 1 mm/jour pour rétablir une irrigation suffisante
- Passage de 2 à 3 mm/jour, puis retour à 2 mm/jour
  - Bonne solution si faisable techniquement



# Irrigation à déficit constant (Microjets, aspersion)



Ne pas dépasser  
(Risque d'engorgement et gaspillage)

Seuil max. de remplissage visé  
P. ex. 95% de la capacité au champ

Seuil bas, au-dessous, risque  
de stress dommageable  
→ Déclenchement de l'irrigation

↓ Irrigation

↑ La quantité à appliquer est variable selon le type de sol

- Irriguer lorsque la courbe atteint le **seuil bas**
- La quantité optimale fait remonter la courbe au **seuil max.** Ne pas dépasser la capacité au champ (tester différentes doses)
- Déficit constant signifie que la dose est toujours la même, mais que l'intervalle entre les irrigations varie en fonction de la contrainte climatique.



# Irrigation déficitaire contrôlée (1)

Basée sur une mesure régulière du stress hydrique des plantes visant à limiter l'irrigation sans affecter le rendement et la qualité.

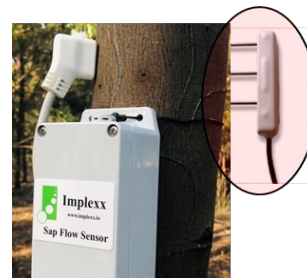
## Outils possibles

- Potentiel hydrique  
(chambre à pression)



- Coefficient de restriction (0.6-0.8)
- ! *Connaissance des quantités d'irrigation optimales*

- Flux de sève  
*Consommation précise d'un arbre*



Précision

Pour la pratique ?

Disponible





# Irrigation déficitaire contrôlée (2)

## Outils possibles

- Sondes d'humidité  
*Watermark*



*Capacitive*



- Potentiel hydrique  
du tronc  
⚠ nouveau



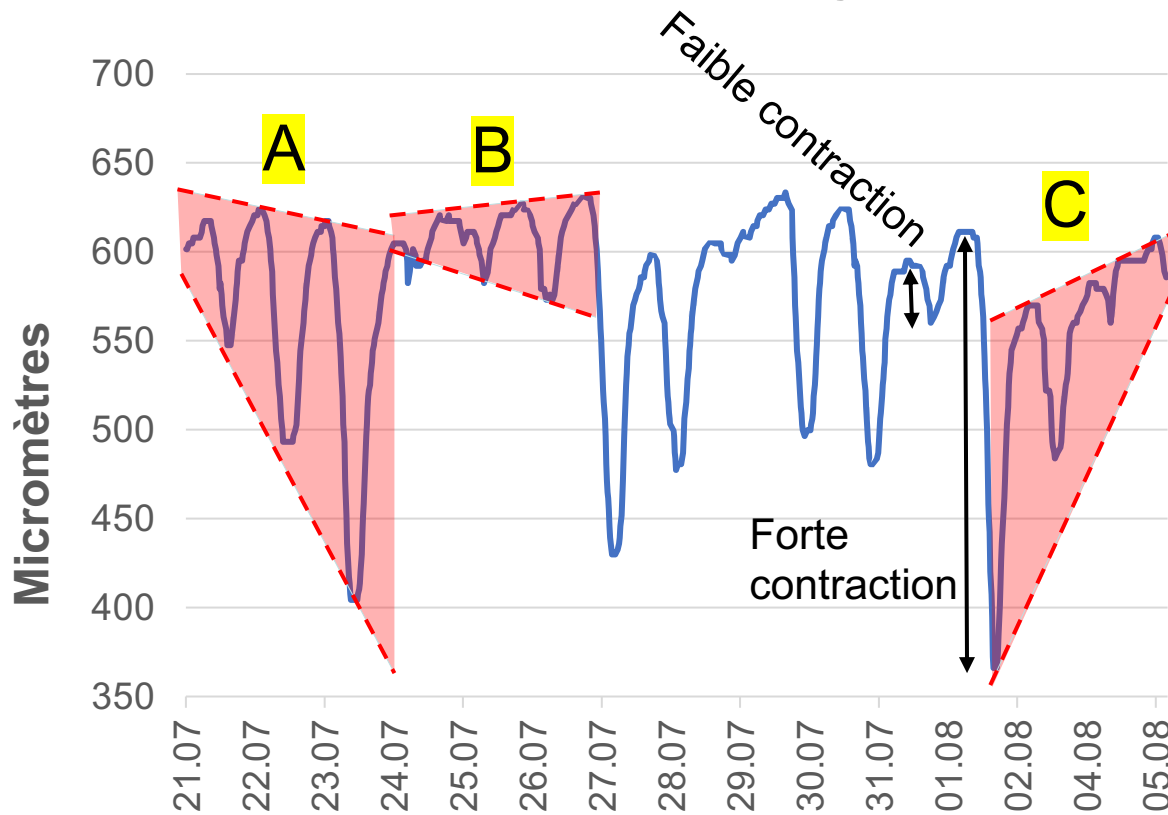
Précision

Pour la  
pratique ?

Disponible



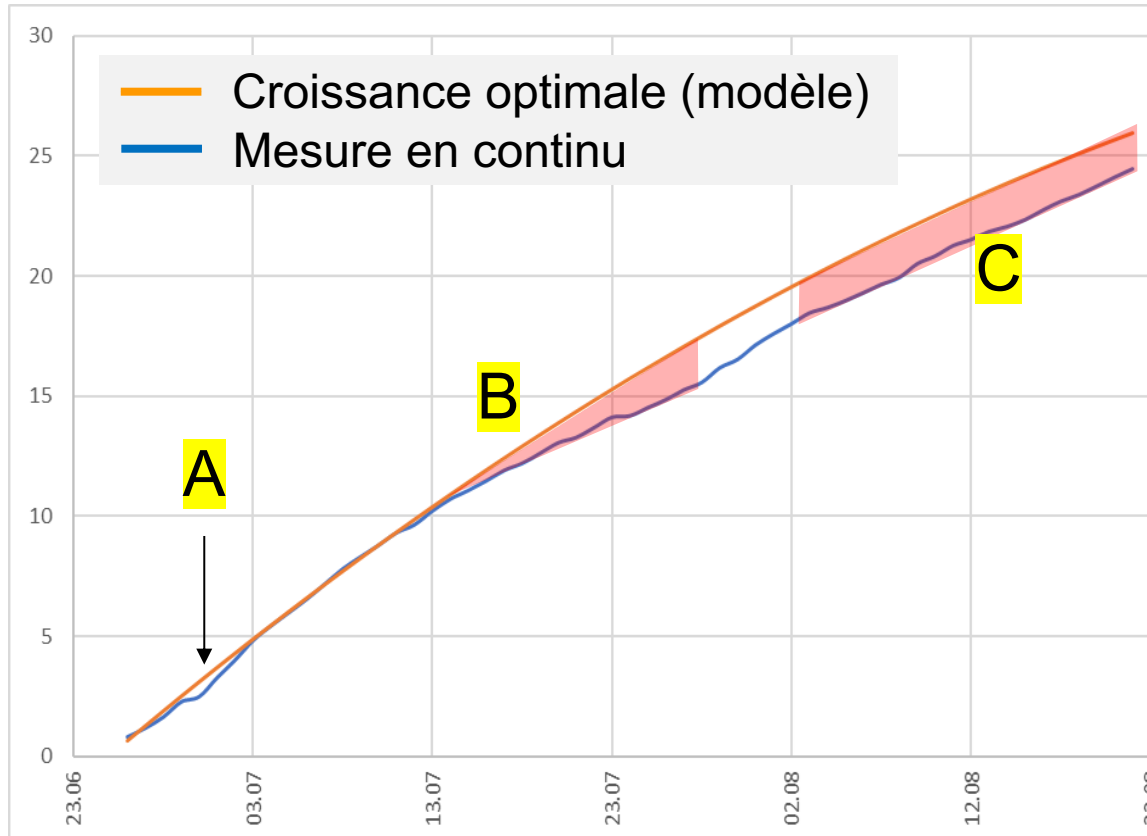
# Mesure du stress hydrique en continu



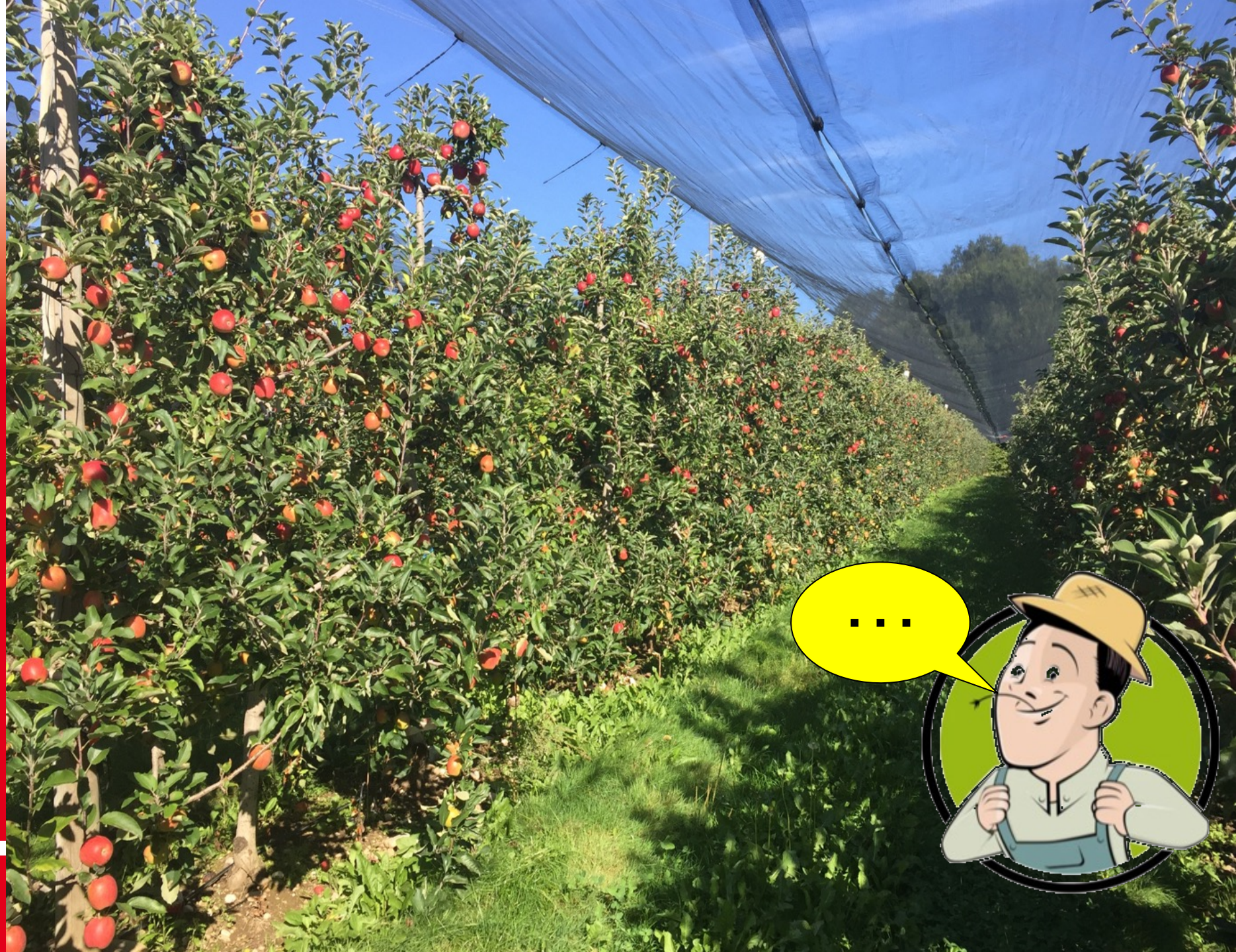
- A** Contrainte climatique forte, irrigation insuffisante → déshydratation
- B** Légère pluie temps couvert, l'arbre se réhydrate légèrement
- C** Temps relativement frais, l'arbre se réhydrate rapidement



# Mesure du calibre des fruits en continu



- A** Forte pluie, bonne croissance des fruits
- B** Réserve épuisée, croissance ralentie → irrigation insuffisante
- C** Irrigation corrigée, croissance normale mais pas de rattrapage





**Merci pour votre attention**

**Philippe Monney**  
philippe.monney@agroscope.admin.ch

**Agroscope** une bonne alimentation, un environnement sain  
[www.agroscope.admin.ch](http://www.agroscope.admin.ch)