



Arroser moins & produire plus

Outils & astuces pour optimiser
l'irrigation & la fertilisation hors-sol

Philippe-Antoine Taillon, agronome
Conseiller en productions maraîchères & fruitières
sous abris



CLIMAX
CONSEILS

Plan de la présentation

- Facteurs limitants
- Fertigation hors-sol : Contraintes & rôles
- Équipements de base :
 - **Réalisation** de la fertigation
 - **Suivi** de la fertigation
- **Optimisation** de la fertigation : Outils & astuces



Source : Gaspar

Les facteurs limitants en production hors-sol sous abris



Fertigation hors-sol : contraintes & rôles

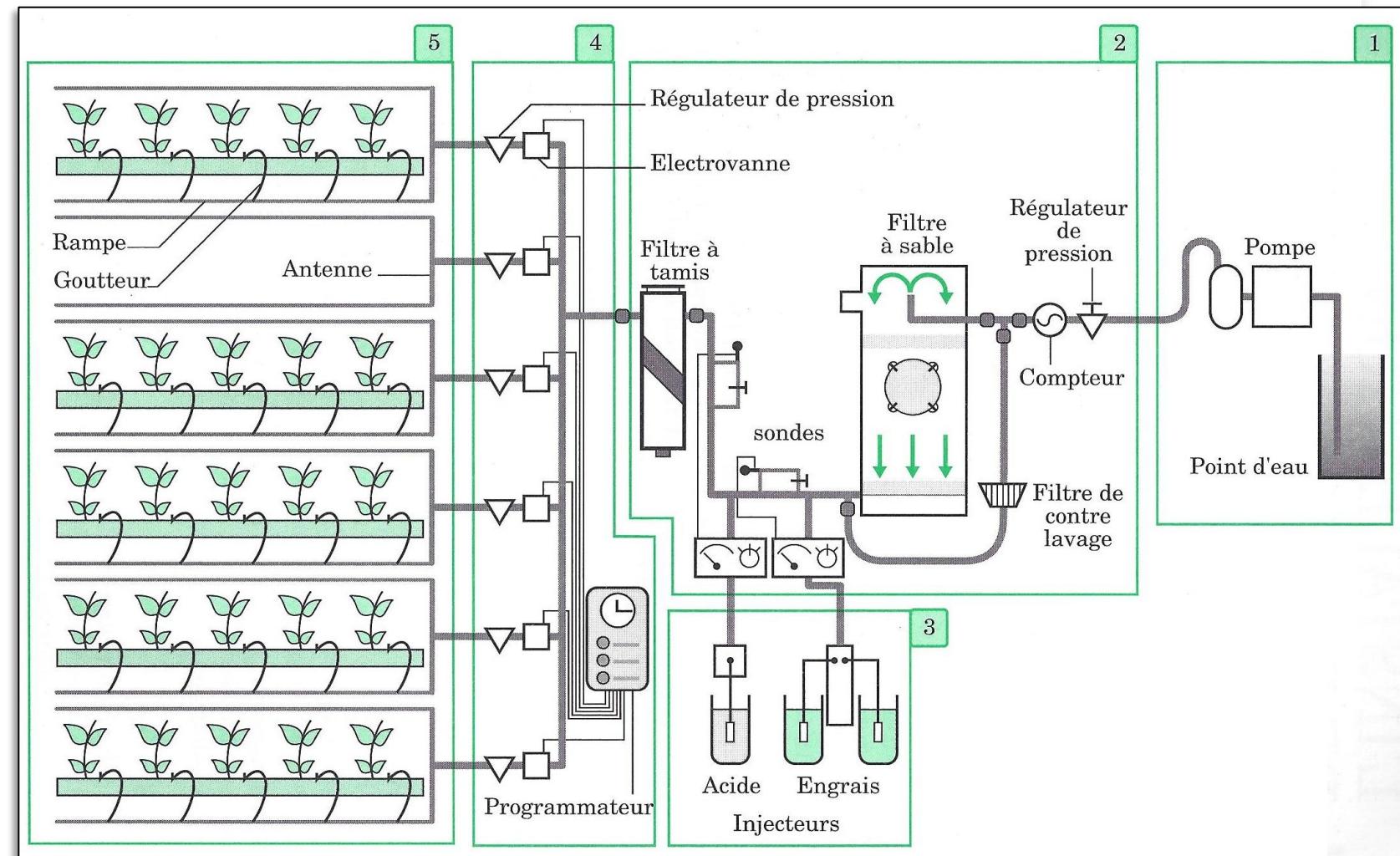
- **Contraintes**
 - Réserve en eau & fertilisants très faible
 - Substrat aéré & en faible volume
- **Rôles de l'irrigation & de la fertilisation**
 - Transpiration de la plante
 - Apport minéral



Équipements

Réalisation

1. Pompage
2. Filtration
3. Fertilisation
4. Automatisation
5. Distribution



Source : CTIFL

Pompage

Réalisation



Source : Dubois Agrinovation



Source : Ghislain Jutras

Filtration

||Réalisation



Source : Dubois Agrinovation

Fertilisation

Réalisation



Source : P.-A. Taillon



Source : Mazzei

Fertilisation

Réalisation

Injecteur mécanique



Source : Ferme François Gosselin

Pompes doseuses



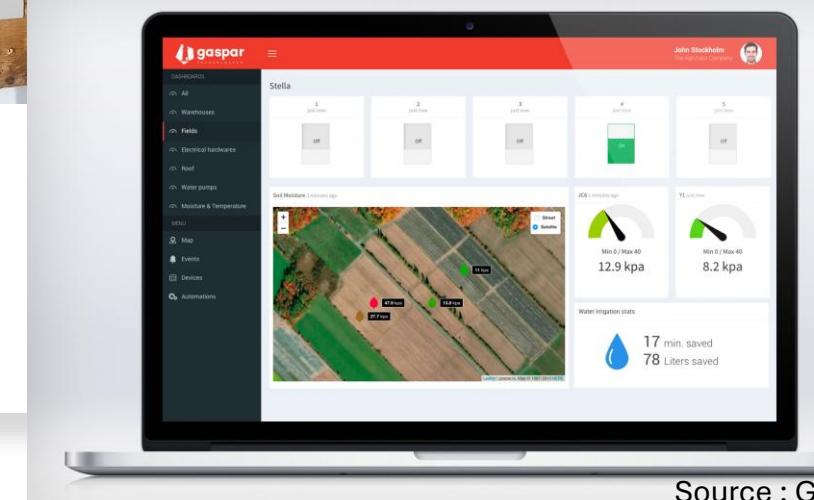
Source : Priva

Automatisation

Réalisation



Source : P.-A. Taillon



Source : Gaspar

Distribution



Source : P.-A. Taillon

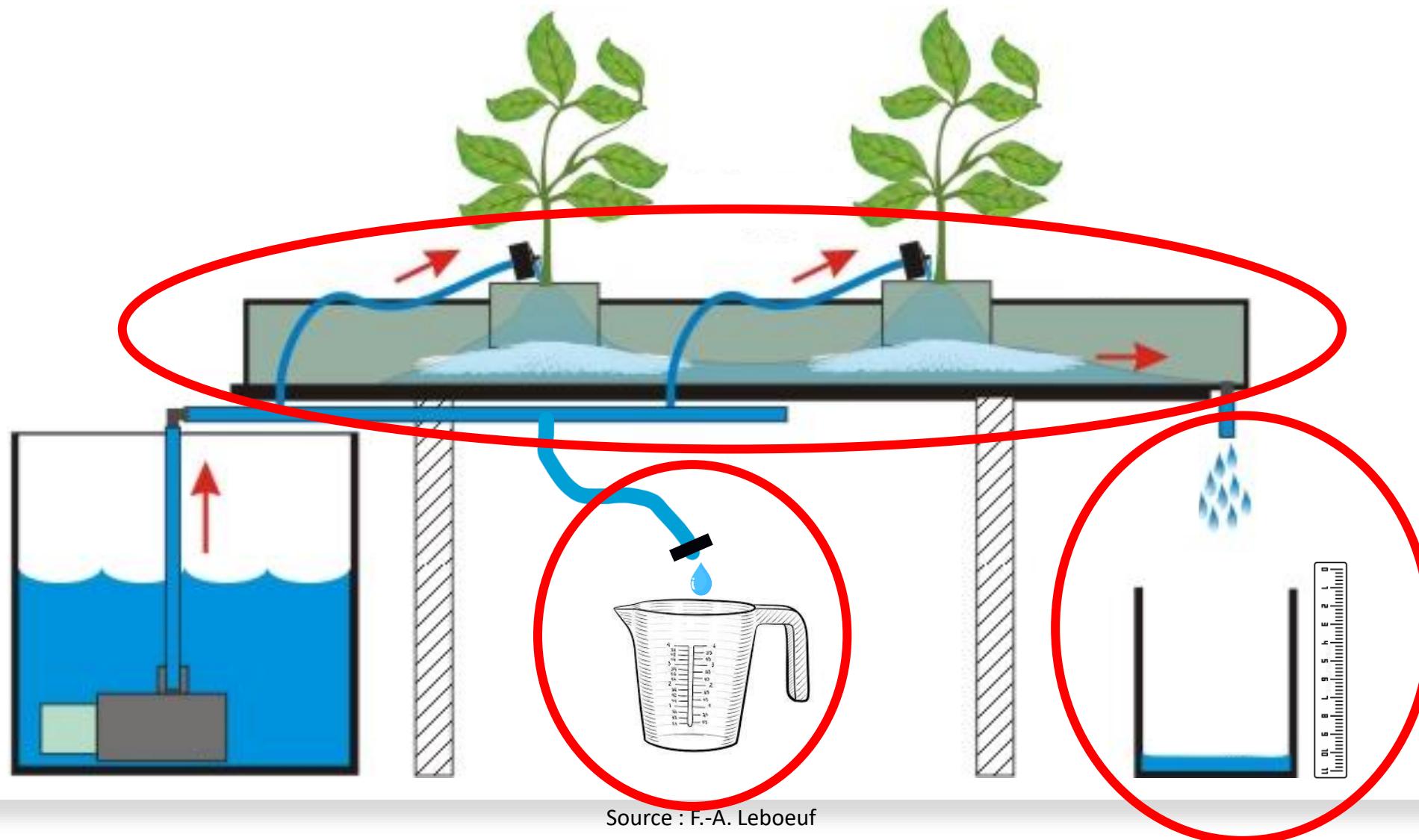


Source : Dubois Agrinovation

Réalisation

Dalle de lessivage

|| Suivi



Source : F.-A. Leboeuf

Dalle de lessivage

|| Suivi



Dalle de lessivage

||| Suivi



Relevé d'irrigation

|| Suivi

semaine 4 tunnel B		Solution irriguée			Solution lessivée			Lessivage (%)	Rayonnement global (Joules/cm ²)
Jour	Date	Quantité (ml)	pH	C.E. (mS/cm)	Quantité (ml)	pH	C.E. (mS/cm)		
lundi	3 juin 2019	325	6,3	1,66	1900	900	6,1	6,0	3,83,5
mardi	4 juin 2019	375	6,2	1,84	1700	500	6,0	5,8	4,44,4
mercredi	5 juin 2019	375	6,1	1,92	1000	50	5,8	5,6	4,76,1
jeudi	6 juin 2019	400	6,0	1,88	1300	300	5,8	5,7	4,65,3
vendredi	7 juin 2019	600	6,2	1,91	2800	800	6,0	6,0	4,03,6
samedi	8 juin 2019	700	6,3	1,84	4900	2400	6,0	6,1	3,63,6
dimanche	9 juin 2019	625	6,2	1,87	4600	2400	6,0	6,6	3,12,9
Moyenne hebdomadaire									

Source : P.-A. Taillon



pH & CE-mètre

|| Suivi

Appareil	Échelle de pH	Échelle de CE
HI98311 Salimètre Dist 5		0 à 3999 uS/cm
HI98312 Salimètre Dist 6		0.00 à 20.00 mS/cm
HI98130 Combo pH/CE/TDS	0.0 à 14.00	0.00 à 20.00 mS/cm
HI98129 Combo pH/CE/TDS	0.0 à 14.00	0.00 à 4000 uS/cm



Source : P.-A. Taillon

Équipements



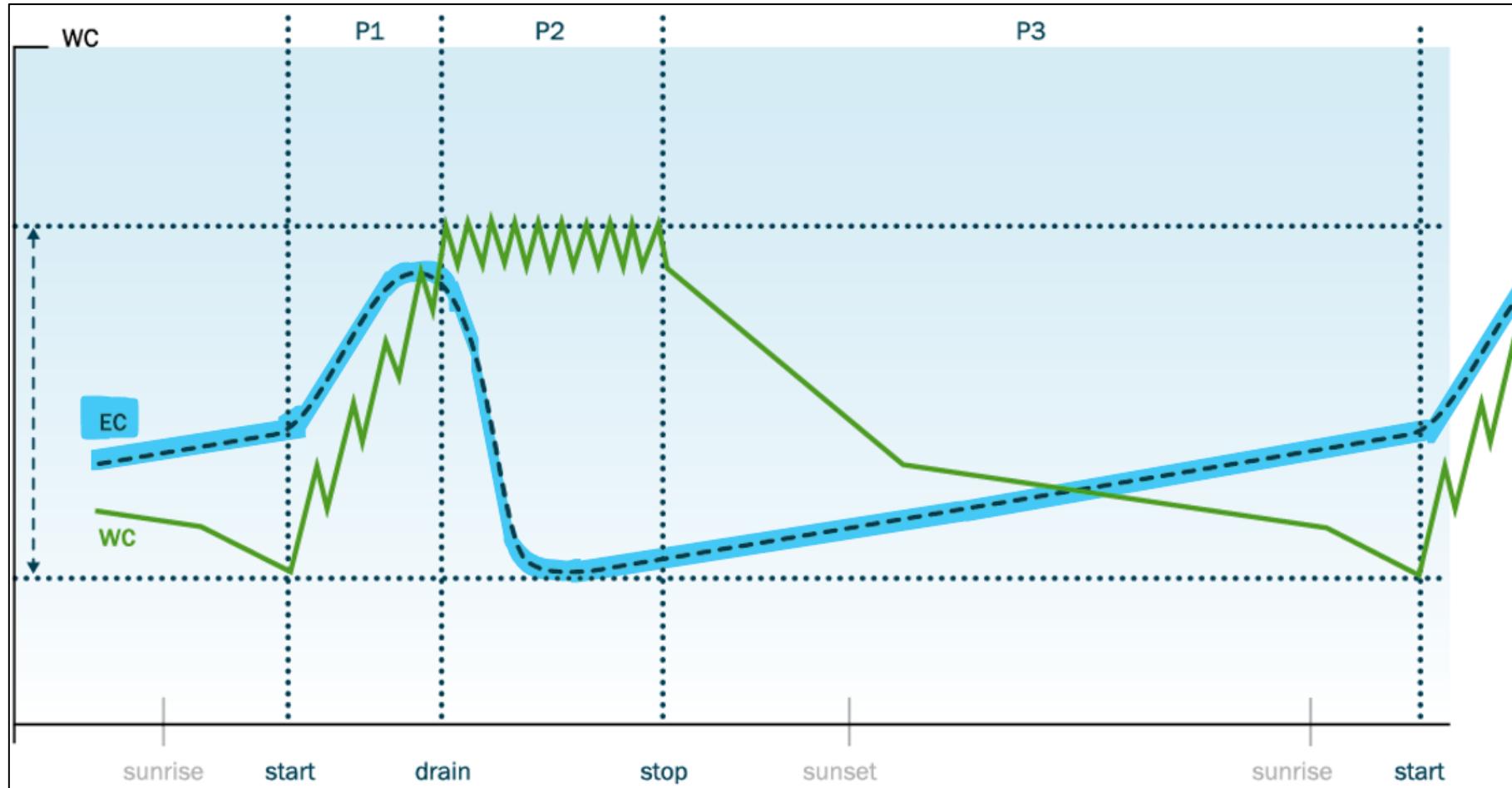
- Pour **suivre** la fertigation dans la culture sous abris
 - Dalle de lessivage - manuelle
 - Relevé d'irrigation - papier
 - Pichet pour quantité d'eau irriguée
 - pH et CE-mètre

Minimum!

Modification de la CE

Optimisation

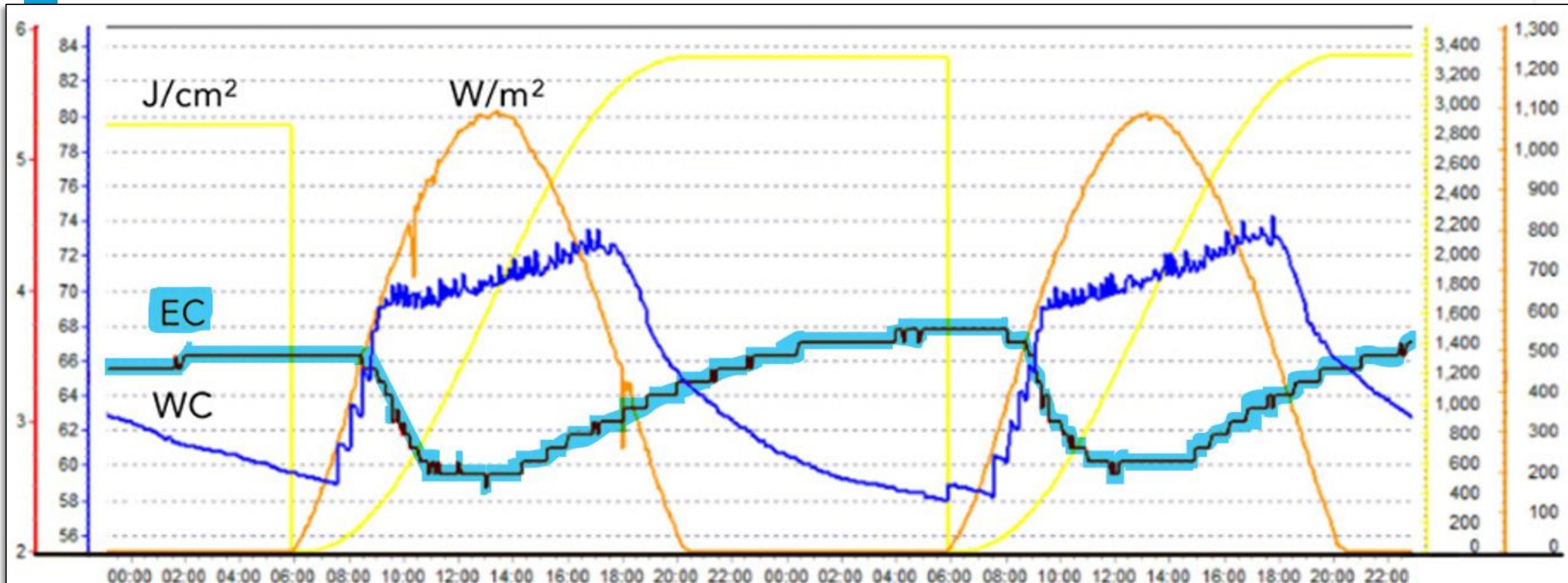
- Évolution théorique de la CE du substrat sur une période de 24h



Modification de la CE

Optimisation

- Variation de la CE du substrat pendant deux jours très lumineux



Modification de la CE

Optimisation

Pompes doseuses



Source : Priva

Injecteur mécanique

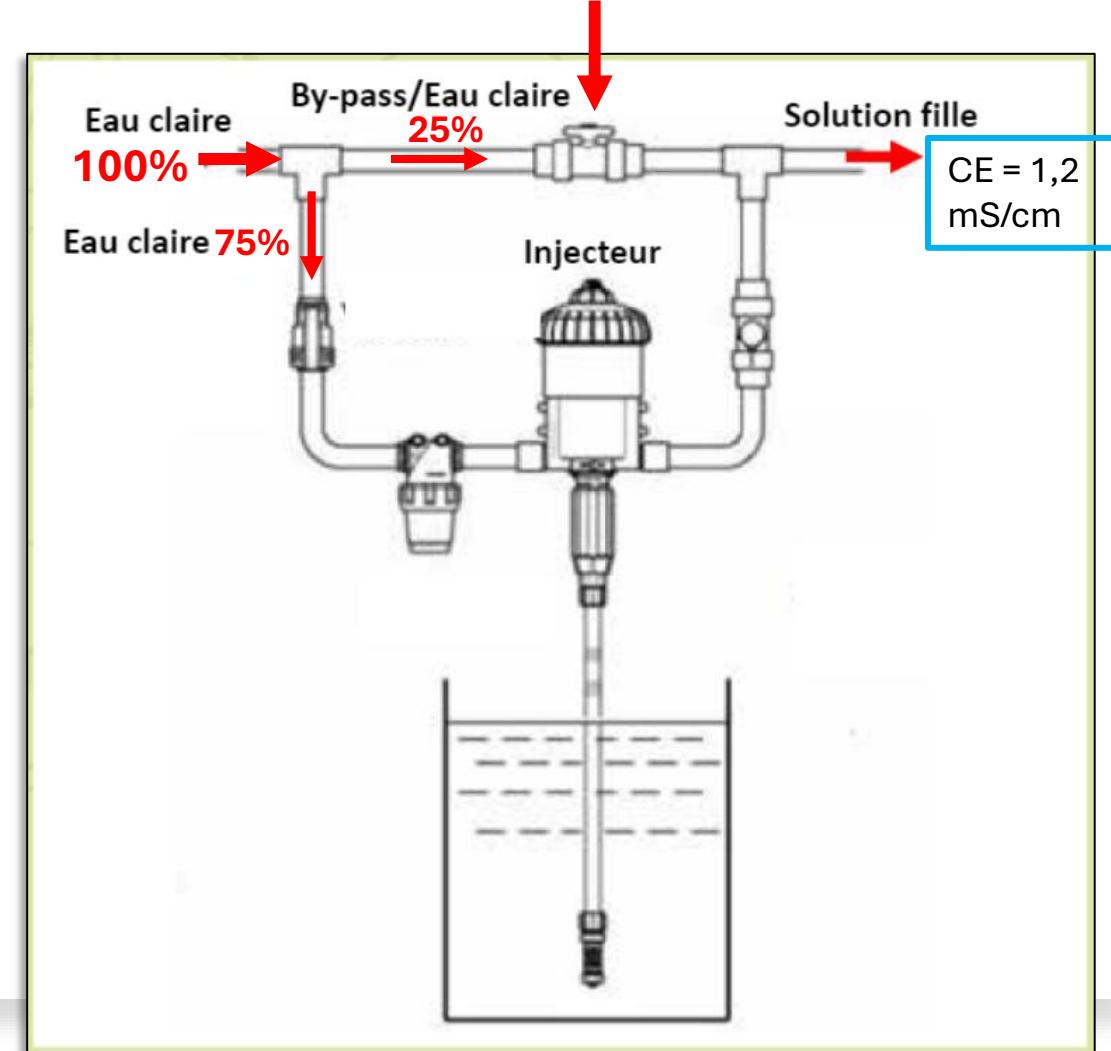
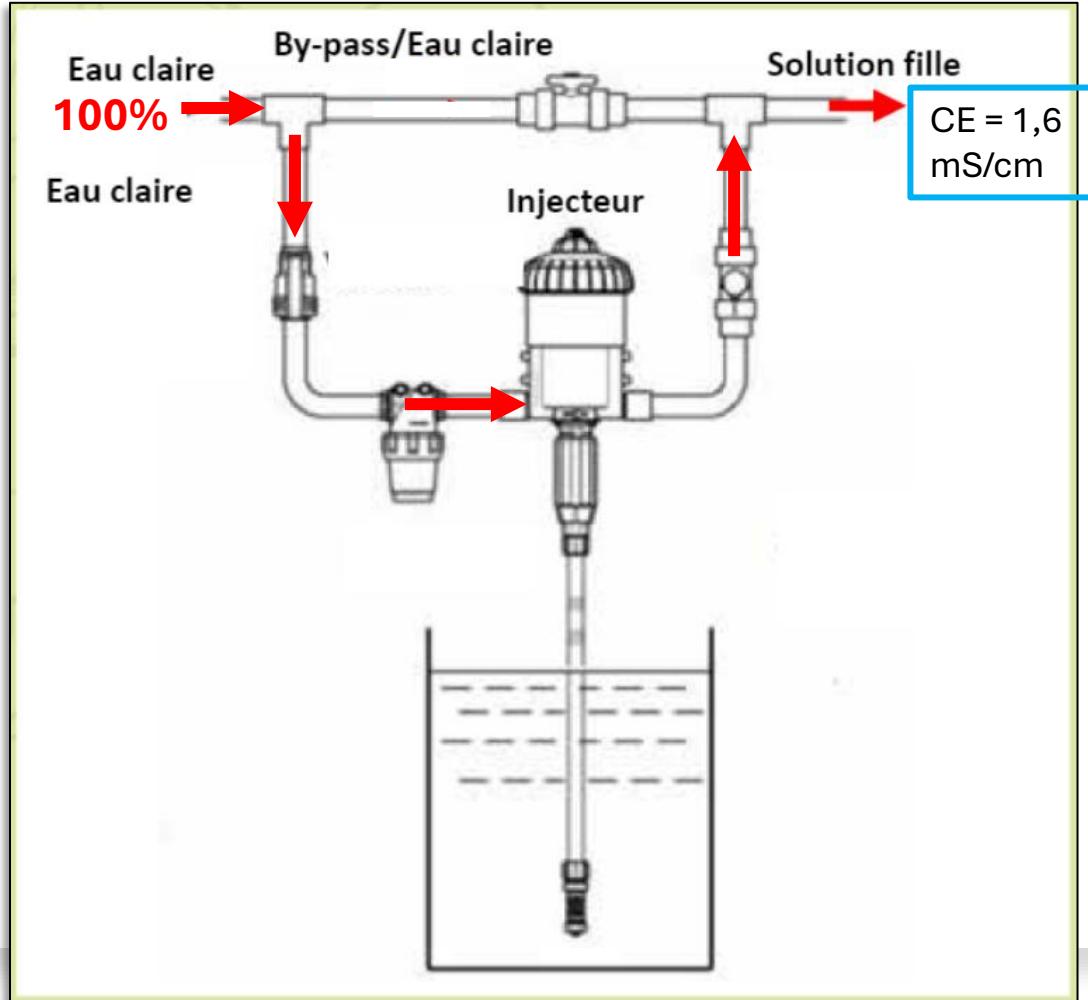


Source : Ferme François Gosselin

Modification de la CE

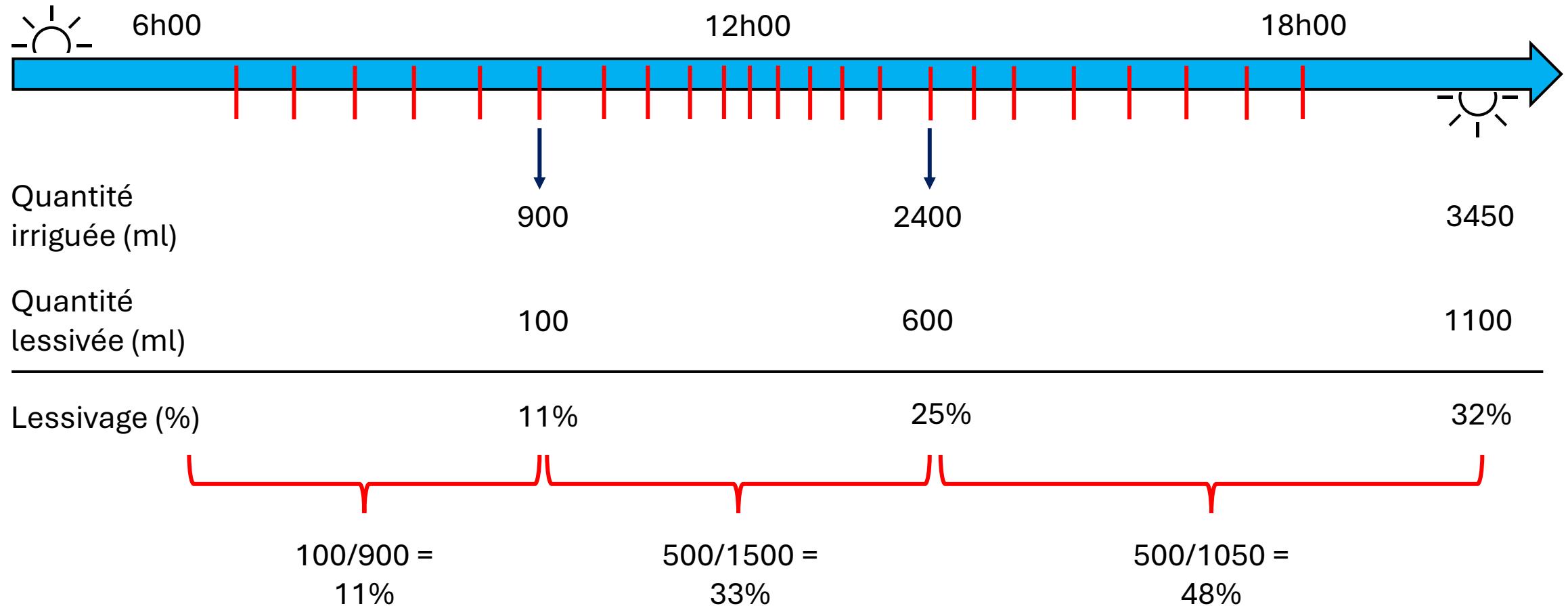
Optimisation

- Conduite de contournement sur injecteur mécanique



Estimation du lessivage par périodes

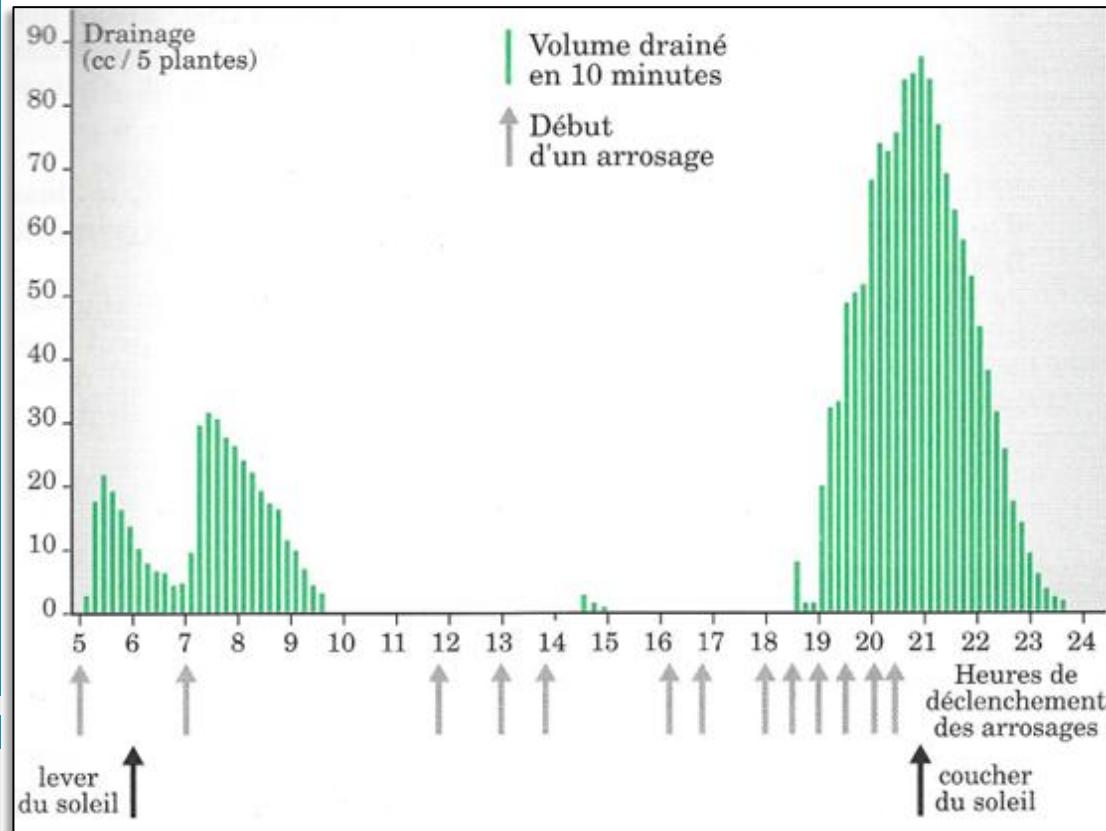
Optimisation



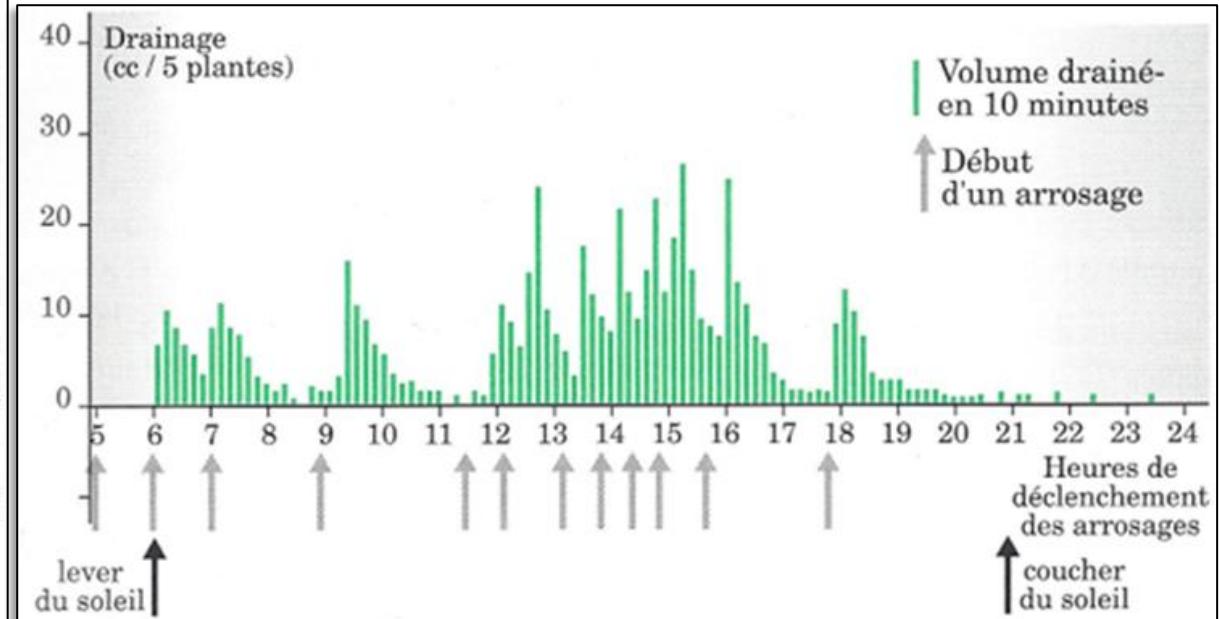
Estimation du lessivage par périodes

Optimisation

Mauvaise conduite

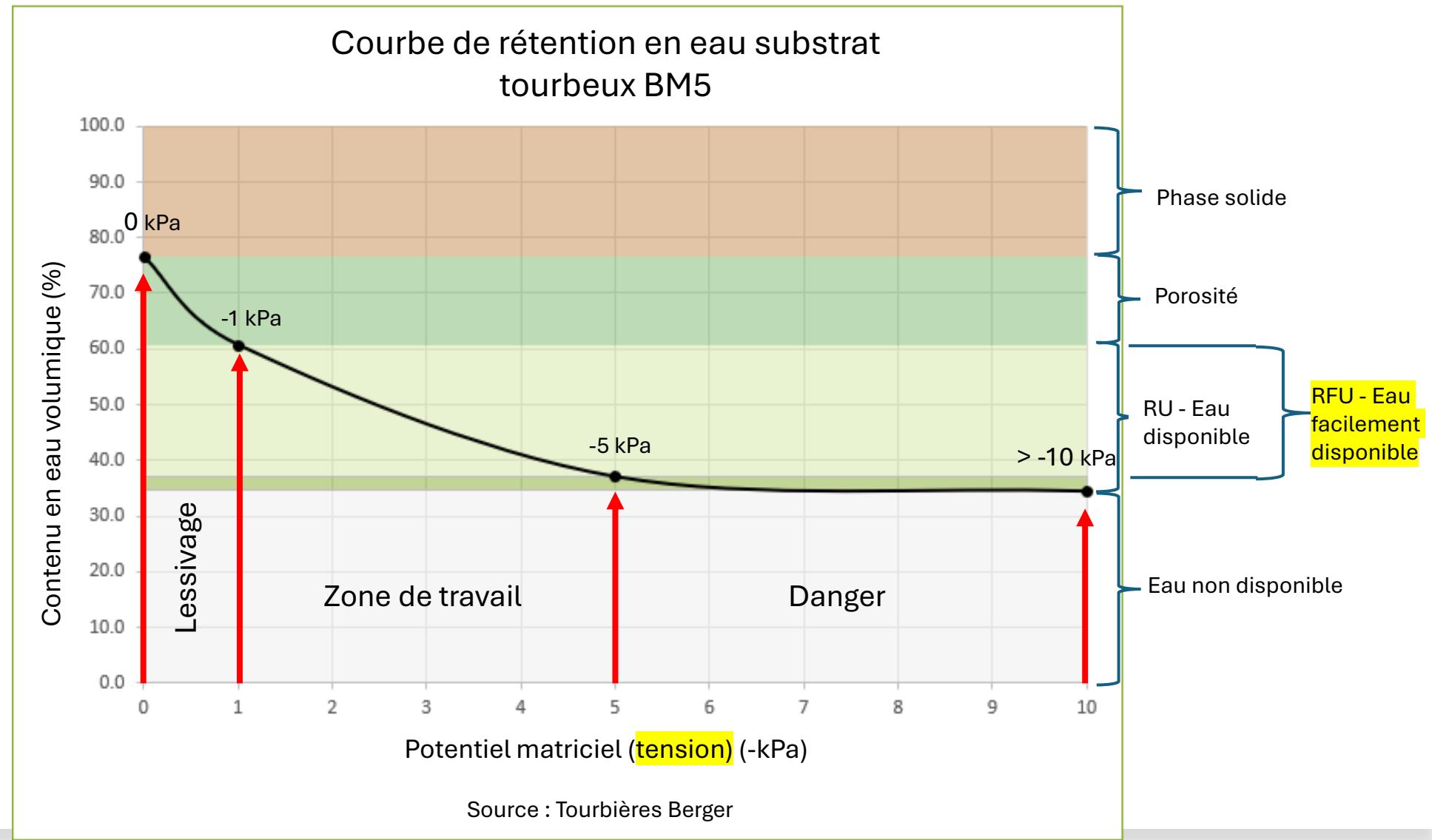


Bonne conduite



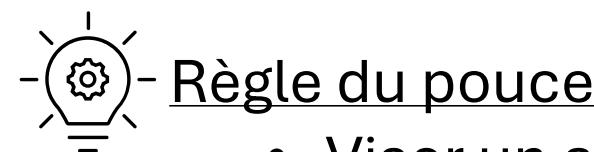
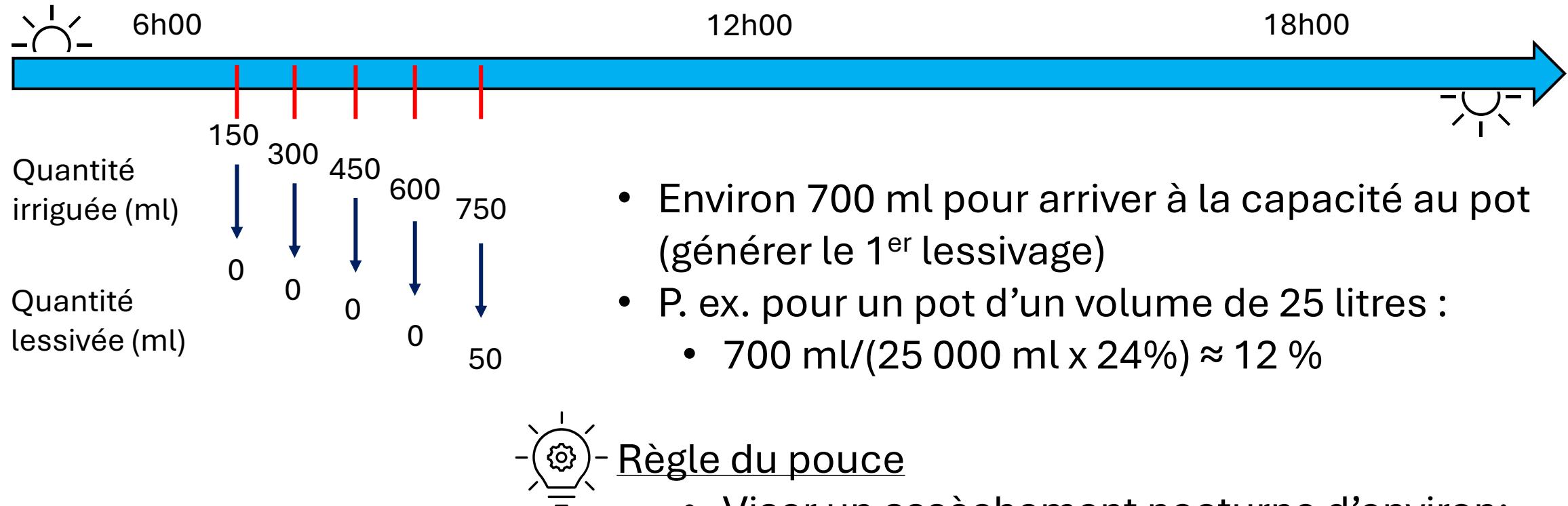
Caractéristiques du substrat

Optimisation



Estimation de l'assèchement nocturne

Optimisation



Règle du pouce

- Viser un assèchement nocturne d'environ:
 - $\geq 5\%$ en conduite humide
 - $\geq 10\%$ en conduite sèche

OAD - Pyranomètre

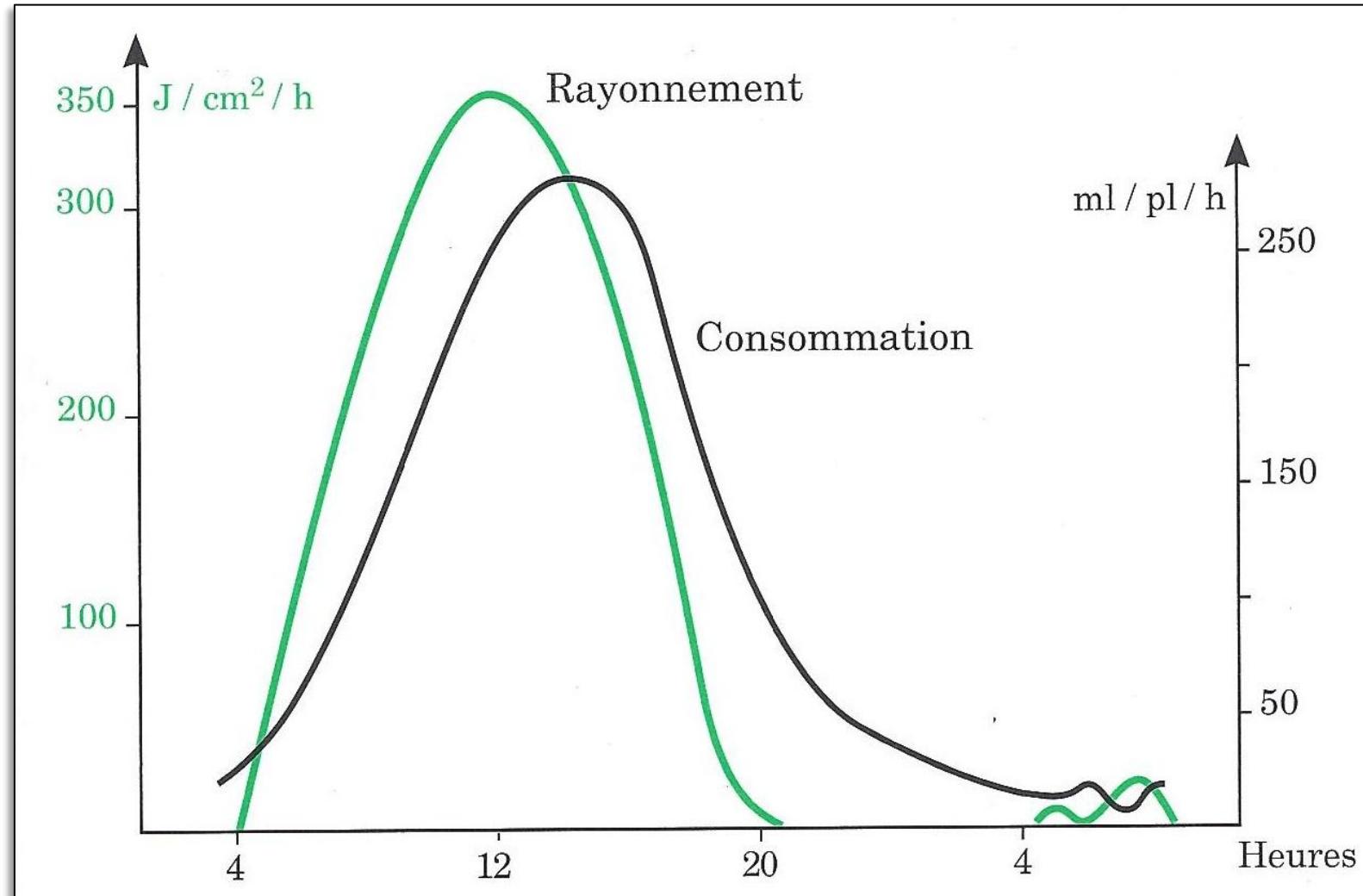
- **Pyranomètres** & autres capteurs de lumière
 - **Consommation évolutive** → en temps réel
 - En fonction de l'intensité lumineuse
 - **VRAIE** automatisation



Source : Aranet

OAD - Pyranomètre

|| Optimisation



OAD - Pyranomètre

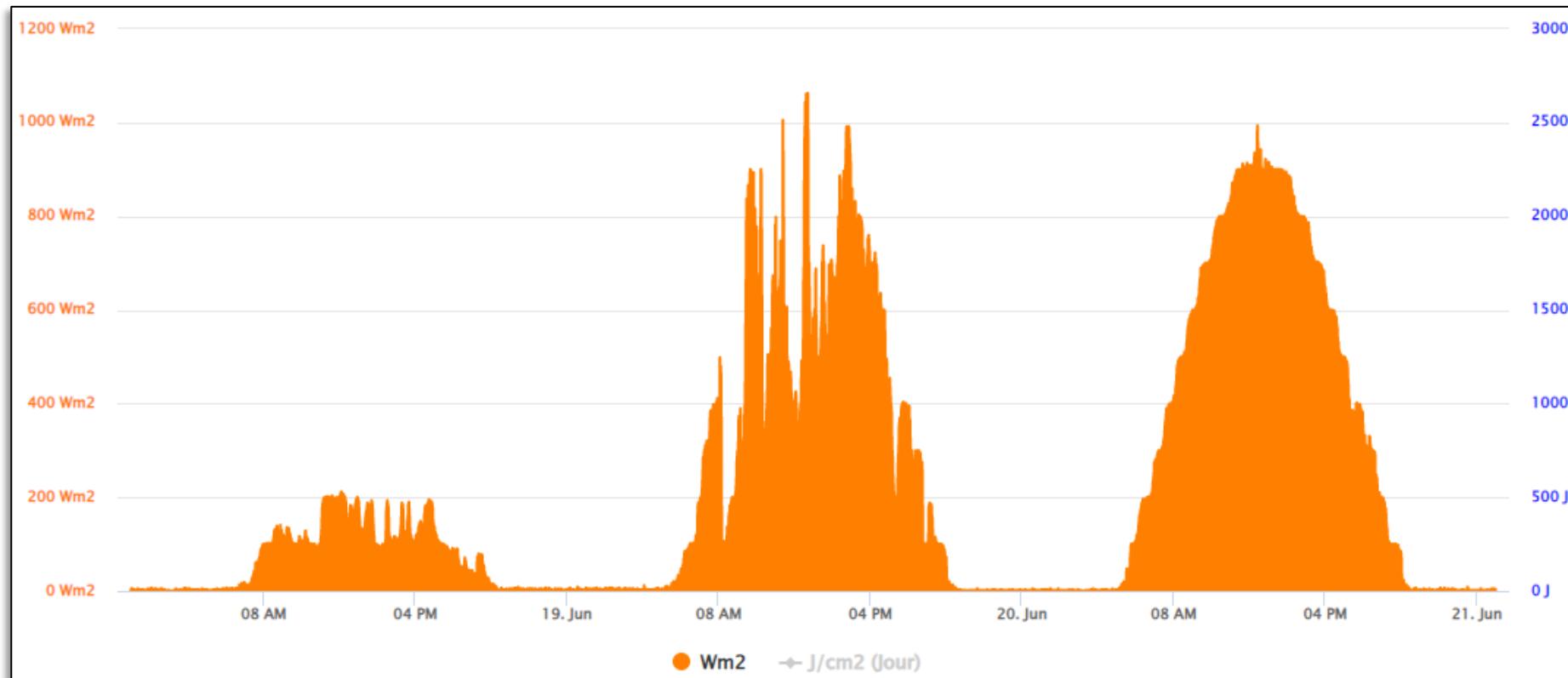
|| Optimisation



OAD - Pyranomètre

|| Optimisation

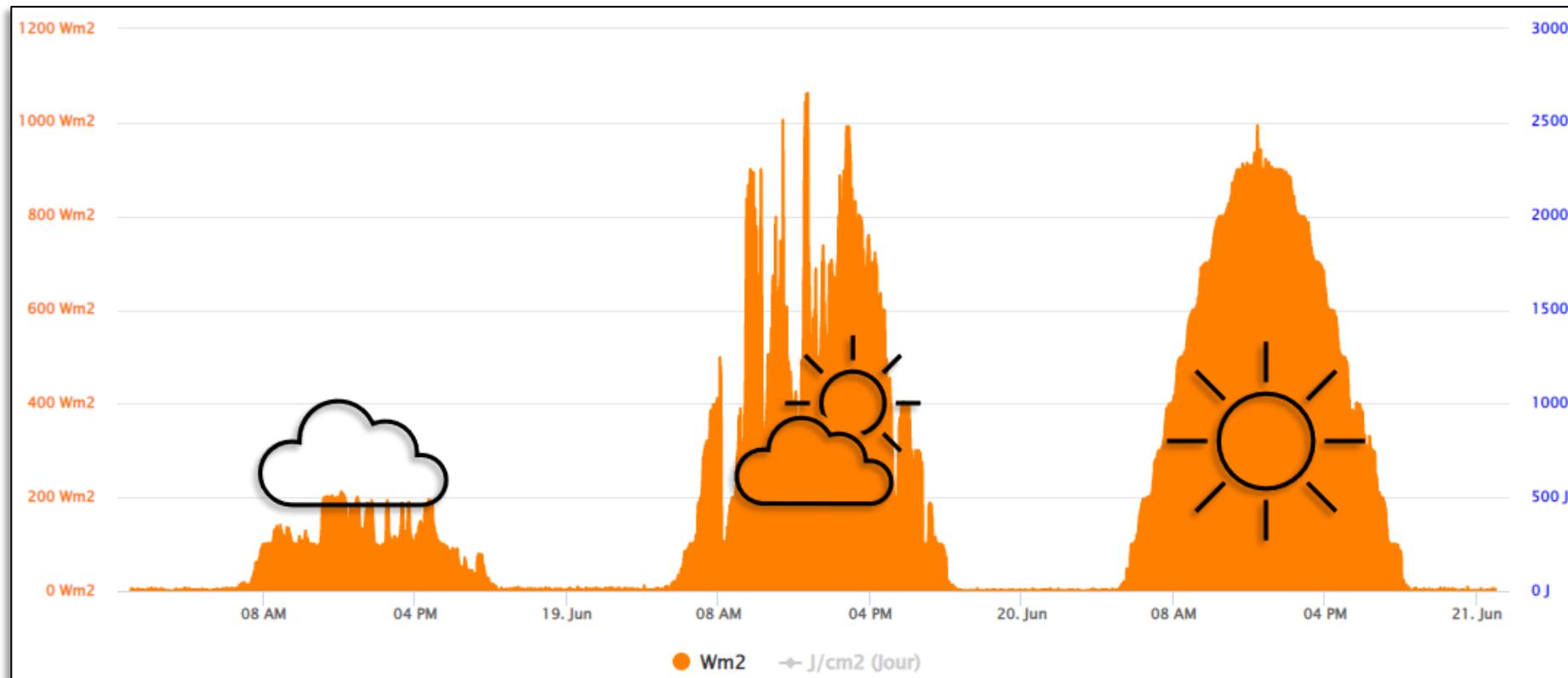
- Intensité lumineuse (W/m^2)



OAD - Pyranomètre

Optimisation

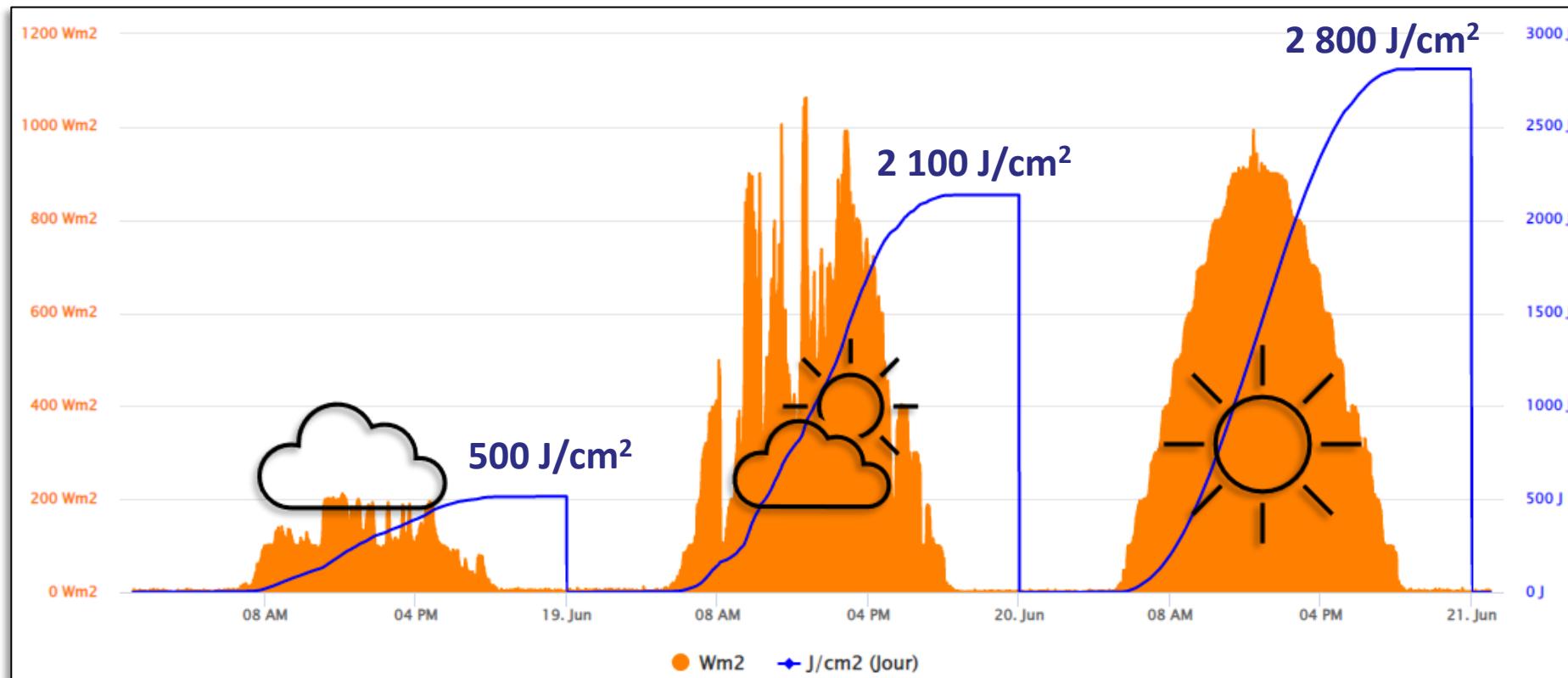
- Intensité lumineuse (W/m^2)



OAD - Pyranomètre

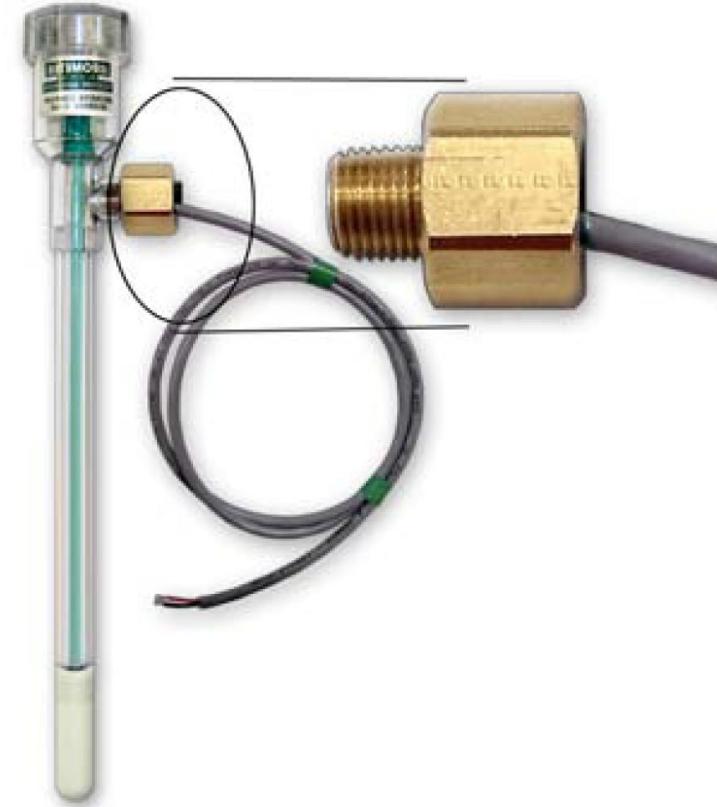
Optimisation

- **Calcul du RSG : Rayonnement Solaire Global journalier (J/cm^2)**



OAD - Tensiomètre

|| Optimisation



Source : Irrometer

Source : Gaspar

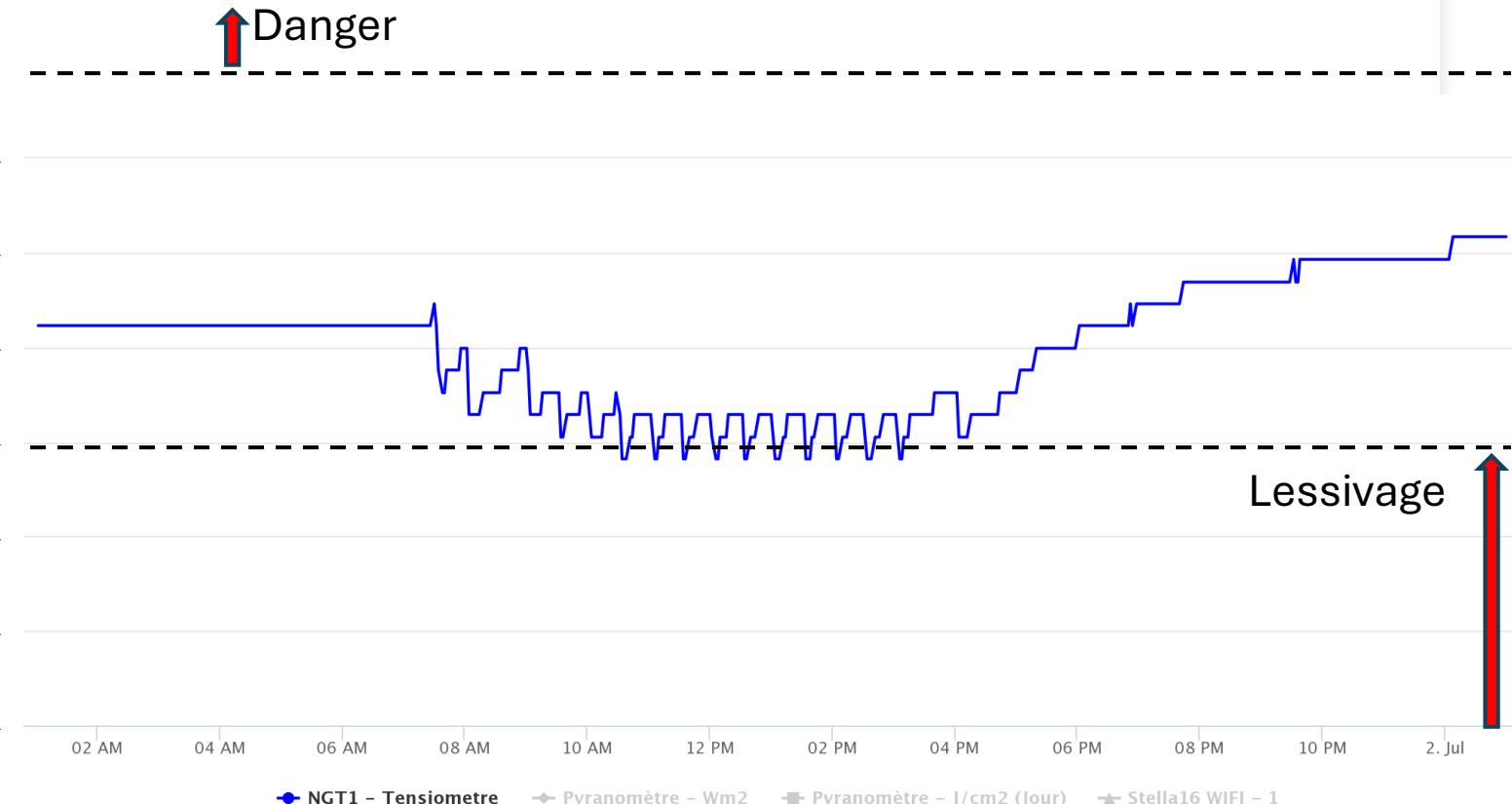
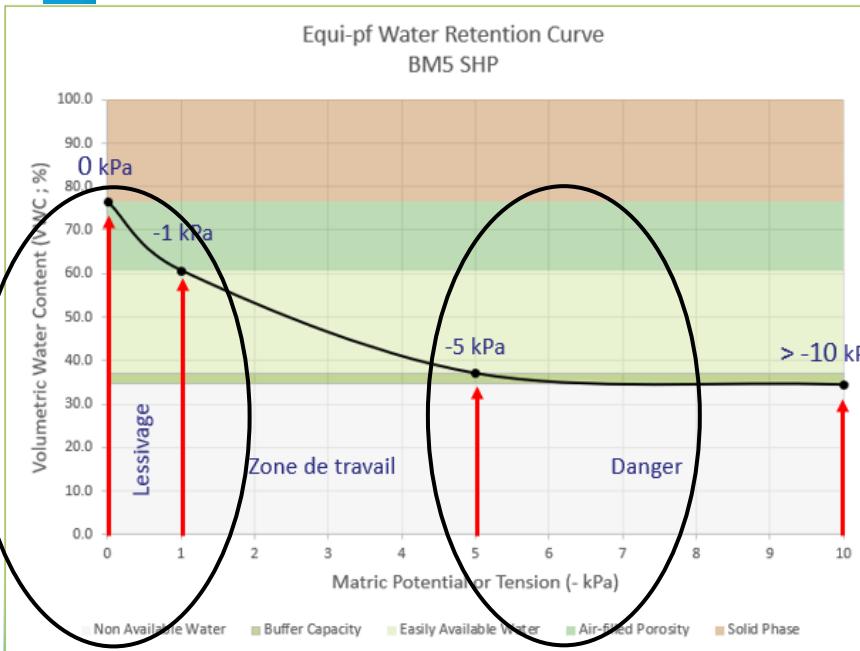
OAD - Tensiomètre

Optimisation



OAD - Tensiomètre

Optimisation



OAD - Sondes d'humidité de sol

|| Optimisation



Source : Aranet



Source : GHL inc.

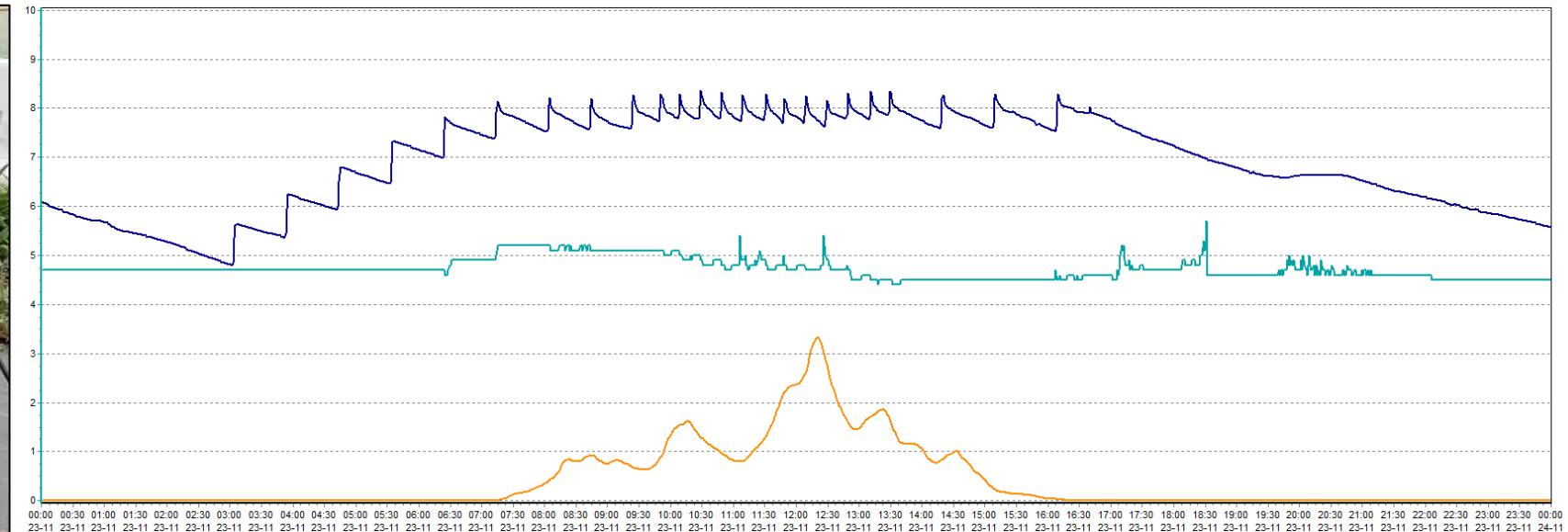


Source : P-A Taillon

OAD - Balances

Optimisation

- Mesure en continu de la variation du poids du « plant + pot + eau »



Source : Les Serres Royales

Source : IRDA

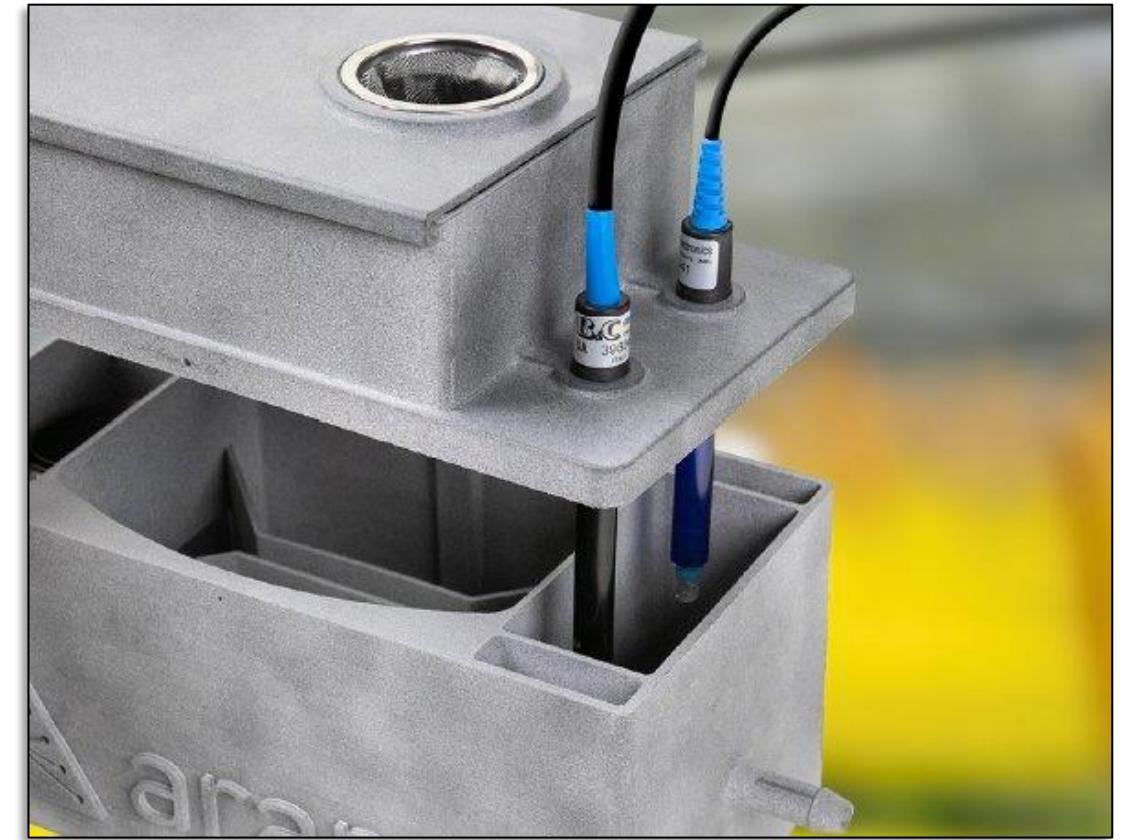
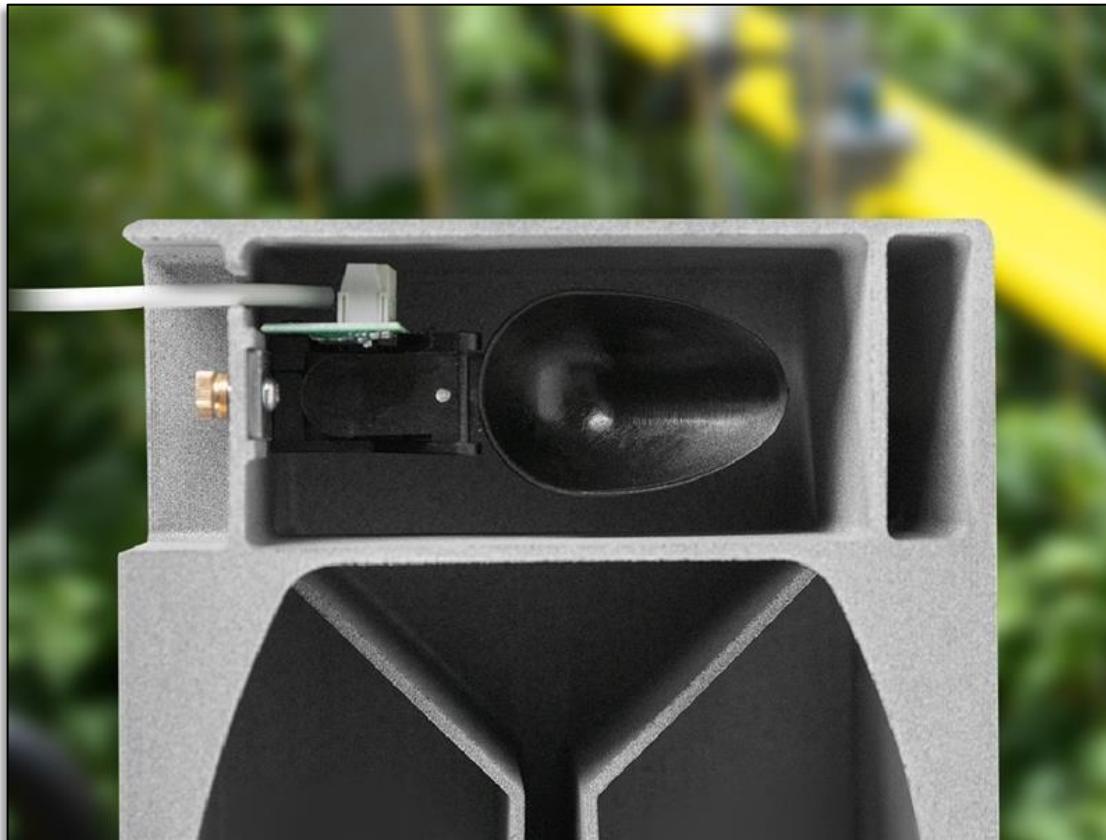
Irrigations automatisées avec OAD

Méthode à prioriser	Avantages	Inconvénients
Automate + pyranomètre + mesure sol	<ul style="list-style-type: none">• Reflète le statut hydrique du sol• - entretien (pyranomètre)	<ul style="list-style-type: none">• + entretien (tout dépendant de l'appareil de mesure de sol)• Coût \$\$\$\$
Automate + balance	<ul style="list-style-type: none">• Reflète le statut hydrique du sol• - entretien	<ul style="list-style-type: none">• Coût \$\$\$\$

Capteurs au lessivage

Optimisation

- Capteur de drain & capteurs de CE/pH



Dalle de lessivage automatique

|| Optimisation



Source : Aranet

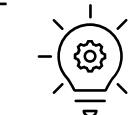


Source : Hortispare

Analyses de solutions apportées & lessivées

Optimisation

Analysis	Results (unit)	Stade floraison & fructification	Solution cible - apport
pH	5.86	CE	1,5
EC (Total Salt)	1.39 (mmhos/cm)	pH	5,8
Nitrate Nitrogen	133.00 (ppm)	NO ₃	158
Chloride	<0.50 (ppm)	NH ₄	10
Bicarbonate	14.62 (ppm)	N total	168
Total Hardness	401.37 (ppm)	P	59
Phosphorus	34.88 (ppm)	K	272
Potassium	170.98 (ppm)	Ca	119
Calcium	116.58 (ppm)	Mg	25
Magnesium	25.41 (ppm)	Si	21
Sulphate	123.40 (ppm)	K/Ca	2,3
Sodium	5.91 (ppm)	K/(Ca+Mg)	1,9
Zinc	0.29 (ppm)	K/N	1,6
Manganese	0.71 (ppm)	Fe	2,02
Copper	0.04 (ppm)	B	0,43
Iron	2.20 (ppm)	Cu	0,06
Boron	0.32 (ppm)	Mn	0,56
Molybdenum	0.01 (ppm)	Mo	0,05
Silicon	<1.00 (ppm)	Zn	0,35
Anions	13.44 (meq/L)		
Cations	12.77 (meq/L)		
Ammonium Nitrogen	3.14 (ppm)		



Permet de diagnostiquer :

- Carences
- Excès
- Manque de lessivage
- Etc.

Capteur de pression & débitmètre

|| Optimisation



Source : Gaspar



Source : P.-A. Taillon

Relevés d'irrigation en ligne

Optimisation

Date	Quantité donnée (ml)	pH goutteur	CE goutteur (mS/cm)	Qté lessivée (ml)	pH lessivage	CE lessivage (mS/cm)	Lessivage (%)	Somme CE donnée + lessivée	RSG (Joules/cm ²)	Consommation (ml/m ² /J)	CE x L donnée	CE x L lessivée	CE x L consommée
17-juil.-25	500	6,7	1,1	250	6,0	2,0	3%	3,1	1852	1,2	2,2	0,6	1,6
18-juil.-25	900	7,1	1,1	4750	5,9	1,7	29%	2,8	2949	1,0	3,2	1,4	1,8
19-juil.-25	750	6,5	1,0	2000	6,0	1,6	15%	2,6	2679	1,1	3,7	1,1	2,7
20-juil.-25	300	6,4	1,2	800	6,1	1,6	15%	2,8	1479	0,8	2,0	0,7	1,3
21-juil.-25	1750	6,6	1,1	2150	6,1	1,5	7%	2,6	3134	2,4	4,9	1,5	3,3
22-juil.-25	1000	7,6	1,2	3000	6,1	1,5	17%	2,6	2900	1,3	4,2	1,4	2,9





Consommation en fertilisants

Optimisation

- Pour une culture en grands tunnels de framboises (1 - 1,1 kg/canne)

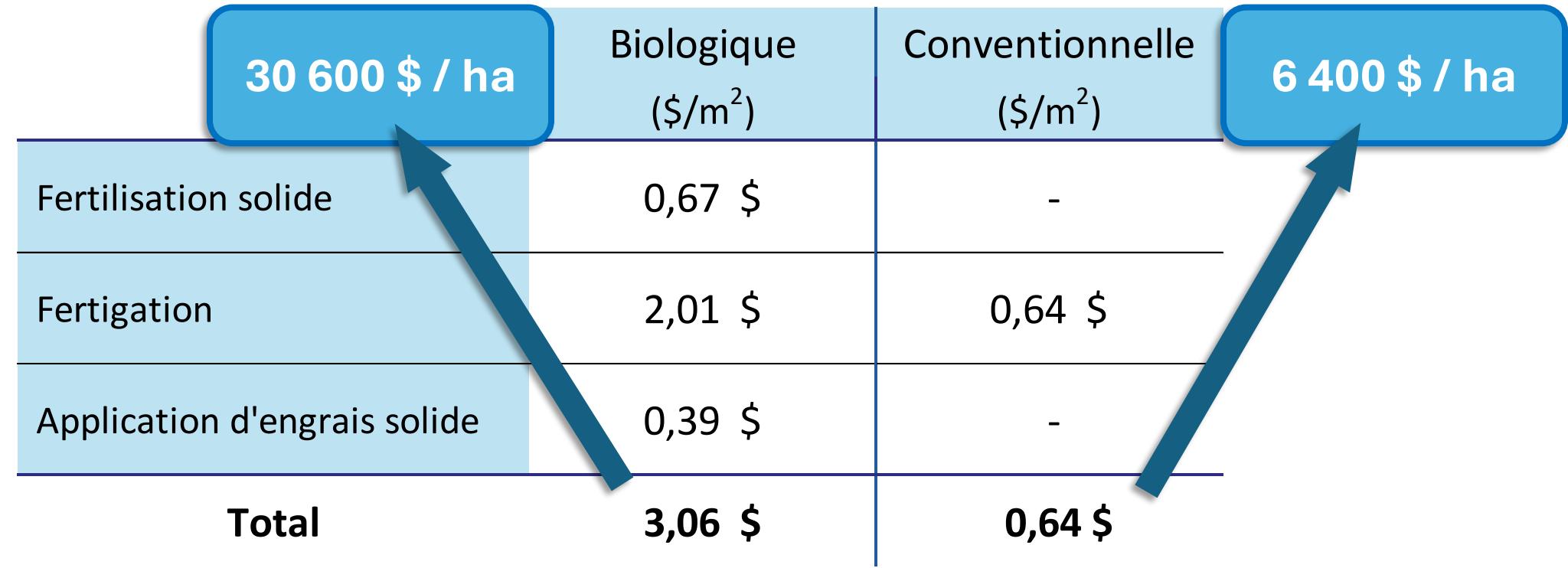
N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
kg/m ²					mg/m ²					
31,5	4,0	17,6	18,7	6,9	524	68,7	34,5	24,6	5,75	6,45

Coûts de la fertigation

Optimisation

- Estimation pour une culture en grands tunnels de framboises (1 - 1,1 kg/canne)

	Biologique (\$/m ²)	Conventionnelle (\$/m ²)	
30 600 \$ / ha			6 400 \$ / ha
Fertilisation solide	0,67 \$	-	
Fertigation	2,01 \$	0,64 \$	
Application d'engrais solide	0,39 \$	-	
Total	3,06 \$	0,64 \$	



Recirculation des SF

Optimisation

- **Lessivage**

- **Surplus d'irrigation absolument nécessaire :**

- Maintien des conditions racinaires optimales (CE & pH);
 - Uniformité de la culture;
 - Prévention de l'accumulation d'ions néfastes.

- **Représente jusqu'à 30% des volumes envoyés**

- **Recirculation**

- Traitement obligatoire de l'eau
 - « Flushs » nécessaires



Source : Philippe-Antoine Taillon



Questions?

Philippe-Antoine Taillon, agronome



418-997-8510



pa.climaxconseils@gmail.com