

OPTIMISATION DE LA GESTION DU CLIMAT EN CULTURES FROIDES : BIEN S'INSTALLER POUR BIEN RÉUSSIR

Jacques Thériault agr. M. Sc.

Climax Conseils



CLIMAX
CONSEILS

PLAN DE LA PRÉSENTATION

- 1- Historique du projet
- 2- Objectifs du projet
- 3- Présentation des sites à l'étude
- 4- Analyses de cas
 - **INAB**
 - Effets d'ombrage
 - **La boîte à légumes**
 - La gestion climatique
 - Révision du design des systèmes de chauffage et de ventilation
 - **La contribution de Mère-Nature**
- 5- Conclusion
- 6- Remerciements



► 1- Historique du projet : Serres froides et minimalement chauffées

- Stratégie de croissance des serres 2020-2025
 - Disponibilité de produits sur une plus longue période
- Une quinzaine d'entreprises en Estrie
- Déjà plusieurs travaux des Centres d'expertise et MAPAQ
 - CETAB+, CRAM
 - Fiches techniques MAPAQ
- Encore beaucoup de questions à répondre
 - Rendements instables
 - Problèmes phytosanitaires
 - Coûts de chauffage mal maîtriser



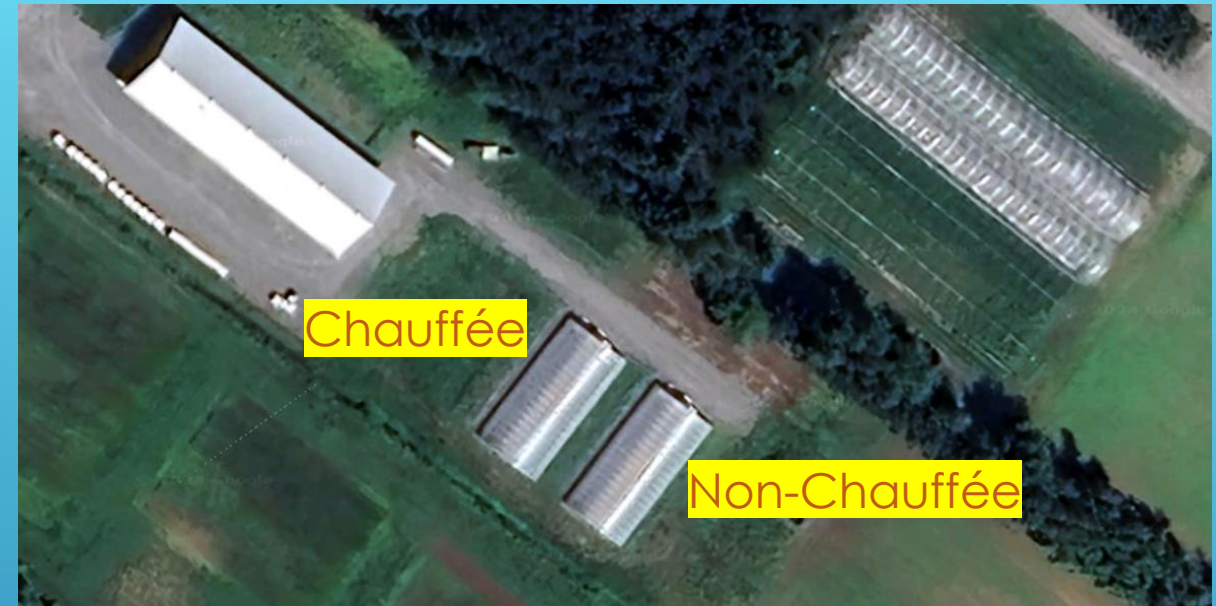
► 2- Objectifs du projet :

- Bâtir une expertise intégrant agronomie et thermodynamique
- Impact des pratiques de gestion climatique sur l'atteinte des objectifs
- Amélioration des pratiques du producteur
- Réduction des coûts de chauffage
- Plus grande adhésion des entreprises à la production de légumes-feuilles en conditions froides

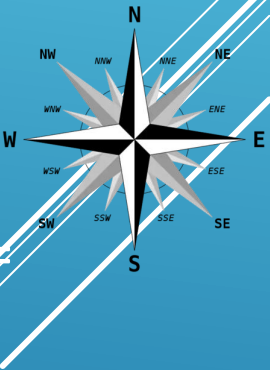


3- PRÉSENTATION DES SITES À L'ÉTUDE : L'INAB

- ▶ Serre chauffée (N-O)
 - ▶ T° chauffage = 0°C
 - ▶ T° ventilation (pression positive) = 15°C
 - ▶ Consigne de déshumidification = 10 min aux 2 heures pendant la nuit avec pression positive et chauffage + 10 min après lever du soleil



- ▶ Serre non chauffée (S-E)
 - ▶ T° chauffage = aucune
 - ▶ T° ventilation (pression positive) = idem de l'air ambiant



Température intérieure serre	Nb de couvertures flottantes
0°C	1e P30
-3°C	2e P30
-7°C	3e P30
-12°C	4e P30



3- PRÉSENTATION DES SITES À L'ÉTUDE : LA BOÎTE À LÉGUMES

Chauffage (identique dans les deux serres)

Thermopompe (TP)

Gel de l'échangeur vers -9 à -14°C

COP par constant (10kW puissance d'entrée)

Serpentin

60 kW (50-100%)

Tarif interruptible (1 fois cet hiver)

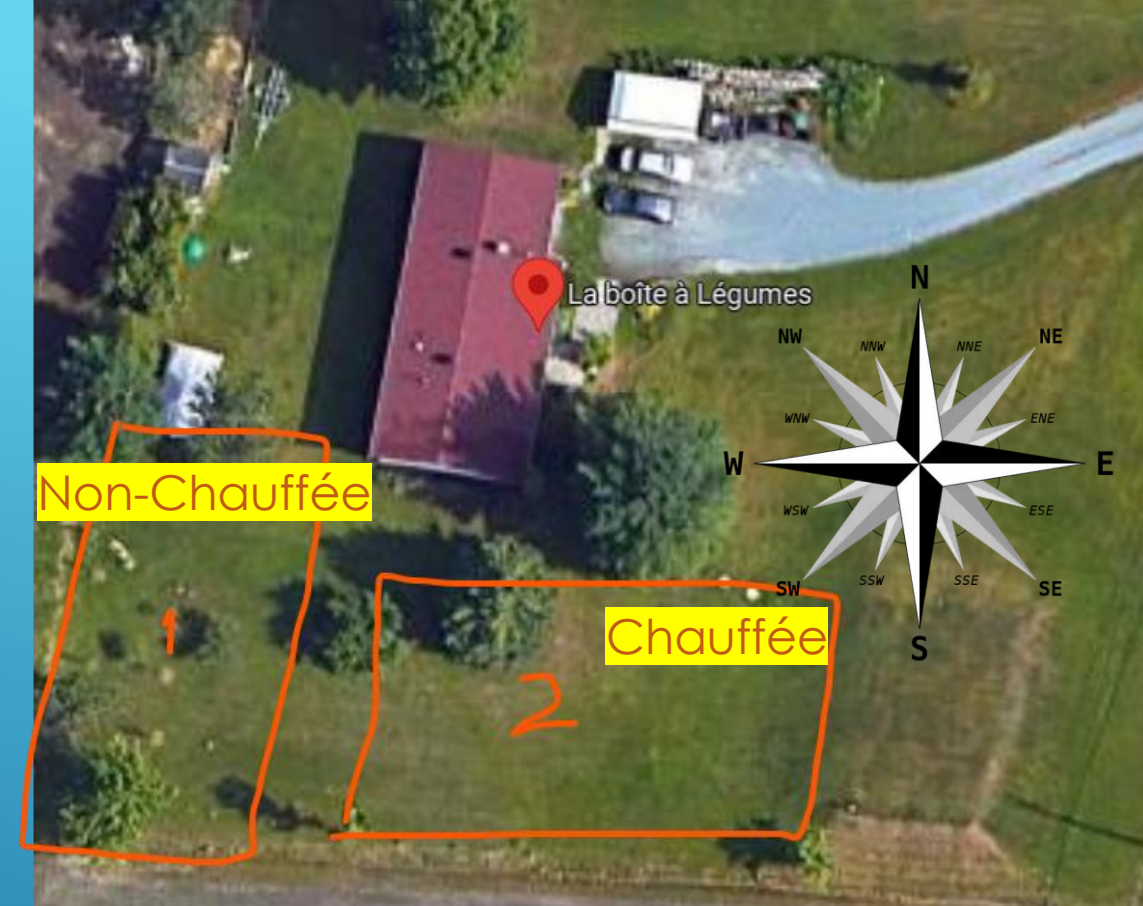
2 serres de dimension variable

S1 N-S- Serre à -3°C : petite = 220 m²

S2 E-O- Serre à 5°C : grande = 292 m²

Ventilation à pression positive

Déshumidification programmée avec TP et serpentin



4- ANALYSE DE CAS : L'INAB-EFFETS D'OMBRAGE



FIG. 2.3 Parcours apparent du soleil aux équinoxes (21 mars et 21 septembre) et aux solstices (21 décembre et 21 juin) à Bruxelles. Ce graphique est pratiquement valable au nord de la Loire.

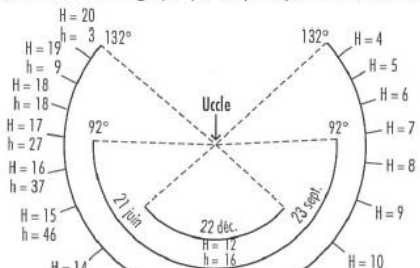
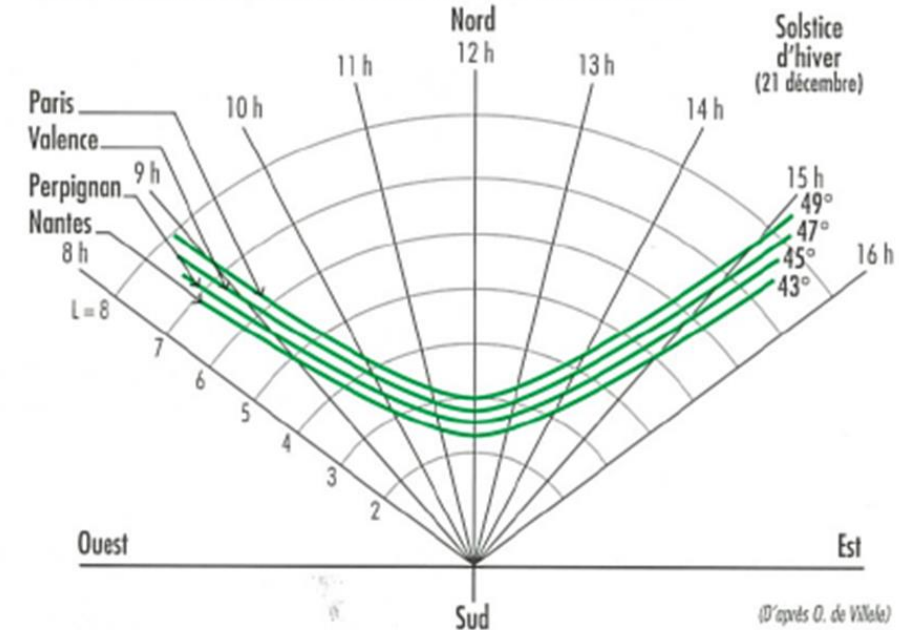


FIG. 2.4 Direction et longueur des ombres selon l'heure et la latitude (pour une hauteur de l'obstacle de 1 m). Heures TSV

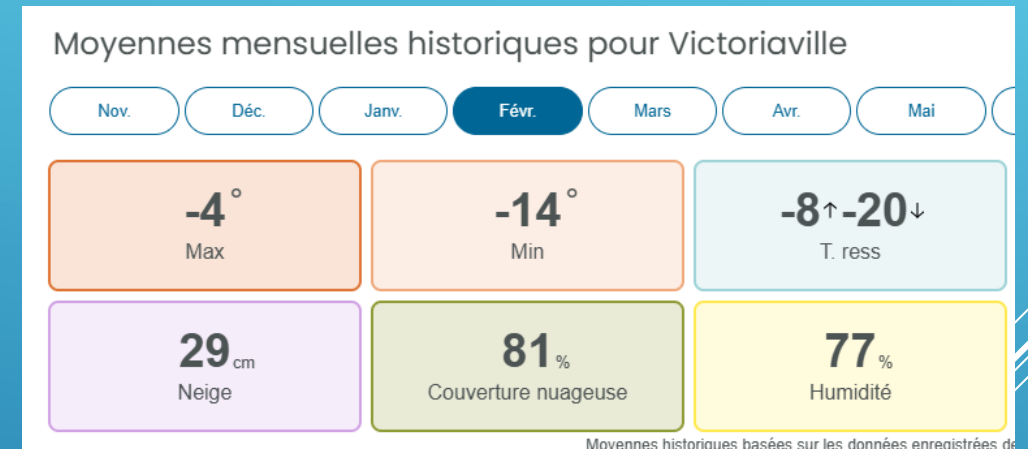


L'INAB: EFFETS D'OMBRAGE 31 OCTOBRE 2023



INAB: EFFETS D'OMBRAGE

Date	Condition	Serre		Écart
		Chauffée	Non-chauffée	
2023-11-16	Soleil	45%	59%	24%
2023-11-21	Soleil	40%	64%	38%
2023-10-31	Mi-soleil	58%	70%	18%
2023-11-01	Mi-soleil	47%	63%	26%
2023-11-23	Nuage	64%	69%	7%
2023-11-27	Nuage	69%	71%	3%



Couverture nuageuse moyenne octobre à février : 77%

J'aime les mathématiques : $77\% \times 5\% \times 1 \text{ LUM} + 23\% \times 30\% \times 3 \text{ LUM} = 3,85\% + 20,7\% = 24,55\%$

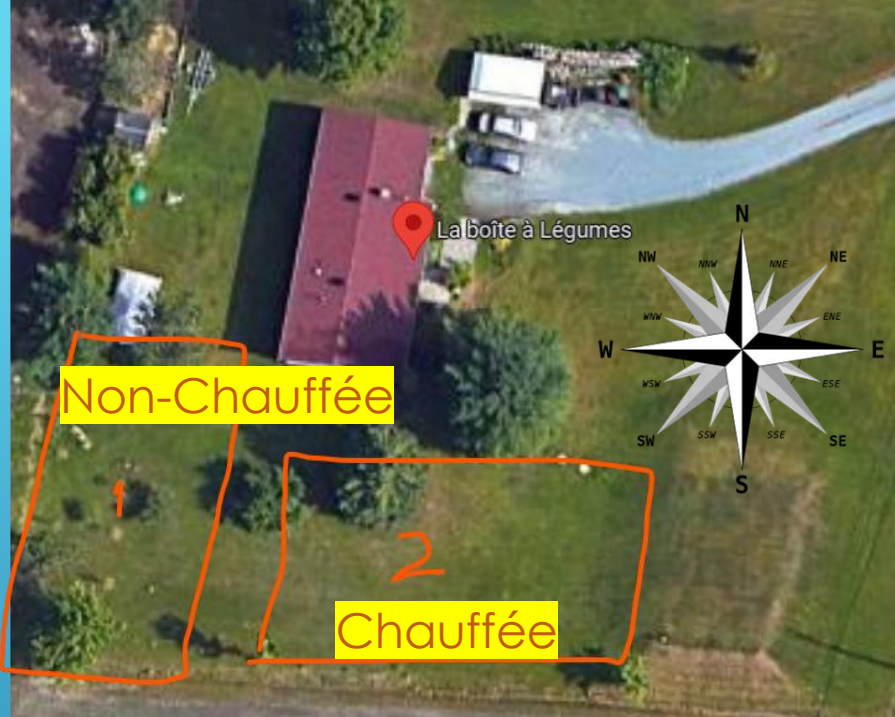
Imaginez deux serres orientées Est-Ouest !!!
Quelle serre tenir chaude? Quelle serre tenir froide?



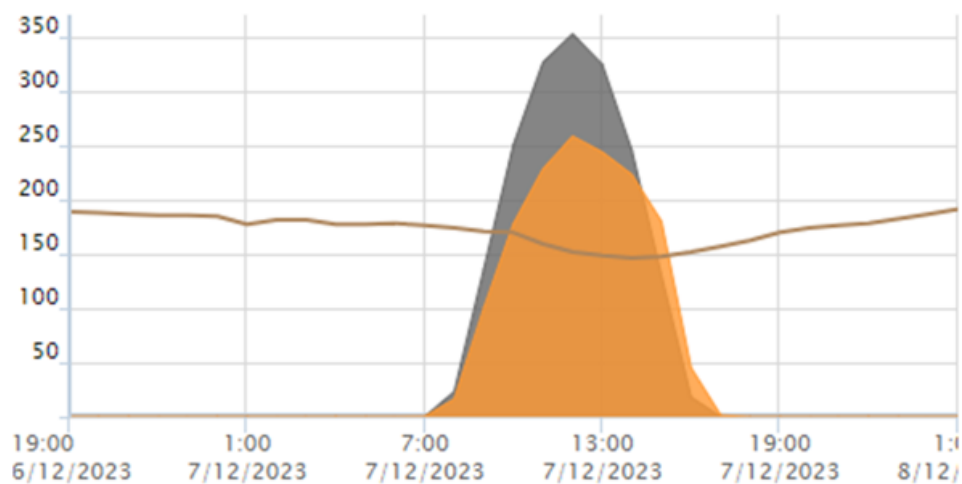
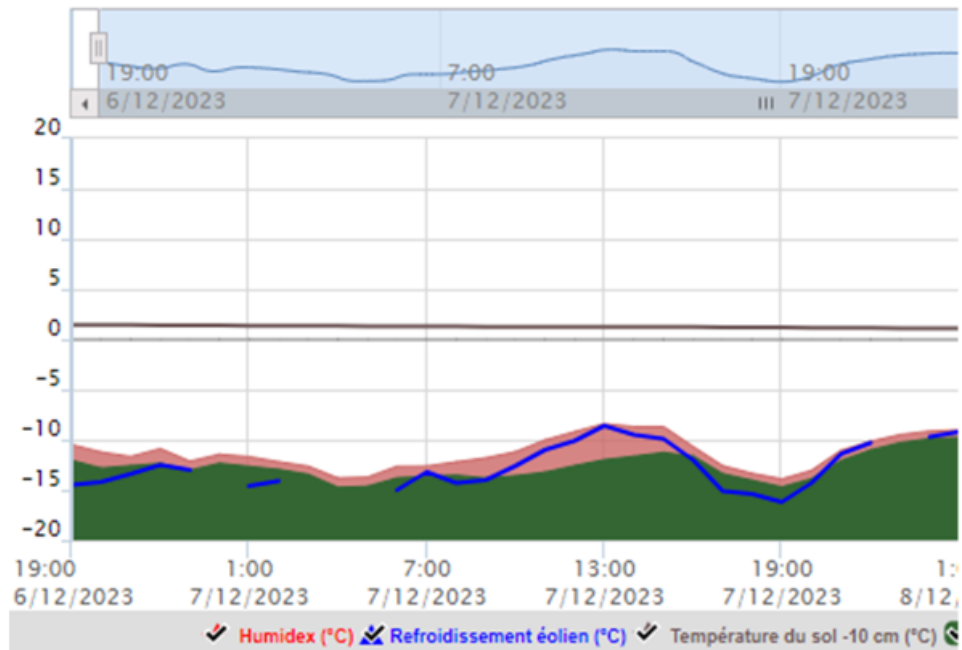
CLIMAX
CONSEILS

4- ANALYSE DE CAS : LA BOÎTE À LÉGUMES : CARACTÉRISTIQUES DES SERRES

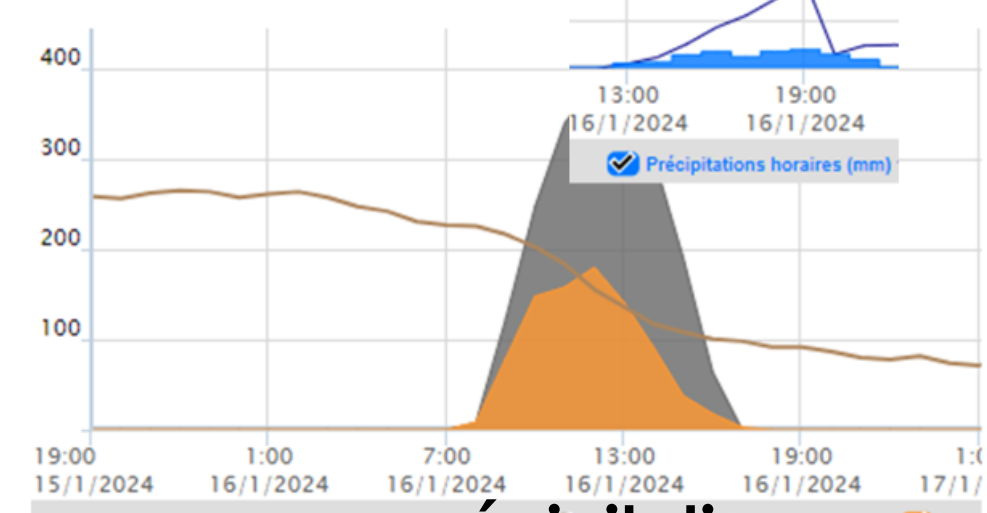
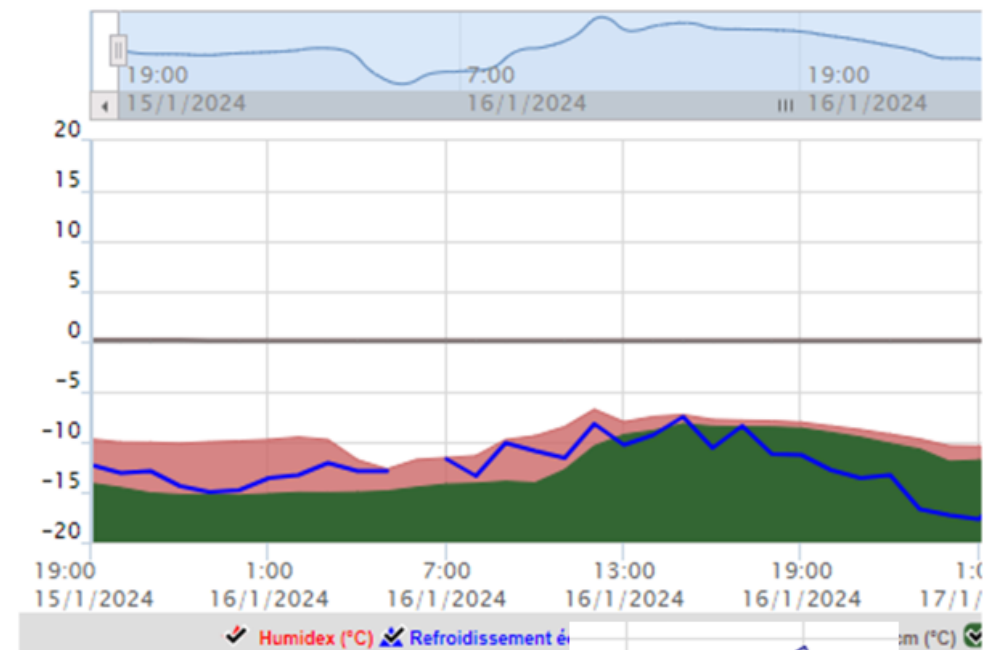
Caractéristique de la serre	Serre	
	1 N-S	2 E_O
Superficie (m ²)	220	292
Chauffage J/N (oC)	0/-3	5/3
Ventilation J/N (oC)	16/7	16/7
Puissance chauffage (Btu/m ²)	465	350
Delta T attendu (°C)	19 (38)	14,6 (29,2)
Température ext minimum (oC)	-22 (-41)	-11,6 (-23,2)
Puissance Thermopompe	155	116
Puissance ventilation (Changements d'air/hr)	6	4
Déshumidification	Pulse thermopompe + ventilation, serpentin au besoin	



Stanstead (cmqe)



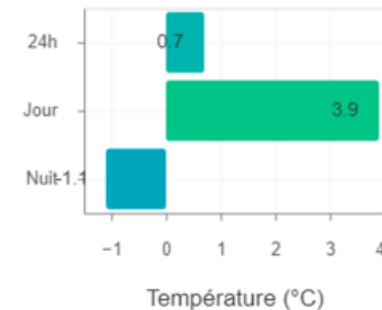
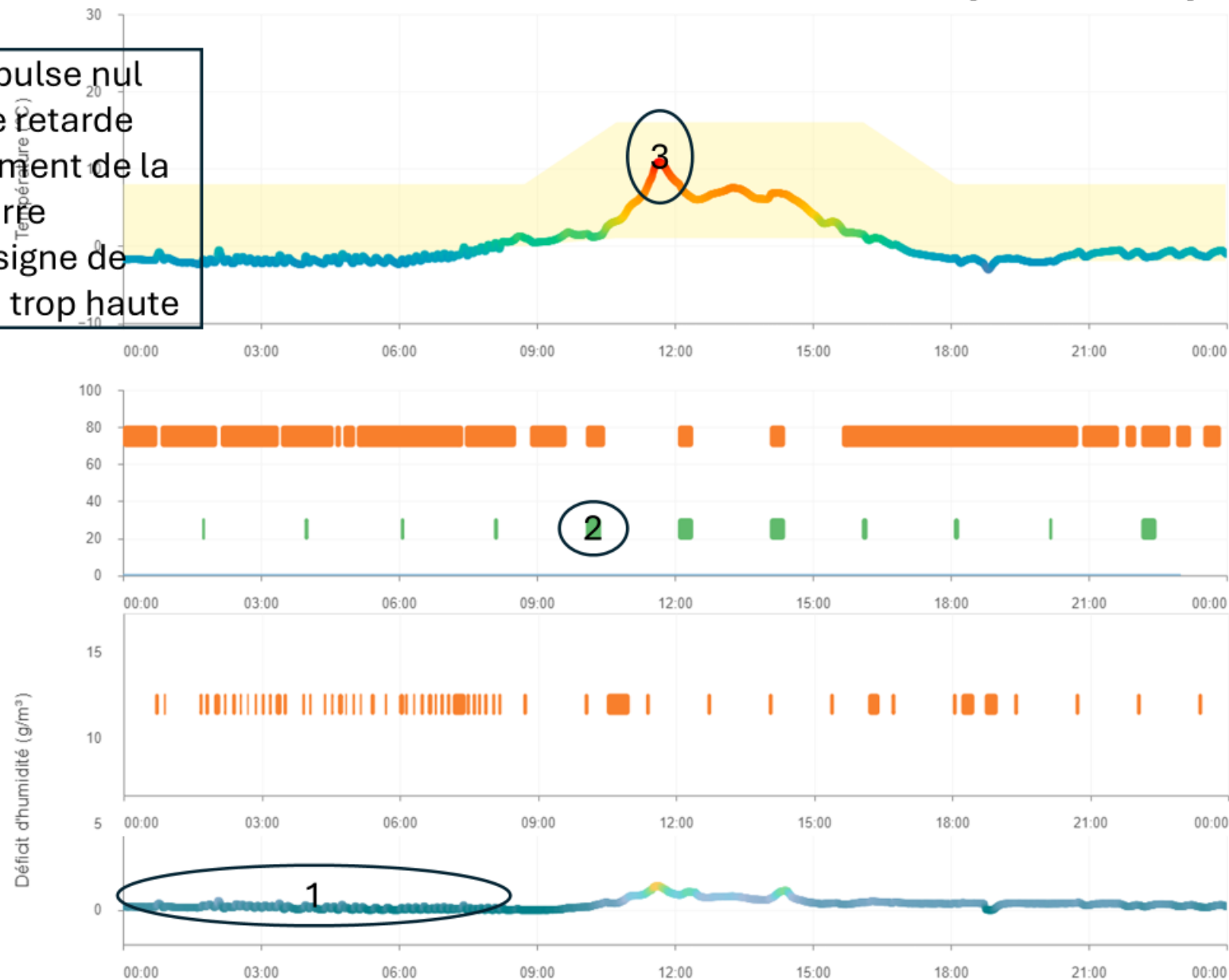
Stanstead (cmqe)



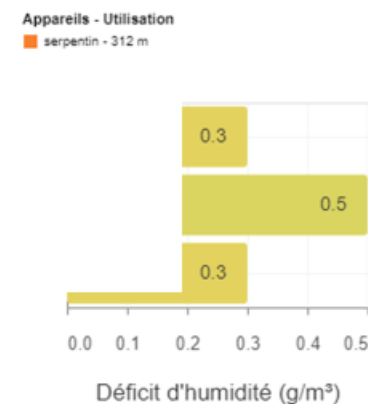
Conditions Froides : ciel clair vs nuageux avec précipitations

7 décembre 2023 Serre 1 N-S (froide)

- 1- Effet pulse nul
- 2- Pulse retarde l'assèchement de la serre
- 3- Consigne de ventilation trop haute

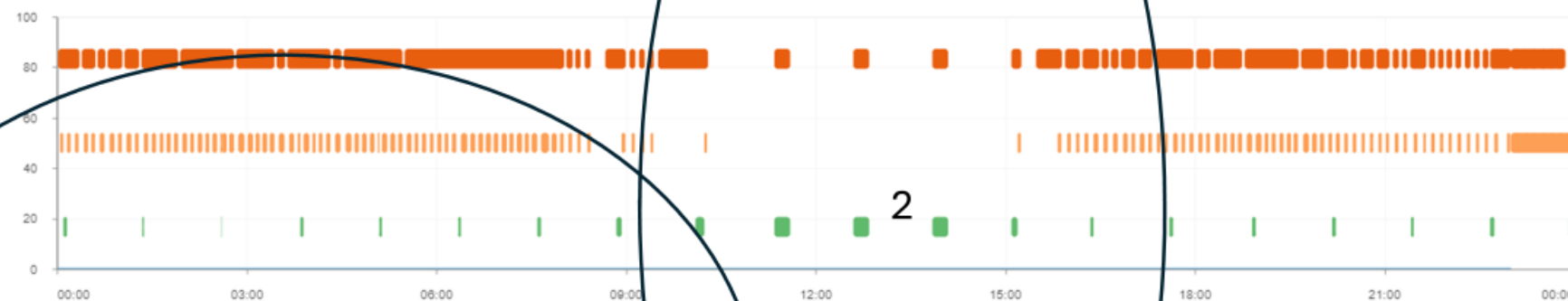
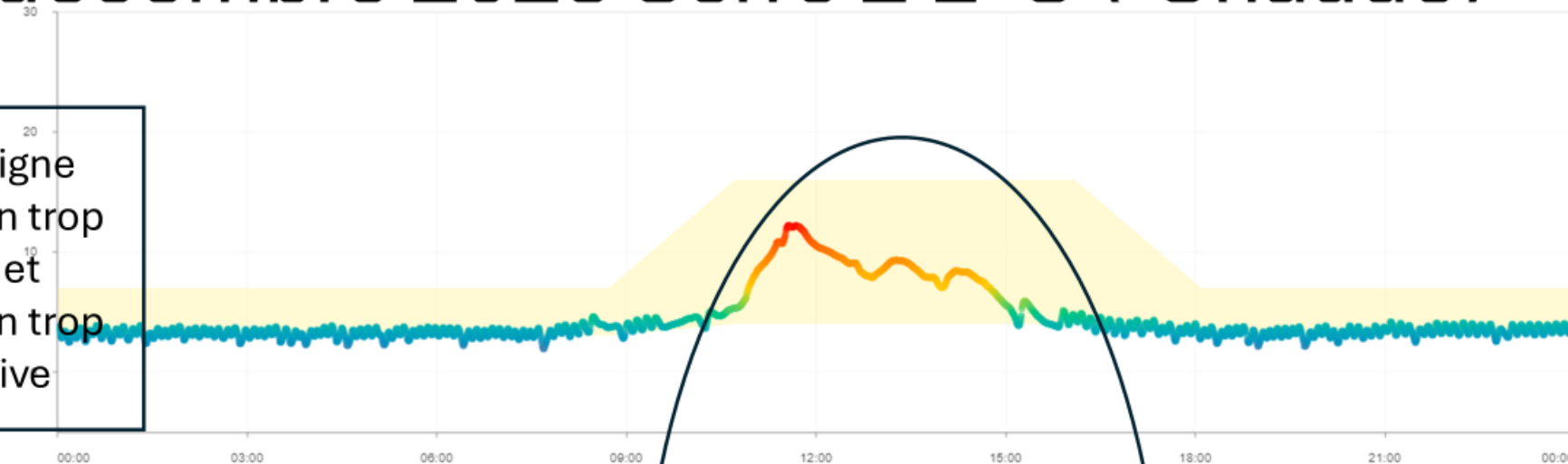
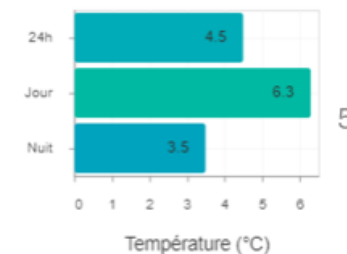


4



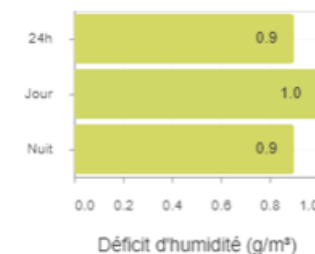
7 décembre 2023 Serre 2 E-O (Chaude)

2- Consigne ventilation trop haute et ventilation trop agressive

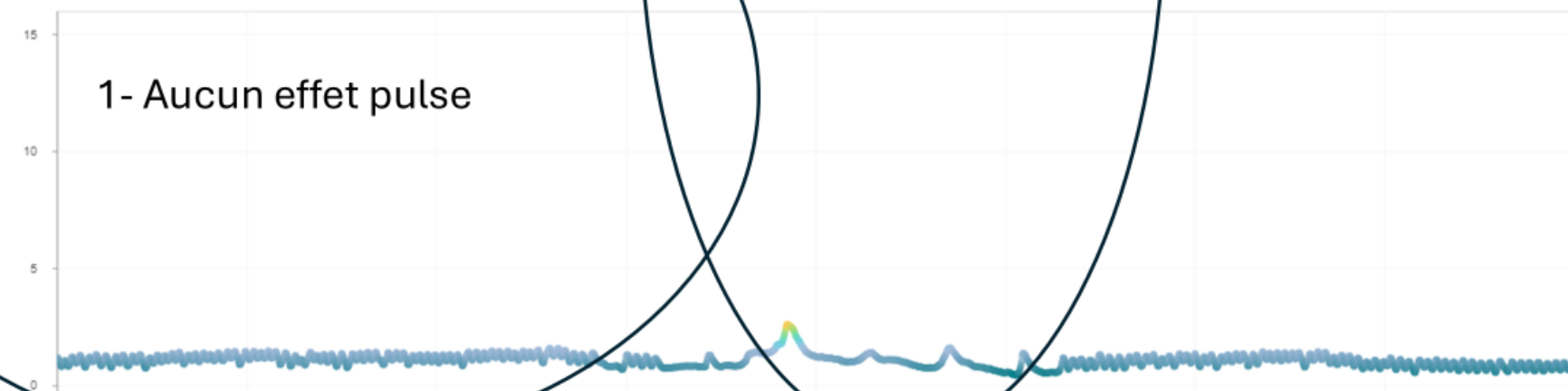


Appareils - Utilisation
Serpentin - 454 m
Thermopompe - 960 m
Pression positive - 106 m
1 - Côté maison
2 - Côté champs

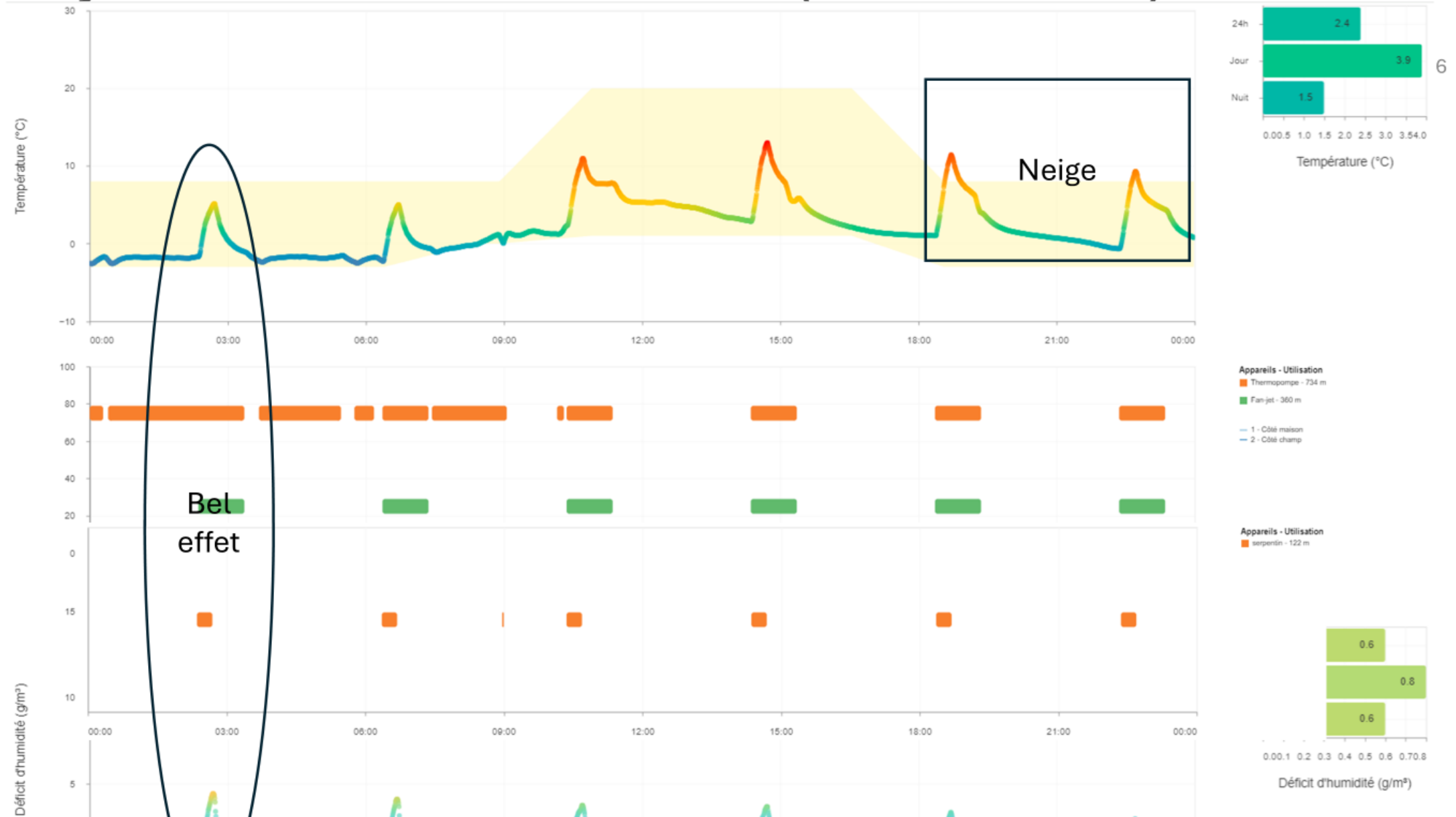
1- Aucun effet pulse



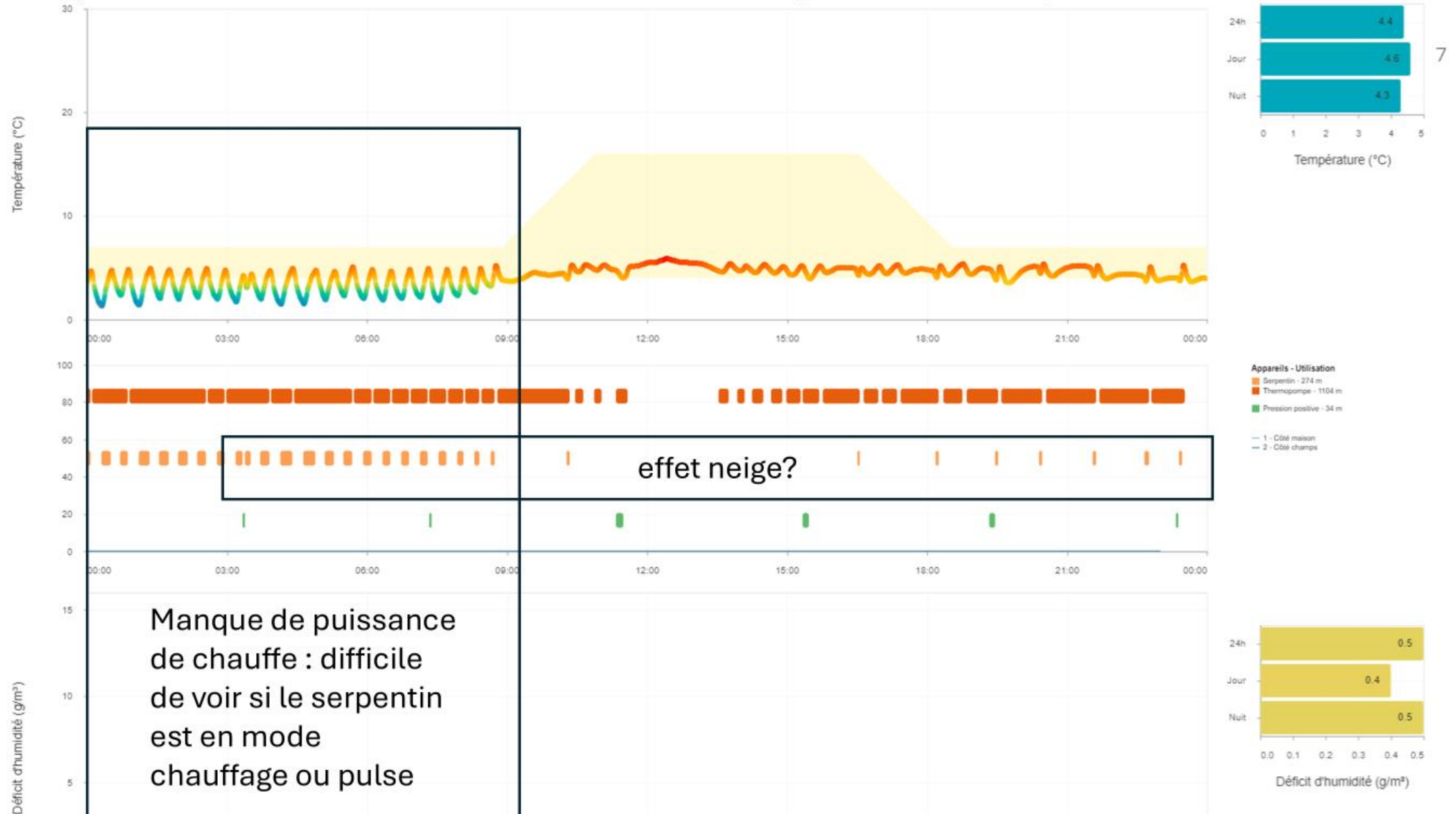
Déficit d'humidité (g/m³)



16 janvier 2024 Serre 1 N-S (Serre froide)

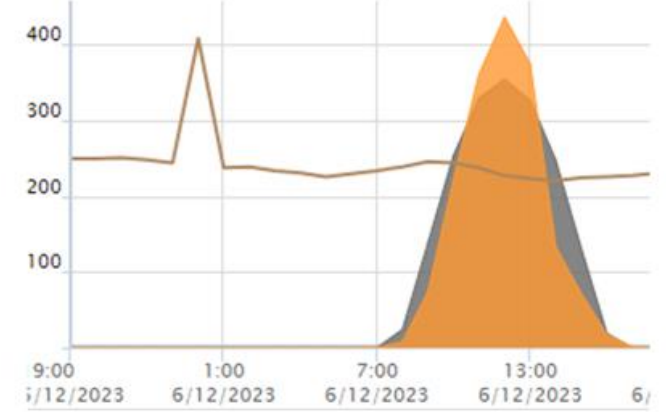


16 janvier 2024 Serre 2 E-O (Chaude)



Effet soleil sur température

Serre E-O
profite mieux
du soleil



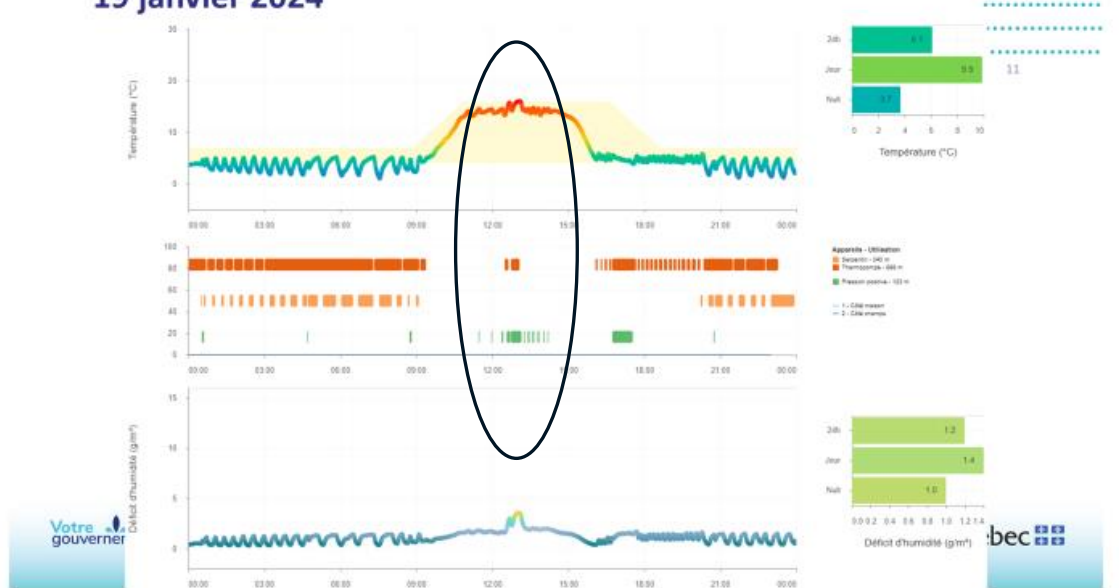
Serre froide N-S

19 janvier 2024



Serre Chaude E-O

19 janvier 2024

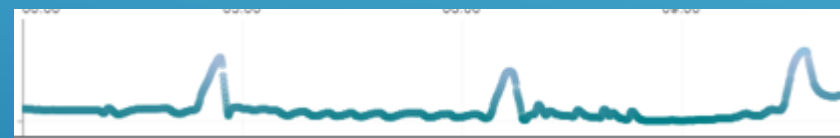


SERRE FROIDE-NUIT FROIDE EFFICACITÉ PULSE- NUIT

Ciel clair



Nuageux



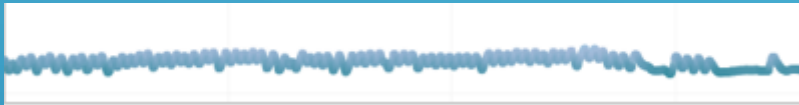
Neige



Puissance du pulse à ajuster en fonction des conditions extérieurs, ou agir quand ça rapporte

SERRE CHAUDE-NUIT FROIDE-EFFET PULSE-NUIT

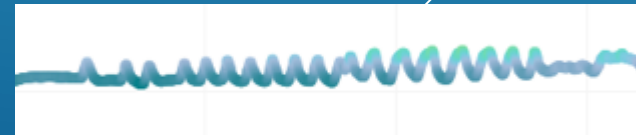
Ciel Clair



Nuageux

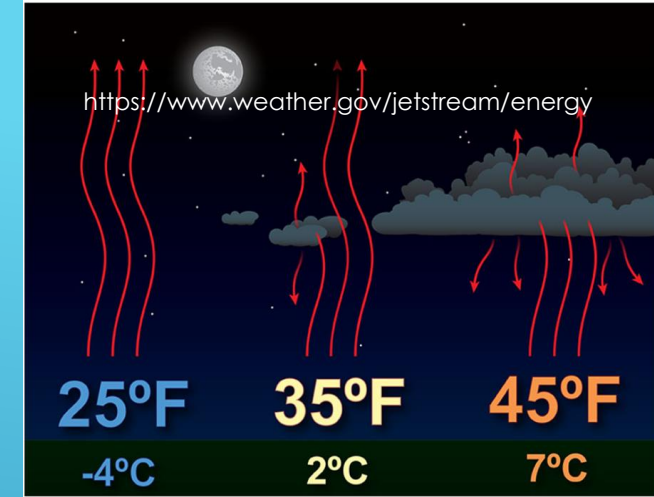


Neige



QUELQUES COMMENTAIRES

- ▶ Aucune serre ne permet une déshumidification adéquate en conditions froides avec forte perte radiative (nuit avec ciel clair).
 - ▶ La serre froide réussit mieux à faible perte radiative (chauffage plus puissant)
- ▶ La serre chaude est mal dimensionnée pour être définie comme « chaude »
- ▶ L'effet déshumidification est surtout assuré par la hausse de température
 - ▶ Chauffer est plus efficace que ventiler pour assécher la culture (situation de faible transpiration)
 - ▶ Ventilation trop forte assomme le chauffage et bloque la déshumidification
- ▶ L'orientation E-O favorise les gains thermiques par le soleil



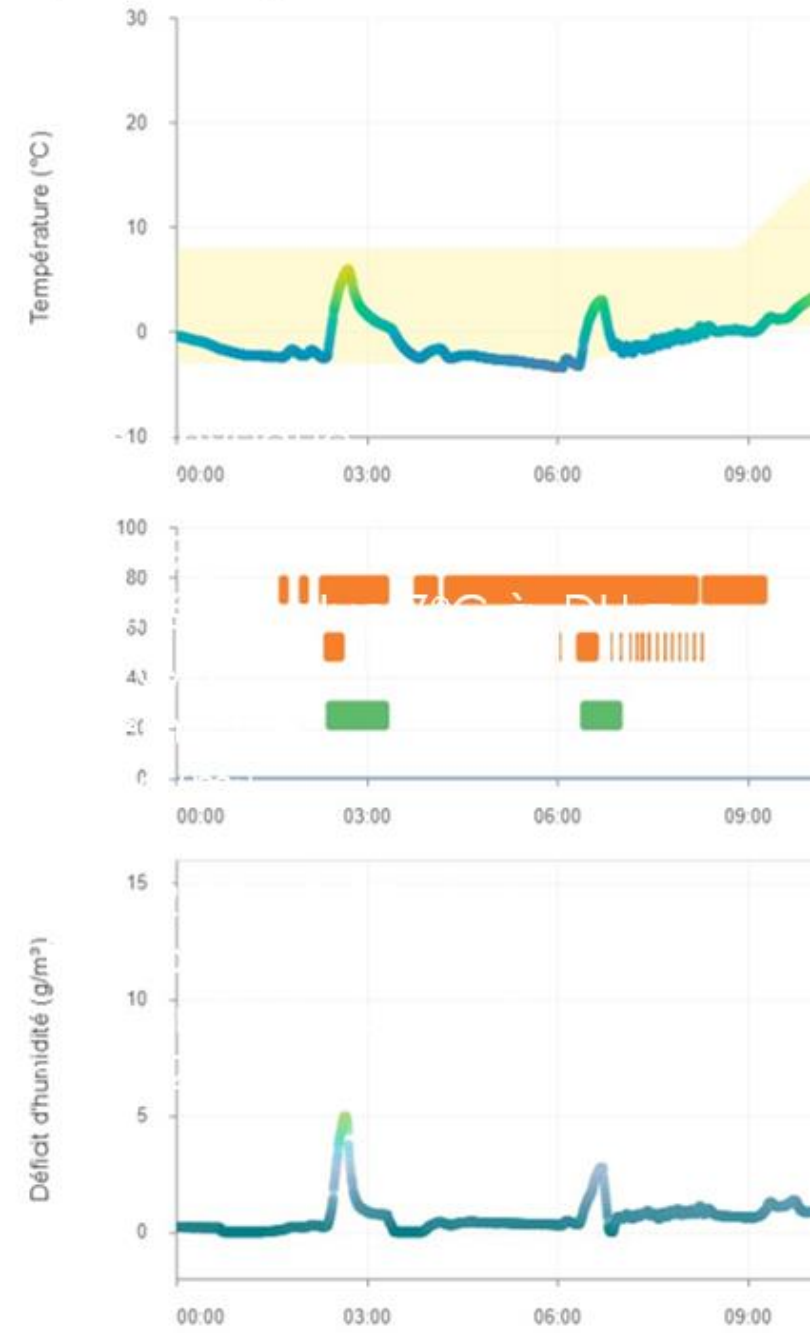
Un peu de mathématiques

Conditions de nuit extérieure:
Température -12 à -19°C,
HR = 80%, Humidité absolue (HA) = 1,1g/m³
(20°C, HR = 80% = 13,8g/m³)

- Analyse physique (Serre : 2 possibilités de ventilation)
- HA -3°C à DH=0 = 3,9g/m³
- HA 7°C à DH = 5 = 2,32g/m³
- Effet ventilation (1 ch. d'air : $HA_{int} - HA_{ext}$)
 - Serre à -3°C : $3,9 - 1,1 = 2,8\text{g/m}^3$
 - Serre à 7°C : $2,32 - 1,1 = 1,2\text{g/m}^3$
 - Ratio : $2,8/1,2 = 2,33$ (coûte très cher)

Ventiler à fret et chauffer après?

S1(NS) - 19 janvier 2024 :



RÉVISION DU DESIGN DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE ET DE VENTILATION

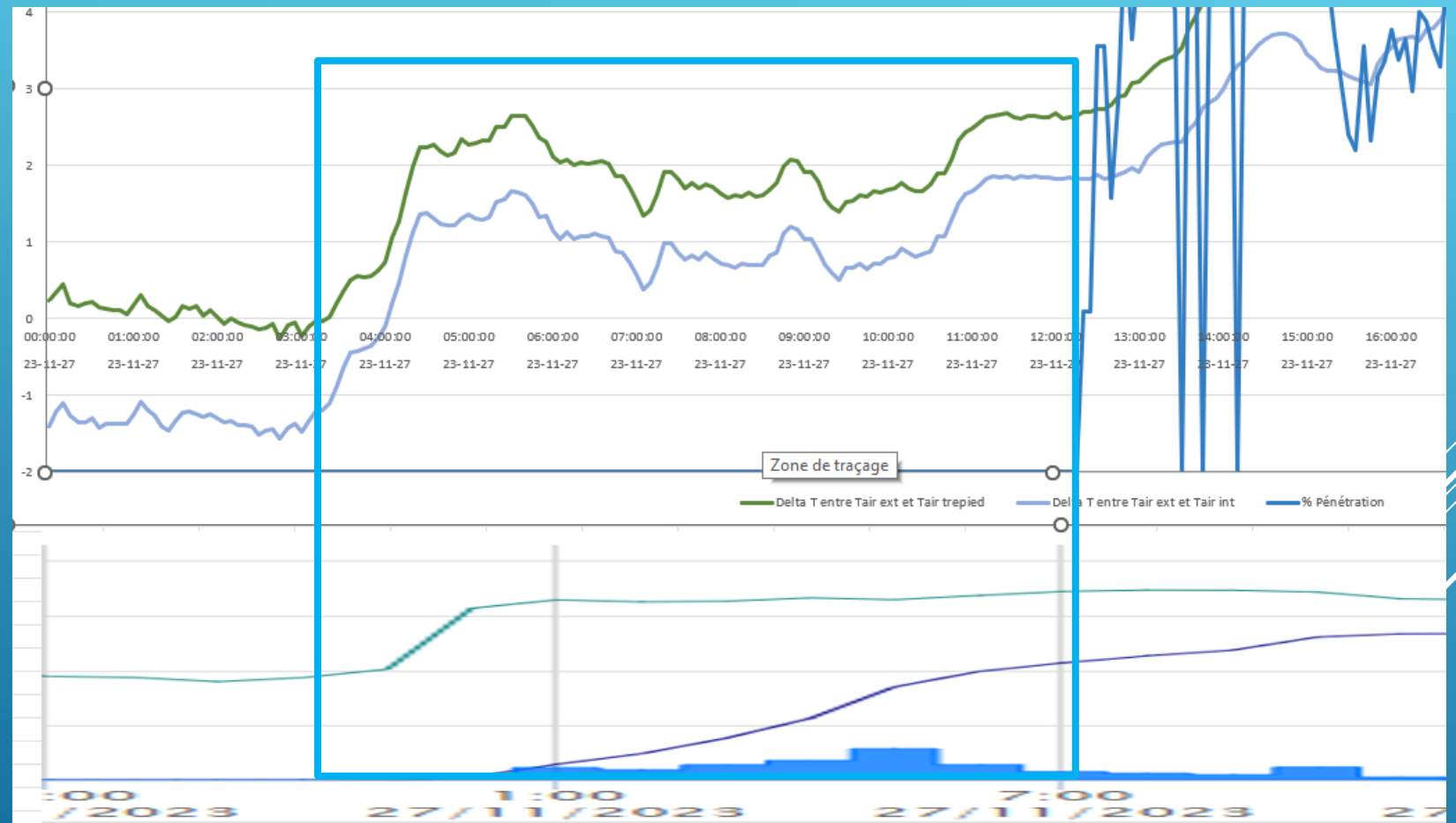
SUGGESTION : MATRICE DE PUISSANCE DES SYSTÈMES

Serre (chaude ou froide)									
Consigne affectée	Système affecté	Jour				Nuit			
		Soleil		Nuage		Ciel clair		Nuage ou précipitation	
		Chaud	Froid	Chaud	Froid	Chaud	Froid	Chaud	Froid
Température	Puissance de chauffe (delta T (°C))	0	10	0	20	0	30	10	25
	Puissance de ventilation (ch d'air/hr)	6	6	6	3	2	1	3	1
Humidité	Puissance de chauffe (delta T (°C))	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10
	Puissance de ventilation (ch d'air/hr)	6	6	6	2	3	1	4	2

Capacité de modulation des équipements et/ou du système de contrôle

LA CONTRIBUTION DE MÈRE-NATURE

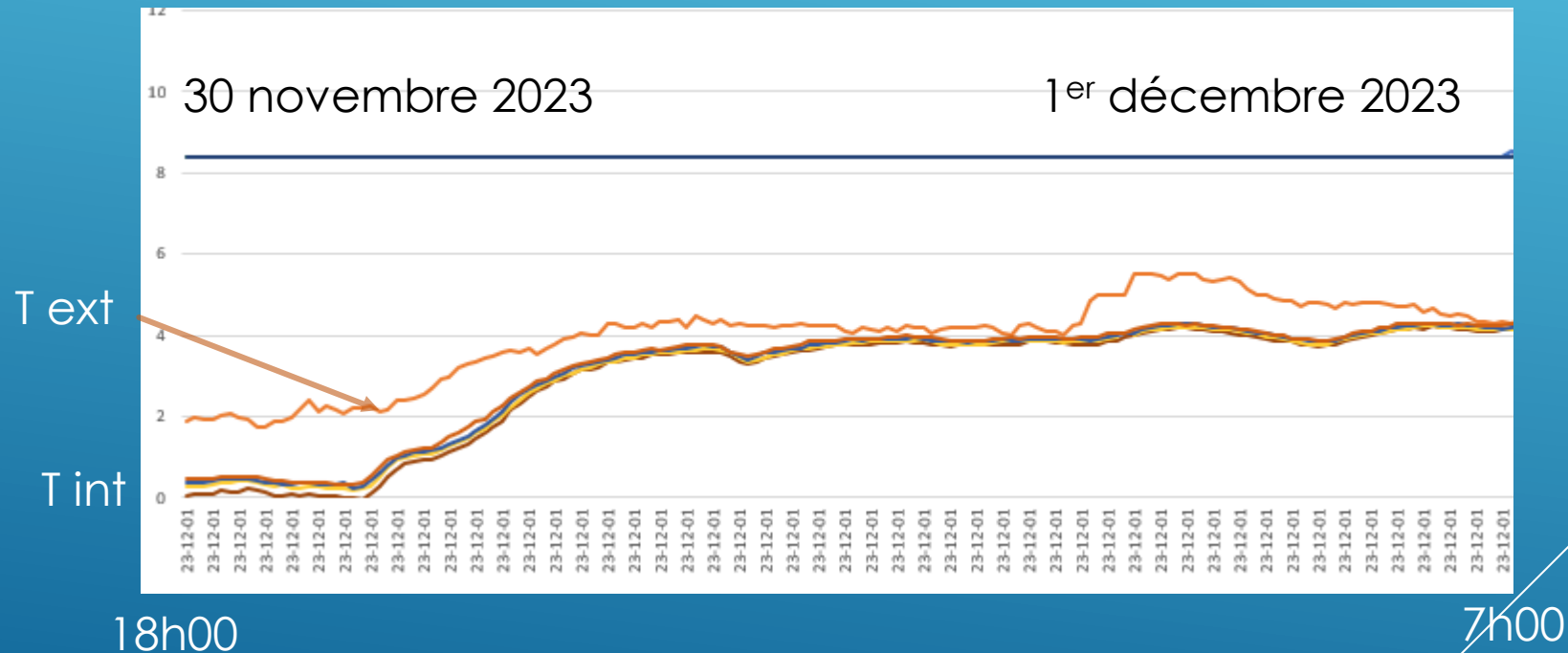
L'INAB
Effet pluie
(nuage)



Vents : 20km/hr soutenu

LA CONTRIBUTION DE MÈRE-NATURE

INAB : Serre chauffée et non-chauffée Inversion de température de 0h00 au lever du soleil
Effet radiatif ciel clair???



Pourquoi pas en profiter?

LA CONTRIBUTION DE MÈRE-NATURE



Crédit photo : Julien Venne, MAPAQ



Risques de maladies au froid

- Moisissure grise : Peut-être nul si $T^{\circ} < 0^{\circ}\text{C}$
 - Vitesse d'infection des spores ?
- Sclérotinia : Peut-être nul si $T^{\circ} < 5^{\circ}\text{C}$

Et si le froid était une bonne méthode de lutte???

Blessures de récoltes successives

- Récolter sec, garder sec et cicatriser avant de refroidir ?

RÉFLEXION : DÉSHUMIDIFIER POUR QUOI?

CONCLUSION

- Site de production
 - Penser lumière :
 - Facteurs d'ombrage
 - Orientation de la serre
- Équipements de serre
 - Prendre le temps de valider les puissances requises vs ce que vous avez
 - Serre chaude 3 saisons \neq serre froide
 - Ventilation modulante de 1 à 6 changements d'air/hr
 - Chauffage : Delta T aussi fort qu'en cultures chaudes 3 saisons dans certains cas

CONCLUSION

- Modèle de gestion
 - Ventiler à froid et humide pour sortir l'humidité?
 - Chauffer pour augmenter le DH (sécher les plants)
- Profiter des phénomènes météorologiques
 - Mieux connaître et utiliser les opportunités climatiques
 - Couverture nuageuse
 - Ensoleillement
 - Inversion de température

Cassandra Veillette
Producteur



Danielle Monfet
Professeure, Ing.,
Ph.D.



REMERCIEMENT

Charlotte Giard-Laliberté
agr. M. Sc.



Philippe-Antoine Taillon agr.
Geneviève Legault agr. M.Sc.

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région (PADAAR)

MERCI DE VOTRE ATTENTION

Jacques Thériault agr. M. Sc.
jacques.climaxconseils@gmail.com
418-802-4316

