



Le pilotage des cultures par l'intégration de capteurs et de modèles de physiologie végétale

Transfert de technologies vers les cultures sous abris

Ariane Grisey, Eric Brajeul, Landry Rosddeutsch

# Le système de culture étudié : serre chauffée



## Un milieu confiné

- Protection face à la pluie et au vent
- Protection face aux bioagresseurs extérieurs (insectes, ...)

## Une serre chauffée qui peut être rafraîchie également

- Indépendance vis-à-vis des aléas climatiques (gel, froid)
- Meilleure gestion de l'hygrométrie
- Meilleure gestion du climat
- Allongement du calendrier = Production toute l'année

## Une culture hors sol = Culture sur substrat

- Limite les maladies telluriques
- Meilleure gestion de l'eau et des fertilisants (+ goutte à goutte et recyclage)

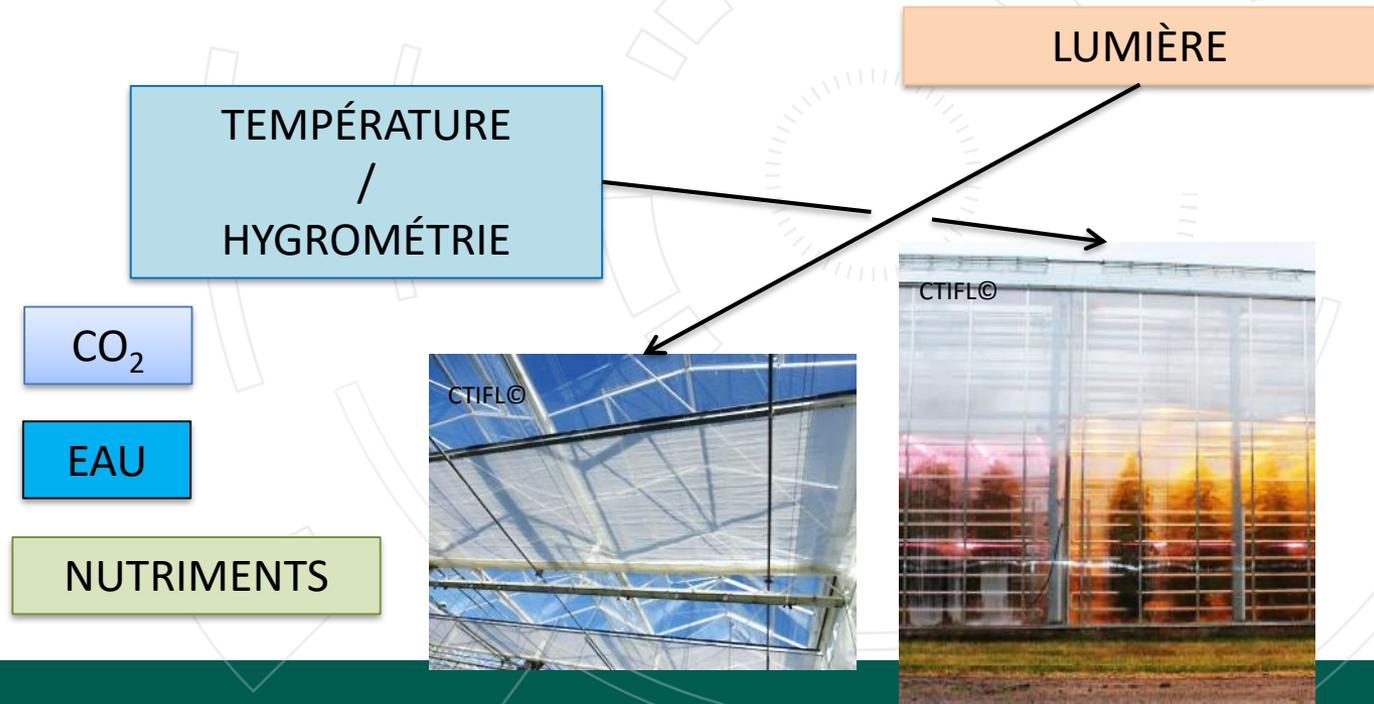
Une culture 10 mois sur 12 d'espèces végétales dont l'origine est tropicale (tomates, concombres, ...)



# Problématique : Un système complexe (et cher)



- De multiples actionneurs régulent l'environnement de la serre
  - Développement technologique très rapide
  - Un pilotage très empirique

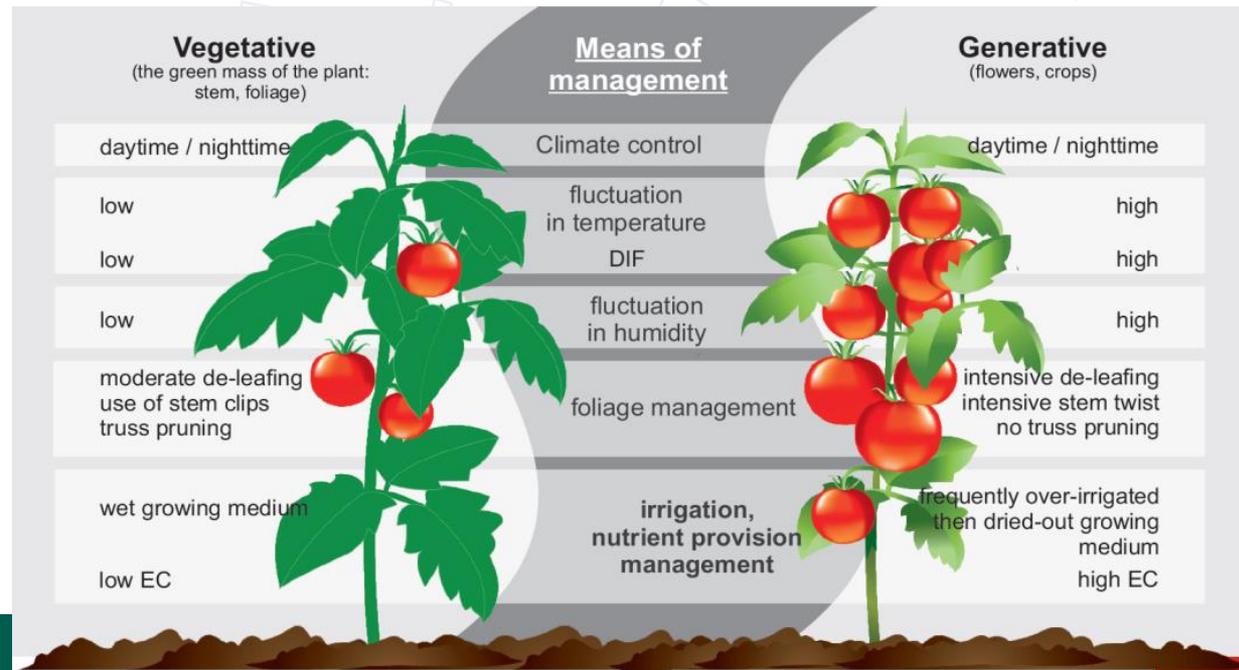


# Quelle adéquation entre les besoins de la plante et le système de culture?

Objectif : Augmenter l'efficacité de chaque intrant

- Aujourd'hui, des mesures hebdomadaires de **croissance** et d'**architecture**, quotidiennes sur des consommations en **eau-nutriments**, **énergétiques** pour un pilotage de CORRECTION

NOUS  
RENSEIGNE SUR  
CE QUI S'EST  
PASSÉ



# Vers un pilotage plus précis : le temps-réel

## Exemple 1

### Estimation de la transpiration foliaire par l'enregistrement de la température de feuille (calcul $DPV_{\text{feuille-air}}$ )

NOUS  
RENSEIGNE SUR  
CE QUI SE PASSE

Projet CONSER (Région Pays de Loire 2014-2016)  
Règle de pilotage : après 2500 kPa.s, déclenchement d'une irrigation à 250ml



30/11/2020

## Exemple 2

### Suivi de la température du fruit de tomate

Objectif maintenir le fruit à 23°C

Règle de pilotage : déclenchement du chauffage/arrêt du chauffage pour maintenir le fruit à 23°C

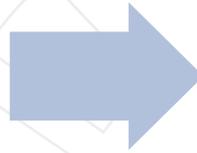
Forte économie d'énergie (70%)



13<sup>ème</sup> rencontre du GIS PICLég

# Vers un pilotage plus précis : ?

Le temps réel



L'anticipation : nous renseigne sur ce qui va se passer

- **Problème :**  
uniquement des **actions simples**, ne prend pas en compte les complexités du système de culture et de la physiologie

- **Problème :**  
**complexité du capteur** (nombre, fiabilité, coût, stockage des données) et de **l'analyse** + quels **actionneurs** sont impactants ?

# Vers un pilotage plus précis : la modélisation

## Projet Magestan (PS2A FranceAgriMer 2016-2018)

Intègre les données des capteurs comme variables d'entrée et de re-calibration des modèles mathématiques en quasi-temps réel  
Modèle en auto-apprentissage (besoin de beaucoup de données)  
Adaptable à tous types de serre, prend en compte l'hétérogénéité climatique (après période d'apprentissage)

CE QUE L'ON  
VEUT QU'IL SE  
PASSE

Prend en compte les contraintes économiques

**Anticipe le climat pour placer l'ensemble des plantes de la serre à 100% de leurs capacités physiologiques pour atteindre l'objectif donné**



INRAE



(((w))) Wi6LABS



# Les résultats de Magestan

- **Preuve de concept d'un pilotage optimisé** sur les besoins de la plante, tenant compte des prévisions météorologiques et des coûts de production

En **3 étapes de modélisation** :

1. **Création de la biomasse et facteurs limitant la photosynthèse** sont identifiés au pas de temps de l'heure.
2. **Biomasse répartie dans la plante** en fonction des activités des sources et des puits.
3. **Scénario améliorant simulé d'un point de vue énergétique** pour évaluer son transfert possible en production. Le transfert des consignes améliorantes vers l'ordinateur de process n'a pas été assuré dans le cadre du projet.

⇒ **Suite nécessaire?**



# Le Parc de serre en France



7 431 ha d'abris hauts  
avec une progression des  
surfaces de 7% en 10 ans

*Agreste 2010*



**1 300 ha de serres chauffées**



*CTIFL 2013 et 2017*



**6 100 ha de serres non chauffées**



# Un besoin de connaître ce parc

**Etat de l'art sur la caractérisation des systèmes et le recensement des problématiques en culture sous abris froids – peu chauffés** en fonction des différentes variantes matérielles et des systèmes de culture

Enquête  
« quantitative »  
En cours d'analyse

Enquête « qualitative »  
de terrain (une vingtaine  
réalisées) en cours

Premiers retours : besoin  
de capteurs / modèles  
pour améliorer l'efficacité  
du pilotage

# Expérimentations mise en place

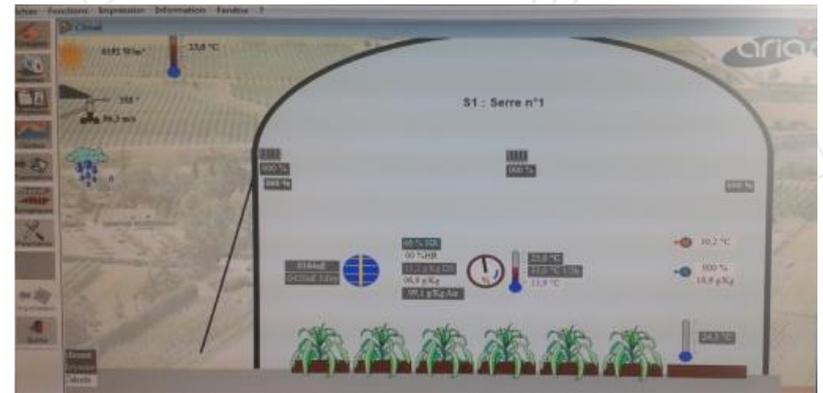
**Objectif un transfert technologique de la serre « high tech » vers les abris « low tech »**

## 1. Projet Abri'nov

-Caractérisation spatiale et temporelle de la température et de l'hygrométrie en abris froids (2020).

-Intégration de capteurs / modèles de physiologie végétale pour une rationalisation des pratiques en abris froids (tomate), et une meilleure efficacité des intrants (2021).

## 2. Projet Tunnel bioclimatique



# Dispositif expérimental

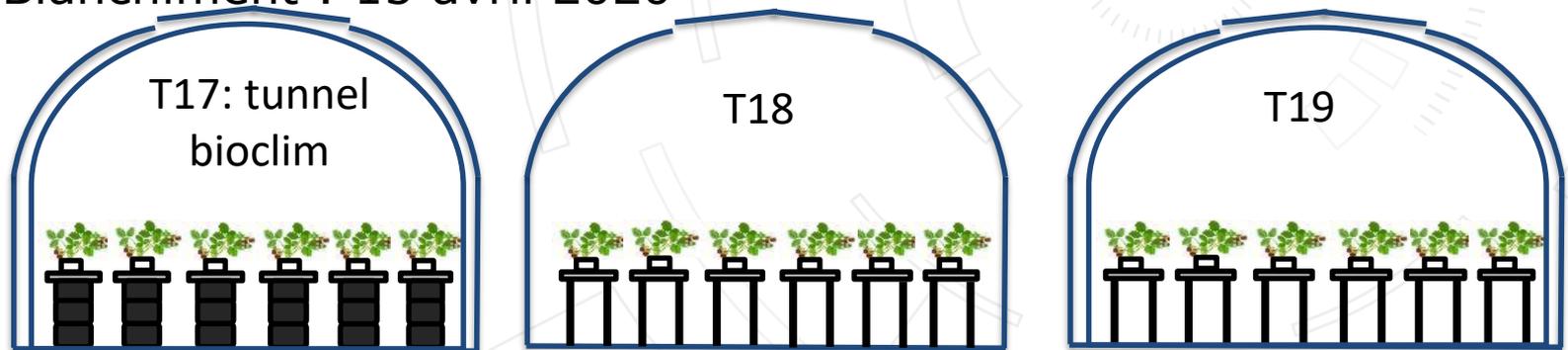
- **Les objectifs de l'essai :**

Cet essai vise à équiper un tunnel bioclimatique afin de stocker l'énergie solaire de la journée pour la restituer la nuit. Des réservoirs noirs ont été disposés sous les gouttières et vont permettre de capter l'énergie la journée et de la restituer la nuit.

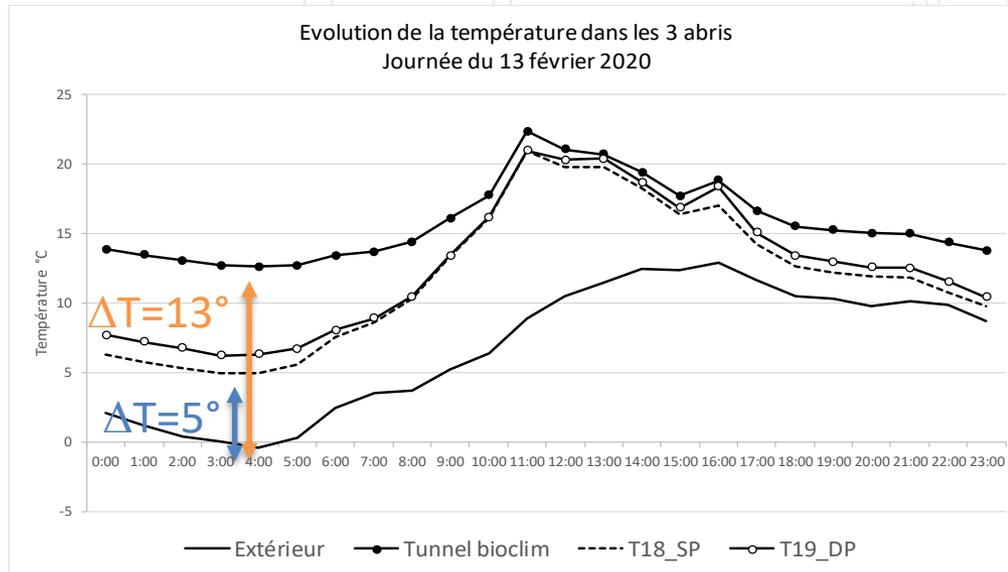
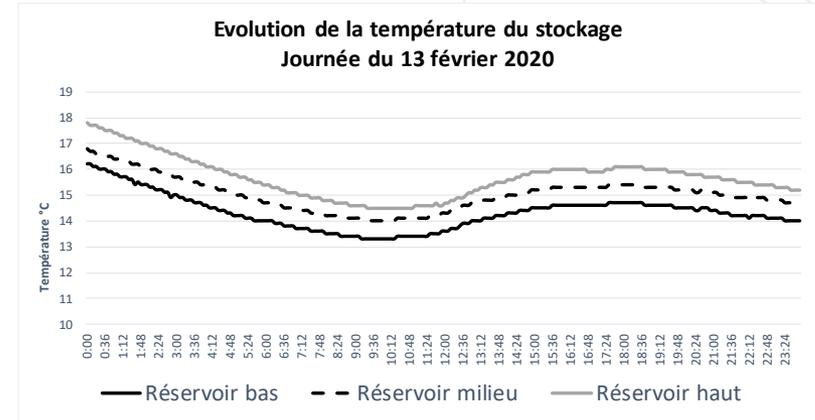
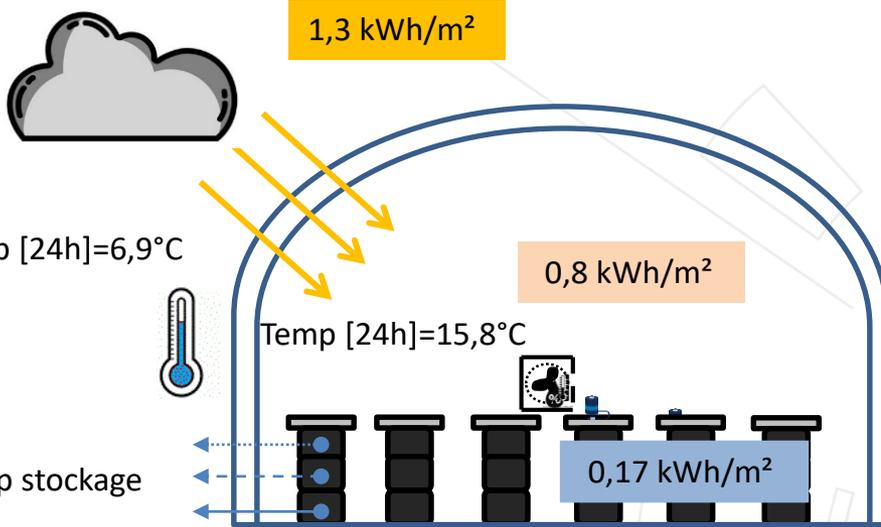
Le climat et le développement des cultures de fraise (Gariguette, Clery, Ciflorette) seront observés dans les 3 tunnels.

- **Traitements comparés :**

- Surface d'un tunnel : 176 m<sup>2</sup> (22 m × 8 m)
- Plantation : 10 décembre 2019
- Blanchiment : 15 avril 2020



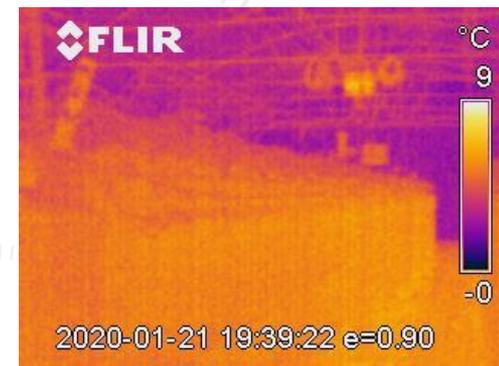
# Journée Type : 13 février 2020



Une rentrée en production avec 10 jours d'écart / serre chauffée

# Perspectives

- 2021
  - Analyse des températures de fruits afin d'établir les périodes à risque (condensation) et calcul du déficit hydrique (DH)
  - Centrales de mesures sur IoT
  - Profil caméra thermique
- ➔ Optimisation de la gestion climatique
- ➔ Suppression de l'effet du stockage



# Conclusion

- Un besoin de connaître le fonctionnement physiologique de la plante = capteurs adaptés (sans fil, peu coûteux, localisables).
- Intégration de modèles mathématiques et d'une forte puissance de calcul (pour assurer le temps-réel), en lien avec les capteurs adaptés.
- Des besoins de connaissance pour l'ensemble des abris mais à hiérarchiser selon les niveaux d'équipements.

**Réussir aujourd'hui,  
c'est imaginer demain.**

CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONNEL  
DES FRUITS ET LÉGUMES



Pour en savoir plus  
[www.ctifl.fr](http://www.ctifl.fr)

Action financée par



**Merci pour votre attention**