

**Atelier 1**  
**Ravageurs et**  
**maladies**

*COCLICO*

*Co-conception de*  
*stratégies climatiques*  
*innovantes pour la*  
*protection intégrée*  
*des cultures sous*  
*abris chauffés*



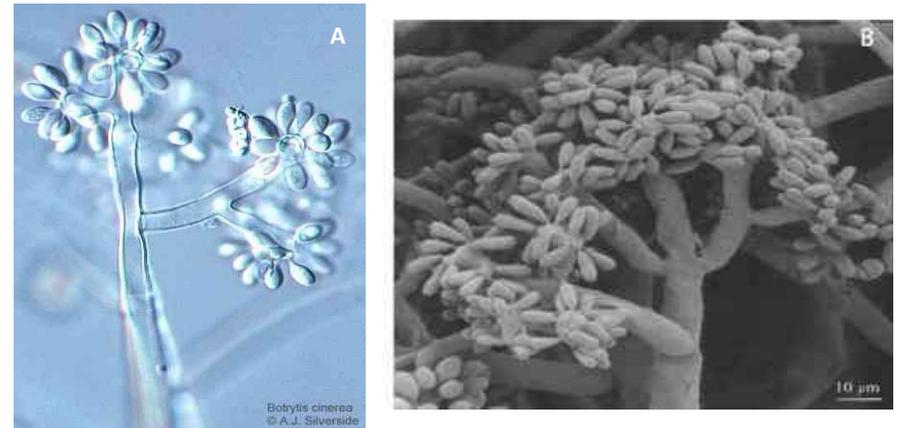
Hicham FATNASSI

Bruno PARIS

Ricardo SUAY

Christine PONCET

Le projet sera focalisé sur la pourriture grise (*B. cinerea*), qui représente un problème phytosanitaire majeur sous serre



**Figure 1** : Conidiophores de *Botrytis cinerea* portant des conidies



**Figure 2** : pourriture grise causée par *B. cinerea* sur fleurs et tiges

De nombreuses cultures sous serres sont touchées par cette maladie dont le développement est principalement lié à la présence de l'eau libre sur les feuilles.



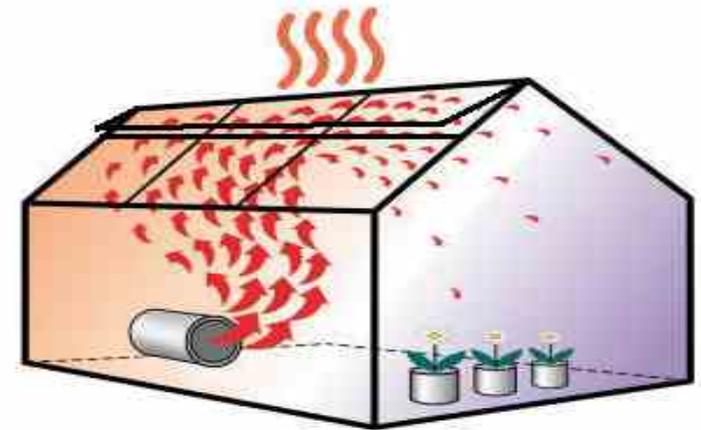
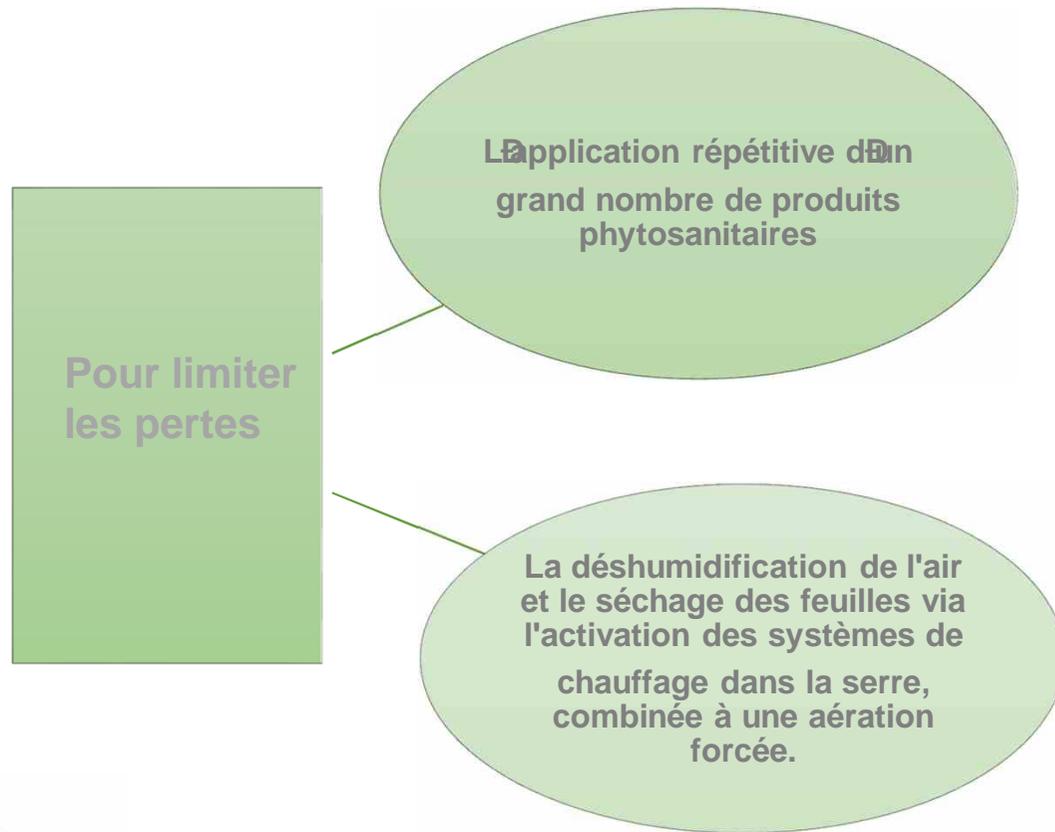
La germination des spores de *B. cinerea* à la surface des plantes requiert une présence d'un film d'eau liquide

La présence d'eau liquide favorise également une adhésion rapide des spores à la surface des plantes

En fin de journée, la T en serre diminue. L'air humide ne peut contenir l'eau =  
Condensation

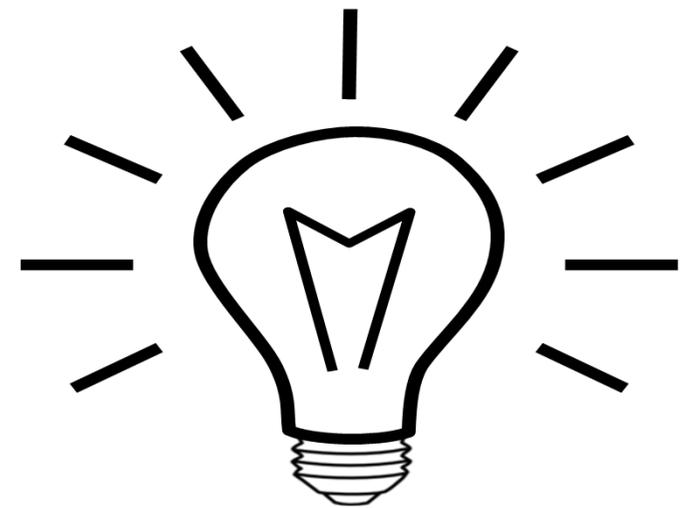


# Solutions disponibles



Impacts environnementaux et augmentation du coût de la production

Une détection précoce de la distribution de la condensation et de sa durée sur les plantes permettrait une meilleure prévision des risques de démarrage d'épidémies dans la serre et la mise en place d'alarmes pour déclencher des systèmes de déshumidification. Cette stratégie, combinée à une optimisation des méthodes de séchage permettrait de lutter contre les pathogènes sur les plantes sous serre en limitant l'utilisation de produits phytopharmaceutiques



# Projet Casdar2017 : COCLICO : CO-CONCEPTION DE STRATÉGIES CLIMATIQUES INNOVANTES POUR LA PROTECTION INTÉGRÉE DES CULTURES ORNEMENTALES ET LEGUMIERES SOUS ABRIS CHAUFFÉS

Proposer des scénarios de conduites climatiques économes en énergie pour la maîtrise des risques sanitaires liés à *Botrytis cinerea* sous serres modernes. Ce qui va permettre également la réduction des intrants phytosanitaires dans les cultures sous abris chauffés.



Le projet est centré sur la thématique « Outils de pilotage de l'environnement physique de la culture intégrant des méthodes de lutte contre les bio-agresseurs »

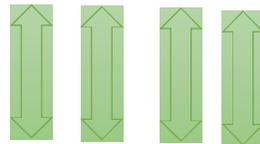


## UMT FIORIMED

**Pilier 1 :**  
Co-conception de stratégies de protection intégrée  
avec évaluation socio-économique et environnementale

**Pilier 2 :**  
Nouvelles connaissances et  
technologies innovantes

**Pilier 3:**  
Co-innovation/Dissémination



# COCLICO : Co-conception de stratégies climatiques innovantes pour la protection intégrée des cultures sous abris chauffés

Action 0: Pilotage du projet

Action 1:  
Déterminisme de la condensation et les mécanismes d'apparition et du développement des attaques de *B. cinerea*

Caractérisation des conditions microclimatiques

Quantification de la pression d'inoculum

Action 2: Evaluation/adaptation des outils tactiques de détection de l'occurrence de condensation

Evaluation en conditions expérimentales des outils tactiques

Action 3:  
Construction d'une stratégie de gestion climatique de la pourriture grise économe en énergie

Modélisation de la dynamique de l'évolution de l'eau libre sur les plantes

Evaluation des scénarios permettant de réduire le temps de séchage

Action 4:  
Validation des stratégies en conditions réelle de production

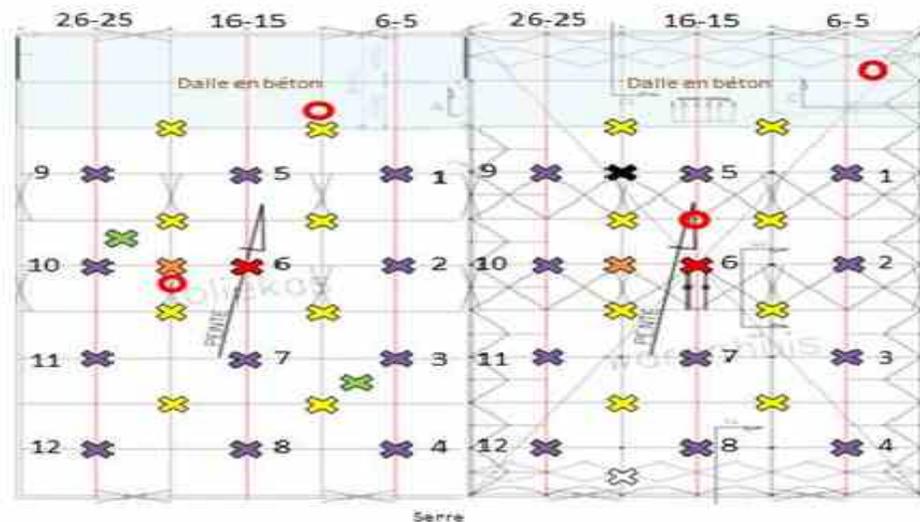
Validation de la bonne gestion sanitaire avec la nouvelle stratégie

Evaluation des économies d'énergie

Transfert auprès des professionnels

# Action 1: Déterminisme de la condensation et les mécanismes d'apparition et du développement des attaques de *B. cinerea*

Sondes	Photo
22 Pyranomètres Skye	
12 sondes Température et Humidité Radio Testo Saveris	
6 Boules chaudes TSJ	
12 (PT100 à 4 fils et capteur capacitif) Michel Instruments	
6 Thermocouples de type K	
4 Fluxmètres	
2 PT100	
1 sonde CO2 VAISALA	



## Légende:

-  1 sonde radio T° & RH pour profil horizontal (INRA)
-  1 sonde T° culture (AGILENT)
-  3 sondes CO2 pour profil vertical (HODGENDOORN)
-  3 pyranomètres pour profil vertical (AGILENT)
-  3 boules chaudes pour profil vertical (INRA)
-  3 thermocouples T° de feuille pour profil vertical (INRA)
-  3 thermocouples T° & RH pour profil vertical (AGILENT)
-  1 sonde radio T° & RH pour profil horizontal (INRA)
-  1 pyranomètre pour profil horizontal (AGILENT)
-  3 thermocouples T° & RH pour profil vertical (AGILENT)
-  1 sonde T° & RH (AGILENT)
-  1 sonde T° & RH entrée de CTA (AGILENT)
-  1 sonde T° & RH en sortie de gaine (AGILENT)
-  2 sondes T° & RH en entrée-sortie des déshumidificateurs (AGILENT)
-  1 fluxmètre (AGILENT) - A poser à des endroits qui ne gênent pas : sous des gouttières, à côté de la ruche... Y'en a 2 par serre -
-  1 sonde CO2 extérieur (AGILENT)

Mesures climatiques



Mesures biologiques

## Action 2: Evaluation /adaptation des outils tactiques de détection de l'occurrence de condensation

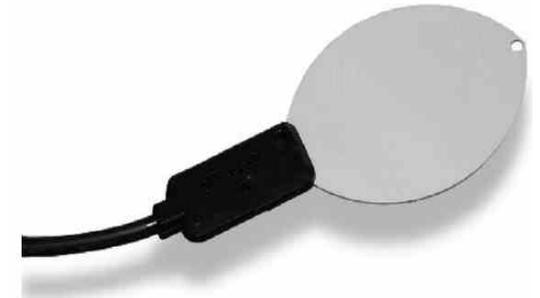
### Outils de détection de la condensation



Capteur d'humectation foliaire



Capteur de mouillure de feuille (Campbell 237)



Capteur de durée d'humectation (Campbell LWS)

### Outils de détection et de quantification de l'inoculum aérien de *B. cinerea* présent dans les serres

Système développé au Canada : Utilisation des capteurs de type 'ROTOROD' et quantification rapide (24 à 48 h) en utilisant une technique de PCR quantitative.

# Action 3: Construction d'une stratégie climatique pour réduire les occurrences de condensation sur les plantes

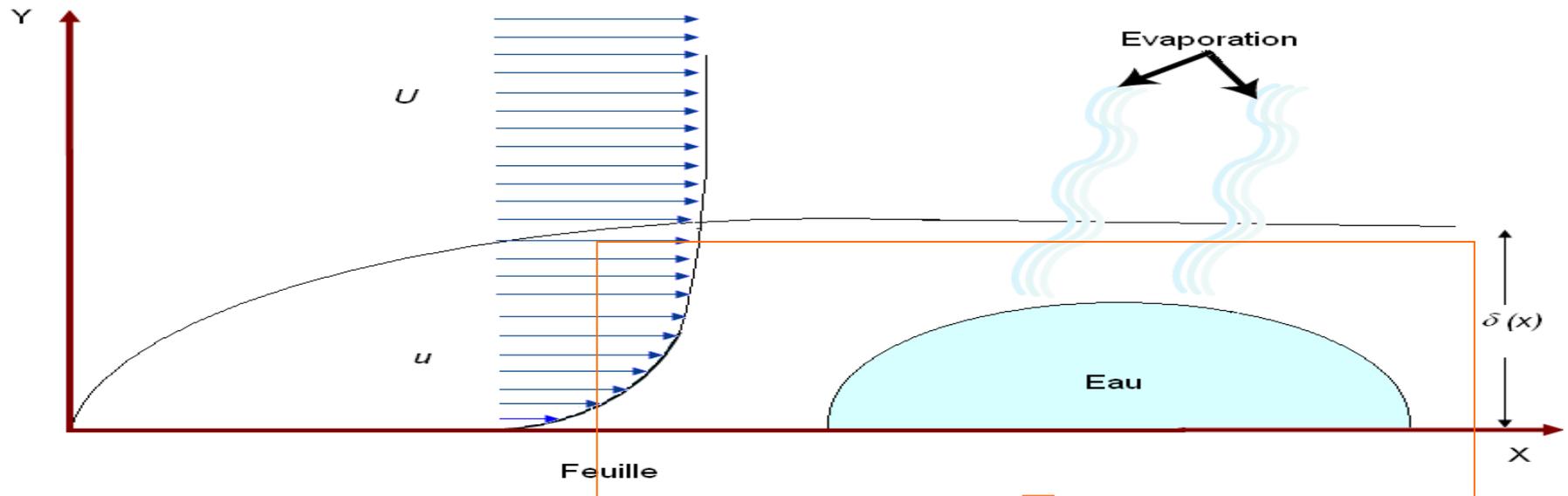
Les valeurs des tensions interfaciales  $< 0$



Mouillage partiel

$$\gamma_{fv} - \gamma - \gamma_{lf} < 0$$

# Présentation du modèle

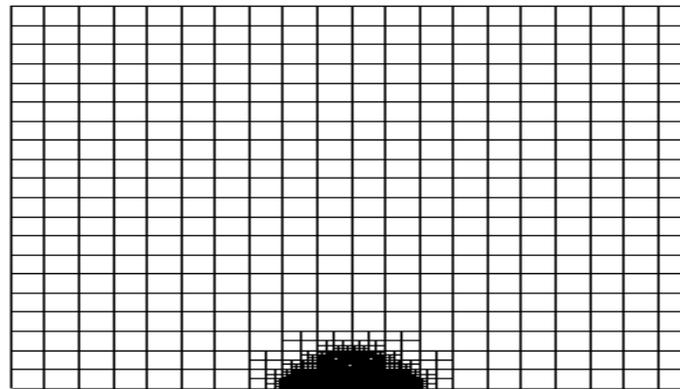


Profil de vitesse dans la couche limite de la feuille:

$$\frac{u}{U} = 2 \frac{y}{\delta(x)} - 2 \left( \frac{y}{\delta(x)} \right)^3 + \left( \frac{y}{\delta(x)} \right)^4$$

L'épaisseur de la couche limite:

$$\delta(x) \approx 4.92 \left( \frac{\nu x}{U} \right)^{0.5}$$



## Mise en équation de l'écoulement diphasique:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_m) + \nabla \cdot (\rho_m \vec{v}_m) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_m \vec{v}_m) + \nabla \cdot (\rho_m \vec{v}_m \vec{v}_m) = -\nabla p + \nabla [\mu_m (\nabla \vec{v}_m + \nabla \vec{v}_m^T)] + \rho_m \vec{g} + \vec{F} + \nabla \cdot \left( \sum_{k=1}^2 \alpha_k \rho_k \vec{v}_{dr,k} \vec{v}_{dr,k} \right)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \sum_{k=1}^2 (\alpha_k \rho_k E_k) + \nabla \cdot \sum_{k=1}^2 (\alpha_k \vec{v}_k (\rho_k E_k + p)) = \nabla \cdot (k_{eff} \nabla T) + S_E$$

$$\alpha_v + \alpha_l = 1$$

Équation de transport de la fraction massique de la vapeur d'eau:

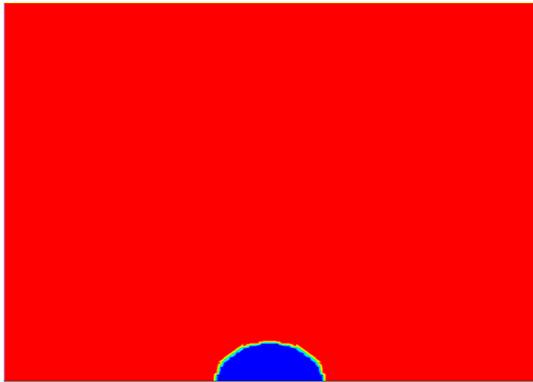
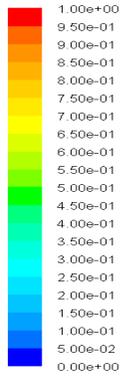
$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho f) + \nabla \cdot (\rho \vec{v}_v f) = \nabla \cdot (\gamma \nabla f) + R_e - R_c$$

Si  $p < p_{sat}$       Évaporation

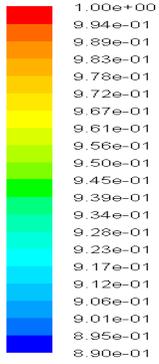
$$R_e = C_e \frac{V_{ch}}{\sigma} \rho_l \rho_v \sqrt{\frac{2(p_{sat} - p)}{3\rho_l}} (1 - f)$$

Si  $p > p_{sat}$       Condensation

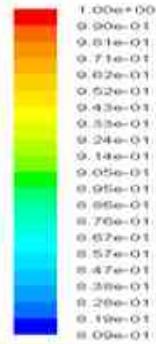
$$R_c = C_c \frac{V_{ch}}{\sigma} \rho_l \rho_l \sqrt{\frac{2(p_{sat} - p)}{3\rho_l}} f$$



Contours of Volume fraction (air) (Time=0.0000e+00) FLUENT

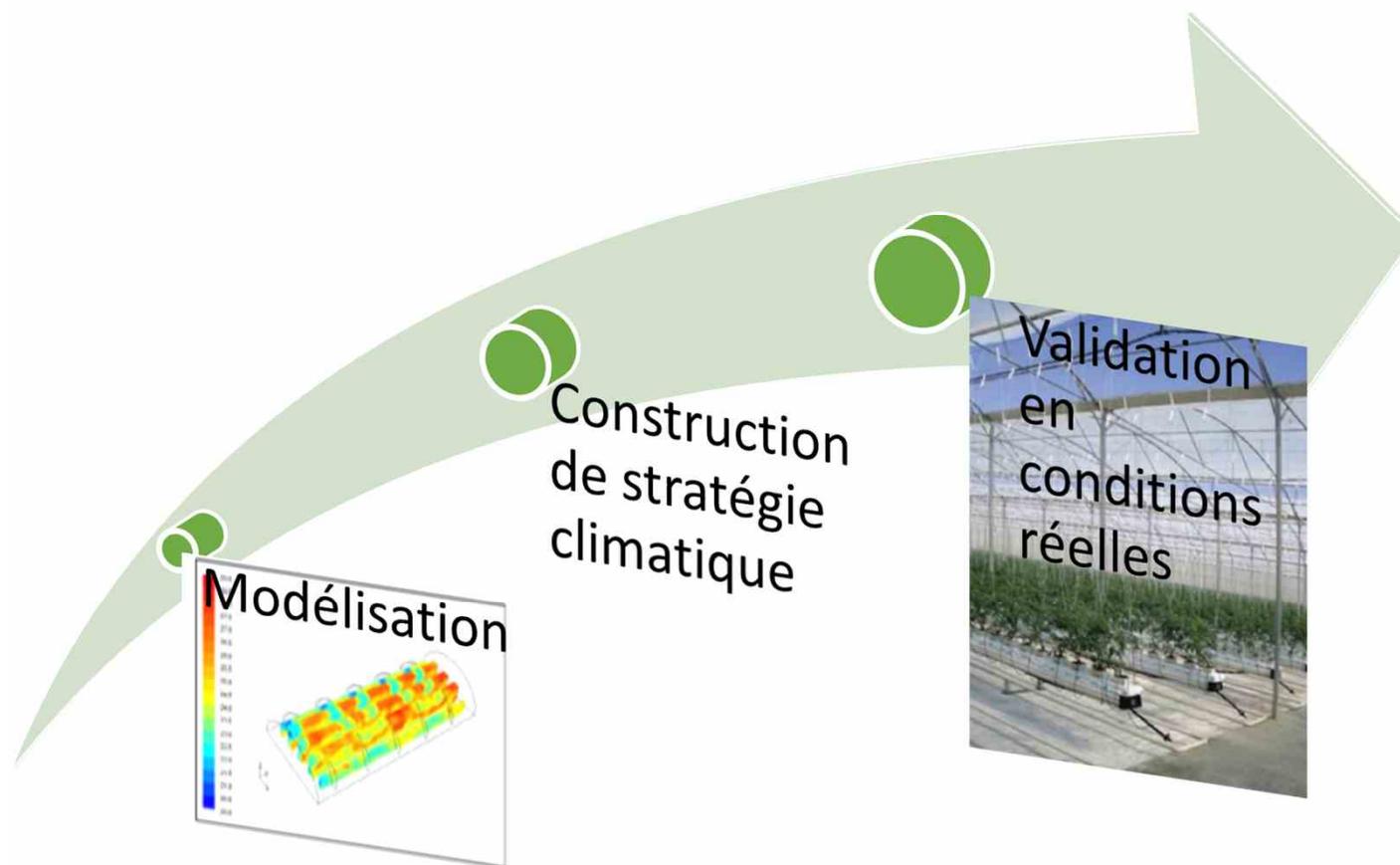


Contours of Volume fraction (air)



Contours of Volume fraction (air) (Time=2.0000e+00) FLUENT 6.2 (2d, segregated, mixture, ske, unsteady)

# Action 4: Validation des stratégies climatiques en conditions réelles de production



# Partenaires du projet

Institut de recherche INRA  
(UMR ISA, Unité Patho  
Avignon)

Chambre d'agriculture  
du 06



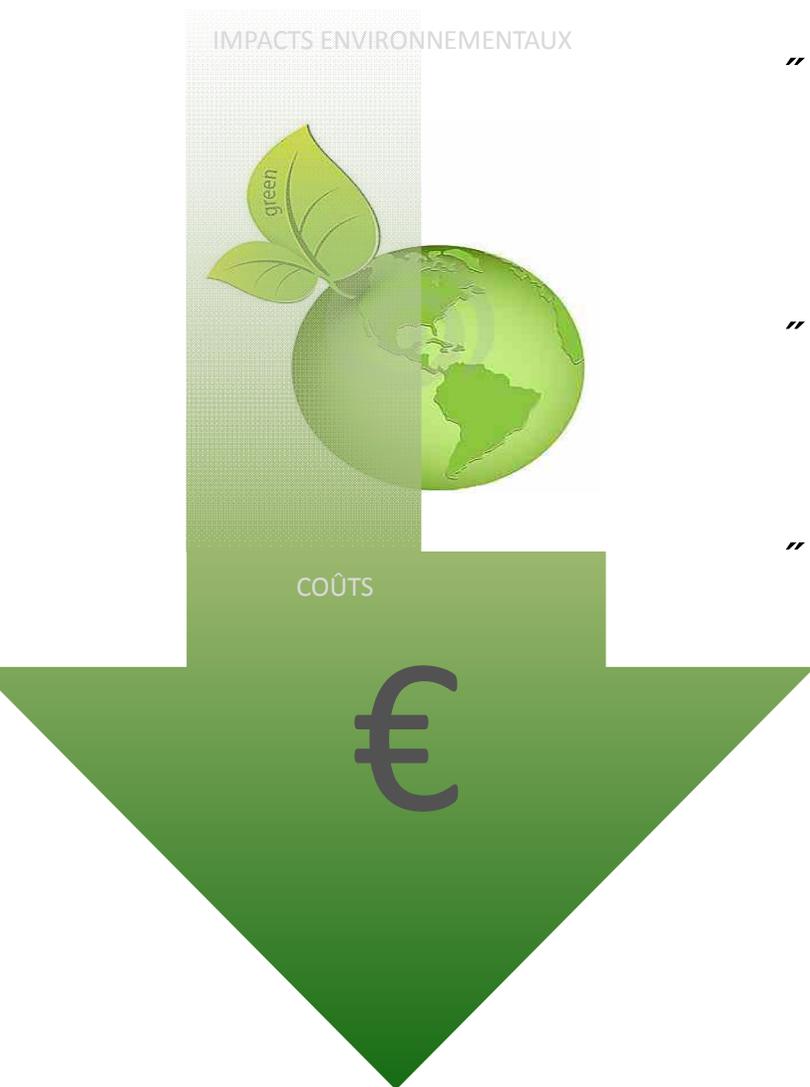
Projet  
COCLICO

Centres techniques  
(Astredhor, Ctifl)

Enseignement par la  
formation  
(Lycée Agricole d'Antibes)



# Résultats attendus du projet



- “ Economiques : en réduisant les pertes liées aux maladies, en diminuant le recours aux traitements phytopharmaceutiques, et en optimisant le chauffage (deuxième charge économique des productions sous serre),
- “ Environnementaux : à la fois par la réduction de l’application de produits phytopharmaceutiques et par la réduction des rejets de gaz à effet de serre (économies d’énergie de chauffage),
- “ Sociaux : en améliorant les conditions de travail des salariés des entreprises de production en réduisant les risques d’exposition aux produits phytopharmaceutiques nécessaires jusqu’à présent pour lutter contre ces maladies.



*Merci pour votre attention*