

## Projet CASDAR “EcoprotectGrain” 2010-2012

### Amélioration des performances de la ventilation de refroidissement des stocks de grains par la mise au point d'un outil d'autodiagnostic intégrant situation géographique et caractéristiques du matériel

J. Binet, A. Lebras, E. Losser & B. Barrier-Guillot



### Ventilation de refroidissement des stocks de grains

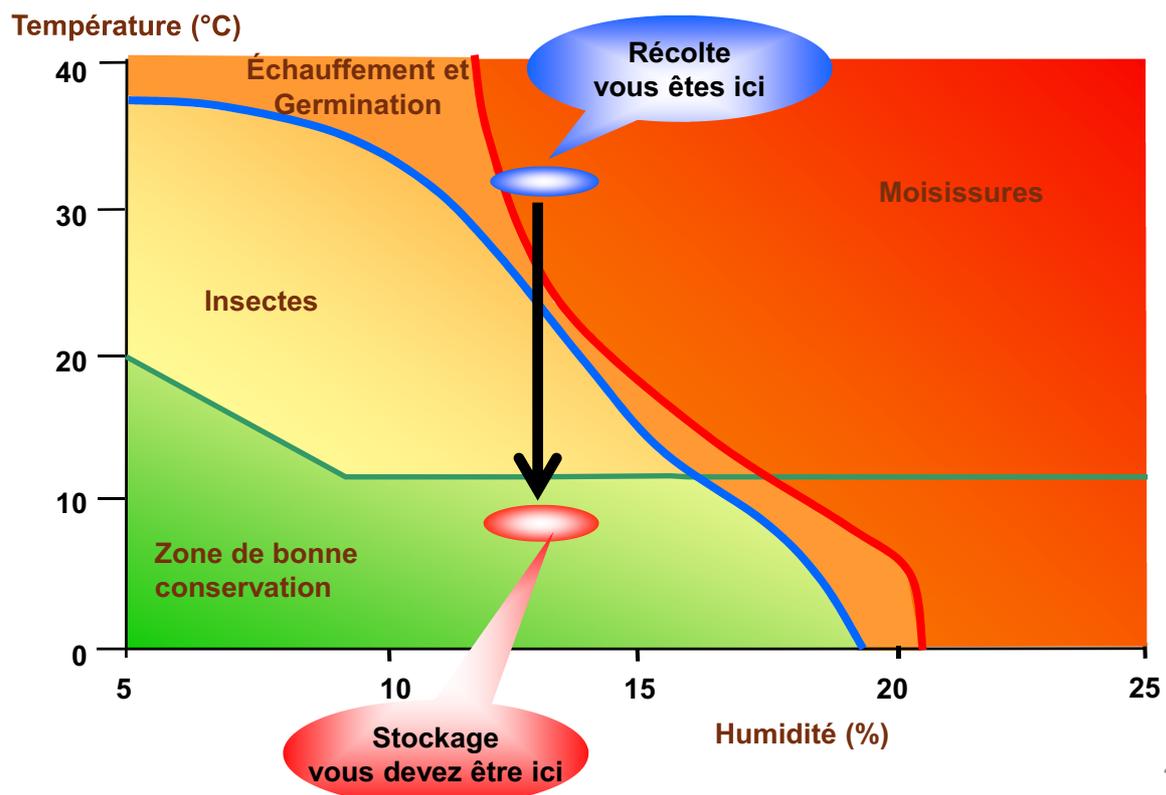
- Introduction
- Mise à jour de la cartographie des disponibilité de refroidissement en France
- Création d'un outil d'autodiagnostic des installations de ventilation
- Conclusion

## La ventilation de refroidissement : une nécessité

- Assurer une bonne conservation des grains
- Préserver les qualités sanitaires et technologiques
- Contexte réglementaire : diminution du nombre de matières actives insecticides disponibles
- Lutte préventive contre les insectes

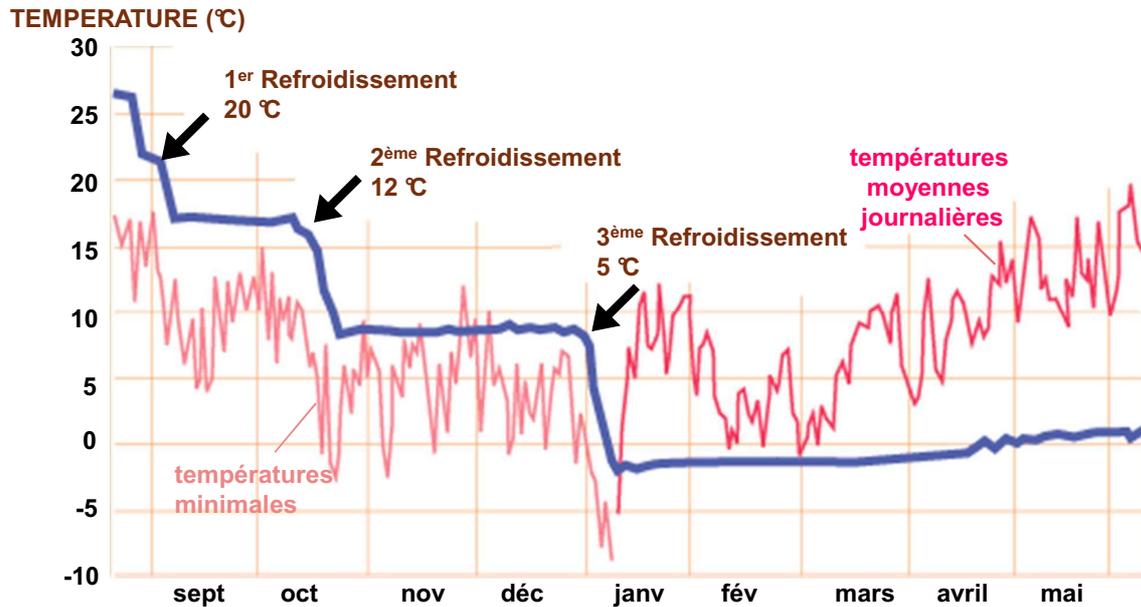
3

## Une zone limitée de bonne conservation



4

## Principe de ventilation par refroidissement



5

## Est-ce possible d'atteindre ces paliers ?

- Gros effort de formation des chefs de silo à la ventilation de refroidissement
- Mais, quelles sont les performances des outils de ventilation existants pour les objectifs envisagés ?
- Les conditions climatiques permettent-elles d'atteindre ces paliers à coup sûr ?
- **Objectif : Mettre à jour la cartographie des disponibilités de refroidissement**

6

## Quelques grandeurs clés...

- **La dose spécifique** : volume d'air ramené au volume de grain ventilé qu'il faut appliquer pour réaliser complètement un palier donné. Elle s'exprime en m<sup>3</sup> d'air / m<sup>3</sup> de grain  
 Ex. pour un blé à 15% d'humidité
  - 1<sup>er</sup> palier : 1000 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>
  - 2<sup>ème</sup> palier : 1300 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>
  - 3<sup>ème</sup> palier : 1700 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>
  
- **Le débit spécifique** : débit horaire du ventilateur par m<sup>3</sup> de grain, Il s'exprime en m<sup>3</sup> d'air / heure / m<sup>3</sup> de grain
  
- Le rapport **dose spécifique / débit spécifique** donne **la durée nécessaire** de réalisation des différents paliers (en heures).

7

## Hypothèses de l'étude...

### *Débits spécifiques retenus par type de silo :*

Débit spécifique (a priori)	Type de silo
4 m <sup>3</sup> d'air / h / m <sup>3</sup> de grain	Silos de grande hauteur
8 m <sup>3</sup> d'air / h / m <sup>3</sup> de grain	Silos de moyenne à grande taille
12 m <sup>3</sup> d'air / h / m <sup>3</sup> de grain	Silos de moyenne taille
16 m <sup>3</sup> d'air / h / m <sup>3</sup> de grain	Silos en ventilation – vidange

### *Débits spécifiques retenus par type de silo :*

1 <sup>er</sup> palier (20°C)	2 <sup>ème</sup> palier (12°C)	3 <sup>ème</sup> palier (5°C)
1er juillet - 31 Août	21 septembre - 20 novembre	1er décembre - 28 février
62 jours	61 jours	90 jours

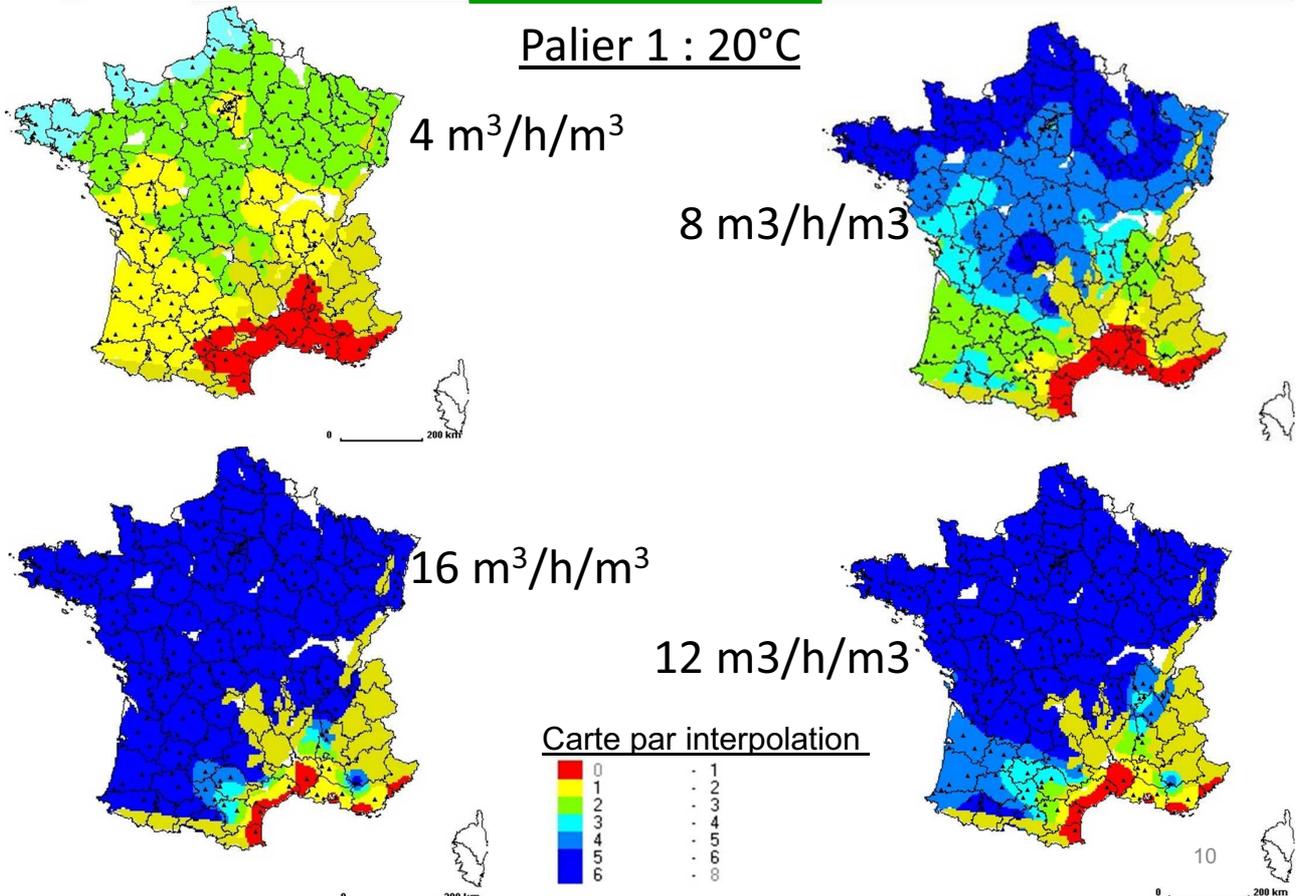
8

## Objectif : Développer la protection raisonnée des céréales stockées

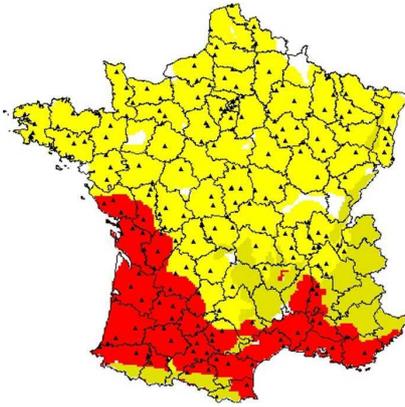
- Réalisation d'une synthèse sur l'influence de la localisation géographique de l'organisme stockeur
- Réaliser des cartes plus fines en terme de résolution et d'information que celles réalisées précédemment
  - Raisonnées sur un nombre d'heures disponibles par palier
  - Menées sur des données de 203 stations météo de 1989 à 2009
  - Adaptées aux exemples types de ventilation
- **Variable de sortie : nombre de fois que le palier va être réalisable dans 95% des cas (sans prise en compte du réchauffage de l'air)**

9

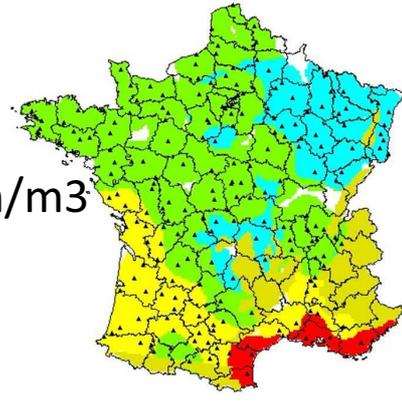
### Palier 1 : 20°C



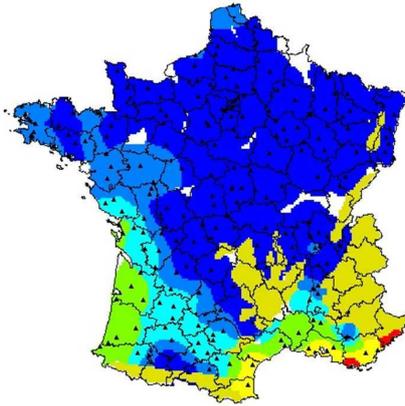
Palier 2 : 12°C



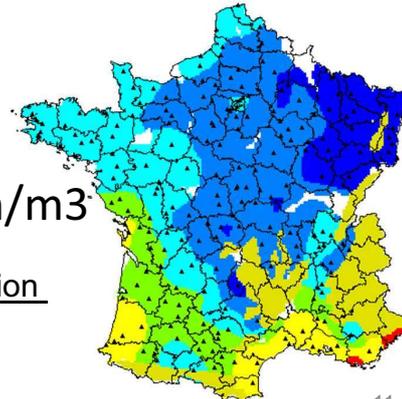
4 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>



8 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>

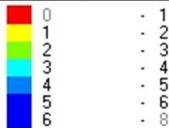


16 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>



12 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>

Carte par interpolation

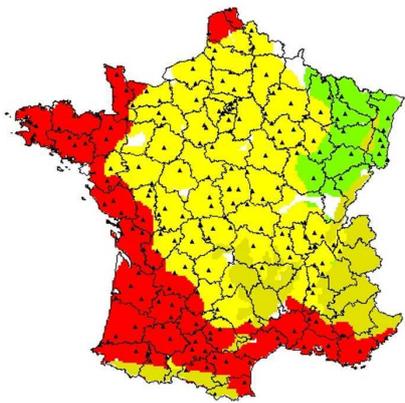


0 200 km

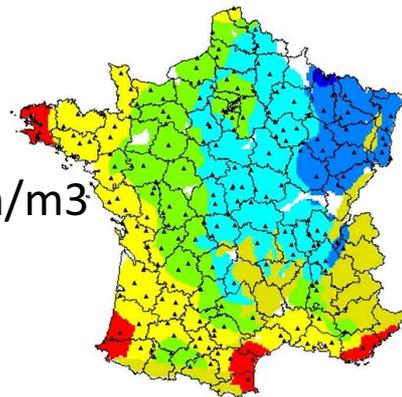
11

0 200 km

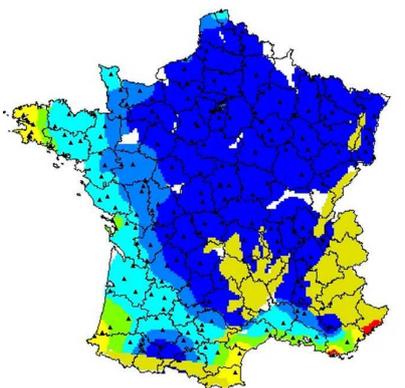
Palier 3 : 5°C



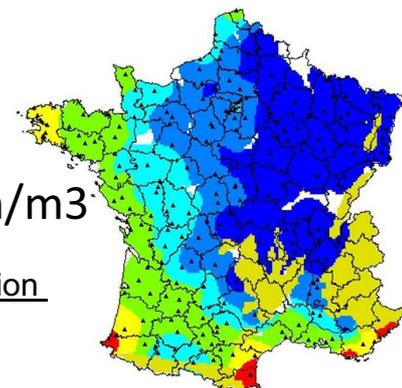
4 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>



8 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>

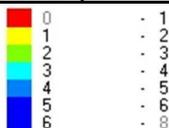


16 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>



12 m<sup>3</sup>/h/m<sup>3</sup>

Carte par interpolation



0 200 km

12

0 200 km

## **Objectif : Développer la protection raisonnée des céréales stockées**

### ➤ **Bilan de la cartographie**

- Mise à jour selon dernières données climatiques
  - Gain de précision
  - Mise en évidence de gradients géographiques
  - Mise en évidence de l'influence du type de silo
  - Variable de sortie explicite et pédagogique
  - Projection possibles selon scénarios climatiques
- 
- Mais ne tient pas compte du réchauffage de l'air par le ventilateur

13

## **Conception d'un outil de diagnostic des installations de ventilation de refroidissement des stocks de grains en organismes stockeurs**

14

## Objectifs de l'outil

- Fournir à l'utilisateur des données aérauliques et climatiques spécifiques à son installation et sa localisation en France métropolitaine
- Etre précis en restant simple d'utilisation
  - Simples mesures de dimensions et de températures
  - Vérification de ces estimations

15

## L'outil de diagnostic des installations de ventilation de refroidissement

- **Objectif** : permettre à un opérateur d'évaluer seul les capacités de ventilation de son installation : simplicité, fiabilité, précision
- **Méthode** :
  - 1) Utilisation des lois de la thermodynamique : Comparaison des pressions/débits mesurés et calculés à partir de mesures de températures
  - 2) Déduction du temps nécessaire à la réalisation de chacun des paliers
  - 3) Exploitation de la base de données de la cartographie pour déterminer la durée de ventilation disponible par palier
- **Résultat** : comparaison temps nécessaire et temps disponible par palier

16

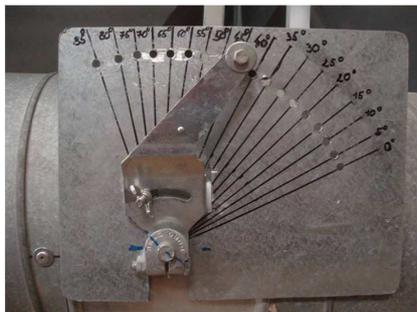
## Principe de l'outil



17

## Relation températures – pressions totales

- **Objectif** : vérifier la précision de la relation dans le cadre de la ventilation des céréales
- **Expérimentation** : Création d'un banc d'essai de ventilateur qui permet de mettre en charge un ventilateur et de faire des mesures pression / températures



- **Bilan** : Mesures indirectes de la pression totale par mesures de température(s) **fidèles** dans la zone de fonctionnement normal du ventilateur

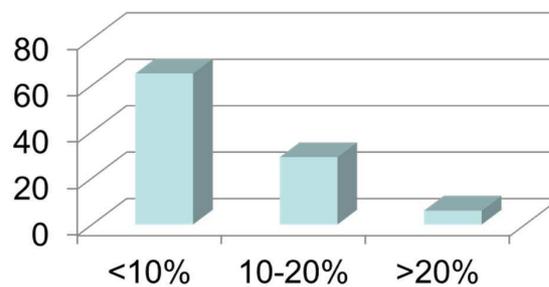
18

## Relation températures - débit

- **Objectif** : vérifier que la valeur de débit calculée est satisfaisante
- **Mesures** : Tests en silos : 20 situations
  - Comparaison des valeurs de débit calculées avec les débits mesurés avec une différence acceptable inférieure ou égale à 20%

- **Bilan** : Mesure indirecte du débit acceptable dans 94% des situations

Classes de résultats (%)



19

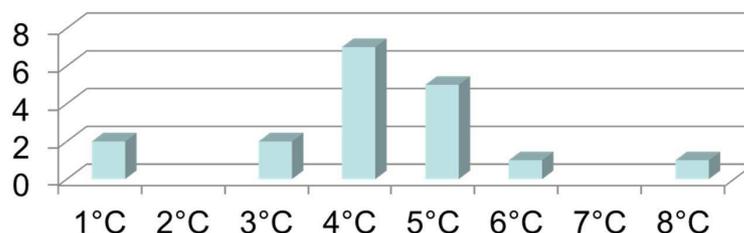
## Prise en compte du réchauffage de l'air...

- **Définition** : Phénomène physique propre à la ventilation. Le ventilateur comprimant l'air, le réchauffe.

De l'ordre d'1°C en stockage à la ferme, il peut atteindre 8-10°C avec des ventilateurs haute pression !

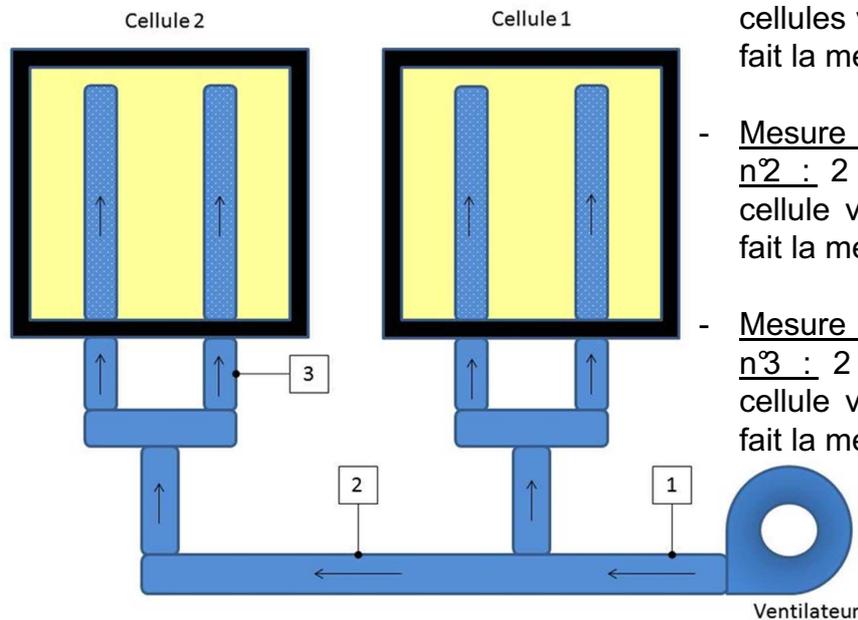
Un thermomètre placé dans la gaine de ventilation le mesure aisément.

Nb silos / Réchauffage de l'air



20

## Mise en œuvre de l'outil...



- Mesure de température au point n°1 : 2 cellules en ventilation, 2 cellules ventilées par la gaine où se fait la mesure de température.
- Mesure de température au point n°2 : 2 cellules en ventilation, 1 cellule ventilée par la gaine où se fait la mesure de température.
- Mesure de température au point n°3 : 2 cellule en ventilation, 1/2 cellule ventilée par la gaine où se fait la mesure de température.

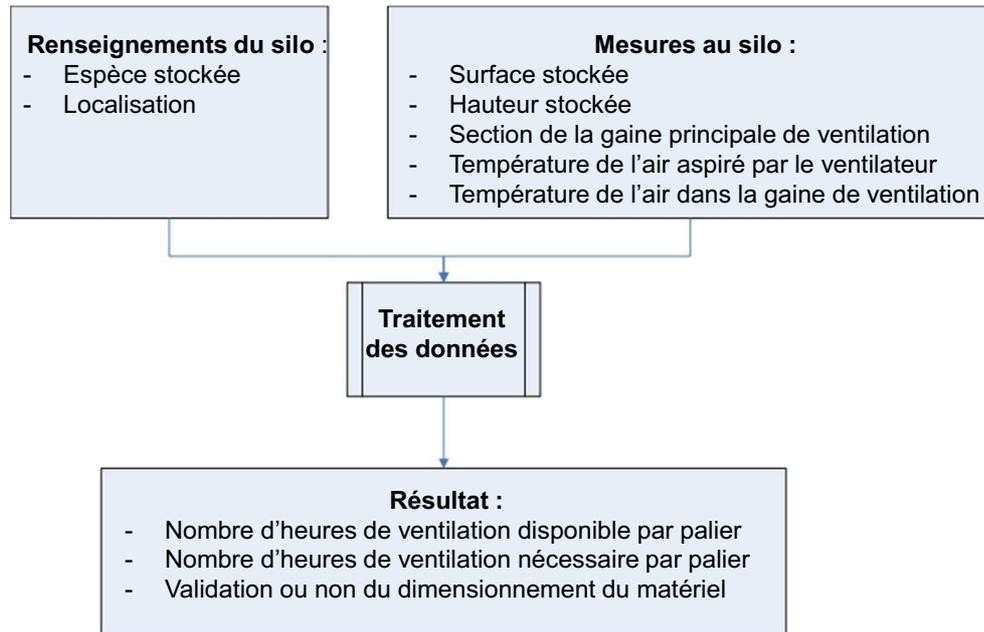
21

## Contraintes de l'outil...

- Mise en œuvre sur une seule espèce à la fois
- Si plusieurs cellules en ventilation, nécessité d'avoir des cellules identiques et remplies de manière équivalente
- Nécessité d'avoir des grilles de ventilations propres
- Disposer d'un thermomètre précis au 1/10<sup>ème</sup> de degré près

22

## Test de l'outil dans sa globalité



23

## Bilan et perspectives

### Un outil novateur d'autodiagnostic des installations de ventilation :

- Outil capable de déterminer l'aptitude d'une installation à réaliser une ventilation de refroidissement en trois paliers
- Outil qui ne nécessite que des mesures métriques et de températures
- Outil rapide à mettre en œuvre

### Perspectives :

- Élaboration d'une interface informatique ergonomique de l'outil
- Mise à disposition de l'outil en collaboration avec FranceAgriMer

24