



MYCO-ACT - Réduire le risque de développements fongiques en phase chantier

Présentation ATMOS'FAIR

28 juin 2023

Charline DEMATTEO (Inddigo)

Mickaël DERBEZ (CSTB)

Pierre LE CANN (EHESP)

Rukshala ANTON (CSTB)

Mariangel SANCHEZ (AQC)

Stéphane MOULARAT (CSTB)

Laure MOURADIAN (CETIAT)

CARACTÉRISTIQUES DU PROJET

✓ Contexte

- De nombreux retours d'expérience sur la récurrence des développements fongiques en phase chantier
- Des associations clairement établies entre troubles respiratoires et présence de moisissures dans les logements (Anses, juin 2016)

✓ Projet cofinancé par l'ADEME

- Dans le cadre des APR BAT -RESP 2018 « Vers des bâtiments responsables à l'horizon 2020 » et CORTEA 2019

✓ Coordination du projet : Inddigo

✓ 4 partenaires : CSTB, EHESP, AQC, CETIAT



SOMMAIRE

1. Objectifs et méthodologie déployée

2. Résultats obtenus

3. Expérimentation de solutions de ventilation de chantier

4. Recommandations à l'attention des professionnels du bâtiment

5. Livrables

1. Objectifs et méthodologie déployée

2. Résultats obtenus

3. Expérimentation de solutions de ventilation de chantier

4. Recommandations à l'attention des professionnels du bâtiment

5. Livrables

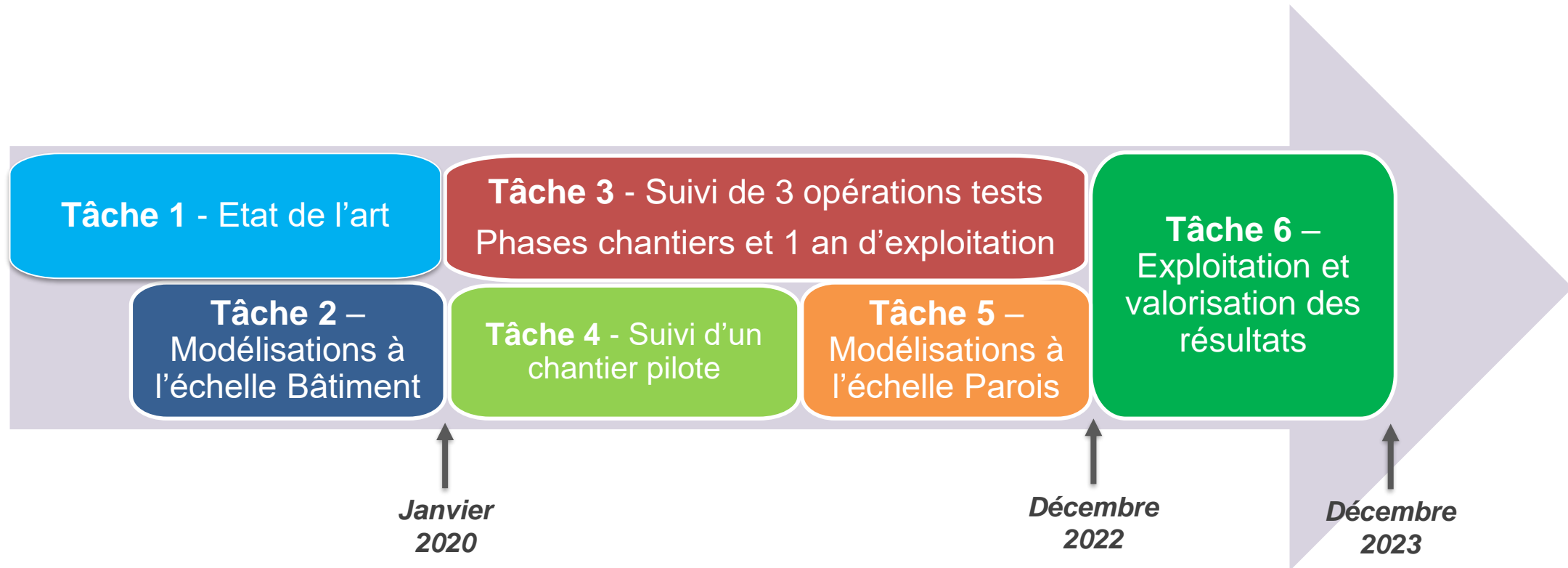
✓ Objectifs scientifiques

- Améliorer les connaissances sur les dynamiques de développement fongique sur les chantiers de construction neuve
- Impact de la phase chantier sur la phase d'usage des bâtiments

✓ Objectifs opérationnels

- **Proposer et tester in situ des solutions** permettant de réduire les risques associés à une humidité élevée sur les chantiers de construction neuve
 - Solutions « préventives » : traitement de l'étanchéité de l'enveloppe, protection des matériaux vis-à-vis des intempéries, respect des temps de séchage, etc.
 - Solutions « actives » : recours à l'ouverture des fenêtres, à des systèmes provisoires de chauffage/ventilation, déshumidification

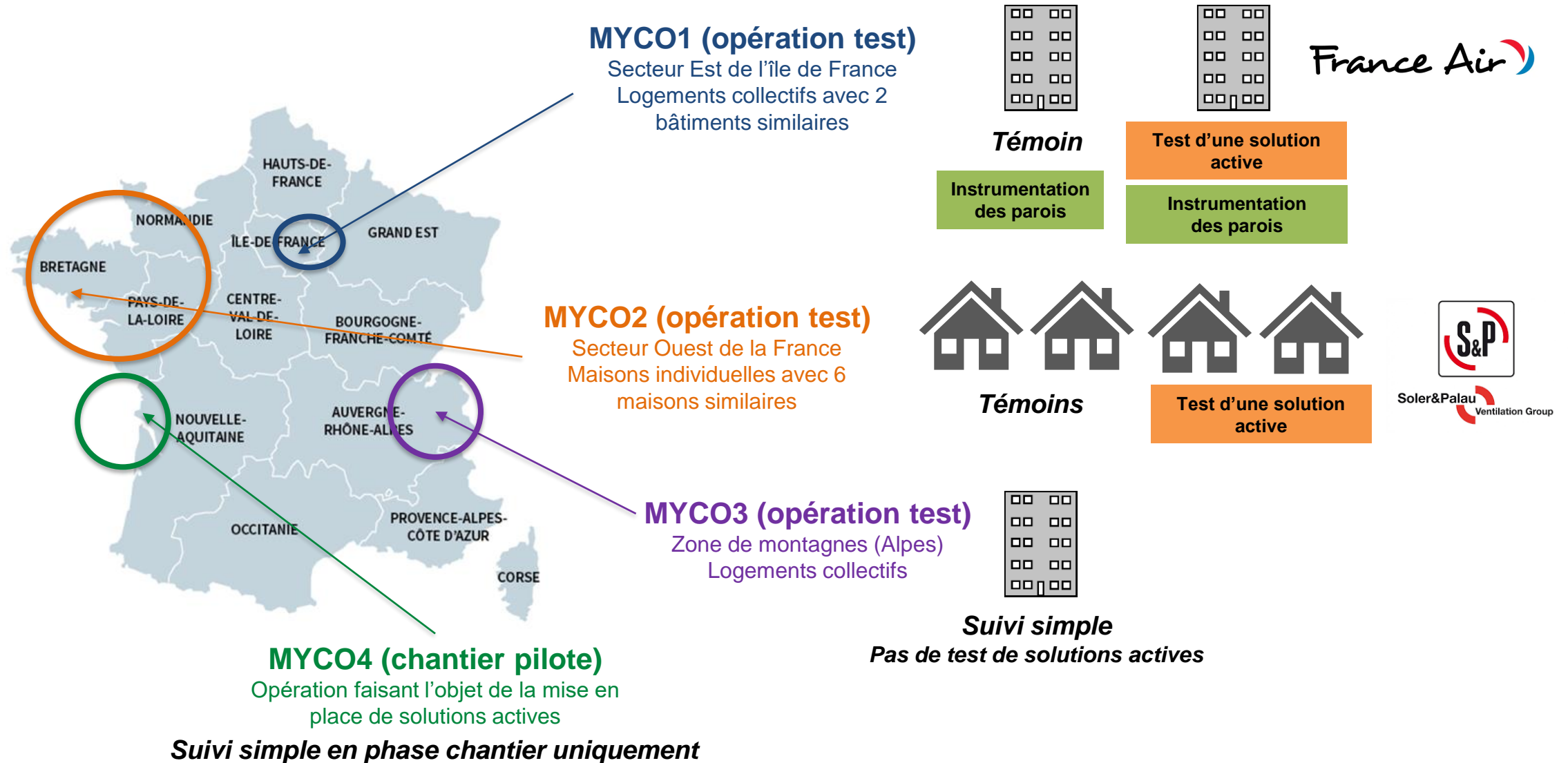
❖ DÉROULEMENT DU PROJET MYCO-ACT



Suivi de 3 opérations de construction neuve
Chantier test n°1 réceptionné début avril 2021
Chantier test n°2 réceptionné mi-juin 2021
Chantier test n°3 réceptionné début décembre 2021

Suivi d'1 chantier pilote
Réception du chantier pilote en novembre 2022

◆ SUIVI DE 3 OPÉRATIONS TESTS ET D'UN CHANTIER PILOTE



- ✓ **Mesures en continu de la température et de l'hygrométrie à l'intérieur des logements et en extérieur**
 - Les sondes restent en place en permanence, depuis le hors d'eau/hors d'air jusqu'à 1 an après la livraison



*Sonde de
température/hygrométrie HOBO*



*Mise en place des sondes
Sur les chantiers*



*Class'Air – PYRESCOM
Utilisé pour les phases
d'exploitation*

◆ MESURES BIOLOGIQUES PONCTUELLES (SUR UNE JOURNÉE)

✓ Mesure de l'Indice de Contamination Fongique (ICF)

- Détection de l'activité fongique
- Détection des contaminations cachées



Prélèvements pour détermination de l'Indice de Contamination Fongique (ICF)

✓ Collecte dans l'air des spores associées à la méthode culturale

- Identification des spores fongiques aéroportées
- Quantification des spores fongiques aéroportées

=> Mesures complémentaires permettant de caractériser l'ensemble des cas de contamination



Bio-impacteur pour mesure de la biomasse dans l'air

❖ DÉFINITION DE LA « CONTAMINATION FONGIQUE »

✓ Un logement est dit « contaminé » si au moins dans une pièce :

- Il y a **présence de moisissures visibles** observées par toute personne étant elle-même capable de l'identifier (si besoin, confirmation avec écouvillon)

Ou

- La concentration intérieure de la biomasse totale (UFC/m³) est supérieure à celle mesurée à l'extérieur (**I>E**)

Ou

- Le développement fongique est **actif selon l'ICF**

❖ CARACTÉRISATION DE LA CONTAMINATION FONGIQUE

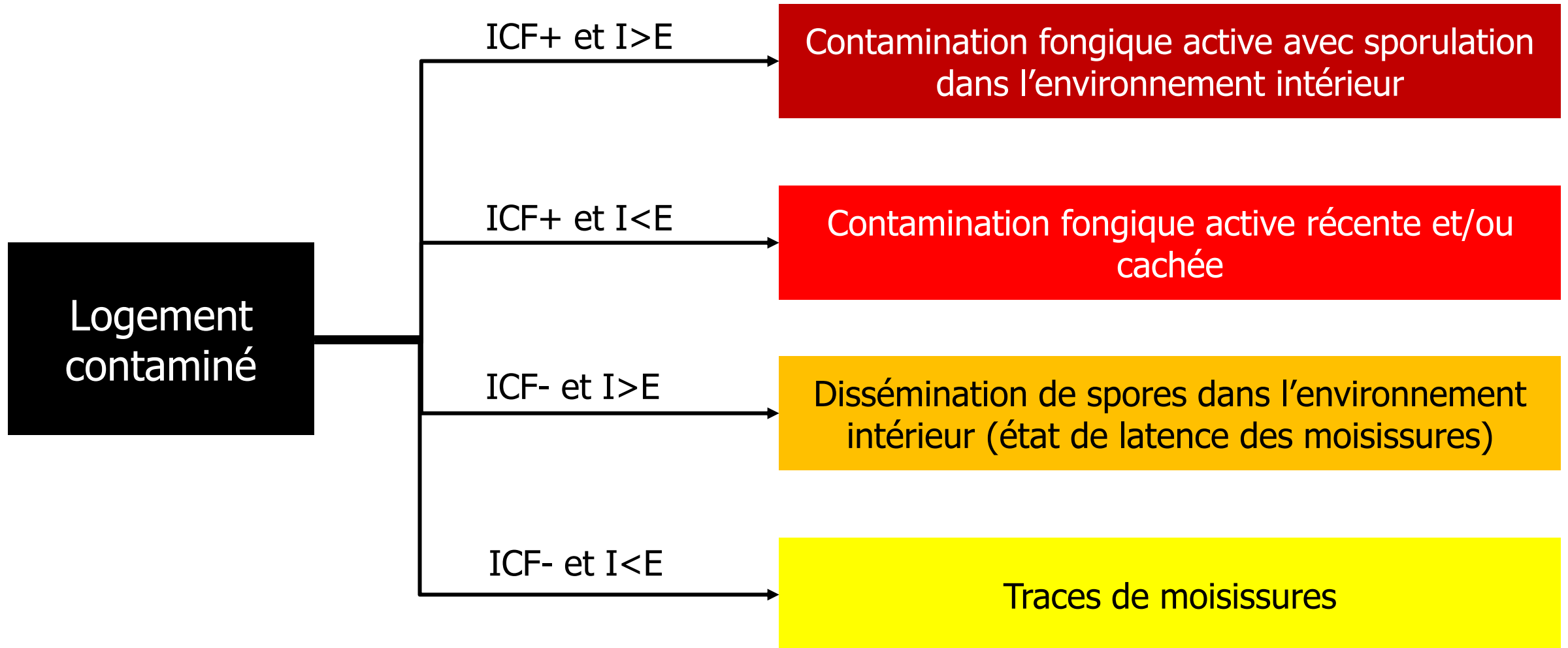


Schéma inspiré du logigramme d'interprétation des mesures de biomasse et d'ICF élaboré par Stéphane Moularat (Crédit Stéphane Moularat ©)

1. Objectifs et méthodologie déployée

2. Résultats obtenus

3. Expérimentation de solutions de ventilation de chantier

4. Recommandations à l'attention des professionnels du bâtiment

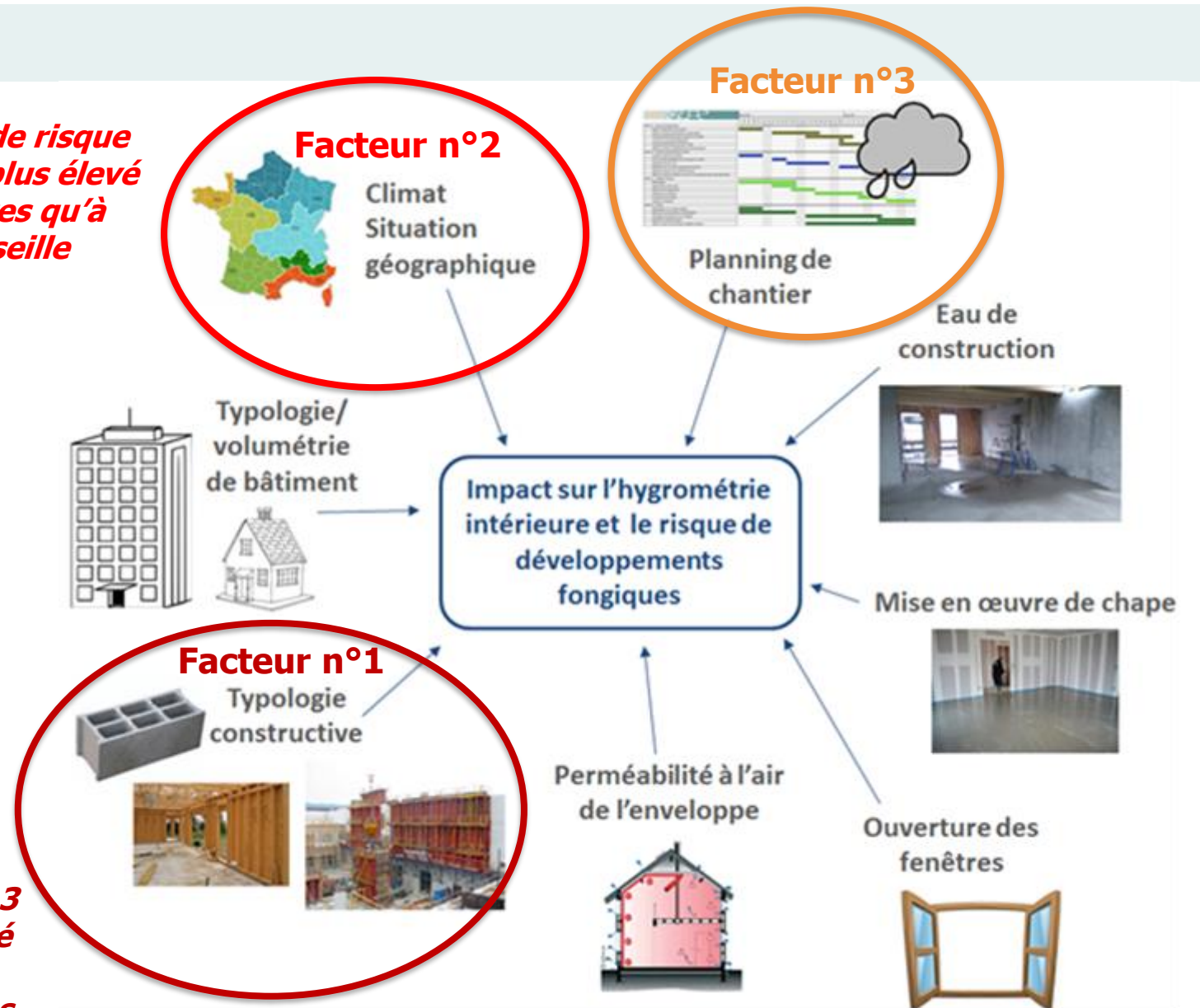
5. Livrables

MODÉLISATIONS À L'ÉCHELLE BÂTIMENT

- ✓ Modélisations réalisées à l'aide du logiciel TRNSYS sur le couple T°/HR
- ✓ Etude des facteurs de risques favorables à l'apparition de moisissures
- ✓ Réalisation d'études de sensibilité afin d'identifier les paramètres les plus impactants

*Niveau de risque
3,5 fois plus élevé
à Nantes qu'à
Marseille*

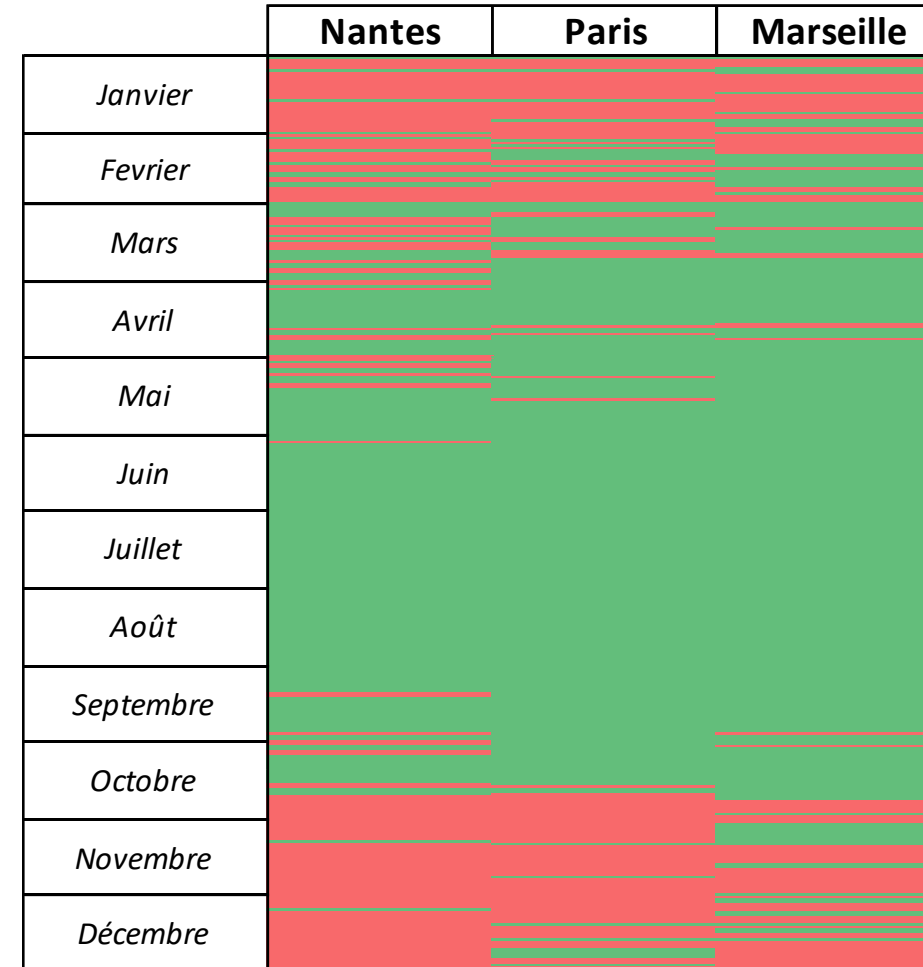
*Niveau de risque 3
à 5 fois plus élevé
dans le cas de
parois non isolées*



MODÉLISATIONS À L'ÉCHELLE BÂTIMENT

✓ Planning de chantier

- La période d'octobre à mars est la période de l'année pendant laquelle les risques de développements fongiques sont les plus élevés



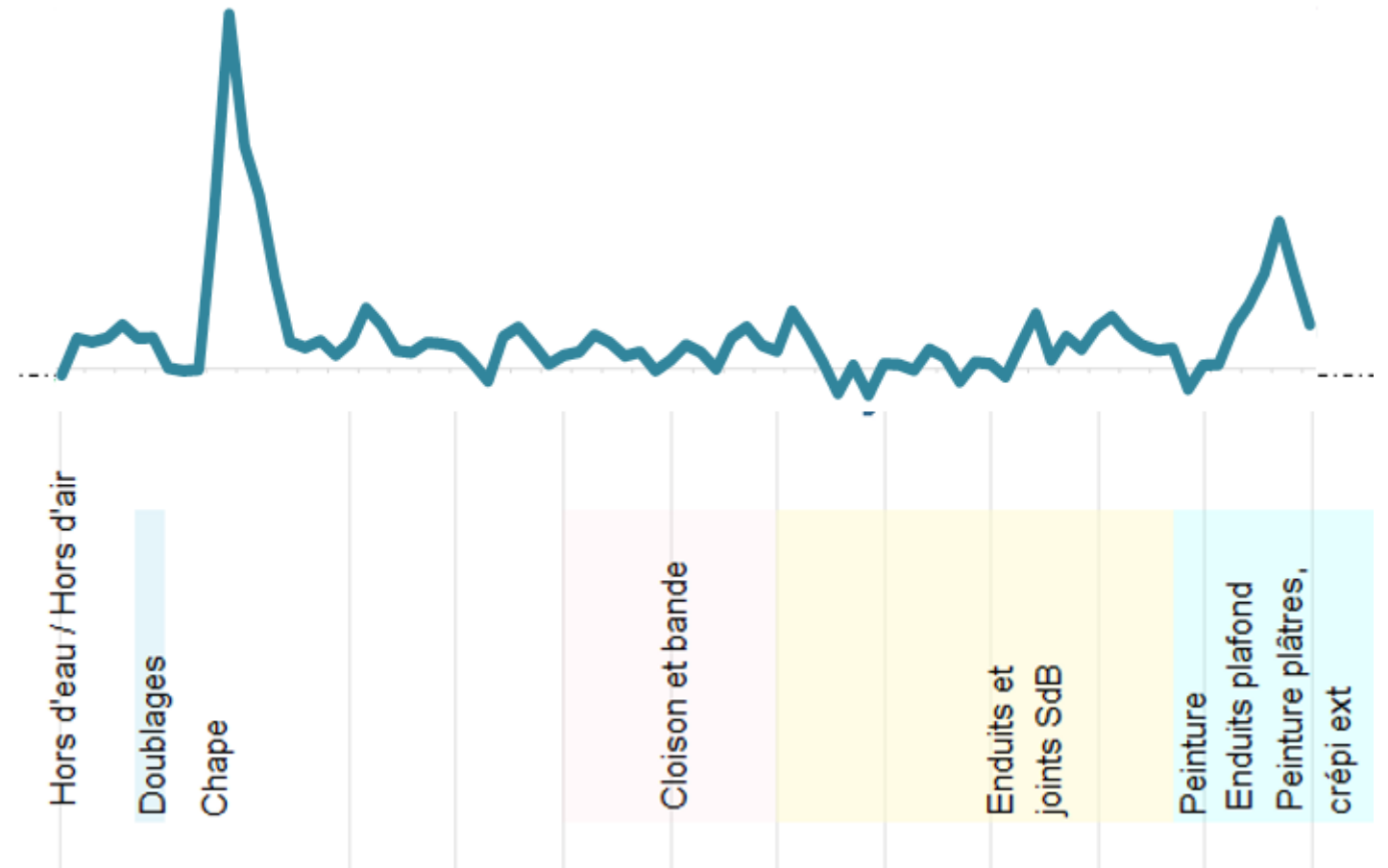
Identification des périodes avec un risque moyen de développement fongique > 85% (en rouge)

MESURES EN PHASE CHANTIER

Evolution du climat intérieur

- ✓ Certaines tâches sont particulièrement impactantes en termes d'apport d'humidité :

1. Mise en œuvre des chapes
2. Peintures
3. Enduits



Evolution du différentiel humidité absolue intérieure/humidité absolue extérieure sur un logement de MYCO1 (n°108)

EXEMPLE DE RECONSTITUTION DE LA DYNAMIQUE DE CONTAMINATION FONGIQUE

Développement de la contamination fongique (issue du logigramme)

- Contamination fongique active actuelle
- Contamination fongique active récente ou cachée
- Absence de contamination fongique active, présence d'une source endogène de conidies
- Absence de contamination fongique active, absence d'une source endogène de conidies
- Logement ne présentant pas de signe de contamination fongique



Présence de moisissures visibles sur plaque de plâtre sans activité fongique ni conidies
-> pb de stockage de cette plaque avant mise en œuvre



Absence d'évolution des tâches de moisissures mais présence d'une source endogène de spores
-> remise en suspension des spores liée à l'ouverture ponctuelle des fenêtres / aux passages des ouvriers / aux travaux



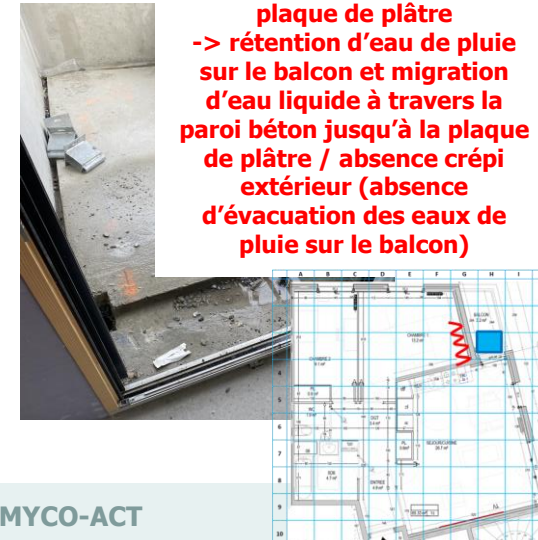
Masticage des tâches de moisissures
-> Effet du masticage sur la libération de spores



Présence de moisissures visibles et actives avec présence d'humidité sur une plaque de plâtre
-> rétention d'eau de pluie sur le balcon et migration d'eau liquide à travers la paroi béton jusqu'à la plaque de plâtre / absence crépi extérieur (absence d'évacuation des eaux de pluie sur le balcon)



Absence d'évolution des tâches de moisissures mais présence d'une source endogène de spores
-> réapparition des moisissures malgré avoir peint la plaque de plâtre sans ôter la contamination



SYNTHÈSE DES RÉSULTATS SUR LES 4 CHANTIERS

- ✓ **Tous les logements suivis ont fait l'objet d'une contamination en cours de chantier**
- ✓ **Causes récurrentes de contamination fongique**
 1. **Protection inadéquate des matériaux** dits « sensibles » à l'humidité (plaques de plâtres, isolants en laine minérale, etc.), lors des phases de livraison et/ou de stockage
=> MYCO1 et MYCO2
 2. **Infiltrations ponctuelles** liées à des défauts d'étanchéité
=> MYCO1
 3. Problématiques de **condensation sur les parois froides** en cas de périodes de latence
=> MYCO4
 4. Remise en suspension des spores fongiques liée aux activités des plaquistes (découpe de cloisons), aux différents passages et aux ouvertures de fenêtres
=> MYCO1, MYCO2, MYCO3 et MYCO4



1. Objectifs et méthodologie déployée

2. Résultats obtenus

3. Expérimentation de solutions de ventilation de chantier

4. Recommandations à l'attention des professionnels du bâtiment

5. Livrables

✓ MYCO1– logements collectifs

- Utilisation des gaines définitives
- Mise en place d'un extracteur provisoire et de bouches provisoires munies de filtres pour éviter l'encrassement des réseaux
- La solution présente l'avantage de traiter l'ensemble du bâtiment avec un seul équipement, mais elle nécessite d'accorder le planning de mise en œuvre des gaines définitives



✓ MYCO2– maisons individuelles

- Mise en place d'un ventilateur en lieu et place du caisson VMC final (sans réseaux)
- Avantages : évite d'utiliser les conduits existants
 - Limite les pertes de charges dues aux réseaux
 - Pas de risque d'empoussièrement du réseau intérieur
 - Pas de gestion de filtres miniplis qui s'encrassent vite (filtre à poche)



◆ SOLUTIONS ACTIVES TESTÉES SUR LES CHANTIERS

✓ MYCO4 (chantier pilote) – logements collectifs et maisons individuelles

- Mise en place d'un panneau muni d'un extracteur mural au niveau de la fenêtre de la salle de bain
- 15 extracteurs prévus au total
- Déplacement des extracteurs selon l'avancement des travaux
 - Phase qui suit la mise en œuvre des chapes
 - Phase de réalisation des peintures



REX SUR LES SYSTÈMES DE VENTILATION PROVISOIRES

- ✓ **Retour d'expérience intéressant sur les 3 opérations sur la réalité du terrain pour la mise en œuvre de telles solutions**
- ✓ **Pertinence des systèmes de ventilation provisoires**
 - Absence d'impact positif observé avec les résultats de mesures pour MYCO1 et MYCO2, sur la contamination fongique et sur le climat intérieur
 - Pertinence observée sur MYCO4 mais sans résultats de mesure (impact positif pour réduire les phénomènes de condensation lors des périodes de latence)

Condensation puis apparition de moisissures dans les logements non ventilés en fin de chantier sur MYCO4 (lors des périodes de latence)



REX ET PERSPECTIVES ENVISAGÉES

- ✓ **Des difficultés plus ou moins grandes associées à la mise en œuvre selon les dispositifs de ventilation**
 - Dans tous les cas des difficultés pour le maintien de l'alimentation électrique et l'acceptation/information de tous les intervenants
- ✓ **Pertinence de systèmes de ventilation provisoires lors de périodes de latence en phase chantier (par exemple pour des opérations comprenant plusieurs bâtiments)**
 - Difficultés attendues : alimentation électrique, intrusion/effraction, remise en état/réglage de la ventilation définitive
- ✓ **Solutions curatives (ponctuelles et mobiles) :**
 - Chauffage soufflant + ouverture des fenêtres
 - Déshumidificateurs

**1. Objectifs et méthodologie
déployée**

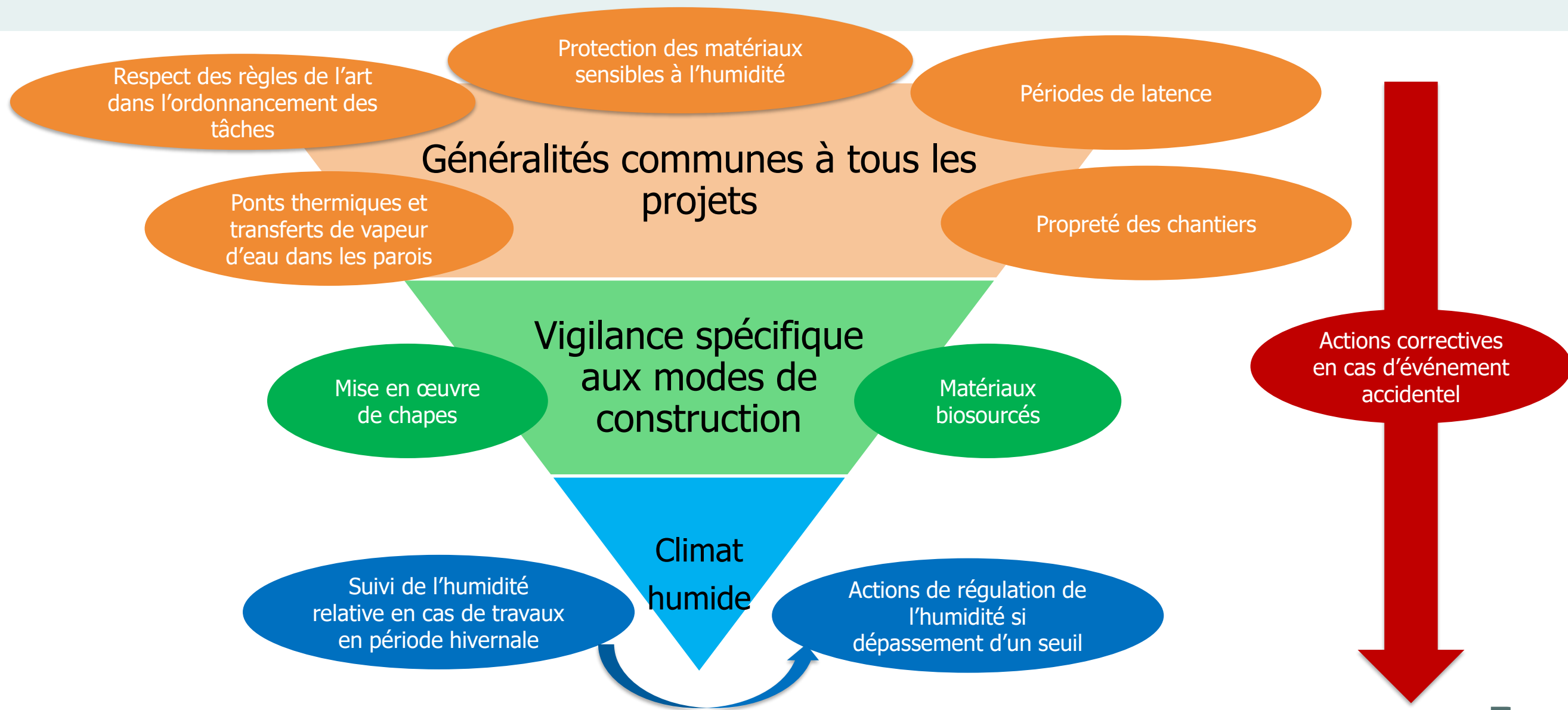
2. Résultats obtenus

**3. Expérimentation de solutions de
ventilation de chantier**

**4. Recommandations à l'attention
des professionnels du bâtiment**

5. Livrables

ARBORESCENCE DES RECOMMANDATIONS

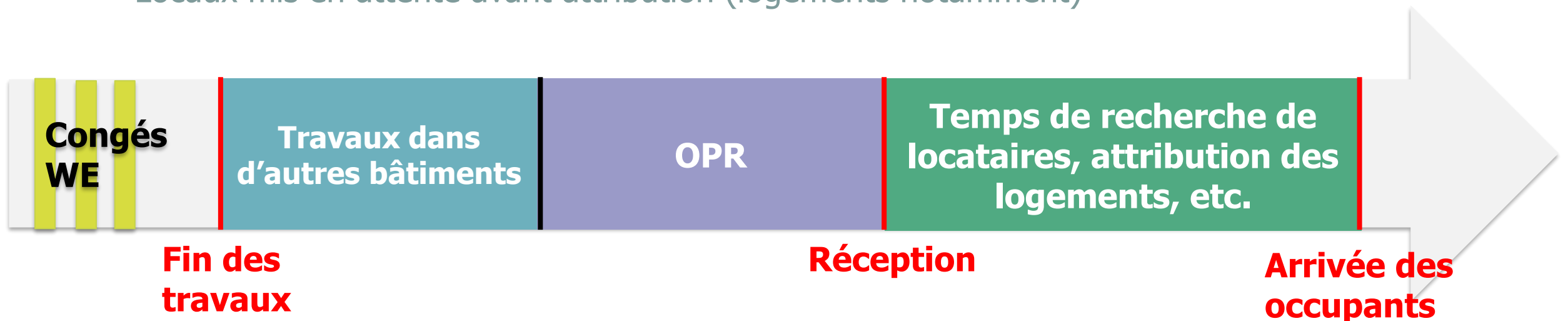


POUR TOUS LES PROJETS

Périodes de latence

✓ Différentes causes possibles

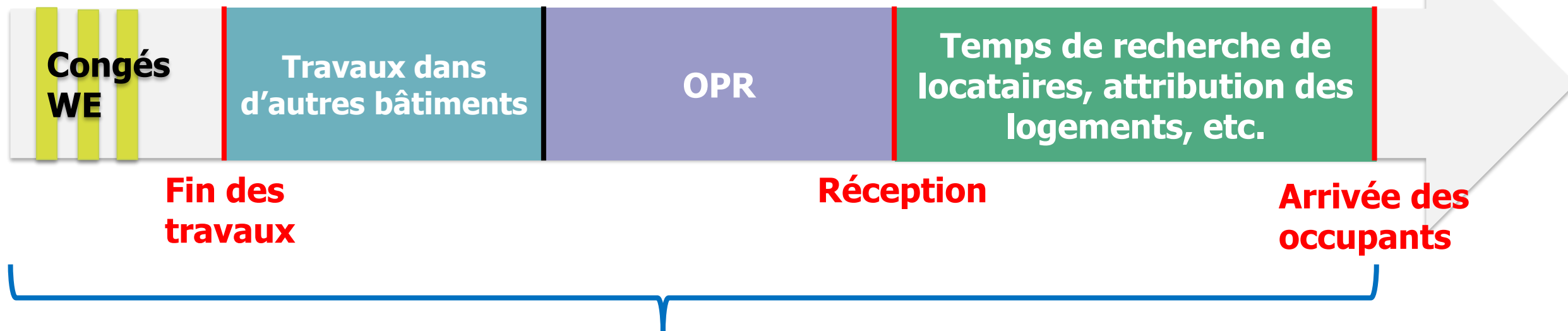
- Absence d'activités en cours de chantier : week-ends, congés...
- Opérations constituées de plusieurs bâtiments, pour lesquelles certains bâtiments sont terminés plus tôt : absence d'aération (ouverture des portes et fenêtres), et ventilation non mise en fonctionnement
- OPR qui s'allongent
- Locaux mis en attente avant attribution (logements notamment)



POUR TOUS LES PROJETS

Périodes de latence

✓ Différentes recommandations possibles



**Fin des
travaux**

Réception

**Arrivée des
occupants**

Suivi du taux d'humidité relative et mise en œuvre d'une solution active en cas de dépassement d'un seuil

**Système de ventilation provisoire/
Aération en OB avec VR abaissés**

**Mise en fonctionnement
de la ventilation définitive**

**1. Objectifs et méthodologie
déployée**

2. Résultats obtenus

**3. Expérimentation de solutions
de ventilation de chantier**

**4. Recommandations à l'attention
des professionnels du bâtiment**

5. Livrables

- ✓ **Plaquette de sensibilisation de 8 pages**
- ✓ **Guide méthodologique**
- ✓ **Arbre décisionnel au format numérique reprenant l'ensemble des recommandations à l'attention des professionnels du bâtiment**
 - Recommandations sélectionnées selon les caractéristiques de l'opération
 - 3 niveaux d'engagements possibles
 - Niveau 1 = respect des règles de l'Art
 - Niveau 2
 - Niveau 3



**MERCI DE VOTRE
ATTENTION**

Charline DEMATTEO (Inddigo)

Mickaël DERBEZ (CSTB)

Pierre LE CANN (EHESP)

Rukshala ANTON (CSTB)

Mariangel SANCHEZ (AQC)

Stéphane MOULARAT (CSTB)

Laure MOURADIAN (CETIAT)