



REX SYSTEMES DE RAFRAICHISSEMENT ADIABATIQUE en PACA

Cédric GENTIL / SOWATT

Alexis BREUIL / ENVIROBAT BDM

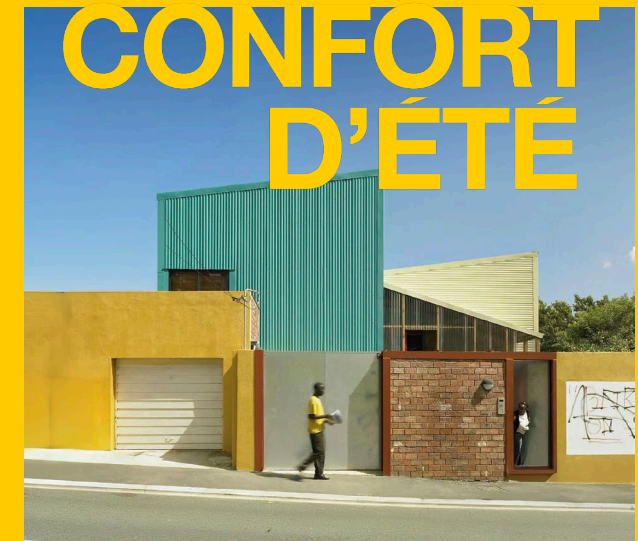
Carlos VAZQUEZ / ENVIROBAT BDM



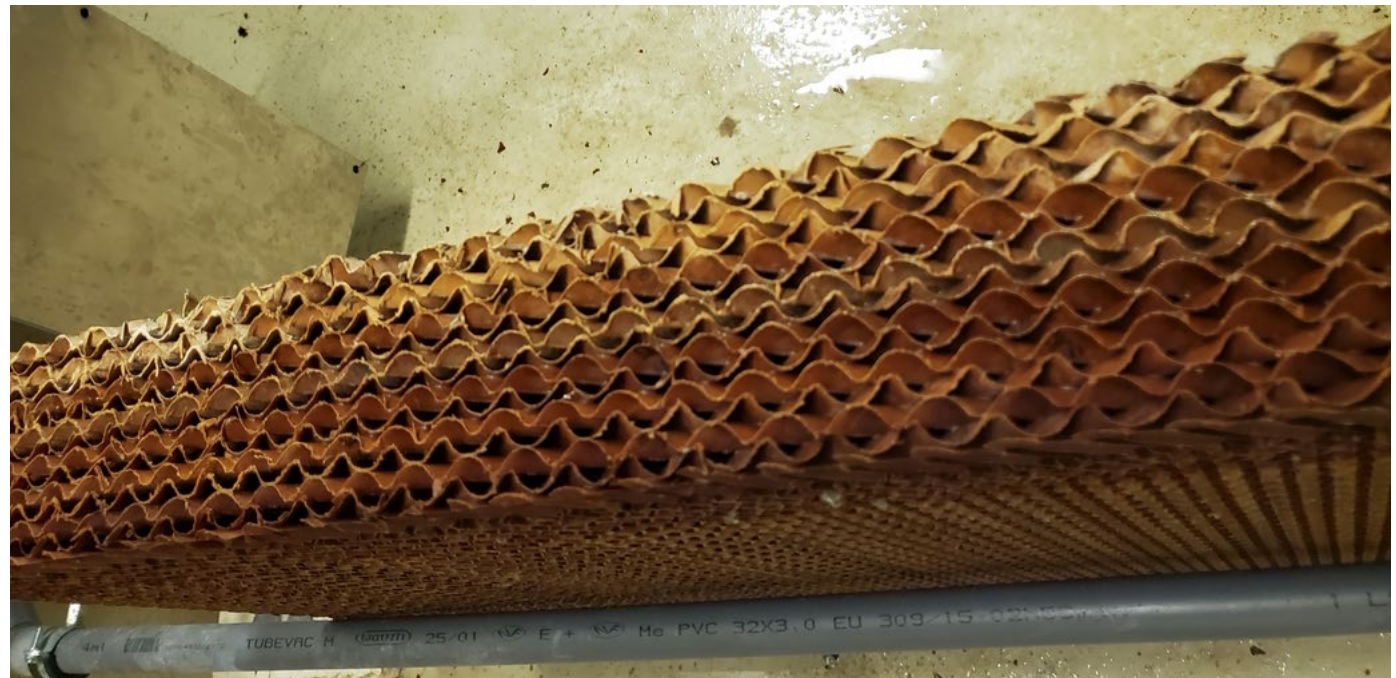
#9
BÂTIFRAIS
Colloque confort d'été dans
les bâtiments et les quartiers **2024**

9^e COLLOQUE
NATIONAL
INTERPROFESSIONNEL

DES SOLUTIONS DURABLES
POUR DES BÂTIMENTS
RÉSILIENTS FACE AU
CHANGEMENT CLIMATIQUE



De quoi parle t-on ?
Principes techniques
Protocole de mesure
Périmètre d'intervention
Rex par technologie
Bilan techniques
Rendements comparés
À retenir sur les 3 phases BDM



De quoi parle-t-on? Du changement d'état de l'eau : liquide => gaz

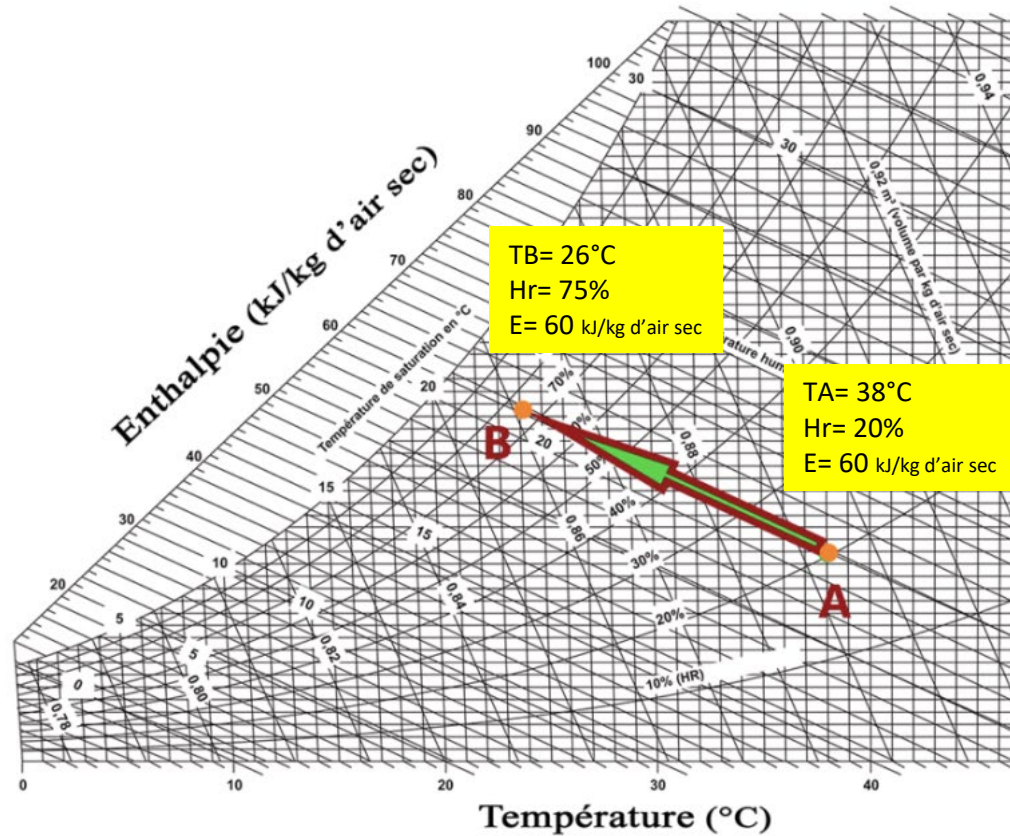


10 L d'eau qui s'évapore à 25°C = 6,7 kWh

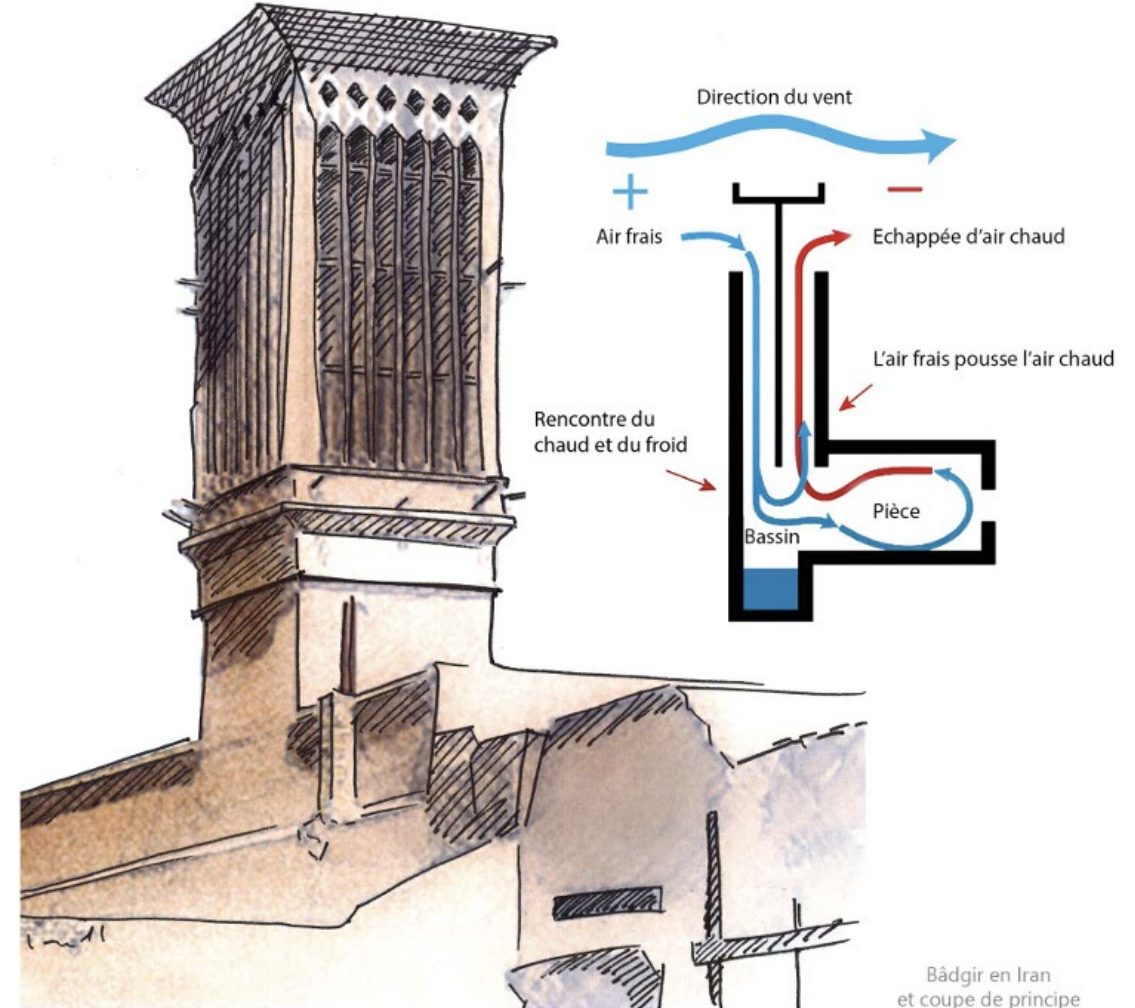


1 M3 d'eau évaporée = clim 3kW (puissance frigo)
pendant 1 mois , 8 h/jour

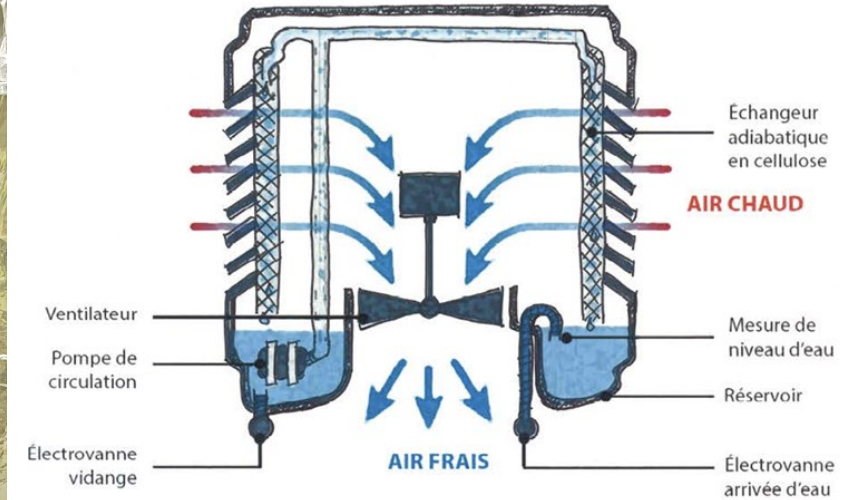
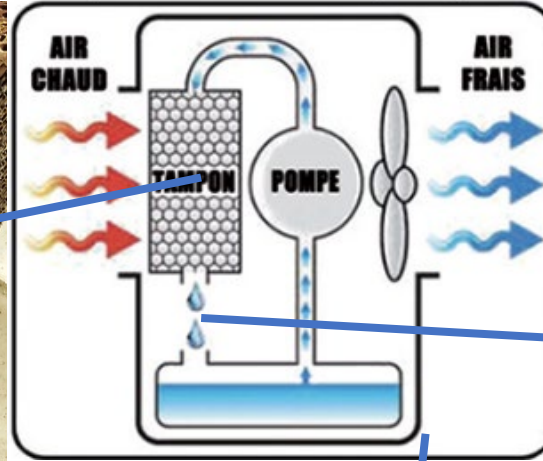
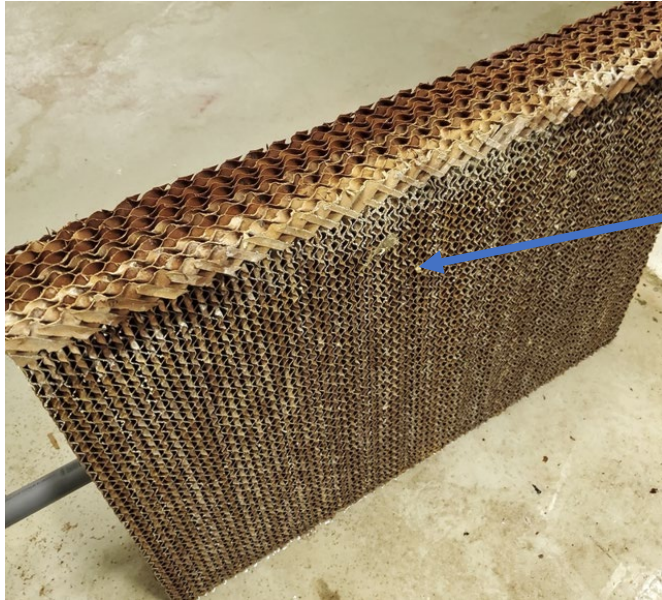
Principes techniques exploités par les tours à vent



Adiabatique directe = isenthalpique du diagramme de l'air humide

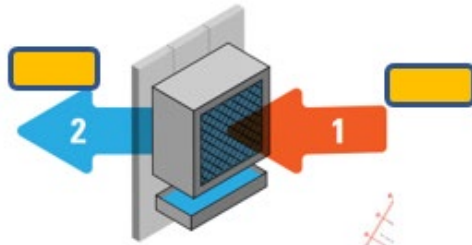


Principes techniques : dans le flux d'air ou indépendant

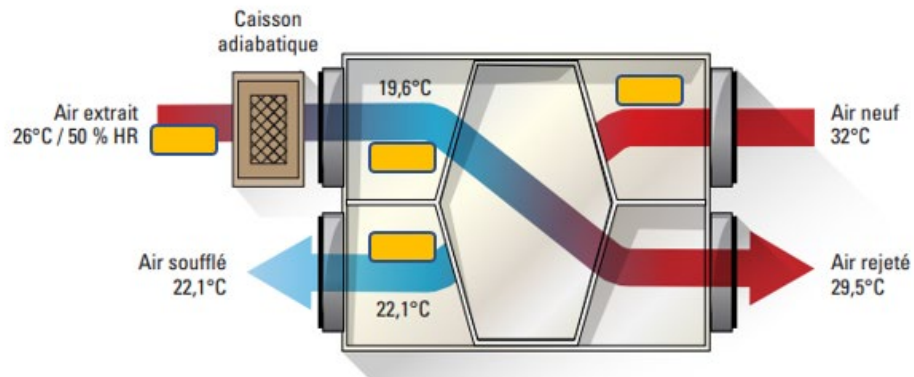


Coupe de principe d'un système adiabatique direct de type industriel
Source Génatis

Protocole de mesure directe



indirecte



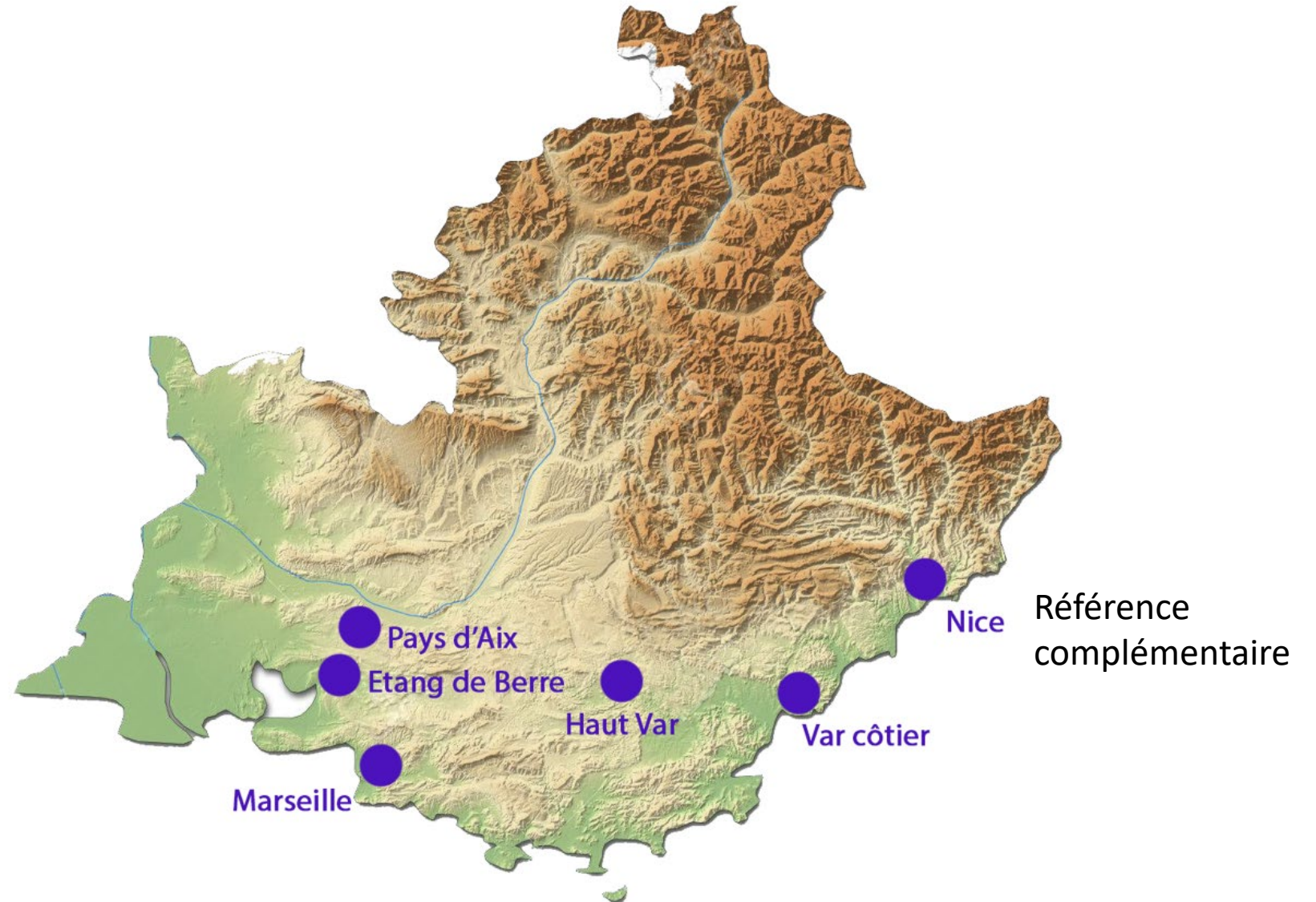
Sondes
hygrothermiques



Compteur volumétrique
eau de ville

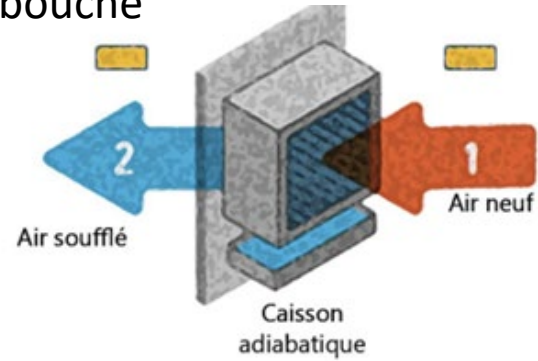


Périmètre d'étude



ADIABATIQUE DIRECTE Marseille

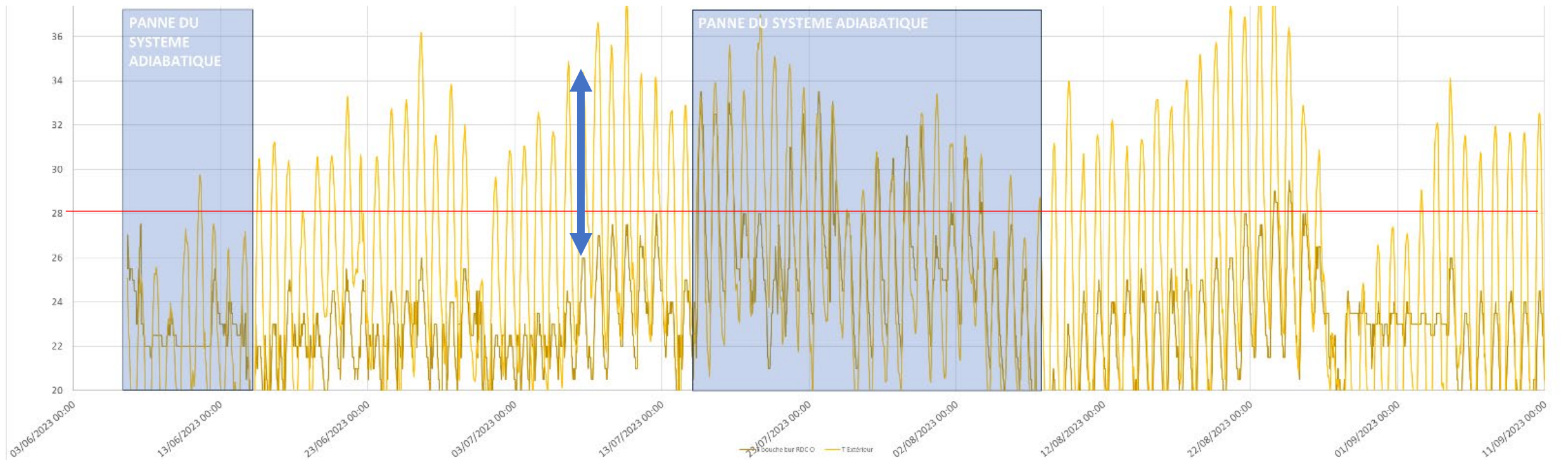
Sonde dans bouche
de soufflage



Système adiabatique direct : gain en température

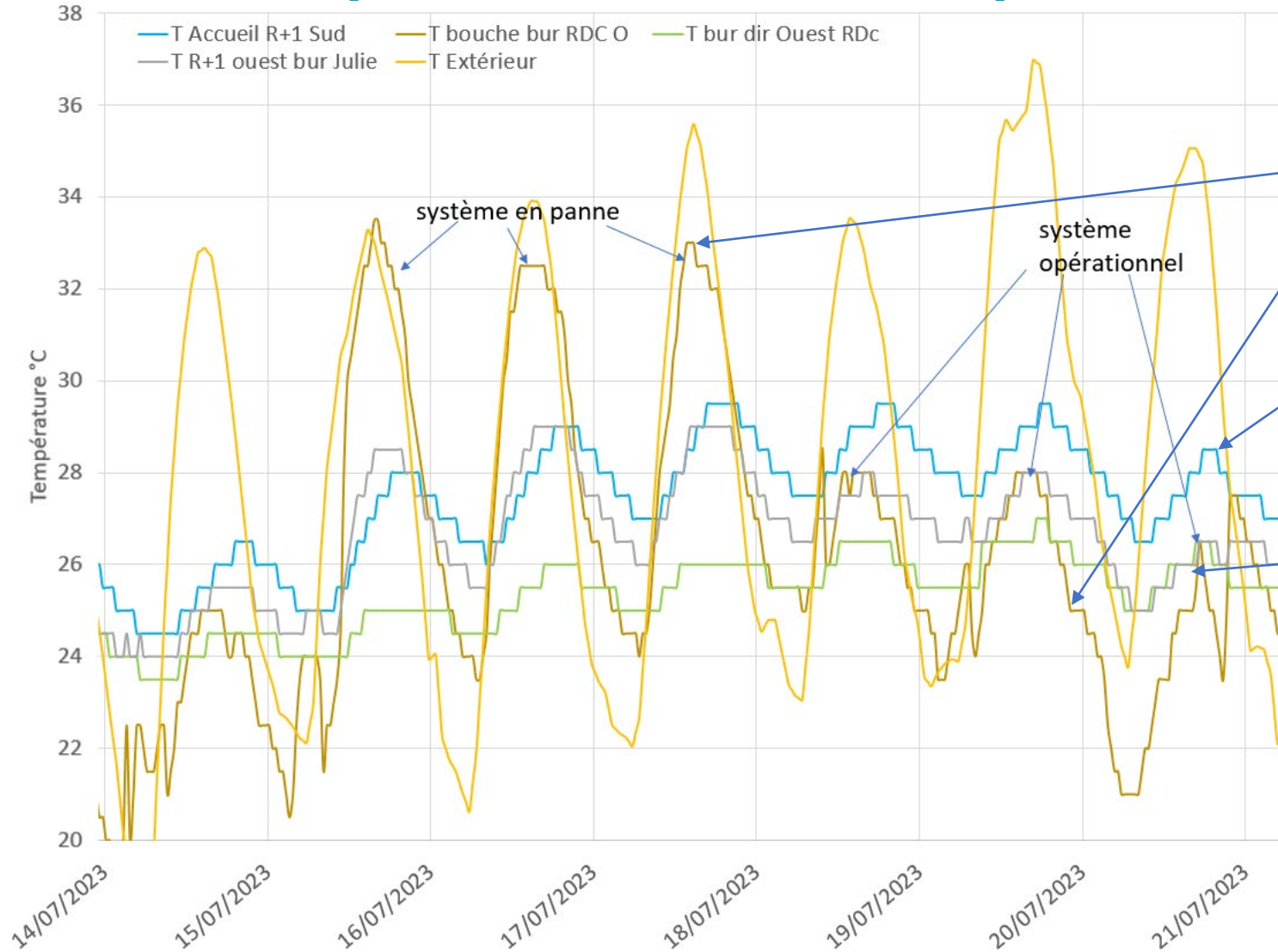
T°C extérieure

T°C soufflage (aval = bouche de soufflage dans le bureau)



Gain : -8 °C en moyenne au soufflage (consigne 20 °C)

Systeme adiabatique direct : zoom sur panne intermittente



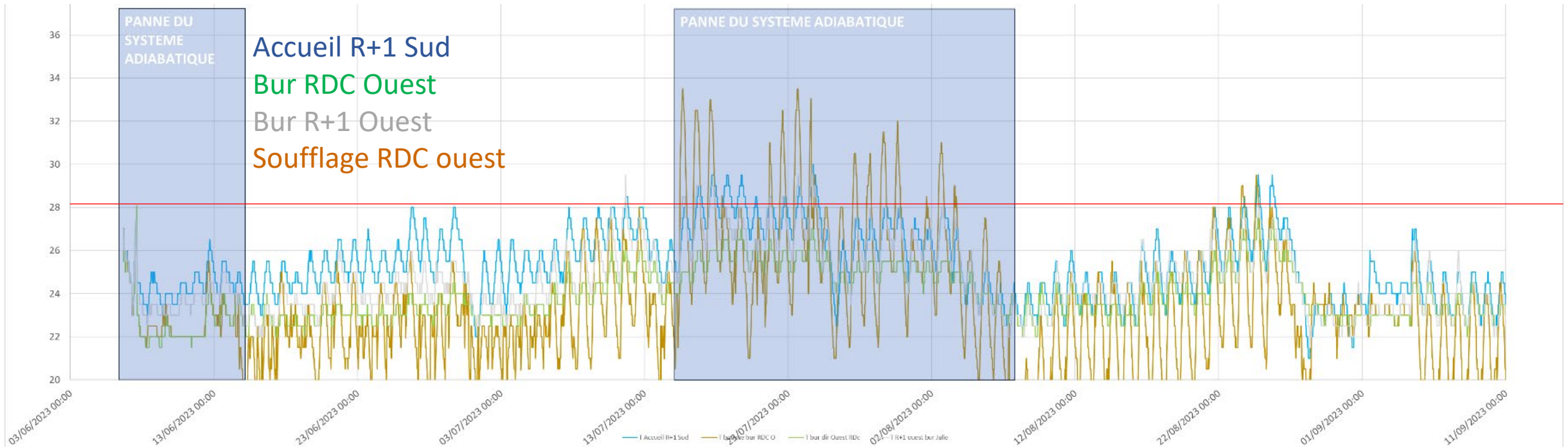
Effet direct sur
la température
de soufflage,

Bureau ouvert
(Sud) au dessus
de 28°C

Bureaux fermés
entre 26 et
28°C avec Text
>33°C

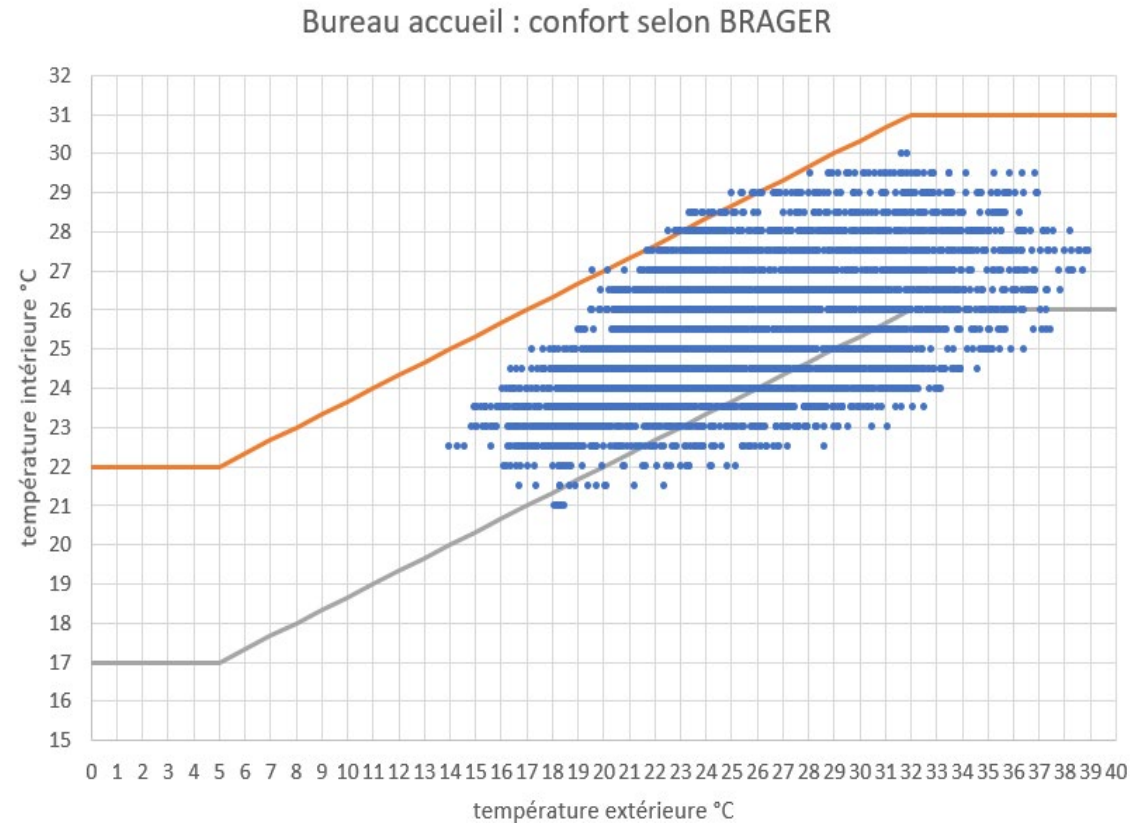
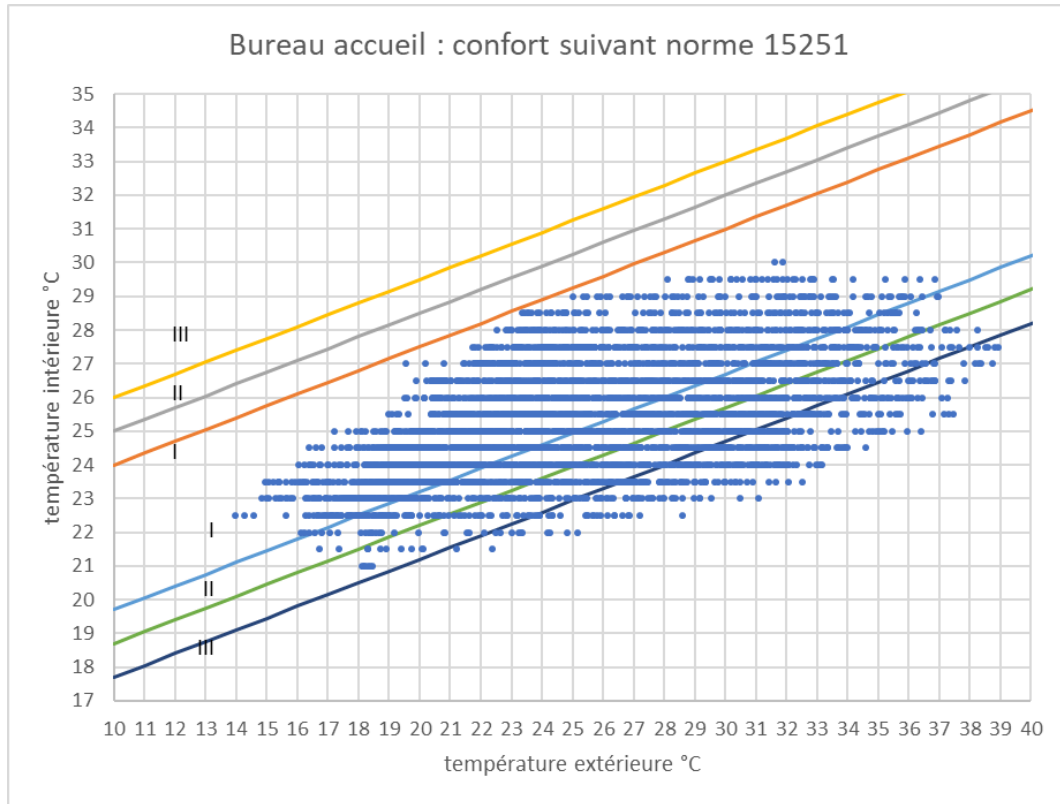
Inertie favorable au RDC, le
système adiabatique rapproche
les confort lors qu'il est
opérationnel

Systeme adiabatique direct : performance



Norme confort à 28°C : En dehors des pannes , 4 jours au dessus de 28°C
Le bureau bleu était souvent fenêtre ouverte

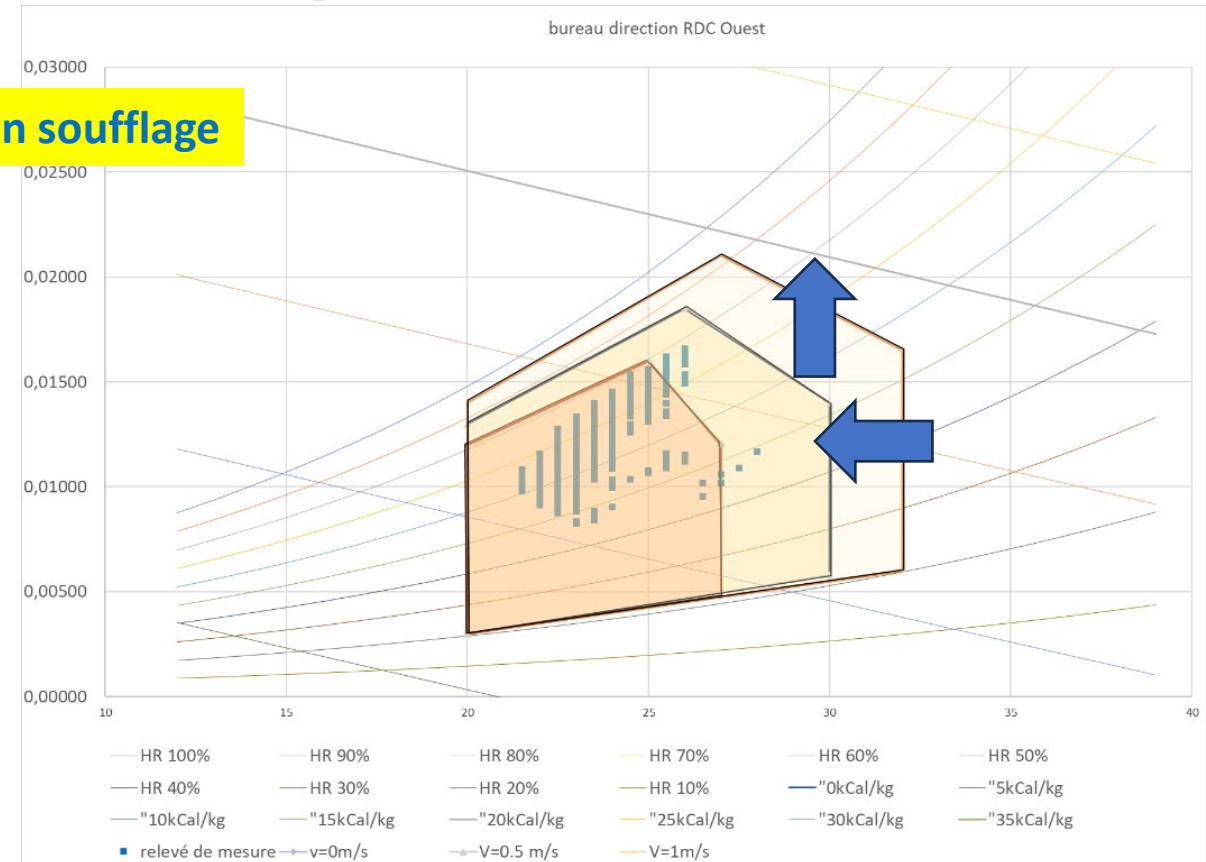
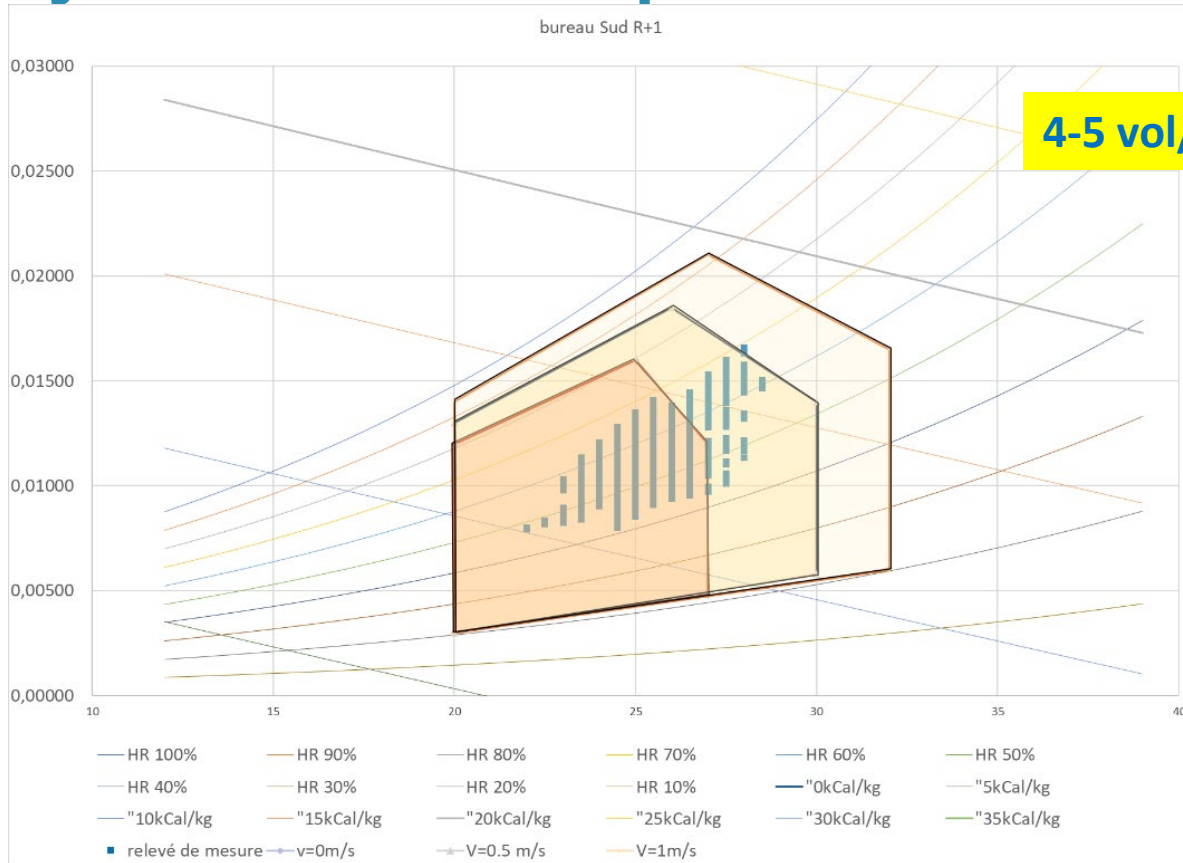
Systeme adiabatique direct : confort thermique



Confort du Bureau accueil (le plus critique)



Systeme adiabatique direct : confort thermique



Gros volume, fenêtres ouvertes = **contrainte forte sur les températures**

Petit volume, fenêtres fermées = **Limite haute en hygrométrie**

Retour usagers = Ressenti trop chaud

Retour usagers = Ressenti chaud mais acceptable

Systeme adiabatique direct : performance

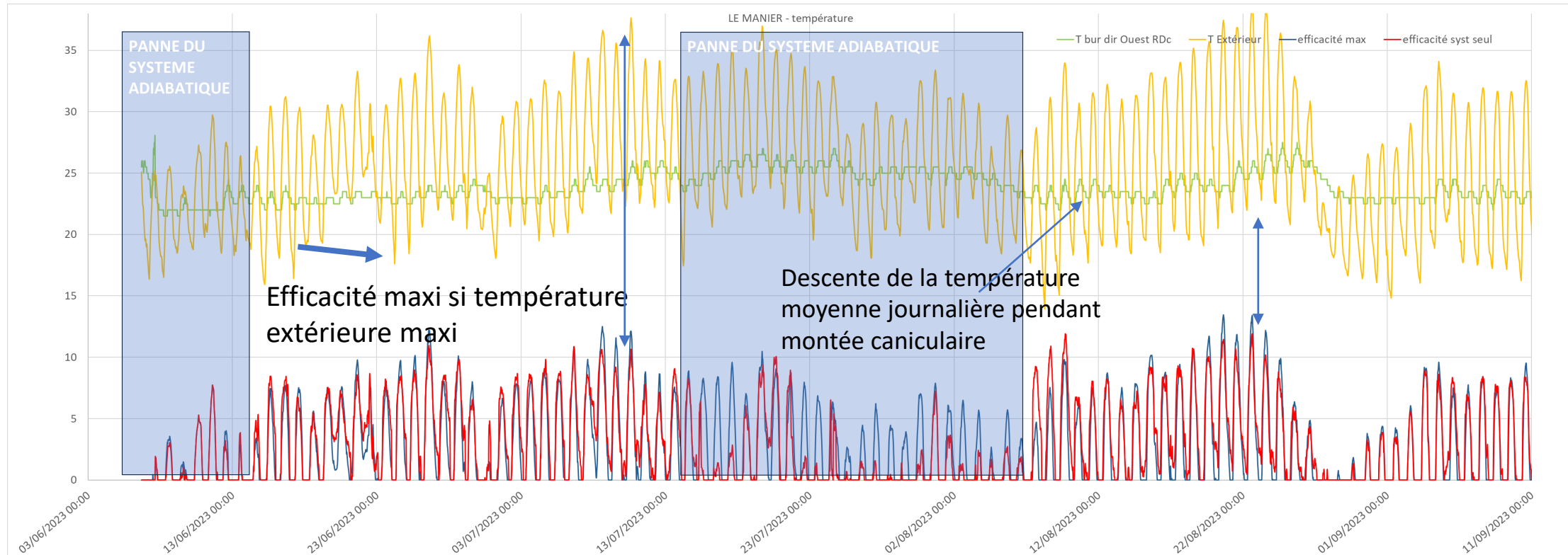
Bur RDC Ouest

Extérieur

Efficacité maxi (Text-T bur RDC ouest)Si >0

Efficacité maxi système (Text-T soufflage)Si >0

Forte efficacité sur les hautes températures

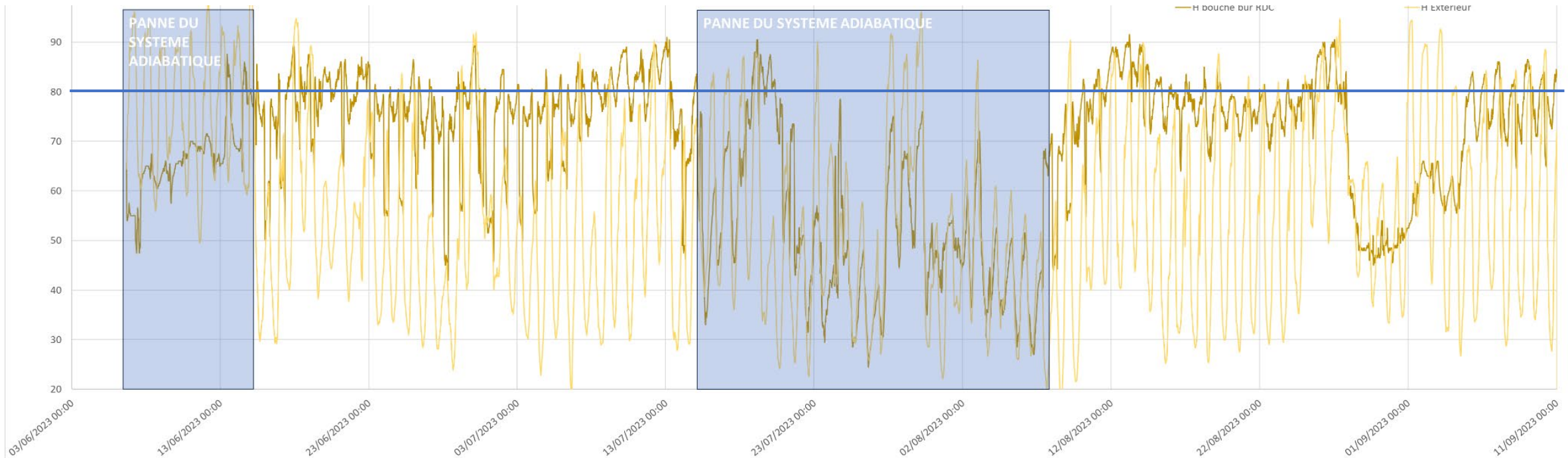


Systeme adiabatique direct : humidité

Humidité en plus à gérer

Hr % extérieure

Hr % soufflage (après adiab)



Adiabatique directe = hygrométrie qui augmente

Systeme adiabatique direct : pause thermodynamique

**rendement
 adiabatique**

=

Energie air humide amont

f(température / hygrométrie) extérieure

Energie air humide aval

f(température / hygrométrie) soufflage

Chaleur latente d'évaporation de l'eau consommée

f(quantité d'eau consommée)

$$E_{\text{adiab}} = (H_{\text{air-soufflé}} - H_{\text{air-ext}}) * D * M_{\text{v-air}} * T$$

H= enthalpie en kJ.kg⁻¹

D = débit d'air = 600m³/h

M_{v-air} = masse volumique de l'air à 30 °C = 1.2 kg/m³

T = période de mesure en h

E = énergie absorbée par le système en kJ

$$H = C_p \text{ air} * T + \frac{Y(L_v + C_p \text{ eau} * T)}{(1 + Y)}$$

T = température en °C = mesure

P = pression atmosphérique = 101325 Pa

C_p air = chaleur spécifique de l'air sec = 1.01 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹

L_v chaleur latente de vaporisation de l'eau à 30 °C = 2425 kJ.kg⁻¹

C_p eau = chaleur spécifique de l'eau = 1.92 kJ.kg⁻¹.°C⁻¹

Y= humidité de l'air absolu g.kg⁻¹ d'air sec

H= enthalpie en kJ.kg⁻¹

$$E_v = m \cdot L_v$$

m = masse d'eau évaporée pendant la période de mesure= 13 065 kg

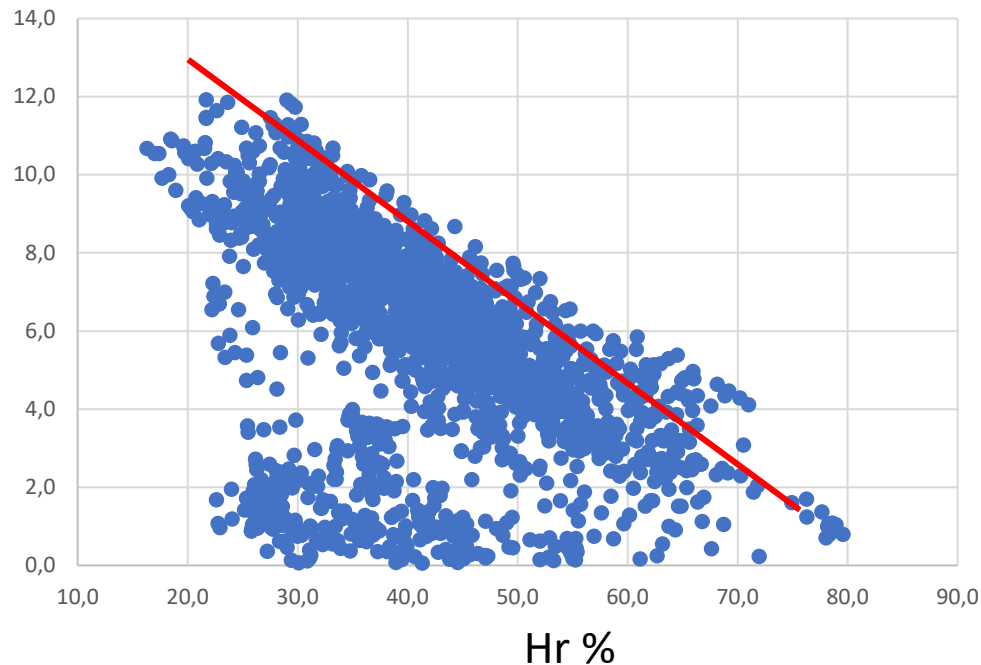
L_v chaleur latente de vaporisation de l'eau = 2425 kJ.kg⁻¹

Systeme adiabatique direct : Performance

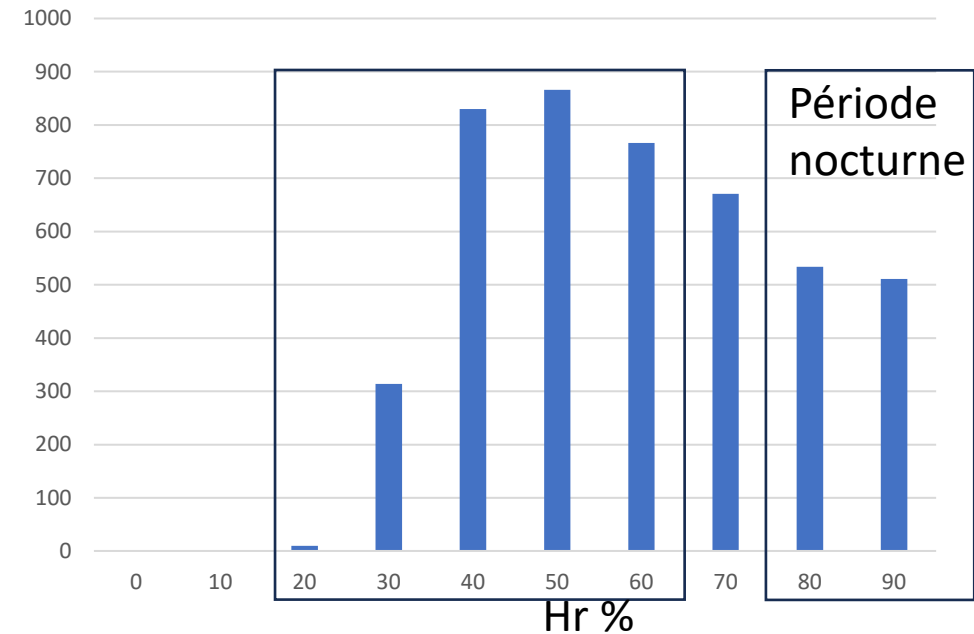
13,51 m³ d'eau consommés (07/06-21/09);
25 jours de panne (23% de la période)

Rendement = 70 %

Delta T °C Gain en température en fonction de l'hygrométrie extérieure

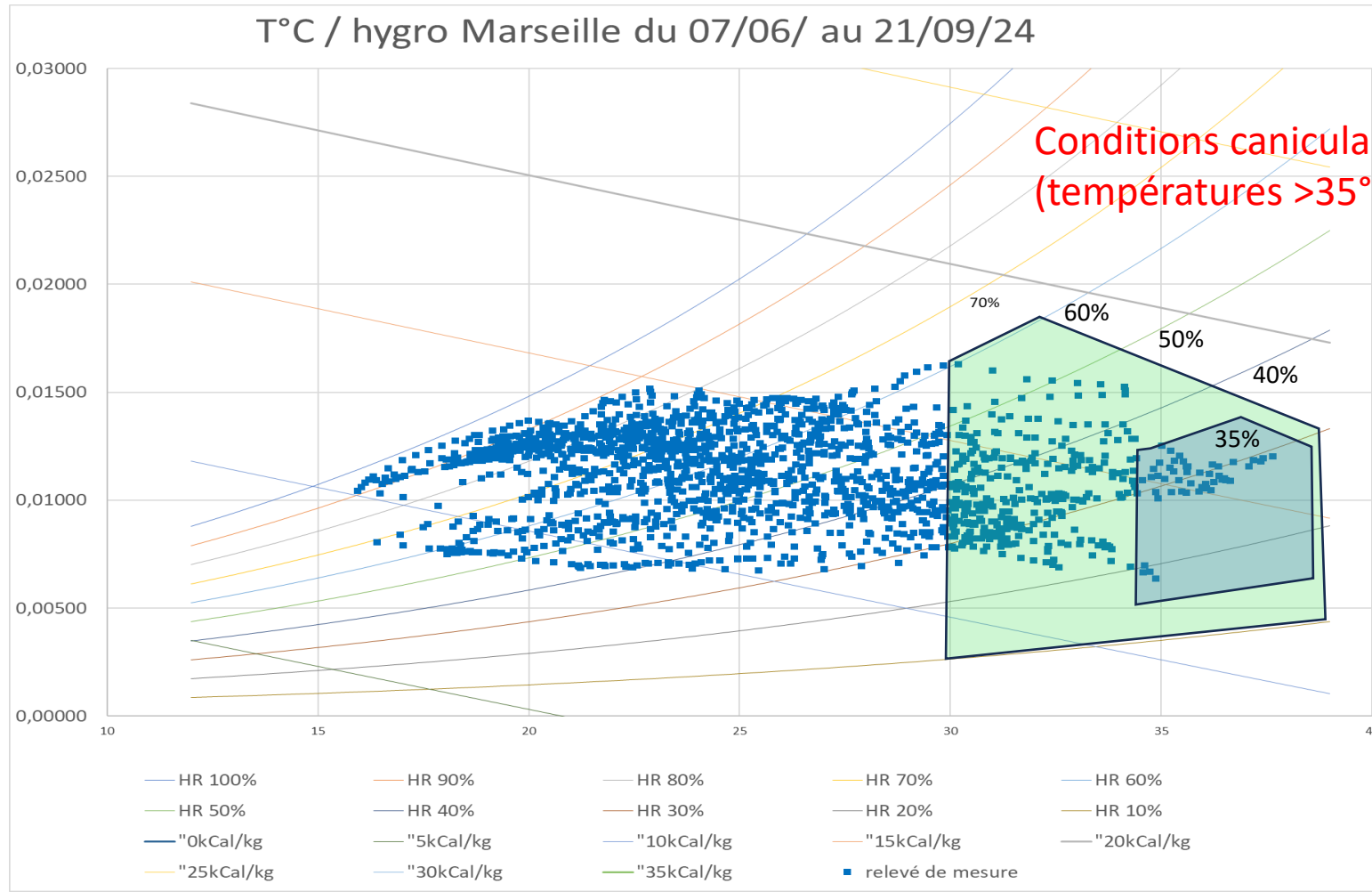


Nbr H répartition de l'hygrométrie extérieure pendant la campagne de mesure



Systeme adiabatique direct : potentiel de performance et fichier météo

Diagramme Température / hygrométrie extérieure



Conditions caniculaires très favorables
(températures >35°C ET hygrométrie < 60%)

Systeme adiabatique direct : performance / consommation d'eau

13,51 m³ d'eau consommés

par le système adiabatique

20 à 30 % du volume consommé par les rinçages



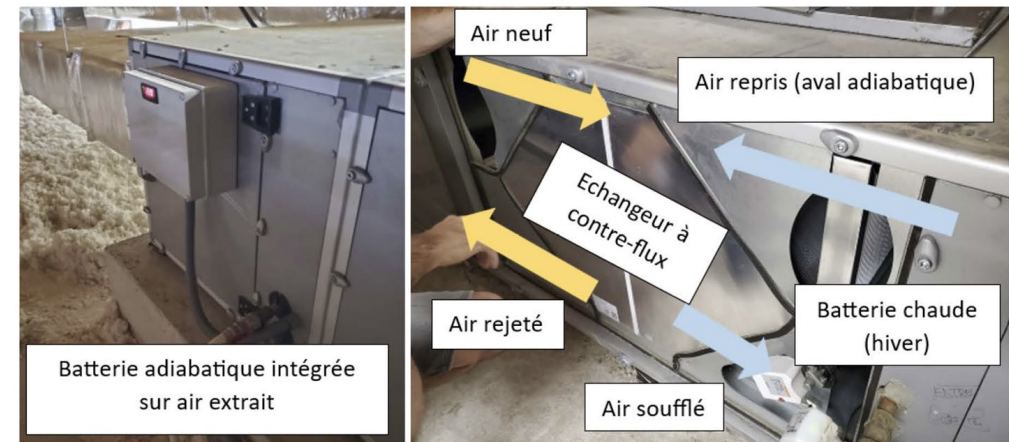
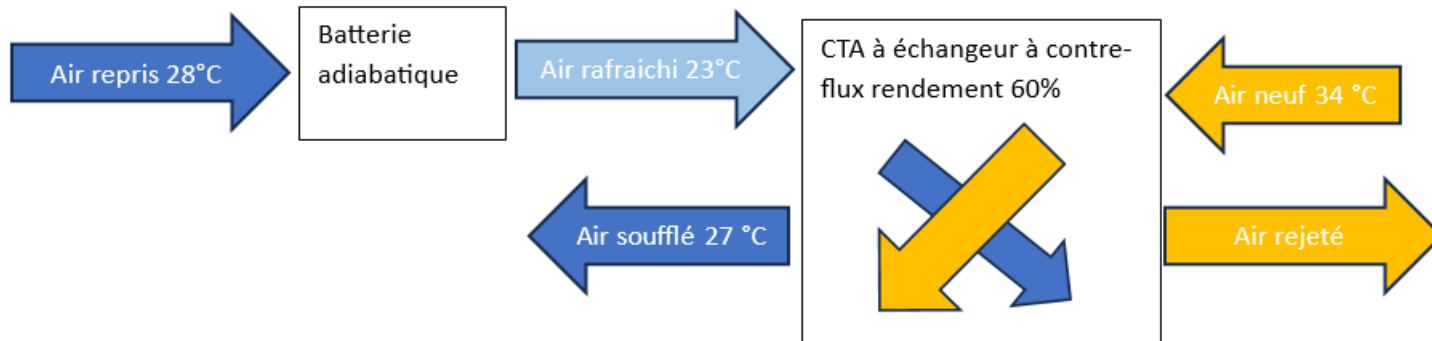
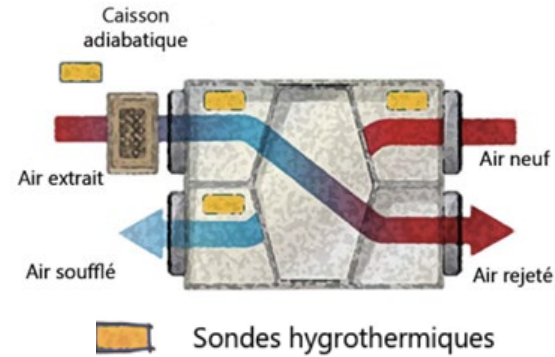
27 m³ d'eau consommée

pour un usage bureau de 10 personnes pendant 3 mois (30 L/pers.jour)

ADIABATIQUE INDIRECTE

Échangeur à Contre Flux (ECF)

Pays d'Aix

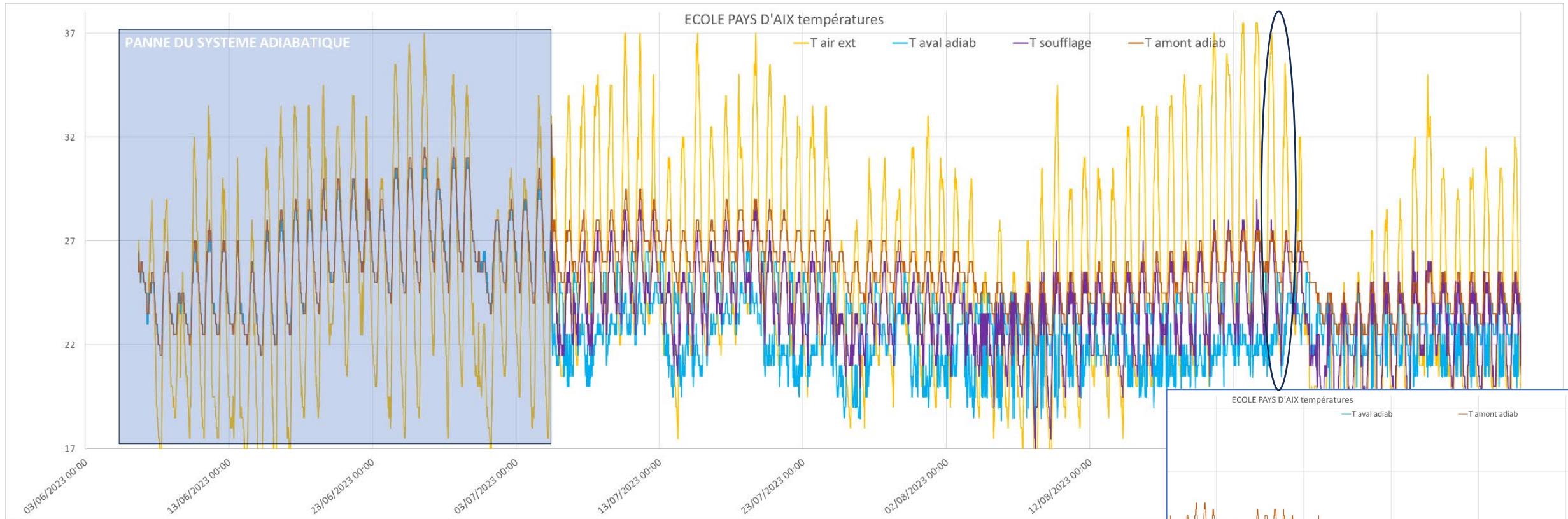


Vue du système installé dans un local technique

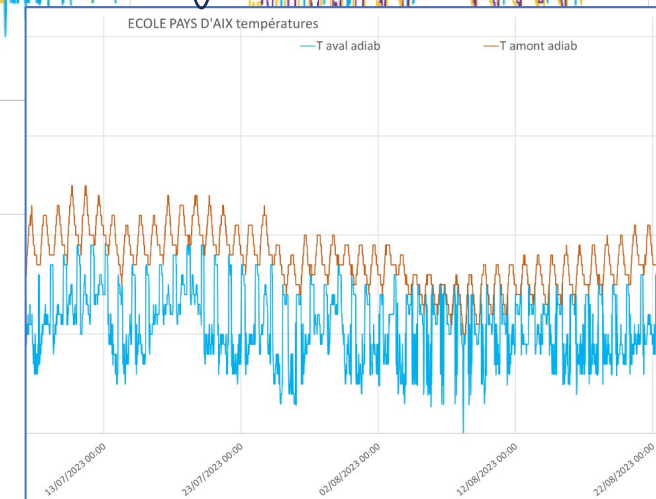
Systeme adiabatique indirect + ECF: zoom interieur



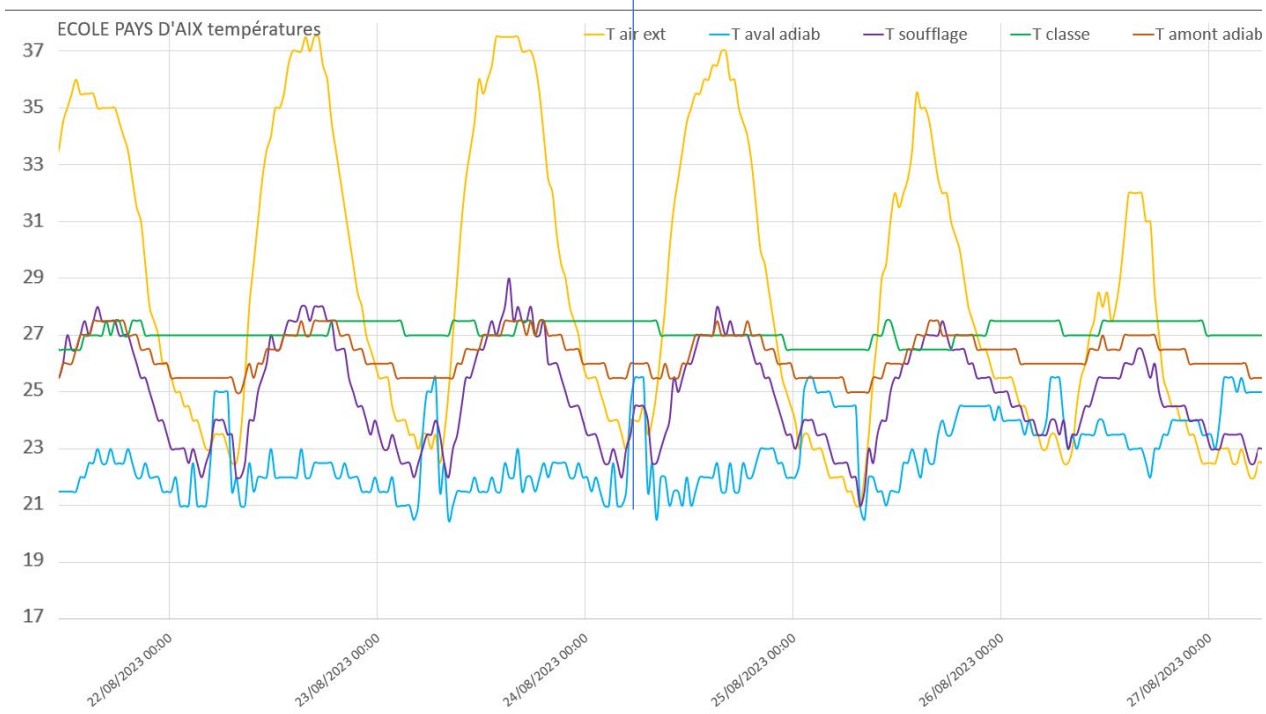
Systeme adiabatique indirect + ECF: performance



Gain moyen de 4°C par la batterie adiabatique,
puis 1 °C après échangeur à plaque,
mais 6 °C par rapport à la Température extérieure.



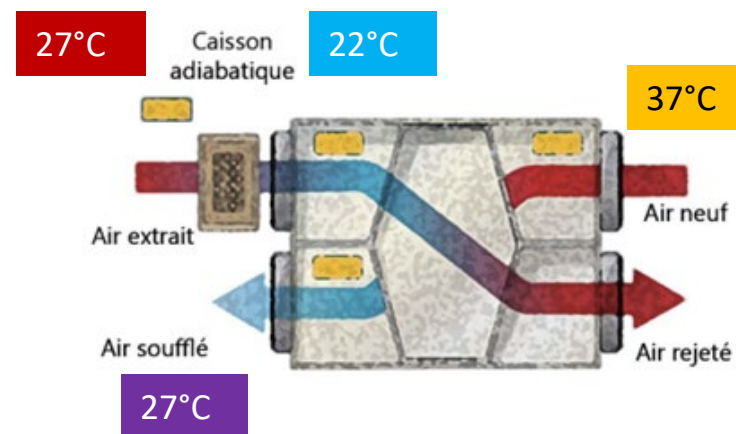
Systeme adiabatique indirect + ECF: performance



Maintien de la température ambiante en dessous de 28°C malgré les 37°C extérieurs

Perte de 5°C à travers l'échangeur.

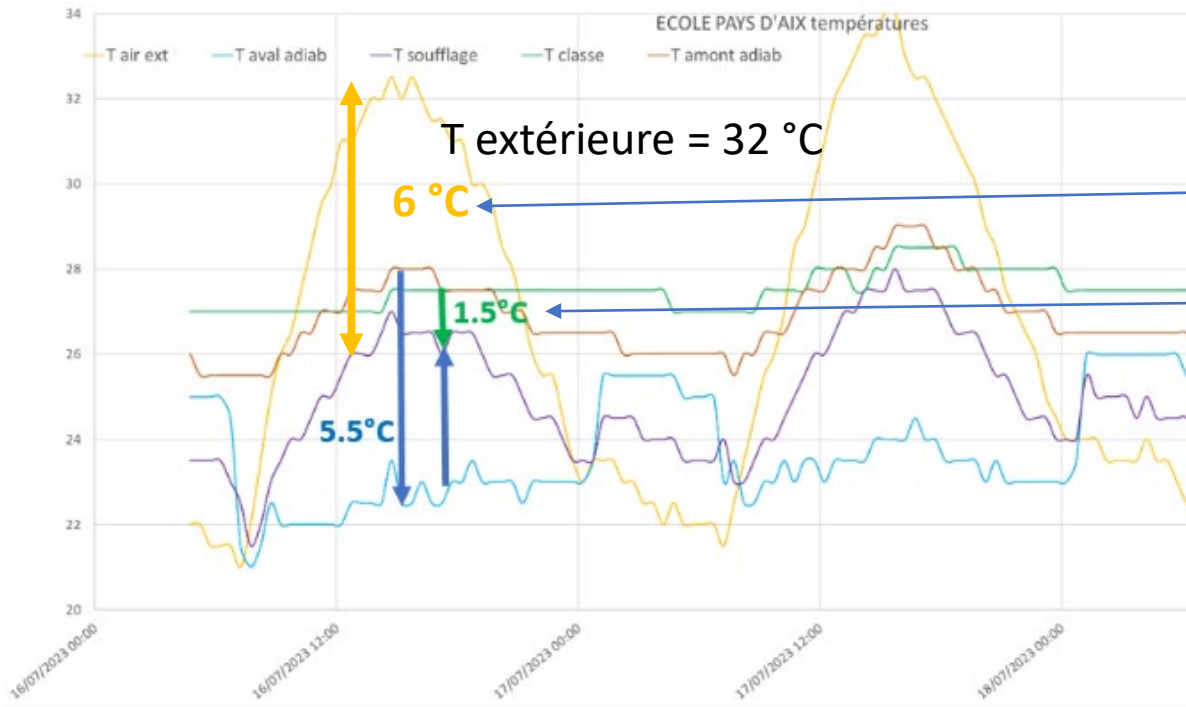
Air soufflé au mieux un degré en dessous de l'air repris.



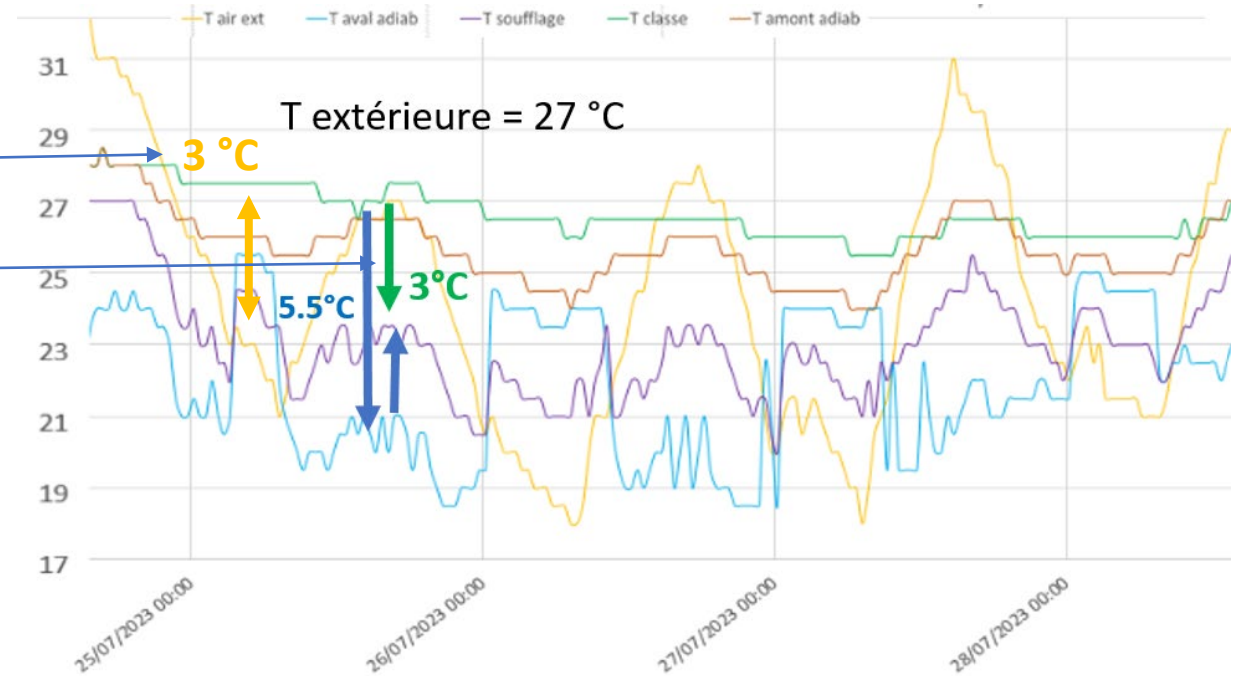
Rendement de l'échangeur
fondamental pour
l'efficacité du système

=> Évalué à 50-60% maxi
dans ces régimes de
température

Système adiabatique indirect + ECF: performance dépendante de T_{ext}



La performance évaluée avec comme référence T_{ext}

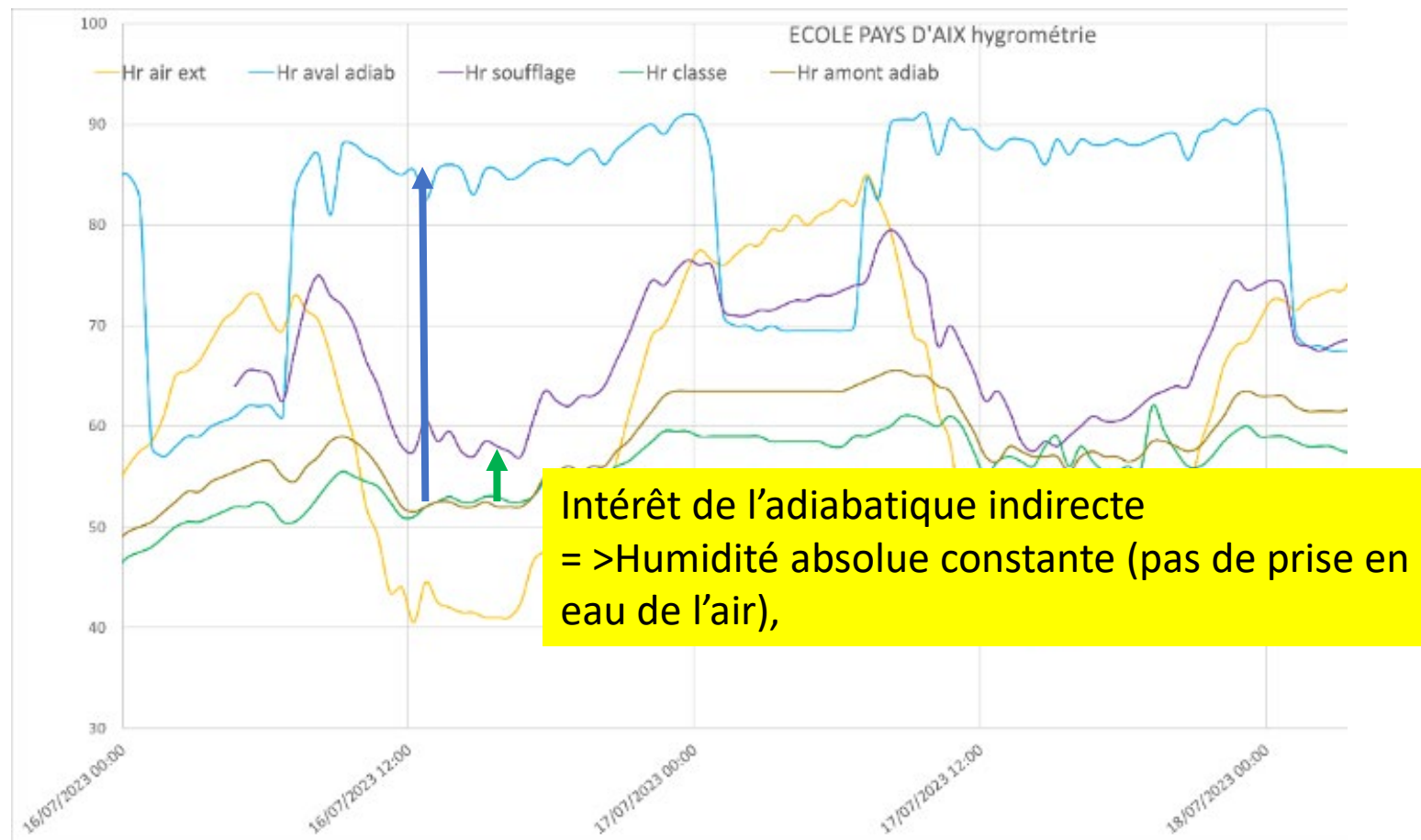


Double système adiabatique intéressant (reprise + soufflage)

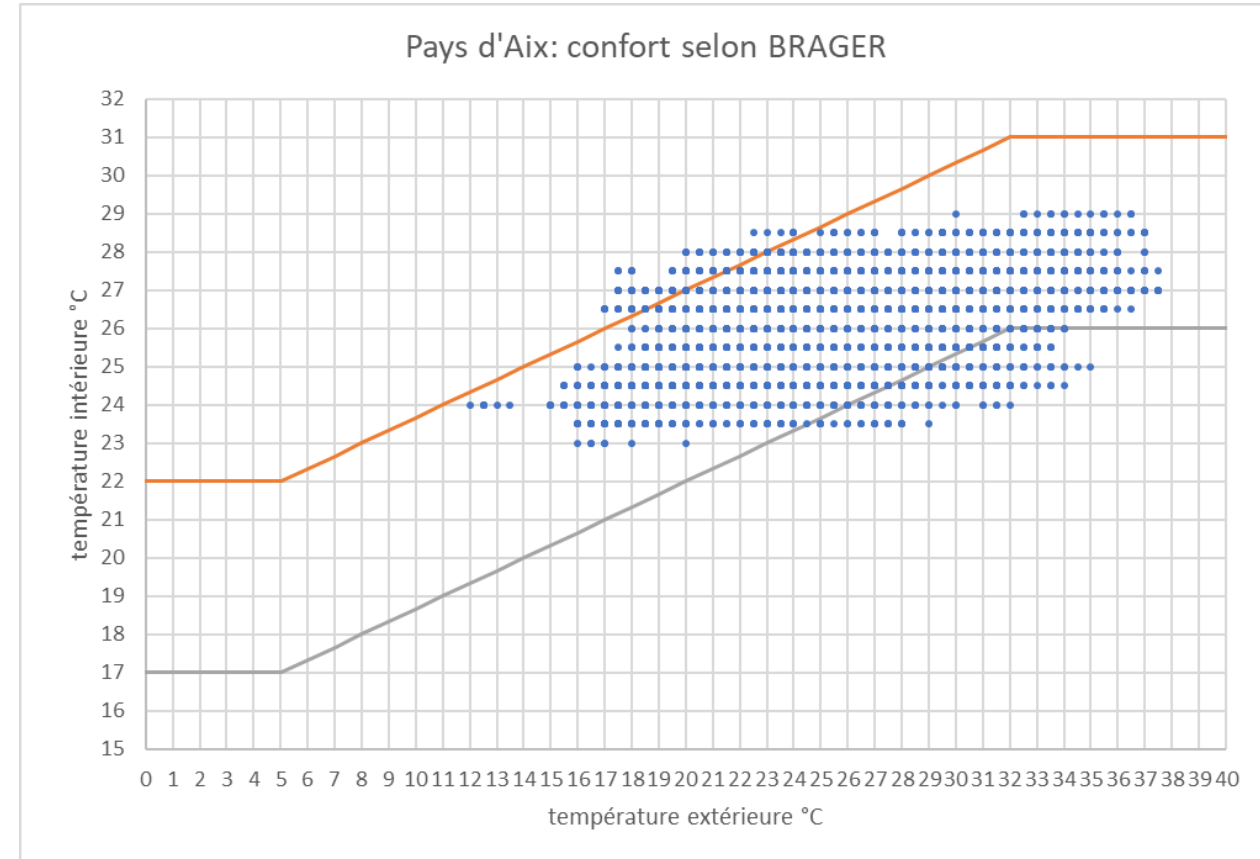
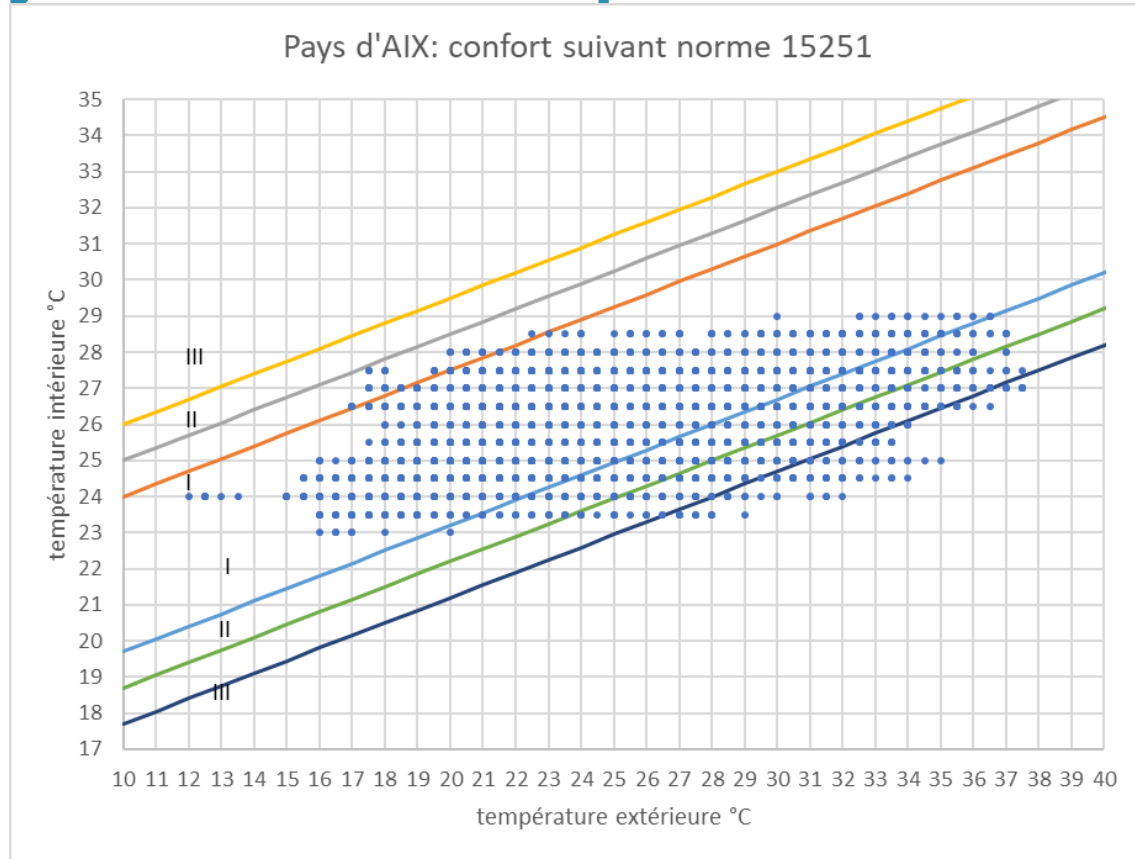
Systeme adiabatique indirect + ECF: et l'hygrométrie ?

L'hygrométrie en aval de l'adiabatique est logiquement élevée (>80%).

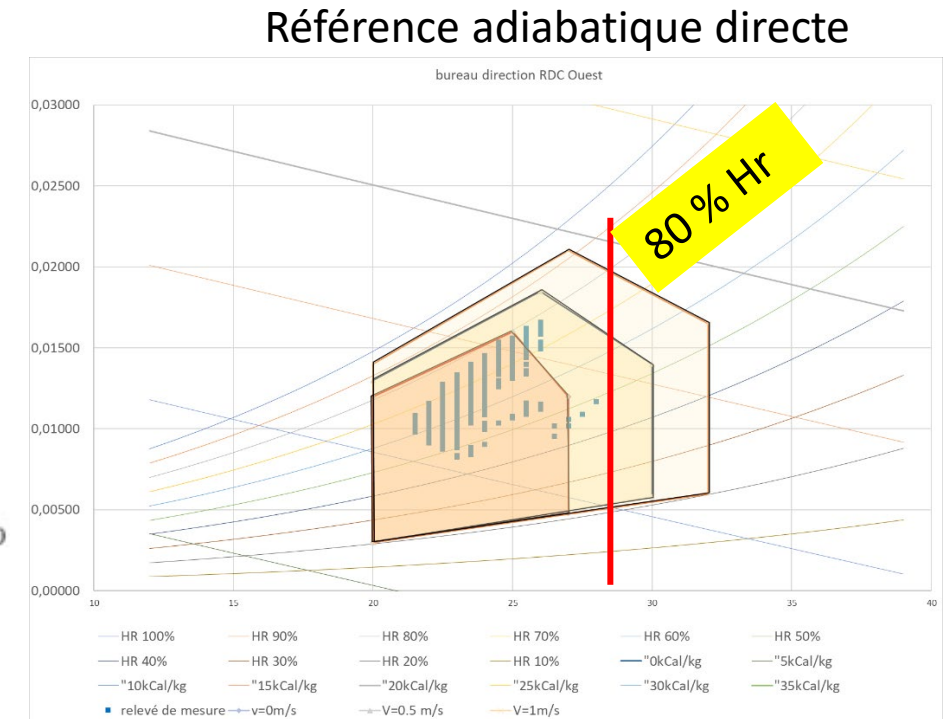
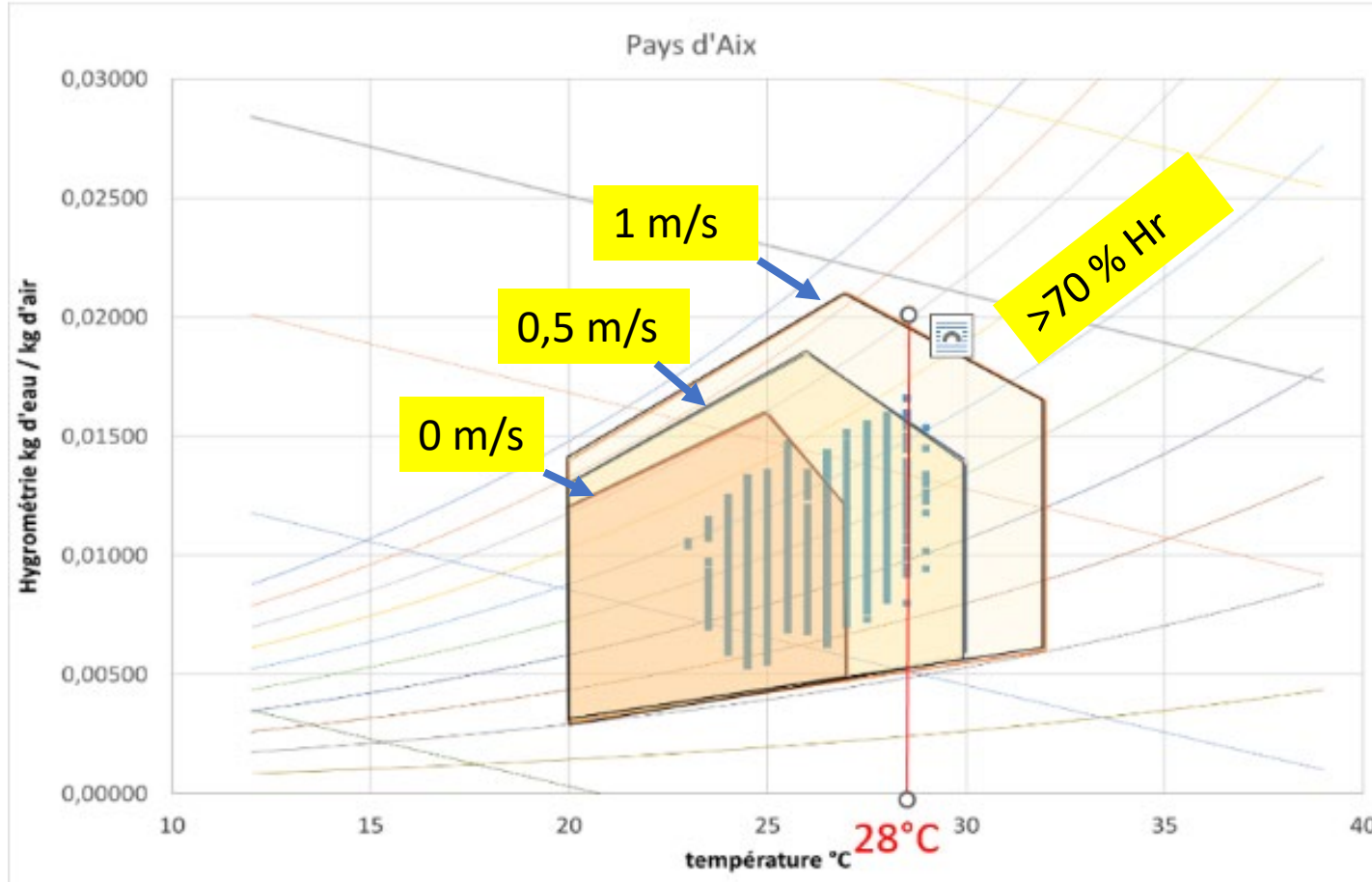
L'hygrométrie au soufflage reste raisonnable (60 %). Elle a augmenté de +15% en comparaison avec l'air extérieur ce qui correspond au rafraichissement de l'air dans le diagramme de l'air humide.



Systeme adiabatique indirect + ECF: confort



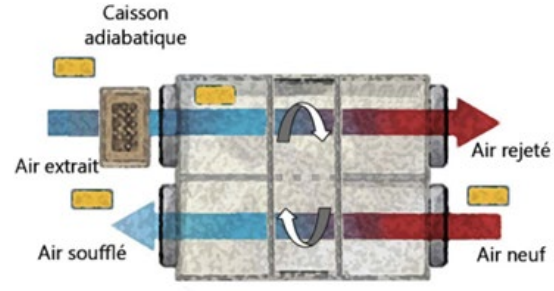
Systeme adiabatique indirect + ECF: confort hygrometrique



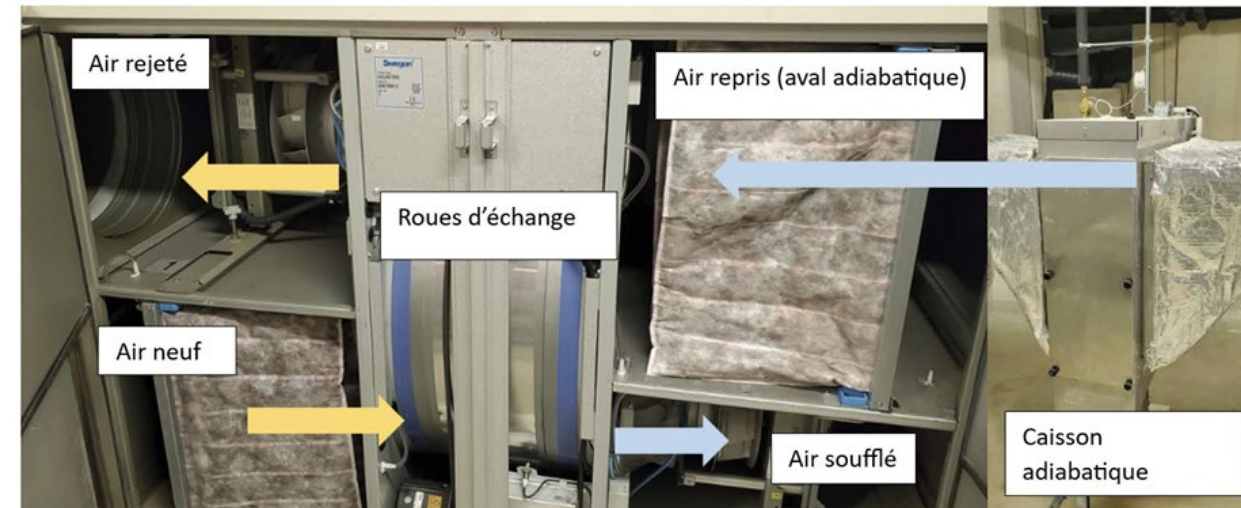
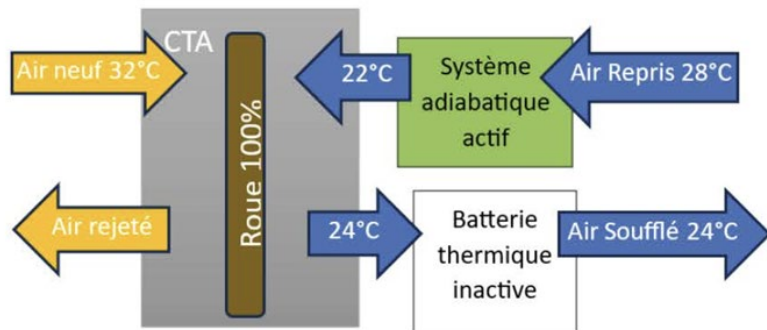
ADIABATIQUE INDIRECTE

Échangeur rotatif (ER)

Etang de Berre



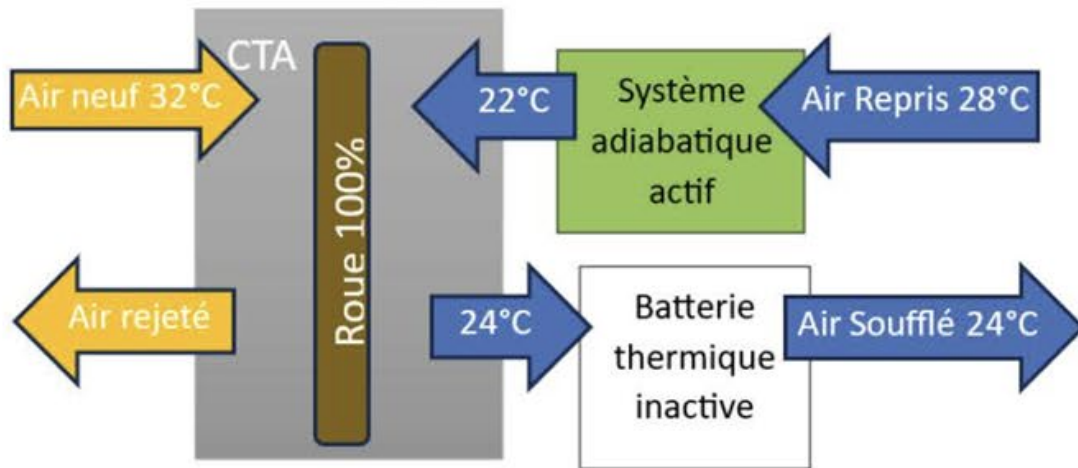
Fonctionnement optimal attendu en cascade
 (1 adiabatique / 2 batterie froide en complément)



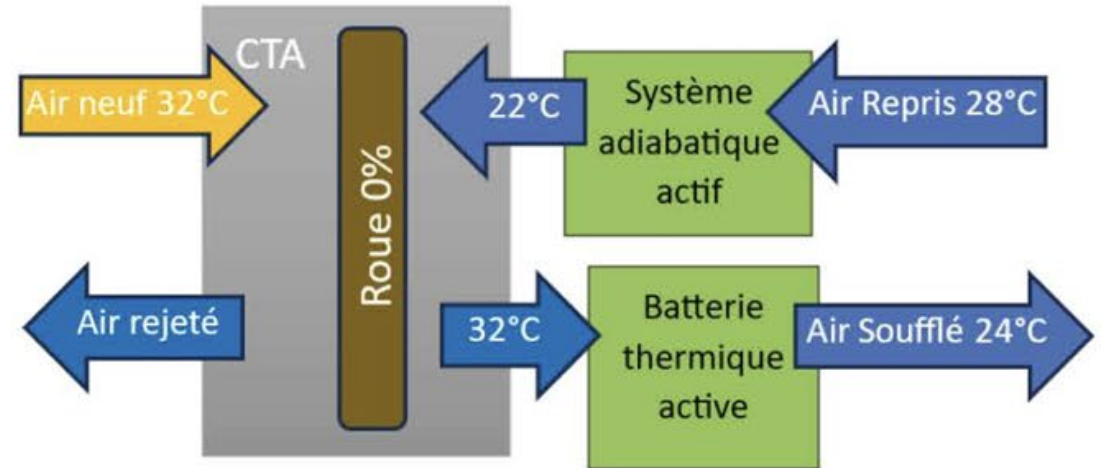
Vue du système installé

Système adiabatique indirect + ER: mauvais paramétrage de la roue

Fonctionnement optimal attendu en cascade
(1 adiabatique / 2 batterie froide en complément)



Fonctionnement dégradé observé

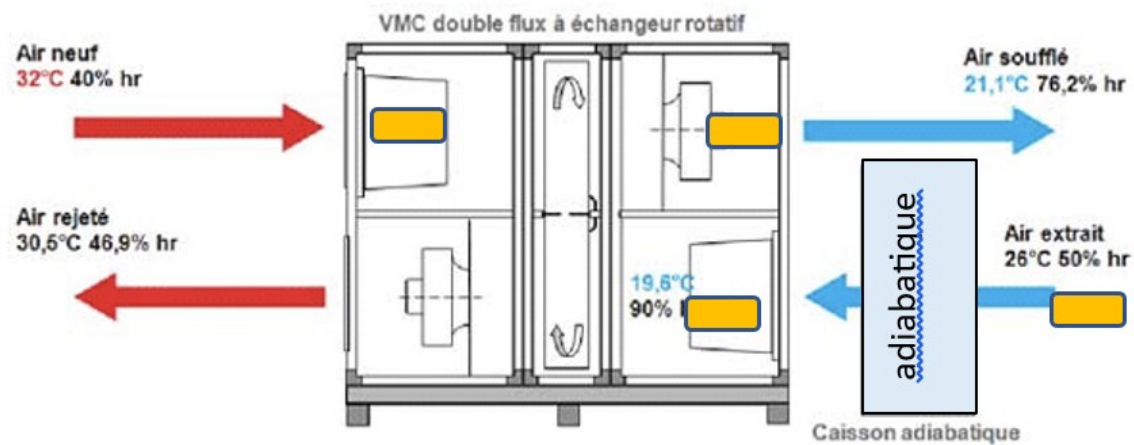


Mode dégradé maqué

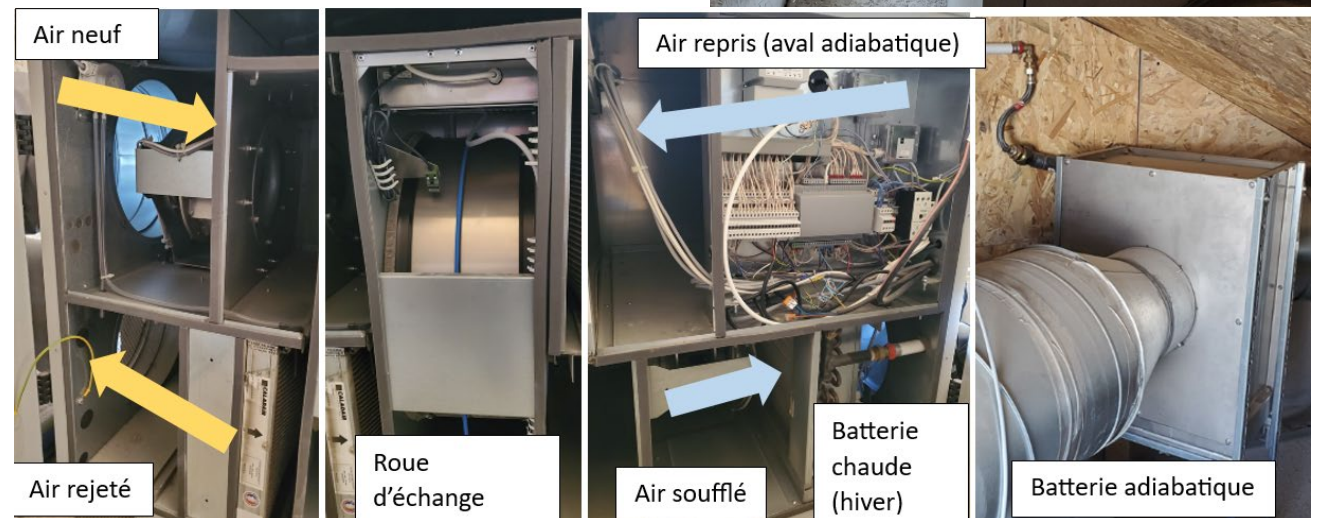
ADIABATIQUE INDIRECTE

Échangeur rotatif (ER)

Haut Var



- Sondes hygrothermiques



Systeme adiabatique indirect + ER : ce qu'il ne faut pas faire



Réglage débit d'eau
fixe sans recyclage



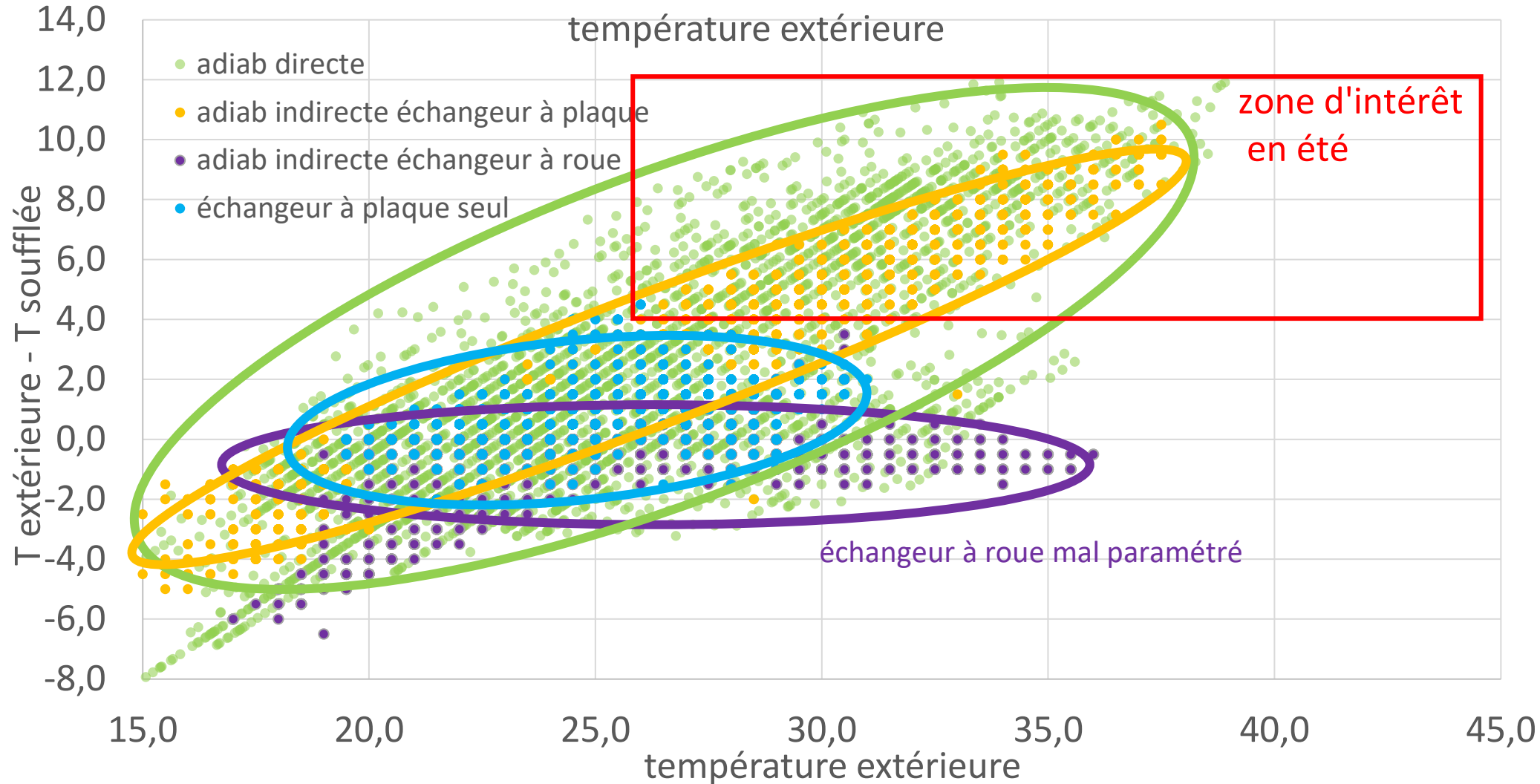
Systeme hors
service

BILAN TECHNIQUE

Système suivi	évènements	bilan
Adiabatique direct BUREAUX MARSEILLE	2 pannes (niveau d'eau)	Fonctionne 80 % du temps
Adiabatique indirecte MEDIATHEQUE ETANG DE BERRE	1 fuite d'eau , réparée, subsiste des écoulements extérieurs, roue mal paramétrée	Fonctionne 90% du temps mais en mode dégradé sans alerte
Adiabatique indirecte ECOLE PAYS D'AIX	1 fuite d'eau (défaut niveau), changement de CTA	Fonctionne 70% du temps
Adiabatique indirecte ECOLE VAR ARRIERE PAYS	Pas de réglage possible eau perdue	Système arrêté
Adiabatique indirecte BUREAU VAR COTIER	Défaut non résolu (gestion niveau d'eau)	Système arrêté
Adiabatique indirecte ECOLE NICE	Défaut non résolu (gestion niveau d'eau)	Système arrêté

RENDEMENT DES SYSTEMES ADIABATIQUES

comparaison des gains en température : ($T_{ext} - T_{soufflée}$) en fonction de la température extérieure

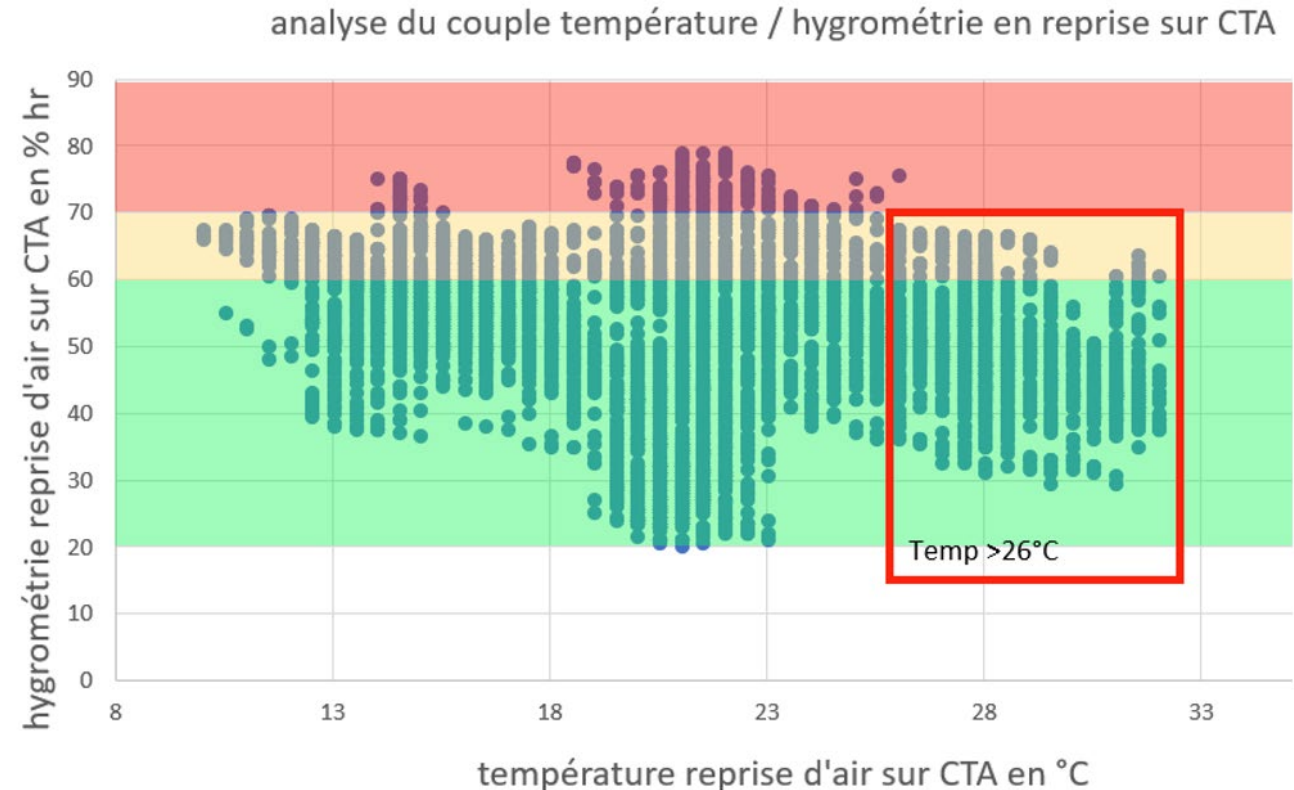


VIGILANCE en programmation

Analyse du fichier météo = potentiel du système adiabatique
Dureté de l'eau
Disponibilité et sensibilité du site sur la ressource en eau
Exigence de suivi technique sur le système adiabatique

Relevés Eté 2023 sur
NICE vallée du Var :
3km de la mer

En cas de forte chaleur
l'hygrométrie reste en
dessous de 60% la
majeur partie du temps



VIGILANCE en conception

L'eau en circuit ouvert = fuites, eau au sol , compteur

Le calcaire : cycles de déminéralisation / adoucisseur

L'accès maintenance

L'augmentation de l'hygrométrie avec les systèmes directs

Le transfert de savoir vers l'exploitant (automate)



VIGILANCE en phase travaux / réception

Équilibrage des flux croisés dans les CTA

Régulation du niveau d'eau

Consignes réglées (freecooling / bypass / consigne T°C syst. adiabatique

Simulation et détection de défauts (niveau d'eau / filtres encrassés)

Codes d'accès maintenance transmis

VIGILANCE en phase usages

Maintenance des filtres

Paramétrage de l'échangeur de CTA

Paramétrage des consignes de température

Attention au masque d'une batterie froide en sortie de CTA

État de l'échangeur

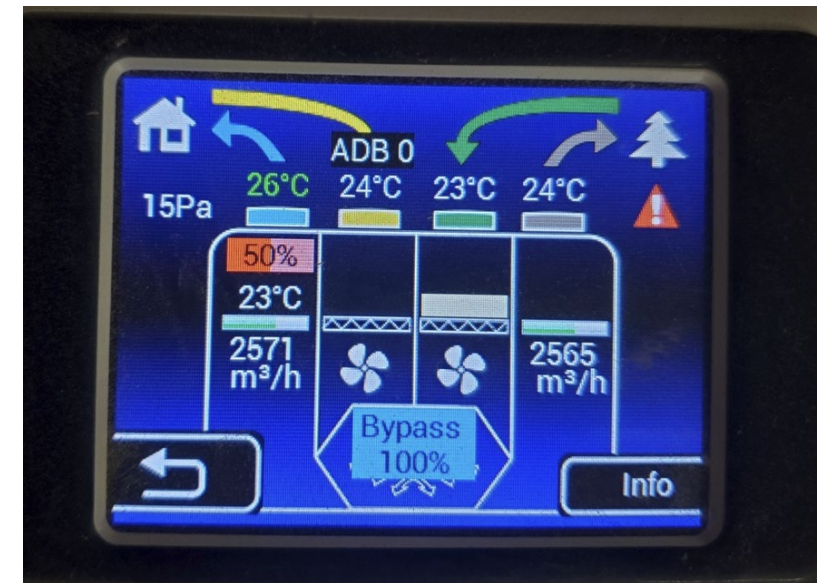
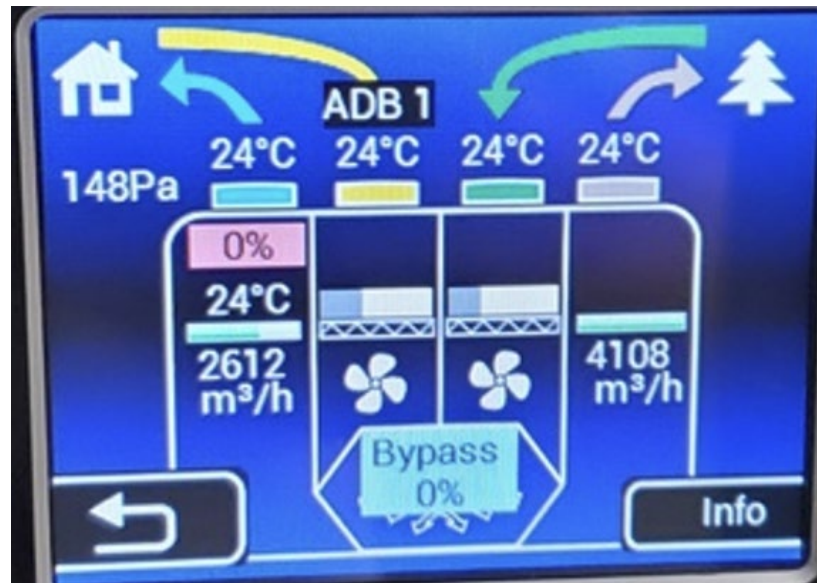
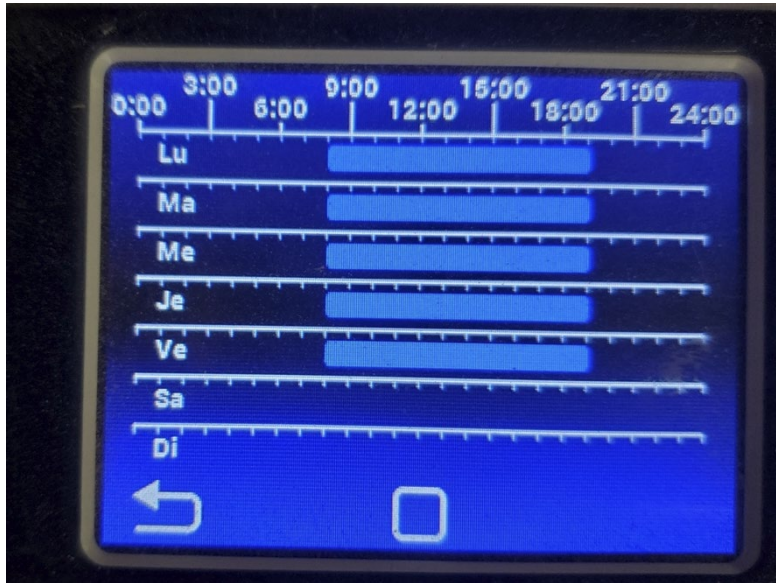
Arrivée d'eau mesurée et surveillée

Attention 10 secondes de révision avant les exercices...

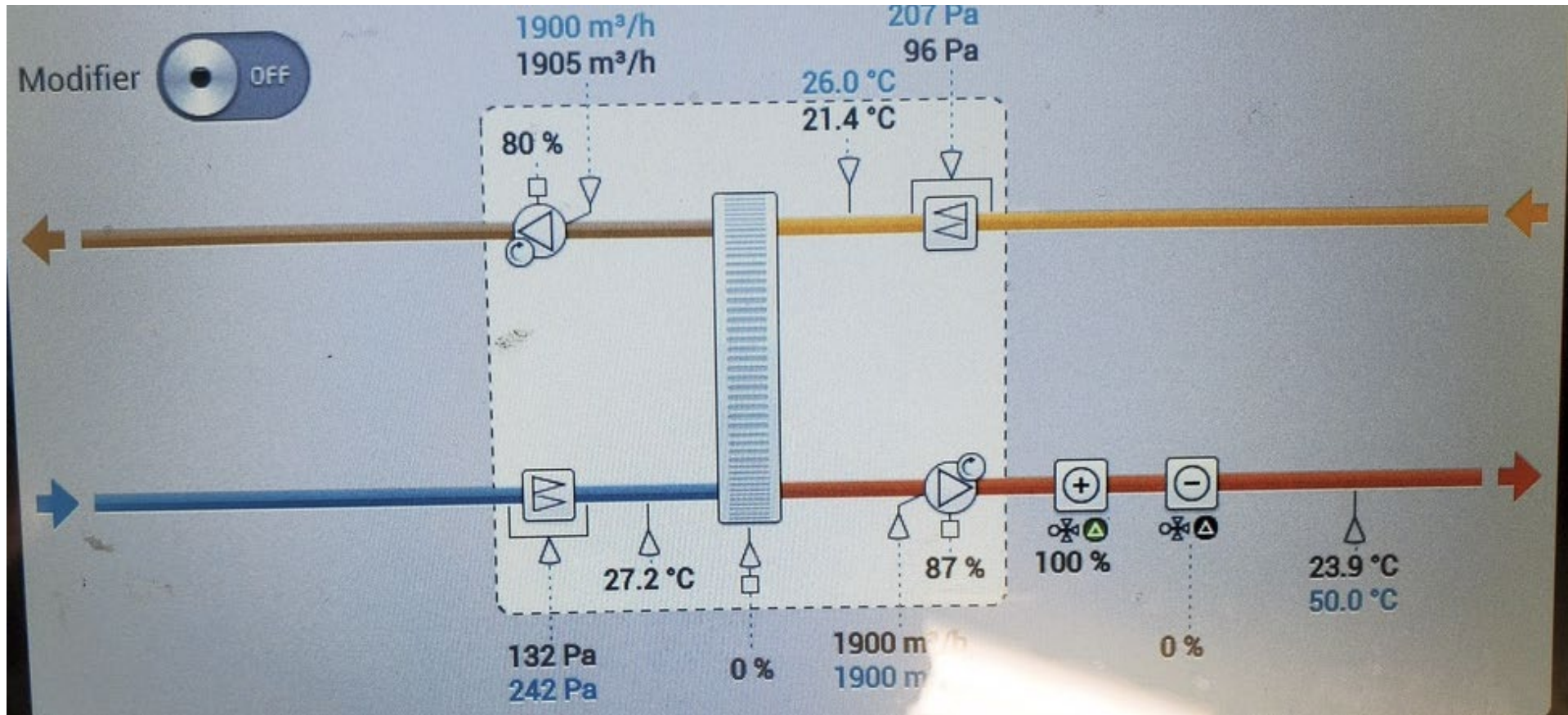
VIGILANCE en phase usages : exercices



VIGILANCE en phase usages : exercices



VIGILANCE en phase usages : exercices



VIGILANCE en phase usages : exercices



Que retenir ?

1 bioclimatique / 2 adiabatique

Efficacité indiscutable sur les **fortes chaleur (>30°C, avec hygro basse)**,

Efficacité des systèmes indirects très dépendante des **rendements CTA DF**

Consommations d'eau raisonnable si les consignes sont réservées aux **canicules**

Technologie très sensible nécessitant un suivi rapproché

L'automate doit être maîtrisé par l'exploitant, pour ne pas dépendre du fournisseur.

Les conditions météo sont globalement favorables même à 3km du littoral

Introduit de **l'eau en circuit ouvert** dans des locaux = nouveaux risques

L'augmentation hygrométrique des systèmes directs reste gérable.

envirobat**bdm**

Retours d'expérience
des projets BDM

MERCI à tous et place aux QUESTIONS

janvier 2024

REX BÂTIMENTS DURABLES MÉDITERRANÉENS

RAFRAÎCHISSEMENT ADIABATIQUE

Une technologie simple encore trop mal connue

https://www.enviroboite.net/IMG/pdf/rex_adiabatique_numerique.pdf