
POC sans
climatisation

Le confort d'été sans climatisation

*Les apprentissages de
l'expérimentation sur les Arches
citoyennes (APHP) et M57 - **SYNTHESE***

Maîtrise d'ouvrage

BNP Real Estate

SCCV Paris Victoria

-

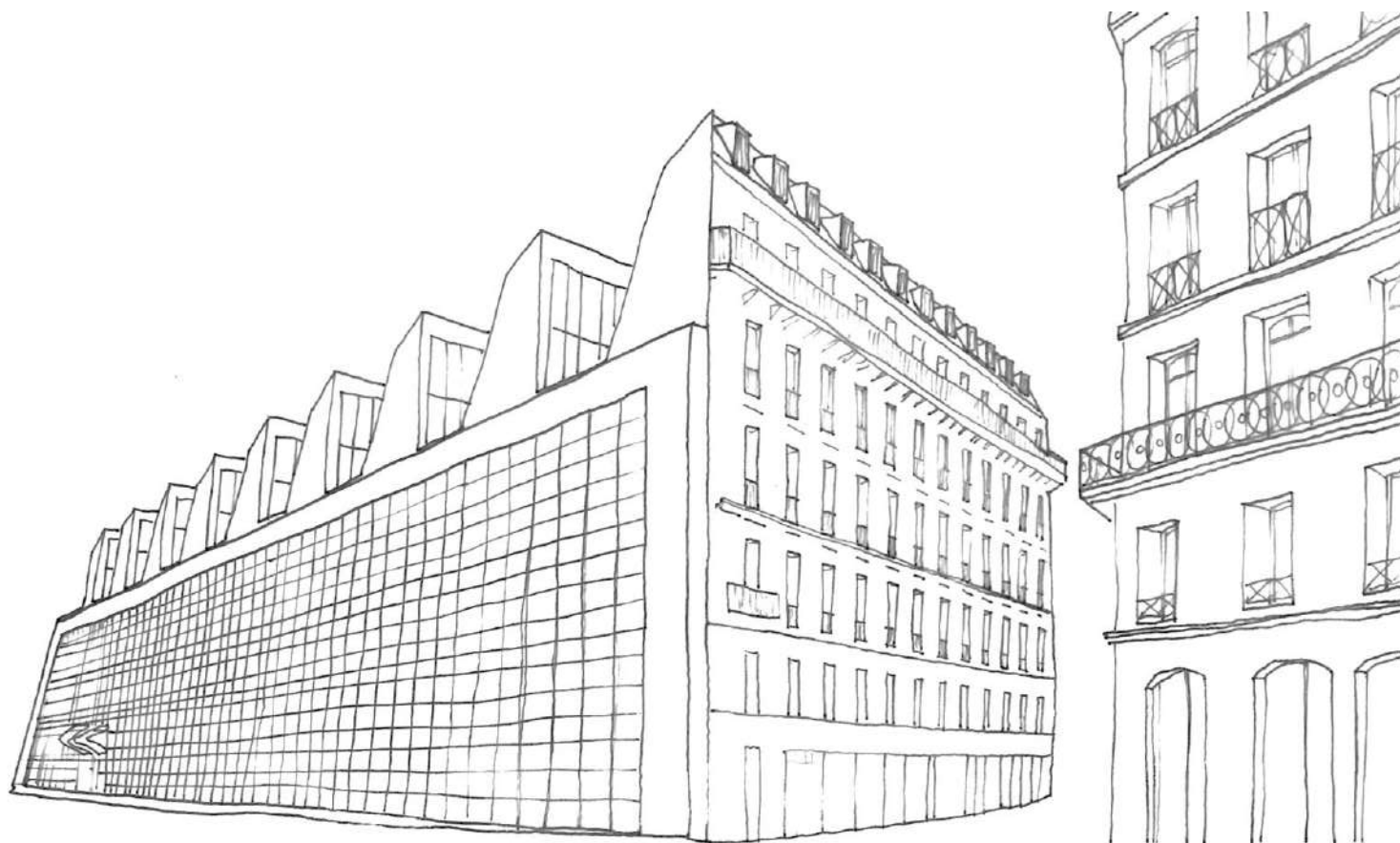
Date

Décembre 2023

-

Version

1



0 .

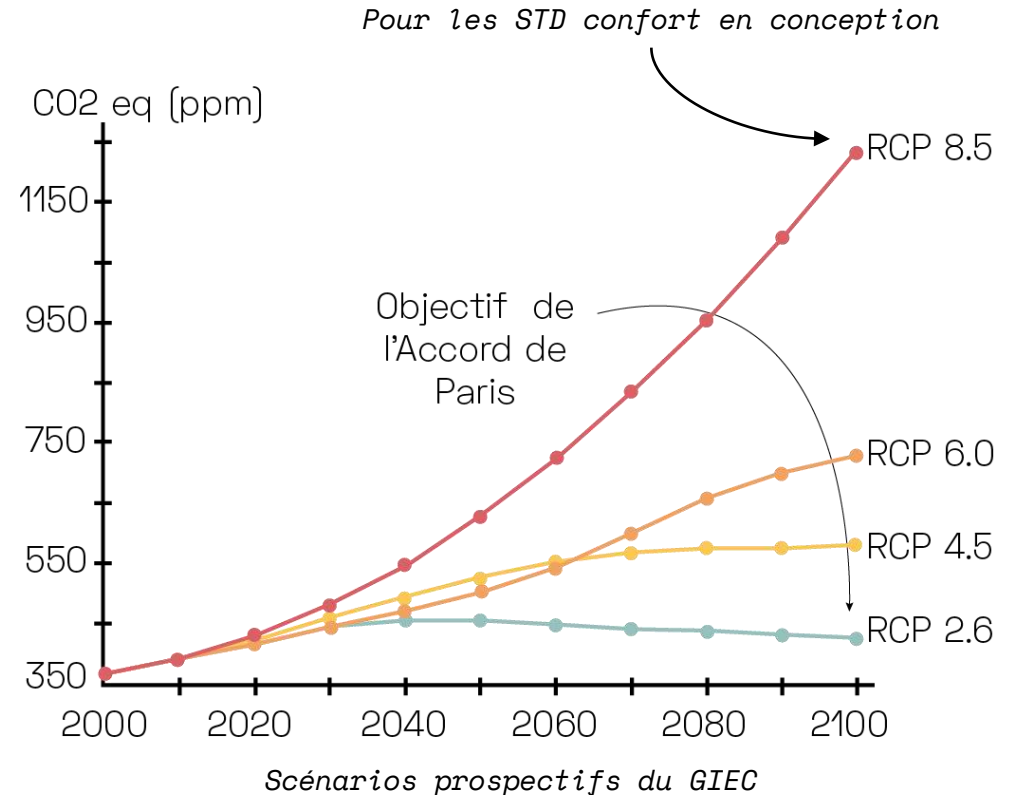
Le POC bureaux sans clim : pourquoi et comment ?



S'adapter au changement climatique

- *+4 à 5°C d'augmentation des températures estivales par rapport à l'ère préindustrielle.*
- *6 à 7 canicules par décennies.*
- *10 à 14 jours/an de jours très chauds, contre 1 tous les deux ans aujourd'hui.*

Paris face au changement climatique, Franck Lirzin, l'aube, 2022



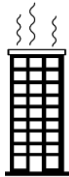
Interroger la climatisation systématique



Consommations énergétiques et impact carbone



Emissions carbone des fluides frigorigènes



Réchauffement du microclimat urbain



Impact sur le confort des usagers (froid)



Frein au passage des seuils du décret tertiaire

Brasseurs d'air et béton de chanvre

Des alternatives à la climatisation



+ Ce qui améliore le confort d'été :

Brasseur d'air
Accélère la vitesse de l'air

Isolation en béton de chanvre

Protections solaires

- Ce qui pénalise le confort d'été
(sources de chaleur) :

Eclairage artificiel

Apports solaires

Equipements de bureautique

? Ce qui fait varier le confort ressenti
par l'utilisateur :

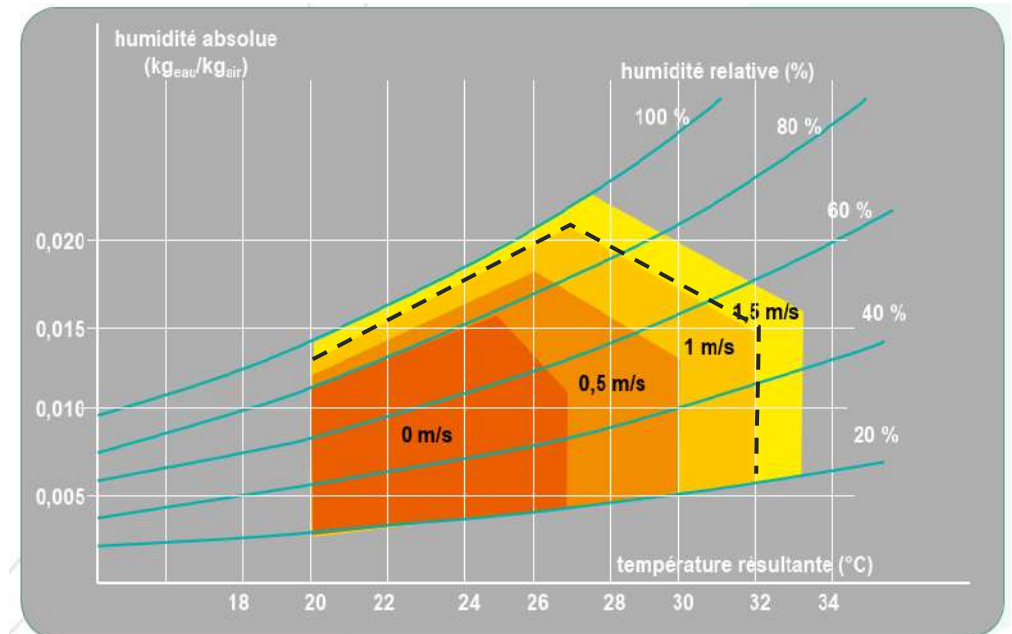
Niveau d'habillement ;
Métabolisme (statique, en effort...) ;
Nombre de personnes dans la pièce

Autres leviers de conception sobre
activables : CTA adiabatique,
surventilation nocturne, ...

Le confort thermique en incluant l'humidité et les vitesses d'air

Le confort intérieur ressenti est évalué selon le diagramme de Givoni qui croise plusieurs paramètres du confort ressenti :

- le taux d'humidité dans l'air ;
- la température de l'air ;
- la vitesse d'air ;
- les heures de présence dans chacune des salles.



3 bâtiments expérimentés



Victoria

- Situé à Paris 4
- Projet de rénovation de l'ancien siège APHP « Hospitalités citoyennes » - en cours de conception
- Bâtiment Haussmannien – avant 1948
- Menuiseries bois patrimoniales – double vitrage
 - Absence de ventilation mécanique
 - Stores extérieurs roulants
 - Ouverture des fenêtres possible



Saint-Martin

- Situé à Paris 4
- Projet de rénovation de l'ancien siège APHP « Hospitalités citoyennes » - en cours de conception
- Bâtiment Haussmannien – avant 1948
- Menuiseries bois patrimoniales – double vitrage
 - Absence de ventilation mécanique
 - Stores extérieurs roulants
 - Ouverture des fenêtres possible

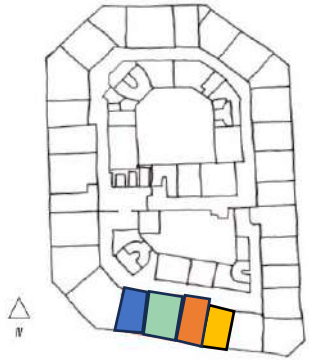


Métal 57 (M57)

- Situé à Boulogne-Billancourt
- Siège de BNP Paribas Real Estate
- Ancien bâtiment industriel - 1984
- Rénovation lourde livrée en 2022
 - Vitrage thermochrome
- Ventilé mécaniquement par CTA double flux
 - Air pré-chauffé / pré-refroidit
- Climatisé par panneaux rayonnants
- Ventilation naturelle impossible sur les salles étudiées

Deux usages testés sans climatisation

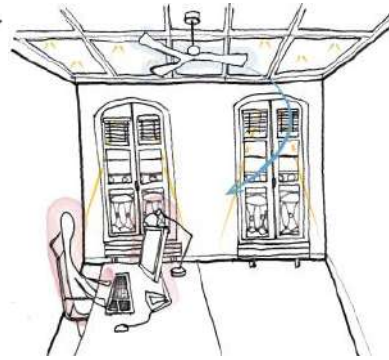
En bureaux et en salle de réunion



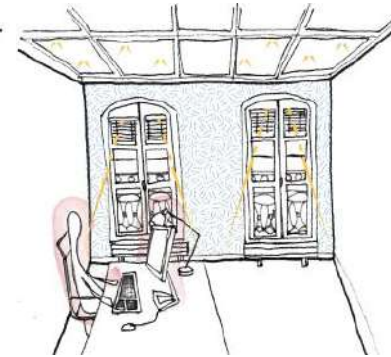
Salles test sur Saint-Martin : bureaux en occupation permanente
5^{ème} étage, Sud



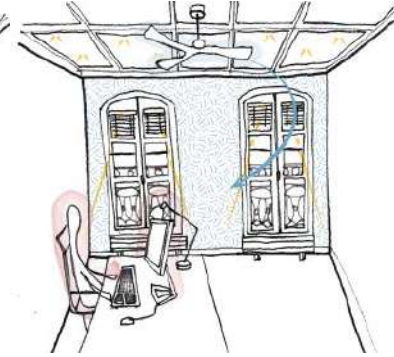
Local 546 : Témoin



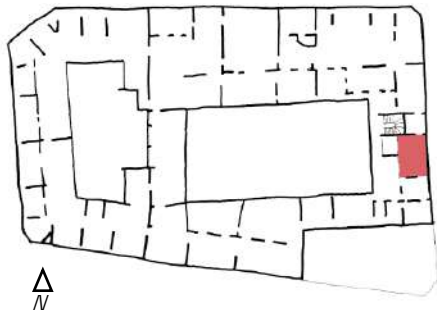
Local 539 : BR



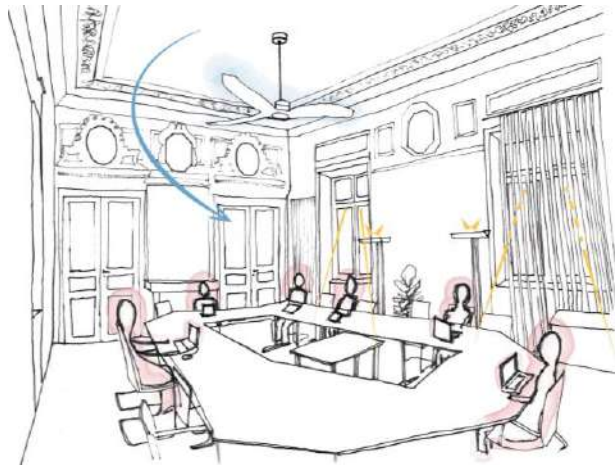
Local 544 : BC



Local 542 : BR + BC



Salle test sur Victoria :
salle de réunion en occupation ponctuelle
2^{ème} étage, Est



Salle 279 : Salle de réunion avec
5 brasseurs d'air


Effets de l'environnement :


 Apports internes

 Eclairage artificiel

 Ensoleillement direct

Dispositifs d'étude supplémentaires :

 Effet des brasseurs d'air

 16cm de béton de chanvre

Les quatre salles sur Saint-Martin ne sont pas identiques

546 : Témoin



539 : BR



544 : BC

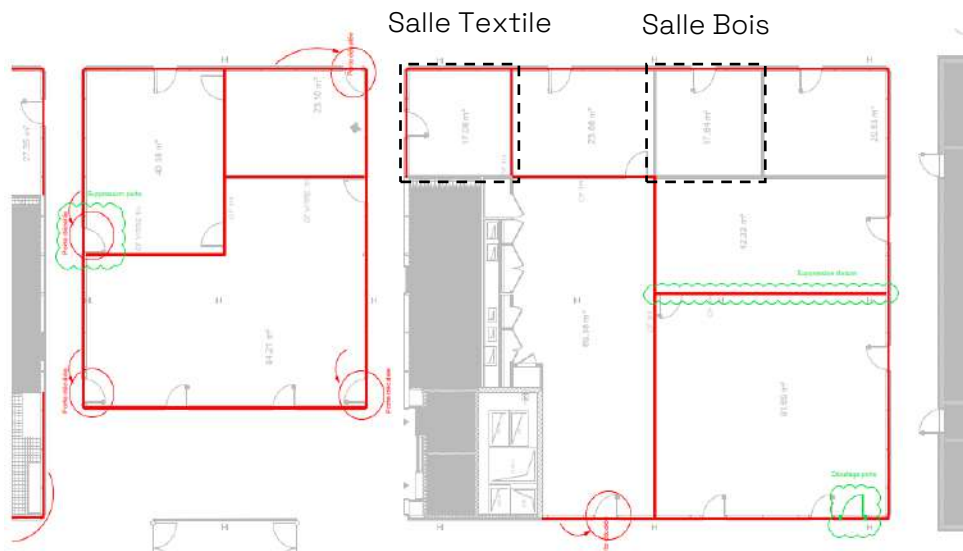


542 : BR + BC

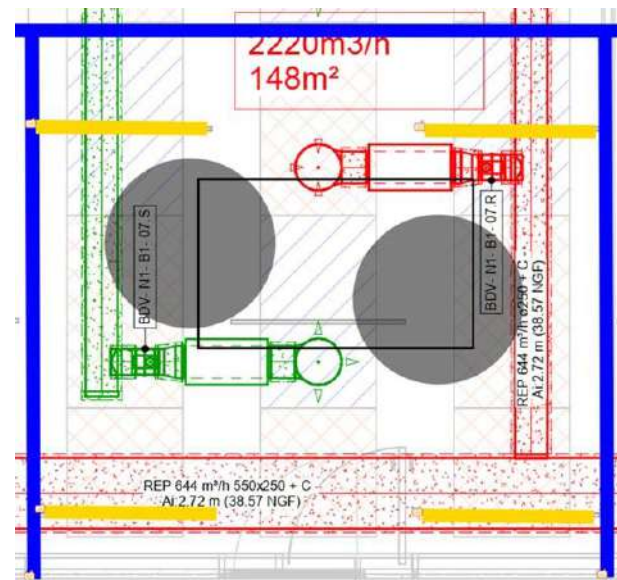


	Témoin	Brasseur d'air	Béton de chanvre	Brasseur d'air et béton de chanvre
	546	539	544	542
Surface de la pièce (m ²)	12,41	15,50	14,44	21,25
Surface de vitrage (m ²)	2,16	2,34	2,34	4,68
Surface de parois déperditives (m ²)	7,25	8,30	7,28	10,81
Taux de vitrage (%)	30%	28%	32%	43%

Une expérimentation sur des salles en second jour M57



Les salles de l'expérimentation



2 brasseurs d'air Samarat dans la salle Bois

*Les salles sont en second jour : pas de fenêtres ouvrables sur l'extérieur, de protections solaires manipulables, ni d'effet des matériaux de construction. Le **seul levier** des usagers est **l'utilisation des brasseurs d'air**.*

*Les **panneaux rayonnants** sont restés **actifs**, maintenant une consigne de **23,5°C sur occupation**.*

Mise en œuvre de l'expérimentation

Préparation

Expérimentation

Analyse

Juin

Juillet

Août

Septembre

Octobre

Novembre

Décembre

Calage méthodologique :
Création des affiches et des
enquêtes satisfaction

Achat du matériel

Petits travaux :

- M57 : brasseurs d'air
- Victoria : brasseurs d'air
- Saint-Martin : brasseurs d'air
et béton de chanvre

Installation et lancement des
mesures

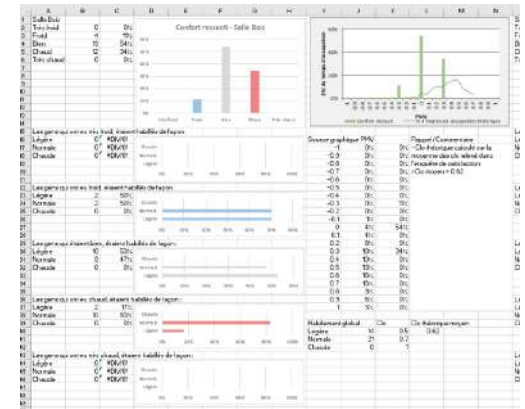
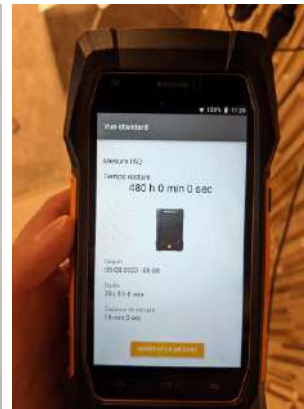
Accompagnement

- Ajustement des
installations
- Relevé des mesures et
lancement de nouvelles,
toutes les 3 semaines
- Récupération des
enquêtes
- Création des outils
d'analyse

Fin de travaux

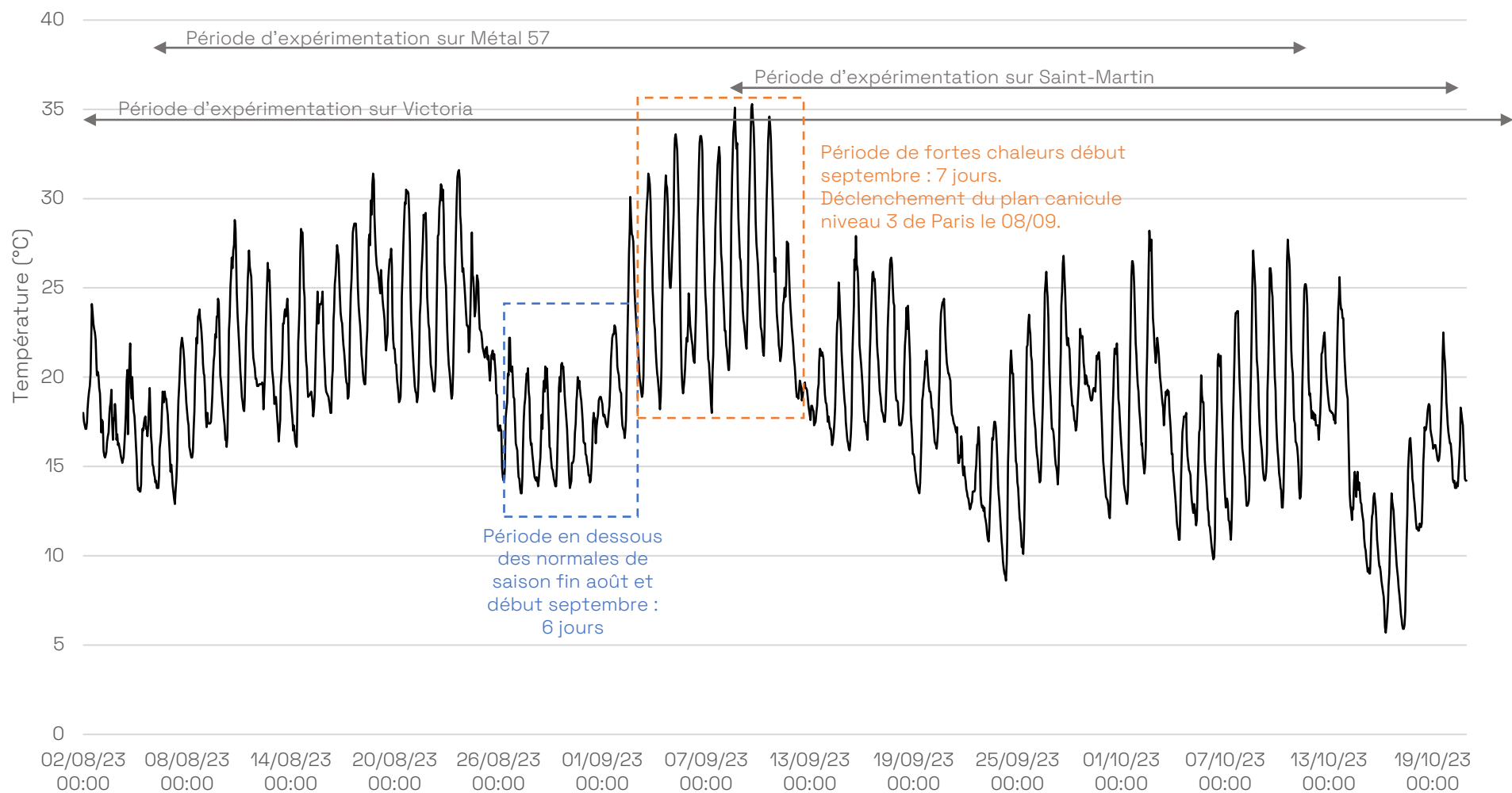
Saint-Martin : enduit sur
béton de chanvre sec

- Digitalisation des enquêtes
- Post-traitement et
agrégation des données de
mesure
- Mise en forme et
interprétation des résultats
- Comparaison des résultats
théoriques avec les
ressentis réels



Il a fait chaud en fin d'été durant l'expérimentation

Température extérieure sur la période d'expérimentation – station Paris Montsouris

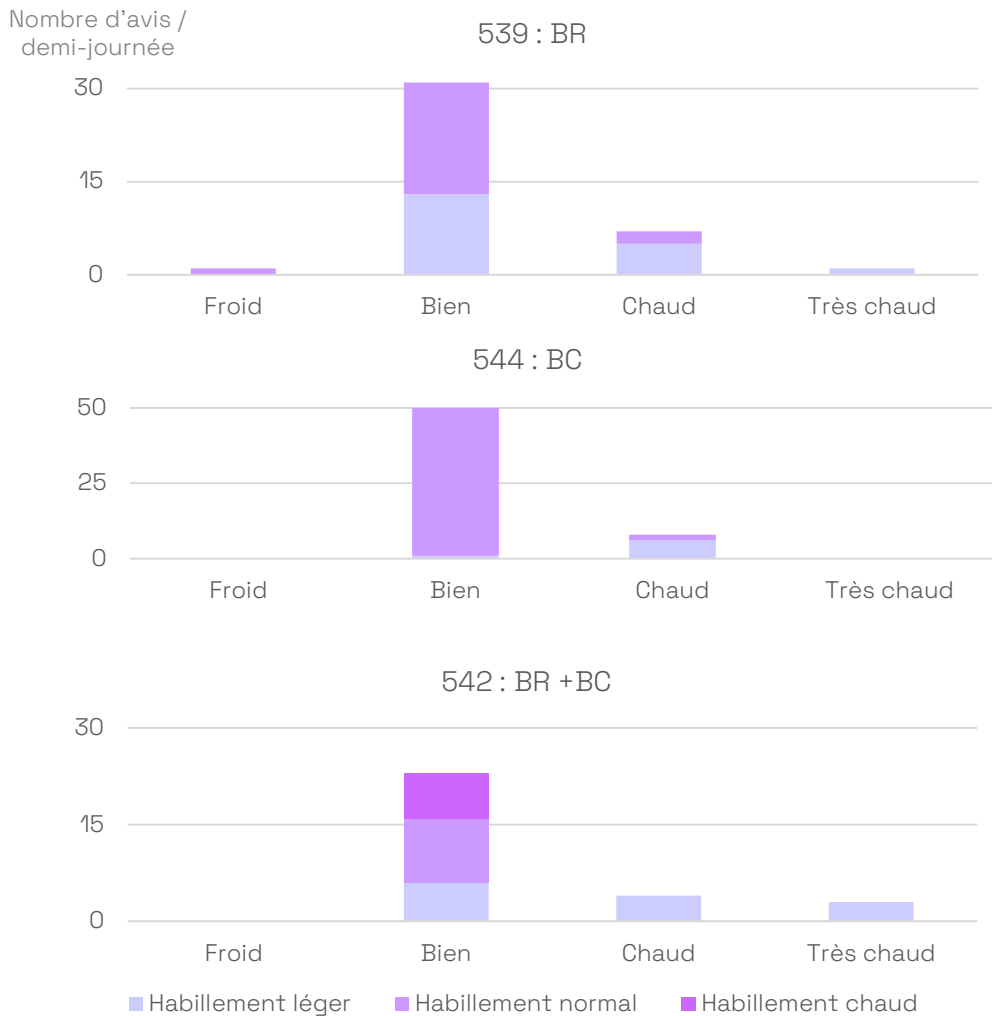


1 ●

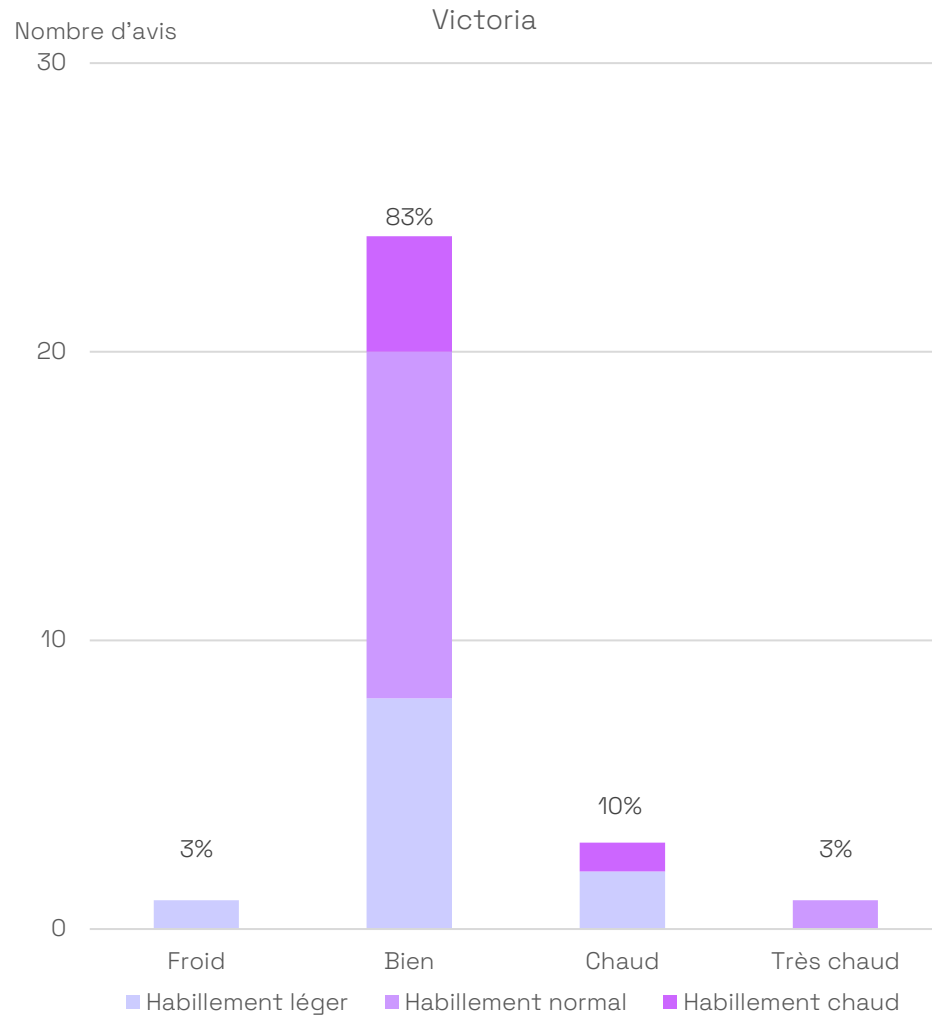
Les usagers sont actifs dans leur gestion du confort, mais ne le font pas assez...



Les usagers étaient très majoritairement confortables et adaptaient leur habillement



Saint-Martin



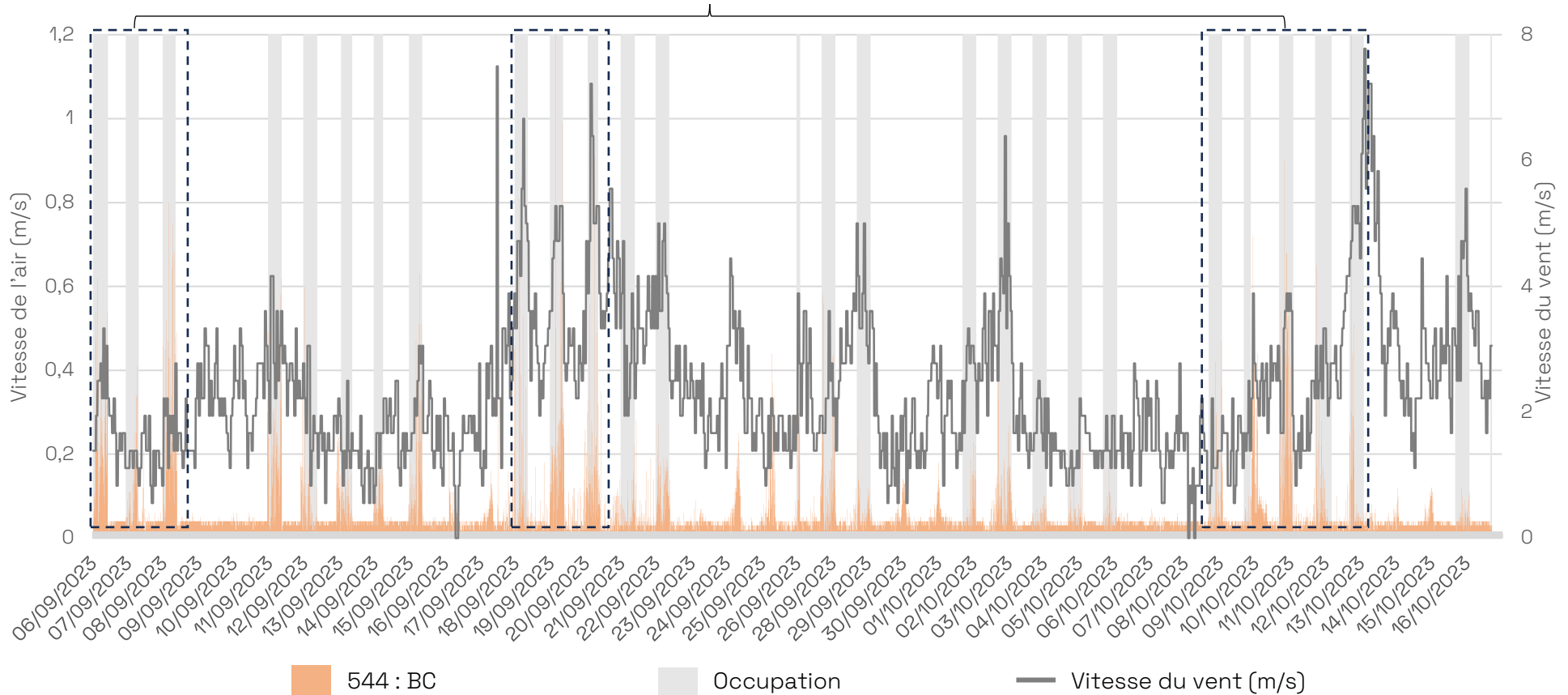
Victoria

Les usagers ouvraient les fenêtres sur Saint-Martin

Des vitesses jusqu'à 1,2m/s mais parfois trop de vent ou des températures extérieures trop élevées

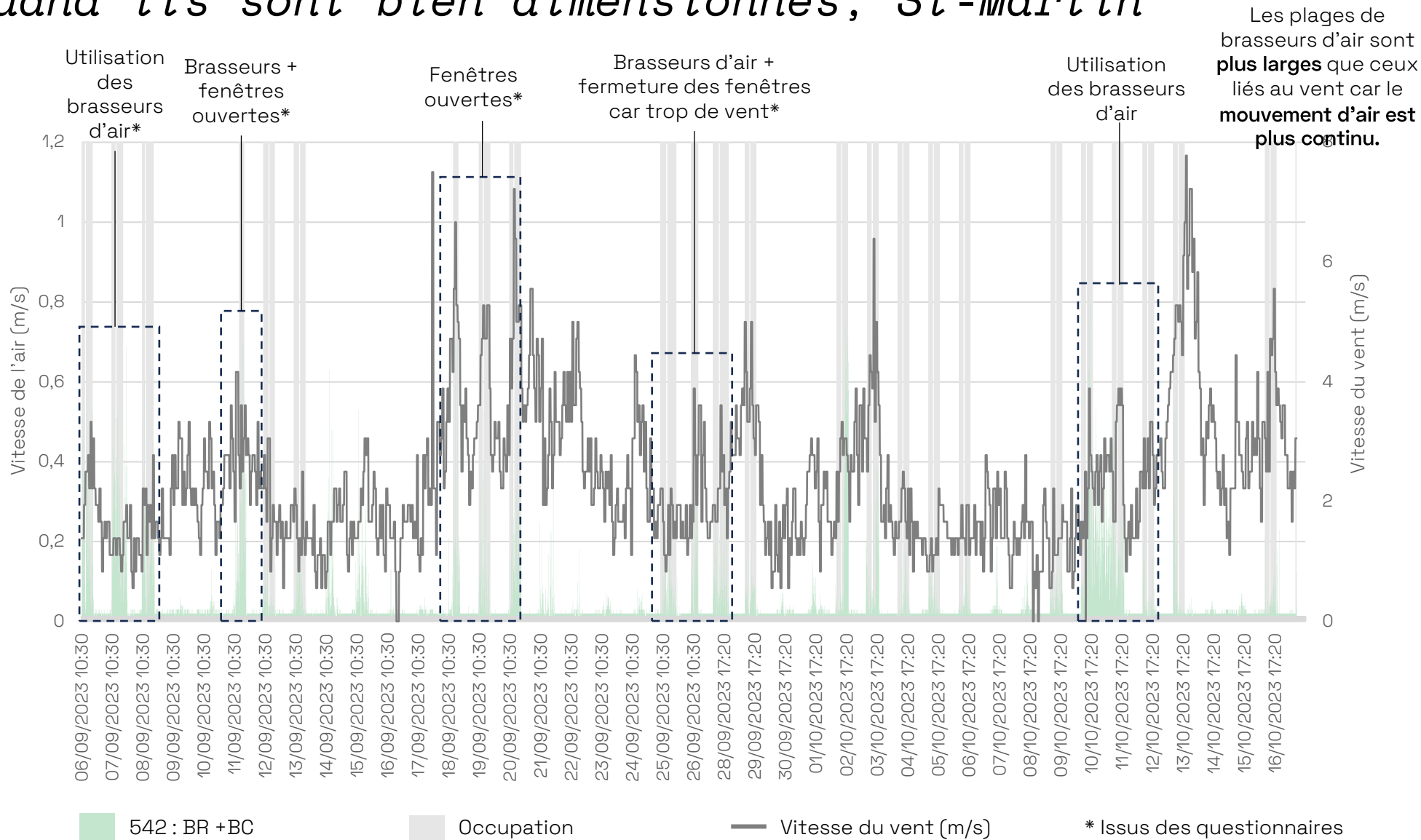
La vitesse d'air enregistrée à Montsouris est sans doute **différente** de celle ressentie au 5^{ème} étage de Saint-Martin, face à la **Seine**. Elle donne néanmoins une **tendance** qui correspond aux vitesses d'air enregistrées dans les salles fenêtres ouvertes.

Ouverture des fenêtres et courant d'air avec la salle 542 équipée d'un brasseur d'air



Les brasseurs d'air sont efficaces et utilisés

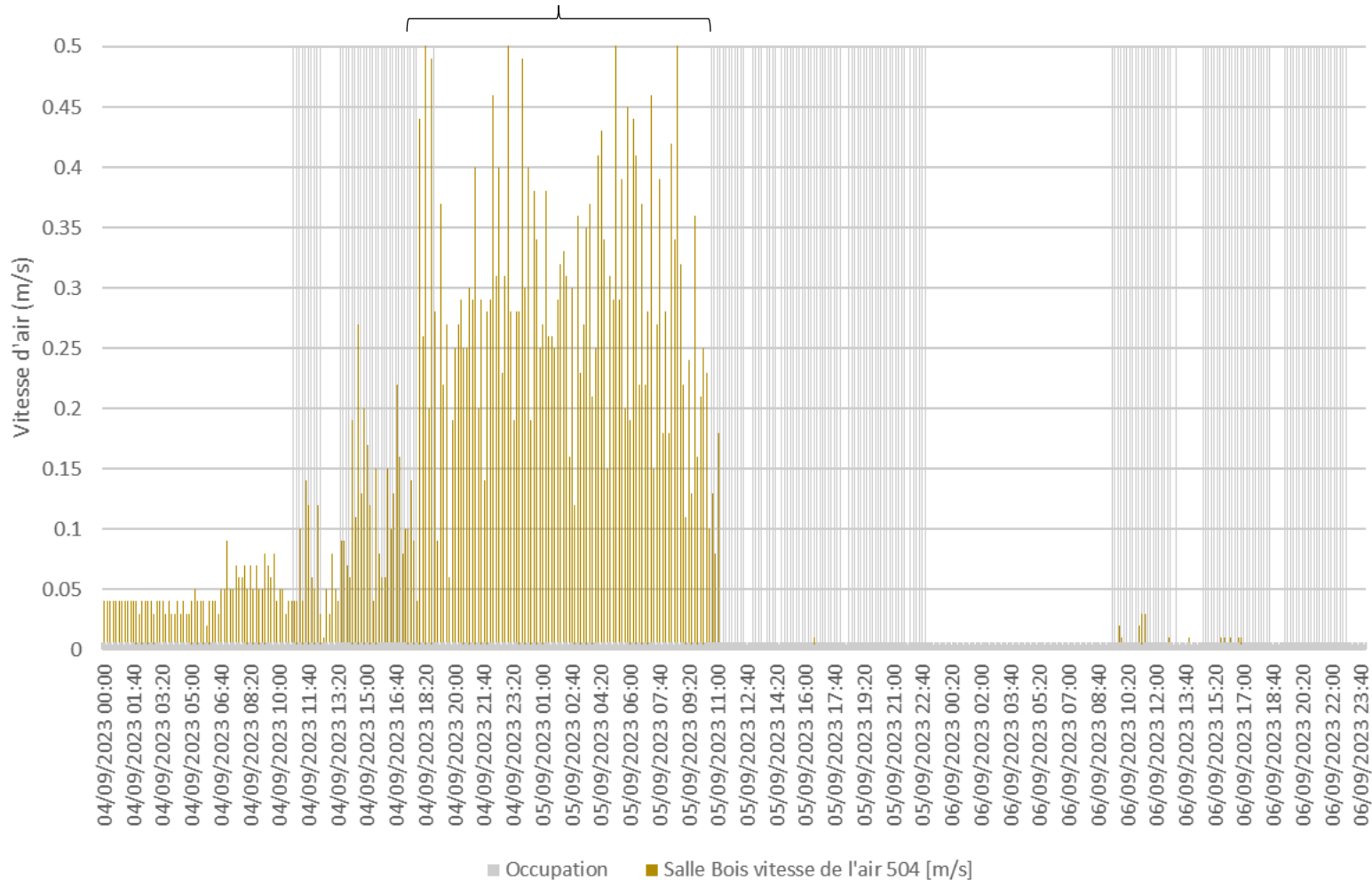
Quand ils sont bien dimensionnés, St-Martin



Maîtriser l'utilisation des brasseurs d'air, M57

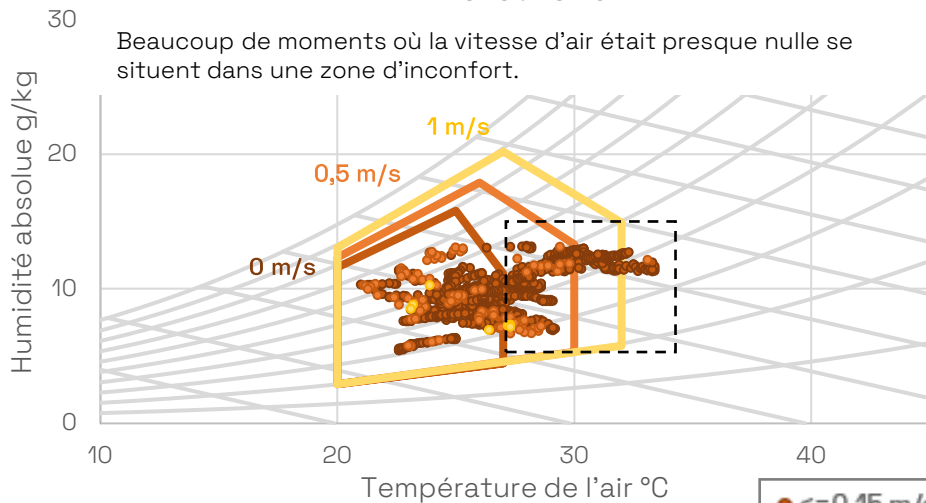
Connexion à la GTB et/ou sensibiliser les usagers

Un oubli côté utilisateurs d'éteindre les brasseurs d'air. Cela questionne la mise en place d'une gestion des brasseurs d'air par la GTB et/ou une sensibilisation des usagers à leur utilisation et à la relation entre automatisée, manuelle et appropriable.

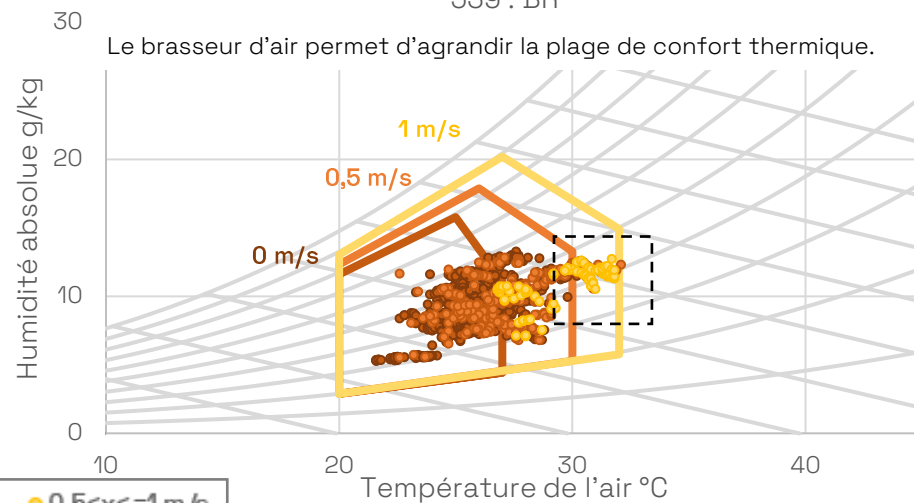


Les usagers utilisent les brasseurs d'air pour agrandir leur plage de confort

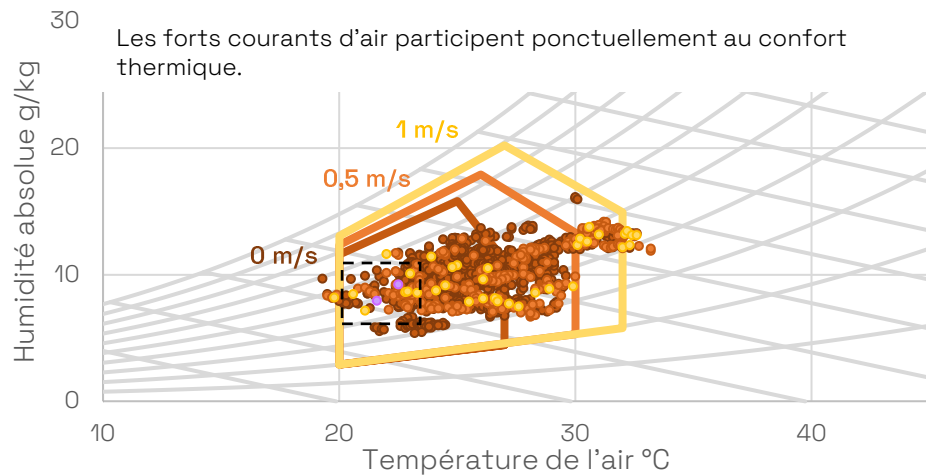
546 : Témoin



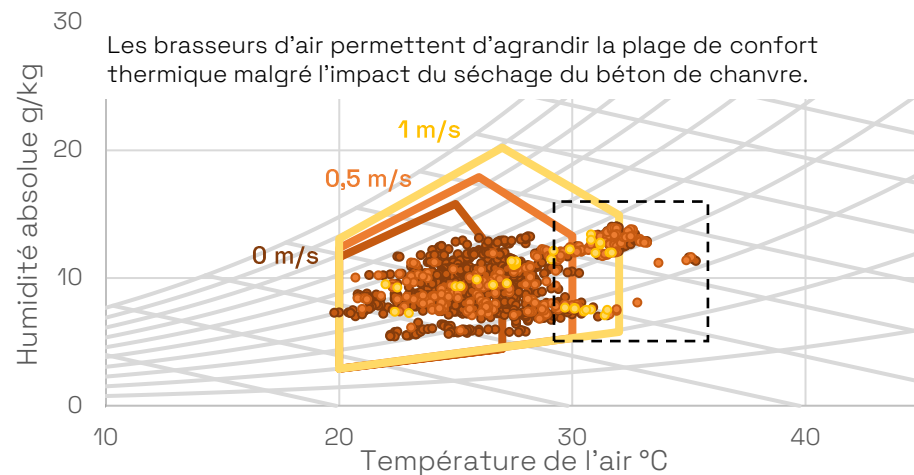
539 : BR



544 : BC

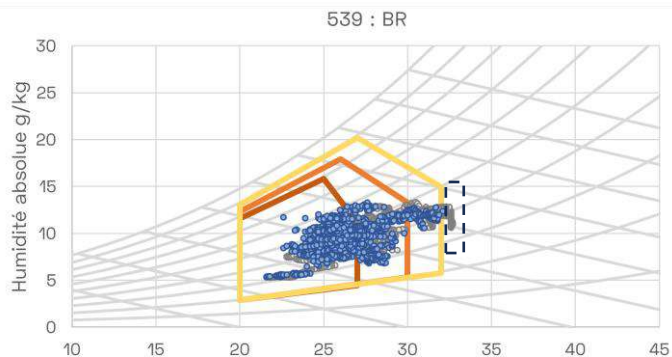


542 : BR + BC



Une plage de confort maîtrisée grâce à l'ouverture des fenêtres sur Saint-Martin

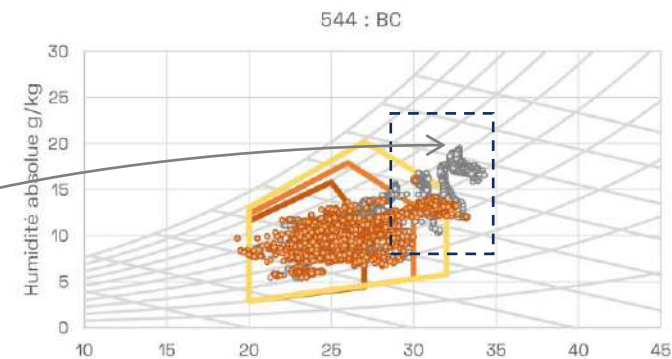
Les temps d'inconfort (au-delà de 1m/s) sont des moments où les usagers ne sont pas là.



539 : BR

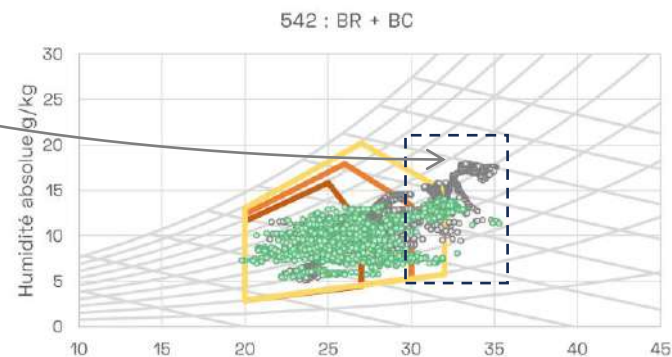
Les heures d'occupation sont plus confortables que les heures inoccupées. Les usagers sont actifs pour maintenir leur confort (ouverture des fenêtres + brasseurs).

La majorité des temps d'inconfort sont à des moments où les usagers ne sont pas là.



544 : BC

Les heures d'occupation sont plus confortables que les heures inoccupées. Les usagers sont actifs pour maintenir leur confort (ouverture des fenêtres, notamment en début de matinée).



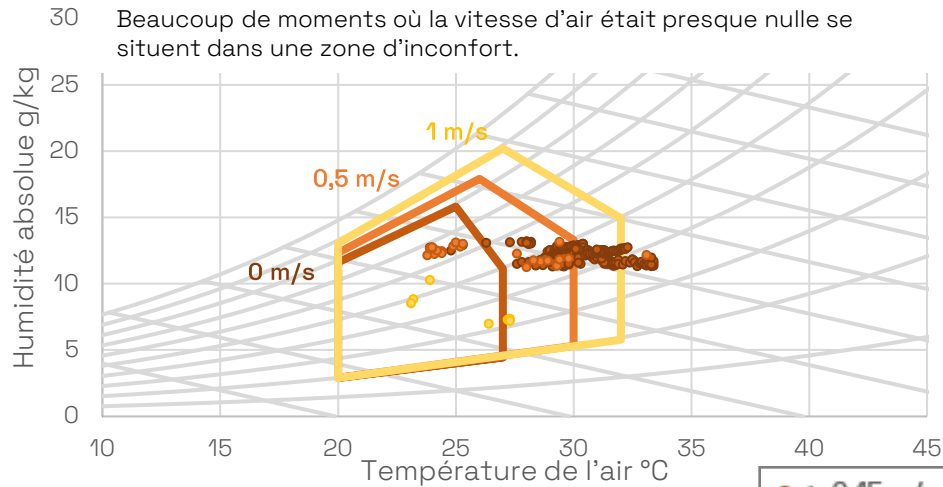
542 : BR + BC

Les heures d'occupation sont plus confortables que les heures inoccupées. Les usagers sont actifs pour maintenir leur confort (ouverture des fenêtres, notamment le matin + brasseurs).

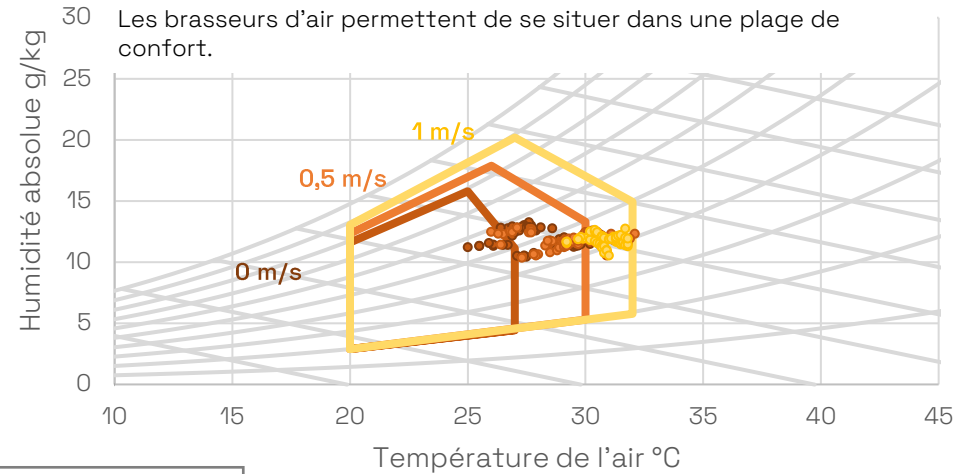
● Inoccupation

Givoni en période de forte chaleur du 06/09 au 13/09

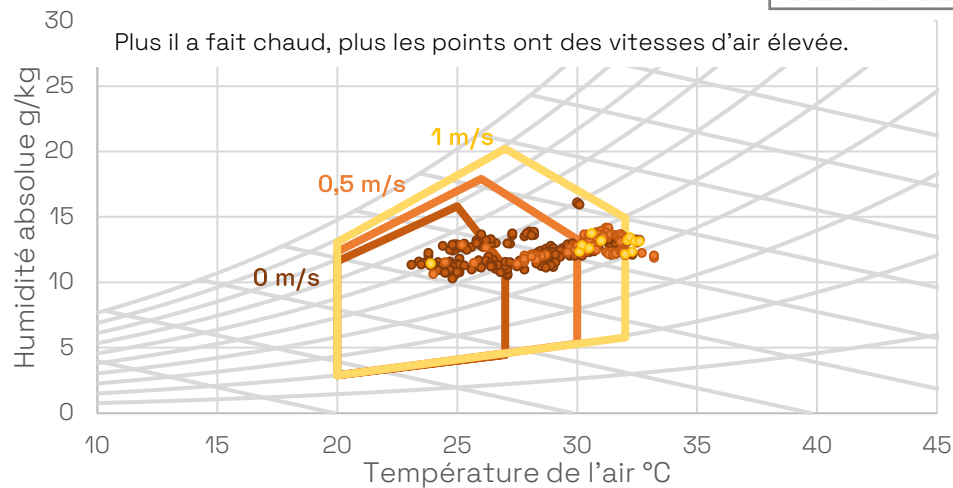
546 : Témoin



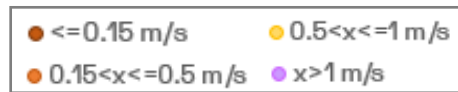
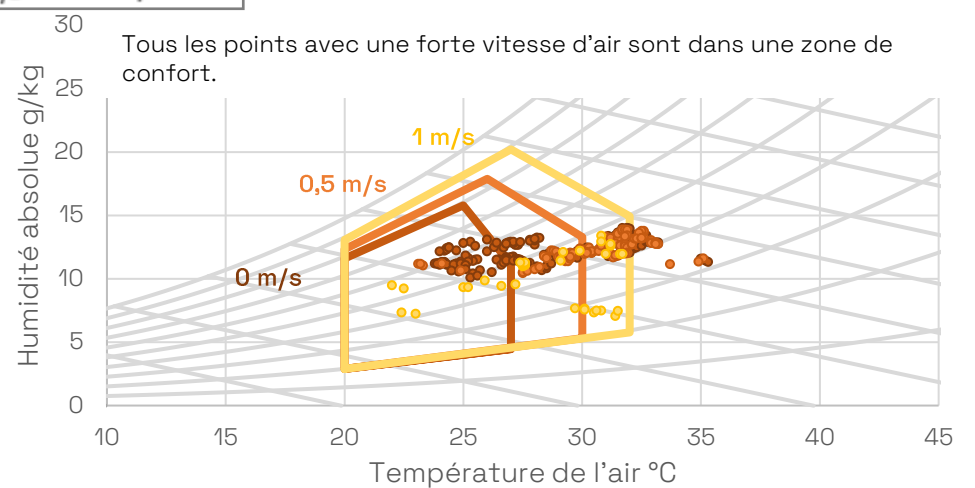
539 : BR



544 : BC



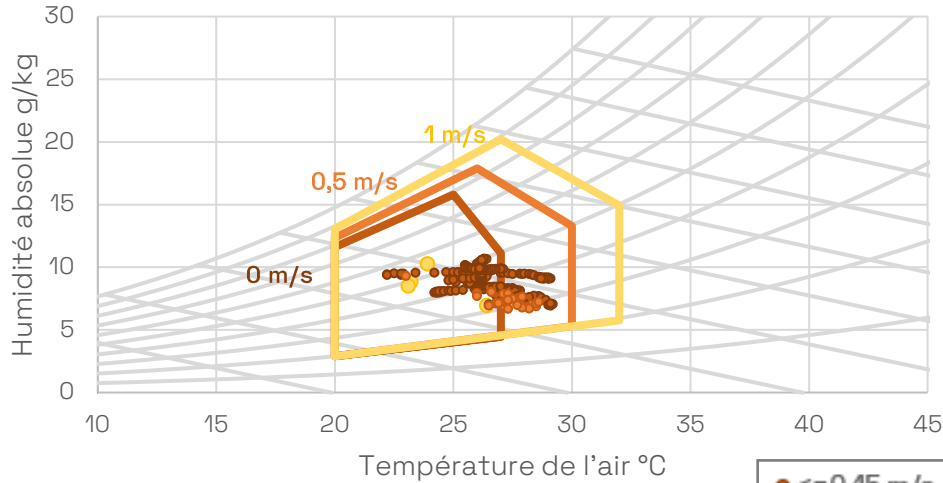
542 : BR + BC



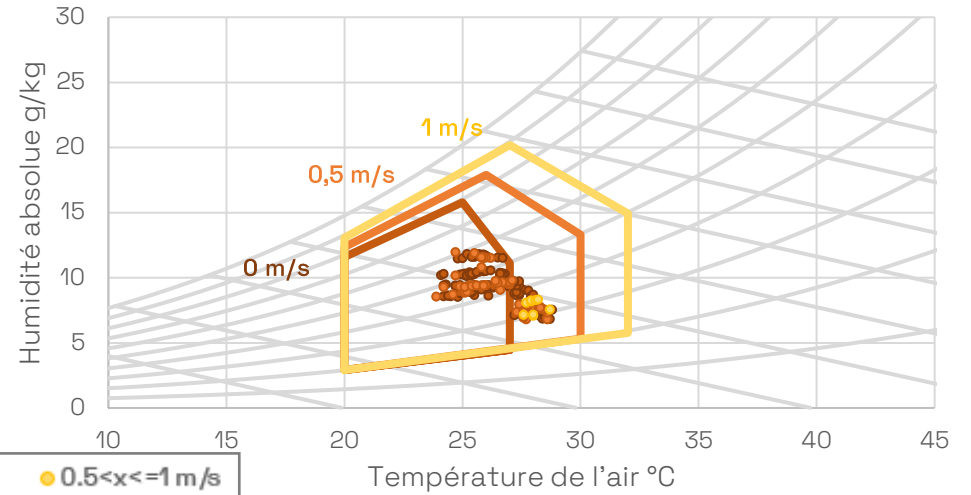
Givoni en période de fortes chaleurs du 06/10 au 13/10

Les usagers ont moins utilisé les brasseurs d'air.
Malgré le pic de chaleur, les usagers sont confortables.

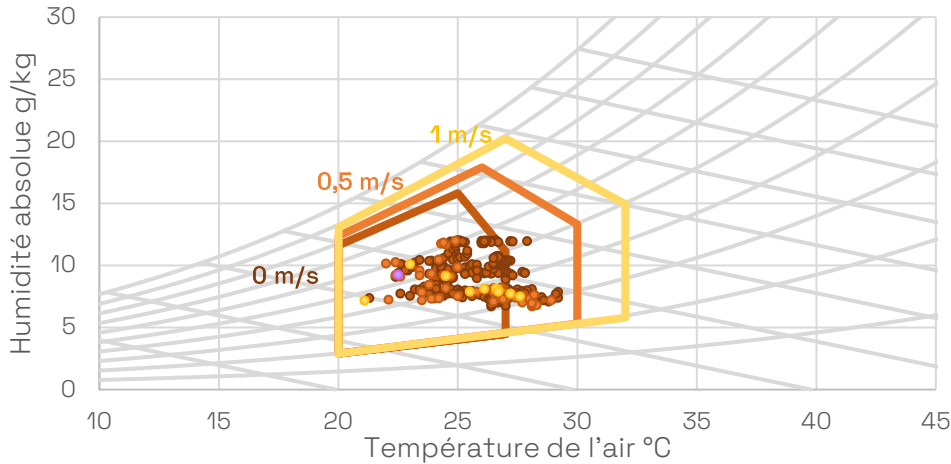
546 : Témoin



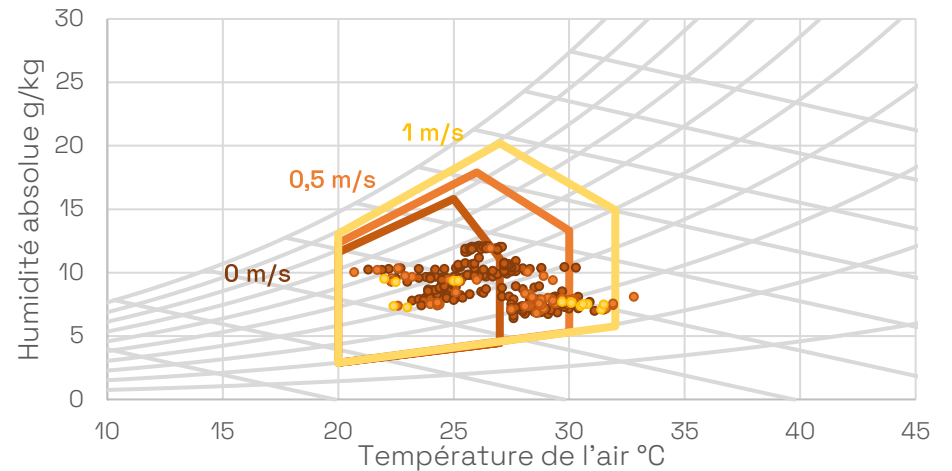
539 : BR



544 : BC



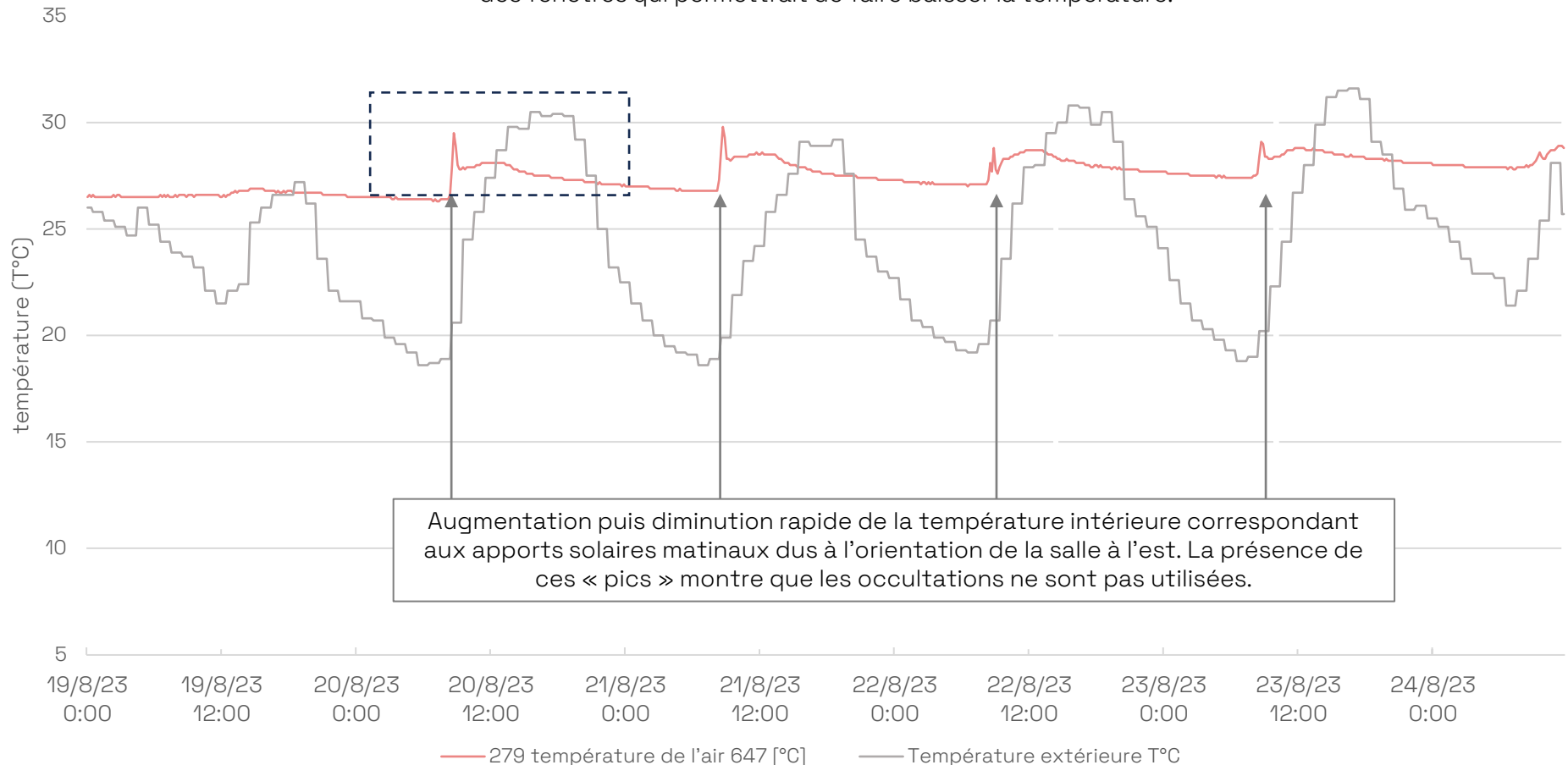
542 : BR + BC



Une surchauffe constatée sur Victoria

Pas d'ouverture des fenêtres ni d'utilisation des stores

Température intérieure stable sur une journée démontrant la forte inertie du bâtiment en pierre et une absence d'ouverture des fenêtres qui permettrait de faire baisser la température.



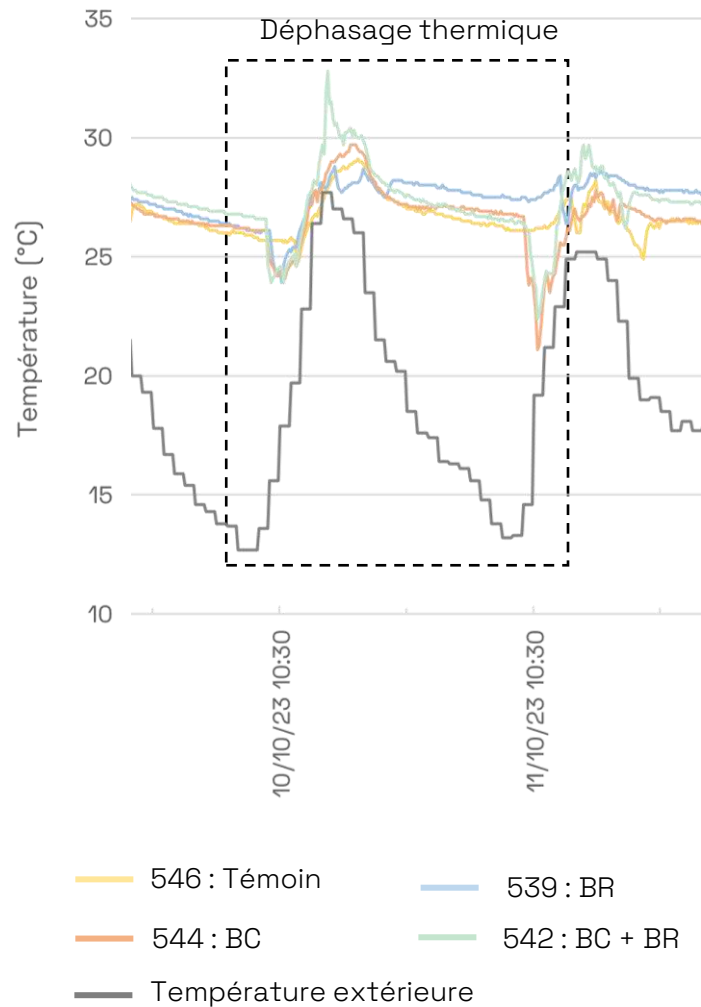
2 ●

L'enveloppe haussmannienne : un atout pour le sans clim à compléter

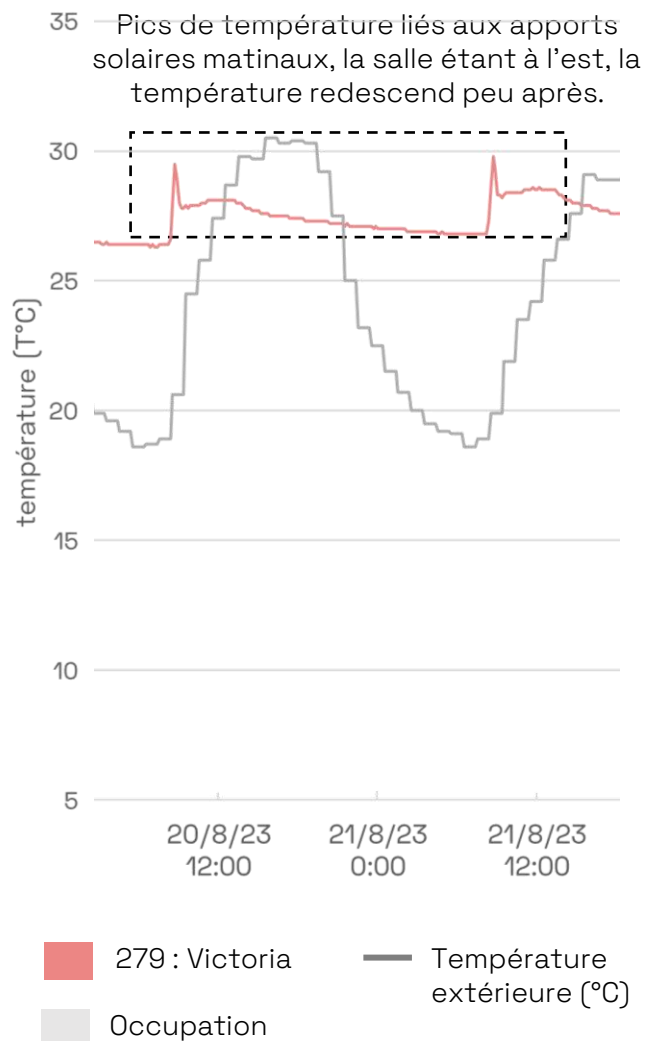


Les avantages de l'inertie de l'Hausmannien

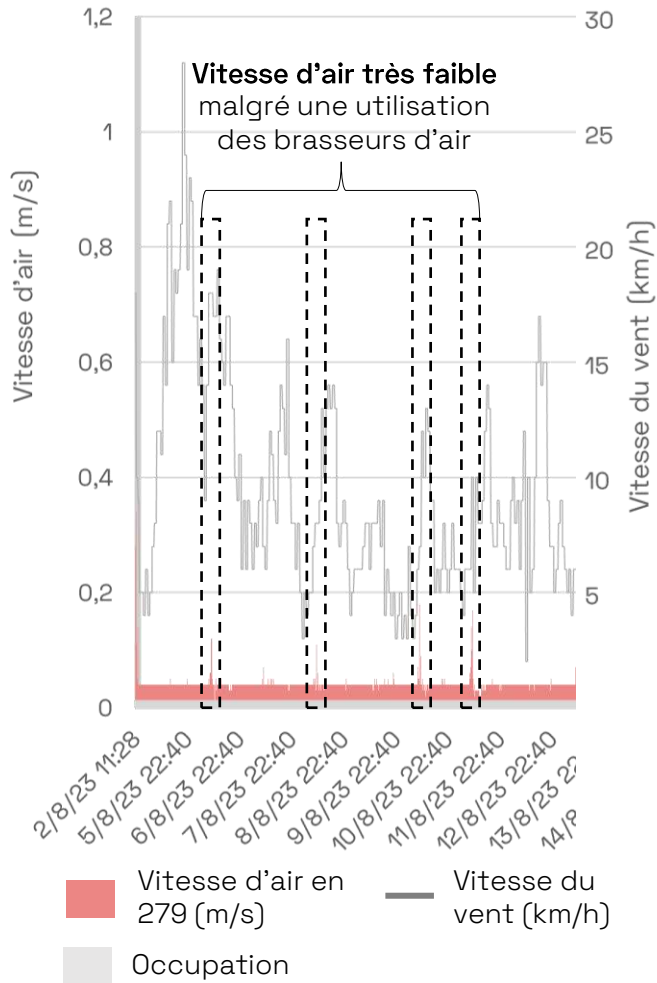
Des façades qui permettent un déphasage thermique



L'importance des stores extérieurs pour baisser la température intérieure

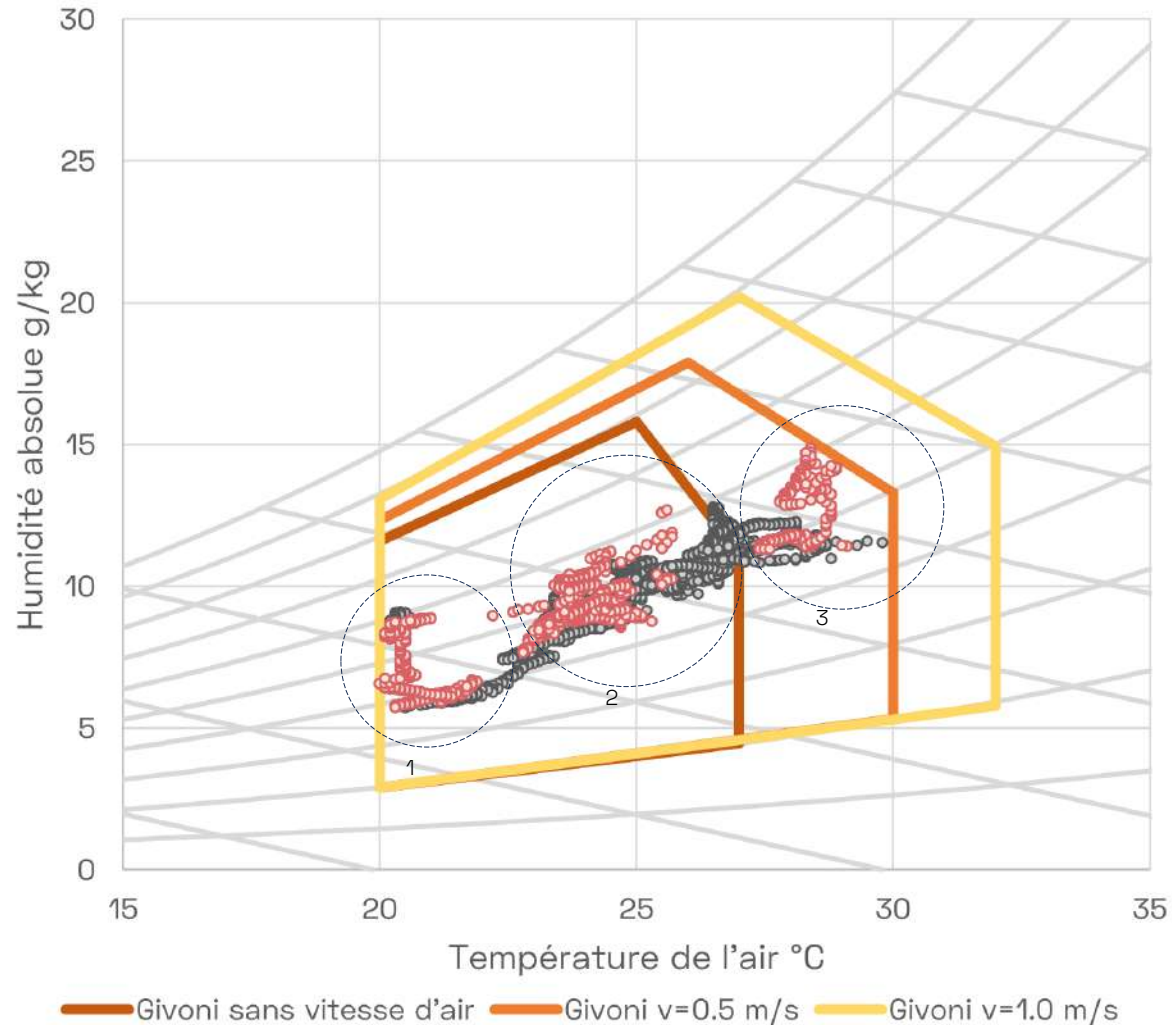


Adapter le dimensionnement des brasseurs d'air à l'existant



Une trop grande hauteur sous plafond pour que les brasseurs d'air puissent être efficaces.

La faible vitesse d'air impacte le confort des usagers sur Victoria



La quasi-totalité du temps de l'expérimentation, la vitesse d'air est **inférieure à 0,2m/s**. Ainsi les mesures se situant dans la zone à 0,5 m/s ne peuvent pas être considérées comme confortables malgré l'utilisation des brasseurs d'air.

- 1: Du 15/10 au 19/10
- 2: Du 04/10 au 14/10
- 3: Du 19/08 au 24/08

3 ●

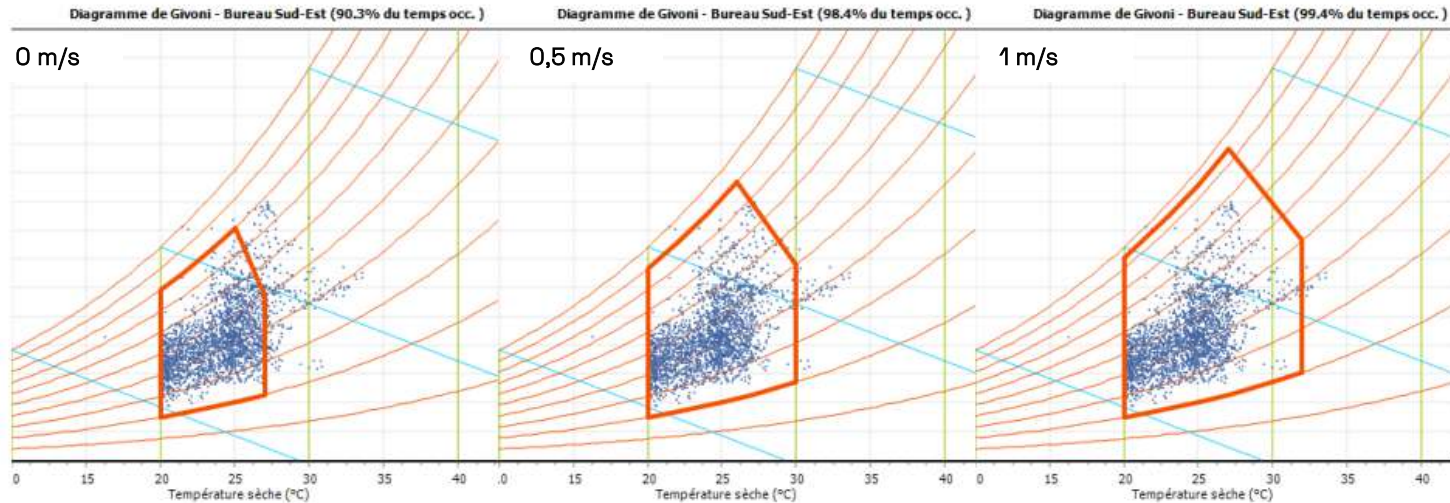
L'expérimentation : un outil à la conception du projet pérenne



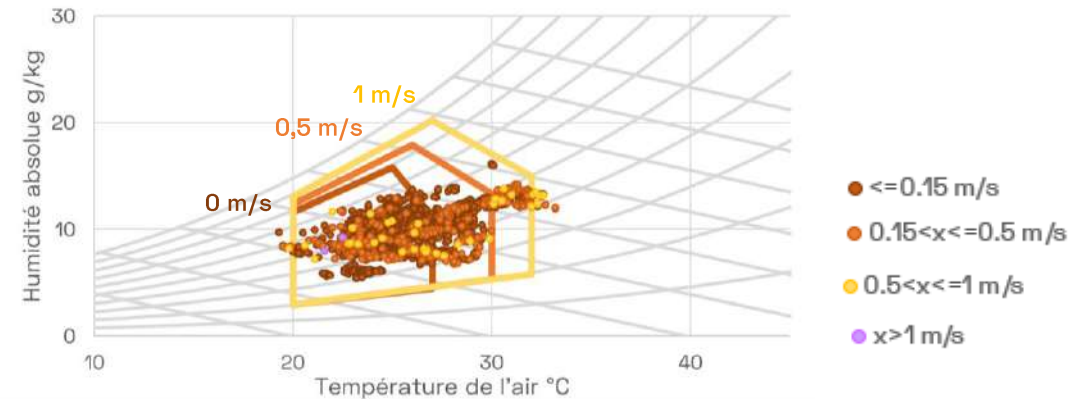
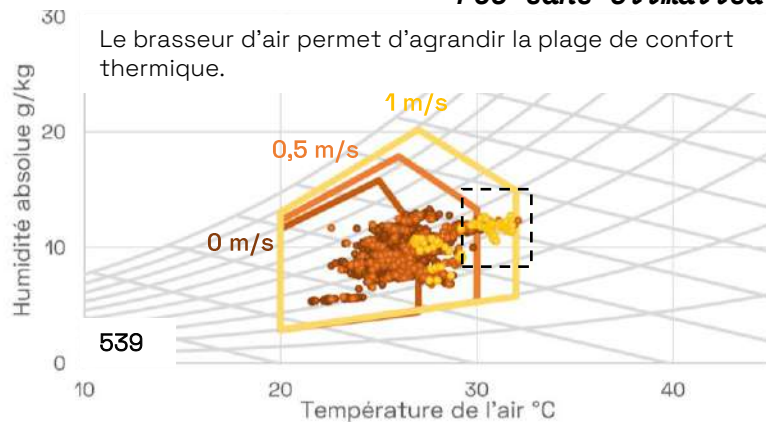
Des études de conception (STD confort) cohérentes avec les résultats expérimentaux

Poursuivre les investigations

STD en APS - Bureaux sur Saint-Martin

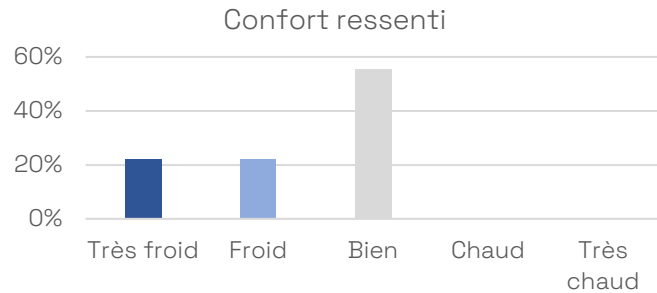


POC sans climatisation - Bureaux sur Saint-Martin



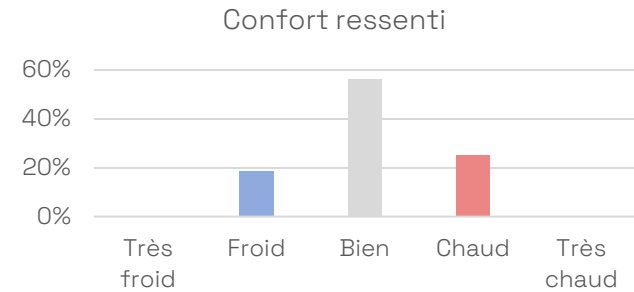
Les ressentis cohérents avec le modèle PMV PPD M57

Salle Textile : Témoin

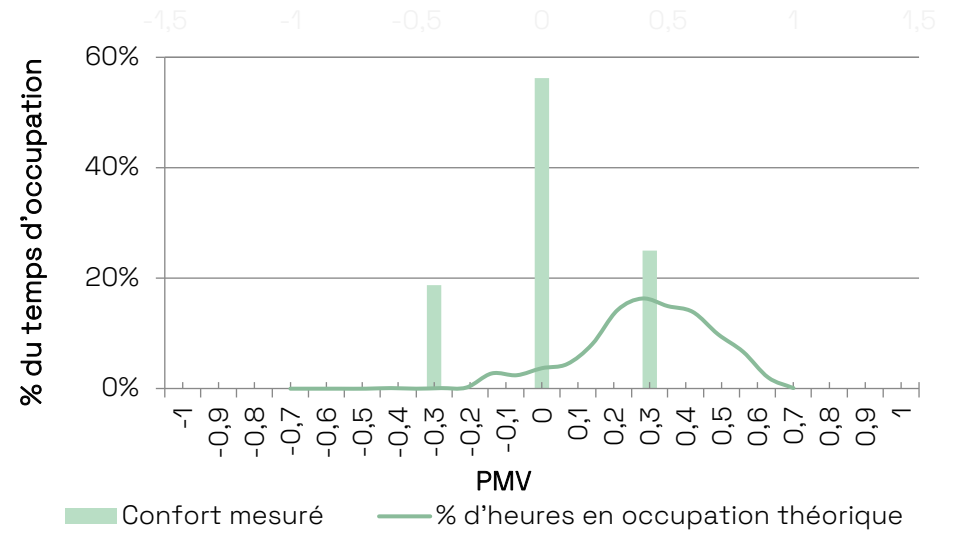
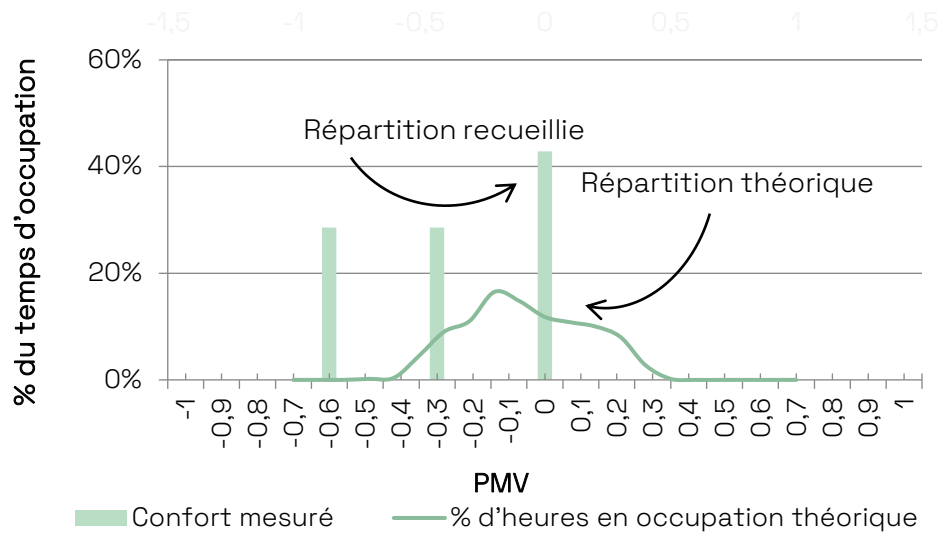


Les usagers ont plutôt froid.

Salle Bois : Brasseurs

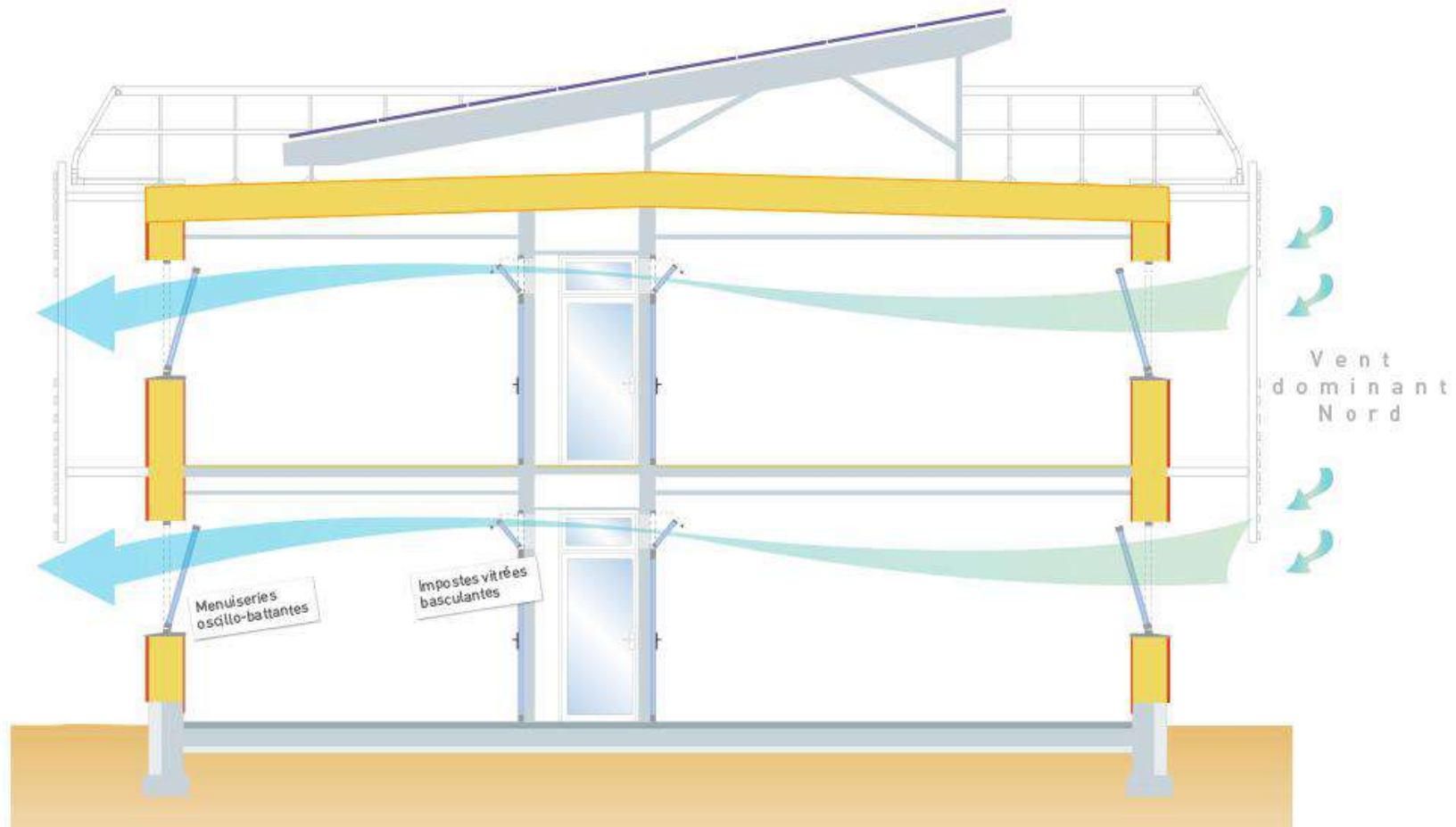


Les usagers ont plutôt chaud.



L'atout de la surventilation nocturne

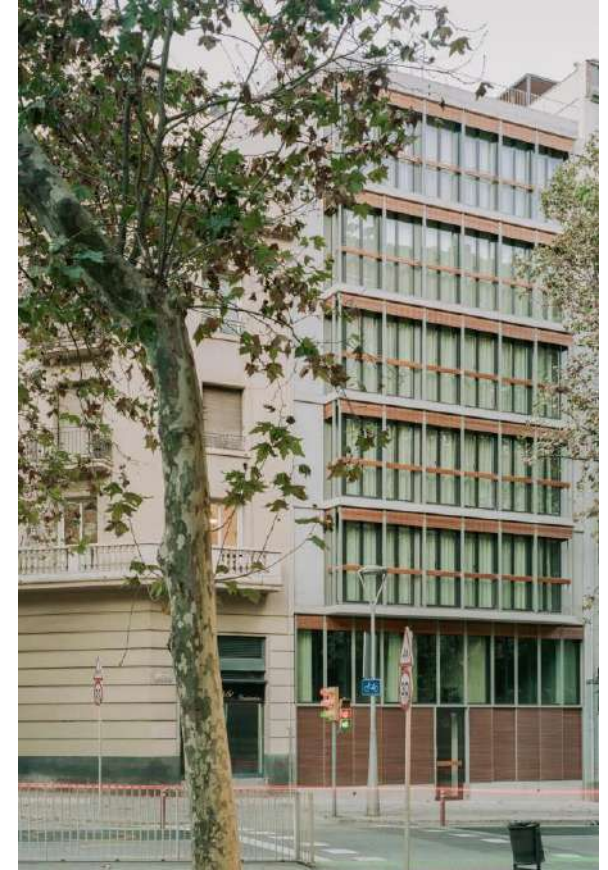
Ouvrir les fenêtres le matin a amélioré le confort



Source : Rigassi Architectes Associés, Siège Social Izuba Energie, Fabrègues (34)

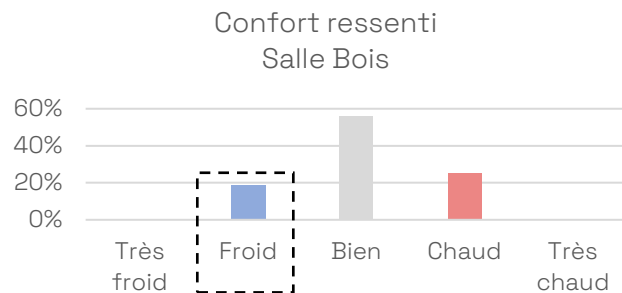
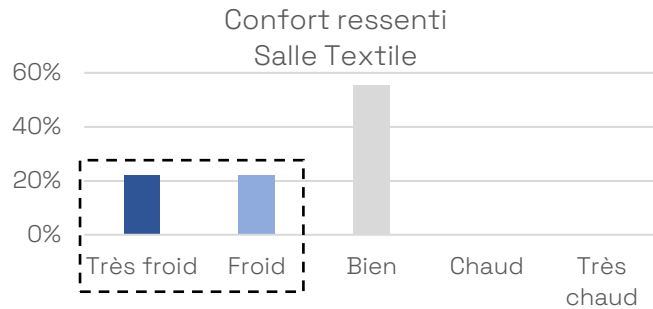
Les stores extérieurs insuffisamment utilisés

Se reposer la question de la motorisation des stores ?



Source : Atienza Maure Arquitectos, Sardenya 356, Barcelone

Des capteurs de mesure pour la gestion technique du bâtiment (GTB) – M57



Des sondes CO2 ainsi que des capteurs de température intérieure sont nécessaires pour auditer le bâtiment et ainsi le réguler.

4 .

Pour la suite : une
expérimentation à prolonger



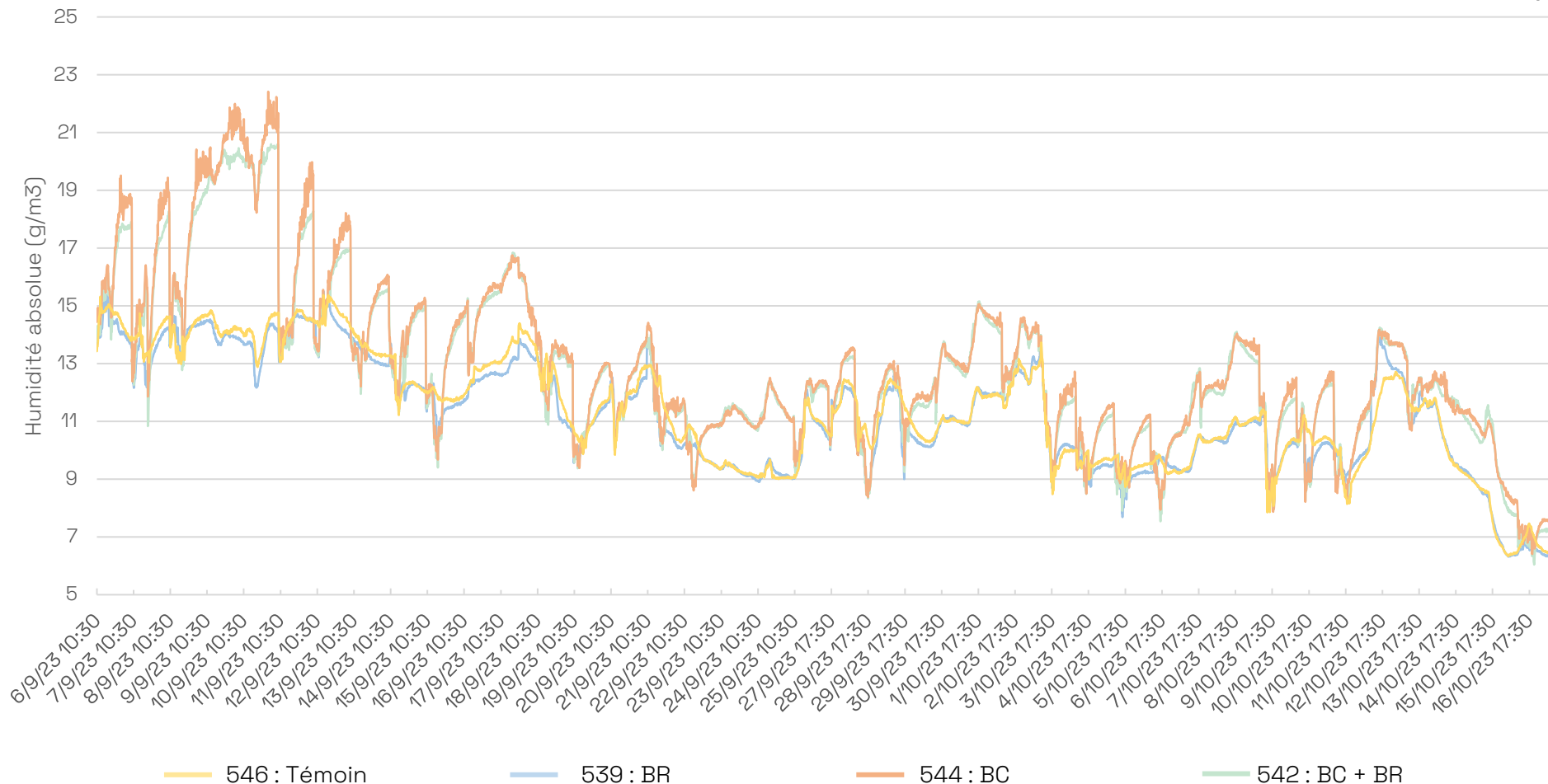
Il faut réitérer l'expérimentation l'été prochain

Le béton de chanvre sera sec

Le béton de chanvre est encore **très humide** (en cours de séchage) et il y a de fortes chaleurs

2 tendances différentes entre les salles avec et sans béton de chanvre (visible tout au long de l'expérimentation)

L'humidité des salles avec béton de chanvre **diminue** au fur et à mesure du **séchage**



Les apprentissages pour la suite

- Les usagers sont **majoritairement confortables** ;
- Les **brasseurs d'air** sont **utiles**, **l'ouverture des fenêtres** aussi ;
- D'autres outils de conception pourraient être intégrés : **surventilation nocturne**, **motorisation des stores**, **CTA adiabatique**... ;
- **Les salles ne sont initialement pas identiques** : leur comparaison a donc des limites ;
- Il serait pertinent de **réitérer l'expérimentation l'été prochain** : le béton de chanvre sera sec et son déphasage thermique pourra être audité, la station météo sera fonctionnelle et il sera possible de comparer les résultats de cette année.

Les conclusions du POC sur M57

- **Le froid actif** par les panneaux rayonnants ne semble pas nécessaire et crée surtout de l'inconfort froid ;
- +1°C sur la température de soufflage = 36kWh économisé sur un été = 8k€ de sauvé !
- **Le rafraîchissement de l'air** en CTA est suffisant pour le confort : la loi de soufflage est optimisable ;
- **Les débits de soufflage** sont trop élevés dans la Salle Textile : asservir les débits soufflés par la CTA sur sondes CO2 (débits variables);
- **La sensibilisation des occupants** à l'utilisation des brasseurs et à leur niveau d'habillement dans la gestion de leur confort thermique est nécessaire.

Les bureaux sans climatisation au-delà du POC



*Candidature **Faire 2024** en partenariat avec le **Pavillon de l'Arsenal** avec :*

- *BNP Paribas Real Estate*
- *SCCV Paris Victoria*
- *Agence Parisienne du Climat*
- *L'Académie du Climat*
- *SFL (en cours d'étude)*
- *RATP Habitat (potentiel)*
- *Paris Habitat (potentiel)*



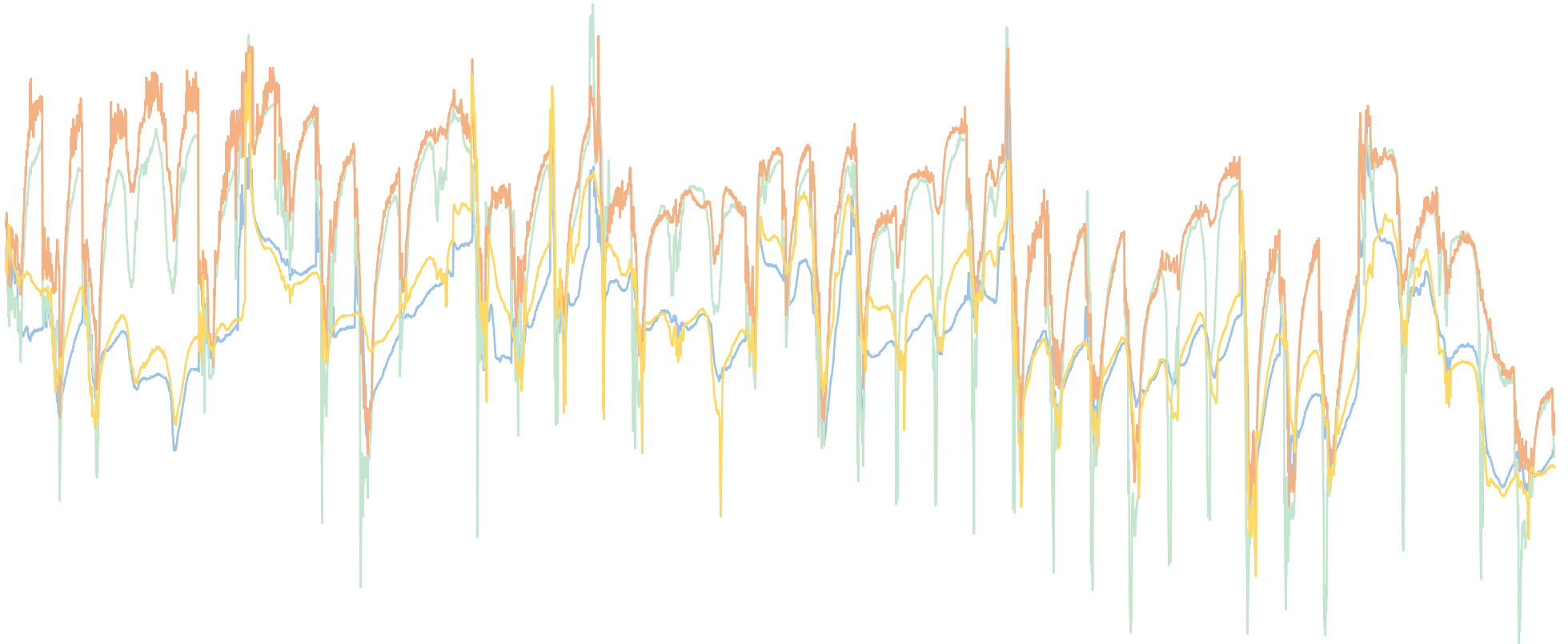
*Expérimentation **Sense City** dans le cadre du projet de réhabilitation **Condorcet** pour la SFL en partenariat avec **l'Université de Gustave Eiffel***

The logo for zefco, featuring the lowercase letters 'zefco' in a white, serif font, centered within a solid black square.

zefco

0.

Annexes

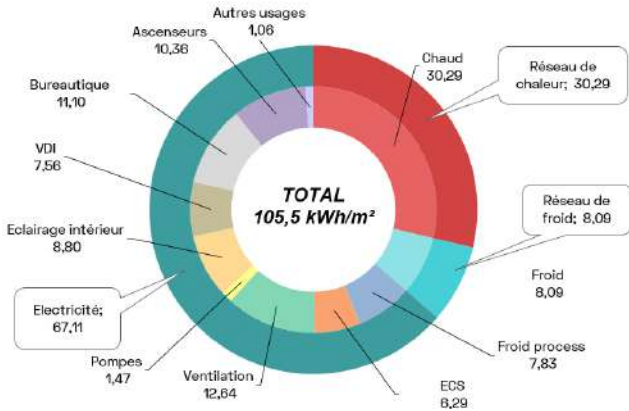


Interroger la climatisation systématique

Résultats des études en conception APS

Saint-Martin

Décret Tertiaire : seuil 2030 atteint (-40%)



Saint-Martin

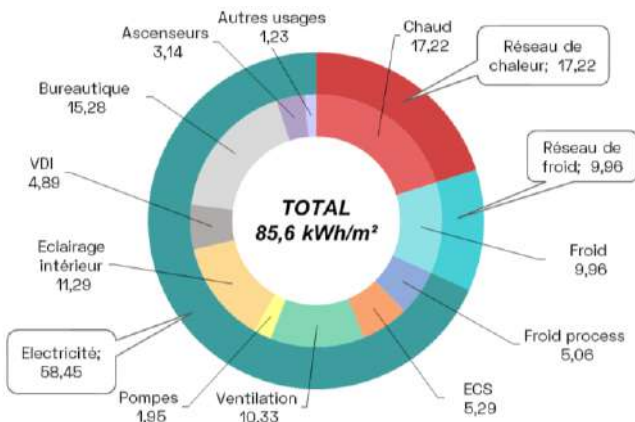
Résultats d'inconfort dans les bureaux en 2050

% d'inconfort sans climatisation en 2050

N° Local	Niveau	Orientation	Salle	Sans brasseurs d'air 0 m/s	Avec brasseurs d'air 0,5 m/s	Avec brasseurs d'air 1 m/s
R1	R+5	Ouest	Réunion Ouest	14,9%	2,4%	0,2%
B1	R+5	Sud	Bureau Sud	18,3%	2,7%	0,4%
B2	R+5	Sud-Est	Bureau Sud-Est	12,7%	2,6%	0,5%

Victoria

Décret Tertiaire : seuil 2030 atteint (-40%)



Victoria

Résultats d'inconfort dans les bureaux en 2050

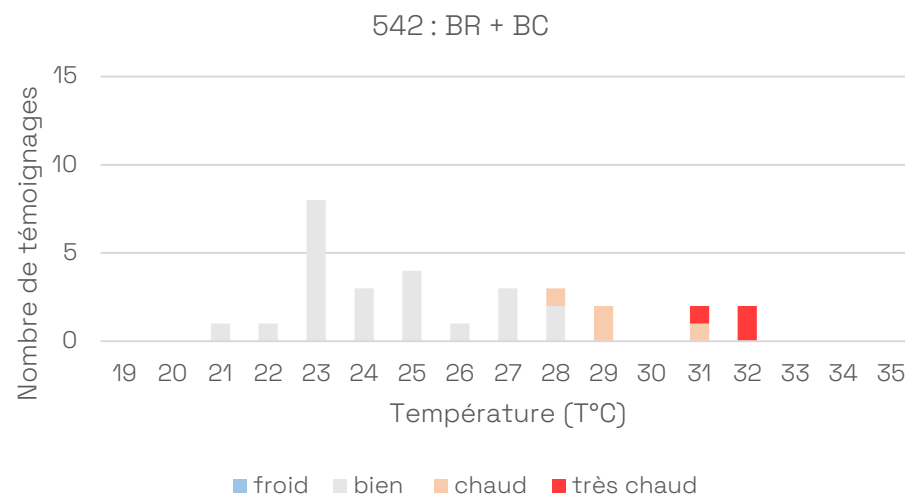
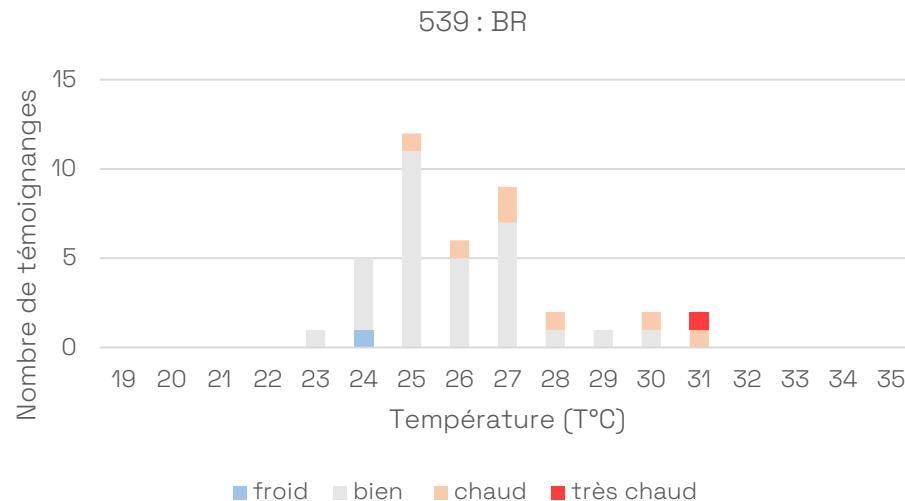
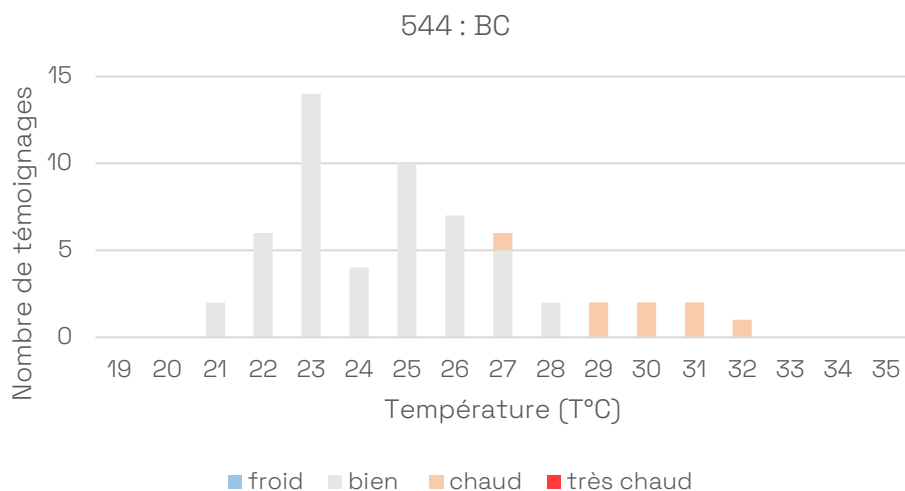
% d'inconfort sans climatisation en 2050

N° Local	Niveau	Orientation	Salle	Sans brasseurs d'air 0 m/s	Avec brasseurs d'air 0,5 m/s	Avec brasseurs d'air 1 m/s
B1	R+6	Sud-Est	Bureaux	13,1%	2,7%	0,6%
B2	R+5	Nord-Ouest	Bureaux Nouvelle façade	12,3%	2,5%	0,5%
B3	R+5	Sud Sud-Ouest	Bureaux DAS Cour	18,2%	4,2%	1,1%
B4	R+5	Sud-Ouest	Bureaux Sud	10,2%	1,8%	0,1%
B5	R+5	Sud-Est	Réunion Patio	14,1%	3,4%	0,9%
B6	R+5	Nord Nord-Est	Réunion Cour	9,6%	2,0%	0,3%

Le ressenti des usagers majoritairement confortable

Sur une large plage de températures

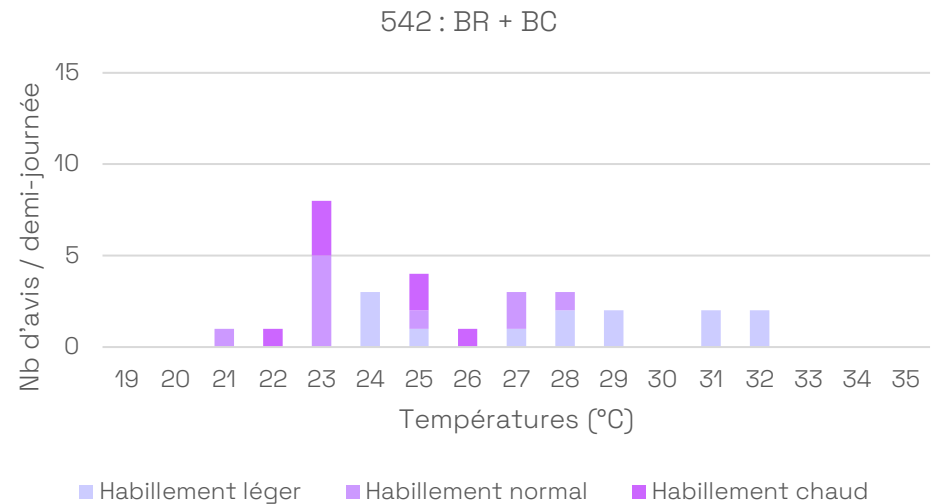
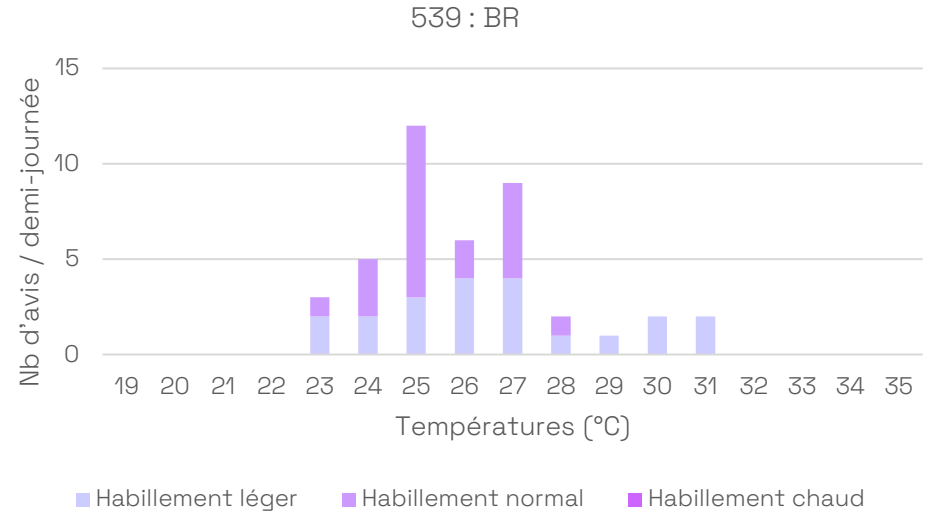
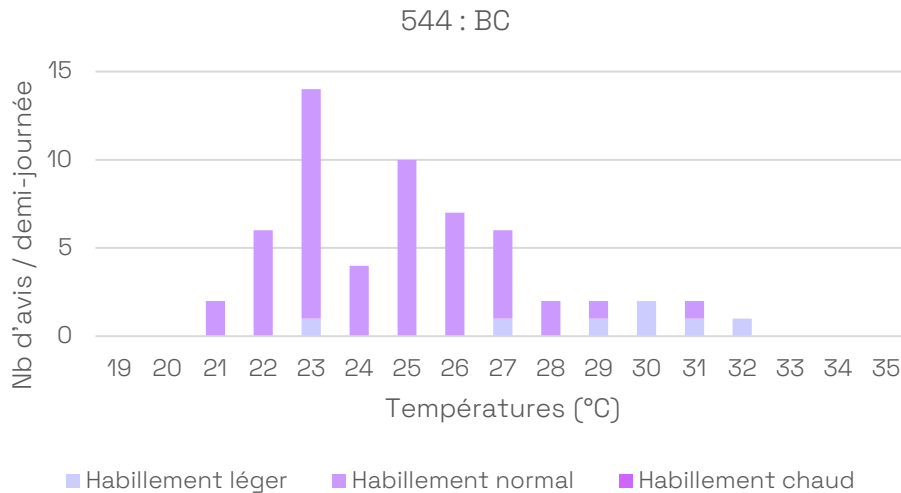
Pas de formulaire pour la 546



Le ressenti des usagers

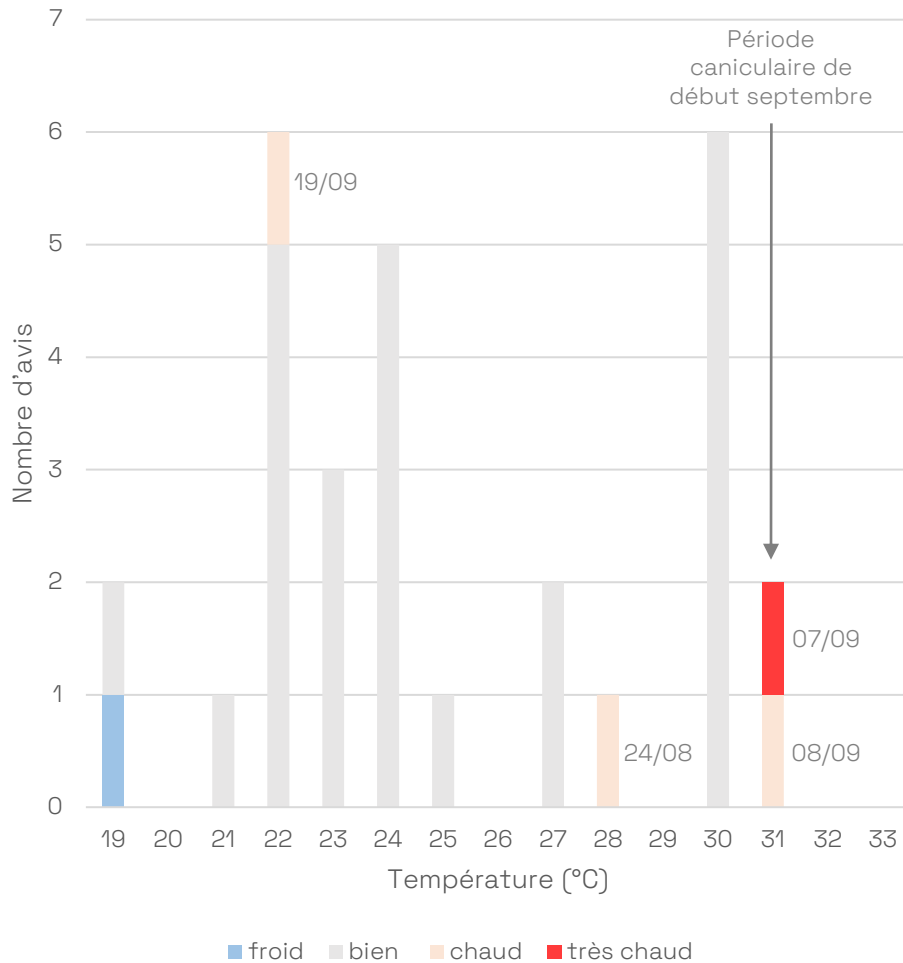
Un niveau d'habillement adapté aux températures

Pas de formulaire pour la 546

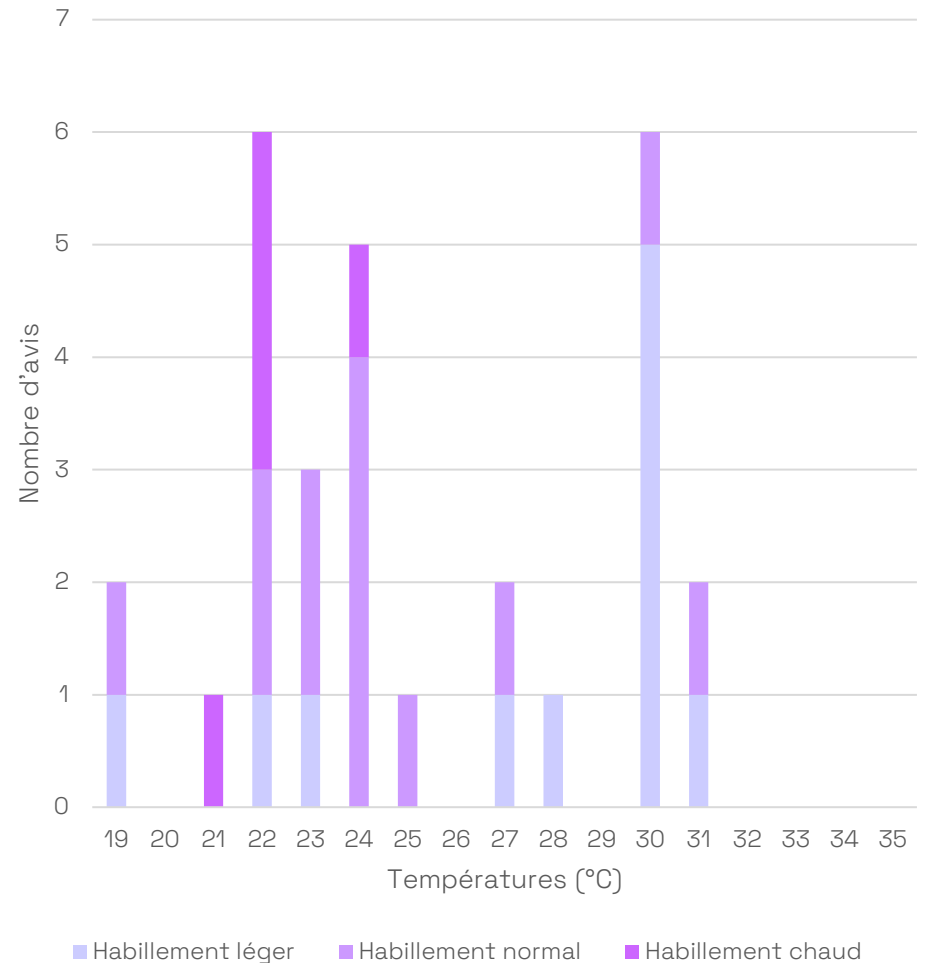


Analyse du ressenti des usagers

Répartition du confort ressenti en fonction de la température intérieure - Victoria



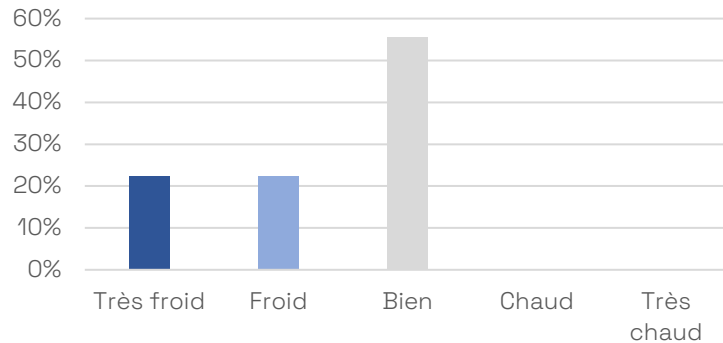
Répartition du niveau d'habillement en fonction de la température intérieure - Victoria



Les ressentis cohérents avec les mesures de température...

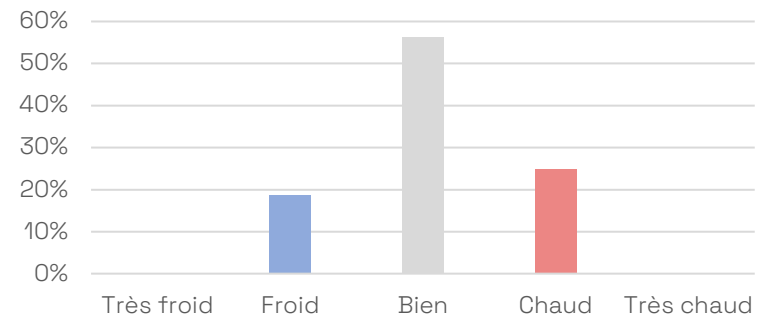
Salle **Textile** : Pièce témoin

Confort ressenti - Salle Textile

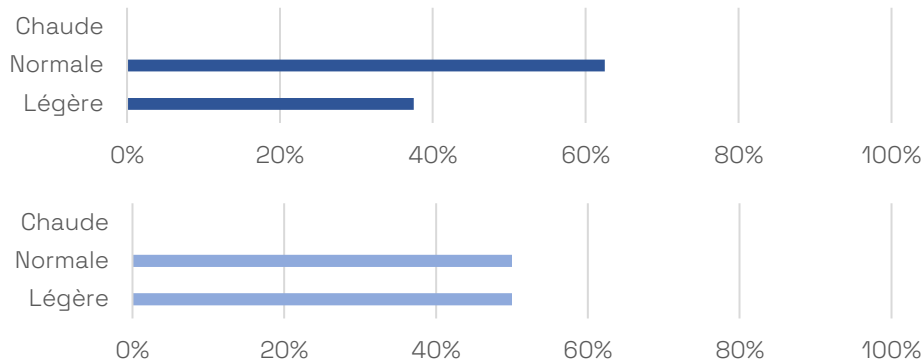


Salle **Bois** : Avec brasseur

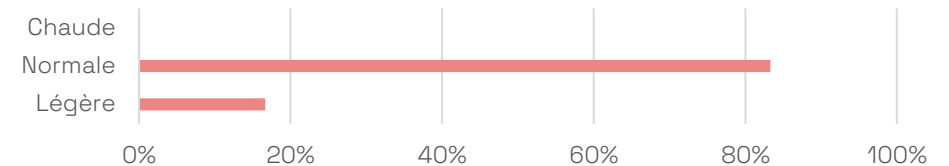
Confort ressenti - Salle Bois



Clo théorique calculé sur la moyenne des clo relevé dans l'enquête de satisfaction (habillement léger à 0.5 / moyen à 0.7)
>Clo moyen = 0.59

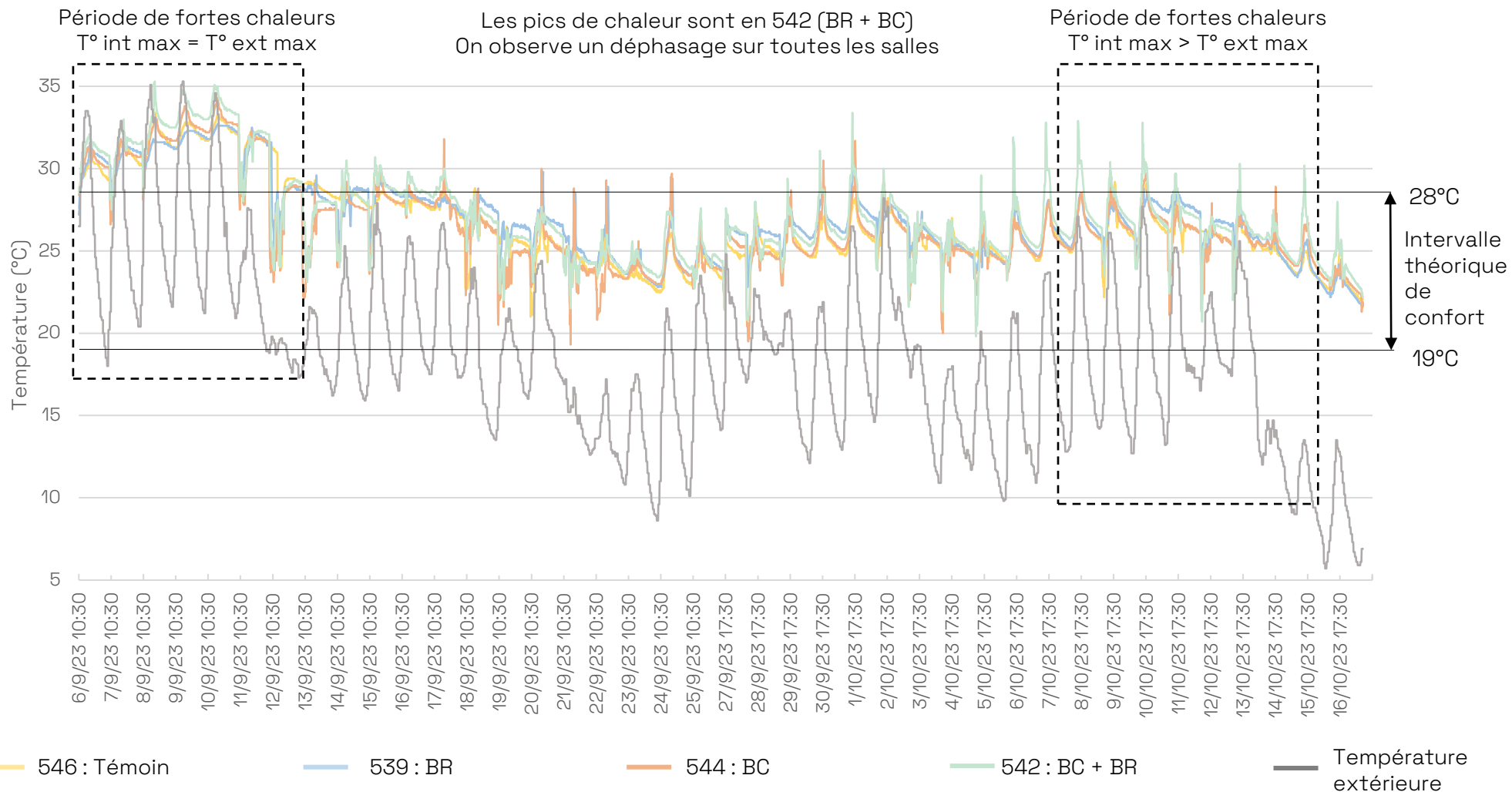


Clo théorique calculé sur la moyenne des clo relevé dans l'enquête de satisfaction (habillement léger à 0.5 / moyen à 0.7)
>Clo moyen = 0.64



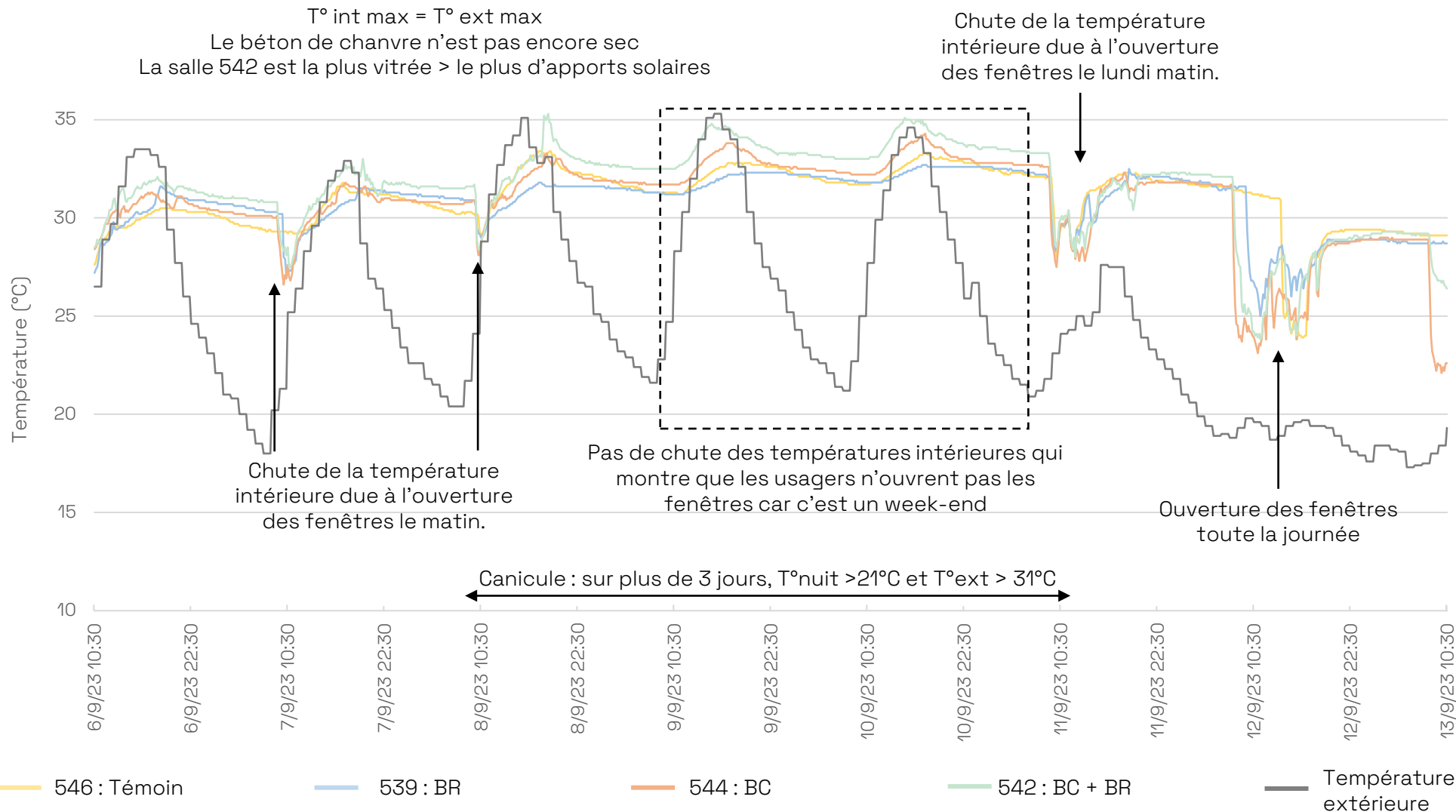
Comparaison des températures sur Saint-Martin

Température de l'air intérieur et extérieur



Comparaison des températures sur Saint-Martin

Zoom sur une semaine : du 06/09 au 13/09



Comparaison des températures sur Saint-Martin

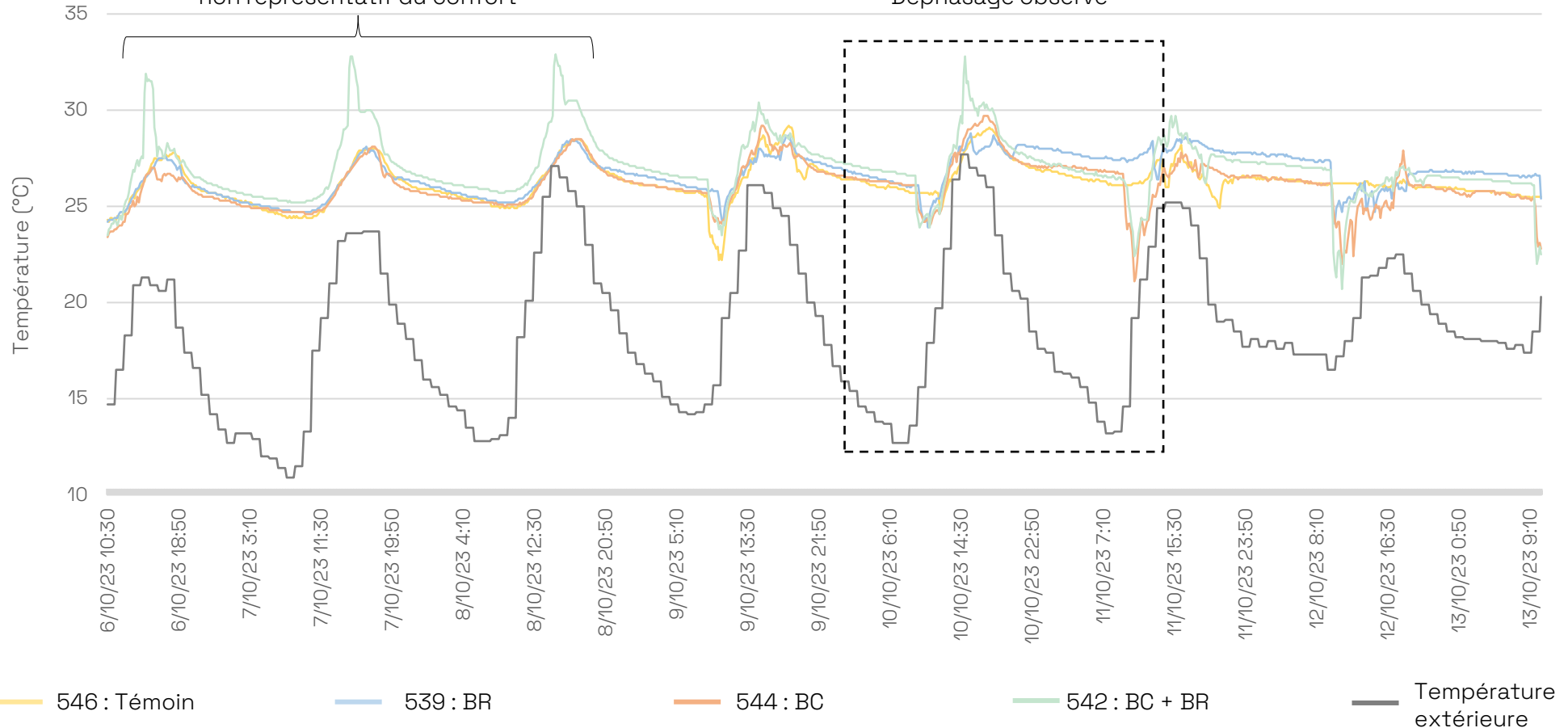
Zoom sur une semaine : du 06/10 au 13/10

T° int > T° ext

Delta de températures beaucoup moins important à l'intérieur qu'à l'extérieur

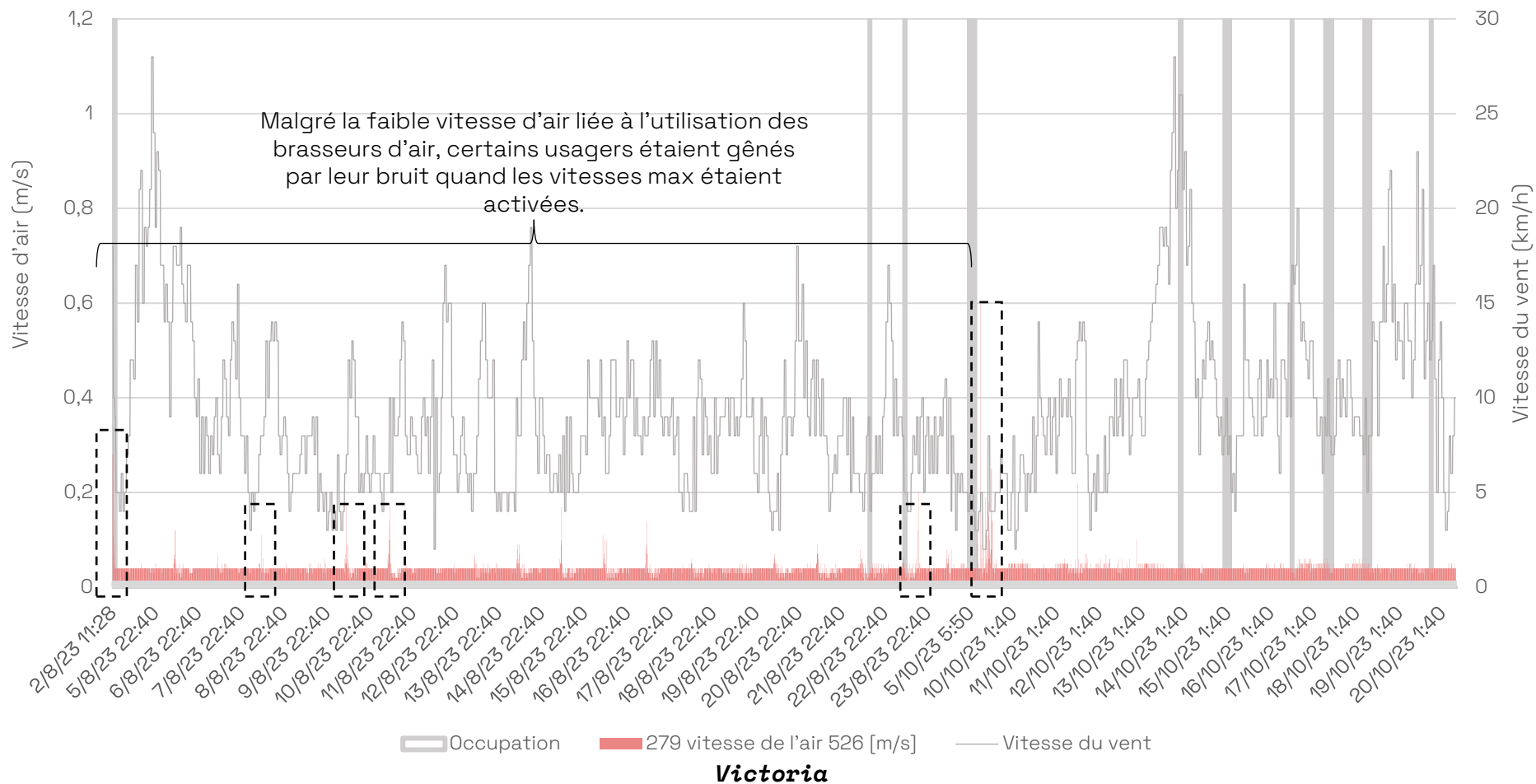
Pics en 542 au moment du soleil direct sur les appareils de mesure : non représentatif du confort

Déphasage observé



Adapter le dimensionnement des brasseurs d'air à l'existant

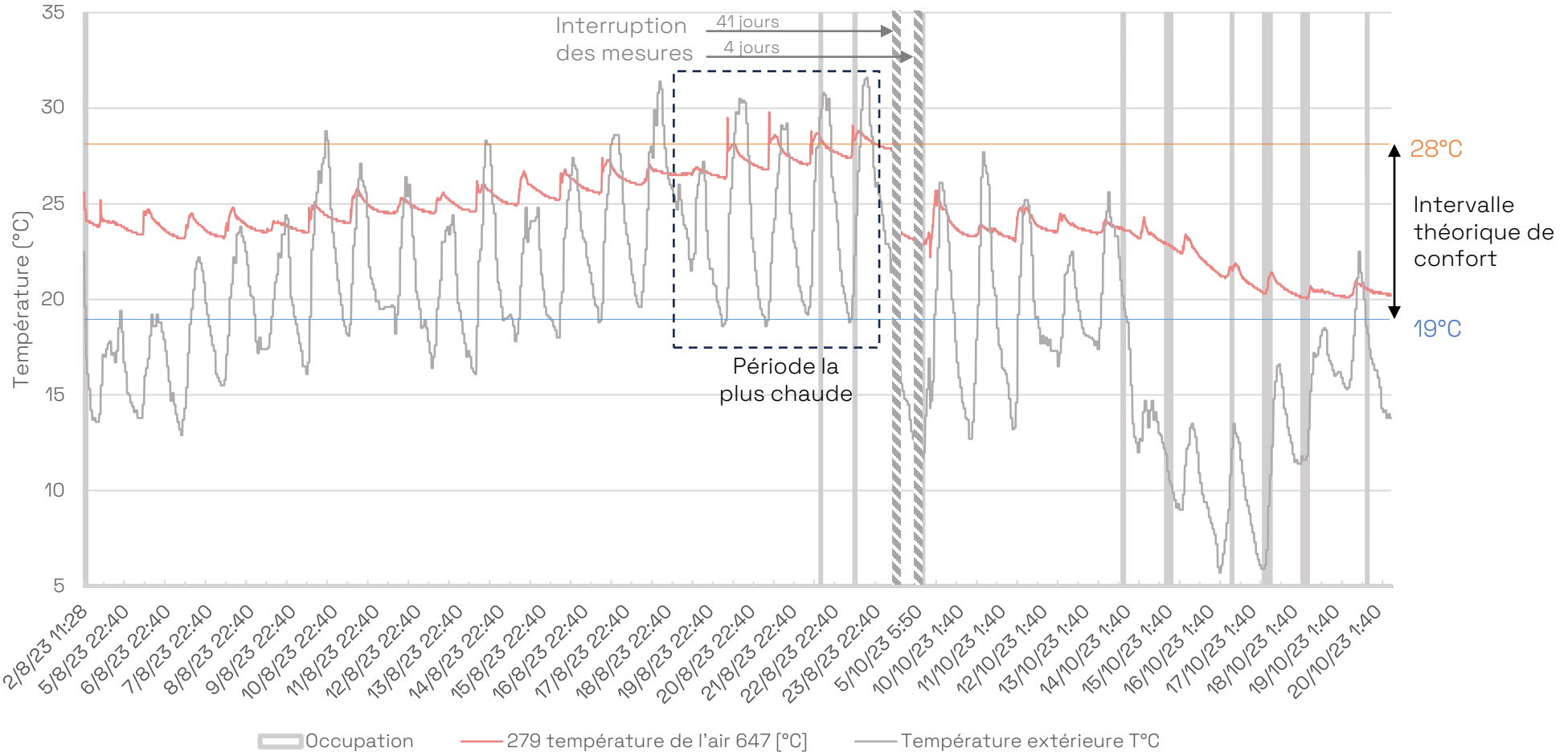
L'absence de lien entre la vitesse du vent et la vitesse d'air et les faibles valeurs de vitesse d'air enregistrées montrent que les fenêtres n'ont pas été ouvertes. Cette conclusion est confirmée par les questionnaires des usagers.



Analyse de la température

Une température intérieure stable

Comparaison de la température intérieure et extérieure – Victoria



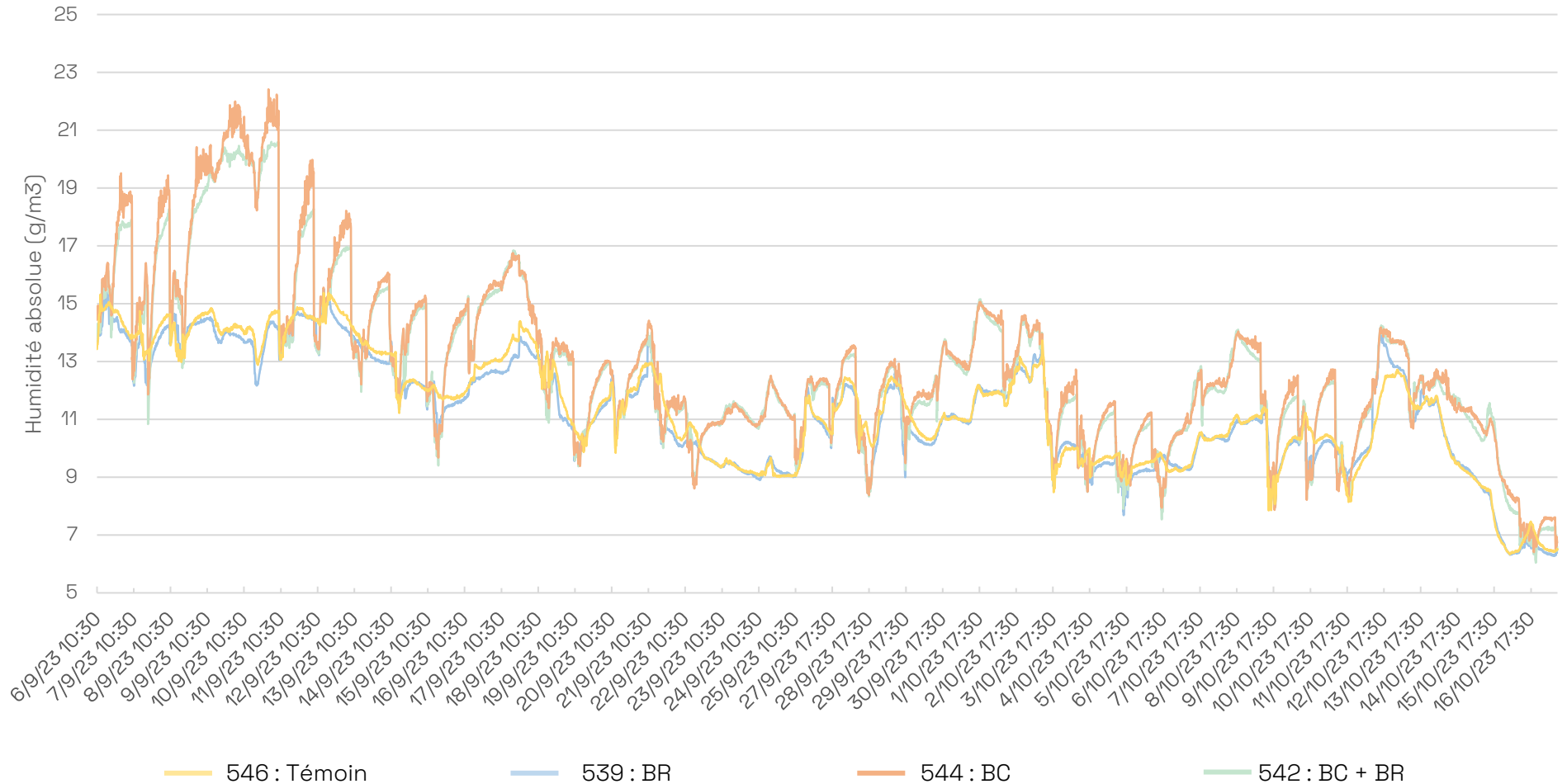
Comparaison de l'humidité relative sur Saint-Martin

Humidité absolue

Le béton de chanvre est encore très humide (en cours de séchage) et il y a de fortes chaleurs

2 tendances différentes entre les salles avec et sans béton de chanvre (visible tout au long de l'expérimentation)

L'humidité des salles avec béton de chanvre diminue au fur et à mesure du séchage



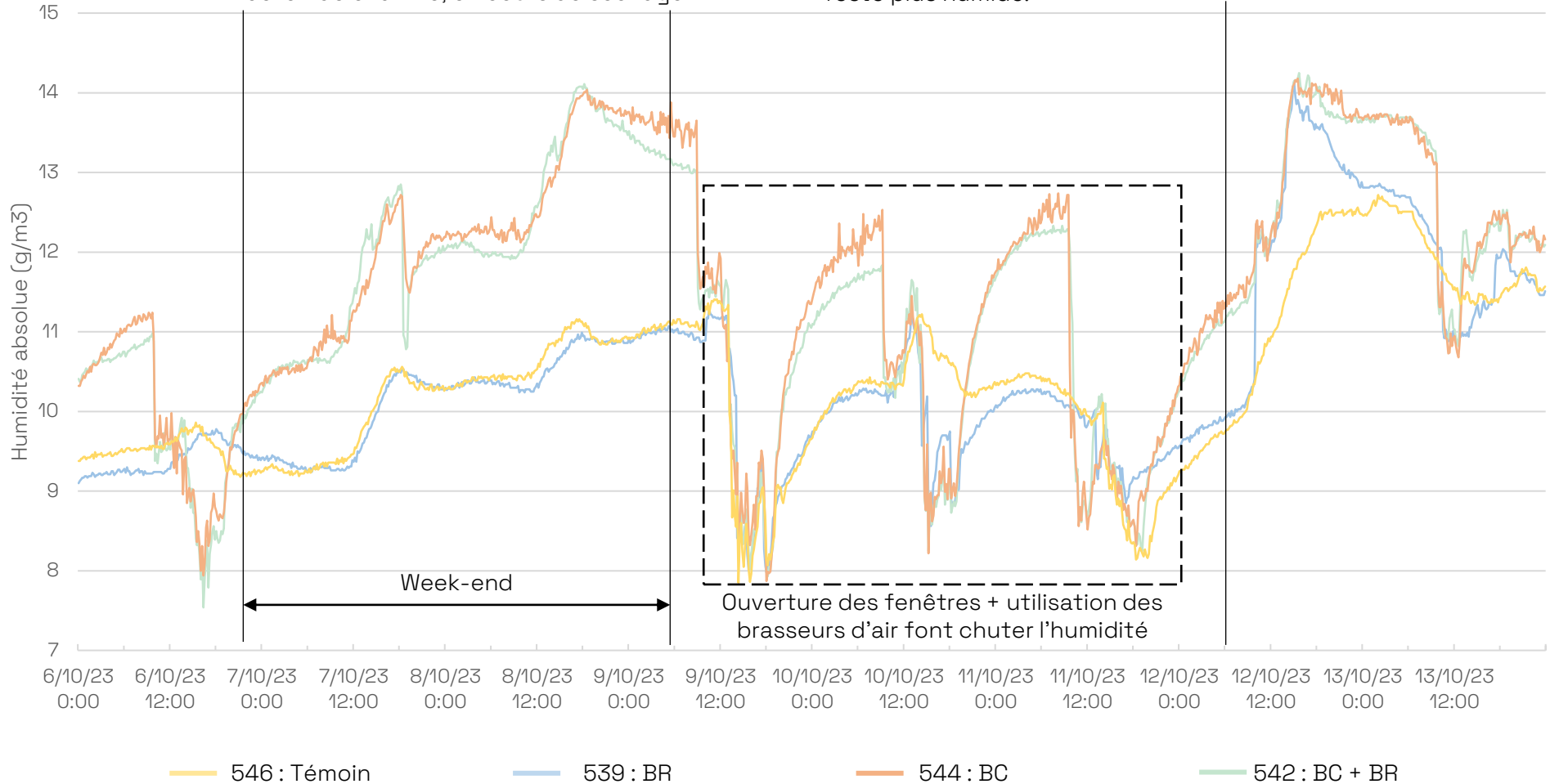
La ventilation diminue l'humidité absolue

Du 06/10 au 13/10

Pas de ventilation des salles entraine une augmentation progressive de l'humidité absolue, surtout pour les salles avec béton de chanvre, en cours de séchage

La salle avec béton de chanvre seul reste plus humide.

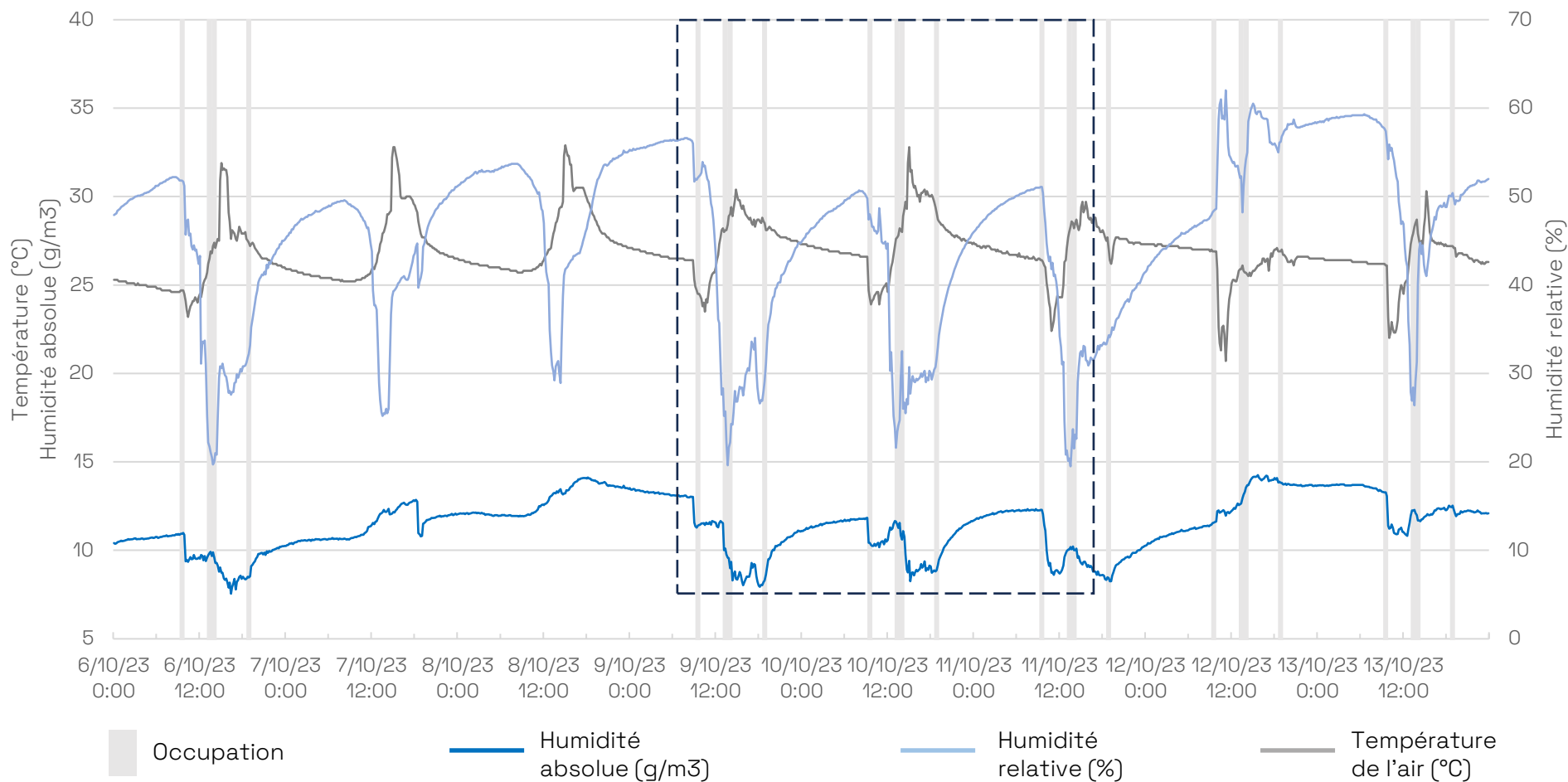
Précipitations : 3,1mm à 10h00



Zoom sur la salle 542 du 06/10 au 13/10

Les usagers régulent l'humidité dans la pièce

Baisse de l'humidité durant la présence des usagers et augmentation de la température



The logo for zefco, featuring the lowercase letters 'zefco' in a white, serif font, centered within a solid black square.

zefco