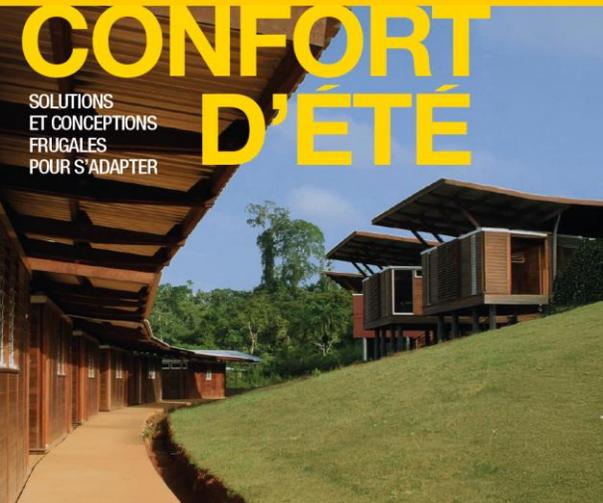




10^e COLLOQUE
NATIONAL
INTERPROFESSIONNEL

**CONFORT
D'ÉTÉ**

SOLUTIONS
ET CONCEPTIONS
FRUGALES
POUR S'ADAPTER



BâtiFRAIS !

Le colloque national dédié au confort d'été
et à l'adaptation aux vagues de chaleur

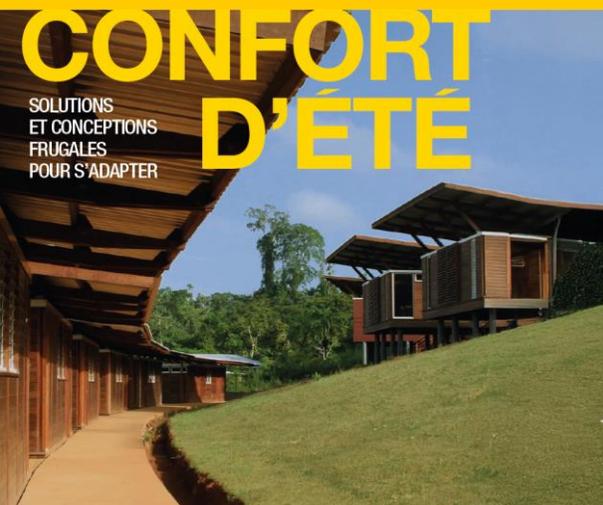
Lyon – 19 septembre 2025



Nos soutiens financiers et sponsors :



Construction en terre crue et adaptation au changement climatique



Présentation des intervenants



Adrien Gros

Ingénieur de recherche en modélisation du microclimat urbain

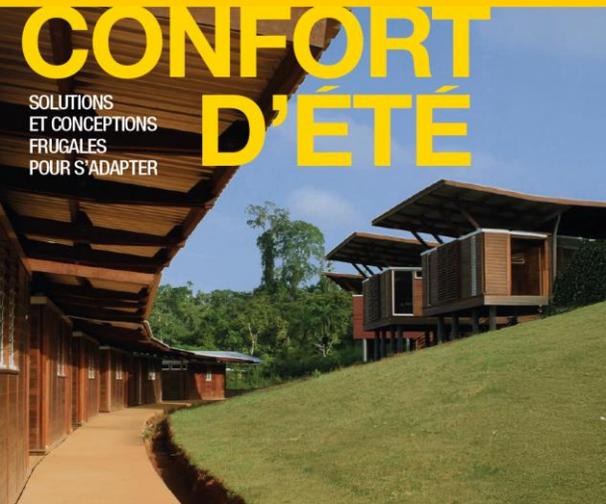
Soleneos



Solène Peyragrosse

Responsable technique et co-DG

Etamine

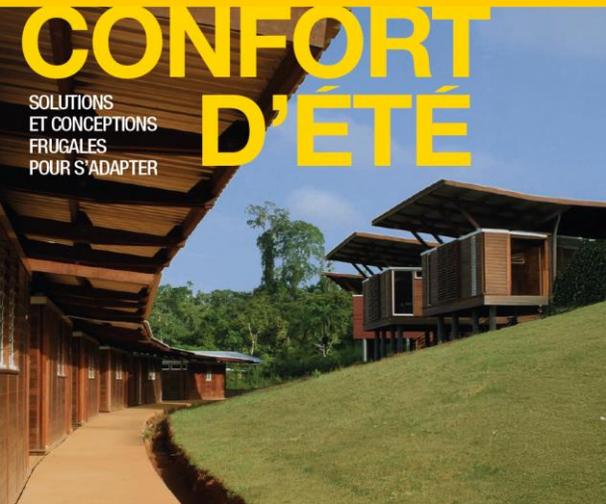


Un cas d'application lyonnais objet d'une démarche globale et pionnière d'adaptation climatique

L'Orangerie, à Lyon Confluence
Immeuble de bureaux de 1060 m²
Clément Vergély Architecte
Ogic Promotion

Programme + concours : 2015
Conception : 2016 - 2018
Réception : 2020





Sommaire

La stratégie d'adaptation développée lors de la conception du bâtiment

Les travaux de recherche conduits a posteriori :

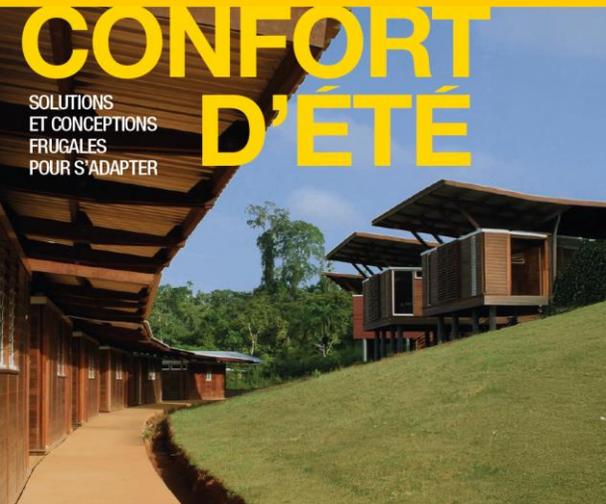
- L'impact du microclimat urbain
- L'impact de la terre crue

Les Rex en exploitation

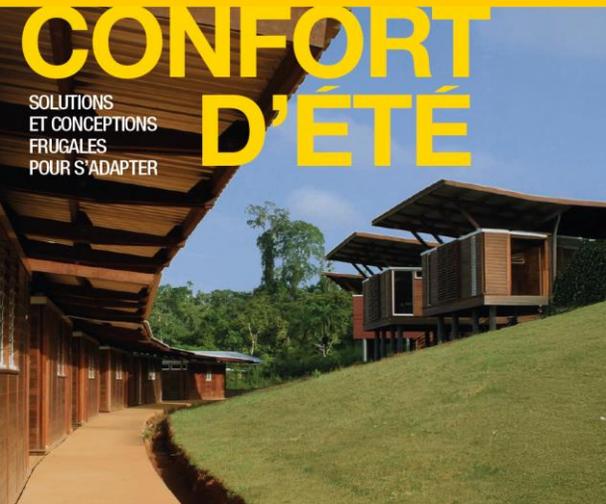
Les enseignements



10^è COLLOQUE
NATIONAL
INTERPROFESSIONNEL

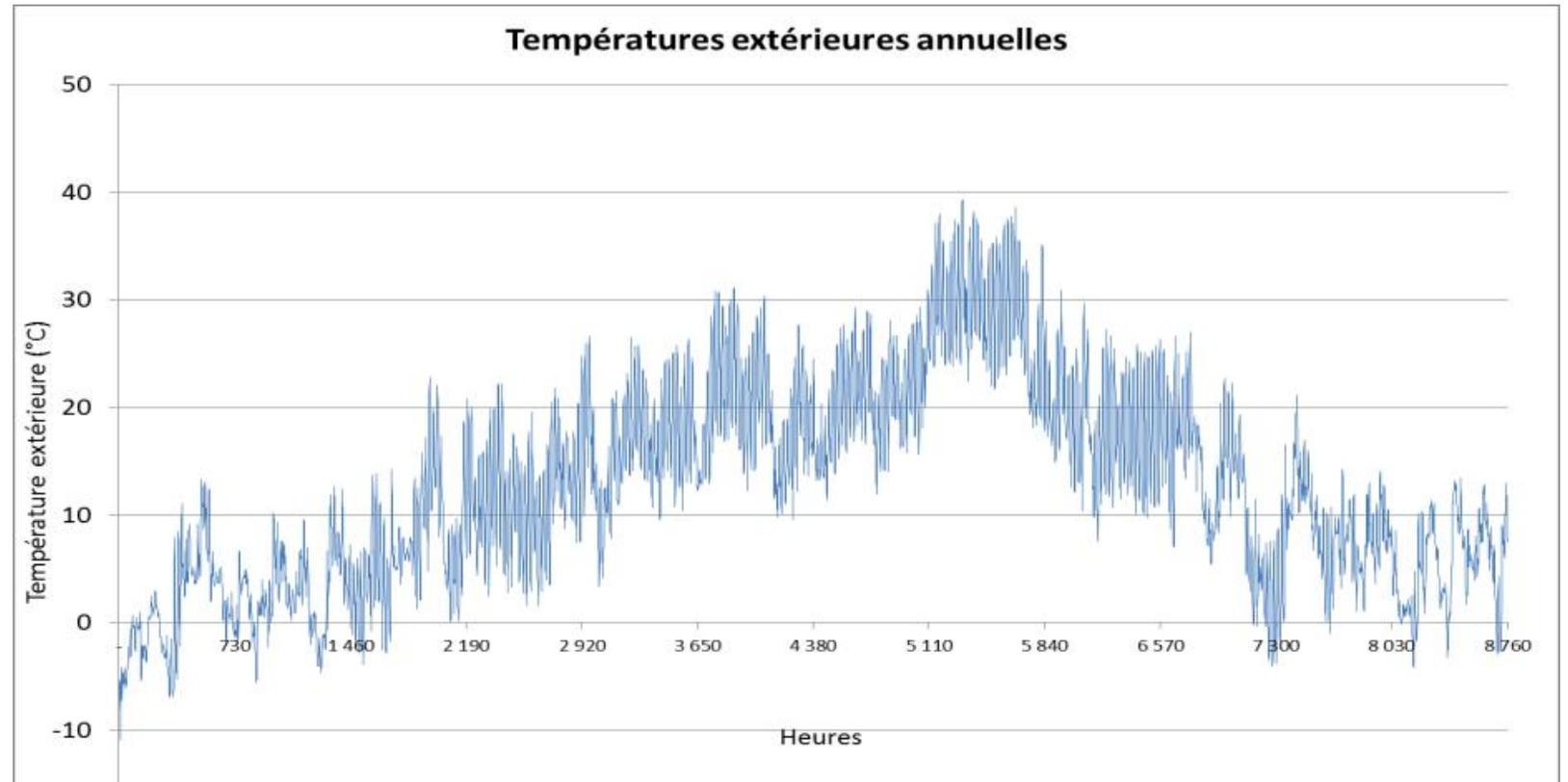


La stratégie développée lors de la conception du bâtiment

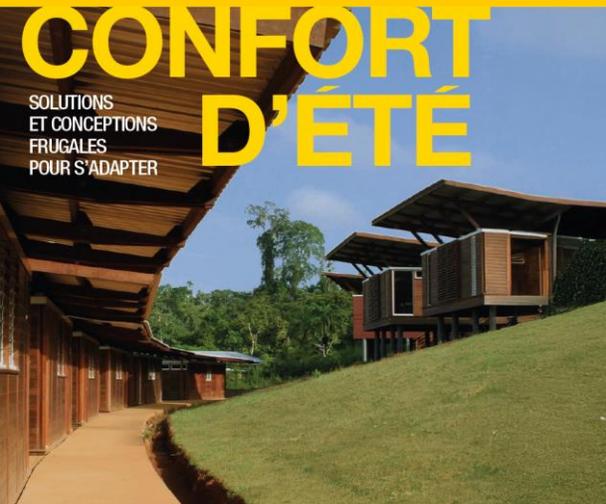


Le cahier des charges de la ZAC

Obtenir le confort sans climatisation



Avec un fichier météo Lyon-Bron comportant un épisode caniculaire en Août



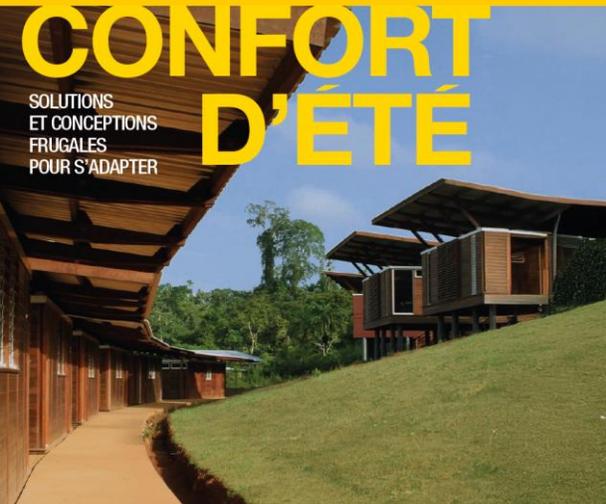
Les réponses imaginées en phase conception

Obtenir le confort sans climatisation

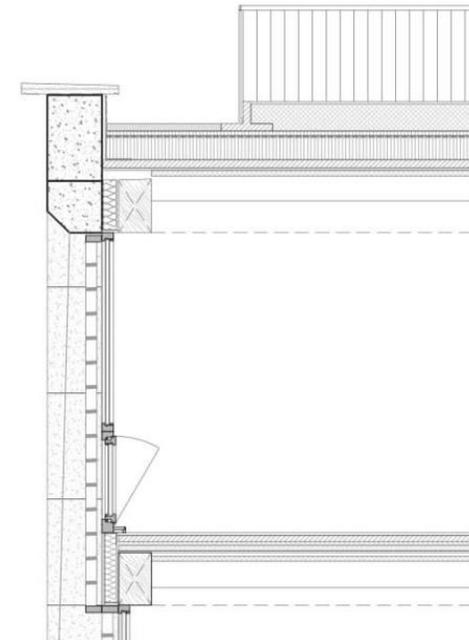
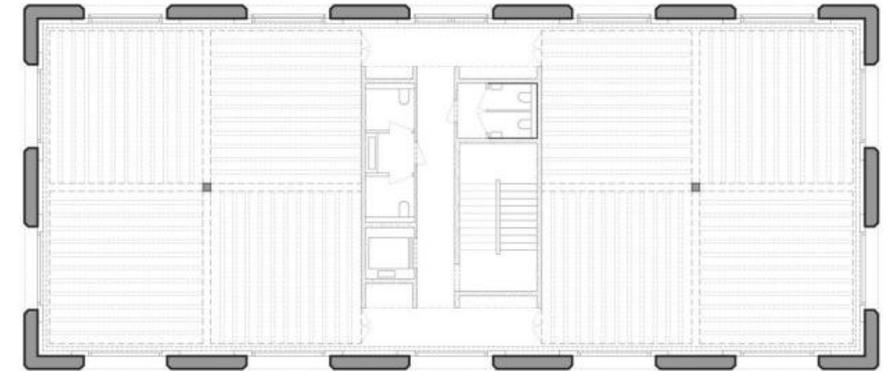
- 1 – Optimisation des surfaces vitrées
- 2 – Protections solaires efficaces
- 3 – Isolation thermique suffisante
- 4 – Ventilation nocturne et inertie
- 5 – Brasseurs d'air
- 6 – Rafrachissement adiabatique de l'air soufflé
- 7 – Rafrachissement complémentaire de l'air soufflé par PAC sur CTA

Déclenchement
progressif



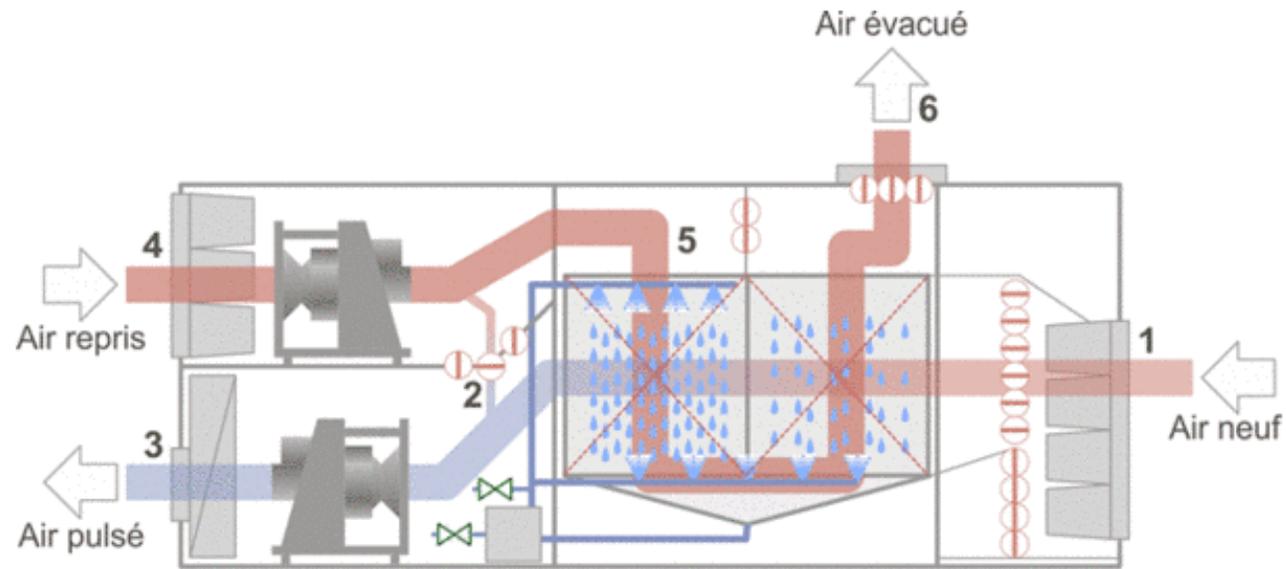


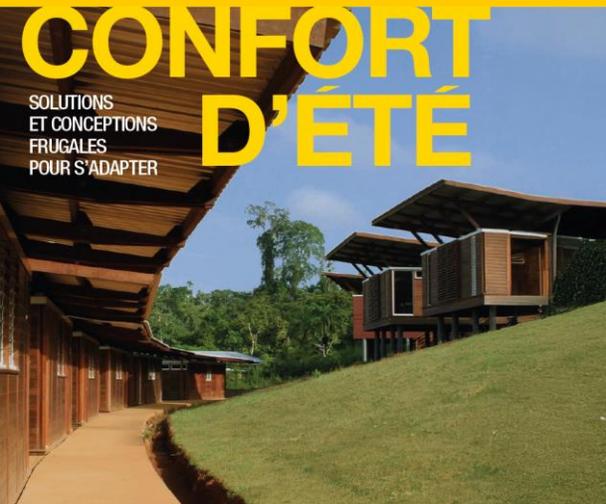
Les réponses imaginées en phase conception



Les réponses imaginées en phase conception

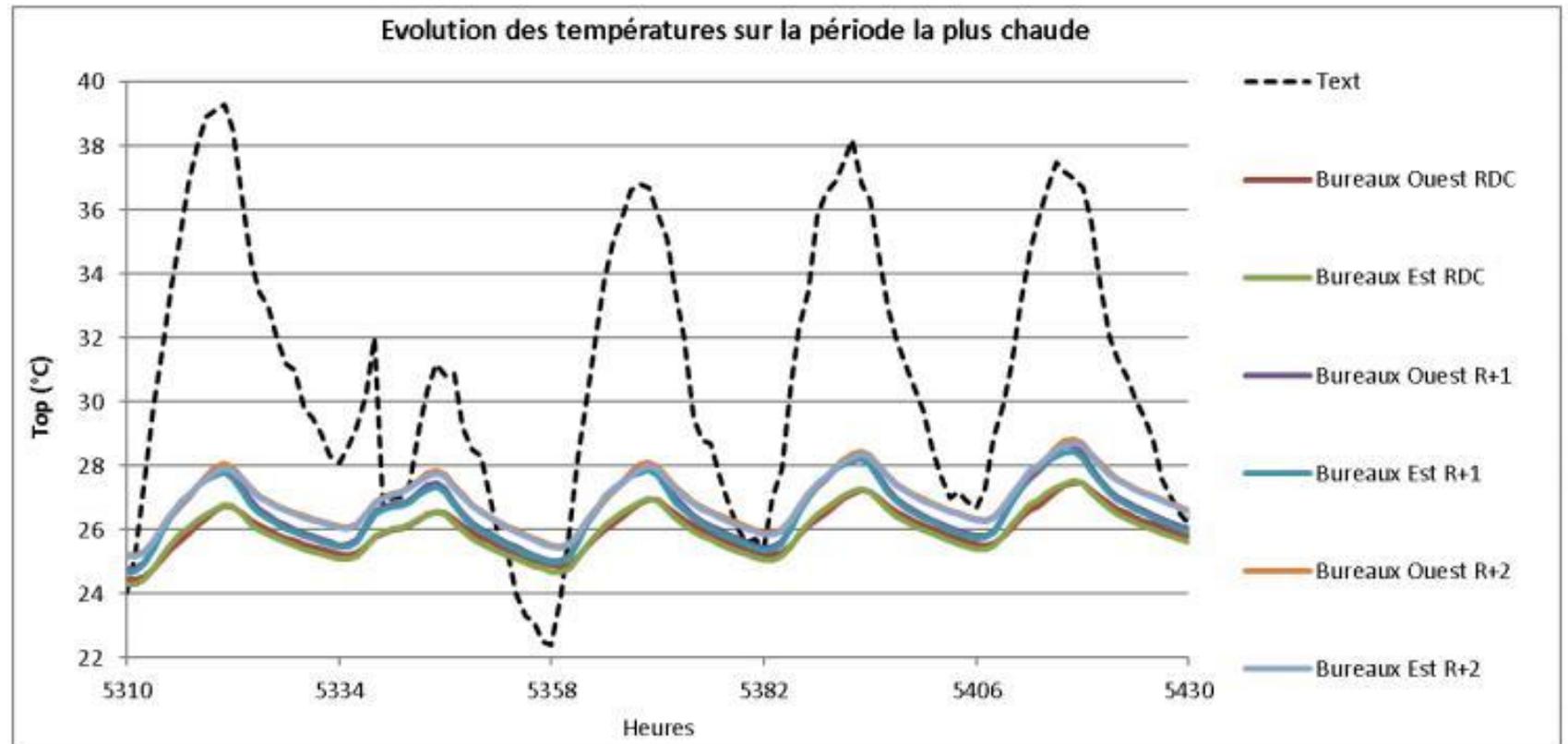
CTA double flux Menerga Adsolair 58 (adiabatique et groupe froid)
36m³/h/personne, sur sondes CO₂
T_{souff} min = 16°C

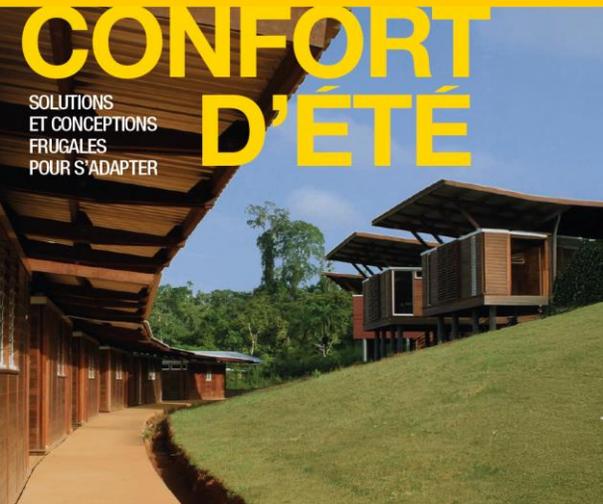




La vérification par STD

- Toutes les dispositions prévues influencent positivement et significativement le confort
- Des conditions répondant au CdC peuvent être obtenues avec un déclenchement parfait et cumulatif





Les travaux de recherche conduits a posteriori

L'impact du microclimat



Impact du microclimat sur l'estimation du confort dans le bâtiment en 2050



Traditionnellement les données météorologiques localisées à l'aéroport (Météonorm...) sont utilisées pour modéliser le confort dans le bâtiment



En ville avec l'ICU (Ilôt de **Chaleur Urbain**) les températures sont régulièrement plus élevées qu'à la campagne

Pourquoi la microclimatologie est-elle nécessaire pour évaluer correctement ce confort ?



2 approches proposées dans TerAc :

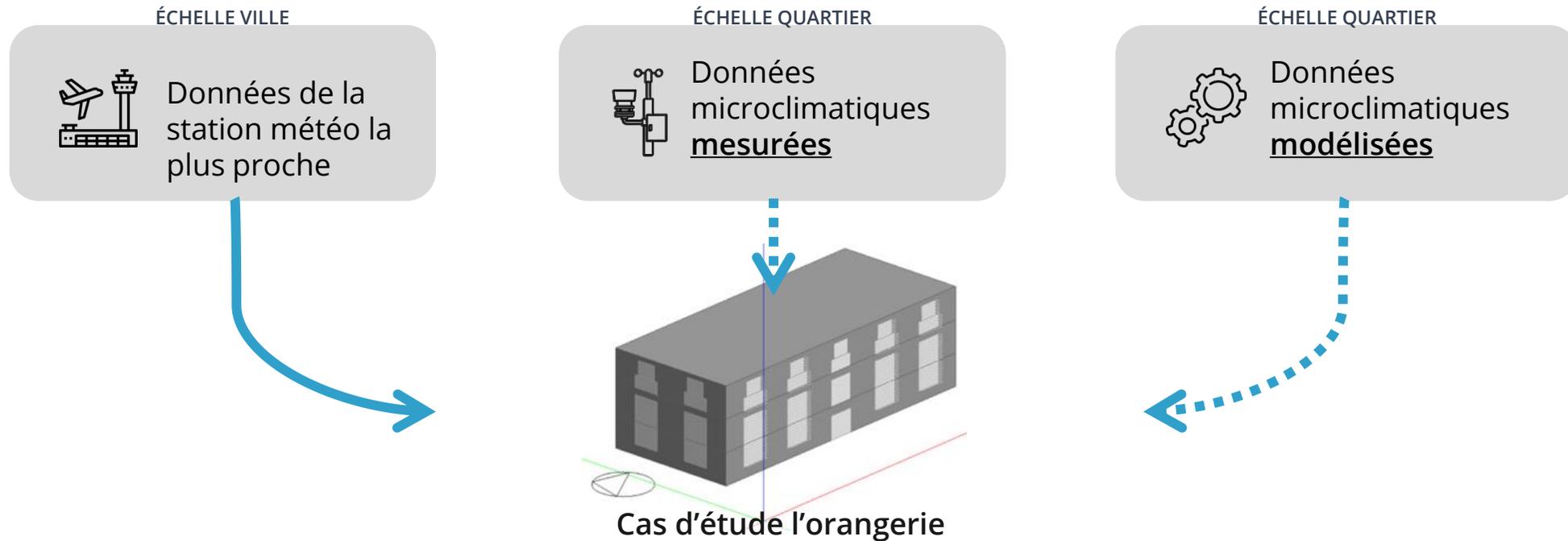
Mesures expérimentales et modèles empiriques

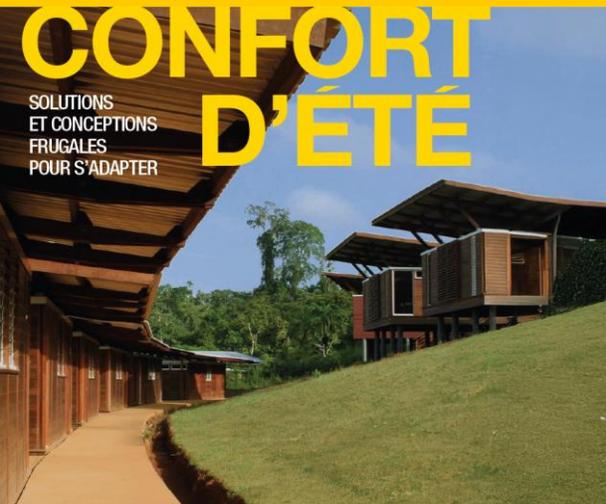
Modélisation numérique du microclimat urbain



Méthodologie

Comparer les données météorologiques habituellement utilisées avec des données microclimatiques afin d'évaluer l'impact sur les modélisations du confort du bâtiment





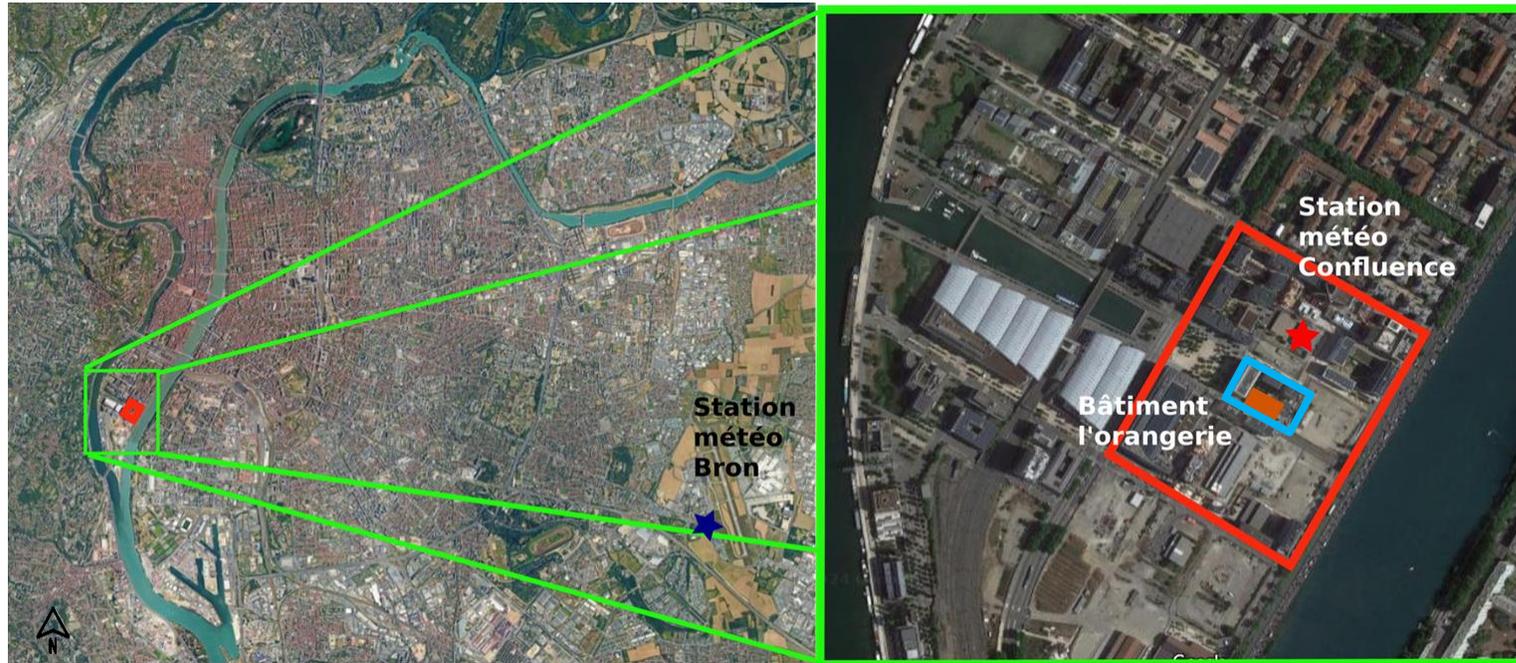
Mesures expérimentales et modélisation empirique

1 Comment le microclimat de Lyon
impacte-t-il les variations de
températures et humidité autour
du bâtiment de l'orangerie ?

2 Comment ces variations
impactent-elles les conditions
de confort de l'orangerie
actuelle et futur (2050)



Données horaires expérimentales disponibles



**Station météofrance
aéroport Bron**

Température [°C]
Humidité relative [%]
Vitesse du vent [m/s]
Direction du vent [°]
Ensoleillement [W/m²]



10 km

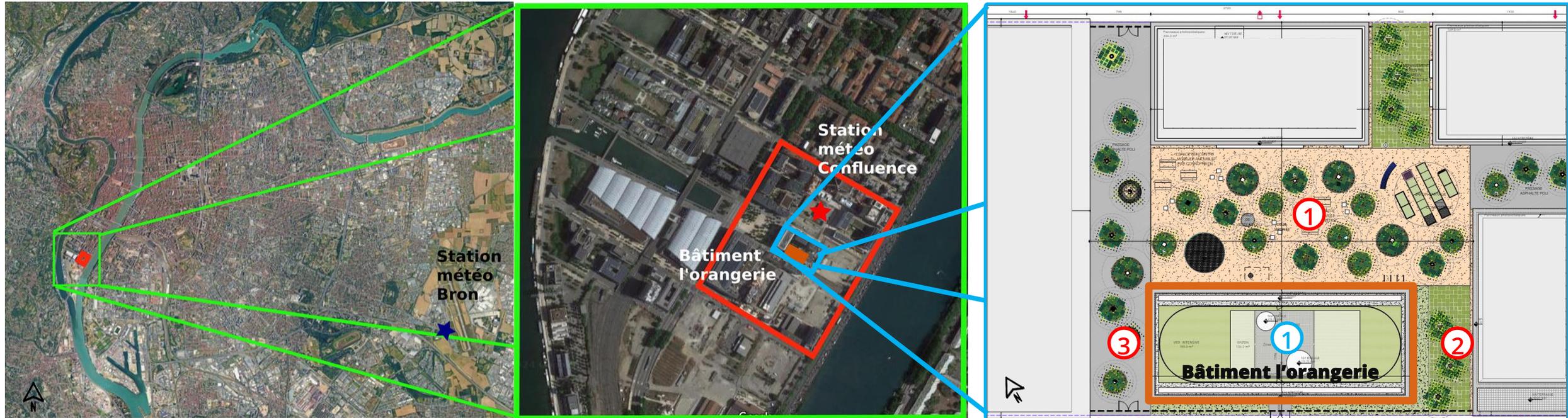


**Station météo quartier
Confluence depuis 2019**

Température [°C]
Humidité relative [%]
Vitesse du vent [m/s]
Direction du vent [°]
Ensoleillement [W/m²]



Données horaires expérimentales disponibles



★ **Station météofrance
 aéroport Bron**
 Température [°C]
 Humidité relative [%]
 Vitesse du vent [m/s]
 Direction du vent [°]
 Ensoleillement [W/m2]



★ **Station météo quartier
 Confluence depuis 2019**
 Température [°C]
 Humidité relative [%]
 Vitesse du vent [m/s]
 Direction du vent [°]
 Ensoleillement [W/m2]

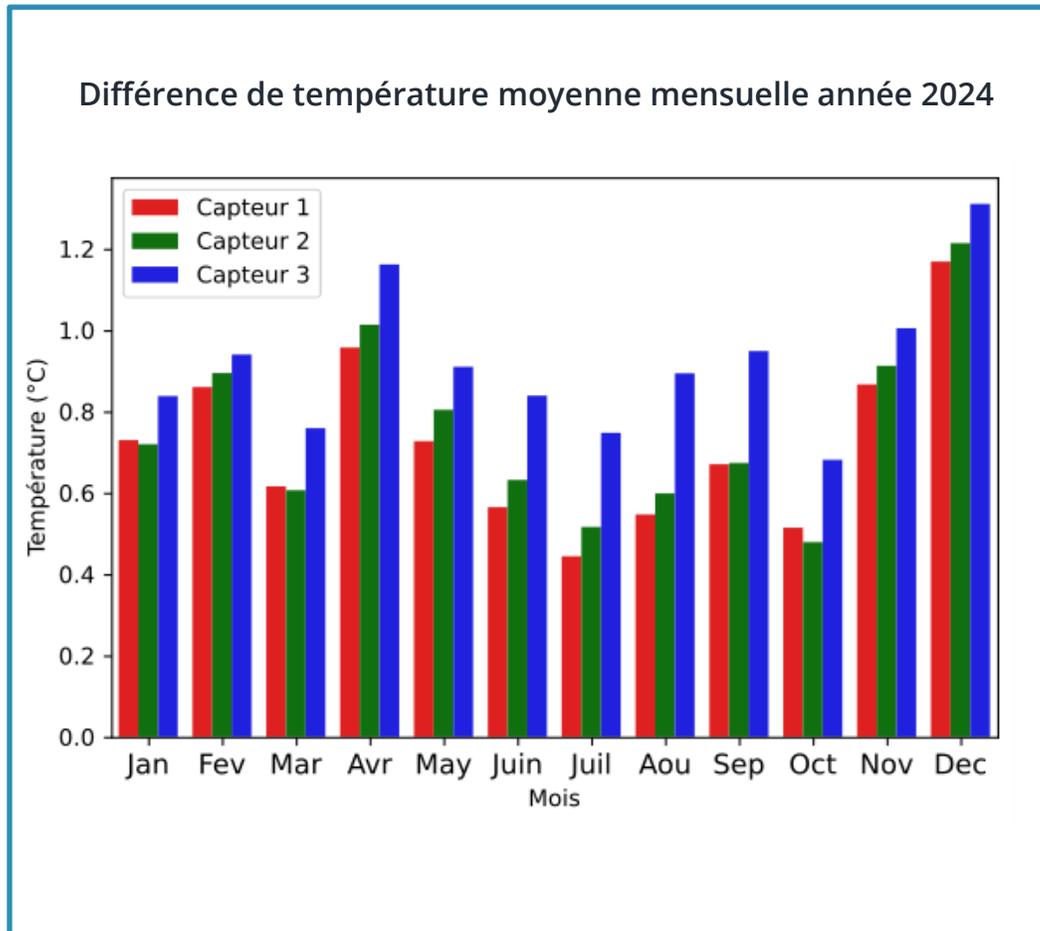


Stations installées sur place en 2024

- Température [°C]
- Humidité relative [%]
- Ensoleillement [W/m²]
- Vitesse du vent [m/s]



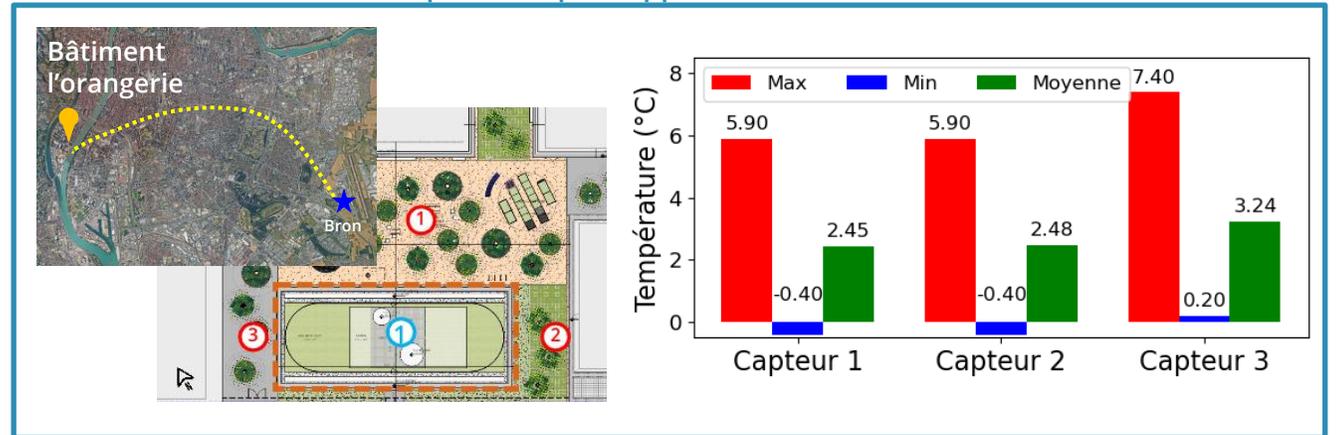
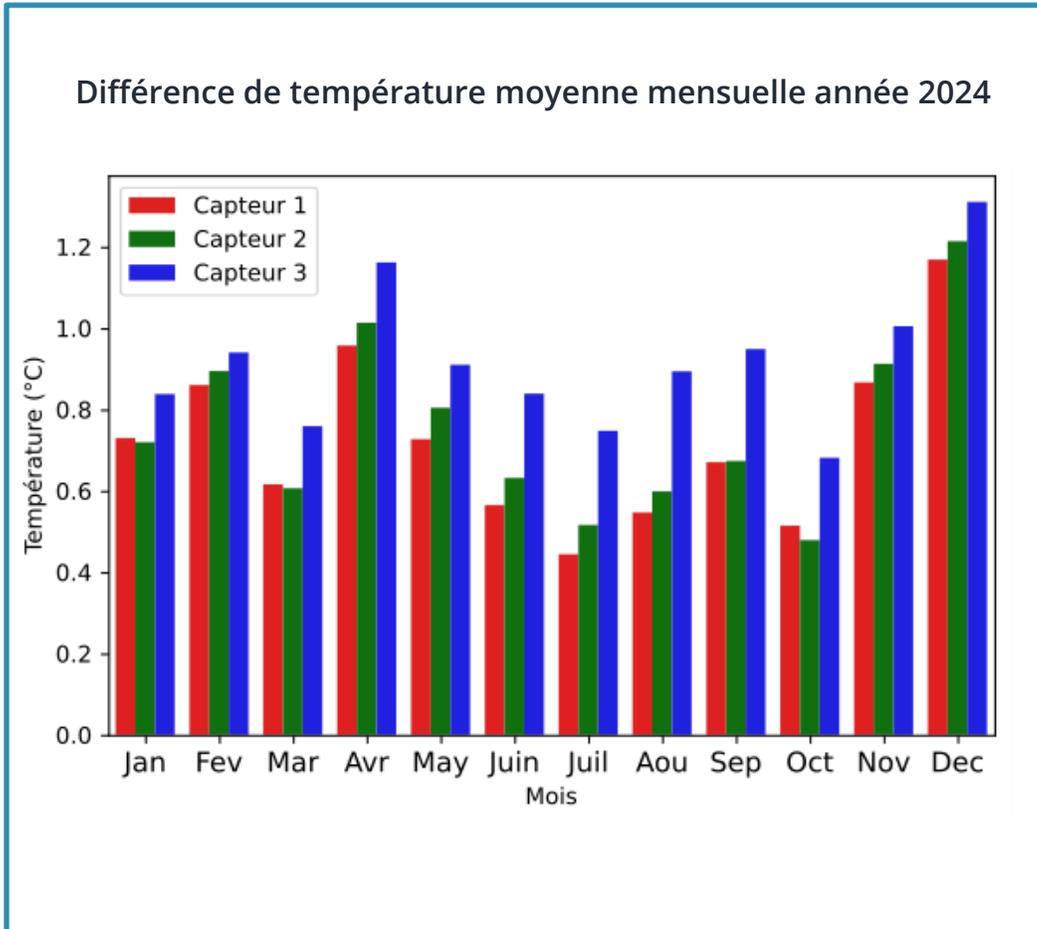
Quelles différences de températures observe-t-on ?



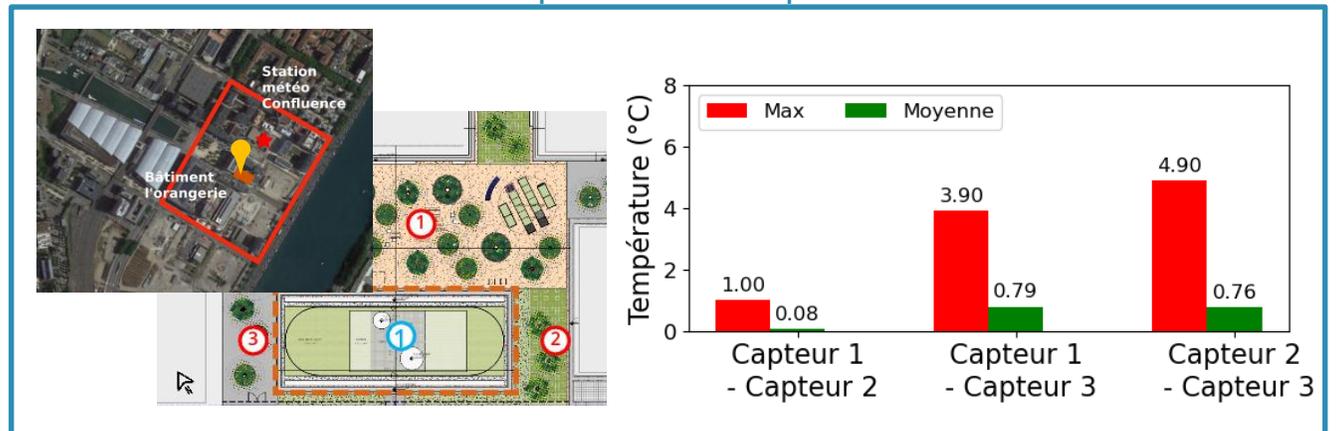


Quelles différences de températures observe-t-on ?

Comparaison par rapport à Bron : la nuit en été



Comparaison entre capteur : la nuit en été





Impact sur la modélisation du confort

Comment les différences de température et humidité relative observées impactent-elles l'estimation du confort?



Fichier météorologique Météonorm

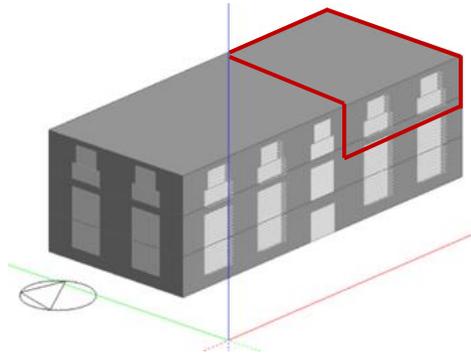
Habituellement utilisé
Représente année
moyenne à Bron



Création de 4 fichiers météorologiques format météonorm

Bron 2024
Capteur 1 2024
Capteur 2 2024
Capteur 3 2024

STD : Simulation Thermique Dynamique





Impact sur la modélisation du confort

Comment les différences de température et humidité relative observés impactent-elles l'estimation du confort?



**Fichier météorologique
 Météonorm**

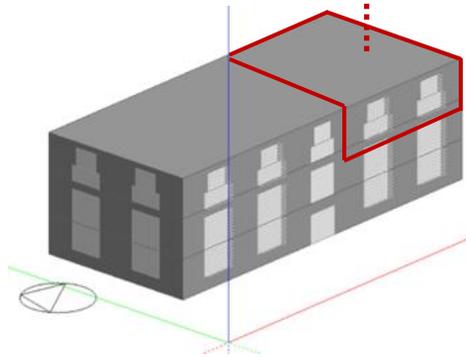
Habituellement utilisé
 Représente année
 moyenne



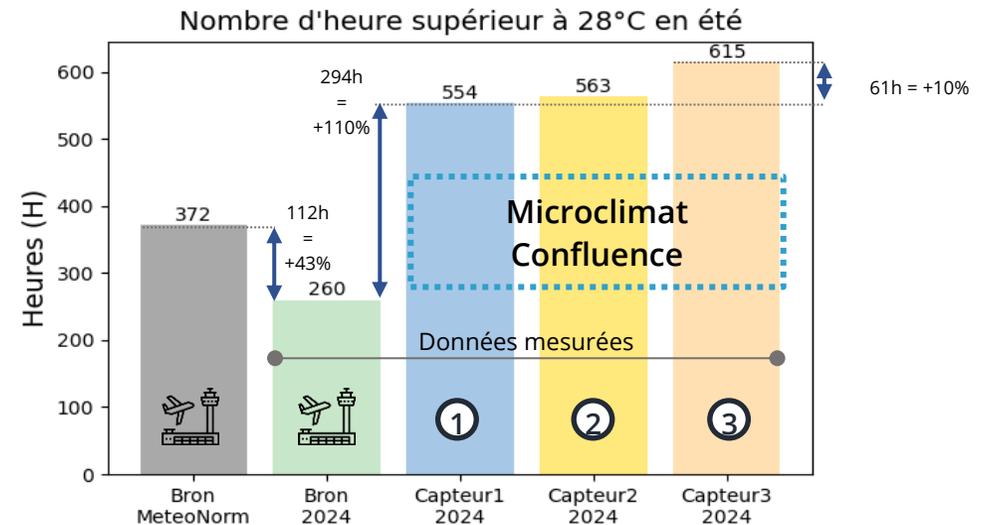
**Création de 4 fichiers
 météorologiques
 format Météonorm**

Bron 2024
 Capteur 1 2024
 Capteur 2 2024
 Capteur 3 2024

**STD : Simulation
 Thermique Dynamique**



Résultats



Conditions microclimatiques : Doubtent les heures d'inconfort par rapport à Bron

Différence entre Capteurs << différence Bron/Confluence 2024

Différence Bron 2024/Météonorm < différence Bron/Confluence 2024

Le plus important : Avoir des données localisées dans le quartier de Confluence

Limites : Valable seulement pour l'année 2024

**Comment évaluer la différence Bron/Confluence pour
 d'autres années ?**



Comment disposer des données microclimatiques localisées dans le quartier confluence ?



**Données
météorologiques
mesurées depuis 2019**

:

Bron + Confluence



Une plus grande diversité
de conditions climatiques
représentées

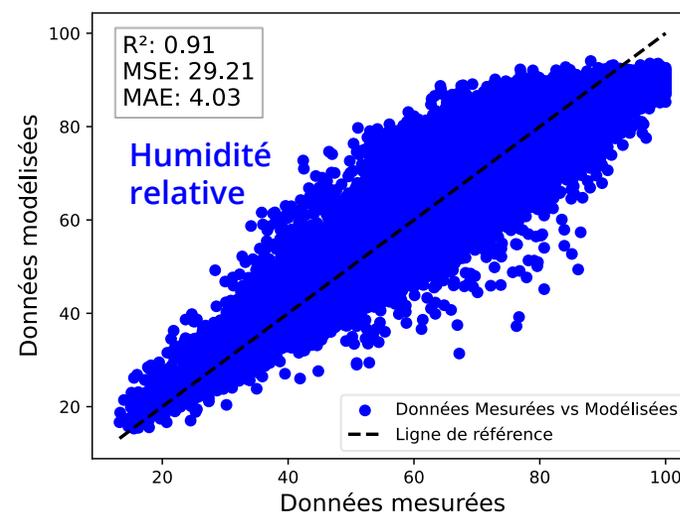
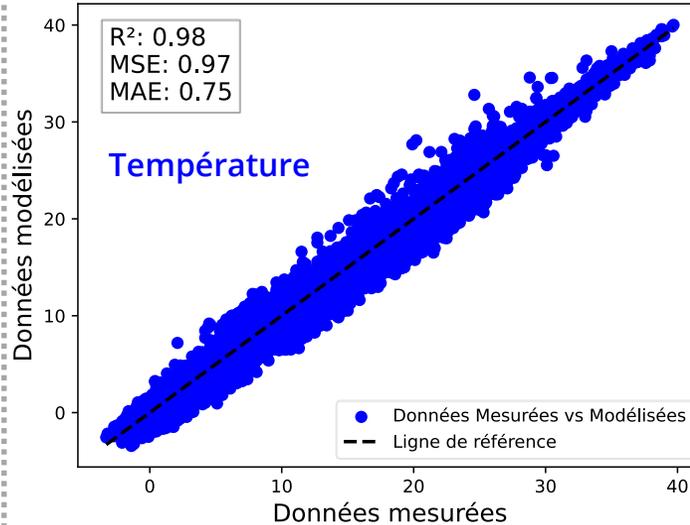


Comment disposer des données microclimatiques localisées dans le quartier confluence ?

Création du Modèle empirique microclimat Confluence

Prédiction des températures et humidités relatives à Confluence en fonction des conditions de Bron

Comparaison valeurs modélisées / valeurs mesurées



Données
météorologiques
mesurées depuis 2019
:
Bron + Confluence

Une plus grande diversité
de conditions climatiques
représentées

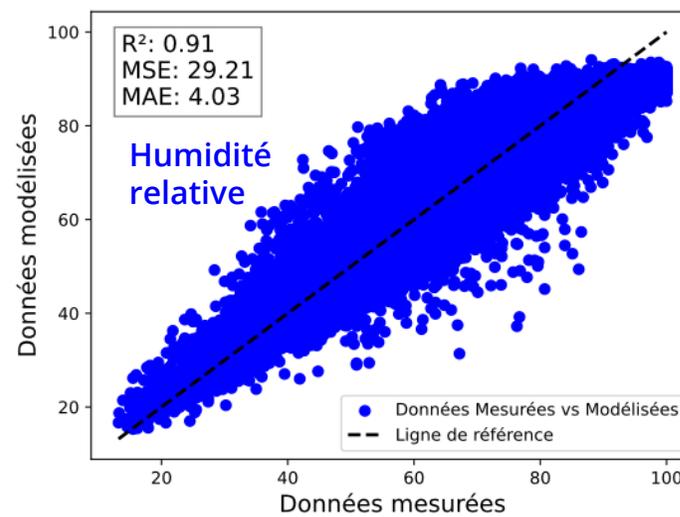
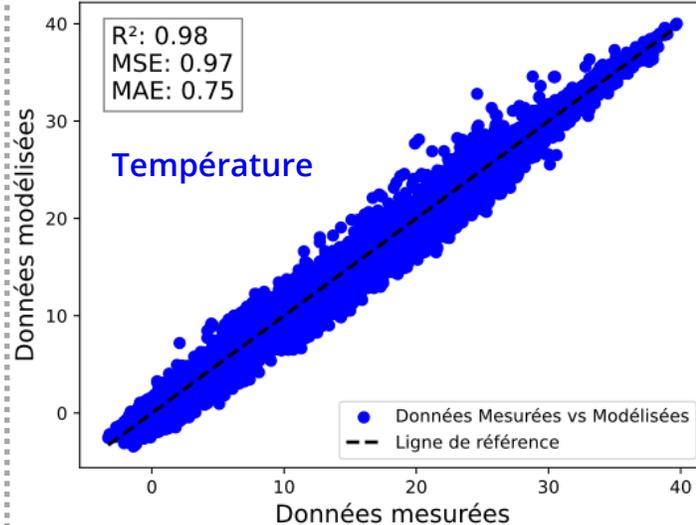


Comment disposer des données microclimatiques localisées dans le quartier confluence ?

Création du Modèle empirique microclimat Confluence

Prédiction des températures et humidités relatives à Confluence en fonction des conditions de Bron

Comparaison valeurs modélisées / valeurs mesurées



EXEMPLE



Fichier Meteonorm
Bron année moyenne



Modèle empirique
microclimat Confluence



Fichier Meteonorm
Confluence année
moyenne



Données
météorologiques
mesurées depuis 2019
:
Bron + Confluence

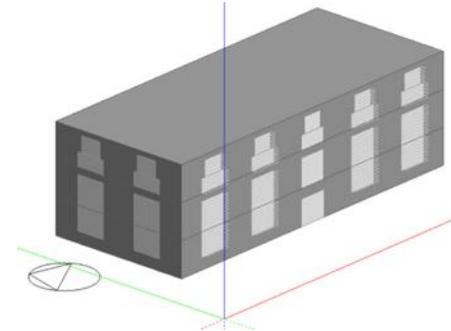
Une plus grande diversité
de conditions climatiques
représentées



Comment évaluer l'impact du microclimat de confluence sur le confort du bâtiment en 2050 ?



STD de l'orangerie,
évaluation confort en 2050





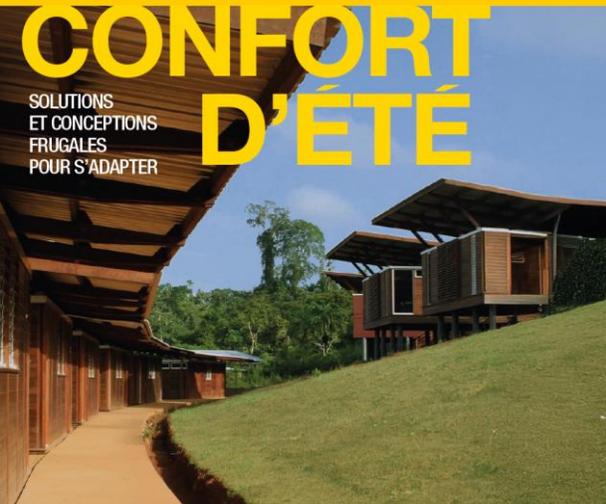
Mesures expérimentales du microclimat, conclusion partielle

		 Différence de Température	 Différence de l'humidité relative	 Différence du confort (Nombre d'heure > 28°C)
VILLE	 ENTRE BRON ET CONFLUENCE	2.5 °C	7 %	294h
QUARTIER	 ENTRE POINTS DE MESURES	0.8 °C	4 %	61h

Conditions microclimatiques : doublent les heures d'inconfort par rapport à Bron

Différence Bron/Confluence >> différence intra-Confluence

Le plus important : avoir des données localisées dans le quartier de Confluence



Modélisation Numérique du microclimat

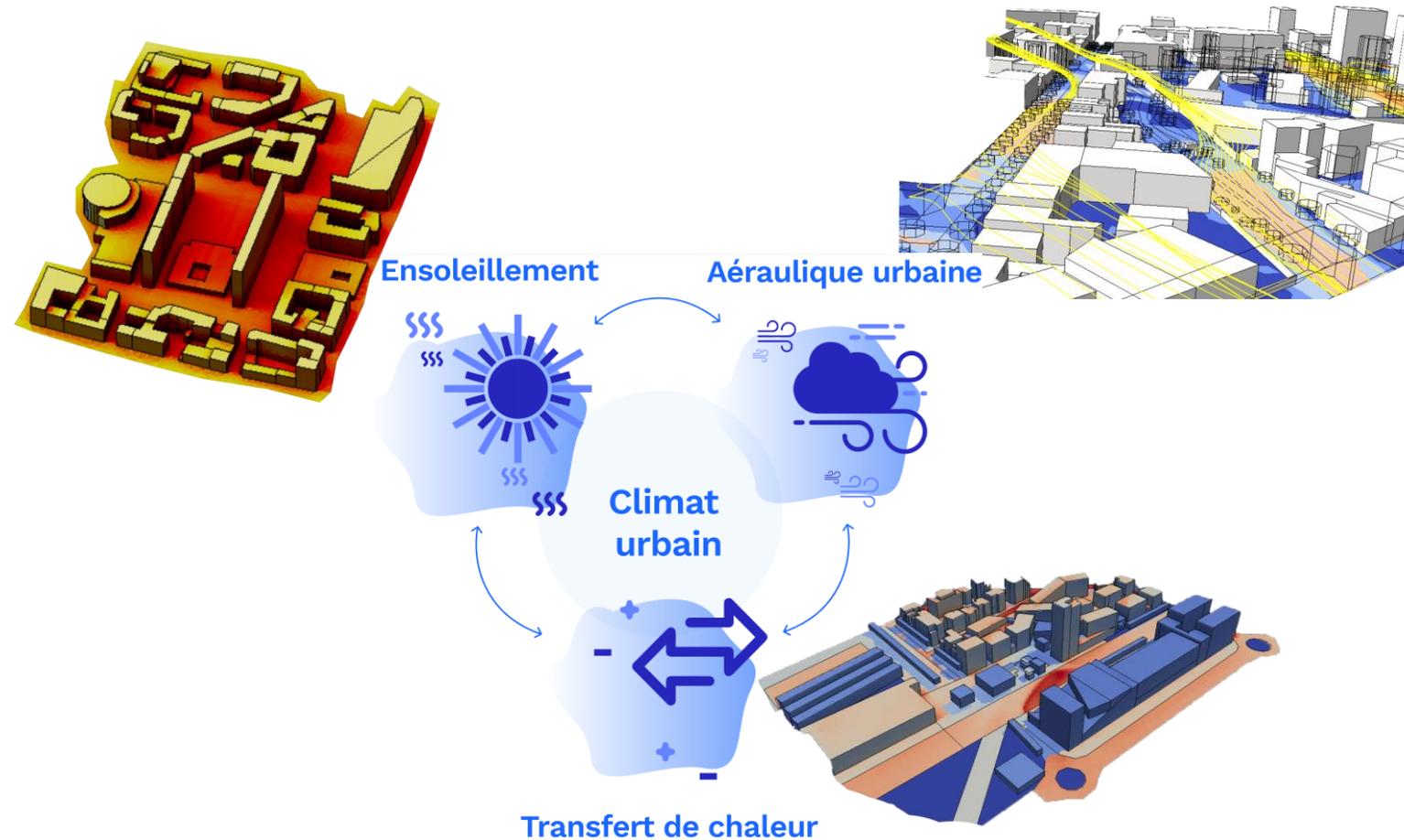
1 Comment le microclimat de Lyon impact-il les variations de températures et humidité autour du bâtiment de l'orangerie ?

2 Comment ces variations impactent-elles les conditions de confort de l'orangerie en 2050 ?

3 Comment évaluer l'impact d'aménagement urbain sur les conditions de confort de l'orangerie en 2050 ?



Modèle utilisé : SOLENE-microclimat



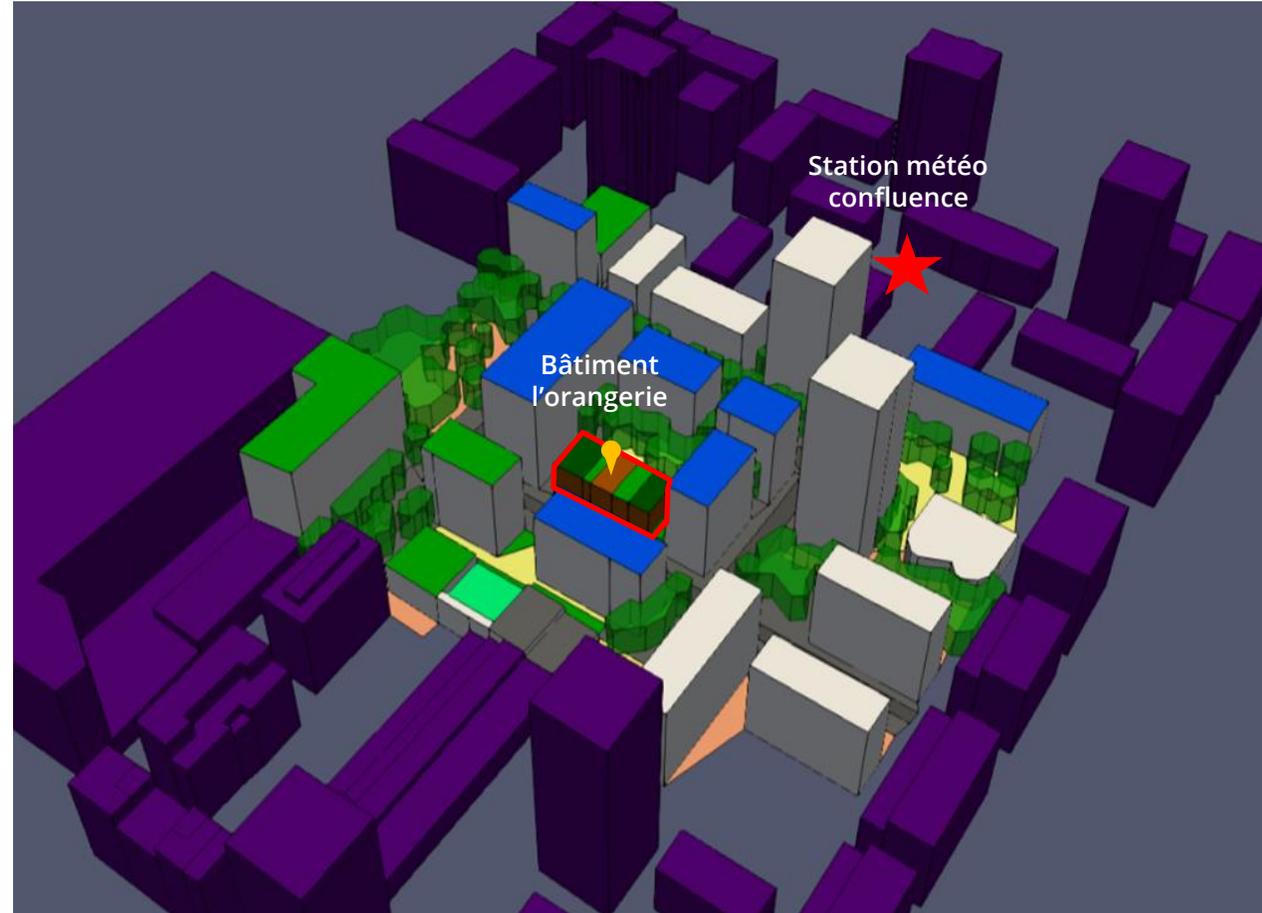
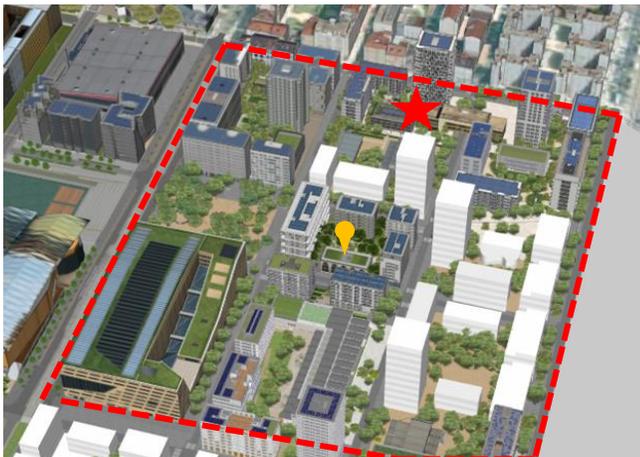


Modélisation microclimatique du projet existant

Quartier confluence



Périmètre modélisé

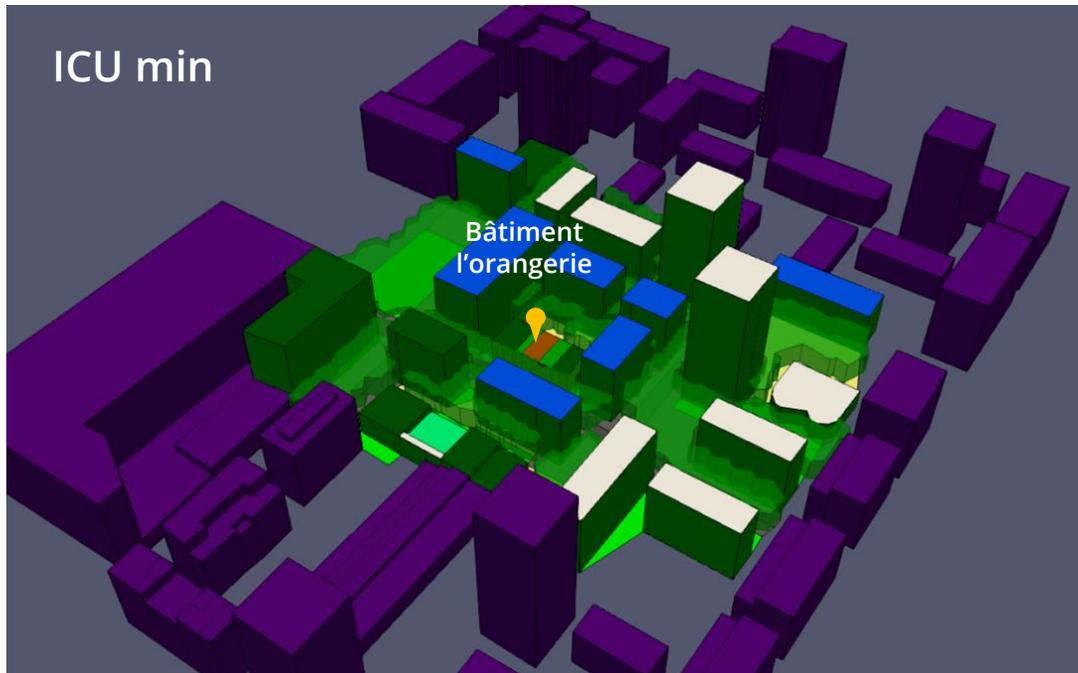


Classification des surfaces en fonctions de leurs propriétés thermophysiques

- Toiture photovoltaïque
- Toiture claire
- Toiture sombre
- Toiture synthétique
- Façade pisé
- Façade claire
- Bâtiment masque
- Route
- Trottoir
- Esplanade claire
- Esplanade stabilisée
- Toiture végétalisée
- Toiture végétalisée dense
- Arbres
- Pelouse

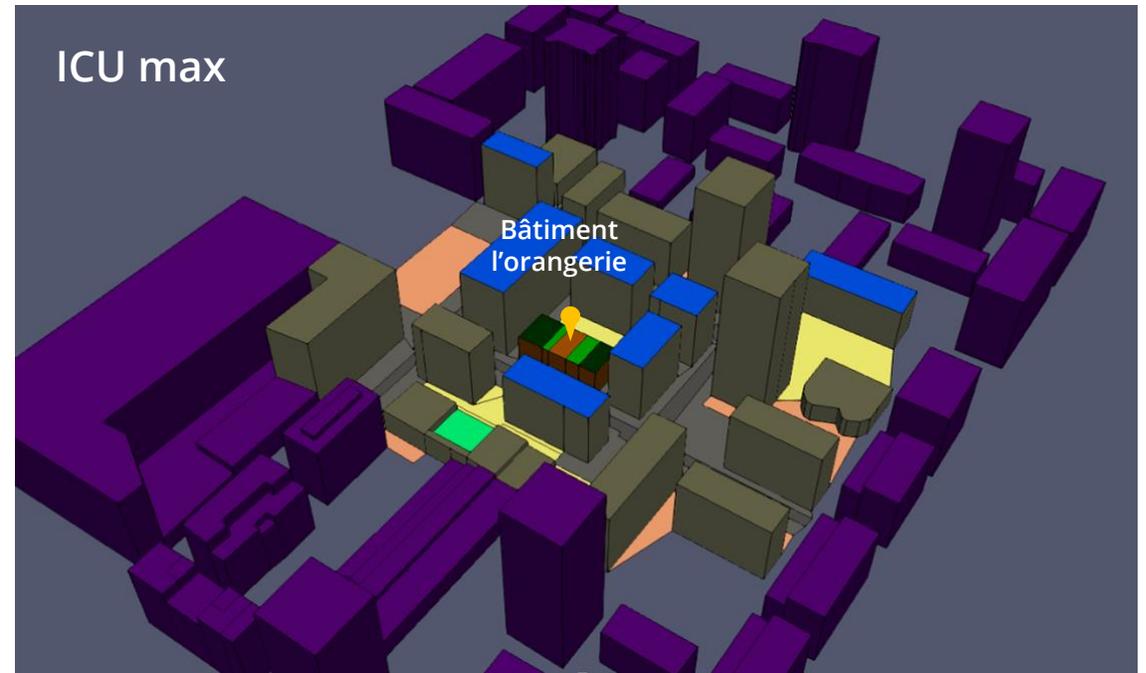


Modélisation d'aménagements urbains



Politique d'aménagement urbain minimisant l'ICU

Couverture arborée maximale
Façade végétalisées
Toiture blanche ou photovoltaïque



Politique d'aménagement urbain maximisant l'ICU

Aucun arbre
Seulement des surfaces minérales



Impact des deux aménagements urbains sur le microclimat en 2050



Données
 Météonorm
 Bron
 année 2050

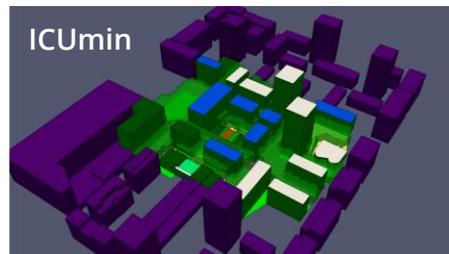
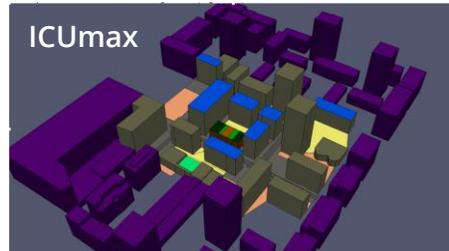
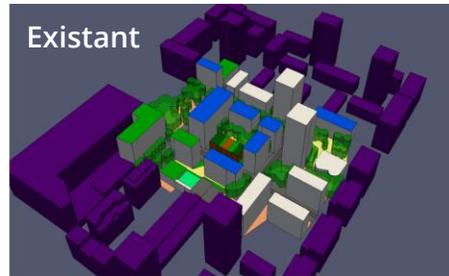


Simulations
 microclimatiques

Jour le plus chaud de
 l'année

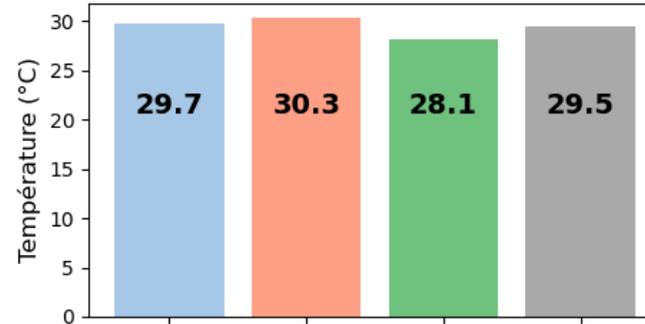
19 Août 2050

Vitesse de vent 2,5m/s et
 une direction de 202.5°

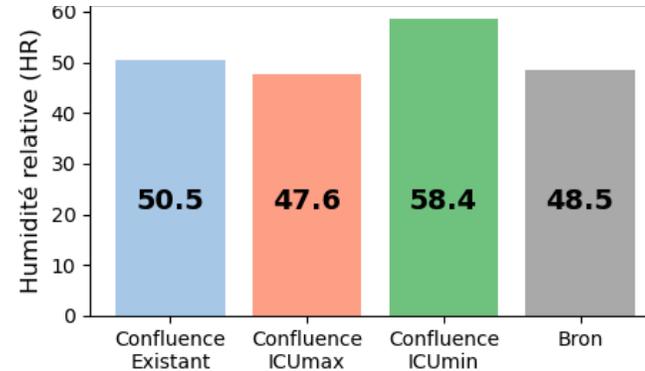


Impact des aménagements urbain 19/08/2050

Température extérieure journalière moyenne



Humidité relative extérieure journalière moyenne



Extrapolation horaire pour
 l'ensemble de l'année 2050



Données
 Météonorm
 Confluence année
 2050 ICU min



Données
 Météonorm
 Confluence année
 2050 ICU max



Impact des deux aménagement urbains sur les performances de l'orangerie en 2050



Données
Meteonorm
Confluence
année 2050



Données
Meteonorm
Confluence année
2050 **ICU max**



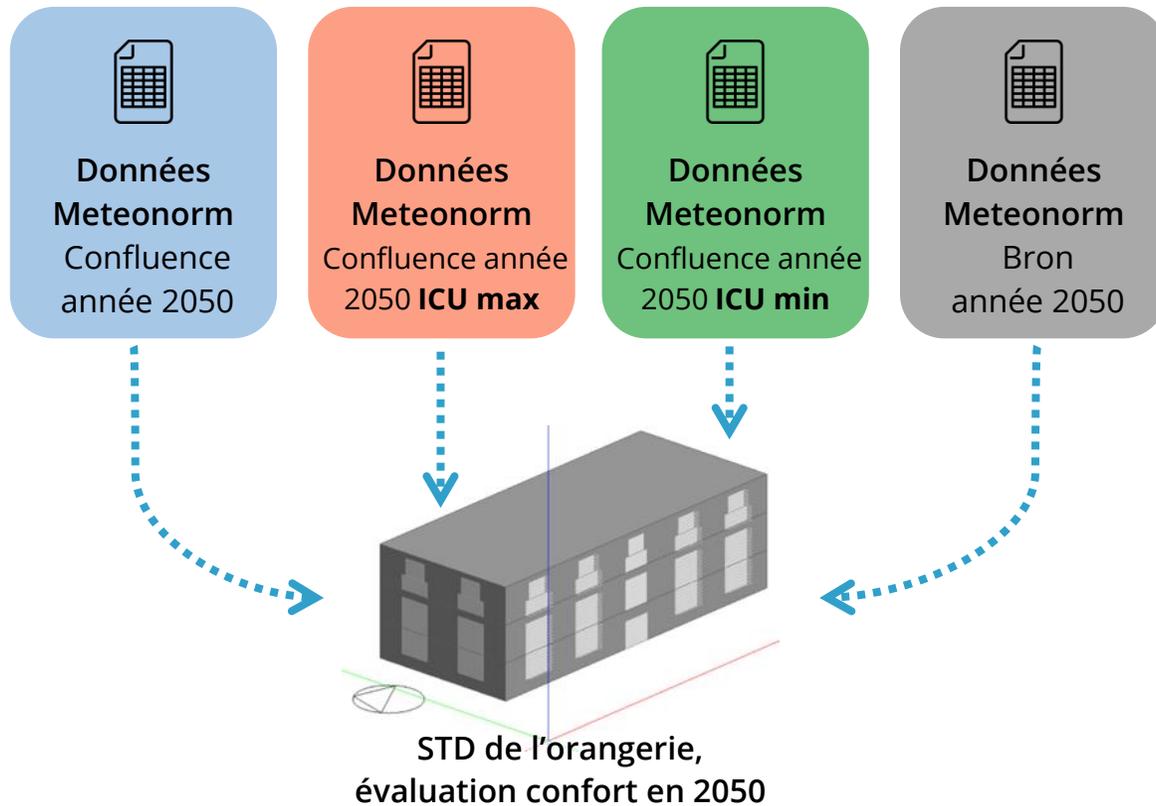
Données
Meteonorm
Confluence année
2050 **ICU min**



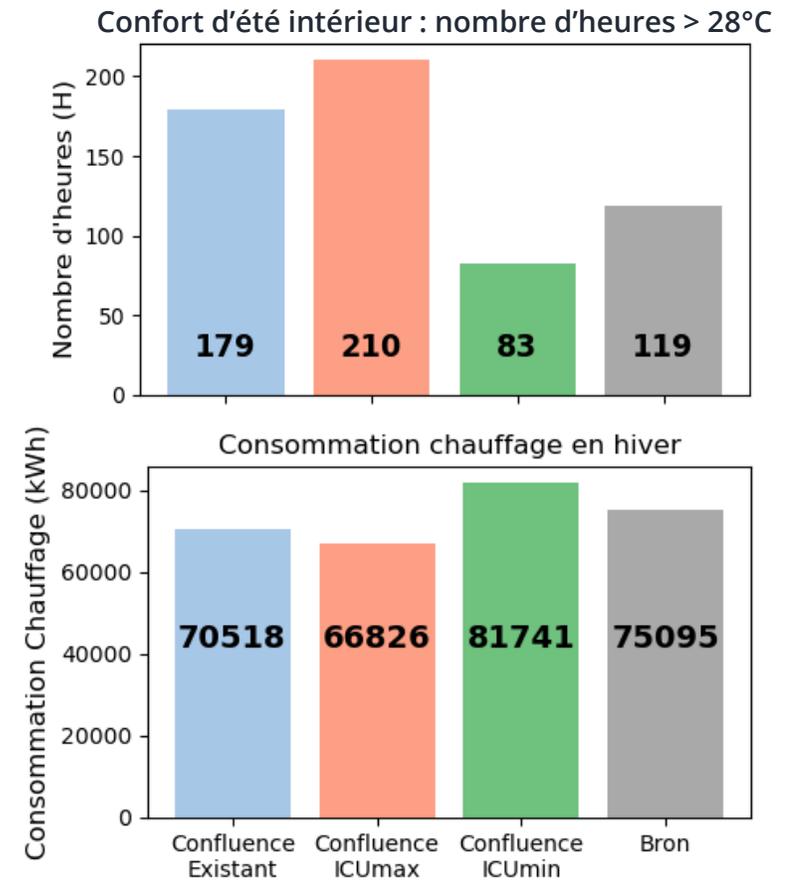
Données
Meteonorm
Bron
année 2050



Impact des deux aménagement urbains sur les performances de l'orangerie en 2050

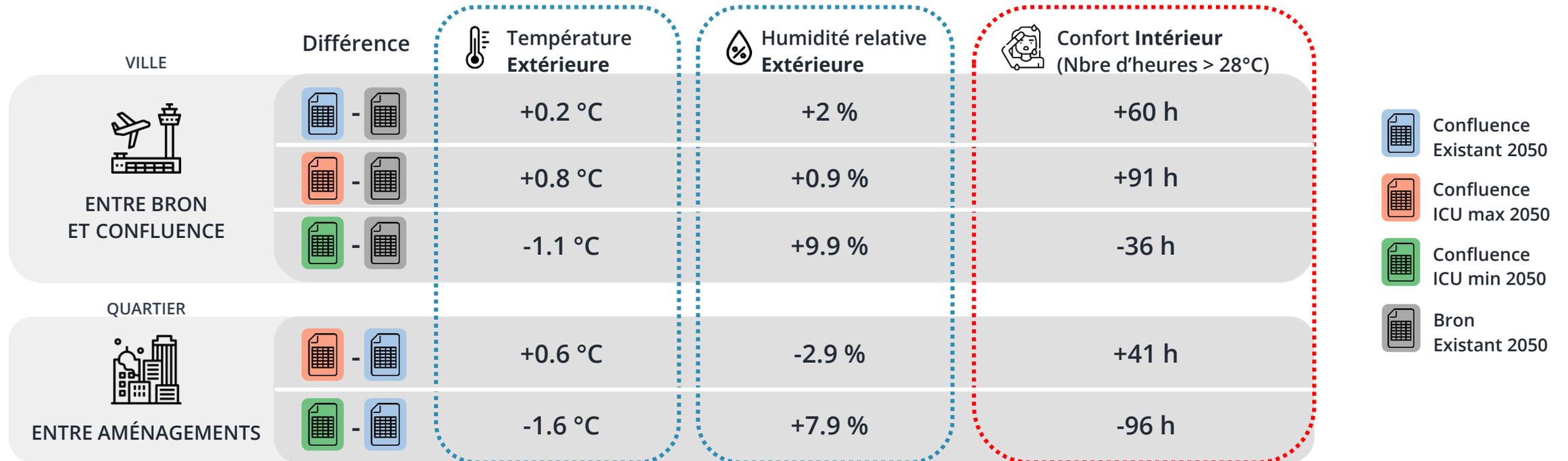


Résultats





Modélisation numérique du microclimat de différents aménagements urbains



Différence Bron / Confluence ≈ différence intra-Confluence

Connaître l'impact d'un aménagement à l'échelle du quartier est aussi important que connaître la variation du climat à l'échelle de la ville



Impact du microclimat sur le confort du bâtiment

Importance de développer et utiliser des outils pour définir la variabilité du microclimat à l'échelle de la ville, et du quartier pour les aménagement urbain



Mesures expérimentales

Avantage

Plus connu et meilleure confiance à priori : « On l'a mesuré ! »

Inconvénients

- Valable seulement pour le temps de la mesure
- Non valable pour des conditions climatiques différentes
- Il faut plusieurs années de mesures
- Non prise en compte d'aménagement urbain différents



Modélisation numérique

Avantages

- Permet de représenter n'importe quelles conditions climatiques
- Permet d'évaluer différents types d'aménagement urbain

Inconvénient

- Expertise technique importante pour l'utilisation des outils de simulation numérique
- Extrapolations nécessaires pour la création de fichiers annuels

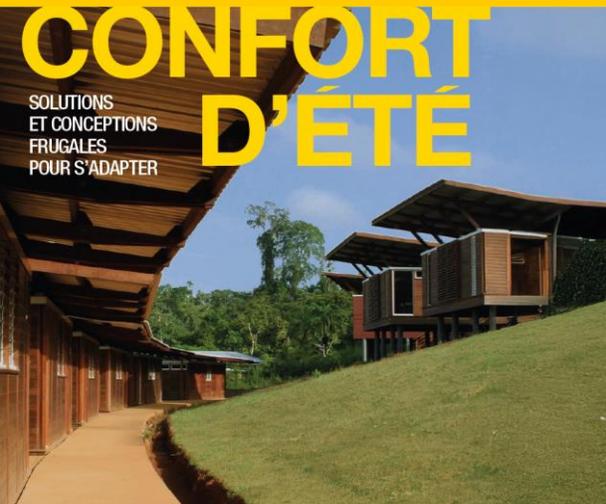


Les travaux de recherche conduits a posteriori

Quel est vraiment l'impact des transferts d'humidité à l'œuvre dans les parois en pisé sur le confort ressenti dans les bâtiments ?

Théo Poupard, Etamine

Doctorant CIFRE au laboratoire GeM



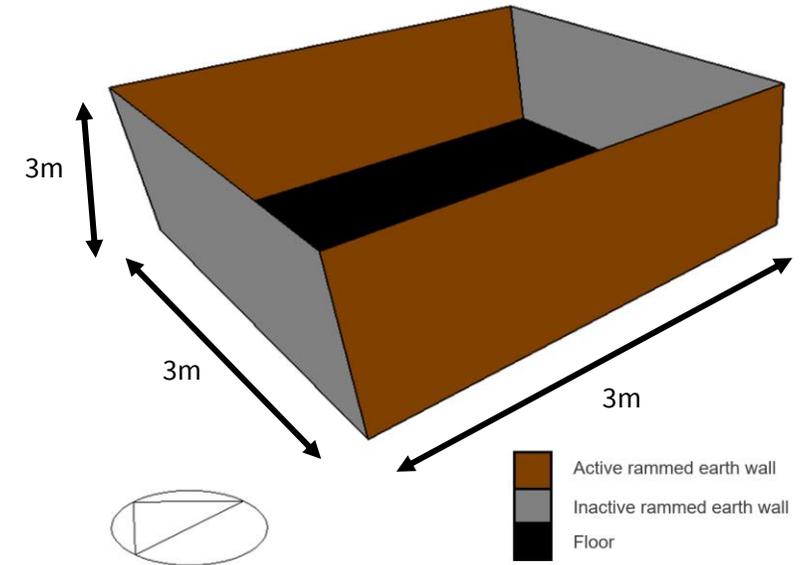
Rammed earth building: contribution of moisture transfer on indoor comfort

Objectif :

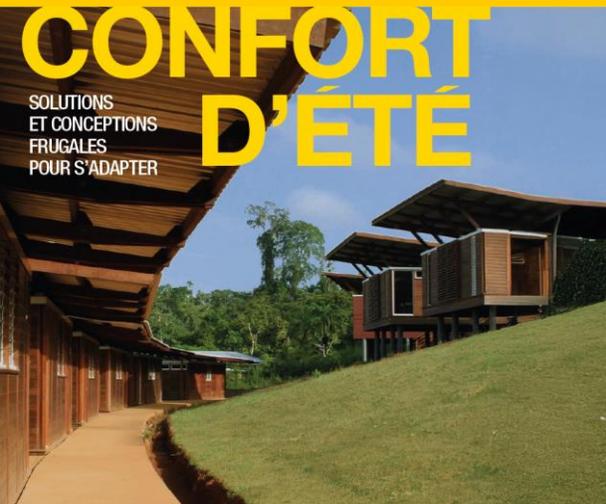
Quantifier l'impact sur le confort hygrothermique des usagers de la prise en compte des termes hydriques sur des résultats de STD de bâtiment en terre crue

Moyens :

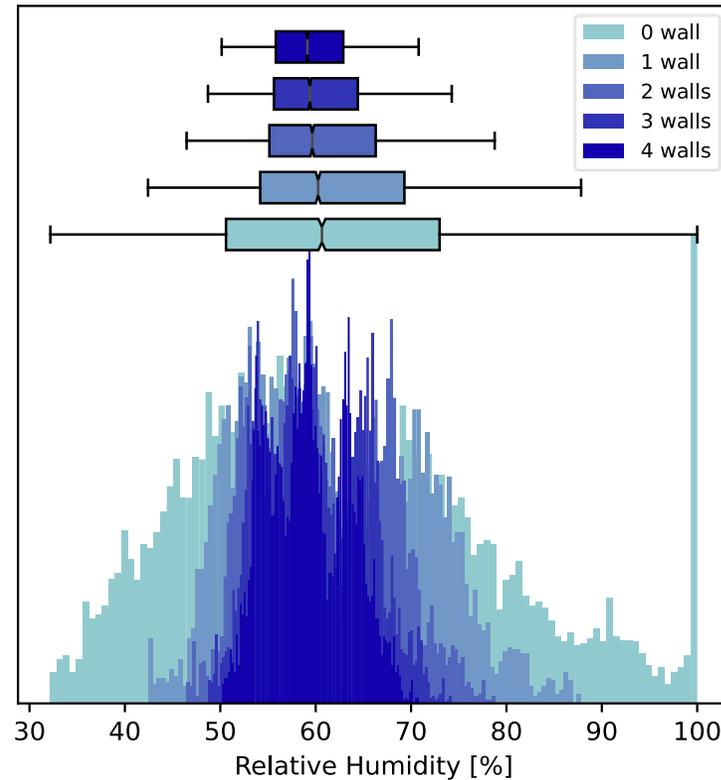
Etude paramétrique échelle bâtiment sur un modèle simplifié, avec le logiciel EnergyPlus



Modèle géométrique simplifié pour mise en relief de l'impact du couplage hygrothermique dans des parois en terre crue^[12]



Résultats : Humidité relative [%]



Résultats pour l'humidité relative^[12]

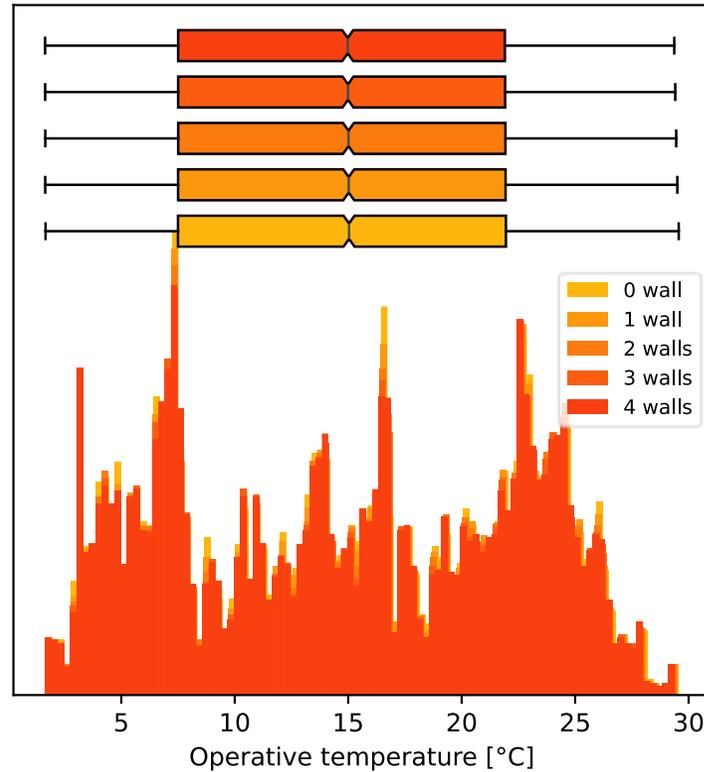
**Régulation de
l'humidité relative
ambiante**

**Augmentation des
valeurs faibles
Diminution des
valeurs élevées**

**Impact de la prise en compte du phénomène visible
sur l'humidité relative ambiante**



Résultats : Température opérative [°C]

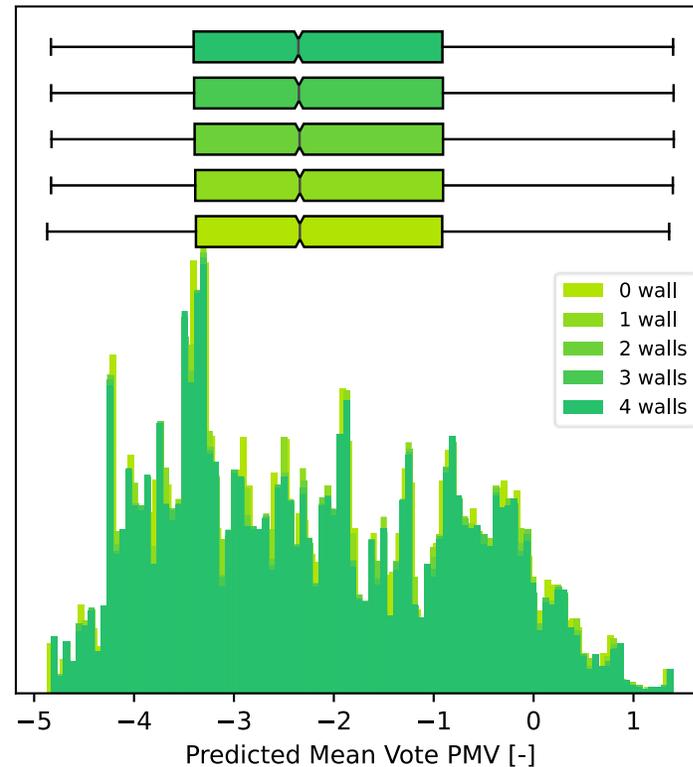


Résultats pour la température opérative^[12]

Impact de la prise en compte du phénomène **très faible** sur la température intérieure



Résultats : Predicted Mean Vote (PMV) [-]

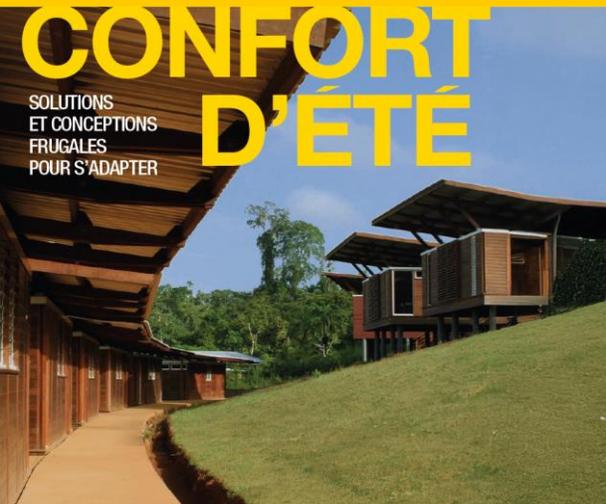


Résultats pour la température opérative^[12]

Impact de la prise en compte du phénomène **très faible sur le PMV**



10^è COLLOQUE
NATIONAL
INTERPROFESSIONNEL



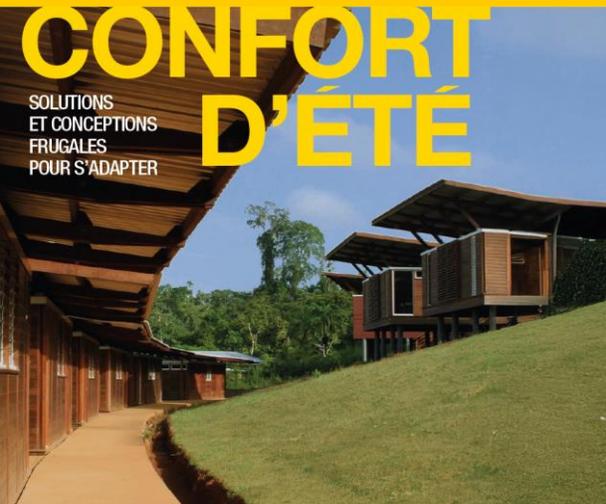
Les retours en exploitation

Le suivi du comportement du pisé

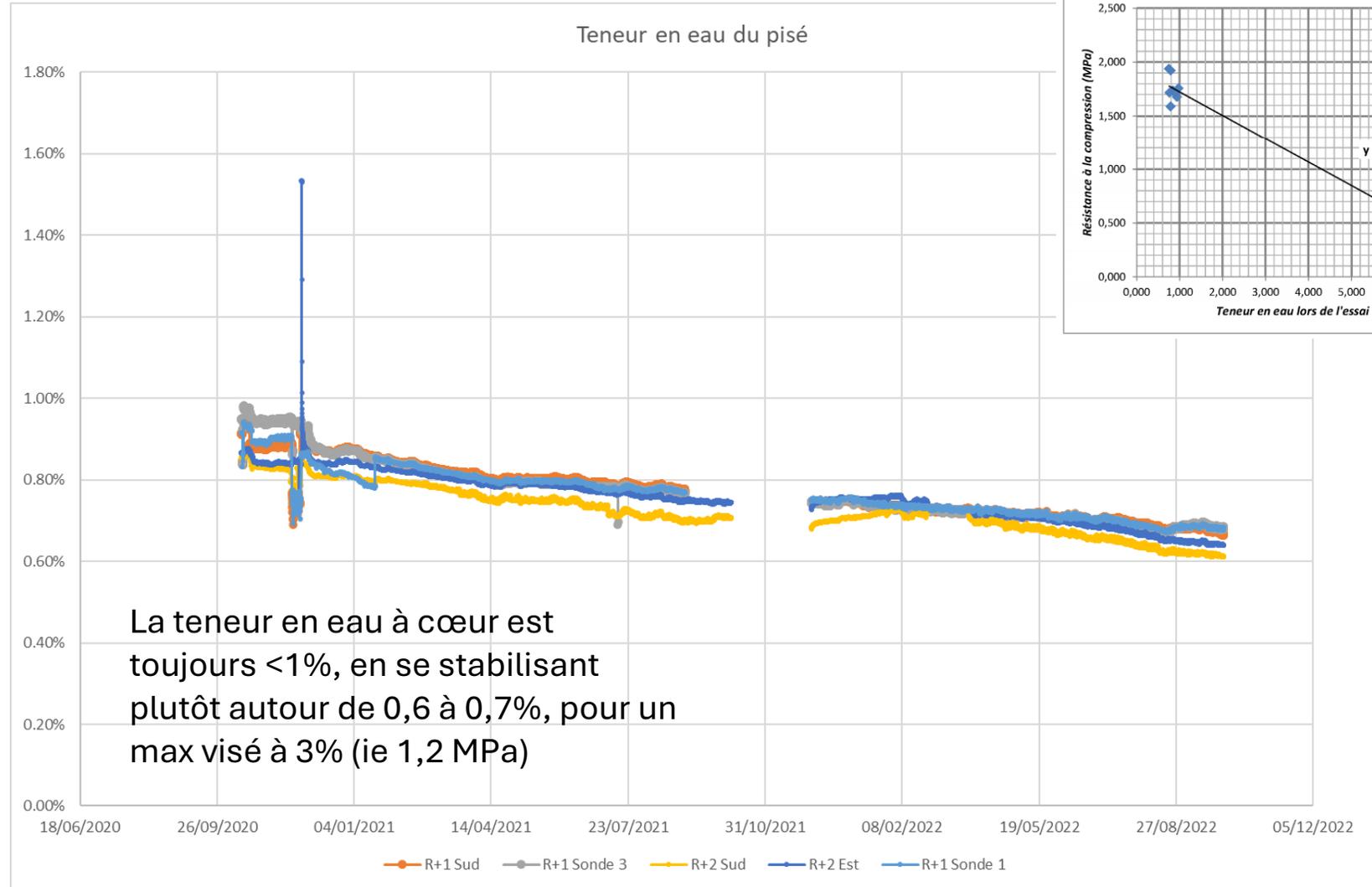
Une instrumentation rendue nécessaire dans le cadre de l'ATEX structure déposé sur le projet

→ Un accès aux locaux pour assurer le relevé des sondes anticipé dans les actes notariés, qui a facilité l'accès au bâtiment pour les travaux de recherche

→ Des relevés très rassurants par rapport au comportement structurel



Le suivi du comportement du pisé

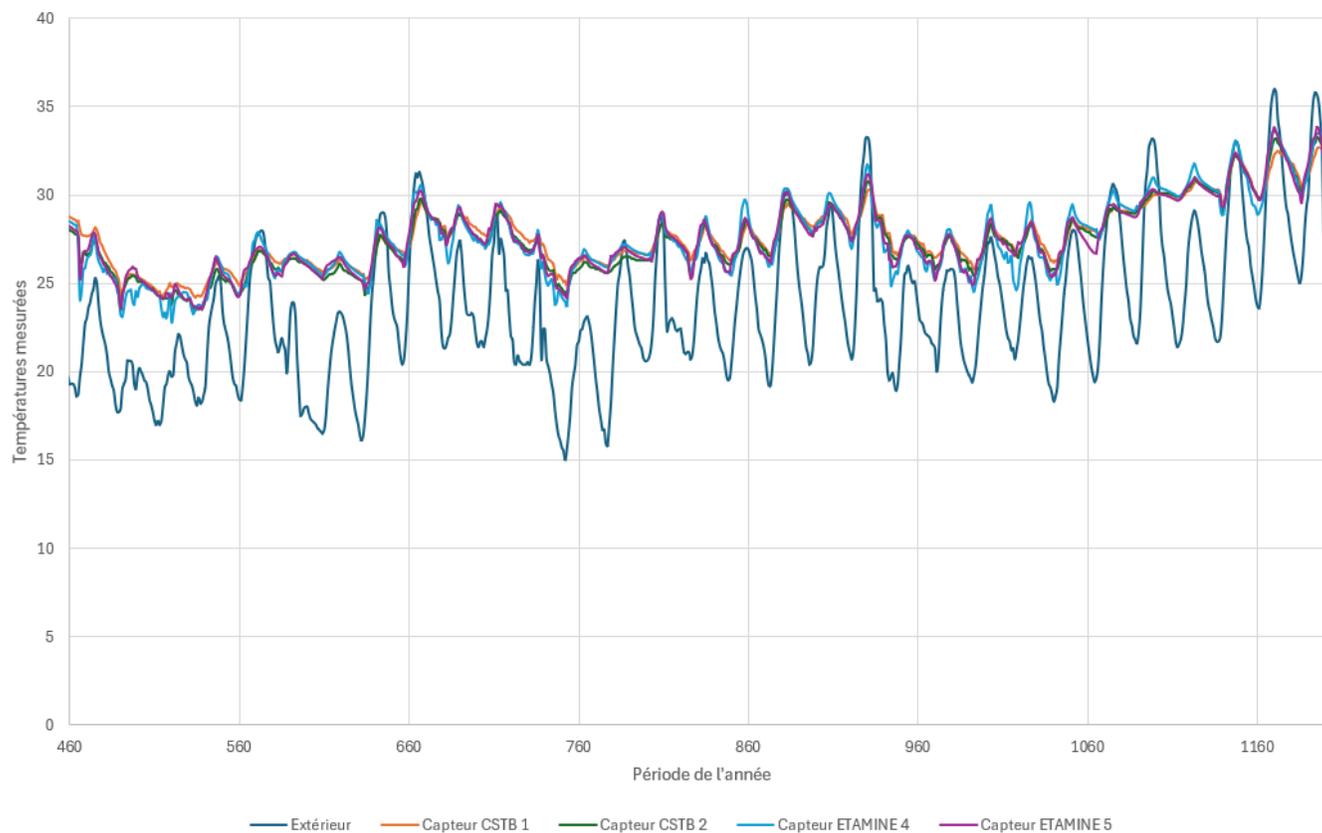


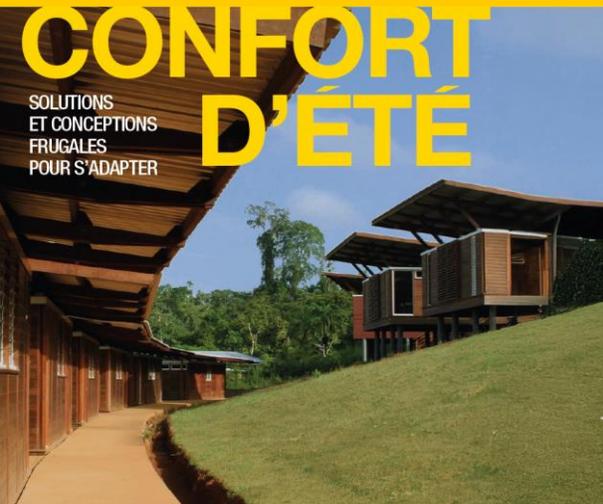


Le suivi du confort en exploitation

Un inconfort réel, nettement supérieur au comportement modélisé en conception

Evolution des températures intérieures mesurées dans l'Orangerie (B05), en juillet 2024





Le suivi du confort en exploitation

Les raisons :

- Un bâtiment multipreneurs, qui accueille des activités « non traditionnelles »
- Une supervision globale abandonnée au profit d'automates par systèmes
- Une circulation des informations entre concepteur – maintenir – usagers trop peu anticipée
- Protection solaire affaiblie dans les circulations par rapport au projet initial (accès pompiers)
- Défaut de fonctionnement de la CTA adiabatique



Capture d'écran
automate



Le suivi du confort en exploitation

Extrait livret utilisateur établi à la livraison

LES GRANDS PRINCIPES

PEU DE BESOINS DE RAFRAICHISSEMENT, grâce à :

DE BONNES CONDITIONS DE CONFORT dans tous les espaces:

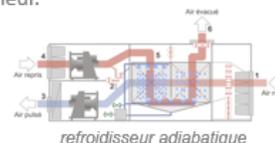
Des **protections solaires** sont présentes pour éviter les surchauffes dues au rayonnement solaire direct.

- Des rideaux au RDC et des stores toiles au 1^{er} et 2^{ème} étages
- Des brises soleil horizontaux fixes sur la façade sud

A la mi-saison, il est possible d'aérer le bâtiment en **ventilation naturelle** par l'ouverture des fenêtres, et évacuer ainsi les apports liés aux équipements informatiques, des machines, de l'éclairage, et à la présence des occupants. Cette ouverture en inoccupation permet de bénéficier de la chute importante de la température la nuit pour rafraîchir de manière passive les espaces/

→ Le renouvellement d'air est assuré par une centrale de traitement d'air double-flux disposant d'un refroidisseur adiabatique et d'une pompe à chaleur.

Le principe d'un refroidisseur adiabatique indirect consiste à refroidir l'air neuf en faisant passer sur un échangeur imbibé d'eau. Quand un rafraîchissement plus conséquent est nécessaire, la pompe à chaleur est mise en route.

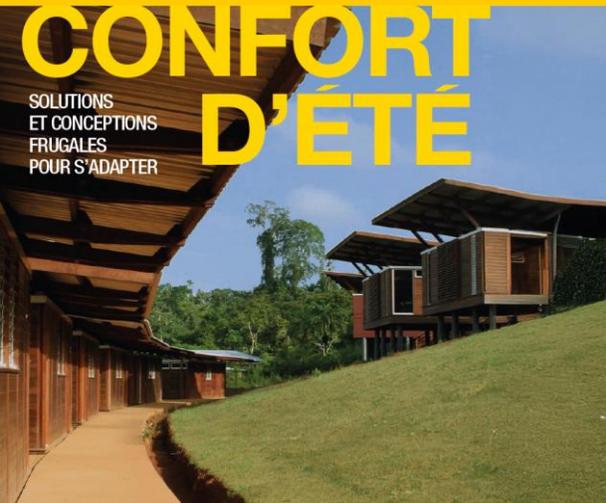


→ La **végétalisation** de la parcelle permet de **limiter l'effet d'îlot de chaleur**.

QUELS BONS GESTES ?

En été :

- Utilisez les **protections solaires** pour minimiser les apports de chaleur
- Utilisez les **brasseurs d'air** pour abaisser la température ressentie
- **Ouvrez les fenêtres avant de partir le soir** pour évacuer les calories durant la nuit (attention, sauf le week-end !)

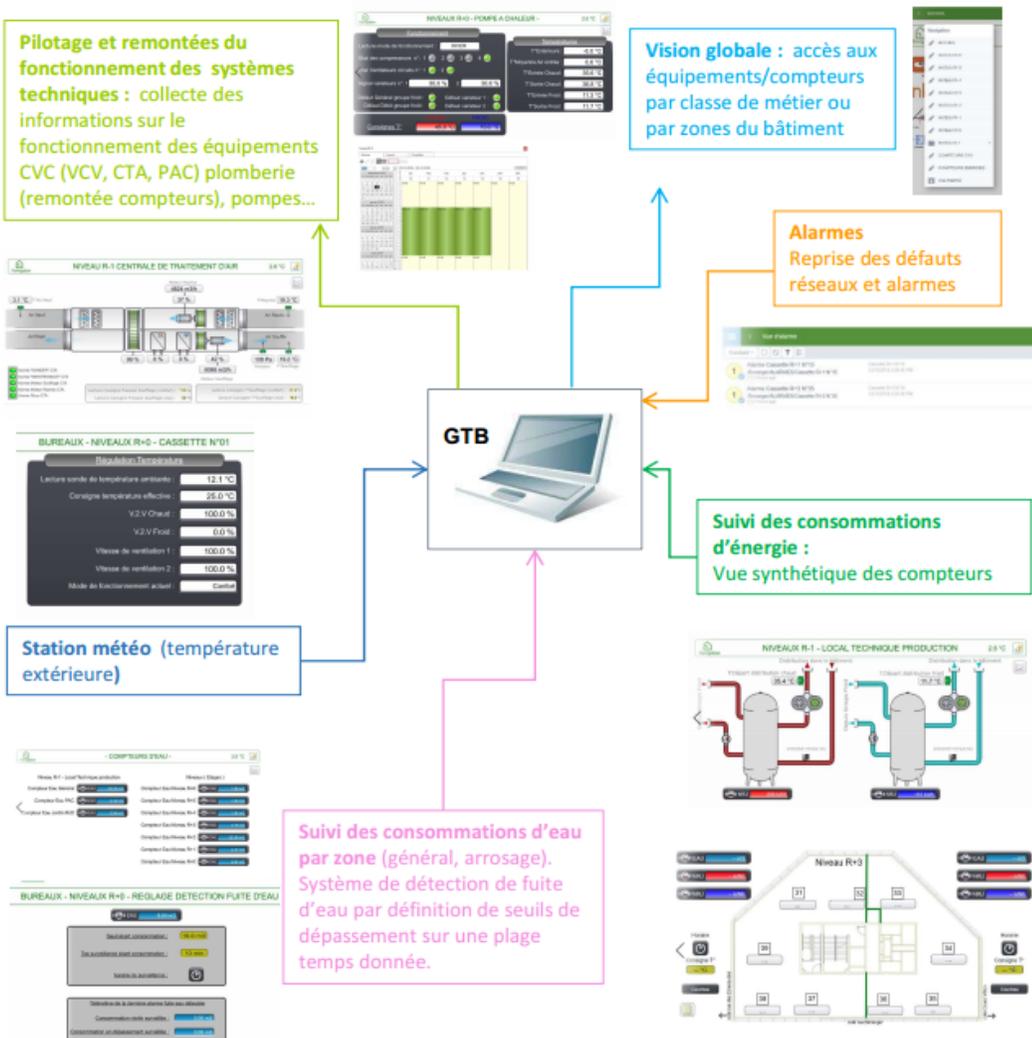


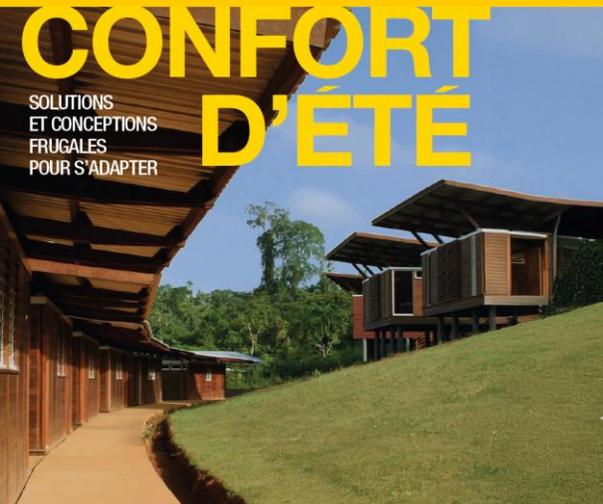
Le suivi du confort en exploitation

Extrait livret exploitant établi à la livraison

GUIDE D'ENTRETIEN ET MAINTENANCE

Un système de Gestion Technique du Bâtiment (GTB) est installé sur le bâtiment, permettant d'assurer les fonctions figurant sur le schéma suivant :





Le suivi du confort en exploitation

Extrait livret exploitant
établi à la livraison



Ventilation/traitement de l'air

D'ENTRETIEN ET MAINTENANCE

CE QUI EST PREVU

Le renouvellement d'air dans les bureaux est assuré par une CTA installée en sous sol dans un local technique:

- Echangeur rotatif, efficacité 83.4%
- Ventilateurs à faible consommation
- Filtre soufflage de classe F8
- Etanchéité à l'air des réseaux de classe B / caisson classe L2
- Gestion du free cooling en été (arrêt de la roue lorsque la température extérieure est inférieure à l'air extrait)
- Nightcooling possible en été (CTA remise en route en inoccupation pour rafraîchir avec l'air extérieur)
- Module adiabatique type ADIABOX en amont de l'air neuf de la CTA, piloté par la CTA
- Pompe à chaleur en dernier relais dans la stratégie de rafraîchissement, pilotée par la CTA également.

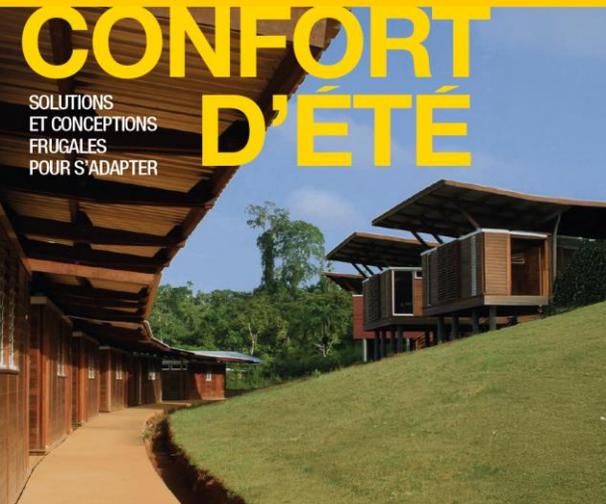
Les bureaux sont équipés d'une gestion du débit sur sonde de CO2. Les registres assurent un débit minimal (10%) lorsque le seuil CO2 n'est pas dépassé et passent en débit maximal dans la zone lorsqu'elle dépasse 900 ppm.

A noter que :

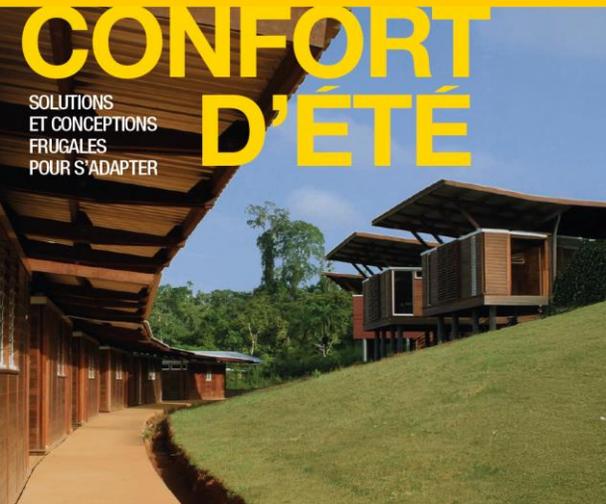
- Les registres sont pilotables afin de pouvoir rafraîchir efficacement en été même quand les seuils CO2 ne sont pas dépassés
- Deux registres minimum sont toujours ouverts afin n'empêcher la mise en défaut de la CTA



10^è COLLOQUE
NATIONAL
INTERPROFESSIONNEL

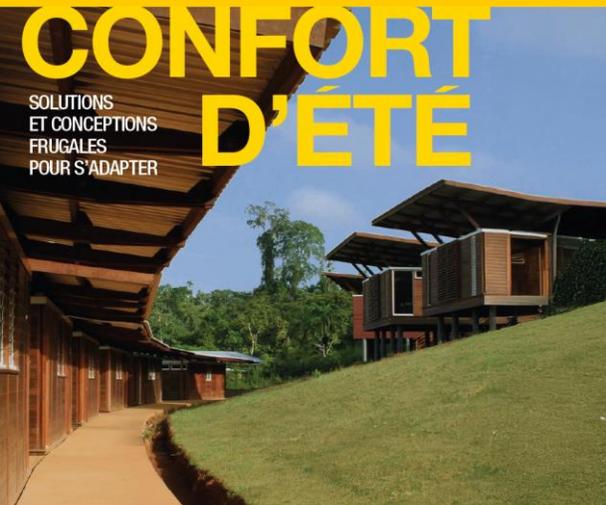


Les enseignements



- Une stratégie de rafraîchissement économe implique une « séquence » d'actions déclenchées successivement (à la différence du « jour de mise en route du chauffage »)
- Les utilisateurs des locaux doivent pouvoir comprendre et s'approprier cette séquence, et cela nécessite d'imaginer et de mettre en place une communication adaptée,
- L'absence de supervision globale rend le réglage coordonné des systèmes difficile
- Un projet qui a servi de support à la recherche, pour des enseignements opérationnels utilisables ailleurs
- Des utilisateur.ices néanmoins ravi.es de travailler dans cet immeuble

NB : Les autres spécificités environnementales de ce projet ont fait l'objet d'un rapport d'évaluation globale



ATELIERS #3 et #4 ou VISITE

	Grande Halle	Hall	Forum	VISITE
14h00-15h00	Retours usagers : connaître, comprendre et adapter par <i>Isabelle Clostre</i> , responsable communication et concertation, SPL Lyon Confluence et <i>Marine Morain</i> , ADMINIMA	Le confort d'été est-il une tragi-comédie ? Retour d'expérience : Sarcopaille à Sarcelles par <i>Marie-Anne Geay</i> , directrice du bâtiment et des équipements, Comédie Française, <i>Benoît Rougelot</i> , architecte, Landfabrik, <i>Nicolas Estrangin</i> et <i>Christel Corradino</i> , ingénieurs fluide-thermique-ventilation-ACV, Enertech	Inertie et passif, quels leviers pour le confort d'été ? par <i>Franck Janin</i> , HELIASOL	Confort d'été et ambiance urbaine, balade expérientielle, sur Lyon Confluence
15h05-16h05	RACINE, projet de recherche sur l'adaptation « low tech » des écoles primaires aux vagues de chaleur, ACTEE, sponsor officiel de BâtiFRAIS 2026 - Présentation du projet « Grandir Nature - Les Cours Buissonnières » par <i>Salma El Mrani</i> , Associée, Responsable de pôle adjointe Environnement, ALTOSTEP	Retour d'expérience : une architecture bioclimatique et biosourcée pour le siège de l'ONF à Digne-les-Bains, par <i>Hervé Meyer</i> et <i>Vivien Manuel</i> , Apache Architectes	Programme de recherche VF ++ « Des villes fraîches par et pour les usagers » : intégrer solutions douces, vertes et grises pour favoriser la santé des habitants dans un environnement durable	