

CEETRUS

GARE DUNORD

Indice 2 – PRO - DCE

03/02/2020



Etude de confort thermique

PRESENTATION

CONTEXTE ETUDE

Objectif de l'étude

La présente étude réalisée par Greenaffair a pour objectif d'analyser le confort estival des occupants des zones d'attente et de circulations du bâtiment « Hall des départs » pendant les heures d'occupation.

Méthodologie globale

Le confort thermique des zones est évalué suivant les références suivantes :

- **ASHRAE 55 – 2013** sur la Standard Effective Temperature (SET) ;
- **Norme EN 15251 – 2007** sur le confort adaptatif.

Le logiciel Virtual Environment IES est utilisé pour cette étude de simulation thermique dynamique.

La maquette intègre, outre les conditions climatiques extérieures, les caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment, l'environnement fixe du projet et le traitement thermiques des locaux.

Un pas de temps de simulation précis de 10 minutes a été pris en compte pour une précision optimale.

Deux simulations sont réalisées :

- Un scénario de base correspondant à un fichier météo actuel ;
- Un scénario futur 2050 (Fichier météo GIEC RCP 8.5, le plus pessimiste en terme de réchauffement climatique) afin de se placer dans un cas défavorable.



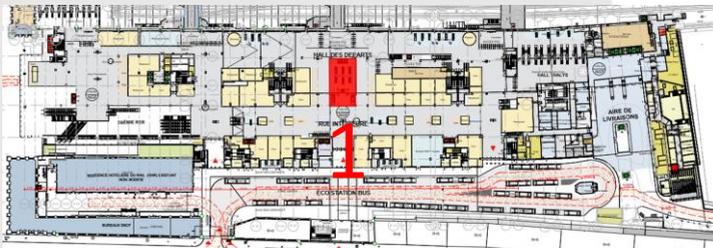
PRESENTATION

CONTEXTE ETUDE

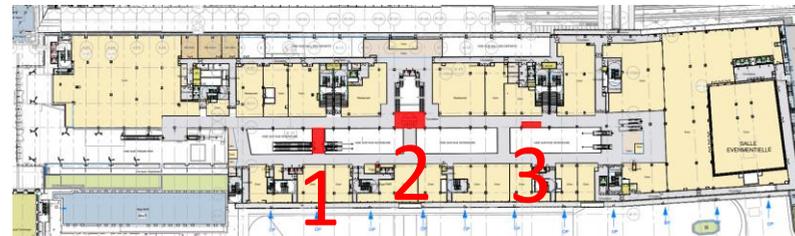
Locaux analysés

La zone d'attente principale en R+1 et 5 zones de circulations (R+2/R+3) sont analysées, repérées en rouge sur les plans ci-dessous :

R+1 : Zone d'attente principale



R+2: Zones de circulation



R+3 : Zones de circulation



Ces zones ont été retenues car elles représentent les cas les plus défavorables du bâtiment en termes de confort thermique estival pour les raisons suivantes :

- Zone avec des apports solaires importants (directement située sous la verrière) et éloignée des zones commerces puisque ces dernières sont traitées thermiquement et ouvertes sur la circulation. Donc pour que la zone étudiée ne bénéficie pas de leurs frigidités ;
- Zone avec des apports solaires importants (directement située sous la verrière) et où la vitesse d'air relevée est relativement faible, réduisant ainsi le seuil de confort thermique ;
- Zone isolée où l'air chaud est susceptible de stagner.

PRESENTATION

HYPOTHESES DE SIMULATION

Le Hall des départs a été modélisé suivant les plans architecte.

Rappel des principales hypothèses

- Les horaires d'occupation pris en compte correspondent aux heures d'ouverture de la gare, c'est-à-dire entre 5h du matin et 1h30 du matin ;
- La verrière « Voronoï » est supposée ouverte toute l'année sur deux cotés. Ses performances thermiques sont décrites comme suit : Simple vitrage, facteur solaire $S_g = 65\%$ // Coefficient $U = 6,6 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- Les zones de commerce sont ouvertes sur les circulations et climatisées avec une température de consigne de 26°C ;
- Les zones de circulation ne sont pas traitées thermiquement en hiver et en été ;
- Les principaux apports internes des zones de circulation sont l'éclairage artificiel (12W/m^2) et les occupants ($2 \text{ m}^2/\text{personne}$ sur les zones d'attente et $3\text{m}^2/\text{personne}$ sur les circulations) ;
- La valeur des infiltrations d'air de l'enveloppe est prise égale à $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$ par m^2 de façade sous 4Pa .

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

STANDARD EFFECTIVE TEMPERATURE SET

R+1 : Zone d'attente principale



R+2: Zones de circulation



R+3 : Zones de circulation



	Zones	SET moyenne	SET max	% d'heures d'occupation Standard Effective Temperature SET (°C)				
]22.2 - 25.6]]25.6 - 30]]30 - 34.5]]34.5 - 37.5]	> 37.5
				Scenario actuel	N01_Zone d'attente1	26.1	30.7	26%
	N02_Circulation1	26.1	31.6	32%	63%	1%	0%	0%
	N02_Circulation2	26.3	31.2	29%	66%	2%	0%	0%
	N02_Circulation3	26.4	30.7	23%	76%	0%	0%	0%
	N03_Circulation4	25.7	32.8	40%	50%	3%	0%	0%
	N03_Circulation5	26.4	31.2	27%	68%	2%	0%	0%
Scenario future RCP 8,5	N01_Zone d'attente1	26.4	32.3	28%	60%	4%	0%	0%
	N02_Circulation1	26.2	32.7	28%	63%	3%	0%	0%
	N02_Circulation2	26.2	32.6	27%	62%	3%	0%	0%
	N02_Circulation3	26.5	31.7	23%	72%	1%	0%	0%
	N03_Circulation4	26.0	33.7	32%	54%	5%	0%	0%
	N03_Circulation5	26.4	32.5	26%	65%	3%	0%	0%

Confort thermique SET

- La SET est calculée suivant la norme ASHRAE 55 2013 ;
- La zone la plus pénalisée en confort d'été est celle située directement sous la verrière au R+3 (N03_Circulation4). Cela s'explique essentiellement par les apports solaires plus importants ;
- Une des principales pistes d'optimisation afin de palier à l'inconfort thermique estival serait donc de limiter les apports solaires par la mise en place d'un velum au niveau de la verrière.

SET (°C)	Sensation
>37,5	Extrêmement chaud
34,5 - 37,5	Très chaud, très inacceptable
30,0 - 34,5	Chaud, inconfortable, inacceptable
25,6 - 30,0	Légèrement chaud, légèrement inacceptable
22,2 - 25,6	Confortable et acceptable
17,5 - 22,2	Légèrement froid, légèrement inacceptable
14,5 - 17,5	Froid et inacceptable
10,0 - 14,5	Très froid, très inacceptable

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

CONFORT ADAPTATIF

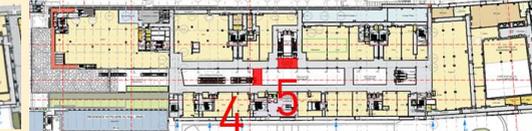
R+1 : Zone d'attente principale



R+2: Zones de circulation



R+3 : Zones de circulation



	Zones	Temps d'inconfort	
		Nombre de jours d'inconfort	% d'heures d'occupation
Scenario actuel	N01_Zone d'attente1	1,65	1%
	N02_Circulation1	1,05	1%
	N02_Circulation2	2,25	1%
	N02_Circulation3	1,9	1%
	N03_Circulation4	3,95	2%
	N03_Circulation5	2,8	2%
Scenario futur RCP 8,5	N01_Zone d'attente1	4,65	4%
	N02_Circulation1	4,3	3%
	N02_Circulation2	5,45	3%
	N02_Circulation3	4,25	3%
	N03_Circulation4	6,9	4%
	N03_Circulation5	6,3	4%

Confort adaptatif

- Le confort adaptatif est évalué suivant la norme Norme EN 15251 – 2007 ;
- La zone de circulation la plus défavorisée en termes de confort adaptatif est celle qui isolée au R+3 (N03_Circulation6) où l'air chaud est susceptible de stagner ;
- Il est préconisé de créer un mouvement d'air ascendant ou à l'aide de brasseur d'air en été afin de diminuer la température ressentie et inversement augmenter le seuil de température opérative acceptable en été ;
- Il est noté qu'un mouvement d'air de 0,30m/s permet d'augmenter de 1°C la limite supérieure de température opérative acceptable.

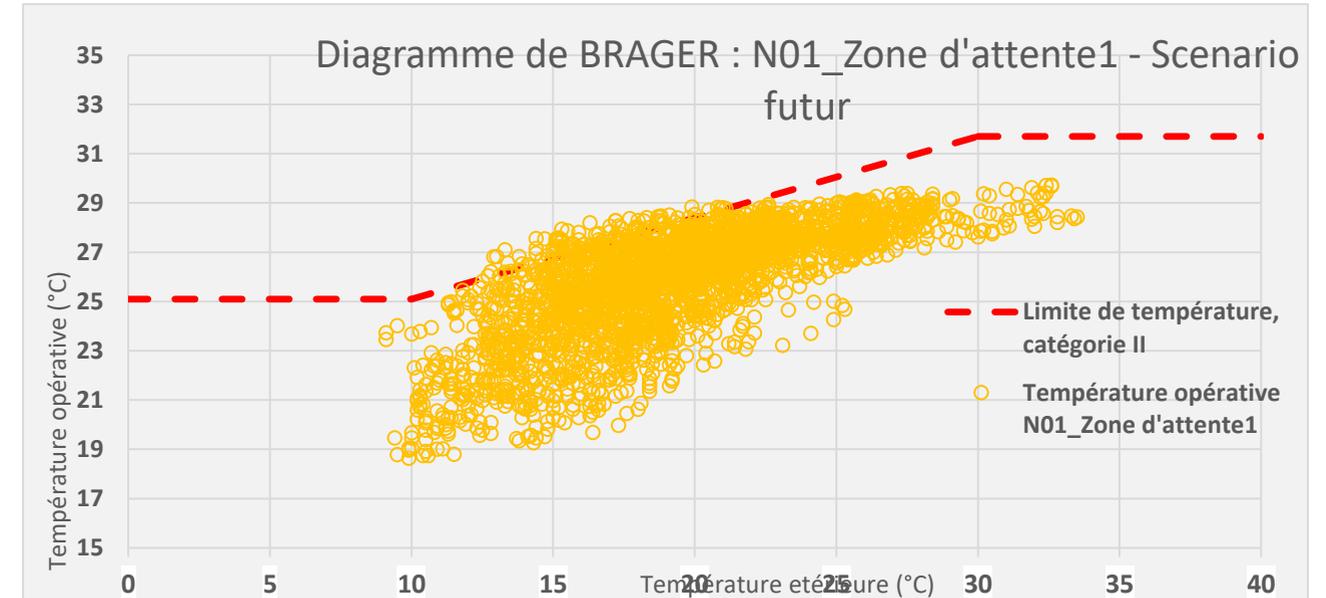
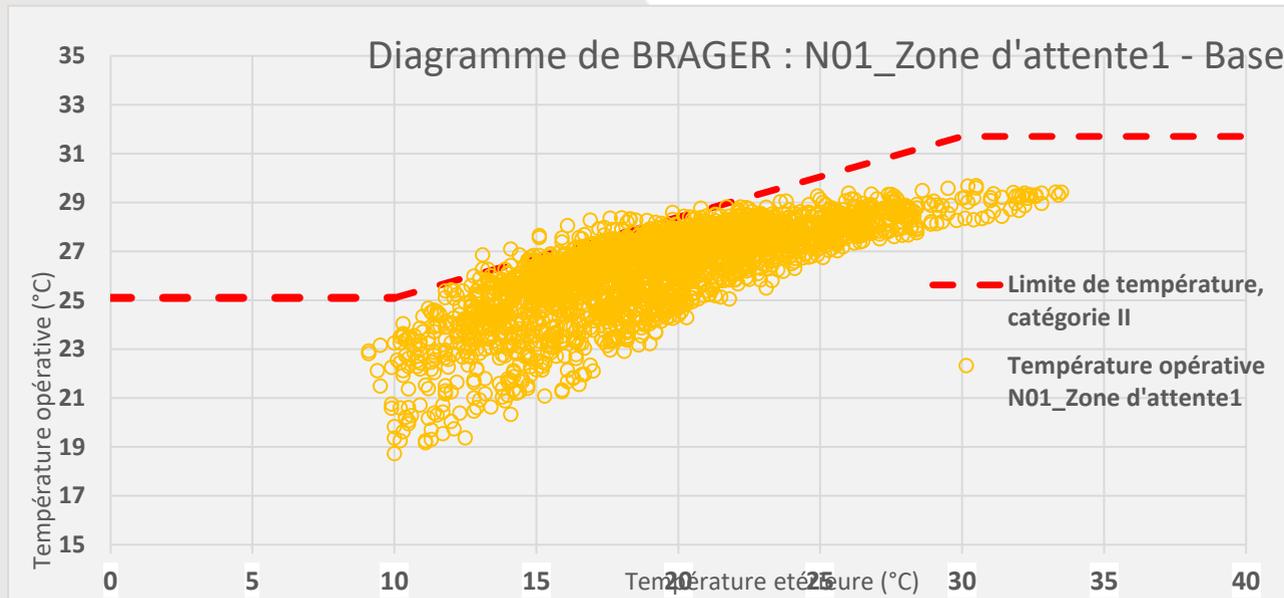
RESULTATS DETAILLES

CONFORT ADAPTATIF - R+1 ZONE D'ATTENTE PRINCIPALE

R+1 : Zone d'attente principale



La zone de confort est située en dessous de la courbe de limite de température

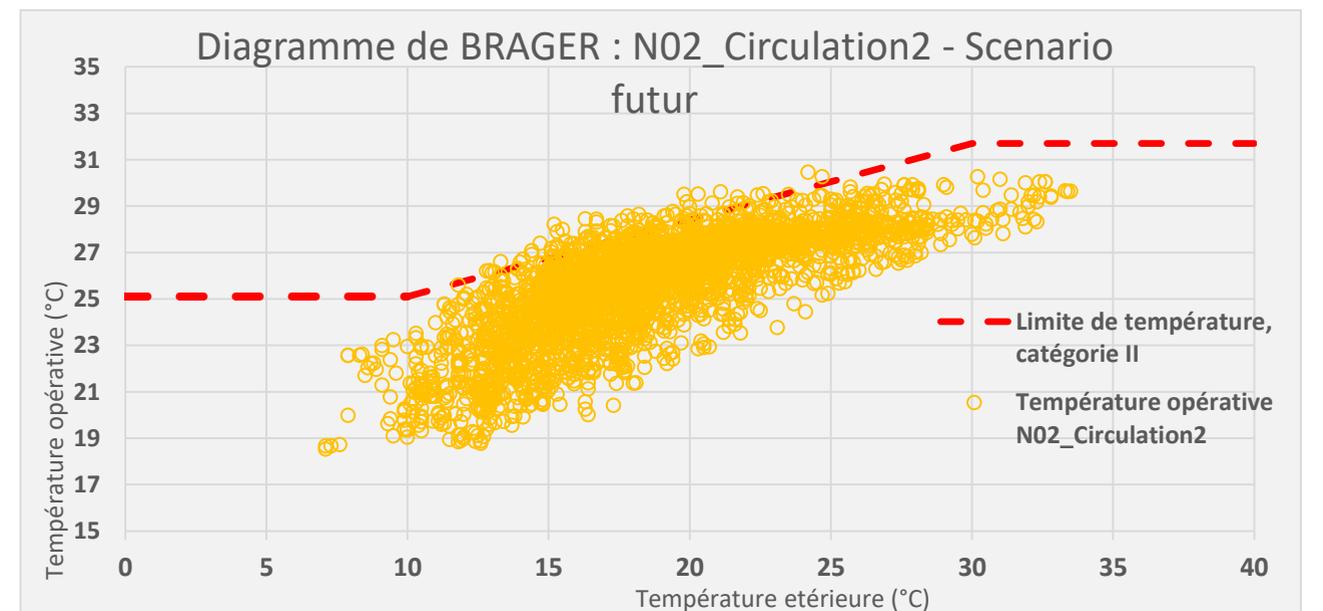
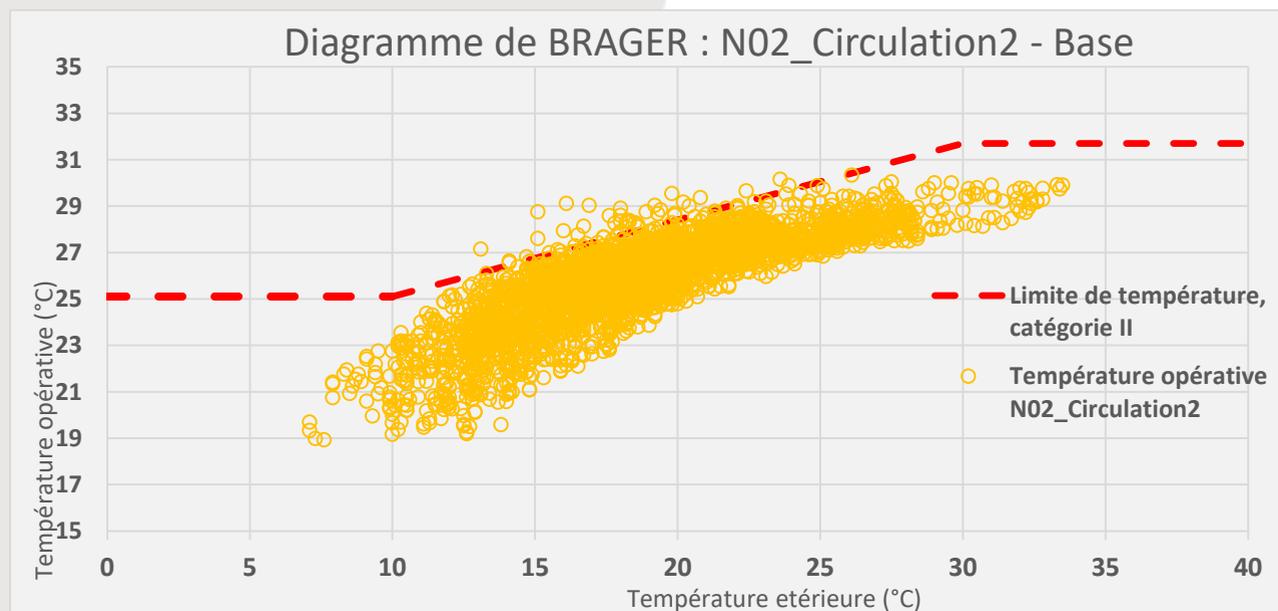
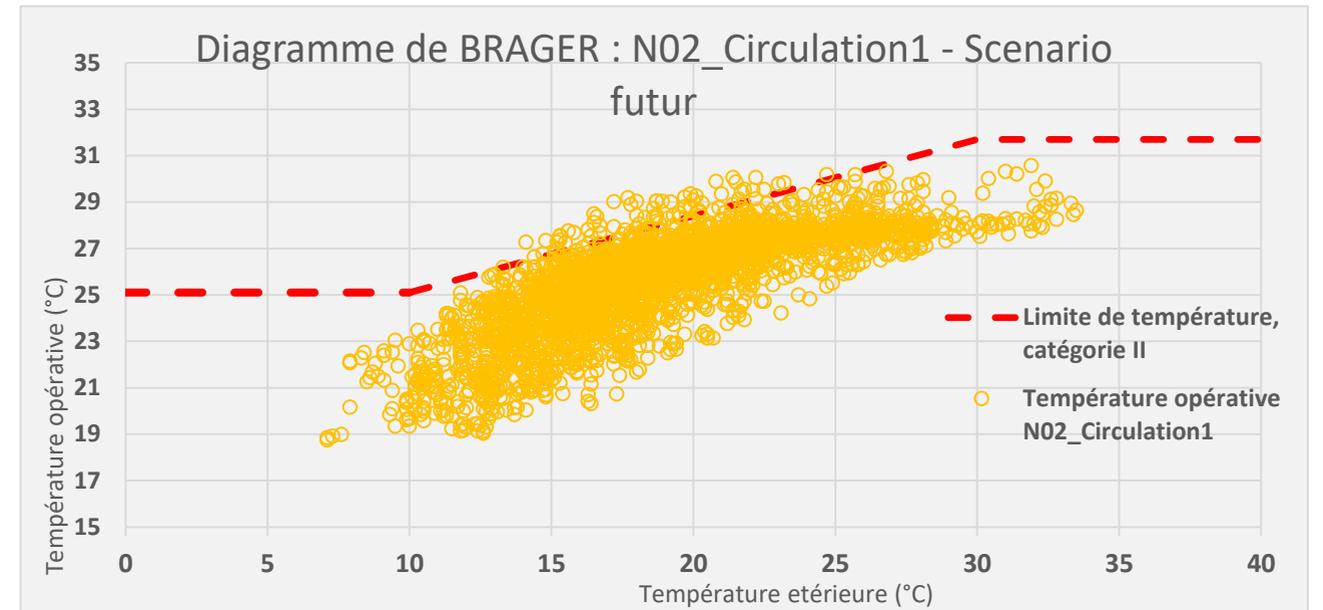
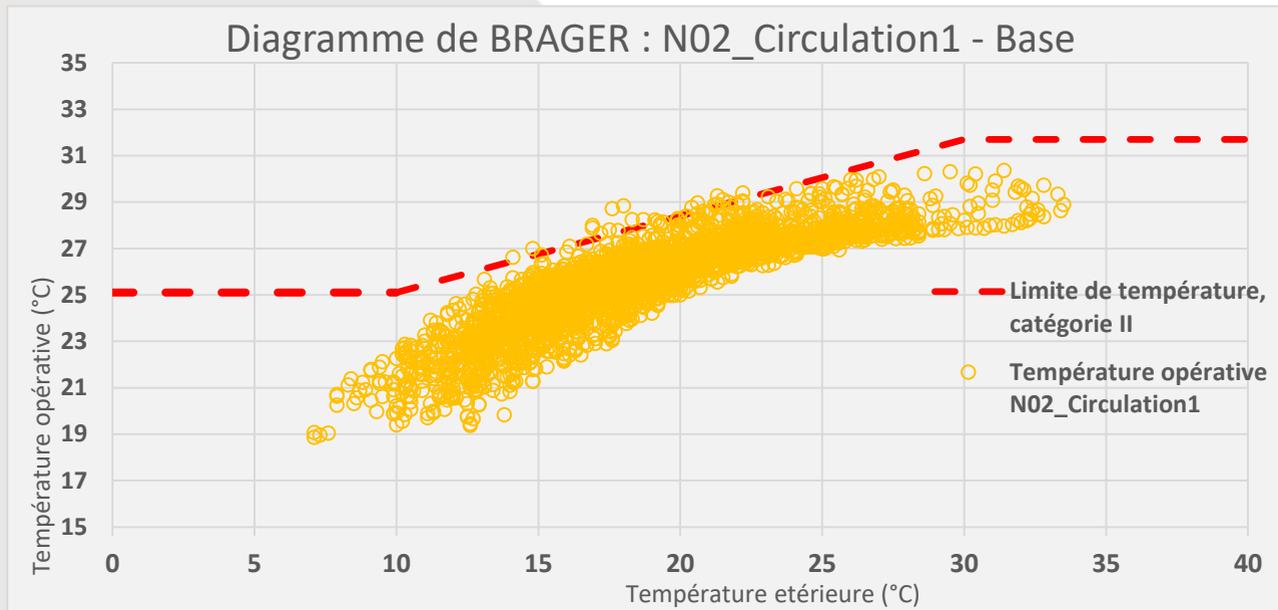


RESULTATS DETAILLES

CONFORT ADAPTATIF - R+2 CIRCULATIONS 1 ET 2



La zone de confort est située en dessous de la courbe de limite de température

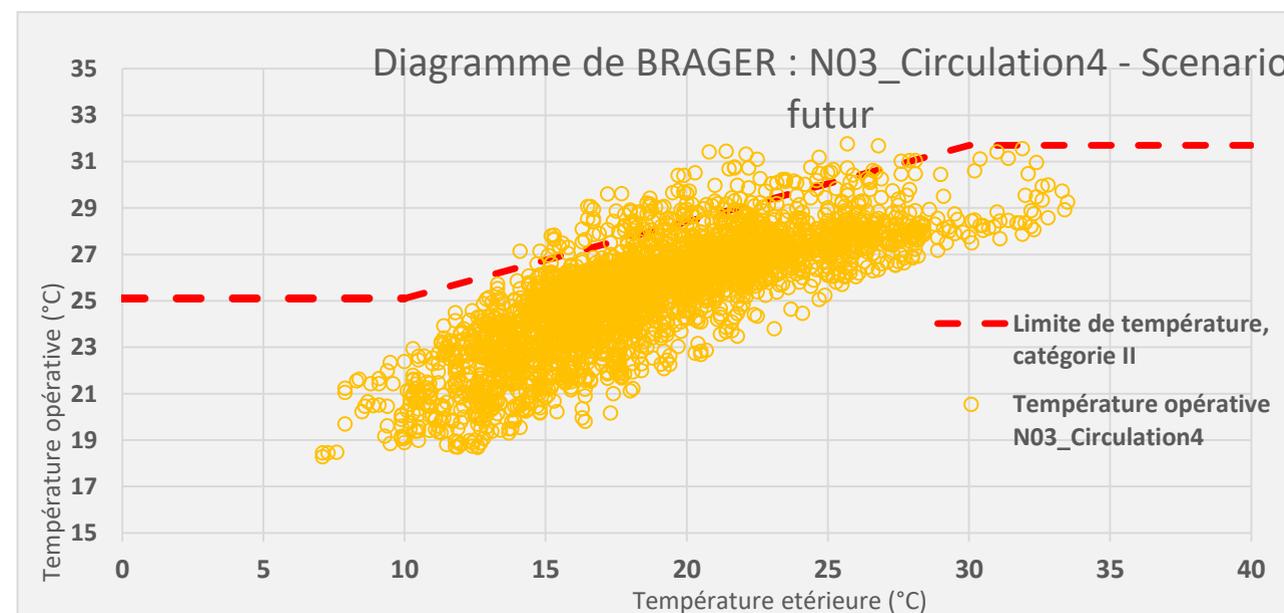
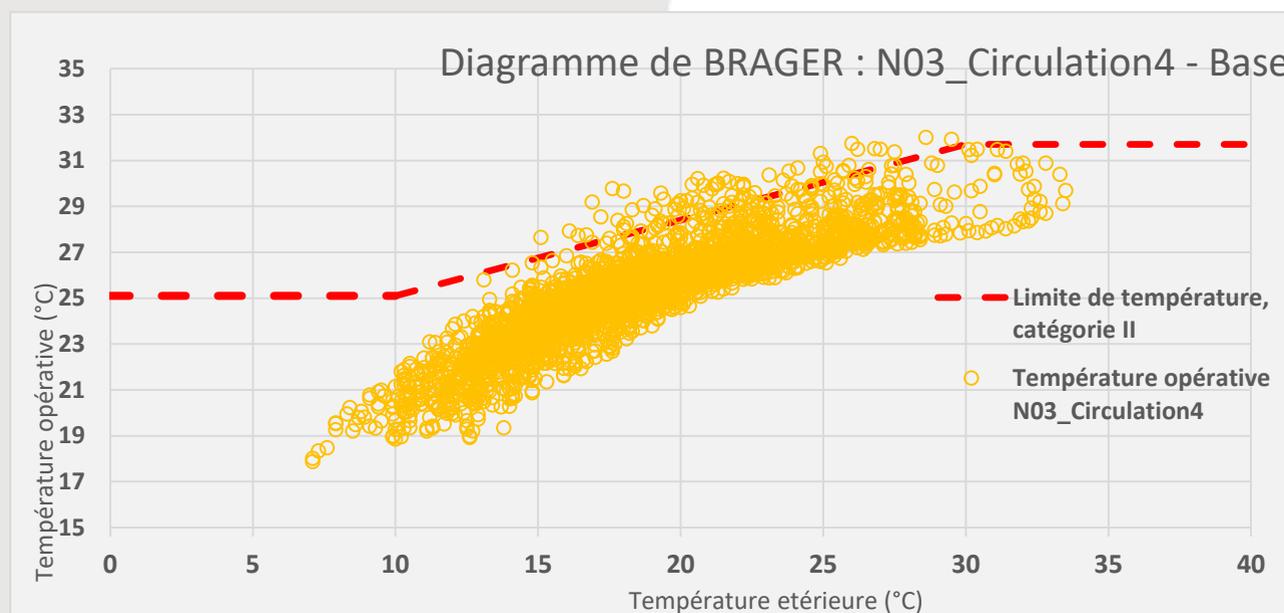
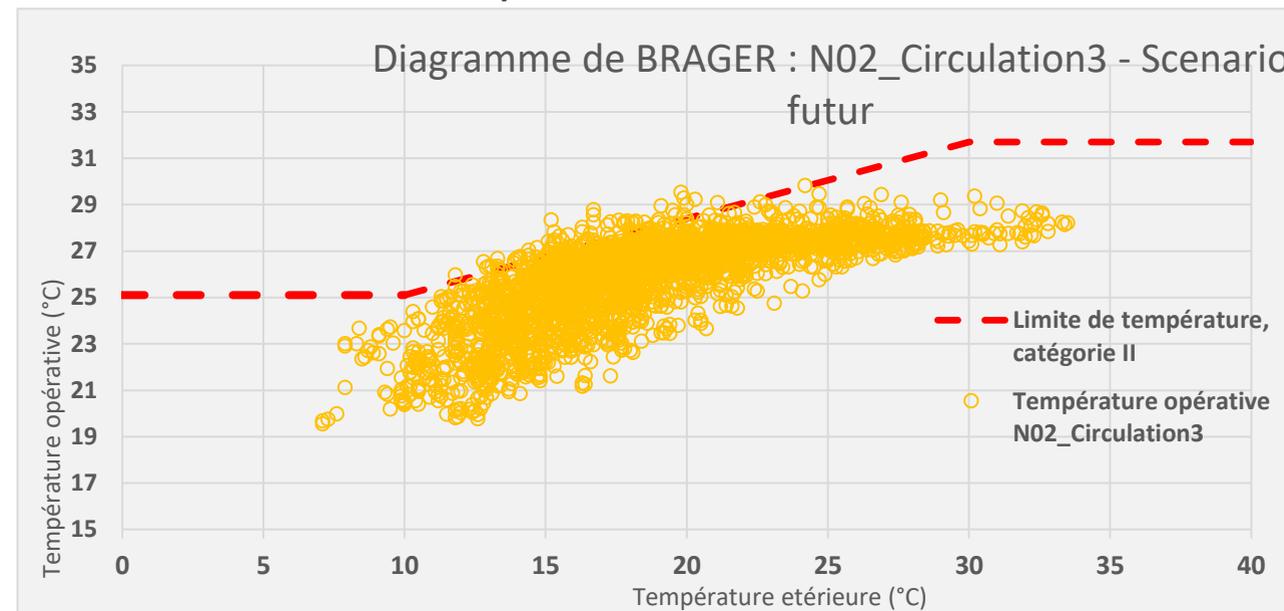
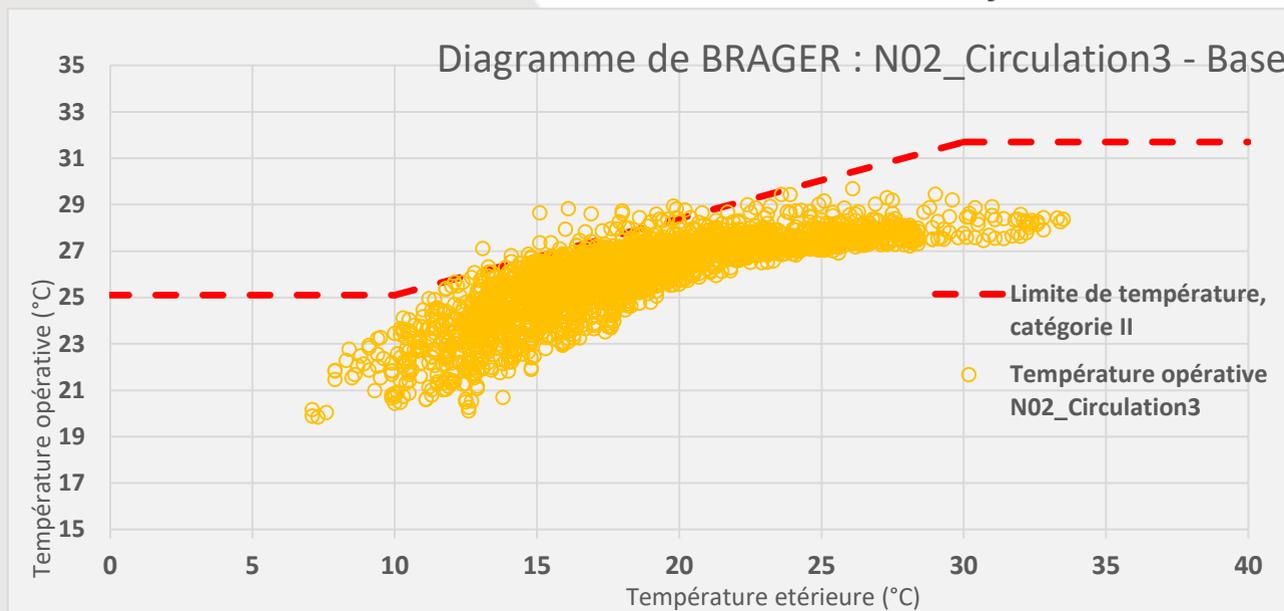


RESULTATS DETAILLES

CONFORT ADAPTATIF - R+2/3 CIRCULATIONS 3 ET 4

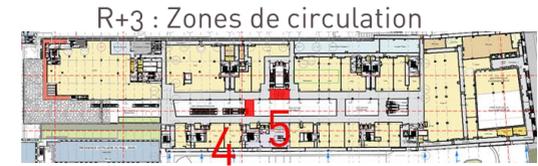


La zone de confort est située en dessous de la courbe de limite de température

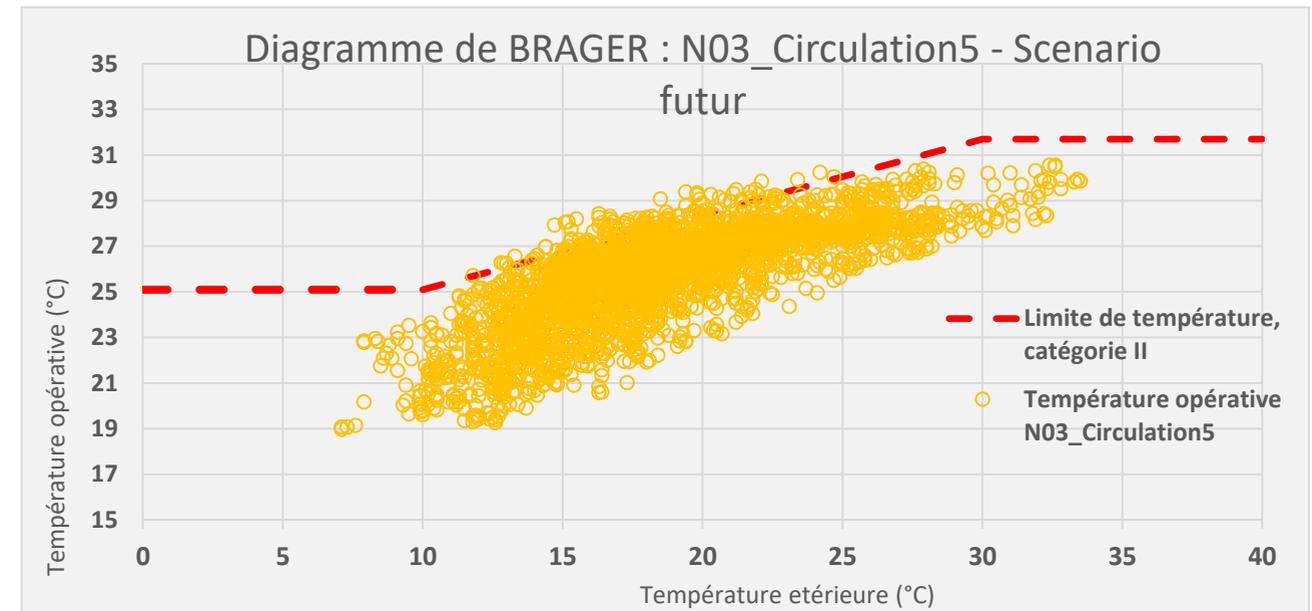
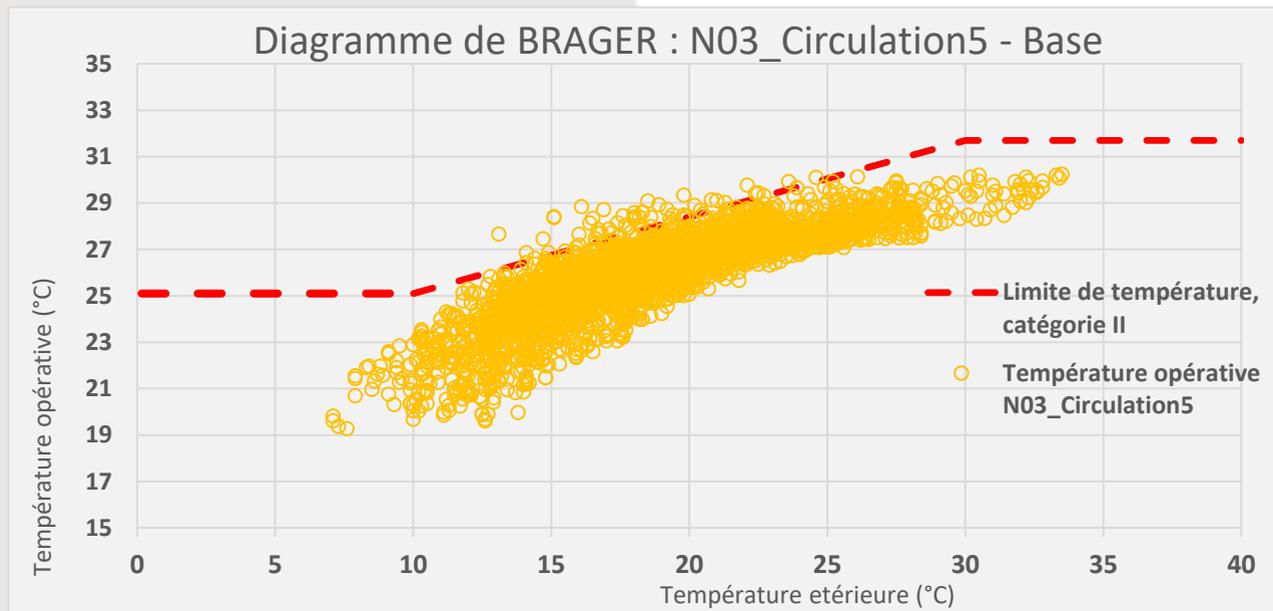


RESULTATS DETAILLES

CONFORT ADAPTATIF - R+3 CIRCULATIONS 5



La zone de confort est située en dessous de la courbe de limite de température

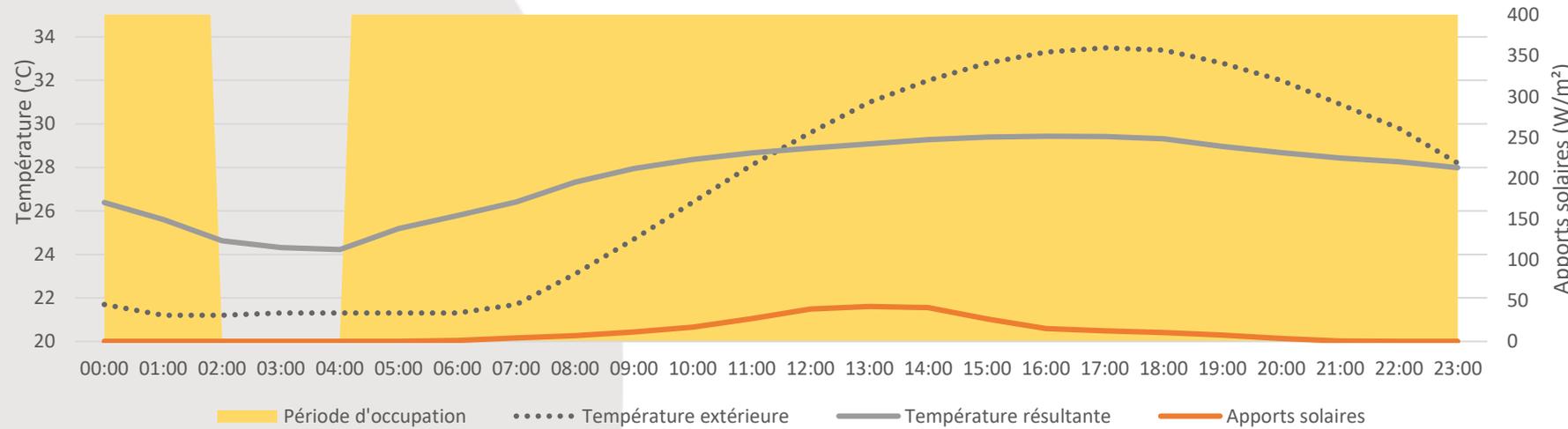


RESULTATS DETAILED

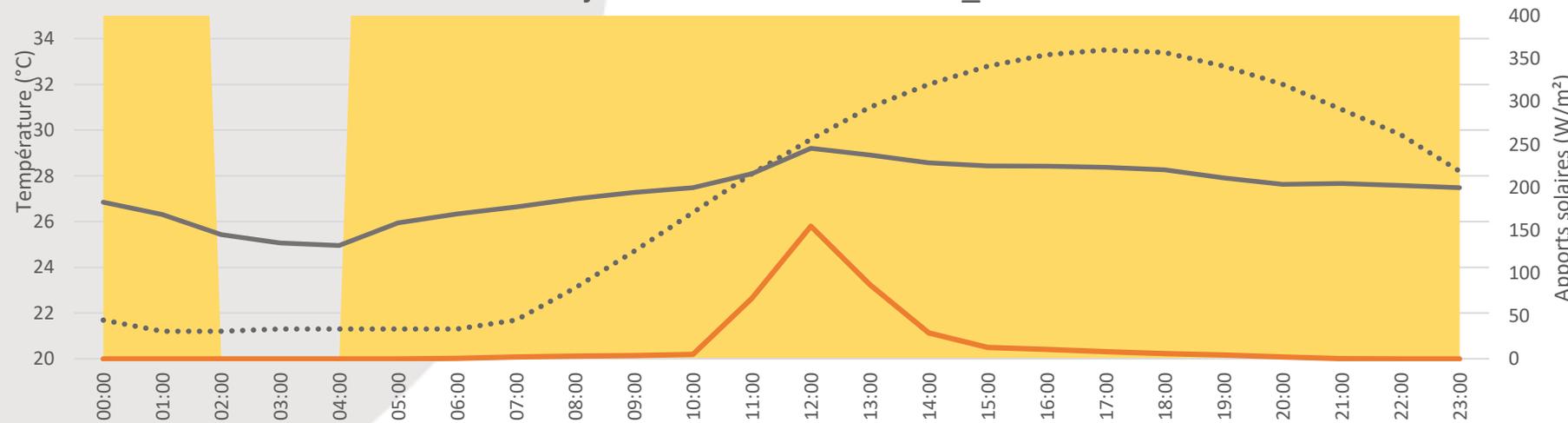
FOCUS – R+1/2 ZONES D'ATTENTE 1 ET DE CIRCULATION 3



Focus sur la journée du 9 Juillet - N01_Zone d'attente1



Focus sur la journée du 9 Juillet - N02_Circulation3



Confort thermique

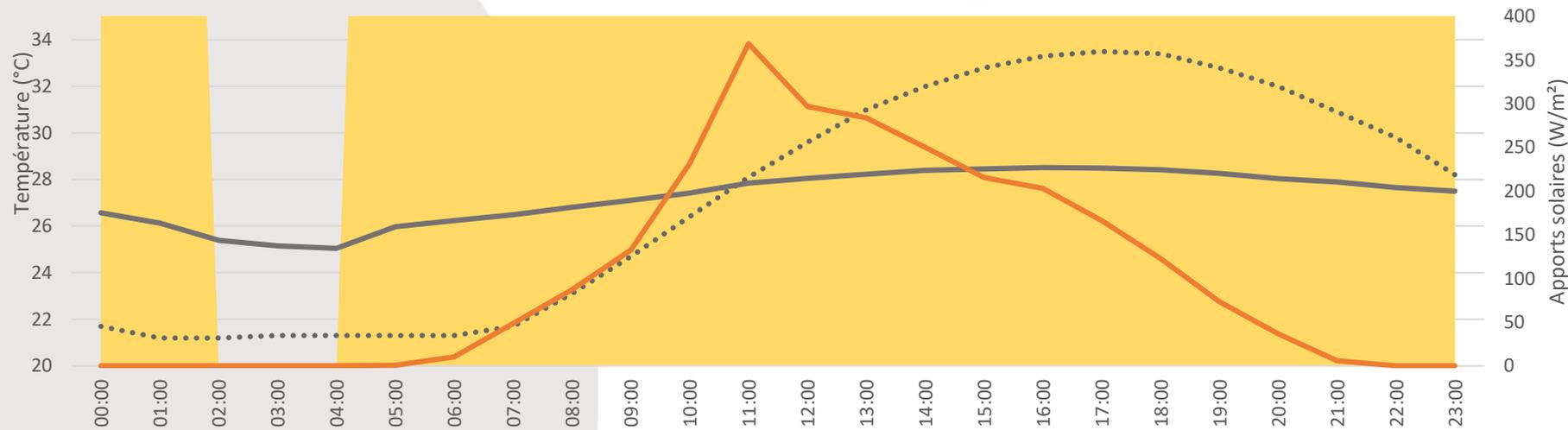
- La zone d'attente 1 est limitée en termes d'apports solaires. En effet, elle est située au R+1, masquée par les niveaux supérieurs. Cela permet aux occupants de bénéficier d'un confort thermique estival acceptable grâce à l'ouverture de la verrière malgré la température extérieure élevée.
- Les zones de circulation du R+2 sont également restreintes en termes d'apports solaires. Les flux solaires passent essentiellement à travers le vide sur le R+1 situé directement en dessous de la verrière.
- Néanmoins, un inconfort de 1% pendant les heures d'occupation est remarqué sur le R+2 en raison de la vitesse d'air faible.

RESULTATS DETAILLES

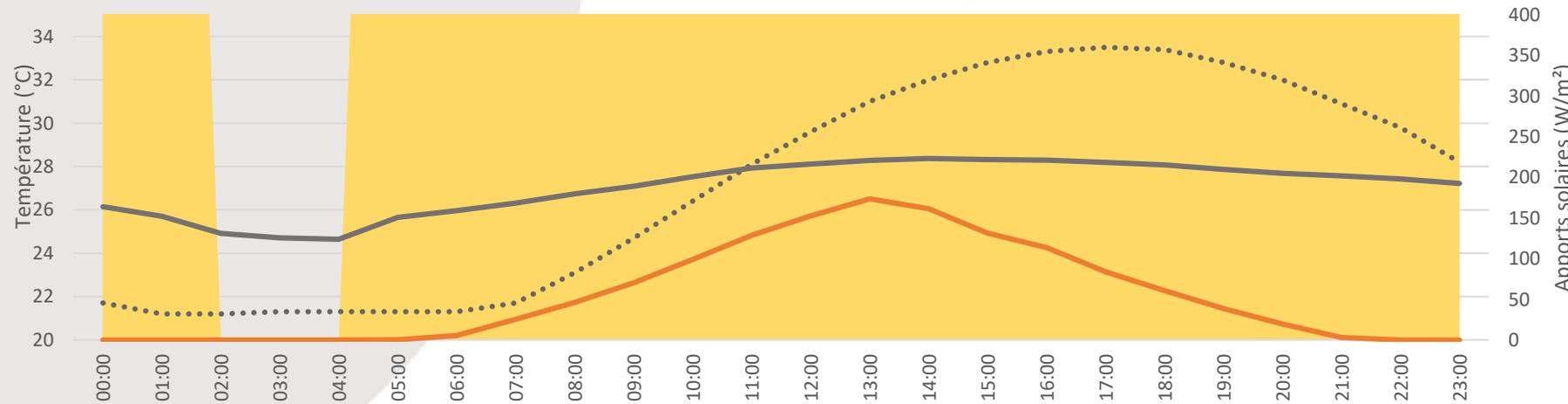
FOCUS – R+3 ZONES DE CIRCULATIONS 4 ET 5



Focus sur la journée du 9 Juillet - N03_Circulation4



Focus sur la journée du 9 Juillet - N03_Circulation5

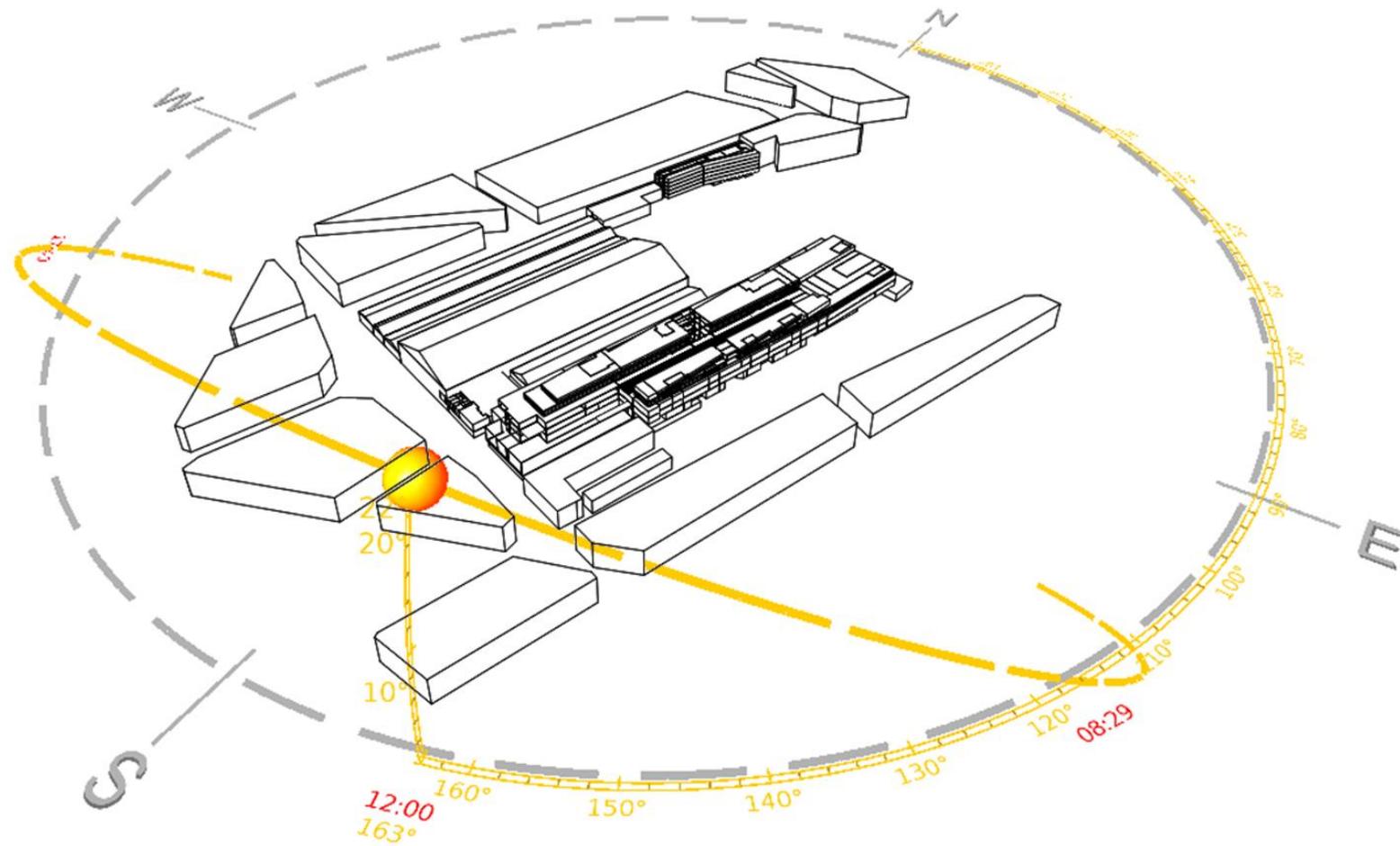


Confort thermique

- Les apports de calories sur les circulations du R+3 sont dominés par les flux solaires. En effet, elle est directement située en dessous de la verrière, en particulier sur la zone de circulation 4. A l'inverse, la vitesse d'air est plus importante en raison de sa proximité des ouvertures au niveau de la verrière, permettant de réduire la température ressentie des occupants.

ANNEXE

PERSPECTIVE DU PROJET ET DES MASQUES ENVIRONNANTS



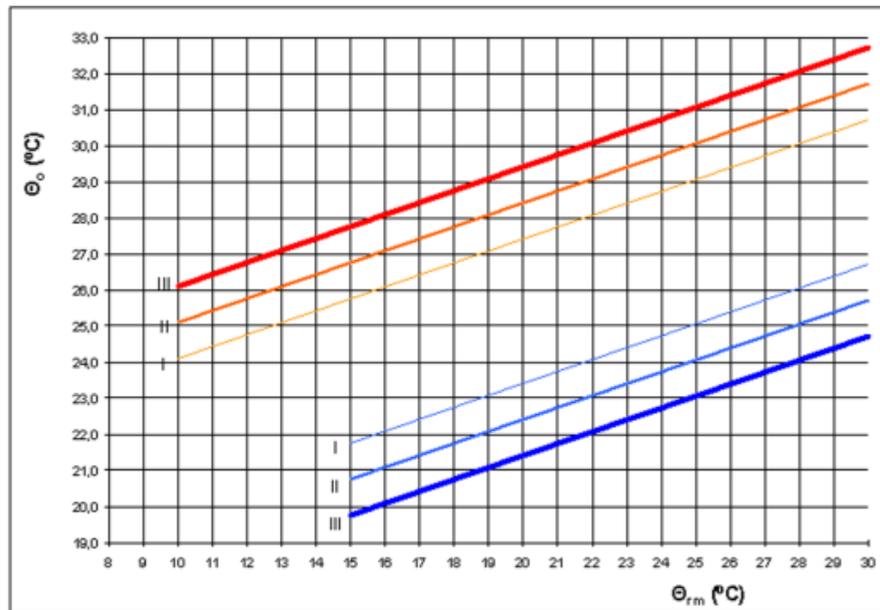
ANNEXE

EXTRAIT DE LA NORME EN 15251-2007

A.2 Températures intérieures acceptables pour la conception de bâtiments non climatisés

Les températures intérieures acceptables «en été» (saison de rafraîchissement) sont présentées pour les bâtiments non climatisés à la Figure A.1.

Les températures opératives (températures de la pièce) présentées à la Figure A.1 sont valables pour des immeubles de bureaux ou autres bâtiments de types similaires destinés essentiellement à l'occupation humaine avec des activités essentiellement sédentaires et des pièces où il est facile d'accéder à des fenêtres ouvrables et où les occupants peuvent librement adapter leurs vêtements aux conditions thermiques intérieures et/ou extérieures.

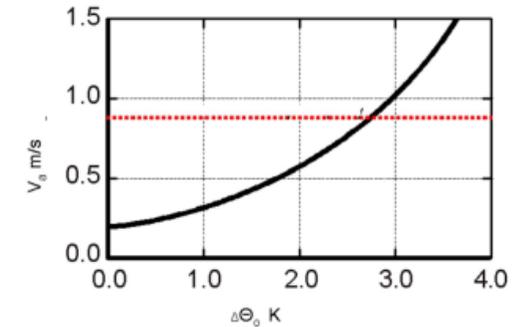


Légende

- θ_{rm} Température extérieure en moyenne glissante journalière °C
- e_o Température opérative °C

Tableau 1 — Description pour l'application des catégories utilisées

Catégorie	Explication
I	Niveau élevé attendu qui est recommandé pour les espaces occupés par des personnes très sensibles et fragiles avec des exigences spécifiques comme des personnes handicapées, malades, de très jeunes enfants et des personnes âgées.
II	Niveau normal attendu qu'il convient d'utiliser pour les bâtiments neufs et les rénovations.
III	Niveau modéré acceptable attendu qui peut être utilisé dans les bâtiments existants.
IV	Valeurs en dehors des critères des catégories ci-dessus. Il convient que cette catégorie soit acceptée seulement pour une partie restreinte de l'année.



Légende

- $\Delta\theta_o$ Augmentation de la température opérative, K
- V_a Vitesse d'air, m/s

Figure A.2 — Vitesse d'air requise pour compenser l'augmentation de la température (EN ISO 7730).
 La vitesse d'air augmente de la quantité nécessaire pour maintenir le même transfert de chaleur global de la peau. L'acceptation de l'augmentation de la vitesse d'air nécessite le contrôle par l'occupant du dispositif générant la vitesse d'air locale

ANNEXE

EXTRAIT DU ASHRAE 55 2013

temperature, standard effective (SET): the temperature of an imaginary environment at 50% rh, <0.1 m/s (20 fpm) average air speed (V_a), and $\bar{t}_r = t_a$, in which the total heat loss from the skin of an imaginary occupant with an activity level of 1.0 met and a clothing level of 0.6 clo is the same as that from a person in the actual environment, with actual clothing and activity level.

et SET (température effective standard) et PMV (PMV calculé à partir du ET). Le ET permet de calculer la mouillure et le flux de chaleur cutané. Le SET représente la température sèche équivalente d'une enceinte isotherme à 50 % d'humidité relative, dans laquelle un sujet, portant une vêtue standardisée par rapport à son activité, échangerait la même quantité de chaleur et aurait la même mouillure cutanée que dans l'enceinte réelle dans laquelle il se trouve. De plus, Gagge propose de remplacer

SET (°C)	Sensation	L'état physiologique d'une personne sédentaire
>37,5	Extrêmement chaud	Échec de la régulation
34,5 – 37,5	Très chaud, très inacceptable	Sudation profuse
30,0 – 34,5	Chaud, inconfortable, inacceptable	Sudation
25,6 – 30,0	Légèrement chaud, légèrement inacceptable	Sudation légère, vasodilatation
22,2 – 25,6	Confortable et acceptable	Neutralité
17,5 – 22,2	Légèrement froid, légèrement inacceptable	Vasoconstriction
14,5 – 17,5	Froid et inacceptable	Refroidissement ralenti du corps
10,0 – 14,5	Très froid, très inacceptable	Frissons

Relation entre la SET et la sensation thermique de Parsons suivant la thèses de Moujalled, 2007 sur le confort thermique