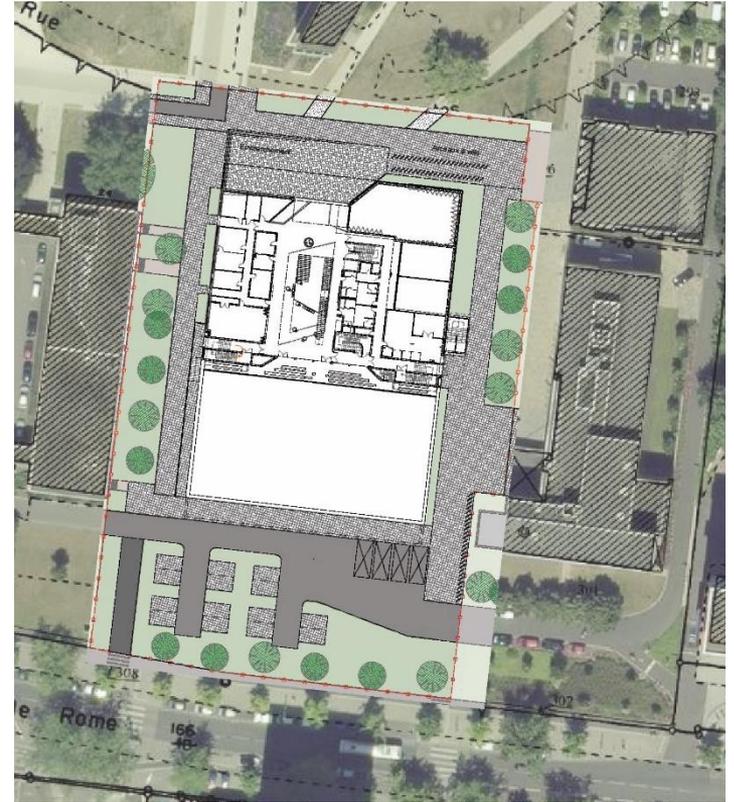
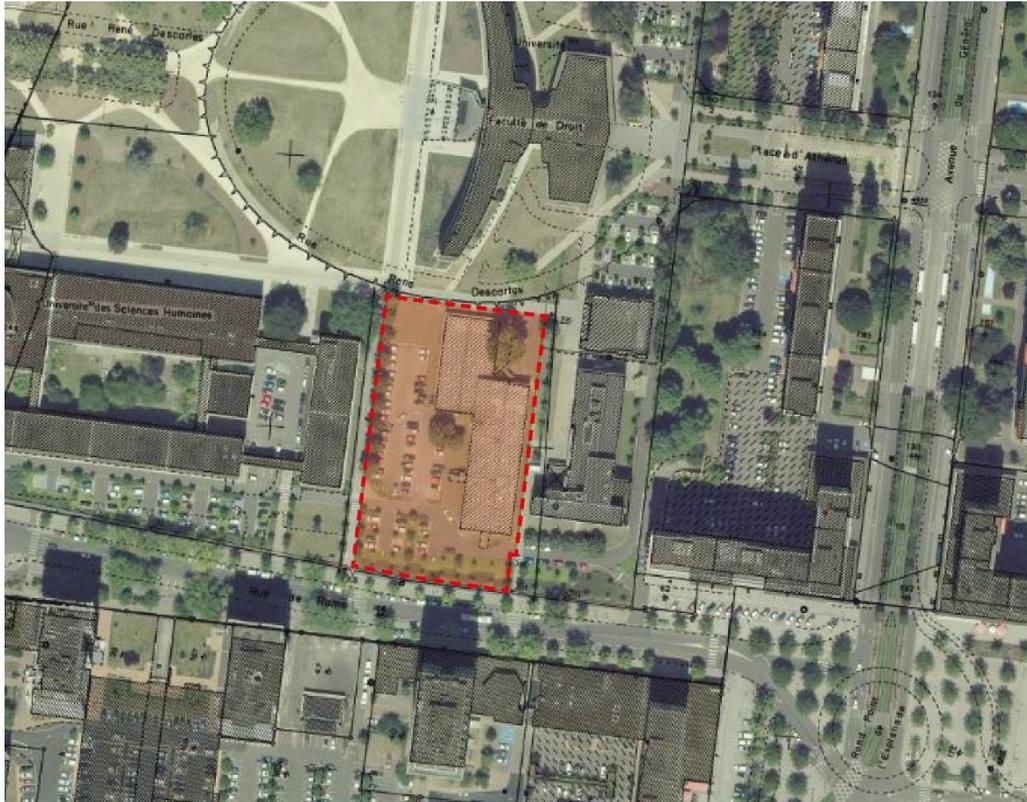




CONFORT D'ÉTÉ DU FUTUR CENTRE SPORTIF UNIVERSITAIRE DE STRASBOURG

Approche stratégique d'adaptation au changement climatique

Implantation du CSU

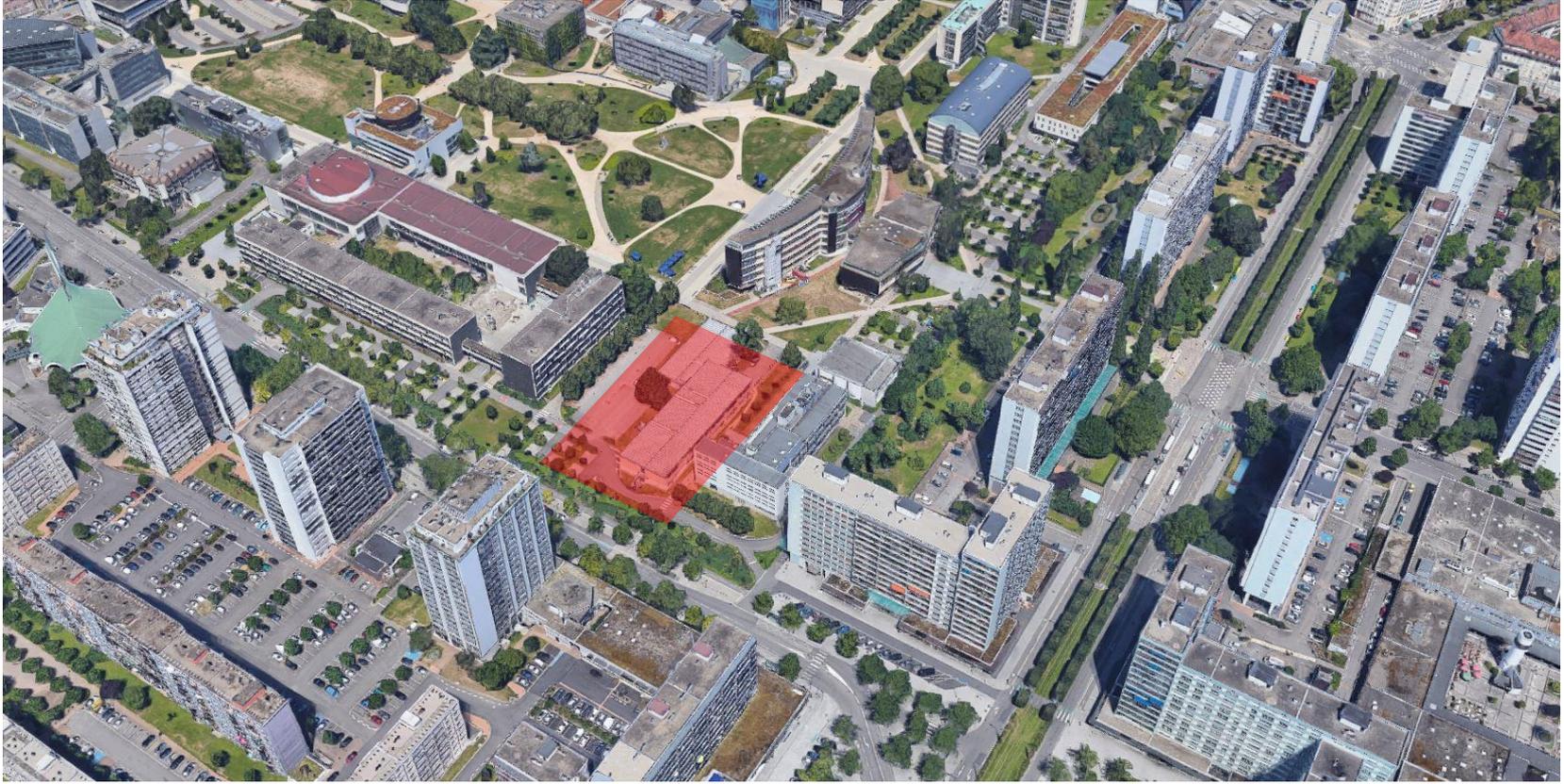


Implantation du CSU



Confort d'Été du futur centre sportif universitaire de Strasbourg
Colloque sur le confort d'Été – INSA Strasbourg – 03/10/2019

Implantation du CSU



Confort d'Été du futur centre sportif universitaire de Strasbourg
Colloque sur le confort d'Été – INSA Strasbourg – 03/10/2019

Le centre sportif universitaire



Ecoconstruction
Efficacité énergétique

Université

de Strasbourg

A|JEAN|CE

Ateliers
d'architecture
d'orm

Confort d'Été du futur centre sportif universitaire de Strasbourg

Colloque sur le confort d'Été – INSA Strasbourg – 03/10/2019

Le centre sportif universitaire



Ecoconstruction
Efficacité énergétique

Université

de Strasbourg

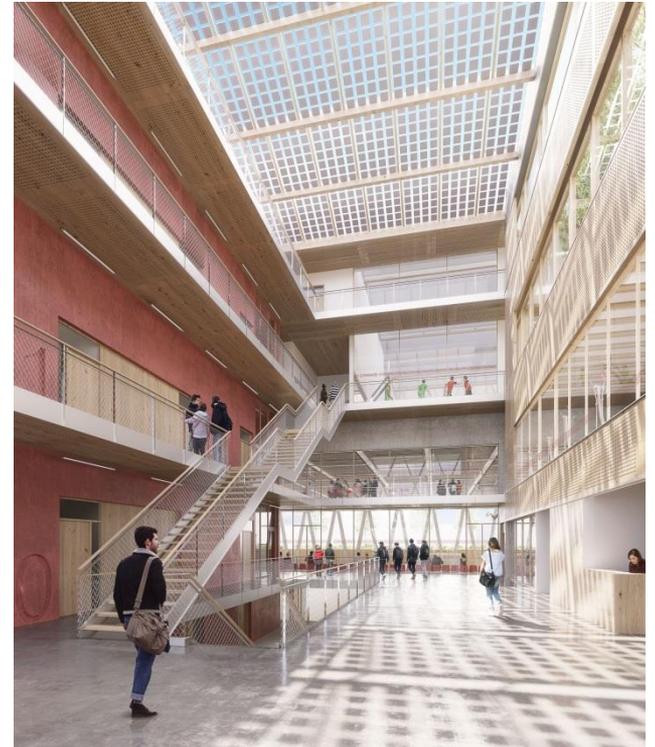
A|JEAN|CE

Ateliers
d'architecture
d'orm

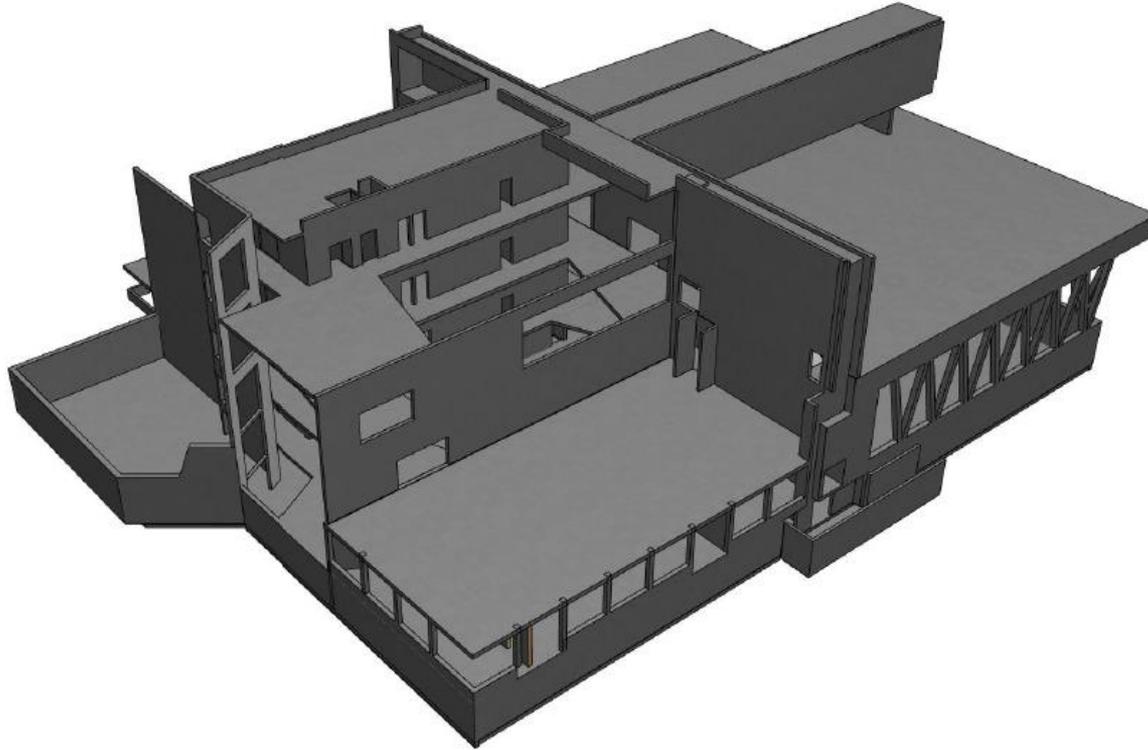
Confort d'Été du futur centre sportif universitaire de Strasbourg

Colloque sur le confort d'Été – INSA Strasbourg – 03/10/2019

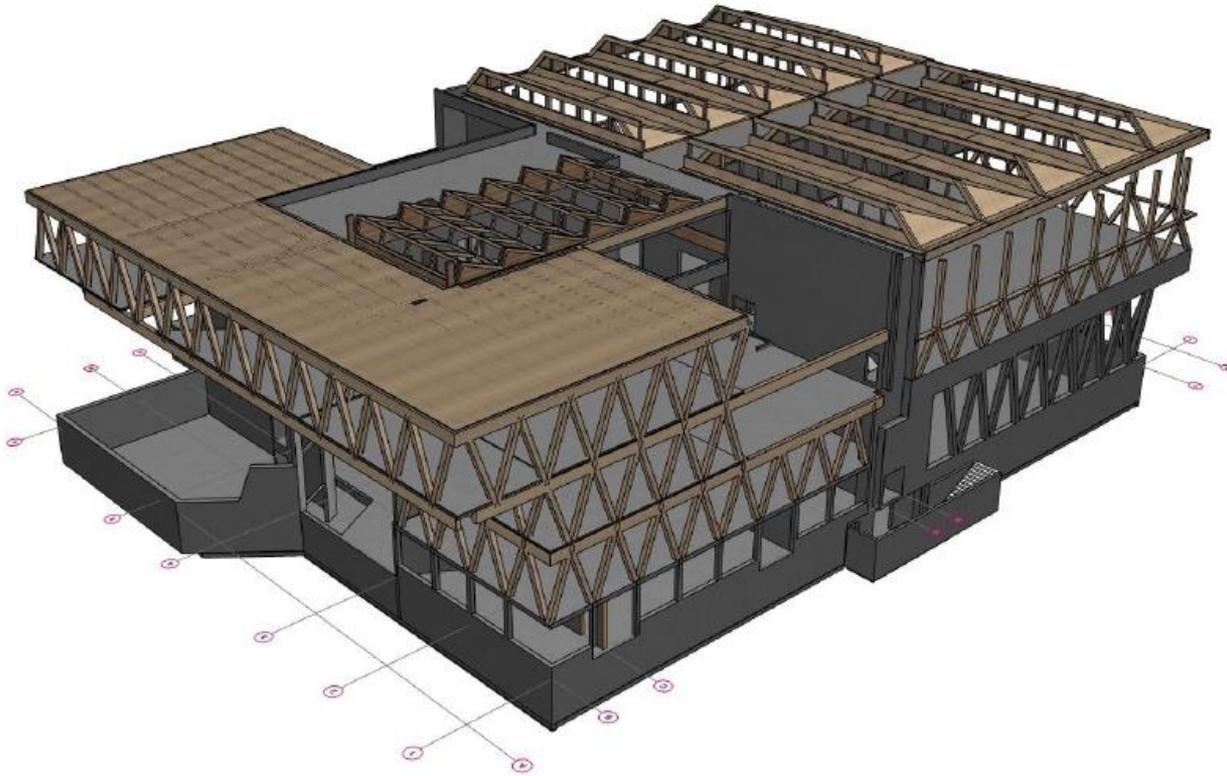
Le centre sportif universitaire



Systeme structurel et materiaux



Systeme structurel et materiaux

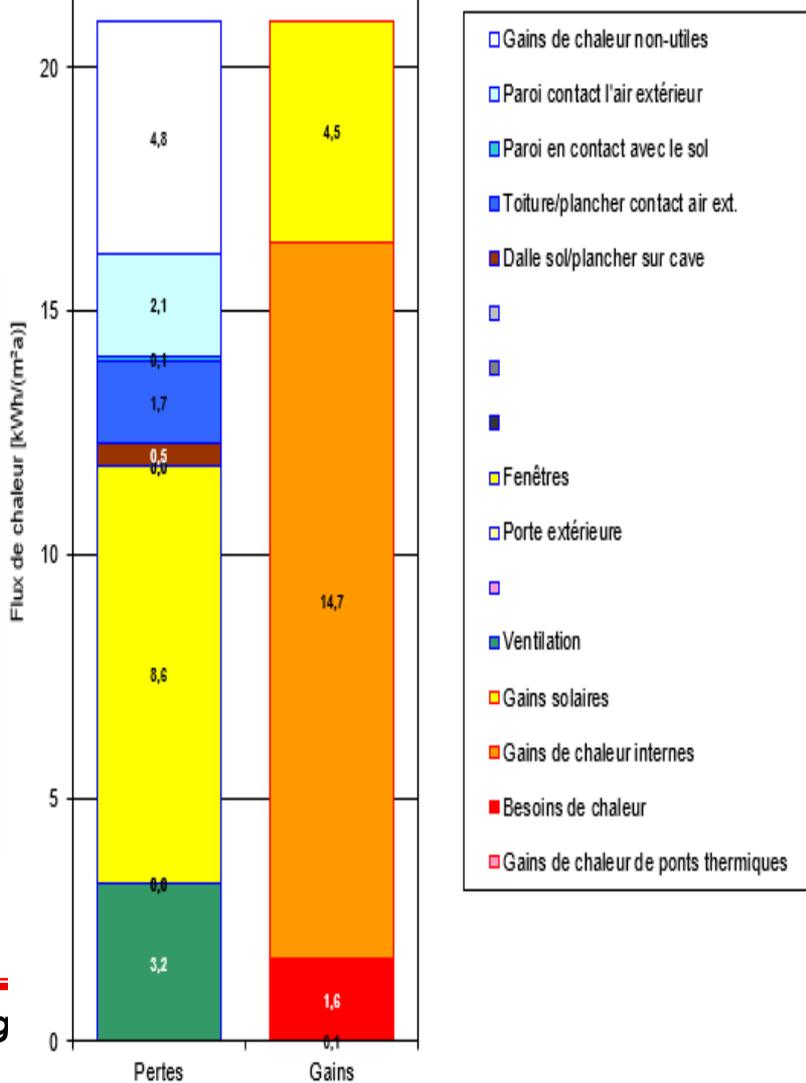
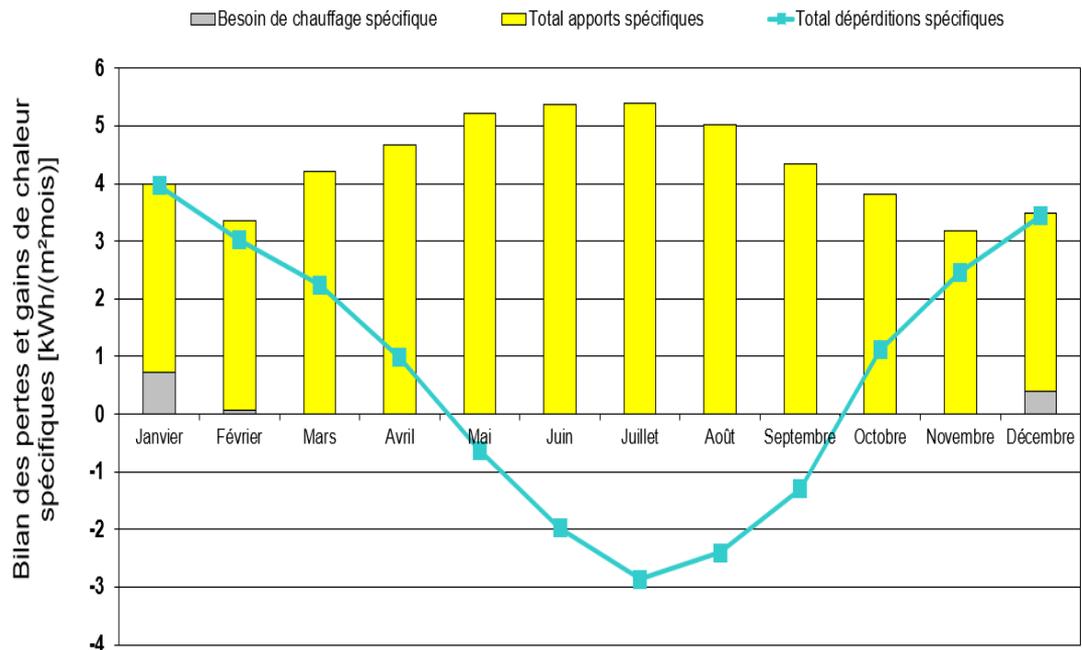


- Toit Photovoltaïque :
- Centrale 2000m²
- Verrière
autoconsommation
150m²

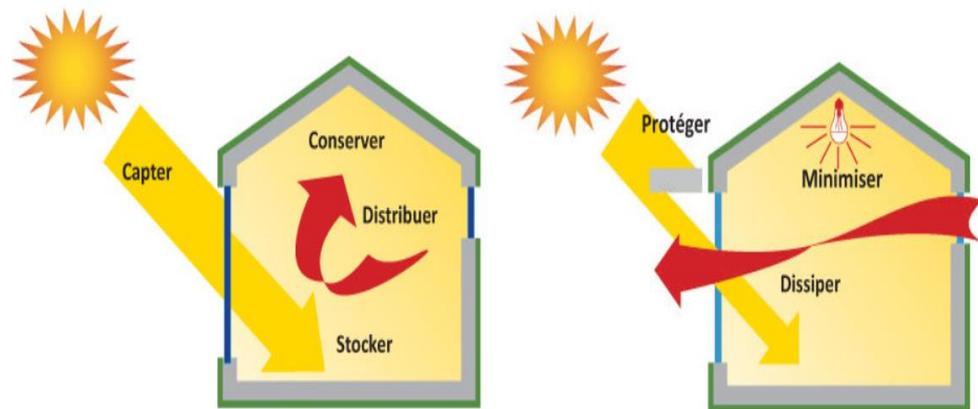
Programme et usages

- Usages hétérogènes de environ 450 utilisateurs répartis sur 7500 m² :
 - 3 Gymnases (2500 m²).
 - 6 Salles de sport ; musculation, danse, multi-activités, bien-être, arts martiaux (1600 m²).
 - 2 Salles de squash (130 m²).
 - 1 Salle d'escalade (190 m²).
 - Bureaux administratifs (280 m²).
 - Vestiaires et sanitaires (420 m²).
 - Stockage (500 m²).
 - Circulations et Atrium central (1800 m²).

Stratégies d'adaptations climatique

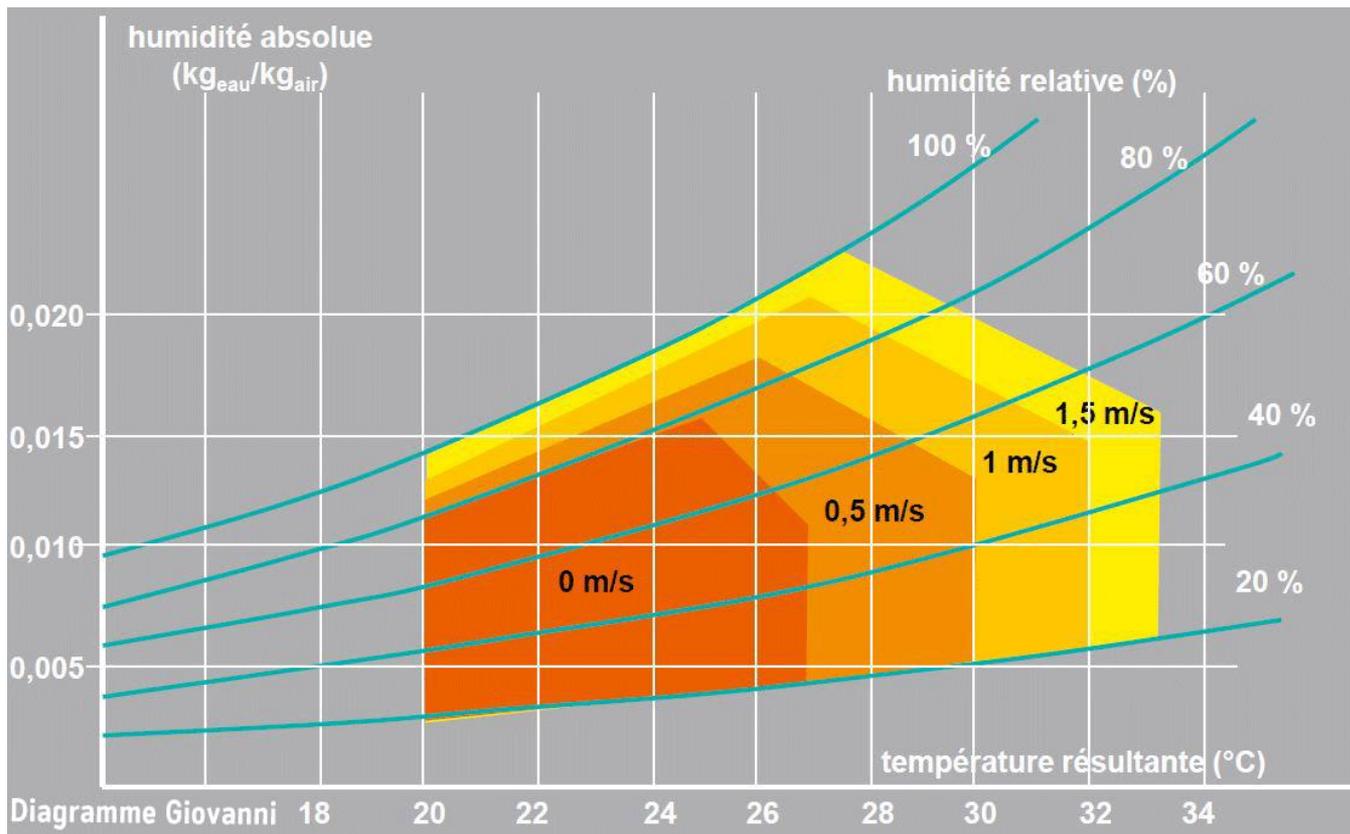


Stratégies d'adaptations au climat



- Protection solaire généralisé et spécifique (débords, BSO, fixe, Facteur solaire variable)
- Minimisation des apports interne (Optimisation éclairage naturel, Led variable, distribution ECS ultracourte et isolée, informatique optimisé)
- Gestion du confort thermique en 100% air neuf : Double Flux débit variable
- Neutralisation des effets de la ventilation : soufflage entre 18° et 22°
- Confort adaptatif individualisé : Les brasseurs d'air à flux laminaire

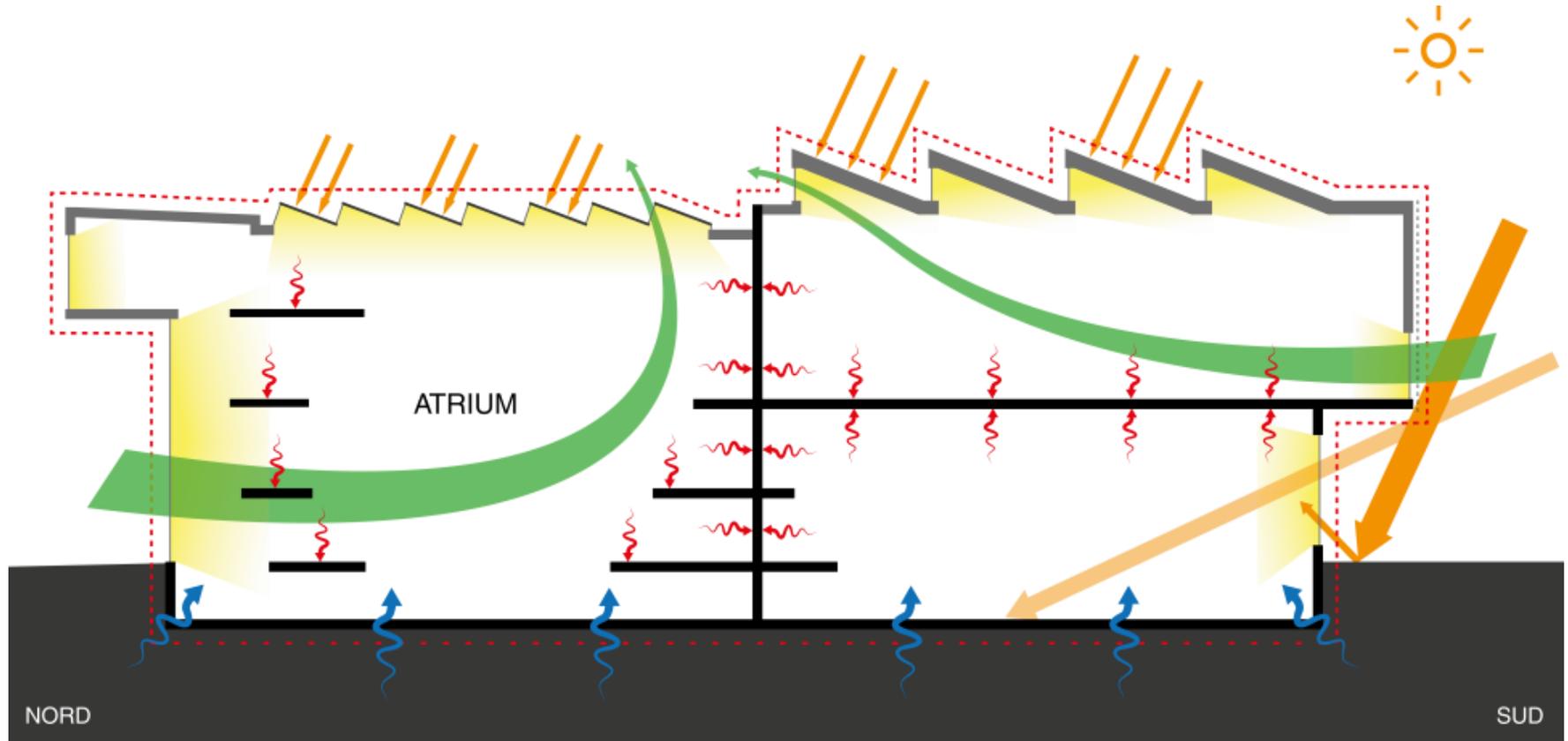
Stratégie d'adaptation au climat



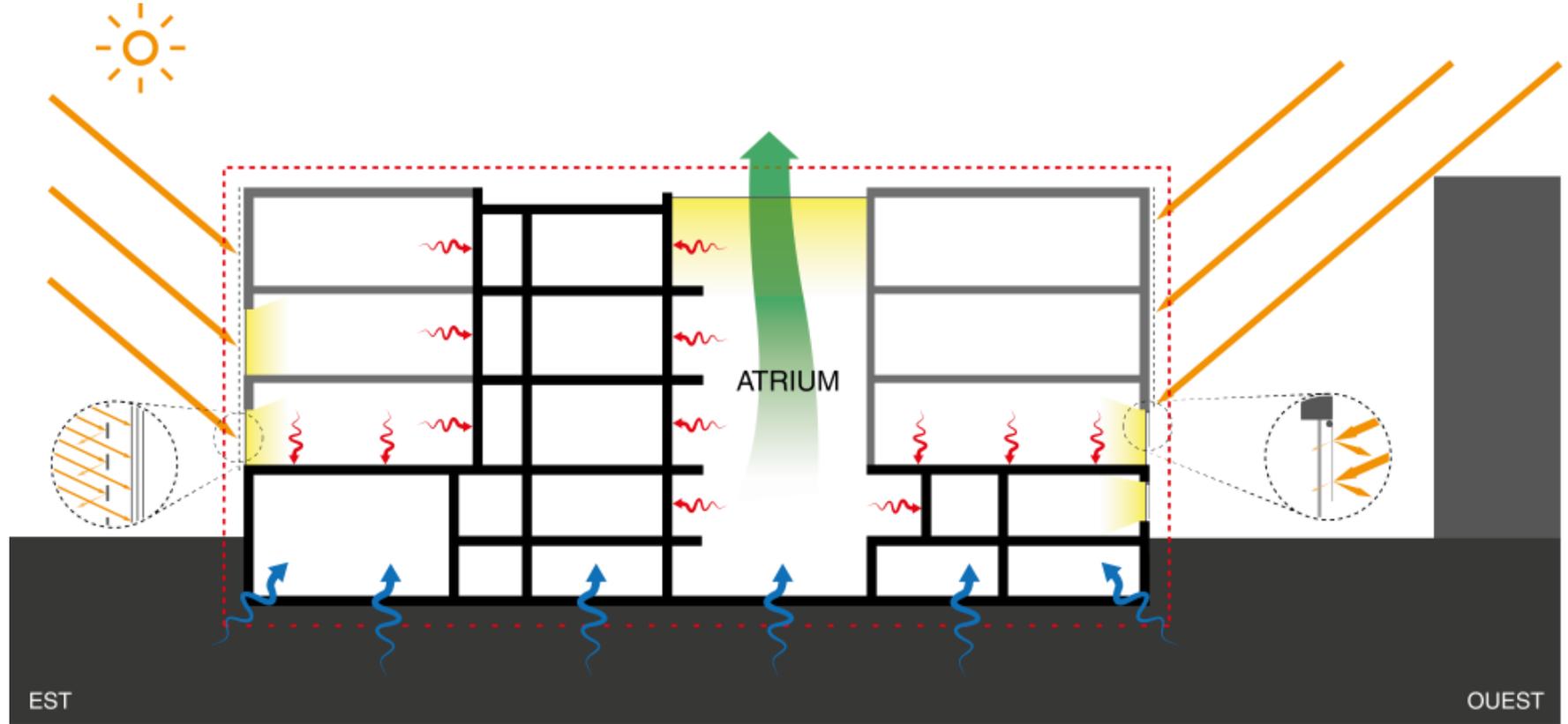
Confort d'Été du futur centre sportif universitaire de Strasbourg

Colloque sur le confort d'Été – INSA Strasbourg – 03/10/2019

Approche bioclimatique



Approche bioclimatique



Apports internes

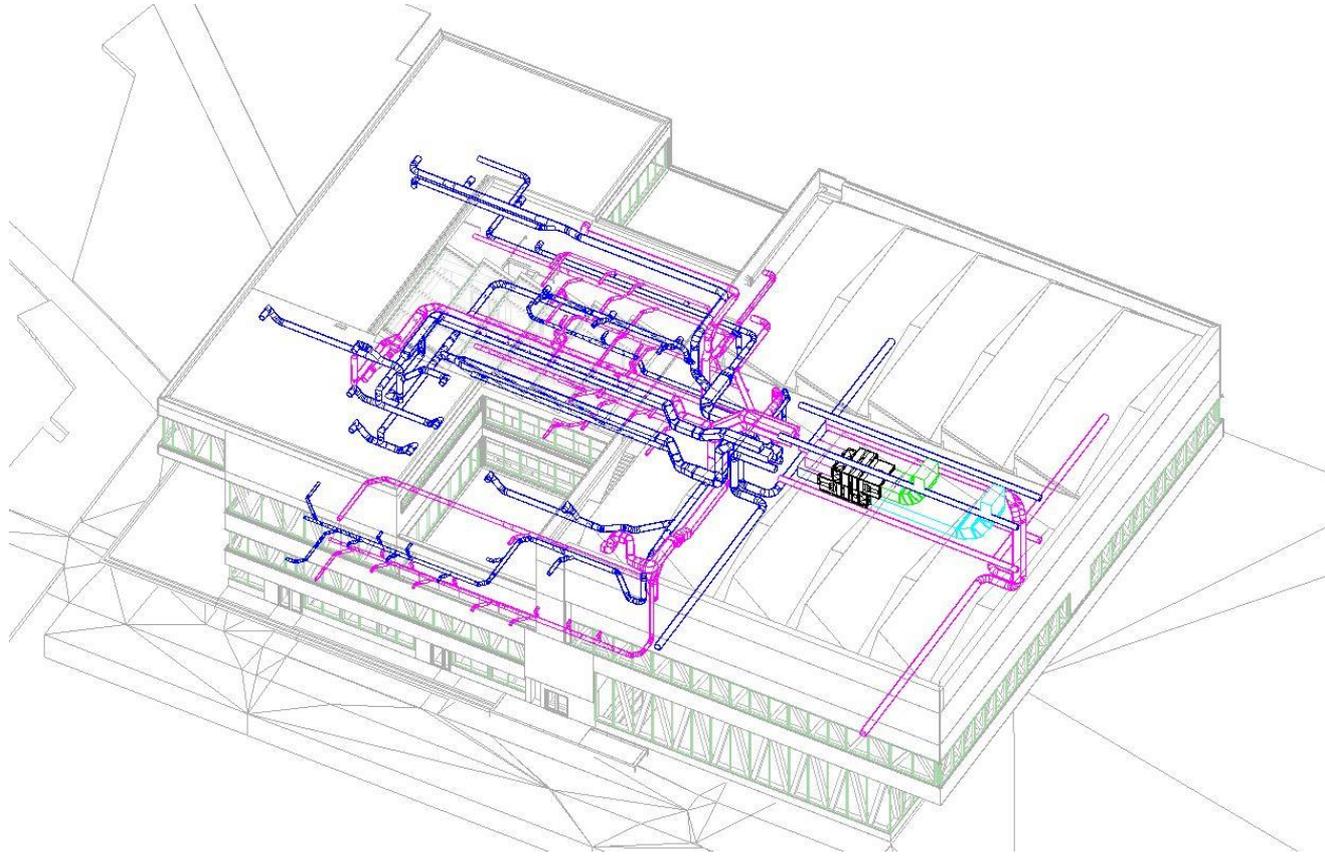
Activité	met	W/m ²
couché, inactif	0,8	47
assis, inactif	1,0	58
travail assis (bureau, logement, école, laboratoire ...)	1,2	70
debout détendu	1,2	70
travail léger, debout (magasin, laboratoire, établi ...)	1,6	93
travail mi-lourd, debout (vente, ménage, atelier, garage ...)	2,0	116
travail lourd, sport d'intérieur (industrie lourde, danse, tennis, gymnastique ...)	3,0	175

Tenue vestimentaire	clo	m ² K/W
nu	0	0
tenue de sport, tenue tropicale (sous-vêtements, shorts, chaussettes légères, chaussure de sport/sandalettes)	0,3-0,4	0,05-0,06
tenue légère d'été (chemise courte à col ouvert, pantalons longs légers, chaussettes légères, chaussures)	0,5	0,078
tenue de travail légère (sous-vêtements légers, chemise de coton à longues manches, pantalons de travail, chaussettes, chaussures)	0,6-0,7	0,095-0,11
robe de travail/complet léger/tenue d'intérieur d'hiver (chemise à longues manches, pantalons, veste légère/pull-over ...)	≈ 1,0	0,16

Ventilation : Hygiénique – Humidité – Maitrise du confort d'été

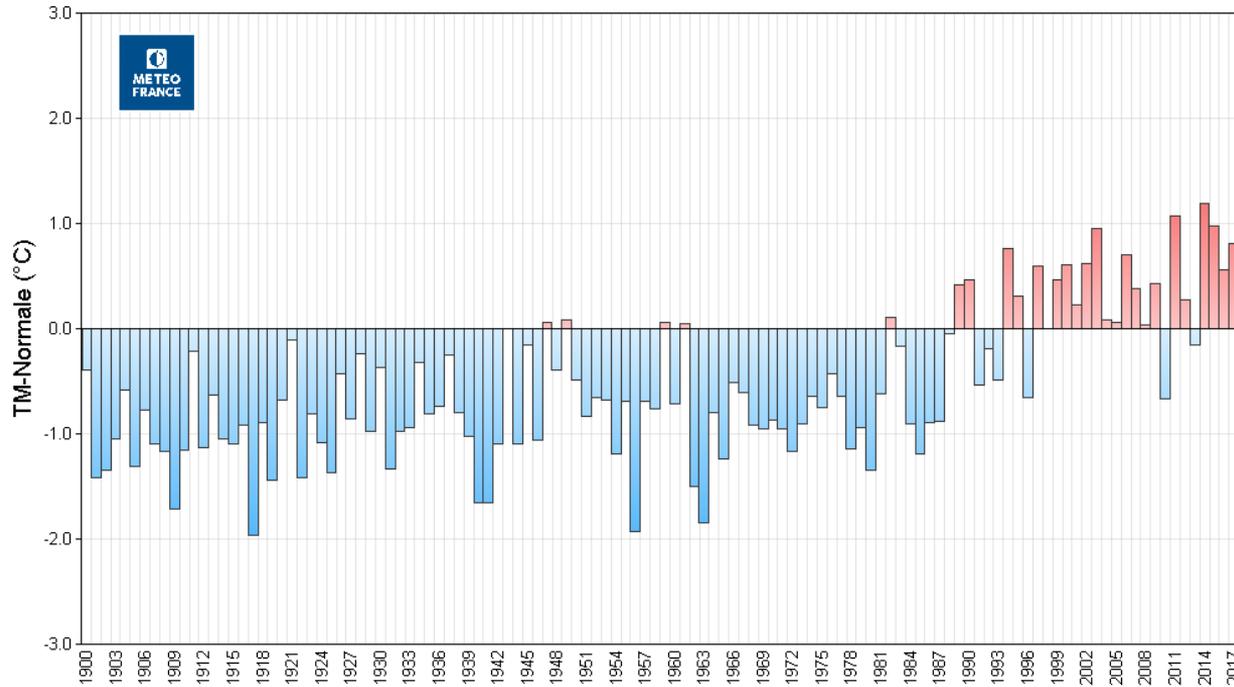
- CTA double-flux Rendement sur la température 87% - Consommation 0,3W/m³
- 45000 m³ de locaux traités soit 0,3 à 0,58 vol/h (localement de 0,1 à 5Vol/h)
- Stratégie de Débit variable entre Été et Hiver :
 - 13500 m³/h le jour en Hiver. (décembre/janvier)
 - 13500 m³/h jour et nuit en mi-saison + ventilation naturelle de nuit
 - Jusqu'à 26000 m³/h jour et nuit en Été avec refroidissement le jour. (Juin à septembre) + ventilation naturelle de nuit si possible
 - Canicule : avec refroidissement le jour (puissance variable)
 - Canicule extrême : Refroidissement la nuit

Ventilation : Intégrée à l'esquisse



Climat : De quoi parle t'on?

Ecart à la normale 1981-2010 des températures moyennes de 1900 à 2018

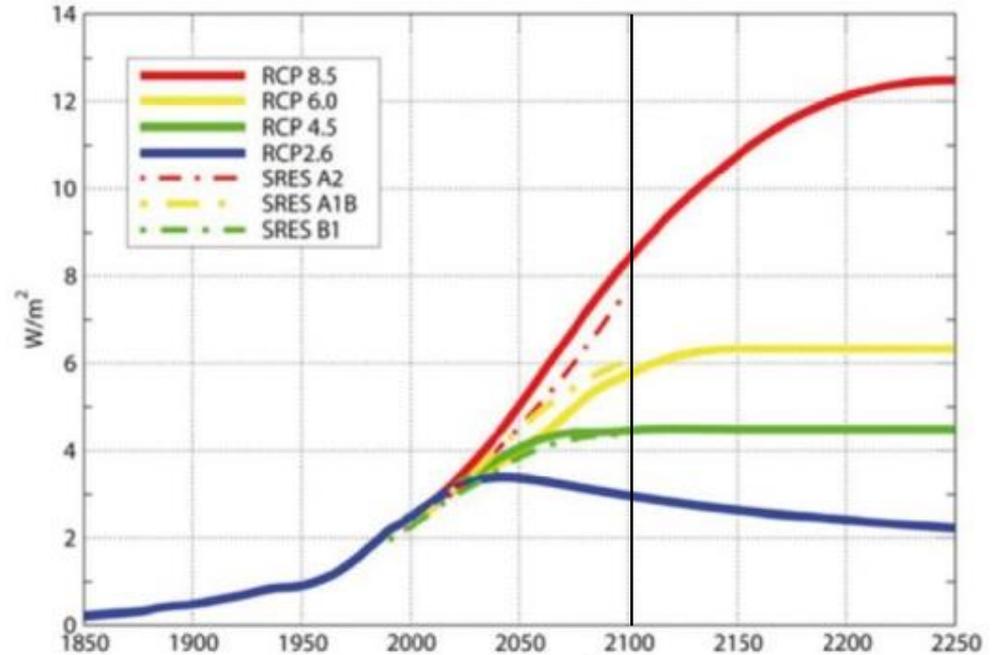
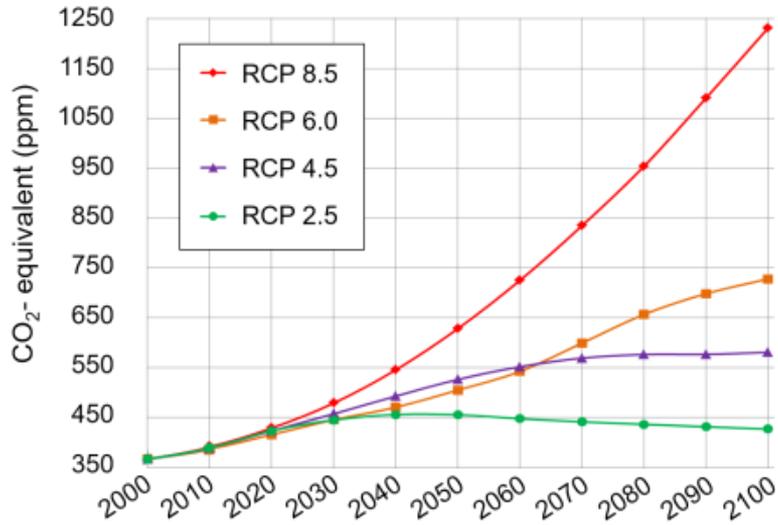


Diagnostic établi à partir de l'indicateur thermique

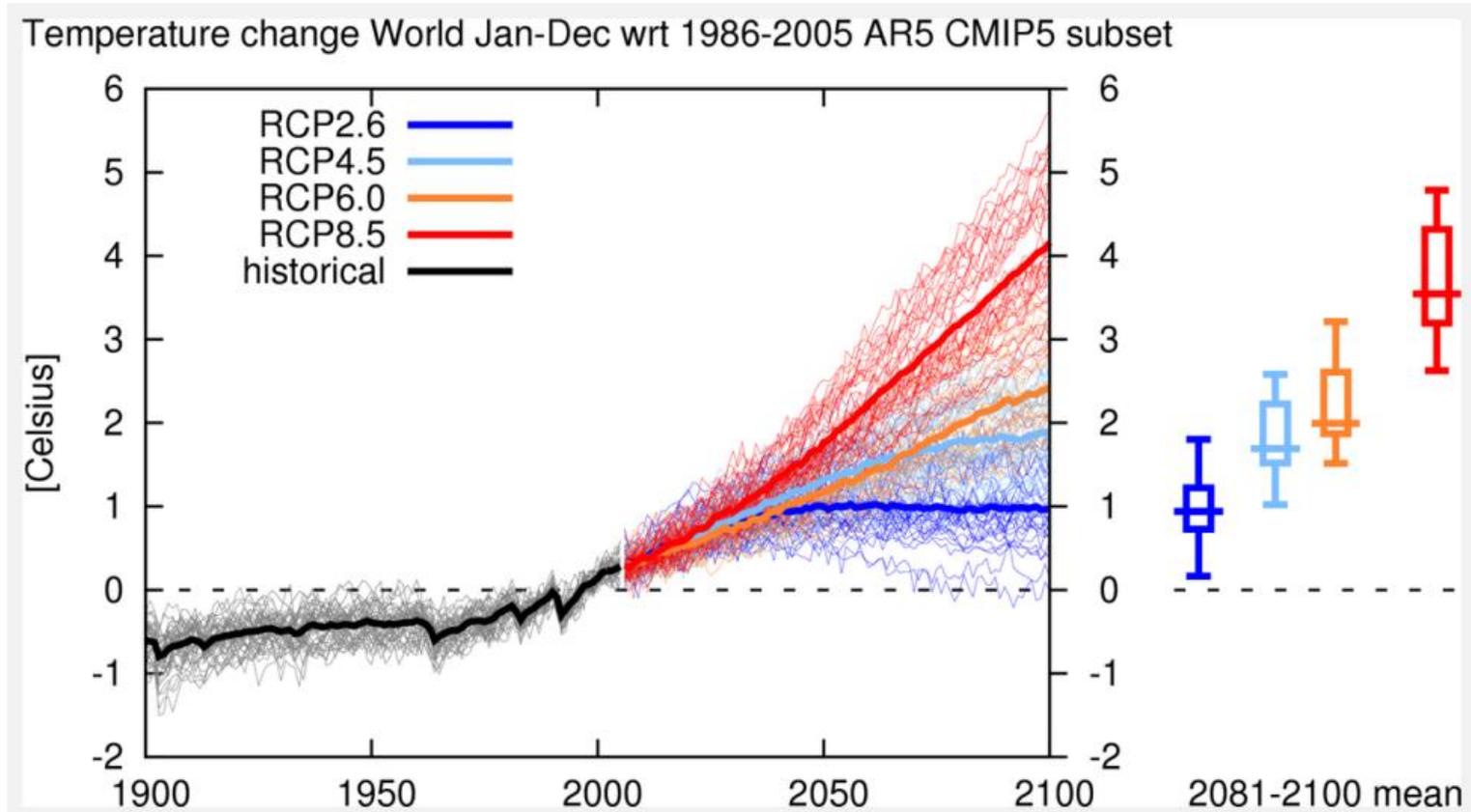
Climat : Aujourd'hui, demain?

IPCC AR5 Greenhouse Gas Concentration Pathways

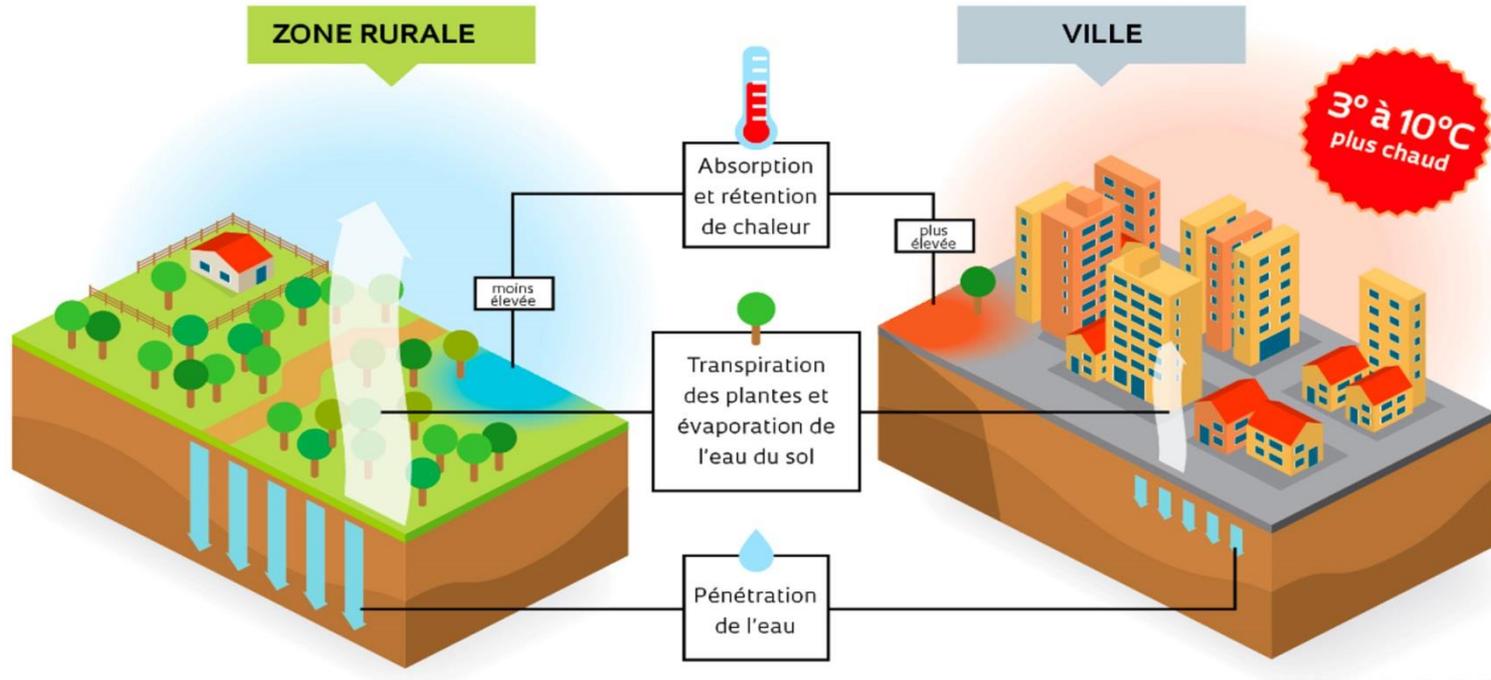
Representative Concentration Pathways (RCPs) from the fifth Assessment Report by the International Panel on Climate Change



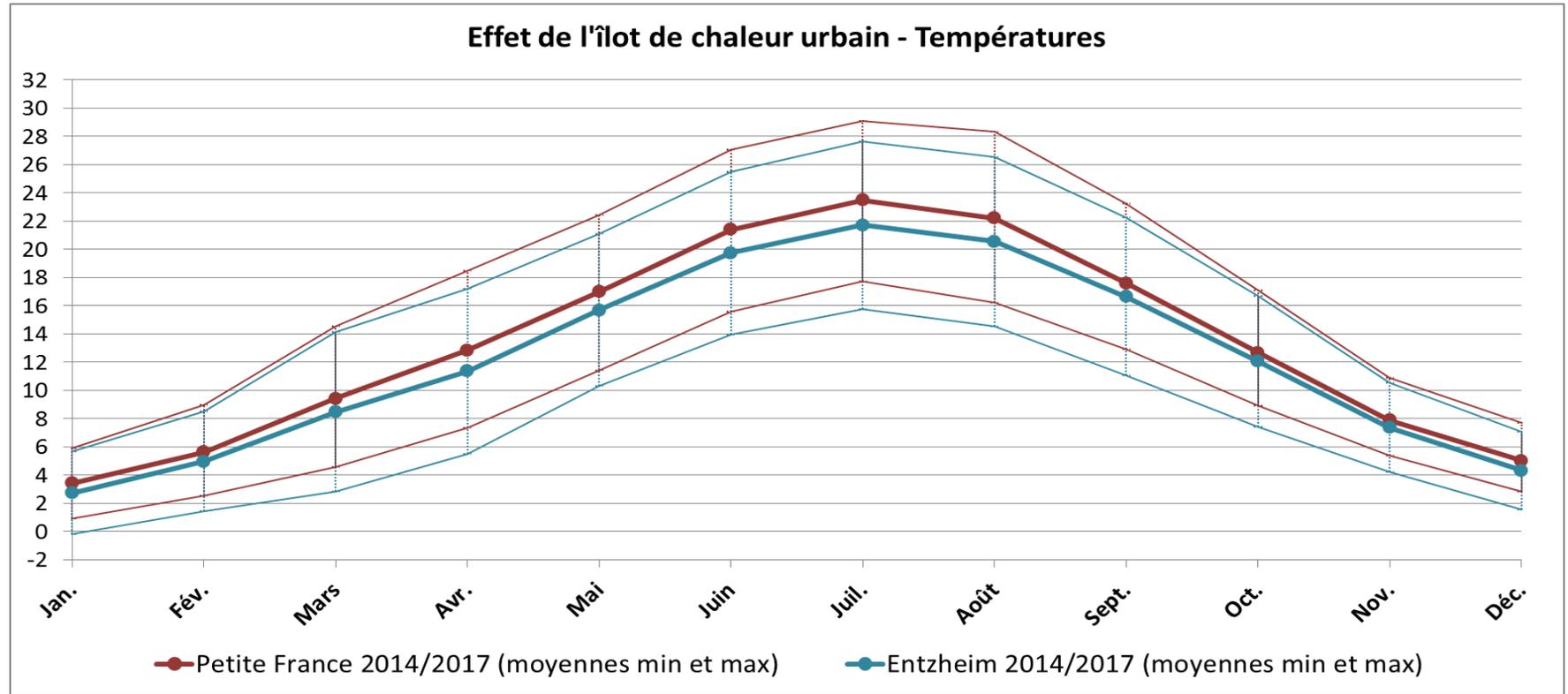
Climat : Risque et adaptation



Micro climat urbain : l'îlot de chaleur facteur (très) aggravant

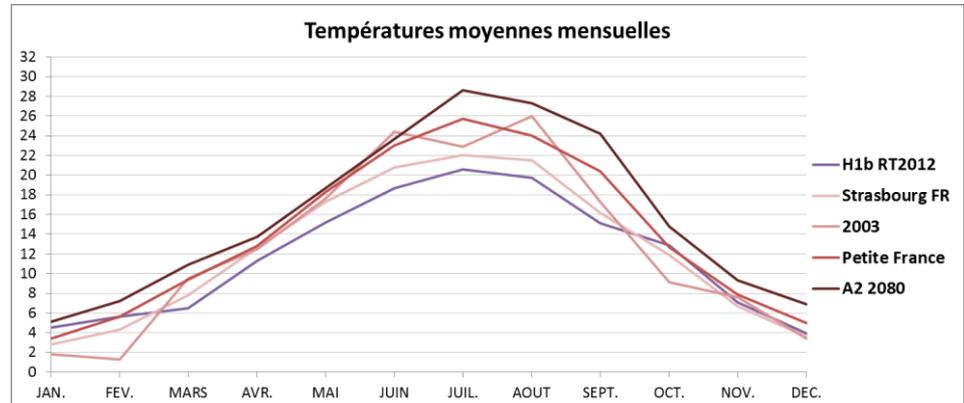
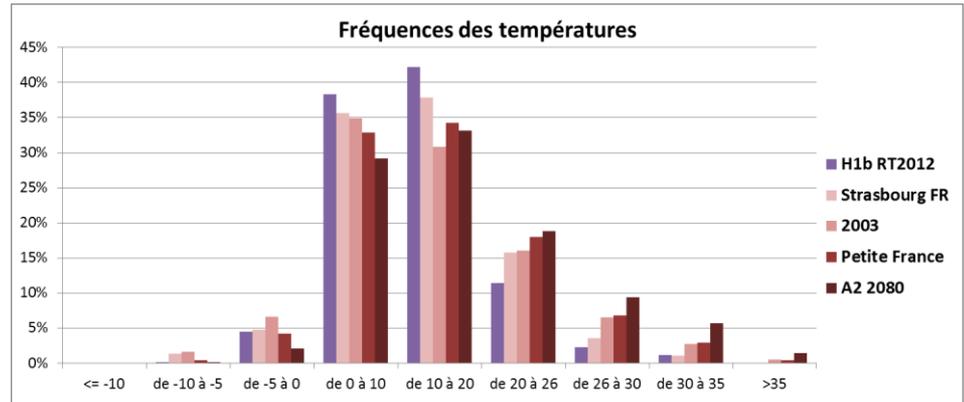


Micro climat urbain : l'îlot de chaleur



Fichiers climatiques ? Quel climat?

- Collecte de données mensuelles (pluie, température, rayonnement, vent).
- 4 fichiers climatiques générés :
 - Strasbourg référence avec ICU.
 - Strasbourg 2003 avec ICU.
 - Strasbourg Petite France (2014/2017).
 - Scénario A2 2080 sur la base des données de la Petite France.



Résultats de l'étude PHPP : Besoin de chaleur / froid global

■ Climat RT 2012 H1b

Performance énergétique annuelle du bâtiment		
	Surface de référence énergétique: m ²	7480,0
Chauffer	Besoin de chauffage kWh/(m ² a)	2,9
	Puissance de chauffe W/m ²	5,2
Refroidir	Refroidissement + déshumidification kWh/(m ² a)	-
	Puissance de refroidissement W/m ²	-
	Fréquence de surchauffe (> 25°C) %	0,5

■ Climat A2 2080 (sans rafraîchissement)

Performance énergétique annuelle du bâtiment		
	Surface de référence énergétique: m ²	7480,0
Chauffer	Besoin de chauffage kWh/(m ² a)	0,3
	Puissance de chauffe W/m ²	4,2
Refroidir	Refroidissement + déshumidification kWh/(m ² a)	-
	Puissance de refroidissement W/m ²	-
	Fréquence de surchauffe (> 25°C) %	28,2

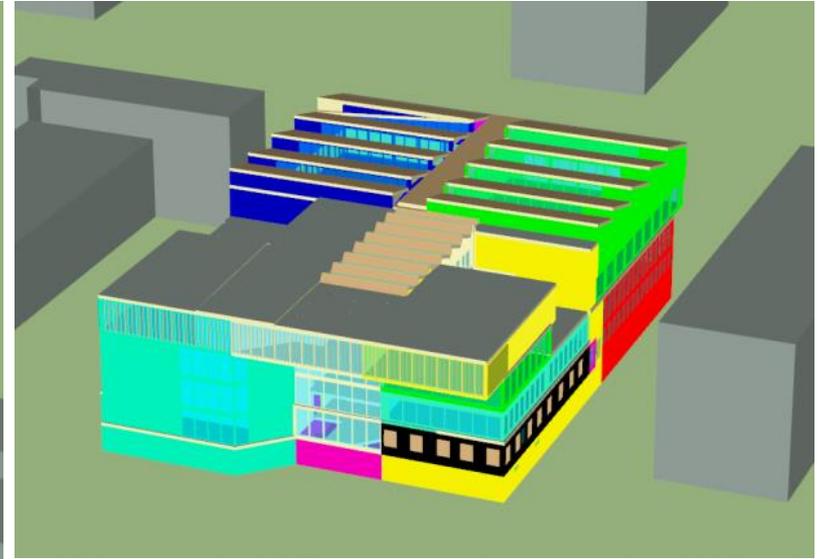
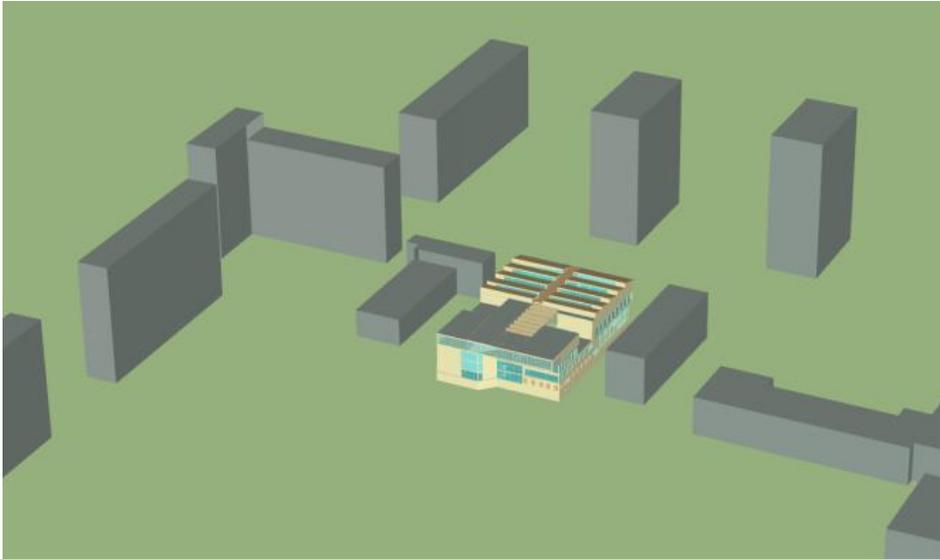
■ Climat Petite France 2018

Performance énergétique annuelle du bâtiment		
	Surface de référence énergétique: m ²	7480,0
Chauffer	Besoin de chauffage kWh/(m ² a)	1,2
	Puissance de chauffe W/m ²	4,4
Refroidir	Refroidissement + déshumidification kWh/(m ² a)	-
	Puissance de refroidissement W/m ²	-
	Fréquence de surchauffe (> 25°C) %	16,3

■ Climat A2 2080 (avec rafraîchissement)

Performance énergétique annuelle du bâtiment		
	Surface de référence énergétique: m ²	7480,0
Chauffer	Besoin de chauffage kWh/(m ² a)	1,1
	Puissance de chauffe W/m ²	5,4
Refroidir	Refroidissement + déshumidification kWh/(m ² a)	24,7
	Puissance de refroidissement W/m ²	12
	Fréquence de surchauffe (> 25°C) %	-

Simulation thermique dynamique

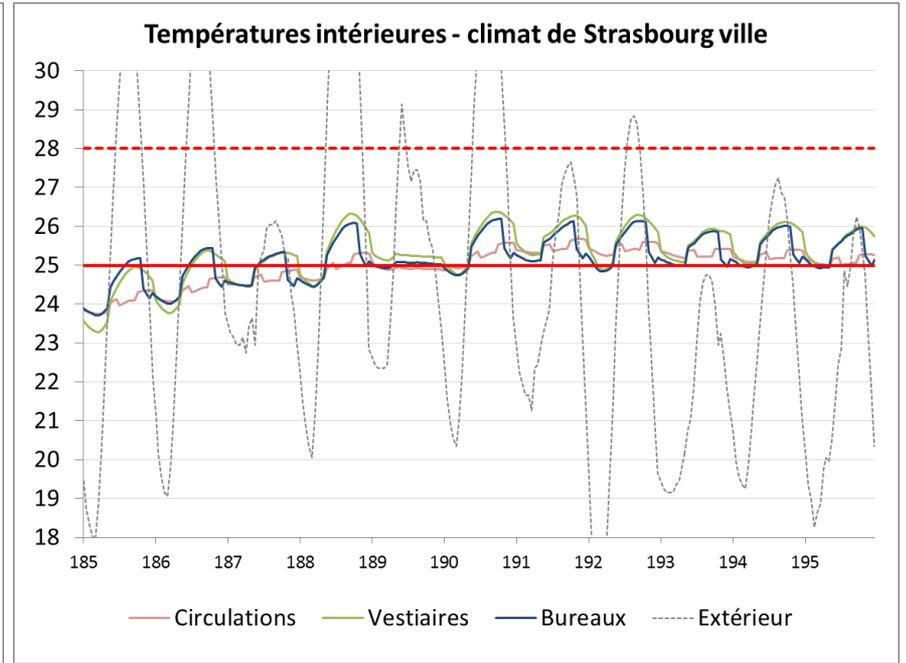
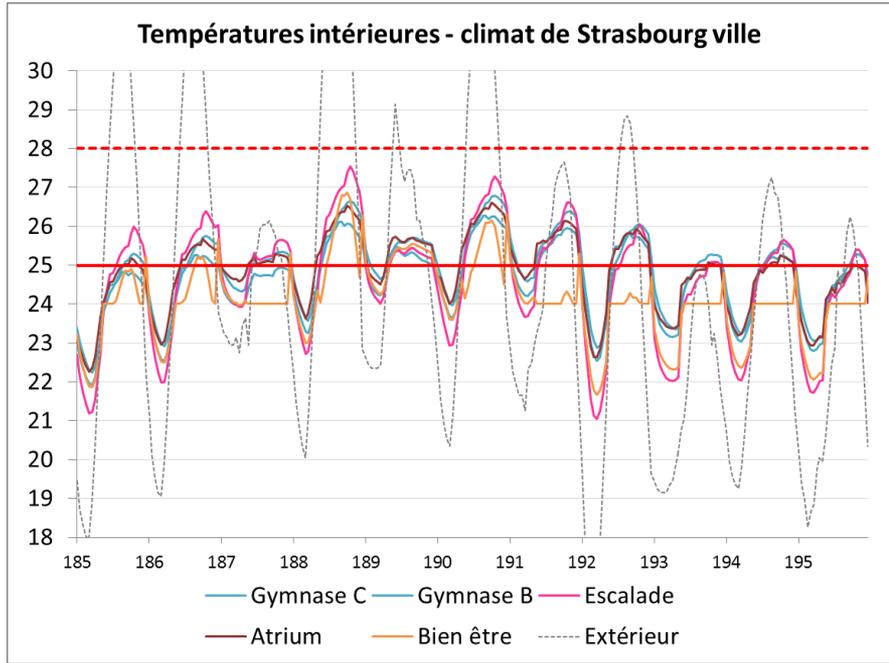


Simulation thermique dynamique

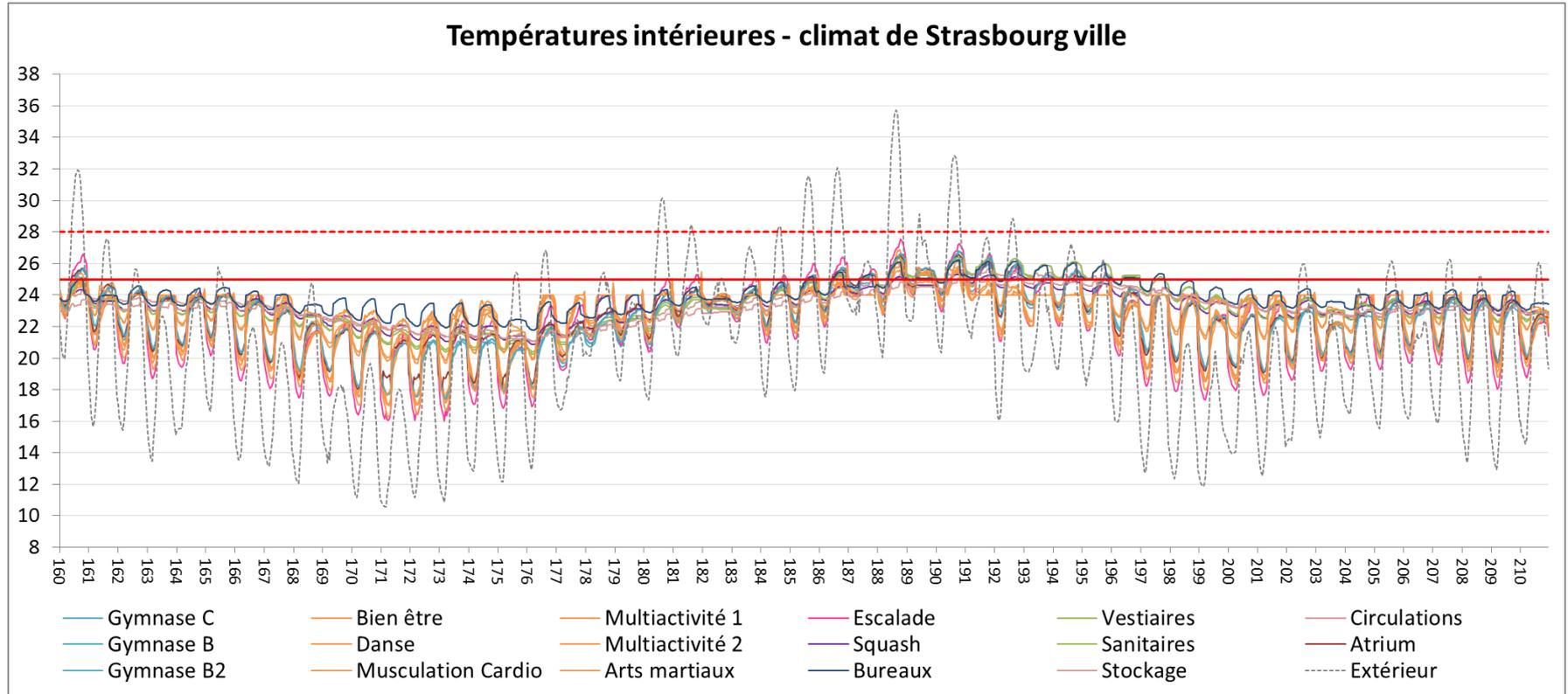
Tableau de synthèse des usages et apports pour chaque espace

Local				Effectifs			Eclairage				Apports internes				Températures			Débits			Hiver			Été					
Designation	Surface m ²	Hauteur sous plafond m	Volume m ³	Facteur d'usage (24h) %	Effectif Type Nb	Métabolisme W/pers	Apports Type W/m ²	Type	Max Lux	Apports Type W/m ²	Apports Max W/m ²	Apports internes Type W/m ²	Apports internes Type (24h) kWh	Apports internes Max (24h) W/m ²	Apports internes Max (24h) kWh	Minimale °C	Maximale °C	Température cible été °C	Débit/personne m ³ /h	Débit maximum m ³ /h	Vol/h	Débit type hiver m ³ /h m ³ /h	Puissance par soufflage à 23°C Vol/h	Puissance bas débit par soufflage à 18°C kW	Facteur de débit Hiver/Été 1.0	Débit type été m ³ /h m ³ /h	Puissance haut débit par soufflage à 18°C Vol/h	kW	
																													Vol/h
Gymnase C	1046	9	9414	45%	35	200	7	300	750	4	11	11	5	135	63	16	28	24	25	16250	1.7	875	0.1	2.0	1.8	2.23	1951	0.2	3.9
Gymnase B	656	8	5248	45%	35	200	11	300	750	4	10	15	4	71	21	16	28	24	25	5000	1.0	875	0.2	2.0	1.8	2.23	1951	0.4	3.9
Gymnase B2	656	8	5248	45%	35	200	11	300	750	4	10	15	4	71	21	16	28	24	25	5000	1.0	875	0.2	2.0	1.8	2.23	1951	0.4	3.9
Escalade	200	20	4000	45%	35	200	35	300	500	16	21	51	5	171	15	16	28	24	25	3750	0.9	875	0.2	2.0	1.8	2.23	1951	0.5	3.9
Multi acti 1	225	3.7	832.5	45%	35	200	31	300	500	6	9	37	4	98	10	16	28	24	25	2500	3.0	875	1.1	2.0	1.8	2.23	1951	2.3	3.9
Multi acti 2	215	3.9	838.5	45%	35	200	33	300	500	3	5	36	3	98	10	16	28	24	35	3500	4.2	1225	1.5	2.8	2.5	2.23	2732	3.3	5.5
Muscu cardio	378	3.6	1360.8	45%	50	200	26	300	500	3	5	30	5	84	14	16	28	24	35	5250	3.9	1750	1.3	4.0	3.5	2.23	3903	2.9	7.8
Squash	127	6.3	800.1	45%	8	200	13	750	750	14	14	27	2	27	2	16	28	24	25	200	0.2	200	0.2	0.5	0.4	2.23	446	0.6	0.9
Bien etre	176	3.5	616	45%	25	200	28	300	500	3	5	31	2	62	5	22	28	24	35	1750	2.8	875	1.4	0.3	1.8	2.23	1951	3.2	3.9
Art martiaux	225	3.7	832.5	45%	20	200	18	300	500	5	8	22	2	79	8	16	28	24	25	2000	2.4	500	0.6	1.2	1.0	2.23	1115	1.3	2.2
Danse	285	3.7	1054.5	45%	35	200	25	300	500	4	7	29	4	147	19	16	28	24	35	7000	6.6	1225	1.2	2.8	2.5	2.23	2732	2.6	5.5
Bureaux*	235	3	705	50%	15	150	10	300	500	8	13	17	2	23	3	19	28	24		800	1.1	800	1.1	1.1	1.6	1.0	800	1.1	1.6
Circulation	1810	7	12670	65%	50	150	4	300	300	3	3	7	8	7	8	16	28	24		2480	0.2	2480	0.2	5.7	5.0	1.0	2480	0.2	5.0
Sanitaire	110	2.5	275	20%	5	150	7	150	150	6	6	13	0	27	1	22	28	24		650	2.4	650	2.4			1.0	650	2.4	
Vestiaire	294	2.5	735	30%	10	150	5	300	300	8	8	13	1	33	3	22	28	24		1380	1.9	1380	1.9			1.0	1380	1.9	
Stockage	460	2.5	1150	5%				300	300	4	4	4	0	4	0	12	28			450	0.4	450	0.4			1.0	450	0.4	
Total	7098		45780		428								52	202					55480	1.2	13430	0.3	28.5	27	1.9	25915	0.6	52	

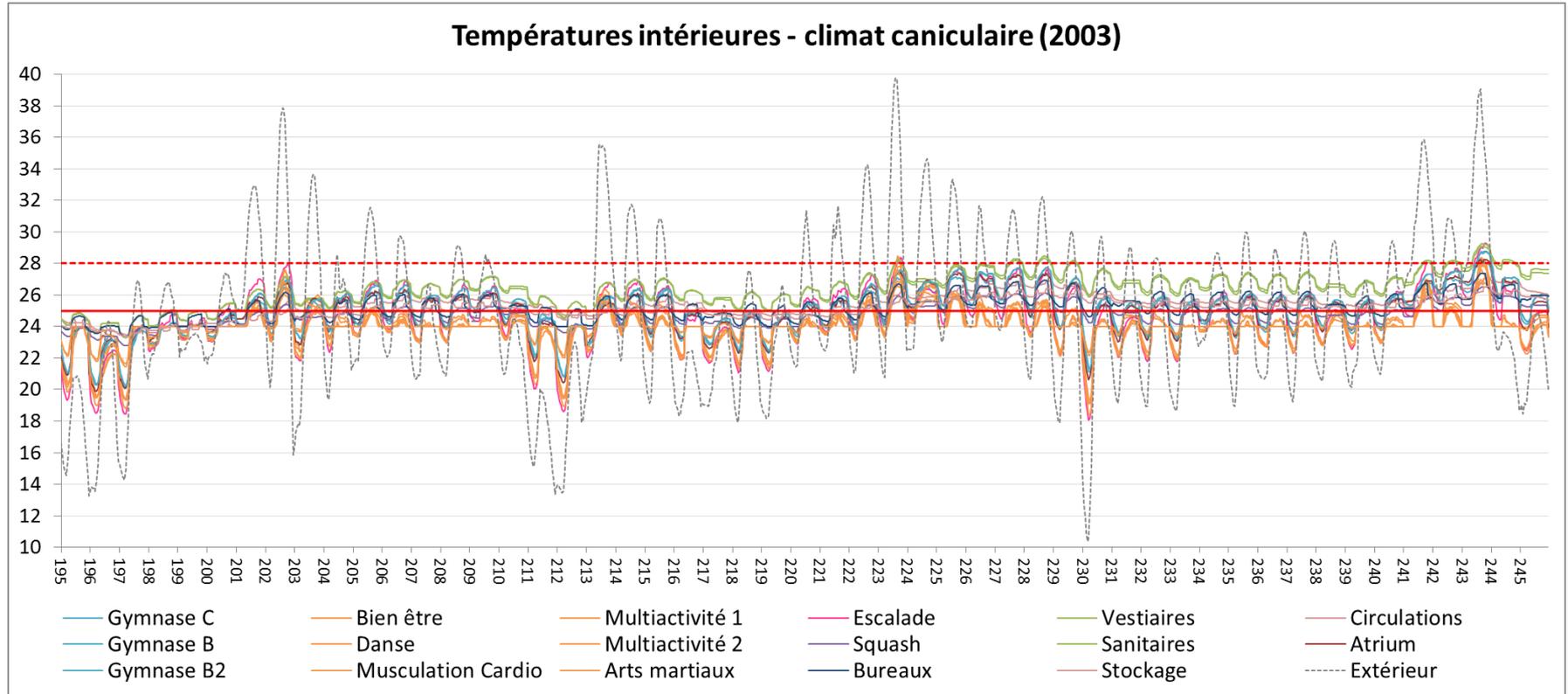
Simulation thermique dynamique



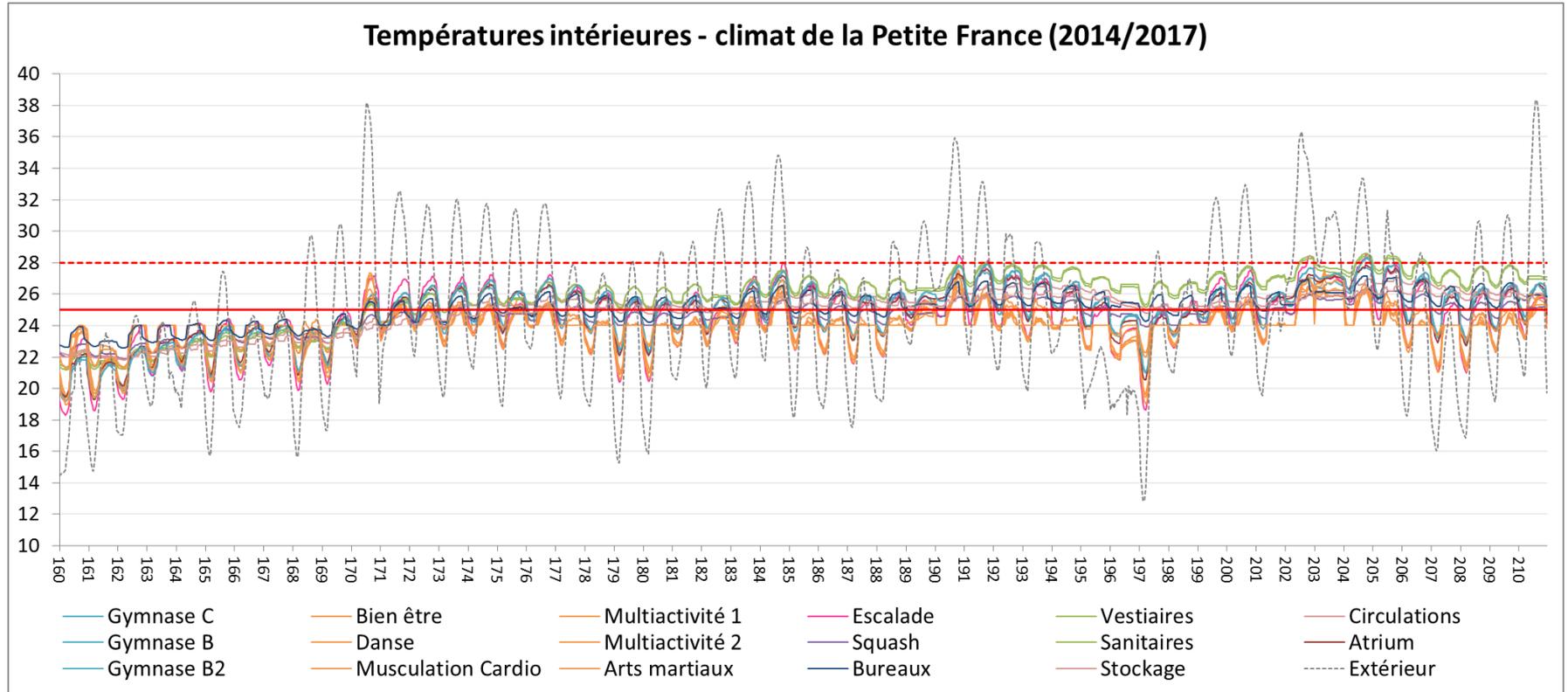
Simulation thermique dynamique



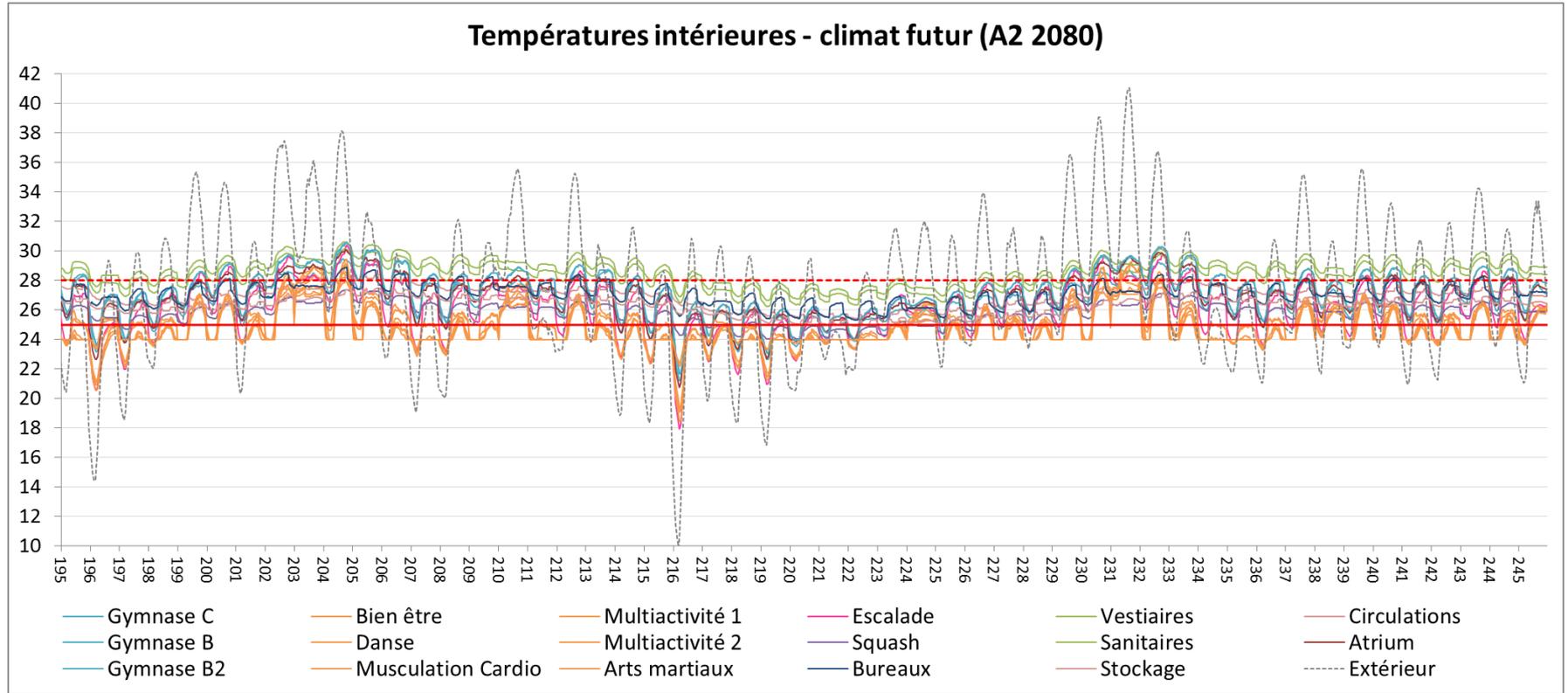
Simulation thermique dynamique



Simulation thermique dynamique



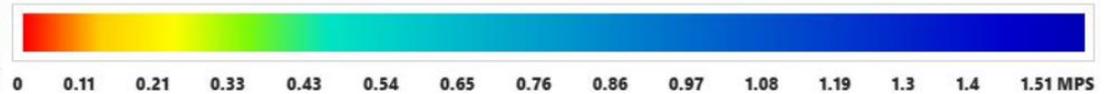
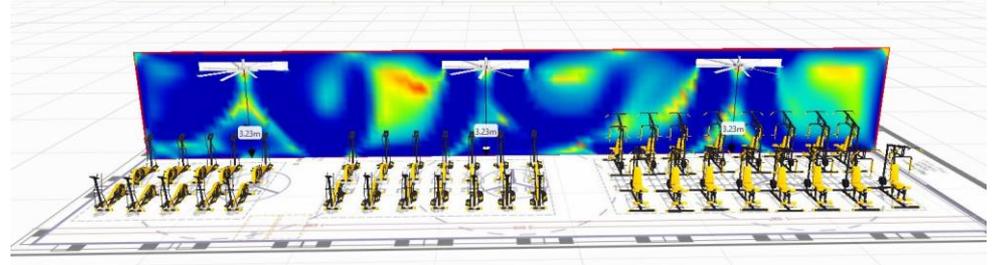
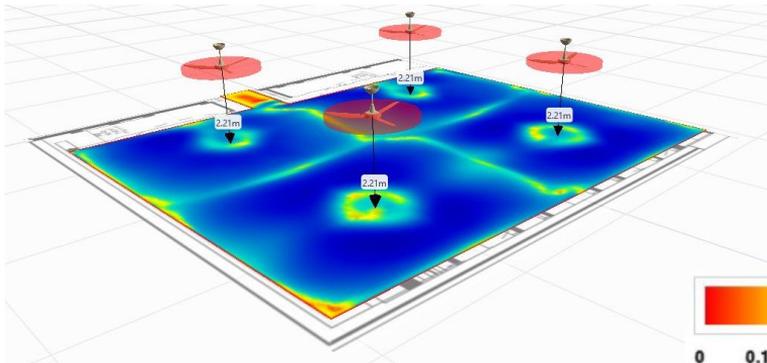
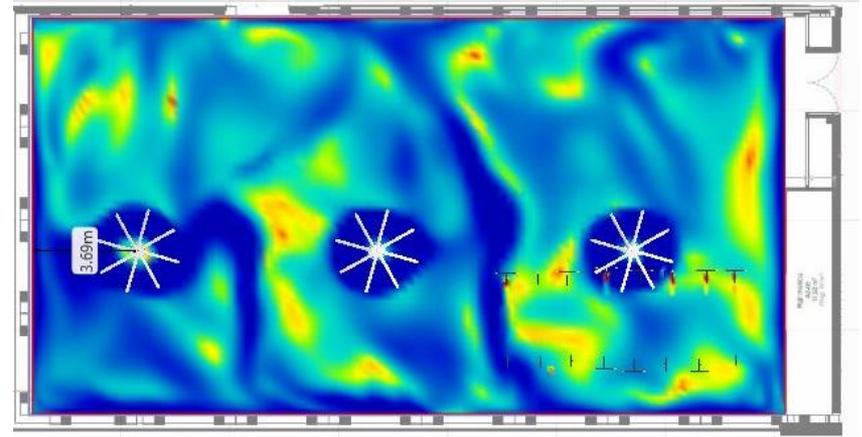
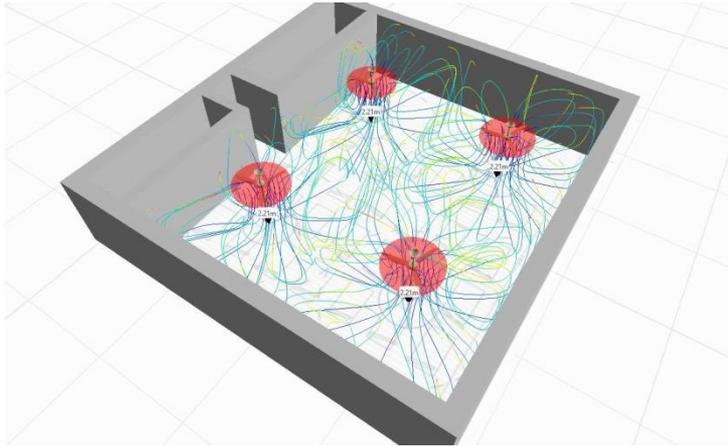
Simulation thermique dynamique



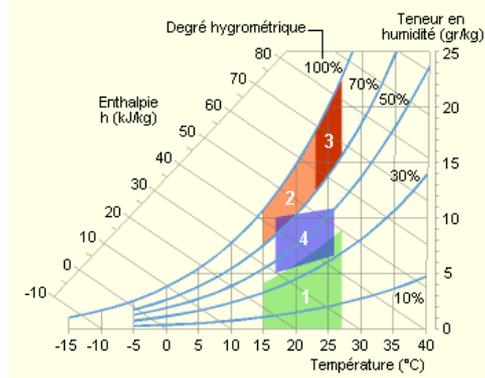
Brasseurs d'air à flux laminaire



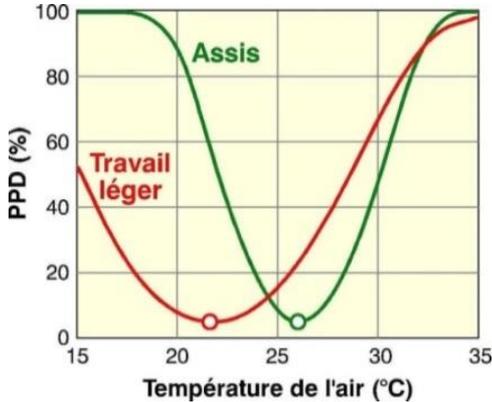
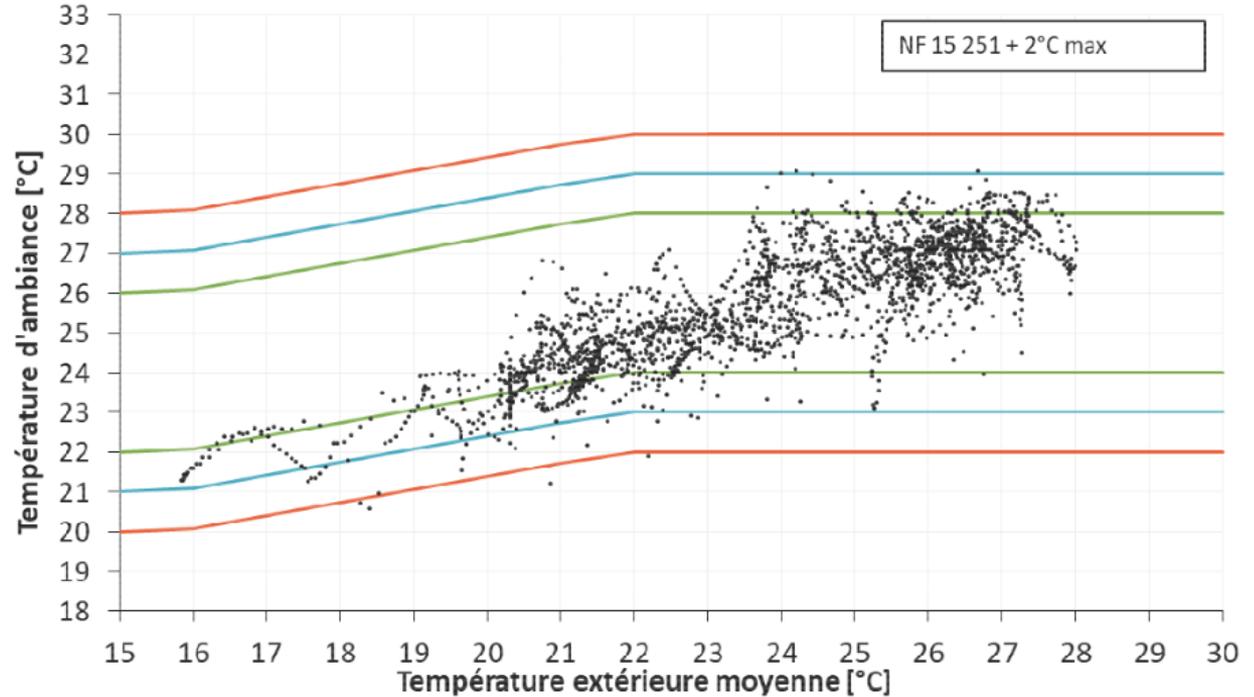
Brasseurs d'air



Le confort adaptatif



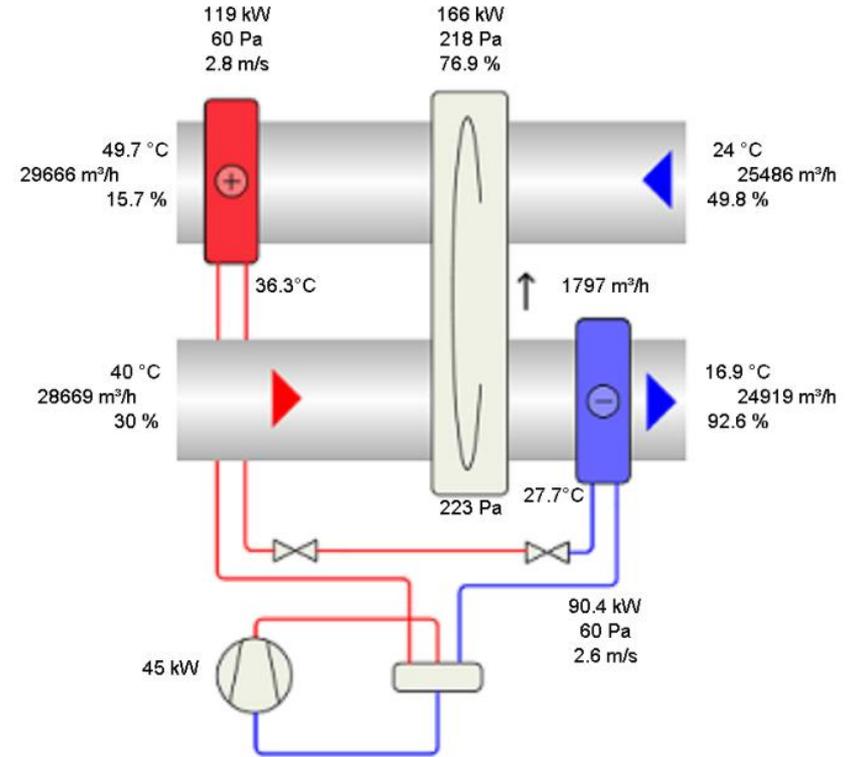
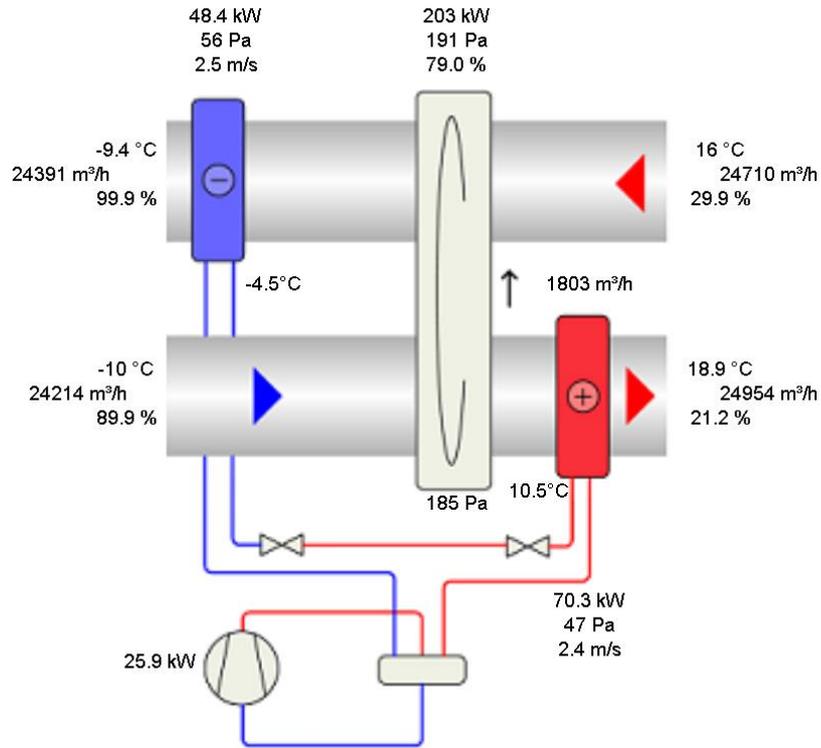
Températures intérieures et plage de confort adaptatif norme NF EN 15251



Solutions de rafraichissement

- Ventilation naturelle.
 - Vitesse du vent ; différentiel de température int/ext
- Rafrâichissement sur nappe.
 - Température de la nappe ; surexploitation, échangeurs , pompe, entretien
- Adiabatique indirect.
 - Taux d'humidité, couplage à la roue ; potentiel de refroidissement limité, consommation eau, entretien
- Refroidissement mécanique sur la ventilation.
 - Machine thermodynamique intégrée ; chaleur anthropique sur ICU, origine de l'électricité

Centrale double flux thermodynamique



Sur-ventilation mécanique « boosté » par pompe à chaleur

- Exemple de la sur-ventilation mécanique pour $dT(\text{int-ext}) = 4^\circ\text{C}$
- Grand débit sans refroidissement actif :
 - 26000 m³/h ; 13,5 kW_{élec} au ventilateur
 - +1°C dans le ventilateur
 - $P_{\text{froid}} = 0,34 \times 26000 \times (4 - 1) = 26,5 \text{ kW}$
 - EER équivalent = $26,5/13,5 = 1,96$
 - Conclusion : malgré la performance du réseau , inutilisable à $DT < 2^\circ$
- Petit débit avec refroidissement actif :
 - 13500 m³/h ; 4,5 kW_{élec} au ventilateur
 - +0,4°C dans le ventilateur
 - $P_{\text{froid}} = 0,34 \times 13500 \times (4 - 0,5) = 16,5 \text{ kW}$
 - P_{froid} requise par PAC (EER = 10) : 10 kW
 - P_{élec} au compresseur = $10/10 = 1 \text{ kW}$
 - $dT = 10000 / (0,34 \times 13500) = 2,2^\circ\text{C}$
 - P_{froid} totale = $16,5 + 10 = 26,5 \text{ kW}$
 - EER équivalent = $26,5 / (4,5 + 1) = 4,8$

Conclusions : Maitrise du confort d'été

- Dynamique :
 - Bioclimatique / Climat / Microclimat
 - Equipements adaptatif sur la ventilation
 - Usages / Usagers : Confort adaptatif
- L'enjeux de la transition énergétique
 - Maitriser le confort d'été des bâtiments neuf Passif
 - Maitriser le confort d'été des rénovations lourde
 - Maitriser le confort d'été des bâtiments déjà catastrophique